



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Thesis zur Erlangung des Bachelorgrades

Vor- und Nachname: [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]
Inga Späth [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]

Optimierungsmöglichkeiten in der Supply-Chain der Lebensmittelindustrie durch die Blockchain-Technologie und ihre Auswirkungen auf den Endverbraucher am Beispiel des Kaffeemarktes

Abgabedatum: 18.02.2021

Betreuender Professor: Prof. Dr. Rüdiger Weißbach

Zweiter Prüfer: Prof. Dr. Henning Kontny

Fakultät Wirtschaft und Soziales

Department Wirtschaft

Studiengang: Logistik / Technische Betriebswirtschaftslehre

Gliederung

I. Abbildungsverzeichnis.....	S. 3
II. Abkürzungsverzeichnis.....	S. 4
1. Einleitung.....	S. 5
1.1 Problemstellung und Zielsetzung.....	S. 5
1.2 Aufbau der Arbeit.....	S. 7
2. Grundlagen der Blockchain-Technologie.....	S. 8
2.1 Definition und Entwicklungsgeschichte der Blockchain-Technologie.....	S. 8
2.2 Funktionsweise der Blockchain-Technologie.....	S. 11
2.2.1 Distributet-Ledger-Technologie.....	S. 11
2.2.2 Asymmetrische Kryptographie und Digitale Signaturen.....	S. 12
2.2.3 Hashing.....	S. 14
2.2.4 Konsensmechanismen.....	S. 16
2.2.5 Smart Contracts.....	S. 18
2.2.6 Öffentliche und Private Blockchain.....	S. 19
3. Supply-Chain der Lebensmittelindustrie.....	S. 20
3.1 Die Lebensmittel-Supply-Chain.....	S. 20
3.2 Systemimmanente Problemstellungen.....	S. 22
3.3 Anforderungen der Endverbraucher.....	S. 24
4. Blockchain-Technologie innerhalb der Lebensmittel-Supply-Chain.....	S. 25
4.1 Internet of Things - Anwendungen.....	S. 25
4.2 Blockchain-Technologie in der Lebensmittel-Supply-Chain.....	S. 27
4.2.1 Anwendungsbeispiele und Optimierungspotenziale.....	S. 27
4.2.2 Umsetzungsbarrieren.....	S. 32
4.3 Auswirkungen auf den Endverbraucher am Beispiel des Kaffeemarktes.....	S. 36
4.3.1 Die Kaffee-Supply-Chain.....	S. 36
4.3.2 Blockchain Anwendungen in der Kaffee-Supply-Chain.....	S. 37
4.3.3 Chancen für den Endverbraucher.....	S. 39
4.3.4 Risiken für den Endverbraucher.....	S. 42
4.4 Kritische Reflexion.....	S. 45
5. Fazit.....	S. 49
III. Literaturverzeichnis.....	S. 53
IV. Eidesstattliche Erklärung.....	S. 62

I. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: „Zentrale, dezentrale und verteilte Netzwerke“, Seite 12.

Angelehnt an Wittenberg, S. (2020): „Zentrale, dezentrale und verteilte Peer-to-Peer-Architektur“, online im Internet: https://content-select.com/media/moz_viewer/5e419698-b5b4-4d74-9529-561eb0dd2d03/language:de, Stand: 24.11.2020.

Abb. 2: „Beispiel einer asymmetrischen Verschlüsselung“, Seite 13

Angelehnt an Hinckeldeyn, J. (2019): „Asymmetrische Verschlüsselung und digitale Signaturen“, online im Internet: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-26440-6>, Stand: 21.10.2020.

Abb. 3: „Beispiel einer asymmetrischen Verschlüsselung anhand einer digitalen Signatur“, Seite 13

Angelehnt an Brühl, V. (2017): „Eigene Darstellung in Anlehnung an CryptoCompare.com“, online im Internet: <https://doi.org/10.1007/s10273-017-2096-3>, Stand: 24.10.2020.

Abb. 4: „Verkettung der Blockchain“, Seite 15

Angelehnt an Hinckeldeyn, J. (2019): „Asymmetrische Verschlüsselung und digitale Signaturen“, online im Internet: https://developer.bitcoin.org/devguide/block_chain.html, Stand: 31.01.2021.

Abb. 5: „Vereinfachte Wertschöpfungskette von Lebensmitteln“ Seite 21,

Angelehnt an Sommer P. (2007): „Vereinfachtes Strukturmodell eines Lebensmittel-WS“, online im Internet: <https://doi.org/10.1007/978-3-8350-9590-8>, Stand: 13.11.2020

Abb. 6: „Pontes Grundstruktur des globalen Kaffeehandels“ Seite 36,

Angelehnt an Ponte, S. (2002): „General structure of the global coffee-marketing chain“, online im Internet: [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(02\)00032-3](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(02)00032-3), Stand: 07.01.2021

II. Abkürzungsverzeichnis

IoT – Internet of Things

1. Einleitung

1.1 Problemstellung und Zielsetzung

Laut einer bevölkerungsrepräsentativen Studie der Georg-Augustin-Universität Göttingen mit dem Titel *„Lebensmittelmarkt und Ernährungspolitik 2018: Verbrauchereinstellungen zu zentralen lebensmittel- und ernährungspolitischen Themen“*, sind Informationen zur Qualität von Lebensmitteln für 70,7% der Befragten besonders wichtig. Wiederrum ist die Skepsis gegenüber den Angaben auf Lebensmittelverpackungen mit 70,2% ebenfalls signifikant.¹ Daraus lässt sich ableiten, dass ein Großteil der Verbraucher ein größeres Informationsbedürfnis hinsichtlich der Qualität ihrer Lebensmittel haben, gegenüber den Informationen des Lebensmittelherstellers jedoch misstrauisch sind. In Anbetracht der nicht geringen Anzahl an Lebensmittelskandalen in den vergangenen Jahren ist dieses Misstrauen nicht unbegründet. So deckte die europaweite Ermittlung *Operation OPSON VIII*, geleitet von Interpol und Europol, in den Jahren 2018 bis 2019 Lebensmittelbetrug bei hochwertigem Arabica-Kaffee auf. In neun Fällen wurden hochwertige Arabica-Bohnen mit dem günstigeren Robusta-Bohnen gestreckt oder sogar zu 100% substituiert.² Besonders bei Kaffee, welcher in Deutschland zu den Genussmitteln zählt und daher mit einer höheren Steuer belegt ist, wollen Verbraucher darauf vertrauen können, dass der Packungsinhalt auch mit der Produktbezeichnung übereinander stimmt.³ Lebensmittelskandale haben gezeigt, dass Vertrauen allein nicht ausreicht, vielmehr fordern Verbraucher Transparenz innerhalb der Wertschöpfungskette aktiv ein und wollen damit die systemimmanente Informationsasymmetrie, die zwischen Herstellern und Verbrauchern in der Lebensmittelindustrie herrscht, beseitigt sehen.⁴ Doch wie lässt sich diese Ungleichverteilung von Informationen in einer Industrie beseitigen, die bei vielen ihrer Produkte ein ganzes Netzwerk an Zulieferern und damit eine zeitliche und örtliche Distanz in Produktion, Lagerung, Transport und Verkauf aufweist? Abhilfe könnte ein manipulationssicheres System schaffen, das Informationen zu Stakeholdern wie bspw. einem verarbeitenden Betrieb, und zu den einzelnen Vorgängen in der Wertschöpfungskette in unveränderlicher Weise speichert und allen Berechtigten bis hin zur Kundenebene bereitstellt. Weltweit haben Hersteller

¹ Vgl. Zühlsdorf et al. 2018, S. 8 ff. (online).

² Vgl. Lachenmeier, D. 2019 (online).

³ Vgl. Generalzolldirektion 2021 (online).

⁴ Vgl. Straube, F. et al. 2017, S. 12 ff. (online).

das Bedürfnis ihrer Kunden nach einer transparenten Lieferkette erkannt und investieren in digitale Technologien, die ihnen einerseits das Vertrauen der Kunden sichern sollen und andererseits ganz eigennützig die Überwachung und Kontrolle ihrer Wertschöpfungskette erleichtern.^{5, 6} Eine dieser Technologien scheint durch ihre Grundprinzipien besonders geeignet: Die Blockchain-Technologie, welche eingegebene Daten unveränderlich speichert und auf einer Art verteilten Datenbank bereitstellt. Durch verschiedene Verschlüsselungsmechanismen innerhalb der Blockchain werden die gespeicherten Daten vor dem Zugriff unberechtigter Dritter geschützt. Damit stellt die Blockchain eine nichtmanipulierbare und damit vertrauenswürdige Speichermöglichkeit für sensible Daten dar.⁷ Die Blockchain-Technologie wird unter anderem aufgrund dieser Eigenschaften vom renommierten Institut für Innovation und Technik der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH als „digitaler Vertrauenskatalysator“ bezeichnet da sie „Vertrauen durch Transparenz“ schafft.^{8, 9} Der Blockchain-Technologie, ursprünglich als Zahlungssystem der bekannten Kryptowährung Bitcoin entwickelt, wurde vom Weltwirtschaftsforum in Davos, bereits im Jahr 2015 eine baldige Adaption durch unterschiedliche Branchen prognostiziert.¹⁰ In fast allen Wertschöpfungsketten, in dieser Arbeit allgemeingültig als Supply-Chain bezeichnet, existieren eine Fülle von solchen Adaptionspotenzialen für die Blockchain-Technologie, seien es automatisierte digitale Prozesse, die (Rück-)Verfolgung von Transporten, oder aber und nicht zuletzt, die Verbesserung von Lieferketten.¹¹

Die Entwicklung der Blockchain-Technologie im Rahmen einer Supply-Chain verdient also besondere Aufmerksamkeit. Ziel dieser Arbeit ist daher die Beantwortung der Frage, *inwieweit die Blockchain-Technologie Optimierungsmöglichkeiten innerhalb der Supply-Chain der Lebensmittelindustrie entfalten kann und welche Auswirkungen der Einsatz der Blockchain-Technologie dabei auf den Endverbraucher am Beispiel des Kaffeemarkts hat.* Zur Beantwortung dieser Frage bedarf es einer Herleitung und Abwägung der Optimierungspotenziale der Blockchain-Technologie für die teilweise

⁵ Vgl. Bitkom e.V. 2021 (online).

⁶ Vgl. Hinckeldeyn, J. 2019, S. 47 (online).

⁷ Vgl. Fill, H.-G. 2020, S. 133 ff. (online).

⁸ Palka, S./ Wittpahl, V. 2018, S. 3 (online).

⁹ Ebenda, S. 8 (online).

¹⁰ Vgl. Rizzo, P. 2015 (online).

¹¹ Vgl. Hinckeldeyn, J. 2019, S. 3 (online).

doch sehr volatile Lebensmittel Supply-Chain. Wie in kaum einer anderen Branche ist der Endverbraucher in der Lebensmittelwirtschaft auf die Versorgung durch diese angewiesen. Bei Veränderungen, wie z.B. der Einführung einer neuen Technologie, in der Lebensmittel-Supply-Chain sollten daher immer auch die Auswirkungen auf den Endverbraucher betrachtet werden. Im Rahmen dieser Arbeit soll neben den Optimierungspotenzialen für die Lebensmittel-Supply-Chain gesondert untersucht werden, welche Auswirkungen der Einsatz der Blockchain-Technologie auf den Endverbraucher entfaltet. Als Beispiel hierfür wird die Kaffee-Supply-Chain angeführt, da diese eine internationale und damit recht undurchsichtige Wertschöpfungskette darstellt und damit beispielhaft für fast jede globale Supply-Chain ist. Abschließend soll anhand der gewonnenen Erkenntnisse eine Kritische Reflexion hinsichtlich der Optimierungsmöglichkeiten und Auswirkungen durch die Blockchain-Technologie erfolgen.

1.2 Aufbau der Arbeit

Im Anschluss an die Einleitung folgt im zweiten Kapitel eine Einführung in die Grundlagen der Blockchain-Technologie in der zunächst eine Definition der Technologie gegeben und ihre Entwicklungsgeschichte erläutert wird. Danach erfolgt eine Erläuterung der Funktionsweise der Blockchain-Technologie, in dieser werden unter anderem die asymmetrische Kryptografie und die Bedeutung der Smart Contracts erläutert. Das dritte Kapitel befasst sich mit der Supply-Chain der Lebensmittelindustrie. Dort werden unter anderem die systemimmanenten Anforderungen der Lebensmittel-Supply-Chain erläutert und auch die Anforderungen der Endverbraucher an die Lebensmittel-Supply-Chain dargelegt. Im vierten Kapitel dieser Arbeit erfolgt die Beantwortung der Fragestellung. Hierfür wird zuerst auf die wichtige Partnertechnologie, dem Internet of Things eingegangen. Dies ist ein notwendiger didaktischer Schritt, da die Blockchain-Technologie zur vollen Entfaltung ihres Potenzials in der Lebensmittel-Supply-Chain auf die IoT Technologie angewiesen ist. In dem Unterkapitel 4.2 erfolgt dann die Betrachtung der Blockchain-Technologie in der Lebensmittel Supply-Chain. Hierfür werden zum einen Anwendungsbeispiele angeführt und aus diesen dann Optimierungsmöglichkeiten für die Lebensmittel-Supply-Chain entwickelt, zum anderen werden aber auch Umsetzungsbarrieren für die Blockchain-Technologie in der Lebensmittel-Supply-Chain angeführt. Im Unterkapitel 4.3 werden die Auswirkungen der Blockchain-Technologie auf den Endverbraucher am Beispiel des Kaffeemarktes betrachtet.

Hierfür wird zunächst in Kürze die Kaffee-Supply-Chain erläutert, um dann auf Blockchain Anwendungen in der Kaffee-Supply-Chain einzugehen. Aus den so gewonnen Erkenntnissen werden Chancen für die Endverbraucher ermittelt, wohingegen die Risiken für die Endverbraucher selbständig aus eigenen Gedankenexperimenten entwickelt werden. Im Unterkapitel 4.4 erfolgt eine kritische Reflexion der gewonnen und selbstständig entwickelten Erkenntnisse. Im Rahmen dieser Reflexion erfolgt auch der Kern der Beantwortung der Forschungsfrage, zudem werden selbstständig auf Grundlage eigener Überlegungen notwendige Maßnahmen für einen erfolgreichen Einsatz der Blockchain-Technologie in der Lebensmittel-Supply-Chain entwickelt. Im letzten Kapitel, dem Fazit, findet eine prägnante Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse statt und schließt damit diese Arbeit.

2. Grundlagen der Blockchain

2.1 Definition und Entwicklungsgeschichte der Blockchain

Wie so häufig lassen sich Technologien, denen ein disruptives Potenzial zugeschrieben wird, nicht hinreichend mit einer allgemeingültigen Definition beschreiben, ähnlich verhält es sich mit der Blockchain-Technologie.¹² Während Fill et. al die Blockchain-Technologie als *„eine Art verteiltes elektronisches Register um Informationen dauerhaft, transparent und vertrauenswürdig zu speichern und zugänglich zu machen, ohne dass auf eine zentrale Instanz zurückgegriffen werden muss“* definiert,¹³ erläutern Schacht und Lanquillon unter Verweis auf Lewrik et. al und Nofer et al, die Blockchain als Distributed Ledger Technologie: *„Distributed-Ledger-Technologie (DLT) bedeutet, dass Transaktionen nacheinander in einem auf viele unabhängige Rechner verteilten Hauptbuch (Ledger) gespeichert werden. Die in Form eines dezentralen Netzwerks organisierten Rechner werden dabei als Knoten oder Nodes bezeichnet. Bei der Blockchain, dem bekanntesten DLT-Verfahren, werden Transaktionen in Form von (Informations-) Blöcken zusammengefasst und mittels kryptografischer Verfahren miteinander verkettet.“*¹⁴

Eine Blockchain lässt sich also tatsächlich als eine Verkettung von Datenblöcken definieren, deren Inhalt mittels eines digitalen Verfahrens verschlüsselt und damit vor

¹² Vgl. Fridgen, G. et al. 2019, S. 88 (online).

¹³ Fill, H.-G. 2020, S. 3 (online).

¹⁴ Schacht, S./ Lanquillon, C. 2019, S. 5 (online).

einer nachträglichen Manipulation geschützt sind. Änderungen werden nicht etwa an einem bestehenden Block vorgenommen, sondern als neuer Informationsblock chronologisch angefügt, verschlüsselt und so mit dem vorhergehenden Block eindeutig verknüpft. Aus den oben genannten Definitionen geht hervor, dass es sich bei der Blockchain-Technologie um ein sogenanntes Peer-to-Peer-System handelt, da die Blockchain jeweils als redundante Kopie auf den Rechnern der nutzungsberechtigten Stakeholder gespeichert ist und somit auf eine zentrale Speicherinstanz verzichtet werden kann.¹⁵ Nach dem Peer-to-Peer-Gedanken sollte zwischen den Nutzungsberechtigten ein Konsens über den Informationsinhalt der Blockchain bestehen, dieser wird durch das jeweilige Verwaltungssystem der Blockchain und den darin enthaltenen Konsensmechanismen eingestellt.^{16, 17}

Eine Studie des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA mit dem Titel „Komplexitätsbewirtschaftung 2014“ kommt zu dem Ergebnis, dass die Marktkomplexität in der Unternehmen agieren, durch die Digitalisierung sehr stark zunimmt.¹⁸ In der Lebensmittel Supply-Chain, in der häufig eine Vielzahl von Zulieferern am Wertschöpfungsprozess beteiligt sind, sorgt neben der Marktkomplexität auch die Anzahl der beteiligten Stakeholder und ihrer unterschiedlichen Systemlandschaften sowie Unternehmenskulturen zusätzlich zu einer Erhöhung der Komplexität innerhalb der Wertschöpfungskette.¹⁹ Die somit insgesamt steigende Komplexität hat zur Folge, dass sichere Transaktionen und damit auch das Vertrauen zwischen den einzelnen Marktteilnehmern einen immer höheren Stellenwert erhalten.^{20, 21} Um eine Transaktion abzusichern, werden bislang dritte Instanzen wie bspw. Banken oder Versicherungen als vertrauensstiftende Intermediäre eingesetzt, wodurch neben Transaktionskosten auch zeitliche Verzögerungen innerhalb des Transaktionsprozesses entstehen.^{22, 23} Darüber hinaus

¹⁵ Vgl. Wittenberg, S. 2020, S. 9 (online).

¹⁶ Vgl. Zohar, A. (2015) Bitcoin: Under the Hood, Communications of the ACM, P. 104–113. In: Buhl, H.U. et al. 2017, S. 2 (online).

¹⁷ Vgl. Burkhardt, D./ Werling, M. (2018): Distributed ledger. In: IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC), S. 1–9. In: Schacht, S./ Lanquillon, C. 2019, S. 5 ff. (online).

¹⁸ Vgl. Schöllhammer, O./ Jäger, J. 2015, S. 3 ff. (online).

¹⁹ Vgl. Klumm, C. 2018 (online).

²⁰ Vgl. Fill, H.-G. 2020, S. V (Vorwort) (online).

²¹ Vgl. Palka, S./ Wittpahl, V. 2018, S. 3 ff. (online).

²² Vgl. Kiviat, T. I. (2015) Beyond Bitcoin: Issues in Regulating Blockchain Transactions, Duke Law Journal, P.569-608. In: Buhl, H.U. et al. 2017, S. 3 ff. (online).

²³ Vgl. Palka, S./ Wittpahl, V. 2018, S. 3 ff. (online).

verfügen intermediäre Institutionen in der Regel über ihre eigenen Verwaltungssysteme mit zentraler Datenspeicherung und sind so potenziell störungsanfällig und eine Zielscheibe für Hackerangriffe, wie der Fall eines großen Hackerangriffs auf deutsche Geldinstitute gezeigt hat.²⁴ Die Blockchain-Technologie hingegen bietet die Möglichkeit durch ein kryptografisch abgesichertes Peer-to-Peer Netzwerk intermediäre Dritte von der Transaktion auszuschließen und so Transaktionskosten, -risiken und -zeiten zu senken.²⁵ Aus einer ähnlichen Motivation heraus wurde im Jahr 2008 auf Grundlage der Blockchain-Technologie, die Kryptowährung Bitcoin durch das Pseudonym Satoshi Nakamoto erschaffen. Nach Nakamoto sollte es durch den Bitcoin möglich werden, digitale Vermögenswerte, ohne die Zwischenschaltung eines Finanzinstituts zu transferieren²⁶ – sicher und transparent durch kryptografische Verschlüsselung und Konsensmechanismen. Durch die Kryptowährung Bitcoin und der dahinterstehenden Blockchain-Technologie wäre theoretisch eine autarke Vermögensverwaltung ganz ohne die Dienste eines Geldinstituts möglich.²⁷ Was folgte war ein regelrechter Hype um den Bitcoin, der jedoch ebenso schnell wieder abflaute. Grund hierfür war neben Negativschlagzeilen auch die Tatsache, dass Bitcoin sich nicht als allgemeingültiges Zahlungsmittel durchsetzen konnte.²⁸ Für die breite Bevölkerung steht die Kryptowährung Bitcoin aber bis heute als Synonym für die Blockchain-Technologie. Dabei ist die grundlegende Idee der Blockchain-Technologie, also die dezentrale und fälschungssichere Datenspeicherung, bereits in den 1990'er Jahren erdacht worden. So bemühten sich schon 1991 die Kryptographen Stuart Haber und Scott Stornetta um die Entwicklung eines Zeitstempels für digitale Dokumente mit dem Namen „AbsoluteProof“. Es handelte sich hierbei um einen Algorithmus, der den Zeitpunkt der Erstellung und Änderung eines Dokumentes verschlüsselt und damit dessen Echtheit verifiziert. Darüber hinaus konnten die einzelnen Zeitstempel kryptografisch miteinander verkettet werden, sodass eine nachträgliche Manipulation des Dokuments praktisch unmöglich wurde. Auch wenn Haber und Stornetta die verketteten Zeitstempel zentral auf einer Datenbank speicherten, lässt sich doch von „AbsoluteProof“ als älteste

²⁴ Vgl. Atzler, E. et al. 2020 (online).

²⁵ Vgl. Kiviat, T. I. (2015): Beyond Bitcoin: Issues in Regulating Blockchain Transactions, Duke Law Journal, P.569-608. In Buhl, H.U. et al. 2017, S. 4 ff. (online).

²⁶ Vgl. Rosenberger, P. 2018, S. 2 (online).

²⁷ Vgl. Rosenberger, P. 2018, S. 1–3 (online).

²⁸ Ebenda, S. 3 ff. (online).

blockchain-ähnliche Anwendung sprechen.^{29, 30} Die Entwicklung die die Blockchain von den 1990'er bis zum heutigen Tag aufweist, lässt Experten vermuten, dass die Blockchain-Technologie eine der bedeutendsten Technologien des 21 Jahrhunderts werden wird.^{31, 32}

2.2 Funktionsweise der Blockchain

2.2.1 Distributet-Ledger-Technologie

Je nach Einsatzgebiet gibt es heute eine Vielzahl von Blockchain-Varianten. Ihnen allen liegt jedoch die redundante Speicherung der Daten innerhalb eines verteilten Netzwerks auf den Rechnern der nutzungsberechtigten Teilnehmer zugrunde. Der Kürze dieser Arbeit geschuldet kann nicht jede einzelne Variante einer Blockchain betrachtet werden, es wird daher von der Blockchain als Oberbegriff gesprochen. Damit stellt die Blockchain eine Variante der Distributed-Ledger-Technologie dar, die auch als verteiltes Hauptbuch bezeichnet wird. Innerhalb des Distributed-Ledger erhalten Nutzungsberechtigte die Möglichkeit auf der verteilten Datenbank Informationen zu lesen, hinzuzufügen und lokal auf ihren eigenen Endgeräten zu speichern. Über einen Validierungsprozess wird die Integrität aller Eingaben geprüft, bevor diese dem Hauptbuch hinzugefügt werden. Da aber in einem Distributed-Ledger nicht zwangsläufig Transaktionen zu Datenblöcken zusammengefasst und in chronologischer Reihenfolge miteinander verkettet werden, ist im Umkehrschluss nicht jedes Distributed-Ledger eine Blockchain.^{33, 34, 35}

In einem verteilten Netzwerk wie dem Distributed-Ledger stellt jeder nutzungsberechtigte Rechner einen Netzwerkknoten, einen sogenannten Node dar. Im Unterschied zu zentralen Netzwerksystemen, gibt es in verteilten Systemen keinen zentralen Node der eine Steuerungsautorität besitzt.³⁶ Vielmehr sind sowohl alle Informationen als auch jegliche Speicher- und Administrationsrechte jedem Netzwerkknoten gleichermaßen zugewiesen. Darüber hinaus sind in verteilten Systemen alle Nodes miteinander vernetzt sodass zum einen die Kommunikation

²⁹ Vgl. Skwarek, V. 2019, S. 161 ff. (online).

³⁰ Vgl. Klee, C. 2018 (online).

³¹ Vgl. Rosenberger, P. 2018, Vorwort (online).

³² Vgl. Rizzo, P. 2015 (online).

³³ Vgl. Brühl, V. 2017, S. 140 (online).

³⁴ Vgl. Blockchainwelt 2018b (online).

³⁵ Vgl. Brühl, V. 2017, S. 140 (online).

³⁶ Vgl. Hinckeldeyn, J. 2019, S. 5 ff. (online).

zwischen den Netzwerknutzern effizienter verläuft und zum anderen auch parallel Änderungen vorgenommen werden können. In dezentralen Systemen kann ein Node

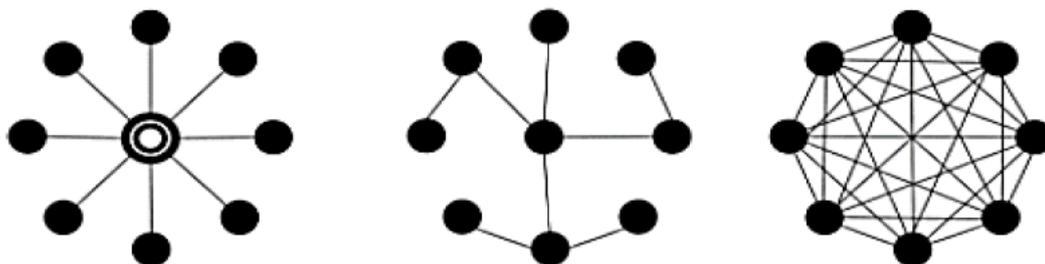


Abb. 1: Zentrale, dezentrale und verteilte Netzwerke

auch mehrere Verknüpfungen haben, die nur über diesen Node erreicht werden können. Darüber hinaus kann es in dezentralen Systemen Nodes geben, die gegenüber anderen Nodes privilegierte Anwendungs- und Verwaltungsrechte besitzen.³⁷ Verteilte Systeme sind durch die oben beschriebenen Eigenschaften im Vergleich zu zentralen und dezentralen Systemen sehr viel widerstandsfähiger gegen Ausfälle und Hackerangriffe. Der Ausfall eines Nodes hat weder einen Einfluss auf die Kommunikationsfähigkeit innerhalb des verteilten Netzwerks, noch kann es zu einer vollständigen Vernichtung der Daten kommen, da diese redundant in den restlichen Nodes gespeichert sind. Kommt es in einem zentralen System zu einem Ausfall des zentralen Nodes, bricht damit die Kommunikation innerhalb des Netzwerks zusammen. Sind zudem alle Daten innerhalb des zentralen Nodes konzentriert, gleicht dies einem Totalschaden für das Netzwerk. Innerhalb eines dezentralen Netzwerks wären durch den Ausfall eines Nodes mit mehreren Verbindungen zumindest Teile des Netzwerks von der Kommunikation abgeschnitten.^{38, 39} Da sich die vorliegende Arbeit mit der Blockchain-Technologie in der Lebensmittel-Supply-Chain befasst, werden im Folgenden Begriffe, die das Schlagwort Blockchain beinhalten als Teilmenge der Distributed-Ledger-Technologie verstanden.

2.2.2 Asymmetrische Kryptographie und Digitale Signaturen

Die asymmetrische Kryptographie und ist ein wesentlicher Bestandteil der Blockchain-Technologie, da sie zur Verschlüsselung und zur sicheren Transaktion der Daten unter den Nutzern der Blockchain eingesetzt wird.⁴⁰ Charakteristisch für diese Form der

³⁷ Vgl. Wittenberg, S. 2020, S. 26 ff. (online).

³⁸ Vgl. Ebenda, S. 19 ff. (online).

³⁹ Vgl. Breidenbach/ Glatz, 2018. In Hein, C. et al. 2019, S. 6 (online).

⁴⁰ Vgl. Schacht, S./Lanquillon, C. 2019, S. 8 (online).

Verschlüsselung ist die Erzeugung eines Schlüsselpaars bestehend aus einem öffentlichen Schlüssel (im Folgendem Public Key, in weiß dargestellt) und einem geheimen privaten Schlüssel (im Folgendem Private Key, schwarz dargestellt). Der Public Key ist, wie sein Name schon sagt, in der Regeln ein öffentlich zugänglicher Schlüssel, während der Private Key ausschließlich dem Besitzer selbst bekannt ist. Die nachfolgende Abbildung soll das Verfahren der asymmetrischen Verschlüsselung vereinfacht darstellen:

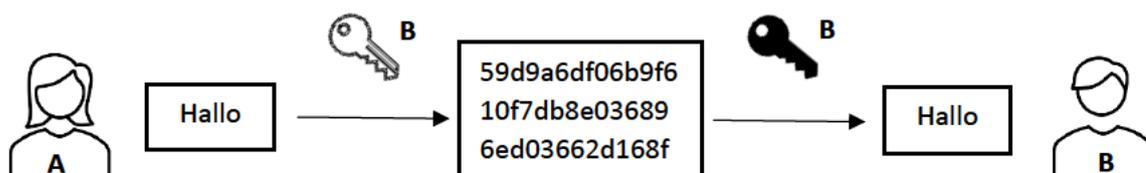


Abb. 2: Beispiel einer asymmetrischen Verschlüsselung.

Möchte Person A der Person B eine verschlüsselte Nachricht senden, so nutzt sie den Public Key der Person B zur Verschlüsselung bzw. Umwandlung des Klartextes in einen sogenannten Hashwert und sendet den nun so verschlüsselten Text an die Person B. Damit Person B die Nachricht entschlüsseln kann, nutzt diese ihren Private Key und erhält die Nachricht als Klartext. Ein Rückschluss vom Public Key auf den Private Key ist aufgrund verschiedener Eigenschaften der zugrundeliegenden Hashfunktionen, welche in Kapitel 2.2.3 beschrieben werden, nahezu unmöglich. Für den Besitzer des Private Key ist jedoch unerlässlich diesen geheim zu halten damit die Sicherheit der asymmetrischen Verschlüsselung gewährleistet bleibt.^{41, 42}

Eine weitere Möglichkeit in der Nutzung der asymmetrischen Verschlüsselung ist die digitale Signatur:

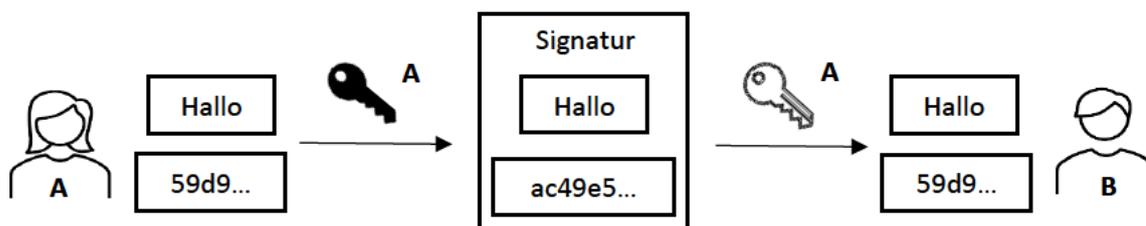


Abb. 3: Beispiel einer asymmetrischen Verschlüsselung anhand einer digitalen Signatur

Person A ermittelt zunächst den Hash für den Klartext der Nachricht und verschlüsselt beides mit ihrem Private Key. Im nächsten Schritt versendet Person A die so erzeugte Signatur an Person B. Mit dem Public Key der Person A kann B nun die Signatur

⁴¹ Vgl. Hinckeldeyn, J. 2019, S. 8 bis 9 (online).

⁴² Vgl. Brühl, V. 2017, S. 136 (online).

entschlüsseln und vergleichen, ob der nun erzeugte Hashwert mit dem Hashwert der Nachricht übereinstimmt. So kann gewährleistet werden, dass der Absender der Nachricht tatsächlich Person A ist und keine Manipulation vorliegt.^{43,44}

2.2.3 Hashing

Für die kryptographische Verschlüsselung von Informationen innerhalb der Blockchain, aber auch für die Verkettung ihrer einzelnen Blöcke, werden sogenannte Hashfunktionen verwendet. Diese verschlüsseln mittels eines Algorithmus beliebig lange Datensätze zu einem Hashwert mit einer festgelegten Länge. Hashfunktionen weisen bestimmte Eigenschaften auf, die eine Manipulation der Blockchain nahezu unmöglich machen und daher essenziell für ihre Verwendung in der Kryptographie sind:⁴⁵

- **Deterministisch:** Hashfunktionen erzeugen für einen Eingabewert immer ein und denselben Hashwert, unabhängig davon wie häufig der Hashwert für den Eingabewert erzeugt wird. Damit sind Hashfunktionen deterministisch. Eine Transaktion lässt sich damit über ihren Hashwert eindeutig identifizieren.
- **Einwegfunktionen:** Ein Rückschluss vom Hashwert auf den Eingabewert ist nicht möglich. Hashfunktionen werden daher auch als Einwegfunktionen bezeichnet. Dies macht die Verschlüsselung mittels einer Hashfunktion besonders sicher.
- **Pseudozufällig:** Eine Veränderung der Eingabedaten erzeugt immer einen neuen Hashwert, es lässt sich nicht vorhersagen, welcher Hashwert genau erzeugt wird.
- **Kollisionsresistent:** Bei unterschiedlichen Eingabewerten ist es nahezu unmöglich denselben Hashwert zu erzeugen. Kollisionsresistent bedeutet in diesem Sinne, dass für jeden Eingabewert immer ein einzigartiger Hashwert erzeugt wird.⁴⁶

Durch die genannten Eigenschaften sind Hashing-Algorithmen wie bspw. der sogenannten SHA265 - Algorithmus, ein zentrales Element in der Blockchain-Technologie und werden nicht nur zur Verschlüsselung einzelner Daten, sondern auch für die sichere Verkettung von einzelnen Datenblöcke zu einer Blockchain verwendet.⁴⁷ Um eine solche Verkettung zu erreichen, muss zunächst der Hashwert für jeden einzelnen Datenblock ermittelt werden (Blockhash). Der Blockhash des einzelnen

⁴³ Vgl. Brühl, V. 2017, S. 136 (online).

⁴⁴ Vgl. Fill, H.-G. 2020, S. 14 bis 15 (online).

⁴⁵ Vgl. Hinckeldeyn, J. 2019, S. 6 (online).

⁴⁶ Vgl. Dreschner in Hinckeldeyn, J. 2019, S. 6 ff. (online).

⁴⁷ Vgl. Fridgen, G. et al. 2019, S. 31 bis 32 (online).

Datenblocks setzt sich seinerseits aus der Verkettung der Hashwerte der einzelnen Transaktionen innerhalb des Blocks zusammen. Dabei werden die Hashwerte der einzelnen Transaktionen so lange miteinander verkettet, bis ein einzelner Hashwert für alle Transaktionen innerhalb des Blocks entsteht (Merkle Root).⁴⁸ Sollen nun zwei Blöcke miteinander verkettet werden, geht der Blockhash des ersten Blocks, auch Genesis-Block genannt,⁴⁹ in die Berechnung des zweiten Blocks ein, sodass der Blockhash des zweiten Blocks nicht nur mehr aus dem Merkle Hash der eigenen Transaktionen besteht:⁵⁰

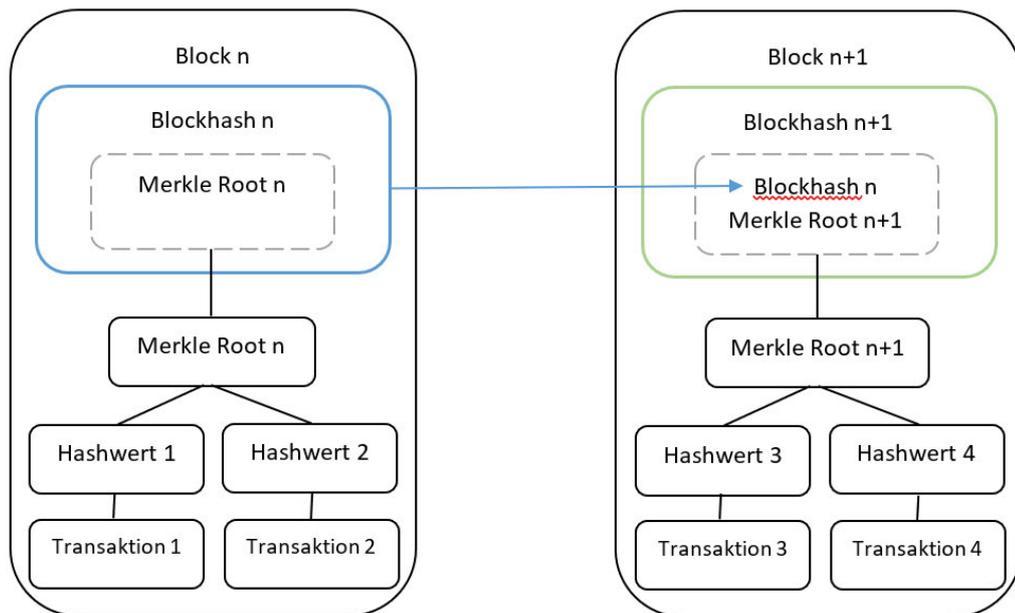


Abb.4: Verkettung der Blockchain

Durch diese Art der Verkettung ist der Hashwert eines nachfolgenden Blocks immer eindeutig mit den Hashwerten der vorangegangenen Transaktionen verbunden. Eine nachträgliche Veränderung einer Transaktion hätte zur Folge, dass die Verkettung zu den vorausgegangenen und nachfolgenden Blöcken nicht mehr eindeutig ist und damit unterbrochen werden würde - eine Manipulation der Blockchain würde sofort auffallen. Um erfolgreich eine Manipulation an der Blockchain vorzunehmen, müssten alle Blockhashwerte jeweils vor und nach der manipulierten Transaktion verändert werden.

Zusätzlich müsste in einem verteilten Netzwerk die nachträgliche Veränderung der Blockchain auf der Mehrheit der Nodes erfolgen, um erfolgreich zu sein. Zwar können Manipulationen der Blockchain nie ganz verhindert werden, jedoch erschweren

⁴⁸ Vgl. Brühl, V. 2017, S. 137 (online).

⁴⁹ Vgl. Rosenberger, P. 2018, S. 66 (online).

⁵⁰ Vgl. Fill, H.-G. 2020, S. 18 ff. (online).

sogenannte Konsensmechanismen Manipulationen, indem sie Veränderungen der Blockchain bspw. mit Kosten belegen und eine gewisse Rechnerkapazität voraussetzen.^{51, 52}

2.2.4 Konsensmechanismen

Um in einem verteilten Netzwerk ohne zentrale Entscheidungsinstanz wie der Blockchain eine Transaktion zu verifizieren, sind sogenannte Konsensmechanismen notwendig. Diese stellen durch wirtschaftliche Anreizsysteme ein, im Sinne des Netzwerks, faires Verhalten aller Netzwerkteilnehmer und natürlich einen Konsens über die Transaktionen innerhalb der Blockchain sicher.⁵³ Je nach Art und Zweck der Blockchain kommen unterschiedliche Konsensmechanismen zur Anwendung, im Folgenden sollen daher die drei häufigsten Arten beschrieben werden:

Der Konsensmechanismus „Proof of Work“ zeichnet sich durch eine hohe Aktivität der Netzwerkteilnehmer aus, denn für die Verkettung neuer Transaktionen an die bestehende Blockchain, Mining genannt, erhalten die Netzwerkteilnehmer, auch Miner genannt, eine Vergütung. Da dies jedoch an die Bedingung geknüpft ist noch vor allen anderen Minern einen neuen Block zu kreieren und diesen an die bestehende Kette anzuhängen, herrscht ein permanenter Wettbewerb. Um einen Block zu kreieren muss ein passender Hashwert errechnet werden, mit dem sich der neue Block an die bestehende Blockchain anketten lässt. Der gesuchte Hashwert muss dabei mehreren Bedingungen entsprechen und kann nur durch das Ausprobieren verschiedener Rechnungen gefunden werden. Da hierbei eine hohe Rechenleistung notwendig ist, wird die Arbeit jenes Miners belohnt, der zuerst den passenden Hashwert erzeugt hat. Der errechnete Hashwert wird von den anderen Netzwerkteilnehmern hinsichtlich seiner Kompatibilität zur bestehenden Blockchain geprüft.⁵⁴ Proof of Work ist durch seine Verwendung in der Kryptowährung Bitcoin zwar äußerst bekannt, nichtsdestotrotz ist es aber auch der energieintensivste Konsensmechanismus, da für die Berechnung neuer Blöcke eine hohe Rechenleistung notwendig ist. Vor allem in langen Blockchains mit vielen Minern kommt es zu einem exorbitanten Stromverbrauch. So benötigte der Betrieb der Bitcoin im Jahr 2019 ca. 60 Terrawatt

⁵¹ Vgl. Brühl, V. 2017, S. 137 (online).

⁵² Vgl. Adam, K. 2020, S. 63 (online).

⁵³ Vgl. Zeiselmaier, A./Bogensperger, A. 2019 (online).

⁵⁴ Vgl. Hinckeldeyn, J. 2019, S. 14 ff. (online).

Strom, so viel etwa wie die Schweiz im gesamten Jahr 2019 verbrauchte.⁵⁵ Darüber hinaus hat die hohe Rechenleistung, die für das Mining notwendig ist auch zur Folge, dass Netzwerkteilnehmer mit handelsüblichen Rechnern keine Chance haben als erster einen Block zu kreieren. Die Vergütung geht also an die Miner mit der leistungsfähigsten und in der Regel auch teuersten Hardware.⁵⁶ Diese Bevorzugung kann dazu führen, dass die Weiterentwicklung der Blockchain nur noch einem ausgewählten Kreis an Minern vorbehalten bleibt. Somit würde eine indirekte Zentralisierung der Teilhabe an der Blockchain erfolgen, was den Grundsätzen der Blockchain-Technologie widerspricht.⁵⁷

Der Konsensmechanismus „Proof of Authority“ stützt sich auf besonders vertrauenswürdige Netzwerkteilnehmer, denen aufgrund ihrer guten Reputation sowie der Bereitschaft ein entsprechendes Zulassungsverfahren zu durchlaufen, eine besondere Rolle in der Blockchain zugeordnet wird. Die ausgewählten Personen, auch Validatoren genannt, werden dazu berechtigt Transaktionen zu validieren und mit der bestehenden Blockchain zu verketteten. Der Grundgedanke beim Proof of Authority besteht darin, dass die Validatoren ihre hohe Reputation nicht für eine betrügerische Bereicherung aufs Spiel setzen würden, zumal sie ihre Identität im Vorwege offenlegen müssen.⁵⁸ In der Regel wird die Anzahl der Validatoren klein gehalten, sodass für das Mining kein so hoher Rechenaufwand wie beim Proof of Work notwendig ist. Demnach findet auch die Konsensfindung innerhalb des Proof of Authority wesentlich effizienter statt.⁵⁹ Trotz dieser Effizienz muss berücksichtigt werden, dass durch die Validatoren eine zentrale Gruppe an Netzwerkteilnehmern über die Entwicklung der Blockchain bestimmen. Da somit die Teilhabe an der Erstellung der einzelnen Blöcke für alle anderen Netzwerkteilnehmer entfällt, lässt sich nicht mehr von einem verteilten System sprechen.

Beim Konsensmechanismus „Proof of Stake“ dürfen nur diejenigen Netzwerkteilnehmer einen neuen Block erstellen, die eine Werteinlage in das Netzwerk eingebracht haben, die Blockersteller werden daher nicht Miner, sondern Validierer genannt. Je nach Höhe ihrer Einlagen werden die Validierer zufällig für die Erstellung

⁵⁵ Vgl. Heintz, P. 2020 (online).

⁵⁶ Vgl. Kraus, C. 2020 (online).

⁵⁷ Vgl. Hinckeldeyn, J. 2019, S. 15 (online).

⁵⁸ Vgl. Kraus, C. 2020 (online).

⁵⁹ Vgl. Hinckeldeyn, J. 2019, S. 16 ff. (online).

des neuen Blocks ausgewählt, dabei haben höhere Einlage auch die besseren Chancen ausgewählt zu werden.⁶⁰ Bei einem korrekt erstellten Block erhält der ausgewählte Validierer eine Vergütung. Im Proof of Stake lässt sich zwar die Abkehr vom rechner- und damit auch ressourcenintensiven Miningprozess feststellen, jedoch verliert die Blockchain mit diesem Mechanismus ihre Eigenschaft eines gleichberechtigten verteilten Netzwerks. Da die Höhe der Werteinlage eine maßgebliche Rolle bei der Auswahl des Validierers spielt, sind Netzwerkteilnehmer mit den entsprechenden monetären Mitteln im Vorteil.⁶¹ Die Rechte zur Erstellung der neuen Datenblöcke konzentrieren sich bei ihnen, sodass auch dem Proof of Stake Algorithmus eine Tendenz hin zur Zentralisierung bescheinigt werden kann.

2.2.5 Smart Contracts

Sogenannten Smart Contracts sind im Grunde Computerprotokolle, die in der Blockchain implementiert sind. Vertragsparteien, die sich auf einen Smart Contract einigen, hinterlegen in diesen bestimmten Bedingungen, nach welchen das Computerprotokoll ausgeführt wird. Dieser Vorgang bedarf keines Intermediärs, da die Vertragsinhalte für beide Parteien einsehbar im Smart Contract niedergeschrieben und automatisch ausgeführt werden. So definieren die Vertragsparteien innerhalb des Smart Contracts ein Auslöseereignis für den Smart Contract. Dieser durchläuft dann automatisch nach dem Wenn-Dann-Schema eine Kette vordefinierter Aktionen.⁶² Smart Contracts führen also automatisiert Transaktionen aus und stellen damit eine Erweiterung der klassischen Blockchain dar, in der Transaktionen durch die Netzwerkteilnehmer selbst ausgeführt werden müssen und in der Blockchain lediglich gespeichert werden. Sie eignen sich damit besonders für immer wiederkehrende Prozesse, bei dem ein festgelegter Eingabewert einen festgelegten Ausgabewert erzeugt.⁶³ Beispielhaft hierfür wäre die Auslieferung einer Ware gegen Bezahlung oder die Kontrolle einer Kühlkette. So können entsprechende Sensoren an einem Kühlcontainer regelmäßig die Temperaturdaten im Container erfassen und über das Internet an die Blockchain übermitteln. Befinden sich die übermittelten Temperaturen im grünen Bereich speist der Smart Contract diese Daten einfach in die Blockchain

⁶⁰ Vgl. Kranz, S. 2020 (online).

⁶¹ Vgl. Hinckeldeyn, J. 2019, S. 15 ff. (online).

⁶² Vgl. Jakob, S. et al. 2018, S. 4 ff. (online).

⁶³ Vgl. Fridgen, G. et al. 2019, S. 33 (online).

ein, sinken die Temperaturen jedoch unter einen bestimmten Wert, wird diese Abweichung durch den Smart Contract als Fehlermeldung in die Blockchain eingetragen und darüber hinaus bspw. an den Abnehmer der Lieferung gemeldet.⁶⁴

Um solch komplexe Übertragungen vom realen Geschehen in die Blockchain zu ermöglichen, bedarf es jedoch zuerst einer digitalen Abbildung der Informations- und Warenflüsse zwischen den Vertragsparteien des Smart Contracts. Vorgänge, die sich nicht digital abbilden lassen, können auch nicht durch den Smart Contract verarbeitet werden.⁶⁵ Darüber hinaus sind Transaktionen, die durch den Smart Contract ausgelöst werden, irreversibel in der Blockchain gespeichert. Kommt es also bspw. durch einen defekten Sensor zur Übermittlung falscher Temperaturangaben, lassen diese sich nicht mehr in der Blockchain korrigieren. Die beteiligten Vertragspartner sind also dazu angehalten den ausgehandelten Smart Contract regelmäßig zu prüfen und evtl. für zukünftige Anwendungen nachzujustieren.⁶⁶ Ein weiteres Hemmnis für die Anwendung von Smart Contracts ist die fehlende Rechtssicherheit in Deutschland. Zwar gibt es bereits erste hybride Lösungen für Smart Contracts die bspw. einen Notar einbinden,⁶⁷ jedoch bleiben für den originären Smart Contract eine Fülle von rechtlichen Fragen wie bspw. nach der Haftung des Blockchain-Anbieters oder des Gerichtsstands. Diese nicht vorhandene Rechtssicherheit verhindert die breite Anwendung der Blockchain und der Smart Contracts über Branchengrenzen hinweg.⁶⁸ Experten des Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML empfehlen daher eine verbindliche transnationale Definition der Rechtskraft der Blockchain und der in ihr gesicherten Daten und ausgeführten Transaktionen. Auf diese Definition sollte eine einheitliche Gestaltung von Vorgaben und gesetzlichen Richtlinien folgen, um die rechtliche Absicherung der Blockchain und ihrer Anwendungen zu ermöglichen.⁶⁹

2.2.6 Öffentliche und Private Blockchain

Der wesentliche Unterschied zwischen einer öffentlichen und privaten Blockchain besteht in ihren Zugangsvoraussetzung. Während öffentliche Blockchains für jedermann zugänglich sind, bedarf es bei einer privaten Blockchain einer vorherigen

⁶⁴ Vgl. Jakob, S. et al. 2018, S. 5 (online).

⁶⁵ Vgl. Ebenda, S. 5 ff. (online).

⁶⁶ Vgl. Rosenberger, P. 2018, S. 97 ff. (online).

⁶⁷ Vgl. Herrnberger, S. 2020 (online).

⁶⁸ Vgl. Rosenberger, P. 2018, S. 101 ff. (online).

⁶⁹ Vgl. Jakob, S. et al. 2018, S. 18 ff. (online).

Registrierung aller Netzwerkteilnehmer. Die private Blockchain findet sich daher häufig im Kontext einer Unternehmensanwendung, da sich durch den Zugriffsschutz Unternehmensdaten besser schützen lassen als in einer öffentlichen Blockchain. Häufig geht mit einer privaten Blockchain auch das Element der verteilten Netzwerkstruktur verloren, da zentrale Nodes eingerichtet werden, um Berechtigungen zu verwalten und so bestimmte Nutzer von bestimmten Informationen auszuschließen.^{70,71} Auch die Konsensmechanismen liegen eher in der Verfügungsmacht der zentralen Verantwortlichen. Zwar eignen sich private Blockchains für Unternehmen besser als öffentliche Blockchains, jedoch lassen die starken zentralisierten Elemente der privaten Blockchain Zweifel daran aufkommen, ob es sich tatsächlich noch um eine Blockchain im klassischen Sinne handelt.⁷² Anstatt eine eigenständige private Blockchain zu betreiben, nutzen heute schon eine Reihe von Unternehmen sogenannte Blockchain-Plattformen. Dabei handelt es sich um eine Blockchain die mittels Smart Contracts den einzelnen Nutzern eine Reihe von automatisierten Geschäftsprozessen anbietet. Mithilfe von spezifischen Software-Anwendungen, sogenannten Decentralized Apps, können die einzelnen Nutzer der Blockchain-Plattform miteinander kommunizieren und die Dienste der Blockchain abrufen.⁷³

3. Supply-Chain in der Lebensmittelindustrie

3.1 Die Lebensmittel-Supply-Chain

Die Lebensmittel-Supply-Chain umfasst die gesamte Wertschöpfungskette eines Lebensmittels, von den agrarwirtschaftlichen Prozessen über die Weiterverarbeitung und Inverkehrbringung durch Handel und Gastronomie sowie schließlich dem Verzehr durch den Endverbraucher. Nicht zu vergessen sind dabei die Logistikprozesse, die den Warenstrom zwischen den einzelnen Wertschöpfungsstufen ermöglichen. Damit umfasst die Lebensmittel-Supply-Chain alle Informations-, Waren- und Geldflussprozesse, die zur Lebensmittelherstellung und damit zur Befriedigung des Kundenwunsches beitragen. Genauso vielfältig wie das Angebot an Lebensmitteln, ist auch die Vielfalt der verschiedenen Lebensmittel Supply-Chains. Es wird daher im

⁷⁰ Vgl. Fill, H.-G. 2020, S. 59 ff. (online).

⁷¹ Vgl. Palka, S./ Wittpahl, V. 2018, S. 6 (online).

⁷² Vgl. Schiller, K. 2018 (online).

⁷³ Vgl. Zeiselmaier, A./Bogensperger, A. 2021 (online).

Folgenden beispielhaft die Wertschöpfungskette eines pflanzlichen Lebensmittels dargestellt:⁷⁴

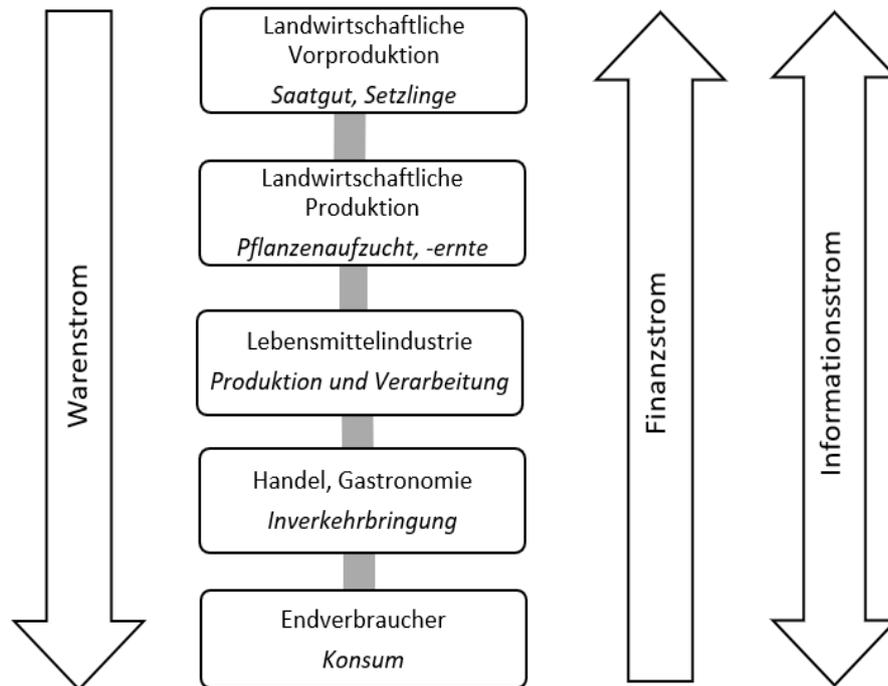


Abb. 5: Vereinfachte Wertschöpfungskette von Lebensmitteln

In der heutigen, immer noch von Globalisierung und damit Arbeitsteilung geprägten Welt, sind an der Wertschöpfung eines Lebensmittels in der Regel eine Reihe von Unternehmen beteiligt. Im Rahmen der Lebensmittel-Supply-Chain stimmen diese ihre Tätigkeiten zielgerichtet untereinander ab, sodass als Endergebnis das Lebensmittel entsteht. Dabei muss die besondere Vielfalt an Produkten innerhalb der Lebensmittel-Supply-Chain betont werden, da ein Lebensmittel an sich bereits ein Endprodukt darstellen kann, häufig aber auch als Zutat in die Produktion bzw. Veredlung eines weiteren Lebensmittels einfließt.⁷⁵ Die Tätigkeit des einzelnen Akteurs kann also als ein einzelnes Glied in der Wertschöpfungskette betrachtet werden. Ist die Tätigkeit der einzelnen Glieder jedoch kooperativ und zielgerichtet auf die Erstellung eines Gutes ausgerichtet, kann dies als eine Supply-Chain bezeichnet werden.⁷⁶ Verwaltet und optimiert wird die Lebensmittel-Supply-Chain durch das sogenannte Supply-Chain-Management, welches häufig von dem wirtschaftlich stärksten Unternehmen mit der größten Marktmacht ausgeübt wird. In der Lebensmittel-Supply-Chain befindet sich

⁷⁴ Vgl. Sommer, P. 2007, S. 126 ff. (online).

⁷⁵ Vgl. Yiannas, F. 2018, S. 46 (online).

⁷⁶ Vgl. Sommer, P. 2007, S. 26 (online).

dieses Unternehmen meist in der Mitte der Supply-Chain.⁷⁷ Das Supply-Chain-Management hat die Aufgabe die Integration aller beteiligten Stakeholder innerhalb des Wertschöpfungsprozess sicherzustellen und erfolgswirksam auf die Befriedigung der Kundenwünsche auszurichten.⁷⁸

3.2 Systemimmanente Problemstellungen

Immer dort wo eine Ware angeboten wird, unterliegt dieses Angebot den Wettbewerbsfaktoren des jeweiligen Marktes. Um am Markt bestehen zu können, muss sich ein Lebensmittel und damit auch dessen Supply-Chain, an die herrschenden Wettbewerbsfaktoren anpassen. Seit geraumer Zeit lässt sich eine steigende Komplexität der Märkte feststellen. Gründe für diese Entwicklung sieht das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA in der (Weiter-)Entwicklung von Megatrends wie die Digitalisierung und sich verändernde Kundenbedürfnisse.⁷⁹ Sind bisher vor allem Wettbewerbsfaktoren wie Zeit, Kosten, Qualität und Flexibilität ausschlaggebend für den Erfolg einer jeden Supply-Chain, kommen heute also weitere Komplexitätsfelder hinzu.⁸⁰ Unzweifelhaft stellen die kommenden Megatrends für viele Supply-Chains eine Herausforderung dar, Die Lebensmittel-Supply-Chain ist aber aufgrund der Warenart die sie zum Gegenstand hat, bereits mit außerordentlich hohen Problemstellungen konfrontiert, von denen einige im Folgenden genannt werden sollen:

- Der Verzehr von Nahrung gehört zum Grundbedürfnis eines jeden Menschen, der Verbraucher hat daher das Recht auf sichere Lebensmittel. Dieser Anspruch ist in der EU durch die Verordnung (EG) Nr. 853/2004 über Lebensmittelhygiene sowie durch die Verordnung (EG) Nr. 853/2004 mit weitergehenden Hygienevorschriften für tierische Lebensmittel geregelt. Daneben bestehen weitergehende Verordnungen auf nationaler Ebene. Grundsätzlich stellen diese Verordnungen sicher, dass gesundheitsschädliche, verunreinigte oder verdorbene Lebensmittel nicht durch den Handel oder die Gastronomie an den Endverbraucher gelangen.⁸¹ Im europäischen Raum sollte

⁷⁷ Vgl. Köster 2002, S. 72; Beamon/ Chen 2001, P. 3196. In: Sommer, P. 2007, S. 30 bis 31 (online).

⁷⁸ Vgl. Ebenda, S. 7 (online).

⁷⁹ Vgl. Schöllhammer, O./Jäger, J. 2015, S. 3 ff. (online).

⁸⁰ Vgl. Bauernhansl, T. 2014, S. 14 bis 15 (online).

⁸¹ Vgl. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2020 (online).

sich jede Lebensmittel-Supply-Chain an den oben genannten Verordnungen, Gesetzen und Richtlinien ausrichten.

- Viele Verbraucher haben die Präferenz entwickelt, nur solche Lebensmittel einzukaufen, die äußerlich besonders ansehnlich sind und hinsichtlich des Geschmacks bestimmten Erwartungen entsprechen. Darüber hinaus erwartet der Verbraucher bei bestimmten Lebensmitteln wie bspw. Tomaten, dass diese das ganze Jahr über verfügbar sind.⁸² Die Lebensmittel-Supply-Chain ist bemüht der Präferenz seiner Kunden gerecht zu werden, dies hat jedoch zur Folge, dass die Lebensmittelverschwendung innerhalb der Supply-Chain enorme Ausmaße annimmt. So werden in der EU bereits 40% der verschwendeten Lebensmittel entsorgt, bevor sie in den Handel, gelangen.⁸³
- Um den Anforderungen von Gesetzgebung und Verbraucher gerecht zu werden ist im Hinblick auf die Verderblichkeit von vielen Lebensmitteln der Koordinationsaufwand innerhalb der Lebensmittel-Supply-Chain als systemimmanente Problemstellung zu werten.⁸⁴ Die Tatsache, dass die Wertschöpfungskette von vielen Lebensmitteln global verläuft, erschwert zusätzlich das Ziel frische Lebensmittel anzubieten.
- Wie kaum ein anderes Produkt sind Lebensmittel von klimatischen Bedingungen abhängig. Ob es nun Gemüsepflanzen sind, die durch zunehmend längere Trockenperioden weniger Ertrag bringen, oder der Fischfang, der durch sich erwärmende Meere ebenfalls immer stärker zum Verlustgeschäft mutiert - die sich signifikant verändernden Klimaverhältnisse wirken sich heute bereits regional auf Ernteerträge aus.^{85, 86} Der Klimawandel zählt damit zu den systemimmanenten Problemstellungen der Lebensmittel Supply-Chain.
- Vor allem in Deutschland ist der Lebensmittelhandel von hohem Kostendruck einer geringen Gewinnmarge geprägt. Durch knappe Verkaufsflächen und sich stetig verändernde Kundenbedürfnisse ist der Lebensmittelhandel ein stark

⁸² Mitteldeutscher Rundfunk 2020 (online).

⁸³ Vgl. Stemmermann, T. 2019 (online).

⁸⁴ Vgl. Nitsche, B./ Figiel, A. 2016, S. 5 (online).

⁸⁵ Vgl. Europäisches Parlament 2019 (online).

⁸⁶ Vgl. Thünen 2020 (online).

umkämpfter Wirtschaftszweig.⁸⁷ Der herrschende Preisdruck ist damit ein systemimmanentes Problem der Lebensmittel-Supply.

Die oben genannten systemimmanenten Problemstellungen stellen nur einen kleinen Ausschnitt der Komplexität innerhalb des Lebensmittel-Supply-Chain dar, eignen sich jedoch sehr gut, um die besonderen Anforderungen an die Lebensmittel-Supply-Chain aufzuzeigen.

3.3 Anforderungen der Endverbraucher

Der Lebensmittelmarkt in Europa ist durch ein Produktüberangebot gekennzeichnet und wird stark von den Vorlieben des Käufers geprägt.⁸⁸ Der europäische Lebensmittelmarkt kann somit als Käufermarkt bezeichnet werden, der seine Lebensmittel-Supply-Chain vor einige Herausforderungen stellt.⁸⁹ Aus einer aktuellen Studie des Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft geht hervor, dass nur 17 % der befragten Konsumenten gänzlich darauf vertrauen, dass die Lebensmittel die sie zu sich nehmen sicher sind. Mit 57% gab zwar die Mehrheit an, dass sie „eher“ auf die Lebensmittelsicherheit vertrauen,⁹⁰ jedoch lässt sich aus dieser Verteilung schließen, dass Verbraucher gerne besser über ihre Lebensmittel informiert werden möchten, zumal mindestens 80% der Befragten angaben, dass Ihnen Angaben zur Herkunft, zu den Zutaten und zur Haltbarkeit wichtig bis sehr wichtig sind.⁹¹ Bereits in einer älteren Studie aus dem Jahre 2017 mit dem Titel „Akteursübergreifende Lösungen für die Lebensmittellogistik von morgen“ wird beschrieben, dass der bedeutsamste Trend innerhalb der Lebensmittelindustrie der Wunsch des Kunden nach mehr Transparenz ist. Laut dieser Studie ist das Informationsbedürfnis des Kunden durch die Vielzahl von Lebensmittelskandalen der letzten Jahre gestärkt worden.⁹² Kunden haben demnach das Bedürfnis *„nach einer vollständigen Informationsverfügbarkeit entlang der Logisitkkette von Lebensmitteln hinsichtlich ihrer Herkunft sowie der Herstellungs-, Transport-, Lagerungs- und Weiterverarbeitungsbedingungen aller zu einem Produkt gehörenden Inhaltsstoffe“*.⁹³ Wie eingangs erwähnt, handelt es sich beim Lebensmittelmarkt um einen Käufermarkt,

⁸⁷ Vgl. Straube in Nitsche, B./ Figiel, A. 2016, Vorwort (online).

⁸⁸ Vgl. Straube, F. et al. 2017, S. 11 ff. (online).

⁸⁹ Vgl. Mennigen, M. 2019 (online).

⁹⁰ Vgl. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 2020b, S. 14 bis 15 (online).

⁹¹ Vgl. Ebenda, S. 20 bis 21 (online).

⁹² Vgl. Straube, F. et al. 2017, S. 12 ff. (online).

⁹³ Ebenda, S. 13 (online).

um also auch zukünftig an diesem bestehen zu können, sollten Kundenbedürfnisse eine hohe Priorität genießen. Aufgrund der Tatsache, dass Lebensmittel häufig aus vielen verschiedenen Zutaten bestehen, muss die Transparenz entlang der Lebensmittel-Supply-Chain ganzheitlich gedacht werden. Es bedarf also eines Informationssystems, das alle notwendigen Schritte innerhalb der Lebensmittel-Supply-Chain vernetzt, digitalisiert und für den Verbraucher transparent und verständlich darstellt.⁹⁴ Unternehmen der Lebensmittelbranche haben den Trend nach mehr Transparenz erkannt und sind bemüht die Digitalisierung ihrer Supply-Chains voranzutreiben.⁹⁵ Einige dieser Bemühungen werden im Folgenden Kapitel dargestellt, wobei der Fokus natürlich auf der Blockchain-Technologie liegt.

4. Blockchain-Technologie innerhalb der Lebensmittel-Supply-Chain

4.1 Internet of Things - Anwendungen

Das Internet of Things, im Folgenden mit IoT abgekürzt, ist eine der Kerntechnologien der Industrie 4.0. Es beschreibt die Vernetzung von physischen Objekten aus der realen Welt durch das Internet. Dazu werden diese Objekte, je nach Verwendungszweck, mit Mikroprozessoren, Kommunikationsmodulen und Sensoren ausgestattet. Diese Bauteile dienen dann als Schnittstelle zwischen der realen und der virtuellen Welt und sind in der Lage echtzeitfähig Informationen bidirektional auszutauschen. Mittels des Mikroprozessors erhält das Objekt eine eigene IP-Adresse und damit eine eindeutige Identität im Internet – das Objekt wird zum Smart Device. Doch ein smarterer Gegenstand allein stellt noch nicht kein IoT dar. Das IoT entsteht erst durch die digitale Vernetzung mehrerer Gegenstände untereinander. Durch die Verknüpfung mit dem Internet lassen sich die smarten Objekte durch eben dieses digital steuern oder können auch vollautomatisiert selbstständig Aufgaben erledigen.⁹⁶ Im industriellen Kontext wird das IoT genutzt, um einzelne Objekte in der Produktion digital abzubilden und miteinander zu vernetzen, hierdurch soll der Produktionsablauf effizienter gestaltet werden. Mithilfe des IoT kann theoretisch auch eine ganze Fabrik zur Smart Factory werden, jedoch ist das IoT dabei nur ein Bestandteil. Für eine Smart Factory, also eine sich selbst organisierende Produktionsumgebung sind weitere

⁹⁴ Vgl. Straube, F. et al. 2017, S. 14 (online)

⁹⁵ Vgl. Ebenda, S. 13 bis 14 (online).

⁹⁶ Vgl. Luber, S. 2021 (online).

Technologien wie die Künstliche Intelligenz, Cyberphysische Produktionssysteme und eine echtzeitfähige Internetverbindung erforderlich.⁹⁷

In der Lebensmittel-Supply-Chain werden bereits zahlreiche IoT-Anwendungen erprobt. Im Rahmen dieser Arbeit ist das sogenannte Dynamische Haltbarkeitsdatum als IoT-Anwendung von besonderem Interesse, da es die Lebensmittelverschwendung innerhalb der Lebensmittel-Supply-Chain reduzieren kann.⁹⁸ Laut einer Studie des Thünen-Instituts werden zwölf Millionen Tonnen an Lebensmitteln pro Jahr weggeworfen – rund die Hälfte davon wäre laut der Studie vermeidbar.⁹⁹ Das Dynamische Haltbarkeitsdatum kann als digitale Abbildung der realen Haltbarkeit eines Lebensmittels über die gesamte Supply-Chain betrachtet werden. Im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten Projekts FreshIndex, welches erfolgreich im Jahr 2019 abgeschlossen wurde, konnte erstmals die Haltbarkeit eines Lebensmittels in Echtzeit lückenlos bis hin zum Kühlregal abgebildet werden. Grundlage ist ein Algorithmus, der den verbleibenden Haltbarkeitszeitraum berechnet. Die Berechnung basiert dabei auf statistischen Daten zu Verderbnisprozessen von Lebensmitteln und den tatsächlichen Transport-, Lager- und Hygienebedingungen, denen das Lebensmittel ausgesetzt ist. Aufgenommen werden die oben genannten Umweltfaktoren des Lebensmittels durch IoT-Hardware wie bspw. Mikroprozessoren und Sensoren, die, angebracht an die Verpackung des Lebensmittels, permanent die Umgebungstemperatur des Lebensmittels messen und diese Daten dann dem Algorithmus zur Berechnung des dynamischen Haltbarkeitsdatum zur Verfügung stellen. Darüber hinaus erhält der Endverbraucher die Möglichkeit das Dynamische Haltbarkeitsdatum per QR Code auf der Verpackung mittels einer App einzusehen^{100,101} Durch den Erfolg des Dynamischen Haltbarkeitsdatums im Rahmen des Projekts FreshIndex, wird dieses nun unter dem Namen FreshAnalytics verlängert. Das Dynamische Haltbarkeitsdatum soll im Rahmen von FreshAnalytics um eine lebensmittelspezifische Tool-Bibliothek erweitert werden, um ein einheitliches Datenmanagement entlang der gesamten Lebensmittel-Supply-Chain zu ermöglichen. Mithilfe des Dynamischen Haltbarkeitsdatums und dem entsprechend hohen Datenaufkommen, sollen neben der Reduzierung der

⁹⁷ Vgl. Luber, S./ Litzel, N. 2021 (online).

⁹⁸ Vgl. Hochschule Bonn-Rhein-Sieg 2019 (online).

⁹⁹ Vgl. Schmidt, T. et al. 2019, S. 5 (online).

¹⁰⁰ Vgl. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn 2019 (online).

¹⁰¹ Vgl. Schmidt, J. 2020 (online).

Lebensmittelverschwendung weitere Ziele wie die Optimierung distributiver Prozesse innerhalb der Lebensmittel Supply-Chain, sowie ein verbessertes Kühlschranksmanagement beim Endverbraucher realisiert werden. Ein weiteres Ziel des Projekts ist die vereinfachte Abwicklung von Regressansprüchen zwischen den einzelnen Stakeholdern der Lebensmittel-Supply-Chain.¹⁰² Mittels des Dynamischen Haltbarkeitsdatums und der Echtzeitaufzeichnung der Transport-, Lager- und Umgebungstemperaturen lässt sich genau feststellen, zu welchem Zeitpunkt die Kühlkette eines Lebensmittels unterbrochen wurde und welchem Akteur zu diesem Zeitpunkt die Sorgfaltspflicht über das Lebensmittel oblag. Zur Absicherung der Daten könnten diese innerhalb einer Blockchain gespeichert werden, somit wäre die nachträgliche Manipulation des dynamischen Haltbarkeitsdatums ausgeschlossen. Darüber hinaus könnte das Dynamische Haltbarkeitsdatum innerhalb der Blockchain mit den in Kapitel 2.2.5 beschriebenen Smart Contracts verknüpft werden. Wird durch das Dynamische Haltbarkeitsdatum ein signifikanter Abfall der Resthaltbarkeit registriert könnte ein entsprechend verknüpfter Smart Contract eine Fehlermeldung auslösen. Auf weitere Technologien wie die Künstliche Intelligenz oder Cyberphysische Produktionssysteme, die ebenfalls innerhalb der Lebensmittel-Supply-Chain zum Einsatz kommen, wird in dieser Arbeit aufgrund ihrer Kürze nur verwiesen.

4.2 Blockchain-Technologie in der Lebensmittel-Supply-Chain

4.2.1 Anwendungsbeispiele und Optimierungspotenziale

Die Blockchain-Technologie stellt Informationen für ihre Nutzer dezentralisiert, transparent sowie unveränderlich und stets aktuell zur Verfügung.¹⁰³ Aufgrund dieser Eigenschaften weist die Blockchain-Technologie eine Reihe von Anwendungsmöglichkeiten und Optimierungspotenzialen für die Lebensmittel-Supply-Chain auf. So kann das bereits beschriebene Verfahren der Smart Contracts zur Prozessautomatisierung innerhalb der Lebensmittel-Supply-Chain beitragen und damit die Prozesszeit und Prozesskosten senken. Vor allem das Zahlungs- und Dokumentenmanagement sind für die Anwendung von Smart Contracts prädestiniert. Als bereits gut beschriebenes Beispiel eignet sich hier das Konnossement, das einen Frachtbrief in der Seefahrt darstellt und bereits innerhalb der Blockchain-Technologie

¹⁰² Vgl. Ebenda (online).

¹⁰³ Vgl. Lebensmittelverband Deutschland 2021 (online).

praxisnah erprobt wurde.¹⁰⁴ Das Konnossement ist ein international anerkanntes Frachtpapier, welches in mehreren Originalen ausgegeben wird und den verbrieften Rechtsanspruch an der Ware darstellt. Wer also im Besitz aller Originale ist, ist rechtskräftig Eigentümer der Ware.¹⁰⁵ Aus diesem Grund verlangt ein Exporteur zuerst die Zahlung der Ware, bevor alle Originale des Konnossements an den Importeur herausgegeben werden. Zur Absicherung dieses Geschäfts wird häufig das sogenannte Akkreditiv verwendet. Dieses stellt ein Zahlungsverprechen der Bank des Importeurs an die Bank des Exporteurs gegen Vorlage aller notwendigen Dokumente dar.¹⁰⁶ Die bisherige Handhabung des Konnossements in Papierform erfordert also die Involvierung von Finanzinstituten als Intermediäre und die Versendung der Konnossemente per Post. Damit ist eine nicht geringe Zahl an Intermediären an der Abwicklung des Handelsgeschäfts beteiligt, was zum einen die Prozesskosten erhöht und zum anderen auch die Prozesszeit durch den Versand der Dokumente nebst der Ware verlängert.¹⁰⁷ Abhilfe kann ein digitalisiertes Konnossement innerhalb einer Blockchain bieten, welche die oben genannten Intermediäre überflüssig macht und so Prozesskosten- und Prozesszeit einspart. Dieses Modell wurde bereits im Jahr 2018 durch das Unternehmen CargoX getestet. Mit der von der CargoX entwickelten blockchain-basierten Lösung „Smart Bill of Lading“ wurde es erstmals möglich originale Konnossemente im Blockchain-Netzwerk Ethereum automatisiert auszustellen und zu verwenden. Der beteiligte Exporteur und Importeur bestätigten die problemlose und schnelle Abwicklung der Dokumentenübertragung mittels des Smart Bill of Lading.¹⁰⁸ Darüber hinaus sollen die Kosten für das digitale Konnossement nur 15% der Kosten der üblichen Abwicklung eines Konnossements betragen haben.¹⁰⁹

Weitere Anwendungsmöglichkeiten und Optimierungspotenziale durch Smart Contracts innerhalb der Blockchain-Technologie sind:¹¹⁰

- die automatisierte Bekanntmachung aller Stakeholder der Lebensmittel Supply-Chain, vom Saatguthersteller bis hin zur Supermarktfiliale. Dies ermöglicht nicht

¹⁰⁴ Vgl. Kabas-Komorniczak, R. 2020, S. 15 bis 17 (online).

¹⁰⁵ Vgl. Beecher 2006 'The International Lawyer', S. 627. In: Fridgen, G. et al. 2019, S. 153 (online).

¹⁰⁶ Vgl. FinanceScout24 2017 (online).

¹⁰⁷ Vgl. Fridgen, G. et al. 2019, S. 156 ff. (online).

¹⁰⁸ Vgl. Kabas-Komorniczak, R. 2020, S. 15 bis 17 (online).

¹⁰⁹ Vgl. Lackshmi, S. 2021 (online).

¹¹⁰ Vgl. Furrer, A. 2017, S. 5 ff. (online).

nur eine erhöhte Transparenz zu Gunsten des Verbrauchers, sondern auch des landwirtschaftlichen Erzeugers.

- die automatisierte Prüfung von Sanktionslisten für bestimmte Lebensmittel oder Herkunftsländer. Dies gibt dem Lebensmittelhersteller mehr Rechtssicherheit im Handel mit ausländischen Zulieferern.
- die automatisierte Antragsstellung bei staatlichen Behörden wie bspw. dem Zoll, dies beschleunigt die Prozesszeiten.
- die automatisierte Auslösung von Zahlungen bei vorher festgelegten Voraussetzungen, dies beschleunigt ebenfalls die Prozesszeiten.
- die automatisierte Schadensmeldungen bei registrierten Abweichungen wie bspw. die Unterbrechung einer Kühlkette. Neben der Beschleunigung der Prozesszeiten wird ebenfalls die Rechtssicherheit durch die genaue Auszeichnung des Schadenfalls erhöht.

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit der Blockchain-Technologie innerhalb der Lebensmittel-Supply-Chain liegt in der Rückverfolgbarkeit von Lebensmitteln. Inverkehrbringer von Lebensmitteln sind durch die EU-Verordnung (EG) Nr. 178/2002 dazu verpflichtet, Auskunft über ihre Lieferanten und gewerblichen Abnehmer zu geben. Die Pflicht zur Rückverfolgbarkeit ist notwendig, um bspw. bei einer Verunreinigung eines Lebensmittels zügig die Schadensquelle ausfindig zu machen. Um schadhafte Lebensmittel, die bereits in den Handel gelangt sind, identifizieren zu können, ist zudem die Kennzeichnung der Lebensmittel einer bestimmten Charge mit einer Los-Nummer obligatorisch.¹¹¹ Doch nicht nur die gesetzliche Pflicht zur Rückverfolgbarkeit tangiert die Stakeholder der Lebensmittel Supply-Chain, auch der Verbraucherwunsch nach Transparenz ein zunehmend wichtiger Faktor für den unternehmerischen Erfolg.¹¹² An dieser Stelle kann die Blockchain-Technologie dazu eingesetzt werden, Transparenz und Vertrauen innerhalb der Lebensmittel-Supply-Chain zu erhöhen. Die renommierte britische Wochenzeitung *The Economist* betitelte die Blockchain-Technologie als „*trust machine*“ und auch Palka und Wittpahl schreiben der Blockchain-Technologie unter bestimmten Voraussetzungen zu, als „*digitaler Vertrauenskatalysator*“ zu fungieren.^{113,114} Die Blockchain-Technologie kann eine

¹¹¹ Vgl. Lebensmittelverband Deutschland 2021 (online).

¹¹² Vgl. Straube, F. et al. 2017, S. 15 ff. (online).

¹¹³ Bolten, F. 2016 (online).

¹¹⁴ Palka, S./ Wittpahl, V. 2018, S. 3 ff. (online).

lückenlose Rückverfolgbarkeit von Lebensmitteln gewährleisten, indem für jeden Wertschöpfungsschritt ein Datenblock erzeugt wird, der in der Blockchain verifiziert und gespeichert wird. Ein Datenblock kann z.B. bereits dann erzeugt werden, wenn der Landwirt Saatgut erwirbt. Dieser erste Datenblock beinhaltet dann bspw. die Information über den Saatguthersteller, die Saatgutsorte, ihre genetische Zusammensetzung und ihre Qualität. Der nächste Block könnte dann Informationen zur angezuchteten Pflanze beinhalten, zu den Wachstumsbedingungen, sowie den chemischen Zusätzen, die ihr verabreicht wurden. Letztendlich kann auch das Erntedatum mit Angaben zur Erntequalität eingespeist werden. In solcher Weise lässt sich die gesamte Lebensmittel-Supply-Chain mit jedem einzelnen Produktionsschritt und jedem beteiligtem Akteur abbilden und unveränderlich abspeichern.¹¹⁵ In einer solch abgesicherten Wertschöpfungskette ist das Betrugsrisiko äußerst gering. Sollte es jedoch zu einem Betrugsversuch am realen Produkt kommen, so lässt sich durch den Abgleich der Daten in der Blockchain schnell feststellen, an welcher Stelle der Wertschöpfungskette Ungereimtheiten erstmals aufgetreten sind.¹¹⁶

Mit der hohen Transparenz, die die Blockchain-Technologie innerhalb des Wertschöpfungsablaufs bietet, könnte auch die Informationsasymmetrie zwischen den einzelnen Stakeholdern der Lebensmittel-Supply-Chain beseitigt werden, indem allen Stakeholdern der Zugriff auf die Blockchain gewährleistet wird, um selbstständig Blöcke zu erzeugen oder auch nur Einsicht in die Vorgänge zu nehmen. Dabei lässt sich der Zugriff auf die Blockchain über Berechtigungen steuern. Für den Endverbraucher wäre ein Zugang zu den Informationen der Blockchain über das Scannen eines QR-Codes an der Produktverpackung möglich. Eine solch genaue Abbildung der Lebensmittel-Supply-Chain bedarf jedoch eines hocheffizienten Trackings der einzelnen Prozessschritte und der herrschenden Umweltfaktoren.¹¹⁷ Dazu sind neben IoT-Hardware wie Mikroprozessoren und Sensoren auch entsprechend geeignete Transportbehältnisse und eine stabile Internetverbindung notwendig. Selbstverständlich muss auch jeder Akteur der Lebensmittel-Supply-Chain, ausgenommen des Endverbrauchers, über die notwendige Technik und

¹¹⁵ Vgl. Lebensmittelverband Deutschland 2021 (online).

¹¹⁶ Vgl. Ökolandbau 2021 (online).

¹¹⁷ Vgl. Jostock, M. 2019, S. 7 ff. (online).

Ausbildung verfügen um Informationen, die in seinem Verantwortungsbereich entstehen, in die Blockchain übertragen zu können.

Als bislang bekannteste Blockchain-Plattform innerhalb der Lebensmittel-Supply-Chain gilt die IBM Food Trust, die seit Oktober 2018 vermarktet wird. Die Plattform dient der effizienten Nachverfolgung von Lebensmitteln und bietet seinen Mitgliedern eine Reihe von Informationen zum einzelnen Produkt wie bspw. das Erzeugungsland, die einzelnen beteiligten Stakeholder der Wertschöpfungskette und den aktuellen Lieferstatus. Bei Regressansprüchen sind die Informationen, die die IBM Food Trust bereithält, daher von hohem Stellenwert. Für eine saubere Abbildung ihrer Lebensmittel-Supply-Chain tragen die Mitgliedsunternehmen jedoch eine hohe Verantwortung, da die Unternehmen selbst die Nodes innerhalb der Blockchain-Plattform darstellen.¹¹⁸ Bereits über eine Millionen Produkte werden in der IBM Food Trust geführt, darüber hinaus zählen sich eine Reihe namhafter Unternehmen wie Nestlé und Walmart zu den Mitgliedern.¹¹⁹ Zu den Zielen der Plattform gehören:¹²⁰

- Erhöhung der Lebensmittelsicherheit
- Steigerung der Effizienz der Lieferketten und Abwicklungsprozesse
- Lebensmittel noch frischer an den Endkunden liefern
- Verbesserung der Nachhaltigkeit durch weniger Lebensmittelverschwendung
- Steigerung des Markenvertrauen durch vollständige Transparenz
- Vermeidung von Lebensmittel- und Markenfälschungen

Den Erfolg der Plattform bestätigt ihr stetiges Wachstum. So plant die Dole Food Company als der weltgrößte Produzent von Obst und Gemüse die Anwendung der IBM Food Trust in allen seinen Geschäftsbereichen.¹²¹ Die oben genannten Punkte sind ebenfalls als Optimierungspotenziale der Blockchain-Technologie innerhalb der Lebensmittel-Supply-Chain zu verstehen.

Die Blockchain-Technologie findet also im Rahmen der Lebensmittel-Supply-Chain eine Reihe von Anwendungsgebieten und birgt ein hohes Optimierungspotenzial. Die Technologie ist theoretisch im Stande die komplexen Strukturen der Lebensmittel-Supply-Chain zu entwirren und Transparenz vom ersten bis zum letzten Schritt der

¹¹⁸ Vgl. Rau, S. 2018 (online).

¹¹⁹ Vgl. Jostock, M. 2019, S. 8 (online).

¹²⁰ Vgl. Ebenda, S. 8 (online).

¹²¹ Vgl. Haig, S. 2020 (online).

Wertschöpfungskette zu schaffen. Sei es die Senkung von Transaktionskosten, oder die sekundenschnelle Rückverfolgung von Lebensmitteln – die Blockchain-Technologie kann im Rahmen der Lebensmittel-Supply-Chain sowohl zu den Gunsten der Hersteller als auch der Verbraucher eingesetzt werden. Die Hemmnisse, die den Optimierungsmöglichkeiten entgegenstehen sind Gegenstand des folgenden Kapitels.

4.2.2 Umsetzungsbarrieren

Unabhängig von seinem Anwendungsgebiet ist die größte Umsetzungsbarriere für die Blockchain-Technologie die unzureichende Rechtsgrundlage, sowohl im nationalen als auch im internationalen Kontext. In Wittenberg stufen Süme et al. die fehlende Möglichkeit zur nachträglichen Veränderung gespeicherter Daten innerhalb der Blockchain „als »Widerspruch« zu wesentlichen Regelungen des deutschen Zivilrechts“ ein.¹²² Im Gesetzestext „§312i BGB Allgemeine Pflichten im elektronischen Geschäftsverkehr“ ist geregelt, dass Vertragspartnern eine angemessene Möglichkeit geboten werden muss eingegebene Daten nachträglich zu korrigieren.¹²³ Unter Verweis auf Wunderlich und Saive betont Wittenberg, dass das deutsche Rechtssystem durch diese Einzelnorm den Schutz vor falschen Vereinbarungen im elektronischen Rechtverkehr vorsieht.¹²⁴ Die Blockchain-Technologie speichert eine eingegebene Information jedoch durch kryptographische Algorithmen unveränderlich ab. Auch die Frage nach der Rechtssicherheit der Smart Contracts ist nicht vollends geklärt. So weist der Blockchain-Anbieter Ethereum die Haftungsverantwortung von sich und schließt diese in seiner AGB aus, für technische Fehler seiner Blockchain will Ethereum also nicht geradestehen.¹²⁵ Weitere Schwierigkeiten bereitet auch der Umstand, dass in einer öffentlichen Blockchain die Nutzer häufig anonym agieren, so ist bei Rechtsstreitigkeiten der Gerichtsstand völlig unklar.¹²⁶ In der deutschen Rechtsprechung ist auch ein elektronischer Vertrag, der gegen geltendes Recht verstößt, unwirksam. Da Smart Contracts aber automatisiert auslösen ist die Transaktion in der Regel schon vollzogen bevor der Irrtum auffällt. Eine Rückabwicklung ließe sich durch die Erzeugung eines neuen Blocks bewerkstelligen, auch lässt sich ein Smart Contract für genau solche Rückabwicklungen

¹²² Süme et al. 2018, ' Rechtliche Rahmenbedingungen der Blockchain '. In: Wittenberg, S. 2020, S. 148 (online).

¹²³ Bundesamt für Justiz 2021 (online).

¹²⁴ Wunderlich, S./ Saive, D. 2020, ' The Electronic Bill of Lading '. In: Wittenberg, S. 2020, S. 148 (online).

¹²⁵ Vgl. Rosenberger, P. 2018, 101 bis 102 (online).

¹²⁶ Vgl. Ebenda (online).

programmieren. Zu besonderen Komplikationen kommt es jedoch, wenn eine fehlerhafte Transaktion bereits länger in der Vergangenheit liegt da alle nachfolgenden Transaktionen durch ihren Hashwert miteinander verbunden und aufeinander aufgebaut sind.¹²⁷ Letztendlich sind aber private und gewerblich genutzte Blockchains-Plattformen mit dezentralen bis zentralen Steuerungselementen hinsichtlich ihrer Vereinbarkeit mit dem deutschen Rechtssystem besser abgesichert als öffentliche Blockchains.¹²⁸ Wie im Kapitel 4.2.1 erwähnt, sind Blockchain-Plattformen innerhalb der Lebensmittel Supply-Chain, in der Regel gewerblich-private Blockchain-Plattformen mit zentralem Charakter. In diesen sind die Nutzer registriert, darüber hinaus sind Vereinbarungen hinsichtlich des Gerichtsstands und fehlerhaften Transaktionen feste Bestandteile von privaten und gewerblich genutzten Blockchains.¹²⁹

Die Lebensmittel-Supply-Chain ist vor allem ein physischer Wertschöpfungsprozess, schließlich werden materielle Werte hergestellt und vom Feld bis zum Verbraucher transportiert. Für die lückenlose Abbildung der Wertschöpfungsstufen innerhalb der Blockchain kommt die Lebensmittel-Supply-Chain daher nicht ohne IoT-Technologien aus, da diese die Schnittstellen zu den physischen Prozessen darstellen. So sind Smart Contracts, die bspw. automatisiert Schadensmeldungen während des Transports auslösen sollen, auf entsprechend echtzeitfähige Sensoren an der Ware selbst angewiesen.¹³⁰ Eine aktuelle Studie von Juniper Research kommt zu der Einschätzung, dass die Blockchain-Technologie im Verbund mit IoT, bis zum Jahr 2024 Schäden durch Lebensmittelbetrug um bis zu 31 Mrd. USD senken wird.¹³¹ Ein Verbund aus Blockchain-Technologie und IoT- Anwendungen kann also die Effizienz innerhalb der Lebensmittel-Supply-Chain signifikant steigern. Die sichere Einbindung von IoT-Anwendungen in die Blockchain kann jedoch herausfordernd sein. Je nachdem wie genau die Lebensmittel-Supply-Chain abgebildet werden soll, ist unterschiedliche IoT-Hardware in unterschiedlichen Mengen erforderlich. Darüber hinaus muss zwingend sichergestellt werden, dass ein physisches Objekt über die IoT-Hardware als eindeutige Entität innerhalb der Blockchain gespeichert wird.¹³² Die

¹²⁷ Vgl. Ebenda, S. 11 (online).

¹²⁸ Vgl. Ebenda, S. 10 ff. (online).

¹²⁹ Vgl. Duisberg et al. 2019, S. 17 (online).

¹³⁰ Vgl. Rufli, K. 2019 (online).

¹³¹ Vgl. Osborne Clarke 2019 (online).

¹³² Vgl. Schütte, J. et al. 2017, S. 22 bis 23 (online).

Verknüpfung zwischen IoT und Blockchain in einer solch komplexen Umgebung wie einer Lebensmittel-Supply-Chain bedarf also ein gewisses Maß an Knowhow oder finanzielle Mittel für entsprechende Dienstleistungen. Ein solch finanzieller Kraftakt wird von vielen Unternehmen jedoch gescheut und stellt damit eine wesentliche Umsetzungsbarriere dar.

Je nach Art des Lebensmittels können in der Supply-Chain eine große Menge an Daten anfallen, die in der Blockchain verarbeitet werden müssen. Um allen Beteiligten den aktuellen Informationsstand der Blockchain zu bieten oder aber Schadensfälle mittels von Smart Contracts unmittelbar bei Eintritt registrieren zu können, sollte die Übertragungsgeschwindigkeit innerhalb der Blockchain bestenfalls echtzeitfähig und damit nach dem 5G Mobilfunk-Standard erfolgen. Auch für die Resilienz des Netzwerks ist eine stabile Internetverbindung nach dem 5G Standard die sicherste Option.¹³³ Da die Einrichtung einer stabilen Internetverbindung selbst in europäischen Großstädten immer noch Schwierigkeiten bereitet, ist die Realisierung einer globalen Lebensmittel-Supply-Chain mit 5G-Standard an allen Nodes fast utopisch. So muss ein unzureichender Internetzugang vor allen in Entwicklungsländern einkalkuliert werden. Vor allem kleinere Stakeholder in Entwicklungsländern wie bspw. Kaffeebauern verfügen zwar über eine hohe Produktkenntnis, haben aber kaum Zugang zu digitaler Bildung, Endgeräten und einer stabilen digitalen Infrastruktur, geschweige denn einem 5G Mobilfunknetzwerk.¹³⁴ Blockchain-Plattformen müssen in Bezug auf ihre schwächsten Stakeholder auch entwicklungspolitisch gestaltet werden, da die Anbindung von kleinen Zulieferern in Entwicklungsländern essenziell für die Transparenz und die Rückverfolgbarkeit innerhalb der Lebensmittel-Supply-Chain und die Prävention von Lebensmittelbetrug ist. Andernfalls könnte die Blockchain-Technologie in Entwicklungsländern zu einer verstärkten Konkurrenz zu Gunsten derer führen, die sich die Einführung und Verwendung der Blockchain leisten können.¹³⁵ Damit die Blockchain-Technologie ihre Optimierungspotenziale auf langfristige Sicht entfalten kann, dürfen also die ersten, meist sehr volatilen Kettenglieder der Lebensmittel-Supply-Chain nicht außer Acht gelassen werden.

¹³³ Vgl. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur 2021 (online).

¹³⁴ Vgl. Krings, K./Schwab, J. 2020, S. 1 (online).

¹³⁵ Vgl. Ebenda, S. 4 (online).

Bereits aus dem Bitcoin Hype ist bekannt, dass die Erzeugung von Datenblöcken mit einem hohen Energieverbrauch einhergeht. Dieser Verbrauch ist aber im Falle von Bitcoin auf den genutzten Proof of Work – Konsensmechanismus zurückzuführen.¹³⁶ Doch auch wenn innerhalb privater Blockchain-Plattformen im Lebensmittelsektor andere Konsensmechanismen zum Einsatz kommen, wird der Energieverbrauch logischerweise durch die steigende Anzahl der partizipierenden Unternehmen erhöht. So zählt die Blockchain-Plattform IBM Food Trust bereits zehn namenhafte und weit verzweigte Lebensmittelkonzerne wie Nestlé und Carrefour zu seinen Kunden.¹³⁷ Blockchain-Plattformen wie die IBM Food Trust sind für ein geschäftliches Umfeld konzipiert, die verwendeten Konsensmechanismen sind daher höchstwahrscheinlich dazu ausgelegt größere Datenmengen effizienter zu verarbeiten.¹³⁸ Zwar gibt IBM zum Energieverbrauch seiner Blockchain-Plattform keine Auskunft, jedoch muss auch hier bedacht werden, dass jede gespeicherte Transaktion dazu führt, dass die Datenmenge innerhalb der Blockchain einer Lebensmittel-Supply Chain stetig wächst.¹³⁹ Somit sind für die Blockchain nach einer gewissen Zeit hohe und zudem teure Speicherkapazitäten notwendig.¹⁴⁰

Die Blockchain schafft Transparenz und ist eine vertrauensbildende Technologie - fordert aber im ersten Zuge Transparenz und Vertrauen von den beteiligten Unternehmen hinsichtlich der Freigabe ihrer Daten ein.¹⁴¹ Vor allem an global verteilten Lebensmittel-Supply-Chains sind aber eine Reihe von Unternehmen bzw. Stakeholdern mit spezifischen Zielen und (Unternehmens-) Kulturen beteiligt, die ihrerseits mit der Komplexität des Marktes umgehen müssen. Um in einer solch komplexen Umgebung erfolgreich eine Blockchain zu implementieren bedarf es eines hohen Commitments der beteiligten Stakeholder.

Aufgrund der beschriebenen Umsetzungsbarrieren könnte die Blockchain-Technologie also durchaus auch eine abschreckende Wirkung auf Unternehmen der Lebensmittelbranche haben, zumal durch den größten Vorteil der Blockchain-Technologie, nämlich ihre Transparenz, Ungereimtheiten und Straftaten wie

¹³⁶ Vgl. Heintz, P. 2020 (online).

¹³⁷ Vgl. Rau, S. 2018 (online).

¹³⁸ Vgl. Hinckeldeyn, J. 2019, S. 45 bis 46 (online).

¹³⁹ Vgl. Pearson et al. 2019, 'Are distributed ledger technologies the panacea for food traceability?' P. 145–149. In: Hinckeldeyn, J. 2019, S. 45 (online).

¹⁴⁰ Vgl. Wittenberg, S. 2020b, S. 111 bis 112 (online).

¹⁴¹ Vgl. Hinckeldeyn, J. 2019, S. 46 bis 47 (online).

Lebensmittelverunreinigung und -betrug wesentlich schneller entdeckt und dem Verursacher zugeordnet werden können.

4.3 Auswirkungen auf den Endverbraucher am Beispiel des Kaffeemarktes

4.3.1 Die Kaffee-Supply-Chain

Kaffee ist eines der bedeutendsten Welthandelsgüter, von dem ca. 70% seiner jährlich geernteten Menge nicht im Ursprungsland weiterverarbeitet werden, sondern in den meist reicheren Konsumländern veredelt werden. Etwa 25 Mio. Menschen weltweit sind an der globalen Kaffee-Supply-Chain beteiligt, es verwundert daher nicht, dass vom Anbau bis zum Endverbraucher eine Vielzahl von Stakeholdern involviert sind.¹⁴² Pontes Darstellung einer Kaffee-Supply-Chain aus Jahr 2002 eignet sich auch heute noch hervorragend, um die einzelnen Stakeholder der Kaffee-Supply-Chain und ihre Beziehungen untereinander zu verdeutlichen:¹⁴³

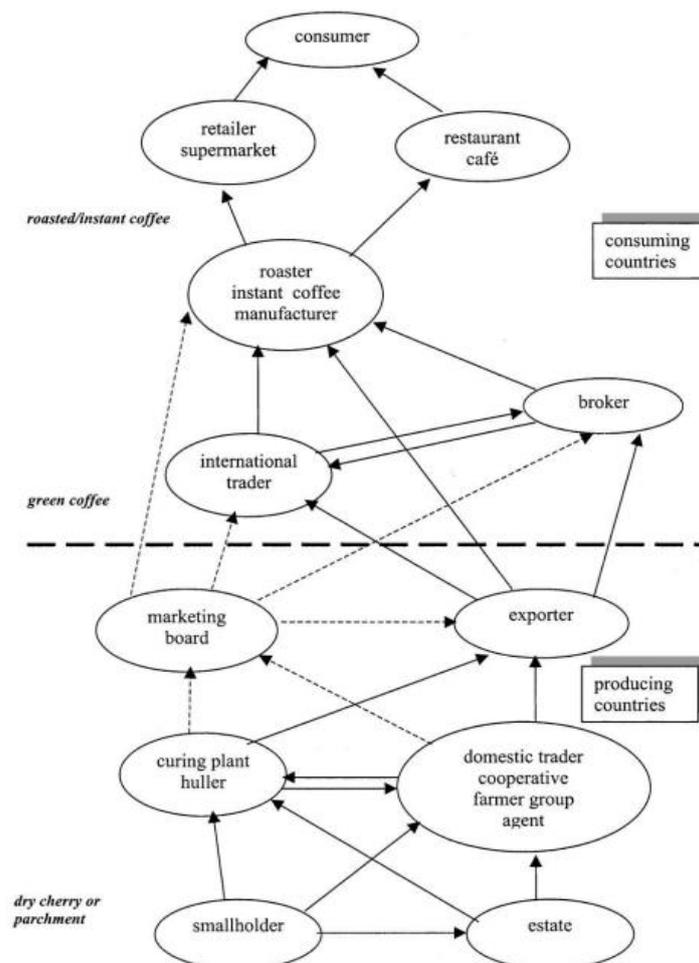


Abb.6: Pontes Grundstruktur des globalen Kaffeehandels

¹⁴² Deutscher Kaffeeverband 2021 (online).

¹⁴³ Ponte, S. 2002, S. 1002 (online).

An der Kaffee-Supply-Chain sind Kleinbauern und Plantagenbesitzer, Kaffeekooperative, Zwischenhändler, Exporteure, Importeure, Agenten, Makler, Röstereien und natürlich auch der Lebensmitteleinzelhandel, das Gastgewerbe sowie zu guter Letzt der Endverbraucher beteiligt.¹⁴⁴ An dieser Stelle sei erwähnt, dass auch Produktzertifizierer und staatliche Institutionen wie der Zoll an der Kaffee-Supply-Chain beteiligt sind.

Die Anzahl der Stakeholder verdeutlicht, dass der Handel mit dem Genussmittel also ein vergleichsweise lukratives Geschäft ist. Tatsächlich ist der Kaffeehandel ein Spekulationsgeschäft, welches hohe Gewinne abwerfen kann, jedoch bspw. durch Ernteerträge auch starken Preisschwankungen unterliegen kann. So kann der durch Spekulationen gedrückte Einkaufspreis Kaffeebauern dazu zwingen im nächsten Jahr mehr Kaffee anzubauen, um Verluste auszugleichen. Dies führt dann zur Erhöhung der verfügbaren Menge auf dem Markt und zu weiter sinkenden Preisen. Gravierende Nebeneffekte von Spekulationen sind somit ausgelaugte Böden durch immer größer werdende Plantagen, weiter sinkende Einnahmen für die Kaffeebauern und die immer noch bestehende Kinderarbeit auf den Kaffeepflanzungen.¹⁴⁵ Den Verbrauchern wird diese Negativspirale für Mensch und Umwelt in den Kaffeepflanzgebieten immer bewusster, einige sind daher bereit mehr Geld für fair gehandelten und nachhaltigen Kaffee auszugeben. Für diesen Zweck orientieren sich konsumbewusste Verbraucher an Siegeln wie Fairtrade, Utz Certified und Rainforest Alliance.¹⁴⁶ Alles in allem bleibt die Kaffee-Supply-Chain jedoch ein recht unübersichtlicher Prozess, der durch die Informationsasymmetrie des Verbrauchers für diesen weiterhin undurchsichtig bleibt. Im Verlauf dieser Arbeit wird aufgezeigt, wie die Blockchain-Technologie mehr Transparenz in der Kaffee-Supply-Chain für den Verbraucher schaffen kann.

4.3.2 Blockchain-Anwendungen in der Kaffee-Supply-Chain

Die Verwendung der Blockchain-Technologie innerhalb einer Lebensmittel-Supply-Chain ist mittlerweile kein Novum mehr, wie in diesem Kapitel gezeigt wird, finden sich innerhalb der Kaffee-Supply-Chain eine Reihe von Blockchain-Anwendungen. So hat sich die international erfolgreiche Starbucks Corp. mit dem Projekt „Bean to Cup

¹⁴⁴ Vgl. Deutscher Kaffeeverband 2021g (online).

¹⁴⁵ Vgl. Czisi, V. 2021 (online).

¹⁴⁶ Vgl. Baake, P. et al. 2018, S. 1032 bis 1034 (online).

Blockchain“ bereits im Jahr 2019 dazu entschlossen, ihre Lieferketten mittels der Blockchain-Technologie transparenter zu gestalten. Für die technische Umsetzung des Projekts geht Starbucks eine Kooperation mit dem Technologie-Riesen Microsoft ein und nutzt dessen Blockchain-Plattform Azure. Ziel von Starbucks ist die Vernetzung aller beteiligten Stakeholder seiner Kaffee-Supply-Chain und damit einhergehend ein effizienteres Management der Wertschöpfungskette. So soll der Verbraucher seine Tasse Kaffee bis hin zum Kaffeebauern zurückverfolgen können, indem er mit dem Smartphone einen entsprechenden QR-Code an der Verpackung des gemahlten Kaffees abscannt. Beteiligte Kaffeebauer sollen hingegen einen finanziellen Mehrwert durch die Anwendung der Blockchain-Technologie erhalten.¹⁴⁷ Worin tatsächlich der Mehrwert der Blockchain-Technologie für die Kaffeebauern besteht, bleibt bei vielen Global Playern der Kaffee-Supply-Chain verborgen. So nutzt auch der internationale Großkonzern Nestlé mittlerweile die Blockchain-Plattform IBM Food Trust, um die eigene Kaffee-Supply-Chain transparenter zu gestalten. Nestlé geht in seinen Bemühungen um Transparenz einen Schritt weiter als Starbucks und bezieht die gemeinnützige Organisation Rainforest Alliance in ihr Vorhaben ein. Rainforest Alliance bietet durch seine langjährige Erfahrung in der Zertifizierung nachhaltiger Rohstoffe aus Regenwäldern einen großen Pool an Informationen über die Rückverfolgbarkeit von Kaffeebohnen an,¹⁴⁸ jedoch wird der tatsächliche Mehrwert für die Kaffeebauern auch hier nicht deutlich von Nestlé kommuniziert.

Weitaus kleinere Unternehmen wie Darks Café, stellen den Nutzen ihrer Blockchain-Technologie für die Kaffeebauern transparenter dar. Bei Darks Café kann der Kaffeebauer über die Blockchain den Endverkaufspreis seines Kaffees einsehen. Somit kann der Kaffeebauer genau überwachen, ob sich die ihm zugesicherte Entlohnung für seine Kaffeebohnen tatsächlich am Verkaufspreis der gerösteten Bohne orientiert und nicht etwa künstlich gesenkt wurde. Dies ist ein wichtiger Faktor, da die Kaffeebauern, je nach Höhe des Endverkaufspreises, einen Bonus für ihre Beteiligung an der Blockchain von Dark Café erhalten.¹⁴⁹ Transparenz und faire Entlohnung für Kaffeebauern verspricht auch die Kooperation zwischen dem Technologieunternehmen Bext360 und einigen Kaffeeröstereien. Mit Blockchain-

¹⁴⁷ Vgl. Rau, S. 2019 (online).

¹⁴⁸ Vgl. Crypto Valley Journal 2020 (online).

¹⁴⁹ Vgl. Matterne, T. 2019 (online).

Technologie, Internet of Things und künstlicher Intelligenz wird eine lückenlose Rückverfolgung des Kaffees gesichert. Durch einen QR-Code auf der Verpackung des Kaffees erhält der Endkunde Informationen zum Kaffeebauern, zur Qualität der Bohnen und zum Endpreis der einzelnen Charge.¹⁵⁰ Den Kaffeebauern bietet Bext360 eine intelligente Sortiermaschine für gepflückte Kaffeekirschen an. Beim Sortiervorgang werden die Kaffeekirschen durch IoT-Sensoren gescannt. Die aufgenommenen Daten werden dann mittels künstlicher Intelligenz bewertet und die Kaffeekirschen in drei Qualitätsstufen eingeteilt. Jede so erzeugte Charge kann nun eindeutig zugeordnet werden. Durch eine speziell entwickelte App können die bewerteten Kaffeekirschen online zum Verkauf angeboten werden. Der Kaffeebauer kann eines der abgegebenen Gebote annehmen und erhält zeitnah eine Onlinezahlung für seine Ernte. Der gesamte Prozess wird von der Blockchain-Plattform Stellar getragen, auf dieser werden alle Transaktionen gespeichert und zur Verfügung gestellt. Somit wird sichergestellt, dass auch die Kaffeebauern ihre Zahlungen zeitnah und in voller Höhe erhalten.¹⁵¹

4.3.3 Chancen für den Endverbraucher

Die Implementierung der Blockchain-Technologie bietet dem Endverbraucher eine Reihe von Chancen bzw. Vorteilen. In Verbindung mit anderen Technologien wie bspw. der IoT ermöglicht es die Blockchain, jede Aktivität innerhalb der Lebensmittel-Supply-Chain hinsichtlich Ort und Zeit unveränderlich abzuspeichern. In gleicher Weise kann auch die Produktqualität zu jedem gegebenen Zeitpunkt aufgezeichnet und nachvollzogen werden. Lebensmittelmanipulationen, Brüche in Kühlketten, usw. können mit entsprechenden Sensoren registriert, über die Blockchain gespeichert und somit allen Stakeholdern inklusive des Verbrauchers zugänglich gemacht werden.¹⁵² Die hohe Transparenz der Blockchain kann für Lebensmittelhersteller also auch als Druckmittel gesehen werden, ihre Produkte mit höchster Sorgfalt zu behandeln. Andernfalls könnten selbst kleinste Verstöße publik werden zum Imageverlust und zu finanziellen Einbußen führen.

Auch Lebensmittelbetrugsfälle wie die europaweite Substituierung von teuren Arabica-Kaffeebohnen durch günstigere Robusta-Bohnen könnten mittels Blockchain, IoT und

¹⁵⁰ Vgl. Bext360 2018 (online).

¹⁵¹ Vgl. Mohapi, T. 2017 (online).

¹⁵² Vgl. Kshetri, N. 2018, S. 81 (online).

künstlicher Intelligenz und zu Gunsten des Verbrauchers verhindert werden.¹⁵³ Einen erfolgversprechenden Ansatz könnte die Kaffeessortiermaschine von Bext360 darstellen. Die Sortiermaschine stellt eine IoT-Hardware dar, die jede einzelne Kaffeekirsche scannt und mittels künstlicher Intelligenz einer bestimmten Qualitätsstufe zuordnet. Die so ermittelten Chargen werden eindeutig in der zugrundeliegenden Blockchain-Plattform erfasst.¹⁵⁴ Folgendes selbstentwickeltes Gedankenexperiment könnte den Nutzen der Sortiermaschine erweitern: Die durch die Sortiermaschine erfassten Kaffeekirschen werden meist noch im Ursprungsland weiterverarbeitet und getrocknet. Bei diesen Prozessschritten ist es denkbar, dass die Kaffeekirschen nach der Trocknung, durch minderwertige Substitute ausgetauscht werden. Da aus den Kaffeekirschen nun ungeröstete Kaffeebohnen geworden sind, lässt sich mit der Sortiermaschine nicht mehr prüfen, ob der Kaffee immer noch derselbe ist, der durch die Erfassung der Kaffeekirschen bewertet wurde. Um diese Manipulationsmöglichkeit zu verhindern, sollte die Sortiermaschine so konzipiert werden, dass sie bei den bereits exportierfähigen Kaffeebohnen eingesetzt werden kann. Somit kann sichergestellt werden kann, dass die Kaffeebohnen vor dem Export auch tatsächlich der versprochenen Qualität entsprechen. Die so gebildeten Chargen können ebenfalls eindeutig innerhalb einer Blockchain hinterlegt werden. Um aber auch im weiteren Verlauf der Kaffee-Supply-Chain zu garantieren, dass die einzelnen Kaffeesäcke nicht einfach ausgetauscht oder aber geöffnet werden, müssten diese in Behältern mit digitalen Sicherheitsplomben zur Rösterei transportiert werden. Sicherheitsplomben gehören zur sogenannten IoT-Hardware und sind somit in der Lage eine unrechtmäßige Öffnung des Transportbehälters an die Blockchain weitergeben. Die Verwendung von digitalen Plomben sollte obligatorisch sein, da diese wesentlich mehr Sicherheit bieten als herkömmliche mechanische Plomben.¹⁵⁵ Eine wissenschaftliche Beschreibung zu dem eben beschriebenen Verfahren existiert bislang nicht, es bleibt daher bei einem reinen Gedankenexperiment.

Ein weiterer Vorteil der Blockchain-Technologie für den Endverbraucher besteht in der Möglichkeit zur effizienten Rückverfolgung von verunreinigten Lebensmitteln. Zwar ist die Verunreinigung von Kaffee eine eher unbekannte Gefährdung, kommt jedoch

¹⁵³ Vgl. Lachenmeier, D. 2019 (online).

¹⁵⁴ Vgl. Mohapi, T. 2017 (online).

¹⁵⁵ Vgl. Telematik Wissen 2018 (online).

durchaus vor. So hat eine Studie der Universität Valencia in 103 getesteten Kaffeeerzeugnissen, Spuren von Schimmelpilzgiften nachgewiesen. Fünf der Proben wiesen eine höhere Konzentration auf als gesetzlich zugelassen.¹⁵⁶ Schimmelpilzgifte sind in gewisser Konzentration krebserregend und entstehen durch fehlerhafte Handhabung während der Lagerung, des Transports oder der Weiterverarbeitung der Kaffeebohnen.¹⁵⁷ Wie in den vorhergegangenen Kapiteln beschrieben, können solche Prozessabschnitte mittels der Blockchain-Technologie in Verbindung mit IoT-Technologie digital abgebildet und überwacht werden, sodass es gar nicht erst zu einer falschen Handhabung der Lebensmittel kommt. Glücklicherweise kam es durch verunreinigten Kaffee noch zu keinen bekannten tödlichen Auswirkungen auf den Konsumenten, laut der WHO sterben jedoch global gesehen jährlich bis zu 400.000 Menschen durch den Verzehr von verunreinigten oder verdorbenen Lebensmitteln.¹⁵⁸ So ist auch die Ehec-Pandemie aus dem Jahr 2011 für 4000 Erkrankungen und 50 Todesfälle in Europa verantwortlich. Lange konnte die Quelle des Erregers nicht identifiziert werden, nach langwieriger Suche wurden mit Ehec verunreinigte Bockshornklee-Sprossen aus Ägypten als Salatzutat ausfindig gemacht.¹⁵⁹ Die Rückverfolgung der einzelnen Bestandteile des Salats hat neben Zeit leider auch Menschenleben gekostet. Die Blockchain-Technologie kann hier Abhilfe schaffen, vorausgesetzt dass jede Zutat eines Lebensmittels innerhalb der Blockchain sorgfältig dokumentiert wird. Der Rückverfolgungsprozess an sich bedarf dann nur noch eines Bruchteils der bisherigen Zeit. So gelingt es dem amerikanischen Lebensmittelriesen Walmart mit Einsatz der Blockchain-Technologie die Rückverfolgbarkeit von Mangos von sieben Tagen auf 2,2 Sekunden zu reduzieren.¹⁶⁰ Natürlich bedarf die Rückverfolgung von Lebensmittels mit mehreren Zutaten mehr Zeit, doch wenn es um Menschenleben geht ist jede eingesparte Sekunde bei der Rückverfolgung von Lebensmitteln wertvoll.

Für den bewussten Verbraucher kann die Blockchain eine einfache Möglichkeit darstellen, um sich die globalen Zusammenhänge und Auswirkungen seines eigenen Konsums deutlich zu machen. Die Blockchain-technologie kann also eine positive Auswirkung auf die Konsumententscheidungen des Verbrauchers entfalten. Genau dies

¹⁵⁶ Vgl. García-Moraleja, A. et al. 2015, S. 291 (online).

¹⁵⁷ Vgl. García-Moraleja, A. et al. 2015, S. 283 (online).

¹⁵⁸ Vgl. Gahr, O. 2018 (online).

¹⁵⁹ Vgl. Ebenda (online).

¹⁶⁰ Vgl. Yiannis 2017 in Kamath, R. 2018, S. 1 (online).

ist das gesetzte Ziel des Greentech Kaffeeherstellers Moyee Ireland. Das Unternehmen möchte seinen Kunden höchste Transparenz hinsichtlich seiner Kaffeeprodukte bieten, indem es mittels seiner Blockchain-Plattform jeden Schritt seiner Produktion dokumentiert und seinen Kunden per QR-Code auf der Kaffeeverpackung zur Verfügung stellt. So soll der Ausstoß von CO₂ genauso offen über die Blockchain kommuniziert werden wie das Einkommen der Kaffeebauern. Das Unternehmen verzichtet darüber hinaus auf die Zertifizierung durch Siegel wie FairTrade oder Rainforest Alliance, sondern entwickelte ein eigenes, laut Moyee Coffee, für den Kunden vollkommen transparentes Nachhaltigkeitsaudit. Künstliche Nachhaltigkeitsversprechen, auch Greenwashing genannt, sollen durch den Einsatz der Blockchain-Technologie bei Moyee Coffee somit gar nicht erst aufkommen.¹⁶¹ Gelingt es dem Unternehmen seine vollumfänglichen Nachhaltigkeitsversprechen tatsächlich zu halten, könnte dieses Unternehmen als Paradebeispiel für den nachhaltigen Einsatz der Blockchain-Technologie innerhalb der Kaffee-Supply-Chain dienen. Es lohnt sich also die weitere Entwicklung der eingesetzten Blockchain zu verfolgen.

Der Einsatz der Blockchain-Technologie in der Lebensmittel-Supply-Chain hält also eine Reihe von positiven Auswirkungen für den Endverbraucher bereit. Durch die Möglichkeit zur Steigerung der Lebensmittelsicherheit, die effiziente Rückverfolgbarkeit und die Schaffung eines ethischen Bewusstseins für den eigenen Konsum, kann die Blockchain-Technologie vertrauensbildend auf den Endverbraucher wirken.¹⁶²

4.3.4 Risiken für den Endverbraucher

Trotz der Vorteile, die die Blockchain-Technologie für die Lebensmittel-Supply-Chain und für seine Endverbraucher bietet, können Lebensmittelskandale nicht gänzlich vermieden werden. In diesem Kapitel sollen daher aus den bisher gewonnen Erkenntnissen über die Blockchain-Technologie eigenständig Risiken für den Endverbraucher in der Kaffee-Supply-Chain entwickelt werden. Häufig wird dabei nur der Begriff der Lebensmittel-Supply-Chain verwendet, da die Kaffee-Supply-Chain stellvertretend für fast jede globale Lebensmittelwertschöpfungskette stehen kann.

¹⁶¹ Vgl. Lehnis, M. 2021 (online).

¹⁶² Vgl. Palka, S./Wittpahl, V. 2018, S. 9. (online).

Immer dort wo Menschen in Prozesse eingreifen gibt es Potenziale zur Verfälschung und Qualitätsminderung. So müssen sich die Endverbraucher der Kaffee-Supply-Chain trotz der Integration der Blockchain-Technologie darauf verlassen, dass manuell eingegebene Daten auch der Wirklichkeit entsprechen und nicht etwa geschönt sind. Diese Schnittstelle zwischen realer Welt und Blockchain birgt ein hohes Potenzial zur Verfälschung, denn sind solch künstlich optimierten Daten zum Produkt erst in der Blockchain gespeichert, lassen diese sich nur noch unter hohem Aufwand korrigieren.¹⁶³ Allein eingesetzt kann die Blockchain-Technologie die physische Absicherung der Lebensmittel-Supply-Chain nicht leisten. Diese lässt sich nur mit einer lückenlosen Überwachung bzw. Sicherung der Ware mit Hilfe von IoT und weiteren Technologien der Industrie 4.0 bewerkstelligen. Hilfreich sind hierfür digitale Sicherungssysteme wie die bereits genannten digitalen Plomben, die jede Öffnung des Transportbehältnisses registrieren und innerhalb der Blockchain festhalten.¹⁶⁴ Darüber hinaus bedarf es zur vollständigen physischen Absicherung der Ware eines angemessenen Qualitätssicherungssystems, um eine gleichbleibende Qualität der Lebensmittel entlang der Supply-Chain zu gewährleisten. Dieses könnte zum einen aus regelmäßigen Stichproben an der Ware selbst bestehen, zum anderen könnten intelligente Transportbehältnisse mit integriertem Kühlungs- und Belüftungssystem die die Umgebungsparameter permanent den Anforderungen des Lebensmittels anpassen, eingesetzt werden. Solche zusätzlichen Qualitätssicherungsmaßnahmen sind aber mit immensen Investitionen verbunden. Neben den Kosten für ausgebildetes Personal zur Durchführung und Auswertung der Stichproben sind auch die Anschaffungs- und Betriebskosten für intelligente Plomben und Transportbehältnisse nicht zu unterschätzen. Da solche Investitionen meist in den Verkaufspreis des Kaffeeprodukts einberechnet werden, wären diese letztendlich vom Endverbraucher zu tragen, sodass dieser mit signifikant ansteigenden Lebensmittelpreisen rechnen muss. Auch wenn durch die Blockchain-Technologie die Kosten für Intermediäre wie bspw. Kaffeemakler und Banken wegfallen, sind allein die Investitionskosten für die notwendige IoT-Hardware und ihren Betrieb innerhalb der Kaffee-Supply-Chain ein nicht zu unterschätzender Kostenfaktor der letztendlich vom Endverbraucher getragen wird.

¹⁶³ Vgl. Blockchain-Schaufensterregion Mittweida 2020 (online).

¹⁶⁴ Vgl. Telematik Wissen 2018 (online).

Die meisten Blockchain-Plattformen, die innerhalb der Kaffee-Supply-Chain eingesetzt werden, sind für den unternehmerischen Zweck gestaltet und daher zugangsbeschränkt.¹⁶⁵ Trotzdem versprechen solche Blockchains dem Endverbraucher häufig eine vollkommene Transparenz hinsichtlich der Vorgänge in der Kaffee-Supply-Chain.¹⁶⁶ Trotz dieser Versprechungen handelt es sich immer noch um private Blockchains, sodass davon auszugehen ist, dass dem Verbraucher nur sehr eingeschränkte Leserechte zugewiesen werden. Die dem Verbraucher präsentierten Informationen müssen damit hingenommen werden. Dem Verbraucher fehlt also die Möglichkeit, die Informationen selbst zu validieren. Der Verbraucher muss sich also weiterhin guten Glaubens darauf verlassen, dass die ihm zur Verfügung gestellten Informationen in ihrem Wahrheitsgehalt originär aus der Blockchain stammen und nicht etwa nur Bestandteil einer optimierten Frontend Ansicht sind. Die Ausprägung der Informationsasymmetrie zwischen Unternehmen und Endverbraucher wird also auch trotz des Einsatzes der Blockchain-Technologie weiterhin von den Unternehmen selbst diktiert. An dieser Stelle müsste der Verbraucher von Seiten der Politik, der bestehenden staatlichen Einrichtungen wie dem Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittel sowie dem Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz eine weitestgehende Absicherung seiner Interessen innerhalb des Einsatzes der Blockchain-Technologie und weiteren Technologien der Industrie 4.0 erfahren. Als positive Entwicklung ist dabei die Blockchain-Strategie der Bundesregierung aus dem Jahr 2019 zu nennen. Laut dem Verband Bitkom e.V. sind bereits 27 der 44 geplanten Maßnahmen angegangen worden.¹⁶⁷

Ein weiterer Nachteil bzw. Risiko für den Endverbraucher besteht im Mangel an Durchsetzungsfähigkeit von geltendem Recht innerhalb der Blockchain. Vor allem bei Lieferketten wie der Kaffee-Supply-Chain sind die einzelnen Vertragsparteien ebenfalls global verteilt. Schließen diese Vertragsparteien nun Verträge in Form von Smart Contracts ist bspw. die Gerichtsbarkeit nicht geklärt.¹⁶⁸ Solche Gesetzeslücken können den Boden für illegale Preisabsprachen zu Lasten des Endverbrauchers bereiten.

¹⁶⁵ Vgl. Zeiselmair, A./Bogensperger, A. 2021 (online).

¹⁶⁶ Lehnis, M. 2021 (online).

¹⁶⁷ Hansen, P./ Streim, A. 2021 (online).

¹⁶⁸ Vgl. Rosenberger, P. 2018, S. 101 bis102 (online).

Neben den oben genannten Risiken für den Endverbraucher muss zusätzlich bedacht werden, dass trotz aller technologischen Raffinessen eine Blockchain niemals frei von technischen Schwachstellen und Programmierfehlern ist und damit zum Ziel von Cyberkriminalität werden kann. Endverbraucher, die mit ihren Endgeräten über die Blockchain Informationen zu einem Produkt abrufen möchten, müssen damit rechnen, dass ihre persönlichen Daten theoretisch ausgelesen werden können. Auch wenn aktuelle Hashing-Algorithmen als sicher eingestuft werden, wird von der Verwendung älterer Algorithmen wie dem SHA-1 mittlerweile abgeraten.¹⁶⁹ Die Haftung für solche Vorfälle ist aufgrund der ungewissen Rechtslage bei Blockchain-Anwendungen weitestgehend ungeklärt.

4.4 Kritische Reflexion

In diesem Abschnitt soll nun anhand der gewonnenen und selbstentwickelten Erkenntnisse eine selbstständige kritische Reflexion zu den Auswirkungen auf den Endverbraucher und den Optimierungspotenzialen der Blockchain-Technologie innerhalb der Lebensmittel-Supply-Chain erfolgen.

Anhand der Kaffee-Supply-Chain, die fast stellvertretend für jede globale Lebensmittel-Supply-Chain stehen kann, lassen sich die größten Vorteile der Blockchain-Technologie für den Endverbraucher vor allem im Schutz vor gesundheitsgefährdenden Lebensmitteln und Lebensmittelbetrug durch eine effiziente Rückverfolgbarkeit verorten, auch wenn die vollständige physische Absicherung der Supply-Chain Investitionen in weitere Qualitätssicherungssysteme bedarf. Zu Gunsten des Verbrauchers wirkt sich ebenfalls aus, dass Lebensmittelhersteller durch die Transparenz der Blockchain-Technologie im Umgang mit ihren Produkten einer stärkeren Kontrolle durch andere Stakeholder ausgesetzt sind. Darüber hinaus kann die Blockchain-Technologie durch die virtuelle Verknüpfung mit den Landwirten ein stärkeres Bewusstsein beim Verbraucher für den persönlichen Konsum und dessen Auswirkungen wecken. Die Risiken, die dem Endverbraucher durch den Einsatz der Blockchain-Technologie entstehen, sind vor allem aufgrund der fehlenden Rechtssicherheit kritisch zu betrachten. Je nach Ausgestaltung des Zugriffsmanagements kann die Blockchain zum einen dazu genutzt werden, um verdeckt Preisabsprachen zwischen den beteiligten Unternehmen zu tätigen, zum anderen sind die Datenschutzbestimmungen innerhalb der Blockchain-Technologie

¹⁶⁹ Vgl. Golem 2021 (online).

nicht eindeutig geklärt. Zwar wird der Blockchain im Vergleich zur klassischen Datenbank eine höhere IT-Sicherheit bescheinigt, jedoch wird weiterhin nicht empfohlen sensible Daten innerhalb der Blockchain zu speichern.¹⁷⁰ Somit ist nicht klar, was mit den Daten des Endverbrauchers geschieht, wenn dieser eine Blockchain-Applikation nutzt. Die Informationen, die dem Endverbraucher zur Verfügung gestellt werden, sind eher marginal. In den aufgeführten Beispielen werden dem Endverbraucher mehrheitlich nur Leserechte eingeräumt, somit bestimmen weiterhin die Betreiber der Blockchain welche Informationen der Endverbraucher erhält, von einer Beseitigung der Informationsasymmetrie innerhalb der Lebensmittel-Supply-Chain durch die Blockchain-Technologie kann also keine Rede sein. Um diese zu Erreichen müssten die eingesetzten Blockchain-Anwendungen eine vollverteilte Architektur aufweisen und vollkommen auf zentralisierte Elemente wie bspw. ein Zugriffsmanagement verzichten. Das dies aufgrund der Betriebsgeheimnisse der partizipierenden Unternehmen nicht möglich ist, leuchtet ebenfalls ein. Wie bereits beschrieben ist die Implementierung der Blockchain-Technologie ein kostenintensives Vorhaben. So ergibt sich zwar für den Verbraucher durch reduzierte Prozesszeiten eine höhere Verfügbarkeit von Lebensmitteln, jedoch müssen zunächst Investitionen für die vollständige Implementierung und den Betrieb der Blockchain getätigt werden. Unter dem Deckmantel des vollkommen transparenten Lebensmittels werden diese Kosten sicherlich auf den Endverbraucher in Form von höheren Verkaufspreisen übertragen. Zu den Auswirkungen auf den Endverbraucher lässt sich abschließend zusammenfassen, dass sich die Blockchain-Technologie durchaus positiv auf die Lebensmittelsicherheit auswirken kann. Die Nachteile durch die fehlenden Rechtsgrundlagen, die nur augenscheinliche Beseitigung der Informationsasymmetrie und die mögliche Abwälzung der Investitionskosten auf den Endverbraucher sind jedoch nicht zu vernachlässigen. Immer dort wo die Blockchain-Technologie im unternehmerischen Kontext angewendet wird, kann sie ihr wertvollstes Attribut, nämlich die Transparenz, nicht gänzlich zu Gunsten der Endverbraucher entfalten. Somit wird der Blockchain-Technologie hinsichtlich der Auswirkungen auf den Endverbraucher an dieser Stelle kein disruptives Verbesserungspotenzial zugestanden.

¹⁷⁰ Vgl. Schonscheck, O. 2021 (online).

Im Unternehmenskontext bieten die Blockchain-Technologie und die damit verbundenen Smart Contracts eine Reihe von Optimierungspotenzialen, die sich unter anderem in der Senkung der Prozesskosten und -zeiten widerspiegeln. Diese Senkungen könnten unter anderem durch den Ausschluss von Intermediären wie bspw. von Banken und der Post erreicht werden. So konnte anhand des Beispiels von CargoX und dem „Smart Bill of Lading“ eine eindrucksvolle Senkung auf 15% der üblichen Kosten für ein Konnossement dargestellt werden. Die Verbesserungspotenziale entstehen jedoch nicht nur durch ein verbessertes Dokumentenhandling. Signifikante Einsparungen ergeben sich auch durch die effizientere Rückverfolgbarkeit der Lebensmittel entlang der gesamten Supply-Chain und der damit einhergehenden Vermeidung von Regressansprüchen und langwierigen Produktrückrufaktionen. Darüber hinaus könnte durch den Einsatz der Blockchain-Technologie die Hauptaufgabe der Lebensmittel-Supply-Chain, nämlich die Versorgung der Bevölkerung mit sicheren Lebensmitteln, auf ein neues Niveau gehoben werden. Durch die Blockchain-Technologie kann in Verbindung mit Technologien wie dem Dynamischen Haltbarkeitsdatum ein hochwertiges Frische- und Qualitätsmanagement entlang der gesamten Supply-Chain etabliert werden. Die Blockchain-Technologie kann auch zur Automatisierung der Lebensmittel-Supply-Chain eingesetzt werden. Mithilfe von Smart Contracts lassen sich Prozesszeiten und -kosten senken, indem diese immer wiederkehrende Ereignisse automatisiert abarbeiten. Darüber hinaus ermöglichen Smart Contracts auch die vereinfachte Bearbeitung von Schadensfällen. Darüber hinaus kann ein Unternehmen durch die Verwendung der Blockchain-Technologie auch Imagepflege betreiben. Da die Blockchain den einzelnen Stakeholdern augenscheinlich vollkommene Transparenz entlang der Supply-Chain bietet, kann dies genutzt werden um das eigene Unternehmen als äußerst transparent und vertrauenswürdig darzustellen.

Die Blockchain-Technologie mit ihren Attributen der Transparenz und fälschungssicheren, dezentralisierten Datenhaltung scheint vor allem für globale und volatile Wertschöpfungsketten wie sie im Lebensmittelsektor zu finden sind, hervorragend geeignet zu sein. Aus dem Erkenntnisgewinn dieser Arbeit schöpfend kann dem nur bedingt zugestimmt werden. So versprechen die in dieser Arbeit angeführten Studien tatsächlich eine signifikante Senkung der Prozesskosten und -zeiten durch den Einsatz der Blockchain, jedoch werden selten die Kosten für die Implementierung der Blockchain-Technologie und auch nicht die notwendige

Anschaffung von IoT-Hardware erwähnt. Dies ist vermutlich ein nicht zu vernachlässigender Faktor, der die Euphorie bzgl. der Blockchain-Technologie im Unternehmenskontext dämpfen könnte. Darüber hinaus ist die Implementierung einer Blockchain in ein bestehendes Wertschöpfungsnetzwerk eine Mammutaufgabe. Neben der Sicherstellung einer ausreichenden Internetinfrastruktur bei den Stakeholdern, müssen auch die Medienbrüche zu den bevorzugten IT-Systemen der Stakeholder überwunden werden. Einfacher wäre also die Verwendung einer bestehenden Blockchain-Plattform wie bspw. der IBM Food Trust. In jedem Fall muss der einzelne Stakeholder aber bereit sein, wichtige Informationen wie bspw. die Namen seiner Zulieferer in die Blockchain einzuspeisen und somit zumindest einem Kreis der beteiligten Akteure zur Verfügung zu stellen. Dies erfordert von jedem Unternehmen ein großes Maß an Kooperationsfähigkeit und Commitment gegenüber den gemeinsamen Zielen, da jede Offenlegung von Informationen dazu führen kann, dass selbst kleinstes Fehlverhalten an die Öffentlichkeit weitergegeben wird. Die Gefahr des Imageverlusts ist also ein nicht zu vernachlässigender Faktor. Darüber hinaus ist, wie bereits erwähnt, die rechtliche Absicherung der Transaktionen innerhalb der Blockchain nicht vollständig geklärt. Vor allem im globalen Handel stellt diese Unwägbarkeit ein hohes Risiko hinsichtlich der Vertragserfüllung und Haftung dar. Diese nicht geringfügigen Hemmnisse stehen im starken Gegensatz zu den Optimierungspotenzialen, die die Blockchain-Technologie innerhalb der Lebensmittel-Supply-Chain entfalten kann. So ist es nicht verwunderlich, dass zu Beginn des Jahres 2020 nur 5% aller deutschen Unternehmen die Blockchain-Technologie nutzten.¹⁷¹ Damit die Blockchain-Technologie ihr volles Optimierungspotenzial innerhalb der Lebensmittel-Supply-Chain entfalten kann, bedarf es unbedingt weltweit geltender gesetzlicher Richtlinien, um eine Absicherung von Blockchains-Transaktionen zu schaffen. Dies könnte auch kleinen und mittelständischen Unternehmen der Lebensmittelbranche die Partizipation an dieser Technologie zu ermöglichen. Dies klingt zunächst nach einer unmöglichen Aufgabe, bedenkt man jedoch, dass die sogenannten Incoterms bereits seit dem Jahre 1936 den internationalen Seefrachtverkehr erfolgreich regeln,¹⁷² muss auch für die Blockchain-Technologie Ähnliches möglich sein. Durch eine intensive Zusammenarbeit von Technologie- und Lebensmittelkonzernen, Staaten und Organisationen wie dem Weltwirtschaftsforum

¹⁷¹ Vgl. Schreiner, J. 2021 (online).

¹⁷² Vgl. IHK Stuttgart 2021 (online).

und der UNO könnte der Weg für die Entfaltung der Optimierungspotenziale der Blockchain-Technologie in der Lebensmittel-Supply-Chain global geebnet werden.

5. Fazit

Im Rahmen dieser Arbeit wurde der Frage nachgegangen, inwieweit die Blockchain-Technologie Optimierungsmöglichkeiten innerhalb der Supply-Chain der Lebensmittelindustrie entfalten kann und welche Auswirkungen der Einsatz der Blockchain-Technologie dabei auf den Endverbraucher am Beispiel des Kaffeemarkts haben kann. Nach der Erläuterung der Problemstellung, der Zielsetzung und dem Aufbau dieser Arbeit, wurde eine Definition und Einführung in die Funktionsweise der Blockchain-Technologie gegeben. Danach wurde die Lebensmittel-Supply-Chain hinsichtlich ihrer systemimmanenten Herausforderungen untersucht, sowie die Anforderungen der Endverbraucher dargestellt. Im nächsten Kapitel folgte eine sorgfältige Auseinandersetzung mit der Blockchain-Technologie innerhalb der Lebensmittel Supply-Chain. In dieser wurde zunächst die Bedeutung der IoT-Technologie als wichtige Partnertechnologie der Blockchain betont. Im weiteren Verlauf des Kapitels wurden dann anhand von Anwendungsbeispielen bestehende Optimierungsmöglichkeiten aufgezeigt. Mithilfe der ermittelten Optimierungspotenziale konnten im Umkehrschluss auch Umsetzungsbarrieren für die Blockchain-Technologie innerhalb der Lebensmittel-Supply-Chain ermittelt werden und somit die Optimierungsmöglichkeiten gegen die Unwägbarkeiten abgewogen werden. Auch die Auswirkungen der Blockchain-Technologie auf den Endverbraucher wurden in diesem Kapitel thematisiert. Als Beispiel diente hierbei die Kaffee-Supply-Chain, um die Chancen aber auch die Risiken für den Endverbraucher zu ermitteln. Die Kaffee-Supply-Chain diente hierbei als Beispiel für eine global verteilte Lebensmittelwertschöpfungskette. Letztendlich erfolgte eine kritische Auseinandersetzung mit den gewonnenen Erkenntnissen. Diese entwickelt den Tenor, dass die Blockchain-Technologie durch ihre dezentrale, transparente und nicht manipulierbare Datenhaltung durchaus eine Reihe von wertvollen Optimierungsmöglichkeiten in der Lebensmittel-Supply-Chain entfalten kann. Zum einen liegen diese in der Ersetzung von Intermediären wie bspw. Finanzinstituten und Notaren. Eine solche Entwicklung hängt jedoch davon ab, dass sich Kryptowährungen als Zahlungsmittel anerkannt werden und Eigentumsrechte auch rechtskräftig in der

Blockchain verankert werden können. Der Einsatz der Blockchain-Technologie in der Lebensmittel-Supply-Chain verspricht vor allem hinsichtlich der logistischen Prozesse eine Zeit- und Kostensenkung durch ein effizientes Dokumentenmanagement und einer effizienten Verfolgung der Ware entlang der Wertschöpfungskette. Durch den Einsatz von Smart Contracts lassen sich zudem wiederkehrende Prozessschritte automatisieren und, wenn notwendig, durch die Verbindung mit IoT-Hardware jede Unregelmäßigkeit in der Lieferkette aufzeichnen und im Falle von Rechtsstreitigkeiten verwenden. Der Einsatz der Blockchain-Technologie eignet sich darüber hinaus hervorragend beim Risikomanagement von Lebensmitteln. Da durch die Blockchain-Technologie in Verbindung mit weiteren Technologien wie dem IoT, eine effiziente Rückverfolgung der Lebensmittel ist, können bspw. verunreinigte Lebensmittel auf schnellstem Wege bis hin zur Quelle der Verunreinigung zurückverfolgt werden. Darüber hinaus können mithilfe der Blockchain-Technologie Lebensmitteln vor Substitutionen mit anderen Stoffen geschützt werden. Die Blockchain-Technologie stellt somit eine noch nie dagewesene Möglichkeit zur Absicherung der Lebensmittel-Supply-Chain dar. Es muss jedoch betont werden, dass zur physischen Absicherung der Produkte die Blockchain-Technologie allein nicht ausreicht, sondern vielmehr ein ganzes Konglomerat an unterschiedlichen Technologien und Maßnahmen notwendig ist. Die Blockchain allein kann nur dazu dienen, die Vorgänge in der realen Wertschöpfungskette digital abzubilden, unveränderlich abzuspeichern und jedem Stakeholder zur Verfügung zu stellen.

Auch hinsichtlich der Auswirkungen auf den Endverbraucher sind eine Reihe von Chancen aber auch Risiken entwickelt worden. Der Vorteil des effizienten Risikomanagements mittels Blockchain-Technologie stellt auf Seiten der Verbraucher die wertvollste Auswirkung dar, da zum einen bedenkliche Lebensmittel in kürzester Zeit zurückverfolgt werden können und zum anderen weniger verfälschte und gesundheitsgefährdende Lebensmittel an den Verbraucher gelangen. Dies kann unter Umständen Menschenleben retten. Durch eine transparente Datenhaltung innerhalb der Blockchain kann der reflektierte Verbraucher sein Informationsbedürfnis hinsichtlich der Herkunft und des Herstellungsprozesses seiner Lebensmittel stillen. Innerhalb der Blockchain-Plattformen, die in der Lebensmittel-Supply-Chain zum Einsatz kommen, hängen Umfang und Qualität der Informationen, die dem Verbraucher zur Verfügung stehen, jedoch stark vom Wohlwollen der beteiligten Unternehmen ab. Die, in den verwendeten Studien angeführte und vom Verbraucher

eingeforderte Aufhebung der Informationsasymmetrie, lässt sich auch trotz des Einsatzes der Blockchain nur dann beseitigen, wenn die beteiligten Unternehmen zur Offenlegung der relevanten Daten auch gewillt sind. Die Transparenz für den Endverbraucher hängt also trotz des Einsatzes einer Blockchain immer noch davon ab, wie viel die beteiligten Unternehmen den Verbraucher tatsächlich wissen lassen wollen.

Unabhängig von der Informationsmacht der Unternehmen sind alle Stakeholder davon abhängig, dass die in die Blockchain eingespeisten Daten auch tatsächlich der Realität entsprechen. Durch technische Fehler oder durch eine falsche manuelle Eingabe kann es zu Verfälschungen innerhalb der Blockchain kommen. Kritisch hierbei ist, dass einmal eingespeiste Daten unveränderlich in der Blockchain gespeichert werden und nur unter hohem Aufwand korrigiert werden können. Weiterhin muss auch im bedacht werden, dass die Blockchain-Technologie zwar die digitale Absicherung der Lebensmittel-Supply-Chain leisten kann, für die physischen Absicherung aber IoT-Technologien wie Mikroprozessoren, Sensoren, digitale Plomben und intelligente Transportbehältnisse notwendig sind. Die Anschaffung und Implementierung dieser Hardware stellt einen immensen Kostenfaktor dar sicherlich vom Verbraucher getragen werden würde. Darüber hinaus stellt für alle Stakeholder der Lebensmittel-Supply-Chain die fehlende Rechtssicherheit von Transaktionen innerhalb der Blockchain-Technologie die größte Unsicherheit dar. So werden Transaktionen innerhalb der Blockchain aufgrund ihrer Unveränderlichkeit zumindest in der deutschen Rechtsprechung nicht als vollwertiger rechtlicher Vertrag eingestuft. Darüber hinaus ist bei einer Transaktion in der Blockchain nicht klar, wo sich der dazugehörige Gerichtsstand befindet. Die rechtlichen Unzulänglichkeiten der Blockchain-Technologie stellen eine große Hürde dar und sind wahrscheinlich auch der Grund dafür, dass eine disruptive Technologie wie die Blockchain sowohl in gesellschaftlichen als auch in wirtschaftlichen Bereichen noch nicht in größerem Umfang zur Anwendung gekommen ist. Hier bedarf es international geltender gesetzlicher Richtlinien, um der Blockchain sowohl den Einzug in die Lebensmittel-Supply-Chain zu erleichtern als auch um die Blockchain-Technologie in weiteren Branchen zu implementieren und weiterzuentwickeln. Ein weiterer nicht zu vernachlässigender Nachteil der Blockchain-Technologie ist der immense Stromverbrauch durch das Mining von Datenblöcken und der Datenhaltung. Unternehmen der Lebensmittelwirtschaft, die die Blockchain-Technologie anwenden,

betonen immer wieder ihren positiven Beitrag zur nachhaltigen Lebensmittelproduktion, da es mittels der Blockchain gelingt die Lebensmittelverschwendung innerhalb der Branche zu reduzieren. Auf eine Darlegung des Energieverbrauchs für die Implementierung und den Betrieb der Blockchain-Technologie sowie der notwendigen IoT-Technologie wird jedoch branchenweit verzichtet. Private Blockchain-Plattformen wie die IBM Food Trust sollen zwar im Vergleich zum Bitcoin effizientere Verfahren für die Fortschreibung der Blockchain verwenden, und sicherlich ist auch unstrittig, dass Lebensmittelverschwendung der Umwelt einen immensen Schaden zufügt, für eine gerechte ökologische Folgekostenrechnung der Blockchain-Technologie in der Lebensmittel-Supply-Chain muss aber zwingend der entstehende Energieverbrauch klar beziffert werden.

Es kann abschließend subsummiert werden, dass die Blockchain-Technologie im Rahmen der Lebensmittel-Supply-Chain, vor allem zu Gunsten der Unternehmen, eine Reihe von Optimierungsmöglichkeiten entfalten kann. Aufgrund der fehlenden Rechtssicherheit werden diese jedoch bislang überwiegend von Großkonzernen der Lebensmittelwirtschaft verfolgt. Es ist also dringend die Schaffung einer sicheren Rechtsgrundlage notwendig, um auch kleinen und mittelständischen Unternehmen den Zugang zur Blockchain-Technologie zu ermöglichen, ansonsten läuft die Blockchain-Technologie Gefahr eine einseitige Verzerrung des Marktes zugunsten der Großkonzerne zu bewirken. Im Vergleich zu den disruptiven Potenzialen die die Blockchain-Technologie in anderen Bereichen wie bspw. dem Finanzwesen auf den Verbraucher entfaltet, hat sie auf den Lebensmittelkonsumenten eine sehr viel geringere Auswirkung. Hier muss jedoch zwischen Lebensmittelkonsumenten von entwickelten Ländern und Entwicklungsländern unterschieden werden, da die hohen Lebensmittelstandards in entwickelten Ländern durch den Einsatz der Blockchain-Technologie eine vergleichsweise gemäßigte Verbesserung bringen, während in Entwicklungsländern ihr Einsatz viele Menschenleben vor dem Tod durch verunreinigte Lebensmittel bewahren könnte. Dies wäre eine äußerst wünschenswerte Auswirkung auf den Endverbraucher und zudem eine wünschenswerte Ausschöpfung der Optimierungsmöglichkeiten der Blockchain-Technologie in der Lebensmittel Supply-Chain.

II. Literaturverzeichnis

- Adam, K. (2020):** *Blockchain-Technologie für Unternehmensprozesse: Sinnvolle Anwendung der neuen Technologie in Unternehmen*, Berlin, Heidelberg: Springer Gabler, 2020, online im Internet: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-60719-0>, Stand: 07.12.2020.
- Atzler, E./ Holtermann, F./ Kröner, A./ Maisch, M./ Handelsblatt (Hrsg.) (2020):** *Cyberisiken: Großangriff auf die Banken – Die Aufseher sind alarmiert*, online im Internet: <https://www.handelsblatt.com/finanzen/banken-versicherungen/cyberisiken-grossangriff-auf-die-banken-die-aufseher-sind-alarmiert/25399206.html>, Stand: 25.11.2020.
- Baake, P./ Friedrichsen, J./ Naegele, H. (2018):** *Soziale Nachhaltigkeitssiegel: Versprechen und Realität am Beispiel von Fairtrade-Kaffee*, in: DIW Wochenbericht, Ausgabe 48, 2018, S. 1032 - 1040, online im Internet: https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.608366.de/18-48-1.pdf, Stand: 28.11.2018.
- Bauernhansl, T./ Bauernhansl, T. (Hrsg.) / Ten Hompel, M. (Hrsg.) / Vogel-Heuser, B. (Hrsg.) (2014):** *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik*, Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014, online im Internet: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-658-04682-8>, Stand: 01.02.2021.
- Baumann, K./ Supe, J./ Bearingpoint (Hrsg.) (2018):** *Blockchain als Treiber im modernen Supply Chain Management 4.0*, Online im Internet: https://www.bearingpoint.com/files/Blockchain_im_SCM.pdf?download=0&itmId=552008, Stand: 25.09.2020.
- Bitcoin Developer (Hrsg.) (2021):** *Block Chain*, online im Internet: https://developer.bitcoin.org/devguide/block_chain.html, Stand: 31.01.2021.
- Bitkom e.V. (Hrsg.) (2021):** *Ernährung 4.0 – Digitalisierung bringt Transparenz für Industrie und Verbraucher*, Online im Internet: <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Ernaehrung-40-Digitalisierung-bringt-Transparenz-fuer-Industrie-und-Verbraucher>, Stand: 31.01.2021.
- Blockchainwelt (Hrsg.) (2018a):** *Bext360 | Von der Blockchain zum Kaffee*, online im Internet: <https://blockchainwelt.de/bext360-von-der-blockchain-zum-kaffee/>, Stand: 17.01.2021.
- Blockchainwelt (Hrsg.) (2018b):** *Distributed Ledger Technologie (DLT) ist mehr als Blockchain*, online im Internet: <https://blockchainwelt.de/dlt-distributed-ledger-technologie-ist-mehr-als-blockchain/>, Stand: 26.11.2020.
- Blockchain-Schaufensterregion Mittweida (Hrsg.) (2020):** *Sicherheit für Verbraucher dank Blockchain-Technologie*, online im Internet: <https://blockchain-mittweida.com/sicherheit-fuer-verbraucher-dank-blockchain-technologie/>, Stand: 30.01.2021.

- Bolten, F./ Intelligente Welt (Hrsg.) (2016):** *Blockchain – programmiertes Vertrauen*, online im Internet: <https://intelligente-welt.de/blockchain-programmiertes-vertrauen/>, Stand: 05.01.2021.
- Brühl, V. (2017):** *Bitcoins, Blockchain und Distributed Ledgers: Funktionsweise, Marktentwicklungen und Zukunftsperspektiven*, in: Wirtschaftsdienst, Ausgabe 97/2, S.135–142, online unter DOI: 10.1007/s10273-017-2096-3, Stand: 24.10.2020.
- Buhl, H.U./ Schweizer, A./ Urbach, N. (2017):** *Blockchain-Technologie als Schlüssel für die Zukunft?* In: Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen, 2017, S. 596-599, online im Internet: Blockchain- Technologie als Schlüssel für die Zukunft? (fim-rc.de), Stand: 25.11.2020.
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.) (2020a):** *Anforderungen an die Lebensmittelhygiene in Primärerzeugung, Produktion, Verarbeitung und Vertrieb*, online im Internet: <https://www.bmel.de/DE/themen/verbraucherschutz/lebensmittelhygiene/lebensmittelhygiene-im-handel.html>, Stand: 24.12.2020.
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.) (2020b):** *Deutschland, wie es isst. Der BMEL-Ernährungsreport 2020*, Berlin, online im Internet: Deutschland, wie es isst (bmel.de), Stand: 27.12.2020.
- Bundesamt für Justiz (Hrsg.) (2021):** § 312i BGB - Einzelnorm, online im Internet: https://www.gesetze-im-internet.de/bgb/__312i.html, Stand: 13.01.2021.
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.) (2021):** *5G – der Schlüssel zur Zukunft*. Online im Internet: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Dossier/5G/5G.html>, Stand: 15.01.2021.
- Crypto Valley Journal (Hrsg.) (2020):** *Nestlé weitet Nutzung der IBM Food Trust Blockchain aus*, online im Internet: <https://cvj.ch/fokus/blockchain/nestle-weitet-nutzung-der-ibm-food-trust-blockchain-aus/>, Stand: 12.01.2021.
- Czisi, V./ Der Tagesspiegel (Hrsg.) (2021):** *Begehrte Bohne, Warum Kaffee so teuer geworden ist*, online im Internet: <https://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/begehrte-bohne-warum-kaffee-so-teuer-geworden-ist/25388184.html>, Stand: 09.01.2021.
- Deutscher Kaffeeverband (Hrsg.) (2021):** *Kaffeewissen, Akteure im Kaffeehandel, Handelswege und Beteiligte*, online im Internet: <https://www.kaffeeverband.de/de/kaffeewissen/handel>, Stand: 07.01.2021.
- Duisberg/ Haas, P./ Hullen, N./ Kriesel, T./ Kroke, T./ Schweinoch, M./ Wittek, N./ Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.) (2019):** *Blockchain und Recht im Kontext von Industrie 4.0*, in: Plattform Industrie 4.0, online im Internet: https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/blockchain-und-recht-im-kontext-von-industrie-40.pdf?__blob=publicationFile&v=4, Stand: 14.01.2021.

- Europäisches Parlament (Hrsg.) (2019):** *Auswirkungen des Klimawandels auf Lebensmittelsicherheit und Meere: Wissenschaftler warnen vor Auswirkungen des Klimawandels auf Lebensmittelsicherheit und Meere*, online im Internet: <https://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/society/20191030STO65415/auswirkungen-des-klimawandels-auf-lebensmittelsicherheit-und-meere>, Stand: 26.12.2020.
- Fill, H.-G./ Meier, A. (2020):** *Blockchain Kompakt: Grundlagen, Anwendungsoptionen und kritische Bewertung*, Wiesbaden: Springer Vieweg, online im Internet: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-27461-0>, Stand: 09.11.2020.
- FinanceScout24 (Hrsg.) (2017):** *Akkreditiv: Verpflichtung einer Bank zur Zahlung*, online im Internet: <https://www.financescout24.de/wissen/ratgeber/akkreditiv>, Stand: 03.01.2021.
- Fridgen, G./ Guggenberger, N./ Hoeren, T./Prinz, W./ Urbach, N./ Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.) (2019):** *Chancen und Herausforderungen von DLT (Blockchain) in Mobilität und Logistik*, online im Internet: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/blockchain-gutachten.pdf?__blob=publicationFile, Stand: 03.01.2021.
- Furrer, A. (2017):** Der Einsatz der Blockchain in der Logistik, in Jusletter 4, online im Internet: [dvis-vortrag-20180412-prof-dr-furrer-jusletter-einsatz-blockchain-logistik.pdf](https://www.seerecht.de/dvis-vortrag-20180412-prof-dr-furrer-jusletter-einsatz-blockchain-logistik.pdf) (seerecht.de), Stand: 12.12.2020.
- Gahr, O./ PC Welt (Hrsg.) (2018):** *Lebensmitteln auf der Spur: Blockchain sorgt für Transparenz*, online im Internet: <https://www.pcwelt.de/a/lebensmitteln-auf-der-spur-blockchain-sorgt-fuer-transparenz,3448715>, Stand: 27.01.2021.
- García-Moraleja, A./ Font, G./ Mañes, J./ Ferrer, E. (2015):** Simultaneous Determination of Mycotoxin in Commercial Coffee, in: *Food Control*, Ausgabe 57, S.282–292, 2015, online im Internet: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.04.031>, Stand: 18.01.2021.
- Generalzolldirektion (Hrsg.) (2021):** *Kaffee, kaffeehaltige Waren, Höhe der Kaffeesteuer*, online im Internet: https://www.zoll.de/DE/Fachthemen/Steuern/Verbrauchssteuern/Alkohol-Tabakwaren-Kaffee/Steuerhoehe/Kaffee/kaffee_node.html, Stand: 31.01.2021.
- Golem (Hrsg.) (2021):** *Hash-Verfahren - Verschlüsselung: Was noch sicher ist*, online im Internet: <https://www.golem.de/news/verschlueselung-was-noch-sicher-ist-1309-101457-8.html>, Stand: 03.02.2021.
- Haig, S./ Bitcoininsider (Hrsg.) (2020):** *Dole to Integrate IBM's Food Trust Blockchain Into All Divisions by 2025*, online im Internet: <https://www.bitcoininsider.org/article/86164/dole-integrate-ibms-food-trust-blockchain-all-divisions-2025>, Stand: 05.01.2021.

- Hansen, P./Streim, A./ Bitkom e.V. (Hrsg.) (2021):** *Erste Jahresbilanz: So steht es um die Blockchain-Strategie der Bundesregierung*, online im Internet: <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Erste-Jahresbilanz-So-steht-es-um-die-Blockchain-Strategie-der-Bundesregierung>, Stand: 12.02.2021.
- Hein, C./ Wellbrock, W./ Hein, C. (2019):** *Rechtliche Herausforderungen von Blockchain-Anwendungen, Straf-, Datenschutz- und Zivilrecht*, Wiesbaden: Springer Gabler, 2019, online im Internet: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-658-24931-1>, Stand: 30.01.2021.
- Heintz, P./ Blockchainwelt (Hrsg.) (2020):** *Wie hoch ist der Stromverbrauch von Bitcoin? So viel Energie benötigt Bitcoin und der kritisierte Proof of Work*, online im Internet: <https://blockchainwelt.de/stromverbrauch-von-bitcoin/>, Stand: 11.12.2020.
- Herrnberger, S./ Blockchainwelt (Hrsg.) (2020):** *Digitales Grundbuch mit Blockchain – so profitiert die Branche, Immobilienwirtschaft profitiert von der Blockchain! Lässt sich mit der Blockchain ein digitales Grundbuch erstellen?* Online im Internet: <https://blockchainwelt.de/kein-digitales-grundbuch-mit-blockchain/>, Stand: 13.12.2020.
- Hinckeldeyn, J. (2019):** *Blockchain-Technologie in der Supply Chain: Einführung und Anwendungsbeispiele*, Wiesbaden: Springer Vieweg, 2019, online im Internet: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-26440-6>, Stand: 21.10.2020.
- Hochschule Bonn-Rhein-Sieg (Hrsg.) (2019):** *Frische von Lebensmitteln: FreshIndex startet Feldphase in METRO Großmärkten*, online im Internet: <https://www.hn-nrw.de/frische-von-lebensmitteln/>, Stand: 02.02.2021.
- IHK Stuttgart (Hrsg.) (2021):** *Internationale Lieferbedingungen: Incoterms 2020: Stand: Oktober 2020*, online im Internet: <https://www.stuttgart.ihk24.de/fuer-unternehmen/international/internationales-wirtschaftsrecht/internationale-liefergeschaefte/incoterms/incoterms-2010-684806>, Stand: 03.02.2021.
- Jakob, S./ Schulte, A. T. /Sparer, D./ Koller, R./ Henke, M./ Ten Hompel, M. (Hrsg.)/ Henke, M. (Hrsg.)/ Clausen, U. (Hrsg.) (2018):** *Blockchain und Smart Contracts: Effiziente und sichere Wertschöpfungsnetzwerke*, online im Internet: <http://publica.fraunhofer.de/documents/N-503691.html>, sowie: DOI: 10.24406/IML-N-503691, Stand: 12.12.2020.
- Johann Heinrich von Thünen-Institut (2020):** *Was der Klimawandel für die Fischereiwirtschaft bedeutet*, online im Internet: <https://www.thuenen.de/de/thema/klima-und-luft/was-der-klimawandel-fuer-die-fischereiwirtschaft-bedeutet/>, Stand: 26.12.2020.
- Jostock, M./ DLG-Fachzentrum Lebensmittel (Hrsg.) (2019):** *Blockchain in der Food Supply Chain, Grundlagen, Praxisbeispiele, Perspektiven*, in: DLG-Expertenwissen 6/2019, online im Internet: https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/lebensmittel/themen/publikationen/expertenwissen/ernaehrung/2019_6_Expertenwissen_Blockchain.pdf, Stand: 12.12.2019.

- Kabas-Komorniczak, R. (2020):** *Blockchain im internationalen Warenverkehr Lieferketten optimieren, Verwaltungs- und Archivierungskosten senken*, in: Entrepreneur, Internationaler Warenverkehr, Ausgabe Februar 2020, 2020, S.15-17, online im Internet: Internationaler Warenverkehr | Entrepreneur Februar 2020 | Rödl & Partner (roedl.de), Stand: 03.01.2021.
- Kamath, R. (2018):** *Food Traceability on Blockchain: Walmart's Pork and Mango Pilots with IBM*, in: The Journal of The British Blockchain Association, Ausgabe 1/1, 2018, S.47-53, online im Internet: [https://doi.org/10.31585/jbba-1-1-\(10\)2018](https://doi.org/10.31585/jbba-1-1-(10)2018), Stand: 27.02.2021.
- Kshetri, N. (2018):** *Blockchain's Roles in Meeting Key Supply Chain Management Objectives*, in: International Journal of Information Management, Ausgabe 39, 2018, S.80-89, online im Internet: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2017.12.005>, Stand: 17.01.2021.
- Klee, C./ BTC-Echo (Hrsg.) (2018):** *Prä-Bitcoin: Die erste Blockchain der Welt*, online im Internet: <https://www.btc-echo.de/prae-bitcoin-die-erste-blockchain-der-welt/>, Stand: 22.11.2020.
- Klumm, C./ DDIM - Dachgesellschaft Deutsches Interim Management e.V (Hrsg.) (2018):** *Brennpunkt Lebensmittelsicherheit: Food Safety in der Supply Chain*, online im Internet: <https://ddim.de/food-safety-in-der-supply-chain/>, Stand: 31.01.2021.
- Kranz, S./ Ledgerlabs Kranz (Hrsg.) (2020):** *Konsens-Mechanismen – Einigung in dezentralen Systemen*, online im Internet: <https://www.ledgerlabs.li/blog/2020/03/11/konsensus-mechanismen-einigung-in-dezentralen-systemen/>, Stand: 09.12.2020.
- Kraus, C./ Blockchain Insider (Hrsg.) (2020a):** *Definition Proof of Work (PoW): Was ist Proof of Work (PoW)?* Online im Internet: <https://www.blockchain-insider.de/was-ist-proof-of-work-pow-a-900636/>, Stand: 11.12.2020.
- Kraus, C./ Blockchain Insider (Hrsg.) (2020b):** *Definition Proof of Authority (PoA) Was ist Proof of Authority (PoA)?* Online im Internet: <https://www.blockchain-insider.de/was-ist-proof-of-authority-poa-a-943106/>, Stand: 09.12.2020.
- Krings, K./ Schwab, J. (2020):** *Blockchain-Technologie in Lieferketten – welche Chancen bietet sie für nachhaltige Entwicklung?* In: Analysen und Stellungnahmen, Ausgabe 19/2020, 2020, online im Internet: <https://www.die-gdi.de/en/analysen-und-stellungnahmen/article/blockchain-technologie-in-lieferketten-welche-chancen-bietet-sie-fuer-nachhaltige-entwicklung/>, sowie: DOI: 10.23661/AS19.2020, Stand: 11.01.2021.
- Lachenmeier, D./ Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Stuttgart (Hrsg.) (2019):** *CVUA Karlsruhe unterstützt die Europol/ Interpol-Operation OPSON VIII zur Aufklärung von Lebensmittelbetrug bei Kaffee*, online im Internet: https://www.ua-bw.de/pub/beitrag.asp?subid=2&Thema_ID=2&ID=2985&lang=DE&Pdf=No, Stand: 26.10.2020.

Lackshmi, S. A./ Maritime Activity Reports, Inc. (Hrsg.) (2021): *CargoX geht live mit dem ersten Blockchain-basierten Frachtbrief*, online im Internet: <http://de.marinelink.com/news/cargox-geht-live-mit-dem-ersten-frachtbrief-261171>, Stand: 03.01.2021.

Lebensmittelverband Deutschland (Hrsg.) (2021a): *Rückverfolgbarkeit*, online im Internet: <https://www.lebensmittelverband.de/de/lebensmittel/sicherheit/rueckverfolgbarkeit>, Stand: 04.01.2021.

Lebensmittelverband Deutschland (Hrsg.) (2021b): *Blockchain und Lebensmittel*, online im Internet: <https://www.lebensmittelverband.de/de/lebensmittel/technologie/blockchain>, Stand: 03.01.2021.

Lehnis, M./ Forbes Media (Hrsg.) (2021): *Moyee Coffee has harnessed blockchain to disrupt a conglomerate-controlled industry*, online im Internet: <https://www.forbes.com/sites/mariannelehnis/2020/08/31/moyee-coffee-has-harnessed-blockchain-to-disrupt-a-conglomerate-controlled-industry/>, Stand: 06.01.2021.

Luber, S./ Bigdata Insider (Hrsg.) (2021): *Definition: Was ist das Internet of Things?* Online im Internet: <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-das-internet-of-things-a-590806/>, Stand: 02.02.2021.

Luber, S./ Bigdata Insider (Hrsg.) (2021): *Definition: Was ist eine Smart Factory?* Online im Internet: <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-eine-smart-factory-a-643838/>, Stand: 02.01.2021.

Matterne, T./ KaffeeTechnik Seubert (Hrsg.) (2019): *Wie die Blockchain die Kaffeekultur verändern könnte*, online im Internet: <https://www.kaffeetechnik-shop.de/kaffeejournal/wie-die-blockchain-die-kaffeekultur-veraendern-koennte/>, Stand: 12.01.2021.

Menningen, M./ itsystemkaufmann.de (Hrsg.) (2019): *Käufermarkt: Definition und Beispiele*, online im Internet: <https://www.itsystemkaufmann.de/kaeufermarkt-definition-und-beispiele/>, Stand: 27.12.2020.

Mitteldeutscher Rundfunk (Hrsg.) (2020): *Lebensmittelverschwendung: Täglich landet eine ganze Mahlzeit im Müll*, online im Internet: <https://www.mdr.de/wissen/lebensmittelverschwendung-so-viel-landet-im-muell100.html>, Stand: 26.12.2020.

Mohapi, T./ iAfrikan (Hrsg.) (2017): *Bext360 nutzt die Blockchain-Technologie, um Kaffeebauern in Schwellenländern schnell und fair zu bezahlen*, online im Internet: <https://iafrikan.com/2017/04/15/bext360-is-using-blockchain-technology-to-pay-coffee-farmers-in-congo-rwanda-and-other-emerging-markets-fairly-2/>, Stand: 17.01.2021.

Nitsche, B./ Figiel, A./ Straube, F. (Hrsg.) (2016): *Zukunftstrends in der Lebensmittellogistik: Herausforderungen und Lösungsimpulse*, in: Schriftenreihe Logistik der Technischen Universität Berlin, Sonderband 7,

Berlin: Universitätsverlag der TU Berlin, 2016, online im Internet:
<https://depositonce.tu-berlin.de/handle/11303/5451>, sowie: DOI:
10.14279/DEPOSITONCE-5122. Stand: 01.02.2021.

Ökolandbau (Hrsg.) (2021): *Blockchain – eine Übersicht zu Leistungen und Risiken*, online im Internet:
[/verarbeitung/produktion/qualitaetssicherung/warenueckverfolgbarkeit/blockchain/](#), Stand: 15.01.2021.

Osborne Clarke (Hrsg.) (2019): *Blockchain and IoT will reduce food fraud, report says*, online im Internet:
<https://connectedconsumer.osborneclarke.com/general/blockchain-iot-will-reduce-food-fraud-report-says/>, Stand: 16.01.2021.

Palka, S./ Wittpahl, V./ Institut für Innovation und Technik (iit) (Hrsg.) (2018): *Vertrauen und Transparenz: Blockchain-Technologie als digitaler Vertrauenskatalysator*, in: IIT Perspektive: Working Paper of the Institute for Innovation and Technology, Ausgabe 3, online im Internet:
<https://www.econbiz.de/Record/vertrauen-und-transparenz-blockchain-technologie-als-digitaler-vertrauenskatalysator-palka-silvia/10012166382>, Stand: 06.11.2020.

Ponte, S./ Elsevier Science Ltd (Hrsg.) (2002): *The 'Latte Revolution'? Regulation, Markets and Consumption in the Global Coffee Chain*, in: World Development, Ausgabe 30/7, 2002, S.1099–1122, Online im Internet:
[https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(02\)00032-3](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(02)00032-3), Stand: 07.01.2021.

Rau, S./ Blockchainwelt (Hrsg.) (2018): *Food Trust | Blockchain-Netzwerk zur Nahrungsmittelkontrolle*, online im Internet: <https://blockchainwelt.de/food-trust-blockchain-netzwert-zur-nahrungsmittelkontrolle/>, Stand: 05.01.2021.

Rau, S./ Blockchainwelt (Hrsg.) (2019): *Starbucks nutzt Microsoft Blockchain Service zur Kaffee-Rückverfolgung*, online im Internet:
<https://blockchainwelt.de/starbucks-microsoft-blockchain-kooperation/>, Stand: 12.01.2021.

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn (Hrsg.) (2019): *FreshIndex schafft die Voraussetzungen für ein dynamisches Haltbarkeitsdatum*, online im Internet: <https://www.uni-bonn.de/neues/freshindex-schafft-die-voraussetzungen-fuer-ein-dynamisches-haltbarkeitsdatum>, Stand: 02.01.2021.

Rizzo, P./ Coin Desk (Hrsg.) (2015): *World Economic Forum Survey Projects Blockchain 'Tipping Point' by 2023*, online im Internet:
<https://www.coindesk.com/world-economic-forum-governments-blockchain>, Stand: 20.11.2020.

Rosenberger, P. (2018): *Bitcoin und Blockchain: Vom Scheitern einer Ideologie und dem Erfolg einer revolutionären Technik*, Berlin, Heidelberg: Vieweg, 2018, online im Internet: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-56088-4>, Stand: 26.11.2020.

- Rufli, K./ DLG e. V (Hrsg.) (2019):** *Prävention durch Blockchain-Technologie, Food Fraud*, online im Internet:
<https://www.dlg.org/de/lebensmittel/themen/publikationen/magazin-dlg-lebensmittel/praevention-durch-blockchain-technologie>, Stand: 23.10.2020.
- Schacht, S./ Lanquillon, C. (Hrsg.) (2019):** *Blockchain und maschinelles Lernen: Wie das maschinelle Lernen und die Distributed-Ledger-Technologie voneinander profitieren*, Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2019, online im Internet: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-60408-3>, Stand: 24.11.2020.
- Schiller, K./ Blockchainwelt (Hrsg.) (2018):** *Die Blockchain Typen im Überblick*, online im Internet: <https://blockchainwelt.de/blockchain-typen-ueberblick/>, Stand: 14.12.2020.
- Schmidt, T./ Schneider, F./ Leverenz, D./ Hafner, G./ Thünen Institut (Hrsg.) (2019):** *Lebensmittelabfälle in Deutschland – Baseline 2015 – Kurzfassung Thünen Report 71*, in Thünen Report 71, S.79 ff., 2019, online im Internet: *Lebensmittelabfälle in Deutschland - Baseline 2015 - (bmel.de)*, Stand: 02.01.2021.
- Schmidt, J./ Reset – Digital for Good (Hrsg.) (2020):** *FreshAnalytics: Ein dynamisches Haltbarkeitsdatum für weniger Lebensmittelverschwendung*, online im Internet: <https://reset.org/blog/freshanalytics-ein-dynamisches-haltbarkeitsdatum-fuer-weniger-lebensmittelverschwendung-0420202>, Stand: 02.01.2021.
- Schöllhammer, O./ Jäger, J./ Fraunhofer IPA (Hrsg.) (2015):** *Studie Komplexitätsbewirtschaftung*, Stuttgart, 2014, online im Internet: <http://publica.fraunhofer.de/urns/urn:nbn:de:0011-n-4106529.html>, Stand: 25.11.2020.
- Schonscheck, O./ TechTarget (Hrsg.) (2019):** *DSGVO: Was Blockchain für den Datenschutz bedeutet*, online im Internet:
<https://www.computerweekly.com/de/ratgeber/DSGVO-Was-Blockchain-fuer-den-Datenschutz-bedeutet>, Stand: 03.02.2021.
- Schreiner, J./ Industry-of-Things (Hrsg.) (2021):** *Distributed Ledger Technologie: Deutschlands Unternehmen sind Blockchain-Muffel*, online im Internet:
<https://www.industry-of-things.de/deutschlands-unternehmen-sind-blockchain-muffel-a-901659/>, Stand: 03.02.2021.
- Schütte, J. et al./ Fraunhofer Gesellschaft (Hrsg.) (2017):** *Blockchain und Smart Contracts: Technologien, Forschungsfragen und Anwendungen*, online im Internet:
https://www.aisec.fraunhofer.de/content/dam/aisec/Dokumente/Publikationen/Studien_TechReports/deutsch/Fraunhofer-Positionspapier_Blockchain-und-Smart-Contracts.pdf, Stand: 12.12.2020.
- Skwarek, V./ Ludwig, T. (Hrsg.) (2019):** *Eine kurze Geschichte der Blockchain: Ursprünge, Begriffe und aktuelle Entwicklungen*, in: *Informatik Spektrum*, Ausgabe 42, 2019, S.161–165, online im Internet:
<https://doi.org/10.1007/s00287-019-01175-0>, Stand: 22.11.2020.

- Sommer, P./ Kramer, M. (Hrsg.) (2007):** *Umweltfokussiertes Supply Chain Management: Am Beispiel des Lebensmittelsektors*, 1. Auflage, Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl., 2007, online im Internet: <https://doi.org/10.1007/978-3-8350-9590-8>, Stand: 13.11.2020.
- Stemmermann, T./ Logistik Express (Hrsg.) (2019):** *Lebensmittelverschwendung in der Supply Chain: Was tun?* Online im Internet: <https://www.logistik-express.com/lebensmittelverschwendung-in-der-supply-chain-was-tun/>, Stand: 01.02.2021.
- Straube, F./ Figiel, A./ Nitsche, B. (2017):** *Akteursübergreifende Lösungen für die Lebensmittellogistik von morgen*, in: *WiSt - Wirtschaftswissenschaftliches Studium*, Seite 11 - 16, Jahrgang 46, Heft 7-8, 2017, online im Internet: <https://doi.org/10.15358/0340-1650-2017-7-8-11>, Stand: 04.11.2020.
- Telematik Wissen (Hrsg.) (2018):** *Digitale Plombe und Wechselbrücken-Management – Telematikwissen*, online im Internet: <https://telematikwissen.de/digitale-plombe-und-wechselbruecken-management/>, Stand: 17.01.2021.
- Wittenberg, S. (2020):** *Blockchain für Unternehmen: Anwendungsfälle und Geschäftsmodelle für die Praxis*, 1. Auflage, Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 2020, online im Internet: https://content-select.com/media/moz_viewer/5e419698-b5b4-4d74-9529-561eb0dd2d03/language:de, Stand: 24.11.2020.
- Yiannas, F. (2018):** *A New Era of Food Transparency Powered by Blockchain In: Innovations: Technology, Governance, Globalization*, Ausgabe 12, S.46-56, 2018, online im Internet: [https://www.mitpressjournals.org/doi/pdf/10.1162/inov_a_00266?download=true&](https://www.mitpressjournals.org/doi/pdf/10.1162/inov_a_00266?download=true&DOI:10.1162/inov_a_00266), sowie: DOI: 10.1162/inov_a_00266, Stand: 01.02.2021.
- Zeiselmaier, A./ Bogensperger, A./ Hinterstocker, M./ Von Roon, S. (2019):** *Abstracts from the 8th DACH+ Conference on Energy Informatics: Asset Logging – transparent documentation of asset data using a decentralized platform*, in: *Energy Informatics*, S.25-28, 2019, online im Internet: <https://doi.org/10.1186/s42162-019-0098-7>, Stand: 09.12.2020.
- Zeiselmaier, A./Bogensperger, A./ Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. (Hrsg.) (2021):** *Von der Blockchain zur Blockchain-Plattform*, online im Internet: <https://www.ffe.de/themen-und-methoden/digitalisierung/962-von-der-blockchain-zur-blockchain-plattform>, Stand: 06.02.2021.
- Zühlsdorf, A./ Jürkenbeck, K./ Spiller, A. (2018):** *Lebensmittelmarkt und Ernährungspolitik 2018: Verbrauchereinstellungen zu zentralen lebensmittel- und ernährungspolitischen Themen*, online im Internet: https://www.vzbv.de/sites/default/files/downloads/2018/01/16/umfrage_chartbook_lebensmittelmarkt_und_ernaehrungspolitik_2018.pdf, Stand: 23.10.2020.

IV. Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind in allen Fällen unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht. Weiterhin erkläre ich mich damit

einverstanden,

nicht einverstanden,

dass ein Exemplar meiner Bachelor-Thesis in die Bibliothek des Fachbereichs aufgenommen wird; Rechte Dritter werden dadurch nicht verletzt.

