

**Potenziale der Blockchain-Technologie für das Supply Chain Management
im Lebensmittelbereich – eine kritische Analyse aus
betriebswirtschaftlicher Perspektive im Hinblick auf die Rückverfolgung
von Lebensmitteln –**

**Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
Dr. rer. pol.**

**der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften
der Universität Duisburg-Essen**

vorgelegt

von

Thorsten Johannes Wilhelmi, M.Sc.

aus

Völklingen, Deutschland

Essen 2023

Gutachter:

Univ.-Prof. Dr. Stephan Zelewski

Univ.-Prof. Dr. Reinhard Schütte

Tag der mündlichen Prüfung:

16.10.2023

DuEPublico

Duisburg-Essen Publications online

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

ub | universitäts
bibliothek

Diese Dissertation wird via DuEPublico, dem Dokumenten- und Publikationsserver der Universität Duisburg-Essen, zur Verfügung gestellt und liegt auch als Print-Version vor.

DOI: 10.17185/duepublico/81284

URN: urn:nbn:de:hbz:465-20231214-064628-3

Alle Rechte vorbehalten.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungs- und Akronymverzeichnis.....	VI
Symbolverzeichnis	IX
Abbildungsverzeichnis	XI
Tabellenverzeichnis.....	XIII
1 Exposition.....	1
1.1 Entfaltung des Realproblems	1
1.2 Erläuterung der Desiderate.....	7
1.3 Überblick über den wissenschaftlichen State of the Art	9
1.4 Spezifizierung der wissenschaftlichen Problemstellung.....	12
1.5 Beschreibung der wissenschaftlichen Arbeitstechniken	15
1.6 Spezifizierung der intendierten wissenschaftlichen Ergebnisse.....	17
1.7 Aufbau der Dissertation	19
2 Konzeptionelle Grundlagen zur Blockchain-Technologie und zum Supply Chain Management im Lebensmittelbereich	22
2.1 Grundlagen der Blockchain-Technologie	22
2.1.1 Begriffe und Konzepte der Blockchain-Technologie.....	22
2.1.2 Charakteristika der Blockchain-Technologie	31
2.1.3 Klassifizierung von Blockchains in Blockchain-Typen	33
2.2 Supply Chain Management im Lebensmittelbereich	39
2.2.1 Definition und Ziele des Supply Chain Managements.....	39
2.2.2 Food Supply Chains.....	43
3 Analyse der Einsatzmöglichkeiten von Blockchains zur Rückverfolgung von Lebensmitteln	46
3.1 Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains	46
3.2 Rückverfolgungssysteme in Food Supply Chains.....	49
3.3 Herausforderungen bei der Rückverfolgung von Lebensmitteln.....	53

3.4	Einsatz von Blockchains zur Rückverfolgung von Lebensmitteln	60
3.4.1	Rückverfolgung mit Hilfe einer Blockchain.....	60
3.4.2	Eignung von Blockchain-Typen zur Rückverfolgung von Lebensmitteln.....	65
4	Potenziale von Blockchains für Geschäftsprozessinnovationen	68
4.1	Grundlagen von Geschäftsprozessinnovationen	68
4.2	Digitale Transformation in Food Supply Chains	71
4.3	Analyse der Gestaltungsmöglichkeiten bei Geschäftsprozessen	74
4.3.1	Blockchains als dezentrale Plattformen.....	74
4.3.2	Einsatz von Smart Contracts.....	78
4.3.3	Darstellung von Gestaltungsmöglichkeiten am Beispiel Lebensmittelbetrug.....	82
4.4	Analyse potenzieller Herausforderungen.....	91
4.5	Einschätzung der Potenziale hinsichtlich Geschäftsprozessinnovationen	94
5	Betriebswirtschaftliche Potenziale von Blockchains für Food Supply Chains	96
5.1	Analyse von Nutzen, Kosten, Chancen und Risiken einer Blockchain zur Rückverfolgung von Lebensmitteln.....	96
5.1.1	Definition der Betrachtungskriterien	96
5.1.2	Analyse von Nutzen.....	97
5.1.2.1	Umsatzsteigerung.....	97
5.1.2.2	Effizientere Geschäftsprozesse	100
5.1.2.3	Nachweis der Einhaltung von Vorschriften	104
5.1.2.4	Qualitätssteigerung.....	106
5.1.2.5	Erhöhung der Robustheit der Datensicherung	108
5.1.3	Analyse von Kosten.....	110
5.1.3.1	Kosten für Implementierung und Instandhaltung einer Blockchain	110
5.1.3.2	Personalbezogene Kosten.....	113
5.1.3.3	Kosten für die Erfassung von Daten	114
5.1.3.4	Zusatzkosten für den Energieverbrauch.....	115

5.1.3.5	Kosten für das Blockchain-Ökosystem.....	116
5.1.4	Analyse von Chancen	117
5.1.4.1	Fördermaßnahmen und Einfluss durch Regulierung.....	117
5.1.4.2	Zunehmende Bedeutung von Daten.....	118
5.1.4.3	Kombinationsmöglichkeiten mit weiteren Zukunftstechnologien.....	120
5.1.4.4	Neue Geschäftsmodelle.....	121
5.1.4.5	Neue Formen der Zusammenarbeit.....	124
5.1.5	Analyse von Risiken.....	126
5.1.5.1	Speicherung sensibler Daten.....	126
5.1.5.2	Reifegrad der Technologie.....	129
5.1.5.3	Risiken bei der Organisation von Blockchains	131
5.1.5.4	Rechtliche Bedenken.....	133
5.1.5.5	Mangelnde Verbreitung der Blockchain-Technologie.....	135
5.2	Einschätzung der Potenziale von Blockchains für das Supply Chain Management	137
6	Verfahren zur Bewertung der betriebswirtschaftlichen Potenziale von Blockchains	140
6.1	Herausforderungen bei der Bewertung von Blockchains.....	140
6.2	Auswahl einer Technologie zur Rückverfolgung von Lebensmitteln als mehrkriterielles Entscheidungsproblem.....	142
6.3	Analytic Hierarchy Process als ein mehrkriterielles Entscheidungsverfahren.....	144
6.3.1	Mehrkriterielle Entscheidungsverfahren	144
6.3.2	Vorteile und Limitierungen des Analytic Hierarchy Process als Entscheidungsverfahren	145
6.4	Aufbau der Analyse.....	149
6.5	Dekomposition des Entscheidungsproblems.....	151
6.5.1	Struktur des Entscheidungsproblems.....	151
6.5.2	Entscheidungsziel	153
6.5.3	Alternativenebene.....	153

6.5.4	Kriterienebene.....	153
6.5.5	Subkriterienebene	154
6.6	Beurteilung der relativen Bedeutungen der Kriterien	155
6.6.1	Aggregation der Paarvergleichsurteile zu relativen Bedeutungsurteilen.....	159
6.6.2	Aggregation der Paarvergleichsurteile der einzelnen Kriterienebenen	160
6.6.3	Überprüfung der Konsistenz der Paarvergleichsurteile der Kriterien	162
6.6.3.1	Approximatives Verfahren zur Berechnung der maximalen Eigenwerte ...	163
6.6.3.2	Exaktes Verfahren zur Berechnung der maximalen Eigenwerte	164
6.7	Bewertung der Alternativen	168
6.7.1	Absolute und Relative Bewertung.....	168
6.7.2	Überprüfung der Konsistenz der Paarvergleichsurteile der Alternativen.....	169
6.7.3	Aggregation der Paarvergleichsurteile zu Prioritäten.....	170
6.8	Auswahl einer besten Alternative zur Rückverfolgung	172
7	Empfehlungen zur Implementierung von Blockchains	176
7.1	Vorgehensmodell zur Implementierung einer Blockchain.....	176
7.1.1	Aufbau des Vorgehensmodells	176
7.1.2	Phase 1: Aufbau von Verständnis für die Blockchain-Technologie und Ziele .	178
7.1.3	Phase 2: Auswahl von Anwendungsfällen	184
7.1.4	Phase 3: Umsetzung des ausgewählten Anwendungsfalls.....	188
7.2	Weitere Handlungsempfehlungen zur Implementierung	191
7.2.1	Ermittlung eines Bedarfs	191
7.2.2	Aufbau eines Blockchain-Ökosystems	192
7.2.3	Erfassung und Speicherung von Daten.....	195
7.2.4	Berücksichtigung finanzieller Mehrwerte und Anreize.....	196
7.2.5	Sukzessive und kontrollierte Herangehensweise.....	198
8	Fazit und Ausblick.....	200
8.1	Fazit zur Erfüllung der intendierten wissenschaftlichen Ergebnisse	200

8.2 Ausblick	204
Literaturverzeichnis.....	207
Anhang	231

Abkürzungs- und Akronymverzeichnis

Abb.	Abbildung
AHP	Analytic Hierarchy Process
ANP	Analytic Network Process
Aufl.	Auflage
BaaS	Blockchain as a Service
betriebsw.	betriebswirtschaftlich
BIA	Blockchain Interoperability Alliance
Blockchain-Techn.	Blockchain-Technologie
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BPMI	Business Process Management Initiative
BPMN	Business Process Model and Notation
BOCR	Benefits, Opportunities, Chances, Risks
BoL	Bill of Lading
BVE	Bundesvereinigung der Deutschen Ernährungsindustrie
BVL	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
bzw.	beziehungsweise
CMMN	Case Management Model and Notation
com	commercial
CSR	Corporate Social Responsibility
d. h.	das heißt
DAO	Dezentralisierte Autonome Organisation
de	Deutschland
DEA	Data Envelopment Analysis
DLT	Distributed-Ledger-Technologie
Dr.	Doktor
Dr. rer. pol.	doctor rerum politicarum
DSGVO	Datenschutz-Grundverordnung
e. V.	eingetragener Verein
EDI	Electronic Data Interchange
Einsatzmöglichk.	Einsatzmöglichkeiten
EPK	Ereignisgesteuerte Prozesskette
ERP	Enterprise Resource Planning
et al.	et alii

etc.	et cetera
EU	Europäische Union
f.	folgende
FAO	Food and Agriculture Organization of the United States
FAZ	Frankfurter Allgemeine Zeitung
FDA	Food and Drug Administration
ff.	fortfolgende
g	Gramm
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GPS	Global Positioning System
Grundl.	Grundlagen
GW	Gigawatt
HACCP	Hazard Analysis Critical Control Point
Hrsg.	Herausgeber
html	Hypertext Markup Language
http	Hypertext Transfer Protocol
https	Hypertext Transfer Protocol Secure
IaaS	Infrastructure as a Service
IBM	International Business Machines Corporation
ICTSD	International Centre for Trade and Sustainable Development
ID	Identifikation
IDC	International Data Corporation
IHI	Internationales Hochschulinstitut
IoT	Internet of Things
ISO	International Organization for Standardization
IT	Informationstechnologien
kg	Kilogramm
KI	Künstliche Intelligenz
KMU	kleine und mittlere Unternehmen
konzept.	konzeptionelle
Lebensm.	Lebensmittel
LKW	Lastkraftwagen
M.Sc.	Master of Science
Nr.	Nummer

o. J.	ohne Jahresangabe
o. O.	ohne Ortsangabe
o. S.	ohne Seitenangabe
OMG	Object Management Group
PaaS	Platform as a Service
PDF	Portable Document Format
PKI-Verfahren	Public-Key-Infrastruktur-Verfahren
RFID	Radiofrequenz-Identifikation
ROI	Return on Investment
Rückverf.	Rückverfolgung
S.	Seite
SaaS	Software as a Service
SCM	Supply Chain Management
SVOT	Single Version of Truth
SWR	Südwestrundfunk
TISM	Total Interpretive Structural Modeling
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
u.	und
u. a.	und andere
UK	United Kingdom
UML	Unified Modeling Language
Univ.-Prof.	Universitätsprofessor
URL	Uniform Resource Locator
US	United States
USB	Universal Serial Bus
usw.	und so weiter
vgl.	vergleiche
VM	Virtual Machine
Vol.	Volume
www	world wide web
XML	Extensible Markup Language
z. B.	zum Beispiel

Symbolverzeichnis

Allgemeine Symbole

\$	US-Dollar
det	Determinante einer (Evaluations-)Matrix \underline{A}
\forall	Allquantor
=	gleich
>	größer
\approx	näherungsweise gleich
%	Prozent
Σ	Summenoperator

AHP-basierte Symbole

a_{ij}	Element einer Evaluationsmatrix \underline{A} mit $i, j = 1, \dots, n$
\underline{A}	Evaluationsmatrix
A_i	Subkriterien-Alternativen
BO_i, BO_j	Beurteilungsobjekte
<i>C.I.</i>	Konsistenzindex (Consistency Index)
<i>C.R.</i>	Konsistenzwert (Consistency Ratio)
\underline{E}	Einheitsmatrix
K	Anzahl der (Sub-)Kriterienebenen
k	(Sub-)Kriterienebene
λ	Eigenwert einer Evaluationsmatrix \underline{A}
λ_{\max}	maximaler Eigenwert einer Evaluationsmatrix \underline{A}
$\max(s_i)$	maximale Zeilensumme
n	Dimension einer Evaluationsmatrix \underline{A}
\underline{N}	normierte Evaluationsmatrix
p_{ij}	Priorität einer normierten Evaluationsmatrix \underline{N}
p_i^{id}	Priorität einer normierten Evaluationsmatrix \underline{N} im Ideal Mode
P	Gesamtpriorität
<i>R.I.</i>	Random Index
s_i	Zeilensumme

v_i	Bedeutungsurteil
\vec{v}_{norm}	normierter Eigenvektor einer Evaluationsmatrix \underline{A}
w_j	aggregierte Bedeutungsurteile

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anzahl der veröffentlichten Warnungen vor Lebensmitteln.....	2
Abbildung 2: Unterscheidungsmatrix zu Technologien.....	4
Abbildung 3: Blockchain-Technologie-Marktgröße (weltweit) von 2018 bis 2025.....	5
Abbildung 4: Inhaltlicher Aufbau der Arbeit.....	21
Abbildung 5: Funktionsweise einer Blockchain	23
Abbildung 6: Vergleich Peer-to-Peer-Netz und Client-Server-Netz.....	25
Abbildung 7: Blockchain-Datenstruktur	27
Abbildung 8: Einordnung der Konsensmechanismen.....	29
Abbildung 9: Exemplarischer Aufbau einer Supply Chain.....	40
Abbildung 10: Strukturmodell zum Lebensmittelbereich.....	44
Abbildung 11: Rückverfolgung im Idealfall	46
Abbildung 12: Beispielhafter Problemfall der Rückverfolgbarkeit	54
Abbildung 13: Modell einer Supply Chain von Frischfleisch ohne Blockchain.....	61
Abbildung 14: Modell einer Supply Chain von Frischfleisch mit Blockchain.....	62
Abbildung 15: Prozessreihenfolge und -hierarchie.....	69
Abbildung 16: Funktionsweise von Smart Contracts.....	79
Abbildung 17: Smart Contracts an Kontrollpunkten.....	80
Abbildung 18: BPMN-Modell zum Einsatz einer Blockchain in Food Supply Chains.....	87
Abbildung 19: Zentrale und dezentrale Transaktionsmodelle	122
Abbildung 20: Ablaufmodell zur Auswahl einer besten Alternative mit Hilfe des AHP	150
Abbildung 21: Aufbau der AHP-Analyse	152
Abbildung 22: Formale Darstellung einer Evaluationsmatrix A.....	155
Abbildung 23: Formale Darstellung der normierten Evaluationsmatrix N	159
Abbildung 24: Vorgehensmodell zur Umsetzung einer Blockchain.....	178
Abbildung 25: Wachstumsphasen von Technologien.....	180

Abbildung 26: Hype Cycle für Blockchains 183

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der Desiderate	8
Tabelle 2: Gegenüberstellung der Desiderate und des State of the Art.....	13
Tabelle 3: Intendierte wissenschaftliche Ergebnisse.....	18
Tabelle 4: Vergleich der Blockchain-Typen	37
Tabelle 5: Definitionen des Begriffs Supply Chain Management	41
Tabelle 6: Mindestanforderungen an Daten für Rückverfolgbarkeit	51
Tabelle 7: relative Bedeutung zweier Elemente für das jeweils übergeordnete Element	156
Tabelle 8: Evaluationsmatrix für Kriterien in Bezug auf das Ziel Technologie zur Rückverfolgung.....	158
Tabelle 9: Evaluationsmatrix für die Subkriterien zum Kriterium Nutzen.....	158
Tabelle 10: Berechnung der relativen Bedeutungsurteile für die Kriterien aus Tabelle 8...	160
Tabelle 11: Ermittlung der aggregierten Bedeutungsurteile	161
Tabelle 12: Random Index	163
Tabelle 13: Gegenüberstellung der approximativen und exakten Bedeutungsurteile.....	166
Tabelle 14: Bewertung der Alternativen am Beispiel Robustheit der Daten	169
Tabelle 15: Prioritäten der Alternativen für das Subkriterium Robustheit der Daten.....	171
Tabelle 16: Beispiel für gewichtete Prioritäten der Alternativen.....	173
Tabelle 17: Summe der gewichteten Prioritäten für das Kriterium Nutzen	173
Tabelle 18: Summe der gewichteten Prioritäten für das Kriterium Kosten	174
Tabelle 19: Summe der gewichteten Prioritäten für das Kriterium Chancen.....	174
Tabelle 20: Summe der gewichteten Prioritäten für das Kriterium Risiken	174
Tabelle 21: Gesamtbewertung zur Auswahl der besten Rückverfolgungstechnologie.....	175
Tabelle 22: Erfüllungsgrade der intendierten wissenschaftlichen Ergebnisse	203
Tabelle 23: Ausblick auf weiteren Forschungsbedarf.....	205
Tabelle 24: Relative Bewertung für das Subkriterium Umsatzsteigerung.....	248
Tabelle 25: Relative Bewertung für das Subkriterium effizientere Geschäftsprozesse	248

Tabelle 26: Relative Bewertung für das Subkriterium Nachweisbarkeit	248
Tabelle 27: Relative Bewertung für das Subkriterium Qualitätssteigerung.....	248
Tabelle 28: Relative Bewertung für das Subkriterium Implementierung und Instandhaltung	249
Tabelle 29: Relative Bewertung für das Subkriterium Personal	249
Tabelle 30: Relative Bewertung für das Subkriterium Erfassung und Infrastruktur.....	249
Tabelle 31: Relative Bewertung für das Subkriterium Energieverbrauch	249
Tabelle 32: Relative Bewertung für das Subkriterium Ökosystem.....	249
Tabelle 33: Relative Bewertung für das Subkriterium Fördermaßnahmen.....	250
Tabelle 34: Relative Bewertung für das Subkriterium wachsende Bedeutung von Daten ..	250
Tabelle 35: Relative Bewertung für das Subkriterium Kombination mit Zukunftstechnologien	250
Tabelle 36: Relative Bewertung für das Subkriterium neue Geschäftsmodelle.....	250
Tabelle 37: Relative Bewertung für das Subkriterium neue Formen der Zusammenarbeit .	250
Tabelle 38: Relative Bedeutung für das Subkriterium Speicherung sensibler Daten	251
Tabelle 39: Relative Bedeutung für das Subkriterium Reifegrad der Technologie	251
Tabelle 40: Relative Bedeutung für das Subkriterium Organisation der Zusammenarbeit .	251
Tabelle 41: Relative Bedeutung für das Subkriterium rechtliche Bedenken	251
Tabelle 42: Relative Bedeutung für das Subkriterium mangelnde Verbreitung	251

1 Exposition

1.1 Entfaltung des Realproblems

Moderne Food Supply Chains¹ weisen eine hohe Komplexität, Breite und Globalität auf.² Fehlende Rückverfolgbarkeit³ von Lebensmitteln zählt neben der Koordination einer Vielzahl unterschiedlicher Akteure, aufwändigen und kostspieligen Datenabgleichen sowie Mängeln bei der Kühlung zu den größten Herausforderungen für das Supply Chain Management im Lebensmittelbereich.⁴

Oftmals besitzen Unternehmen nicht ausreichende Kenntnisse über die Produkte, die sie kaufen und verkaufen, um die komplexen Herausforderungen zu meistern, denen sie sich in den heutigen globalen Supply Chains stellen müssen.⁵ Dabei ist die Rückverfolgung von Lebensmitteln für das Management von Supply Chains im Lebensmittelbereich von großer Bedeutung, da beispielsweise bei einem Rückruf die Produkte schnell aus dem Verkehr genommen werden müssen und die Reputation von Unternehmen stark beschädigt werden kann.⁶ Speziell Probleme bei der Rückverfolgung nach einem Fund von Keimen in Wurstwaren des Herstellers WILKE im Jahr 2019 sorgten für Aufsehen, da bei diesem Fall mehrere Menschen ums Leben gekommen sind und das Unternehmen im Rahmen des Lebensmittelskandals insolvent wurde.⁷ Auch erlangte im Jahr 2022 ein großer Rückruf auf Grund von Salmonellen bei FERRERO negative Aufmerksamkeit.⁸ Diese Fälle weisen exemplarisch auf die Probleme bei der Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains hin. So steigt die Anzahl an veröffentlichten Warnungen vor Lebensmitteln seit einigen Jahren an (vgl. Abb. 1).⁹ Es sind weitere Schritte erforderlich, um Unternehmen mit einer Echtzeit-Rückverfolgbarkeit von Produkten innerhalb der globalen Supply Chains von Lebensmitteln auszustatten.¹⁰ Einige Unternehmen erkennen darüber hinaus den betriebswirtschaftlichen Wert der Rückverfolgbarkeit

¹ Im Rahmen der Dissertation wird für Supply Chains im Lebensmittelbereich auch der englische Begriff *Food Supply Chains* verwendet. Eine ausführliche Erläuterung von Supply Chain Management sowie Food Supply Chains und deren Besonderheiten erfolgt in Kapitel 2.2.

² Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 6.

³ Definitionen und Analysen zur Rückverfolgbarkeit von Lebensmitteln in Food Supply Chains finden sich in Kapitel 3.

⁴ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 6 ff.

⁵ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 3.

⁶ Vgl. TAN ET AL. (2018), S. 6 ff. Auch entstehen durch einen Lebensmittelrückruf hohe Kosten für Unternehmen, z. B. sind bei einem Rückruf von Produkten eines Gewürzherstellers Kosten in Höhe von 300.000 Euro entstanden. Vgl. SCHULZ (2010), o. S.

⁷ Vgl. NEUMANN (2019), o. S.; TERPITZ (2019), o. S.

⁸ Vgl. MARQUART ET AL. (2022), o. S.

⁹ Vgl. BVL (2021), o. S.; HIELSCHER (2020), o. S.

¹⁰ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 3.

beispielsweise im Hinblick auf Effizienz, Kosteneinsparungen und die Erzielung von Produktprämien auf dem Markt.¹

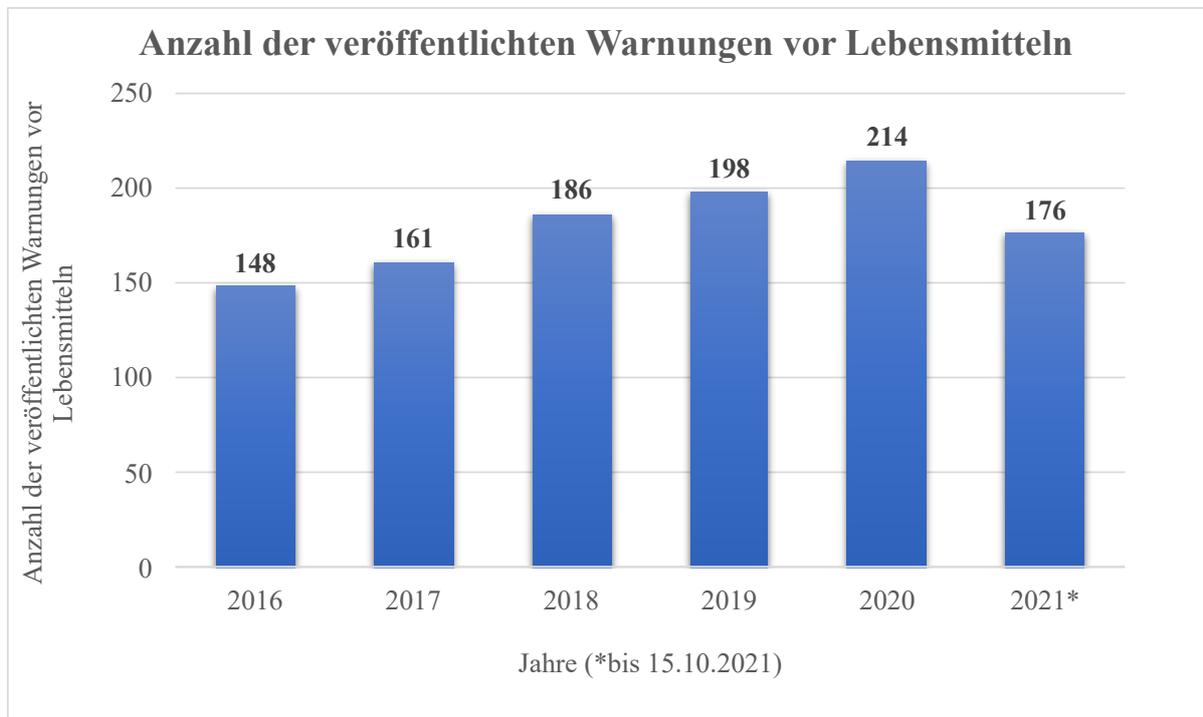


Abbildung 1: Anzahl der veröffentlichten Warnungen vor Lebensmitteln²

Die Blockchain-Technologie, eine Art der *Distributed-Ledger-Technologie* (DLT)³, könnte Unternehmen bei der Rückverfolgung helfen.⁴ Die Blockchain-Technologie kann in einem nicht vertrauenswürdigen Umfeld eine nachverfolgbare, unveränderliche und dezentrale Speicherung von Informationen ermöglichen.⁵ Eine Blockchain besteht in der Regel aus einem Netzwerk von verteilten Rechnern⁶, das nicht zentral verwaltet wird, sondern innerhalb einer Blockchain werden Transaktionen von allen Teilnehmern des Netzwerks gemeinsam verwaltet.⁷ Durch die kryptographische Verknüpfung von Transaktionen mit früheren Transaktionen wird die Unveränderbarkeit der Daten sichergestellt, sodass eine Manipulation der Daten nahezu unmöglich wird.⁸ Auch lassen sich Transaktionen bis zum Beginn der Blockchain

¹ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 3.

² Eigene Darstellung in Anlehnung an BVL (2021), o. S. Im Vergleich zur Originaldarstellung werden nur die auf lebensmittelwarnung.de veröffentlichten Lebensmittelwarnungen im Zeitraum von 2016 bis 15.10.2021 abgebildet.

³ Eine ausführliche Vorstellung des Konzepts der Blockchain-Technologie und eine Erläuterung wichtiger Begriffe erfolgen in Kapitel 2.1.

⁴ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 3.

⁵ Vgl. ENGELSCHALL (2019), S. 205.

⁶ Die Begriffe *Rechner* und *Computer* werden im Rahmen der Dissertation synonym verwendet.

⁷ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 7.

⁸ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 7. Dennoch treten Fälle von Diebstahl von Kryptowährung in Millionenhöhe auf. Vgl. BRORS (2018), o. S.

zurückverfolgen.¹ Die Technologie könnte somit über das Potenzial verfügen, das Management von Transaktionen in Supply Chains zu verbessern, indem die Nachvollziehbarkeit und Verlässlichkeit von Transaktionsinformationen zwischen den beteiligten Parteien gewährleistet wird.² Eine Blockchain kann darüber hinaus so programmiert werden, dass Transaktionen automatisch ausgelöst werden.³

Die Blockchain-Technologie gilt als eine Schlüsseltechnologie und wichtiger Treiber für die nächste Digitalisierungswelle.⁴ Wissenschaftler⁵ und Experten aus der Praxis schätzen das Disruptionspotenzial der Blockchain-Technologie als hoch ein.⁶ Die zunehmende Bedeutung der Blockchain-Technologie zeigt sich auch darin, dass die Bundesregierung die Potenziale der Technologie als hoch einschätzt und eine Blockchain-Strategie verabschiedet hat, um die Potenziale der Technologie zu mobilisieren.⁷ Auch Unternehmen im Lebensmittelbereich testen die Blockchain-Technologie bereits für den Einsatz zur Rückverfolgung von Lebensmitteln.⁸ Die Anwendung der Blockchain-Technologie kann ein sehr attraktives Instrument sein, um ganzheitliche Lösungen für viele der Probleme zu entwickeln, die in den Food Supply Chains auftreten.⁹ Die Blockchain-Technologie verspricht, das Potenzial von Supply Chains unter anderem dadurch zu verbessern, dass sich die Rückverfolgbarkeit von Produkten und die Koordination zwischen Partnern optimieren lässt.¹⁰

Die Suche nach existierenden oder sich entwickelnden Anwendungsfällen, in denen sich die Blockchain-Technologie sinnvoll nutzen lässt, deutet bereits auf einen grundlegenden Unterschied zwischen normalen und disruptiven Technologien hin (vgl. Abbildung 2).¹¹ Im Falle von „normalen“ Innovationen existieren in der Regel bereits die Anwendungsfälle und es erfolgt die Suche nach einer passenden Technologie für deren Umsetzung.¹² Bei disruptiven Innovationen ist hingegen die Technologie in der Regel bereits bekannt, jedoch muss zunächst der sinnvolle Einsatz der Technologie analysiert werden.¹³

¹ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 7.

² Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 3 f.

³ Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S.

⁴ Vgl. LEWRICK/DI GIORGIO (2018), S. 15.

⁵ Zur besseren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Dissertation das generische Maskulinum verwendet.

⁶ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 141.

⁷ Vgl. BMWK (2019), o. S.

⁸ Vgl. CHRISTIANSEN (2019), S. 29; GAUR/GAIHA (2020), o. S.; VON BLAZEKOVIC (2019), o. S.

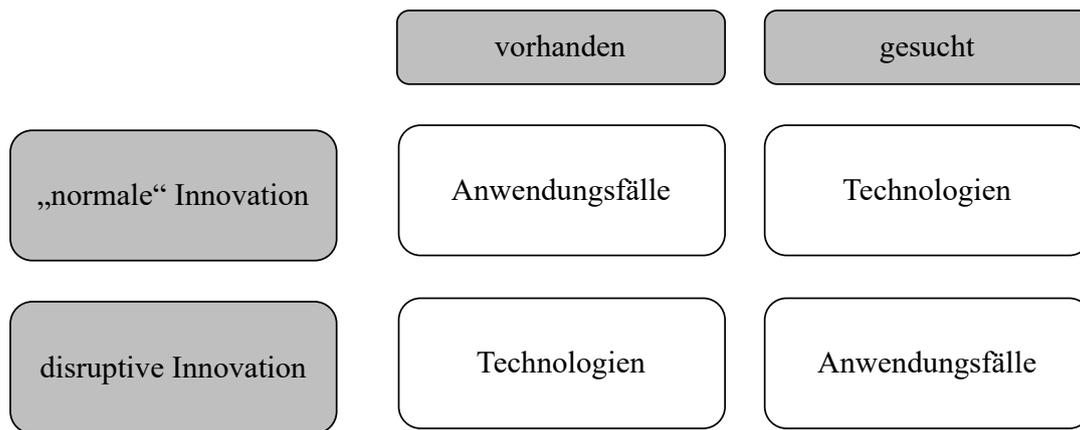
⁹ Vgl. KATSIKOULI ET AL. (2021), S. 2177.

¹⁰ Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S.

¹¹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 88.

¹² Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 89.

¹³ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 89.

Abbildung 2: Unterscheidungsmatrix zu Technologien¹

Der Blockchain-Technologie wird allgemein ein großes ökonomisches² Potenzial zugeschrieben, was sich auch darin zeigt, dass Unternehmen schon zu einem frühen Zeitpunkt hohe Summen investiert haben.³ Bereits im Jahr 2017 wurden gemäß Zahlen des Marktforschungsunternehmens IDC weltweit etwa 950 Millionen US-Dollar in die Technologie investiert und im darauffolgenden Jahr etwa 1,5 Milliarden US-Dollar.⁴ Die Einschätzungen der zukünftig zu erwartenden Marktvolumen divergieren allerdings noch stark.⁵ Das Marktforschungsinstitut TRACTICA schätzt das weltweite Marktvolumen von DLT im Jahr 2025 auf 20,3 Milliarden US-Dollar, während WINTERGREEN RESEARCH bereits für das Jahr 2024 ein Marktvolumen von 60 Milliarden US-Dollar prognostiziert.⁶ Auch von STATISTA (2022) wird ein starkes Wachstum der weltweiten Marktgröße der Blockchain-Technologie in den kommenden Jahren prognostiziert (vgl. Abb. 3).⁷

¹ Eigene Darstellung in Anlehnung an FRIDGEN ET AL. (2019), S. 89.

² Die Begriffe *ökonomisch* und *betriebswirtschaftlich* werden im Rahmen der Untersuchung der betriebswirtschaftlichen Potenziale der Blockchain-Technologie synonym verwendet.

³ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 4.

⁴ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 4.

⁵ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 4.

⁶ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 4.

⁷ Vgl. STATISTA (2022), o. S.

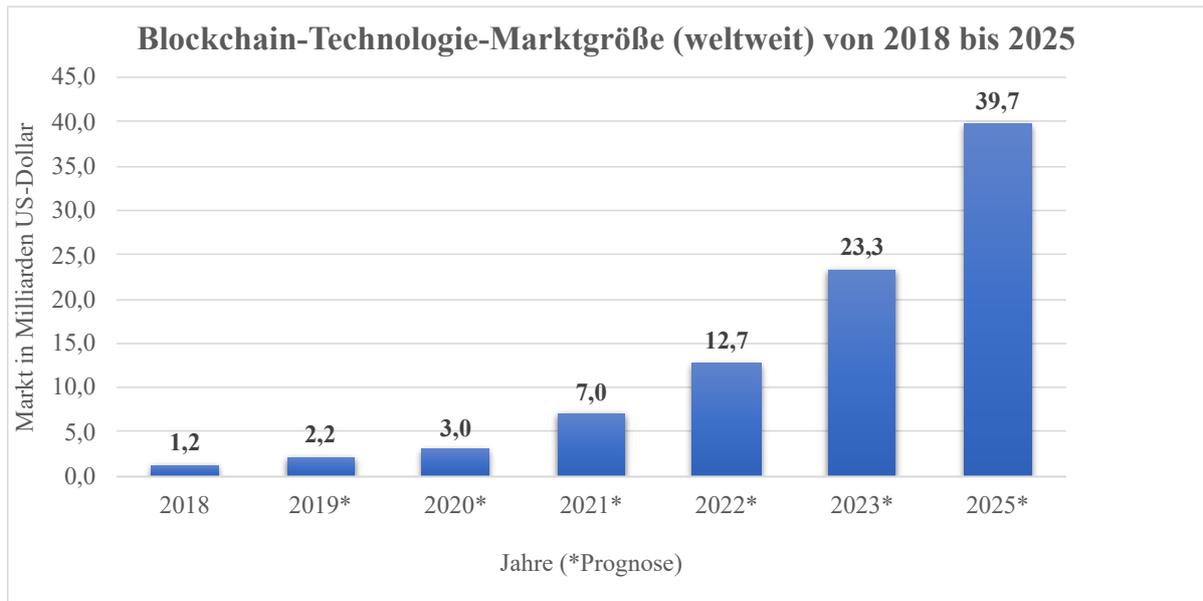


Abbildung 3: Blockchain-Technologie-Marktgröße (weltweit) von 2018 bis 2025¹

Zwar wird der Blockchain-Technologie ein hohes ökonomisches Potenzial zugeschrieben, jedoch lässt sich die tatsächliche Validität solcher Schätzungen aufgrund der Neuartigkeit der Blockchain-Technologie, ihrer schnellen Weiterentwicklung sowie der fehlenden Vergleichbarkeit mit bisherigen Entwicklungen nur schwer überprüfen.² Auch ist zu beachten, dass die Blockchain-Technologie zwar ein Disruptionspotenzial verspricht, jedoch sind der aktuelle Reifegrad der Technologie und damit verbundene Herausforderungen kritisch zu betrachten.³ Zu diesen Herausforderungen zählen unter anderem ein Mangel an Standardisierung und an gesetzlichen Rahmenbedingungen.⁴ Die Technologie ist zudem noch nicht ausgereift, sodass sich ein klares Erfolgsrezept bislang nicht herauskristallisiert hat und ein Markt erst noch entwickeln muss.⁵ Es scheint möglich, dass die Blockchain-Technologie letztlich nur eine Nischentechnologie darstellt, falls das disruptive Potenzial der Blockchain-Technologie deutlich überschätzt wurde und bestehende Herausforderungen der Technologie nicht gelöst werden können.⁶

¹ Eigene Darstellung in Anlehnung an STATISTA (2022), o. S.

² Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 57.

³ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 145. Eine ausführliche Analyse der Chancen und Risiken sowie der Nutzen und Kosten erfolgt in Kapitel 5.1.

⁴ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 140.

⁵ Vgl. CARSON ET AL. (2018), o. S.

⁶ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 90; ENGELSCHALL (2019), S. 209 f. So geht ENGELSCHALL (2019) davon aus, dass die Blockchain-Technologie zu keinen grundlegenden Veränderungen im Vergleich zu bestehenden Online-Datenbanken führen wird, da die Blockchain-Technologie im Wesentlichen nur eine verteilte Datenstruktur mit dazugehörigem Zugriffsprotokoll ist. Vgl. ENGELSCHALL (2019), S. 210.

Es erscheint somit sinnvoll, dass auch Unternehmen frühzeitig die Möglichkeiten der Technologie evaluieren.¹ Ein unstrukturiertes Experimentieren mit Blockchain-Lösungen ohne strategische Bewertung des Wertes kann beim aktuellen Stand dazu führen, dass viele Unternehmen keinen Ertrag aus ihren Investitionen erzielen werden.² Unternehmen müssen daher bestimmen, ob die Investition in eine Blockchain-Lösung betriebswirtschaftlich sinnvoll ist.³ Wird die Relevanz einer Technologie für Unternehmen nicht schnell genug erkannt und auf die entsprechenden Technologien gesetzt, kann dies zu einer Bedrohung für das Unternehmen werden.⁴ Wettbewerber könnten dann die Lücke zwischen der Bereitschaft für Veränderungen und den tatsächlichen Handlungsmöglichkeiten ausnutzen, indem sie ihr eigenes Geschäftsmodell besser an den neuen Handlungsmöglichkeiten ausrichten.⁵ Allerdings besteht auch die Gefahr, dass Unternehmen aufgrund noch unzureichender Kenntnisse über die Potenziale der Blockchain-Technologie Zeit und Geld fehlinvestieren.

Die richtige Einschätzung der Potenziale der Blockchain-Technologie für das Supply Chain Management im Lebensmittelbereich aus betriebswirtschaftlicher Perspektive stellt demnach ein bedeutendes Realproblem dar. Es ist für Unternehmen im Lebensmittelbereich von Bedeutung, die Geschäftsprozessinnovationen, Kosten und Nutzen sowie Chancen und Risiken zu kennen, die sich durch die Blockchain-Technologie für Food Supply Chains ergeben. Letztlich ist die Ernährungsindustrie⁶ ein Industriezweig mit einer hohen wirtschaftlichen Relevanz.⁷

¹ Vgl. IANSITI/LAKHANI (2017), o. S.

² Vgl. CARSON ET AL. (2018), o. S.

³ Vgl. CARSON ET AL. (2018), o. S.

⁴ Vgl. KREUTZER (2017), S. 45.

⁵ Vgl. KREUTZER (2017), S. 42.

⁶ Die Begriffe *Ernährungsindustrie*, *Ernährungsbranche* und *Lebensmittelbranche* werden im Rahmen der Dissertation synonym verwendet.

⁷ Vgl. BVE (o. J.), S. 25. Die wirtschaftliche Bedeutung der Ernährungsbranche zeigt sich unter anderem darin, dass allein im Jahr 2020 ein Umsatz von 185,3 Mrd. Euro erwirtschaftet wurde. Vgl. BVE (o. J.), S. 25.

1.2 Erläuterung der Desiderate

Aufgrund des starken Interesses von Unternehmen aus dem Lebensmittelbereich an der Blockchain-Technologie zur Rückverfolgung von Lebensmitteln ist eine kritische Analyse der Potenziale der Blockchain-Technologie aus betriebswirtschaftlicher Perspektive wünschenswert.

Voraussetzung hierzu ist, dass eine Analyse der Blockchain-Technologie erfolgt, um ein technologiebezogenes Verständnis über die Einsatzmöglichkeiten der Blockchain-Technologie für die Rückverfolgung von Lebensmitteln zu erlangen sowie über die Eignung der unterschiedlichen Blockchain-Typen für den Einsatz in Food Supply Chains (*Technologiesdesiderat*).

Darüber hinaus sind eine Analyse bestehender Geschäftsprozesse in Supply Chains im Lebensmittelbereich zur Rückverfolgung von Lebensmitteln sowie eine darauf aufbauende Analyse von Geschäftsprozessinnovationen¹ hinsichtlich Gestaltungsmöglichkeiten und Herausforderungen durch den Einsatz der Blockchain-Technologie zur Rückverfolgung von Lebensmitteln wünschenswert (*Prozessinnovationsdesiderat*).

Neue Technologien sind für Unternehmen insbesondere dann attraktiv, wenn sie einen quantifizierbaren Nutzen ermöglichen, z. B. durch reduzierte Kosten.² Daher ist eine Analyse von Kosten- und Nutzenaspekten in Bezug auf den Einsatz einer Blockchain zur Rückverfolgung von Lebensmitteln betriebswirtschaftlich sinnvoll. Auch sind Chancen und Risiken zu beachten, die durch den Einsatz der Blockchain-Technologie im Lebensmittelbereich für Unternehmen entstehen können, um angesichts der Neuigkeit der Blockchain-Technologie ihre Auswirkungen aus der Perspektive von Unsicherheit einzuschätzen. Dementsprechend ist eine Analyse wünschenswert, die die Blockchain-Technologie hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Unsicherheit betrachtet, indem sowohl Nutzen und Kosten als auch Chancen und Risiken betrachtet werden (*BOCR-Desiderat*)³.

Wünschenswert ist außerdem ein Verfahren zur Bewertung der betriebswirtschaftlichen Potenziale von Blockchains anhand mehrerer Kriterien, z. B. Nutzen, Kosten, Chancen und Risiken (*Bewertungsdesiderat*).

Schließlich ist das Herausarbeiten konkreter Empfehlungen für die Implementierung der Blockchain-Technologie in Food Supply Chains im Hinblick auf die Rückverfolgung von Lebensmitteln in einem Vorgehensmodell wünschenswert (*Implementierungsdesiderat*).

¹ Die Begriffe *Prozessinnovation* und *Geschäftsprozessinnovation* werden im Kontext der Analyse der Verbesserungsmöglichkeiten von Prozessen zur Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains durch den Einsatz der Blockchain-Technologie synonym verwendet.

² Vgl. SEAGER ET AL. (2007), S. 1045.

³ Eine Erläuterung des Akronyms *BOCR* erfolgt in Kapitel 5.1.1.

Zusammenfassend ergeben sich die folgenden fünf Desiderate (vgl. Tabelle 1):

Desiderate	Beschreibung der Desiderate
Technologiedesiderat	Analyse der Blockchain-Technologie im Hinblick auf Einsatzmöglichkeiten von Blockchains für die Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains sowie eine Einschätzung der Eignung unterschiedlicher Blockchain-Typen
Prozessinnovationsdesiderat	Analyse der betriebswirtschaftlichen Potenziale der Blockchain-Technologie im Hinblick auf Geschäftsprozessinnovation, um Gestaltungsmöglichkeiten und Herausforderungen bei dem Einsatz von Blockchains zur Rückverfolgung von Lebensmitteln zu erkennen
BOCR-Desiderat	Analyse der Kosten und Nutzen sowie Chancen und Risiken für Unternehmen in Food Supply Chains durch den Einsatz von Blockchains für die Rückverfolgung von Lebensmitteln
Bewertungsdesiderat	Ermitteln eines mehrkriteriellen Verfahrens zur Bewertung betriebswirtschaftlicher Potenziale der Blockchain-Technologie für die Rückverfolgung von Lebensmitteln
Implementierungsdesiderat	Ermitteln von einem Vorgehensmodell und von Handlungsempfehlungen für die Implementierung einer Blockchain in Food Supply Chains für die Rückverfolgung von Lebensmitteln

Tabelle 1: Übersicht der Desiderate¹

¹ Eigene Tabelle.

1.3 Überblick über den wissenschaftlichen State of the Art

Eine Analyse der einschlägigen Fachliteratur ergibt, dass die Blockchain-Technologie bezüglich der Rückverfolgung von Lebensmitteln bereits in Publikationen untersucht wurde.¹

So findet sich im Hinblick auf das *Technologies desiderat* eine Reihe an Publikationen über die grundlegenden Merkmale der Blockchain-Technologie, z. B. MEINEL/GAYVORONSKAYA (2020).² Auch bieten BERGHOFF ET AL. (2019) in ihrer Publikation einen umfangreichen Überblick über die Grundlagen der Blockchain-Technologie und untersuchen diese insbesondere im Kontext der Informationssicherheit.³ Zudem haben SCHÜTTE ET AL. (2017) Blockchains und Smart Contracts hinsichtlich der Grundzüge der Technologien sowie Anwendungsmöglichkeiten analysiert.⁴ In diesen Publikationen fehlen allerdings unter anderem eine gezielte Betrachtung der betriebswirtschaftlichen Potenziale von Blockchains für die Rückverfolgung von Lebensmitteln für das Supply Chain Management im Lebensmittelbereich und ein Ansatz zur Bewertung der betriebswirtschaftlichen Potenziale. Darüber hinaus existieren Publikationen zur Blockchain-Technologie, die die Einsatzmöglichkeiten zur Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains betrachten. Zum Beispiel wurden in den Publikationen von TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018) und TAN ET AL. (2018) Food Supply Chains im Hinblick auf Einsatzmöglichkeiten der Blockchain-Technologie untersucht.⁵ Allerdings befassen sich diese Publikationen nicht mit einer Betrachtung der Eignung verschiedener Blockchain-Typen für die Rückverfolgung von Lebensmitteln und bieten unter anderem keinen Ansatz zur Bewertung von Blockchains gegenüber anderen Alternativen zur Rückverfolgung. OLSEN ET AL. (2019) untersuchen zwar sowohl die Rückverfolgung von Lebensmitteln mit Blockchains als auch Unterschiede zwischen verschiedenen Blockchain-Typen, jedoch fehlt eine ausführliche Analyse über die Eignung von Blockchain-Typen für die Rückverfolgung von Lebensmitteln.⁶

¹ Eine Analyse der einschlägigen Fachliteratur erfolgte in verschiedenen Bibliothekskatalogen und den Datenbanken Business Source Premier und EconLit. Gesucht wurde nach Stichworten wie *Blockchain*, *Blockchain-Technologie*, *Supply Chain Management*, *Nutzen*, *Kosten*, *Geschäftsprozessinnovationen*, *Chancen* und *Risiken* sowie nach Kombinationen der Begriffe und ihren englischen Äquivalenten. Ein Ausschnitt der Fachliteratur, die sich bereits mit der Blockchain-Technologie befasst hat: siehe u. a. ATLAM ET AL. (2018), S. 40 ff.; BURGWINDEL (2016), S. 3 ff.; FILL ET AL. (2020), S. 3 ff.; IAN-SITI/LAKHANI (2017), o. S.; KATSIKOULI ET AL. (2021), S. 2175 ff.; XU ET AL. (2019), S. 399 ff.

² Vgl. MEINEL/GAYVORONSKAYA (2020), S. 5 ff.

³ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 9 ff.

⁴ Vgl. SCHÜTTE ET AL. (2017), S. 8 ff.

⁵ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 1 ff.; TAN ET AL. (2018), S. 6 ff.; TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 1 ff.

⁶ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 1 ff.

In der Literatur finden sich in Bezug auf das *Prozessinnovationsdesiderat* außerdem Publikationen, die den Einsatz von Blockchains für die Gestaltung von Geschäftsprozessen behandeln. Unter anderem wurde von MILANI ET AL. (2021) die Modellierung von Gesprächsprozessen auf Basis der Blockchain-Technologie mit Hilfe der graphischem Spezifikationssprache *Business Process Model and Notation* (BPMN) untersucht.¹ Ferner wurde von DI CICCIO ET AL. (2019) der Einsatz von Blockchains im Hinblick auf Geschäftsprozesse erforscht.² Die betrachteten Ansätze analysierten jedoch nicht die Gestaltungsmöglichkeiten und Herausforderungen bei dem Einsatz von Blockchains in Bezug auf das Innovieren von Prozessen zur Rückverfolgung von Lebensmitteln mit Hilfe von BPMN-Modellen. FUCHS/GOUDZ (2020) befassten sich mit der Analyse von Blockchains als Lösung für Rückverfolgung und Transparenz, indem sowohl Vor- und Nachteile der Technologie als auch die Optimierung von Geschäftsprozessen durch die Implementierung einer Blockchain untersucht wurden.³ Allerdings standen bei dieser Untersuchung weder die Rückverfolgung im Rahmen des Supply Chain Managements im Lebensmittelbereich noch konkrete Handlungsempfehlungen zur Implementierung einer Blockchain im Fokus.

In der Literatur finden sich im Hinblick auf das *BOCR-Desiderat* zudem diverse Publikationen, die eine Analyse der Nutzen und Kosten von Blockchain-Lösungen behandeln. FORRESTER (2018) untersuchen Nutzen und Kosten einer Blockchain.⁴ Zwar bietet diese Publikation einen Ansatz zur Quantifizierung der Nutzen und Kosten, jedoch wurde nicht der Einsatz einer Blockchain für die Rückverfolgung von Lebensmitteln betrachtet. In den Beiträgen von SABERI ET AL. (2019) und KARAMCHANDANI ET AL. (2021) wird der Einsatz einer Blockchain zur Verbesserung des Supply Chain Managements und der Rentabilität von Unternehmen untersucht.⁵ Auch finden sich in der Literatur Publikationen, die die Chancen und Risiken der Blockchain-Technologie als Thema haben, z. B. wurden von FRIDGEN ET AL. (2019) Chancen und Herausforderungen der Blockchain-Technologie mit Fokus auf Mobilität und Logistik behandelt.⁶ In der Publikation von ROECK ET AL. (2020) wurden mögliche Vorteile durch den Einsatz von Blockchains in Supply Chains im Kontext der Reduzierung von Transaktionskosten analysiert.⁷ Von NIRANJANAMURTHY ET AL. (2019) wurden Nutzen,

¹ Vgl. MILANI ET AL. (2021), S. 638 ff.

² Vgl. DI CICCIO ET AL. (2019), S. 182 ff.

³ Vgl. FUCHS/GOUDZ (2020), S. 449 ff.

⁴ Vgl. FORRESTER (2018), S. 4 ff.

⁵ Vgl. KARAMCHANDANI ET AL. (2021), S. 3398 ff.; SABERI ET AL. (2019), S. 2117 ff.

⁶ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 25 ff.

⁷ Vgl. ROECK ET AL. (2020), S. 2124 ff.

Kosten, Chancen und Risiken der Blockchain-Technologie untersucht.¹ Allerdings erfolgt bei diesen Publikationen eine Analyse nicht im Hinblick auf die Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains. Die Herausforderungen und Chancen von Blockchains wurden zudem von ZHENG ET AL. (2018) untersucht, jedoch erfolgte auch diese Untersuchung nicht im Hinblick auf die Rückverfolgung von Lebensmitteln.²

In der Literatur existieren hinsichtlich des *Bewertungsdesiderats* zudem Publikationen zur Verwendung von Verfahren für die Bewertung betriebswirtschaftlicher Potenziale von Alternativen, indem diese in Bezug auf die Kriterien Nutzen, Kosten, Chancen und Risiken eingeschätzt werden.³ Auch finden sich einige Publikationen, die mehrkriterielle Entscheidungsverfahren zur Bewertung von Technologien einsetzen, z. B. AGRAWAL ET AL. (1991).⁴ Darüber hinaus finden sich Einschätzungen, bei denen die Blockchain-Technologie mit anderen Technologien verglichen wird.⁵ Dennoch fehlt bislang ein Ansatz, der sich mit der Bewertung der betriebswirtschaftlichen Potenziale der Blockchain-Technologie für das Supply Chain Management im Lebensmittelbereich im Hinblick auf die Rückverfolgung von Lebensmitteln mit Hilfe von mehrkriteriellen Entscheidungsverfahren befasst.

Letztlich finden sich zum *Implementierungsdesiderat* in der Literatur zudem Publikationen, die sich mit der Implementierung einer Blockchain und Handlungsempfehlungen befassen, z. B. JENSEN ET AL. (2019) und WERNER ET AL. (2020).⁶ BEINKE ET AL. (2020) behandeln in ihrem Beitrag die Blockchain-Technologie im Hinblick auf Chancen, Herausforderungen sowie Handlungsempfehlungen und zeigen ein Modell zum Vorgehen für eine Implementierung.⁷ Allerdings erfolgt in diesen Beiträgen keine Betrachtung der Implementierung einer Blockchain für die Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains.

¹ Vgl. NIRANJANAMURTHY ET AL. (2019), S. 14750 ff.

² Vgl. ZHENG ET AL. (2018), S. 352 ff.

³ Zum Beispiel WIJNMALEN (2007), S. 892 ff. und ERGU/PENG (2014), S. 219 ff.

⁴ Vgl. AGRAWAL ET AL. (1991), S. 1629 ff.

⁵ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 15 ff.; OLSEN ET AL. (2019), S. 22 ff.

⁶ Vgl. JENSEN ET AL. (2019), S. 221 ff.; WERNER ET AL. (2020), S. 21 ff.

⁷ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 135 ff.

1.4 Spezifizierung der wissenschaftlichen Problemstellung

In der Fachliteratur findet sich demnach bereits eine Vielzahl an Publikationen, die sich mit der Analyse der Potenziale der Blockchain-Technologie befassen und zudem vielversprechende Ideen für die Anwendung der Blockchain-Technologie für das Supply Chain Management aufzeigen. Dennoch findet sich derzeit noch kein ganzheitlicher Ansatz, der die betriebswirtschaftlichen Potenziale der Blockchain-Technologie für die Rückverfolgung von Lebensmitteln umfassend im Hinblick auf Nutzen, Kosten, Chancen und Risiken sowie hinsichtlich Eignung von Blockchain-Typen und Geschäftsprozessinnovation analysiert. Zudem fehlt eine Publikation, die über die Analyse der betriebswirtschaftlichen Potenziale hinaus auch einen Ansatz für die Bewertung betriebswirtschaftlicher Potenziale sowie ein Vorgehensmodell und konkrete Handlungsempfehlungen für Unternehmen in Food Supply Chains zum Einsatz von Blockchains zur Rückverfolgung bietet. Daraus ergibt sich als wissenschaftliche Problemstellung ein wissenschaftliches Gesamtproblem, das sich in fünf wissenschaftliche Teilprobleme unterteilen lässt, die sich aus der Diskrepanz zwischen den Desideraten und dem State of the Art ergeben (vgl. Tabelle 2).

Desiderate	Beschreibung der Desiderate	State of the Art
Technologiesdesiderat	Analyse der Blockchain-Technologie im Hinblick auf Einsatzmöglichkeiten von Blockchains für die Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains sowie Einschätzung der Eignung unterschiedlicher Blockchain-Typen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Großes Interesse an Blockchain-Technologie ▪ Viel Literatur über das grundlegende Konzept der Blockchain-Technologie vorhanden ▪ Literatur über den Einsatz von Blockchains zur Rückverfolgung von Lebensmitteln vorhanden ▪ Mangel an Literatur mit einer Einschätzung über die Eignung verschiedener Blockchain-Typen für die Rückverfolgung von Lebensmitteln
Prozessinnovationsdesiderat	Analyse der betriebswirtschaftlichen Potenziale der Blockchain-Technologie im Hinblick auf Geschäftsprozessinnovation, um Gestaltungsmöglichkeiten und Herausforderungen bei dem Einsatz von Blockchains zur Rückverfolgung von Lebensmitteln zu erkennen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Analysen über die Gestaltung von Geschäftsprozessen mit Hilfe von Blockchains vorhanden ▪ BPMN-Modelle über die Verbesserung von Geschäftsprozessen mit Hilfe der Blockchain-Technologie vorhanden ▪ Mangel an Literatur über Gestaltungsmöglichkeiten und Herausforderungen hinsichtlich Geschäftsprozessinnovation durch den Einsatz von Blockchains zur Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains ▪ Fehlen von BPMN-Modellen zu Anwendungsfällen bei der Rückverfolgung von Lebensmitteln
BOCR-Desiderat	Analyse der Kosten und Nutzen sowie Chancen und Risiken für Unternehmen in Food Supply Chains durch den Einsatz von Blockchains für die Rückverfolgung von Lebensmitteln	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Analysen zur Wirtschaftlichkeit von Blockchains vorhanden ▪ Analysen zu Chancen und Risiken von Blockchains vorhanden ▪ Fehlen von Analysen, die sowohl Nutzen und Kosten als auch Chancen und Risiken von Blockchains im Hinblick auf die Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains untersuchen
Bewertungsdesiderat	Ermitteln eines mehrkriteriellen Verfahrens zur Bewertung betriebswirtschaftlicher Potenziale der Blockchain-Technologie für die Rückverfolgung von Lebensmitteln	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Literatur über die Bewertung von Blockchains im Vergleich zu anderen Technologien vorhanden ▪ Literatur über die Bewertung von Technologien auf Basis von mehrkriteriellen Verfahren vorhanden ▪ Mangel an Literatur über mehrkriterielle Verfahren zur Bewertung der betriebswirtschaftlichen Potenziale von Blockchains für die Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains
Implementierungsdesiderat	Ermitteln eines Vorgehensmodells sowie Handlungsempfehlungen für die Implementierung einer Blockchain in Food Supply Chains für die Rückverfolgung von Lebensmitteln	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Literatur mit Handlungsempfehlungen zur Implementierung einer Blockchain vorhanden ▪ Vorgehensmodelle zur Implementierung einer Blockchain verfügbar ▪ Mangel an Literatur mit Vorgehensmodell und Handlungsempfehlungen zur Implementierung einer Blockchain für die Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains

Tabelle 2: Gegenüberstellung der Desiderate und des State of the Art¹

So besteht eine Diskrepanz zwischen dem *Technologiesdesiderat* und dem State of the Art, da es an einer Analyse der Eignung verschiedener Blockchain-Typen für die Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains mangelt (*Technologieproblem*).

Darüber hinaus ist eine Diskrepanz zwischen dem *Prozessinnovationsdesiderat* und dem State of the Art erkennbar, da noch eine Analyse der Gestaltungsmöglichkeiten und Herausforderungen in Bezug auf Geschäftsprozessinnovationen bei der Rückverfolgung von Lebensmitteln auf Basis der Blockchain-Technologie fehlt. Zudem fehlt ein BPMN-Modell

¹ Eigene Tabelle.

zur Gestaltung von Geschäftsprozessen im Hinblick auf den Einsatz einer Blockchain zur Rückverfolgung von Lebensmitteln bei einem konkreten Anwendungsfall (*Prozessinnovationsproblem*).

Auch findet sich derzeit noch kein Ansatz, der die betriebswirtschaftlichen Potenziale der Blockchain-Technologie für die Rückverfolgung von Lebensmitteln umfassend im Hinblick auf Nutzen, Kosten, Chancen und Risiken analysiert (*BOCR-Problem*).

Darüber hinaus zeigt sich eine Diskrepanz zwischen dem *Bewertungsdesiderat* und dem State of the Art. So fehlen Publikationen, die ein mehrkriterielles Verfahren für die Bewertung betriebswirtschaftlicher Potenziale behandeln (*Bewertungsproblem*).

Außerdem mangelt es an einem Vorgehensmodell und konkreten Handlungsempfehlungen für die Implementierung einer Blockchain zur Rückverfolgung von Lebensmitteln für Unternehmen in Food Supply Chains (*Implementierungsproblem*).

1.5 Beschreibung der wissenschaftlichen Arbeitstechniken

Zur Lösung der zuvor spezifizierten wissenschaftlichen Problemstellung werden in der vorliegenden Dissertation mehrere wissenschaftliche Arbeitstechniken angewandt, die an dieser Stelle näher vorgestellt werden.

Zu den angewandten wissenschaftlichen Arbeitstechniken zählen eine *Literaturrecherche* sowie *Experteninterviews*.

Im Rahmen der umfassenden *Literaturrecherche*¹ standen sowohl wissenschaftliche Veröffentlichungen als auch Studien sowie Publikationen in Fachzeitschriften im Fokus. Die Recherche nach Literatur wurde insbesondere durchgeführt, um ein besseres Verständnis über das Supply Chain Management im Lebensmittelbereich und die betriebswirtschaftlichen Potenziale der Blockchain-Technologie für eine detaillierte Analyse zu erlangen sowie Handlungsempfehlungen für Unternehmen ableiten zu können.

Die *Experteninterviews* wurden im Juli 2019 und Februar 2021 als halbstandardisierte Interviews durchgeführt. Bei der Durchführung von halbstandardisierten Interviews werden zwar feste Fragenblöcke verwendet, jedoch werden die Fragen weder in einer fest vorgegebenen Reihenfolge abgefragt noch wortwörtlich vorgelesen, sodass flexibler auf Antworten reagiert werden kann.² Für die Interviews wurde daher im Vorfeld zunächst ein Fragebogen entwickelt, der den Gewinn von Informationen für die Analyse der betriebswirtschaftlichen Potenziale der Blockchain-Technologie zur Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains ermöglicht. Die Auswahl der Experten erfolgte entsprechend des Ziels der Erhebung, sodass Experten ausgewählt wurden, die sich sowohl mit der Rückverfolgung von Lebensmitteln als auch mit der Blockchain-Technologie befasst haben. In den Interviews wurden diese Experten unter anderem gezielt zur Rückverfolgung von Lebensmitteln befragt sowie nach kritischen Prozessen, die sich durch die Blockchain-Technologie optimieren lassen könnten. Die Experteninterviews wurden direkt nach der Durchführung verschriftlicht. Bei der Verschriftlichung der Interviews wurde zugunsten einer besseren Lesbarkeit und eines besseren Verständnisses

¹ Vgl. hierzu Fußnote 1 von Seite 9.

² Vgl. SCHMIDT (2014), S. 204. Es existieren neben halb-standardisierten Interviews weitere Möglichkeiten zur Gestaltung eines Interviews. Interviews können auch komplett standardisiert oder nicht-standardisiert durchgeführt werden. Bei einem standardisierten Interview werden die Fragen wortwörtlich und in einer bestimmten Reihenfolge vorgelesen sowie Antwortmöglichkeiten im Voraus ganz oder teilweise festgelegt. Bei nicht-standardisierten Interviews wird in der Regel lediglich ein stichwortartiger Leitfaden als Gedächtnisstütze verwendet. Reihenfolge und Formulierung der Fragen sind bei nicht-standardisierten Interviews nicht vorgegeben und neue Fragen können aufgenommen werden. Vgl. SCHMIDT (2014), S. 204.

der Kernaussagen über die Potenziale der Blockchain-Technologie auf eine wortwörtliche Transkription verzichtet.

Darüber hinaus wird das komplexe Entscheidungsverfahren *Analytic Hierarchy Process* (AHP) als mathematischer Ansatz zur Lösung von Entscheidungsproblemen und als Verfahren für die Bewertung der betriebswirtschaftlichen Potenziale von Blockchain für die Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains ausführlich beschrieben sowie exemplarisch angewandt, um eine Möglichkeit zur mehrkriteriellen Bewertung der betriebswirtschaftlichen Potenziale von Blockchains aufzuzeigen.

Außerdem wurde zur Darstellung und Analyse von Geschäftsprozessen in Food Supply Chains die graphische Spezifikationsprache *Business Process Model and Notation* (BPMN) verwendet, um Modelle von Geschäftsprozessen zu erstellen und Gestaltungsmöglichkeiten durch Blockchains abzubilden. Die Modellierung wird hierfür mit Hilfe der Open Source Software *Camunda Modeler* in der Version 4.9 aus dem Jahr 2021 durchgeführt.¹

¹ Vgl. CAMUNDA (2021), o. S.

1.6 Spezifizierung der intendierten wissenschaftlichen Ergebnisse

Im Wesentlichen soll die Dissertation ein wissenschaftliches Ergebnis für das zuvor in Kapitel 1.4 spezifizierte wissenschaftliche Gesamtproblem bieten, indem wissenschaftliche Ergebnisse zu den identifizierten Teilproblemen erzielt werden (vgl. Tabelle 3).

Im Hinblick auf das *Technologieproblem* sollen durch eine Analyse der Blockchain-Technologie Erkenntnisse über die Einsatzmöglichkeiten von Blockchains zur Rückverfolgung von Lebensmitteln gesammelt sowie Erkenntnisse über die Eignung von Blockchain-Typen für die Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains erzielt werden.

Intendierte wissenschaftliche Ergebnisse im Hinblick auf das *Prozessinnovationsproblem* beinhalten Erkenntnisse über Möglichkeiten und Herausforderungen bei der Gestaltung von Geschäftsprozessen für die Rückverfolgung von Lebensmitteln auf Basis von Blockchains im Hinblick auf Geschäftsprozessinnovation sowie ein BPMN-Modell über den Einsatz der Blockchain-Technologie zur Rückverfolgung von Lebensmitteln zu einem konkreten Anwendungsfall.

Zu dem *BOCR-Problem* werden Erkenntnisse über die betriebswirtschaftlichen Potenziale der Blockchain-Technologie für die Rückverfolgung von Lebensmitteln im Hinblick auf Nutzen, Kosten, Chancen und Risiken intendiert, sodass Unternehmen in Food Supply Chains sowohl Wirtschaftlichkeit als auch Unsicherheit im Zusammenhang mit dem Einsatz von Blockchains zur Rückverfolgung von Lebensmitteln einschätzen können.

Darüber hinaus wird die Ermittlung von einem mehrkriteriellen Verfahren intendiert, das Unternehmen in Food Supply Chains bei der Bewertung der betriebswirtschaftlichen Potenziale von Blockchains im Hinblick auf den Einsatz zur Rückverfolgung von Lebensmitteln unterstützt (*Bewertungsproblem*).

Ein intendiertes wissenschaftliches Ergebnis besteht außerdem darin, dass die vorliegende Arbeit Unternehmen in Food Supply Chains, die den Einsatz von Blockchains zur Rückverfolgung von Lebensmitteln planen, mit einem Vorgehensmodell und Handlungsempfehlungen zur Implementierung unterstützen kann (*Implementierungsproblem*).

wissenschaftliches Gesamtproblem		
Betriebswirtschaftliche Potenziale der Blockchain-Technologie für die Rückverfolgung von Lebensmitteln sind im Hinblick auf Eignung von Blockchain-Typen, Geschäftsprozessinnovation, Nutzen, Kosten, Chancen und Risiken unzureichend erforscht. Zudem fehlt es an einem mehrkriteriellen Verfahren zur Bewertung der Potenziale sowie an einem Vorgehensmodell und Handlungsempfehlungen zur Implementierung.		
wissenschaftliche Teilprobleme	Beschreibung der wissenschaftlichen Teilprobleme	intendierte wissenschaftliche Ergebnisse
Technologieproblem	Analyse der Einsatzmöglichkeiten der Blockchain-Technologie zur Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains, die auch eine Untersuchung der Eignung der unterschiedlichen Blockchain-Typen beinhaltet	Erkenntnisse über Einsatzmöglichkeiten der Blockchain-Technologie zur Rückverfolgung von Lebensmitteln für Unternehmen in Food Supply Chains sowie über die Eignung von Blockchain-Typen hinsichtlich der Rückverfolgung von Lebensmitteln
Prozessinnovationsproblem	Analyse der Möglichkeiten und Herausforderungen bei der Gestaltung von Geschäftsprozessen auf Basis von Blockchains für die Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains im Hinblick auf Geschäftsprozessinnovation sowie Erstellung eines BPMN-Modells zu einem Anwendungsfall hinsichtlich der Rückverfolgung von Lebensmitteln	Erkenntnisse über Gestaltungsmöglichkeiten und Herausforderungen bei der Gestaltung von Geschäftsprozessen im Hinblick auf Geschäftsprozessinnovation bei einem Einsatz einer Blockchain für die Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains sowie ein BPMN-Modell zu einem Anwendungsfall hinsichtlich der Rückverfolgung von Lebensmitteln
BOCR-Problem	Analyse der betriebswirtschaftlichen Potenziale von Blockchains für die Rückverfolgung von Lebensmitteln im Hinblick auf Wirtschaftlichkeit und Unsicherheit, indem sowohl Nutzen und Kosten als auch Chancen und Risiken untersucht werden	Erkenntnisse über Nutzen und Kosten sowie Chancen und Risiken im Hinblick auf den Einsatz einer Blockchain zur Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains
Bewertungsproblem	mehrkriterielles Verfahren zur Bewertung der betriebswirtschaftlichen Potenziale von Blockchains für die Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains	mehrkriterielles Verfahren zur Bewertung der betriebswirtschaftlichen Potenziale von Blockchains zur Rückverfolgung von Lebensmitteln
Implementierungsproblem	Vorgehensmodell und Handlungsempfehlungen zur Implementierung einer Blockchain für die Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains	Vorgehensmodell zur Implementierung einer Blockchain für die Rückverfolgung von Lebensmitteln sowie Handlungsempfehlungen für Unternehmen in Food Supply Chains

Tabelle 3: Intendierte wissenschaftliche Ergebnisse¹¹ Eigene Tabelle.

1.7 Aufbau der Dissertation

Anhand der in Kapitel 1.4 dargelegten wissenschaftlichen Problemstellung bei der Analyse und Bewertung der betriebswirtschaftlichen Potenziale der Blockchain-Technologie zur Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains werden im zweiten Kapitel die konzeptionellen Grundlagen als Basis für die weitere Analyse im Rahmen dieser Dissertation ausgearbeitet. Den Ausgangspunkt bildet eine Erläuterung der zentralen Begriffe und Bestandteile der Blockchain-Technologie. Zudem erfolgt ein Überblick über wesentliche Charakteristika der Blockchain-Technologie und unterschiedliche Blockchain-Typen. Im weiteren Verlauf dieses Kapitels wird auf das Supply Chain Management eingegangen und es werden Besonderheiten des Supply Chain Managements im Lebensmittelbereich aufgezeigt.

Im dritten Kapitel erfolgt eine Analyse der Einsatzmöglichkeiten der Blockchain-Technologie zur Rückverfolgung in Supply Chains im Lebensmittelbereich. Für diese Analyse wird zunächst die Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains eingehend untersucht. Neben Systemen und Informationen zur Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains werden auch einige Herausforderungen bei der Rückverfolgung von Lebensmitteln vorgestellt. Diese Herausforderungen dienen als Ansatzpunkte für die weiterführende Analyse der betriebswirtschaftlichen Potenziale der Blockchain-Technologie in späteren Kapiteln dieser Dissertation. Zum Abschluss des dritten Kapitels wird analysiert, inwiefern sich Blockchains als Lösung zur Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains einsetzen lassen. Auch wird ermittelt, welche Typen von Blockchains für den Einsatz zur Rückverfolgung in einer Food Supply Chain besonders geeignet sind.

Das vierte Kapitel beinhaltet die Untersuchung der Potenziale der Blockchain-Technologie hinsichtlich Geschäftsprozessinnovationen zur Rückverfolgung von Lebensmitteln. Zu Beginn des Kapitels wird auf die Verbesserung und das Innovieren von Geschäftsprozessen sowie auf Prozessinnovationen in Supply Chains im Lebensmittelbereich eingegangen. Im Anschluss werden Gestaltungsmöglichkeiten und Herausforderungen ermittelt, die bei einem Einsatz von Blockchains für das Innovieren von Geschäftsprozessen im Rahmen der Rückverfolgung von Lebensmitteln zu berücksichtigen sind. Die ermittelten Gestaltungsmöglichkeiten werden zudem am praxisrelevanten Anwendungsfall des Lebensmittelbetrugs aufgezeigt und mit Hilfe eines BPMN-Modells visualisiert. Zum Abschluss dieses Kapitels erfolgt eine Einschätzung der Potenziale von Blockchains im Hinblick auf Geschäftsprozessinnovationen.

In Kapitel fünf werden die betriebswirtschaftlichen Potenziale der Blockchain-Technologie zur Rückverfolgung von Lebensmitteln in Bezug auf Nutzen, Kosten, Chancen und Risiken untersucht. Für jedes dieser Kriterien zur Einschätzung der Potenziale werden verschiedene Unterkriterien auf Basis der durchgeführten Literaturrecherche und Experteninterviews identifiziert sowie untersucht, um einen aussagekräftigen Überblick über wirtschaftliche Aspekte sowie über potenzielle Chancen und Risiken bei einem Einsatz einer Blockchain zur Rückverfolgung von Lebensmitteln zu erarbeiten, die für Unternehmen in Food Supply Chains relevant sein können. Eine umfassende Einschätzung der Potenziale auf Basis der ausgearbeiteten Erkenntnisse schließt dieses Kapitel ab.

In Kapitel sechs wird die Bewertung der betriebswirtschaftlichen Potenziale der Blockchain-Technologie behandelt. Dabei wird zu Beginn des Kapitels die Entscheidung für eine Blockchain zur Rückverfolgung als mehrkriterielles Entscheidungsproblem beschrieben und der Analytic Hierarchy Process als mehrkriterielles Entscheidungsverfahren zur Einschätzung des Potenzials einer Blockchain zur Rückverfolgung von Lebensmitteln anhand der Bewertung von Alternativen vorgestellt. Im weiteren Verlauf des Kapitels wird eine exemplarische Alternativenbewertung mit Hilfe Analytic Hierarchy Process durchgeführt.

Das nachfolgende Kapitel sieben befasst sich mit Erkenntnissen zur Implementierung von Blockchains. Hierzu werden verschiedene Berichte und Empfehlungen aus Implementierungen in der Praxis untersucht. Ergebnisse dieser Analyse sind ein allgemeines Vorgehensmodell sowie Handlungsempfehlungen für eine Erfolg versprechende Implementierung der Blockchain-Technologie in einer Food Supply Chain. Dadurch sollen Unternehmen die Realisierung der identifizierten Potenziale der Blockchain-Technologie erreichen können und Probleme bei der Implementierung vermieden werden.

Im achten Kapitel werden im Rahmen eines Fazits die gewonnenen Erkenntnisse und die Erfüllung der intendierten Ergebnisse beschrieben. Zudem bietet das Kapitel einen Ausblick auf weiteren Forschungsbedarf.

Der Aufbau der vorliegenden Arbeit lässt sich anhand von Abbildung 4 nachvollziehen:

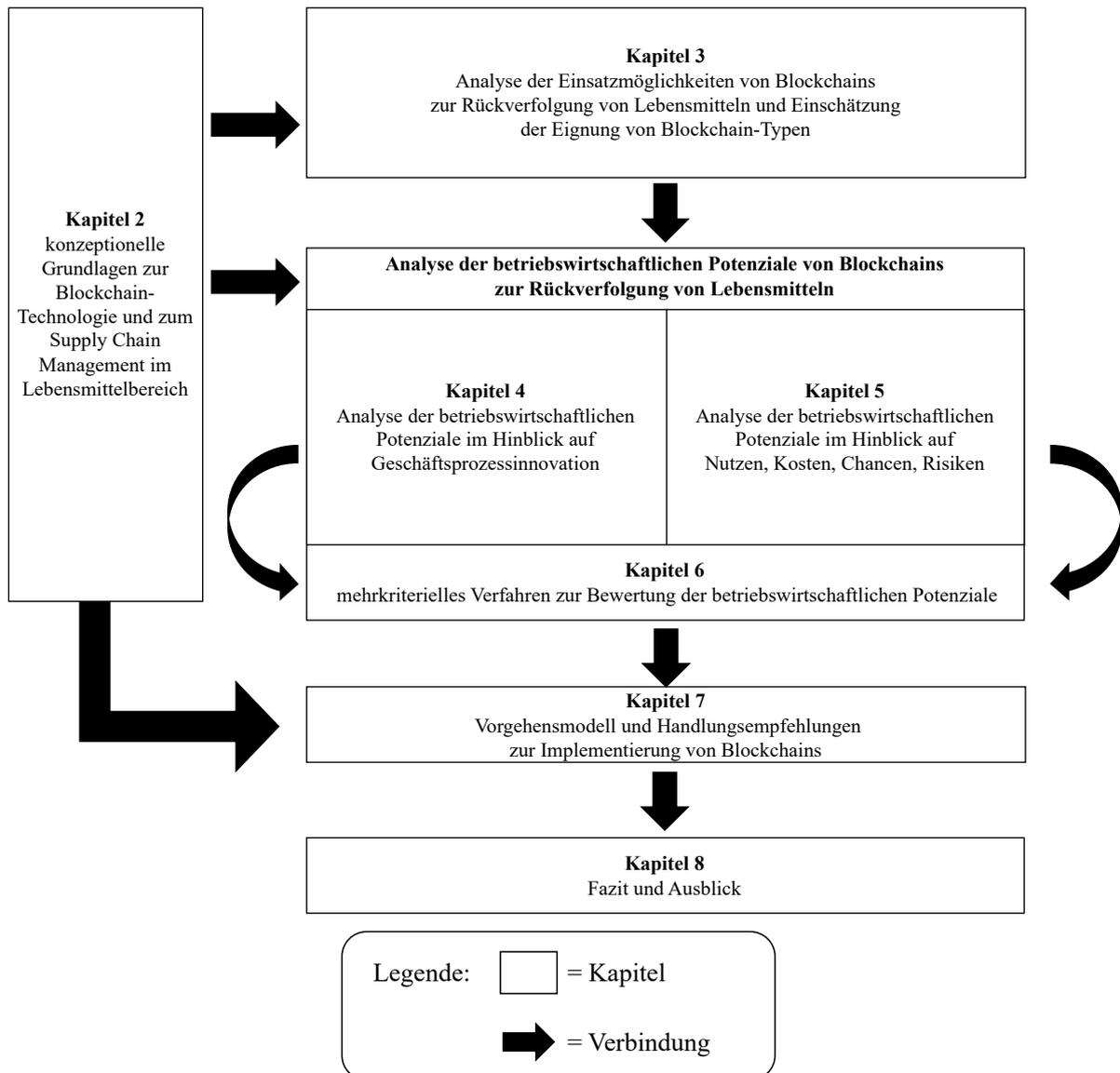


Abbildung 4: Inhaltlicher Aufbau der Arbeit¹

¹ Eigene Darstellung.

2 Konzeptionelle Grundlagen zur Blockchain-Technologie und zum Supply Chain Management im Lebensmittelbereich

2.1 Grundlagen der Blockchain-Technologie

2.1.1 Begriffe und Konzepte der Blockchain-Technologie

Häufig wird die Einführung der ersten Kryptowährung *Bitcoin*¹ im Jahr 2009 als Entstehung der ersten Blockchain genannt.² Die Blockchain-Technologie gelangte in den Fokus der Öffentlichkeit, da sie die Machbarkeit von elektronischen Währungen bestätigte, die ohne eine zentrale Kontrollinstanz funktionieren.³ Denn mit Hilfe von Blockchains lassen sich Transaktionen zwischen Parteien in vertrauensstiftender Art und Weise nachvollziehbar und dezentral speichern.⁴

Eine Blockchain ist eine konkrete Ausgestaltungsform der Distributed-Ledger-Technologie (DLT).⁵ Als Distributed-Ledger-Technologie gilt eine Form von elektronischem Verzeichnis⁶ für Informationen, das von mehreren Akteuren, die in der Regel in einem verteilten Netzwerk arbeiten, gemeinsam genutzt wird.⁷ Zudem zeichnen sich Distributed-Ledger-Technologien durch eine synchronisierte und gemeinsame Datenhaltung sowie eine fortlaufende, kryptographische Verkettung der Daten aus.⁸ Die Transaktionen werden zunächst durch einen Konsensmechanismus überprüft und validiert, bevor sie Teil einer Blockchain werden.⁹ Ein gemeinsamer Konsens ist dahingehend erforderlich, dass sich alle Teilnehmer auf eine Blockchain

¹ Die Bitcoin-Blockchain stellt ein vielzitiertes Beispiel der Anwendung von Blockchains dar. Vgl. BURG-WINKEL (2016), S. 8. Bitcoin ist ein Beispiel für eine virtuelle Währung, die auf einem Transaktionsprotokoll basiert und von den teilnehmenden Benutzern im Netzwerk verteilt wird. Vgl. MORABITO (2017), S. 5.

² Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 1; LEWRICK/DI GIORGIO (2018), S. 21. Allerdings lässt sich nur schwer ein belastbarer Nachweis finden, dass Bitcoin tatsächlich die erste Blockchain war. Vgl. SKWAREK (2019), S. 161.

³ Vgl. FILL ET AL. (2020), S. 4.

⁴ Vgl. FILL ET AL. (2020), S. 4.

⁵ Vgl. CARADONNA (2020), S. 44; FRIDGEN ET AL. (2019), S. 2. Weitere Ausgestaltungsformen sind zum Beispiel gerichtete, azyklische Graphen. Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 2. Im Rahmen dieser Dissertation werden die Begriffe *Distributed-Ledger-Technologien* (DLT) und *Blockchain* synonym verwendet, da sich der Begriff Distributed-Ledger-Technologie im weiteren Verlauf ausschließlich auf Blockchains bezieht.

⁶ Die Begriffe *Verzeichnis* und *Register* werden in Zusammenhang mit der Blockchain-Technologie im Rahmen der Dissertation synonym verwendet.

⁷ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 1; LEONG ET AL. (2018), S. 12; PAI ET AL. (2018), S. 5.

⁸ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 2.

⁹ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 7.

einigen, die alle gültigen und ausgeführten Transaktionen enthält.¹ Abbildung 5 zeigt eine grafische Darstellung von der Erstellung einer Transaktion über die Validierung² einer Transaktion bis hin zum endgültigen Anhängen der Transaktion an die Blockchain.

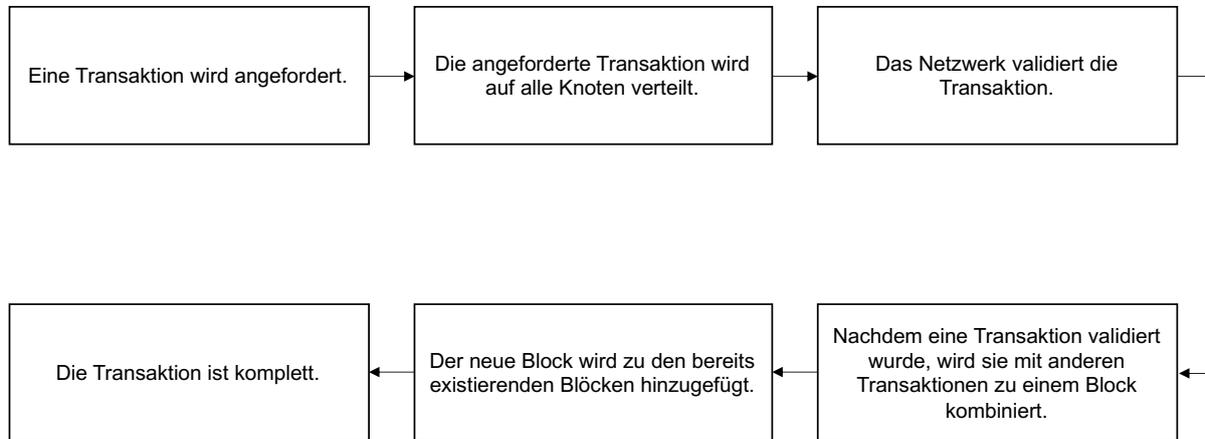


Abbildung 5: Funktionsweise einer Blockchain³

Es gilt zu beachten, dass sich hinter dem Begriff *Blockchain* eine Vielzahl von theoretischen und praktischen Variationen und Kombinationsmöglichkeiten verbirgt.⁴ Blockchains müssen passend zum jeweiligen Anwendungsfall modelliert werden, indem diese mit Netzwerkmodellen, Konsensmechanismen, Regelwerken, Kommunikations- und Datenstrukturen sowie kryptographischen Verfahren unterlegt werden.⁵ Zum Beispiel müssen Blockchains für Kryptowährungen mit vielen, wechselnden, unbekanntenen und möglicherweise nicht vertrauenswürdigen Nutzern zurechtkommen.⁶ Eine Blockchain zur Nachverfolgung von Luxusgütern ist hingegen so zu konzipieren, dass diese insbesondere die Herkunft und Echtheit ihrer Daten zuverlässig sicherstellen kann.⁷ Das Design und die Auswahl passender Blockchains sind daher von Bedeutung, um vorher festgelegte Ziele erreichen zu können.⁸ Die jeweiligen

¹ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 7.

² Zum Beispiel wird bei der Validierung einer Überweisung von Kryptowährung überprüft, ob der überweisende Akteur über ausreichend Kryptowährung für diese Überweisung verfügt. Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 31. Die Begriffe *validieren* und *verifizieren* werden im Rahmen der Dissertation synonym verwendet.

³ Eigene Darstellung in Anlehnung an PRASAD ET AL. (2018), S. 435. Im Vergleich zur Originalabbildung wurde die Formulierung der Schritte teilweise abgeändert.

⁴ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 9 ff.

⁵ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 10. In der Originalquelle wird für eine modellierte Blockchain der Begriff *Blockchain-Modell* verwendet. Auf diese zusätzliche Unterscheidung zwischen den Begriffen *Blockchain* und *Blockchain-Modell* wird im weiteren Verlauf verzichtet. Eine Vorstellung der unterschiedlichen Blockchain-Typen findet sich in Kapitel 2.1.3. Zudem erfolgt eine Eingrenzung der Untersuchung auf bestimmte Blockchain-Typen in Kapitel 3.4.2.

⁶ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 10.

⁷ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 10.

⁸ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 10.

Blockchains können wiederum auf unterschiedliche Art und Weise umgesetzt werden, indem unter anderem die passende nachrichtentechnische Basis sowie Kommunikationsprotokolle ausgewählt werden.¹ Solche Umsetzungen werden als *Blockchain-System*² bezeichnet.³ Es existieren in jedem Blockchain-System zudem bestimmte Kernkomponenten, die nicht austauschbar sind und die Blockchain technisch definieren.⁴ Das Blockchain-System wird um diesen Blockchain-Kern herum durch verschiedene Infrastrukturkomponenten ergänzt, z. B. Netzwerkzugang, Rollen- und Rechtemanagement, Schnittstellen oder kryptographische Zusatzfunktionen.⁵

Blockchain-Netzwerk

Ein Blockchain-Netzwerk besteht aus einem Netzwerk von Rechnern, die nach dem *Peer-to-peer-Modell*⁶ miteinander verbunden sind.⁷ Die Rechner im Netzwerk werden häufig als *Knoten* bezeichnet.⁸ Durch das Peer-to-peer-Modell wird eine leichte Änderbarkeit des Netzwerks ermöglicht, sodass Aufnahme und Ausscheiden von Knoten keinen hohen Aufwand verursachen.⁹ Hierbei ist die Ausgestaltung der Vernetzung nicht vorgegeben und es ist auch keine Verbindung eines Rechners mit jedem anderen Rechner im Netzwerk erforderlich.¹⁰ In Abbildung 6 wird ein Peer-to-Peer-Netz einem Client-Server-Netz¹¹ gegenübergestellt.

¹ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 10.

² Unter dem Begriff *Blockchain-System* wird im Rahmen der Dissertation eine konkrete Umsetzung der Blockchain-Technologie in Form einer Blockchain verstanden. Die ebenfalls verwendeten Begriffe *Blockchain-Anwendung* und *Blockchain-Lösung* werden im Rahmen der Dissertation synonym verwendet. Darunter wird eine konkrete Anwendung einer Blockchain zur Lösung eines Problems verstanden, z. B. zur Rückverfolgung von Lebensmitteln.

³ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 10.

⁴ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 10. Zu diesen Kernkomponenten zählen der Konsensmechanismus, die Logik zur Systemsteuerung inklusive der zugrunde liegenden kryptographischen Mechanismen, die Blockchain als Datenstruktur sowie die Netzwerkstruktur. Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 10.

⁵ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 10.

⁶ Peer-to-peer-Modell bedeutet, dass alle Rechner gleichberechtigt sind. Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 30.

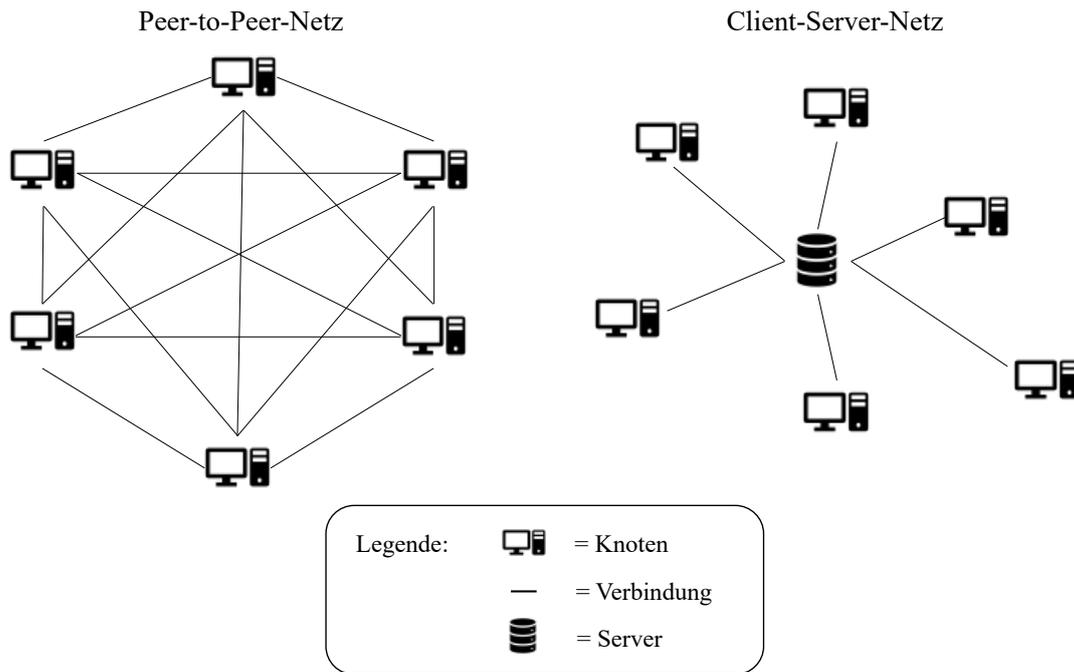
⁷ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 30.

⁸ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 30. Weitere Bezeichnungen für den Begriff *Knoten* sind u. a. *Netzknoten* sowie *Nodes*. Vgl. BUNDESNETZAGENTUR (2021), S. 7. Darüber hinaus lässt sich in einem Netzwerk zwischen Teilnehmern und Knoten differenzieren. Während Teilnehmer Transaktionen in einer Blockchain auslösen können, übernehmen Knoten zusätzlich Prüfungsaufgaben. Vgl. BUNDESNETZAGENTUR (2021), S. 9 f.

⁹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 30.

¹⁰ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 30.

¹¹ Bei einer klassischen Client-Server-Datenbank hält ein zentraler Server die Daten vor. Clients können per Abfrage auf diese zentral gespeicherten Daten zugreifen. Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 18.

Abbildung 6: Vergleich Peer-to-Peer-Netz und Client-Server-Netz¹

Transaktionen und verteilte Register

Ein grundlegendes Konzept der Blockchain-Technologie sind Erfassung, Speicherung und Management von Daten in Form von Transaktionen.² Die Blockchain-Technologie funktioniert durch Aufzeichnung und Speicherung jeder Transaktion im Netzwerk in einer kryptografisch verbundenen Blockstruktur, die über die Netzwerkteilnehmer hinweg repliziert und validiert wird.³ Auf diese Weise liegen bei jedem Netzwerkteilnehmer dieselben Daten vor.⁴ Im Kontext von Blockchains umfasst das Konzept der Transaktion nicht nur die Überweisung von Geld oder die Übertragung von Gütern, es können außerdem Zustandsinformationen als Transaktion in einer Blockchain gespeichert werden.⁵ Transaktionen in einer Blockchain sind je nach Art der Blockchain-Plattform in einem eigenen Format kodiert, sodass nachvollziehbar ist, zwischen welchen Teilnehmern welche Informationen ausgetauscht wurden.⁶

¹ Eigene Darstellung in Anlehnung an MEINEL/GAYVORONSKAYA (2020), S. 24. Im Vergleich zur Originaldarstellung erfolgt eine Bezeichnung der Symbole über eine Legende.

² Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 30.

³ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 9; ENGELSCHALL (2019), S. 205; LEONG ET AL. (2018), S. 12.

⁴ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 2.

⁵ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 30. Zu den Informationen, die auf einer Blockchain gespeichert werden könnten, gehören unter anderem Transaktionsmetadaten (z. B. Zeitstempel, Akteurs-/Benutzer-IDs, Transaktionstypen), Verweise auf außerhalb der Blockchain gespeicherte Daten (z. B. eine vertrauliche, konforme Datenbank) sowie Zugriffskontrolllisten. Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 13.

⁶ Vgl. FILL ET AL. (2020), S. 10.

Ein Block besteht aus einer Anzahl von signierten¹ *Transaktionen* und einer Kopfzeile, die zur kryptographischen Verkettung anhand der *Hashwerte* der Blöcke² erforderlich ist.³ Für die effiziente Berechnung eines Hashwerts aus digitalen Informationen werden in Blockchains kryptographische *Hashfunktionen* mit besonderen Eigenschaften eingesetzt.⁴ Durch die Validierung, dass die Hashwerte mit den erwarteten Werten übereinstimmen, können die Benutzer darauf vertrauen, dass die Daten nicht manipuliert wurden, wodurch das Vertrauen in die Blockchain entsteht.⁵ Auch wird dadurch eine Festlegung der chronologischen Reihenfolge der Transaktionen erreicht.⁶ Auf diese Weise kommt es zu einer stetig wachsenden Kette von Datenblöcken (vgl. Abbildung 7).⁷

¹ Eine digitale Signatur erfolgt auf Basis des Public-Key-Infrastruktur-Verfahrens (PKI-Verfahren). Dieses Verfahren dient zur Unterstützung der Ausstellung und Prüfung von digitalen Zertifikaten. Dabei besitzt jeder Knoten im Blockchain-Netzwerk über Paare von öffentlichen und privaten Schlüsseln. Die Transaktionen werden von Knoten mit dem privaten Schlüssel unterschrieben und enthalten zudem den entsprechenden öffentlichen Schlüssel, um sicherstellen zu können, dass alle Knoten in einem Blockchain-Netzwerk die Identität desjenigen Knotens feststellen können, der für die Erstellung der entsprechenden Transaktion verantwortlich ist. Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 31.

² Ein einzelner Block kann mehr als 500 Transaktionen enthalten, und die Anzahl der Transaktionen in jedem Block wird als „Block Height“ bezeichnet. Vgl. MORABITO (2017), S. 65.

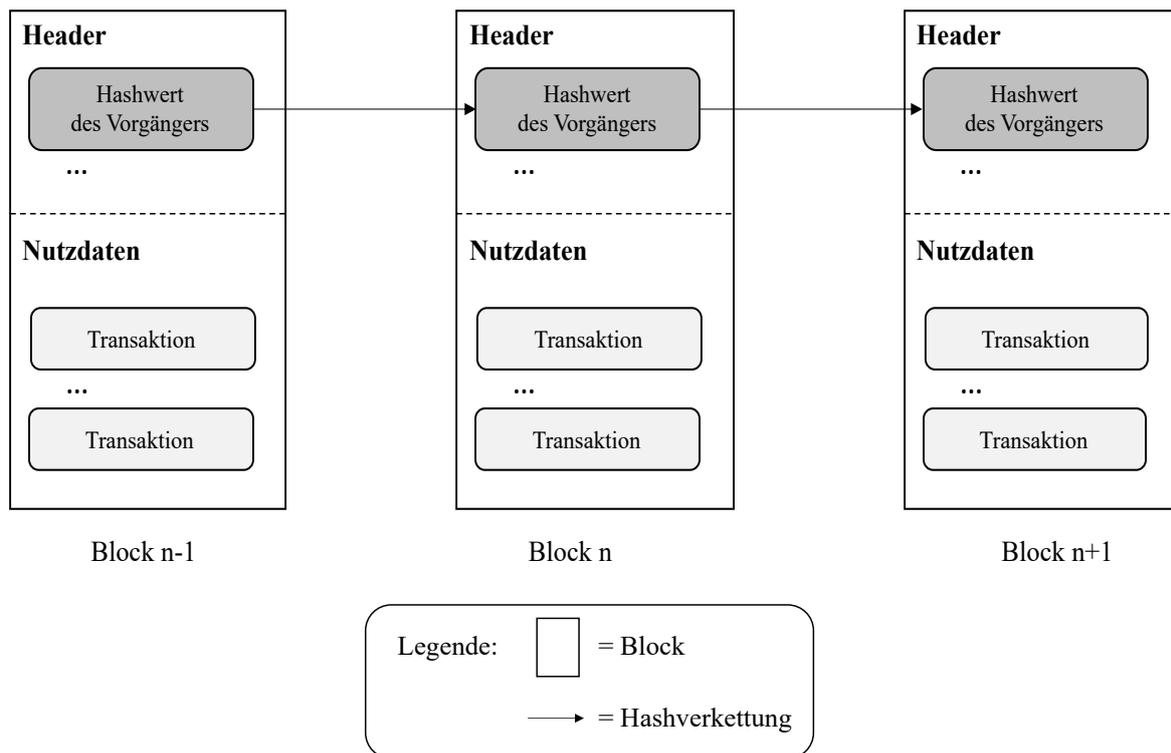
³ Vgl. FILL ET AL. (2020), S. 10; FRIDGEN ET AL. (2019), S. 32.

⁴ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 31. Hierzu zählt die Einweg-Eigenschaft, die es praktisch unmöglich macht, dass sich aus einem vorgegebenen Hashwert die digitale Information ermitteln lässt, die durch Anwendung der Hashfunktion zum Hashwert führt. Eine weitere Eigenschaft (collision resistance) führt dazu, dass es praktisch unmöglich wird, dass sich aus zwei unterschiedlichen Informationen derselbe Hashwert ergibt. Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 32.

⁵ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 29 ff.; LEONG ET AL. (2018), S. 12. Wenn der Blockkopf (Block Header) geändert wird, ändern sich der Hashwert und die entsprechenden Hashwerte aller anderen Blöcke in der Blockchain, wodurch eine Manipulation auffallen würde. Dieses kaskadierende Modell von Hashwerten stellt sicher, dass ein Block nicht ohne hohen Aufwand geändert werden kann. Die umfangreiche Berechnung, die für eine Neuberechnung jedes Blocks in der Kette erforderlich ist, macht die Blockchain quasi unveränderlich, was einen Hauptfaktor für die Blockchain-Sicherheit darstellt. Vgl. MORABITO (2017), S. 65.

⁶ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 9.

⁷ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 9. Diese Kette lässt sich zudem nur am Ende erweitern. Vgl. ENGELSCHALL (2019), S. 205.

Abbildung 7: Blockchain-Datenstruktur¹

Darüber hinaus kann zwischen Ausgestaltungsmöglichkeiten der Register² in einem Netzwerk unterschieden werden.³ So kann jede Transaktion zwischen allen Knoten gemeinsam genutzt und repliziert werden, wodurch jeder im Netzwerk auf das vollständige Register zugreifen kann.⁴ Auch besteht die Option, dass Daten nur an Mitglieder eines Sub-Netzwerkes gesendet werden.⁵ Letztlich lassen sich Daten auch nur zwischen benannten Einheiten austauschen.⁶

Konsensmechanismen

Die Konsensfindung ist entscheidend für die Vertrauenswürdigkeit einer Blockchain.⁷ Ein *Konsensmechanismus* stellt sicher, dass die verteilten Daten in allen Knoten aktuell sind und nicht voneinander abweichen.⁸ Das Konsensprotokoll besteht aus drei grundlegenden

¹ Eigene Darstellung in Anlehnung an BERGHOFF ET AL. (2019), S. 9; FILL ET AL. (2020), S. 12.

² Ein *Register* stellt ein dezentral geführtes Kontenbuch (Distributed Ledger) dar, welches die kryptographisch verketteten Blöcke umfasst. Ein solches Register wird von jedem Blockchain-Knoten gespeichert. Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 30.

³ Vgl. PAI ET AL. (2018), S. 6.

⁴ Vgl. PAI ET AL. (2018), S. 6.

⁵ Vgl. PAI ET AL. (2018), S. 6.

⁶ Vgl. PAI ET AL. (2018), S. 6. Diese Einheiten sind in der Regel diejenigen, die an der Transaktion beteiligt sind. Vgl. PAI ET AL. (2018), S. 6.

⁷ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 32.

⁸ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 9; FRIDGEN ET AL. (2019), S. 2.

Schritten.¹ Im ersten Schritt wird geprüft, ob eine Transaktion akzeptiert oder abgelehnt werden soll.² Der zweite Schritt beinhaltet das Sortieren aller Transaktionen innerhalb eines Zeitraums in eine Sequenz.³ Im dritten Schritt erfolgt das Überprüfen und Speichern in der Blockchain.⁴ Dadurch wird erreicht, dass die verteilte Datenstruktur stets in einem konsistenten Zustand bleibt.⁵

Es existieren verschiedene Konsensmechanismen zur Konsensfindung, die Kompromisse zwischen Vertraulichkeit, Durchsatz und Sicherheit aufweisen und je nach Implementierung und Anwendungsfall variieren.⁶ Abhängig von der spezifischen Ausgestaltung einer Blockchain bringen die jeweiligen Konsensmechanismen gewisse Vor- und Nachteile mit sich.⁷

Ein besonders gebräuchliches Verfahren ist *Proof of Work*, das in der Bitcoin-Blockchain zum Einsatz kommt.⁸ Damit bei Proof of Work ein neuer Block erzeugt und der Blockchain hinzugefügt wird, müssen die Knoten des Blockchain-Netzwerks ein kryptographisches Rätsel lösen.⁹ An einem privaten oder konsortialen¹⁰ Blockchain-Netzwerk können damit im Gegensatz zu einem öffentlichen Blockchain-Netzwerk lediglich ausgewählte und vertrauenswürdige Partner teilnehmen.¹¹ Durch das bereits bestehende Vertrauen können Konsensmechanismen für private und konsortiale Blockchain-Netzwerke deutlich einfacher gestaltet werden.¹² Diese Vereinfachung kann von einem Proof of Work mit reduziertem Schwierigkeitsgrad über *Proof of Stake* und *Lottery Protocol* bis hin zu ausgewählten Validierungsknoten reichen.¹³

¹ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 16.

² Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 16.

³ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 16.

⁴ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 16.

⁵ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 9.

⁶ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 12.

⁷ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 2.

⁸ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 32.

⁹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 32. Dabei fügt der erste Knoten im Blockchain-Netzwerk, der das Rätsel lösen konnte, den neuen Block an sein Verzeichnis. Der Schwierigkeitsgrad des Rätsels wird für gewöhnlich häufig angepasst und ist bei der Bitcoin-Blockchain so gestaltet, dass durchschnittlich alle 10 Minuten ein neuer Block an die Blockchain angefügt wird. Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 32.

¹⁰ Die Begriffe *konsortiale Blockchain* sowie *Konsortial-Blockchain* werden im Rahmen der Dissertation synonym verwendet.

¹¹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 34. Eine Beschreibung der Unterschiede zwischen öffentlichen, privaten und konsortialen Blockchain-Netzwerken erfolgt in Kapitel 2.1.3.

¹² Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 34.

¹³ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 34 f.

Abbildung 8 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Durchsatz an Transaktionen und dem Grad der Offenheit von Blockchain-Netzwerken in Abhängigkeit vom eingesetzten Konsensmechanismus.¹

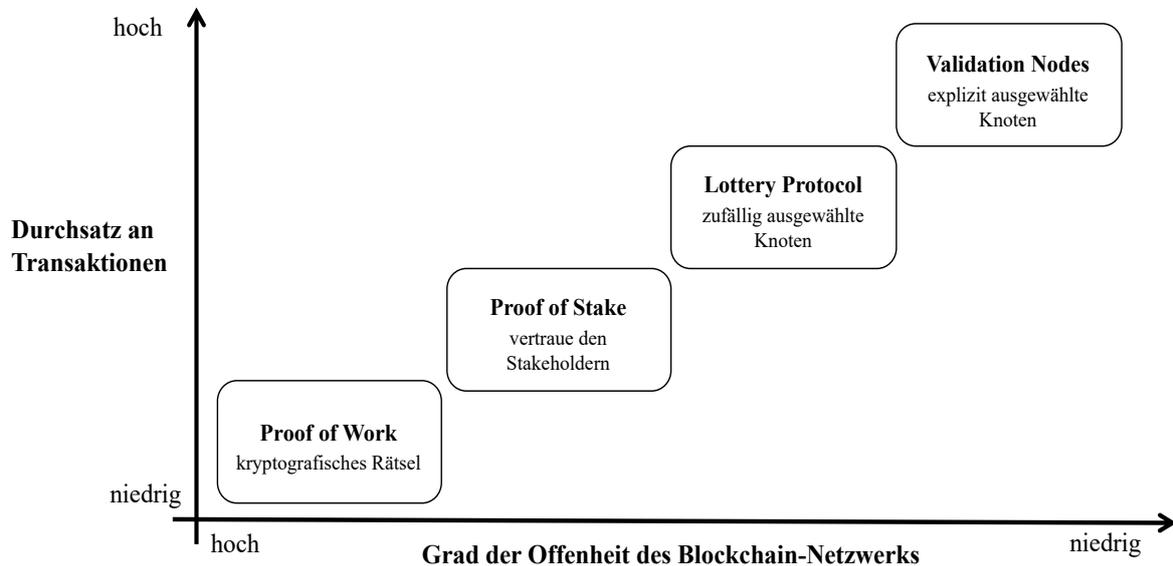


Abbildung 8: Einordnung der Konsensmechanismen²

Bei *Proof of Stake* wird der Anteil der Blockchain-Knoten am Blockchain-Netzwerk berücksichtigt.³ Dabei können Anteile eine bestimmte Menge an Vermögen darstellen oder die Dauer der Beteiligung am Blockchain-Netzwerk.⁴ Die Berechnung der entsprechenden Anteile lässt sich zügig durchführen, sodass anhand einer Gewichtung des Anteils kombiniert mit einem Zufallsverfahren die Auswahl erfolgt, welcher Knoten den nächsten Block hinzufügt.⁵ Die Sicherheit besteht bei diesem Verfahren durch die Annahme, dass ab einem gewissen Anteil eine Einhaltung der Regeln des Netzwerks gewährleistet ist, da eine Verletzung der Regeln bedeuten würde, dass der eingesetzte Anteil verloren geht.⁶

Ein weiteres Verfahren zur Konsensfindung ist *Proof of Authority*, das explizit auf ausgewählte Blockchain-Knoten setzt, die als Prüfknoten bezeichnet werden.⁷ Lediglich die Prüfknoten dürfen bei diesem Verfahren Transaktionen zu Blöcken zusammenfügen und in der

¹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 35.

² Eigene Darstellung in Anlehnung an FRIDGEN ET AL. (2019), S. 35.

³ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 35.

⁴ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 35.

⁵ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 35.

⁶ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 35.

⁷ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 35.

Blockchain ablegen.¹ Die Blockchain-Knoten können über einen Reputationsmechanismus eine positive Reputation erlangen und zu Prüfknoten werden oder durch negative Reputation die Prüfeigenschaft verlieren.²

Smart Contracts

Blockchains der späteren Generationen³ ermöglichen meist die Definition und Nutzung von sogenannten *Smart Contracts*.⁴ Als Smart Contract werden ausführbare Programmcodes bezeichnet, die in Transaktionen in der Blockchain unveränderbar gespeichert und bei einem definierten Ereignis ausgeführt werden.⁵ In der Theorie ermöglichen Smart Contracts die Ausführung beliebiger Berechnungen, wenn diese deterministisch sind.⁶ In der Regel enthalten Smart Contracts Wenn-Dann-Anweisungen und setzen damit Steuerungs- bzw. Geschäftslogiken um.⁷ Smart Contracts werden entweder vollständig ausgeführt oder nicht ausgeführt.⁸ Dadurch wird die Situation verhindert, dass nur eine Partei den Vertrag erfüllt.⁹ Es sind verschiedene Einsatzmöglichkeiten von Smart Contracts denkbar.¹⁰ Zum Beispiel können Zahlungen mit Hilfe von Smart Contracts automatisch ausgelöst werden, wenn entsprechende Ereignisse eintreten.¹¹ Auch können Smart Contracts zur Aggregation und Verwaltung von Daten verwendet werden.¹² Allerdings sind Smart Contracts aus juristischer Perspektive bisher keine Verträge und koordinieren in den meisten Fällen nur Abläufe bzw. Datenflüsse.¹³

¹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 35.

² Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 35.

³ Bislang lässt sich die Entwicklung von Blockchains in drei unterschiedliche Generationen einteilen. Die erste Generation ermöglichte Kryptowährungen. Die zweite Generation von Blockchains ermöglichte programmierbare Blockchains, die die Implementierung von Geschäftslogiken durch Smart Contracts in einem dezentralisierten System erlauben. Die dritte Generation entfernt sich von Blockchains als Datenbank. Vgl. CARADONNA (2020), S. 44.

⁴ Vgl. CARADONNA (2020), S. 44; FRIDGEN ET AL. (2019), S. 2.

⁵ Vgl. CARADONNA (2020), S. 44; FRIDGEN ET AL. (2019), S. 34; HOFFMANN/SKWAREK (2019), S. 197.

⁶ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 33. Unter deterministisch wird verstanden, dass bei gleichem Input auch der gleiche Output herauskommt. Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 33.

⁷ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 33.

⁸ Vgl. CARADONNA (2020), S. 44.

⁹ Vgl. CARADONNA (2020), S. 44.

¹⁰ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 34. Eine Betrachtung der Einsatzmöglichkeiten von Smart Contracts in Zusammenhang mit der Gestaltung von Geschäftsprozessen für die Rückverfolgung von Lebensmitteln erfolgt in Kapitel 4.

¹¹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 34.

¹² Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 34.

¹³ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 33.

Governance

Die sogenannte *Governance* umfasst Regeln zur Zusammenarbeit.¹ Diskussionen zum Thema Governance finden in der Regel auf einer theoretischen Ebene statt und beinhalten Konstrukte, deren Umsetzung in der Praxis noch nicht erfolgt ist.² Bei Blockchains steht in Bezug auf Governance vor allem das Regeln der Verantwortung für Entwicklung, Implementierung, Betrieb und Wartung des Systems im Vordergrund.³ Zudem stellt die kontinuierliche Weiterentwicklung des Blockchain-Systems einen zentralen Aspekt der Governance dar.⁴

2.1.2 Charakteristika der Blockchain-Technologie

Die Blockchain-Technologie zeichnet sich durch Charakteristika aus, die für Unternehmen im Lebensmittelbereich interessant sind und im weiteren Verlauf dieser Dissertation zur Bestimmung des betriebswirtschaftlichen Potenzials für die Rückverfolgung von Lebensmittel in Food Supply Chains relevant sind. Aus der betrachteten Literatur wurden insbesondere folgende wesentlichen Charakteristika der Blockchain-Technologie extrahiert: *Unveränderbarkeit*, *Dezentralität*, *Nachvollziehbarkeit* und *Automatisierung*.⁵ Die Beschreibungen der identifizierten Charakteristika beziehen sich vor allem auf genehmigungsfreie Blockchains. Die Charakteristika können bei anderen Blockchain-Typen⁶ teilweise anders ausgeprägt sein.⁷

Unveränderbarkeit: Die im Netzwerk verwendeten und gepflegten Daten müssen vollständig, korrekt und widerspruchsfrei sein.⁸ Durch Transaktionen mit kryptographischen Verfahren sowie einer Veränderung von Hashwerten bei Datenanpassungen wird dies erreicht.⁹ Bei Blockchains werden Daten mit den Hashwerten zu einer verteilten Struktur verbunden, die von vielen Knoten im Netzwerk repliziert gespeichert wird und sich dadurch nicht mehr

¹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 43.

² Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 102.

³ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 100.

⁴ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 100.

⁵ Vgl. u. a. ENGELSCHALL (2019), S. 205 f.; FRIDGEN ET AL. (2019), S. 33; IANSITI/LAKHANI (2017), o. S.; ZHENG ET AL. (2018), S. 357. Es wird angenommen, dass Charakteristika wesentlich sind, wenn sie in mehreren Quellen genannt werden und für die Analyse der betriebswirtschaftlichen Potenziale relevant sind. Ein Charakteristikum kann unter Umständen auch dann wesentlich sein, wenn es nur in einer Quelle genannt wird.

⁶ Eine ausführliche Betrachtung von Blockchain-Typen sowie eine Ausarbeitung der Unterschiede zwischen den Blockchain-Typen finden sich in Kapitel 2.1.3.

⁷ Zum Beispiel existieren Unterschiede beim Charakteristikum *Unveränderbarkeit* zwischen genehmigungsfreien und genehmigungsbasierten Blockchain-Typen.

⁸ Vgl. LEWIN ET AL. (2019), S. 169.

⁹ Vgl. LEWIN ET AL. (2019), S. 169.

unbemerkt verändern lässt.¹ Sobald eine Transaktion in die Datenbank eingegeben und die Konten aktualisiert wurden, lassen sich die Datensätze nur schwer ändern, da sie mit jedem Transaktionsdatensatz verknüpft sind, der vor ihnen lag.² Eine Manipulation einer Transaktion würde dazu führen, dass sich der Hashwert des entsprechenden Blocks verändert und die Manipulation durchschaut werden würde.³ Die Blockchain-Mechanismen führen zu einer mehrheitlich global konsistenten Sicht auf die Datenbank.⁴ Ein Nutzer kann darauf vertrauen, dass der Inhalt nicht nachträglich geändert wurde und erkennt eher dessen Richtigkeit an.⁵ Es wird somit die Grundlage für Akteure mit gegebenenfalls unterschiedlichen Interessen gebildet, die in einem gemeinsamen System miteinander interagieren können.⁶ Allerdings ist zu beachten, dass der ursprüngliche Zustand grundsätzlich nur durch eine rückwärtsgerichtete Transaktion wiederhergestellt werden kann.⁷

Dezentralität: In einem herkömmlichen Transaktionssystem muss jede Transaktion durch eine zentrale und vertrauenswürdige Stelle validiert werden.⁸ Im Gegensatz dazu kann eine Transaktion im Blockchain-Netzwerk Peer-to-Peer ohne Authentifizierung durch eine zentrale Stelle durchgeführt werden.⁹ Jede Partei in einem Netzwerk verfügt über eine lokale Kopie der Blockchain.¹⁰ Die Knoten eines Blockchain-Netzwerks ermitteln dabei durch Konsensfindung, welcher Knoten den neuen Block erzeugt.¹¹ Keine einzelne Partei kontrolliert die Daten oder Informationen.¹² Dementsprechend lassen sich zentrale Instanzen durch die Blockchain ersetzen.¹³

Nachvollziehbarkeit: Da jede Transaktion in der Blockchain validiert und mit einem Zeitstempel versehen wird, können die Nutzer die früheren Aufzeichnungen leicht überprüfen und zurückverfolgen, indem sie auf einen beliebigen Knoten im verteilten Netzwerk zugreifen.¹⁴

¹ Vgl. CAP (2019), S. 191.

² Vgl. IANSITI/LAKHANI (2017), o. S. Veränderungen können durch Angriffe entstehen, welche einzelne Knoten im Netzwerk zu ihrem Vorteil auf den Datenbeständen durchführen wollen. Vgl. CAP (2019), S. 191.

³ Vgl. CAP (2019), S. 191; FRIDGEN ET AL. (2019), S. 33; ZHENG ET AL. (2018), S. 357.

⁴ Vgl. CAP (2019), S. 191.

⁵ Vgl. LEWIN ET AL. (2019), S. 169.

⁶ Vgl. LEWIN ET AL. (2019), S. 169.

⁷ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 7.

⁸ Vgl. ZHENG ET AL. (2018), S. 357.

⁹ Vgl. ENGELSCHALL (2019), S. 206; FRIDGEN ET AL. (2019), S. 33; IANSITI/LAKHANI (2017), o. S.; ZHENG ET AL. (2018), S. 357.

¹⁰ Vgl. ENGELSCHALL (2019), S. 206.

¹¹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 33.

¹² Vgl. IANSITI/LAKHANI (2017), o. S.

¹³ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 33.

¹⁴ Vgl. ENGELSCHALL (2019), S. 206; ZHENG ET AL. (2018), S. 357.

Blockchains ermöglichen dadurch das Wissen, woher die Daten stammen, und eine Rückverfolgung der vollständigen Geschichte.¹ Dadurch wird das Erstellen eines Datensatzes möglich, dessen Authentizität überprüft werden kann, ohne dass ein vertrauenswürdiger Dritter oder eine zentrale Einrichtung erforderlich wird.²

Automatisierung: Die digitale Natur des Registers erlaubt, dass Blockchain-Transaktionen mit Rechenlogik verknüpft und im Wesentlichen programmiert werden können.³ Die Nutzer können Algorithmen und Regeln aufstellen, die automatisch Transaktionen zwischen den Knoten auslösen.⁴ Dabei wird in der Literatur vor allem die Automatisierbarkeit von Prozessen durch Smart Contracts als eine weitere Charakteristik der Blockchain-Technologie genannt.⁵ Dies könnte zum Beispiel bedeuten, dass kürzere Transaktionszeiten möglich werden, da Drittakeure wegfallen können.⁶ Daher gilt die Blockchain-Technologie als ein entscheidender Wegbereiter für Innovationen, die die Zusammenarbeit von bestehenden Handelspartnern in einer Supply Chain verändern können.⁷

2.1.3 Klassifizierung von Blockchains in Blockchain-Typen

Zwar können Blockchains durch den großen Gestaltungsspielraum, den die Technologie aufweist, sehr unterschiedlich aussehen, jedoch haben sich zur Klassifizierung bestimmte Begrifflichkeiten durchgesetzt.⁸ In der Regel werden Blockchains nach dem Grad der Öffentlichkeit in *öffentliche Blockchains* und *private Blockchains* sowie nach dem Grad der Zugriffsbeschränkung in *genehmigungsbasierte Blockchains* und *genehmigungsfreie Blockchains* unterteilt.⁹ Darüber hinaus findet sich in der Literatur allerdings auch eine Einteilung in folgende drei Typen von Blockchains: *öffentliche Blockchain*, *private Blockchain* und *konsortiale Blockchain*.¹⁰ Für ein besseres Verständnis werden diese Blockchain-Typen näher beschrieben sowie anhand von Merkmalen die Unterschiede zwischen den Typen aufgezeigt.

¹ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 14.

² Vgl. MORABITO (2017), S. 22.

³ Vgl. IANSITI/LAKHANI (2017), o. S.

⁴ Vgl. IANSITI/LAKHANI (2017), o. S.

⁵ Vgl. u. a. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 33.

⁶ Vgl. MORABITO (2017), S. 13.

⁷ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 13.

⁸ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 11.

⁹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 2 f.

¹⁰ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 9; ZHENG ET AL. (2018), S. 357 f.

Öffentliche Blockchains: Diese Blockchains sind quelloffen und nicht genehmigungsba-
siert.¹ Dies bedeutet, dass jeder die öffentliche Blockchain-Technologie herunterladen und ei-
nen öffentlichen Knoten auf seinem lokalen Gerät betreiben kann.² Zudem können Akteure
Transaktionen innerhalb des Netzwerks validieren sowie ohne Genehmigung am Konsenspro-
zess teilnehmen.³ In öffentlichen Blockchains können daher meist alle Akteure teilnehmen
und die hinzugefügten Transaktionen einsehen.⁴

Konsortiale Blockchains: Konsortiale Blockchains werden in der Regel von einer Gruppe an
Akteuren verwaltet.⁵ Im Wesentlichen ist der Beitritt zum Blockchain-Netz beschränkt und
wird nur einer ausgewählten Gruppe von Knoten gewährt.⁶ Dies ist einer der Hauptunter-
schiede im Vergleich zu einer öffentlichen Blockchain, bei der jede Person mit Internetzugang
an der Überprüfung von Transaktionen und der Erstellung neuer Blöcke teilnehmen kann.⁷
Der Konsensprozess wird von einer vorab ausgewählten Gruppe von Knotenpunkten kontrol-
liert, sodass nicht zwingend alle Knoten einen Block validieren müssen.⁸ Das Recht, die
Blockchain zu lesen, kann öffentlich oder auf die Teilnehmer beschränkt sein.⁹

Private Blockchains: Eine private Blockchain wird als zentralisiertes Netzwerk betrachtet,
da sie vollständig von einer Organisation kontrolliert wird.¹⁰ Bei privaten Blockchains ist die
Schreibberechtigung für die Blockchain in der Regel zentral bei einer Organisation angesie-
delt.¹¹ Das Lesen der Blockchain kann (teilweise) öffentlich sein oder auf ausgewählte Ak-
teure beschränkt werden.¹² Eine private Blockchain ist fast immer eine genehmigte Block-
chain.¹³ Private Blockchains sind stark eingeschränkt.¹⁴ Der Mechanismus für die Zugangs-
kontrolle kann variieren, z. B. können bestehende Teilnehmer neue Mitglieder einladen.¹⁵

¹ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 9.

² Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 9 f.

³ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 10.

⁴ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 3. In der Regel sind diese Transaktionen anonym oder pseudo-anonym.
Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 10.

⁵ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 10.

⁶ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 10.

⁷ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 10.

⁸ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 10.

⁹ Vgl. MEINEL/GAYVORONSKAYA (2020), S. 57; OLSEN ET AL. (2019), S. 10.

¹⁰ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 10.

¹¹ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 10.

¹² Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 10.

¹³ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 10.

¹⁴ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 10.

¹⁵ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 10.

Vergleich der Blockchain-Typen

Ein Vergleich zwischen den verschiedenen Typen von Blockchains ist eine Herausforderung, zumal die Technologie noch nicht ausgereift ist und wichtige Klassifizierungskriterien noch nicht festgelegt sind.¹ An dieser Stelle erfolgt ein Vergleich zwischen den drei Blockchain-Typen auf Basis der sechs Kriterien *Konsensfindung*, *Leseberechtigung*, *Unveränderbarkeit*, *Effizienz*, *Grad der Zentralisierung* und *Zugang zum Konsensverfahren* gemäß OLSEN ET AL. (2019) sowie ZHENG ET AL. (2018).²

Konsensfindung: Die Konsensfindung bezieht sich auf die Validierung eines neuen Blocks.³ In einer öffentlichen Blockchain könnte jeder Knoten am Konsensverfahren teilnehmen.⁴ Bei einer Konsortial-Blockchain ist nur eine ausgewählte Gruppe von Knoten für die Validierung neuer Blöcke zuständig, in der Regel Knoten, denen eine bestimmte Form von Autorität oder Vertrauen gewährt wurde.⁵ Bei einer privaten Blockchain wird diese hingegen vollständig von einer Organisation kontrolliert, die den endgültigen Konsens festlegen kann.⁶

Leseberechtigung: Die Leseberechtigung bezieht sich auf die Sichtbarkeit der Transaktionen innerhalb der Blockchain.⁷ Bei einer öffentlichen Blockchain existiert keine Beschränkung für das Lesen der Transaktionen, sodass alle Akteure in einem Netzwerk Transaktionen einsehen können.⁸ Bei privaten Blockchains oder Konsortial-Blockchains ist die Leseberechtigung jedoch geregelt und kann auf verschiedene Weise gestaltet werden.⁹ So sind beispielsweise nur einige Transaktionen für alle sichtbar oder einige Transaktionen sind nur für bestimmte Akteure sichtbar.¹⁰ Die Bestimmung über die Leseberechtigung liegt bei den Organisationen, die die Blockchain verwalten.¹¹

Unveränderbarkeit: Unveränderbarkeit bezieht sich auf die Möglichkeit, dass Transaktionen oder Werte innerhalb der Blockchain verändert oder manipuliert werden können.¹² Öffentliche

¹ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 11.

² Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 11; ZHENG ET AL. (2018), S. 358. Die Bezeichnung der Vergleichskriterien wurde im Vergleich zu den Originalquellen teilweise abgeändert.

³ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 11.

⁴ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 11; ZHENG ET AL. (2018), S. 357.

⁵ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 11; ZHENG ET AL. (2018), S. 357.

⁶ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 11; ZHENG ET AL. (2018), S. 357.

⁷ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 11.

⁸ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 11.

⁹ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 11.

¹⁰ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 11.

¹¹ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 11; ZHENG ET AL. (2018), S. 357.

¹² Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 11.

Blockchains zeichnen sich häufig durch ein hohes Maß an Unveränderbarkeit aus, da die Transaktionen in verschiedenen Knoten des verteilten Netzwerks gespeichert werden, was es nahezu unmöglich macht, eine öffentliche Blockchain zu manipulieren.¹ Bei privaten und konsortialen Blockchains ist die Unveränderbarkeit gering, da die Mehrheit der Blockvalidierer bei Bedarf eine Blockchain rückgängig setzen oder ändern können.²

Effizienz: Die Effizienz bezieht sich auf die Art und Weise, wie der Datenfluss innerhalb des Netzwerks verteilt wird.³ Bei einer öffentlichen Blockchain dauert die Verbreitung von Transaktionen und Blöcken in der Regel länger, da mehr Knoten in einem Netzwerk existieren.⁴ Infolgedessen ist der Transaktionsdurchsatz begrenzt und die Latenzzeit⁵ hoch.⁶ Durch die geringere Anzahl an validierenden Knoten können konsortiale und private Blockchains eine höhere Effizienz aufweisen.⁷

Grad der Zentralisierung: Bei einem zentralisierten Netzwerk erfolgt die Kontrolle durch eine einzige Instanz, z. B. eine vertrauenswürdige Partei.⁸ Der Hauptunterschied zwischen den drei Typen von Blockchains besteht darin, dass eine öffentliche Blockchain vollständig dezentralisiert ist, sodass das Blockchain-Netzwerk nicht von einem einzelnen Akteur verwaltet oder kontrolliert wird.⁹ Eine öffentliche Blockchain ist ohne zentrale Instanz konzipiert und die Netzwerkteilnehmer treffen via Konsensmechanismus dezentral Entscheidungen, sodass das System sich selbst organisiert.¹⁰ Die Konsortial-Blockchain ist teilweise zentralisiert und die private Blockchain vollständig zentralisiert, da sie von einer einzigen Gruppe kontrolliert wird.¹¹ Im Gegensatz zu öffentlichen Blockchains sind dementsprechend Mitglieder, die die Blockchain kontrollieren, ähnlich wie bei einem zentralisierten System einem Risiko von Sicherheitsverletzungen ausgesetzt.¹²

¹ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 11; ZHENG ET AL. (2018), S. 357.

² Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 11; ZHENG ET AL. (2018), S. 357.

³ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 11.

⁴ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 11; ZHENG ET AL. (2018), S. 358.

⁵ Als Latenzzeit wird die Zeit zur Übertragung eines Datenpakets innerhalb eines Netzwerks bezeichnet. Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 18.

⁶ Vgl. ZHENG ET AL. (2018), S. 358.

⁷ Vgl. ZHENG ET AL. (2018), S. 358.

⁸ Vgl. OLSEN ET AL. 2019), S. 12.

⁹ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 12; ZHENG ET AL. (2018), S. 358.

¹⁰ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 3.

¹¹ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 12.

¹² Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 10.

Zugang zum Konsensverfahren: Der Zugang zur Teilnahme am Konsensverfahren kann je nach Blockchain-Typ eine Genehmigung erfordern.¹ Das Konsensverfahren bezieht sich auf den Prozess, bei dem neue Blöcke und ihre Transaktionen validiert und an die bestehende Blockchain angehängt werden.² Bei einer öffentlichen Blockchain kann sich jeder Knoten diesem Prozess anschließen.³ Es gibt keine anderen Zugangsvoraussetzungen als die Hardware, um den Validierungsmechanismus ausführen zu können.⁴ Dagegen ist die Teilnahme sowohl bei einer Konsortial-Blockchain als auch einer privaten Blockchain eingeschränkt, sodass Knoten eine Genehmigung benötigen.⁵ Blockchain-Systeme dieser Blockchain-Typen zeichnen sich daher durch eine geschlossene Gemeinschaft von Teilnehmern aus und werden in der Regel für spezifische Anwendungen entwickelt und betrieben.⁶

Tabelle 4 fasst die wesentlichen Unterschiede zwischen den drei Blockchain-Typen zusammen.

Vergleichskriterien	Blockchain-Typen		
	öffentliche Blockchain	konsortiale Blockchain	private Blockchain
Konsensfindung	alle Knoten	ausgewählte Knoten	ein Knoten
Leseberechtigung	öffentlich	öffentlich, teils öffentlich, eingeschränkt	öffentlich, teils öffentlich, eingeschränkt
Unveränderbarkeit	Änderungen nahezu unmöglich	Änderung mit einer Mehrzahl an Validierern möglich	Änderungen möglich
Effizienz	gering	hoch	hoch
Grad der Zentralisierung	nein	teilweise	ja
Zugang zum Konsensverfahren	genehmigungsfrei	genehmigungsbasiert	genehmigungsbasiert

Tabelle 4: Vergleich der Blockchain-Typen⁷

¹ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 12.

² Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 12.

³ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 12; ZHENG ET AL. (2018), S. 358.

⁴ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 12.

⁵ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 3; OLSEN ET AL. (2019), S. 12; ZHENG ET AL. (2018), S. 358.

⁶ Vgl. LEWRICK/DI GIORGIO (2018), S. 38.

⁷ Eigene Tabelle in Anlehnung an OLSEN ET AL. (2019), S. 11 f.; ZHENG ET AL. (2018), S. 358. Im Vergleich zu den Originalquellen enthält diese Tabelle teils abgeänderte Bezeichnungen der Vergleichskriterien.

Der Vergleich zwischen den Blockchain-Typen zeigt, dass sich private und konsortiale Blockchains in einigen Merkmalen sehr ähnlich sind. Häufig wird in der Literatur daher auf eine zusätzliche Unterscheidung zwischen privaten und konsortialen Blockchains verzichtet, so dass eine private Blockchain sowohl eine Einschränkung der Nutzung auf eine einzelne Organisation als auch ein Konsortium darstellen kann.¹ Im weiteren Verlauf der Analyse erfolgt keine Unterscheidung zwischen privaten und konsortialen Blockchains, wenn nicht speziell auf eine Unterscheidung hingewiesen wird, sodass beispielsweise eine „private-genehmigungsbasierte Blockchain“ sowohl eine Organisation als auch genehmigte Akteure umfassen kann.

¹ Vgl. u. a. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 11; GAUR/GAIHA (2020), o. S.; LEONG ET AL. (2019), S. 12; LEWRICK/DI GIORGIO (2018), S. 38.

2.2 Supply Chain Management im Lebensmittelbereich

2.2.1 Definition und Ziele des Supply Chain Managements

Eine *Supply Chain* stellt eine Wertschöpfungskette vom Rohstofflieferanten bis zum Endkunden dar, die aus Material- und Informationsflüssen¹ besteht.² Dabei werden sowohl Planungs- als auch Ausführungsprozesse untersucht.³ Häufig werden die Begriffe *Supply Chain* und *Lieferkette* sowie *Supply Chain Management* und *Lieferkettenmanagement* synonym verwendet.⁴ Auch wird zum Teil der Begriff der *Logistischen Kette* oder *Logistikkette* genutzt.⁵ Während der Schwerpunkt der Logistikkette in der Regel auf den (physischen) Tätigkeiten der Logistik liegt, deckt die Supply Chain hingegen auch die begleitenden Finanz- und Informationsflüsse⁶ ab.⁷ Der Begriff *Supply Chain* selbst kann darüber hinaus irreführend erscheinen.⁸ Denn durch die Betonung auf „Supply“ könnte der Eindruck entstehen, dass die bedeutenden Impulse von den Lieferanten als Versorgungsseite ausgehen.⁹ Allerdings ist vielmehr die Nachfrage (Demand) der Endkunden der Ausgangspunkt und der Kundennutzen steht im Mittelpunkt aller Aktivitäten.¹⁰ Zudem impliziert der Begriff der *Kette* (Chain), dass es jeweils nur einen Kunden und einen Lieferanten gibt, die zu beachten sind.¹¹ Der Begriff des *Netzes* würde hingegen besser passen, da in der Regel mehrere Lieferanten und Kunden existieren.¹² Abbildung 9 zeigt exemplarisch den Aufbau einer Supply Chain.

¹ Die Begriffe *Materialfluss*, *Warenfluss* und *Güterfluss* werden synonym verwendet.

² Vgl. BECKER (2008), S. 9.

³ Vgl. BECKER (2008), S. 9.

⁴ Vgl. BOLSTORFF ET AL. (2007), S. 7.

⁵ Vgl. BOLSTORFF ET AL. (2007), S. 7.

⁶ Die Begriffe *Wertfluss*, *Finanzfluss* und *Geldfluss* werden synonym verwendet.

⁷ Vgl. BOLSTORFF ET AL. (2007), S. 7.

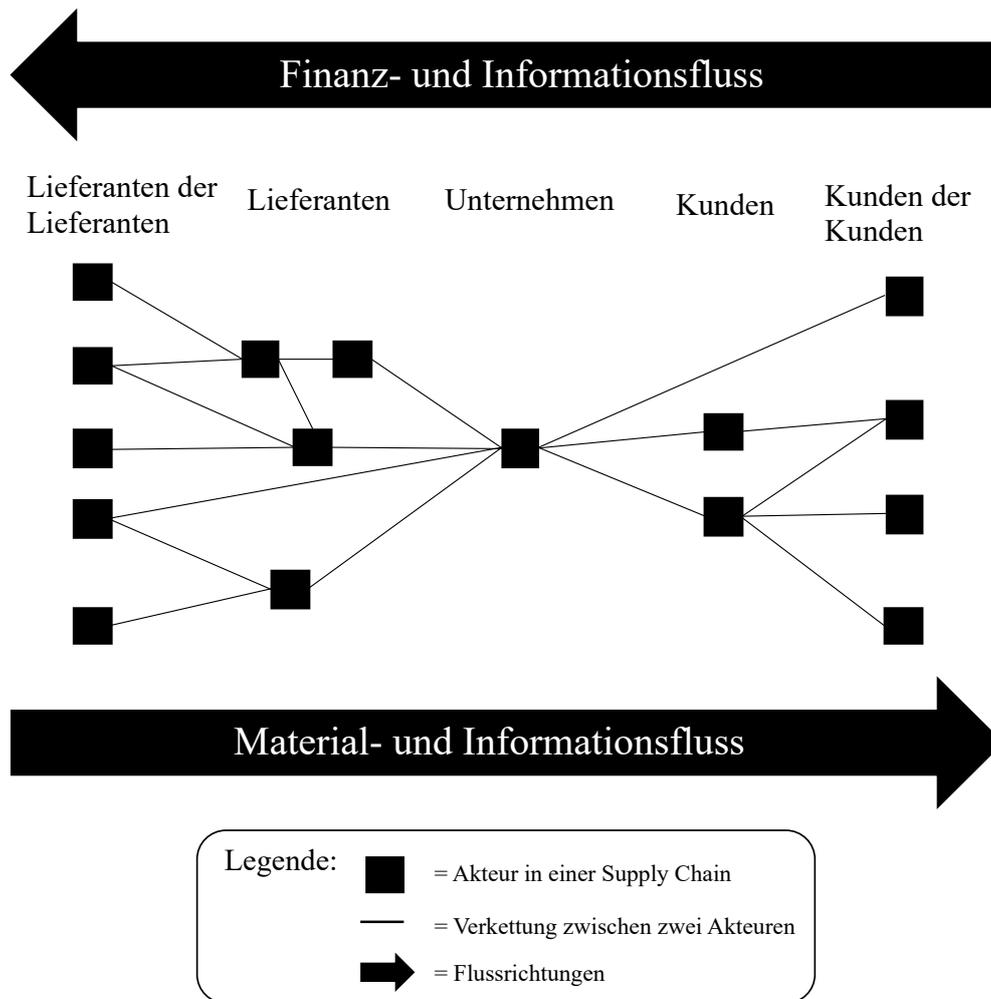
⁸ Vgl. ARNDT (2015), S. 29.

⁹ Vgl. ARNDT (2015), S. 29.

¹⁰ Vgl. ARNDT (2015), S. 29 f.

¹¹ Vgl. ARNDT (2015), S. 29.

¹² Vgl. ARNDT (2015), S. 29.

Abbildung 9: Exemplarischer Aufbau einer Supply Chain¹

Trotz der weiten Verbreitung und des Bekanntheitsgrades des Begriffs *Supply Chain Management* (SCM) ist eine klare Begriffsabgrenzung keinesfalls einfach.² Denn der Begriff des Supply Chain Managements wird mit verschiedenen Bedeutungen in Verbindung gebracht.³ In der betrachteten Fachliteratur zum Supply Chain Management finden sich zahlreiche unterschiedliche Definitionen des Supply Chain Managements (Tabelle 5).

¹ Eigene Darstellung in Anlehnung an ARNDT (2015), S. 30. Im Vergleich zur Originaldarstellung wurde eine Legende hinzugefügt. Zudem wird die Verknüpfung der Akteure in abweichender Form dargestellt.
² Vgl. POLUHA (2010), S. 36.
³ Vgl. POLUHA (2010), S. 36.

Autoren	Definitionen des Supply Chain Managements
ARNDT (2015)	„Supply Chain Management (SCM) ist die unternehmensübergreifende Koordination und Optimierung der Material-, Informations- und Wertflüsse über den gesamten Wertschöpfungsprozess von der Rohstoffgewinnung über die einzelnen Veredelungsstufen bis hin zum Endkunden mit dem Ziel, den Gesamtprozess unter Berücksichtigung der Kundenbedürfnisse sowohl zeit- als auch kostenoptimal zu gestalten.“
GÖPFERT (2004)	„Das Supply Chain Management bildet eine moderne Konzeption für Unternehmenszwecke zur Erschließung unternehmensübergreifender Erfolgspotenziale mittels der Entwicklung, Gestaltung und Lenkung effektiver und effizienter Güter-, Informations- und Geldflüsse.“
WANNENWETSCH (2021)	„Unter Supply Chain Management (SCM) wird die ganzheitliche Organisation und Steuerung des Material- bzw. Warenflusses sowie der dazugehörigen Informationen über alle Bereiche eines Unternehmens und grundsätzlich auch über alle Stufen der Lieferkette (Supply Chain) hinweg verstanden.“
WERNER (2017)	„Ein Supply Chain Management (Lieferkettenmanagement) reicht von der Source of Supply bis zum Point of Consumption. Es umfasst Material-, Informations- und Geldflüsse entlang der kompletten Wertschöpfungskette (Versorgung, Entsorgung, Recycling) und berücksichtigt zusätzlich die Beziehung der Akteure zueinander (Sozialebene der Supply Chain).“

Tabelle 5: Definitionen des Begriffs Supply Chain Management¹

Anhand der ausgewählten Definitionen aus Tabelle 5 lässt sich schlussfolgern, dass sich das Supply Chain Management mit der unternehmensübergreifenden Koordination und Optimierung von Material-, Informations- und Finanzflüssen über den gesamten Wertschöpfungsprozess in einer Supply Chain befasst. Dabei umfasst eine Supply Chain alle Akteure, die am Wertschöpfungsprozess von der Gewinnung des Rohstoffes über die einzelnen Veredelungsstufen bis hin zum Endkunden zusammenarbeiten.

Grundsätzlich dient das Supply Chain Management zum Aufbau einer effektiven und effizienten Supply Chain zur Erhaltung der Konkurrenzfähigkeit des Unternehmens.² Es wird im Hinblick auf die interne Supply Chain eine Optimierung der Material- und Informationsflüsse zwischen allen an der Wertschöpfungskette beteiligten Abteilungen angestrebt.³ Durch eine Verbesserung der Flüsse in einer Supply Chain im Rahmen des Supply Chain Managements wird das Ziel verfolgt, den Gesamtprozess unter Berücksichtigung der Bedürfnisse der Kunden sowohl kosten- als auch zeitoptimal zu gestalten.⁴ Eine Verbesserung der Material-,

¹ Eigene Tabelle; Zitate aus: ARNDT (2015), S. 29; GÖPFERT (2004), S. 32; WANNENWETSCH (2021), S. 489; WERNER (2017), S. 6.

² Vgl. WANNENWETSCH (2021), S. 489.

³ Vgl. WANNENWETSCH (2021), S. 489.

⁴ Vgl. ARNDT (2015), S. 29; POLUHA (2010), S. 35.

Informations- und Finanzflüsse ergibt sich unter anderem dadurch, dass die Schnittstellen und Flüsse zwischen den Lieferanten, dem eigenen Unternehmen und seinen Kunden verbessert werden.¹ Das Supply Chain Management beinhaltet Bemühungen, die sowohl die unternehmensinternen Prozesse als auch die unternehmensübergreifende Vernetzung mit Lieferanten und Kunden betreffen.² Hierbei sind Koordinations- und Integrationsaspekte besonders wichtig.³ Das Supply Chain Management ist für einige Unternehmen zu einem bedeutenden Instrument geworden.⁴ Ein Grund hierfür ist die anhaltende Globalisierung der Märkte und der verschärfte Wettbewerb, der unter anderem eine Optimierung von Supply Chains erfordert.⁵

Durch das Supply Chain Management sollen Unternehmen erfolgreich mit den Supply Chains der Wettbewerber konkurrieren können.⁶ Es konkurrieren nicht mehr einzelne Unternehmen gegeneinander, sondern es konkurrieren ganze Supply Chains.⁷ Hierbei ist für den Erfolg einer Supply Chain zu beachten, dass auch das schwächste Glied in der Supply Chain den Markterfolg mitbestimmt.⁸ Ein Unternehmen kann nur dann erfolgreich am Markt bestehen, wenn das Unternehmen mit seinen Supply-Chain-Partnern besser zusammenarbeitet als seine Konkurrenten.⁹ Eine Herausforderung für Unternehmen liegt demnach darin, dass die Daten der Supply-Chain-Partner kostengünstig und flexibel in die eigene Beschaffungs-, Produktions-, Absatz-, Distributions- und Transportplanung eingebunden werden.¹⁰ Unternehmen binden ihre Partner daher verstärkt in die Planung ein.¹¹ Zudem versuchen Unternehmen die Durchgängigkeit und Transparenz aller Geschäftsprozesse stetig zu erhöhen und Engpässe sowie Terminverschiebungen rechtzeitig zu erkennen, um diese beheben zu können.¹²

¹ Vgl. ARNDT (2015), S. 28 f.

² Vgl. WANNENWETSCH (2021), S. 489.

³ Vgl. WANNENWETSCH (2021), S. 489.

⁴ Vgl. WANNENWETSCH (2021), S. 489.

⁵ Vgl. WANNENWETSCH (2021), S. 489.

⁶ Vgl. POLUHA (2010), S. 4.

⁷ Vgl. ARNDT (2015), S. 29 f.

⁸ Vgl. POLUHA (2010), S. 2.

⁹ Vgl. ARNDT (2015), S. 30.

¹⁰ Vgl. POLUHA (2010), S. 3.

¹¹ Vgl. POLUHA (2010), S. 3.

¹² Vgl. POLUHA (2010), S. 3.

2.2.2 Food Supply Chains

Die vorliegende Dissertation untersucht das betriebswirtschaftliche Potenzial der Blockchain-Technologie im Hinblick auf einen Einsatz zur Rückverfolgung von Lebensmitteln im Supply Chain Management im Lebensmittelbereich. Hierfür ist es von Bedeutung, dass auch die Besonderheiten des Supply Chain Managements im Lebensmittelbereich genauer beschrieben werden.

Die globale Expansion der Lebensmittelbranche hat zu komplexen Kooperationsnetzen geführt, die Erzeuger, Zwischenhändler und Endverbraucher über große Entfernungen hinweg zusammenbringen.¹ Das Management von Supply Chains im Lebensmittelbereich umfasst eine Reihe von Rollen (z. B. Landwirte, Hersteller, Händler, Supermärkte) und Maßnahmen (z. B. Überwachung der Landwirtschaft, Zertifizierung der Lebensmittelqualität, Produkttransport und Verpackung), die die Qualität des Endprodukts erheblich beeinflussen.² Die Anzahl der Rollen und Maßnahmen und die Wechselwirkungen zwischen ihnen sind zahlreich und komplex.³ Die hohe Komplexität der Food Supply Chains und die Empfindlichkeit der behandelten Produkte erfordern zudem ein effizientes und transparentes Management.⁴

Eine Food Supply Chain umfasst in der Regel die Gewinnung landwirtschaftlicher Rohstoffe, die Primärproduktion pflanzlicher und/oder tierischer Erzeugnisse, die Verwendung landwirtschaftlicher Erzeugnisse in der Lebensmittelproduktion sowie den Absatz durch den Einzelhandel an Konsumenten⁵ oder den Absatz an die Gastronomie.⁶ Abbildung 10 zeigt ein vereinfachtes Strukturmodell, das die Stufen Landwirtschaft, Lebensmittelindustrie und Lebensmittelhandel beinhaltet.⁷

¹ Vgl. KATSIKOULI ET AL. (2021), S. 2175.

² Vgl. KATSIKOULI ET AL. (2021), S. 2175.

³ Vgl. KATSIKOULI ET AL. (2021), S. 2175.

⁴ Vgl. KATSIKOULI ET AL. (2021), S. 2175.

⁵ Die Begriffe *Konsument*, *Verbraucher*, *Endverbraucher*, *Endkunde* und *Endkonsument* werden im Rahmen der Dissertation synonym verwendet.

⁶ Vgl. SOMMER (2007), S. 126 f.

⁷ Die Unterscheidung zwischen diesen drei Stufen orientiert sich an WINZER/GOLDSCHMIDT (2015), S. 291.

Abbildung 10: Strukturmodell zum Lebensmittelbereich¹

Food Supply Chains können eine hohe Komplexität, Breite und Globalität aufweisen.² Zudem können sich Supply Chains im Lebensmittelbereich im Hinblick auf Anzahl der Akteure und Schritte beim Herstellungsprozess unterscheiden, wodurch auch die Komplexität der Rückverfolgbarkeit unterschiedlich ausfällt.³ Lebensmittel mit einer kurzen Supply Chain sind zum Beispiel Obst und Gemüse.⁴ Darüber hinaus existieren Lebensmittel mit einer längeren, aber einfachen Supply Chain, z. B. Kaffee und Tee.⁵ In diesen Supply Chains werden nach dem Anbau nur wenige Veredelungsprozesse benötigt.⁶ Letztlich gibt es auch Lebensmittel mit einer komplexen und langen Supply Chain.⁷ Hierzu zählen Schokolade oder Kekse, da diese sich aus verschiedenen Rohstoffen zusammensetzen sowie mehrere Produktionsstufen durchlaufen.⁸

Verfügbarkeit, Qualität, Frische und Vertrauenswürdigkeit von Lebensmitteln kommen eine hohe Bedeutung zu.⁹ In der Praxis werden Lebensmittelprodukte häufig nicht direkt an die Filialen eines Einzelhändlers geliefert, sondern ein umfassender Teil des Sortiments wird in einem Zentrallager oder wenigen Regionallagern gelagert.¹⁰ Die Lieferung an die Lager erfolgt hierbei entweder durch den Hersteller selbst oder durch einen Logistikdienstleister.¹¹ Auf diese Weise sollen Lebensmittelprodukte gebündelt und unter bestmöglicher Ausnutzung der Transportkapazitäten des Händlers an die Filialen ausgeliefert werden können.¹² Ferner besteht die Möglichkeit, dass der Einzelhandel in Kooperation mit einem Logistikdienstleister die Organisation der Beschaffung selbst übernimmt, um Transport- und Lagerungsprozesse

¹ Eigene Darstellung.
² Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 6.
³ Vgl. FTRACE GMBH (2018), S. 8.
⁴ Vgl. LOEW (2005), S. 30.
⁵ Vgl. LOEW (2005), S. 30.
⁶ Vgl. LOEW (2005), S. 30.
⁷ Vgl. LOEW (2005), S. 31.
⁸ Vgl. LOEW (2005), S. 31.
⁹ Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 476.
¹⁰ Vgl. NITSCHKE/FIGIEL (2016), S. 7.
¹¹ Vgl. NITSCHKE/FIGIEL (2016), S. 7.
¹² Vgl. NITSCHKE/FIGIEL (2016), S. 7.

besser koordinieren zu können.¹ Dadurch reduziert sich auch der Koordinationsaufwand für Hersteller, jedoch verlieren diese einen Verantwortungsbereich, was nicht immer erwünscht ist.² Die Beschaffung für Lebensmittelprodukte kann lokal oder global erfolgen.³ Mehrere Quellen für eine Zutat zu haben, die für den Betrieb kritisch ist, kann Risiken und Kosten senken, aber es macht die Rückverfolgung und Überprüfung der Lebensmittelsicherheit komplexer.⁴ Neue Technologien wirken sich zudem auf Food Supply Chains aus, indem sie die Art und Weise verändern, wie Lebensmittel bestellt, gekauft, gelagert, transportiert und produziert werden.⁵ Dabei haben Technologien zu sichereren Lebensmitteln, einer größeren Auswahl an Zutaten und neuen Transportinfrastrukturen beigetragen.⁶

¹ Vgl. NITSCHKE/FIGIEL (2016), S. 7 f.

² Vgl. NITSCHKE/FIGIEL (2016), S. 8.

³ Vgl. METCALFE (2019), S. 14.

⁴ Vgl. METCALFE (2019), S. 14.

⁵ Vgl. METCALFE (2019), S. 21.

⁶ Vgl. METCALFE (2019), S. 21.

3 Analyse der Einsatzmöglichkeiten von Blockchains zur Rückverfolgung von Lebensmitteln

3.1 Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains

In der Literatur finden sich mehrere Definitionen zum Begriff *Rückverfolgbarkeit*^{1,2} BERIT/OLSEN (2013) definieren Rückverfolgbarkeit als Fähigkeit des Zugriffs auf alle Informationen, die sich auf das zu prüfende Objekt beziehen, mit Hilfe von aufgezeichneten Identifizierungen über den gesamten Lebenszyklus.³ Gemäß ENGELSETH (2009) beinhaltet die Rückverfolgung von Lebensmitteln das Abrufen von Produktinformationen, die zuvor von Akteuren registriert wurden, die für bestimmte Schritte in der Supply Chain verantwortlich sind.⁴

Der Begriff *Rückverfolgbarkeit* ist von den Begriffen *Produktinformation* (z. B. Herkunft von Mineralwasser) und *Prozessinformationen* (z. B. Lagertemperaturen) insofern abzugrenzen, dass Rückverfolgbarkeit die Fähigkeit umfasst, diese Informationen zu einem späteren Zeitpunkt erneut abzurufen.⁵ Bezogen auf Food Supply Chains bedeutet Rückverfolgbarkeit daher, dass ein Lebensmittel, ein Futtermittel, ein lebensmittelproduzierendes Tier oder eine Substanz über alle Produktions- und Vertriebsstufen verfolgt werden kann (vgl. Abb. 11).⁶

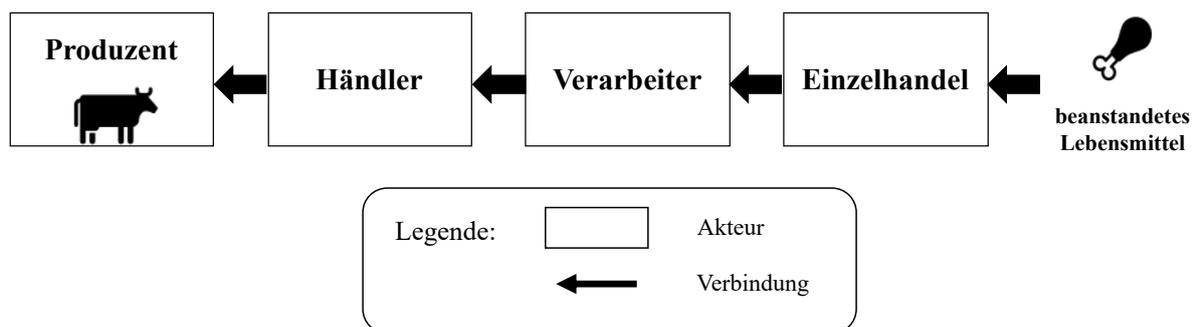


Abbildung 11: Rückverfolgung im Idealfall⁷

¹ Die Begriffe *Rückverfolgbarkeit* und *Rückverfolgung* werden in der vorliegenden Dissertation synonym für die Fähigkeit zur Rückverfolgung von Lebensmitteln entlang der Food Supply Chain verwendet.

² Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 3.

³ Vgl. OLSEN/BORIT (2013), S. 148.

⁴ Vgl. ENGELSETH (2009), S. 421.

⁵ Vgl. KARLSEN ET AL. (2010), S. 188.

⁶ Vgl. FOLINAS ET AL. (2006), S. 623.

⁷ Eigene Darstellung in Anlehnung an GRAU/WIENHOLD (2016), S. 7. Im Vergleich zur Originaldarstellung mit der Akteursbezeichnung *Einzelhandel* statt *Handel*. Zudem wurde eine Legende hinzugefügt.

Einer der wichtigsten Gründe für die Gewährleistung der Rückverfolgbarkeit von Lebensmitteln ist, dass Mängel bei Lebensmitteln ernsthafte Gesundheitsgefährdungen verursachen können.¹ Daher ist Rückverfolgbarkeit in Food Supply Chains insbesondere bei leicht verderblichen Lebensmitteln von Bedeutung, die einem raschen Verfall unterliegen (z. B. Käse).² Auch Verunreinigungen, wie beispielsweise durch Glassplitter oder Bakterien, können auftreten.³ Bei einer Verunreinigung stehen Lebensmittelunternehmen vor der Herausforderung, dass sie die Herkunft des Produkts nachweisen müssen.⁴ Hierfür ist eine lückenlose Dokumentation erforderlich, die angibt, aus welcher Charge ein Lebensmittelprodukt stammt, welche Lebensmittelprodukte in welchen Chargen enthalten sind sowie den Aufenthaltsort in der Supply Chain aufzeigt.⁵

Die jüngsten Entwicklungen in der Branche haben gezeigt, dass es notwendig ist, die Informationslücken zwischen den Mitgliedern der Food Supply Chain zu schließen, indem gemeinsame Strategien für den Informations- und Datenaustausch geschaffen werden.⁶ Lebensmittelkandale führten zu einer hohen Berichterstattung in Medien sowie einer Zunahme der Forderungen von Geschäftspartnern und Verbrauchern in Bezug auf die Rückverfolgbarkeit von Lebensmitteln.⁷ Infolgedessen wurden die Anforderungen an die Rückverfolgbarkeit in die nationale Gesetzgebung und in die Handelsnormen für Lebensmittelproduktion aufgenommen oder verstärkt.⁸ Die 2002 veröffentlichte *EU-Verordnung 178/2002* verpflichtet herstellende und verarbeitende Unternehmen von Futter und Lebensmitteln zur Sicherstellung der Rückverfolgung, sodass sie in der Lage sein müssen, jeden Akteur zu identifizieren, der Bestandteile für ihr Produkt geliefert oder Produkte erhalten hat.⁹

Lebensmittelunternehmen wird vom gesetzlichen Rahmen unter anderem die Gewährleistung der folgenden Aspekte vorgeschrieben:¹⁰

- Lebensmittelunternehmen müssen bei Wareneingängen den Vorlieferanten identifizierbar in einer geordneten Dokumentation erfassen;

¹ Vgl. GRAU/WIENHOLD (2016), S. 6.

² Vgl. MANIA ET AL. (2018), S. 31.

³ Vgl. ANONYM (2021), S. 244.

⁴ Vgl. ANONYM (2021), S. 244.

⁵ Vgl. ANONYM (2021), S. 244.

⁶ Vgl. FOLINAS ET AL. (2006), S. 631.

⁷ Vgl. OLSEN/BORIT (2013), S.142.

⁸ Vgl. OLSEN/BORIT (2013), S.142.

⁹ Vgl. EU-VERORDNUNG 178/2002 (2002).

¹⁰ Vgl. GRAU/WIENHOLD (2016), S. 5. Eine ausführlichere Beschreibung der Rahmenbedingungen und Anforderungen findet sich in GRAU/WIENHOLD (2016), S. 9 ff.

- eine Dokumentation der Warenausgänge an gewerbliche Abnehmer muss erfolgen;
- auf Verlangen von zuständigen Behörden müssen Informationen vorgelegt werden;
- Einhalten spezieller Kennzeichnungs- und Dokumentationspflichten zur Rückverfolgbarkeit, z. B. gentechnisch veränderter Lebensmittel.

Mit Hilfe der sichergestellten Rückverfolgbarkeit sollen Chargen schnell identifiziert werden.¹ Eine vollständige Rückverfolgbarkeit erfordert Informationen über den gesamten Lebenszyklus des Produkts.² Rückverfolgbarkeit von Produkten setzt zudem voraus, dass die Unternehmen über das Fachwissen verfügen, Informationen zur Produkthistorie abrufen zu können.³ Die in einem Teil der Supply Chain aufgezeichneten Informationen müssen demnach auch in einem späteren Teil der Supply Chain verfügbar sein.⁴ Informationen sind somit das zentrale Ressourcenobjekt bei der Rückverfolgung eines Produkts.⁵ Die Rückverfolgbarkeit dient als Beweis für einen vollständigen Informationsfluss zwischen den Lebensmittelunternehmern mit einem kontinuierlichen Datenaustausch.⁶

¹ Vgl. ANONYM (2021), S. 244.

² Vgl. FOLINAS ET AL. (2006), S. 626.

³ Vgl. ENGELSETH (2009), S. 421.

⁴ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 4.

⁵ Vgl. ENGELSETH (2009), S. 421.

⁶ Vgl. MANIA ET AL. (2018), S. 31.

3.2 Rückverfolgungssysteme in Food Supply Chains

Ein System zur Rückverfolgung ermöglicht es Anwendern, Produkte während der Produktion und des Vertriebs zu verfolgen.¹ Derartige *Rückverfolgbarkeitssysteme*² helfen sicherzustellen, dass die aufgezeichneten Informationen an anderer Stelle verfügbar sind und nicht verloren gehen.³ Ein integriertes Rückverfolgbarkeitssystem muss dazu in der Lage sein, Informationen zur Produktqualität und -herkunft sowie zur Verbrauchersicherheit zu speichern und zu kommunizieren.⁴ Auch muss ein Rückverfolgungssystem sowohl Mengen als auch Prozesse verfolgen können.⁵ Die Effizienz eines Rückverfolgbarkeitssystems hängt von der Fähigkeit ab, jedes einzelne Produkt und jede Vertriebseinheit (Logistik) so zu verfolgen, dass eine kontinuierliche Überwachung von der Primärproduktion (Ernte, Fang und Ausmusterung) bis zum Verkauf an den Verbraucher möglich ist.⁶ Ein Rückverfolgungssystem muss dabei einigen Regeln folgen, die festlegen, welche Daten auf jeder Stufe der Food Supply Chain gesammelt und übertragen werden müssen.⁷ Dies kann durch die Standardisierung der gesammelten Daten und der Struktur der Nachrichten, die für die Speicherung und Übertragung der Daten verwendet werden, erreicht werden.⁸ Ein Rückverfolgbarkeitssystem (z. B. für Milch) muss außerdem Informationen zur Herkunft und zur Verarbeitung von Lebensmitteln liefern, um den Rückruf einer bestimmten Charge zu erleichtern, wenn ein Problem festgestellt werden sollte.⁹

Unternehmen verfolgen mit dem Einsatz von Rückverfolgbarkeitssystemen drei wesentliche Ziele: Verbesserung der Lieferverwaltung, Förderung der Rückverfolgbarkeit zur Gewährleistung der Lebensmittelsicherheit und -qualität sowie Differenzierung und Vermarktung von Lebensmitteln mit nicht erkennbaren Qualitätsmerkmalen.¹⁰ Zu den potenziellen Vorteilen von Rückverfolgbarkeitssystemen zählen geringere Kosten und weniger Arbeitsaufwand aufgrund einer besseren Informationslogistik und einer geringeren internen Dateneingabe sowie

¹ Vgl. XU ET AL. (2019), S. 400.

² Die Begriffe *Rückverfolgbarkeitssystem*, *Rückverfolgungssystem* und *Rückverfolgbarkeitslösung* werden im Rahmen der Dissertation synonym verwendet.

³ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 4.

⁴ Vgl. FOLINAS ET AL. (2006), S. 631.

⁵ Vgl. MANIA ET AL. (2018), S. 20.

⁶ Vgl. FOLINAS ET AL. (2006), S. 624.

⁷ Vgl. FOLINAS ET AL. (2006), S. 624.

⁸ Vgl. FOLINAS ET AL. (2006), S. 624.

⁹ Vgl. MANIA ET AL. (2018), S. 22.

¹⁰ Vgl. AUNG/CHANG (2014), S. 174; CHHIKARA ET AL. (2018), S. 113.

eine bessere Integration elektronischer Systeme.¹ Darüber hinaus ermöglichen solche Rückverfolgbarkeitssysteme Zugang zu genaueren und zeitnäheren Informationen, um bessere Entscheidungen darüber zu treffen, wie und was produziert werden soll.² Auch bieten Rückverfolgbarkeitssysteme Wettbewerbsvorteile durch die Möglichkeit, wünschenswerte Produkteigenschaften zu dokumentieren, insbesondere in Bezug auf Nachhaltigkeit, Ethik und geringe Umweltauswirkungen.³ Des Weiteren dient die Rückverfolgung für Nachweise von Zertifizierungen, z. B. Halal-Zertifikate oder Zertifikate bezüglich des Verzichts auf Gentechnik.⁴ Die durchgehende Dokumentation aller wesentlichen Schritte eines Prozesses könnte zudem die Vermeidung von Fehlern unterstützen.⁵

Die Daten zur Rückverfolgung werden aus verschiedenen Unternehmensprozessen⁶ der Akteure einer Supply Chain generiert.⁷ Sie werden als strukturierter Inhalt (relationale Datenbanken), unstrukturierter Inhalt (einfacher Text) oder unstrukturierter Inhalt mit strukturierter Darstellung (HTML-Dateien) in vielen und unterschiedlichen Formen (Texte, Diagramme, Abbildungen, Tabellen etc.) gespeichert und präsentiert.⁸

Rückverfolgbarkeitsdaten können zudem in *statische Daten* und *dynamische Daten* unterteilt werden.⁹ *Statische Daten* beziehen sich auf Produktmerkmale, die sich nicht ändern können, z. B. Auslauf-/Fangdatum, Herkunftsland, Verfallsdatum oder Größe.¹⁰ *Dynamische Daten* beziehen sich auf Merkmale, die sich im Laufe der Zeit ändern können, während das Produkt auf dem Weg durch die Supply Chains den Besitzer wechselt, z. B. Los-/Chargennummer, Bestell-ID, Versanddatum, Geschmack oder Gehalt an chemischen Komponenten.¹¹

Ferner ist eine Unterteilung von Rückverfolgbarkeitsdaten in *obligatorische Rückverfolgbarkeitsdaten* und *optionale Rückverfolgbarkeitsdaten* möglich.¹² *Obligatorische Daten* zur Rückverfolgung müssen von allen Mitgliedern der Food Supply Chain gesammelt und archiviert werden, und die meisten von ihnen müssen an den Rest der Supply Chain weitergegeben

¹ Vgl. OLSEN/BORIT (2013), S.142. Einsparungen von Kosten erscheinen unter anderem möglich, indem Rückverfolgbarkeit zu einer kontinuierlichen Verbesserung führt und die Reklamationsquote verringert wird. Vgl. CHAVES/PETER (2018), S. 4.

² Vgl. OLSEN/BORIT (2013), S. 142.

³ Vgl. OLSEN/BORIT (2013), S. 142.

⁴ Vgl. ANONYM (2021), S. 244.

⁵ Vgl. CHAVES/PETER (2018), S. 4.

⁶ Die Begriffe *Unternehmensprozess* und *Geschäftsprozess* werden im weiteren Verlauf synonym verwendet. Eine Definition des Begriffs *Prozess* im Unternehmenskontext erfolgt in Kapitel 4.1.

⁷ Vgl. FOLINAS ET AL. (2006), S. 626.

⁸ Vgl. FOLINAS ET AL. (2006), S. 626.

⁹ Vgl. FOLINAS ET AL. (2006), S. 626.

¹⁰ Vgl. FOLINAS ET AL. (2006), S. 626 f.

¹¹ Vgl. FOLINAS ET AL. (2006), S. 627.

¹² Vgl. FOLINAS ET AL. (2006), S. 627.

werden.¹ *Optionale Daten* sind nützlich, um gesammelt und weitergegeben zu werden, sind jedoch nicht wesentlich für den effizienten Betrieb eines Rückverfolgbarkeitssystems.²

In Fällen von Supply Chains, in denen Lebensmittelprodukte Veränderungsvorgängen unterworfen sind, wie z. B. Schlachten und Zerlegen in der Fleischindustrie oder Melken und Pasteurisieren in der Milchindustrie, benötigt eine vollständige Rückverfolgbarkeit zudem Informationen über Tierzuchtverfahren, Chargenverteilung, Stücklisten- und Vertriebsinformationen.³ Im Gegensatz dazu erfordert die vollständige Rückverfolgbarkeit bei nicht verarbeiteten Produkten (z. B. Frischwaren) nur Informationen über die Aufzucht und den Vertrieb.⁴ FOLINAS ET AL. (2006) geben an, dass die Mindestanforderungen an Informationen für ein Rückverfolgungssystem die Produktlosnummer, die Produkt-ID, die Produktbeschreibung, die Lieferanten-ID, die Mengenmaße, die Maßeinheit (z. B. Kilo) und die Käufer-ID sind (vgl. Tabelle 6).⁵

erforderliche Daten	Datenbeschreibung	Eintragungsbeispiel
Chargennummer	Nummer oder Code zur eindeutigen Identifizierung der Charge des Produkts	Chargennummer, Produktionsnummer, Verpackungsdatum
Produkt-ID	Nummer oder Code zur eindeutigen Identifizierung der einzelnen Produktionseinheiten (bei Frischwaren)	Strichcode, RFID-Tag
Produktbeschreibung	Beschreibung des Produkts	2kg Orangenbeutel
Zulieferer-ID	Nummer oder Code zur eindeutigen Identifizierung des Unternehmens, das dieses Produkt verkauft	EAN, UCC, GLN
Quantität	Anzahl, Nettogewicht, Nettovolumen des Produkts	10, 500 g
Mengeneinheit	Beschreibung der Einheiten, in denen die Quantität eines Produkts gemessen oder ausgedrückt wird	Kilo (kg), Pfund, Dosen, etc.
Käufer-ID	Nummer oder Code zur eindeutigen Identifizierung des Käufers	EAN.UCC GLN, interne Kundennummer

Tabelle 6: Mindestanforderungen an Daten für Rückverfolgbarkeit⁶

Für die eindeutige Identifikation von Objekten ist es zudem erforderlich, dass ein physisches Objekt und seine Zustände (z. B. Ort) mit seinem digitalen Abbild verknüpft wird.⁷ Denn erst durch eine eindeutige Identifizierung und Zuordnung zu einem Auftrag lässt sich eine Sendung nachverfolgen.⁸ Hierfür haben sich bereits verschiedene Identifikationssysteme und -standards

¹ Vgl. FOLINAS ET AL. (2006), S. 627.

² Vgl. FOLINAS ET AL. (2006), S. 627.

³ Vgl. FOLINAS ET AL. (2006), S. 626.

⁴ Vgl. FOLINAS ET AL. (2006), S. 626.

⁵ Vgl. FOLINAS ET AL. (2006), S. 627.

⁶ Eigene Tabelle in Anlehnung an FOLINAS ET AL. (2006), S. 627.

⁷ Vgl. BOUSONVILLE (2017), S. 16.

⁸ Vgl. BOUSONVILLE (2017), S. 16.

für die eindeutige Kennzeichnung eines Objektes etabliert.¹ Unter anderem können Barcodes, Papiere, RFID-Tags oder am Computer erstellte Etiketten verwendet werden.² Traditionell werden vor allem Barcodes als Hauptkennzeichnung für Kisten, Paletten und Produkte eingesetzt.³ Im Hinblick auf die Identifikationsmittel erfordert die Verwendung von Barcodes jedoch erhebliche Arbeitskosten, da jeder Artikel in Sichtweite gescannt werden muss.⁴ Automatische Datenerfassungstechniken wie Strichcodes und RFID-Etiketten werden hingegen an Produkten oder Paletten in der gesamten Supply Chain eingesetzt.⁵ Diese bieten eine effiziente Möglichkeit zur Erfassung von Daten.⁶ Allerdings erfolgen RFID-Implementierungen derzeit vor allem unternehmensintern, um eine Automatisierung von Prozessen der Lagerverwaltung zu erzielen.⁷ Dabei werden diese lediglich von einem geringen Teil von Unternehmen eingesetzt.⁸ Auch bieten Hersteller landwirtschaftlicher Geräte und ähnliche Unternehmen die Datenerfassung für ausgewählte Aktivitäten auf dem Betrieb an.⁹ Zum Beispiel ermöglichen es moderne Traktoren den Landwirten, GPS- und Wetterdaten zu nutzen, um bestimmte Bereiche des Feldes für eine spezifische, relevante Behandlung genau anzusteuern.¹⁰ Sensoren zur Rückverfolgung sind auch in Containern zu finden und verfolgen Temperaturen und andere Ereignisse.¹¹ Dies hat dazu geführt, dass Investitionen in bessere Rückverfolgbarkeitssysteme über die Risikominderung und die Erfüllung der Anforderungen hinaus potenziell von Nutzen sind.¹² Ein Problem ergibt sich jedoch noch durch die mangelhafte Kompatibilität, da sich Daten bislang nicht sauber mit den gesammelten Daten von anderen Geräten zusammenfügen lassen.¹³

¹ Vgl. BOUSONVILLE (2017), S. 16.

² Vgl. FOLINAS ET AL. (2006), S. 624.

³ Vgl. KELEPOURIS ET AL. (2007), S. 185. CHAVES/PETER (2018) haben bei einer Befragung von Unternehmen festgestellt, dass vor allem alphanumerische Codes und Barcodes als Technik zur Kennzeichnung eingesetzt werden. Vgl. CHAVES/PETER (2018), S. 10.

⁴ Vgl. KELEPOURIS ET AL. (2007), S. 191. Die Höhe der Kosten hängt wiederum von der Ebene der Identifikation ab, auf der der Barcode angebracht wird, d. h. die Identifikation auf Kistenebene beinhaltet mehr Kosten als die auf Palettenebene. Vgl. KELEPOURIS ET AL. (2007), S. 191.

⁵ Vgl. GALVEZ ET AL. (2018), S. 228.

⁶ Vgl. KELEPOURIS ET AL. (2007), S. 191.

⁷ Vgl. KELEPOURIS ET AL. (2007), S. 185.

⁸ Vgl. CHAVES/PETER (2018), S. 10 f.

⁹ Vgl. METCALFE (2019), S. 43.

¹⁰ Vgl. METCALFE (2019), S. 43.

¹¹ Vgl. METCALFE (2019), S. 140.

¹² Vgl. OLSEN/BORIT (2013), S. 142.

¹³ Vgl. METCALFE (2019), S. 43.

3.3 Herausforderungen bei der Rückverfolgung von Lebensmitteln

Im vorherigen Kapitel wurde aufgezeigt, inwiefern eine Rückverfolgung von Lebensmitteln erforderlich ist und Rückverfolgbarkeitssysteme die Rückverfolgung von Lebensmitteln unterstützen können. Die Entwicklung von Systemen zur Rückverfolgbarkeit von Lebensmittelprodukten hat sich allerdings sowohl technisch als auch wirtschaftlich oftmals als große Herausforderung erwiesen.¹ Die Rückverfolgung in globalen Supply Chains wird durch verschiedene Herausforderungen erschwert, die zu Zeitverlusten, Kosten sowie Risiken führen können.² Unternehmen, Regierungen und Verbraucher sind häufig nicht in der Lage, die Bewegung eines Produkts entlang der gesamten Supply Chain umfassend zu erfassen, da von Unternehmen bislang oft nur verlangt wird, Daten über die Bewegung eines Produkts einen Schritt vorwärts und einen Schritt rückwärts aufzuzeichnen.³ Dies kann unter anderem erschweren, dass kontaminierte oder betrügerische Lebensmittelprodukte bis zu genau der Anlage zurückverfolgt werden können, die den Ausbruch verursacht haben könnte.⁴

Nachfolgend werden mehrere Herausforderungen hinsichtlich der Rückverfolgung von Lebensmitteln ermittelt sowie analysiert. Die ermittelten Herausforderungen bei der Rückverfolgung zeigen auf, welche Probleme bei der Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains bestehen können. Auch sind die ermittelten Herausforderungen für die Analyse der betriebswirtschaftlichen Potenziale der Blockchain-Technologie in späteren Kapiteln von Bedeutung, da eine Blockchain potenziell die Behebung der analysierten Herausforderungen unterstützen kann.

Hohe Komplexität der Food Supply Chains

Die zunehmende Größe und Komplexität von Food Supply Chains führt häufig zu einer geringeren Rückverfolgbarkeit.⁵ In der Realität existiert in Supply Chains selten eine Beziehung zu lediglich einem Lieferanten oder einem Kunden, sondern in der Regel bestehen Netzwerke aus mehreren Lieferanten und Kunden.⁶ Sollte die Ursache einer Beanstandung nicht im

¹ Vgl. ENGELSETH (2009), S. 421.

² Vgl. JENSEN ET AL. (2019), S. 223.

³ Vgl. TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 9.

⁴ Vgl. TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 9.

⁵ Vgl. KATSIKOULI ET AL. (2021), S. 2175.

⁶ Vgl. GRAU/WIENHOLD (2016), S. 7. Zum Beispiel kann ein Wurstverarbeitungsbetrieb das Fleisch von mehreren verschiedenen Schlachthöfen beziehen, welche wiederum ihre Lieferungen von einer Vielzahl an verschiedenen landwirtschaftlichen Betrieben erhalten. Vgl. GRAU/WIENHOLD (2016), S. 7.

verarbeitenden Betrieb liegen, sondern in einer der vorgelagerten Stufen der Supply Chain, lässt sich diese Ursache nur ermitteln, wenn jeder Betrieb eine Auskunft geben kann.¹ Die Anzahl der zu identifizierenden und zu untersuchenden Betriebe kann bei einer Beanstandung unter Umständen um ein Vielfaches anwachsen oder die Kette bricht komplett ab, weshalb eine schnelle und effiziente Rückverfolgung in der Praxis in vielen Fällen nicht mehr möglich ist (vgl. Abb. 12).²

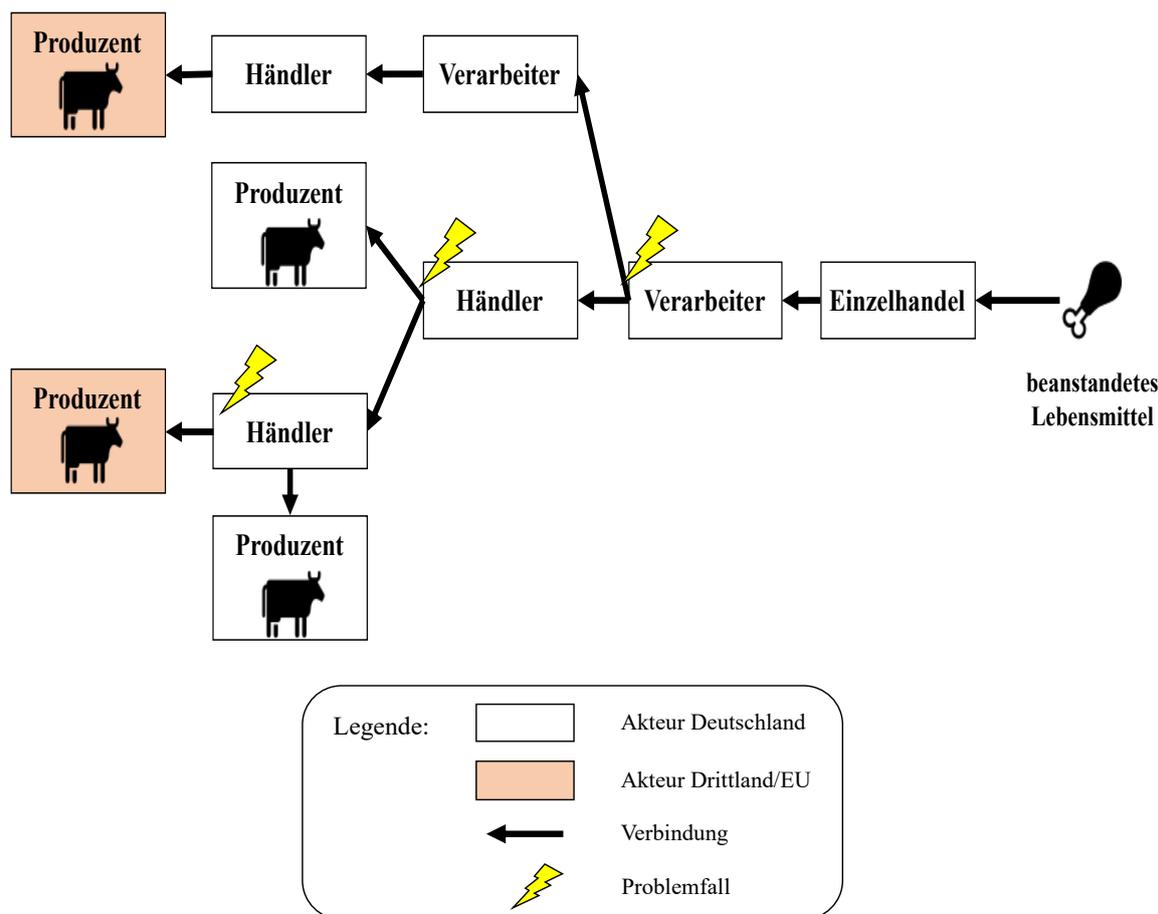


Abbildung 12: Beispielhafter Problemfall der Rückverfolgbarkeit³

Nutzung eigener IT-Systeme seitens der Organisationen

Eine weitere Herausforderung besteht darin, dass jede Organisation nur einen Teil der Rückverfolgung in einer Supply Chain abdeckt.⁴ Teilweise haben Akteure in Supply Chains bereits

¹ Vgl. GRAU/WIENHOLD (2016), S. 7.

² Vgl. GRAU/WIENHOLD (2016), S. 8.

³ Eigene Darstellung in Anlehnung an GRAU/WIENHOLD (2016), S. 8. Im Vergleich zur Originaldarstellung wird der Prozess mit weniger Akteuren sowie der Akteursbezeichnung *Einzelhandel* statt *Handel* abgebildet. Zudem enthält diese Darstellung eine erweiterte Legende.

⁴ Vgl. JENSEN ET AL. (2019), S. 223.

Dokumente digitalisiert und verwenden intern digitale Versionen der Dokumente, um die betriebliche Effizienz zu steigern.¹ Digitale Daten werden jedoch nur selten im Zusammenspiel mit anderen Teilnehmern der Supply Chain verwendet, sondern werden in der Regel lokal in den Geschäftsräumen der einzelnen Organisationen gespeichert.² Oftmals verfügt jede Organisation in einer Supply Chain über ein eigenes proprietäres IT-System zur Verfolgung des Dokumentenflusses, sodass Daten separat zu den Waren verschickt werden.³ Zudem fehlen oftmals Anreize oder Mechanismen für die gemeinsame Nutzung von digitalen Informationen, insbesondere weil ein Großteil der Informationen kommerziell sensibel ist und eine unangemessene gemeinsame Nutzung die Marktpreise beeinflussen oder zu illegalen Aktivitäten führen könnte.⁴ Informationen sind somit zwar vorhanden, werden aber nicht mit anderen Akteuren geteilt.⁵

Mangel an Standardisierung

Ein weiteres Risiko ist das Fehlen von einheitlichen Anforderungen und Standards für Informationen und Dokumente in Supply Chains.⁶ Selten existiert ein Standardweg innerhalb von Unternehmen, um zu definieren, wie Daten aussehen oder dargestellt werden sollen.⁷ Zudem können die Software-Anwendungen von Unternehmen zu Unternehmen in einer Food Supply Chain variieren.⁸

Ein Beispiel hierfür ist die oftmals uneinheitliche Datenlage bei Temperaturdaten, da die Anbieterlandschaft von Kühlanlagenherstellern sehr heterogen ist und zugleich kein Standard für die Übergabe von Temperaturmesswerten existiert.⁹ Je nach Hersteller werden die Temperaturverläufe unterschiedlich granular dokumentiert.¹⁰ Die Bereitstellung von Kühldaten erweist sich zudem als schwierig, da oft unterschiedliche Sensortechniken zum Einsatz kommen.¹¹ Die Methode zur Übergabe von Sensordaten kann von der Übergabe eines physischen

¹ Vgl. JENSEN ET AL. (2019), S. 224 f.

² Vgl. JENSEN ET AL. (2019), S. 223 f.

³ Vgl. JENSEN ET AL. (2019), S. 223.

⁴ Vgl. JENSEN ET AL. (2019), S. 224; LEHMANN ET AL. (2011), S. 135; LEONG ET AL. (2018), S. 33.

⁵ Vgl. LEHMANN ET AL. (2011), S. 135.

⁶ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 140; JENSEN ET AL. (2019), S. 223; LEONG ET AL. (2018), S. 23.

⁷ Vgl. FOLINAS ET AL. (2006), S. 626.

⁸ Vgl. FOLINAS ET AL. (2006), S. 626.

⁹ Vgl. FTRACE GMBH (2018), S. 11.

¹⁰ Vgl. FTRACE GMBH (2018), S. 11.

¹¹ Vgl. FTRACE GMBH (2018), S. 11. Auch findet eine dynamische Weiterentwicklung der Sensortechnik statt, sodass selbst beim gleichen Dienstleister sowohl ältere Techniken als auch neue Techniken zum Einsatz kommen können. Vgl. FTRACE GMBH (2018), S. 11.

Datenträgers (z. B. USB-Stick) bis zur mobilen Datenübertragung reichen.¹ Darüber hinaus sind Temperaturdaten zwar grundsätzlich digital vorhanden, jedoch häufig nicht in Echtzeit.² Dadurch kann die Frische eines Produktes nur zeitverzögert analysiert werden.³ Zudem kann angenommen werden, dass sich lediglich im Kühltransporter Temperatursensoren befinden, jedoch nicht direkt am Produkt oder der Versandeinheit (z. B. Palette).⁴ Dieser Mangel an Standards kann zu einer ungenügenden Integration von Daten zwischen den Teilnehmern der Supply Chain sowie zu unterschiedlichen Interpretationen von Dokumenten führen.⁵ Hierdurch erhöhen sich die Kosten der Datenverwaltung für jedes Unternehmen in der Supply Chain und die Fehleranfälligkeit.⁶

Unterschiede bei technologischen Kapazitäten

Rückverfolgbarkeitssysteme sind in Großunternehmen deutlich stärker verbreitet als in KMU.⁷ Dabei stellen begrenzte technologische Kapazitäten von Akteuren in der Supply Chain eine Herausforderung bei der Rückverfolgung von Lebensmitteln dar.⁸ Insbesondere am Anfang von Supply Chains sind gerade bei kleineren und mittleren Akteuren in der Supply Chain die technologischen Kapazitäten ein Hindernis für die Gewährleistung einer Rückverfolgbarkeit.⁹ Auch wird sowohl in großen als auch in kleineren Unternehmen oftmals noch Papier zur Dokumentation für die Rückverfolgung eingesetzt.¹⁰ Beim Versand werden daher weiterhin oftmals nicht nur Container bewegt, sondern auch mehr als 100 Dokumente, die sich auf die Waren beziehen.¹¹ Automatische Datenerfassungstechniken sind für Unternehmen in der Regel kostspielig, schwer zu implementieren und schwierig auf Volumen- und Massenartikel anzuwenden.¹² Papier gilt hingegen als eine kostengünstigere Option für die Rückverfolg-

¹ Vgl. FTRACE GMBH (2018), S. 11.

² Vgl. FTRACE GMBH (2018), S. 12.

³ Vgl. FTRACE GMBH (2018), S. 12.

⁴ Vgl. FTRACE GMBH (2018), S. 12.

⁵ Vgl. JENSEN ET AL. (2019), S. 224.

⁶ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 23.

⁷ Vgl. CHAVES/PETER (2018), S. 8. Bei einer Studie von CHAVES/PETER (2018) haben zwar 76 % aller Befragten angegeben, dass diese ein Rückverfolgbarkeitssystem einsetzen, jedoch lag der Anteil der KMU-Vertreter lediglich bei 33 %. Vgl. CHAVES/PETER (2018), S. 8.

⁸ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 23.

⁹ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 25 ff. Dies ist zum Beispiel bei Supply Chains für Thunfisch in Indonesien der Fall, da Fischereischiffe, Häfen und Anlandungszentren zu Beginn der Supply Chain mit wenig bis gar keiner aktuellen Technologie arbeiten. Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 25.

¹⁰ Vgl. AUNG/CHANG (2014), S. 182.

¹¹ Vgl. JENSEN ET AL. (2019), S. 224. Zu den wichtigsten Dokumenten gehören Konnossemente, Packlisten, Ursprungszeugnisse, Handelsrechnungen und Ausfuhrgenehmigungen. Vgl. JENSEN ET AL. (2019), S. 224.

¹² Vgl. GALVEZ ET AL. (2018), S. 228.

barkeit, obwohl es die Möglichkeit einschränkt, Daten genau zu ordnen, zu speichern und abzufragen, um Produkte zu identifizieren und zurückzuverfolgen.¹ Zwar wird Lebensmittelunternehmen eine Rückverfolgbarkeit für direkt angrenzende Akteure in der Supply Chain vorgeschrieben, jedoch wird nicht festgelegt, wie diese Regel umgesetzt werden muss.² Weite Teile einer Wertschöpfungskette sind auf Grund von Behörden an manuelle Prozesse gebunden, sodass sich Unternehmen oftmals auf eine manuelle Dateneingabe und eine papierbasierte Dokumentation verlassen müssen.³

Fehlende Verfügbarkeit von Informationen

Es können in aktuellen Supply Chains bei der Bereitstellung von Informationen Lücken auftreten, wenn bestimmte Informationen in der Informationsinfrastruktur noch nicht verfügbar sind.⁴ So können Informationen an verschiedenen Stellen in einer Supply Chain benötigt werden, z. B. Indikatoren zur Lebensmittelsicherheit.⁵ Auch kann die Aufbewahrung relevanter Dokumente außerhalb des Betriebes ein Problem darstellen, da häufig derartige Dokumente nicht vor Ort aufbewahrt werden, sondern sich beispielsweise in einem Steuerbüro befinden.⁶

Zudem kann der Fall eintreten, dass Dokumente von mehreren Parteien in der Supply Chain aktualisiert werden müssen.⁷ Denn Supply Chain Management kann im Allgemeinen zu einer großen Menge an doppelten Daten und einem hohen Aufwand bei der Verfolgung und dem Abgleich von Daten für eine einzelne Transaktion führen.⁸ Viele Parteien erhalten am Ende Kopien derselben Dokumentation (z. B. Zertifizierungen, Transportaufträge, Frachtbriefe, Paletten, Ladungen usw.) und die Gefahr besteht, dass die Daten nicht mehr synchronisiert werden.⁹ Es wird dann schwierig, die Originalversionen zu identifizieren oder die Genauigkeit der enthaltenen Informationen zu entziffern.¹⁰ In vielen Fällen erfolgen diese Abstimmungs-

¹ Vgl. AUNG/CHANG (2014), S. 181.

² Vgl. KATSIKOULI ET AL. (2021), S. 2177.

³ Vgl. DHL (2018), S. 12.

⁴ Vgl. LEHMANN ET AL. (2011), S. 135.

⁵ Vgl. LEHMANN ET AL. (2011), S. 131. Zum Beispiel werden in Supply Chains für Schweinefleisch Informationen über Laborergebnisse und Futtermittelzusätze bei der Futtermittelproduktion, der Schweineproduktion und der Schlachtung/Verarbeitung benötigt. Informationen zur Tiergesundheit und zur Medikation/Impfung von Schweinen werden bei der Schweineproduktion, der Schlachtung/Verarbeitung und im Einzelhandel benötigt. Vgl. LEHMANN ET AL. (2011), S. 131.

⁶ Vgl. GRAU/WIENHOLD (2016), S. 2.

⁷ Vgl. JENSEN ET AL. (2019), S. 224.

⁸ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 6.

⁹ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 6.

¹⁰ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 7.

prozesse weiterhin manuell und papierbasiert.¹ Durch den erforderlichen Abgleich von Daten können für Unternehmen Risiken und zusätzliche Kosten entstehen, wenn Dokumente nicht mehr synchronisiert werden, was zu potenziellen Streitigkeiten oder Schwierigkeiten bei der Nachverfolgung von Informationen führt.² Letztlich können Informationen auch grundsätzlich verfügbar sein, jedoch den tatsächlichen Anforderungen nicht ausreichend entsprechen.³

Vermischen von Chargen

Eine Rückverfolgung kann grundsätzlich auch bei einem Vermischen von Chargen sichergestellt werden.⁴ Allerdings kann das Vermischen verschiedener Chargen im Herstellungsprozess eine genaue Rückverfolgung zumindest erschweren, z. B. bei der Verarbeitung von Thunfisch, Shrimps oder Rindfleisch.⁵ Speziell die Rückverfolgung von flüssigen Materialien zeigt mehrere kritische Probleme in Zusammenhang mit der Notwendigkeit der Lagerung in Tanks, die während des Produktionsprozesses zusammengeführt werden, z. B. bei Milch.⁶ Eine Rückverfolgung wird außerdem erschwert, wenn eine Charge für mehrere Endprodukte in verschiedenen Industriezweigen (Mehl, Öl etc.) verwendet wird.⁷ Zudem kann der Fall eintreten, dass bereits hergestellte Produkte in einem anderen Produkt weiterverarbeitet werden, sodass ohne Dokumentation die Rückverfolgung bereits innerhalb des Betriebs kaum durchführbar ist.⁸ Auch wird die Rückverfolgung von Lebensmitteln durch das Entfernen und Entsorgen der Umverpackung von Lebensmitteln mit relevanten Kennzeichnungselementen (z. B. Hersteller oder Chargennummer) erschwert.⁹

Fehler durch manuelle Dokumentation

Von Menschen erfasste Informationen können subjektiv, unzuverlässig sowie anfällig für Betrug sein.¹⁰ Auch kann ungenügend geschultes Personal zu Problemen bei der Rückverfolgung

¹ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 7.

² Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 32.

³ Vgl. LEHMANN ET AL. (2011), S. 135.

⁴ Vgl. ANONYM (2021), S. 244.

⁵ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 24 ff.

⁶ Vgl. MANIA ET AL. (2018), S. 22.

⁷ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 34. Soja wird bei den Zwischenhändlern zusammengeführt und in Getreidesilos gelagert, bevor es in einem großen Transportschiff erneut zusammengeführt wird. Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 34.

⁸ Vgl. GRAU/WIENHOLD (2016), S. 7.

⁹ Vgl. GRAU/WIENHOLD (2016), S. 2.

¹⁰ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 48.

führen, da Mitarbeiter oft keine Einsicht in die Notwendigkeit zur Rückverfolgung haben.¹ Es kann daher im Beanstandungsfall sogar eher die Bereitschaft zur Entsorgung des gesamten Warenbestandes bestehen, um auf diese Weise eine chargengenaue Rückverfolgbarkeit zu vermeiden.²

¹ Vgl. GRAU/WIENHOLD (2016), S. 2.

² Vgl. GRAU/WIENHOLD (2016), S. 2.

3.4 Einsatz von Blockchains zur Rückverfolgung von Lebensmitteln

3.4.1 Rückverfolgung mit Hilfe einer Blockchain

Nachdem in den vorherigen Unterkapiteln die Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains sowie dabei auftretende Herausforderungen betrachtet wurden, wird in diesem Kapitel untersucht, wie die Blockchain-Technologie von Unternehmen in Food Supply Chains zur Rückverfolgung von Lebensmitteln eingesetzt werden könnte. Die Einsatzmöglichkeiten bilden insbesondere einen Ausgangspunkt für die nachfolgende Analysen im Hinblick auf Geschäftsprozessinnovation in Kapitel 4 sowie der Analyse von Nutzen, Kosten, Chancen und Risiken in Kapitel 5.

Abbildung 13 zeigt exemplarisch den Aufbau einer möglichen Food Supply Chain für Fleisch sowie wichtige Datenelemente¹ für die Rückverfolgung von Lebensmitteln. Wie anhand der Abbildung deutlich wird, besteht eine Food Supply Chain aus mehreren Akteuren, Prozessstufen und wichtigen Datenelementen.² Bei jedem Akteur entstehen Datenelemente, die für die Rückverfolgung des Lebensmittels von Bedeutung sind.³ Zum Beispiel sind beim Ferkelzüchter unter anderem die Datenelemente *Geburtsort*, *Geburtsdatum* sowie *Chargennummer* zu berücksichtigen.⁴ Bei der Rückverfolgung in Food Supply Chains verwenden Unternehmen zudem oftmals eigene IT-Systeme.⁵

¹ Die Begriffe *Daten* und *Datenelemente* werden im weiteren Verlauf der Dissertation synonym verwendet.

² Vgl. GS1 GERMANY GMBH (2015), S. 9.

³ Vgl. GS1 GERMANY GMBH (2015), S. 9.

⁴ Vgl. GS1 GERMANY GMBH (2015), S. 9.

⁵ Vgl. JENSEN ET AL. (2019), S. 223 f. Herausforderungen bei der Rückverfolgung auf Grund eigener IT-Systeme seitens der Organisationen werden in Kapitel 3.3 betrachtet.

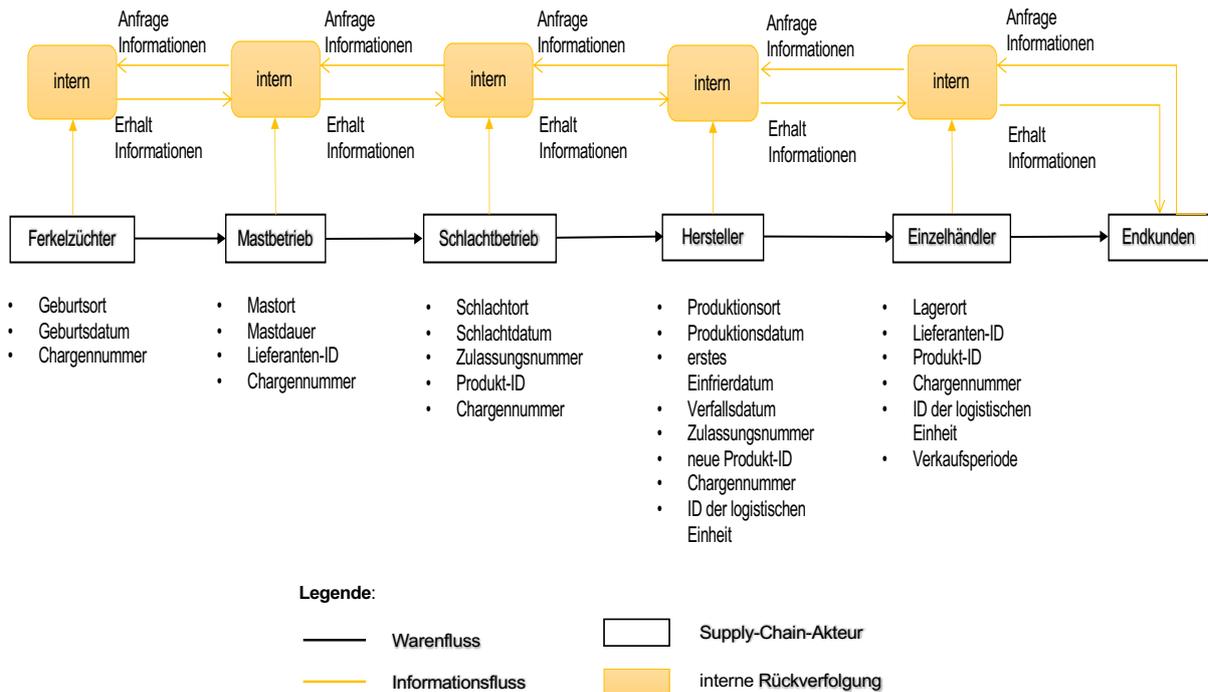


Abbildung 13: Modell einer Supply Chain von Frischfleisch ohne Blockchain¹

Eine Blockchain erlaubt es Akteuren, eine Plattform für den sicheren und effizienten Austausch von Daten über die gesamte Supply Chain vom Erzeuger bis zum Endkunden einzurichten.² Akteure in Food Supply Chains können hierfür zur Sicherstellung der Rückverfolgbarkeit entsprechende Informationen auf einer Blockchain hinterlegen, z. B. Tiergesundheit, Standort, Alter, Geschlecht, Produktionskosten.³ Auch können Daten zur Zeit (Schlachtdatum, Zeit im Transit, Verfallsdaten) sowie exportbezogene Bescheinigungen (z. B. Gesundheits- und Herkunftslandbescheinigungen) aufgezeichnet werden.⁴ Endkunden am Ende der Supply Chain haben dann die Möglichkeit, beispielsweise durch Scannen von QR-Codes, die hinterlegten Daten zu einem Produkt abzurufen.⁵ Abbildung 14 veranschaulicht, wie das vorherige Modell einer Food Supply Chain mit einer Blockchain aussehen könnte.

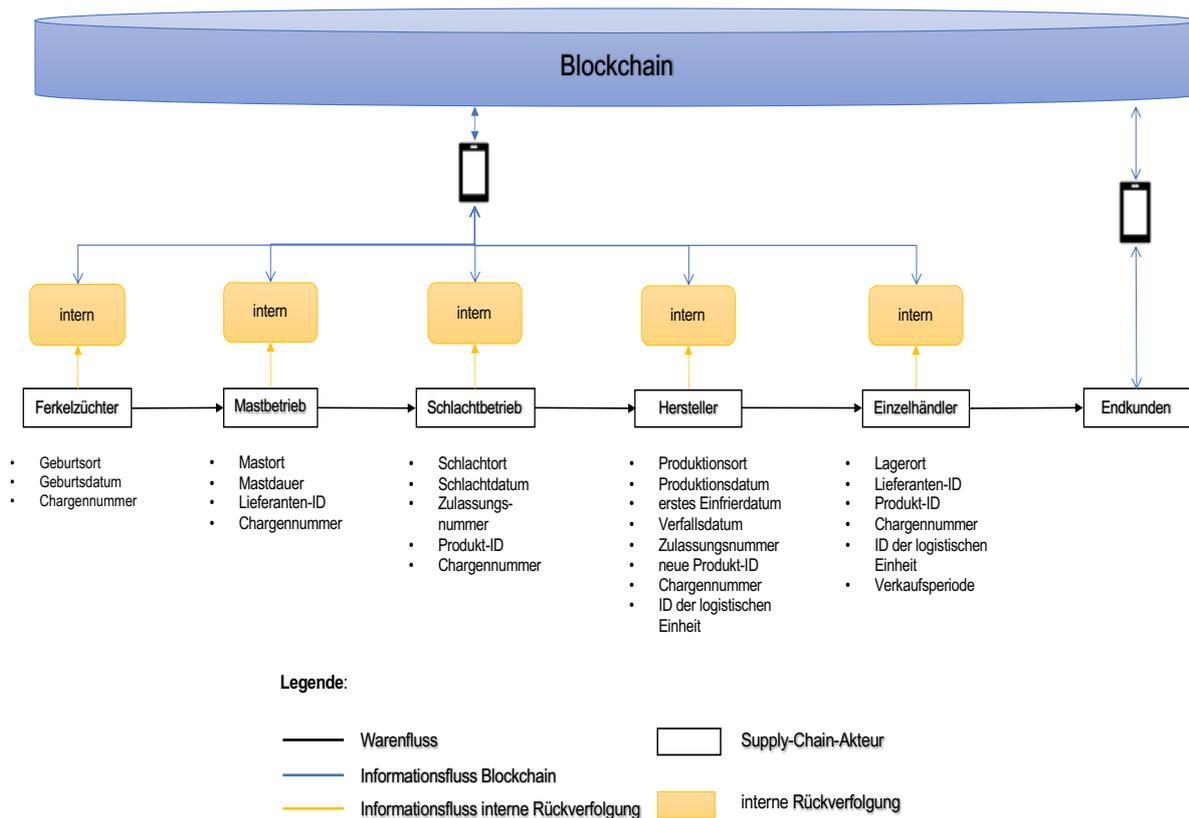
¹ Eigene Darstellung in Anlehnung an AUNG/CHANG (2014), S. 180; GS1 GERMANY GMBH (2015), S. 9. Die Darstellung der Food Supply Chain setzt sich aus Bestandteilen der angeführten Quellen zusammen. Der grundlegende Aufbau mit interner Rückverfolgung der Akteure ist angelehnt an AUNG/CHANG (2014), S. 180. Die Akteure und Datenelemente sind in abweichender Form angelehnt an GS1 GERMANY GMBH (2015), S. 9.

² Vgl. CHRISTIANSEN (2019), S. 28.

³ Vgl. TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 8.

⁴ Vgl. TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 8.

⁵ Vgl. TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 8.

Abbildung 14: Modell einer Supply Chain von Frischfleisch mit Blockchain¹

Mithilfe der Vernetzung der Akteure in Food Supply Chains und der Verbindung der verschiedenen Einheiten durch den gemeinsamen Zugriff auf andere Daten könnte ein Echtzeit-Überblick über den Status der Lebensmittel während der logistischen Prozesse erreicht werden.² Dadurch wird ermöglicht, dass Akteure die benötigten Informationen an einem Ort abrufen können, anstatt mit entsprechenden Lieferanten oder Käufern kommunizieren zu müssen.³ Die Blockchain-Technologie könnte somit die gemeinsame Nutzung von Daten fördern, wodurch die Rückverfolgung von Produkten über mehrere Partner, Standorte und Einrichtungen unterstützt wird.⁴ Akteure in einer Supply Chain können dadurch die Bewegung des Produkts auf jeder Stufe der Supply Chain identifizieren und untersuchen.⁵ Zudem können Smart Contracts eingesetzt werden, um Regeln und Prozesse automatisch zu überwachen.⁶

¹ Eigene Abbildung in Anlehnung an AUNG/CHANG (2014), S. 180; GS1 GERMANY GMBH (2015), S. 9; TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 8; YUWONO (2019), o. S. Die Darstellung der Food Supply Chain setzt sich aus Bestandteilen der angeführten Quellen zusammen. Der grundlegende Aufbau mit interner Rückverfolgung der Akteure ist in abgeänderter Form angelehnt an AUNG/CHANG (2014), S. 180. Akteure und Datenelemente sind in abweichender Form angelehnt an GS1 GERMANY GMBH (2015), S. 9. Die Abbildung der Speicherung von aufgezeichneten Daten in eine Blockchain ist in abgeänderter Form angelehnt an TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 8 und YUWONO (2019), o. S.

² Vgl. RYAN (2019), o. S.

³ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 8.

⁴ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 8.

⁵ Vgl. TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 7.

⁶ Vgl. SCHÜTTE ET AL. (2017), S. 24.

Eine traditionelle Datenbank ist zwar ebenfalls in der Lage, wichtige Informationen zu speichern, jedoch sind klassische Datenbanken in der Regel zustandsbasiert, d. h. sie speichern den aktuellen Zustand oder Wert der Daten.¹ In einer Blockchain-Implementierung² wird hingegen nicht der Zustand der einzelnen Variablen gespeichert, sondern alle Transaktionen, die zu diesem Zustand geführt haben.³ Transformationen in einer Food Supply Chain sind ähnlich wie Transaktionen, daher besteht die Chance, dass sich die Blockchain-Technologie besonders gut für die Speicherung von Daten eignet, die sich auf die Rückverfolgbarkeit von Lebensmitteln (oder Produkten) beziehen.⁴ Zum Beispiel würde in einer herkömmlichen Datenbank bei einem Futtersilo die aktuelle Menge und Art des Futters gespeichert werden, während eine Blockchain-Implementierung nicht die aktuelle Menge an Futtermitteln speichert, sondern die gesamte Liste der Transaktionen in und aus dem Silo.⁵ Demnach wäre die gespeicherte aktuelle Futtermenge in einer herkömmlichen Datenbank eine unbegründete Behauptung, während bei einer Blockchain-Implementierung der aktuelle Futtermittelstand durch Durchsicht aller aufgezeichneten Transaktionen berechnet würde, was dem angegebenen Futtermittelstand mehr Transparenz und Integrität verleiht.⁶ Eine Implementierung der Blockchain-Technologie scheint sich daher zur Behebung von Problemen bei der Rückverfolgbarkeit eignen.⁷

Damit diese Transaktionen fälschungssicher sind, muss eine unveränderliche Verbindung zwischen der Blockchain und dem realen Produkt hergestellt werden.⁸ Es gibt dabei mehrere Möglichkeiten, diese herzustellen.⁹ Informationen lassen sich unter anderem durch menschlichen Eintrag, einen automatisierten Prozess oder eine Technologie auf die Blockchain-Plattform speichern.¹⁰ So können Nutzer bei der Blockchain-Lösung *IBM Food Trust* auf verschiedene Art und Weisen in eine Blockchain integrieren, z. B. lassen sich Daten unter anderem manuell registrieren, automatisch Daten aus SAP integrieren oder es können XML-Templates integriert werden.¹¹ Insbesondere die Nutzung von Identifikations- und Informationstechnologien (z. B. ERP- und Monitoring-Systeme) könnte wichtig sein, um Transparenz in einer Supply

¹ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 24.

² Unter dem Begriff *Blockchain-Implementierung* wird eine implementierte Blockchain oder der Vorgang einer Implementierung einer Blockchain verstanden. Bei einer implementierten Blockchain wird der Begriff synonym zu den Begriffen *Blockchain-Anwendung* und *Blockchain-Lösung* verwendet.

³ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 24.

⁴ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 24.

⁵ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 24.

⁶ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 24.

⁷ Vgl. KEHOE ET AL. (2017), S. 3.

⁸ Vgl. TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 7.

⁹ Vgl. TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 7.

¹⁰ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 8. Ein Beispiel für eine Technologie wäre ein Eintrag durch einen automatischen Sensor, der die Temperatur in einem Transportwagen misst. Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 8.

¹¹ Vgl. IBM (2020), S. 8.

Chain von Lebensmitteln zu gewährleisten.¹ Unternehmen können außerdem für die Herstellung einer Verbindung von Produkt und Daten unter anderem auf QR-Codes auf der Produktverpackung sowie RFID-Tags zurückgreifen.²

Eine Blockchain könnte dadurch Unternehmen in Food Supply Chains bei der Rückverfolgung des Produkts, der Identifizierung aller daran beteiligten Lieferanten sowie der damit verbundenen Produktions- und Versandchargen und einem effizienten Rückruf des Produkts unterstützen.³ Wenn ein Produkt verderblich ist (wie z. B. Frischwaren), können die beteiligten Unternehmen mit Hilfe der Blockchain die Qualität automatisch überwachen: Ein Kühlcontainer, der mit einem IoT-Gerät (Internet of Things) zur Überwachung der Temperatur ausgestattet ist, kann alle verdächtigen Schwankungen in der Blockchain aufzeichnen.⁴ Ein Beispiel für den Einsatz einer Blockchain bietet die Food Supply Chain für Thunfisch.⁵ In diesem Fall durchlaufen gefangene Thunfische verschiedene Akteure in einer Supply Chain vom Fang bis zum Verkauf an den Endverbraucher.⁶ Zu den Akteuren einer Supply Chain zählen Fischereischiffe, Häfen, Verarbeitungsanlagen sowie Exporteure.⁷ Ein Einsatz der Blockchain könnte in einer solchen Supply Chain stattfinden, indem beim Fischfang jedes Fangboot mit GPS und Satelliten-Kommunikation verfolgt wird.⁸ Die Fischer bringen einen RFID-Tag an den gefangenen Fischen an und scannen und speichern die Informationen mit Hilfe von Handheld-Geräten in die Blockchain, wodurch eine manipulationssichere Spur entstehen soll.⁹ Jeder gefangene Fisch erhält einen RFID-Tag und somit eine Identität.¹⁰ Dieser RFID-Tag hat die Form eines Stiftes und kann an einer Stelle am Fisch angebracht werden, die im weiteren Verarbeitungsprozess entfernt wird.¹¹ Auf dem RFID-Tag lassen sich von Algorithmen gesammelte Informationen speichern, z. B. der Ort des Fischfangs oder der Name des Fangboots.¹² Wenn der Fisch bei der weiteren Verarbeitung zerteilt und verpackt wird, können die Daten in QR-Codes übertragen werden, um jedes einzelne Filet dem ursprünglichen Fisch zuzuordnen.¹³

¹ Vgl. NITSCHÉ/FIGIEL (2016), S. 16.

² Vgl. TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 7 f.

³ Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S.

⁴ Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S.

⁵ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 23.

⁶ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 23.

⁷ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 24.

⁸ Vgl. VON BLAZEKOVIĆ (2019), o. S.

⁹ Vgl. PAI ET AL. (2018), S. 15.

¹⁰ Vgl. VON BLAZEKOVIĆ (2019), o. S.

¹¹ Vgl. VON BLAZEKOVIĆ (2019), o. S.

¹² Vgl. VON BLAZEKOVIĆ (2019), o. S.

¹³ Vgl. VON BLAZEKOVIĆ (2019), o. S.

Der Endverbraucher kann durch ein Scannen des QR-Codes mit dem Smartphone die Informationen beim Einkaufen im Supermarkt abrufen.¹

Auch bietet IBM mit *IBM Food Trust* eine Blockchain-Lösung für nachhaltige Supply Chains von Lebensmitteln an, bei der Unternehmen zwischen verschiedenen Optionen zur Gestaltung der Blockchain wählen können, z. B. zum Verfolgen der Lebensmittel oder zur Kontrolle der Effizienz in der Supply Chain.² Der Zugriff auf die Daten lässt sich ebenfalls unterschiedlich gestalten, z. B. kann bestimmt werden, dass alle Mitglieder von *IBM Food Trust* ohne Beschränkung auf die Daten zugreifen können oder nur Organisationen Daten einsehen können, die in einem Dokument explizit ausgewählt wurden oder denen Zugriff gewährt wird.³ Auch lassen sich Dokumente mit Geschäftstransaktionen verknüpfen, sodass nur die involvierten Parteien Zugriff erhalten.⁴

3.4.2 Eignung von Blockchain-Typen zur Rückverfolgung von Lebensmitteln

Genehmigungsbasierte und genehmigungsfreie Blockchain-Lösungen verfügen über ihre eigenen Stärken und Schwächen in Bezug auf spezifische Anforderungen.⁵ Bei der Auswahl ist unter anderem von Bedeutung, für welchen Nutzerkreis die Blockchain konzipiert wird, welche Daten verarbeitet werden sollen und wie die wirtschaftlichen sowie rechtlichen Rahmenbedingungen für den Blockchain-Betrieb aussehen.⁶

Eine öffentliche Blockchain ist ohne zentrale Instanz konzipiert und die Netzwerkteilnehmer treffen via Konsensmechanismus dezentral Entscheidungen, sodass das System sich selbst organisiert.⁷ Darüber hinaus besteht keine Notwendigkeit für Server oder Systemadministratoren, was die Kosten für die Erstellung und den Betrieb dezentralisierter Anwendungen radikal reduziert.⁸ Insbesondere öffentlichen Blockchains wird das Potenzial zugeschrieben, aktuelle Geschäftsmodelle durch Disintermediation disruptiv zu verändern.⁹ Dabei ist von Bedeutung, dass für die Netzwerkteilnehmer genügend Anreize zur Beteiligung an der Konsensfindung

¹ Vgl. VON BLAZEKOVIC (2019), o. S.

² Vgl. IBM (2020), S. 10.

³ Vgl. IBM (2020), S. 9.

⁴ Vgl. IBM (2020), S. 9.

⁵ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 56.

⁶ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 11; LEONG ET AL. (2018), S. 56.

⁷ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 3.

⁸ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 10.

⁹ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 10.

bestehen.¹ Ansonsten besteht das Risiko, dass es zu einer Dominanz von einigen wenigen Mitgliedern kommt und Manipulationen möglich sind.² Öffentliche Blockchains sind allerdings in vielen Fällen für Unternehmen nicht geeignet, da sie im Vergleich zu privaten oder konsortialen Blockchains nur einen begrenzten Schutz der Privatsphäre bieten.³

Das Netzwerk ist bei einer genehmigungsbasierten Blockchain nicht komplett selbst organisiert.⁴ Dementsprechend existiert in einem solchen Netzwerk in der Regel ein Gremium⁵, das für die Verwaltung der Mitglieder zuständig ist, indem das Gremium die Aufnahme und Entfernung neuer Mitglieder in einem Netzwerk regelt sowie Zugriffsrechte vergibt.⁶ Häufig existiert in einer privaten oder konsortialen Blockchain ein höherer Grad an Vertrauen zwischen den Mitgliedern in einem Netzwerk als bei einer öffentlichen Blockchain, weshalb effizientere Konsensmechanismen gewählt werden und zum Beispiel nur eine geringe Anzahl von Akteuren an der Konsensfindung teilnimmt.⁷ Genehmigungsbasierte Blockchains bieten Unternehmen außerdem mehr Kontrolle darüber, wer am Netzwerk teilnimmt, welche Arten von Richtlinien implementiert werden, wie es um den Datenschutz und die Vertraulichkeit der Daten bestellt ist sowie welche Arten von Funktionen für ihre Bedürfnisse erforderlich sind.⁸

Insbesondere in industrienahen Anwendungen werden häufig Blockchains verwendet, bei denen Fragen zur Aufnahme in das Netzwerk aufkommen und darüber, wer einen Knoten betreiben darf.⁹ Auch erscheinen genehmigungsbasierte Blockchains für viele Geschäftsmodelle im Zusammenhang mit dem Supply Chain Management besser geeignet.¹⁰ Supply Chains erfordern Blockchains zwischen bekannten Parteien anstelle von öffentlichen Blockchains zwischen anonymen Nutzern.¹¹ Denn damit die Mitglieder einer Supply Chain die Herkunft und Qualität ihrer Bestände feststellen können, muss jede Einheit bei jedem Schritt fest mit der Identität ihres jeweiligen Besitzers verbunden sein.¹² Folglich können nur bekannte Parteien an einer solchen Blockchain teilnehmen, was bedeutet, dass Unternehmen eine Genehmigung

¹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 3.

² Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 3.

³ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 12.

⁴ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 44.

⁵ Das Gremium kann aus einer einzelnen, vertrauenswürdigen Partei bestehen sowie aus einem Teil oder der Gesamtheit der Mitglieder. Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 44.

⁶ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 44.

⁷ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 44.

⁸ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 56; OLSEN ET AL. (2019), S. 18.

⁹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 43.

¹⁰ Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S.

¹¹ Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S.

¹² Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S.

erhalten müssen, um dem System beizutreten.¹ Zudem könnte eine sehr offene und dezentrale Struktur bei einer Blockchain ein Risiko in Bezug auf den Datenschutz darstellen, da beispielsweise Daten in einer Blockchain missbraucht werden könnten, um Wettbewerbsinformationen zu sammeln.² Innerhalb einer genehmigungsbasierten Blockchain können die Zugriffs- und Änderungsrechte der Beteiligten sowie der Nachweis der persönlichen Identifikation geklärt werden.³ Entsprechend können bestimmte Transaktionen oder Aktionen als privat für bestimmte Teilnehmer festgelegt werden.⁴ Generell kann dies als Datenfilter angesehen werden, der sicherstellt, dass nur bestimmte Berechtigte entsprechende Daten und Informationen hinzufügen, empfangen oder einsehen dürfen, die für weitere Aufgaben in ihrem Verantwortungsbereich benötigt werden.⁵ Darüber hinaus erfordert eine Supply Chain durch die Bewältigung einer hohen Anzahl an Transaktionen einen schnelleren Konsensmechanismus, der sich eher realisieren lässt, wenn die Akteure in einem Netzwerk bekannt sind.⁶

Genehmigungsbasierte Blockchain-Typen scheinen sich dementsprechend für den Einsatz zur Rückverfolgung von Lebensmitteln besonders zu eignen. Daher fokussiert sich die Analyse der betriebswirtschaftlichen Potenziale der Blockchain-Technologie zur Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains auf den Einsatz von genehmigungsbasierten Blockchains, bei der ausgewählte Akteure mit Hilfe einer Blockchain für die Sicherstellung der Rückverfolgbarkeit erforderliche Daten speichern und abrufen können.

¹ Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S.

² Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S. Eine detaillierte Analyse des Risikos durch die Speicherung von sensiblen Daten in Blockchains erfolgt in Kapitel 5.1.5.1.

³ Vgl. PHILIPP ET AL. (2019), S. 372.

⁴ Vgl. PHILIPP ET AL. (2019), S. 372.

⁵ Vgl. PHILIPP ET AL. (2019), S. 372.

⁶ Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S.

4 Potenziale von Blockchains für Geschäftsprozessinnovationen

4.1 Grundlagen von Geschäftsprozessinnovationen

Als *Prozess* wird eine Sequenz von Schritten oder Phasen bezeichnet.¹ Ein Prozess beinhaltet zudem das Vorhandensein von Veränderung.² Auch ist kein Prozess völlig losgelöst von anderen Prozessen, sondern kann Start- oder Endpunkt anderer Prozesse darstellen.³ Bei einem Prozess wird ein Input in Output transformiert.⁴ Diese Transformation erfolgt in der Regel über mehrere Stufen.⁵ Ein betriebswirtschaftlicher Prozess stellt die Organisation einer Produktion zur Wertschöpfung dar, indem durch den Einsatz von Inputfaktoren gewünschte Outputgüter erzeugt werden.⁶ Outputgüter sind dabei die Ergebnisse von Prozessen in Form von Sach- oder Dienstleistungen, die zur Befriedigung einer Nachfrage verfügbar gemacht werden.⁷ Darüber hinaus lassen sich Prozesse hierarchisch über mehrere Ebenen in kleinere Einheiten unterteilen.⁸ Ein Gesamtprozess setzt sich aus Teilprozessen zusammen, die wiederum in Schritte und Aktivitäten untergliedert werden können (vgl. Abb. 15).⁹

¹ Vgl. MIEKE/WIKARSKI (2011), S. 38.

² Vgl. MIEKE/WIKARSKI (2011), S. 38.

³ Vgl. BECKER (2008), S. 8.

⁴ Vgl. SCHMIDT (2012), S. 1.

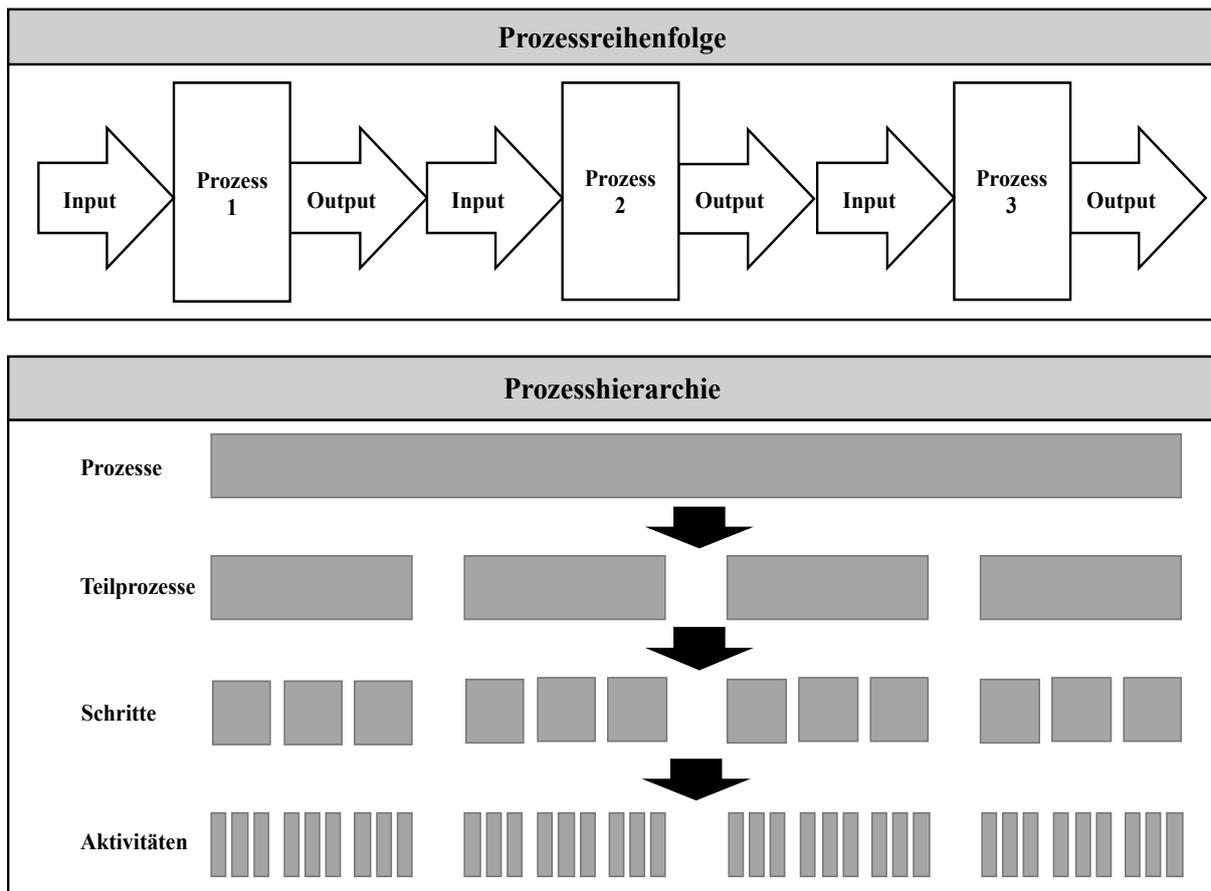
⁵ Vgl. SCHMIDT (2012), S. 1.

⁶ Vgl. SCHMIDT (2012), S. 1.

⁷ Vgl. SCHMIDT (2012), S. 1.

⁸ Vgl. BECKER (2008), S. 8.

⁹ Vgl. BECKER (2008), S. 118.

Abbildung 15: Prozessreihenfolge und -hierarchie¹

Eine Vielzahl aktueller Unternehmensprojekte konzentriert sich auf ineffiziente Prozesse.² *Prozessinnovation* hilft dabei, eine Verbesserung der Leistungsfähigkeit sowie der Qualität von Unternehmen bei der Abwicklung von Prozessen zu erzielen.³ Bei Prozessinnovationen stehen vor allem radikale und bedeutende Veränderungen im Fokus.⁴ Dementsprechend können Prozessinnovationen den Charakter der Schaffung eines neuen Ablaufes haben, welcher von bisherigen Vorgehensweisen losgelöst und unabhängig entwickelt wird.⁵ Auslöser für Innovationsaktivitäten sind oftmals neue Handlungsoptionen durch externe Komponenten, z. B. die Verfügbarkeit einer neuen Technologie.⁶ Der insbesondere für die Analyse in diesem Kapitel verwendete Begriff *Geschäftsprozessinnovation* wird im Rahmen der Dissertation als eine merkliche Optimierung einer Ist-Situation durch den Einsatz der Blockchain-Technologie bei Prozessen zur Rückverfolgung von Lebensmitteln verstanden.

¹ Eigene Darstellung in Anlehnung an BECKER (2008), S. 8. Im Vergleich zur Originaldarstellung wurden ergänzende Pfeile hinzugefügt.

² Vgl. FORRESTER (2018), S. 4.

³ Vgl. MIEKE/WIKARSKI (2011), S. 42.

⁴ Vgl. MIEKE/WIKARSKI (2011), S. 42.

⁵ Vgl. MIEKE/WIKARSKI (2011), S. 42.

⁶ Vgl. MIEKE/WIKARSKI (2011), S. 39.

Nachfolgend werden die Gestaltungsmöglichkeiten und Herausforderungen von Blockchains im Hinblick auf das Innovieren von kritischen Geschäftsprozessen zur Rückverfolgung von Lebensmitteln untersucht, um abschließend das Potenzial der Blockchain-Technologie in Bezug auf Geschäftsprozessinnovation einschätzen zu können.¹ Als kritisch gelten im Rahmen der Rückverfolgung von Lebensmitteln insbesondere Prozesse, die das jeweilige Lebensmittelprodukt betreffen.² Dabei können sich Prozesse je nach Lebensmittelprodukt und Veredelungsgrad unterscheiden.³ Zum Beispiel kann ein Produktionsprozess lediglich aus dem Verpacken und Einfrieren wie im Fall von geernteten Erdbeeren bestehen, jedoch ist auch ein Prozess mit einer anspruchsvollen Verarbeitung mit Erhitzung und Zwischenlagerung möglich.⁴ Supply Chains umfassen zudem viele verschiedene Prozesse und Tätigkeiten (wie Handel, Rechnungsprüfung, Durchsetzung von Vorschriften), die bei der typischen Umsetzung sehr ineffizient sind.⁵

¹ Eine detaillierte Analyse der Nutzen, Kosten, Chancen und Risiken durch den Einsatz von Blockchains erfolgt in Kapitel 5.1.

² Vgl. ANONYM (2021), S. 244.

³ Vgl. ANONYM (2021), S. 244.

⁴ Vgl. ANONYM (2021), S. 244.

⁵ Vgl. KATSIKOULI ET AL. (2021), S. 2177.

4.2 Digitale Transformation in Food Supply Chains

Die Digitalisierung ist einer der bedeutendsten Trends der heutigen Zeit und führt zu nachhaltigen Veränderungen.¹ Die Digitalisierung ermöglicht es, die klassische Wertschöpfungskette durch eine digitale Wertschöpfungskette zu ergänzen.² Die Digitalisierung bildet somit einen erfolgskritischen Wettbewerbsfaktor und wird erheblichen Einfluss auf alle zukünftigen Wertschöpfungsprozess ausüben.³ Unternehmen müssen vorhandene Datensilos beseitigen und sich mit der Integration von Informationen aus dem unternehmerischen Umfeld befassen, sodass Akteure schneller und umfassender auf notwendige Veränderungen reagieren können.⁴ Auch müssen mehr Datenpunkte zusammengebracht und analysiert sowie mehr Quellen und bessere Technologien genutzt werden.⁵ Dabei greifen die erforderlichen Veränderungsprozesse tief in bestehende Ablauf- und Aufbauorganisationen sowie in die zentralen Leistungsfelder der Unternehmen ein.⁶ Auch die Produktionsweise, Vertriebs- und Absatzhandelsstrukturen sowie komplette Geschäftsmodelle müssen angepasst werden.⁷ Die dadurch entstehenden Herausforderungen werden unter dem Begriff *digitale Transformation* subsumiert.⁸ Unternehmen in einem wettbewerbsgetriebenen Wirtschaftssystem müssen die Chancen, die sich aus den veränderten Rahmenbedingungen ergeben, frühzeitig erkennen und umsetzen, wenn diese in einem wettbewerbsgetriebenen Wirtschaftssystem weiterhin am Markt bestehen wollen.⁹

Neue Entwicklungen in der Mikroelektronik und der Informatik versprechen im Lebensmittelbereich Verbesserungen.¹⁰ Die Digitalisierung von Prozessen gilt als Weg in die Zukunft.¹¹ Dabei lässt sich ein Trend zu immer mehr und vereinfachten Schnittstellen zur Steuerung und zum Zugriff auf Computer erkennen.¹² Auch treibt der zunehmende Einsatz von Sensoren die Digitalisierung von Produkten, Prozessen und Services voran.¹³ Daten und Informationen bilden darüber hinaus die Basis für neue Geschäftsmodelle und können eine effektivere sowie

¹ Vgl. BOUSONVILLE (2017), S. 1.

² Vgl. KREUTZER (2017), S. 49.

³ Vgl. LEHMANN (2015), S. 10.

⁴ Vgl. KREUTZER (2017), S. 49.

⁵ Vgl. LEHMANN (2015), S. 10.

⁶ Vgl. KREUTZER (2017), S. 33.

⁷ Vgl. LEHMANN (2015), S. 10; NITSCHKE/FIGIEL (2016), S. 8.

⁸ Vgl. KREUTZER (2017), S. 33.

⁹ Vgl. BOUSONVILLE (2017), S. 1.

¹⁰ Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 478.

¹¹ Vgl. GALVEZ ET AL. (2018), S. 229.

¹² Vgl. KREUTZER (2017), S. 41.

¹³ Vgl. KREUTZER (2017), S. 41.

effizientere Abwicklung bestehender Anwendungsfälle begünstigen.¹ Häufig werden dabei Identifikationstechnologien wie RFID im Zusammenhang mit dem Internet der Dinge genannt.² Während das Internet der Vernetzung von Computern dient, wird als Internet der Dinge die umfassende Vernetzung von Objekten aller Art bezeichnet.³ Viele Basistechnologien, die für die Umsetzung des Internets der Dinge und der darauf aufbauenden Dienste erforderlich sind, existieren seit längerer Zeit.⁴ Ein industrieller Einsatz war jedoch nicht möglich, da die Voraussetzungen in Bezug auf Kosten, Variantenvielfalt und Zuverlässigkeit hierfür noch nicht erfüllt waren.⁵ Das Internet der Dinge betrifft insbesondere die Vernetzung von Objekten, deren Hauptzweck auf physikalisch-mechanische Aufgaben ausgerichtet ist, z. B. Fertigungsmaschinen, Kühlschränke oder Paletten.⁶ Das intendierte Ziel des Internets der Dinge ist eine Verbesserung der Qualität der Interaktion zwischen Menschen und Maschinen sowie von Maschinen untereinander.⁷ Dabei wird eine weitgehende Autonomie intelligenter Gegenstände angestrebt, da eine zentrale Koordination des Internets der Dinge als nahezu unmöglich gilt.⁸ Intelligente Geräte können inzwischen sicher mit einem physischen Produkt verbunden oder in dieses eingebettet werden, um selbstständig Daten über den Zustand des Produkts, einschließlich Temperaturschwankungen, aufzuzeichnen und zu übertragen, um die Produktintegrität sowie jegliche Anzeichen von Produktmanipulationen festzustellen.⁹ In Zukunft wird eine der wichtigsten Anforderungen für Rückverfolgbarkeitssysteme darin bestehen, sicherere und intelligentere Formen der digitalen Identität für jedes physische Produkt einzuführen, um von der Bereitstellung eines passiven Barcodes oder einer Seriennummer zur Ermöglichung von Interaktivität durch den Einsatz von IoT-Sensoren zu gelangen.¹⁰

In allen Branchen beeinflusst die Digitalisierung von Produkten, Dienstleistungen und Prozessen die Art und Weise, wie Unternehmen zukünftig ausgerichtet werden sollten.¹¹ Zwar wird ein großer Teil der Lebensmittel noch immer über die klassischen Strukturen des Lebensmittel Einzelhandels vertrieben, jedoch gewinnt der Online-Distanzhandel immer weiter an

¹ Vgl. BOUSONVILLE (2017), S. 8.

² Vgl. BOUSONVILLE (2017), S. 6.

³ Vgl. BOUSONVILLE (2017), S. 5.

⁴ Vgl. BOUSONVILLE (2017), S. 15.

⁵ Vgl. BOUSONVILLE (2017), S. 15. Diese Technologien benötigen eine massenhafte Verbreitung, um preislich attraktiver zu werden und einen Entwicklungsschub zu erhalten. Vgl. BOUSONVILLE (2017), S. 15.

⁶ Vgl. BOUSONVILLE (2017), S. 5.

⁷ Vgl. SCHÜTTE ET AL. (2017), S. 22.

⁸ Vgl. SCHÜTTE ET AL. (2017), S. 22 f.

⁹ Vgl. DHL (2018), S. 16.

¹⁰ Vgl. DHL (2018), S. 16.

¹¹ Vgl. KREUTZER (2017), S. 33.

Einfluss.¹ Dieser Einfluss wird nach Ansicht von Experten auch in Zukunft stark zunehmen.² Insbesondere die Anforderungen und Bedürfnisse der Kunden gelten als Treiber für diese Veränderungen, da die starren Strukturen des Lebensmitteleinzelhandels nicht mehr allen Kundengruppen im Zeitalter der Digitalisierung genügen.³ Zum Beispiel besteht eine zunehmende Nachfrage nach Lebensmittellieferungen an die Haustür.⁴

¹ Vgl. NITSCHKE/FIGIEL (2016), S. 5.

² Vgl. NITSCHKE/FIGIEL (2016), S. 5.

³ Vgl. NITSCHKE/FIGIEL (2016), S. 6.

⁴ Vgl. NITSCHKE/FIGIEL (2016), S. 8.

4.3 Analyse der Gestaltungsmöglichkeiten bei Geschäftsprozessen

4.3.1 Blockchains als dezentrale Plattformen

In der Regel sind bei einem Prozess eine Vielzahl an unterschiedlichen Akteuren an verschiedenen Stellen einer Supply Chain beteiligt.¹ Ein Mangel an konsistenten Daten und digitalen Möglichkeiten erschwert allerdings bislang den Informationsaustausch innerhalb von Supply Chains.² Auch kann es auf Grund der Wahrung von Geschäftsgeheimnissen und eines Mangels an Standardisierung zu System- und Medienbrüchen kommen, die dazu führen können, dass organisationsübergreifende Prozesse häufig intransparent und fragmentiert sind.³ Informationen über die Aktivitäten mehrerer Parteien sind oftmals in den lokalen Datenbanken der einzelnen Parteien gespeichert und für andere unzugänglich.⁴ Zum Teil erfolgt die Integration der Daten und Prozessschritte aller beteiligten Organisationen in organisationsübergreifenden Situationen über eine zentrale Lösung.⁵

So zeigen zentrale Rückverfolgbarkeitsplattformen von Anbietern, wie eine lückenlose Rückverfolgung mit Roh-, Zwischen- und Endprodukten auf Basis einer zentralen Lösung erfolgen kann.⁶ Durch auf den Lebensmitteln angebrachte Etiketten mit Codes werden dem Rückverfolgungssystem die erforderlichen Informationen bereitgestellt, z. B. Herkunft, Herstellungsdatum und Produktionsmethode.⁷ An verschiedenen Stationen in der Supply Chain finden zur Sicherstellung der Rückverfolgbarkeit Leseereignisse statt, bei denen die jeweiligen Produkt-IDs mit der Zeit, dem Ort und dem entsprechenden Geschäftskontext verknüpft und an das System übermittelt werden.⁸ Diese Rückverfolgbarkeitsplattformen können zudem mit den jeweiligen Anwendungssystemen verbunden werden, z. B. ERP- oder Warenwirtschaftssysteme, um eine zusammenhängende Sequenz von dokumentierten Erfassungsereignissen zu erreichen.⁹ Durch diese zusammenhängende Sequenz wird eine elektronische Nachverfolgung eines Lebensmittels über alle Stufen der Supply Chain möglich.¹⁰ Die umfangreichen

¹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 73.

² Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 7.

³ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 73. Die in Prozessen entstehenden Daten und Informationen werden nicht immer transparent gemacht oder kommuniziert, sodass Informationsdefizite und -asymmetrien vorliegen, die zu Ineffizienzen und Wartezeiten führen können. Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 74.

⁴ Vgl. KATSIKOULI ET AL. (2021), S. 2177.

⁵ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 73.

⁶ Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 483 ff. In der Originalquelle wird der Einsatz einer zentralen Lösung für die Rückverfolgung von Lebensmitteln anhand einer Fallstudie zu FTRACE und GS1 aufgezeigt.

⁷ Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 483.

⁸ Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 483.

⁹ Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 483.

¹⁰ Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 483.

Rückverfolgbarkeitsdaten können dann berechtigten Geschäftspartnern zur Verfügung gestellt werden.¹ Es kann dabei sichergestellt werden, dass lediglich die Daten von anderen Akteuren abgerufen werden können, die zuvor vom Eigentümer der Daten explizit freigegeben wurden.² Auch Endkunden können Informationen zum Lebensmittelprodukt erhalten, z. B. von welchen Landwirten ein Produkt kommt, von welchen Herstellern es verarbeitet wurde sowie zurückgelegte Wege bis zum Endkunden.³ Informationen zu einem bestimmten Lebensmittelprodukt und über Ereignisse entlang der Supply Chain des Produktes können Verbraucher beispielsweise abrufen, indem diese einen auf dem Produkt angebrachten Code mit dem Smartphone scannen.⁴ Kühlfahrzeuge könnten mit entsprechenden Sensoren ausgestattet werden, die unter anderem eine Aufzeichnung der gefahrenen Route und Fahrtdauer ermöglichen.⁵ Ferner lassen sich mit Hilfe der Sensoren unter anderem die richtige Luftfeuchtigkeit und die durchgehende Kühlung des Lebensmittels überprüfen.⁶

Solche zentralen Lösungen können allerdings die Entstehung von Datensilos begünstigen.⁷ Auch kann bei einer zentralen Lösung das Problem bestehen, dass einzelne Organisationen die Kontrolle über den Aufbau und die Wartung des Systems besitzen, wodurch einzelne Akteure einen Informationsvorsprung gegenüber den anderen Akteuren in der Supply Chain erhalten können.⁸ Blockchains stellen als transparente, dezentrale und manipulationssichere Infrastruktur eine Alternative zu zentralen Lösungen dar, um bei unternehmensübergreifenden Prozessen die Informationstransparenz zu erhöhen sowie Ineffizienzen in der Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Unternehmen zu reduzieren.⁹ Mit Hilfe von Blockchains lassen sich Informationen zu Prozessschritten manipulationssicher in einem chronologischen Verzeichnis ablegen sowie zeitnah anderen Teilnehmern eines Blockchain-Netzwerks zur Verfügung stellen.¹⁰ Blockchain-Anwendungen bieten das Potenzial, die Zusammenarbeit zwischen Unternehmen zu verbessern, indem Blockchains als Klammer für Datenbanken verschiedener Unternehmen zum Einsatz kommen.¹¹ Ein Beispiel dafür, inwiefern eine Blockchain als ergänzende Datenspeicherung eingesetzt werden kann, bietet eine Blockchain von IBM,

¹ Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 483.

² Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 483.

³ Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 483.

⁴ Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 483.

⁵ Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 488.

⁶ Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 488.

⁷ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 73.

⁸ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 73.

⁹ Vgl. CARADONNA (2020), S. 48; FRIDGEN ET AL. (2019), S. 74.

¹⁰ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 73.

¹¹ Vgl. KUNDE (2019), S. 232.

MERCK, WALMART und KPMG für die Rückverfolgung von Medikamenten zur Erhöhung der Arzneimittelsicherheit.¹ Bei dieser Blockchain erhält jede Arzneimittelpackung eine eindeutige Kennung, die sich mit Hilfe der Blockchain vom Arzneimittelhersteller über die Apotheke bis zum Verbraucher und zu jeder anderen Station verfolgen lässt.² Diese Verknüpfung und die Möglichkeit zu sehen, wo ein Medikament gewesen ist und wer es wann berührt hat, macht es für bössartige Akteure sehr schwierig, gefälschte Medikamente einzuführen.³

Unternehmen können benötigte Informationen mit Hilfe einer Blockchain an einem Ort einsehen, anstatt zunächst mit Supply-Chain-Partnern kommunizieren zu müssen, um beispielsweise Informationen über den Aufenthaltsort oder die voraussichtliche Lieferzeit zu erhalten.⁴ Auf diese Weise könnte die Blockchain-Technologie zu einer Optimierung von Prozessen in Supply Chains beitragen, indem diese die Kenntnisse über die Funktionsweise der Prozesse erweitern sowie zur Überwachung der Prozesse beitragen.⁵ Eine Blockchain erlaubt Unternehmen dadurch unter anderem, dass Lebensmittel in einem besseren Zustand den Handel erreichen.⁶ Außerdem ermöglichen umfangreichere Kenntnisse über die eigene Supply Chain eine Reduzierung von Lebensmittelverschwendung und -abfällen.⁷

Darüber hinaus ist eine gemeinsame Datenbank von mehreren Akteuren zwar technisch bereits realisierbar, jedoch in der Regel nur, wenn das Vertrauen zwischen beteiligten Akteuren bereits existiert.⁸ Mit Hilfe von Blockchains kann auch eine gemeinsame Datenbank eingesetzt werden, wenn kein Vertrauen zwischen Unternehmen besteht.⁹ Denn eine nachträgliche Manipulation der gespeicherten Daten oder Informationen würde bei einer Blockchain dokumentiert werden.¹⁰ Blockchains können dadurch eine fälschungssichere Plattform zur Abwicklung von interorganisatorischen Geschäftsprozessen darstellen, bei der das Fehlverhalten einzelner Akteure bereits technisch vermieden wird.¹¹ Dies kann insbesondere für Supply Chains relevant werden, bei denen Informationsaustausch und Zusammenarbeit durch einen Mangel an Vertrauen untergraben wird.¹² Selbst auf einer internationalen Ebene könnten Blockchains die

¹ Vgl. ROSENCRANCE (2020), o. S.

² Vgl. ROSENCRANCE (2020), o. S.

³ Vgl. ROSENCRANCE (2020), o. S.

⁴ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 7 f.

⁵ Vgl. KUNDE (2019), S. 232.

⁶ Vgl. KUNDE (2019), S. 232.

⁷ Vgl. KUNDE (2019), S. 232.

⁸ Vgl. KUNDE (2019), S. 233.

⁹ Vgl. KUNDE (2019), S. 233.

¹⁰ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 72.

¹¹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 72.

¹² Vgl. COTTRILL (2018), S. 22.

manipulationssichere Durchführung von Transaktionen zwischen sich nicht vertrauenden Teilnehmern eines Netzwerks ermöglichen.¹ Auch könnten Intermediäre möglicherweise dadurch überflüssig werden, dass durch die Blockchain-Technologie ein faires und transparentes Verhalten zwischen verschiedenen Beteiligten technisch sichergestellt wird.² Denn alle relevanten Daten könnten direkt zwischen den Akteuren in dem dezentralen Netzwerk ausgetauscht werden, was Prozessabläufe rationalisiert und die Gesamtkosten der Supply Chain senkt.³ Selbst die kontrollierte Kooperation zwischen Konkurrenten zum Vorteil der Kunden könnte auf Basis der Blockchain-Technologie möglich sein.⁴ Dies konnte bislang nur durch den Einsatz von vertrauenswürdigen Intermediären oder strenger Regulierung erreicht werden.⁵

Bei klassischen Datenbanken sind darüber hinaus Administratoren unter anderem für die Erstellung von Backups erforderlich.⁶ Dadurch besteht allerdings das Risiko, dass die Daten an dieser Stelle von einer Person verändert werden können, ohne dass diese Änderungen von anderen Akteuren bemerkt werden.⁷ Bei einer Blockchain ist hingegen erkennbar, welche Daten von einem Akteur wann eingegeben oder verändert worden sind.⁸ Dementsprechend besteht bei Blockchains eine Sicherheit, dass Daten sich nicht unbemerkt manipulieren lassen.⁹ Auch existiert dadurch eine Historiendokumentation, sodass falsche Daten wie in der Buchhaltung mit Hilfe einer Korrekturbuchung wieder korrigiert werden können.¹⁰ Blockchains fördern dadurch ein größeres Vertrauen zwischen den beteiligten Akteuren.¹¹ Darüber hinaus kann durch die Dezentralisierung das Risiko von Datenverlust oder -verfälschung auf Grund von Datenfragmentierungsunterschieden oder Single-Point-of-Failure reduziert werden.¹²

¹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 69.

² Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 69 f.

³ Vgl. PHILIPP ET AL. (2019), S. 374 f. Im Vergleich zur Originalquelle wird an dieser Stelle statt des Begriffs *Stakeholder* der weiter gefasste Begriff *Akteure* verwendet.

⁴ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 69. Die Kooperation zwischen Konkurrenten auf Basis einer Blockchain wird auch in Kapitel 5.1.4.5 im Rahmen der Analyse der Chancen betrachtet.

⁵ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 69.

⁶ Vgl. KUNDE (2019), S. 233.

⁷ Vgl. KUNDE (2019), S. 233.

⁸ Vgl. KUNDE (2019), S. 233.

⁹ Vgl. KUNDE (2019), S. 233.

¹⁰ Vgl. KUNDE (2019), S. 233.

¹¹ Vgl. KUNDE (2019), S. 233.

¹² Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 13.

Damit traditionelle Rückverfolgbarkeitssysteme mehr interoperabel werden, müssten Standards sowohl für den elektronischen Datenaustausch (EDI) als auch für den Dateninhalt auf breiter Basis angenommen werden.¹ Allerdings gibt es in diesem Bereich zu viele konkurrierende Standards, so dass das derzeitige Interoperabilitätsniveau recht niedrig ist.² Blockchain-Implementierungen gelten als homogener, wodurch die Interoperabilität einfacher möglich sein sollte, da traditionelle Rückverfolgbarkeitssysteme auf einer Vielzahl unterschiedlicher Systemarchitekturen und Datenbanktypen aufbauen können.³ Diese verbesserte Interoperabilität könnte ein wichtiger Vorteil bei der Verwendung eines blockchainbasierten Rückverfolgungssystems in der Lebensmittelbranche sein.⁴ Allerdings beruhen viele der gemeldeten Blockchain-Erfolgsgeschichten noch auf der Verbesserung der Funktionsfähigkeit und des Datenaustauschs entlang der Supply Chains und nicht auf einem der Blockchain-Attribute an sich.⁵

4.3.2 Einsatz von Smart Contracts

Blockchains zeichnen sich neben der Möglichkeit zur Dezentralisierung auch durch eine Automatisierung von Prozessen aus.⁶ Smart Contracts können bei Geschäftsprozessen auf Basis von hinterlegten Informationen den Status des Prozessablaufs abrufen sowie selbstständig Aktionen herbeiführen.⁷ Digitalisierte Dokumente und Echtzeit-Sendungsdaten auf Blockchains können somit für Smart Contracts eingesetzt werden.⁸ Da der Code, aus dem ein Smart Contract besteht, unveränderlich auf der Blockchain gespeichert ist, lässt sich dieser nur schwer durch einzelne Akteure verfälschen.⁹ Smart Contracts lassen zudem keine Abweichungen zu, wodurch gewährleistet ist, dass alle Akteure mit der Funktionsweise der Abläufe vertraut sind und die Abläufe eingehalten werden.¹⁰ Blockchains können zur Optimierung von Geschäftsprozessen beitragen, indem Smart Contracts als Automatisierungskomponenten zuvor festgelegte Prozessschritte in Wenn-Dann-Regeln automatisch ausführen (vgl. Abb. 16).¹¹

¹ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 25.

² Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 25.

³ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 25.

⁴ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 25.

⁵ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 25.

⁶ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 33. Eine Beschreibung der Charakteristika der Blockchain-Technologie findet sich in Kapitel 2.1.2.

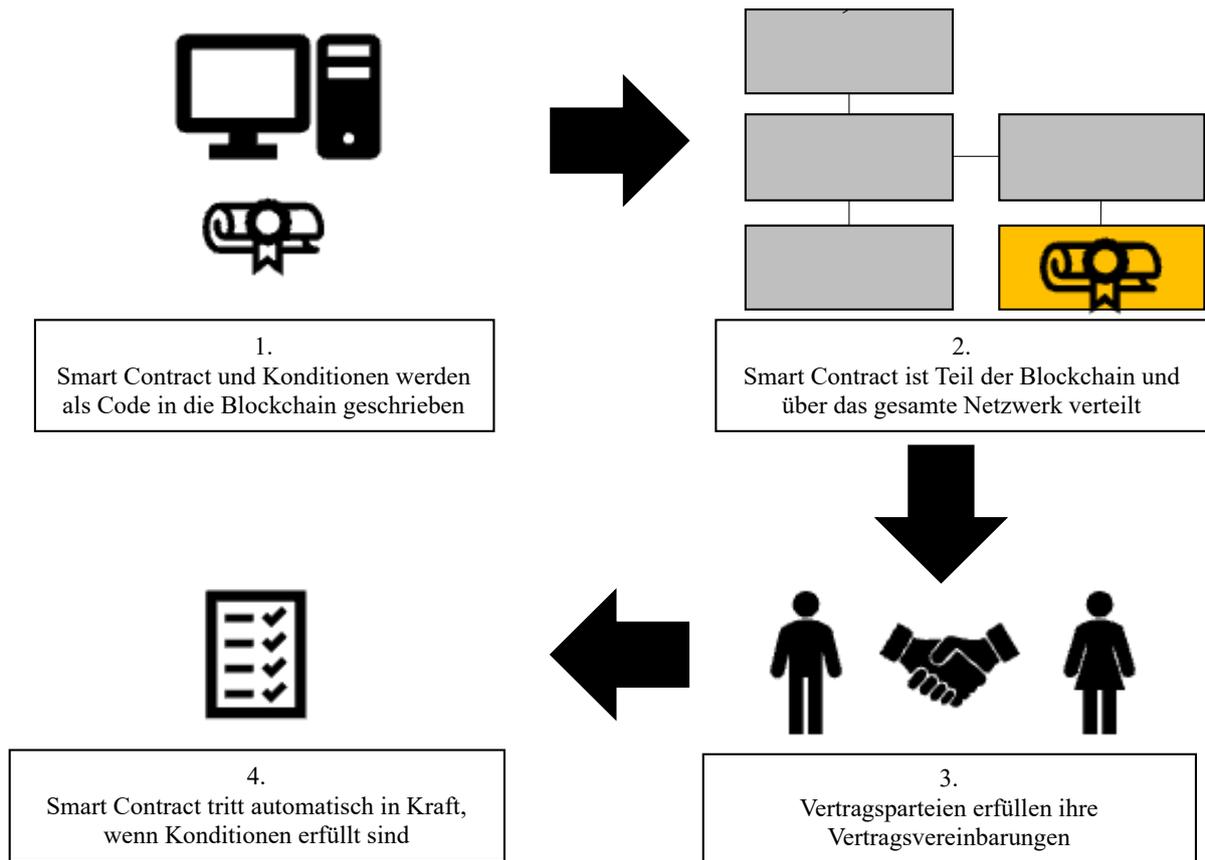
⁷ Vgl. COTTRILL (2018), S. 24; WANNENWETSCH (2021), S. 561.

⁸ Vgl. DHL (2018), S. 17.

⁹ Vgl. DI CICCIO ET AL. (2020), S. 45 f.

¹⁰ Vgl. KUNDE (2019), S. 233.

¹¹ Vgl. DHL (2018), S. 17; FRIDGEN ET AL. (2019), S. 73; KUNDE (2019), S. 233.

Abbildung 16: Funktionsweise von Smart Contracts¹

Die Anwendungsmöglichkeiten für Smart Contracts in Supply Chains erscheinen vielfältig.² Smart Contracts könnten zur Rückverfolgung von Lebensmitteln erstellt werden, deren Bedingungen an jedem Übergangspunkt der Supply Chain erfüllt werden müssen.³ Hierfür werden Informationen und vereinbarte Bedingungen verschlüsselt sowie in die Blockchain gespeichert.⁴ Smart Contracts entlang der Supply Chain können automatisch überprüfen, ob die vereinbarten Konditionen eingehalten werden, indem Smart Contracts beispielsweise mit elektronischen Sensoren verknüpft werden, die an der Lieferung angebracht sind und den Status des Produkts überprüfen.⁵

Nach TAN ET AL. (2018) könnten in einer Food Supply Chain drei Smart-Contract-Kontrollpunkte zur Gewährleistung der Rückverfolgbarkeit eingesetzt werden: bei der Herstellung, bei der Lagerung und beim Einzelhandel (vgl. Abb. 17).⁶ Die Herstellung ist relevant, da diese

¹ Eigene Darstellung in Anlehnung an DHL (2018), S. 17.

² Vgl. COTTRILL (2018), S. 24.

³ Vgl. RYAN (2019), o. S.

⁴ Vgl. TAN ET AL. (2018), S. 7.

⁵ Vgl. COTTRILL (2018), S. 24; TAN ET AL. (2018), S. 7 f.

⁶ Vgl. TAN ET AL. (2018), S. 8.

Stelle maßgeblich für die Einhaltung des Qualitätsstandards ist und die Erkennung von Problemen an dieser Stelle in der Regel weniger kompliziert und kostspielig ausfällt als in späteren Stufen.¹ Die Lagerung ist aufgrund der Gefahr von Kreuzkontaminationen von Bedeutung, während der Einzelhandel als Schnittstelle zum Verbraucher relevant ist.²

Kontrollpunkte	Herstellung 	Lagerung 	Einzelhandel 
Daten auf Blockchain	<ul style="list-style-type: none"> – Zertifikat zur Herkunft – Lebensmittelanforderungen – Verarbeitungsdaten – Sendungsdaten – Bestellnummer – Chargennummer – Produktions- und Herstellungsdaten 	<ul style="list-style-type: none"> – Chargennummer – Bestellnummer – Anforderungen an Verpackung und Lagerung – Sendungsnummer – Versanddatum – Distributionsanforderungen – Verpackungsspezifikationen 	<ul style="list-style-type: none"> – Empfangsdatum – Bestellnummer – Rechnungsdatum – Bedingungen zur Lagerung und Auslage
Smart Contracts	<ul style="list-style-type: none"> – Abgleichen von Zulieferer, Bestellnummer und Sendung – Qualitätsüberprüfung anhand Anforderungen an Lebensmittel – Bezahlen der Zulieferer 	<ul style="list-style-type: none"> – Abgleichen von Zulieferer, Bestellnummer und Sendung – Qualitätsüberprüfung anhand Anforderungen an Lebensmittel – Bestand aktualisieren – Bezahlen der Zulieferer 	<ul style="list-style-type: none"> – Abgleichen von Zulieferer, Bestellnummer und Sendung – Qualitätsüberprüfung anhand Anforderungen an Lebensmittel – Bestand aktualisieren – Bezahlen der Zulieferer

Abbildung 17: Smart Contracts an Kontrollpunkten³

Auf diese Weise kann eine Optimierung bestehender Prozesse erreicht werden, die sich bereits ohne Intermediäre über bilaterale Schnittstellen digital oder nicht-digital ausführen lassen.⁴ Smart Contracts können die digitale Umsetzung von Prozessen ermöglichen, bei denen bislang eine vertrauenswürdige Instanz einbezogen werden musste.⁵ Im Vordergrund stehen hier insbesondere Eigenschaften, die davor nicht auf demselben Niveau umgesetzt werden konnten

¹ Vgl. TAN ET AL. (2018), S. 8.

² Vgl. TAN ET AL. (2018), S. 8.

³ Eigene Abbildung in Anlehnung an TAN ET AL. (2018), S. 7. Im Vergleich zur Originaldarstellung erfolgt die Darstellung in abweichender Form und es wird auf eine Abbildung der Beeinflussung verzichtet.

⁴ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 4.

⁵ Vgl. CARADONNA (2020), S. 44; FRIDGEN ET AL. (2019), S. 68.

oder traditionell mit papierbasierten Abläufen erfolgen.¹ Eine Blockchain kann zur rückwirkenden Manipulationssicherheit abgespeicherter Daten verwendet werden sowie zur digitalen Abbildung papierbasierter Prozesse mit Hilfe von Smart Contracts.² Die Einführung einer Blockchain und Smart Contracts können dabei zu Kostensenkungen führen, die sich auf eine verkürzte Prozesszeit und weniger manuelle Tätigkeiten zurückzuführen lassen (z. B. Qualitätskontrollen der Fracht, Informationsprüfungsverfahren, physische Papier- und Dokumentenweiterleitung per Kurier usw.).³

Darüber hinaus können Blockchains dazu beitragen, Prozesse zu verschlanken, die bislang nur unter Einbindung klassischer Intermediäre ausführbar waren.⁴ Bei der Rückverfolgung in Food Supply Chains könnte unter anderem die Notwendigkeit entfallen, die Herkunft von Lebensmitteln und Zutaten durch Zwischenhändler zu verifizieren.⁵ Die Prüfung von Dokumenten und relevanten externen Daten, die von IoT-Sensoren und Trackern zur Verfügung gestellt werden, könnte durch Smart-Contract-Anwendungen automatisiert werden.⁶ Eine Blockchain könnte zum Beispiel in Kombination mit dem Internet der Dinge ermöglichen, dass vernetzte Paletten oder Container bei der Lieferung von Produkten mit empfindlichen Lagerbedingungen automatisch die Bestätigung und den Zeitpunkt der Lieferung sowie den Zustand der Ware an das Blockchain-System übermitteln.⁷ Während IoT-Geräte, die mit den Waren ausgeliefert werden, die physische und digitale Welt in erster Linie über Sensoren zur Standortverfolgung sowie Temperatur- und Feuchtigkeitsüberwachung miteinander verbinden, bieten Blockchains einen Ort, an dem diese Daten gespeichert werden können und auf den jeder im Nutzer Zugriff hat.⁸ Die Kombination aus Echtzeitdaten über den Zustand der Container und der manipulationssicheren Speicherung dieser Daten auf einer Blockchain sorgt für eine noch größere Transparenz innerhalb der beteiligten Supply-Chain-Prozesse.⁹ Zu jedem Zeitpunkt wäre dadurch die Historie und der Herkunftsort des Produkts erkennbar.¹⁰

¹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 69.

² Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 69.

³ Vgl. PHILIPP ET AL. (2019), S. 376.

⁴ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 69.

⁵ Vgl. TAN ET AL. (2018), S. 8.

⁶ Vgl. PHILIPP ET AL. (2019), S. 376.

⁷ Vgl. DHL (2018), S. 17; PAI ET AL. (2018), S. 14 ff. Die derzeitigen IoT-Systeme basieren auf einem zentralisierten Client-Server-Modell. Bei diesem Modell können nicht alle Geräte miteinander kommunizieren. Vgl. ATLAM ET AL. (2018), S. 42.

⁸ Vgl. PAI ET AL. (2018), S. 16.

⁹ Vgl. PAI ET AL. (2018), S. 16.

¹⁰ Vgl. PAI ET AL. (2018), S. 16.

Ferner können sich mit Hilfe von Blockchains neue Möglichkeiten ergeben, die bislang nicht technisch realisiert werden konnten.¹ IoT- und Smart-Contract-Anwendungen können eine Blockchain mit benötigten Eingangsdaten versorgen, sodass Smart Contracts diese Informationen und Daten verarbeiten können, um Aktionen automatisch auszulösen.² Ein Blockchain-System könnte zum Beispiel automatisch eine Lieferung verifizieren und prüfen, ob die Ware gemäß den vereinbarten Bedingungen (z. B. Temperatur, Feuchtigkeit, Neigung) geliefert wurde, um daraufhin mit Smart Contracts weiterführende Aktionen einzuleiten, was sowohl die Effizienz als auch die Integrität verbessern würde.³ Insbesondere die Kombination von Sensorwerten und Smart Contracts scheint großes Potenzial für eine Automatisierung von Prozessen zu bieten.⁴ In einer Supply Chain im Lebensmittelbereich können beispielsweise Sensoren die Rückverfolgung von Lebensmitteln unterstützen, indem bei einer Unterbrechung der Kühlkette ein Alarm ausgelöst wird.⁵

4.3.3 Darstellung von Gestaltungsmöglichkeiten am Beispiel Lebensmittelbetrug

Derzeit besteht in Food Supply Chains noch Verbesserungspotenzial bei der Bekämpfung von Lebensmittelbetrug.⁶ Lebensmittelbetrug wird definiert als ein vorsätzlicher Verstoß gegen das Lebensmittelrecht, um durch Verbrauchertäuschung einen wirtschaftlichen Gewinn zu erzielen.⁷ Dabei kann Lebensmittelbetrug von Einzelpersonen ausgehen, jedoch zeigte sich in der Vergangenheit oftmals auch bandenmäßige Kriminalität.⁸ Viele Lebensmittel, die anfällig für Betrug sind, wie Fisch, Honig und Safran, sind von Natur aus teuer zu produzieren und auf den Markt zu bringen.⁹ Solche Lebensmittel erlauben eine hohe Prämie, und ihr Aussehen macht es schwierig, Verfälschungen visuell zu erkennen.¹⁰ Häufig erfolgt die Fälschung, indem ein bekanntes Premiumprodukt imitiert wird oder eine wertgebende Zutat ausgetauscht wird, z. B. durch Fremdöle in Olivenöl.¹¹ Auch tritt Lebensmittelbetrug bei Lebensmitteln mit einer bestimmten Herkunft oder Produktionsweise auf, z. B. Rindfleisch aus Argentinien, Blue

¹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 4.

² Vgl. PHILIPP ET AL. (2019), S. 371.

³ Vgl. DHL (2018), S. 17; PAI ET AL. (2018), S. 16; RYAN (2019), o. S.

⁴ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 36.

⁵ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 36.

⁶ Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 477.

⁷ Vgl. DÜBECKE (2020), o. S.; SCHUG (2016), S. 110.

⁸ Vgl. DÜBECKE (2020), o. S.

⁹ Vgl. SCHUG (2016), S. 110.

¹⁰ Vgl. SCHUG (2016), S. 110.

¹¹ Vgl. SCHUG (2016), S. 109 ff.

Mountain Kaffee aus Jamaika oder Cabernet Sauvignon aus Südafrika.¹ Zwar werden vor allem hochpreisige Produkte gefälscht, jedoch sind auch Produkte aus der Massenproduktion betroffen.²

Lebensmittelbetrug ist unter mehreren Gesichtspunkten ein Problem.³ Verfälscher nutzen für den Betrug die Komplexität und Internationalität von Supply Chains im Lebensmittelbereich aus.⁴ Im Transport- und Logistikbereich ist neben dem Warenfluss auch die dazugehörige Dokumentation ein Informationsfluss, der in der Supply Chain von Akteur zu Akteur verläuft.⁵ Hier kann es bei der Dokumentation der Lebensmittel im Logistikbereich zu Verlust, Fälschung und Diebstahl von Formularen kommen.⁶ Die Auswirkungen eines Lebensmittelbetrugs können von erheblichen wirtschaftlichen Verlusten für die Hersteller bis hin zu Gesundheitsschäden für die Menschen reichen.⁷ Darüber hinaus ist er ein großes Problem in der Business-to-Business-Handelskette, da er zu unlauterem Wettbewerb führt und eine Bedrohung für den Ruf der Marke darstellt, was für ein betroffenes Unternehmen oder sogar Land massive langfristige wirtschaftliche Folgen haben kann.⁸ Selbst ein kleiner Prozentsatz der Betrugsreduzierung könnte daher Investitionen in eine Blockchain rechtfertigen.⁹

Blockchains werden daher häufig im Zusammenhang mit der Bekämpfung von Lebensmittelbetrug genannt.¹⁰ Denn sollte ein Akteur versuchen, Daten auf einer Blockchain zu ändern, würden andere Teilnehmer des Netzwerks bei einer Inspektion der Blockchain über die Änderung informiert werden.¹¹ Dies führt dazu, dass die Einführung nicht akzeptierter oder böserartiger Daten schwierig wird.¹² Eine Untersuchung von PHILIPP ET AL. (2019) für maritime Supply Chains hat bereits gezeigt, dass Smart Contracts und die Blockchain-Technologie die unternehmerische Zusammenarbeit bei organisationsübergreifenden Geschäftsprozessen erleichtern können, die für Supply Chains charakteristisch sind.¹³

¹ Vgl. DÜBECKE (2020), o. S.

² Vgl. SCHUG (2016), S. 110.

³ Vgl. KATSIKOULI ET AL. (2021), S. 2176.

⁴ Vgl. DÜBECKE (2020), o. S.; SARPONG (2014), S. 272.

⁵ Vgl. KOH ET AL. (2020), S. 2055.

⁶ Vgl. KOH ET AL. (2020), S. 2055.

⁷ Vgl. KATSIKOULI ET AL. (2021), S. 2176; SCHUG (2016), S. 109. Verbraucher sorgen sich in Bezug auf Lebensmittelbetrug vor allem darum, dass sie über die wahre Qualität des jeweiligen Produkts getäuscht werden. Vgl. AHRENS (2021), o. S.

⁸ Vgl. KATSIKOULI ET AL. (2021), S. 2176.

⁹ Vgl. KOH ET AL. (2020), S. 2055.

¹⁰ Vgl. DÜBECKE (2020), o. S.

¹¹ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 13.

¹² Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 13.

¹³ Vgl. PHILIPP ET AL. (2019), S. 375.

Durch eine Blockchain wird ein Prüfpfad möglich, der für alle relevanten Akteure sichtbar ist, wodurch die Echtheit der Waren bestätigt werden kann und sich die Gefahr durch Fälschungen reduzieren lässt.¹ Mithilfe von Blockchains könnte unter anderem die behördliche Kontrolle erleichtert werden, da das Produkt entlang jeder registrierten Bewegung in der Supply Chains zurückverfolgt werden kann, und dies ermöglicht die rechtliche Verantwortlichkeit für betrügerisches Verhalten bezüglich der Echtheit eines Produkts.² Einen Ansatzpunkt für den Einsatz einer Blockchain zur Bekämpfung von Lebensmittelbetrug liefert ein Blockchain-Projekt in Dänemark, das kleine und mittlere Lebensmittelhersteller in Dänemark dabei unterstützen soll, Produktion, Sicherheit und Vertrieb ihrer Waren zu dokumentieren und transparent zu machen.³ Das Blockchain-Projekt soll insbesondere kleinen und mittleren dänischen Unternehmen helfen, die Produkte herstellen, die deutlich mehr kosten als ähnliche Produkte und daher anfällig für Plagiate sind.⁴ Ebenfalls sind weitere Möglichkeiten zur Verwendung von Blockchains zur Bekämpfung von Lebensmittelbetrug denkbar.⁵ So könnten Smart Contracts unter anderem auch dafür eingesetzt werden, dass Lieferungen zunächst durch Labortests hinsichtlich vertraglich vereinbarter Spezifikationen überprüft werden und die Zahlung der Lieferung bei Erfüllung der Spezifikationen automatisch durchgeführt wird.⁶

Grafische Darstellungen können ein Ansatzpunkt sein, um Probleme und Verbesserungsmöglichkeiten besser zu identifizieren.⁷ Zur Darstellung von Prozessen für die Analyse der Geschäftsprozessinnovation wird an dieser Stelle die Notation⁸ *Business Process Model and Notation* (BPMN) verwendet, die sich bereits in anderen Forschungsarbeiten zur Analyse von Prozessen mit der Blockchain-Technologie bewährt hat.⁹ Die BPMN wurde auf Veranlassung der BUSINESS PROCESS MANAGEMENT INITIATIVE (BPMI) entwickelt und konnte sich in den vergangenen Jahren als Standard für die Modellierung von Geschäftsprozessen etablieren.¹⁰

¹ Vgl. PAI ET AL. (2018), S. 17.

² Vgl. TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 7.

³ Vgl. CHRISTIANSEN (2019), S. 28.

⁴ Vgl. CHRISTIANSEN (2019), S. 29.

⁵ Vgl. DÜBECKE (2020), o. S.

⁶ Vgl. DÜBECKE (2020), o. S.

⁷ Vgl. BECKER (2008), S. 120.

⁸ Bei einer Notation für die grafische Modellierung von Geschäftsprozessen wird unter anderem festgelegt, was Symbole genau bedeuten, wie sich Symbole miteinander kombinieren lassen und wie Symbole für die Darstellung verschiedener Prozesselemente verwendet werden können. Vgl. ALLWEYER (2015), S. 9.

⁹ Vgl. u. a. DI CICCIO ET AL. (2019), S. 183 f.

¹⁰ Vgl. SCHMIDT (2014), S. 423. Weitere Notationen wie die der *Ereignisgesteuerten Prozesskette* (EPK) werden zwar noch im Bereich der fachlich orientierten Geschäftsprozessmodellierung eingesetzt, jedoch handelt es sich bei der EPK nicht um einen Standard und sie wird bereits vielerorts von der BPMN abgelöst. Auch die *Unified Modeling Language* (UML) konnte sich in der Praxis nicht zur Modellierung von Geschäftsprozessen durchsetzen. Vgl. ALLWEYER (2015), S. 10.

Die BPMN wird zunehmend von Unternehmen eingesetzt, da diese Dokumentationsform einen relativ gelungenen Kompromiss bietet zwischen leichter Verständlichkeit für alle an der Prozessgestaltung beteiligten Akteure und der Fähigkeit, die in der Regel mit Geschäftsprozessen verbundene Komplexität abzubilden.¹ Die einheitliche Darstellungsweise erlaubt eine systematische Analyse von Geschäftsprozessen.² Die Prozessbeschreibung besteht aus wenigen Symbolen und im Mittelpunkt steht der Prozess der Erfüllung von Aufgaben.³

Abbildung 18⁴ illustriert anhand eines exemplarischen BPMN-Modells, wie der Einsatz einer Blockchain und Smart Contracts zur Gestaltung von Prozessen zur Rückverfolgung mit dem Ziel der Minimierung von Lebensmittelbetrug aussehen könnte. Prozessmodellierungen können zur Identifikation von Prozessproblemen beitragen und die Verbesserung von Prozessen unterstützen.⁵ Eine Abbildung von Prozessen umfasst eine Beschreibung aller Tätigkeiten in einem spezifischen Prozess sowie die einzelnen Teilprozesse, Schritte und Aktivitäten.⁶ Auch wird beschrieben, welcher Akteur eine Tätigkeit durchführt und welche bereichsübergreifenden Beziehungen vorliegen.⁷ Im Kollaborationsdiagramm zum Einsatz von Blockchains zur Bekämpfung von Lebensmittelbetrug wird daher dargestellt, wie Hersteller Daten zu einem Lebensmittelprodukt in eine Blockchain ablegen, sodass beispielsweise Kunden als weitere Akteure an anderen Stellen der Supply Chain anhand der auf der Blockchain gespeicherten Daten die Herkunft eines Produktes überprüfen und nachvollziehen können. Sollten Bedenken hinsichtlich der Echtheit eines Produkts auftreten, das ein Einzelhändler zurückgibt, könnte eine Blockchain zum Beispiel solche Bedenken zerstreuen, da es für gefälschte Waren keine Verifizierungshistorie in der Blockchain gibt.⁸

¹ Vgl. SCHMIDT (2014), S. 423.

² Vgl. ALLWEYER (2015), S. 9.

³ Vgl. SCHMIDT (2014), S. 345.

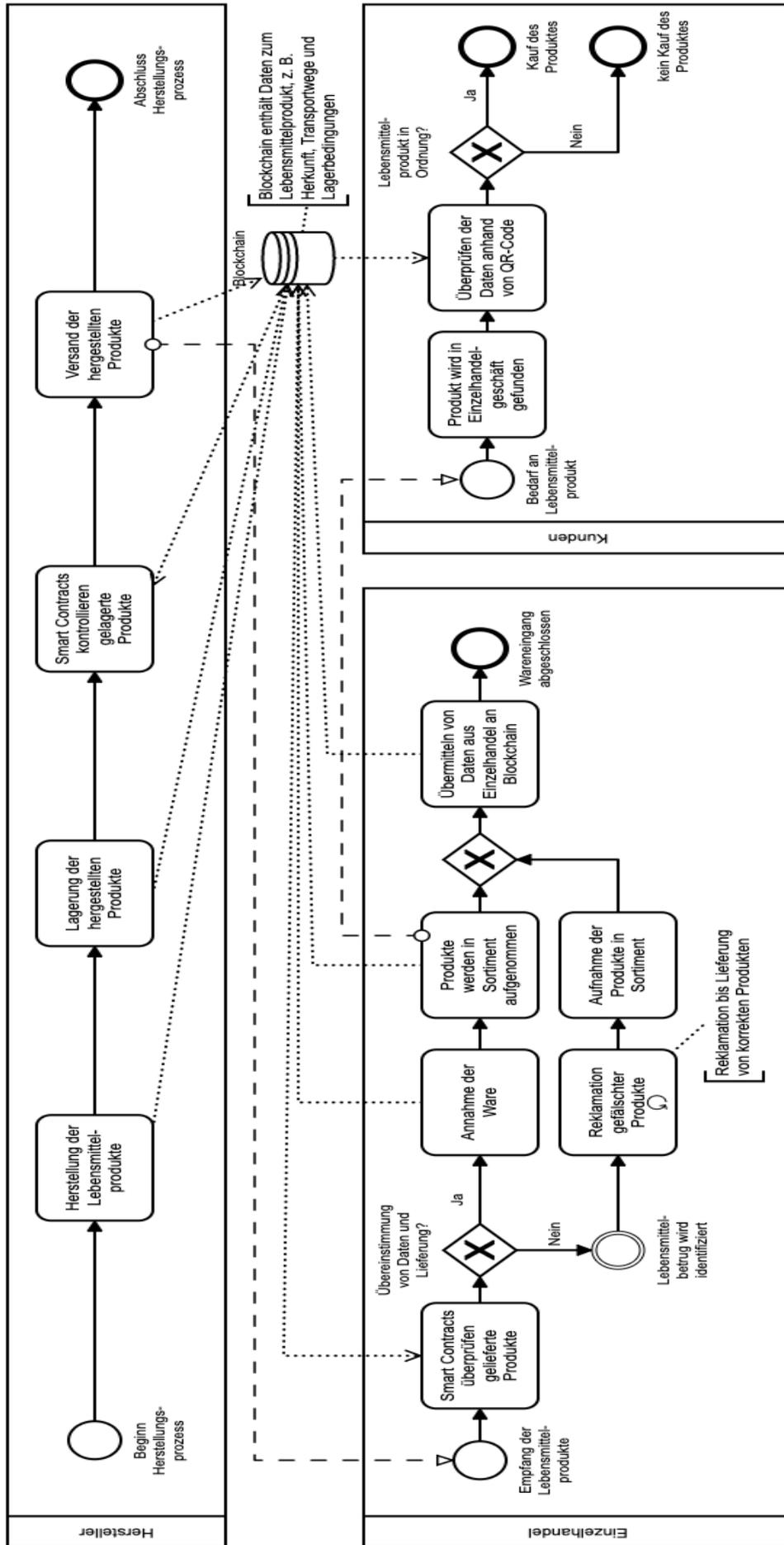
⁴ Abbildung 18 umfasst das BPMN-Modell auf Seite 86 sowie die dazugehörige Legende auf Seite 87.

⁵ Vgl. BECKER (2008), S. 120.

⁶ Vgl. BECKER (2008), S. 120.

⁷ Vgl. BECKER (2008), S. 120.

⁸ Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S.



Legende			
Bezeichnung	Symbol	Bezeichnung	Symbol
Startereignis		Pool	
Endereignis		Zwischenereignis	
Aktivität		Sequenzfluss	
Exklusives Gateway		Nachrichtenfluss (Datenfluss)	
Anmerkung		Assoziation	
Schleife		Datenspeicher	

Abbildung 18: BPMN-Modell zum Einsatz einer Blockchain in Food Supply Chains¹

Das vorliegende BPMN-Modell stellt vom Diagrammtyp ein *Kollaborationsdiagramm* dar. Diese eignen sich besonders zur Beschreibung der Zusammenarbeit zwischen Unternehmen.² Als Kollaboration wird das aufeinander abgestimmte Zusammenspiel von zwei oder mehr Prozessen bezeichnet, die durch Nachrichtenaustausch kommunizieren und keiner zentralen Steuerung unterstehen.³ Die Modellierung der Kollaboration wird hierfür mittels zwei oder mehr *Pools* abgebildet, wobei innerhalb von jedem Pool ein Prozess abläuft.⁴ Im vorliegenden Modell werden mehrere Pools verwendet, die nach den im vorliegenden Anwendungsfall des Lebensmittelbetrugs auftretenden Akteursgruppen *Hersteller*, *Einzelhandel* und *Endverbraucher* bezeichnet sind. Durch diese Verwendung mehrerer Pools lässt sich das Zusammenspiel von Prozessen mehrerer Partner zu modellieren.⁵

Mit *Sequenzflüssen* wird die Reihenfolge oder Sequenz dargestellt, in welcher *Aktivitäten*, *Ereignisse* sowie weitere Elemente durchlaufen werden.⁶ Mit Hilfe von Marken kann die Logik

¹ Eigenes BPMN-Modell. Grafiken der Legende entstammen aus dem Camunda Modeler Version 4.9. Vgl. CAMUNDA (2021), o. S. sowie OBJECT MANAGEMENT GROUP (2011), S. 29 ff.

² Vgl. ALLWEYER (2015), S. 50.

³ Vgl. ALLWEYER (2015), S. 50.

⁴ Vgl. ALLWEYER (2015), S. 50. In einem Pool werden alle Prozessschritte abgebildet, die von einer betrachteten (organisatorischen) Einheit erledigt werden. Vgl. SCHMIDT (2014), S. 346. Ein Pool muss nicht zwingend ein Unternehmen repräsentieren, sondern kann beispielsweise ein technisches System sein. Vgl. ALLWEYER (2015), S. 50.

⁵ Vgl. ALLWEYER (2015), S. 17.

⁶ Vgl. ALLWEYER (2015), S. 17.

des Sequenzflusses in einem Prozessdiagramm nachvollzogen werden.¹ Die *Aktivitäten* werden durch ein Rechteck mit abgerundeten Ecken dargestellt.² Bei einem *exklusiven Gateway* muss stets von mehreren ausgehenden Sequenzflüssen immer genau einer gewählt werden.³ Mit Hilfe von Bedingungen an den ausgehenden Sequenzflüssen wird vom Ersteller festgelegt, welcher der ausgehenden Pfade durchlaufen wird.⁴

Es ist für die Unterscheidung von anderen Flüssen erforderlich, dass Sequenzflüsse mit durchgehender Linie und ausgefüllten Pfeilspitzen eingezeichnet werden.⁵ Darüber hinaus existieren *Nachrichtenflüsse*, welche ebenfalls den Ablauf teilweise beeinflussen können.⁶ Die in einem Kollaborationsdiagramm verwendeten Nachrichtenflüsse dienen zur Abbildung von einem Informationsaustausch, z. B. Versenden einer E-Mail, eines Briefs oder ein Anruf.⁷ Ferner lässt sich auch jede Art von elektronischem Datenaustausch als Nachrichtenfluss darstellen, z. B. das Herunterladen einer Datei.⁸ Darüber hinaus lassen sich Nachrichten mit physischen Objekten verbinden, z. B. kann die Lieferung einer Ware im Rahmen einer Kollaboration ebenfalls als Nachrichtenfluss modelliert werden.⁹ Nachrichtenflüsse dienen in der BPMN ausschließlich zur Kommunikation zwischen eigenständigen Prozessen, die in unterschiedlichen Pools ablaufen.¹⁰ Im Gegensatz zu Nachrichtenflüssen dürfen Sequenzflüsse niemals Pool-Grenzen überschreiten, da diese zur Darstellung des Ablaufs im Rahmen eines eigenständigen Prozesses dienen.¹¹ Im vorliegenden Diagramm werden anhand der Informationsflüsse sowohl das Abrufen und Speichern von Daten in die Blockchain als auch der Austausch von Lebensmittelprodukten zwischen den einzelnen Akteuren in einer Food Supply Chain abgebildet, z. B. der Versand von Lebensmittelprodukten vom Hersteller an den Einzelhandel.

¹ Vgl. ALLWEYER (2015), S. 19. Vergleichbar mit Spielmarken, die bei einem Gesellschaftsspiel entsprechend der Spielregeln über den Spielplan geschoben werden, werden hier Marken gedanklich nach den Regeln der BPMN durch ein Prozessmodell geschoben. Vgl. ALLWEYER (2015), S. 19.

² Vgl. ALLWEYER (2015), S. 17.

³ Vgl. ALLWEYER (2015), S. 18. Die Auswahl beider Sequenzflüsse ist bei einem exklusiven Gateway nicht möglich. Dabei wird die Logik einer solchen Entscheidung auch als „exklusives Oder“ (Abkürzung „XOR“) genannt. Vgl. ALLWEYER (2015), S. 18.

⁴ Vgl. ALLWEYER (2015), S. 18.

⁵ Vgl. ALLWEYER (2015), S. 18.

⁶ Vgl. ALLWEYER (2015), S. 17.

⁷ Vgl. ALLWEYER (2015), S. 52.

⁸ Vgl. ALLWEYER (2015), S. 52.

⁹ Vgl. ALLWEYER (2015), S. 52.

¹⁰ Vgl. ALLWEYER (2015), S. 53. Nachrichtenflüsse sind daher nicht innerhalb eines Pools erlaubt, sondern ausschließlich zwischen Pools. Vgl. ALLWEYER (2015), S. 53.

¹¹ Vgl. ALLWEYER (2015), S. 53.

Durch die Modellierung von *Ereignissen* werden die Ursache oder der Auslöser des Ereignisses sowie seine Auswirkungen im Prozess betrachtet.¹ Der Auslöser eines *Startereignisses* muss nicht zwingend näher bestimmt werden, wenn der Auslöser nicht näher bekannt oder nicht von Bedeutung ist.² Auch ergibt sich der Auslöser oft aus dem Zusammenhang.³ Das unbestimmte Startereignis wird durch einen Kreis ohne Symbol dargestellt wird.⁴ Bei einem Prozess stellt das *Endereignis* das letzte Element dar, das ebenfalls als Kreis dargestellt wird, jedoch anders als das Startereignis mit einem dicken Rand.⁵

Bei der Durchführung eines Prozesses werden unter anderem Daten, Informationen und Dokumente sowohl verarbeitet als auch generiert.⁶ In der Regel ist mit einem Sequenzfluss von einer Aktivität zur nächsten auch die Weitergabe von Daten verbunden, weshalb der Austausch von Daten meist mit Nachrichtenflüssen dargestellt wird.⁷ Grundsätzlich ist die Modellierung der Weitergabe von Daten somit nicht erforderlich, da bei der Entwicklung der BPMN der Idee gefolgt wurde, dass alle Aktivitäten eines Prozesses zu jedem Zeitpunkt auf alle Daten innerhalb eines Pools zugreifen können.⁸ Ein indirekter Datenaustausch kann entstehen, wenn ein Prozess Daten in Datenspeicher schreibt, die von einem anderen Prozess gelesen werden.⁹ Allerdings müssen in diesem Fall beide Prozesse auf diesen Datenspeicher zugreifen können.¹⁰ Zudem ist zu beachten, dass Datenobjekte lediglich innerhalb eines Prozesses existieren.¹¹ Werden Daten in einem Datenspeicher abgelegt, sind diese auch nach Abschluss des Prozesses verfügbar.¹² Assoziationen werden als Darstellung eingesetzt, um Informationen und Artefakte mit grafischen BPMN-Elementen zu verknüpfen.¹³ Hingegen dient eine öffnende rechteckige Klammer zur Darstellung einer Anmerkung.¹⁴ Dadurch können Erläuterungen und Bemerkungen zu einem bestimmten Modell-Element hinzugefügt werden.¹⁵ Anmerkungen

¹ Vgl. ALLWEYER (2015), S. 64. Ereignisse können am Beginn und Ende eines Prozesses auftreten (Start- und Endereignis) sowie als Zwischenereignis (engl. „Intermediate Event“) auch innerhalb eines Prozesses eine Rolle spielen. Dabei hat ein Ereignis im Gegensatz zu einer Aktivität selbst keine Dauer. Vgl. ALLWEYER (2015), S. 64 f.

² Vgl. ALLWEYER (2015), S. 69.

³ Vgl. ALLWEYER (2015), S. 69.

⁴ Vgl. ALLWEYER (2015), S. 69.

⁵ Vgl. ALLWEYER (2015), S. 18.

⁶ Vgl. ALLWEYER (2015), S. 134.

⁷ Vgl. ALLWEYER (2015), S. 134.

⁸ Vgl. ALLWEYER (2015), S. 134.

⁹ Vgl. ALLWEYER (2015), S. 137.

¹⁰ Vgl. ALLWEYER (2015), S. 137.

¹¹ Vgl. ALLWEYER (2015), S. 135.

¹² Vgl. ALLWEYER (2015), S. 135.

¹³ Vgl. OBJECT MANAGEMENT GROUP (2011), S. 29.

¹⁴ Vgl. ALLWEYER (2015), S. 156.

¹⁵ Vgl. ALLWEYER (2015), S. 156.

haben keine Bedeutung für die Ablauflogik eines Modells, sondern tragen zu einem besseren Verständnis bei.¹ Im vorliegenden Kollaborationsdiagramm zum Lebensmittelbetrug wird daher die verwendete Blockchain zur Rückverfolgung von einem Lebensmittelprodukt als Datenspeicher dargestellt, welche beispielsweise Informationen zum Transport und Herkunft enthält. Assoziationen im Modell zeigen die Interaktion der betrachteten Akteure mit einer solchen Blockchain. Im exemplarischen Modell wird bei der Reklamation eines identifizierten Lebensmittelbetrugs bei einer Lieferung an den Einzelhandel zudem eine Schleife² verwendet.

Letztlich verdeutlicht das vorliegende Modell, wie die Blockchain-Technologie zur Gestaltung von Prozessen zur Vermeidung von Lebensmittelbetrug eingesetzt werden kann. Wie in den vorherigen Unterkapiteln aufgezeigt, können dabei Blockchains in Verbindung mit Smart Contracts als dezentrale Plattform und Automatisierung von Prozessschritten eingesetzt werden. Anhand des Modells in Abbildung 18 wird erkennbar, dass sich Daten an verschiedenen Schritten entlang der Food Supply Chain in eine gemeinsame Blockchain speichern lassen, die von den Akteuren der Food Supply Chain zur Kontrolle der Lebensmittelprodukte hinsichtlich Lebensmittelbetrugs eingesetzt werden können. Durch die Verwendung einer solchen dezentralen Blockchain wie im vorliegenden Modell könnte die Dokumentation von Lebensmitteln gegebenenfalls effizienter und transparenter erfolgen, um die Bekämpfung von Lebensmittelbetrug zu unterstützen. Am Modell wird zudem ersichtlich, dass Akteure die erforderlichen Daten nicht zunächst von anderen Akteuren anfragen müssen, da diese über die Blockchain verfügbar sind. Durch den im Modell dargestellten Einsatz von Smart Contracts könnte zudem die Überprüfung der Daten bei der Lagerung oder der Warenannahme automatisiert werden, wodurch das Identifizieren von Lebensmittelbetrug in kürzerer Zeit und mit weniger Aufwand möglich werden könnte.

¹ Vgl. ALLWEYER (2015), S. 156.

² Eine Schleife signalisiert, dass eine Aktion so oft wiederholt wird, bis eine definierte Bedingung eintritt oder nicht mehr gilt. Vgl. FREUND/RÜCKER (2017), S. 75.

4.4 Analyse potenzieller Herausforderungen

Die bisherigen Erkenntnisse zu den Gestaltungsmöglichkeiten durch den Einsatz einer Blockchain erscheinen vielversprechend, jedoch sind bei Blockchains und Smart Contracts noch verschiedene Herausforderungen zu beachten. Dementsprechend werden bei der Analyse der Potenziale hinsichtlich Geschäftsprozessinnovationen an dieser Stelle auch potenzielle Herausforderungen angeführt.¹

Im Rahmen von Kapitel 4.3.1 wurde aufgezeigt, dass Blockchains als dezentrale Plattformen eingesetzt werden können. Ein Einsatz einer Blockchains erscheint allerdings nicht in allen Szenarien zielführend, da ein gänzlicher Verzicht auf zentrale Strukturen nicht bei allen Szenarien notwendig oder sinnvoll ist.² Zumal die Implementierung einer Blockchain auch einige Probleme nicht lösen kann, die mit traditionellen elektronischen Rückverfolgbarkeitssystemen verbunden sind.³ Eine Blockchain allein kann beispielsweise Probleme hinsichtlich bestehender manueller Prozesse und fehlerhafter Qualität bei der ursprünglichen Dateneingabe nicht lösen.⁴ Sensoren liefern zunächst nur Werte, die sich außerhalb der Blockchain befinden, weshalb vor der Speicherung in die Blockchain eine Überprüfung der Identität der Sensoren und die Korrektheit der Sensorwerte erfolgen sollte.⁵ Denn eine Überprüfung der Daten erfolgt auch bei Smart Contracts nicht, weshalb Fehler im Sinne von Fehleintragungen sowie defekte oder manipulierte Sensoren ein Problem für den Einsatz der Smart Contracts darstellen können.⁶ Zwar ermöglichen sogenannte *Orakel* die Bereitstellung von Informationen aus der realen Welt für Smart Contracts, jedoch können auch diese nicht die Korrektheit der Daten garantieren.⁷

Im Rahmen der Analyse der Gestaltungsmöglichkeiten wurde aufgezeigt, inwiefern Blockchains in Verbindung mit Smart Contracts und Sensoren für Geschäftsprozessinnovation sorgen können. Angesichts der hohen Komplexität einiger Supply Chains und der Anzahl der ausgetauschten Dokumente ist es allerdings nicht einfach, einen fehlerfreien Informationsfluss

¹ An dieser Stelle erfolgt eine Analyse insbesondere hinsichtlich Geschäftsprozessinnovationen, während eine ausführliche Betrachtung von Risiken im Rahmen der BOCR-Analyse in Kapitel 5.1.5 durchgeführt wird.

² Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 68.

³ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 33.

⁴ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 17.

⁵ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 36.

⁶ Vgl. COTTRILL (2018), S. 24; FRIDGEN ET AL. (2019), S. 34.

⁷ Vgl. DI CICCIO ET AL. (2020), S. 48. So ist es möglich, dass ein Orakel falsche Daten liefert, z. B. fehlerhafte Informationen über den Standort eines LKWs auf Grund eines beschädigten GPS-Empfängers. Vgl. DI CICCIO ET AL. (2020), S. 48.

zu gewährleisten.¹ Dabei könnte auch die digitale Kluft bei Akteuren in der Supply Chain eine Herausforderung darstellen.² Sollten kleinere Akteure beteiligt sein, könnten diese Zeit und erhebliche Investitionen benötigen, um auf ein Blockchain-System umzusteigen.³ Zudem könnten die Kosten für die Implementierung eines Systems, das die Verwendung von Smart Contracts ermöglicht, zu hoch für eine rentable Nutzung sein.⁴ Dies gilt insbesondere für Produkte mit niedrigen Margen und niedrigen Preisen.⁵ Ferner könnte auch die niedrige Transaktionsgeschwindigkeit von Blockchains ein Hindernis beim Einsatz einer Blockchain als gemeinsame Plattform darstellen.⁶

Im Hinblick auf Smart Contracts lassen sich weitere Herausforderungen finden, die das Potenzial von Blockchains zur Geschäftsprozessinnovation eingrenzen. Da alle Daten dauerhaft in einer Blockchain gespeichert werden, steigt mit der Zeit der Speicherbedarf kontinuierlich an.⁷ Für den Einsatz von Smart Contracts müssen die Transaktionsdaten aller teilnehmenden Knoten zur Verfügung stehen, weshalb die Verschlüsselung der Daten nur schwierig umsetzbar ist.⁸ Werden lediglich Referenzen auf die Daten gespeichert (z. B. in Form eines Hashwerts), können Blockchains nur die Existenz und Integrität der Daten bescheinigen, jedoch ist bei einer externen Speicherung der Daten nicht die Verfügbarkeit für die Ausführung von Aktionen der Smart Contracts garantiert.⁹ Darüber hinaus kann eine direkte Speicherung der Daten in einer Blockchain auch dann unter Umständen nicht sinnvoll sein, wenn die Daten einzelner Parteien vertraulich sind und nicht für alle Knoten im Netzwerk sichtbar sein sollten.¹⁰ Die Datenzugänglichkeit kann somit eine zentrale Herausforderung bei Blockchains darstellen, die bei der Weiterentwicklung der Technologie besondere Aufmerksamkeit erfordert.¹¹ Da Transparenz ein wichtiges Merkmal von Blockchains für Supply Chains ist, sollte sorgfältig überlegt werden, welche Arten von Daten geschützt und offengelegt werden sollten.¹² In bestimmten Kontexten kann zudem Informationsasymmetrie oder Intransparenz ein erwünschter Zustand sein, da dieser Zustand Gewinne ermöglichen kann.¹³ Zum Beispiel kann

¹ Vgl. TAN ET AL. (2018), S. 8.

² Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 55.

³ Vgl. TAN ET AL. (2018), S. 8.

⁴ Vgl. TAN ET AL. (2018), S. 8.

⁵ Vgl. TAN ET AL. (2018), S. 8.

⁶ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 93.

⁷ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 34. Der Programmcode von Smart Contracts zählt ebenfalls zu diesen Daten. Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 34.

⁸ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 16 f.

⁹ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 35.

¹⁰ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 69.

¹¹ Vgl. TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 21.

¹² Vgl. TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 21.

¹³ Vgl. CARADONNA (2020), S. 47.

ein höheres Maß an Transparenz dazu führen, dass Unternehmen die Beschaffung aus unpopulären Regionen ändern muss, was in der Regel mit höheren Kosten einhergeht.¹

Letztlich sind bei der Verwendung von Smart Contracts die Herausforderungen bei der Sicherheit zu beachten, da sonst Schwachstellen im Code ausgenutzt werden können.² Bei der Verwendung von Smart Contracts ist daher von besonderer Bedeutung, dass diese selbst korrekt und gegen Angriffe sicher sind.³ Denn ein einmal eingesetzter Smart Contract Code lässt sich nicht ohne Weiteres revidieren, ohne die Integrität der gespeicherten Daten anzuzweifeln.⁴ Unternehmen müssen sicherstellen, dass keine schädliche Smart Contracts in die Blockchain gelangen, welche beispielsweise Spam verschicken.⁵

¹ Vgl. NITSCHKE/FIGIEL (2016), S. 28.

² Vgl. KANNENBERG (2016), o. S.; KÜHL (2016), o. S.

³ Vgl. SCHÜTTE ET AL. (2017), S. 19.

⁴ Vgl. SCHÜTTE ET AL. (2017), S. 19.

⁵ Vgl. SCHÜTTE ET AL. (2017), S. 19.

4.5 Einschätzung der Potenziale hinsichtlich Geschäftsprozessinnovationen

Die Analyse der Potenziale der Blockchain-Technologie hinsichtlich Geschäftsprozessinnovation hat aufgezeigt, dass die Blockchain-Technologie über das Potenzial verfügt, Prozesse zur Rückverfolgung von Lebensmitteln zu verändern sowie neue Ansätze zur Gestaltung von Prozessen zu ermöglichen. Die Blockchain-Technologie könnte als dezentrale Datenbank eine effizientere und transparentere Koordination von Prozessen zur Rückverfolgung von Lebensmitteln begünstigen, indem eine Blockchain als gemeinsame Datenbank als Klammer zwischen den Datenbanken der einzelnen Akteure dient, um Reibungsverluste durch Datensilos zu verhindern. Der Einsatz einer gemeinsamen Plattform zur Rückverfolgung von Lebensmitteln ist zwar bereits ohne Blockchain mit Hilfe von zentralen Lösungen möglich, jedoch können die Eigenschaften von Blockchains den Einsatz einer gemeinsamen Datenbank in Fällen begünstigen, in denen sich die Akteure nicht gegenseitig vertrauen, da ein Fehlverhalten dokumentiert werden würde und Manipulationen stärker auffallen würden. Wie in Kapitel 3.4 erläutert, ist in der Regel bei einer genehmigungsbasierten Blockchain ein grundsätzliches Vertrauen zwischen den Akteuren anzunehmen, weshalb diese eine Genehmigung erhalten. Dementsprechend könnte das Potenzial zur Geschäftsprozessinnovation durch den Einsatz einer Blockchain als dezentrale Datenbank möglicherweise geringer ausfallen.

Der Einsatz von Smart Contracts zur Automatisierung von Prozessen verspricht ein hohes Potenzial für Innovationen, da diese unter anderem eine Reduzierung von Intermediären ermöglichen. Dadurch scheinen neue Prozesse zur Rückverfolgung denkbar, in denen beispielsweise Intermediäre zur Überprüfung der Herkunft durch Smart Contracts ersetzt werden. Insbesondere angesichts der zunehmenden Digitalisierung sowie der Vernetzung von Objekten im Rahmen des Internets der Dinge könnte die Blockchain-Technologie eine besondere Rolle bei der Gestaltung und Optimierung von Prozessen zur Rückverfolgung einnehmen. Allerdings zeigt die Analyse ebenfalls, dass von Unternehmen aktuell noch einige Herausforderungen bei der Gestaltung von Prozessen zur Rückverfolgung von Lebensmitteln zu beachten sind. Dies gilt vor allem im Hinblick auf den Einsatz von Smart Contracts zur Rückverfolgung von Lebensmitteln. Dabei sollten Unternehmen in Food Supply Chains unter anderem beachten, dass sich Smart Contracts derzeit nur schwer anpassen lassen, falls diese nicht korrekt erstellt wurden. Ferner ist auch beim Einsatz von Blockchains und Smart Contracts von Bedeutung, dass korrekte Daten bei der Durchführung von Prozessen auf die Blockchain verwendet werden. Denn Smart Contracts garantieren bislang nicht, dass die verwendeten Daten fehlerfrei sind.

Letztlich erscheint der Einsatz von Blockchains und Smart Contracts nicht in allen Anwendungsfällen sinnvoll. Zum Beispiel kann ein Einsatz von Blockchains und Smart Contracts bei Produkten mit geringen Margen nicht rentabel sein. Auch Anwendungsfälle, in denen Intransparenz gewünscht wird oder die Transaktionsgeschwindigkeit entscheidend ist, scheinen bislang nicht vorteilhaft für den Einsatz von Blockchains im Hinblick auf Geschäftsprozessinnovationen zu sein.

5 Betriebswirtschaftliche Potenziale von Blockchains für Food Supply Chains

5.1 Analyse von Nutzen, Kosten, Chancen und Risiken einer Blockchain zur Rückverfolgung von Lebensmitteln

5.1.1 Definition der Betrachtungskriterien

Die Analyse der betriebswirtschaftlichen Potenziale erfolgt im Hinblick auf die Kriterien *Nutzen*, *Kosten*, *Chancen* und *Risiken*. *Nutzen* umfasst positive Aspekte, die sich aus einer Entscheidung ergeben.¹ Es kann zwischen direktem und indirektem Nutzen unterschieden werden.² Direkter Nutzen zeichnet sich dadurch aus, dass für Unternehmen ein finanzieller Vorteil entsteht, während sich ein indirekter Nutzen nicht direkt finanziell vorteilhaft auswirkt, sondern erst in Kombination mit anderen Effekten.³ Unter *Kosten* werden finanzielle Nachteile verstanden, die sich aus einer Entscheidung ergeben.⁴ *Chancen* beinhalten in der Analyse potenziell vorteilhafte Aspekte, aus denen sich in der Zukunft positive Entwicklungen ergeben können.⁵ *Risiken* sollen die zu erwartenden nachteilhaften Folgen zukünftiger negativer Entwicklungen einfangen.⁶

Für die Untersuchung wurden in einem ersten Schritt zunächst Aspekte für die Einschätzung der betriebswirtschaftlichen Potenziale in der Literatur⁷ und den durchgeführten Experteninterviews identifiziert, die sich als Unterkriterien eignen, um diese dann den Kriterien *Nutzen*, *Kosten*, *Chancen* und *Risiken* zuzuordnen.⁸ Im Anschluss wurden ähnliche Aspekte nach Möglichkeit zu einem Unterkriterium zusammengefasst, um auf Basis der vorhandenen Informationen eine ausführliche Betrachtung sowie eine präzise Trennung zwischen den Unterkriterien zu erreichen.

¹ Vgl. SAATY/SODENKAMP (2010), S. 105.

² Vgl. FISCHER ET AL. (2015), S. 33 f.

³ Vgl. FISCHER ET AL. (2015), S. 33 f.

⁴ Vgl. SAATY/SODENKAMP (2008), S. 40; WIJNMALEN (2007), S. 893.

⁵ Vgl. WIJNMALEN (2007), S. 893.

⁶ Vgl. WIJNMALEN (2007), S. 893.

⁷ Vgl. u. a. FORRESTER (2018), S. 4 ff.; FRIDGEN ET AL. (2019), S. 25 ff.; FUCHS/GOUDZ (2020), S. 449 ff.; KEHOE ET AL. (2017), S. 1 ff.; LEONG ET AL. (2018), S. 3 ff.; MAI ET AL. (2010), S. 976 ff.; OLSEN ET AL. (2019), S. 26 ff.; PAI ET AL. (2018), S. 3 ff.

⁸ Die Untersuchung von Nutzen, Kosten, Chancen und Risiken wird mit BOCR abgekürzt. BOCR steht für die englischen Begriffe *Benefits* (Nutzen), *Opportunities* (Chancen), *Costs* (Kosten) sowie *Risks* (Risiken). Vgl. SAATY (2004), S. 348; SAATY/SODENKAMP (2008), S. 40; SAATY/SODENKAMP (2010), S. 136; WIJNMALEN (2007), S. 893. Weitere Informationen zur BOCR-Analyse finden sich in Kapitel 6.5.

5.1.2 Analyse von Nutzen

5.1.2.1 Umsatzsteigerung

Die Rahmenbedingungen der Konsumgüterwirtschaft haben sich durch die Digitalisierung und durch globale Trends (z. B. Ressourcenknappheit und demographische Entwicklung) stark gewandelt.¹ Dadurch entstehen Herausforderungen für Unternehmen, die ihre gesamte Infrastruktur, ihre Geschäftsmodelle und ihre Kommunikation umstellen müssen.² Auch verfügen Verbraucher zunehmend über Möglichkeiten, sich über Produkte zu informieren und diese zu kaufen.³ Informationen zur Rückverfolgung werden dabei von Verbrauchern als Mehrwert⁴ für ihre Lebensmittelprodukte angesehen.⁵ Verbraucher sind bereit, für eine detaillierte Beschreibung der Herkunft und Verarbeitung von Lebensmitteln mehr zu bezahlen.⁶ Es ist außerdem ein verstärktes Bedürfnis nach Produkten mit Bio- und/oder Fair-Trade-Zertifikat erkennbar, sodass sich sowohl im konventionellen Einzelhandel als auch in Bio-Supermärkten immer mehr Lebensmittelprodukte mit entsprechenden Gütesiegeln finden lassen.⁷ Auch müssen sich Unternehmen im Lebensmittelbereich auf eine zunehmende Zahl an Allergikern, Vegetariern und Veganern einstellen, für die Informationen zur Herkunft und Inhaltsstoffen von Produkten eine wichtige Rolle spielen.⁸

Der Wunsch der Kunden nach zusätzlicher Transparenz bietet für Lebensmittelunternehmen daher die Möglichkeit, sich am Markt zu positionieren und einen Wettbewerbsvorteil zu erlangen, indem Informationen zu Inhaltsstoffen, Herstellungs-, Transport-, Lagerungs- und Weiterverarbeitungsbedingungen zur Verfügung gestellt werden.⁹ Die Digitalisierung und vertrauenswürdige Lebensmitteldaten können dabei einen erfolgskritischen Wettbewerbs-

¹ Vgl. LEHMANN (2015), S. 9.

² Vgl. LEHMANN (2015), S. 9.

³ Vgl. LEHMANN (2015), S. 9.

⁴ Im Rahmen der vorliegenden Dissertation wird der Begriff *Mehrwert* in der Regel als Vorteilhaftigkeit durch einen Nutzenzuwachs definiert. Dieser Nutzenzuwachs kann beispielsweise auftreten, wenn der erzielte Nutzen einer Alternative die investierten Kosten übersteigt.

⁵ Vgl. METCALFE (2019), S. 140.

⁶ Vgl. METCALFE (2019), S. 140. Verbraucher möchten Lebensmittel aus Ländern kaufen, in denen ethische Arbeitspraktiken bestehen. Vgl. SHACKLETT (2017), o. S. Viele der in Europa konsumierten Lebensmittel werden in Niedriglohnländern angebaut oder hergestellt. Davon betroffen sind insbesondere Produkte, die innerhalb Europas nur in geringem Maße oder gar nicht angebaut werden, z. B. Südfrüchte, Kaffee, Tee, Bananen oder Gewürze. Betroffen sind zudem Lebensmittel, die sich zwar in Deutschland angebaut werden können, deren Anbau in Ländern mit niedrigen Lohnkosten so günstig ist, dass eine Kompensation der höheren Transportkosten möglich ist, z. B. Fleischprodukte, Kartoffeln und Äpfel. Vgl. LOEW (2005), S. 30.

⁷ Vgl. NITSCHKE/FIGIEL (2016), S. 25.

⁸ Vgl. LEHMANN (2015), S. 11.

⁹ Vgl. NITSCHKE/FIGIEL (2016), S. 40.

faktor bilden und Lebensmittelunternehmen einen finanziellen Mehrwert bieten.¹ In der Regel gehen Handelsunternehmen allerdings sparsam mit Produktinformationen bezüglich der Supply Chain ihrer Produkte um.² Oftmals werden zusätzliche Angaben zum Preis nur entsprechend der gesetzlichen Vorgaben deklariert, z. B. das Herkunftsland von Frischware.³ Dadurch wird eine Fokussierung auf den Preis gefördert und der Mehrwert von einem lokal angebauten und natürlich produzierten Lebensmittel wird oftmals nicht adäquat kommuniziert, sodass sich Verbraucher mangels Differenzierungskriterien womöglich für das preisgünstigere Angebot entscheiden und keine Bereitschaft für einen Preisaufschlag besteht.⁴ Auch lässt sich die Nachhaltigkeit in der Praxis bislang nur schwer überprüfen.⁵ Dadurch bleibt Verbrauchern nur eine aufwändige Recherche oder blindes Vertrauen in Gütesiegel.⁶ Für Hersteller und Händler kann es daher relevant werden, ökologische und soziale Nutzenargumente glaubhaft zu vermitteln sowie Transparenz zu schaffen, sodass Differenzierungsmöglichkeiten und Chancen zum Aufbau nachhaltiger Marken ausgenutzt werden.⁷ Untersuchungen zeigen, dass ein großer Markt für Unternehmen existiert, die die Nachhaltigkeit ihrer Produkte nachweisen können.⁸

Die intelligente Verknüpfung von verschiedenen Informations- und Vertriebskanälen und vertrauenswürdigen Produktinformationen wird somit immer wichtiger.⁹ Die Bereitstellung der Informationen an Verbraucher ist aus technischer Sicht bereits durch verschiedene IT-Plattformen von Intermediären möglich.¹⁰ Diese Plattformen werden allerdings nur selten in vollem Umfang genutzt, da Akteure nur ungerne sensible Informationen vollständig zur Verfügung stellen.¹¹ Aktuelle IT-Lösungen befassen sich überwiegend mit der Verfolgung von Lebensmitteln, die einfache Logistikstrukturen und nur wenige Verarbeitungsschritte aufweisen, z. B. Obst, Fisch oder Fleisch.¹² Lebensmittel mit einer Vielzahl an Verarbeitungsschritten und komplexen Strukturen können aktuelle Systeme kaum abbilden, weshalb Hersteller und Händler zum Teil versuchen, eigene Rückverfolgbarkeitslösungen zu etablieren.¹³ Allerdings

¹ Vgl. LEHMANN (2015), S. 10; VON BLAZEKOVIĆ (2019), o. S.

² Vgl. RUDOLPH/MEISE (2010), S. 16.

³ Vgl. RUDOLPH/MEISE (2010), S. 16.

⁴ Vgl. RUDOLPH/MEISE (2010), S. 16.

⁵ Vgl. VON BLAZEKOVIĆ (2019), o. S.

⁶ Vgl. VON BLAZEKOVIĆ (2019), o. S.

⁷ Vgl. RUDOLPH/MEISE (2010), S. 19.

⁸ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 11. Schätzungen sehen eine Chance von 966 Milliarden Dollar für Marken, die ihr Nachhaltigkeitsbekenntnis deutlich machen. Vgl. PAI ET AL. (2018), S. 15.

⁹ Vgl. LEHMANN (2015), S. 9.

¹⁰ Vgl. NITSCHKE/FIGIEL (2016), S. 41.

¹¹ Vgl. NITSCHKE/FIGIEL (2016), S. 41.

¹² Vgl. NITSCHKE/FIGIEL (2016), S. 41.

¹³ Vgl. NITSCHKE/FIGIEL (2016), S. 41.

fällt bei der Nutzung solcher Rückverfolgbarkeitslösungen auf, dass die von Verbrauchern geforderten Informationen nicht immer zur Verfügung gestellt werden, wodurch eine Rückverfolgung bis zum Ursprung oftmals nicht möglich ist.¹

Für Lebensmittelunternehmen könnte deshalb der Nachweis der Herkunft mit Hilfe einer Blockchain ein hohes Geschäftspotenzial bieten, da sich so nachhaltige Produktionsweisen besser hervorheben und vermarkten lassen.² Eine Bereitstellung von Daten für Endverbraucher über eine Blockchain könnte zu einer besseren Sichtbarkeit der Produktherkunft, des Herstellers, der Qualität und Ähnlichem führen, was wiederum zu einer stärkeren Loyalität führen und zu einer stärkeren Geschäftsbeziehung beitragen kann.³ Die Veröffentlichung von aufgezeichneten Videos verschiedener Prozesse in einer Food Supply Chain mit Hilfe einer Blockchain könnte die Glaubwürdigkeit von Lebensmittelprodukten stärken. Die Bereitstellung der Informationen könnte z. B. durch eine mobile Anwendung erfolgen, die es den Endverbrauchern ermöglicht, ein Produkt oder einen QR-Code mit einem Smartphone zu scannen, um entsprechende Informationen über die Lebensmittelsicherheit zu erhalten.⁴ Ein Beispiel hierfür ist eine Blockchain, die von NATURIFE FARMS zur transparenten Kommunikation der eigenen Nachhaltigkeitspraktiken verwendet wird.⁵ Verbraucher können bei dieser Blockchain auf den Blaubeerverpackungen angebrachte QR-Codes mit ihren Smartphones scannen, um mehr über den Anbau und die Nachhaltigkeitspraktiken des Bauernhofs zu erfahren.⁶

Branchenexperten sind allerdings zum Teil noch skeptisch, wie hoch die Mehrpreisbereitschaft der Kunden in der Realität tatsächlich ausgeprägt ist, da der Lebensmittelmarkt weiterhin sehr stark vom Preis getrieben wird.⁷ Bei der Entscheidung hinsichtlich zusätzlicher Transparenz sollte die Art des Produkts ebenso berücksichtigt werden wie die Bereitschaft der Kunden, die zusätzlichen Kosten zu tragen.⁸ Eine erhöhte Preisbereitschaft könnte gemäß NITSCHKE/FIGIEL (2016) eher bei Frische- und Ultrafrischeprodukten existieren (z. B. Fisch und Fleisch) als im Trockensortiment.⁹ Bei diesen Lebensmitteln haben Anbieter ein hohes Interesse daran, die Wege kurz und transparent zu halten.¹⁰ Auch tendieren jüngere End-

¹ Vgl. NITSCHKE/FIGIEL (2016), S. 41.

² Vgl. VON BLAZEKOVIĆ (2019), o. S.

³ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 10.

⁴ Vgl. GALVEZ ET AL. (2018), S. 228; LEONG ET AL. (2018), S. 10.

⁵ Vgl. ROSENCRANCE (2020), o. S.

⁶ Vgl. ROSENCRANCE (2020), o. S.

⁷ Vgl. NITSCHKE/FIGIEL (2016), S. 28; VON BLAZEKOVIĆ (2019), o. S.

⁸ Vgl. NITSCHKE/FIGIEL (2016), S. 28.

⁹ Vgl. NITSCHKE/FIGIEL (2016), S. 28.

¹⁰ Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 490.

verbraucher zu wenigen Produkten, die dafür besser für ihre Gesundheit und den Planeten sind.¹ Es ist daher anzunehmen, dass Innovationen zur Rückverfolgung zunächst bei hochpreisigen und sensiblen Produkten zum Einsatz kommen werden, z. B. Fisch, Feinkost und hochwertiges Gemüse.²

5.1.2.2 Effizientere Geschäftsprozesse

Das Senken von Kosten ist für viele Unternehmen ein wichtiges Kriterium im Hinblick auf die Optimierung von Prozessen.³ Durch den Einsatz einer Blockchain können sich Ansätze zur Kollaboration ergeben, die Kosten und Zeit reduzieren sowie die Effizienz steigern.⁴ Ein großes Potenzial der Blockchain-Technologie liegt dabei in effizienteren Datenverwaltungsprozessen.⁵ Häufig muss zur Durchführung der Rückverfolgung die gesamte Supply Chain durchlaufen werden.⁶ Obwohl Interoperabilität bei traditionellen Rückverfolgbarkeitssystemen technisch zwar möglich ist, ist es schwierig, eine große und vielfältige Gruppe von Unternehmen dazu zu bringen, sich auf die zu verwendenden Standards und Datenformate zu einigen.⁷ Es scheint daher einfacher, dass sich eine Gruppe von Unternehmen darauf einigt, dass alle Akteure ein blockchainbasiertes System zur Verbesserung der Interoperabilität verwenden.⁸ So kann bereits mit Hilfe einer Schatten-Blockchain, die nicht als führendes System eingesetzt wird, sondern im Hintergrund alle relevanten Daten beinhaltet, eine schnellere Bearbeitung von Vorgängen erreicht werden, da sich Akteure direkt über diese Blockchain informieren können.⁹ Zum Beispiel hat WALMART CANADA begonnen, eine Blockchain gemeinsam mit Speditionsunternehmen zu nutzen, die die Waren transportieren.¹⁰ Die gemeinsam genutzte Blockchain ermöglicht es, Logistikdaten zu synchronisieren, Sendungen zu verfolgen und Zahlungen zu automatisieren, ohne dass die internen Prozesse oder IT-Systeme der Spediteure wesentlich verändert werden müssen.¹¹

¹ Vgl. THOMASSON (2019), o. S.

² Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 490.

³ Vgl. BECKER (2008), S. 13.

⁴ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 11.

⁵ Vgl. KATSIKOULI ET AL. (2021), S. 2181.

⁶ Vgl. KUNDE (2019), S. 235.

⁷ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 27.

⁸ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 27.

⁹ Vgl. KUNDE (2019), S. 235.

¹⁰ Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S.

¹¹ Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S.

Auch könnte die Digitalisierung von Dokumenten zu einer Reduzierung von Kosten beitragen.¹ Papierbasierte Aufzeichnungen und manuelle Prozesse können die Rückverfolgung von Produkten kostspielig und zeitaufwändig werden lassen.² International gehandelte Waren werden noch immer zum Teil auf Basis von Papierdokumenten dokumentiert, z. B. Bill of Lading (BoL).³ MAERSK hat in diesem Zusammenhang den Weg eines Containers verfolgt, welcher zum Transport von Avocados von Kenia nach Rotterdam verwendet wurde.⁴ Dabei konnte festgestellt werden, dass in dem Prozess eines solchen Containers mit einer relativ einfachen Ladung bereits 30 Unternehmen mit 120 Menschen involviert sind und 200 Informationsaustausche stattfinden.⁵ Auf Grund des Fehlens einer digitalen Durchdringung erfolgt die Durchführung des Prozesses mit Papier, wodurch der Prozess sehr kostenintensiv ist.⁶ Häufig entstehen Kosten durch Verzögerungen beim Transport, wenn erforderliche Dokumente nicht vorhanden sind oder verloren gegangen sind.⁷

Derzeitige Schätzungen gehen davon aus, dass durch das heutige analoge System Kosten in Höhe von 5-10 Prozent des Werts der jährlich international gehandelten Waren entstehen, was der Größenordnung von ungefähr einer Billion US-Dollar pro Jahr entspricht.⁸ Für den Anteil deutscher Waren am internationalen Handel ergeben sich aus diesem Prozess Einsparungspotenziale im zweistelligen Milliardenbereich.⁹ Dabei kann bereits das Führen von Papierinventar, Ausdrucken, Versanddokumenten und Ablagen Milliarden von Dollar kosten.¹⁰

Bisherige Versuche zur Digitalisierung von Prozessen waren erfolglos, da die entsprechenden zentralen Ansätze sich nicht flächendeckend etablieren konnten, weshalb eine zentrale Lösung zugleich ein Monopol für die jeweilige Plattform bedeuten würde.¹¹ Eine dezentrale Blockchain-Lösung mit Smart Contracts könnte eine Möglichkeit darstellen, die Herausforderung bei der Digitalisierung von Dokumenten zu lösen und kann als grundlegende IT-Struktur die Kooperation von Unternehmen unterstützen.¹² Alle relevanten Dokumente und Daten können auf einer Blockchain gespeichert werden, was die Verfügbarkeit zu jeder Zeit und für alle

¹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 8 f.

² Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 8.

³ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 8.

⁴ Vgl. KUNDE (2019), S. 234.

⁵ Vgl. KUNDE (2019), S. 234.

⁶ Vgl. KUNDE (2019), S. 234.

⁷ Vgl. KUNDE (2019), S. 234.

⁸ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 8.

⁹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 8.

¹⁰ Vgl. KOH ET AL. (2020), S. 2055.

¹¹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 8.

¹² Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 8 f.

beteiligten Akteure garantiert.¹ Dadurch lassen sich Dokumentation und Austausch von Informationen auf Basis von Papier (d. h. mehrere Versionen von Dateien, Unterschriften usw.) ersetzen, wobei jede Partei über einen privaten Schlüssel digital unterschreiben, Dateien validieren und bei Bedarf Kopien erstellen kann.² Auf diese Weise können sich die Kosten für die Durchführung von Prozessen mit Papier reduzieren sowie Dokumente schneller freigegeben und bereitgestellt werden.³ Von FORRESTER (2018) befragte Unternehmen erwarten durch den Einsatz der Blockchain-Technologie eine Senkung von Arbeitskosten, z. B. auf Grund sinkender Kosten durch eine Reduzierung von menschlichem Versagen und inkonsistenten Aufzeichnungen.⁴

Auch zeigt die Blockchain-Technologie das Potenzial, die Anzahl an Intermediären zu reduzieren, die zu einer sofortigen und unmittelbaren Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Parteien beitragen.⁵ In Transaktionen sind oftmals mehrere Intermediäre involviert, wodurch eine künstliche Verzögerung in der Bearbeitung von Transaktionen entstehen kann.⁶ Die Blockchain-Technologie ist insofern einzigartig, dass sie über das Potenzial verfügt, die Funktion eines Mittelsmanns ersetzen zu können.⁷ Blockchains könnten dadurch die Kosten für den Einsatz von vertrauensstiftenden Intermediären reduzieren, da alle Parteien im Netzwerk Zugang zu denselben Daten haben.⁸ Smart Contracts können zudem die Bedingungen einer Vereinbarung zwischen den Gegenparteien erleichtern, überprüfen und ausführen, ohne dass ein Intermediär erforderlich ist.⁹ Die Kommunikation durch einen sichtbar gestrafften Prozess könnte kürzere Durchlaufzeiten, weniger Redundanzen und weniger Verzögerungen ermöglichen.¹⁰

Ferner könnte durch die Verbesserung der Rückverfolgung auch eine Reduzierung der Kosten realisierbar sein, die beispielsweise mit den Rückrufen von Lebensmitteln in Verbindung stehen, indem sich der Verbleib der Ware schneller ermitteln lässt.¹¹ Die Lebensmittelbranche zählt zu den Industrien, die am stärksten von Rückrufaktionen betroffen sind.¹² Rückrufe sind

¹ Vgl. PHILIPP ET AL. (2019), S. 372.

² Vgl. PHILIPP ET AL. (2019), S. 372.

³ Vgl. KUNDE (2019), S. 234.

⁴ Vgl. FORRESTER (2018), S. 18.

⁵ Vgl. KATSIKOULI ET AL. (2021), S. 2177.

⁶ Vgl. LEWRICK/DI GIORGIO (2018), S. 26.

⁷ Vgl. MORABITO (2017), S. 4.

⁸ Vgl. LEONG ET AL. (2019), S. 4.

⁹ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 8 f.

¹⁰ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 8.

¹¹ Vgl. VON BLAZEKOVIC (2019), o. S.

¹² Vgl. ALLIANZ SE (2017), o. S.

für Unternehmen kostspielig und können dem öffentlichen Image einer Marke schaden, wenn sie nicht rasch und strategisch gehandhabt werden.¹ Bereits ein kleiner Rückruf verursacht nach Einschätzung von Experten meist einen Schaden in Höhe von hunderttausenden Euro, während ein großer Rückruf für Unternehmen einen Schaden in Millionenhöhe bedeuten kann.² Lassen sich betroffene Chargen nicht eindeutig identifizieren, müssen alle eventuell betroffenen Chargen vom Markt genommen werden.³ Unternehmen stehen daher vor der Herausforderung, durch ein frühzeitiges Eingreifen den Umfang eines Rückrufs zu reduzieren, um die Kosten des Rückrufs selbst und die Auswirkungen auf die Marke zu minimieren.⁴

Allerdings überwachen Lebensmittelhersteller in der Regel nur ihre unmittelbaren Lieferanten regelmäßig, weshalb sie nur über ein begrenztes Wissen über die Supply Chain verfügen.⁵ Dementsprechend sind beispielsweise Quellen von Erkrankungen und Verunreinigungen in vielen Fällen nicht leicht zu identifizieren.⁶ Eine effektive Kontrolle mit Hilfe der Blockchain-Technologie könnte die Vermeidung kostspieliger Rückrufe und Reputationsschäden unterstützen.⁷ Der Markenschaden könnte unter Umständen erheblich eingeschränkt werden, wenn ein Unternehmen die Dauer eines Schadensvorfalls aufgrund der früheren Erkennung eines Vorfalls und einer schnelleren Reaktionsfähigkeit von Wochen auf Tage reduzieren kann.⁸ So konnte der Hersteller von Navobi-Kälbermilchersatz durch Rückverfolgbarkeitssysteme über 100.000 Dollar an Rückruf- und Wiederherstellungskosten nach einem Salmonellenausbruch einsparen.⁹ Des Weiteren summieren sich bei einem stillen Rückruf die Kosten für Rücktransport und Vernichtung sowie Ausgleichszahlungen an Kunden und entgangener Umsatz selten auf mehr als 50.000 Euro.¹⁰

¹ Vgl. DICKERSON (2013), o. S. Kosten entstehen dabei unter anderem durch die Pausierung der Produktion, die Untersuchung des Rückrufs sowie durch entgangene Verkäufe. Vgl. KOERIS (2018), o. S. Darüber hinaus können Kosten durch die Rücknahme und Entsorgung der betroffenen Ware entstehen. Zudem können durch einen Rückruf Gewinne entgehen und Imageschäden auftreten. Vgl. OSTROFF (2018), o. S.; SOMMER/WITTRÖCK (2011), o. S. Auch sind Kosten durch Rechtsstreitigkeiten zu beachten. Vgl. OSTROFF (2018), o. S. Zum Beispiel stimmte CONAGRA einem Vergleich zu, eine strafrechtliche Anklage auf Bundesebene durch eine Zahlung von 11,2 Millionen Dollar zu regeln. Vgl. HENEGHAN (2016), o. S.

² Vgl. SOMMER/WITTRÖCK (2011), o. S. Ein größerer Produktrückruf im Lebensmittelbereich kostet bereits im Durchschnitt 8 Millionen Euro. Vgl. ALLIANZ SE (2017), o. S. Ein Beispiel hierfür ist der Rückruf von salmonellenbefallener Erdnussbutter mit geschätzten 1 Milliarde US-Dollar an Produktions- und Umsatzeinbußen für amerikanische Erdnussproduzenten. Vgl. HENEGHAN (2016), o. S.

³ Vgl. HENEGHAN (2016), o. S.

⁴ Vgl. HENEGHAN (2016), o. S.

⁵ Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 477.

⁶ Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 478.

⁷ Vgl. TAN ET AL. (2018), S. 8.

⁸ Vgl. SHACKLETT (2017), o. S.

⁹ Vgl. MAI ET AL. (2010), S. 981.

¹⁰ Vgl. SOMMER/WITTRÖCK (2011), o. S.

Auch ist zu beachten, dass mögliche Kosteneinsparungen von der technologischen Reife des jeweiligen Unternehmens abhängen.¹ Eine Rückverfolgung von Lebensmitteln durch den Einsatz einer Blockchain könnte in manchen Fällen im Hinblick auf die Kosten wirtschaftlich nicht sinnvoll sein.² Speziell bei Unternehmen, bei denen die gesamte Produktionskette längst digital abgebildet ist, könnte die Verwendung einer Blockchain zur Rückverfolgung von Lebensmitteln nicht sinnvoll sein, da bereits eine funktionierende und auf die Prozesse abgestimmte IT-Lösung vorliegt.³ Dahingegen könnten insbesondere Akteure von einem Einsatz einer Blockchain zur Rückverfolgung profitieren, die noch keine IT-Lösungen zur Rückverfolgung besitzen.⁴ Diese könnten mit Hilfe einer Blockchain-Lösung eine Reduzierung der Kosten durch eine Digitalisierung der Dokumentation realisieren.⁵ Zudem ist die digitale Abbildung der Produktion mit einem ERP-System bereits möglich, sodass die zur Rückverfolgung erforderlichen Daten vorhanden sind.⁶ Eine Blockchain kann nicht die breite Palette von Transaktionsverarbeitungs-, Buchhaltungs- und Managementkontrollfunktionen ersetzen, die von ERP-Systemen ausgeführt werden, da sich die Datenstruktur einer Blockchain nicht für eine schnelle Speicherung und einen schnellen Abruf eignet.⁷ Eine Blockchain müsste folglich erst mit den bestehenden Systemen kombiniert werden.⁸ Unternehmen könnten dann Transaktionsblöcke aus internen ERP-Systemen generieren und sie der Blockchain hinzufügen, um eine höhere Interoperabilität zu erreichen.⁹

5.1.2.3 Nachweis der Einhaltung von Vorschriften

Das Bedürfnis nach Transparenz gilt im Lebensmittelbereich als besonders ausgeprägt, da der Einfluss von Lebensmitteln auf die Gesundheit der Kunden direkt und hoch ausfällt.¹⁰ Lebensmittelkandale und Rückrufaktionen haben in den letzten Jahren dazu beigetragen, dass zunehmend Informationen über Lebensmittel gewünscht werden, u. a. über Inhaltsstoffe, Verarbeitungsprozesse, Herkunftsländer und Herstellungsbedingungen.¹¹ Die Notwendigkeit der

¹ Vgl. ANONYM (2021), S. 245.

² Vgl. ANONYM (2021), S. 245.

³ Vgl. ANONYM (2021), S. 245.

⁴ Vgl. ANONYM (2021), S. 245.

⁵ Vgl. ANONYM (2021), S. 245.

⁶ Vgl. ANONYM (2021), S. 245.

⁷ Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S.

⁸ Vgl. ANONYM (2021), S. 245.

⁹ Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S.

¹⁰ Vgl. NITSCHKE/FIGIEL (2016), S. 16.

¹¹ Vgl. NITSCHKE/FIGIEL (2016), S. 15.

Rückverfolgbarkeit von Lebensmittelprodukten ist zunehmend ein globales Thema, was durch die wachsende Zahl gesetzlicher Maßnahmen in verschiedenen Ländern belegt wird.¹ Es entstehen regelmäßig Kontroll- und Meldepflichten, z. B. durch die *EU-Verordnung 1224/2009* zur chargengenauen Rückverfolgbarkeit von Tiefkühlfleisch, Frischfleisch und Feinkost.² Verordnungen liefern spezielle Regelungen in Bezug auf verschiedene Produkttypen (z. B. Obst, Fisch, Gemüse und Fleisch) und sollen auch Verbrauchern die Ermittlung des Ursprungs der Erzeugnisse ermöglichen.³ Darüber hinaus müssen Unternehmen auf Aufforderung einer dafür zuständigen Behörde Informationen offenlegen.⁴

Ein vollständiges System zur Rückverfolgung von Lebensmitteln kann Unternehmen in der Lebensmittelbranche bei der Erfüllung gesetzlicher Vorschriften und Dokumentationspflichten unterstützen.⁵ Bei jeder Bewegung entlang der Supply Chain können Informationen über die einzelnen Schritte aufgezeichnet werden, einschließlich Informationen darüber, welcher Akteur eine Charge wann und warum bewegt hat und was sich aus der Bewegung ergeben hat.⁶ So hinterlässt beispielsweise eine Charge Äpfel, die sich vom Erzeuger zum Lebensmittelgeschäft bewegt, eine Reihe von zeitgestempelten Datensätzen, die sich sammeln lassen.⁷ Mit Hilfe der gesammelten zeitgestempelten Datensätze kann der Status einer Sendung unabhängig überprüft werden.⁸ Die mit der Blockchain-Technologie gespeicherten Daten können eingesetzt werden, um beispielsweise Aufsichtsbehörden zu informieren.⁹ Dabei könnte die Blockchain-Technologie Unternehmen unterstützen, ökologische und ethische Produktionsweisen nachzuweisen, z. B. bei Fischarten, die vom Aussterben bedroht sind und daher nur in bestimmten Gebieten gefangen werden dürfen.¹⁰ Im Falle des Ausbruchs einer Tier- oder Pflanzenkrankheit, kontaminierter Lebensmittelprodukte oder bei Lebensmittelbetrug könnte eine Blockchain Unternehmen ermöglichen, kontaminierte oder betrügerische Produkte schneller zurückzuverfolgen und zu lokalisieren.¹¹

¹ Eine Vielzahl von Lebensmittelskandalen in Verbindung mit u. a. Tierkrankheiten, Lebensmittelverunreinigungen und -vergiftungen sowie Produktionsweisen haben zur Einführung von Maßnahmen zur Rückverfolgbarkeit von Lebensmittelprodukten geführt. Vgl. ENGELSETH (2009), S. 421.

² Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 482 f.

³ Vgl. NITSCH/FIGIEL (2016), S. 16.

⁴ Vgl. NITSCH/FIGIEL (2016), S. 16.

⁵ Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 488.

⁶ Vgl. METCALFE (2019), S. 147.

⁷ Vgl. METCALFE (2019), S. 146.

⁸ Vgl. METCALFE (2019), S. 146.

⁹ Vgl. TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 15.

¹⁰ Vgl. VON BLAZEKOVIC (2019), o. S.

¹¹ Vgl. TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 9.

In der Praxis finden sich bereits Blockchain-Piloten, die als Beispiel für einen möglichen Einsatz einer Blockchain zum Nachweis der Einhaltung von Vorschriften dienen können. So bietet ein Blockchain-Pilot des in Amsterdam ansässigen Schokoladenherstellers TONY'S CHOCOLONELY Ansätze zur Minimierung von Kinderarbeit und moderner Sklaverei in Supply Chains für Kakao.¹ Das Blockchain-System umfasste eine Web-App zur Dateneingabe, Integrationsdienste zwischen der App und der Blockchain, eine Multichain-Blockchain-Plattform sowie eine Cloud-Infrastruktur.² Bestimmte Akteure wurden mit der Eingabe von Daten in drei Phasen der Supply Chain beauftragt: Sammlung der Bohnen, Kauf der Bohnen durch einen lokalen Händler und Kauf der Bohnen durch einen internationalen Händler vom lokalen Händler.³ Auf diese Weise ermöglichte die Blockchain eine Rückverfolgung der Chargen entlang der gesamten Supply Chain.⁴ Es scheint daher denkbar, dass eine Blockchain wie im Fall von TONY'S CHOCOLONELY in Zukunft eingesetzt werden kann, um die Einhaltung von gesetzlichen Vorgaben zu dokumentieren und nachzuweisen.

5.1.2.4 Qualitätssteigerung

Die Qualität betrifft die Erfüllung aller quantitativen Kundenanforderungen sowie die Realisierung einer reproduzierbaren, gleichmäßigen Prozessausführung.⁵ Beschwerden oder Mängel bei der Termintreue stellen wichtige Hinweise für eine benötigte Qualitätsverbesserung dar.⁶ Food Supply Chains arbeiten in einem komplexen, dynamischen, zeitkritischen Umfeld, in dem die Produktintegrität von entscheidender Bedeutung ist.⁷ Es muss ein hohes Maß an Sicherheit geben, dass die Lebensmittel eine bestimmte Qualität aufweisen.⁸ Verderbliche Waren (z. B. Fleisch, Fisch oder Milch) können viele Male den Besitzer wechseln, bevor sie den Verbraucher erreichen.⁹ Dabei hängt die Qualität von Lebensmitteln davon ab, wie mit Lebensmitteln an jedem Berührungspunkt der Supply Chain umgegangen wird.¹⁰ Es ist ein hohes Maß an Verlässlichkeit erforderlich, da Endverbraucher ein gewisses Maß an

¹ Vgl. ROSENCRANCE (2020), o. S. Die Supply Chain von Kakao gilt als problematisch, da beispielsweise Kakaobohnen aus Ghana und der Elfenbeinküste zum Teil unter Einsatz von Kinderarbeit und Sklaverei erzeugt werden. Vgl. ROSENCRANCE (2020), o. S.

² Vgl. ROSENCRANCE (2020), o. S.

³ Vgl. ROSENCRANCE (2020), o. S.

⁴ Vgl. ROSENCRANCE (2020), o. S.

⁵ Vgl. BECKER (2008), S. 14.

⁶ Vgl. BECKER (2008), S. 14.

⁷ Vgl. BOURLAKIS/WEIGHTMAN (2004), S. 2.

⁸ Vgl. BOURLAKIS/WEIGHTMAN (2004), S. 2.

⁹ Vgl. AUNG/CHANG (2014), S. 178.

¹⁰ Vgl. AUNG/CHANG (2014), S. 179.

Konsistenz bei den Produkten erwarten, die sie konsumieren.¹ Zu den Besonderheiten und Herausforderungen im Supply Chain Management im Lebensmittelbereich zählt unter anderem die Aufrechterhaltung der Temperaturkontrolle für Obst und Gemüse während des Transports, die einen kritischen Faktor für einen erfolgreichen Transport darstellt.² Beim weltweiten Transport von verderblichen Gütern kann die Kühlkette, die sich vom Ort der Ernte bis zum Verkaufspunkt erstreckt, Tausende von Kilometern lang sein, wobei viele Akteure an dem Prozess teilnehmen.³ Die Verwaltung von Ausstellungsbereichen für Frischeprodukte ist ein ständiger Kampf gegen die Zeit und den Verderb (Überreife).⁴

Auf Basis von Blockchains können Daten über die Qualität (z. B. Frische der Produkte) von Produkten zur Verfügung gestellt werden.⁵ Ein Datenmanagement mit Hilfe der Blockchain-Technologie könnte dabei helfen, dass Daten zur Kühlkette über eine Blockchain-Lösung gesammelt, verwaltet und analysiert werden.⁶ Durch die effektive Nutzung der Kühlketten-Daten besteht das Potenzial, Lebensmittelverluste zu reduzieren und die Verkaufszeit der Lebensmittel zu verlängern.⁷ Auch lässt sich das Mindesthaltbarkeitsdatum unter Berücksichtigung der Transportbedingungen und -zeiten direkt bei der Übergabe berechnen, ausdrucken und aufkleben.⁸ Dadurch könnten eine längere Aufbewahrung im Kühlschrank und bessere Frische ermöglicht werden.⁹ Eine grundlegende Struktur zur Rückverfolgung ermöglicht es Unternehmen, die Quelle und Stärke von Sicherheits- oder Qualitätsproblemen zu erkennen.¹⁰

Ein wichtiger Grund für die Notwendigkeit, den Weg von Lebensmitteln nachvollziehen zu können, sind Mängel bei Lebensmitteln, die ernsthafte Gesundheitsgefährdungen bei Verbrauchern hervorrufen können.¹¹ Auslöser einer solchen Gesundheitsgefährdung können zum Beispiel Belastungen durch Bakterien sein oder Verunreinigungen durch Fremdstoffe.¹² Die Lebensmittelsicherheit muss daher auf jeder Stufe des Produktlebenszyklus gewährleistet

¹ Vgl. METCALFE (2019), S. 13.

² Vgl. KERBEL (2017), S. 12.

³ Vgl. KERBEL (2017), S. 12.

⁴ Vgl. KERBEL (2017), S. 12. Frischeprodukte bleiben im Normalfall zwischen einem Tag und fünf Tagen bis zu dem endgültigen Verkauf in den Regalen. Ein geschultes Verkaufspersonal muss die Rotation von Frischwaren überwachen und steuern. Vgl. KERBEL (2017), S. 12.

⁵ Vgl. TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 9.

⁶ Dies könnte eine Kombination von erfassten Standort-, Temperatur- und Logistikdaten sein. Vgl. SHAW/BEASLEY (2016), o. S.

⁷ Vgl. SHAW/BEASLEY (2016), o. S.

⁸ Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 488.

⁹ Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 488.

¹⁰ Vgl. CHHIKARA ET AL. (2018), S. 114.

¹¹ Vgl. GRAU/WIENHOLD (2016), S. 6.

¹² Vgl. GRAU/WIENHOLD (2016), S. 6.

werden.¹ Je besser eine grundlegende Struktur zur Rückverfolgung ist, desto schneller lassen sich Probleme mit der Lebensmittelsicherheit oder der guten Qualität erkennen und lösen.² Durch Rückverfolgung können Unternehmen die Quelle und das Ausmaß von Sicherheits- oder Qualitätskontrollproblemen isolieren.³ Mit entsprechenden Informationen können fehlerhafte Artikel bis zum Zeitpunkt der Entstehung zurückverfolgt werden, um festzustellen, ob andere Artikel einer ähnlichen Gruppe ebenfalls fehlerhaft sind.⁴ Dies trägt dazu bei, die Produktion und den Vertrieb von unsicheren oder minderwertigen Produkten zu reduzieren, was wiederum die Gefahr für ein schlechtes Image und Rückrufe reduziert.⁵ Gemeinsam genutzte Datenbestände könnten dazu beitragen, dass sich beispielsweise das Risiko der Verderblichkeit verringert.⁶

Allerdings könnte der Fall eintreten, dass die Verfügbarkeit von Informationen über Weg und Zeit sowie weitere Sensordaten womöglich nicht ausreichen werden.⁷ Denn Laien werden voraussichtlich anhand von Sensordaten nicht die negativen Auswirkungen auf die Qualität des Lebensmittels bewerten können.⁸ Es wird hierfür in der Regel auch ein Expertensystem benötigt, das die Einflüsse auf ein Lebensmittel beurteilt, um auch Verbrauchern eine Bewertung der Faktoren zu ermöglichen.⁹

5.1.2.5 Erhöhung der Robustheit der Datensicherung

Die redundante Speicherung von Daten bei Nutzung einer Blockchain könnte für Unternehmen mit dem Vorteil einer höheren Robustheit einhergehen.¹⁰ Robustheit ist ein Hinweis darauf, wie empfindlich die Daten und die Datenbank gegenüber Fehlern, Irrtümern oder Zwischenfällen wie Stromausfällen, Hackerangriffen, Serverabstürzen und Fehlfunktionen von Software oder Hardware sind.¹¹

¹ Vgl. KATSIKOULI ET AL. (2021), S. 2176.

² Vgl. CHHIKARA ET AL. (2018), S. 114.

³ Vgl. GOLAN ET AL. (2005), S. 64.

⁴ Vgl. CHHIKARA ET AL. (2018), S. 114; GOLAN ET AL. (2005), S. 64.

⁵ Vgl. GOLAN ET AL. (2005), S. 64.

⁶ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 9.

⁷ Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 488.

⁸ Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 488.

⁹ Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 488.

¹⁰ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 25.

¹¹ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 25.

In einem traditionellen System wird die Robustheit durch externe Prozesse gewährleistet.¹ Diese können jedoch variieren, sodass unter Umständen erhebliche Verluste an Datenmengen eintreten können, wenn Probleme auftreten und entsprechende Schutzmaßnahmen nicht ausreichend vorhanden sind.² In einem blockchainbasierten System ist hingegen eine gewisse Robustheit inhärent, da die Datenbank normalerweise online ist und viele Male repliziert wird.³ Durch die dezentrale Speicherung von Daten sind Informationen bei Blockchains mit hoher Wahrscheinlichkeit zu jedem Zeitpunkt verfügbar, wenn ausreichend Knoten mit einem vollständigen Datensatz vorhanden sind.⁴ Die dezentrale Speicherung von Daten ermöglicht, dass das Risiko von Datenverlusten oder -beschädigungen durch Single-Point-of-Failure oder Diskrepanzen bei der Datenfragmentierung reduziert wird.⁵ Teilausfälle des zugrunde liegenden Netzwerks sind dementsprechend eher tolerierbar.⁶ Dennoch ist bei der Verfügbarkeit zu beachten, dass diese nur für die direkt in der Blockchain gespeicherten Daten gegeben ist.⁷ Sollten Daten ausgelagert werden, z. B. aus Vertraulichkeits- oder Datenschutzgründen, dann kann auch eine Blockchain keine Verfügbarkeitsgarantien für die eigentlichen Daten garantieren.⁸ Zudem sind zwar gezielte Angriffe auf eine einzige Stelle bei einer Blockchain hinsichtlich der Verfügbarkeit von Daten weniger schädlich, jedoch kann ein Angreifer zumindest im Fall von genehmigungsbasierten Blockchains mit größerem Aufwand durchaus eine Einschränkung der Verfügbarkeit erreichen.⁹

Die Blockchain-Technologie kann außerdem Vertrauen durch Kryptographieverfahren und Hashwerte erzeugen, da Manipulationen durch die Veränderung von Hashwerten erkennbar werden würden.¹⁰ Vorsätzlicher Betrug ist in einem blockchainbasierten System daher weniger wahrscheinlich, da dieser eindeutig und schnell identifiziert werden kann.¹¹ Eine Blockchain kann dadurch gegenüber traditionellen Rückverfolgbarkeitssystemen Vorteile bei der Integrität und Transparenz aufweisen, da sich Datenelemente weniger einfach überschrieben lassen.¹² Allerdings kann auch die Blockchain-Technologie nicht vor Manipulierungs-

¹ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 25.

² Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 25.

³ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 25.

⁴ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 16.

⁵ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 13.

⁶ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 16; FUCHS/GOUDZ (2020), S. 458.

⁷ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 16.

⁸ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 16.

⁹ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 16.

¹⁰ Vgl. CAP (2019), S. 191; FRIDGEN ET AL. (2019), S. 33; LEWIN ET AL. (2019), S. 169.

¹¹ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 24.

¹² Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 26.

versuchen schützen, die eingeleitet wurden, bevor die Daten in das System eingegeben wurden.¹ Grundsätzlich stellt die Sicherstellung der Qualität und Richtigkeit der aufgezeichneten Daten somit auch bei einer Blockchain eine große Herausforderung dar, da die Gefahr von "Garbage in, garbage out" besteht.² Der digitale Datensatz eines physischen Produkts kann absichtlich falsch und irreführend in Bezug auf die Eigenschaften des Produkts sein.³ Das Fehlen einer zuverlässigen Verbindung zwischen einem physischen Produkt und seinem digitalen Zwilling kann das System daher angreifbar machen.⁴ Obwohl die anfängliche Datengenauigkeit demnach immer noch davon abhängt, dass die Person oder das Gerät die Daten korrekt in das System eingibt, bedeutet die Nutzung der Blockchain, dass es zumindest einfacher werden könnte, ein Problem nach der anfänglichen Dateneingabe zu identifizieren.⁵ Durch eine Reihe von Maßnahmen kann auch bei zentralen Datenbanken die Integrität der Daten sichergestellt werden, z. B. durch die regelmäßige Erstellung von Sicherheitskopien sowie eine starke Zugriffskontrolle auf die Daten.⁶ Ein wesentlicher Unterschied zwischen Blockchain-Lösungen und einer zentralen Datenbank bleibt jedoch, dass beispielsweise eine Client-Server-Datenbank unter Kontrolle eines einzelnen Betreibers steht.⁷

5.1.3 Analyse von Kosten

5.1.3.1 Kosten für Implementierung und Instandhaltung einer Blockchain

Die Kosten bei der Erstellung einer Blockchain-Lösung können dabei aufgrund von Unsicherheiten variieren.⁸ Relevant sind unter anderem Kosten, die im Zusammenhang mit der Entwicklung eines Prototyps und der Weiterentwicklung zu einer vollständigen Blockchain-Lösung stehen.⁹ Häufig werden Workshops als Teil ihres Blockchain-Ideenbildungsprozesses zu Beginn durchgeführt, die bei den Kosten berücksichtigt werden müssen.¹⁰ Darüber hinaus

¹ Vgl. KATSIKOULI ET AL. (2021), S. 2178.

² Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 24.

³ Vgl. KATSIKOULI ET AL. (2021), S. 2178.

⁴ Vgl. KATSIKOULI ET AL. (2021), S. 2178.

⁵ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 9.

⁶ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 18. So ist es bei zentralen Datenbanken nicht unüblich, ein Versionsprotokoll zu führen, aus dem hervorgeht, wer die Daten wann und wo überschrieben hat. Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 24.

⁷ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 19.

⁸ Vgl. FORRESTER (2018), S. 23. Unsicherheiten sind unter anderem Komplexität der Blockchain, Anzahl der beteiligten internen Mitarbeiter, jährliche Vergütung des Personals, Implementierungsdauer sowie Komplexität der Entwicklung eines Governance-Modells und des Engagements aller Beteiligten für das Projekt. Vgl. FORRESTER (2018), S. 23 f.

⁹ Vgl. FORRESTER (2018), S. 23 f.

¹⁰ Vgl. FORRESTER (2018), S. 23.

lassen sich Organisationen oft bei der Entwicklung eines Blockchain-Prototyps hinsichtlich der Architektur der Blockchain beraten.¹ Diese Beratungskosten sind ebenfalls zu berücksichtigen.² Darüber hinaus sind Kosten zu berücksichtigen, wenn die Entwicklung einer Blockchain in Zusammenarbeit mit einem IT-Beratungsunternehmen erfolgt.³ Zum Beispiel verlangt ein Technologieanbieter zwischen 300.000 und 400.000 US-Dollar für ein Blockchain-Pilotprojekt.⁴ Des Weiteren können Gebühren für die Implementierung und Instandhaltung einer Blockchain anfallen.⁵

Organisationen brauchen eine vertrauenswürdige Unternehmenslösung, insbesondere weil die meisten Kostenvorteile erst dann realisiert werden können, wenn die alten Systeme außer Betrieb genommen werden.⁶ Die Unreife der Blockchain-Technologie erhöht die Umstellungskosten, die angesichts aller anderen Systemkomponenten beträchtlich sind.⁷ Umstellungskosten bei der Einführung eines RFID-Systems umfassen unter anderem Kosten für die Konfiguration des Systems, Bereitstellung von Schnittstellen, Prozessanpassungen sowie Schulungen.⁸ Derartige Kosten erscheinen auch bei der Nutzung einer Blockchain zur Rückverfolgung möglich. Darüber hinaus sind zusätzliche Kosten für die Information und Einbeziehung potenzieller Mitglieder der Blockchain zu berücksichtigen.⁹ Zu den Kosten während der Planungs-, Test- und Implementierungsphase eines Rückverfolgungssystems zählen außerdem Hardware- und Software-Investitionen.¹⁰

Es sind bei einer Blockchain-Lösung außerdem laufende Betriebskosten zu berücksichtigen.¹¹ ERNST & YOUNG (2019) schätzen in einem Szenario zur Analyse der Kosten von Blockchains, dass die Kosten für die Integration im ersten Jahr ca. \$ 100.000 umfassen könnte, während die Kosten in den darauffolgenden Jahren deutlich niedriger ausfallen können (ca. \$ 3.900 im zweiten Jahr).¹² Die Kosten für die Überwachung einer Blockchain könnten nach ERNST & YOUNG (2019) mit jedem weiteren Jahr abnehmen, wobei im ersten Jahr die Kosten in Höhe

¹ Vgl. FORRESTER (2018), S. 23.

² Vgl. FORRESTER (2018), S. 23.

³ Vgl. FORRESTER (2018), S. 23.

⁴ Vgl. STERNBERG ET AL. (2021), S. 83.

⁵ Vgl. VON BLAZEKOVIĆ (2019), o. S.

⁶ Vgl. CARSON ET AL (2018), o. S.

⁷ Vgl. CARSON ET AL (2018), o. S.

⁸ Vgl. STRASSNER (2005), S. 150.

⁹ Vgl. FORRESTER (2018), S. 24.

¹⁰ Vgl. CHRYSOCHOIDIS ET AL. (2009), S. 574 f.

¹¹ Vgl. FORRESTER (2018), S. 24.

¹² Vgl. ERNST & YOUNG (2019), S. 8.

von ca. \$ 20.000 geschätzt werden.¹ Dabei sind bei Systemen zur Rückverfolgung unter anderem Kosten für Kontroll- und Reparaturaufwand sowie nachträgliche Systemanpassungen zu beachten, z. B. Ersatz defekter Hardware und Anpassungen der Konfiguration.² In der Betriebsphase entstehen außerdem Kosten für die Entwicklung zusätzlicher Funktionen und Upgrades.³ Zudem müssen Unternehmen bei der Verwendung einer Blockchain eines IT-Dienstleisters gegebenenfalls regelmäßige Lizenzgebühren berücksichtigen.⁴ In den letzten Jahren wurde bereits ein Portal für Rückrufe aufgebaut, bei dem geringe Gebühren anfallen, die sich zwischen dem Rückrufinitiator und dem Rückrufempfänger unterscheiden.⁵ Die Gebührenstruktur ist bei diesem Portal zudem nach der Unternehmensgröße in Bezug auf den Jahresumsatz gegliedert.⁶ Ein solches Portal für Rückrufe könnte ein Vergleichsmaßstab zur Einschätzung von Gebühren bei einer Blockchain-Lösung zur Rückverfolgung sein.

Für Unternehmen besteht außerdem die Möglichkeit, eine fertige Blockchain im Rahmen von *Blockchain as a Service* (BaaS) zu nutzen, anstatt ein neues Blockchain-System von Grund auf entwickeln zu müssen.⁷ Dabei handelt es sich um ein Softwareverteilungsmodell, bei dem ein Dritter eine Anwendung hostet und die Funktionalität (d. h. den Dienst) der Anwendung über das Internet anbietet.⁸ Diese Art von Service wird manchmal als *On-Demand-Software* bezeichnet.⁹ Um die Funktionalität oder den Service nutzen zu können, ist in der Regel ein Abonnement oder eine Registrierung erforderlich.¹⁰ Einige der großen Cloud-Anbieter wie AMAZON, MICROSOFT und IBM beginnen bereits, Blockchain as a Service auf ihren Cloud-Plattformen anzubieten.¹¹ Bei BaaS-Diensten werden dem Kunden sowohl die Hardwareinfrastruktur bereitgestellt als auch ausgewählte Blockchain-Software und Applikationen zur Verfügung gestellt.¹² Anwender, die BaaS-Lösungen einsetzen, werden davon profitieren, dass sie sich nicht mit den Problemen der Konfiguration und der Einrichtung einer funktionierenden Blockchain auseinandersetzen müssen und keine Hardware-Investitionen

¹ Vgl. ERNST & YOUNG (2019), S. 8.

² Vgl. CHRYSOCHOIDIS ET AL. (2009), S. 575 f.; STRASSNER (2005), S. 150 f.

³ Vgl. FORRESTER (2018), S. 25.

⁴ Vgl. FORRESTER (2018), S. 25.

⁵ Vgl. KUMAR ET AL. (2015), S. 135.

⁶ Vgl. KUMAR ET AL. (2015), S. 135.

⁷ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 19.

⁸ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 19. Typische Beispiele für SaaS-Lösungen sind *Google Apps*, *Dropbox*, *Salesforce* und *Cisco WebEx*. Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 19.

⁹ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 19.

¹⁰ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 19. Andere Varianten sind z. B. Platform as a Service (PaaS) und Infrastructure as a Service (IaaS). Vgl. BOUSONVILLE (2017), S. 23; OLSEN ET AL. (2019), S. 19.

¹¹ Vgl. BURGWINKEL (2016), S. 12; OLSEN ET AL. (2019), S. 19.

¹² Vgl. BURGWINKEL (2016), S. 12.

benötigen.¹ Unternehmen können die Einarbeitung in die Blockchain ohne Kosten selber übernehmen oder auf Angebote von IBM zurückgreifen, z. B. eine virtuell begleitete Einarbeitung ab \$ 5.000,00.²

5.1.3.2 Personalbezogene Kosten

Bei den Kosten für eine Blockchain sind auch regelmäßige Kosten für das Personal zu berücksichtigen.³ Hierzu zählen Kosten für interne IT- und Entwicklerressourcen für den Betrieb und Support der Blockchain.⁴ Es kann davon ausgegangen werden, dass eine Organisation im Durchschnitt einen Vollzeitmitarbeiter benötigt, der für den technischen Support der Blockchain verantwortlich ist.⁵ Zudem sind bei der Verwendung eines neuen Rückverfolgungssystems Kosten für die Schulung von Mitarbeitern zu berücksichtigen.⁶ Die Kosten für die Schulung von Mitarbeitern können sich unter anderem durch Teilnahme an Trainings sowie Reisekosten ergeben.⁷ Diese sind auch bei der Verwendung einer Blockchain für die Rückverfolgung von Lebensmitteln denkbar. Auch können Kosten durch Unterbrechungen bis zu dem Zeitpunkt entstehen, an dem sich das Personal an das neue System gewöhnt hat und sich im Umgang mit dem neuen System sicher fühlt.⁸ Personalbezogene Kosten betreffen außerdem Gehaltserhöhungen auf Grund einer Qualifikationserhöhung durch die gewonnene Erfahrung im Umgang mit dem neuen System.⁹ Diese Kosten werden durch Anzahl und Gehalt der Mitarbeiter beeinflusst, die eine voll funktionsfähige Blockchain betreuen.¹⁰

Das Ersetzen älterer Systeme zur Speicherung von Daten durch eine Blockchain könnte allerdings eine Verringerung des Personals in Unternehmen ermöglichen.¹¹ So könnte durch den Einsatz von Blockchains und die Automatisierung mit Hilfe von Smart Contracts weniger Personal benötigt werden, was zu Kosteneinsparungen führen kann.¹²

¹ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 19.

² Vgl. IBM (2020), S. 11.

³ Vgl. FORRESTER (2018), S. 25.

⁴ Vgl. FORRESTER (2018), S. 25.

⁵ Vgl. ERNST & YOUNG (2019), S. 7.

⁶ Vgl. MAI ET AL. (2010), S. 989.

⁷ Vgl. FISCHER ET AL. (2015), S. 49.

⁸ Vgl. CHRYSOCHOIDIS ET AL. (2009), S. 574 f.

⁹ Vgl. CHRYSOCHOIDIS ET AL. (2009), S. 575 f.

¹⁰ Vgl. FORRESTER (2018), S. 25.

¹¹ Vgl. FORRESTER (2018), S. 17 f.

¹² Vgl. PHILIPP ET AL. (2019), S. 374.

5.1.3.3 Kosten für die Erfassung von Daten

Wie in den vorherigen Kapiteln ausgeführt, handelt es sich bei Blockchains in der Regel um dezentrale Datenbanken, weshalb eine Blockchain für die Rückverfolgung von Lebensmitteln auch mit entsprechenden Daten aus der Food Supply Chain versorgt werden muss.¹ Dabei ist davon auszugehen, dass die Schaffung von Transparenz zu erheblichen Kosten führen wird, z. B. könnten systemseitige Änderungen vorgenommen werden müssen, die Kosten verursachen.² Es werden für die Rückverfolgung von Lebensmitteln entsprechende Hardware und Software für die Erfassung der Daten benötigt.³ Zu den Kosten für die Erfassung von Daten zählen unter anderem Tablets, Scanner und Sensoren.⁴ Darüber hinaus können Kosten für Verkabelung bzw. WLAN, Antennen und Lesegeräte entstehen.⁵ Zudem besteht die Möglichkeit, GPS-Systeme zur Überwachung einzusetzen, z. B. bei der Überwachung von größeren Herden in der Landwirtschaft.⁶ Ferner können die Kosten der technischen Infrastruktur gegebenenfalls Dienstleistungen für die Nutzung extern betriebener Infrastruktursysteme umfassen.⁷ Bei den Kosten für die Erfassung von Daten ist zu beachten, dass sich zwar beispielsweise das RFID-System als ausgezeichnet für die Rückverfolgbarkeit erwiesen hat, jedoch die Kosten weiterhin einen limitierenden Faktor darstellen.⁸ Es sind derzeit nur Produkte mit hohem Mehrwert in der Lage, die Auswirkungen der RFID-Kosten aufzufangen.⁹ Die Kosten für die Nutzung von RFID sind zwar in den letzten Jahren deutlich gesunken, aber es könnte noch Jahre dauern, bis die Kosten für RFID ausreichend stark gesunken sind, dass sich eine Implementierung der Technologie entlang der kompletten Supply Chain lohnt.¹⁰

Blockchains haben durch die dezentrale Speicherung gegenüber zentralisierten Lösungen wahrscheinlich einen höheren Speicherbedarf, welcher zusätzliche Kosten erzeugen kann.¹¹ Gegebenenfalls müssen Unternehmen, die Clouds zur Speicherung von Daten verwenden, bei der Verwendung einer Blockchain diese Kosten weiterhin berücksichtigen, wenn ein Teil der

¹ Siehe hierfür insbesondere die Analyse der Einsatzmöglichkeiten von Blockchains zur Rückverfolgung in Kapitel 3.4.1.

² Vgl. NITSCHÉ/FIGIEL (2016), S. 28.

³ Vgl. MAI ET AL. (2010), S. 989.

⁴ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 55.

⁵ Vgl. STRASSNER (2005), S. 150 f.

⁶ Vgl. KROLL (2015), o. S.

⁷ Vgl. STRASSNER (2005), S. 150.

⁸ Vgl. KUMAR ET AL. (2015), S. 141.

⁹ Vgl. KUMAR ET AL. (2015), S. 141.

¹⁰ Vgl. KUMAR ET AL. (2015), S. 141 f.

¹¹ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 15.

Daten weiterhin auf Clouds gespeichert werden soll.¹ Es ist anzunehmen, dass sich diese Cloud-Kosten im weiteren Verlauf minimieren werden.² Kostenprognosen eines Cloud-Anbieters gehen von einer virtuellen Maschine (VM) pro vollständigem Knoten zu durchschnittlichen Kosten von \$ 2.000 pro VM aus.³ Allerdings können Blockchains bestehende Software-Tools und Systeme teilweise ersetzen, die für die Nachverfolgung oder Abrechnung verwendet werden.⁴ Die Größenordnung der Effizienzeinsparungen durch eine Reduzierung alter Systeme wird jedoch von mehreren Faktoren beeinflusst.⁵ Hierzu zählen unter anderem die Anzahl der von einer Organisation bearbeiteten Datensätze und durchschnittliche Kosten für die Bearbeitung eines Datensatzes.⁶ Weitere Faktoren sind Lizenzkosten für Altsysteme und jährliche Vergütung von Mitarbeitern, die durch die Verwendung einer Blockchain erstellten Lösung von der Betreuung der Altsysteme abgezogen werden können.⁷

Letztlich ist ein gewisses Maß an digitalen Kapazitäten über die gesamte Supply Chain erforderlich, um den vollen Nutzen aus der Blockchain-Technologie zu ziehen.⁸ Es ist daher bei dem Einsatz einer Blockchain zu beachten, dass Akteure in der Supply Chain möglicherweise in das Schließen der digitalen Kluft investieren müssen, um teilnehmen zu können.⁹ Die Mehrheit der Unternehmen in der Lebensmittelbranche sind kleine und mittlere Unternehmen, so dass die Einführung eines Rückverfolgungssystems Investitionen erfordern kann, die für solche Unternehmen möglicherweise nicht erschwinglich sind.¹⁰ Es könnten Streitigkeiten hinsichtlich der Aufteilung der Kosten zwischen Herstellern, Logistikanbietern in der Supply Chain der Lebensmittelbranche, Distributoren und Einzelhändlern entstehen.¹¹

5.1.3.4 Zusatzkosten für den Energieverbrauch

Blockchains gelten als besonders ineffiziente Art, um Daten zu speichern.¹² Der Energieverbrauch von Blockchains wird in der Öffentlichkeit vor allem in Bezug auf Bitcoin häufig

¹ Vgl. ERNST & YOUNG (2019), S. 8.

² Vgl. ERNST & YOUNG (2019), S. 8.

³ Vgl. ERNST & YOUNG (2019), S. 7.

⁴ Vgl. FORRESTER (2018), S. 17.

⁵ Vgl. FORRESTER (2018), S. 16.

⁶ Vgl. FORRESTER (2018), S. 16.

⁷ Vgl. FORRESTER (2018), S. 16.

⁸ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 52.

⁹ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 55.

¹⁰ Vgl. KELEPOURIS ET AL. (2007), S. 196.

¹¹ Vgl. KUMAR ET AL. (2015), S. 141 f.

¹² Vgl. TELLING (2022), o. S.

kritisiert.¹ Beim Proof-of-Work-Konsensmechanismus wird die Sicherheit dadurch sichergestellt, dass ein Angreifer nicht ohne hohen Aufwand in der Rolle von vielen Millionen virtuellen Rechenknoten auftreten kann, um bei der Abstimmung über vergangene Transaktionen eine aufgeblähte Mehrheit zu besitzen.² Allerdings wird diese hohe Sicherheit dadurch erkaufte, dass allein durch Bitcoin im Jahr 2019 rund 2,55 Gigawatt (GW) Strom verbraucht wurde.³ In Verbindung mit der vergleichsweise niedrigen Rate von 2-3 Zahlungstransaktionen pro Sekunde entspricht der Stromverbrauch einer einzelnen Transaktion der Höhe des monatlichen Stromverbrauchs eines Einpersonenhaushalts.⁴ Allerdings gilt hier zu berücksichtigen, dass der Konsensalgorithmus der Bitcoin-Blockchain mit dem Ziel entwickelt wurde, dass rechenintensive Rätsel für die Erstellung neuer Blöcke gelöst werden müssen.⁵ Andere Konsensmechanismen (z. B. *Proof of Stake*) sind in der Regel weniger energieintensiv, sodass der Energieverbrauch derartiger Blockchain-Systeme im Vergleich zu Bitcoin vernachlässigbar sein könnte.⁶

5.1.3.5 Kosten für das Blockchain-Ökosystem

Zudem sind Kosten für die Entwicklung eines Ökosystems und den Aufbau von Beziehungen zwischen den Mitgliedern zu beachten.⁷ Dabei können unter anderem Onboarding-Kosten durch die Aufnahme neuer Mitglieder und für die Verwaltung der Mitgliederbeziehungen anfallen.⁸ Kosten für die Entwicklung des Ökosystems umfassen beispielsweise Workshops und Meetings mit anderen Partnern.⁹ Bei der Bestimmung der Kosten für eine Blockchain-Lösung werden häufig Kosten für die Governance übersehen.¹⁰ Hierfür entstehen unter anderem Kosten für interne IT-Führungskräfte und Rechtsexperten, um das Governance-Modell zu unterstützen und Verhandlungen mit neuen und bestehenden Mitgliedern der Blockchain zu führen.¹¹ Aufgrund des frühen Stadiums von Blockchain-Lösungen für Unternehmen könnten die

¹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 94.

² Vgl. CAP (2019), S. 193.

³ Vgl. CAP (2019), S. 193. Dies entspricht bereits der Größenordnung von Volkswirtschaften wie Irland (3,1 GW). Vgl. CAP (2019), S. 193.

⁴ Vgl. CAP (2019), S. 193.

⁵ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 94.

⁶ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 94.

⁷ Vgl. FORRESTER (2018), S. 25.

⁸ Vgl. ERNST & YOUNG (2019), S. 8; FORRESTER (2018), S. 25.

⁹ Vgl. FORRESTER (2018), S. 42.

¹⁰ Vgl. ERNST & YOUNG (2019), S. 6.

¹¹ Vgl. FORRESTER (2018), S. 25.

Governance-Kosten anfangs sehr hoch sein.¹ Außerdem könnte die zusätzliche Transparenz dazu führen, dass Unternehmen gegebenenfalls auf Lieferanten aus unpopulären Lieferanteregionen verzichten müssen, was in vielen Fällen zu höheren Kosten führen könnte.²

5.1.4 Analyse von Chancen

5.1.4.1 Fördermaßnahmen und Einfluss durch Regulierung

Der Einsatz der Blockchain-Technologie könnte durch Fördermaßnahmen des Gesetzgebers begünstigt werden, z. B. im Fall der vom Bundeskabinett verabschiedeten Blockchain-Strategie.³ Im Rahmen der Blockchain-Strategie sollen unter anderem Projekte zur Blockchain-Technologie gefördert sowie klare Rahmenbedingungen für Investitionen ermöglicht werden.⁴

Auch auf dem Gebiet der Regulierung erfolgt ein starker Wandel.⁵ Es werden strengere Gesetze erlassen, die einen größeren Schwerpunkt auf proaktive und präventive Ansätze zur Lebensmittelsicherheit legen.⁶ Ein Beispiel hierfür ist das ab dem 01. Januar 2023 geltende *Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz* der Bundesregierung, das deutsche Unternehmen dazu verpflichten soll, die Einhaltung von Menschenrechten und Umweltstandards bei Lieferanten von Rohstoffen und Produkten zu beachten.⁷ Sollten deutsche Unternehmen diese Sorgfaltspflicht nicht einhalten, können für diese Bußgelder und der Ausschluss von Aufträgen als Strafen anfallen.⁸ Für Hersteller bedeuten strengere Auflagen, dass sie ihre Prozesse und Verfahren anpassen müssen, um die gesetzlichen Anforderungen an Überwachung, Tests, Dokumentation, Risikobewertung und mehr zu erfüllen.⁹ Unternehmen, die proaktiv handeln, können sich vor möglichen Problemen bewahren.¹⁰ Eine erzwungene Anpassung an Gesetze kann dagegen zu überstürzten Aktionen führen, die erhöhte Risiken und Kosten nach sich ziehen.¹¹

¹ Vgl. ERNST & YOUNG (2019), S. 7.

² Vgl. NITSCHKE/FIGIEL (2016), S. 28.

³ Vgl. BMWK (2019), o. S.

⁴ Vgl. BMWK (2019), o. S.

⁵ Vgl. KOERIS (2018), o. S.

⁶ Vgl. KOERIS (2018), o. S.

⁷ Vgl. BRAITINGER/SCHERBEL (2022), o. S.; LAGHAI/STEINER (2021), o. S.

⁸ Vgl. LAGHAI/STEINER (2021), o. S.

⁹ Vgl. KOERIS (2018), o. S.

¹⁰ Vgl. KELEPOURIS ET AL. (2007), S. 197.

¹¹ Vgl. KELEPOURIS ET AL. (2007), S. 197.

Unternehmen wie WALMART etablieren daher bereits den Einsatz von Blockchains für mehr Transparenz, um für zukünftige Gesetze bereit zu sein.¹

5.1.4.2 Zunehmende Bedeutung von Daten

Wie in Kapitel 4 bereits ausgeführt wurde, gewinnen Daten im Rahmen die Digitalisierung weiterhin an Bedeutung. Dabei gilt das Supply Chain Management als ein interessantes Anwendungsfeld für die Blockchain-Technologie, da eine Vielzahl an unterschiedlichen Akteuren miteinander agieren, sodass im Hinblick auf die zunehmende Digitalisierung Technologien zum sicheren Datenaustausch erforderlich werden.² Zum Beispiel könnte die Blockchain-Technologie Datentransparenz und -zugriff in einer Supply Chain ermöglichen sowie das erforderliche Vertrauen für den Austausch von Informationen durch inhärente Sicherheitsmechanismen verbessern.³ Auch könnte der Einsatz von Smart Contracts und einer Blockchain Unternehmen operative Vorteile bieten.⁴

Es wird erwartet, dass zu den künftigen Anpassungen eine schrittweise Personalisierung von Lebensmitteln gehört, da die Produzenten auf das Verbraucherverhalten reagieren, das durch die individuellen Gesundheitsdaten der Verbraucher bestimmt wird.⁵ Die Macht großer Datenmengen in Verbindung mit der Vernetzung wird sich auf gesamte Supply Chains von Lebensmitteln auswirken, von der Produktion bis zum Transport und Vertrieb.⁶ Die Blockchain-Technologie könnte unter anderem als eine zusätzliche Informationsquelle für Daten und Statistiken eingesetzt werden.⁷ Dies ermöglicht es den Produzenten und anderen Akteuren der Food Supply Chains, bessere Analysen in ihren Betrieb zu integrieren, wodurch sie die Präferenzen der Verbraucher besser verstehen und zielgerichtet auf diese reagieren können.⁸ Zum Beispiel verwendet das Unternehmen BUMBLE BEE SEAFOODS eine Blockchain nicht nur zur Kommunikation der Herkunft von Thunfisch, sondern auch zur Erfassung von Daten, um den Fischern und den Käufern das gleiche Maß an Transparenz zu bieten.⁹ Die Daten ermöglichen

¹ Vgl. KUNDE (2019), S. 238 f.

² Vgl. SCHÜTTE ET AL. (2017), S. 25.

³ Vgl. DHL (2018), S. 12.

⁴ Vgl. TAN ET AL. (2018), S. 8.

⁵ Vgl. METCALFE (2019), S. 23.

⁶ Vgl. METCALFE (2019), S. 23.

⁷ Vgl. TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 15.

⁸ Vgl. TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 15.

⁹ Vgl. ROSENCRANCE (2020), o. S.

es Fischern unter anderem, die eigenen Fangzahlen mit denen anderer Fischer zu vergleichen.¹ Auch ist denkbar, dass Unternehmen in Food Supply Chains solche Daten bei der Auswahl von Lieferanten einsetzen.² Dies könnte dazu führen, dass Akteure mit fehlenden Rückverfolgbarkeitssystemen, schlechten Temperaturkontrollen oder einem generellen Mangel an Kontrollen vor die Wahl gestellt werden, dass sie ihre Systeme entweder aufrüsten oder das Netzwerk verlassen, während Lieferanten mit geringem Risiko mehr Aufträge erhalten.³

Zusätzliches Potenzial besteht durch die Digitalisierung von Handelsprozessen, sobald die Dokumentation vollständig digitalisiert ist.⁴ So ist ein potenzieller Geschäftswert mit der Verwendung von Smart Contracts zur Automatisierung von Aktivitäten verbunden.⁵ Grundlegende IoT-Lösungen wie *intelligente Behälter*⁶ können hierfür Daten von den Sensoren an eine Blockchain übermitteln.⁷ Das Internet der Dinge könnte beispielsweise in der Logistik dafür sorgen, dass eine Vernetzung von Gütern und Ressourcen erfolgt, sodass diese Zustände austauschen und spezifische Interaktionen aushandeln.⁸ Die Blockchain-Technologie könnte dabei eine solche Autonomie an mehreren Stellen unterstützen, indem diese eine zentrale Instanz ersetzen, deren Implementierung schwierig wäre und im Wesentlichen nicht dem Interesse der Beteiligten entsprechen würde.⁹ Denn die automatisierten Handlungen müssen nachgehalten und für alle beteiligten Akteure transparent gespeichert sowie manipulationsfrei zur Verfügung gestellt werden.¹⁰ Smart Contracts könnten im Internet der Dinge zudem helfen, dass die Einhaltung der Vereinbarungen in beide Richtungen gewährleistet wird.¹¹ Auch werden Smart Contracts aus einer Blockchain in Zukunft wahrscheinlich Smart Contracts in anderen Blockchains auslösen können.¹² So könnte eine unerwünschte Temperaturänderung automatisierte Prozesse auslösen, wie z. B. eine Vertragsstrafe für den Spediteur und eine Nachbestellung beim Lieferanten.¹³

¹ Vgl. ROSENCRANCE (2020), o. S.

² Vgl. RYAN (2019), o. S.

³ Vgl. RYAN (2019), o. S.

⁴ Vgl. JENSEN ET AL. (2019), S. 234.

⁵ Vgl. JENSEN ET AL. (2019), S. 234.

⁶ Intelligente Behälter sind Transportbehälter, die mit Sensoren und Übertragungstechnologien ausgestattet sind. Vgl. PAI ET AL. (2018), S. 16.

⁷ Vgl. PAI ET AL. (2018), S. 16.

⁸ Vgl. SCHÜTTE ET AL. (2017), S. 23.

⁹ Vgl. SCHÜTTE ET AL. (2017), S. 23.

¹⁰ Vgl. SCHÜTTE ET AL. (2017), S. 23. Dies gilt sowohl für unternehmensinterne Prozesse (z. B. Nachvollziehbarkeit im Fall eines Qualitätsmangels) als auch für unternehmensübergreifende Prozesse (z. B. Verwendungsnachweise). Vgl. SCHÜTTE ET AL. (2017), S. 23.

¹¹ Vgl. SCHÜTTE ET AL. (2017), S. 23.

¹² Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 45.

¹³ Vgl. PAI ET AL. (2018), S. 16.

5.1.4.3 Kombinationsmöglichkeiten mit weiteren Zukunftstechnologien

Blockchains haben zudem das Potenzial, als grundlegende Technologie zu dienen, die andere aufkommende digitale Technologien in ihre Plattform integriert, um das Supply Chain Management kontinuierlich zu verbessern.¹ Die Blockchain-Technologie stellt eine Grundlagentechnologie dar, die mit anderen Technologien der nächsten Generation harmonieren könnte.² Diese anderen digitalen Technologien, wie *Künstliche Intelligenz (KI)*, *IoT*, *Big Data* und *3D-Druck*, könnten alle dazu beitragen, eine effizientere Food Supply Chain zu bilden.³

Insbesondere die Kombination der Blockchain-Technologie mit anderen Innovationen wie dem Internet der Dinge und der Künstlichen Intelligenz gelten als vielversprechend.⁴ Das Internet der Dinge verwendet zum Beispiel Geräte und Sensoren, um Daten über die Bedingungen und Merkmale der Produktion, Verarbeitung, Bewegung und Lagerung von Produkten in der gesamten Supply Chain zu sammeln.⁵ Die aus dem IoT generierten umfangreichen Daten könnten Transaktionsdetails bereichern, die in Blockchains in Food Supply Chains registriert werden.⁶ Die großen Datenmengen können die datengesteuerte Entscheidungsfindung in Food Supply Chains anregen.⁷ Die Verwaltung großer Datenmengen nutzt die Analytik, um die Entscheidungsfindung zu unterstützen.⁸ Künstliche Intelligenz unter Verwendung von maschinellem Lernen und anderen Analysewerkzeugen kann die vorausschauende und datengesteuerte Entscheidungsfindung erleichtern.⁹ Zum Beispiel lässt sich die Blockchain-Technologie mit einer Künstlichen Intelligenz zur Übertragung von Daten von Produkten einsetzen sowie zur Bereitstellung von Informationen über das Produkt.¹⁰ Lebensmittelunternehmen werden in der Lage sein, den 3D-Druck zur Entwicklung von Spezialverpackungen mit intelligenten Rückverfolgungssensoren zu nutzen, um Lebensmittelprodukte mit Hilfe einer Blockchain zu verfolgen.¹¹

Es existieren bereits erste Ansätze zur Kombination der Blockchain-Technologie mit anderen neuen Technologien wie *Quantencomputing*, jedoch sind die meisten dieser Konzepte noch

¹ Vgl. TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 16.

² Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 3 f.; KEHOE ET AL. (2017), S. 1.

³ Vgl. TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 16.

⁴ Vgl. ATLAM ET AL. (2018), S. 40 ff.; COTTRILL (2018), S. 22; FRIDGEN ET AL. (2019), S. 4.

⁵ Vgl. TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 16.

⁶ Vgl. TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 16.

⁷ Vgl. TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 16.

⁸ Vgl. TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 16.

⁹ Vgl. TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 16.

¹⁰ Vgl. VON BLAZEKOVIĆ (2019), o. S.

¹¹ Vgl. TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 16.

recht neu und wurden teilweise nicht in der Praxis realisiert.¹ Dementsprechend sind zukünftige Entwicklungen im Bereich der Blockchain heute noch schwer abzusehen.²

5.1.4.4 Neue Geschäftsmodelle

Die Digitalisierung des Leistungsangebots führte in der Lebensmittelbranche zur Entstehung neuer Vertriebskanäle und Geschäftsmodelle.³ Ein großer Teil der neuen Geschäftsmodelle bedient entweder die steigende Nachfrage nach Lebensmittellieferungen an die Haustür oder den Bedarf an zum Teil fertig zubereiteten Lebensmitteln.⁴ Weitere Anbieter sind Online-Supermärkte, die keine eigene Verkaufsniederlassung besitzen und Kunden über eine Web-Plattform aus einem oder mehreren Lagerstandorten bedienen.⁵ Eine weitere Möglichkeit sind Lebensmittelboxen, die dem Kunden zum Teil individuell vorkommissionierte Pakete bieten und diese an die Haustür liefern, sodass lediglich die Zubereitung auf den Kunden entfällt.⁶ Viele Versuche, profitable Geschäftsmodelle auf Basis des Online-Handels von Lebensmitteln zu etablieren, sind in der Vergangenheit jedoch gescheitert.⁷ Dies hat sich in den letzten Jahren allerdings geändert, da immer mehr Verbraucher bereit sind, für Lebensmittel Online-Portale zu nutzen, und auch Investoren vermehrt in Start-ups wie HELLOFRESH investieren.⁸

Blockchains haben das Potenzial, eine neue Welle der Innovation auf digitalen Marktplätzen zu ermöglichen.⁹ Dabei könnten die Möglichkeiten durch eine verbesserte Auswertung von Daten künftig Vorteile für die Direktvermarktung bringen, sodass eine stärkere Umgehung des Zwischenhandels zu erwarten ist.¹⁰ Bei heutigen Geschäftsmodellen von elektronischen Marktplätzen wird von den Käufern und Verkäufern eine zentrale Instanz für den Kauf- und Abwicklungsprozess genutzt.¹¹ Die Koordination des Verkaufsprozesses übernimmt der Plattformbetreiber, der zudem die reibungslose Abwicklung des Geschäfts garantiert.¹² Anwendungen auf Basis der Blockchain-Technologie ermöglichen dagegen eine direkte Interaktion

¹ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 72.

² Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 72.

³ Vgl. NITSCH/FIGIEL (2016), S. 8.

⁴ Vgl. NITSCH/FIGIEL (2016), S. 8.

⁵ Vgl. NITSCH/FIGIEL (2016), S. 8.

⁶ Vgl. NITSCH/FIGIEL (2016), S. 8.

⁷ Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 476.

⁸ Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 477.

⁹ Vgl. PAI ET AL. (2018), S. 17.

¹⁰ Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 490.

¹¹ Vgl. BURGWINKEL (2016), S. 18.

¹² Vgl. BURGWINKEL (2016), S. 18.

von Käufer und Verkäufer.¹ Dementsprechend wird kein zentraler Betreiber benötigt, der die Kontrolle des Kauf- und Abwicklungsprozesses übernimmt (vgl. Abb. 19).² Die Vorteile einer Blockchain und von Smart Contracts im Ökosystem eines elektronischen Marktplatzes erscheinen dabei vielfältig.³ Durch die Einbindung von IoT-Anwendungen wird der Warenfluss nachvollziehbar und die benötigte Datengenerierung für Smart-Contract-Anwendungen sichergestellt.⁴

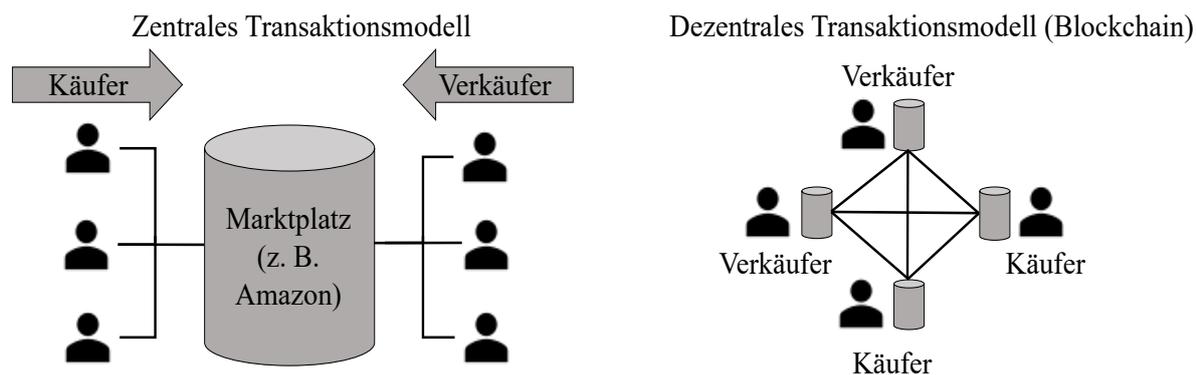


Abbildung 19: Zentrale und dezentrale Transaktionsmodelle⁵

Eine Chance durch neue Geschäftsmodelle ist zudem das Angebot von Blockchains als Servicemodell.⁶ Der Wandel von einer Produkt- zu einer Dienstleistungsorientierung hat durch die zunehmend vernetzten digitalen Ökosysteme zu einer bedeutenden Veränderung von einem klassischen Eigentumsmodell zu einem Modell der Nutzerschaft geführt.⁷ Ein Plattform-service-Geschäftsmodell zielt darauf ab, mehrere Dienste auf einer einzigen Plattform zusammenzufassen, die von der Cloud-Computing-Technologie unterstützt wird, um den Endkunden diskrete und End-to-End-Dienste anzubieten.⁸ Blockchain-Anbieter können Blockchains als Service für öffentliche und private Nutzer anbieten.⁹ Dadurch sind Einnahmen in Verbindung mit der Bereitstellung der Blockchain zur Rückverfolgung denkbar, z. B. durch eine Mitgliedsgebühr oder durch Gebühren für einzelne Transaktionen.¹⁰ Das aktuelle Einnahme-Modell von *TradeLens* ist eine Mischung aus kostenlosen Angeboten und Abonnements (plus

¹ Vgl. BURGWINKEL (2016), S. 18.

² Vgl. BURGWINKEL (2016), S. 18.

³ Vgl. PHILIPP ET AL. (2019), S. 372.

⁴ Vgl. PHILIPP ET AL. (2019), S. 372.

⁵ Eigene Darstellung in Anlehnung an BURGWINKEL (2016), S. 19. Im Vergleich zur Originalabbildung werden die Modelle bei dieser Abbildung als Transaktionsmodelle bezeichnet.

⁶ Vgl. KOH ET AL. (2020), S. 2058.

⁷ Vgl. KOH ET AL. (2020), S. 2058.

⁸ Vgl. KOH ET AL. (2020), S. 2058.

⁹ Vgl. KOH ET AL. (2020), S. 2058.

¹⁰ Vgl. FORRESTER (2018), S. 10.

Transaktionsgebühren).¹ Die Größenordnung der Einnahmen aus Mitgliedsgebühren hängt von verschiedenen Faktoren ab, z. B. der Anzahl der neuen Mitglieder pro Jahr, der Höhe der Einstiegsgebühr für neue Mitglieder, der jährlichen Mitgliedsgebühr sowie der jährlichen Mitgliederabwanderung.² Organisationen erwarten, ihre Einnahmen dadurch zu erzielen, dass sie von Kunden eine Transaktionsgebühr für jede auf der Blockchain-Plattform abgeschlossene Transaktion verlangen.³ Die Höhe der Einnahmen hängt ebenfalls von mehreren Faktoren ab, z. B. Anzahl der neuen Kunden, Anzahl der von jedem Kunden pro Jahr abgeschlossenen Transaktionen, Preis pro Transaktion, prozentualer Anteil pro Transaktion sowie Änderung des Prozentsatzes des Transaktionspreises.⁴

Die spezifischen Charakteristika von Blockchains (u. a. Konsensbildung, Automatisierung und Irreversibilität) können dazu führen, dass sowohl bestehende Geschäftsmodelle von Organisationen in Frage gestellt als auch neue Geschäftsmodelle möglich werden, die ohne Blockchain zumindest wirtschaftlich wahrscheinlich nicht vorteilhaft erscheinen.⁵ Zwar wird das Potenzial der Blockchain für verschiedene Kontexte und Anwendungsbereiche bereits erkannt, jedoch ist aktuell noch unklar, welche Eigenschaften Geschäftsmodelle zeigen müssen, um von den Vorzügen der Blockchain-Technologie zu profitieren.⁶ Auch ist derzeit noch unklar, wie die Geschäftsmodelle wirtschaftlich zu gestalten sind.⁷ Unabhängig davon, ob es darum geht, völlig neue Möglichkeiten zu eröffnen oder bestehende Problemstellen anzugehen, Blockchains zielen darauf ab, ganze Ökosysteme zu transformieren.⁸ Allerdings werden diese Auswirkungen auf Geschäftsmodelle Zeit benötigen.⁹ Wie alle digitalen Transformationsinitiativen erfordern auch Blockchain-Projekte einen langfristigen, strategischen Ansatz, und die geschäftlichen Aspekte sind oft eine größere Herausforderung als die der Technologie.¹⁰ Auch ist bei neuen Geschäftsmodellen zum Beispiel zu beachten, dass der Lebensmittelhandel in der Regel ein geringes Interesse an einer direkten betriebswirtschaftlichen Interaktion zwischen Lebensmittelhersteller und Endverbraucher hat.¹¹

¹ Vgl. JENSEN ET AL. (2019), S. 235.

² Vgl. FORRESTER (2018), S. 10.

³ Vgl. FORRESTER (2018), S. 12.

⁴ Vgl. FORRESTER (2018), S. 10.

⁵ Vgl. SCHÜTTE ET AL. (2017), S. 21.

⁶ Vgl. SCHÜTTE ET AL. (2017), S. 21.

⁷ Vgl. SCHÜTTE ET AL. (2017), S. 21.

⁸ Vgl. FORRESTER (2018), S. 4.

⁹ Vgl. FORRESTER (2018), S. 4.

¹⁰ Vgl. FORRESTER (2018), S. 4.

¹¹ Vgl. ANONYM (2021), S. 245.

5.1.4.5 Neue Formen der Zusammenarbeit

Eine Chance könnten Blockchains insbesondere beim grenzüberschreitenden Handel bieten, der mit manuellen Prozessen, physischen Dokumenten, vielen Zwischenhändlern und zahlreichen Kontrollen und Überprüfungen an den Ein- und Ausreisehäfen verbunden ist.¹ Transaktionen sind langwierig, kostspielig und werden durch die geringe Transparenz des Sendungsstatus erschwert.² Durch die Verknüpfung von Beständen und Informationen sowie deren gemeinsame Nutzung durch alle Transaktionsparteien ermöglicht eine Blockchain den Unternehmen eine einfachere Abstimmung.³ Viele erforderliche Zertifikate und Authentifizierungsdokumente sind änderungsanfällig oder werden nicht rechtzeitig aktualisiert.⁴ Blockchains erleichtern das Vertrauensideal einer einzigen Version der Wahrheit (Single Version of Truth bzw. SVOT), sodass Unternehmen weniger Zeit damit verbringen müssen, die Wahrhaftigkeit dieser Aktivitäten und Informationen zu diskutieren.⁵ Auch können Geschäftspartner in Supply Chains den Fortschritt einer Transaktion besser verfolgen.⁶ Eine Blockchain könnte dadurch dazu beitragen, dass sich Streitigkeiten zwischen Akteuren minimieren lassen, indem die beteiligten Akteure eine strittige Situation anhand von vertrauenswürdigen Daten aus einer gemeinsamen Blockchain überprüfen können.⁷

Die Blockchain-Technologie kann außerdem eine Lösung sein, wenn ein transparentes, dezentralisiertes und/oder verteiltes Coopetitions Umfeld erforderlich ist, in dem die Interessenvertreter langfristig zusammenarbeiten müssen, um ein nachhaltiges und stabiles System zu schaffen.⁸ Dabei beschreibt Coopetition ein Konzept, bei dem eine Gemeinschaft mehr zu gewinnen hat, wenn sie sich einem Status nähert, der sowohl Elemente des Wettbewerbs als auch der Zusammenarbeit enthält.⁹ Ein Kernproblem, das dabei durch die Blockchain-Technologie gelöst wird, ist die Schaffung einer vertrauensunabhängigen Umgebung für Geschäftsaktivitäten bei vorhandener Informationsasymmetrie.¹⁰ Die Blockchain-Technologie erlaubt es

¹ Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S.

² Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S.

³ Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S.

⁴ Vgl. KATSIKOULI ET AL. (2021), S. 2181.

⁵ Vgl. KOH ET AL. (2020), S. 2055 f.

⁶ Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S.

⁷ Ein Beispiel hierfür ist ein Pilotprogramm, bei dem sich GOLDEN STATE FOODS mit IBM zusammengesetzt hat. In diesem Programm wird eine Blockchain zur Verwaltung der Geschäftsregeln zwischen den Partnern der Supply Chain eingesetzt. Vgl. ROSENCRANCE (2020), o. S.

⁸ Vgl. CARADONNA (2020), S. 49.

⁹ Vgl. CARADONNA (2020), S. 49. Ein Beispiel für Coopetition sind Fahrer von Carsharing-Diensten wie Uber. Die Fahrer konkurrieren zwar miteinander, aber der Dienst ist nur deshalb nützlich und von den Verbrauchern gewählt, weil es so viele Fahrer gibt. Vgl. CARADONNA (2020), S. 49.

¹⁰ Vgl. TIAN (2018), S. 16.

einem System unabhängiger Akteure (z. B. Produzenten, Transporteure, Verarbeiter, Großhändler, Einzelhändler und Verbraucher), die gleichen Daten zwischen den verschiedenen Akteuren auszutauschen, ohne dass diese Akteure direkt miteinander interagieren und Vertrauen zueinander aufbauen müssen.¹ Denn die verteilte Natur von Blockchain-Lösungen ermöglicht es Unternehmen, die gemeinsam genutzten Daten zu sehen und ihnen dahingehend zu vertrauen, dass diese nicht manipuliert oder unangemessen verändert wurden.² Die Blockchain-Technologie könnte deswegen insbesondere dann interessant sein, wenn zwischen Organisationen ein Mangel an gegenseitigem Vertrauen besteht, diese aber von der gemeinsamen Nutzung eines gemeinsamen Datensatzes profitieren würden, um ein Erreichen der Geschäftsziele zu erleichtern.³ Dabei beweist das Beispiel *TradeLens*, dass die Blockchain-Technologie eine Lösung für das Vertrauensproblem in einem interorganisationalen Kontext bietet, da sie einen Teil der Komplexität des Problems von der organisatorischen auf die technische Ebene verlagert.⁴ Anstatt dass ein bestimmtes Unternehmen für die gemeinsam genutzten Daten verantwortlich ist, bietet die Blockchain-Technologie eine technische Lösung, um die Verteilung und Integrität der gemeinsam genutzten Daten zu verwalten und ihre Sicherheit zu gewährleisten.⁵ Smart Contracts verfügen zudem über die Funktion, den Wert zu sperren und nur dann wieder zu freizugeben, wenn bestimmte Bedingungen erfüllt sind.⁶ Wenn Stakeholder nicht kooperieren oder Kompromisse finden, dann geht der im Smart Contract festgelegte Wert verloren.⁷ Durch die Schaffung solcher Einstellungen können auch Anreize für Konkurrenten geschaffen werden, in Bereichen zu kooperieren, in denen sie nicht übereinstimmen, und im Idealfall ein antifragiles System zu schaffen.⁸

Die Blockchain-Technologie könnte letztlich auch eine Chance für KMU darstellen, indem die Blockchain-Technologie eine stärkere Teilnahme an Supply Chains ermöglicht.⁹ Denn die Teilnahmekosten nach der Etablierung der Blockchain-Plattform und der damit verbundenen Smart Contracts erscheinen gering.¹⁰ Darüber hinaus ist die Verringerung oder der Wegfall

¹ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 13.

² Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 13.

³ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 13.

⁴ Vgl. JENSEN ET AL. (2019), S. 239.

⁵ Vgl. JENSEN ET AL. (2019), S. 239.

⁶ Vgl. CARADONNA (2020), S. 49.

⁷ Vgl. CARADONNA (2020), S. 49.

⁸ Vgl. CARADONNA (2020), S. 49.

⁹ Vgl. TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 25.

¹⁰ Vgl. PHILIPP ET AL. (2019), S. 375.

von Intermediären für kleine Akteure von Vorteil, da diese durch die Disintermediation mit geringeren Transaktionskosten und niedrigeren Eintrittsbarrieren konfrontiert sind.¹

5.1.5 Analyse von Risiken

5.1.5.1 Speicherung sensibler Daten

Insbesondere das Teilen von Daten über Blockchains wird von Lebensmittelunternehmen als großes Risiko eingeschätzt, da sensible Informationen über die Produktionsprozesse und unternehmensspezifisches Wissen dadurch für Konkurrenten zugänglich werden können.²

Im Rahmen von Transaktionen kommt es zur Speicherung von Daten in einer Blockchain.³ Hierzu können auch sensible Daten zählen, wenn diese für die Ausführung der Transaktionen relevant sind.⁴ Beim Einsatz einer Blockchain muss daher sichergestellt werden, dass Daten nur von autorisierten Nutzern eingesehen werden können, die diese Daten sehen dürfen.⁵ Insbesondere private Blockchains können zwar Datenvertraulichkeit gewährleisten, aber das ist in der Regel nicht das, wofür die Blockchain-Technologie konzipiert wurde.⁶ Die Blockchain-Technologie kann zwar das Vertrauen in die Daten und deren Verfügbarkeit unterstützen, jedoch steht eine Vertraulichkeit dem Designprinzip „Transparenz“ der Blockchain diametral gegenüber.⁷ Die Realisierung einer Lösung, die sowohl Transparenz als auch Vertrauen beinhaltet, stellt somit eine große Herausforderung dar.⁸ Ein Hauptanliegen besteht daher darin, die Informationen zu ermitteln, die für die Unterstützung eines fairen, nachhaltigen und vertrauenswürdigen Marktes relevant sind, ohne dabei die Wettbewerbsgeheimnisse eines Unternehmens preiszugeben.⁹ Denn Unternehmen sehen die Gefahr, dass andere Akteure die auf der Blockchain gespeicherten Daten für eigene Vorteile verwenden könnten, indem diese zum Beispiel Auswertungen der Daten erstellen, um die Ergebnisse dann an Dritte verkaufen zu können.¹⁰

¹ Vgl. PHILIPP ET AL. (2019), S. 376.

² Vgl. ANONYM (2021), S. 247.

³ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 36.

⁴ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 36.

⁵ Vgl. TELLING (2022), o. S.

⁶ Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 24.

⁷ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 35; OLSEN ET AL. (2019), S. 24.

⁸ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 35.

⁹ Vgl. KATSIKOULI ET AL. (2021), S. 2178.

¹⁰ Vgl. ANONYM (2021), S. 246.

Zur Speicherung und Verarbeitung sensibler Daten auf einer Blockchain kann eine Verschlüsselung der sensiblen Daten erfolgen.¹ In diesem Fall können vertrauliche Daten nur vom Benutzer oder Eigentümer dieser Daten entschlüsselt und mit anderen geteilt werden.² Hierfür wird allerdings ein passendes Schlüsselmanagement für die Verschlüsselung benötigt.³ Außerdem sind verschlüsselte Daten in besonderem Maße von Einschränkungen bei der Langzeitsicherung betroffen, da die betroffenen Daten bereits im gesamten Netzwerk verteilt sind und nicht mehr unter der Kontrolle des ursprünglichen Herausgebers stehen, falls beispielsweise ein Verschlüsselungsverfahren unsicher wird.⁴ Ein weiteres Problem bei der Verwendung von verschlüsselten Daten besteht darin, dass Transaktionen mit verschlüsselten Daten oder verschlüsselte Transaktionen nicht ohne Weiteres vom Netzwerk verifiziert werden können, da diese nicht für alle Akteure in einem Netzwerk einsehbar sind.⁵

Blockchains können so gestaltet werden, dass sie unterschiedliche Zugriffsebenen auf die Daten auf der Blockchain ("On-Chain"-Daten) bieten.⁶ In diesem Fall würden nicht alle in einem Blockchain-System anfallenden oder verarbeiteten Daten in der Blockchain selbst abgelegt werden, wenn die Daten nicht unmittelbar zur Ausführung einer Transaktion notwendig sind.⁷ Dadurch lässt sich die Größe der Blockchain reduzieren und eine Beschränkung der offen zugänglichen Daten erreichen.⁸ Eine einfache Lösung für das Vertraulichkeitsdefizit könnte daher sein, dass bestimmte Daten nicht direkt in der Blockchain abgespeichert werden, sondern lediglich die Referenzen⁹ der Daten.¹⁰ Mit der Verwendung von Hashwerten als Referenzen kann bestätigt werden, dass ein außerhalb des Blockchain-Systems existierendes Dokument bereits zu einem früheren Zeitpunkt in genau dieser Form existierte.¹¹ Allerdings besteht bei dieser Lösung der Nachteil, dass die Blockchain lediglich die Existenz und Integrität der Daten bescheinigen kann, nicht jedoch die Verfügbarkeit der Daten für die Ausführung von

¹ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 36.

² Vgl. TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 15.

³ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 35 f.

⁴ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 35.

⁵ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 35.

⁶ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 12.

⁷ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 36.

⁸ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 36.

⁹ Für das Referenzieren empfiehlt sich die Verwendung von kryptographisch sicheren Hashwerten, sodass es praktisch unmöglich ist, dass Daten hinter einer Referenz geändert werden. Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 36 f.

¹⁰ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 35.

¹¹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 72.

Aktionen (z. B. in Smart Contracts) garantieren kann.¹ Zudem ist die Vertraulichkeit der Daten hinter den Referenzwerten nicht ohne Weiteres sichergestellt.²

Der zunehmende Einzug digitaler Technologien führt dazu, dass für eine sichere Lebensmittelversorgung auch Cybersecurity an Relevanz gewinnt.³ Für Lebensmittelunternehmen wird es immer schwieriger, ein geschlossenes System und proprietäre Datenstandards aufrechtzuerhalten.⁴ Je offener ein Lebensmittelsystem wird und je mehr Daten innerhalb des Versorgungssystems sichtbar sind, desto anfälliger wird es für Hacker, die die Food Supply Chains zum Stillstand bringen oder umgehen wollen.⁵ Der DAO-Hack hat bereits gezeigt, dass Smart Contracts in der Theorie zwar sehr vielseitig sind, jedoch auch in der Praxis angreifbar, da Schwachstellen bei der Programmierung ausgenutzt werden können.⁶ Auch ist die Langzeitspeicherung der Daten zu beachten.⁷ Hierbei zählt unter anderem der Programmcode von Smart Contracts zu den Daten, die langfristig gespeichert werden müssen.⁸ Die Sicherheit von Blockchains basiert in starkem Maße auf den verwendeten kryptographischen Algorithmen, weshalb diese sorgfältig ausgewählt werden müssen.⁹ Damit sensible Daten langfristig geschützt sind, sind daher Maßnahmen für den Austausch von kryptographischen Algorithmen erforderlich.¹⁰ Hierbei ist vor allem zu beachten, dass ein Austausch von kryptographischen Verfahren nicht automatisch auch die ursprünglichen Sicherheitsgarantien für ältere Daten beinhaltet.¹¹ Zudem müssen auch die Sicherheitseigenschaften von Konsensmechanismen verstanden und berücksichtigt sowie von Anfang an für Blockchain-Anwendungen bedacht werden.¹²

¹ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 35.

² Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 35.

³ Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 490.

⁴ Vgl. METCALFE (2019), S. 149.

⁵ Vgl. METCALFE (2019), S. 149.

⁶ Vgl. KÜHL (2016), o. S.

⁷ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 3.

⁸ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 34.

⁹ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 3.

¹⁰ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 3.

¹¹ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 3.

¹² Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 3.

5.1.5.2 Reifegrad der Technologie

Mit dem Einsatz der Blockchain-Technologie wurden schnell große Hoffnungen verbunden, allerdings konnten sich bislang keine einheitlichen technischen Ansätze etablieren.¹ Obwohl bereits ein gewisses Maß an Reife und Verbreitung erreicht wurde, geht das Verständnis über die Definitionen und Grenzen der Technologie noch zum Teil weit auseinander.²

Eine Blockchain-Lösung für Rückverfolgbarkeit muss die Auswirkungen einer plattformübergreifenden Interoperabilität berücksichtigen, da wahrscheinlich eine Vielzahl unterschiedlicher Blockchain-Lösungen auf dem Markt existieren werden, z. B. *Hyperledger Fabric* und *Hyperledger Sawtooth*.³ Für Interoperabilität muss eine Blockchain-zu-Blockchain-Kommunikation möglich sein, um verschiedene Blockchains kombinieren zu können, sodass Anwendungen mit besonderen Anforderungen gestaltet werden können.⁴ Bislang ist eine direkte Interaktion und Kommunikation zwischen unterschiedlichen Blockchains jedoch nicht möglich.⁵ Hierfür werden Standards für Daten und Schnittstellen benötigt, um Inhalte übergreifend nutzen zu können.⁶ Zur Zeit befassen sich bereits verschiedene Organisationen damit, eine Interoperabilität zu ermöglichen.⁷ So entwickelt die Internationale Organisation für Standardisierung (ISO) für den standardisierten Umgang mit Blockchain- und weiteren DLT-Infrastrukturen 11 Normen, z. B. die ISO/TC307-Norm.⁸ Mehrere Initiativen haben sich zudem für die Forschung und Entwicklung einer Kommunikation zwischen Blockchains zur BLOCKCHAIN INTEROPERABILITY ALLIANCE (BIA) zusammengeschlossen.⁹ Entscheidend für den Erfolg von Blockchains könnte daher sein, dass die gesamte Lebensmittelbranche sich auf Standards einigen kann.¹⁰

Eine weitere Herausforderung ist die Transaktionsgeschwindigkeit einer Blockchain, die durch eine redundante Speicherung der Transaktionen in der Regel niedriger ist als bei einer zentralen Lösung.¹¹ Konsensmechanismen erfordern üblicherweise Verifikationen und

¹ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 3.

² Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 76.

³ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 57.

⁴ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 46.

⁵ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 3.

⁶ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 76; FRIDGEN ET AL. (2019), S. 45.

⁷ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 76 f.; FRIDGEN ET AL. (2019), S. 45.

⁸ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 47.

⁹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 46.

¹⁰ Vgl. METCALFE (2019), S. 147 f.

¹¹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 93.

iterative Kommunikation mit anderen Netzwerkteilnehmern.¹ Insbesondere öffentliche genehmigungsfreie Blockchains erlauben nur einen sehr geringen Durchsatz, weshalb beispielsweise ein großflächiger Einsatz im Finanzbereich momentan als schwierig anzusehen ist.² Da es sich beispielsweise bei Kryptowährungsnetzwerken um Peer-to-Peer-Netzwerke ohne zentrale Autorität handelt, verwenden sie den Konsensmechanismus Proof of Work.³ Dieser stellt sicher, dass alle Transaktionen im Netzwerk von der Mehrheit der Teilnehmer akzeptiert werden, wodurch jedoch auch die Geschwindigkeit begrenzt wird, mit der neue Blöcke hinzugefügt werden können.⁴ Folglich ist es zu langsam, um die Geschwindigkeit und das Volumen der Transaktionen in Supply Chains zu bewältigen.⁵ Zum Beispiel gelangen in der Pharmaindustrie in den Vereinigten Staaten jedes Jahr 4 Milliarden verkaufsfähige Einheiten in die Arzneimittelversorgungskette.⁶ Jede Einheit wird im Durchschnitt drei- bis fünfmal bearbeitet.⁷ Das entspricht im Durchschnitt 33 bis 55 Millionen Transaktionen pro Tag.⁸ Das Bitcoin-Netzwerk hingegen lässt nur etwa 360.000 Transaktionen pro Tag zu.⁹

Allerdings bieten Blockchains mit einer reduzierten Offenheit meist eine höhere Transaktionsgeschwindigkeit als öffentliche und genehmigungsfreie Blockchain-Systeme.¹⁰ Diese Unterschiede ergeben sich aus den unterschiedlichen Sicherheitsanforderungen.¹¹ Ein höherer Grad der Offenheit erfordert höhere Sicherheitsanforderungen, die zu einem langsameren Konsensmechanismus führen.¹² Im Gegensatz zu genehmigungsfreien und öffentlichen Blockchains besteht in einer genehmigungsbasierten Blockchain stets ein Mindestmaß an Vertrauen, da neue Blöcke nur von Netzwerkteilnehmern erzeugt werden können, die in der Blockchain allgemein bekannt sind.¹³ Netzwerkteilnehmer mit einem schädlichen Verhalten können leichter identifiziert und unter Umständen juristisch belangt werden.¹⁴ Dieses Mindestmaß an Vertrauen erlaubt geringere Sicherheitsanforderungen an den Konsens-

¹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 93. Insbesondere bei einer weltweiten Kommunikation kann dies schnell zu einer langsameren Transaktionsgeschwindigkeit als bei einer zentralen Datenbank führen. Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 93.

² Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 68.

³ Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S.

⁴ Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S.

⁵ Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S.

⁶ Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S.

⁷ Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S.

⁸ Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S.

⁹ Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S.

¹⁰ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 93 f.

¹¹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 94.

¹² Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 94.

¹³ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 94.

¹⁴ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 94.

mechanismus, sodass sich dieser effizienter und schneller gestalten lässt.¹ Somit erlauben genehmigungsbasierte Blockchains einen deutlich höheren Durchsatz, jedoch liegt dieser weiterhin unter dem Durchsatz zentralisierter Lösungen.² Allerdings könnte in manchen Anwendungsfällen auch eine niedrige Transaktionsgeschwindigkeit ausreichen.³ Es ist zudem zu erwarten, dass die Weiterentwicklung von Konsensalgorithmen auch zu einer effizienteren Leistungsfähigkeit von öffentlichen Blockchains führt.⁴

Letztlich zeigte ein Blockchain-Pilot des Schokoladenherstellers TONY'S CHOCOLONELY zur Bekämpfung von Sklaverei und Kinderarbeit in einer Food Supply Chain von Kakao zwar vielversprechende Ansätze, jedoch wurden beim sechswöchigen Test noch einige technische Probleme bei der Übertragung von Daten aus der physischen Welt in die digitale Plattform festgestellt.⁵ Das Unternehmen verzichtet daher auf einen Einsatz und will warten, bis die Technologie weiter ausgereift ist.⁶

5.1.5.3 Risiken bei der Organisation von Blockchains

Der potenzielle Nutzen einer Blockchain nimmt mit der Größe des Netzwerks zwar zu, jedoch steigt auch die Komplexität der Koordination.⁷ Darüber hinaus können die unterschiedlichen Anforderungen der betroffenen Stakeholder bei einer möglichen Anwendung zur Herausforderung werden, da sich dadurch die Komplexität ebenfalls stark erhöhen kann.⁸

Der Aufbau einer vertrauenswürdigen Gruppe von Partnern, mit denen Daten über eine Blockchain ausgetauscht werden können, erfordert die Bewältigung mehrerer Herausforderungen.⁹ Eine davon ist die Notwendigkeit eines Governance-Mechanismus, der die Regeln des Systems festlegt, z. B. wer zum Beitritt zum Netzwerk eingeladen werden kann, welche Daten geteilt werden, wie sie verschlüsselt werden, wer Zugang hat, wie Streitigkeiten beigelegt

¹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 94. Eine solche Methode ist zum Beispiel ein Round-Robin-Protokoll, bei dem das Recht, einen Block hinzuzufügen, unter den Teilnehmern in einer festen Reihenfolge rotiert. Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S.

² Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 68.

³ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 94.

⁴ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 94.

⁵ Vgl. ROSENCRANCE (2020), o. S.

⁶ Vgl. ROSENCRANCE (2020), o. S.

⁷ Vgl. CARSON ET AL (2018), o. S.

⁸ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 140.

⁹ Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S.

werden und wie der Anwendungsbereich von IoT und Smart Contracts aussieht.¹ Auch sind regelmäßige Sicherheitsupdates erforderlich, um die Sicherheit der Technologie zu gewährleisten.² In der Regel existiert hierfür bei privaten oder konsortialen Blockchains ein Gremium, das für die technologische Weiterentwicklung zuständig ist.³ Durch das Netzwerk aus verschiedenen Interessensvertretern wird die Gestaltung der Governance allerdings erschwert, da Verantwortlichkeiten, Entscheidungsgewalten und Anreize so implementiert werden müssen, dass diese zu einem möglichst hohen Nutzen für alle Beteiligten führen.⁴ Dabei ist eine Herausforderung an die Technologie, eine Lösung für die Zugangskontrolle zu entwickeln, die den Bedürfnissen aller Beteiligten gerecht wird und eine granulare Kontrolle darüber bietet, welche Teile des Systems für welche Parteien zugänglich sein sollen.⁵ Es sind bereits unterschiedliche Governance-Ausprägungsformen entstanden, die sich von bisherigen Lösungen für zentrale Systeme unterscheiden, da bei einer dezentralen Blockchain-Lösung eine Vielzahl an Stakeholdern direkt an der Entwicklung und Instandhaltung beteiligt ist.⁶

Stakeholder in einer globalen Supply Chain, die zugleich Konkurrenten sind, sind zudem von Natur aus skeptisch gegenüber dem Austausch von Informationen jeglicher Art, insbesondere durch eine von einem Rivalen vorgeschlagene Technologie.⁷ Da sich Blockchains nicht für die Speicherung großer Datenmengen auf der Blockchain eignen, ist daher die Frage der Speicherverwaltung außerhalb der Blockchain noch eine offene Frage.⁸ Das Dilemma, solche Informationen auf einer gemeinsam genutzten Cloud-Plattform oder dezentral aufzubewahren, hat eine Reihe technischer, rechtlicher und vertrauensbezogener Konsequenzen, die weitere Untersuchungen erfordern.⁹ Schließlich erstrecken sich moderne Supply Chains über verschiedene Länder mit unterschiedlichen Vorschriften und Lösungen.¹⁰ Bei der Konzeption solcher Systeme müssen Entscheidungen unter Berücksichtigung von Kompatibilität und Skalierbarkeit getroffen werden.¹¹ Beim Einsatz einer Blockchain zur Rückverfolgung von Lebensmitteln stellt sich außerdem die Frage, wer die Plattform kontrollieren und die Standards schaffen wird.¹² Auf Grund der dezentralen Struktur einer Blockchain-Lösung ist es beispielsweise

¹ Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S.

² Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 44.

³ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 44.

⁴ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 100.

⁵ Vgl. KATSIKOULI ET AL. (2021), S. 2179.

⁶ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 100.

⁷ Vgl. JENSEN ET AL. (2019), S. 236.

⁸ Vgl. KATSIKOULI ET AL. (2021), S. 2179.

⁹ Vgl. KATSIKOULI ET AL. (2021), S. 2179.

¹⁰ Vgl. KATSIKOULI ET AL. (2021), S. 2179.

¹¹ Vgl. KATSIKOULI ET AL. (2021), S. 2179.

¹² Vgl. METCALFE (2019), S. 148.

nicht empfehlenswert, wenn Betrieb und Wartung von einer zentralen Partei übernommen werden.¹ Auch gilt beispielsweise bei der Entscheidung über den Einsatz einer Blockchain zu klären, wer welche Kosten übernimmt.²

Auch gilt zu beachten, dass bei einer Reorganisation erhebliche Widerstände auftreten können.³ Trotz der Vorteile von Technologien zur Rückverfolgbarkeit sind diese nicht überall beliebt.⁴ Zum Beispiel argumentieren sowohl unabhängige als auch gewerkschaftlich organisierte Fahrer, dass die Erfassung von Daten einen Eingriff in ihre Privatsphäre darstellt und zu kostspielig in der Umsetzung sei.⁵ Auch könnten kleinere Betriebe den Einsatz von Technologien scheuen, die die Erfahrung ersetzt.⁶ Solche Widerstände gegen Maßnahmen können unter anderem durch Neuerungsfeindlichkeit verursacht werden, sodass vorhandene Probleme verharmlost und die benötigten Änderungen bezweifelt werden.⁷

5.1.5.4 Rechtliche Bedenken

Ein weiteres Risiko betrifft die große Unsicherheit bei der Einführung der Blockchain-Technologie auf Grund fehlender Gesetze.⁸ Es sind zahlreiche rechtliche Fragen noch ungeklärt und auch eine gefestigte Rechtsprechung existiert bisher nicht.⁹ Dabei ist unter anderem der Einsatz von Smart Contracts aus zivilrechtlicher Sicht von Bedeutung.¹⁰ Ein Problem ist, dass hochautomatisierte Abläufe mit vielen Folgehandlungen in ihren konkreten Rechtsfolgen kaum vorhersehbar sind und daher zum aktuellen Zeitpunkt nur sehr schwer juristisch handzuhaben sind.¹¹ Zwar suggeriert die Bezeichnung „Contract“, dass diese Software ein Vertrag im Rechtssinne sein kann, jedoch wird bei Anwendung der allgemeinen Regeln zu Vertragschluss und Auslegung von Willenserklärungen deutlich, dass Smart Contracts in der Regel nur zur Abwicklung des unabhängig von der Blockchain-Ebene bereits Vereinbarten

¹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 100.

² Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 68.

³ Vgl. SCHMIDT (2014), S. 29.

⁴ Vgl. METCALFE (2019), S. 148.

⁵ Vgl. METCALFE (2019), S. 148.

⁶ Vgl. METCALFE (2019), S. 149.

⁷ Vgl. SCHMIDT (2014), S. 29.

⁸ Vgl. CARADONNA (2020), S. 50.

⁹ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 57 ff.

¹⁰ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 7.

¹¹ Vgl. HOFFMANN/SKWAREK (2019), S. 203.

eingesetzt werden können.¹ Dementsprechend stellen Smart Contracts keine Verträge im Sinne des wirtschaftlichen Privatrechts dar.

Zwar liegt ein Vorteil der Blockchain-Technologie darin, dass Transaktionen zwischen den Teilnehmern ohne zentrale Instanzen durchgeführt werden können, jedoch bringt dies auch Probleme und Unsicherheiten mit sich, z. B. im Schadens- oder Streitfall.² Denn eine Software arbeitet nach vordefinierten Parametern und kann keine wertenden Entscheidungen treffen, jedoch enthalten Rechtsnormen unbestimmte Rechtsbegriffe, die Einzelfallwertungen erfordern.³ Auch ist die Haftungsfrage bei einem Blockchain-System noch zu klären.⁴ Es bleiben beim Einsatz von Smart Contracts und Blockchains daher noch viele rechtliche Fragen ungeklärt, wie zum Beispiel, ob das Ausnutzen von Lücken in der Programmierung wie im Fall eines DAO-Hacks überhaupt ein Verbrechen darstellen kann.⁵

Ein Risiko ist zudem, dass sich aus der auf Blockchains erwünschten Transparenz und Manipulationssicherheit datenschutzrechtliche Probleme ergeben können, z. B. bei der Umsetzung der Vorgaben der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO).⁶ Ein Risiko könnte darin bestehen, dass Verbraucher transparenter werden und deren persönliche Daten über den Lebensmittelverzehr geschützt werden müssen.⁷ Dabei gestaltet sich der Schutz persönlicher Daten in Blockchains als schwierig, da Blockchains sich nicht ohne Weiteres zur Erhöhung der Datensouveränität der Nutzer eignen.⁸ Die Blockchain-Technologie basiert auf einer verteilten Speicherung der Daten auf mehreren Knoten, während die Datenschutz-Grundverordnung dem Prinzip eines zentral Verantwortlichen folgt.⁹ Dieser Widerspruch kann zumindest teilweise durch entsprechende Gestaltung der Architektur aufgelöst werden.¹⁰ Es existiert allerdings ein datenschutzrechtlicher Konflikt zwischen den Betroffenenrechten auf Berichtigung oder Löschung der sie betreffenden personenbezogenen Daten und der Unveränderlichkeit der Blockchain-Technologie.¹¹ Die Speicherung personenbezogener Daten ist somit ein Problem, da sich die entsprechenden Informationen zu einem Produkt und den beteiligten Akteuren auch

¹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 7.

² Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 76 f.

³ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 7.

⁴ Vgl. WILDHABER (2016), S. 154.

⁵ Vgl. KANNENBERG (2016), o. S.

⁶ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 3; FRIDGEN ET AL. (2019), S. 7.

⁷ Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 490.

⁸ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 66.

⁹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 7.

¹⁰ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 7.

¹¹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 8.

wieder vernichten lassen müssen.¹ Ansonsten bestünde das Risiko, dass Dritte auch nach mehreren Jahren unter Umständen Zugriff auf sensible Daten erlangen können.²

Eine sinnvolle Vorgehensweise könnte sein, dass in der Blockchain ein Gerichtsstand vereinbart wird, sodass alle Tätigkeiten beispielsweise nach den festgelegten Regeln und Gesetzen der Bundesrepublik Deutschland erfolgen.³ Darüber hinaus arbeitet die Internationale Organisation für Normung (ISO) bereits an einem Projekt zur Rechtsbindung von Smart Contracts.⁴ In diesem Projekt wird eine Checkliste erarbeitet, welche Anforderungen bei einer weltweiten oder länderübergreifenden Implementierung zu beachten sind.⁵ Auf diese Weise lassen sich rechtliche Risiken bereits im Vorfeld minimieren.⁶ Dennoch würde Blockchain-Technologie von einer Verbesserung der rechtlichen Grundlagen profitieren.⁷ So bestehen im Rahmen der Digitalisierung weiterhin Hindernisse auf Grund der bestehenden Gesetzeslage, z. B. existieren für die Original-Unterschrift bereits digitale Instrumente, jedoch wird auf Grund von Formschriften weiterhin das Papier-Dokument benötigt.⁸ Es werden daher Gesetze benötigt, die auch den Einsatz digitaler Dokumente unterstützen.⁹ Andernfalls tritt zumindest bei der Arbeit mit Digital Twins stets ein Medienbruch auf, da überprüft werden muss, ob die digitale und die reale Welt noch übereinstimmen.¹⁰

5.1.5.5 Mangelnde Verbreitung der Blockchain-Technologie

Auch Jahre nach dem ersten Auftreten der Blockchain-Technologie sind noch immer Herausforderungen bei der Verbreitung der Technologie erkennbar.¹¹ Dabei zeigt unter anderem das Beispiel *TradeLens*, dass Blockchains zwar einen geschäftlichen Mehrwert bieten können, jedoch noch Probleme bei der Verbreitung existieren.¹²

¹ Vgl. ANONYM (2021), S. 247.

² Vgl. ANONYM (2021), S. 247.

³ Vgl. KUNDE (2019), S. 241.

⁴ Vgl. KUNDE (2019), S. 241.

⁵ Vgl. KUNDE (2019), S. 241.

⁶ Vgl. KUNDE (2019), S. 241.

⁷ Vgl. KUNDE (2019), S. 242.

⁸ Vgl. KUNDE (2019), S. 242.

⁹ Vgl. KUNDE (2019), S. 242.

¹⁰ Vgl. KUNDE (2019), S. 242.

¹¹ Vgl. CARADONNA (2020), S. 50.

¹² Vgl. JENSEN ET AL. (2019), S. 235.

Zwar würde der Mehrwert einer Blockchain auf Grund der Netzwerkeffekte steigen, je mehr Akteure teilnehmen, jedoch gehen Unternehmen ungerne das Risiko ein, in eine technologische Infrastruktur zu investieren, die sich vielleicht nicht durchsetzt.¹ So wird von Unternehmen befürchtet, dass eine „hochgejubelte“ Technologie zwar in der Theorie funktioniert, sich allerdings in der Praxis nicht etablieren kann und nach kurzer Zeit in Vergessenheit gerät.² Zudem bieten zentrale Rückverfolgbarkeitsplattformen bereits die Möglichkeit einer lückenlosen Rückverfolgung von Roh-, Zwischen- und Endprodukten auf Basis einer zentralen Lösung sowie die Bereitstellung von Informationen entlang der gesamten Food Supply Chain an.³ Bestehende Lösungen zur Rückverfolgung werden von Unternehmen bereits als ausreichend betrachtet, sodass der Einsatz einer Blockchain zur Rückverfolgung nur als weitere Lösung für ein bereits gelöstes Problem eingeschätzt wird.⁴

Des Weiteren kann ein erheblicher Mangel an Wissen und Bildung zum Thema Blockchain zu einer geringen Verbreitung der Blockchain-Technologie führen.⁵ Um das volle Potenzial von Blockchains für die Lebensmittelbranche auszuschöpfen, ist es daher notwendig, die digitale Infrastruktur und die digitalen Fähigkeiten zu verbessern, insbesondere in Entwicklungsländern und in ländlichen Gebieten.⁶ In einigen Gebieten, in denen der Rohstoff geerntet wird, könnte die Erfahrung mit technologischen Geräten weniger weit fortgeschritten sein und eine zuverlässige Internet-Infrastruktur fehlen.⁷ Darüber hinaus wird die Verbreitung durch die Schaffung von Gesetzen verzögert.⁸ Unternehmen zögern zudem, die Einführung einer Technologie in Erwägung zu ziehen, bevor ihre Nutzung zu einer standardisierten kollektiven Initiative wird, die durch nationale und/oder internationale Normen und Vorschriften unterstützt wird.⁹ Ferner ist zu beachten, dass in bestimmten Umfeldern Informationsasymmetrie oder -intransparenz ein erwünschter Zustand ist, weil sie Gewinne schafft.¹⁰ Auch stellt die Komplexität von Blockchains eine Herausforderung dar, die eine kurzfristige Einführung verhindern kann.¹¹

¹ Vgl. JENSEN ET AL. (2019), S. 236.

² Vgl. ANONYM (2021), S. 247.

³ Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 483 ff.

⁴ Vgl. ANONYM (2021), S. 246.

⁵ Vgl. KATSIKOULI ET AL. (2021), S. 2180.

⁶ Vgl. TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 25.

⁷ Vgl. KATSIKOULI ET AL. (2021), S. 2177.

⁸ Vgl. CARADONNA (2020), S. 50.

⁹ Vgl. KATSIKOULI ET AL. (2021), S. 2180.

¹⁰ Vgl. CARADONNA (2020), S. 47.

¹¹ Vgl. TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018), S. 22.

5.2 Einschätzung der Potenziale von Blockchains für das Supply Chain Management

Auf Basis der Analyse im Hinblick auf Nutzen, Kosten, Chancen und Risiken wird eine darauf aufbauende Einschätzung der betriebswirtschaftlichen Potenziale der Technologie für das Supply Chain Management im Lebensmittelbereich zur Rückverfolgung von Lebensmitteln in Bezug auf drei Betrachtungsperspektiven (*finanziell, technologisch* sowie *organisatorisch*) vorgenommen. Hierfür werden die aus der bisherigen Analyse erlangten Informationen den genannten Betrachtungsperspektiven zugeordnet, z. B. werden Informationen hinsichtlich Umsätze und Kosten der finanziellen Perspektive zugeordnet, um eine Einschätzung über das betriebswirtschaftliche Potenzial bezogen auf finanzielle Aspekte zu erhalten.

Finanzielle Einschätzung

Die Analyse der betriebswirtschaftlichen Potenziale hat unter anderem ergeben, dass private und konsortiale Blockchains Umsatzsteigerungen sowie Kosteneinsparungen ermöglichen können. Zu den Potenzialen zählt dabei eine Steigerung des Umsatzes durch Wettbewerbsvorteile, indem die Herkunft vertrauenswürdig dokumentiert wird. Allerdings wurde auch aufgezeigt, dass der Einsatz einer Blockchain mit einer Vielzahl an unterschiedlichen Kosten verbunden ist, die von Unternehmen in Food Supply Chains zu berücksichtigen sind.

Bislang scheint noch unklar, ob beispielsweise das aufgezeigte Potenzial für Umsatzsteigerungen und Kosteneinsparungen die anfallenden Kosten für den Einsatz einer Blockchain in Food Supply Chains übertreffen kann. Zum Beispiel erscheinen Einsparungen durch effizientere Prozesse auf Grund einer Reduzierung von Intermediären denkbar, jedoch sind höhere Kosten für die Erfassung der Daten zur Rückverfolgung sowie für die Organisation des Ökosystems einzuplanen.

Dies könnte dazu führen, dass der Einsatz von Blockchains zur Rückverfolgung zunächst vor allem für Lebensmittel interessant ist, bei denen eine höhere Preisbereitschaft der Kunden zu erwarten ist. Daraus lässt sich schließen, dass der Einsatz einer Blockchain vor allem für Lebensmittel im Luxussegment interessant sein könnte, um die Herkunft von Lebensmitteln für Konsumenten mit einer hohen Zahlungsbereitschaft belegen zu können. Auch Lebensmittel, bei denen hohe Kosten durch Anwendungsfälle wie beispielsweise Lebensmittelbetrug oder Rückrufaktionen zu erwarten sind, können für den Einsatz einer Blockchain interessant

werden, da eine Blockchain zur Rückverfolgung hier für Verbesserungen sorgen könnte. Darüber hinaus wurde aufgezeigt, dass sich in Zukunft durch den Einsatz der Blockchain-Technologie neue Geschäftsmodelle ergeben könnten, die mit traditionellen Datenbanken nicht durchführbar sind, indem beispielsweise Smart Contracts zur Automatisierung eingesetzt werden.

Organisatorische Einschätzung

Aus der Analyse in Kapitel 5.1 lassen sich Möglichkeiten und Grenzen von Blockchains ableiten, die die Organisation von Food Supply Chains betreffen. Zum Beispiel erscheint eine Verbesserung beim Nachweis der Einhaltung von gesetzlichen Vorschriften denkbar. Insbesondere neue Gesetze wie das angeführte Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz können daher eine Chance für den Einsatz von Blockchains zur Rückverfolgung darstellen. Auch lassen sich durch die Blockchain als verteilte Datenbank die Herkunft von Lebensmitteln und Veränderungen entlang der Supply Chain besser kontrollieren und zurückverfolgen, um beispielsweise Temperaturschwankungen schneller zu bemerken, die sich negativ auf die Qualität auswirken können. Darüber hinaus können sich durch den Einsatz neue Formen der Zusammenarbeit in Food Supply Chains ergeben, da sowohl Partner als auch Konkurrenten gemeinsam eine Blockchain nutzen können, um Vorteile zu gewinnen.

Allerdings hat die durchgeführte Analyse auch gezeigt, dass noch eine Vielzahl an offenen Fragen und Hindernissen bezüglich der Organisation in Food Supply Chains existieren. So bestehen unter anderem noch Fragen bezüglich der Organisation und Weiterentwicklung des Ökosystems einer Blockchain sowie rechtliche Bedenken bei der Verantwortung beim Auftreten von Fehlern. Auch kann die mangelnde Verbreitung der Blockchain-Technologie das Potenzial von Blockchains zur Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains eingrenzen, jedoch könnte sich die Verbreitung unter anderem durch geplante Initiativen von Gesetzgebern erhöhen.

Technologische Einschätzung

Ferner hat die Analyse ergeben, dass Blockchains als dezentrale Datenbank neue Möglichkeiten hinsichtlich der Verfügbarkeit der Daten sowie des Schutzes der gespeicherten Daten vor Angriffen bieten, jedoch noch Probleme bei der Speicherung von sensiblen Daten vorliegen.

Zudem können der technologische Reifegrad sowie eine mangelnde Verbreitung ein Hindernis für den Einsatz in der Praxis zur Rückverfolgung darstellen. Zumal bei der Blockchain-Technologie die Gefahr besteht, dass es sich um eine Technologie handelt, deren betriebswirtschaftliches Potenzial überschätzt wird, weil sie lediglich eine alternative Lösung für ein bereits gelöstes Problem darstellt. Auch könnte die geringe Transaktionsgeschwindigkeit den Einsatz von Blockchains zur Rückverfolgung in Food Supply Chains bei manchen Anwendungsfällen verhindern. Allerdings deuten unter anderem die Automatisierung von Prozessen mit Smart Contracts, die Kombination mit anderen Zukunftstechnologien sowie die zunehmende Bedeutung von Daten auf ein hohes Zukunftspotenzial der Technologie hin.

Fazit

Letztlich zeigt die Analyse der betriebswirtschaftlichen Potenziale der Blockchain-Technologie im Hinblick auf Nutzen, Kosten, Chancen und Risiken, dass diese Technologie zwar ein vielversprechendes Potenzial zur Rückverfolgung von Lebensmitteln bietet, jedoch noch viele Hindernisse existieren und offene Fragen zu beantworten sind. Anhand der Analyse wird außerdem deutlich, dass genehmigungsbasierte Blockchains zur Rückverfolgung als dezentrale Datenbanken derzeit sowohl Vorteile als auch Nachteile gegenüber zentralen Datenbanken besitzen. Dementsprechend scheint es vor allem von den Anforderungen der Unternehmen in Food Supply Chains abhängig zu sein, ob eine Blockchain als Lösung zur Rückverfolgung von Lebensmitteln eingesetzt werden soll.

6 Verfahren zur Bewertung der betriebswirtschaftlichen Potenziale von Blockchains

6.1 Herausforderungen bei der Bewertung von Blockchains

Häufig werden im Rahmen des Management Accounting die Methoden der *dynamischen Investitionsrechnung* (z. B. die Kapitalwertmethode) eingesetzt, um die Rentabilität alternativer Investitionsprojekte zu vergleichen.¹ Deren Anwendbarkeit wird jedoch praktisch durch die Vorhersagekraft der prognostizierten Zahlungseingänge und der prognostizierten Zahlungsausgänge begrenzt, die sich aus einer Investition ergeben.² Darüber hinaus ist es fraglich, ob die Zahlungsströme genau auf einzelne Investitionsalternativen rückführbar sind.³ Die Bewertung der betriebswirtschaftlichen Potenziale der Blockchain-Technologie stellt auf Grund der geringen Verbreitung und Implementierung in der Praxis eine besondere Herausforderung dar, da bislang nur wenig konkrete Daten aus erfolgreichen Implementierungen vorhanden sind, z. B. liegen nur wenige historische Daten über die Kosten von Blockchain-Lösungen vor.⁴ Auch ist zu beachten, dass sich die Kostenstruktur für öffentliche Blockchains teils erheblich von anderen Lösungen anderer Blockchain-Typen unterscheiden kann.⁵ Dementsprechend ist anzunehmen, dass sich Berichte zu Kosten von öffentlichen Blockchains für Kryptowährungen kaum als Grundlage für die Analyse von anderen Blockchain-Typen zur Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains eignen. Kostenberechnungen können zudem auf Grund sinkender Kosten durch technologische Entwicklungen und Skaleneffekte schnell veralten.⁶ Bei der Bewertung der betriebswirtschaftlichen Potenziale von Blockchains zur Rückverfolgung von Lebensmitteln zeigen sich außerdem ähnliche Herausforderungen, die von STRASSNER (2005) bereits bei der Berechnung des Mehrwerts von RFID-Systemen angeführt werden.⁷ So kann Nutzen nicht nur lokal in Form einer messbaren Steigerung der Prozesseffizienz auftreten, sondern es kann auch indirekter Nutzen entstehen, z. B. durch Erhöhung der Kundenzufriedenheit.⁸ Auch kann der indirekte Nutzen im Voraus nicht sicher bestimmt werden, weshalb exakte Berechnungen nicht möglich sind.⁹ Zudem ist zu beachten, dass die Bewertung von IT-Systemen umso schwieriger ist, je umfangreicher die

¹ Vgl. OSSADNIK/LANGE (1999), S. 578.

² Vgl. OSSADNIK/LANGE (1999), S. 578.

³ Vgl. OSSADNIK/LANGE (1999), S. 578.

⁴ Vgl. ERNST & YOUNG (2019), S. 3 ff.

⁵ Vgl. ERNST & YOUNG (2019), S. 6.

⁶ Vgl. STRASSNER (2005), S. 150.

⁷ Vgl. STRASSNER (2005), S. 141.

⁸ Vgl. STRASSNER (2005), S. 141.

⁹ Vgl. STRASSNER (2005), S. 141.

Integrationsreichweite eines Systems ist, da Nutzeneffekte an einer größeren Anzahl an Stellen auftreten.¹

Eine Bewertung des betriebswirtschaftlichen Potenzials einer Blockchain zur Rückverfolgung von Lebensmitteln könnte auch dadurch erfolgen, dass Unternehmen das Potenzial einer Blockchain auf Basis von bereits vorhandenen Informationen mit anderen Alternativen zur Rückverfolgung vergleichen.² In diesem Kapitel wird daher aufgezeigt, wie Unternehmen die Auswahl eine Bewertung der betriebswirtschaftlichen Potenziale einer Blockchain gegenüber Alternativen anhand von mathematischen Verfahren auf Basis vorhandener Präferenzen und Informationen durchführen können.

¹ Vgl. STRASSNER (2005), S. 142.

² So finden sich bereits in der Literatur zur Rückverfolgung von Lebensmitteln verschiedene Vergleiche von Blockchains mit Alternativen, z. B. wurden traditionelle Lösungen zur Rückverfolgung von Lebensmitteln und Systeme zur Rückverfolgung auf Basis der Blockchain-Technologie verglichen. Vgl. u. a. OLSEN ET AL. (2019), S. 23. Auch wurden genehmigungsbasierte Blockchains mit genehmigungsfreien Blockchains sowie Client-Server-Datenbanken verglichen. Vgl. BERGHOF ET AL. (2019), S. 19.

6.2 Auswahl einer Technologie zur Rückverfolgung von Lebensmitteln als mehrkriterielles Entscheidungsproblem

Die Entscheidungsfindung in einer Supply Chain ist von entscheidender Bedeutung, da sie mehrkriterielle, mehrstufige und mehrpersönliche Entscheidungen beinhaltet.¹ Entscheidungen können sich letztlich bedeutend auf die langfristigen Erfolge eines Unternehmens auswirken.² Das Treffen einer Entscheidung kann dabei sowohl als Wahlakt als auch als Prozess ausgelegt werden.³ Entscheidungen sind erforderlich, wenn eine Festlegung auf eine von mehreren Alternativen möglich ist.⁴ Ein Entscheidungsproblem umfasst dabei eine Abweichung von einer Sollvorstellung, bei der mindestens zwei Alternativen bestehen, um diese Abweichung zu bewältigen.⁵ Bei mehrkriteriellen Entscheidungsproblemen ist ein Ansatz zur Lösung von Problemen zu erarbeiten, der die Auswahl einer Alternative aus einer begrenzten Anzahl von Alternativen umfasst.⁶

Grundsätzlich zeichnen sich *mehrkriterielle Entscheidungsprobleme* insbesondere durch folgende Merkmale aus:⁷

- Alternativen:
 - In der Regel stellen die zur Verfügung stehenden Alternativen die Handlungsalternativen der Entscheidungsträger dar.⁸ Es wird in der vorliegenden Arbeit angenommen, dass die Menge an Alternativen endlich ist. Im weiteren Verlauf werden drei Lösungen zur Rückverfolgung von Lebensmitteln betrachtet. Diese betrachteten Alternativen müssen in eine Rangfolge gebracht werden.
- Mehrere Kriterien:
 - Ein Merkmal von mehrkriteriellen Entscheidungsproblemen ist die Berücksichtigung von mehreren Kriterien.⁹
- Entscheidungsgewichte:
 - Mehrkriterielle Entscheidungsverfahren erfordern oftmals eine Gewichtung der Kriterien in Bezug auf ihre Bedeutung.¹⁰

¹ Vgl. AGARWAL/VIJAYVARGY (2011), S. 11505.

² Vgl. GRÜNIG/KÜHN (2013), S. 1.

³ Vgl. JOEREBEN/SEBASTIAN (1998), S. 81.

⁴ Vgl. JOEREBEN/SEBASTIAN (1998), S. 81.

⁵ Vgl. GRÜNIG/KÜHN (2013), S. 7.

⁶ Vgl. AGRAWAL ET AL. (1991), S. 1630.

⁷ Vgl. AGRAWAL ET AL. (1991), S. 1631; TRIANTAPHYLLOU (2000), S. 1 f.

⁸ Vgl. TRIANTAPHYLLOU (2000), S. 1. Die Begriffe *Alternativen* und *Handlungsalternativen* werden daher im weiteren Verlauf in Bezug auf die Anwendung eines mehrkriteriellen Verfahrens synonym verwendet.

⁹ Vgl. AGRAWAL ET AL. (1991), S. 1631.

¹⁰ Vgl. TRIANTAPHYLLOU (2000), S. 2.

- Entscheidungsmatrix:
 - o Mehrkriterielle Entscheidungsprobleme können anhand einer Entscheidungsmatrix dargestellt werden.¹
- Unvereinbare Messeinheiten:
 - o Ein weiteres Merkmal besteht darin, dass sich die verschiedenen Kriterien auch im Hinblick auf Messeinheiten unterscheiden können.² Mehrkriterielle Entscheidungsprobleme lassen sich in der Regel durch diese Unterschiede bei der Messbarkeit schwer lösen.³
- Konflikte zwischen den Kriterien:
 - o Ein weiteres Merkmal von mehrkriteriellen Entscheidungsproblemen besteht darin, dass Konflikte zwischen den Kriterien existieren können.⁴ Es wird in der vorliegenden Arbeit kein Konflikt angenommen, wenn nicht explizit auf einen Konflikt zwischen Kriterien hingewiesen wird.

In diesem Fall wird die Bewertung der betriebswirtschaftlichen Potenziale von Blockchains zur Rückverfolgung von Lebensmitteln im Vergleich mit alternativen Rückverfolgbarkeitstechnologien als ein mehrkriterielles Entscheidungsproblem konstruiert. Das Entscheidungsproblem besteht in der vorliegenden Analyse darin, dass aus einer begrenzten Anzahl an Alternativen anhand einer Vielzahl unterschiedlicher Kriterien eine am besten geeignete Technologie als Lösung zur Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains ausgewählt werden soll.

¹ Vgl. TRIANTAPHYLLOU (2000), S. 2.

² Vgl. TRIANTAPHYLLOU (2000), S. 2.

³ Vgl. TRIANTAPHYLLOU (2000), S. 2.

⁴ Vgl. AGRAWAL ET AL. (1991), S. 1630; TRIANTAPHYLLOU (2000), S. 2.

6.3 Analytic Hierarchy Process als ein mehrkriterielles Entscheidungsverfahren

6.3.1 Mehrkriterielle Entscheidungsverfahren

Bei einer Analyse von verschiedenen Alternativen hinsichtlich einer Vielzahl beliebig dimensionierter Beurteilungskriterien und einer Berücksichtigung der unterschiedlich hohen Bedeutung dieser Kriterien empfiehlt sich der Einsatz von *mehrkriteriellen Entscheidungsverfahren*.¹ Die wesentlichen Teilaufgaben zur Bewältigung eines Entscheidungsproblems werden hierfür bei einem Entscheidungsverfahren von einem System von Regeln abgedeckt.² Mehrkriterielle Entscheidungsverfahren unterstützen dabei Entscheidungsträger bei der Verarbeitung von Informationen zum Treffen einer Entscheidung.³ Der Begriff *Entscheidungsverfahren* lässt sich nach GRÜNIG/KÜHN (2013) anhand verschiedener Aspekte definieren:⁴

- Entscheidungsverfahren sind ein System von Regeln, das zumindest die wesentlichen Teilaufgaben der Bewältigung eines Entscheidungsproblems abdeckt.⁵ Zu diesen Teilaufgaben zählen die Problemanalyse, die Erarbeitung und Bewertung von Alternativen sowie die Entscheidung.⁶ Es werden hingegen keine Regeln als Entscheidungsverfahren bezeichnet, die lediglich bei der Bewältigung einer Teilaufgabe unterstützen, wie z. B. die Erarbeitung von Alternativen.⁷
- Darüber hinaus bestehen Entscheidungsverfahren aus verschiedenartigen Regelsystemen.⁸ Dabei reicht das Spektrum von verbal umschriebenen Regeln und Entscheidungsprozessdiagrammen bis hin zu mehr oder weniger komplexen mathematische Algorithmen.⁹
- Ferner zeichnet sich ein Entscheidungsverfahren dadurch aus, dass sich die Regeln insbesondere auf die Verarbeitung von Informationen beziehen.¹⁰ Empfehlungen zur Beschaffung von Informationen stehen hingegen nicht im Fokus von Entscheidungsverfahren.¹¹

¹ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2004), S. 295.

² Wesentliche Teilaufgaben der Problemanalyse umfassen die Erarbeitung, Bewertung und Gesamtbeurteilung von Alternativen sowie die Entscheidung. Vgl. GRÜNIG/KÜHN (2013), S. 43.

³ Vgl. AGRAWAL ET AL. (1991), S. 1630 f.

⁴ Vgl. GRÜNIG/KÜHN (2013), S. 43.

⁵ Vgl. GRÜNIG/KÜHN (2013), S. 43.

⁶ Vgl. GRÜNIG/KÜHN (2013), S. 43.

⁷ Vgl. GRÜNIG/KÜHN (2013), S. 43.

⁸ Vgl. GRÜNIG/KÜHN (2013), S. 43.

⁹ Vgl. GRÜNIG/KÜHN (2013), S. 43.

¹⁰ Vgl. GRÜNIG/KÜHN (2013), S. 43.

¹¹ Vgl. GRÜNIG/KÜHN (2013), S. 43.

Inzwischen existiert eine Vielzahl an verschiedenen Verfahren zur Unterstützung von Entscheidungsträgern bei Entscheidungen.¹ Mehrkriterielle Entscheidungsverfahren wie der Analytic Hierarchy Process (AHP) und Analytic Network Process (ANP) werden zunehmend auch für Entscheidungsprobleme im Supply Chain Management angewendet, z. B. zur Auswahl von Lieferanten.² Im Rahmen der vorliegenden Dissertation wird zur Lösung des zu untersuchenden Entscheidungsproblems der *Analytic Hierarchy Process* als mehrkriterielles Entscheidungsverfahren verwendet. Dieser stellt ein bekanntes Verfahren zur Lösung mehrkriterieller Entscheidungsprobleme dar.³ Dieses Verfahren kann auf Entscheidungsprobleme angewendet werden, um Entscheidungsträger bei der Auswahl der besten Alternative auf Basis der relativen Bedeutung verschiedener Kriterien zu unterstützen.⁴ Zur Philosophie des AHP zählt, dass der Entscheidungsprozess zunächst hierarchisch in Ebenen strukturiert wird.⁵ Auf diese Weise wird eine Konzentration auf modulare und überschaubare Teilprobleme möglich.⁶ Im Anschluss kann das Entscheidungsproblem anhand der schrittweisen Lösung der einzelnen Teilprobleme gelöst werden.⁷ Das Verfahren stellt daher eine Ausprägung der hierarchisch additiven Gewichtungsverfahren⁸ dar und wird als besonders leistungsfähig sowie praxisrelevant eingestuft.⁹

6.3.2 Vorteile und Limitierungen des Analytic Hierarchy Process als Entscheidungsverfahren

Die Auswahl des Analytic Hierarchy Process als mehrkriterielles Entscheidungsverfahren wird damit begründet, dass dieses komplexe Entscheidungsverfahren sich durch mehrere Eigenschaften von anderen mehrkriteriellen Entscheidungsverfahren abhebt.¹⁰ So verfügt der Analytic Hierarchy Process über das Potenzial, sowohl quantitative als auch qualitative Kriterien in einer systematischen, einheitlichen Bewertungstechnik zu erfassen, um diese zu einer transparenten und

¹ Vgl. GRÜNIG/KÜHN (2013), S. 44. In der Literatur finden sich verschiedene Beispiele für die Auswahl von Software bzw. Technologien im Rahmen einer Entscheidung mit Hilfe von bestimmten Entscheidungsverfahren, z. B. Analytic Hierarchy Process (AHP) oder Data Envelopment Analysis (DEA). Vgl. u. a. DYCKHOFF/ALLEN (1999), S. 411 ff.; OSSADNIK/LANGE (1999), S. 578 ff.

² Vgl. AGARWAL/VIJAYVARGY (2011), S. 11505.

³ Vgl. z. B. SAATY (1980), S. 1 ff.; SAATY (1994), S. 19 ff.; SAATY (2016), S. 3 ff.; SAATY/SODENKAMP (2010), S. 91 ff.

⁴ Vgl. GURUNG/PHIPON (2016), S. 14; JOEREBEN/SEBASTIAN (1998), S. 94.

⁵ Vgl. JOEREBEN/SEBASTIAN (1998), S. 94.

⁶ Vgl. JOEREBEN/SEBASTIAN (1998), S. 94.

⁷ Vgl. JOEREBEN/SEBASTIAN (1998), S. 95; PETERS/ZELEWSKI (2002), S. 5.

⁸ Hierarchisch additive Gewichtungsverfahren kennzeichnen sich dadurch, dass die bei der Evaluation berücksichtigten Elemente mehrstufig angeordnet werden können. Durch die Gewichtung der Elemente über mehrere Ebenen kann ein relativ hoher Komplexitätsgrad entstehen. Vgl. WEBER (1993), S. 73.

⁹ Vgl. WEBER (1993), S. 73.

¹⁰ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2004), S. 318.

mathematisch fundierten Gesamtbeurteilung zusammenzufassen.¹ Denn beim Analytic Hierarchy Process können sowohl „objektive“ Informationen (z. B. über Kosten und Umsatzerlöse) als auch subjektive Informationen (Höhen- und Artenpräferenzen des Entscheiders) anhand der Technik der Ermittlung von maximalen Eigenwerten und Eigenvektoren in normierte Indizes transformiert werden.² Mit dem Analytic Hierarchy Process lassen sich Informationen zu Nutzen, Chancen, Kosten und Risiken erfassen und bewerten, um die am besten geeignete Alternative zu ermitteln.³ Dementsprechend eignet sich der Analytic Hierarchy Process auch für die Bewertung der Potenziale einer Blockchain für die Rückverfolgung von Lebensmitteln im Rahmen einer BOCR-Analyse⁴.

Zu den Eigenschaften des AHP zählt zudem auch die Eindeutigkeit stiftende Normierung von Beurteilungen anhand der Ermittlung maximaler Eigenwerte und Eigenvektoren.⁵ Darüber hinaus bietet der AHP die Möglichkeit zur Überprüfung der Konsistenz von Beurteilungen.⁶ Zwar bestehen beim Analytic Hierarchy Process subjektive Einflüsse durch die Einbeziehung der Höhen- und Artenpräferenzen des Entscheiders, jedoch sind diese Einfallstore für Manipulationen aus Sicht von PETERS/ZELEWSKI (2004) aus betriebswirtschaftlicher Perspektive als ambivalent zu bewerten.⁷ Denn Subjektivität und Willkür eines Entscheidungsverfahrens lassen sich nicht grundsätzlich ausschließen, wenn das Entscheidungsverfahren die subjektiven Präferenzen eines Entscheiders erfassen können soll.⁸

Bei der Anwendung von mehrkriteriellen Entscheidungsverfahren wird außerdem häufig der aggregationsbedingte Informationsverlust durch Übergang auf ein „tieferes“ Skalenniveau für alle erfassten Beurteilungskriterien kritisiert, da hierbei auf vorhandene metrische Informationen (z. B. Kosten und Umsatzerlöse) „bewusst“ verzichtet wird.⁹ Es wird dementsprechend oft gefordert, dass metrisch verfügbare Informationen als solche erhalten bleiben und keine

¹ Vgl. ZELEWSKI/PETERS (2006), S. 1074.

² Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2004), S. 321.

³ Vgl. SAATY/SODENKAMP (2010), S. 91.

⁴ Eine ausführlichere Erläuterung einer BOCR-Analyse mit AHP erfolgt in Kapitel 6.5.

⁵ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2004), S. 318.

⁶ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2004), S. 318; SAATY/SODENKAMP (2010), S. 98 ff.

⁷ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2004), S. 318.

⁸ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2004), S. 319. Subjektivität und – systematisch begrenzte – Willkür sind in keinem gehaltreichen Entscheidungsverfahren vermeidbar, da sich Subjektivität zwangsläufig aus den Präferenzen des Entscheiders ergibt. Zudem liegt Willkür spätestens dann vor, wenn natürlichsprachig artikuliert Präferenzurteile des Entscheiders anhand „präziser“ numerischer Werte einer quantitativen Beurteilungsskala abgebildet werden. Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2004), S. 319.

⁹ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2004), S. 322.

Vermengung mit nicht-metrischen Informationen erfolgt.¹ Allerdings ist diese Forderung, dass eine Vermengung von metrisch verfügbaren Informationen und nicht-metrischen Informationen ausbleibt, nicht aufrechtzuerhalten.² Denn der aggregationsbedingte Informationsverlust, der bei dem Analytic Hierarchy Process durch das Zusammenführen aller erfassten Beurteilungskriterien auf ein „tieferes“ Skalenniveau auftritt, stellt eine unabdingbare Voraussetzung dar.³ Diese unabdingbare Voraussetzung ist eine pragmatische Prämisse, die erforderlich ist, wenn eindeutige Gesamturteile über die evaluierten Handlungsalternativen gebildet werden sollen, die die Auswahl einer möglichst geringen Anzahl „optimaler“ Handlungsalternativen ermöglicht.⁴

Insgesamt verfügt der Analytic Hierarchy Process trotz der verfahrensbedingten Subjektivitäts- und Willkürprobleme im Vergleich zu alternativen mehrkriteriellen Entscheidungsverfahren über eine Vielzahl an charakteristischen Vorzügen.⁵ Die willkürlichen Ermessensspielräume bei der Durchführung des Analytic Hierarchy Process, die durch die Überführung von qualitativen, natürlichsprachig formulierten Präferenzurteilen in numerische Werte der Evaluationsmatrizen entstehen, werden durch die Verwendung der AHP-spezifischen Beurteilungsskala begrenzt.⁶ Es sind dadurch nur solche numerischen Werte für Paarvergleichsurteile zulässig, die mit der AHP-Skala konsistent vereinbar sind.⁷ Auch wird der Spielraum für willkürliche Beurteilungen beim Analytic Hierarchy Process durch Konsistenzüberprüfungen anhand des Konsistenzwertes *C.R.* eingegrenzt.⁸ Im Vergleich zu „üblichen“ mehrkriteriellen Entscheidungsverfahren erlaubt der AHP die Überprüfung der Konsistenz der numerischen Paarvergleiche und kann – falls erforderlich – zu einer Überarbeitung der Paarvergleiche aufrufen.⁹ Ferner reduziert sich die potenzielle Bewertungswillkür aller Entscheidungsverfahren im AHP spätestens nach Vorliegen der numerischen Paarvergleichsurteile in der Evaluationsmatrix auf null.¹⁰ Der AHP bietet durch die Ermittlung maximaler Eigenwerte und Eigenvektoren eine Technik, um die Indizes (oder

¹ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2004), S. 322. Zum Beispiel werden im Rahmen von Kosten-Nutzen-Analysen und Kostenwirksamkeits-Analysen Partialurteile über metrisch gemessene Kosten und nicht-metrische gemessene Nutzengrößen im Allgemeinen nicht vermengt. Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2004), S. 322.

² Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2004), S. 322.

³ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2004), S. 322.

⁴ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2004), S. 322. Schließlich muss aus einer Vielzahl nicht-dominierter Handlungsalternativen am Ende eine Handlungsalternative ausgewählt werden können, die „insgesamt“ vorziehungswürdig ist. Dabei ist ein entsprechendes Gesamturteil prinzipiell nur dann möglich, wenn eine Zusammenfassung sowohl von metrisch gemessenen (quantitativen) als auch nicht-metrisch gemessenen (qualitativen) Kriterien auf einer gemeinsamen Skala erfolgt. Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2004), S. 322.

⁵ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2004), S. 319.

⁶ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2004), S. 319.

⁷ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2004), S. 319.

⁸ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2004), S. 319.

⁹ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2004), S. 319.

¹⁰ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2004), S. 319.

Prioritäten) eindeutig zu determinieren, die zur Beurteilung der Handlungsalternativen und relativen Bedeutungen der Kriterien verwendet werden.¹ Andere mehrkriterielle Entscheidungsverfahren wie Scoring-Verfahren, Kostenwirksamkeits-Analysen oder Nutzwertanalysen verfügen nicht über eine derartige eindeutigkeitsstiftende Technik, weshalb diese Ermittlungstechnik als eine Kerneigenschaft des AHP aufgefasst werden kann.²

Letztlich ergibt die Analyse der Vor- und Nachteile des AHP, dass dieses Verfahren für die nachfolgende Analyse der betriebswirtschaftlichen Potenziale von Blockchains für die Rückverfolgung von Lebensmitteln besonders geeignet ist. Denn mit diesem Verfahren lassen sich sowohl Nutzen und Kosten als auch Chancen und Risiken bewerten. Zudem bietet das Verfahren die Möglichkeit, dass bei der Analyse sowohl quantitative als auch qualitative Daten berücksichtigt werden. Auch bietet das Verfahren durch das mathematische Fundament einen Vorteil für die Bewertung von Blockchains. Allerdings beansprucht die praktische Durchführung des AHP im Vergleich zu anderen weit verbreiteten mehrkriteriellen Entscheidungsverfahren (z. B. Scoring-Verfahren) mehr Arbeitsaufwand und Zeit.³ Der Arbeitsaufwand lässt sich durch den Einsatz entsprechender AHP-Software jedoch erheblich verringern, sodass Rechenoperationen wie die aufwändige Ermittlung der Eigenwerte und Eigenvektoren automatisch durchgeführt werden.⁴ Dementsprechend erscheint der AHP auch für den Einsatz in der Unternehmenspraxis geeignet.

¹ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2004), S. 319 f.

² Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2004), S. 320.

³ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2004), S. 321.

⁴ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2004), S. 321.

6.4 Aufbau der Analyse

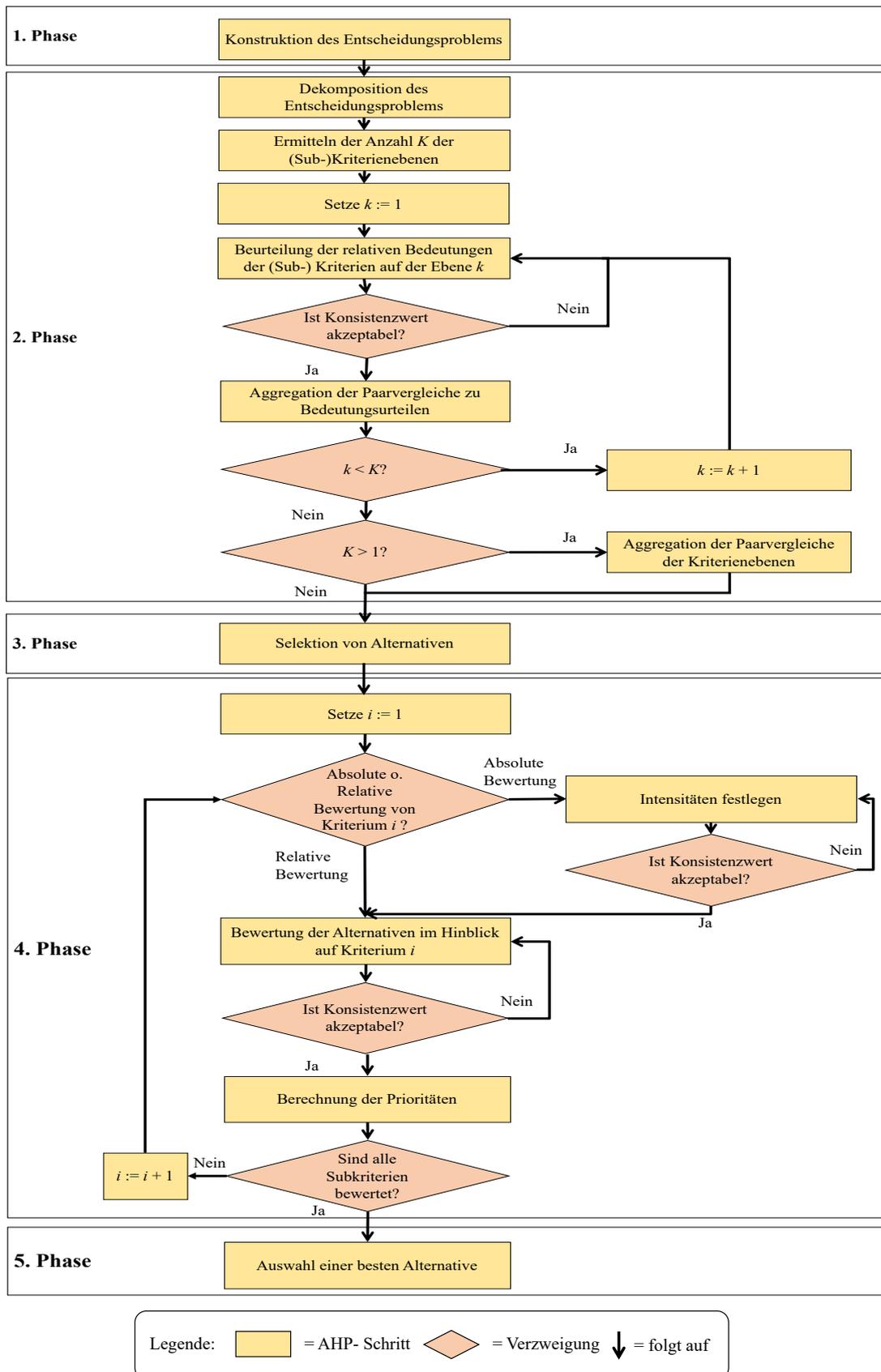
Für die Lösung des Entscheidungsproblems der Auswahl einer Technologie zur Rückverfolgung von Lebensmitteln mit Hilfe des AHP wird ein Ablauf durchgeführt, der an dieser Stelle genauer beschrieben wird.

Das entsprechende Ablaufmodell zur Durchführung der Auswahl einer Rückverfolgbarkeitstechnologie in Anlehnung an HEINEN (1985) und PETERS/ZELEWSKI (2002) lässt sich in fünf Phasen einteilen (vgl. Abbildung 20):¹

1. Konstruktion des Entscheidungsproblems²
2. Bestimmen der Kriterien
3. Selektion der Alternativen
4. Beurteilung der Alternativen
5. Auswahl einer Alternative mit der besten Beurteilung

¹ Vgl. HEINEN (1985), S. 52; PETERS/ZELEWSKI (2002), S. 1.

² Die Konstruktion des Entscheidungsproblems ist im Rahmen von Kapitel 6.2 erfolgt.

Abbildung 20: Ablaufmodell zur Auswahl einer besten Alternative mit Hilfe des AHP¹

¹ Eigene Darstellung in Anlehnung an PETERS/ZELEWSKI (2002), S. 2. Im Vergleich zur Originalquelle wurde eine eigene Legende hinzugefügt.

6.5 Dekomposition des Entscheidungsproblems

6.5.1 Struktur des Entscheidungsproblems

Es wird beim Analytic Hierarchy Process zunächst eine Strukturierung des Entscheidungsproblems durchgeführt.¹ Die Darstellung von Kriterien und Subkriterien erfolgt in der Regel anhand einer Kriterienhierarchie.² Die Struktur des Entscheidungsproblems wird von der Zahl der zu Bearbeitung vorgesehenen Alternativen und den für die Beurteilung erforderlichen Kriterien bestimmt.³ Das angestrebte Ziel befindet sich auf der obersten Ebene, während auf den darauffolgenden Ebenen sukzessiv Kriterien und Subkriterien folgen.⁴ Die Subkriterien stellen eine Ausdifferenzierung der Kriterien dar, wodurch eine Hierarchie mit mehreren Kriterienebenen entsteht.⁵ Auf der untersten Ebene der Struktur stehen stets die Alternativen, die im vorliegenden Entscheidungsproblem betrachtet werden.⁶

Auf Grund der begrenzten Fähigkeiten von Menschen, mehrere Elemente gleichzeitig erfassen und bewerten zu können, werden paarweise Vergleiche von Elementen⁷ durchgeführt, die nahe beieinander liegen oder homogen sind.⁸ Je inhomogener Elemente sind, desto notwendiger ist es, diese in verschiedene Gruppen einzuteilen und diese Gruppen mit einem gemeinsamen Element zu verbinden.⁹ SAATY/SODENKAMP (2008) empfehlen, ca. als 7 ± 2 Elemente in einer einzigen Matrix zu vergleichen.¹⁰ Bei komplexeren Probleme sollte dafür tiefer gegliedert werden, da ansonsten die Inkonsistenz zunimmt, wenn Entscheidungsträger mehr als etwa sieben Elemente vergleichen.¹¹ SAATY/SODENKAMP (2008) sehen zudem darin eine Grenze für die menschlichen Fähigkeit, das sehr Kleine mit dem sehr Großen zu vergleichen.¹² Homogenität ist daher wichtig zur Sicherstellung der Konsistenz in den paarweisen Vergleichen.¹³ Deshalb sollten paarweise Vergleiche von Elementen durchgeführt werden, die hinsichtlich ihrer Größe nahe beieinander liegen oder homogen sind.¹⁴ Um dies zu gewährleisten, werden verschiedene Elemente zu einem

¹ Vgl. SAATY (1994), S. 22.

² Vgl. JOEREBEN/SEBASTIAN (1998), S. 95; SAATY (2016), S. 15; ZELEWSKI/PETERS (2006), S. 1070.

³ Vgl. WEBER (1993), S. 74.

⁴ Vgl. JOEREBEN/SEBASTIAN (1998), S. 95; SAATY (2006), S. 94; SAATY (2016), S. 15.

⁵ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2002), S. 5.

⁶ Vgl. JOEREBEN/SEBASTIAN (1998), S. 95; SAATY (2016), S. 15.

⁷ Im Rahmen der Paarvergleichsurteile werden die zu vergleichenden Alternativen und (Sub-)Kriterien einer Hierarchie als *Elemente* bezeichnet. Vgl. u. a. SAATY (2016), S. 15 f.; SAATY/SODENKAMP (2008), S. 25 ff. Im weiteren Verlauf werden die Begriffe *Element* und *Beurteilungsobjekt* synonym verwendet.

⁸ Vgl. SAATY (2016), S. 39; SAATY/SODENKAMP (2010), S. 94.

⁹ Vgl. SAATY/SODENKAMP (2010), S. 94.

¹⁰ Vgl. SAATY/SODENKAMP (2008), S. 28 ff.; SAATY/SODENKAMP (2010), S. 97.

¹¹ Vgl. SAATY/SODENKAMP (2008), S. 30 ff.

¹² Vgl. SAATY/SODENKAMP (2008), S. 35.

¹³ Vgl. SAATY/SODENKAMP (2008), S. 35.

¹⁴ Vgl. SAATY/SODENKAMP (2008), S. 35.

Cluster zusammengefasst, sodass man sie zunächst innerhalb eines Clusters und danach clusterübergreifend bewerten kann.¹ Je stärker sich Elemente unterscheiden, desto relevanter ist es, diese in verschiedene Gruppen einzuteilen, die durch ein gemeinsames übergeordnetes Kriterium miteinander verbunden sind.²

Abbildung 21 zeigt eine mögliche Hierarchie für das betrachtete Entscheidungsproblem. Dabei befindet sich das Entscheidungsziel auf der obersten Ebene, während auf der zweiten Ebene die Kriterien abgebildet sind, die zur Auswahl der besten Rückverfolgbarkeitslösung relevant sind. Diese Kriterien werden wiederum auf der darunterliegenden Ebene in Subkriterien unterteilt. Eine zusätzliche Differenzierung der Subkriterien in weitere Subkriterien ist möglich. In der vorliegenden Analyse der Auswahl einer Technologie zur Rückverfolgung von Lebensmitteln wird auf diese zusätzliche Ebene verzichtet. Auf der untersten Ebene der Hierarchie befinden sich die unterschiedlichen Alternativen zur Rückverfolgung von Lebensmitteln, zwischen denen eine Entscheidung für die Erreichung des gewünschten Ziels getroffen werden muss.

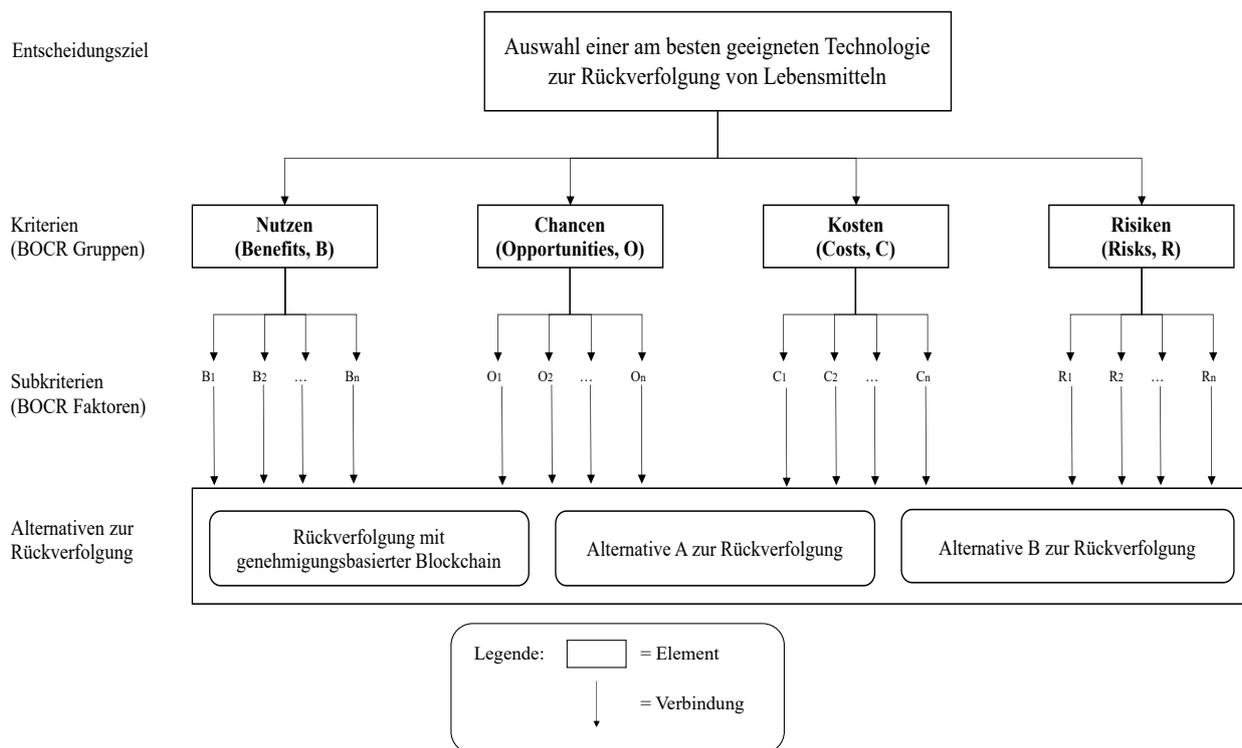


Abbildung 21: Aufbau der AHP-Analyse³

¹ Vgl. SAATY/SODENKAMP (2010), S. 101 f.

² Vgl. SAATY/SODENKAMP (2008), S. 35.

³ Eigene Darstellung in Anlehnung an YAP/NIXON (2015), S. 268. Im Vergleich zur Originaldarstellung mit einem anderen Entscheidungsziel und anderen Alternativen sowie einer zusätzlichen Legende.

6.5.2 Entscheidungsziel

Das Entscheidungsziel bei der vorliegenden Analyse ist die Auswahl einer am besten geeigneten Technologie zur Rückverfolgung von Lebensmitteln. Als am besten geeignete Technologie gilt dabei eine Technologie, die bei der Bewertung durch den Entscheidungsträger auf Basis von ausgewählten Kriterien den höchsten Wert erzielt.

6.5.3 Alternativenebene

Im Rahmen der Analysen zur Lösung des Entscheidungsproblems sowie zur Einschätzung der betriebswirtschaftlichen Potenziale der Blockchain-Technologie zur Rückverfolgung von Lebensmitteln erfolgt eine exemplarische Bewertung von drei Alternativen, um die Möglichkeit einer Beurteilung der betriebswirtschaftlichen Potenziale zu demonstrieren.

Eine Alternative stellt dabei die Rückverfolgung mit Hilfe einer genehmigungsbasierten Blockchain dar. Die anderen Technologien als Alternativen zur Rückverfolgung werden im Rahmen der exemplarischen Durchführung nicht näher spezifiziert. Die Identifikation von Alternativen kann durch Entscheidungsträger anhand verschiedener *Primär-* und *Sekundärquellen* erfolgen.¹ Eine Alternative zur Bewertung der betriebswirtschaftlichen Potenziale einer Blockchain könnte zum Beispiel ein traditionelles elektronisches Rückverfolgungssystem darstellen.² Eine weitere Alternative könnten Rückverfolgbarkeitsplattformen durch externe Anbieter darstellen.³

6.5.4 Kriterienebene

Die Blockchain-Technologie verfügt über das Potenzial, für die verschiedenen Akteure in einer Supply Chain Nutzen zu schaffen.⁴ Bei der Bewertung der Blockchain-Technologie sind zudem Kosten zu betrachten.⁵ Außerdem sind sowohl mögliche Chancen als auch Risiken bei der

¹ *Primärquellen* können unter anderem das Einholen von Selbstauskünften umfassen, während *Sekundärquellen* unter anderem Fachpublikationen sowie Marktberichte darstellen. Vgl. WERNER (2017), S. 188 f.

² Vgl. OLSEN ET AL. (2019), S. 23.

³ Vgl. BRINK/CHAVES (2017), S. 483 ff.

⁴ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 7. Siehe zudem Kapitel 5.1.2 zur Analyse des Nutzens einer Blockchain zur Rückverfolgung von Lebensmitteln.

⁵ Vgl. FORRESTER (2018), S. 9. Siehe Kapitel 5.1.3 zur Analyse der Kosten einer Blockchain zur Rückverfolgung von Lebensmitteln.

Umsetzung der Technologie zu untersuchen.¹ Der Prozess der Entscheidungsfindung kann daher erfolgen, indem eine Entscheidung hinsichtlich der Kriterien *Nutzen (B)*, *Chancen (O)*, *Kosten (C)*, und *Risiken (R)* analysiert wird.² Diese befinden sich daher auf der Kriterienebene.

Es finden sich in der Fachliteratur zu Entscheidungsverfahren bereits mehrere Publikationen zu Modellen mit Nutzen, Kosten, Chancen und Risiken als Kriterien zur Auswahl von Alternativen.³ Eine solche Modellierung wird in der Regel als *BOCR-Modellierung* bezeichnet.⁴ Eine vollständige BOCR-Analyse ermöglicht, dass bei den positiven Aspekten nicht nur Nutzen, sondern auch Chancen berücksichtigt werden sowie bei den negativen Aspekten sowohl Kosten als auch Risiken.⁵ Die BOCR-Analyse erlaubt dadurch eine potenziell reichhaltigere Analyse als eine reine BC-Analyse, obwohl viele der Aspekte, die die Faktoren und ihre Beziehungen definieren, in der Regel schwer zu spezifizieren und zu quantifizieren sind.⁶ Die Berücksichtigung von Chancen und Risiken ist von Bedeutung, da neue Technologien für Unternehmen gleichermaßen Chancen als auch Risiken darstellen können.⁷ Unternehmen stehen in einem wettbewerbsgetriebenen Wirtschaftssystem unter dem Druck, dass sie die Chancen frühzeitig erkennen und nutzen müssen, die sich durch veränderte Rahmenbedingungen ergeben können.⁸ Andernfalls ergibt sich die Gefahr, dass Unternehmen nicht am Markt bestehen.⁹ Bei den Kriterien im exemplarischen Beispiel wird auf die bereits verwendeten Definitionen in Kapitel 5.1.1 zurückgegriffen.

6.5.5 Subkriterienebene

Für die Bewertung der Alternativen zur Auswahl einer am besten geeigneten Technologie für die Rückverfolgung von Lebensmitteln werden die zuvor angeführten Kriterien zusätzlich in Subkriterien unterteilt. Im Rahmen der beispielhaften Durchführung des AHP als möglichen Ansatz für die Bewertung einer Blockchain als Rückverfolgbarkeitslösung werden als Subkriterien die bereits in Kapitel 5.1 betrachteten Aspekte aus der vorangegangenen Analyse der Nutzen, Kosten, Chancen und Risiken verwendet.

¹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 50. Siehe Kapitel 5.1 zur Analyse von Chancen und Risiken einer Blockchain für die Rückverfolgung von Lebensmitteln.

² Vgl. SAATY/SODENKAMP (2008), S. 40.

³ Vgl. SAATY (2004), S. 348 ff.; SAATY/SODENKAMP (2008), S. 24 ff.; WIJNMALEN (2007), S. 892 ff.

⁴ Vgl. SAATY (2004), S. 348.

⁵ Vgl. WIJNMALEN (2007), S. 893.

⁶ Vgl. WIJNMALEN (2007), S. 893.

⁷ Vgl. KREUTZER (2017), S. 45.

⁸ Vgl. BOUSONVILLE (2017), S. 1.

⁹ Vgl. BOUSONVILLE (2017), S. 1.

6.6 Beurteilung der relativen Bedeutungen der Kriterien

Beim Analytic Hierarchy Process wird das Entscheidungsproblem sukzessiv durch das Bewältigen von Teilproblemen gelöst.¹ Bei einer Dekomposition eines Entscheidungsproblems in mehreren Ebenen werden zunächst Urteile² durch Paarvergleiche auf der Kriterienebene durchgeführt und im Anschluss schrittweise für die Subkriterienebenen.³ Dabei werden die Paarvergleiche jeweils für die (Sub-)Kriterien einer Ebene des Entscheidungsproblems durchgeführt, die einem gemeinsamen Element untergeordnet sind.⁴ Die Paarvergleiche erfolgen, um die Wichtigkeit von Elementen in Bezug auf das jeweils übergeordnete Element auszudrücken.⁵ Die Ergebnisse aller Paarvergleiche werden daraufhin in eine Evaluationsmatrix⁶ eingetragen:⁷

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{i1} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & \dots & a_{nj} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad \text{mit} \quad \begin{aligned} & \forall i = 1, \dots, n \quad \forall j = 1, \dots, n: a_{ij} > 0 \\ & \forall i = j: a_{ij} = 1 \\ & \forall i = 1, \dots, n \quad \forall j = 1, \dots, n: a_{ij} = a_{ji}^{-1} \end{aligned}$$

Abbildung 22: Formale Darstellung einer Evaluationsmatrix A ⁸

Für eine vollständig ausgefüllte Evaluationsmatrix werden insgesamt $\frac{n \cdot (n-1)}{2}$ Paarvergleiche benötigt.⁹ Jedes in die Evaluationsmatrix eingetragene Paarvergleichsurteil a_{ij} verdeutlicht dabei, inwieweit ein Element i gegenüber einem anderen Element j im Hinblick auf das übergeordnete Element in der oberen Ebene präferiert wird.¹⁰ Mit einem Paarvergleichsurteil a_{ij} kann zudem die relative Bedeutung von zwei Kriterien i und j in Bezug auf ein übergeordnetes Kriterium

¹ Vgl. JOEREBEN/SEBASTIAN (1998), S. 95.

² Ein Urteil wird als ein Ausdruck einer Meinung definiert. Vgl. SAATY/SODENKAMP (2010), S. 110.

³ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2002), S. 8.

⁴ Vgl. SAATY (1994), S. 27; SAATY (2006), S. 96.

⁵ Vgl. JOEREBEN/SEBASTIAN (1998), S. 95 f.; SAATY/SODENKAMP (2010), S. 110.

⁶ Evaluationsmatrizen werden auch als Paarvergleichsmatrizen bezeichnet. Dabei handelt es sich um quadratische Matrizen, deren Spalten- und als Zeilenbeschriftungen die Namen der miteinander zu vergleichenden Elemente aufweisen. Die Bezeichnung einer Evaluationsmatrix ergibt sich aus dem Namen des Elements, das von den miteinander zu vergleichenden Elementen direkt beeinflusst wird. Vgl. JOEREBEN/SEBASTIAN (1998), S. 96.

⁷ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2002), S. 8.

⁸ PETERS/ZELEWSKI (2002), S. 8.

⁹ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2002), S. 8.

¹⁰ Vgl. SAATY (1994), S. 25 f.; SAATY/SODENKAMP (2010), S. 110; ZELEWSKI/PETERS (2006), S. 1070. Die Beurteilung durch Paarvergleiche ist von zentraler Bedeutung bei der Anwendung des AHP. Die Paarvergleiche sollten mit großer Umsicht und vorzugsweise unter Einbeziehung von Experten erfolgen. Vgl. WEBER (1995), S. 189.

ausgedrückt werden.¹ Für die Bewertung von Paaren (i,j) aus Kriterien oder aus Alternativen werden die numerischen Werte aus der AHP-Skala verwendet (vgl. Tabelle 7).²

Die Bewertung der Paarvergleiche erfolgt anhand von Zahlen aus einer Neun-Punkte-Skala samt Interpretation.³ Für die Paarvergleiche stehen die Werte 1, 2, ..., 9 und deren Kehrwerte $\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \dots, \frac{1}{9}$ zur Verfügung.⁴ Voraussetzung für Paarvergleiche ist, dass Entscheidungsträger die relative Bedeutung von zwei Elementen in Bezug auf das in der Hierarchie unmittelbar übergeordnete Element beurteilen können.⁵ Die Elemente auf der Hauptdiagonalen der Paarvergleichsmatrix haben den Wert 1, da das Element mit sich selbst verglichen wird.⁶ Die Elemente unterhalb der Hauptdiagonalen lassen sich aus den Elementen oberhalb der Hauptdiagonale ableiten.⁷ Wird ein Paarvergleich mit der Zahl 5 beantwortet, dann kann der entsprechende Kehrwert hierzu nur $\frac{1}{5}$ sein, wenn die Paarvergleiche stimmig sind.⁸

mögliche Werte für a_{ij}	relative Bedeutung der möglichen Werte für a_{ij}
1	gleiche Bedeutung der beiden miteinander verglichenen Elemente für das nächsthöhere Element
3	etwas höhere Bedeutung eines Elements im Vergleich zu einem anderen Element im Hinblick auf das nächsthöhere Element
5	deutlich höhere Bedeutung eines Elements im Vergleich zu einem anderen Element im Hinblick auf das nächsthöhere Element
7	viel höhere Bedeutung eines Elements im Vergleich zu einem anderen Element im Hinblick auf das nächsthöhere Element
9	sehr viel höhere Bedeutung eines Elements im Vergleich zu einem anderen Element im Hinblick auf das nächsthöhere Element
2, 4, 6, 8	Zwischenwerte
$\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \frac{1}{6}, \frac{1}{7}, \frac{1}{8}, \frac{1}{9}$	Wenn a_{ij} einen der Werte von 1 bis 9 darstellt, dann ist a_{ji} der Reziprokwert.

Tabelle 7: relative Bedeutung zweier Elemente für das jeweils übergeordnete Element⁹

¹ Vgl. SAATY/SODENKAMP (2010), S. 110; ZELEWSKI/PETERS (2006), S. 1070.

² Vgl. SAATY/SODENKAMP (2008), S. 28; ZELEWSKI/PETERS (2006), S. 1070.

³ Vgl. JOEREBEN/SEBASTIAN (1998), S. 96.

⁴ Vgl. JOEREBEN/SEBASTIAN (1998), S. 96.

⁵ Vgl. JOEREBEN/SEBASTIAN (1998), S. 96.

⁶ Vgl. JOEREBEN/SEBASTIAN (1998), S. 97.

⁷ Vgl. JOEREBEN/SEBASTIAN (1998), S. 97.

⁸ Vgl. JOEREBEN/SEBASTIAN (1998), S. 97.

⁹ Eigene Tabelle in Anlehnung an JOEREBEN/SEBASTIAN (1998), S. 96; PETERS/ZELEWSKI (2002), S. 9; SAATY/SODENKAMP (2008), S. 28. Die Beschreibung der relativen Bedeutungen ist an Beschreibungen in den genannten Quellen angelehnt. Im Vergleich zu den Originalquellen wird in der Kopfzeile der Tabelle hervorgehoben, dass es sich um eine relative Bedeutung handelt. Im weiteren Verlauf werden derartige Abweichungen gegenüber Quellen zu dem AHP nicht explizit erwähnt, wenn anhand der Vorgehensweise des AHP davon ausgegangen werden kann, dass relative Bedeutungen gemeint sind.

Im Allgemeinen werden Paarvergleichsurteile auf Basis von natürlichsprachlicher Erklärungen gefällt und ein numerischer Wert in die Evaluationsmatrix eingetragen.¹ Dabei wird immer die ganze Zahl in die entsprechende Position eingetragen sowie der entsprechende Reziprokwert in die Transponierposition.² Auf diese Weise wird durch Paarvergleichsurteile das Messen mit Urteilen wissenschaftlicher durchgeführt als bei einem willkürlichen Zuordnen von Zahlen.³ Sollten Paarvergleichsurteile zu Beginn ausschließlich natürlichsprachlich vorliegen und nicht genau mit den Interpretationen der numerischen Werte der AHP-Skala übereinstimmen, dann liegt ein Ermessensspielraum bei der Überführung der natürlichsprachlichen Paarvergleichsurteile in numerische Werte der AHP-Skala vor.⁴ Trotz der mathematischen Fundierung des AHP existiert hierdurch die Möglichkeit für Manipulationen.⁵

An dieser Stelle wird exemplarisch die relative Bedeutung der (Sub-)Kriterien für die Kriterien-ebene und die Subkriterienebene ermittelt. Die Gewichtung der (Sub-)Kriterien unterliegt dabei den Präferenzen des Entscheidungsträgers, die sich je nach den Anforderungen des jeweiligen Unternehmens in der Food Supply Chain unterscheiden können. Durch Paarvergleichsurteile können Unternehmen in Food Supply Chains die (Sub-)Kriterien zur Bewertung der Alternativen zur Rückverfolgung von Lebensmitteln im Hinblick auf das übergeordnete Ziel der Auswahl einer am besten geeigneten Technologie zur Rückverfolgung von Lebensmitteln einstufen. Die Paarvergleiche können dabei unter anderem auf Basis von Informationen aus Literatur oder Befragungen durchgeführt werden, wie beispielsweise in den Publikationen von CHAVES/PETER (2018) oder PAI ET AL. (2018).⁶ Die ermittelten Informationen über die Relevanz der (Sub-)Kriterien können für die Paarvergleichsurteile verwendet werden.

Tabelle 8 beinhaltet die exemplarischen Beurteilungen der relativen Bedeutungen der Kriterien. Diese Ebene umfasst die Kriterien *Nutzen*, *Kosten*, *Chancen* und *Risiken*. In diesem Beispiel sind die Kriterien *Nutzen* und *Kosten* deutlich höher bedeutend als *Chancen* sowie etwas höher bedeutend als *Risiken*, da Befragungen zur Blockchain-Technologie von Unternehmen erkennen lassen, dass zu den Hauptantriebskräften für Investitionen unter anderem Kosteneinsparungen und Umsatzerhöhungen zählen.⁷ Darüber hinaus wird für das Beispiel angenommen, dass ein

¹ Vgl. SAATY/SODENKAMP (2010), S. 95.

² Vgl. SAATY/SODENKAMP (2010), S. 95.

³ Vgl. SAATY/SODENKAMP (2008), S. 27; SAATY/SODENKAMP (2010), S. 93 f.

⁴ Vgl. ZELEWSKI/PETERS (2006), S. 1070.

⁵ Vgl. ZELEWSKI/PETERS (2006), S. 1070.

⁶ Vgl. CHAVES/PETER (2018), S. 11; PAI ET AL. (2018), S. 9.

⁷ Vgl. PAI ET AL. (2018), S. 9.

risikoaverses Unternehmen die Bewertung vornimmt, sodass das Kriterium *Risiken* eine etwas höhere Bedeutung als das Kriterium *Chancen* erhält.

Technologie zur Rückverfolgung	Nutzen	Kosten	Chancen	Risiken
Nutzen	1	1	5	3
Kosten	1	1	5	3
Chancen	1/5	1/5	1	1/3
Risiken	1/3	1/3	3	1

Tabelle 8: Evaluationsmatrix für Kriterien in Bezug auf das Ziel *Technologie zur Rückverfolgung*¹

Die Paarvergleichsurteile über die relativen Bedeutungen der Subkriterien werden an dieser Stelle exemplarisch anhand des Kriteriums *Nutzen* mit den Subkriterien *Umsatzsteigerung*, *effizientere Geschäftsprozesse*, *Nachweisbarkeit*, *Qualitätssteigerung* und *Robustheit der Daten* in Tabelle 9 verdeutlicht.²

Nutzen	Umsatzsteigerung	effizientere Geschäftsprozesse	Nachweisbarkeit	Qualitätssteigerung	Robustheit der Daten	Bedeutungs-urteile
Umsatzsteigerung	1	1	3	3	3	0,328
effizientere Geschäftsprozesse	1	1	3	3	3	0,328
Nachweisbarkeit	1/3	1/3	1	2	2	0,149
Qualitätssteigerung	1/3	1/3	1/2	1	1	0,097
Robustheit der Daten	1/3	1/3	1/2	1	1	0,097
Spaltensumme	3,000	3,000	8,000	10,000	10,000	1,000

Tabelle 9: Evaluationsmatrix für die Subkriterien zum Kriterium *Nutzen*³

¹ Eigene Tabelle.

² Die Bewertungen der relativen Bedeutungen anderen Kriterien lassen sich anhand Tabelle 11 auf Seite 161 nachvollziehen.

³ Eigene Tabelle. Zu Rundungsfehler vgl. Fußnote 5 von Seite 160.

6.6.1 Aggregation der Paarvergleichsurteile zu relativen Bedeutungsurteilen

Nach Erstellung einer Evaluationsmatrix erfolgt eine Aggregation der Paarvergleichsurteile über die relativen Bedeutungen der (Sub-)Kriterien in der Evaluationsmatrix zu relativen Bedeutungsurteilen für jedes (Sub-)Kriterium in Bezug auf ein übergeordnetes Element.¹ Es wird hierfür zunächst die Summe jeder Spalte der Evaluationsmatrix ermittelt:²

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} \quad \forall j = 1, \dots, n$$

Im Anschluss erfolgt die Normierung³ der Evaluationsmatrix anhand der Division eines jeden Paarvergleichsurteils durch die entsprechende Spaltensumme der Paarvergleichsurteile:⁴

$$\underline{N} = \begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{\sum_{i=1}^n a_{i1}} & \dots & \frac{a_{1j}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} & \dots & \frac{a_{1n}}{\sum_{i=1}^n a_{in}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{a_{i1}}{\sum_{i=1}^n a_{i1}} & \dots & \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} & \dots & \frac{a_{in}}{\sum_{i=1}^n a_{in}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{a_{n1}}{\sum_{i=1}^n a_{i1}} & \dots & \frac{a_{nj}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} & \dots & \frac{a_{nn}}{\sum_{i=1}^n a_{in}} \end{bmatrix}$$

Abbildung 23: Formale Darstellung der normierten Evaluationsmatrix \underline{N} ⁵

¹ Vgl. MÜHLBACHER/KACZYNSKI (2013), S. 123; PETERS/ZELEWSKI (2002), S. 18.

² Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2002), S. 18.

³ Die Normierung zeigt die relativen Bedeutungen von (Sub-)Kriterien an. Relative Werte erfordern, dass die Kriterien auf ihre relativen Bedeutungen zueinander untersucht werden. Vgl. SAATY/SODENKAMP (2010), S. 103.

⁴ Vgl. MÜHLBACHER/KACZYNSKI (2013), S. 123; PETERS/ZELEWSKI (2002), S. 18 f.

⁵ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2002), S. 19.

Daraufhin lassen sich die Zeilensummen der normierten Evaluationsmatrix \underline{N} bilden.¹ Es werden bei einer approximativen Ermittlung der relativen Bedeutungsurteile v_i die jeweiligen Zeilensummen der normierten Evaluationsmatrix \underline{N} durch n dividiert.² Die Bedeutungsurteile v_i stimmen in Annäherung mit dem normierten Eigenvektor \vec{v}_{norm} der Evaluationsmatrix \underline{A} überein.³ Es gilt somit für die Bedeutungsurteile v_i :⁴

$$v_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n} \quad \forall i = 1, \dots, n$$

Anhand von Tabelle 10 wird die Berechnung der relativen Bedeutungsurteile für die Kriterien aus Tabelle 8 veranschaulicht.

Technologie zur Rückverfolgung	Nutzen	Kosten	Chancen	Risiken	Normierte Evaluationsmatrix				Zeilensumme	Bedeutungsurteile
Nutzen	1	1	5	3	0,395	0,395	0,357	0,409	1,556	0,389
Kosten	1	1	5	3	0,395	0,395	0,357	0,409	1,556	0,389
Chancen	1/5	1/5	1	1/3	0,079	0,079	0,071	0,045	0,275	0,069
Risiken	1/3	1/3	3	1	0,132	0,132	0,214	0,136	0,614	0,153
Spaltensumme	2,533	2,533	14,000	7,333	1,000	1,000	1,000	1,000	4,000	1,000

Tabelle 10: Berechnung der relativen Bedeutungsurteile für die Kriterien aus Tabelle 8⁵

6.6.2 Aggregation der Paarvergleichsurteile der einzelnen Kriterienebenen

Bei einer Kriterienhierarchie mit mehreren Kriterienebenen ist es erforderlich, dass ein aggregiertes Bedeutungsurteil w_i für jedes Subkriterium auf der untersten Subkriterienebene ermittelt wird.⁶ Hierfür wird das Produkt der Bedeutungsurteile entlang des Pfades vom Bedeutungsurteil

¹ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2002), S. 19.

² Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2002), S. 19.

³ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2002), S. 19; WEBER (1993), S. 94.

⁴ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2002), S. 19.

⁵ Eigene Tabelle. Die Berechnungen im Rahmen dieser Dissertation wurden mit Excel durchgeführt. Bei der Berechnung von normierten Evaluationsmatrix und Bedeutungsurteile können bei der Darstellung zum Teil durch Excel verursachte Rundungsfehler bei den aufsummierten Werten auftreten, weshalb grundsätzlich die Verwendung einer professionellen AHP-Software empfohlen wird. Auch verfügt entsprechende AHP-Software in der Regel über nützliche Funktionen, die auf Grund von einem hohen Arbeitsaufwand manuell kaum durchführbar sind, wie z. B. Sensitivitätsanalysen. Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2004), S. 321.

⁶ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2002), S. 20.

auf der untersten Kriterienebene bis zum Bedeutungsurteil der obersten Kriterienebene berechnet.¹ Tabelle 11 zeigt die Überführung der Bedeutungsurteile v_i in aggregierte Bedeutungsurteile w_i .

Kriterien	Bedeutungsurteile	Subkriterien	Bedeutungsurteile	aggregierte Bedeutungsurteile
Nutzen	0,389	Umsatzsteigerung	0,328	0,128
		effizientere Geschäftsprozesse	0,328	0,128
		Nachweisbarkeit	0,149	0,058
		Qualitätssteigerung	0,097	0,038
		Robustheit der Daten	0,097	0,038
		Summe Nutzen	1,000	0,389
Kosten	0,389	Implementierung und Instandhaltung	0,462	0,180
		Personal	0,074	0,029
		Erfassung und Infrastruktur	0,195	0,076
		Energieverbrauch	0,195	0,076
		Ökosystem	0,074	0,029
		Summe Kosten	1,000	0,389
Chancen	0,069	Fördermaßnahmen	0,091	0,006
		wachsende Bedeutung von Daten	0,273	0,019
		Kombination mit Zukunftstechnologien	0,273	0,019
		neue Geschäftsmodelle	0,091	0,006
		neue Formen der Zusammenarbeit	0,273	0,019
		Summe Chancen	1,000	0,069
Risiken	0,153	Speicherung sensibler Daten	0,497	0,076
		Reifegrad der Technologie	0,245	0,038
		Organisation der Zusammenarbeit	0,047	0,007
		rechtliche Bedenken	0,105	0,016
		mangelnde Verbreitung	0,105	0,016
		Summe Risiken	1,000	0,153
Spaltensumme	1,000	Spaltensumme		1,000

Tabelle 11: Ermittlung der aggregierten Bedeutungsurteile²

¹ Vgl. ZELEWSKI/PETERS (2006), S. 1071.

² Eigene Tabelle. Zu Rundungsfehler vgl. Fußnote 5 von Seite 160.

6.6.3 Überprüfung der Konsistenz der Paarvergleichsurteile der Kriterien

Beim Ausfüllen der Evaluationsmatrizen können einem menschlichen Entscheidungsträger Fehler unterlaufen, sodass ausgefüllte Matrizen oftmals nicht vollständig konsistent sind.¹ Eine ausgefüllte Evaluationsmatrix lässt sich hinsichtlich ihrer Konsistenz überprüfen, um Widersprüche bei den Paarvergleichen aufzuspüren.² Widersprüchen bei Paarvergleichen können auftreten, wenn das Entscheidungsproblem nicht ausreichend definiert ist, nicht konzentriert gearbeitet wurde, erforderliche Informationen fehlen oder lediglich unsichere Informationen verfügbar sind.³ Für die Überprüfung der Konsistenz der Paarvergleichsurteile der (Sub-)Kriterien in einer Evaluationsmatrix wurden der *Konsistenzindex* (*C.I.* = Consistency Index) sowie der *Konsistenzwert* (*C.R.* = Consistency Ratio) entwickelt.⁴ Mit Hilfe des Konsistenzwerts kann ermittelt werden, ob Entscheidungsträger eine Überarbeitung der Paarvergleichsurteile in einer Evaluationsmatrix durchführen sollten.⁵ SAATY (2016) empfiehlt eine Überarbeitung der Paarvergleichsurteile in einer Evaluationsmatrix, sollte der Konsistenzwert über 0,05 bei einer Dimension von $n = 3$, 0,09 bei $n = 4$ und über 0,1 bei $n > 4$ liegen.⁶

Zunächst wird der Konsistenz-Index anhand des maximalen Eigenwerts λ_{\max} und der Dimension n der jeweiligen betroffenen Evaluationsmatrix A ermittelt.⁷ Der maximale Eigenwert λ_{\max} der Evaluationsmatrix entspricht bei vollkommener Konsistenz der Paarvergleiche der Dimension n der Evaluationsmatrix, während bei Inkonsistenz der Paarvergleiche der größte Eigenwert λ_{\max} größer n ist und die übrigen $n-1$ bei völliger Konsistenz den Wert null annehmen.⁸ Eine Überprüfung der Konsistenz der Paarvergleiche einer Evaluationsmatrix erfordert die Ermittlung des maximalen Eigenwerts λ_{\max} , um daraufhin den Konsistenzindex zu berechnen:⁹

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

¹ Vgl. JOEREBEN/SEBASTIAN (1998), S. 98.

² Vgl. ISHIZAKA/NEMERY (2013), S. 18.

³ Vgl. ISHIZAKA/NEMERY (2013), S. 18.

⁴ Vgl. z. B. SAATY (2016), S. 81 ff.

⁵ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2003), S. 8 f.

⁶ Vgl. SAATY (2016), S. 81.

⁷ Vgl. ZELEWSKI/PETERS (2006), S. 1071.

⁸ Vgl. JOEREBEN/SEBASTIAN (1998), S. 98.

⁹ Vgl. SAATY/SODENKAMP (2008), S. 32; PETERS/ZELEWSKI (2002), S. 15.

6.6.3.1 Approximatives Verfahren zur Berechnung der maximalen Eigenwerte

Der maximale Eigenwert λ_{\max} lässt sich sowohl approximativ als auch mit exakten Verfahren bestimmen.¹ Bei der approximativen Berechnung werden die Produkte aus den Spaltensummen der Evaluationsmatrix sowie dem jeweiligen Bedeutungsurteil gebildet und diese Produkte im Anschluss addiert.² Dabei ergibt sich für die Kriterienebene in Tabelle 10 der Wert 4,059.

$$\lambda_{\max} = 2,533 * 0,389 + 2,533 * 0,389 + 14,000 * 0,069 + 7,333 * 0,153 \approx 4,059$$

Im Anschluss wird der Konsistenzindex durch Einsetzen (mit $n = 4$) ermittelt:

$$C.I. = \frac{4,059 - 4}{4 - 1} \approx 0,020$$

In einem nächsten Schritt wird zur Ermittlung des Konsistenzwerts der Konsistenzindex ($C.I.$) durch den *Random Index* ($R.I.$) dividiert.³ Durch den Vergleich zwischen $C.I.$ und $R.I.$ wird festgestellt, inwieweit die Abweichung von Konsistenz noch akzeptabel ist.⁴ Bei dem Random Index handelt es sich um einen aus zufällig ermittelten reziproken Matrizen gebildeten durchschnittlichen Konsistenzindex.⁵ Bei einem Random Index von 0,89 für $n = 4$ (vgl. Tabelle 12) ergibt sich:

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} = \frac{0,020}{0,89} \approx 0,023$$

R.I.	n
0,00	2
0,52	3
0,89	4
1,11	5

Tabelle 12: Random Index⁶

¹ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2003), S. 9 ff.

² Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2003), S. 9.

³ Vgl. ZELEWSKI/PETERS (2006), S. 1071.

⁴ Vgl. MÜHLBACHER/KACZYNSKI (2013), S. 123.

⁵ Vgl. SAATY/SODENKAMP (2008), S. 32; SAATY/SODENKAMP (2010), S. 99; PETERS/ZELEWSKI (2002), S. 15.

⁶ Eigene Tabelle in Anlehnung an SAATY/SODENKAMP (2010), S. 99. Im Vergleich zur Originalquelle enthält Tabelle eine reduzierte Anzahl an Werten.

Beim Beurteilungsprozess ist ein gewisses Maß an Inkonsistenz inhärent und wird als ein tolerierbarer Fehler akzeptiert, wenn diese Inkonsistenz nicht zu deutlich ist und das Ergebnis verzerrt.¹ Im vorliegenden Fall beträgt der *C.R.* 0,023. Eine Überarbeitung der Evaluationsmatrix in Tabelle 10 ist daher nicht erforderlich.

6.6.3.2 Exaktes Verfahren zur Berechnung der maximalen Eigenwerte

Zusätzlich zum bisher abgebildeten approximativen Verfahren wird an dieser Stelle ein exaktes Verfahren zur Berechnung der maximalen Eigenwerte am Beispiel der Evaluationsmatrix \underline{A} aus Tabelle 8 in Kapitel 6.6 vorgestellt.

Durch Auflösen der folgenden Matrixgleichung werden die Eigenwerte einer Evaluationsmatrix \underline{A} mit \underline{E} als Einheitsmatrix berechnet:²

$$\det(\underline{A} - \lambda \underline{E}) = 0$$

Durch das Einsetzen der Evaluationsmatrix \underline{A} aus Tabelle 8 ergibt sich folgende Matrixgleichung:

$$\det \left(\begin{pmatrix} 1 & 1 & 5 & 3 \\ 1 & 1 & 5 & 3 \\ 1/5 & 1/5 & 1 & 1/3 \\ 1/3 & 1/3 & 3 & 1 \end{pmatrix} - \lambda \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \right) = 0$$

$$\Leftrightarrow \lambda^4 - 4\lambda^3 - \frac{32\lambda}{45} = 0$$

¹ Vgl. SAATY (1994), S. 27.

² Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2003), S. 26. Auf Grund des hohen Rechenaufwands bei größeren Matrizen wird für die Berechnung des maximalen Eigenwerts sowie für die nachfolgende Berechnung der Eigenvektoren im Rahmen des exakten Verfahrens der Einsatz einer AHP-Software oder eines anderen Hilfsmittels aus arbeitsökonomischer Sicht und für die Vermeidung von Rechenfehlern empfohlen. Zum Beispiel kann als Hilfsmittel für die Berechnungen die Webseite EMATHHELP verwendet werden. Vgl. EMATHHELP (o. J.), o. S.

Daraus lässt sich im Anschluss der maximale Eigenwert λ_{\max} von 4,044 durch Lösen dieser Gleichung ermitteln, wodurch sich auch der exakte Konsistenzwert $C.R.$ bestimmen lässt:

$$C.I. = \frac{4,044 - 4}{4 - 1} = 0,015$$

$$C.R. = \frac{0,015}{0,89} \approx 0,017$$

In Kapitel 6.6.3.1 wurde der Konsistenzwert $C.R.$ approximativ bestimmt, da zuvor auch der maximale Eigenwert λ_{\max} approximativ bestimmt wurde. Im vorliegenden Beispiel ist sowohl beim approximativen Verfahren als auch beim exakten Verfahren der Konsistenzwert $C.R.$ kleiner als 0,1, sodass eine Überarbeitung der Evaluationsmatrix nicht erforderlich ist. Allerdings zeigt sich eine Abweichung zwischen den beiden Konsistenzwerten. Eine Differenz zwischen den berechneten Konsistenzwerten kann darauf hindeuten, dass der approximativ ermittelte Eigenwert gegebenenfalls eine andere Handlungsempfehlung zur Folge hat als der mit dem exakten Verfahren ermittelte Konsistenzwert.¹

Nachfolgend werden die Bedeutungsurteile berechnet, indem der normierte Eigenvektor \vec{v}_{norm} zum maximalen Eigenwert λ_{\max} durch die Auflösung der folgenden Matrixgleichung bestimmt wird:²

$$(\underline{A} - \lambda_{\max} \underline{E}) * \underline{v} = \underline{0}$$

Im nächsten Schritt lassen sich die Werte für \underline{A} und λ_{\max} einsetzen:

$$\left(\left(\begin{pmatrix} 1 & 1 & 5 & 3 \\ 1 & 1 & 5 & 3 \\ 1/5 & 1/5 & 1 & 1/3 \\ 1/3 & 1/3 & 3 & 1 \end{pmatrix} - 4,044 * \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \right) * \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \end{pmatrix} = \underline{0} \right.$$

¹ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2003), S. 26 f.

² Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2003), S. 27.

Darauf wird Matrixgleichung in ein lineares Gleichungssystem überführt:¹

$$\begin{aligned} -3,04v_1 + v_2 + 5v_3 + 3v_4 &= 0 \\ v_1 - 3,04v_2 + 5v_3 + 3v_4 &= 0 \\ 1/5v_1 + 1/5v_2 - 3,04v_3 + 1/3v_4 &= 0 \\ 1/3v_1 + 1/3v_2 + 3v_3 - 3,04v_4 &= 0 \end{aligned}$$

Mit Hilfe des Gaußschen Algorithmus können für dieses Gleichungssystem von null verschiedene Eigenvektoren bestimmt werden.² Dabei wurde für den Eigenvektor $v_4 = 1$ ausgewählt. Im betrachteten Beispiel ergibt sich das folgende Ergebnis:

$$\begin{aligned} v_1 &= 2,559 \\ v_2 &= 2,559 \\ v_3 &= 0,446 \\ v_4 &= 1,000 \end{aligned}$$

Daraufhin wird für den normierten Eigenvektor \vec{v}_{norm} jedes Element dieses Eigenvektors durch die Summe aller seiner Elemente dividiert.³ In Tabelle 13 wird eine Gegenüberstellung der exakten Bedeutungsurteile und der approximativen Bedeutungsurteile dargestellt.

exaktes Verfahren (\vec{v} für $v_4=1$)		Bedeutungsurteile		
		exaktes Verfahren (\vec{v}_{norm})	Approximationsverfahren	prozentuale Abweichung
v_1	2,559	0,390	0,389	0,26%
v_2	2,559	0,390	0,389	0,26%
v_3	0,446	0,068	0,069	-1,45%
v_4	1,000	0,152	0,153	-0,65%
Summe	6,564	1,000	1,000	

Tabelle 13: Gegenüberstellung der approximativen und exakten Bedeutungsurteile⁴

¹ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2003), S. 27.

² Vgl. u. a. BEUTELSPACHER (2001), S. 102 ff.; KARMANN (2000), S. 83 ff.

³ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2003), S. 28.

⁴ Eigene Tabelle.

$$\frac{0,390 - 0,389}{0,389} = 0,26\%$$

$$\frac{0,390 - 0,389}{0,389} = 0,26\%$$

$$\frac{0,068 - 0,069}{0,069} = -1,45\%$$

$$\frac{0,152 - 0,153}{0,153} = -0,65\%$$

Das exakte Verfahren bietet im Vergleich zum approximativen Verfahren über eine höhere Ergebnisgüte.¹ Beim approximativen Verfahren ist darüber hinaus bei nicht vollkommen konsistenten Evaluationsmatrizen das Risiko einer Rangvertauschung der Beurteilungsobjekte im Vergleich zum exakten Verfahren zu beachten.² Eine Rangvertauschung liegt vor, wenn für Beurteilungsobjekt BO₁ bei einem approximativen Verfahren eine höhere (niedrigere) Bedeutung als für Beurteilungsobjekt BO₂ ermittelt wurde, obwohl durch ein exaktes Verfahren für Beurteilungsobjekt BO₁ eine niedrigere (höhere) Bedeutung als für Beurteilungsobjekt BO₂ berechnet wurde.³ Der Arbeitsaufwand zur Berechnung der Bedeutungsurteile ist bei diesem Verfahren allerdings deutlich geringer, sodass sich die Verwendung des approximativen Verfahrens zur Berechnung der Bedeutungsurteile aus arbeitsökonomischer Sicht anbieten kann, wenn die Berechnung der Bedeutungsurteile ohne die Hilfe einer speziellen AHP-Software durchgeführt wird.⁴

¹ Vgl. PETERS (2008), S. 513.

² Vgl. SAATY/VARGAS (1994), S. 8.

³ Vgl. PETERS (2008), S. 513.

⁴ Vgl. PETERS (2008), S. 513 f.

6.7 Bewertung der Alternativen

6.7.1 Absolute und Relative Bewertung

Mit Hilfe der Bewertung kann die Alternative ausgewählt werden, die die festgelegten Anforderungen zur Realisierung des Entscheidungsziels am besten erfüllt. Beim Analytic Hierarchy Process wird bei der Bewertung der Alternativen zwischen *Relativer Bewertung* und *Absoluter Bewertung* unterschieden.¹ Bei der *Absoluten Bewertung* vergleichen Entscheidungsträger die Alternativen mit einem Standard, der auf der eigenen Erfahrung basiert.² Dagegen erfolgt bei der *Relativen Bewertung* jeweils ein paarweiser Vergleich der Alternativen miteinander im Hinblick auf ihre Bedeutung für ein Kriterium.³

Die *Relative Bewertung* stellt die einfachste Vorgehensweise zur Berücksichtigung von quantitativen Kriterien für die Beurteilung von Alternativen bei der Durchführung des Analytic Hierarchy Process dar.⁴ Bei dieser Art werden quantitative Kriterien wie qualitative Kriterien behandelt.⁵ Die *Relative Bewertung* ist bei der Beurteilung von Kosten und Umsatz nicht unkritisch zu betrachten, da Ermessensspielräume für Manipulationen ausgenutzt werden können.⁶ Die *Relative Bewertung* der Ausprägung quantitativer Kriterien empfiehlt sich daher nur dann, wenn Entscheidungsträger lediglich über unpräzise Vorstellungen hinsichtlich der Höhe der Ausprägungen der Kriterien verfügen.⁷ In diesem Fall kann kein Informationsverlust auf Grund des Fehlens präziser kardinaler Ausgangsinformationen eintreten.⁸ Quantitative Kriterien können darüber hinaus auch durch die sogenannte *Absolute Bewertung* beurteilt werden.⁹ Bei der *Absoluten Bewertung* erfolgt eine Ermittlung der Indizes der Alternativen ohne die Durchführung von Paarvergleichsurteilen auf der Ebene der Alternativenbewertung.¹⁰

Die bisher beschriebene Vorgehensweise entspricht der *Relativen Bewertung* und wird für die Beurteilung der Alternativen zur Rückverfolgbarkeit verwendet. Die Verwendung der *Relativen Bewertung* kann damit begründet werden, dass auf Grund der geringen Anwendung und

¹ Vgl. SAATY (1994), S. 33.

² Vgl. SAATY (1994), S. 33; SAATY/SODENKAMP (2010), S. 114.

³ Vgl. SAATY (1994), S. 33; SAATY/SODENKAMP (2010), S. 114.

⁴ Vgl. ZELEWSKI/PETERS (2006), S. 1072.

⁵ Vgl. ZELEWSKI/PETERS (2006), S. 1072.

⁶ Vgl. ZELEWSKI/PETERS (2006), S. 1073.

⁷ Vgl. ZELEWSKI/PETERS (2006), S. 1072 f.

⁸ Vgl. ZELEWSKI/PETERS (2006), S. 1073.

⁹ Vgl. ZELEWSKI/PETERS (2006), S. 1073.

¹⁰ Vgl. ZELEWSKI/PETERS (2006), S. 1073.

Etablierung der Blockchain-Technologie lediglich unpräzise Vorstellungen hinsichtlich der Höhe der Ausprägungen der quantitativen Kriterien bestehen.

Die Bewertung der Alternativen anhand der Subkriterien zum Kriterium *Nutzen* wird anhand der Paarvergleiche für die Alternative *Blockchain-Rückverfolgungssystem*, die *Alternative A* und die *Alternative B* in Bezug auf das Subkriterium *Robustheit der Daten* exemplarisch aufgezeigt (vgl. Tabelle 14). Die Bewertungen der Alternativen zur Rückverfolgung von Lebensmitteln in Bezug auf die anderen Subkriterien sind analog durchzuführen und befinden sich im Anhang (vgl. Anhang).

Der Wert 3 in Spalte 2 in der ersten Zeile weist darauf hin, dass das *Blockchain-Rückverfolgungssystem* gegenüber *Alternative A* im Hinblick auf das Subkriterium *Robustheit von Daten* mit einer etwas höheren Bedeutung bewertet wird (a_{12}). Darüber hinaus zeigt der Wert 5 in Spalte 3 der ersten Zeile, dass die Alternative *Blockchain-Rückverfolgungssystem* gegenüber *Alternative B* als deutlich bedeutender eingestuft (a_{13}) wird.

Robustheit der Daten	Blockchain-Rückverfolgungssystem	Alternative A	Alternative B
Blockchain-Rückverfolgungssystem	1	3	5
Alternative A	1/3	1	3
Alternative B	1/5	1/3	1

Tabelle 14: Bewertung der Alternativen am Beispiel *Robustheit der Daten*¹

6.7.2 Überprüfung der Konsistenz der Paarvergleichsurteile der Alternativen

Im Anschluss wird die Konsistenz der Paarvergleiche in den Evaluationsmatrizen bei der Beurteilung der Alternativen überprüft.² Es erfolgt eine Überprüfung der Konsistenz der Paarvergleichsurteile in den Evaluationsmatrizen zur Bewertung der relativen Bedeutung.³ Hierfür werden Paarvergleichsurteile in den Evaluationsmatrizen in Bezug auf die Alternativen so lange überprüft und überarbeitet, bis ein akzeptabler Konsistenzwert erreicht ist.⁴

¹ Eigene Tabelle.

² Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2002), S. 24.

³ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2002), S. 24.

⁴ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2002), S. 24.

6.7.3 Aggregation der Paarvergleichsurteile zu Prioritäten

Im nachfolgenden Schritt erfolgt die Aggregation der Paarvergleichsurteile aus den Evaluationsmatrizen zur Beurteilung der Alternativen zu sogenannten Prioritäten.¹ SAATY (1994) entwickelte zu diesem Zweck mit dem *Distributive Mode* und dem *Ideal Mode* zwei Vorgehensweisen.² Der *Distributive Mode* wird verwendet, wenn eine Abhängigkeit zwischen den Alternativen besteht und eine Einheitspriorität auf sie verteilt wird.³ Der *Ideal Mode* wird verwendet, um die beste Alternative zu erhalten, unabhängig davon, welche anderen Alternativen es gibt.⁴ Beim *Distributive Modus* wird demnach die Vorgehensweise angewandt, die in den vorherigen Kapiteln beschrieben wurde, während beim *Ideal Mode* zunächst die Evaluationsmatrix \underline{N} gebildet wird, um dann alle Zeilensummen s_i durch die maximale Zeilensumme $\max(s_i)$ zu dividieren, wodurch die Prioritäten p_i ermittelt werden:⁵

$$s_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} \quad p_i^{id} = \frac{s_i}{\max(s_i)} \quad \forall i = 1, \dots, n$$

MILLET/SAATY (2000) empfehlen den *Distributive Mode*, wenn das Ausmaß der Dominanz einer Alternative gegenüber anderen Alternativen ermittelt werden soll.⁶ Hingegen wird der *Ideal Mode* für die Einstufung einer Alternative im Hinblick auf einen festgelegten Benchmark empfohlen.⁷

Es wird in der vorliegenden Untersuchung angenommen, dass für das Entscheidungsziel entweder der *Distributive Mode* oder der *Ideal Mode* gewählt wird. Allerdings ist auch eine Kombination möglich, sodass in Abhängigkeit vom Kriterium entweder auf den *Distributive Mode* oder den *Ideal Mode* zugegriffen wird.⁸ Für den weiteren Verlauf dieser Dissertation wird der *Distributive Mode* angewendet. Tabelle 15 stellt die Berechnung der Prioritäten für die drei Alternativen im Hinblick auf das Subkriterium *Robustheit der Daten* dar.

¹ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2002), S. 24.

² Vgl. SAATY (1994), S. 29 f.

³ Vgl. SAATY/SODENKAMP (2010), S. 113.

⁴ Vgl. SAATY/SODENKAMP (2010), S. 113.

⁵ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2002), S. 25.

⁶ Vgl. MILLET/SAATY (2000), S. 208.

⁷ Vgl. MILLET/SAATY (2000), S. 208.

⁸ Vgl. MILLET/SAATY (2000), S. 210.

Robustheit der Daten		Blockchain-Rückverfolgungssystem	Alternative A	Alternative B	Normierte Evaluationsmatrix			Zeilen-summe	Prioritäten
Blockchain-Rückverfolgungssystem		1	3	5	0,652	0,692	0,556	1,900	0,633
Alternative A		1/3	1	3	0,217	0,231	0,333	0,781	0,260
Alternative B		1/5	1/3	1	0,130	0,077	0,111	0,318	0,106
<i>C.R.</i> = 0,049	Spaltensumme	1,533	4,333	9,000	1,000	1,000	1,000	3,000	1,000

Tabelle 15: Prioritäten der Alternativen für das Subkriterium *Robustheit der Daten*¹

¹ Eigene Tabelle. Zu Rundungsfehler vgl. Fußnote 5 von Seite 160.

6.8 Auswahl einer besten Alternative zur Rückverfolgung

Im Anschluss wird ermittelt, inwieweit eine Alternative zur Erreichung des Entscheidungsziels beitragen kann, um eine vorzugswürdige Alternative zu bestimmen.¹ Nachdem alle Alternativen in Bezug auf alle (Sub-)Kriterien beurteilt wurden, werden hierfür die Bewertungen der Alternativen zu einer Gesamtpriorität P_i für jede Alternative i aggregiert, um die Auswahl einer am besten bewerteten Alternative zu ermöglichen.² Es werden hierfür die Prioritäten p_{ij} mit dem aggregierten Bedingungsurteil w_j für das jeweilige (Sub-)Kriterium j multipliziert:³

$$P_i = \sum_{j=1}^n w_j * p_{ij}$$

Auf diese Weise wird gewährleistet, dass die Beurteilung einer Alternative in Bezug auf ein Kriterium in die Gesamtpriorität P_i entsprechend der Bedeutung w_j des Kriteriums j eingeht.⁴ Die Gesamtprioritäten der Alternativen werden ermittelt, indem für alle übrigen Subkriterien auf der untersten Ebene der Kriterienhierarchie mit w_j die gewichteten Prioritäten ebenso berechnet werden, um dann für jede Alternative die Summe aus den gewichteten Prioritäten p_{ij} zu bestimmen.⁵ Anhand der berechneten Werte werden Interpretationen über die Vorzugswürdigkeit einzelner Alternativen möglich.⁶

¹ Vgl. MÜHLBACHER/KACZYNSKI (2013), S. 124.

² Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2002), S. 26. Im weiteren Verlauf wird eine von der Originalquelle abweichende Formel verwendet, da in der Originalquelle eine Darstellung des Doppelindizes fehlt.

³ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2002), S. 26.

⁴ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2002), S. 26.

⁵ Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2002), S. 26.

⁶ Vgl. MÜHLBACHER/KACZYNSKI (2013), S. 124.

In Tabelle 16 wird die Ermittlung der gewichteten Prioritäten $w_j * p_{ij}$ exemplarisch für das Subkriterium *Robustheit der Daten* aufgezeigt.

Alternativen i	aggregiertes Bedeutungs- urteil (w_j) für das Subkriterium <i>Robustheit der Daten</i>	Priorität p_{ij}	$w_j * p_{ij}$
		<i>Robustheit der Daten</i>	
Blockchain- Rückverfolgungssystem ($i = 1$)	0,038	0,633	0,024
Alternative A ($i = 2$)		0,260	0,010
Alternative B ($i = 3$)		0,106	0,004

Tabelle 16: Beispiel für gewichtete Prioritäten der Alternativen¹

Im Anschluss lässt sich für Unternehmen erkennen, welche Alternative zur Rückverfolgung in welchen Bereichen gut und schlecht bewertet wurde. Tabelle 17 zeigt hierfür die Bewertung der Alternativen für das Kriterium *Nutzen*, während die darauffolgenden Tabellen 18, 19 und 20 Bewertung für die weiteren Kriterien aufzeigen.

	Nutzen					Total
	Umsatzsteigerung	effizientere Geschäftsprozesse	Nachweisbarkeit	Qualitätssteigerung	Robustheit der Daten	
Blockchain- Rückverfolgungssystem	0,077	0,018	0,035	0,004	0,024	0,158
Alternative A	0,026	0,055	0,012	0,010	0,010	0,112
Alternative B	0,026	0,055	0,012	0,024	0,004	0,120
	0,128	0,128	0,058	0,038	0,038	0,389

Tabelle 17: Summe der gewichteten Prioritäten für das Kriterium *Nutzen*²

¹ Eigene Tabelle. Zu Rundungsfehler in Tabellen vgl. Fußnote 5 von Seite 160.

² Eigene Tabelle.

	Kosten					Total
	Implementierung und Instandhaltung	Personal	Erfassung und Infrastruktur	Energieverbrauch	Ökosystem	
Blockchain-Rückverfolgungssystem	0,114	0,018	0,011	0,007	0,002	0,152
Alternative A	0,047	0,007	0,033	0,018	0,010	0,115
Alternative B	0,019	0,003	0,033	0,051	0,017	0,122
	0,180	0,029	0,076	0,076	0,029	0,389

Tabelle 18: Summe der gewichteten Prioritäten für das Kriterium *Kosten*¹

	Chancen					Total
	Fördermaßnahmen	wachsende Bedeutung von Daten	Kombination mit Zukunftstechnologien	neue Geschäftsmodelle	neue Formen der Zusammenarbeit	
Blockchain-Rückverfolgungssystem	0,004	0,008	0,014	0,002	0,002	0,030
Alternative A	0,002	0,008	0,003	0,002	0,006	0,021
Alternative B	0,001	0,003	0,002	0,002	0,011	0,018
	0,006	0,019	0,019	0,006	0,019	0,069

Tabelle 19: Summe der gewichteten Prioritäten für das Kriterium *Chancen*²

	Risiken					Total
	Speicherung sensibler Daten	Reifegrad der Technologie	Organisation der Zusammenarbeit	rechtliche Bedenken	mangelnde Verbreitung	
Blockchain-Rückverfolgungssystem	0,006	0,005	0,001	0,002	0,001	0,015
Alternative A	0,025	0,016	0,002	0,007	0,005	0,055
Alternative B	0,045	0,016	0,005	0,007	0,010	0,083
	0,076	0,038	0,007	0,016	0,016	0,153

Tabelle 20: Summe der gewichteten Prioritäten für das Kriterium *Risiken*³

Zum Abschluss können die Bewertungen der Alternativen hinsichtlich der BOCR-Kriterien summiert werden, wodurch für Unternehmen erkennbar wird, welche Alternative den gewünschten Anforderungen von Unternehmen in Food Supply Chains am besten entspricht.⁴

¹ Eigene Tabelle. Zu Rundungsfehler in Tabellen vgl. Fußnote 5 von Seite 160.

² Eigene Tabelle.

³ Eigene Tabelle.

⁴ Die Alternativenbewertung mit Paarvergleichen in Bezug auf ein (Sub-)Kriterium erfolgt in Abhängigkeit von der Höhenpräferenz in Bezug auf das betroffene (Sub-)Kriterium. Alternativen mit einer höheren Ausprägung sollten gegenüber Alternativen mit einer niedrigeren Ausprägung bevorzugt werden, wenn eine Vergrößerung des Ziels angestrebt wird. Wenn hingegen eine Verringerung der Zielerreichung angestrebt wird, sind Alternativen mit einer niedrigen Ausprägung gegenüber Alternativen mit einer hohen Ausprägung zu bevorzugen. Vgl. JOEREBEN/SEBASTIAN (1998), S. 102. Im vorliegenden Beispiel ist bei den (Sub-)Kriterien zu *Kosten* und *Risiken* zu beachten, dass bei den Paarvergleichsurteilen eine hohe Ausprägung für eine relative Vorteilhaftigkeit der Alternative im Sinne von niedrigeren Kosten und geringeren Risiken steht.

Das Endergebnis dieser exemplarischen Bewertung wird anhand der Ergebnisse in Tabelle 21 deutlich. Im vorliegenden Beispiel auf Basis fiktiver Werte ist dies das *Blockchain-Rückverfolgungssystem*. Diese Alternative wird bei den Kriterien *Nutzen*, *Kosten* und *Chancen* gegenüber *Alternative A* und *Alternative B* besser bewertet. In Bezug auf das Kriterium *Risiken* wird *Alternative B* am besten bewertet, während der niedrige Wert bei der Alternative *Blockchain-Rückverfolgungssystem* aufzeigt, dass diese Alternative als besonders risikobehaftet bewertet wird. Die Gesamtbewertung verdeutlicht, dass die Alternative *Blockchain-Rückverfolgungssystem* geringfügig besser als *Alternative B* abschneidet, während *Alternative A* als am wenigsten geeignete Alternative zur Rückverfolgung Lebensmitteln eingestuft wird.

	Auswahl einer am besten geeigneten Rückverfolgbarkeitslösung					
	Insgesamt				Total	Rang
	Nutzen	Kosten	Chancen	Risiken		
Blockchain-Rückverfolgungssystem	0,158	0,152	0,030	0,015	0,355	1
Alternative A	0,112	0,115	0,021	0,055	0,303	3
Alternative B	0,120	0,122	0,018	0,083	0,343	2
	0,389	0,389	0,069	0,153	1,000	

Tabelle 21: Gesamtbewertung zur Auswahl der besten Rückverfolgungstechnologie¹

¹ Eigene Tabelle. Zu Rundungsfehler vgl. Fußnote 5 von Seite 160.

7 Empfehlungen zur Implementierung von Blockchains

7.1 Vorgehensmodell zur Implementierung einer Blockchain

7.1.1 Aufbau des Vorgehensmodells

Supply Chains können in Bezug auf durchgängige Rückverfolgbarkeit, Geschwindigkeit der Produktlieferung, Koordination und Finanzierung noch erheblich verbessert werden.¹ Blockchains können ein leistungsfähiges Instrument zur Behebung dieser Mängel sein.² Sowohl in der Lebensmittelbranche als auch im akademischen Bereich wird bereits an der Forschung und Entwicklung von Blockchains für Supply Chains gearbeitet.³ Der Stand der Umsetzung ist in der Praxis noch unterschiedlich, sodass einige Unternehmen gerade erst beginnen, sich mit Blockchains zu befassen, während andere Unternehmen Pilotprojekte durchführen oder bereits mit Partnern aus der Supply Chain an der Entwicklung von Blockchain-Anwendungen arbeiten.⁴ Dabei sind bei potenziell disruptiven Technologien andere Voraussetzungen zu beachten, sodass Unternehmen beim Versuch scheitern könnten, sich solchen Technologien mit herkömmlichen Praktiken und Vorgehensweisen anzunähern.⁵

In diesem Kapitel wird daher ein Vorgehensmodell erstellt, das Lebensmittelunternehmen bei der Umsetzung von Blockchain-Projekten zur Rückverfolgung von Lebensmitteln unterstützt. Der Fokus des Vorgehensmodells liegt dabei auf Identifizierung, Auswahl sowie Umsetzung von Anwendungsfällen für den Einsatz der Blockchain-Technologie.⁶ Für das Vorgehensmodell wurden Vorgehensmodelle und Berichte zur Implementierung von Blockchains aus der Literatur analysiert.⁷

Bei Betrachtung der Vorgehensmodelle in der Literatur fällt auf, dass sich Vorgehensmodelle zur Blockchain-Technologie hinsichtlich des Betrachtungsumfangs sowie der einzelnen Schritte ähneln, z. B. beinhalten die Modelle von BEINKE ET AL. (2020), WERNER ET AL. (2020) und FRIDGEN ET AL. (2019) Schritte zur Identifizierung und Auswahl von Anwendungsfällen

¹ Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S.

² Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S.

³ Vgl. METCALFE (2019), S. 147.

⁴ Vgl. GAUR/GAIHA (2020), o. S. So wird vermutet, dass 80% der Blockchain-Initiativen für Supply Chains bis 2022 in einem Pilotstadium bleiben. Vgl. GARTNER (2020), o. S.

⁵ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 88.

⁶ Darüber hinaus bieten Handlungsempfehlungen in Kapitel 7.2 weitere Erkenntnisse für Lebensmittelunternehmen zur Implementierung einer Blockchain.

⁷ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 141 ff.; FRIDGEN ET AL. (2019), S. 90 ff.; HARRISON ET AL. (2018), S. 11; LEONG ET AL. (2018), S. 15 ff.; WERNER ET AL. (2020), S. 26 ff.

sowie zur Umsetzung von ausgewählten Anwendungsfällen.¹ Darüber hinaus ist in der Literatur zum Teil eine Unterteilung in Phasen erkennbar, z. B. kann in Vorgehensmodellen Phase 1 die Auswahl geeigneter Anwendungsfälle für den Einsatz von Blockchains beinhalten, während Phase 2 die Umsetzung der ausgewählten Anwendungsfälle zur Entwicklung einer Lösung auf Basis der Blockchain-Technologie umfasst.² Zum Beispiel weist das Modell von WERNER ET AL. (2020) eine Unterteilung in zwei Phasen zur Auswahl und Umsetzung von Anwendungsfällen auf, welche wiederum in mehrere Schritte unterteilt werden.³ Die erste Phase des Modells umfasst die Auswahl eines geeigneten Anwendungsfalles, indem geeignete Anwendungsfälle identifiziert und bewertet werden.⁴ Auch werden die Anwendungsfälle hinsichtlich der Eignung für Blockchains geprüft.⁵ In der zweiten Phase erfolgt die Umsetzung des ausgewählten Anwendungsfalles, indem zunächst eine Präzisierung des Anwendungsfalles erfolgt und Ansatzpunkte für den Einsatz der Blockchain-Technologie identifiziert werden.⁶ Der letzte Schritt der zweiten Phase beinhaltet die Konzeption des Anwendungssystems.⁷

Das Vorgehensmodell von WERNER ET AL. (2020) wird als Grundlage zur Erstellung eines Vorgehensmodells für Supply Chains im Lebensmittelbereich verwendet, jedoch erfolgt eine Unterteilung in drei Phasen, indem in Anlehnung an die Modelle von BEINKE ET AL. (2020) und FRIDGEN ET AL. (2019) der Aufbau von Verständnis für die Blockchain-Technologie zu Beginn des Vorgehensmodells sowie die Definition eines eigenen Zielbilds als eine weitere Phase durchgeführt werden (vgl. Abb. 24).⁸ Die drei Phasen werden im Modell durch unterschiedliche Farben hervorgehoben. In der ersten Phase erlangt das Unternehmen ein Verständnis für die Potenziale der Blockchain-Technologie und die eigenen Ziele zur Verwendung einer Blockchain. In der zweiten Phase erfolgt die Auswahl eines besonders geeigneten Anwendungsfalles, während in der abschließenden dritten Phase die Umsetzung des ausgewählten Anwendungsfalles behandelt wird.

¹ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 141 ff.; FRIDGEN ET AL. (2019), S. 90 ff.; WERNER ET AL. (2020), S. 26 ff.

² Vgl. HARRISON ET AL. (2018), S. 11; WERNER ET AL. (2020), S. 26 ff.

³ Vgl. WERNER ET AL. (2020), S. 26.

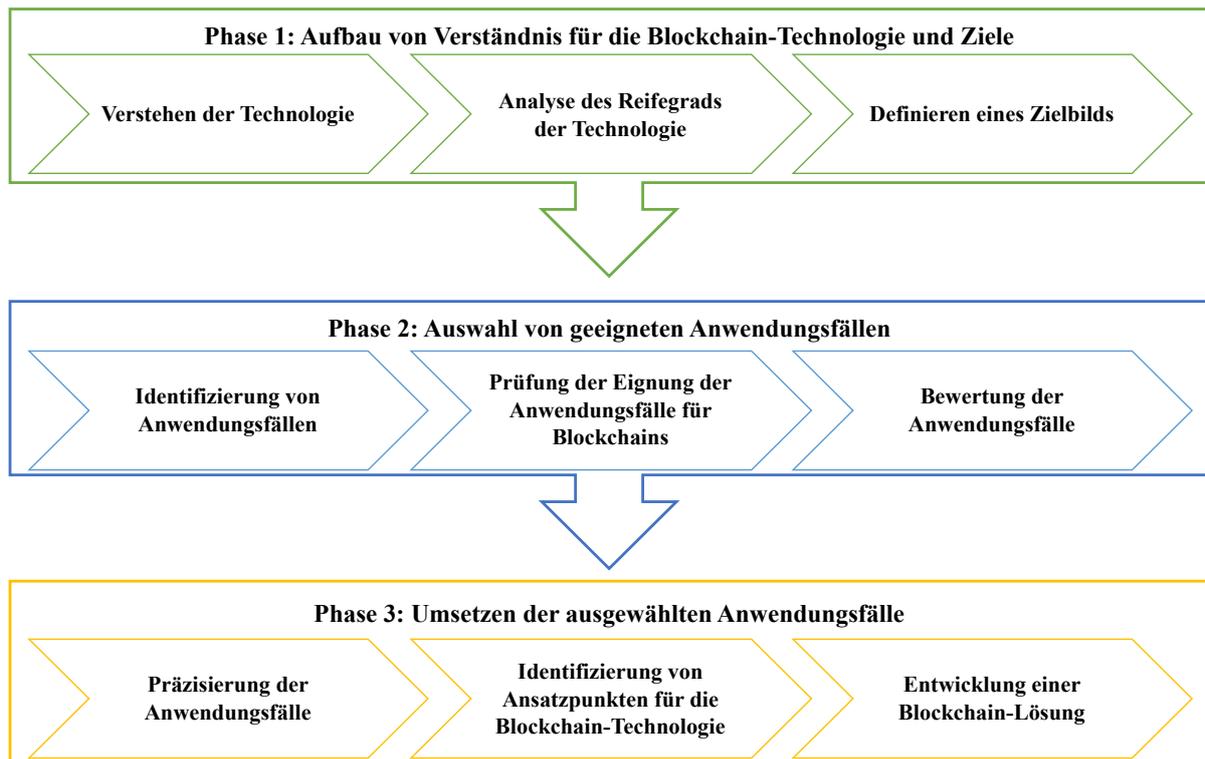
⁴ Vgl. WERNER ET AL. (2020), S. 26 f.

⁵ Vgl. WERNER ET AL. (2020), S. 26 f.

⁶ Vgl. WERNER ET AL. (2020), S. 26 f.

⁷ Vgl. WERNER ET AL. (2020), S. 26 f.

⁸ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 143; FRIDGEN ET AL. (2019), S. 91; WERNER ET AL. (2020), S. 26.

Abbildung 24: Vorgehensmodell zur Umsetzung einer Blockchain¹

7.1.2 Phase 1: Aufbau von Verständnis für die Blockchain-Technologie und Ziele

Aufbau von Verständnis für die Technologie

Der erste Schritt bei der Implementierung einer Blockchain stellt das Verstehen der Technologie dar.² Dieser Schritt beinhaltet die Einführung in die konzeptionellen und technischen Grundlagen der Blockchain-Technologie, da diese Kenntnisse das Fundament für die Entwicklung und Diskussion möglicher Anwendungen der Blockchain-Technologie bilden.³ Oft fehlt ein umfassendes Verständnis für die Blockchain-Technologie, das jedoch relevant ist, um Potenziale der Blockchain-Technologie sowie Auswirkungen auf Geschäftsmodelle vollständig erfassen zu können.⁴

Durch Kenntnisse über die Grundlagen der Blockchain-Technologie kann gewährleistet werden, dass die Potenziale erkannt und überzogene Erwartungen vermieden werden.⁵ Ein

¹ Eigene Darstellung in Anlehnung an BEINKE ET AL. (2020), S. 143; FRIDGEN ET AL. (2019), S. 91; WERNER ET AL. (2020), S. 26. Im Vergleich zu den Originalquellen enthält diese Darstellung eine Unterteilung in drei Phasen. Zudem bestehen Abweichungen bei der Anzahl und Bezeichnung von Schritten.

² Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 91.

³ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 91.

⁴ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 142.

⁵ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 91.

Verständnis ist auch von Bedeutung, um die jeweiligen Vorteile und Herausforderungen der Blockchain-Technologie gegenüber bestehenden Lösungen einschätzen zu können.¹ Zudem lassen sich die Auswirkungen auf das eigene Unternehmen genauer beurteilen.² Darüber hinaus besteht ansonsten die Gefahr, dass sich Akteure zu spät mit der Blockchain-Technologie auseinandersetzen und potenzielle Chancen nicht wahrgenommen werden.³

Analyse des Reifegrads der Technologie

Darüber hinaus ist es empfehlenswert, dass Akteure den Markt sondieren, um bereits existierende Anwendungen und Projekte zu analysieren.⁴ Auf diese Weise lassen sich zudem weitere Trends und Treiber der Blockchain-Technologie erkennen.⁵ Für Akteure kann dabei ein Zurückgreifen auf bestehendes Wissen am Markt ebenso sinnvoll sein sowie ein Austausch mit Partnern, Mitbewerbern sowie Kooperationsnetzwerken.⁶

Das Wachstum von Technologien wird stark von Veränderungen im sozialen und politischen Kontext, in den sie eingebettet sind, und vom Wachstum unterstützender und konkurrierender Technologien beeinflusst.⁷ Dieser Kontext ist nicht nur dynamisch, sondern wirkt sich auch auf verschiedene Technologien in unterschiedlicher Weise aus.⁸ Allerdings folgen Technologien im Allgemeinen einem Wachstumsmuster, das S-förmig verläuft (vgl. Abbildung 25).⁹

¹ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 142.

² Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 91.

³ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 142.

⁴ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 142.

⁵ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 142.

⁶ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 142.

⁷ Vgl. ROPER ET AL. (2011), S. 17.

⁸ Vgl. ROPER ET AL. (2011), S. 17.

⁹ Vgl. ROPER ET AL. (2011), S. 17.

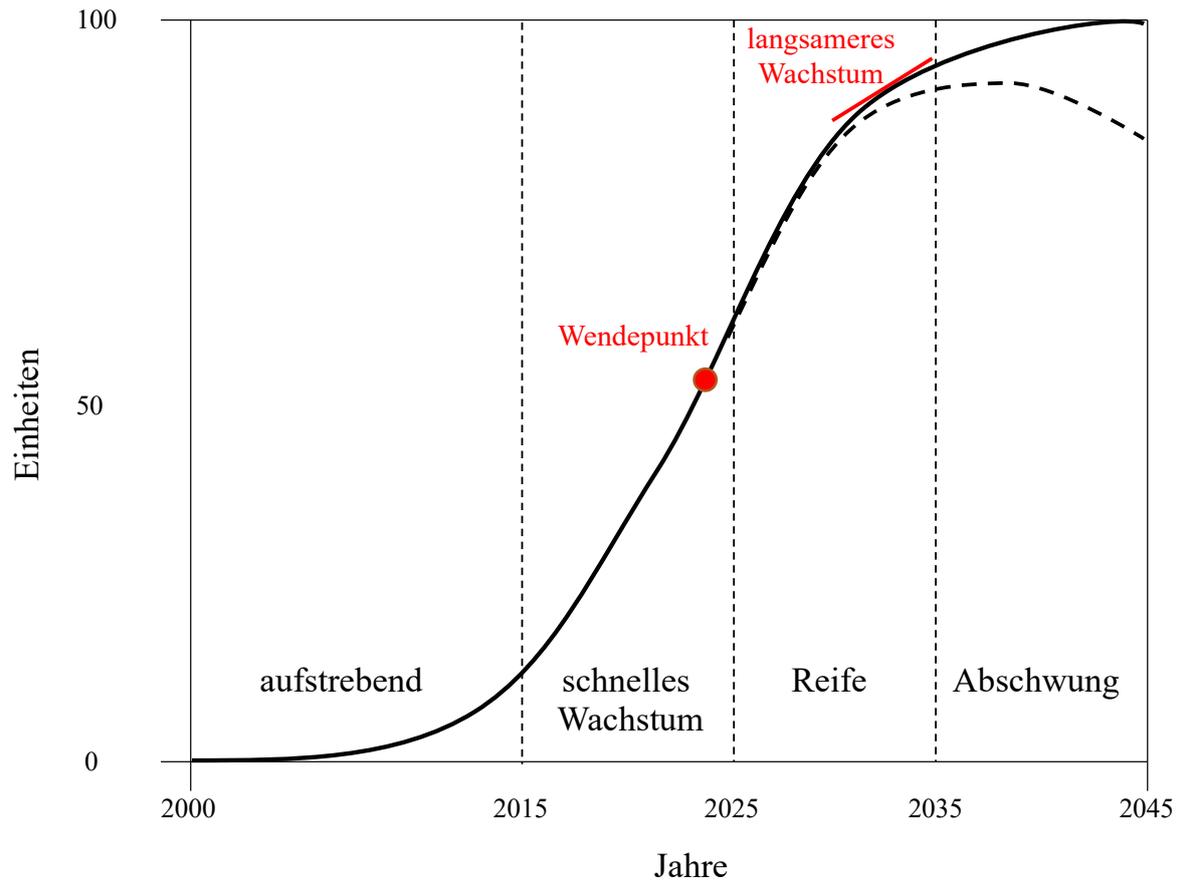


Abbildung 25: Wachstumsphasen von Technologien¹

Beim Entstehen einer Technologie ist das Wachstum langsam, da die Innovatoren Prototypen entwickeln und versuchen, die Konfigurationen der Produkte auf der Grundlage der Funktionalität der Technologie zu bestimmen.² Sobald ein Produkt etabliert ist, gibt es eine Periode des schnellen Wachstums, gefolgt von einem Wendepunkt und einem langsameren Wachstum, wenn das Produkt in eine Reifephase eintritt.³ Irgendwann veraltet die Technologie und ihre Nutzung nimmt ab.⁴ Je nach Phase ist eine andere Art von Management erforderlich.⁵ Die aufstrebende Phase wird von Forschung und Entwicklung in Verbindung mit der Sammlung und Integration von Marktinformationen dominiert.⁶ Die schnelle Wachstumsphase ist eine Zeit langsamer Produktänderungen, aber beschleunigter Produktion, da die Organisation versucht, die Industrie zu dominieren.⁷ In der Reifephase geht es bei Managemententscheidungen

¹ Eigene Darstellung in Anlehnung an ROPER ET AL. (2011), S. 18.

² Vgl. ROPER ET AL. (2011), S. 17 f.

³ Vgl. ROPER ET AL. (2011), S. 18.

⁴ Vgl. ROPER ET AL. (2011), S. 18.

⁵ Vgl. ROPER ET AL. (2011), S. 18.

⁶ Vgl. ROPER ET AL. (2011), S. 18.

⁷ Vgl. ROPER ET AL. (2011), S. 18.

in der Regel um evolutionäre Verbesserungen von Funktionen, Qualität und Kosten.¹ In abnehmenden Phasen kommt es gewöhnlich zu einer Konsolidierung und Verkleinerung.² Diese Wachstumsmuster können viel Zeit in Anspruch nehmen, sodass einige Technologien seit Jahrzehnten „im Kommen“ sind, jedoch können sich Innovationen auch mit hoher Geschwindigkeit ausbreiten und große Auswirkungen haben.³

Eine wichtige Orientierungshilfe für Unternehmen, auf welche Technologien das Augenmerk gerichtet werden sollte, bietet der jährlich aktualisierte *Hype Cycle für neue Technologien* von GARTNER.⁴ Der Hype Cycle zeigt auf, in welcher Phase ihres Lebenszyklus sich eine branchenübergreifend relevante Technologie derzeit befindet.⁵ Die technologischen Lebensphasen werden dabei anhand der gesetzten Erwartungen in die Technologien definiert.⁶ Auf diese Weise wird sichtbar, welche Technologie bereits zum etablierten Werkzeug geworden ist oder sich gegebenenfalls dorthin entwickelt.⁷

Der Hype Cycle unterteilt sich in fünf verschiedene Phasen zur Analyse des aktuellen Stands neuer Technologien: *Innovation Trigger*, *Peak of Inflated Expectations*, *Trough of Disillusionment*, *Slope of Enlightenment* und *Plateau of Productivity*.⁸

- **Innovation Trigger („Technologische Impulse“)**: Diese Phase zeichnet sich dadurch aus, dass bereits erste Erfolgsmeldungen zu neuen Technologien publiziert werden und Medien diese aufgreifen.⁹ Zu diesem Zeitpunkt ist noch nicht absehbar, ob die neuen Technologien einen nachhaltigen Einsatz finden werden.¹⁰
- **Peak of Inflated Expectations („Höhepunkt der überzogenen Erwartungen“)**: In dieser Phase werden Erfolgsstories veröffentlicht, die zu einer erhöhten Erwartungshaltung an die neuen Technologien führen.¹¹ Zudem treten in dieser Phase auch erste Misserfolge bei der Nutzung auf, sodass die Erwartungen an Grenzen stoßen.¹² Die

¹ Vgl. ROPER ET AL. (2011), S. 18.

² Vgl. ROPER ET AL. (2011), S. 18.

³ Vgl. ROPER ET AL. (2011), S. 18.

⁴ Vgl. KREUTZER (2017), S. 45.

⁵ Vgl. KREUTZER (2017), S. 45.

⁶ Vgl. KREUTZER (2017), S. 45.

⁷ Vgl. KREUTZER (2017), S. 45.

⁸ Vgl. KREUTZER (2017), S. 46 f.

⁹ Vgl. KREUTZER (2017), S. 46.

¹⁰ Vgl. KREUTZER (2017), S. 46.

¹¹ Vgl. KREUTZER (2017), S. 46.

¹² Vgl. KREUTZER (2017), S. 46.

neuen Technologien werden in dieser Phase weiterhin nur in wenigen Unternehmen eingesetzt.¹

- **Trough of Disillusionment („Tiefpunkt der Ernüchterung“):** In dieser Phase konnten neue Technologien zwar bereits Erwartungen erfüllen, jedoch überleben lediglich Technologie-Anbieter diese Phase, die Early Adopter von den Vorzügen der neuen Technologie nachhaltig überzeugen konnten.² Andere Anbieter scheiden hingegen aus dem Wettbewerb aus.³
- **Slope of Enlightenment („Anstieg der Erkenntnis“):** In dieser Phase wird zunehmend sichtbar, dass sich eine neue Technologie nutzenbringend einsetzen lässt.⁴ Auch werden technologische Entwicklungen der zweiten und dritten Generation der Initialtechnologie angeboten.⁵ Diese werden zunehmend von innovationsoffenen Unternehmen aufgegriffen und in den Workflow integriert.⁶
- **Plateau of Productivity („Produktivitätsplateau“):** In der letzten Phase wird die neue Technologie bereits breit eingesetzt.⁷ Die Vorteile der Technologie sind sichtbar und rechnen sich.⁸ Auch ist der Einsatz als Mainstream-Technologie in immer mehr Unternehmen und Anwendungsbereichen vorgezeichnet.⁹

¹ Vgl. KREUTZER (2017), S. 46.

² Vgl. KREUTZER (2017), S. 46.

³ Vgl. KREUTZER (2017), S. 46.

⁴ Vgl. KREUTZER (2017), S. 47.

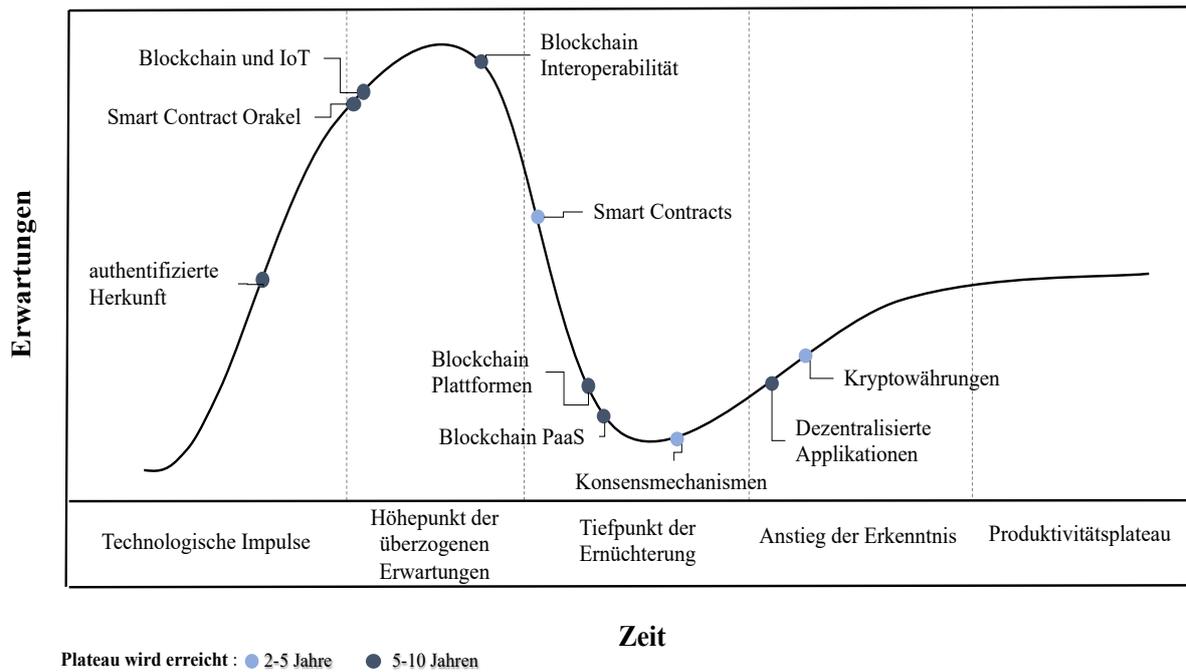
⁵ Vgl. KREUTZER (2017), S. 47.

⁶ Vgl. KREUTZER (2017), S. 47.

⁷ Vgl. KREUTZER (2017), S. 47.

⁸ Vgl. KREUTZER (2017), S. 47.

⁹ Vgl. KREUTZER (2017), S. 47.

Abbildung 26: Hype Cycle für Blockchains¹

Bei der Analyse vom Hype Cycle for Blockchain (siehe Abbildung 26) aus dem Jahr 2021 zeigt sich, dass zwar dezentralisierte öffentliche Blockchain-Anwendungen wachsen, jedoch erfolgreiche genehmigungsbasierte Blockchain-Projekte in Unternehmen bislang rar sind.² Zwar versprechen Anwendungsfälle zu Supply Chains und zur Authentifizierung der Herkunft einen Nutzen, jedoch haben viele Nutzer noch Schwierigkeiten, ihre Anwendungsfälle mit der Technologie in Einklang zu bringen.³ In Zukunft könnten technische und rechtliche Herausforderungen durch einen steigenden Reifegrad und rechtliche Rahmenbedingungen adressiert werden.⁴ In der Regel vergehen bei disruptiven Technologien allerdings einige Jahre, bis es zu einer weit verbreiteten produktiven Nutzung kommt.⁵ Dies könnte auch auf die Blockchain-Technologie zutreffen.⁶

Definieren eines Zielbilds

Nachdem Akteure ein Verständnis für die Grundlagen und wesentlichem Kerneigenschaften der Blockchain-Technologie aufgebaut haben sowie bereits existierende Anwendungsfälle

¹ Eigene Darstellung in Anlehnung an LITAN (2021), o. S. Im Vergleich zur Originaldarstellung wird der Fokus der Darstellung auf eine kleinere Auswahl an Technologien gerichtet.

² Vgl. LITAN (2021), o. S.

³ Vgl. LITAN (2021), o. S.

⁴ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 141.

⁵ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 89.

⁶ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 89.

analysiert wurden, kann die Definition eines Zielbilds erfolgen.¹ In diesem Schritt kann beispielsweise festgelegt werden, welche Art von Blockchains verwendet werden und wie der Ablauf des Validierungsprozesses erfolgen soll.² Für die Integration relevanter Geschäftsprozesse und -bereiche in das Zielbild sollten Akteure bereits existierende Geschäftsprozesse hinsichtlich mutmaßlicher Mehrwerte durch den Einsatz der Blockchain-Technologie untersuchen.³ Sollte eine Anwendung möglich sein, gilt zu klären, in welcher Weise und in welchem Blockchain-Ökosystem eine Anwendung durchgeführt werden sollte.⁴

7.1.3 Phase 2: Auswahl von Anwendungsfällen

Identifizierung von Anwendungsfällen

Auf Basis der bisherigen Schritte sollten potenzielle Anwendungsfälle⁵ für den Einsatz der Blockchain-Technologie entwickelt werden.⁶ Unternehmen sollten hierbei eine möglichst breite Anzahl an möglichen Anwendungsfällen ermitteln.⁷ Zur Identifizierung von Anwendungsfällen können Unternehmen unter anderem Workshops mit Experten aus verschiedenen Fachbereichen nach dem Ansatz des Design Thinking durchführen.⁸ Auf diese Weise können beispielsweise Prozesse mit stark manipulationsgefährdeten Daten oder störenden Intermediären identifiziert werden.⁹ Dabei kann eine detaillierte Erfassung von ermittelten Anwendungsfällen für den Einsatz von Blockchains in Food Supply Chains erfolgen, um ein tiefgreifendes Verständnis der identifizierten Anwendungsfälle zu entwickeln, indem beispielsweise durch Interviews mit den verantwortlichen Mitarbeitern prozessuale Abläufe ermittelt werden.¹⁰ Zudem kann für Unternehmen eine Integration von sogenannten Blockchain Labs sinnvoll sein.¹¹ Solche Technology Labs beschäftigen sich mit innovativen Technologien, indem diese Prototypen bauen und den Einfluss der Blockchain-Technologie auf Branchen sowie Prozesse erforschen.¹² Darüber hinaus können Kooperationsstrategien dabei helfen, um mit

¹ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 142.

² Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 142.

³ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 142.

⁴ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 142. Handlungsempfehlungen zur Gestaltung eines Blockchain-Ökosystems finden sich in Kapitel 7.2.

⁵ Die Begriffe *Anwendungsfälle* und *Anwendungsszenarien* werden im weiteren Verlauf synonym verwendet.

⁶ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 144; FRIDGEN ET AL. (2019), S. 90 f.

⁷ Vgl. WERNER ET AL. (2020), S. 26 f.

⁸ Vgl. WERNER ET AL. (2020), S. 27.

⁹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 91.

¹⁰ Vgl. WERNER ET AL. (2020), S. 28.

¹¹ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 144.

¹² Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 144.

Partnern oder in Konsortien passende Anwendungsszenarien zu erarbeiten und Standards zu etablieren.¹

Der Einsatz von Blockchains erscheint unter bestimmten Voraussetzungen vielversprechend.² So sollten Unternehmen keine Prozesse auswählen, die streng reguliert werden.³ Darüber hinaus sollten Unternehmen Anwendungsfälle wählen, bei denen sich Intermediäre in einem Prozess umgehen lassen.⁴ Ein Einsatz einer Blockchain scheint vor allem dann sinnvoll zu sein, wenn durch Intermediäre Kosten bei Prozessschritten verursacht werden, die auch durch Funktionen einer Blockchain ausgeführt werden können.⁵ Auch sind bei einem Anwendungsfall eine rückwirkende Unveränderbarkeit der Transaktionen sowie eine vorgegebene Durchführbarkeit erforderlich.⁶ Da Blockchains die Übertragung von Werten und Rechten ermöglichen, sind zudem alle Prozesse relevant, in denen eine Übertragung von Herkunftsnachweisen oder Rechten erforderlich ist.⁷ Darüber hinaus ist eine Blockchain für Anwendungsfälle sinnvoll, bei denen der Einsatz eines dezentralen Netzwerks aus validierenden Knoten möglich ist, die Prozesse autonom durchführen.⁸ Eine Blockchain ist daher für alle Prozesse relevant, die flexible und flüchtige Kooperationspartner ohne stabile und sichere Transaktions- und Vertrauensbasis beinhalten, da eine Blockchain in einem solchen Fall eine vernetzte Integrität sicherstellen kann.⁹

Prüfung der Eignung der Anwendungsfälle für Blockchains

Die erfassten Anwendungsfälle sollten von Lebensmittelunternehmen hinsichtlich der Eignung für ein Rückverfolgungssystem auf Basis einer Blockchain geprüft werden. Die Implementierung der Blockchain-Technologie kann mit hohen Kosten verbunden sein, weshalb Unternehmen einen Vergleich mit traditionellen Architekturen und Bestandsystemen durchführen sollten.¹⁰ Akteure sollten bei jedem Anwendungsfall zunächst prüfen, ob eine

¹ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 146.

² Vgl. SCHÜTTE ET AL. (2017), S. 35.

³ Vgl. SCHÜTTE ET AL. (2017), S. 35.

⁴ Vgl. SCHÜTTE ET AL. (2017), S. 35. Eine Blockchain ist auch sinnvoll, wenn ein Prozess durch Intermediäre verzögert wird und sich durch die Anwendung einer Blockchain beschleunigen lässt. Letztlich können auch politische Gründe für einen Wechsel von einer zentralen Prozessführung mit Intermediären auf eine dezentrale Prozessführung sprechen. Vgl. SCHÜTTE ET AL. (2017), S. 35.

⁵ Vgl. SCHÜTTE ET AL. (2017), S. 35.

⁶ Vgl. SCHÜTTE ET AL. (2017), S. 35.

⁷ Vgl. SCHÜTTE ET AL. (2017), S. 35.

⁸ Vgl. SCHÜTTE ET AL. (2017), S. 35.

⁹ Vgl. SCHÜTTE ET AL. (2017), S. 35.

¹⁰ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 144.

Digitalisierung von einem Ist-Prozess über eine Blockchain sinnvoll ist oder eine Neugestaltung der Prozesse erfolgen sollte.¹ Viele der Pilotprojekte zum Einsatz von Blockchains in Supply Chains sind daran gescheitert, dass diese von Pilotprojekten aus dem Banken- und Versicherungssektor inspiriert wurden, die jedoch nicht gut in einer Supply Chain funktionierten.² Denn im Gegensatz zu den rein digitalen Blockchain-Anwendungsfällen in der Finanzbranche müssen viele Anwendungsfälle in einer Supply Chain Ereignisse und Daten über physische Produkte, Verpackungen und Transportmittel erfassen.³

Anhand von Kriterien und Fragestellungen können Unternehmen einen guten, detaillierten Überblick über die Eignung der potenziellen Anwendungsfälle erhalten.⁴ Die Kapazitäten für eine Blockchain sollten nicht an den Stellen eingesetzt werden, bei denen in naher Zukunft von einer Blockchain nur ein geringer Vorteil erwartet wird.⁵ Bei der Prüfung, ob eine Blockchain für einen bestimmten Anwendungsfall umsetzbar und angemessen ist, sollten daher neben Kosten auch weitere Aspekte in Betracht gezogen werden.⁶ Zu diesen Aspekten zählen der Mehrwert einer Blockchain-Lösung für die betroffenen Akteure in der Supply Chain, die Verfügbarkeit von unterstützender IT-Infrastruktur, der Grad der digitalen Reife der Akteure sowie der Grad der Konnektivität.⁷ Ferner gilt es auch das Vertrauen oder Misstrauen zwischen den Partnern zu berücksichtigen, den Grad der Datenqualität und die Standardisierung sowie die Anreize für verschiedene Akteure.⁸ Zudem sollte ein Anwendungsfall direkt die Hauptvorteile der Blockchain-Technologie ansprechen, die die Blockchain-Technologie speziell mit sich bringt, einschließlich der Fähigkeit, mehreren Parteien Zugang zu den gleichen Daten zu gewähren.⁹ Derzeitige Food Supply Chains unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Komplexität, ihres regulatorischen Umfelds und der Marktanreize, so dass eine Blockchain in naher Zukunft möglicherweise nicht für alle Nahrungsmittel sinnvoll ist.¹⁰ Dies gilt vor allem für Supply Chains, die sehr uneinheitlich sind, wenig standardisierte Daten aufweisen, die in hochkomplexen Märkten operieren oder bei denen klare finanzielle Anreize fehlen.¹¹ Auch können verschiedene Stufen in einer Supply Chain für die Umsetzung einer Blockchain besser

¹ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 144.

² Vgl. GARTNER (2020), o. S.

³ Vgl. GARTNER (2020), o. S. In Kapitel 3.4.1 erfolgt die Analyse der Einsatzmöglichkeiten von Blockchains in Supply Chains des Lebensmittelbereichs.

⁴ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 92.

⁵ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 53.

⁶ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 5.

⁷ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 5.

⁸ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 5.

⁹ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 16.

¹⁰ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 53.

¹¹ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 53.

geeignet sein als andere.¹ In vielen Supply Chains haben die Akteure möglicherweise keinen Zugang oder keine Ressourcen, um die vorhandene Technologie und die Prozesse ordnungsgemäß in eine Rückverfolgbarkeitslösung zu integrieren.² Daher ist es wichtig, zu überlegen, an welchem Punkt der Supply Chain ein Pilotprojekt stattfinden sollte, um zu beweisen, dass eine Blockchain in der Lage ist, einen Mehrwert zu liefern.³

Um ein Blockchain-Rückverfolgbarkeitssystem zu implementieren, ist ein gewisser Grad an digitaler Transformation erforderlich.⁴ Unternehmen sollten daher beachten, dass ein erheblicher Vorlaufaufwand über die Supply Chain hinweg erforderlich werden kann, um eine ausreichende Integration und Anbindung zu erreichen.⁵ In bestimmten Fällen ist daher ein durchgehendes Blockchain-System mit vollständiger Abdeckung der gesamten Supply Chain nicht realisierbar, jedoch könnten die Vorteile durch eine Rückverfolgung für einen Teil der Supply Chain die Investition rechtfertigen.⁶ Die meisten erfolgreichen Pilotprojekte entscheiden sich daher dafür, in einem ausgewählten Segment einer vorgegebenen Supply Chain zu beginnen.⁷ Unternehmen sollten hierbei an einem Punkt in der Supply Chain beginnen, der bereits über einige digitale Kapazitäten verfügt und bei dem mehrere Parteien einen konsistenten Satz von Datenattributen für ihre eigenen Operationen benötigen.⁸ Auch sollten hier Prozeduren und finanzielle Anreize gut aufeinander abgestimmt sein, um den bestehenden Prozess durch die Beseitigung von Ineffizienzen mit Hilfe der Blockchain-Technologie zu transformieren.⁹

Durch dieser Vorabprüfung kann sich die Zahl der Anwendungsfälle reduzieren, sollte ein Teil der Anwendungsfälle hinsichtlich der potenziellen Umsetzbarkeit als zu schlecht eingestuft werden.¹⁰

¹ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 5.

² Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 44.

³ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 44.

⁴ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 54.

⁵ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 54.

⁶ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 54.

⁷ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 54.

⁸ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 54.

⁹ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 54.

¹⁰ Vgl. WERNER ET AL. (2020), S. 28.

Bewertung der Anwendungsfälle

Nachdem eine Anzahl an möglichen Anwendungsfällen ermittelt wurde, erfolgt die Auswahl der vielversprechendsten Anwendungsfälle.¹ Bei diesem Schritt ist das Ziel, die unternehmensspezifischen Ziele mit den Charakteristika der ermittelten Anwendungsfälle abzugleichen.² Die zuvor identifizierten Anwendungsfälle werden hierfür geclustert, priorisiert und bewertet.³ Die Beurteilung der Anwendungsfälle kann anhand gewichteter Kriterien und Fragestellungen erfolgen, z. B. ökonomische Kosten-Nutzen-Abwägungen, Übertragbarkeit der gewonnenen Erkenntnisse, Personalaufwand, Risikobetrachtung sowie Zeitdauer bis zur Marktreife.⁴ Ein Anwendungsfall sollte ein Mindestmaß an Machbarkeit und potenziellem Ertrag bieten, um in Betracht gezogen zu werden.⁵ Unternehmen sollten darüber hinaus beachten, dass sich eine Vielzahl an IT-Systemen nicht innerhalb kurzer Zeit ändern lässt, da eine große Anzahl an Schnittstellen adressiert werden muss, um die Blockchain-Technologie in einem großen Umfang nutzen sowie in die bestehende Systemlandschaft integrieren zu können.⁶

7.1.4 Phase 3: Umsetzung des ausgewählten Anwendungsfalls

Präzisierung der Anwendungsfälle

In der Umsetzungsphase werden ausgewählte Anwendungsfälle präzisiert.⁷ Hierfür werden die Strukturen und Prozesse des Anwendungsfalls detailliert erfasst.⁸ Nachdem Beurteilung und Auswahl eines Anwendungsfalls für den Einsatz der Blockchain-Technologie durchgeführt wurden, erfolgt eine Präzisierung, um detaillierte Informationen über den Anwendungsfall zu erheben.⁹ Zur Präzisierung zählt unter anderem eine detaillierte Beschreibung der Prozesse und involvierten Parteien sowie Schnittstellen.¹⁰

¹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 92.

² Vgl. WERNER ET AL. (2020), S. 28.

³ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 144; FRIDGEN ET AL. (2019), S. 92.

⁴ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 144; WERNER ET AL. (2020), S. 28.

⁵ Vgl. CARSON ET AL (2018), o. S.

⁶ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 144.

⁷ Vgl. WERNER ET AL. (2020), S. 27.

⁸ Vgl. WERNER ET AL. (2020), S. 27.

⁹ Vgl. WERNER ET AL. (2020), S. 29.

¹⁰ Vgl. WERNER ET AL. (2020), S. 29.

Identifizierung von Ansatzpunkten für die Blockchain-Technologie

Im Anschluss erfolgt eine Identifizierung möglicher Ansatzpunkte für den Einsatz der Blockchain-Technologie, indem dabei insbesondere Verbesserungspotenziale durch den Einsatz von Blockchains im Vergleich zu anderen Technologien aufgedeckt werden.¹ In diesem Schritt werden Ansatzpunkte beim Anwendungsfall gesucht, bei denen die Blockchain-Technologie einen Mehrwert einbringt.² Blockchains können auf verschiedene Weise einen Mehrwert bieten, z. B. durch Abbildung und Übertragung von Werten, die Automatisierung mit Hilfe von Smart Contracts oder das Schaffen von Vertrauen zwischen den Teilnehmern.³

Unternehmen sollten sich überlegen, welche Ziele sie erreichen und durchsetzen wollen.⁴ Zum Beispiel möchte sich WALMART durch eine bessere Kontrolle über die eigenen Supply Chains gegenüber anderen Lebensmitteleinzelhändlern abheben.⁵ Deshalb sollen u. a. Rückrufe mit Hilfe der Blockchain-Technologie durchgeführt werden.⁶ In der Vergangenheit mussten bei unklaren Problemfällen alle Lebensmittel mit verdächtigen Zutaten aus den Regalen genommen und vernichtet werden, bis der Problemfall und die betroffenen Lebensmittel ermittelt werden konnten.⁷ Dieser Vorgang war für WALMART mit hohen Kosten verbunden.⁸ WALMART hat deshalb eine Empfehlung der U. S. FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA) zur besonderen Überwachung von grünblättrigem Gemüse in Supply Chains zum Anlass genommen, um die Blockchain-Technologie einzuführen.⁹ Dabei sind die Hürden für den Einsatz einer Blockchain-Anwendung im Fall von *IBM Food Trust* nicht besonders hoch, da im Ökosystem von WALMART ebenfalls die GS1-Standards eingesetzt werden.¹⁰

Entwicklung einer Blockchain-Lösung

Im Anschluss erfolgt die Konzeption des entwickelten Systems.¹¹ Wenn Unternehmen sich auf einen geeigneten Anwendungsfall festgelegt haben, der mit den Nutzenpotenzialen der Blockchain übereinstimmt, können Unternehmen den Umfang planen.¹² Zunächst sollte eine

¹ Vgl. WERNER ET AL. (2020), S. 27.

² Vgl. WERNER ET AL. (2020), S. 31.

³ Vgl. WERNER ET AL. (2020), S. 31.

⁴ Vgl. KUNDE (2019), S. 238.

⁵ Vgl. KUNDE (2019), S. 238.

⁶ Vgl. KUNDE (2019), S. 238.

⁷ Vgl. KUNDE (2019), S. 238.

⁸ Vgl. KUNDE (2019), S. 238.

⁹ Vgl. KUNDE (2019), S. 238.

¹⁰ Vgl. KUNDE (2019), S. 238.

¹¹ Vgl. WERNER ET AL. (2020), S. 27.

¹² Vgl. HARRISON ET AL. (2018), S. 11.

prototypische Umsetzung erfolgen.¹ Dabei kann ein Fail Fast Approach sinnvoll sein, d. h. Akteure haben nicht den Anspruch, sofort eine perfekte und marktfähige Lösung zu entwickeln, sondern im Vordergrund steht das Sammeln von Erfahrungen, die für den weiteren Entwicklungsprozess eine Hilfe darstellen.²

Unternehmen sollten vor einer größeren Implementierung die entwickelten Anwendungen kritisch überprüfen, Schwachstellen identifizieren sowie Verbesserungen durchführen.³ Neben technischen und ökonomischen Faktoren sollten bei einer Evaluation rechtliche Rahmenbedingungen ebenfalls beachtet werden.⁴ Die Evaluation des Prototyps entscheidet, ob es zur Implementierung kommt oder weitere Verbesserungen erforderlich sind.⁵ Auch kann es bei einer negativen Evaluation sinnvoll sein, den sich schnell verändernden Blockchain-Markt erneut zu sondieren.⁶ Zudem ist es sinnvoll, die erlangten Erkenntnisse zu sammeln, um ein Know-how aufzubauen und auf zukünftige Fortschritte sowie Veränderungen reagieren zu können.⁷

¹ Vgl. FRIDGEN ET AL. (2019), S. 92.

² Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 144.

³ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 144.

⁴ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 145.

⁵ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 145.

⁶ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 145.

⁷ Vgl. BEINKE ET AL. (2020), S. 144 f.

7.2 Weitere Handlungsempfehlungen zur Implementierung

7.2.1 Ermittlung eines Bedarfs

Vor der Auswahl einer Blockchain sollte akribisch überprüft werden, ob eine Blockchain als Lösung sinnvoll ist und die Merkmale der Blockchain-Technologie vollständig zum konkreten fachlichen Problem passen.¹ Durch diese Prüfung soll sichergestellt werden, dass eine Blockchain nicht zur Lösung eines vermeintlichen Problems eingesetzt wird, welches durch eine Alternativlösung besser gelöst werden könnte.² Zum Beispiel gilt zu prüfen, ob aktuelle Lösungen in der Supply Chain mit zusätzlicher Anpassung die gleichen Vorteile wie die Implementierung einer Blockchain bieten können.³ So lassen sich Herausforderungen bei der Rückverfolgung von Lebensmitteln auch mit anderen Informationstechnologien bewältigen, sodass der Einsatz einer Blockchain nicht notwendig ist.⁴ Auch scheinen vermeintliche Anwendungsfälle der Blockchain-Technologie durch den Einsatz bewährter IT-Mittel sinnvoller und effizienter umsetzbar.⁵ Häufig gilt zudem das Fehlen einer zentralen Instanz als eine Hauptmotivation für die Verwendung der Blockchain-Technologie, jedoch kann in vielen Fällen trotzdem nicht auf zentrale externe Dienste verzichtet werden, z. B. im Hinblick auf Vertrauensdienste zur Erstellung und Prüfung von Zertifikaten.⁶

Im Rahmen von Kapitel 6 wurde mit dem Analytic Hierarchy Process bereits ein Verfahren vorgestellt, das Unternehmen bei der Bewertung unterstützt, ob der Einsatz einer Blockchain für die Rückverfolgung von Lebensmitteln gegenüber anderen Alternativen sinnvoll ist. Die Betrachtung von Folgenabschätzungen kann Unternehmen helfen, um einen aus Kurzsichtigkeit oder übersteigter Technologiebegeisterung weiträumigen oder kostenintensiven Einsatz zu vermeiden, der nur unter hohem Aufwand repariert werden kann.⁷ Hierfür wird eine Reihe möglicher Zukunftsaussichten projiziert, von denen einige wahrscheinlicher sind als andere.⁸ Auch kann eine Szenarioanalyse eine bildhafte Darstellung einer alternativen Situation

¹ Vgl. ENGELSCHALL (2019), S. 210.

² Vgl. PAI ET AL. (2018), S. 20.

³ Vgl. PAI ET AL. (2018), S. 20.

⁴ Vgl. ANONYM (2021), S. 244.

⁵ Vgl. ENGELSCHALL (2019), S. 209 f.

⁶ Vgl. BERGHOFF ET AL. (2019), S. 68.

⁷ Vgl. CAP (2019), S. 192. Als prominente Beispiele für eine übersteigerte Technologiebegeisterung sind das Year-2000- oder das IPv4-Adress-Problem zu nennen. Vgl. CAP (2019), S. 192.

⁸ Vgl. ROPER ET AL. (2011), S. 17.

vermitteln.¹ Sie helfen dabei, eine Entscheidungssituation systematisch zu bearbeiten, und können ein Problembewusstsein schaffen.²

7.2.2 Aufbau eines Blockchain-Ökosystems

Eine Blockchain ermöglicht und erfordert eine neue Art der Zusammenarbeit für Unternehmen.³ Die Vorteile einer Blockchain werden auf Grund von Netzwerkeffekten erst dann zum Tragen kommen, wenn möglichst viele Parteien auf der Plattform sind.⁴ Das setzt voraus, dass Unternehmen bei einer Blockchain das gesamte Ökosystem von Kunden, Partnern, Behörden und sogar Konkurrenten berücksichtigen müssen.⁵ Unternehmen müssen daher sicherstellen, dass die Technologie entlang der Supply Chain ohne größere Ausnahmen und Lücken angenommen wird.⁶ Für die Realisierung der Vorteile einer Blockchain sind die Akteure im Ökosystem zudem aufeinander abzustimmen und einzubinden.⁷ Bei dem Einsatz einer Blockchain sollte daher Input von allen beteiligten Organisationen eingeholt werden.⁸ Ohne einen gemeinschaftlichen Ansatz ist es zudem unwahrscheinlich, dass die Teilnehmer einen angemessenen Anreiz erhalten, den Wert ihrer Lösung zu steigern.⁹ Die Schaffung gemeinsamer Werte und die Beteiligung der Mitglieder des Ökosystems sind somit wichtige Faktoren beim Aufbau einer Blockchain-Lösung.¹⁰

Eine neue Herausforderung bei einer Blockchain-Lösung könnte dabei darin bestehen, dass eventuell auch direkte Konkurrenten im selben Netzwerk involviert sind.¹¹ Denn sollte eine Blockchain-Lösung vollständig von einem Unternehmen kontrolliert werden, das in direkter Konkurrenz zu anderen potenziellen Anwendern steht, wird die Technologie wahrscheinlich von einem Teil der Akteure abgelehnt werden und keine Vorteile schaffen.¹² Potenzielle Unternehmen für eine Blockchain müssen sich daher darauf verlassen können, dass die Lösung ausreichend offen bleibt, um einen unvoreingenommenen Wettbewerb unter den

¹ Vgl. ROMEIKE/SPITZNER (2013), S. 98.

² Vgl. ROMEIKE/SPITZNER (2013), S. 176.

³ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 55.

⁴ Vgl. PAI ET AL. (2018), S. 23.

⁵ Vgl. JENSEN ET AL. (2019), S. 238.

⁶ Vgl. STERNBERG ET AL (2021), S. 84.

⁷ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 47.

⁸ Vgl. HARRISON ET AL. (2018), S. 25.

⁹ Vgl. HARRISON ET AL. (2018), S. 25.

¹⁰ Vgl. HARRISON ET AL. (2018), S. 18.

¹¹ Vgl. HARRISON ET AL. (2018), S. 16.

¹² Vgl. JENSEN ET AL. (2019), S. 238.

Adoptierenden zu ermöglichen.¹ Zudem müssen sie darauf vertrauen können, dass der Plattformbesitzer in der Lage sein wird, die Spannungen im Ökosystem zu überwinden und die Partnerschaften zu schmieden, die für den Erfolg der Plattform erforderlich sind.²

Um Unternehmen für die Adoption von *TradeLens* zu gewinnen, mussten beispielsweise MAERSK und IBM zunächst Vertrauen in die Gemeinschaft aufbauen.³ Die Governance ist ein entscheidender Faktor für den Erfolg von Blockchain-Lösung, Ökosystem und Geschäftsmodell.⁴ Die Governance ist ein schwieriges Thema bei Projekten mit der Blockchain-Technologie.⁵ Blockchain-Projekte scheitern selten daran, dass die Technologie nicht zu einem Anwendungsfall passt oder Akteure mit der Technologie nicht zurechtkommen, sondern oftmals auf Grund von Governance-Themen, z. B. den Anreizen zur Beteiligung.⁶ Eine entscheidende Herausforderung bei der Bekämpfung nicht nachhaltiger Praktiken besteht daher darin, Anreize und Abschreckungsmittel für gutes bzw. schlechtes Verhalten innerhalb einer Supply Chain zu schaffen.⁷ Dabei können beispielsweise neue Modelle erforderlich sein, um Partner zu engagieren und aufeinander abzustimmen.⁸ Es ist wichtig, dass die Mitglieder des Netzwerks so angeregt werden, dass sie bereit sind, ihre Verpflichtungen und Belohnungen auszubalancieren.⁹ Unternehmen müssen zudem bedenken, dass sich die Anreize im Laufe der Zeit wahrscheinlich ändern, d. h. die Anreizstrukturen sollten dynamisch aufgebaut werden.¹⁰ Um Teilnehmer zu gewinnen und die Anzahl der Plattformnutzer zu erhöhen, muss sich das Governance-Modell im Laufe der Zeit weiterentwickeln.¹¹ Auch verschieben sich die Nutzenanteile der einzelnen Teilnehmer, wenn weitere Teilnehmer beitreten.¹² Daher muss das Governance-Modell stets überprüft und angepasst werden, weshalb es auch keinen endgültigen oder fertigen Zustand geben kann.¹³ Denn ein Teilnehmer wird aus einem Projekt oder einer Anwendung aussteigen, wenn er daraus keinen Nutzen mehr ziehen kann.¹⁴

¹ Vgl. JENSEN ET AL. (2019), S. 240.

² Vgl. JENSEN ET AL. (2019), S. 240.

³ Vgl. JENSEN ET AL. (2019), S. 240.

⁴ Vgl. HARRISON ET AL. (2018), S. 33.

⁵ Vgl. KUNDE (2019), S. 240.

⁶ Vgl. KUNDE (2019), S. 240.

⁷ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 19.

⁸ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 44.

⁹ Vgl. HARRISON ET AL. (2018), S. 5.

¹⁰ Vgl. HARRISON ET AL. (2018), S. 15.

¹¹ Vgl. JENSEN ET AL. (2019), S. 240.

¹² Vgl. KUNDE (2019), S. 240.

¹³ Vgl. KUNDE (2019), S. 240.

¹⁴ Vgl. KUNDE (2019), S. 240.

Darüber hinaus gilt bei der Implementierung von Blockchain-Lösungen in Supply Chains zu beachten, dass sich eine Koalition aus Mitgliedern formt, die eine Blockchain implementieren wollen.¹ Dabei ist von Vorteil, wenn ein großes und etabliertes Unternehmen als Zugpferd agiert, da Unternehmen bei neuen Technologien oftmals zunächst abwartend reagieren.² Durch Erreichen einer kritischen Masse oder Einbindung weiterer großer Namen kann ein Momentum entstehen, sodass sich weitere Akteure ebenfalls für eine Implementierung interessieren.³ Wenig sinnvoll erscheint hingegen ein Zwang zur Implementierung einer Blockchain.⁴ Denn bei der Implementierung einer Blockchain ist auch ein Wille zu Transparenz entscheidend.⁵

Ferner ist für den Ausbau des Ökosystems zu beachten, dass weitere Akteure dem Netzwerk nur dann beitreten und sich beteiligen, wenn sie einen greifbaren Ertrag aus ihrer Investition von Zeit und Ressourcen sehen.⁶ In den meisten Fällen werden sich Unternehmen weniger um die eingesetzte Technologie kümmern, solange sie ihr Geschäftsproblem auf sichere, effiziente und kostengünstige Weise löst.⁷ Zudem müssen Organisationen den Eindruck haben, dass sie der Blockchain-Lösung mit ihren geschäftskritischen Systemen vertrauen können, weshalb Datensicherheit, Überprüfbarkeit, Resilienz, Zuverlässigkeit und Skalierbarkeit beachtet werden müssen.⁸ Auch ist entscheidend, dass bestehende Standards genutzt werden sowie eine langfristige Interoperabilität und eine benutzerfreundliche Bedienung gewährleistet sind.⁹ Eine Vielzahl von Tools und Zugangspunkten könnte sicherstellen, dass die Blockchain-Lösung für alle Gruppen funktioniert.¹⁰ Dabei sollte eine Blockchain-Rückverfolgbarkeitslösung auch die Interoperabilität zwischen mehreren Plattformen berücksichtigen, denn Interoperabilität gilt als Schlüssel zur Sicherstellung der Datenkonsistenz im gesamten Ökosystem und der Integration mit den Systemen und Lösungen anderer Akteure.¹¹ Sowohl die technische Interoperabilität als auch die funktionale Interoperabilität sollten bei der Konzeption einer Blockchain-Lösung berücksichtigt werden.¹²

¹ Vgl. KUNDE (2019), S. 238.

² Vgl. KUNDE (2019), S. 238.

³ Vgl. KUNDE (2019), S. 238.

⁴ Vgl. ANONYM (2021), S. 246; KUNDE (2019), S. 238 f.

⁵ Vgl. KUNDE (2019), S. 239.

⁶ Vgl. HARRISON ET AL. (2018), S. 17.

⁷ Vgl. HARRISON ET AL. (2018), S. 17.

⁸ Vgl. HARRISON ET AL. (2018), S. 17.

⁹ Vgl. HARRISON ET AL. (2018), S. 17.

¹⁰ Vgl. HARRISON ET AL. (2018), S. 17.

¹¹ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 57.

¹² Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 57.

7.2.3 Erfassung und Speicherung von Daten

Eine wichtige Anforderung von Unternehmen an die Nutzung einer Blockchain ist die Kontrolle darüber, welche Daten das eigene Unternehmen verlassen und welche Akteure Zugriff auf Daten haben.¹ Unternehmen möchten oftmals die alleinige Kontrolle über ihre Daten nicht abgeben.² Unternehmen fordern von einer Blockchain daher Sicherheit für die Daten, die zur Verfügung gestellt werden.³ Die Verteilung der Verantwortung ist bei einer Blockchain auch vom jeweiligen Anwendungsfall abhängig.⁴ Deshalb existieren verschiedene Möglichkeiten zur Verteilung der Verantwortung.⁵ Zum Beispiel ist bei *IBM Food Trust* die Verantwortung geregelt, dass die auf der Blockchain gespeicherten Daten dem Akteur weiterhin gehören, der diese Daten hochgeladen hat.⁶ Zudem muss derjenige Akteur, der die Daten hochgeladen hat, auch bei der Implementierung eingebunden werden.⁷ Darüber hinaus wurde von IBM bei *IBM Food Trust* ein Kundenbeirat gegründet, in welchem die großen Kunden vertreten sind.⁸ Auch besteht die Möglichkeit, dass ein Akteur beim Hochladen anhand von verschiedenen Berechtigungsstufen selber bestimmen kann, welche anderen Akteure die Daten sehen dürfen.⁹

Darüber hinaus zählt der Anbindungsaufwand zu den Anforderungen von Unternehmen.¹⁰ In der Regel verwenden Unternehmen, die sich an einer Blockchain-Anwendung beteiligen, bereits eine bestehende Anwendung für Daten.¹¹ Insbesondere im Lebensmittelbereich ist das Sammeln von vielen Daten erforderlich, die häufig bereits elektronisch vorhanden sind.¹² Wäre für eine Blockchain-Anwendung eine erneute Erfassung der Daten erforderlich, wäre dies nicht erfolgsversprechend und würde die Beteiligung von Unternehmen reduzieren.¹³ Dementsprechend ist von Bedeutung, dass gewisse Anbindungsstandards technischer und inhaltlicher Art bereits vorhanden sind sowie die Möglichkeit zur Anbindung von bestehenden Daten an die Blockchain besteht.¹⁴ Zum Beispiel werden von *IBM Food Trust* die GS1-Standards verwendet, da diese Standards in der Lebensmittelbranche sehr verbreitet sind und viele

¹ Vgl. ANONYM (2021), S. 245.

² Vgl. ANONYM (2021), S. 246.

³ Vgl. KUNDE (2019), S. 237.

⁴ Vgl. KUNDE (2019), S. 239.

⁵ Vgl. KUNDE (2019), S. 239.

⁶ Vgl. KUNDE (2019), S. 239.

⁷ Vgl. KUNDE (2019), S. 239.

⁸ Vgl. KUNDE (2019), S. 239.

⁹ Vgl. KUNDE (2019), S. 239 f.

¹⁰ Vgl. KUNDE (2019), S. 237.

¹¹ Vgl. KUNDE (2019), S. 237.

¹² Vgl. KUNDE (2019), S. 237.

¹³ Vgl. KUNDE (2019), S. 237.

¹⁴ Vgl. KUNDE (2019), S. 237.

Unternehmen Daten in diesem Format besitzen oder sehr leicht bereitstellen können.¹ Der Anbindungsaufwand sollte also so gering wie möglich gehalten werden.²

Es sollten darüber hinaus Regeln und Verfahren von den beteiligten Akteuren festgelegt werden, welche Daten auf der Blockchain gespeichert werden sollen und welche Daten für welche Akteure einsehbar sind.³ Die Akteure sollten sich auf ein Datenmodell einigen, das die erforderlichen Rückverfolgbarkeitsdaten freigeben und sensible Produktdaten auf der Blockchain schützen kann.⁴ Hierfür sollten sich Organisationen überlegen, welche Art von Daten auf der Blockchain wie lange und zu welchem Zweck zugänglich sein müssen und welche Daten auf Einzeltransaktionen beschränkt werden sollten.⁵ Speziell bei Lebensmitteln kann die Rückverfolgung einer Ware sensible Daten über Akteure und ihre Produkte beinhalten.⁶ Mit der Speicherung von Daten auf einer Blockchain sollte sehr bewusst und sparsam umgegangen werden, da entsprechende Regeln umgesetzt werden müssen, z. B. die Datenschutzgrundverordnung (DSGVO).⁷ Auch eignet sich nicht jeder Anwendungsfall, um alle Daten auf eine Blockchain zu speichern, da beispielsweise Zertifikate als PDF-Dateien die Größe mehrerer Megabyte erreichen können.⁸ Die an der Blockchain-Lösung beteiligten Akteure sollten daher nur Daten austauschen, die für die Rückverfolgbarkeit von Produkten über die gesamte Supply Chain hinweg erforderlich sind, und Berechtigungsebenen nutzen, um nur bestimmten Parteien den Zugriff auf bestimmte Produktdaten zu ermöglichen.⁹ Ein guter Ausgangspunkt wäre, sich auf einen kleinen Satz von Daten zu konzentrieren, die von allen Parteien im Ökosystem benötigt werden.¹⁰

7.2.4 Berücksichtigung finanzieller Mehrwerte und Anreize

Als weitere Handlungsempfehlung für die Implementierung einer Blockchain zur Rückverfolgung von Lebensmitteln wurde die Berücksichtigung finanzieller Mehrwerte und Anreize identifiziert. Unternehmen sollten überprüfen, ob die Investition, die für die Gestaltung und

¹ Vgl. KUNDE (2019), S. 237 f.

² Vgl. KUNDE (2019), S. 238.

³ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 18.

⁴ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 55.

⁵ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 49.

⁶ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 49.

⁷ Vgl. KUNDE (2019), S. 236.

⁸ Vgl. KUNDE (2019), S. 236.

⁹ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 55.

¹⁰ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 19.

Implementierung einer Blockchain-Lösung erforderlich ist, den gewünschten Mehrwert bringt.¹ Damit eine Blockchain finanziell sinnvoll ist, sollten Unternehmen auch einen finanziellen Mehrwert erwarten können, entweder durch eine Erhöhung der Einnahmen oder durch Kosteneinsparungen.² Initiieren Unternehmen eine eigene Blockchain, sind außerdem mehrere Fragen zu beantworten, z. B. ob eine Gebühr für Transaktionen erhoben wird, Teilnehmer eine Mitgliedsgebühr zahlen müssen sowie die Häufigkeit der Zahlung.³ Es kann notwendig sein, eine geringe Gebühr zu erheben, um das Netzwerk in Gang zu bringen.⁴ In einigen Anwendungsfällen können die initiierten Unternehmen eine Lösung schaffen, die den Gesamtwert jeder Transaktion deutlich erhöht.⁵ In diesem Fall kann eine einmalige Mitgliedsgebühr, eine jährliche Mitgliedsgebühr oder eine Gebühr pro Transaktion als Option gewählt werden.⁶ Zusätzlich zu Überlegungen zum Umsatz ist auch die Gewinnverteilung von Bedeutung.⁷ Eine Option kann auch die Reinvestition von Gewinnen in das Netzwerk darstellen, um weitere Fähigkeiten aufzubauen oder den Preis pro Transaktion zu senken.⁸

Eine Blockchain sollte dabei keinen einseitigen Nutzen begünstigen, sondern alle Seiten profitieren lassen.⁹ Als Beispiel für den Einsatz von Informationstechnologien zu einem beidseitigen Vorteil kann der Bereich Electronic Data Interchange (EDI) betrachtet werden.¹⁰ Hier erhält der Lebensmittelhersteller vom Vertragspartner oder Kunden eine elektronische Bestellung, während dieser im Gegenzug vom Lebensmittelhersteller einen elektronischen Lieferschein sowie eine elektronische Rechnung erhält.¹¹ Dabei können beide Seiten die Datensätze elektronisch übernehmen, sodass sich der Aufwand einer Auftragsabwicklung reduziert.¹²

Allerdings sollte bedacht werden, dass der Nutzen wahrscheinlich nicht für alle in ihrem Netzwerk gleichmäßig verteilt sein wird.¹³ Bei hohen Vorabkosten kann es zudem erforderlich sein, dass Unternehmen enge Partner in vor- oder nachgelagerten Bereichen hinzuziehen, um die Lösung zu realisieren.¹⁴ Denn zur Ausschöpfung der Vorteile einer Blockchain und zur

¹ Vgl. HARRISON ET AL. (2018), S. 24.

² Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 17.

³ Vgl. HARRISON ET AL. (2018), S. 20.

⁴ Vgl. HARRISON ET AL. (2018), S. 24.

⁵ Vgl. HARRISON ET AL. (2018), S. 24.

⁶ Vgl. HARRISON ET AL. (2018), S. 24.

⁷ Vgl. HARRISON ET AL. (2018), S. 25.

⁸ Vgl. HARRISON ET AL. (2018), S. 25.

⁹ Vgl. ANONYM (2021), S. 246.

¹⁰ Vgl. ANONYM (2021), S. 246.

¹¹ Vgl. ANONYM (2021), S. 246.

¹² Vgl. ANONYM (2021), S. 246.

¹³ Vgl. HARRISON ET AL. (2018), S. 25.

¹⁴ Vgl. HARRISON ET AL. (2018), S. 24.

Gewährleistung einer breiten Akzeptanz sind möglicherweise zusätzliche Technologien erforderlich, die eine zuverlässige Dateneingabe erleichtern, wie z. B. Smartphones, Tablets, Scanner, Sensoren und elektronische Zahlungssysteme.¹ Diese Kosten für die Teilnahme könnten für wichtige Akteure unerschwinglich sein, sodass zusätzliche Investitionen, Unterstützung und Anreize erforderlich sein können.² Wenn die Blockchain erfolgreich ist, könnten diese Kosten gegebenenfalls durch Geschäftseinnahmen oder durch neue Effizienzen zu einem späteren Zeitpunkt wieder hereingeholt werden.³

Bei der Berechnung eines Mehrwerts ist ebenfalls zu beachten, dass traditionelle Investitionsmodelle sich vermutlich nicht hierfür eignen, da die Erforschung neuer Technologien mit einem hohen Risiko und einem hohen Grad an Unsicherheit verbunden ist, aber auch potenziell sehr hohe Erträge abwerfen könnte.⁴ Der Return on Investment (ROI) könnte daher nicht ausreichend die breiteren Auswirkungen neuer Technologien erfassen.⁵ Dies gilt insbesondere für die Blockchain-Technologie angesichts ihrer Netzwerkeffekte.⁶ Eine Möglichkeit könnten daher mehrkriterielle Entscheidungsverfahren darstellen, z. B. das im Rahmen der vorliegenden Dissertation vorgestellte BOCR-Verfahren auf Basis des Analytic Hierarchy Process.⁷

7.2.5 Sukzessive und kontrollierte Herangehensweise

Aktuell besteht noch Aufklärungsbedarf über die Funktionsweise und Einsatzmöglichkeiten der Blockchain-Technologie.⁸ Es wird daher empfohlen, mit der Vermittlung von Grundlagenwissen zu starten und darauf aufbauend einen konkreten Anwendungsfall schrittweise zu schärfen.⁹ Diese schrittweise Schärfung sollte zudem anhand einer systematischen Entscheidungsgrundlage erfolgen, sodass alle Stakeholder im Prozess über ausreichend Orientierung verfügen.¹⁰

¹ Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 55.

² Vgl. LEONG ET AL. (2018), S. 55.

³ Vgl. HARRISON ET AL. (2018), S. 24.

⁴ Vgl. JENSEN ET AL. (2019), S. 239.

⁵ Vgl. PAI ET AL. (2018), S. 23.

⁶ Vgl. JENSEN ET AL. (2019), S. 239; PAI ET AL. (2018), S. 23.

⁷ Siehe hierfür Kapitel 6.

⁸ Vgl. WERNER ET AL. (2020), S. 35.

⁹ Vgl. WERNER ET AL. (2020), S. 35.

¹⁰ Vgl. WERNER ET AL. (2020), S. 36.

Auch ist beim Einsatz einer Blockchain zu berücksichtigen, dass die Blockchain-Technologie noch eine relativ neue Technologie darstellt.¹ Die Blockchain-Technologie verfügt daher nicht über die technische Reife von langjährig etablierten Technologien.² Zum Beispiel wurde Ethereum erst 2015 veröffentlicht sowie das Framework *Hyperledger Fabric* in der Version 1.0 erst im Juli 2017.³ Im Fall von geschäftskritischen Anwendungen sollten Unternehmen daher zunächst einen parallelen Betrieb mit traditionellen IT-Technologien anstreben, um auf diese Weise die Gefahr eines Ausfalls durch den Einsatz einer unreifen Technologie zu reduzieren.⁴

¹ Vgl. WERNER ET AL. (2020), S. 36.

² Vgl. WERNER ET AL. (2020), S. 36.

³ Vgl. WERNER ET AL. (2020), S. 36.

⁴ Vgl. WERNER ET AL. (2020), S. 36.

8 Fazit und Ausblick

8.1 Fazit zur Erfüllung der intendierten wissenschaftlichen Ergebnisse

In der vorliegenden Dissertation konnten neue Erkenntnisse über die betriebswirtschaftlichen Potenziale der Blockchain-Technologie für das Supply Chain Management im Lebensmittelbereich gewonnen werden, die für die weitere Forschung zur Blockchain-Technologie sowie für Unternehmen in Food Supply Chains von Bedeutung sind. Im Fokus der Untersuchung standen eine kritische Analyse der Blockchain-Technologie im Hinblick auf Kosten, Nutzen, Chancen und Risiken sowie Geschäftsprozessinnovationen bei dem Einsatz der Blockchain-Technologie für die Rückverfolgung von Lebensmitteln. Die erarbeiteten Modelle und Handlungsempfehlungen unterstützen zudem eine Bewertung von Blockchains als Lösung zur Rückverfolgung sowie die Implementierung in eine Food Supply Chain.

An dieser Stelle erfolgt eine Zusammenfassung der wissenschaftlichen Ergebnisse, die im Rahmen der Untersuchung der betriebswirtschaftlichen Potenziale erzielt werden konnten. Hierbei wird betrachtet, inwieweit die in Kapitel 1.6 intendierten wissenschaftlichen Ergebnisse zu den wissenschaftlichen Teilproblemen durch die realisierten Ergebnisse erfüllt werden konnten.

Die intendierten wissenschaftlichen Ergebnisse zum *Technologieproblem* wurden durch eine ausführliche Analyse der Einsatzmöglichkeiten der Technologie für die Rückverfolgung von Lebensmitteln vollständig erfüllt. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen wurden Erkenntnisse über die Einsatzmöglichkeiten der Blockchain-Technologie gewonnen. Gemäß den gewonnenen Erkenntnissen könnte sich diese Technologie für die Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains unter anderem durch das dezentrale Speichern von Transaktionen besonders gut eignen, um Veränderungen in Prozessen entlang der Supply Chain zu berücksichtigen. Auch ergab die Analyse der Blockchain-Typen in Bezug auf einen Einsatz in Food Supply Chains, dass die Auswahl privater und konsortialer Blockchains für die Rückverfolgung von Lebensmitteln gegenüber öffentlichen Blockchains zu empfehlen ist.

Die Erfüllung der intendierten wissenschaftlichen Ergebnisse zum *Prozessinnovationsproblem* sieht vor, dass eine Analyse der Blockchain-Technologie hinsichtlich der Potenziale zur Geschäftsprozessinnovation erfolgt, indem Möglichkeiten zur Gestaltung von Geschäftsprozessen im Hinblick auf den Einsatz einer Blockchain für die Rückverfolgung von Lebens-

mitteln untersucht und anhand eines BPMN-Modells veranschaulicht werden sowie Herausforderungen ermittelt werden. Die intendierten Ergebnisse wurden ebenfalls vollständig erfüllt. Im Rahmen der Untersuchung wurden erste Ansätze aufgezeigt, inwiefern sich Geschäftsprozesse zur Rückverfolgung von Lebensmitteln mit Hilfe der Blockchain-Technologie innovieren lassen, indem genehmigungsbasierte Blockchains als dezentrale Datenbanken zur besseren Kommunikation und Smart Contracts zur Automatisierung von Geschäftsprozessen eingesetzt werden. Die identifizierten Gestaltungsmöglichkeiten von Prozessen mit Hilfe der Blockchain-Technologie wurden zudem anhand eines BPMN-Modells veranschaulicht. Darüber hinaus wurden Herausforderungen beim Einsatz der Blockchain-Technologie zur Prozessinnovation untersucht. Insgesamt lässt sich ein Potenzial für das Innovieren von Geschäftsprozessen zur Rückverfolgung von Lebensmitteln zwar erkennen, jedoch sind von Unternehmen in Food Supply Chains noch die bestehenden Herausforderungen zu beachten. Auch existieren bereits zentrale Lösungen zur Rückverfolgung, sodass sich das Potenzial hinsichtlich Geschäftsprozessinnovation bei Blockchains bislang vor allem bei der Schaffung von Vertrauen zwischen Akteuren in einem nicht-vertrauenswürdigem Umfeld und den Einsatzmöglichkeiten von Smart Contracts zur Automatisierung zeigt. Allerdings ist hierbei zu beachten, dass sich im Fall von genehmigungsbasierten Blockchains die verschiedenen Akteure in der Regel vertrauen sollten.

Die intendierten wissenschaftlichen Ergebnisse zum *BOCR-Problem* wurden nur teilweise realisiert. Im Rahmen einer Analyse der Nutzen und Kosten von Blockchains zur Rückverfolgung wurden wichtige Erkenntnisse über die Wirtschaftlichkeit gewonnen. Ein Einsatz zur Rückverfolgung von Lebensmitteln bei Lebensmitteln mit einem niedrigen Preis und über die komplette Supply Chain erscheint derzeit nicht sinnvoll. Allerdings könnte der Einsatz der Blockchain-Technologie für Lebensmittelunternehmen in Bezug auf die betriebswirtschaftlichen Potenziale Sinn ergeben, wenn eine Implementierung zunächst bei Lebensmitteln mit Prozessen erfolgt, die einen hohen Preis haben, z. B. Lebensmitteln im Luxussegment. Auch konnten auf Basis von Recherchen und Interviews umfassende Erkenntnisse über die Chancen und Risiken in Bezug auf den Einsatz der Blockchain-Technologie für die Rückverfolgung von Lebensmitteln erlangt werden. Bei der Analyse der Chancen wurden Erkenntnisse ermittelt, die sich aus positiv auf den Einsatz von Blockchains auswirken könnten, z. B. die Möglichkeiten durch die Kombination mit weiteren Zukunftstechnologien und der Einfluss von Gesetzgebern. Zudem hat die Analyse der Risiken ergeben, dass noch einige Herausforderungen bestehen, die einen Einsatz einer Blockchain zur Rückverfolgung von Lebensmitteln in

Food Supply Chains verhindern könnten. Hierzu zählt insbesondere die Sicherheit von sensiblen Daten. Allerdings fehlen bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit konkrete Berechnungen zu Nutzen und Kosten auf Basis quantitativer Daten.

Die intendierten wissenschaftlichen Ergebnisse zum *Bewertungsproblem* wurden ebenfalls nur teilweise erfüllt. Es wurde ein Verfahren zur Bewertung der betriebswirtschaftlichen Potenziale von Blockchains zur Rückverfolgung von Lebensmitteln dargelegt. Mit Hilfe des mehrkriteriellen Entscheidungsverfahrens Analytic Hierarchy Process können Unternehmen in Food Supply Chains die Bewertung der Blockchain-Technologie durch den Vergleich mit anderen Lösungen zur Rückverfolgung von Lebensmitteln durchführen, indem die betrachteten Alternativen anhand von festgelegten (Sub-)Kriterien beurteilt werden, um auf Basis einer Einschätzung der Potenziale letztlich eine am besten geeignete Alternative für die Rückverfolgung von Lebensmitteln zu ermitteln. Allerdings ist bei der Bewertung der betriebswirtschaftlichen Potenziale einer Blockchain zur Rückverfolgung mit Hilfe des aufgezeigten Ansatzes zu berücksichtigen, dass dieser nur exemplarisch auf Basis fiktiver Beispielzahlen und Alternativen durchgeführt wurde.

Letztlich wurden die intendierten wissenschaftlichen Ergebnisse für das *Implementierungsproblem* im Rahmen dieser Dissertation vollständig erfüllt, da ein Vorgehensmodell und Handlungsempfehlungen für die Implementierung einer Blockchain für das Supply Chain Management im Lebensmittelbereich entwickelt wurden, die Unternehmen in Food Supply Chains bei der Einführung einer Blockchain zur Rückverfolgung von Lebensmitteln unterstützen. Unternehmen sollten demnach frühzeitig ein Verständnis für die Möglichkeiten der Blockchain-Technologie entwickeln und die eigenen Ziele definieren, um die Chancen und Risiken bei der Einführung dieser Technologie präziser einschätzen zu können. Darüber hinaus gilt es, geeignete Anwendungsfälle für die Anwendung einer Blockchain zur Rückverfolgung von Lebensmitteln zu finden, die im Anschluss vom Unternehmen umgesetzt werden können. Unternehmen in Food Supply Chains sollten unter anderem eine schrittweise Umsetzung verfolgen sowie Risiken und finanzielle Mehrwerte im Blick behalten.

In Tabelle 22 wird eine Zusammenfassung abgebildet, inwiefern die intendierten wissenschaftlichen Ergebnisse durch realisierte wissenschaftliche Ergebnisse erfüllt wurden.

wissenschaftliche Teilprobleme	realisierte wissenschaftliche Ergebnisse	Erfüllungsgrad
Technologieproblem	Erkenntnisse über Einsatzmöglichkeiten von Blockchains zur Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chain sowie Erkenntnisse über die Eignung von Blockchain-Typen für die Rückverfolgung von Lebensmitteln	●
Prozessinnovationsproblem	Erkenntnisse über Gestaltungsmöglichkeiten und Herausforderungen bei der Innovation von Geschäftsprozessen zur Rückverfolgung von Lebensmitteln auf Basis von Blockchains sowie Visualisierung der Gestaltung eines Prozesses zur Bekämpfung von Lebensmittelbetrug mit Hilfe von BPMN 2.0	●
BOCR-Problem	Erkenntnisse über Nutzen und Kosten sowie Chancen und Risiken im Rahmen der Anwendung einer genehmigungsbasierten Blockchain zur Rückverfolgung von Lebensmitteln in Food Supply Chains	◐
Bewertungsproblem	Ansatz zur Bewertung der betriebswirtschaftlichen Potenziale von Blockchains für die Rückverfolgung von Lebensmitteln auf Basis des mehrkriteriellen Entscheidungsverfahrens Analytic Hierarchy Process	◐
Implementierungsproblem	Vorgehensmodell zur Implementierung einer Blockchain in Food Supply Chains für die Rückverfolgung von Lebensmitteln sowie Handlungsempfehlungen	●

Legende: ○ = intendierte Ergebnisse zu Teilproblem nicht erfüllt
 ◐ = intendierte Ergebnisse zu Teilproblem teilweise erfüllt
 ● = intendierte Ergebnisse zu Teilproblem vollständig erfüllt

Tabelle 22: Erfüllungsgrade der intendierten wissenschaftlichen Ergebnisse¹

¹ Eigene Tabelle.

8.2 Ausblick

Da eine vollständige Erfüllung der intendierten wissenschaftlichen Ergebnisse nicht erreicht werden konnte, ergibt sich hieraus weiterer Forschungsbedarf.

Insbesondere hinsichtlich des *BOCR-Problems* kann kritisiert werden, dass es sich auf Grund mangelnder Verfügbarkeit von quantitativen Informationen zu genehmigungsbasierten Blockchains bei der Untersuchung vornehmlich um eine qualitative Analyse von Nutzen und Kosten handelt. Zwar wird im weiteren Verlauf ein Verfahren zur Bewertung mit Hilfe des Analytic Hierarchy Process eine Bewertung anhand qualitativer und quantitativer Informationen beschrieben, jedoch fehlen eine Quantifizierung von Nutzen und Kosten sowie eine beispielhafte Berechnung für eine Blockchain zur Rückverfolgung von Lebensmitteln, bei der Nutzen und Kosten gegenübergestellt werden, um eine Aussage über die Wirtschaftlichkeit auf Basis quantitativer Zahlen treffen zu können. Zukünftige Forschungsarbeiten können diese Kritik aufgreifen und eine quantitative Analyse der Wirtschaftlichkeit auf Basis von Zahlen aus der Praxis durchführen.

Hinsichtlich des *Bewertungsproblems* kann das verwendete Verfahren zur Bewertung der betriebswirtschaftlichen Potenziale der Blockchain-Technologie für das Supply Chain Management bei dem Anwendungsfall der Rückverfolgung von Lebensmitteln kritisiert werden. In der vorliegenden Dissertation wurden für die Bewertung der Nutzen, Kosten, Chancen und Risiken der Analytic Hierarchy Process angewandt. Weitere Forschungsarbeiten könnten eine ausführliche Gegenüberstellung und Bewertung verschiedener Verfahren beinhalten sowie eine Anwendung eines Verfahrens anhand von konkreten Alternativen mit Zahlen aus der Praxis anstatt einer exemplarischen Durchführung anhand fiktiver Werte und Alternativen. Zudem können weitere Forschungsarbeiten durch den Einsatz einer professionellen AHP-Software genauere Berechnungen erzielen.

Außerdem ergibt sich zusätzlicher Forschungsbedarf aus grundsätzlicher Kritik an der vorliegenden Dissertation, die durch die getroffenen Einschränkungen entstehen (vgl. Tabelle 23).

Ausblick auf weiteren Forschungsbedarf	
Einschränkungen	weiterer Forschungsbedarf
<ul style="list-style-type: none"> ▪ genehmigungsbasierte Blockchains ▪ Supply Chain Management im Lebensmittelbereich ▪ betriebswirtschaftliche Potenziale in Bezug auf Rückverfolgung in Supply Chains ▪ Perspektive von Unternehmen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ weitere Ausprägungen der Blockchain-Technologie ▪ Supply Chain Management anderer Wirtschaftsbranchen ▪ betriebswirtschaftliches Potenzial weiterer Prozesse und Aufgabenbereiche in Supply Chains ▪ Perspektive anderer Akteure, z. B. Behörden

Tabelle 23: Ausblick auf weiteren Forschungsbedarf¹

Auch kann unter anderem angeführt werden, dass bei der vorliegenden Untersuchung mit privaten und konsortialen Blockchains vor allem genehmigungsbasierte Blockchains im Fokus standen, während öffentliche und zugleich genehmigungsfreie Blockchains nicht betrachtet wurden. Zudem fehlt bei der Analyse meist eine Differenzierung zwischen privaten und konsortialen Blockchains für den Einsatz zur Rückverfolgung. Weiterer Forschungsbedarf besteht daher sowohl für eine kritische Analyse der betriebswirtschaftlichen Potenziale weiterer Blockchain-Typen für das Supply Chain Management im Lebensmittelbereich als auch hinsichtlich der Unterschiede zwischen privaten und konsortialen Blockchains bei der Nutzung zur Rückverfolgung von Lebensmitteln.

In der vorliegenden Untersuchung der betriebswirtschaftlichen Potenziale der Blockchain-Technologie für das Supply Chain Management wurde außerdem nur die Lebensmittelbranche analysiert. Zukünftige Untersuchungen können sich mit dem betriebswirtschaftlichen Potenzial für das Supply Chain Management in anderen Wirtschaftsbranchen befassen.

Ein weiterer Kritikpunkt besteht darin, dass die Analyse der betriebswirtschaftlichen Potenziale der Blockchain-Technologie für das Supply Chain Management im Hinblick auf Geschäftsprozessinnovation, Nutzen, Kosten, Chancen und Risiken mit einem Fokus auf die Rückverfolgung von Lebensmitteln erfolgt ist. Weiterer Forschungsbedarf existiert somit für die betriebswirtschaftlichen Potenziale in Bezug auf andere Anwendungsbereiche der

¹ Eigene Tabelle.

Blockchain-Technologie. Zudem können weitere Arbeiten zusätzliche Kriterien zur Bewertung der Potenziale berücksichtigen sowie eine klarere Abgrenzung zwischen den Kriterien vornehmen.

Außerdem fehlen durch den Fokus auf Unternehmen andere Perspektiven, die in anderen wissenschaftlichen Arbeiten untersucht werden können, z. B. besteht Forschungsbedarf für das Potenzial einer Blockchain aus Sicht von anderen Stakeholdern wie Behörden, Endverbraucher oder Zertifizierungsgesellschaften.

Weiterer Forschungsbedarf ergibt sich dahingehend, dass zukünftige wissenschaftliche Arbeiten sich vertieft mit einzelnen Aspekten befassen sollten, die sich im Rahmen der Analyse der betriebswirtschaftlichen Potenziale gezeigt haben. Zum Beispiel könnten sich Untersuchungen mit der Governance einer Blockchain zur Rückverfolgung von Lebensmitteln befassen oder mit gezielten Maßnahmen zum Schutz sensibler Daten auf einer Blockchain für das Supply Chain Management.

Letztlich ist anzunehmen, dass in den kommenden Jahren durch das große Interesse an der Blockchain-Technologie weitere Entwicklungen erfolgen und sich neue Erkenntnisse über die Anforderungen des Supply Chain Managements an die Blockchain-Technologie ergeben, wodurch neuer Forschungsbedarf entstehen wird. Nachfolgende Untersuchungen könnten sich zum Beispiel ausführlicher mit neuen Anforderungen befassen.

Literaturverzeichnis

AGARWAL/VIJAYVARGY (2011)

Agarwal, G.; Vijayvargy, L.: An application of supplier selection in supply chain for modeling of intangibles: A case study of multinational Food Coffee industry. In: African Journal of Business Management, Vol. 5 (2011), S. 11505-11520.

AGRAWAL ET AL. (1991)

Agrawal, V. P.; Kohli, V.; Gupta, S.: Computer aided robot selection: the multiple attribute decision making approach. In: International Journal of Production Research, Vol. 29 (1991), Nr. 8, S. 1629-1644.

AHRENS (2021)

Ahrens, S.: Umfrage zu den Hauptsorgen bei Lebensmittelbetrug in Deutschland und in der EU 2020. Online-Quelle aus dem Jahr 2021. Im Internet unter der URL „<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1196049/umfrage/hauptsorgen-bei-lebensmittelbetrug-in-eu-und-deutschland/>“, Zugriff am 07.07.2022.

ALLIANZ SE (2017)

Allianz SE: Rekordzahlen bei Produktrückrufen: Allianz Studie ermittelt 10,5 Mio. Euro Schaden pro Rückruf. Online-Quelle aus dem Jahr 2017. Im Internet unter der URL „<https://www.allianz.com/de/presse/news/geschaeftsfelder/versicherung/171205-rekordzahlen-bei-produktrueckrufen-studie.html>“, Zugriff am 14.04.2020.

ALLWEYER (2015)

Allweyer, T.: BPMN 2.0 – Business Process Model and Notation. 3. Aufl., Norderstedt 2015.

ANONYM (2021)

ANONYM: Experteninterview zu den betriebswirtschaftlichen Potenzialen der Blockchain-Technologie. Durchgeführt am 15.01.2021.

ARNDT (2015)

Arndt, H.: Logistikmanagement. Wiesbaden 2015.

ATLAM ET AL. (2018)

Atlam, H. F.; Alenezi, A.; Alassafi, M. O.; Wills, G. B.: Blockchain with Internet of Things: Benefits, Challenges, and Future Directions. In: International Journal of Intelligent Systems and Applications, Vol. 6 (2018), S. 40-48.

AUNG/CHANG (2014)

Aung, M. M.; Chang, Y. S.: Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives. In: Food Control, Vol. 39 (2014), S. 172-184.

BECKER (2008)

Becker, T.: Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren. 2. Aufl., Berlin – Heidelberg 2008.

BEINKE ET AL. (2020)

Beinke, J. H.; Tönnissen, S.; Samuel, J.; Teuteberg, F.: Blockchain im Bankensektor – Chancen, Herausforderungen, Handlungsempfehlungen und Vorgehensmodell. In: Fill, H.-G.; Meier, A. (Hrsg.): Blockchain. Wiesbaden 2020, S. 135-148.

BERGHOFF ET AL. (2019)

Berghoff, C.; Gebhart, U.; Lochter, M.; Maßberg, S.; Braam, J.; Häberer, S.; Häberlen, T.; Oberweis, R.; Stadler, T.: Blockchain sicher gestalten: Konzepte, Anforderungen, Bewertungen. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (Hrsg.). Bonn 2019.

BEUTELSPACHER (2001)

Beutelspacher, A.: Lineare Algebra. 5. Aufl., Braunschweig – Wiesbaden 2001.

BMWK (2019)

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK): Bundesregierung verabschiedet Blockchain-Strategie. Online-Quelle aus dem Jahr 2019. Im Internet unter der URL „<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2019/20190918-bundesregierung-verabschiedet-blockchain-strategie.html>“, Zugriff am 20.06.2022.

BOLSTORFF ET AL. (2007)

Bolstorff, P. A.; Rosenbaum, R. G.; Poluha, R. G.: Spitzenleistung im Supply Chain Management – Ein Praxishandbuch zur Optimierung mit SCOR. Berlin – Heidelberg 2007.

BOURLAKIS/WEIGHTMAN (2004)

Bourlakis, M. A.; Weightman, P.: Introduction to the UK Food Supply Chain. In: Bourlakis, M. A.; Weightman, P. (Hrsg.): Food Supply Chain Management. Oxford 2004, S. 1-10.

BOUSONVILLE (2017)

Bousonville, T.: Logistik 4.0 – Die digitale Transformation der Wertschöpfungskette. Wiesbaden 2017.

BRAITINGER/SCHERBEL (2022)

Braitinger, J.; Scherbel, H.: Lieferkettengesetz beschert BW-Unternehmen Mehrarbeit. Online-Quelle aus dem Jahr 2022. Im Internet unter der URL „<https://www.swr.de/swraktuell/lieferkettengesetz-mehrarbeit-fuer-bw-unternehmen-100.html>“, Zugriff am 28.12.2022.

BRINK/CHAVES (2017)

Brink, G.; Chaves, F.: Das Internet der Dinge und neue Geschäftsmodelle in der Lebensmittelindustrie. In: Schallmo, D.; Rusnjak, A.; Anzengruber, J.; Werani, T.; Jünger, M. (Hrsg.): Digitale Transformation von Geschäftsmodellen. Wiesbaden 2017, S. 475-494.

BRORS (2018)

Brors, D.: Kryptogeld im Wert von 533 Millionen US-Dollar bei Hackerangriff gestohlen. Online-Quelle aus dem Jahr 2018. Im Internet unter der URL „<https://www.heise.de/newsticker/meldung/Kryptogeld-im-Wert-von-533-Millionen-US-Dollar-bei-Hackerangriff-gestohlen-3952561.html>“, Zugriff am 20.06.2022.

BUNDESNETZAGENTUR (2021)

Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen: Die Blockchain-Technologie. Bonn 2021.

BURGWINKEL (2016)

Burgwinkel, D.: Blockchaintechnologie und deren Funktionsweise verstehen. In: Burgwinkel, D. (Hrsg.): Blockchain Technology. Berlin – Boston 2016, S. 3-50.

BVE (o. J.)

Bundesvereinigung der Deutschen Ernährungsindustrie (BVE): BVE-Jahresbericht 2020/2021. Online-Quelle ohne Jahr. Im Internet unter der URL „<https://www.bve-online.de/presse/infothek/publikationen-jahresbericht/bve-jahresbericht-ernaehrungsindustrie-2021>“, Zugriff am 21.11.2022.

BVL (2021)

Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL): Zehn Jahre lebensmittelwarnung.de: Die wichtigsten Zahlen. Online-Quelle aus dem Jahr 2021. Im Internet unter der URL „https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Fokusmeldungen/01_lebensmittel/2021/2021_10_20_HI_LMWarnung.html“, Zugriff am 01.01.2023.

CAMUNDA (2021)

Camunda: Open Source Modeler. Software zur Modellierung von BPMN-Modellen in der Version 4.9 vom 13.07.2021. Im Internet unter der URL „<https://camunda.com/de/download/modeler/>“, Zugriff am 06.09.2021.

CAP (2019)

Cap, C. H.: Grenzen der Blockchain. In: Informatik Spektrum, Vol. 42 (2019), Nr. 3, S. 191-196.

CARADONNA (2020)

Caradonna, T.: Blockchain and society. In: Informatik Spektrum, Vol. 43 (2020), S. 40-52.

CARSON ET AL. (2018)

Carson, B.; Romanelli, G.; Walsh, P.; Zhumaev: Blockchain beyond the hype: What is the strategic business value? Online-Quelle aus dem Jahr 2018. Im Internet unter der URL „<https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/blockchain-beyond-the-hype-what-is-the-strategic-business-value>“, Zugriff am 15.04.2020.

CHAVES/PETER (2018)

Chaves, D. P. F.; Peter, T.: Der Einsatz von Rückverfolgbarkeitssystemen in der Industrie – Ergebnisse einer Studie. Kassel 2018.

CHHIKARA ET AL. (2018)

Chhikara, N.; Jaglan, S.; Sindhu, N.; Venthodika, A.; Charan, M. V. S.; Panghal, A.: Importance of Traceability in Food Supply Chain for Brand Protection and Food Safety Systems Implementation. In: *Annals of Biology*, Vol. 34 (2018), S. 111-118.

CHRISTIANSEN (2019)

Christiansen, S.: Putting a block on food fraud. In: *Dairy Industries international*, Vol. 84 (2019), S. 28-29.

CHRYSSOCHOIDIS ET AL. (2009)

Chrysochoidis, G.; Karagiannaki, A.; Pramataris, K.; Kehagia, O.: A cost-benefit evaluation framework of an electronic-based traceability system. In: *British Food Journal*, Vol. 111 (2009), Nr. 6, S. 565-582.

COTTRILL (2018)

Cottrill, K.: The Benefits of Blockchain: Fact of wishful thinking? In: *Supply Chain Management Review*, Vol. 22 (2018), S. 20-25.

DHL (2018)

DHL: Blockchain in Logistics. Online-Quelle aus dem Jahr 2018. Im Internet unter der URL: „<https://www.dhl.com/content/dam/dhl/global/core/documents/pdf/glo-core-blockchain-trend-report.pdf>“, Abrufdatum: 17.04.2021.

DI CICCIO ET AL. (2019)

Di Ciccio, C.; Ceconi, A.; Dumas, M.; Garcia-Banuelos, L.; Lopez-Pintado, O.; Lu, Q.; Mendling, J.; Ponomarev, A.; Tran, A. B.; Weber, I.: Blockchain Support for Collaborative Business Processes. In: *Informatik Spektrum*, Vol. 42 (2019), Nr. 3, S. 182-190.

DI CICCIO ET AL. (2020)

Di Ciccio, C., Meroni, G., Plebani, P.: Business Process Monitoring on Blockchains: Potentials and Challenges. In: Nurcan, S.; Reinhartz-Berger, I.; Soffer, P.; Zdravkovic J. (Hrsg.): Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling. Cham 2020, S. 36-51.

DICKERSON (2013)

Dickerson, J.: Best Traceability Practices. Online-Quelle aus dem Jahr 2013. Im Internet unter der URL „<https://www.foodsafetymagazine.com/enewsletter/best-traceability-practices/>“, Zugriff am 10.04.2020.

DÜBECKE (2020)

Dübecke, A.: Food Fraud – Eine globale Herausforderung. Online-Quelle aus dem Jahr 2020. Im Internet unter der URL „<https://www.foodaktuell.ch/2020/04/02/food-fraud-eine-globale-herausforderung/>“, Zugriff am 02.10.2020.

DYCKHOFF/ALLEN (1999)

Dyckhoff, H.; Allen, K.: Theoretische Begründung einer Effizienzanalyse mittels Data Envelopment Analysis (DEA). In: Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, Vol. 51 (1999), S. 411-436.

EMATHHELP (o. J.)

eMathHelp: Eigenvalues and Eigenvectors Calculator. Online-Quelle aus dem Jahr 2020. Im Internet unter der URL „<https://www.emathhelp.net/calculators/linear-algebra/eigenvalue-and-eigenvector-calculator/>“, Zugriff am 16.02.2023.

ENGELSCHALL (2019)

Engelschall, R. S.: Blockchain. In: Informatik Spektrum, Vol. 42 (2019), Nr. 3, S. 205-210.

ENGELSETH (2009)

Engelseth, P.: Food product traceability and supply network integration. In: Journal of Business & Industrial Marketing, Vol. 24 (2009), Nr. 5/6, S. 421-430.

ERGU/PENG (2014)

Ergu, D.; Peng, Y.: A framework for SaaS software packages evaluation and selection with virtual team and BOCR of analytic network process. In: The Journal of Supercomputing, Vol. 67 (2014), S. 219-238.

ERNST & YOUNG (2019)

Ernst & Young: Total cost of ownership for blockchain solutions. Online-Quelle aus dem Jahr 2019. Im Internet unter der URL „[https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-total-cost-of-ownership-for-blockchain-solutions/\\$File/ey-total-cost-of-ownership-for-blockchain-solutions.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-total-cost-of-ownership-for-blockchain-solutions/$File/ey-total-cost-of-ownership-for-blockchain-solutions.pdf)“, Zugriff am 15.04.2020.

EU-VERORDNUNG 178/2002 (2002)

Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union: Verordnung (EG) 178/2002 des europäischen Parlamentes und des Rates zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit vom 28.01.2002. In: Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft, Ausgabe L 31 vom 01.02.2002. Im Internet unter der URL „<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002R0178&from=DE>“, Zugriff am 10.11.2021.

FILL ET AL. (2020)

Fill, H.-G.; Härer, F.; Meier, A.: Wie funktioniert die Blockchain? In: Fill, H.-G.; Meier, A. (Hrsg.): Blockchain. Wiesbaden 2020, S. 3-19.

FISCHER ET AL. (2015)

Fischer, S.; Hartmann, T.; Hell, C.; Krause, G.: Mehrwert? Eine Untersuchung von Nutzen und Kosten eines Klimareportings durch deutsche Unternehmen. Düsseldorf 2015.

FOLINAS ET AL. (2006)

Folinas, D.; Manikas, I.; Manos, B.: Traceability data management for food chains. In: British Food Journal, Vol. 108 (2006), Nr. 8, S. 622-633.

FORRESTER (2018)

Forrester: Emerging Technology Projection: The Total Economic Impact of IBM Blockchain. Online-Quelle aus dem Jahr 2018. Im Internet unter der URL „<https://www.ibm.com/downloads/cas/QJ4XA0MD>“, Zugriff am 15.04.2020.

FREUND/RÜCKER (2017)

Freund, J.; Rücker, B.: Praxishandbuch BPMN. 5. Aufl., München 2017.

FRIDGEN ET AL. (2019)

Fridgen, G.; Guggenberger, N.; Hoeren, T.; Prinz, W.; Urbach, N.; Baur, J.; Brockmeyer, H.; Gräther, W.; Rabovskaja, E.; Schlatt, V.; Schweizer, A.; Sedlmeier, J.; Wederhake, L.: Chancen und Herausforderungen von DLT (Blockchain) in Mobilität und Logistik. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.). Berlin 2019.

FTRACE GMBH (2018)

fTRACE GmbH: Studie „FreshIndex“. o. O. 2018.

FUCHS/GOUDZ (2020)

Fuchs, V.; Goudz, A.: Blockchains als Lösung für Rückverfolgung und Transparenz. In: Proff, H. (Hrsg.): Neue Dimensionen der Mobilität – Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte. Wiesbaden 2020, S. 449-464.

GALVEZ ET AL. (2018)

Galvez, J. F.; Mejuto, J. C.; Simal-Gandara, J.: Future challenges on the use of blockchain for food traceability analysis. In: Trends in Analytical Chemistry, Vol. 107 (2018), S. 222-232.

GARTNER (2020)

Gartner: Gartner Says 80% of Supply Chain Blockchain Initiatives Will Remain at a Pilot Stage Through 2022. Online-Quelle aus dem Jahr 2020. Im Internet unter der URL „<https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2020-01-23-gartner-says-80--of-supply-chain-blockchain-initiativ>“, Zugriff am 12.08.2022.

GAUR/GAIHA (2020)

Gaur, V.; Gaiha, A.: Building a Transparent Supply Chain. Online-Quelle aus dem Jahr 2020. Im Internet unter der URL „<https://hbr.org/2020/05/building-a-transparent-supply-chain>“, Zugriff am 03.06.2022.

GOLAN ET AL. (2005)

Golan, E.; Krissoff, B.; Kuchler, F.: Food Traceability: One Ingredient in a Safe and Efficient Food Supply. In: Prepared Foods, Vol. 174 (2005), S. 59-70.

GÖPFERT (2004)

Göpfert, I.: Einführung, Abgrenzung und Weiterentwicklung des Supply Chain Managements. In: Busch, A.; Dangelmaier, W. (Hrsg.): Integriertes Supply Chain Management. 2. Aufl., Wiesbaden 2004, S. 25-44.

GRAU/WIENHOLD (2016)

Grau, M; Wienhold, C.: Praxisstudie: Rückverfolgbarkeit in kleinen und mittleren Lebensmittelbetrieben. Berlin 2016.

GRÜNIG/KÜHN (2013)

Grünig, R.; Kühn, R.: Entscheidungsverfahren für komplexe Probleme. 4. Aufl., Berlin – Heidelberg 2013.

GS1 GERMANY (2015)

GS1 Germany: Rückverfolgbarkeit von Fleisch und Geflügel. Köln 2015.

GURUNG/PHIPON (2016)

Gurung, S.; Phipon, R.: Multi-criteria decision making for supplier selection using AHP and TOPSIS method. In: International Journal of Engineering Inventions, Vol. 6 (2016), Nr. 2, S. 13-17.

HARRISON ET AL. (2018)

Harrison, K.; Lowry, E.; Widdifield, J.; Hamilton, M.: The Founder's Handbook: Your guide to getting started with blockchain. IBM (Hrsg.). 2. Aufl., Armonk 2018.

HEINEN (1985)

Heinen, E.: Einführung in die Betriebswirtschaftslehre. 9. Aufl., Wiesbaden 1985.

HENEGHAN (2016)

Heneghan, C.: More than money: What a recall truly costs. Online-Quelle aus dem Jahr 2016. Im Internet unter der URL „<https://www.fooddive.com/news/more-than-money-what-a-recall-truly-costs/426855/>“, Zugriff am 14.04.2020.

HIELSCHER (2020)

Hielscher, H.: Keime und Fremdkörper – Mehr Lebensmittelrückrufe als je zuvor. Online-Quelle aus dem Jahr 2020. Im Internet unter der URL „<https://www.wiwo.de/unternehmen/handel/keime-und-fremdkoerper-mehr-lebensmittelrueckrufe-als-je-zuvor/25400280.html>“, Zugriff am 07.07.2020.

HOFFMANN/SKWAREK (2019)

Hoffmann, T.; Skwarek, V.: Blockchain, Smart Contracts und Recht. In: Informatik Spektrum, Vol. 42 (2019), Nr. 3, S. 197-204.

IANSITI/LAKHANI (2017)

Iansiti, M.; Lakhani, K. R.: The Truth about Blockchain. Online-Quelle aus dem Jahr 2017. Im Internet unter der URL „<https://hbr.org/2017/01/the-truth-about-blockchain>“, Zugriff am 15.06.2018.

IBM (2020)

IBM: Onboarding Overview. Online-Quelle aus dem Jahr 2020. Im Internet unter der URL „<https://www.ibm.com/downloads/cas/ZPY6EAMW>“, Zugriff am 21.06.2022.

ISHIZAKA/NEMERY (2013)

Ishizaka, A.; Nemery, P.: Multi-Criteria Decision Making: Methods and Software. Chichester 2013.

JENSEN ET AL. (2019)

Jensen, T.; Hedman, J.; Henningsson, S.: How TradeLens Delivers Business Value With Blockchain Technology. In: MIS Quarterly Executive, Vol. 18 (2019), S. 221-243.

JOEREßEN/SEBASTIAN (1998)

Joereßen, A.; Sebastian, H.-J.: Problemlösung mit Modellen und Algorithmen. Stuttgart – Leipzig 1998.

KANNENBERG (2016)

Kannenberg, A.: Nach dem DAO-Hack: Ethereum glückt der harte Fork. Im Internet unter der URL „<https://www.heise.de/newsticker/meldung/Nach-dem-DAO-Hack-Ethereum-glueckt-der-harte-Fork-3273618.html>“, Zugriff am 09.02.2023.

KARAMCHANDANI ET AL. (2021)

Karamchandani, A.; Srivastava, S. K.; Kumar, S.; Srivastava, A.: Analysing the perceived role of blockchain technology in SCM context for the manufacturing industry. In: International Journal of Production Research, Vol. 59 (2021), Nr. 11, S. 3398-3429.

KARLSEN ET AL. (2010)

Karlsen, K. M.; Olsen, P.; Donnelly, K. A.: Implementing traceability: practical challenges at a mineral water bottling plant. In: British Food Journal, Vol. 112 (2010), Nr. 2, S. 187-197.

KARMANN (2000)

Karmann, A.: Mathematik für Wirtschaftswissenschaftler – Problemorientierte Einführung. 4. Aufl., München – Wien 2000.

KATSIKOULI ET AL. (2021)

Katsikouli, P.; Wilde, A. S.; Dragoni, N.; Høgh-Jensen, H.: On the benefits and challenges of blockchains for managing food supply chains. In: Journal of the Science of Food and Agriculture, Vol. 101 (2021), S. 2175-2181.

KEHOE ET AL. (2017)

Kehoe, L.; Gindner, K.; Dalal, D.; Andrzejewski, D.; O’Connell, N.: When two chains combine: Supply Chain meets blockchain. Online-Quelle aus dem Jahr 2017. Im Internet unter der URL „https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/pt/Documents/blockchainsupplychain/IE_C_TL_Supplychain_meets_blockchain.pdf“, Zugriff am 10.06. 2018.

KELEPOURIS ET AL. (2007)

Kelepouris, T.; Pramadari, K.; Doukidis, G.: RFID-enabled traceability in the food supply chain. In: *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 107 (2007), S. 183-200.

KERBEL (2017)

Kerbel, E.: The Cold Chain Challenge. In: *Food Logistics*, Vol. 192 (2017), S. 12.

KOERIS (2018)

Koeris, M.: The True Costs You Endure During a Food Recall. Online-Quelle aus dem Jahr 2018. Im Internet unter der URL „<https://foodsafetytech.com/column/the-true-costs-you-endure-during-a-food-recall/>“, Zugriff am 14.04.2020.

KOH ET AL. (2020)

Koh, L.; Dolgui, A.; Sarkis, J.: Blockchain in transport and logistics – paradigms and transitions. In: *International Journal of Production Research*, Vol. 58 (2020), S. 2054-2062.

KREUTZER (2017)

Kreutzer, R. T.: Treiber und Hintergründe der digitalen Transformation. In: Schallmo, D.; Rusnjak, A.; Anzengruber, J.; Werani, T.; Jünger, M. (Hrsg.): *Digitale Transformation von Geschäftsmodellen*. Wiesbaden 2017, S. 33-58.

KROLL (2015)

Kroll, K. M.: The Dairy Supply Chain: From Farm to Fridge. Online-Quelle aus dem Jahr 2015. Im Internet unter der URL: „<https://www.inboundlogistics.com/cms/article/the-dairy-supply-chain-from-farm-to-fridge/>“, Abrufdatum: 09.04.2020.

KÜHL (2016)

Kühl, E.: Und plötzlich fehlen 50 Millionen Dollar. Online-Quelle aus dem Jahr 2016. Im Internet unter der URL: „<https://www.zeit.de/digital/internet/2016-06/the-dao-blockchain-ether-hack>“, Abrufdatum: 16.03.2022.

KUMAR ET AL. (2015)

Kumar, S.; Heustis, D.; Graham, J. M.: The future of traceability within the U.S. food industry supply chain: a business case. In: International Journal of Productivity and Performance Management, Vol. 64 (2015), S. 129-145.

KUNDE (2019)

Kunde, E.: Experteninterview zu den betriebswirtschaftlichen Potenzialen der Blockchain-Technologie. Durchgeführt am 24.07.2019.

LAGHAI/STEINER (2021)

Laghai, S.; Steiner, N.: Lieferkettengesetz – Meilenstein oder Papiertiger? Online-Quelle aus dem Jahr 2021. Im Internet unter der URL: „<https://www.tagesschau.de/investigativ/monitor/lobbyismus-lieferketten-gesetz-101.html>“, Abrufdatum: 16.03.2021.

LEHMANN (2015)

Lehmann, R. J.: Food Compliance in der Value Chain 4.0 – Zukunftssichere Lösungen auf Basis der GS1 Standards. In: Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Vol. 10 (2015), S. 9-12.

LEHMANN ET AL. (2011)

Lehmann, R. J.; Hermansen, J. E.; Fritz, M.; Brinkmann, D.; Trienekens, J.; Schiefer, G.: Information services for European pork chains – Closing gaps in information infrastructures. In: Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 79 (2011), S. 125-136.

LEONG ET AL. (2018)

Leong, C.; Viskin, T.; Stewart, R.: Tracing the Supply Chain: How blockchain can enable traceability in the food industry. Online-Quelle aus dem Jahr 2018. Im Internet unter der URL: „https://www.accenture.com/_acnmedia/pdf-93/accenture-tracing-supply-chain-block-chain-study-pov.pdf“, Abrufdatum: 22.12.2019.

LEWIN ET AL. (2019)

Lewin, M.; Dogan, A.; Schwarz, J.; Fay, A.: Distributed-Ledger-Technologien und Industrie 4.0. In: Informatik Spektrum, Vol. 42 (2019), Nr. 3, S. 166-173.

LEWRICK/DI GIORGIO (2018)

Lewrick, M.; Di Giorgio, C.: Live aus dem Krypto-Valley. Vahlen 2018.

LITAN (2021)

Litan, A.: Hype Cycle for Blockchain 2021; More Action than Hype. Online-Quelle aus dem Jahr 2021. Im Internet unter der URL: „<https://blogs.gartner.com/avivah-litan/2021/07/14/hype-cycle-for-blockchain-2021-more-action-than-hype/>“, Abrufdatum: 10.01.2022.

LOEW (2005)

Loew, T.: CSR in der Supply Chain: Herausforderungen und Ansatzpunkte für Unternehmen. Berlin 2005.

MAI ET AL. (2010)

Mai, N.; Bogason, S. G.; Arason, S.; Arnason, S. V.; Matthiasson, T. G.: Benefits of traceability in fish supply chains – case studies. In: British Food Journal, Vol. 112 (2010), S. 976-1002.

MANIA ET AL. (2018)

Mania, I.; Delgado, A. M.; Barone, C.; Parisi, S.: Traceability in the Dairy Industry in Europe. Cham 2018.

MARQUART ET AL. (2022)

Marquart, M.; Fries, A.; Gnirke, K.: Ferreros böse „Kinder“-Überraschung. Online-Quelle aus dem Jahr 2022. Im Internet unter der URL: „<https://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/ferrero-wusste-schon-seit-dezember-von-salmonellen-in-fabrik-a-73947258-e1ab-4e03-aa50-47d8b9143424>“, Abrufdatum: 21.11.2022.

MEINEL/GAYVORONSKAYA (2020)

Meinel, C.; Gayvoronskaya, T.: Blockchain – Hype oder Innovation. Berlin 2020.

METCALFE (2019)

Metcalf, R.: Food Routes – Growing Bananas in Iceland and Other Tales from the Logistics of Eating. Cambridge 2019.

MIEKE/WIKARSKI (2011)

Mieke, C.; Wikarski, D.: Prozessinnovation und Prozessmanagement. In: Wissenschaftsmanagement, Vol. 5 (2011), S. 38-44.

MILANI ET AL. (2021)

Milani, F.; Garcia-Banuelos, L.; Filipova, S.; Markovska, M.: Modelling blockchain-based business processes: a comparative analysis of BPMN vs CMMN. In: Business Process Management Journal, Vol. 27 (2021), Nr. 2, S. 638-657.

MILLET/SAATY (2000)

Millet, I.; Saaty, T. L.: On the relativity of relative measures – accommodating both rank preservation and rank reversals in the AHP. In: European Journal of Operational Research, Vol. 121 (2000), Nr. 1, S. 205-212.

MORABITO (2017)

Morabito, V.: Business Innovation Through Blockchain. Cham 2017.

MÜHLBACHER/KACZYNSKI (2013)

Mühlbacher, A. C.; Kaczynski, A.: Der Analytic Hierarchy Process (AHP): Eine Methode zur Entscheidungsunterstützung im Gesundheitswesen. PharmacoEconomics - German Research, Vol. 11 (2013), 119–132.

NEUMANN (2019)

Neumann, M.: Verseuchte Wilke-Wurst: Skandal immer verheerender – Experte warnt Verbraucher. Online-Quelle aus dem Jahr 2019. Im Internet unter der URL „<https://www.merkur.de/verbraucher/gesundheitsgefahr-bei-wilke-wurst-skandal-immer-verheerender-experte-warnt-zr-13170271.html>“, Zugriff am 14.05.2022.

NIRANJANAMURTHY ET AL. (2019)

Niranjanamurthy, M.; Nithya, B. N.; Jagannatha, S.: Analysis of blockchain technology: pros, cons, and SWOT. In: Cluster Computing, Vol. 22 (2019), S. 14743-14757.

NITSCHKE/FIGIEL (2016)

Nitsche, B.; Figiel, A.: Zukunftstrends der Lebensmittellogistik – Herausforderungen und Lösungsimpulse. Straube, F. (Hrsg.). Berlin 2016.

OBJECT MANAGEMENT GROUP (2011)

Object Management Group: Business Process Model and Notation (BPMN). Online-Quelle aus dem Jahr 2011. Im Internet unter der URL „<https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/PDF>“, Zugriff am 06.09.2021.

OLSEN/BORIT (2013)

Olsen, P.; Borit, M.: How to define traceability. In: Trends in Food Science & Technology, Vol. 29 (2013), S. 142-150.

OLSEN ET AL. (2019)

Olsen, P.; Borit, M.; Syed, S.: Applications, limitations, costs, and benefits related to the use of blockchain technology in the food industry. Online-Quelle aus dem Jahr 2019. Im Internet unter der URL „<https://nofimaas.sharepoint.com/sites/public/Cristin/Rapport%2004-2019.pdf?ga=1>“, Zugriff am 25.07.2020.

OSSADNIK/LANGE (1999)

Ossadnik, W.; Lange, O.: AHP-based evaluation of AHP-Software. In: European Journal of Operational Research, Vol. 118 (1999), S. 578-588.

OSTROFF (2018)

Ostroff, S.: The Costs of Foodborne Illness, Product Recalls Make the Case for Food Safety Investments. Online-Quelle aus dem Jahr 2018. Im Internet unter der URL „<https://www.foodsafetymagazine.com/magazine-archive1/junejuly-2018/the-costs-of-foodborne-illness-product-recalls-make-the-case-for-food-safety-investments/>“, Zugriff am 14.04.2020.

PAI ET AL. (2018)

Pai, S.; Sevilla, M.; Buvat, J.; Schneider-Maul, R.; Lise, O.; Calvayrac, A.; Karanam, T.; Puttur, R.: Does blockchain hold the key to a new age of supply chain transparency and trust? Online-Quelle aus dem Jahr 2018. Im Internet unter der URL „<https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2018/10/Digital-Blockchain-in-Supply-Chain-Report.pdf>“, Zugriff am 15.04.2020.

PETERS (2008)

Peters, M. L.: Vertrauen in Wertschöpfungspartnerschaften zum Transfer von retentivem Wissen. Dissertation, Universität Duisburg-Essen, Campus Essen, Wiesbaden 2008.

PETERS/ZELEWSKI (2002)

Peters, M. L.; Zelewski, S.: Analytical Hierarchy Process (AHP) – dargestellt am Beispiel der Auswahl von Projektmanagement-Software zum Multiprojektmanagement. Arbeitsbericht Nr. 14, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Essen, Essen 2002.

PETERS/ZELEWSKI (2003)

Peters, M. L.; Zelewski, S.: Fallstudie zur Lösung eines Standortplanungsproblems mit Hilfe des Analytical Hierarchy Process (AHP). Arbeitsbericht Nr. 19, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Duisburg-Essen, Essen 2003.

PETERS/ZELEWSKI (2004)

Peters, M. L.; Zelewski, S.: Möglichkeiten und Grenzen des „Analytic Hierarchy Process“ (AHP) als Verfahren zur Wirtschaftlichkeitsanalyse. In: Zeitschrift für Planung & Unternehmenssteuerung, Vol. 15 (2004), S. 295-324.

PHILIPP ET AL. (2019)

Philipp, R.; Prause, G.; Gerlitz, L.: Blockchain and Smart Contracts for Entrepreneurial Collaboration in Maritime Supply Chains. In: Transport and Telecommunication Journal, Vol. 20 (2019), Nr. 4, S. 365-378.

POLUHA (2010)

Poluha, R. G.: Quintessenz des Supply Chain Managements. Heidelberg u. a. 2010.

PRASAD ET AL. (2018)

Prasad, S.; Shankar, R.; Gupta, R.; Roy, S.: A TISM modeling of critical success factors of blockchain based cloud services. In: Journal of Advances in Management Research, Vol. 15 (2018), Nr. 4, S. 434-456.

ROECK ET AL. (2020)

Roeck, D.; Sternberg, H.; Hofmann, E.: Distributed ledger technology in supply chains: a transaction cost perspective. In: International Journal of Production Research, Vol. 58 (2020), Nr. 7, S. 2124-2141.

ROMEIKE/SPITZNER (2013)

Romeike, F.; Spitzner, J.: Von Szenarioanalyse bis Wargaming. 1. Aufl., Weinheim 2013.

ROPER ET AL. (2011)

Roper, A. T.; Cunningham, S. W.; Porter, A. L.; Mason, T. W.; Rossini, F. A.; Banks, J.: Forecasting and Management of Technology. 2. Aufl., Hoboken 2011.

ROSENCRANCE (2020)

Rosencrance, L.: 7 real-life blockchain in the supply chain use cases and examples. Online-Quelle aus dem Jahr 2020. Im Internet unter der URL „<https://www.techtarget.com/searcherp/feature/4-key-blockchain-in-supply-chain-use-cases-and-examples>“, Zugriff am 12.08.2022.

RUDOLPH/MEISE (2010)

Rudolph, T.; Meise, J. N.: Mehrwert durch Transparenz kommunizieren. In: Marketing Review St. Gallen, Vol. 27 (2010), Nr. 3, S. 15-19.

RYAN (2019)

Ryan, J.: Why Blockchain Will Be Used to Improve Distribution Food Safety, Quality, and Traceability. Online-Quelle aus dem Jahr 2019. Im Internet unter der URL „<https://www.foodsafetymagazine.com/enewsletter/why-blockchain-will-be-used-to-improve-distribution-food-safety-quality-and-traceability/>“, Zugriff am 10.04.2020.

SAATY (1980)

Saaty, T. L.: The Analytic Hierarchy Process. New York u. a. 1980.

SAATY (1994)

Saaty, T. L.: How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. In: Interfaces, Vol. 24 (1994), Nr. 6, S. 19-43.

SAATY (2004)

Saaty, T. L.: Fundamentals of the Analytic Network Process – Multiple Networks with Benefits, Costs, Opportunities and Risks. In: Journal of Systems Science and Systems Engineering, Vol. 13 (2004), Nr. 3, S. 348-379.

SAATY (2006)

Saaty, T. L.: Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process. 2. Aufl., 2. Druck, Pittsburgh 2006.

SAATY (2016)

Saaty, T. L.: Decision Making for Leaders. 3. Aufl., 6. Druck, Pittsburgh 2016.

SAATY/SODENKAMP (2008)

Saaty, T. L.; Sodenkamp, M.: Making decisions in hierarchic and network systems. In: International Journal of Applied Decision Sciences, Vol. 1 (2008), Nr. 1, S. 24-79.

SAATY/SODENKAMP (2010)

Saaty, T. L.; Sodenkamp, M.: The Analytic Hierarchy and Analytic Network Measurement Processes: The Measurement of Intangibles. In: Zopounidis, C.; Pardalos, P. M. (Hrsg.): Handbook of Multicriteria Analysis. Berlin – Heidelberg 2010, S. 91-166.

SAATY/VARGAS (1994)

Saaty, T. L.; Vargas, L. G.: Decision Making in Economic, Political, Social and Technological Environments with the Analytic Hierarchy Process. Pittsburgh 1994.

SABERI ET AL. (2019)

Saberi, S.; Kouhizadeh, M.; Sarkis, J.; Shen, L.: Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. In: International Journal of Production Research, Vol. 57 (2019), Nr. 7, S. 2117-2135.

SARPONG (2014)

Sarpong, S.: Traceability and supply chain complexity: confronting the issues and concerns. In: European Business Review, Vol. 26 (2014), S. 271-284.

SCHMIDT (2012)

Schmidt, G.: Prozessmanagement – Modelle und Methoden. 3. Aufl., Berlin – Heidelberg 2012.

SCHMIDT (2014)

Schmidt, G.: Organisation und Business Analysis – Methoden und Techniken. Gießen 2014.

SCHUG (2016)

Schug, D.: Preventing food fraud. In: Food Engineering, Vol. 88 (2016), S. 109-120.

SCHULZ (2010)

Schulz, E.: Lebensmittel-Rückrufe: Teuer, imageschädigend und nicht immer nötig. Online-Quelle aus dem Jahr 2010. Im Internet unter der URL „<https://www.lto.de/recht/hintergruende/h/lebensmittel-rueckrufe-teuer-imageschaedigend-und-nicht-immer-noetig/>“, Zugriff am 14.04.2020.

SCHÜTTE ET AL. (2017)

Schütte, J.; Fridgen, G.; Prinz, W.; Rose, T.; Urbrach, N.; Hoeren, T.; Guggenberger, N.; Wenzel, C.; Holly, S.; Schulte, A.; Sprenger, P.; Schwede, C.; Weimert, B.; Otto, B.; Dalheimer, M.; Wenzel, M.; Kreutzer, M.; Fritz, M.; Leiner, U.; Nouak, A.: Blockchain und Smart Contracts – Technologien, Forschungsfragen und Anwendungen. Online-Quelle aus dem Jahr 2017. Im Internet unter der URL „https://www.sit.fraunhofer.de/fileadmin/dokumente/studien_und_technical_reports/Fraunhofer-Positionspapier_Blockchain-und-Smart-Contracts.pdf?_=1516641660“, Zugriff am 03.09.2021.

SEAGER ET AL. (2007)

Seager, T. P.; Lambert, J. H.; Gardner, K. H.: Fostering Innovation in Contaminated Sediments Management Through Multicriteria Technology Assessment and Public Participation. In: Risk Analysis, Vol. 27 (2007), Nr. 4, S. 1043-1052.

SHACKLETT (2017)

Shacklett, M.: Enhancing Visibility and Quality throughout the food supply chain. Online-Quelle aus dem Jahr 2017. Im Internet unter der URL „<https://www.foodlogistics.com/safety/article/12305903/enhancing-visibility-and-quality-throughout-the-food-supply-chain>“, Zugriff am 10.11.2022.

SHAW/BEASLEY (2016)

Shaw, J.; Beasley, M.: Improved Cold Chain Management is Key to Reducing Food Loss. Online-Quelle aus dem Jahr 2016. Im Internet unter der URL „<https://www.foodlogistics.com/transportation/cold-chain/article/12258421/improved-cold-chain-management-is-key-to-reducing-food-loss-october-2016-cool-insights>“, Zugriff am 10.11.2022.

SKWAREK (2019)

Skwarek, V.: Eine kurze Geschichte der Blockchain. In: Informatik Spektrum, Vol. 42 (2019), Nr. 3, S. 161-165.

SOMMER (2007)

Sommer, P.: Umweltfokussiertes Supply Chain Management. Dissertation, Internationales Hochschulinstitut (IHI) Zittau, Wiesbaden 2007.

SOMMER/WITTROCK (2011)

Sommer, S.; Wittrock, O.: Wie Unternehmen Rückrufaktionen standhalten. Online-Quelle aus dem Jahr 2011. Im Internet unter der URL „<https://www.impulse.de/finanzen-vorsorge/wie-unternehmen-ruckrufaktionen-standhalten/1023253.html>“, Zugriff am 14.04.2020.

STATISTA (2022)

Statista: Size of the blockchain technology market worldwide from 2018 to 2025. Online-Quelle aus dem Jahr 2022. Im Internet unter der URL „<https://www.statista.com/statistics/647231/worldwide-blockchain-technology-market-size/>“, Zugriff am 03.06.2022.

STERNBERG ET AL. (2021)

Sternberg, H. S.; Hofmann, E.; Roeck, D.: The Struggle is Real: Insights from a Supply Chain Blockchain Case. In: Journal of Business Logistics, Vol. 42 (2021), S. 71–87.

STRASSNER (2005)

Strassner, M.: RFID im Supply Chain Management. Dissertation, Universität St. Gallen, Wiesbaden 2005.

TAN ET AL. (2018)

Tan, A.; Xuan, D. T.; Cottrill, K.: Is blockchain the missing link in the Halal supply chain? In: Supply Chain Management Review, Vol. 22 (2018), S. 6-8.

TELLING (2022)

Telling, O.: Can blockchain smooth global supply chains? Online-Quelle aus dem Jahr 2022. Im Internet unter der URL „<https://www.ft.com/content/0064e0a2-2210-45de-b366-b0439cb575a2>“, Zugriff am 03.06.2022.

TERPITZ (2019)

Terpitz, K.: Bei Wilke soll ein „Klima der Angst“ geherrscht haben. Online-Quelle aus dem Jahr 2019. Im Internet unter der URL „<https://www.handelsblatt.com/unternehmen/mittelstand/familienunternehmer/fleischskandal-bei-wilke-wurst-soll-ein-klima-der-angst-geherrscht-haben/25098756.html>“, Zugriff am 15.05.2022.

THOMASSON (2019)

Thomasson, E.: Carrefour says blockchain tracking boosting sales of some products. Online-Quelle aus dem Jahr 2019. Im Internet unter der URL „<https://www.reuters.com/article/us-carrefour-blockchain-idUSKCN1T42A5>“, Zugriff am 30.05.2020.

TIAN (2018)

Tian, F.: An information System for Food Safety Monitoring in Supply Chains based on HACCP, Blockchain and Internet of Things. Dissertation, Wirtschaftsuniversität Wien, Wien 2018.

TRIANTAPHYLLOU (2000)

Triantaphyllou, E.: Multi-Criteria Decision-Making Methods: A Comparative Study. Dordrecht 2000.

TRIPOLI/SCHMIDHUBER (2018)

Tripoli, M.; Schmidhuber, J.: Emerging Opportunities for the Application of Blockchain in the Agri-food Industry. FAO und ICTSD (Hrsg.). Rom – Genf 2018.

VON BLAZEKOVIC (2019)

von Blazekovic, J.: Eine Blockchain für den Schwarzen Seehecht. Online-Quelle aus dem Jahr 2019. Im Internet unter der URL „<https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/digitec/so-funktionieren-lieferketten-auf-der-blockchain-16431248.html>“, Zugriff am 10.04.2020.

WANNENWETSCH (2021)

Wannenwetsch, H.: Integrierte Materialwirtschaft, Logistik, Beschaffung und Produktion. 6. Aufl., Berlin 2021.

WEBER (1993)

Weber, K.: Mehrkriterielle Entscheidungen. München – Wien 1993.

WEBER (1995)

Weber, K.: AHP-Analyse. In: Zeitschrift für Planung, Vol. 6 (1995), S. 185-195.

WERNER (2017)

Werner, H.: Supply Chain Management. 6. Aufl., Wiesbaden 2017.

WERNER ET AL. (2020)

Werner, J.; Mandel, P.; Zarnekow, R.: Auswahlprozess für den Blockchain-Einsatz. In: Fill, H.-G.; Meier, A. (Hrsg.): Blockchain. Wiesbaden 2020, S. 21-38.

WIJNMALEN (2007)

Wijnmalen, D. J. D.: Analysis of benefits, opportunities, costs, and risks (BOCR) with the AHP–ANP: A critical validation. In: Mathematical and Computer Modelling, Vol. 46 (2007), S. 892-905.

WILDHABER (2016)

Wildhaber, B.: Kann man Blockchains vertrauen? In: Burgwinkel, D. (Hrsg.): Blockchain Technology. Berlin – Boston 2016, S. 149-157.

WINZER/GOLDSCHMIDT (2015)

Winzer, P.; Goldschmidt, S.: Nachhaltigkeitsmarketing in Lebensmittelindustrie und -handel am Praxisbeispiel der EDEKA-Gruppe. In: UmweltWirtschaftsForum, Vol. 23 (2015), S. 289-298.

XU ET AL. (2019)

Xu, X.; Lu, Q.; Liu, Y.; Zhu, L.; Yao, H.; Vasilakos, A. V.: Designing blockchain-based applications a case study for imported product traceability. In: Future Generation Computer Systems, Vol. 92 (2019), S. 399-406.

YAP/NIXON (2015)

Yap, H. Y.; Nixon, J. D.: A multi-criteria analysis of options for energy recovery from municipal solid waste in India and the UK. In: Waste Management, Vol. 46 (2015), S. 265-277.

YUWONO (2019)

Yuwono, J.: Palm Oil Blockchain: Traceability and Sustainability in Palm Oil Industry. Online-Quelle aus dem Jahr 2019. Im Internet unter der URL „<https://www.linkedin.com/pulse/palm-oil-blockchain-traceability-sustainability-industry-joko-yuwono>“, Zugriff am 06.02.2023.

ZELEWSKI/PETERS (2006)

Zelewski, S.; Peters, M. L.: Multikriterielle Wirtschaftlichkeitsanalysen mithilfe des Analytic Hierarchy Process. In: Das Wirtschaftsstudium, Vol. 35 (2006), Nr. 8/9, S. 1069-1075 u. 1121.

ZHENG ET AL. (2018)

Zheng, Z.; Xie, S.; Dai, H.-N.; Chen, X.; Wang, H.: Blockchain challenges and opportunities: a survey. In: International Journal of Web and Grid Services, Vol. 14 (2018), Nr. 4, S. 352-375.

Anhang

Anhang-1: Interviewtranskripte¹

Anhang-1.1: Interview A

Interviewpartner: Kunde, E.

Durchgeführt am: 24.07.2019

Fragen zur Person

Können Sie sich bitte kurz vorstellen? Was zählt derzeit zu Ihrem beruflichen Aufgabenbereich?

Mein Name ist Elke Kunde. Ich bin IT-Architect bei IBM und agiere dort seit über 3 Jahren als Blockchain Technical Focalpoint für IBM DACH (Deutschland, Österreich und Schweiz).

Zu meinem beruflichen Aufgabenbereich zählen Vorträge zur Blockchain-Technologie und die Teilnahme an Konferenzen sowie Kundenworkshops. Zudem initiiere ich neue Projekte, indem ich mit Kunden über Anwendungsfälle diskutiere, diese dann priorisiere und an die Kollegen im Service übergebe. Darüber hinaus vertrete ich IBM Deutschland als Expertin in dem Blockchain-Standardisierungsgremium ISO/TC 307 „Blockchain and Electronic Distributed Ledger Technologies“ und dem DIN-Normenausschuss Informationstechnik und Anwendungen (NIA) NA 043 „Blockchain und Technologien für verteilte elektronische Journale“.

¹ Wie in Kapitel 1.5 zu den verwendeten Arbeitstechniken bereits ausgeführt, wurden die Interviews für eine bessere Lesbarkeit und ein besseres Verständnis der Kernaussagen aufbereitet, sodass hier auf eine wortwörtliche Transkription verzichtet wurde.

Haben Sie sich bereits mit der Blockchain-Technologie und/oder dem Supply Chain Management im Lebensmittelbereich befasst?

Ich habe mich sowohl mit der Blockchain-Technologie als auch mit dem Supply Chain Management im Lebensmittelbereich befasst. Ich vertrete die Blockchain-Anwendungen von IBM für Supply Chains im Lebensmittelbereich auf Messen und halte Vorträge zu diesem Thema. Des Weiteren habe ich an Sitzungen von Arbeitskreisen teilgenommen, die sich mit Blockchain-Lösungen und dem Lebensmittelbereich befassten.

Fragen zu den Potenzialen der Blockchain-Technologie**Welche Geschäftsprozesse im Supply Chain Management betrachten Sie als kritisch? Wie könnte die Blockchain-Technologie Unternehmen helfen, kritische Prozesse zu optimieren?**

Blockchains können Prozesse in der Supply Chain auf vielfältige Weise verbessern. Die Blockchain-Technologie bietet Unternehmen die Möglichkeit, die Kenntnisse über die Funktionsweise der Supply Chain zu erweitern. Unternehmen können durch Blockchain-Lösungen verstehen, wie lange ein Lebensmittel in der Supply Chain unterwegs ist, wo es verkauft wird und wie die Verteilung der Nachfrage aussieht. Dies erlaubt eine Optimierung der Supply Chain mit dem Ziel, dass Lebensmittel in einem besseren Zustand in den Handel gelangen und dort von den Kunden gekauft werden können. Auch ermöglichen umfangreichere Kenntnisse über die eigene Supply Chain eine Reduzierung von Lebensmittelverschwendung und Abfällen. Denn ist die Herkunft von Lebensmitteln oder Zutaten unklar, können diese nicht weiterverarbeitet oder verkauft werden.

Im Vergleich zu Geschäftsprozessen auf Basis von klassischen Datenbanken können Blockchain-Anwendungen die Zusammenarbeit zwischen Unternehmen verbessern, indem Blockchains als Klammer für mehrere Datenbanken verschiedener Unternehmen verwendet werden. Zum Beispiel muss jedes Unternehmen bereits über eine Bestandsführung verfügen, jedoch wird diese Bestandsführung nicht notwendigerweise zusammen mit anderen Unternehmen in einer gemeinsamen Datenbank geführt. Es gibt Blockchain-Arten, die die Daten aus dem Datenpool einzelner Akteure nehmen und in eine gemeinsame Blockchain überführen können, sodass die Daten für die am Produkt oder Prozess beteiligten Akteure sichtbar sind. Zudem bieten Blockchains gegenüber klassischen Datenbanken einen höheren Schutz vor

Manipulation und Betrugsfällen. Datenbanken benötigen Administratoren, die unter anderem für die Erstellung von Backups zuständig sind. Dies bedeutet allerdings auch, dass die Daten an dieser Stelle von einer Person geändert werden können, ohne dass es andere Akteure mitbekommen. Bei einer Blockchain ist erkennbar, wann ein Akteur welche Daten eingegeben hat. Es besteht somit die Sicherheit, dass die Daten nicht von einzelnen Personen unbemerkt manipuliert werden können. Es existiert daher eine Historiendokumentation, sodass bei falschen Daten wie in der Buchhaltung eine Korrekturbuchung vorgenommen werden kann. Dadurch entsteht ein größeres Vertrauen zwischen den beteiligten Akteuren. Zwar ist eine gemeinsame Datenbank von mehreren Akteuren bereits technisch möglich gewesen, jedoch meist nur dann, wenn das Vertrauen zwischen den beteiligten Akteuren bereits vorhanden ist. Blockchains können auch dann als gemeinsame Datenbank eingesetzt werden, wenn Vertrauen zwischen Unternehmen nicht vorhanden ist. Darüber hinaus verfügt die Blockchain-Technologie durch die Historiendokumentation und Unveränderlichkeit sowie die dezentrale Datenhaltung über den Vorteil, dass Daten selbst dann erreichbar sind, wenn ein Server ausfällt und das Backup nicht verfügbar ist.

Ein weiterer Aspekt zur Geschäftsprozessoptimierung durch die Blockchain-Technologie sind Automatisierungskomponenten, sogenannte Smart Contracts, die zuvor festgelegte Prozessschritte in Wenn-Dann-Bedingungen automatisch ausführen. Diese lassen keine Abweichungen zu, sodass jeder Akteur die Abläufe kennt. Somit ist sichergestellt, dass die Abläufe eingehalten werden und alle Akteure die Funktionsweise der Abläufe kennen.

Welche Anwendungsmöglichkeiten können Sie sich für die Blockchain-Technologie im Lebensmittelbereich vorstellen? Wie könnte die Blockchain-Technologie Ihrer Meinung nach zu einer Verbesserung der Rückverfolgbarkeit von Lebensmitteln beitragen?

Anwendungsmöglichkeiten bieten sich unter anderem bei der Sicherheit von Lebensmitteln, wenn Rückrufaktionen notwendig sind. Jeder lebensmittelverarbeitende Betrieb muss in der Lage sein, nachweisen zu können, von welchen Akteuren seine Zutaten stammen und wer seine weiterverarbeiteten Lebensmittel erhält. Es muss somit die Rückverfolgung für jeweils eine Station vor und eine Station nach dem eigenen Betrieb gewährleistet sein. Allerdings gibt es keine Betrachtung solcher notwendigen Daten über die komplette Supply Chain vom Anfang bis zum Ende. Die Ermittlung der von einem Rückruf betroffenen Chargen erfolgt daher noch teilweise manuell, sodass bei einem Rückruf die Ermittlung der betroffenen Chargen

problematisch sein kann. Blockchains könnten Geschäftsprozesse in einer Supply Chain insofern optimieren, dass die Geschäftsprozesse transparenter werden und eine bessere Verfügbarkeit von Informationen zu den Lebensmitteln erreicht wird. Dadurch könnten Fragen zur Herkunft und zum weiteren Weg der Lebensmittel schneller und leichter beantwortet werden.

Wie kann die Blockchain-Technologie zur Einsparung von Kosten im Supply Chain Management genutzt werden?

In vielen Prozessen, gerade in der Supply Chain, können Kosten eingespart werden, indem eine Digitalisierung von Dokumenten durchgeführt wird, sodass keine Medienbrüche existieren und nicht Papier von Person zu Person transportiert werden muss. So hat MAERSK den Weg eines Containers verfolgt, der Avocados von Kenia nach Rotterdam transportiert. Dabei wurde festgestellt, dass im Prozess dieses Containers mit einer relativ einfachen Ladung bereits 30 Firmen mit 120 Menschen involviert sind sowie 200 Informationsaustausche stattfinden. Alles wurde mit Papier durchgeführt, da dort keine digitale Durchdringung vorhanden war. Und allein dieses Durchführen der Prozesse mit Papier ist sehr kostenintensiv. Bereits durch das Digitalisieren, indem eine elektronische Kopie angefertigt und auf die Blockchain gespeichert wird, können Kosten eingespart werden. So reduzieren sich die Kosten für den Transport von Papier und Dokumente lassen sich schneller freigeben sowie frühzeitig bereitstellen. Ein bekanntes Beispiel hierfür ist die Verzollung. Der Zoll muss sich auch auf Basis der vorliegenden Dokumente überlegen, ob ein Container überprüft werden soll. Wenn der Zoll bereits Tage vor Ankunft über den Inhalt des Containers informiert ist, kann ein Prüfplan erstellt werden. Oft stoppt auch ein Transport, weil die zugehörigen Papiere noch nicht vorhanden oder verloren gegangen sind. Diese Verzögerungen verursachen ebenfalls Kosten. In Supply Chains, die den Transfer vieler Dokumente erfordern, versprechen Blockchains einen schnellen Erfolg. Insbesondere in diesem Bereich sind daher viele Anwendungsfälle zu beobachten, ob es nun der Container-Transport bei *TradeLens* ist oder sichere Lebensmittel bei *IBM Food Trust*. Akteure in einer Supply Chain im Lebensmittelbereich können wichtige Dokumente über Blockchains bereitstellen und nachweisen. Ein weiteres Beispiel für diesen Anwendungsfall ist der Kreditprozess bei Außenhandelsfinanzierungen. Auch dort ist der Prozess auf Grund der Papierdokumentation sehr teuer. Die Digitalisierung von Papierdokumentation ist ein überaus beliebter und anerkannter Anwendungsfall, der in kurzer Zeit einen hohen Nutzen generiert.

Außerdem ist Papier anfällig für Fälschungen und Zertifikate auf Papier sind oftmals nicht lesbar, sodass Rückfragen und Unklarheiten auftreten können. Zudem kann bei Zertifikaten auch nicht immer die Echtheit auf der Papierebene überprüft werden. Blockchains bieten dagegen die Möglichkeit, dass stets einsehbar ist, wer etwas hochgeladen hat und wer der Ansprechpartner bei Rückfragen ist. Eine Blockchain kann auch die kryptographische Quersumme von einem Dokument (sog. Hash) ermitteln und diesen Hash in einem Document Store speichern. Speicherort und Hash werden in einer Blockchain festgehalten. Die nächste Partei, die dieses Dokument aus diesem Document Store lädt, kann diesen Hash dann selbst in ihren Anwendungen ermitteln und ihn mit dem aus der Blockchain vergleichen. Somit ist die Gewissheit gegeben, dass es sich um dasselbe Dokument handelt.

Eine höhere Transparenz in der Supply Chain bietet ebenfalls Potenzial für Kosteneinsparungen, wie am Beispiel WALMART zu sehen ist. Zur Durchführung einer Rückverfolgung muss häufig die gesamte Supply Chain abgelaufen werden. Die entsprechenden Daten sind zwar in der Regel vorhanden, aber der Prozess ist zeit- und kostenintensiv, da sehr viele manuelle Vorgänge getätigt werden müssen. Ein ähnlicher Anwendungsfall besteht seit 2016 bei IBM, und zwar über die zu IBM GLOBAL FINANCING gehörende Finanzierungsorganisation IBM DEUTSCHLAND KREDITBANK GMBH. Hier ergab sich das Problem, dass ein Vertriebspartner eine Teilzahlungsrechnung erhalten hat, aber die Ware noch nicht. Wenn IBM selbst Ware geliefert hat, konnte der Vorgang über die eigenen Datenbanken überprüft werden. Wenn aber Ware von einem Vertriebspartner ausgeliefert wurde, musste IBM umständlich manuell nachforschen. Es hat im Durchschnitt 44 Tage gedauert, bis eine Reklamation erfolgreich bearbeitet und erledigt wurde. Dies führt natürlich bei einer Finanzierungsorganisation dazu, dass das Kreditlimit eingefroren ist, da das entsprechende Geld nicht zwei Mal verliehen werden kann. Mit Hilfe einer Schatten-Blockchain, die nicht als führendes System eingesetzt wurde, konnte hier Abhilfe geschaffen werden. IBM hat eine Finanzierungstransaktion als Datenmodell gebaut und bei den beteiligten Herstellern und Vertriebspartnern Kollektoren geschrieben, um deren Systeme anzubinden, sodass bei einer Finanzierungstransaktion alle Daten zu dieser Finanzierungstransaktion in einer Schatten-Blockchain von einem Finanzierungsvorgang hochgeladen werden. Wenn ein Vertriebspartner nun nach seiner Ware fragt, kann dieser sich über diese Schatten-Blockchain informieren. Daraus resultiert ein Rückgang der Reklamationen, und wenn eine Reklamation eröffnet wird, dauert es durchschnittlich nur noch 11 Tage, diese zu bearbeiten. Eine Einbindung der Blockchain-Technologie hat sich somit bezahlt gemacht.

Die Blockchain läuft im Hintergrund mit und schafft sowohl Transparenz als auch Effizienz bei einem bestimmten Geschäftsprozess.

Welche Daten auf der Blockchain gespeichert werden, kommt auf den Anwendungsfall an. Es gilt natürlich auch, Regeln umzusetzen, unter anderem die der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO), sodass mit Daten nur sehr bewusst und sparsam umgegangen werden sollte. Des Weiteren eignet sich nicht jeder Anwendungsfall dazu, dass alle Daten auf eine Blockchain gespeichert werden. Zum Beispiel können Zertifikate als PDF die Größe mehrerer Megabyte erreichen. Das Ziel der Blockchain-Anwendungen von IBM ist jedoch, die Transaktionen so klein wie möglich zu halten und die Dokumente, die nicht mehr auf einer Blockchain benötigt werden, zu archivieren und von der entsprechenden Blockchain zu löschen.

Können Sie sich neue Geschäftsmodelle auf Basis der Blockchain-Technologie im Lebensmittelbereich vorstellen?

Neue Geschäftsmodelle sind denkbar. Denn Blockchains können über Smart Contracts die Prozesse nicht nur anstoßen, sondern auch automatisieren, und die Akteure erhalten in relativ kurzer Zeit die finale Rückmeldung, ob die Transaktion stattgefunden hat. Dadurch lassen sich die Prozesse ganz anders gestalten. So wird es beispielsweise möglich, dass Akteure unmittelbar bei der Bestellung digital bezahlen können und auf diese Weise eine direkte Finalität erhalten. Dies ist deutlich schneller, als wenn beispielsweise bei PAYPAL eine Transaktion in Auftrag gegeben wird und PAYPAL als Bürgschaft bei einem Ausfall einspringen muss. Zwar ist ein kompletter Wegfall von Intermediären unwahrscheinlich, jedoch würden bestimmte Aufgaben weniger oder gar keine Intermediäre benötigen, da Intermediäre durch Smart Contracts ersetzt werden.

Ferner lassen sich mit Blockchains neue Ökosysteme aufbauen. So hat es sich zum Beispiel die PLASTIC BANK, ein For-Profit-Sozialunternehmen, zur Aufgabe gemacht, Plastikmüll aus den Meeren fernzuhalten, indem an Personen Prämien ausgezahlt werden, wenn diese an den Flussufern und Stränden Plastikmüll einsammeln. Diese Maßnahme wird überwiegend in ärmeren Regionen wie Haiti oder Teilen Indonesiens durchgeführt. Somit wird den Personen ein Anreiz gegeben, Plastikmüll zu sammeln. In Filialen der PLASTIC BANK könnten diese Personen den Plastikmüll gegen digitales Guthaben eintauschen. Auch in solchen Regionen besitzen die meisten Personen ein Smartphone, mit dem sie mittels des digitalen Guthabens

Dinge des persönlichen Bedarfs kaufen können. Der Versuch, einen Anreiz durch Bargeld zu liefern, hat sich auf Haiti nicht bewährt, denn Bargeld hat den Nachteil, dass sowohl die Filiale als auch die Person selbst zum Ziel von Angriffen werden können. PLASTIC BANK versucht es daher mit Blockchain-Token. Die PLASTIC BANK hat dadurch einen Nachweis über die Mengen an Plastikmüll und dessen Herkunft. Dieser Plastikmüll wird von der PLASTIC BANK recycelt und an Unternehmen in Europa und den USA mit einem Aufpreis als Social Plastic verkauft. Beteiligte Unternehmen können dann damit werben, dass sie wiederverwertetes Plastik verwenden. In Deutschland beteiligen sich unter anderem HENKEL und ALDI an Social Plastic. So entstand ein ganz neues Ökosystem für Kreislaufwirtschaft. Blockchains könnten also in einem Ökosystem verwendet werden, um Mengen nachzuweisen und Leuten mit digitalen Guthaben sicheres Geld zur Verfügung zu stellen.

Welche Anforderungen und Bedürfnisse müssen Ihrer Ansicht nach für eine erfolgreiche Nutzung/Implementierung der Blockchain-Technologie erfüllt sein?

Unternehmen fordern Sicherheit bezüglich der Daten, die sie zur Verfügung stellen. Zudem agieren sie am Markt und wollen ihre Preise und Mengen nur ungern lesbar der Konkurrenz zur Verfügung stellen. Daher wird ein gewisses Maß an Sicherheit für Daten benötigt. Allerdings haben Unternehmen durchaus verstanden, dass durch eine gemeinsame Abwicklung von Prozessen auf einer Plattform auch an Effizienz gewonnen werden kann. Zu beachten ist dabei aber, dass verschiedene Arten von Blockchains existieren, weshalb sich Unternehmen überlegen müssen, welche Ziele erreicht werden sollen und mit welchem Blockchain-Konzept sich diese Ziele am besten erreichen lassen. So können im Lebensmittelbereich private Blockchains verwendet und dem Kunden verschiedene Daten zur Supply Chain des Lebensmittels über einen QR-Code zugänglich gemacht werden.

Auch der Anbindungsaufwand ist von hoher Bedeutung. Wenn sich ein Unternehmen an einer Blockchain-Anwendung beteiligt, dann nutzt es in der Regel schon eine bestehende Anwendung für Daten. Insbesondere im Lebensmittelbereich müssen sehr viele Daten gesammelt werden. Diese sind häufig bereits elektronisch vorhanden. Würde eine Blockchain-Anwendung eine erneute Erfassung solcher Daten benötigen, wäre das wenig erfolgsversprechend und Unternehmen würden sich wohl kaum beteiligen. Wichtig ist daher, dass gewisse Anbindungsstandards technischer und inhaltlicher Art vorhanden sind und eine Anbindung der bestehenden Daten an die Blockchain möglich ist. *IBM Food Trust* verwendet GS1-Standards,

da diese in der Lebensmittelbranche besonders weit verbreitet sind. Dementsprechend besitzen viele Unternehmen Daten in diesem Format oder können diese sehr leicht liefern. Daher gilt, wenn es sich um keinen komplett neuen Prozess handelt, sollten bestehende Standards berücksichtigt werden, um möglichst viele Anwender zu finden, die bei einer Blockchain-Lösung mitmachen wollen. Der Anbindungsaufwand muss deshalb möglichst geringgehalten werden.

Welche Akteure (z. B. Einzelhandel, Hersteller etc.) sind für eine Implementierung der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management zuständig?

Eine Implementierung der Blockchain-Technologie ist freiwillig. Kein Unternehmen sollte gezwungen werden. Stattdessen sollte sich ein Unternehmen Gedanken machen, was es erreichen und durchsetzen will. So möchte sich WALMART durch die bessere Kontrolle über die eigenen Supply Chains gegenüber den anderen Lebensmitteleinzelhändlern abheben. WALMART hatte in der Vergangenheit umfangreichere Rückrufe, weshalb die Idee entstand, die Rückverfolgung auf Basis einer Blockchain durchzuführen. Bisher war es so, dass bei einem unklaren Problemfall alle Lebensmittel, die verdächtige Zutaten enthielten, aus den Regalen genommen oder vernichtet werden mussten, bis der Problemfall und die betroffenen Lebensmittel ermittelt waren. Dieser Vorgang war für WALMART extrem teuer. In den USA empfahl zudem die U. S. FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA), dass bei grünblättrigem Gemüse eine besondere Überwachung der Supply Chain erforderlich ist. WALMART hat diese Empfehlung als Anlass genommen, die Blockchain-Technologie in den Supply Chains einzuführen. Die Hürden für eine Blockchain-Anwendung sind im Fall von *IBM Food Trust* nicht sehr hoch, da auch im Ökosystem von WALMART die GS1-Standards verwendet werden.

Bei der Implementierung von Blockchain-Lösungen in den Supply Chains ist immer eine „Koalition der Willigen“ erforderlich, deren Mitglieder mitziehen und eine Blockchain-Lösung implementieren wollen. Von Vorteil ist hier ein großes und etabliertes Unternehmen als Zugpferd. Unternehmen reagieren bei einer neuen Technologie zunächst oft abwartend und analysieren, ob sie von einer neuen Technologie betroffen sind. Als MAERSK eine Pressemitteilung zu *TradeLens* veröffentlicht hat, kam von vielen Logistikern die Meldung, dass sie ebenfalls mit Blockchains arbeiten. Wenn eine kritische Masse erreicht wird oder nach dem Zugpferd ein weiterer großer Name aufspringt, dann entsteht ein Momentum, sodass sich dann einige bis viele Akteure für eine Implementierung interessieren. Dies ist dann ein freiwilliger

Vorgang, bei dem jeder Akteur überprüft, ob er mit einer derartigen Blockchain-Lösung besser aufgestellt ist und sich beteiligen möchte.

In anderen Branchen sind solche Entwicklungen eher untypisch. Transparenz ist ein Geschäft, Intransparenz aber auch. Ein Beispiel hierfür ist der Bereich Digital Advertising: Oft ist gar nicht erkennbar, wer was ausführt, und ob das Marketingbudget wirklich wie gewünscht eingesetzt wird und wie viele Ineffizienzen bestehen. IBM hat zusammen mit MEDIAOCEAN eine Anwendung aufgesetzt, mit der ein Kunde sozusagen digitale Anzeigen aufgeben kann. Über die Blockchain ist dann nachverfolgbar, wer und wie mit dem Marketingbudget arbeitet und wie effektiv, hier zum Beispiel gemessen an den Clicks. Bei dieser Anwendung agieren noch nicht viele Akteure, da durch die Schaffung von Transparenz auch einiges zu verlieren ist.

Eine weitere Motivation für eine Implementierung einer Blockchain-Anwendung sind politische Vorgaben. Ein Regulator kann durch neue Anforderungen eine Implementierung erforderlich machen. Eine Regulierungsstelle sitzt am längeren Hebel. Daher wird in der Regel schon auf eine Empfehlung hin mehr Transparenz etabliert, um für künftige Gesetze vorbereitet zu sein.

Die Verteilung von Verantwortung in einer Blockchain kommt auch auf den Anwendungsfall an. Es gibt sehr viele unterschiedliche Möglichkeiten, die Verantwortung zu verteilen. Das geschieht unter Berücksichtigung verschiedener Aspekte. Bei *IBM Food Trust* ist die Verantwortlichkeit folgendermaßen geregelt: Wer Daten auf *IBM Food Trust* hochlädt, dem gehören die Daten, die in die Blockchain gespeichert werden, weiterhin, und derjenige muss auch bei der Implementierung eingebunden werden. IBM hat zudem bei *IBM Food Trust* einen Kundenbeirat gegründet, in dem die großen Ankerkunden vertreten sind. IBM geht so vor, dass zunächst ein Minimum Viable Product abgebildet und auch ein Minimum Viable Ecosystem bestimmt wird. Es wird geklärt, welche Rollen benötigt werden, um einen Geschäftsprozess in diesem Blockchain-System abarbeiten zu können. Es wird klassifiziert, wer Core und wer Supporting ist. Für die Governance bei einer Blockchain ist für IBM demnach bestimmend, wem die Daten gehören, die prozessiert werden. Wer Daten einspeichert, ist auch für den Schutz der Daten zuständig und muss daher eingebunden werden.

Generell ist festzustellen: Es gibt nicht eine Lösung, sondern es ist stets eine genauere Betrachtung der Notwendigkeiten erforderlich. Bei einem Produkt wie *IBM Food Trust*, dem die

Kunden beitreten, besteht die Möglichkeit, dass der Akteur selbst beim Hochladen anhand von Berechtigungsstufen bestimmen kann, wer die Daten sehen darf. Beispiele für solche Berechtigungsstufen sind unter anderem, dass nur bestimmte Unternehmen Zugriff haben, die ebenfalls auf der Plattform sind, oder dass jeder Akteur in der Supply Chain Zugriff auf die Daten erhält, der das Produkt verwendet. Bei Zertifikaten oder Dokumenten kann auch eine Eingrenzung vorgenommen werden, wer Einsicht nehmen darf. Bei *TradeLens* wird beispielsweise ein vorgeschriebener Prozess betrachtet. Hier wird die Governance, also wer welche Rechte hat, in der Produktbeschreibung getroffen. Es gibt aber auch unterzentrische Netzwerke, in denen die Partei, die die Entwicklungskosten trägt und andere Akteure einlädt, die Standards setzt und die Verteilung der Rechte innehat.

Letztlich ist die Governance immer ein schwieriges Thema in Projekten mit der Blockchain-Technologie. Private permissioned Blockchain bedeutet zwar, dass Unternehmen alles selbst festlegen können, sie hat aber zugleich den Nachteil, dass diese eigenständig ein Konzept überlegen und dieses definieren müssen. Das ist bei derartigen Projekten der schwierigere Teil. Die Technologie selbst ist selten der Grund, dass ein Blockchain-Projekt scheitert, die Akteure also nicht mit der Technologie zurechtkommen oder ein Anwendungsfall nicht zur Technologie passt. Meist liegt der Grund des Scheiterns an Governance-Themen, d. h., wie motiviere ich die Teilnehmer so, dass sie sich weiterhin beteiligen und mitmachen. Wenn Teilnehmer hinzukommen, verschieben sich die Nutzenanteile der einzelnen Teilnehmer, sodass das Governance-Modell immer wieder überprüft und neu abgestimmt werden muss. Wenn ein Teilnehmer keinen Nutzen mehr aus dem Projekt oder der Anwendung ziehen kann, dann steigt er aus. Dementsprechend gibt es keinen endgültigen oder fertigen Zustand, das Thema muss immer wieder neu behandelt werden, auch deswegen, da Blockchains eine freiwillige Zusammenarbeit erfordern. Es kommt immer auf den Anwendungsfall und die beteiligten Akteure an.

Welche Chancen und Risiken sehen Sie bei der Blockchain-Technologie, die eine Nutzung der Technologie im Supply Chain Management verhindern oder vorantreiben könnten?

Rechtsfragen könnten nur bei bestimmten Blockchains ein großes Risiko darstellen. So nutzen Blockchain-Anwendungen, die public und permissionless sind, in der Regel Pseudonyme. Dies ist gerade bei stark regulierten Bereichen in der Wirtschaft problematisch, z. B. dem

Bankwesen. In solchen Bereichen sind genaue Informationen erforderlich, z. B. über den Kunden. In diesem Fall ist aber weniger der Rechtsrahmen das Problem, es könnte auch die falsche Blockchain-Anwendung für den Anwendungsfall ausgewählt worden sein. Denn auch bei Blockchains kann mit Identitäten und im rechtlichen Rahmen gearbeitet werden.

Des Weiteren sind Smart Contracts entgegen mancher Aussagen nicht rechtlich bindend, über die rechtliche Bindung entscheidet die Gerichtsbarkeit des Landes, in dem der Fall nach den dort gültigen Gesetzen vorgetragen wird. Allerdings gilt dies nicht nur bei Blockchains, bei jeglichem Handel über Ländergrenzen hinweg bestehen höchst unterschiedliche Rechte und Regelungen. Davon sind Blockchains vielleicht in besonderem Maße betroffen, da die Blockchain-Technologie den Anspruch hat, nur digital und hochautomatisiert zu arbeiten. Eine sinnvolle Vorgehensweise ist, in der Blockchain einen Gerichtsstand zu vereinbaren, sodass alle Arbeiten nach festgelegten Regeln und Gesetzen erfolgen, z. B. nach den Gesetzen der Bundesrepublik Deutschland. Zudem arbeitet die INTERNATIONALE ORGANISATION FÜR NORMUNG (ISO) an einem Projekt zur Rechtsbindung von Smart Contracts. Dabei wird überprüft, welche rechtlichen Anforderungen erfüllt werden müssen, um daraus ein Datenmodell zu erstellen. Dieses Modell dient als Checkliste, was bei einer weltweiten oder länderübergreifenden Implementierung einer Blockchain beachtet werden muss. Auf diese Weise lassen sich bereits im Vorfeld die rechtlichen Sorgfaltspflichten erfüllen, um rechtliche Risiken zu minimieren.

Frage zum Abschluss

Möchten Sie noch etwas ergänzen, das aus Ihrer Sicht für das Thema wichtig ist und berücksichtigt werden sollte?

Es gibt nicht die eine Blockchain, sondern eine Vielzahl verschiedener Blockchains mit unterschiedlichen Eigenschaften. Blockchains teilen sich zwar einen gemeinsamen Kern, aber um diesen Kern herum besteht eine große Vielfalt, da sich auch nicht jede Blockchain für jeden Anwendungsfall eignet.

Darüber hinaus ist ein Wille zu Transparenz bei der Blockchain-Technologie von Bedeutung. Es gilt stets zu betrachten, wer die Gewinner und wer die Verlierer sind, wenn ein Geschäftsvorfall möglichst transparent auf einer Blockchain zur Steigerung der Effizienz abgebildet werden soll. Dies ist wichtig, um eine „Koalition der Willigen“ formen zu können.

IBM hat festgestellt, dass Blockchains von einer zunehmenden Digitalisierung profitieren würden. Digitale Daten und Dokumente lassen sich natürlich einfacher in eine Blockchain-Anwendung überführen, als wenn zunächst Papier digitalisiert werden muss. Allerdings hinkt Deutschland bei der Digitalisierung hinterher. Bei einer starken Wirtschaft ist der Anreiz geringer, die Effizienz zu steigern und über digitale Möglichkeiten besser zusammenzuarbeiten. Ein bestehender Erfolg kann die Bereitschaft hemmen, die Blockchain-Technologie in Supply Chains zu nutzen.

Zudem würde die Blockchain-Technologie von einer Verbesserung der rechtlichen Grundlagen profitieren. Zwar sollte es keine „Blockchain-Gesetze“ geben, da sich der Gesetzgeber technologieneutral verhalten soll und nicht für jede neue Technologie eigene Gesetze eingeführt werden können. Allerdings ist vieles im Rahmen der Digitalisierung wegen der bestehenden Gesetzeslage noch nicht möglich. Für die Original-Unterschrift existieren aber zumindest schon digitale Instrumente, die europaweit anerkannt sind, dennoch ist die digitale Alternative momentan kein Dokument, da oft Formvorschriften eingehalten werden müssen, sodass trotzdem das Papier-Dokument benötigt wird. Der Gesetzgeber sollte daran arbeiten, dass es auch digitale Dokumente geben kann und darf. Ansonsten existiert zumindest immer ein Medienbruch, wenn mit Digital Twins gearbeitet wird, sodass stets überprüft werden muss, dass die reale und die digitale Welt nicht auseinanderlaufen.

Anhang-1.2: Interview B

Interviewpartner: Anonym¹

Durchgeführt am: 15.01.2021

Fragen zur Person

Können Sie sich bitte kurz vorstellen? Was zählt derzeit zu Ihrem beruflichen Aufgabenbereich?

Das Interview wurde mit zwei Experten geführt, die bei einem Lebensmittelhersteller tätig sind. Experte A ist als IT-Leiter des Unternehmens für die kaufmännischen Funktionen der Warenwirtschaft und die finanztechnische Abwicklung der Prozesse zuständig sowie für den Einsatz von Informationstechnologien in den Produktionsbereichen. Experte B ist im Lebensmittelunternehmen für die Analyse von Prozessen sowie deren Optimierung durch den Einsatz von Informationstechnologien verantwortlich.

Haben Sie sich bereits mit der Blockchain-Technologie und/oder dem Food Chain Management befasst?

Beide Interviewpartner sind mit der Funktionsweise der Blockchain-Technologie vertraut und verfügen über eine große Expertise über den Bereich Food Chain Management. Bei der Einschätzung der Blockchain-Technologie ist zu berücksichtigen, dass eine Vielzahl an verschiedenen Varianten und Ausprägungen der Technologie existiert, die sich unterscheiden können.

¹ Interview wurde auf Wunsch der Interviewpartner anonymisiert.

Fragen zu den Potenzialen der Blockchain-Technologie

Welche Geschäftsprozesse im Supply Chain Management betrachten Sie als kritisch? Wie könnte die Blockchain-Technologie Unternehmen helfen, kritische Prozesse zu optimieren?

Eine große Gefahr im Lebensmittelbereich stellt insbesondere die Verunreinigung eines Lebensmittelprodukts dar, z. B. durch Glassplitter oder Bakterien. Lebensmittelunternehmen stehen vor der Problematik, dass die Herkunft des Produkts nachgewiesen werden muss. Hierfür wird lückenlos dokumentiert, aus welcher Charge ein Lebensmittelprodukt entstammt und welche Lebensmittelprodukte in welchen Chargen enthalten sind. Außerdem wird dokumentiert, wo sich welche Lebensmittelprodukte in Supply Chains befinden. Durch die Sicherstellung der Rückverfolgbarkeit lassen sich Chargen schnell identifizieren. Hierbei stellt auch das Vermischen von Chargen kein Problem dar.

Bei der Rückverfolgung von Lebensmitteln werden alle Prozesse als kritisch betrachtet, die das Lebensmittelprodukt betreffen. Dabei unterscheidet sich der Produktionsprozess je nach Lebensmittelprodukt und Veredelungsgrad. Zum Beispiel kann ein Prozess darin bestehen, dass geerntete Erdbeeren lediglich verpackt und eingefroren werden, jedoch kann ein Prozess auch eine anspruchsvolle Verarbeitung mit Erhitzung und Zwischenlagerung beinhalten.

Die Rückverfolgung von Lebensmitteln hilft nicht nur bei der Vermeidung von Verbrauchergefährdungen, sondern unterstützt auch die interne Produktsicherheit, indem Fehler und deren Ursache ermittelt werden. Darüber hinaus dient die Rückverfolgung für Nachweise von Zertifizierungen, z. B. Zertifikate für Verzicht auf Gentechnik oder Halal-Zertifikate.

Welche Anwendungsmöglichkeiten können Sie sich für die Blockchain-Technologie im Lebensmittelbereich vorstellen? Wie könnte die Blockchain-Technologie Ihrer Meinung nach zu einer Verbesserung der Rückverfolgbarkeit von Lebensmitteln beitragen?

Aktuell sind keine Herausforderungen erkennbar, die sich nicht durch aktuelle Informationstechnologien bewältigen lassen und eine Anwendung einer Blockchain erfordern. Die erforderlichen Daten für die Überprüfung und Rückverfolgung von Lebensmitteln sind bereits abrufbar, sodass ein Einsatz der Blockchain-Technologie zur Verbesserung der Rückverfolgung nicht notwendig ist.

Wie kann die Blockchain-Technologie zur Einsparung von Kosten im Supply Chain Management genutzt werden?

Mögliche Kosteneinsparungen und andere Nutzenaspekte sind abhängig von der technologischen Reife des jeweiligen Unternehmens. Die Nutzung einer Blockchain zur Rückverfolgung von Lebensmitteln für Unternehmen ist nicht sinnvoll, wenn die gesamte Produktionskette ohnehin längst digital abgebildet ist. Die Verordnung (EG) Nr. 178/2002 schreibt Akteuren im Lebensmittelbereich die Rückverfolgung von Lebensmitteln vor, weshalb Unternehmen in der Europäischen Union in der Regel digitale Lösungen zur Rückverfolgung von Lebensmitteln besitzen. In diesem Fall besteht schon eine funktionierende sowie auf die Prozesse abgestimmte IT-Lösung. Die Produktion kann bereits mit einem ERP-System digital abgebildet werden, sodass die benötigten Daten zur Rückverfolgung von Lebensmitteln zur Verfügung stehen. Darüber hinaus müsste eine Blockchain erst mit einem bestehenden System kombiniert werden. Der Einsatz einer Blockchain zur Rückverfolgung von Lebensmitteln erscheint daher in den meisten Fällen als nicht rentabel. Akteure, die hingegen über keine IT-Lösungen zur Rückverfolgung verfügen, könnten gegebenenfalls von dem Einsatz einer fertigen Blockchain zur Rückverfolgung profitieren, um Kosten durch eine Digitalisierung der Dokumentation zu reduzieren oder Umsätze zu realisieren.

Können Sie sich neue Geschäftsmodelle auf Basis der Blockchain-Technologie im Lebensmittelbereich vorstellen?

Derzeit sind kaum Möglichkeiten für neue Geschäftsmodelle auf Basis der Blockchain-Technologie für Lebensmittelhersteller erkennbar. Neue Geschäftsmodelle würden einen direkten Kontakt zwischen Lebensmittelhersteller und Endverbraucher erfordern. Allerdings besteht von Seiten des Lebensmitteleinzelhandels in der Regel kein Interesse an einer direkten betriebswirtschaftlichen Interaktion zwischen Endverbraucher und Lebensmittelhersteller.

Welche Anforderungen und Bedürfnisse müssen Ihrer Ansicht nach für eine erfolgreiche Nutzung/Implementierung der Blockchain-Technologie erfüllt sein?

Eine große Problematik bei der Nutzung einer Blockchain besteht darin, zu kontrollieren, welche Daten das eigene Unternehmen verlassen und welche Akteure diese Daten sehen können. Es besteht die Gefahr, dass andere Akteure die auf der Blockchain gespeicherten Unternehmensdaten für eigene Vorteile nutzen, indem sie beispielsweise Auswertungen auf Basis der

gespeicherten Daten erstellen, die wiederum an Dritte verkauft werden können. Auch bei einer privaten-genehmigungsbasierten Blockchain stellt sich die Frage, wer die Blockchain betreibt und welche Akteure einen Einblick auf welche Daten eines Unternehmens erhalten.

Eine Blockchain darf zudem keinen einseitigen Nutzen begünstigen, sondern muss für alle Seiten einen Nutzen bieten. Ein Beispiel für einen beidseitigen Vorteil durch den Einsatz einer Informationstechnologie stellt der Bereich *Electronic Data Interchange* (EDI) dar. Der Lebensmittelhersteller erhält vom Vertragspartner oder Kunden eine elektronische Bestellung, während dieser vom Hersteller einen elektronischen Lieferschein sowie eine elektronische Rechnung erhält. Beide Seiten können dabei Datensätze elektronisch übernehmen, wodurch der Aufwand einer Auftragsabwicklung reduziert werden kann. Dementsprechend besteht ein beidseitiger Vorteil. Das Beispiel zeigt zudem, wie sich eine IT-Lösung für ein bisher ungeöstes Problem einsetzen lässt. Allerdings gilt das Problem der Rückverfolgung von Lebensmitteln gelöst, da sich Informationen zu den entsprechenden Chargen in beliebiger Art und Weise erzeugen lassen. Lebensmittelhersteller können Endverbraucher bereits Informationen zum Produkt bereitstellen, z. B. durch QR-Codes oder Hyperlinks auf der Verpackung des Lebensmittelprodukts. Endverbraucher können anhand der bereitgestellten Informationen des Herstellers die Herkunft nachvollziehen. Die Verwendung einer privaten-genehmigungsbasierten Blockchain stellt daher nur eine weitere Lösungsvariante zu einem bereits gelösten Problem dar. Eine Schwierigkeit bei einer Blockchain besteht demnach darin, dass diese den Herstellern in einer Lebensmittel-Supply-Chain keine signifikanten Bedürfnisse erfüllt.

Welche Akteure sind für eine Implementierung der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management zuständig?

Eine Verpflichtung von Handelspartnern zur Implementierung einer Blockchain zur Weitergabe von Daten an Dritte ist kritisch zu betrachten. Als heikel gilt, dass bei einer Blockchain mehrere Akteure an der Implementierung und Weiterentwicklung mitwirken können. Insbesondere die verteilte Speicherung von Daten ist dabei auf Grund möglicher Unsicherheiten in Bezug auf den Zugang zu sensiblen Daten als problematisch anzusehen, da Unternehmen gerne die alleinige Kontrolle über ihre Daten behalten möchten.

Welche Chancen und Risiken sehen Sie bei der Blockchain-Technologie, die eine Nutzung der Technologie im Supply Chain Management verhindern oder vorantreiben könnten?

Es überwiegen die Risiken einer Abhängigkeit gegenüber den Vorteilen, die sich aus Chancen durch die Verwendung einer Blockchain zur Rückverfolgung von Lebensmitteln ergeben könnten. Darüber hinaus besteht bei der Blockchain-Technologie das Risiko, dass hier eine neue Technologie für eine kurze Zeit hochgejubelt wird, die zwar in der Theorie funktioniert, aber sich in der Praxis nicht durchsetzt und in Vergessenheit gerät.

Insbesondere das Teilen von Daten im Rahmen einer Blockchain ist als ein großes Risiko für Lebensmittelunternehmen einzuschätzen, da auf diese Weise Informationen über die Produktionsprozesse und unternehmensspezifisches Knowhow für andere Akteure zugänglich werden könnten.

Zudem existiert bei dem Einsatz einer Blockchain zur Rückverfolgung eine ähnliche Datenschutzproblematik wie bei der Speicherung von Daten mit Hilfe der RFID-Technologie. Die Speicherung von personenbezogenen Daten ist problematisch. Es muss die Frage beantwortet werden, wie die entsprechenden Informationen zu einem Produkt und den beteiligten Akteuren auch wieder vernichtet werden können. Ansonsten besteht das Risiko, dass auch nach mehreren Jahren Dritte unter Umständen an sensible Daten gelangen können. Zumal eine Eigenschaft der Blockchain-Technologie darin besteht, dass sich die gespeicherten Daten nur mit einem hohen Aufwand nachträglich ändern oder löschen lassen.

Frage zum Abschluss

Möchten Sie noch etwas ergänzen, das aus Ihrer Sicht für das Thema wichtig ist und berücksichtigt werden sollte?

Keine weiteren Anmerkungen.

Anhang-2: Relative Bewertungen für die Subkriterien

Nutzen¹

Umsatzsteigerung		Blockchain-Rückverfolgungssystem	Alternative A	Alternative B	Normierte Evaluationsmatrix			Zeilen-summe	Prioritäten
Blockchain-Rückverfolgungssystem		1	3	3	0,600	0,600	0,600	1,800	0,600
Alternative A		1/3	1	1	0,200	0,200	0,200	0,600	0,200
Alternative B		1/3	1	1	0,200	0,200	0,200	0,600	0,200
C.R. = 0,000	Spaltensumme	1,667	5,000	5,000	1,000	1,000	1,000	3,000	1,000

Tabelle 24: Relative Bewertung für das Subkriterium *Umsatzsteigerung*

effizientere Geschäftsprozesse		Blockchain-Rückverfolgungssystem	Alternative A	Alternative B	Normierte Evaluationsmatrix			Zeilen-summe	Prioritäten
Blockchain-Rückverfolgungssystem		1	1/3	1/3	0,143	0,143	0,143	0,429	0,143
Alternative A		3	1	1	0,429	0,429	0,429	1,286	0,429
Alternative B		3	1	1	0,429	0,429	0,429	1,286	0,429
C.R. = 0,003	Spaltensumme	7,000	2,333	2,333	1,000	1,000	1,000	3,000	1,000

Tabelle 25: Relative Bewertung für das Subkriterium *effizientere Geschäftsprozesse*

Nachweisbarkeit		Blockchain-Rückverfolgungssystem	Alternative A	Alternative B	Normierte Evaluationsmatrix			Zeilen-summe	Prioritäten
Blockchain-Rückverfolgungssystem		1	3	3	0,600	0,600	0,600	1,800	0,600
Alternative A		1/3	1	1	0,200	0,200	0,200	0,600	0,200
Alternative B		1/3	1	1	0,200	0,200	0,200	0,600	0,200
C.R. = 0,000	Spaltensumme	1,667	5,000	5,000	1,000	1,000	1,000	3,000	1,000

Tabelle 26: Relative Bewertung für das Subkriterium *Nachweisbarkeit*

Qualitätssteigerung		Blockchain-Rückverfolgungssystem	Alternative A	Alternative B	Normierte Evaluationsmatrix			Zeilen-summe	Prioritäten
Blockchain-Rückverfolgungssystem		1	1/3	1/5	0,111	0,077	0,130	0,318	0,106
Alternative A		3	1	1/3	0,333	0,231	0,217	0,781	0,260
Alternative B		5	3	1	0,556	0,692	0,652	1,900	0,633
C.R. = 0,049	Spaltensumme	9,000	4,333	1,533	1,000	1,000	1,000	3,000	1,000

Tabelle 27: Relative Bewertung für das Subkriterium *Qualitätssteigerung*

¹ Eigene Tabellen. Zu Rundungsfehler vgl. Fußnote 5 von Seite 160. Die Tabelle zum Subkriterium *Robustheit der Daten* wird in Kapitel 6.7.3 abgebildet.

Kosten¹

Implementierung und Instandhaltung		Blockchain-Rückverfolgungssystem	Alternative A	Alternative B	Normierte Evaluationsmatrix			Zeilen-summe	Prioritäten
Blockchain-Rückverfolgungssystem		1	3	5	0,652	0,692	0,556	1,900	0,633
Alternative A		1/3	1	3	0,217	0,231	0,333	0,781	0,260
Alternative B		1/5	1/3	1	0,130	0,077	0,111	0,318	0,106
C.R. = 0,049	Spaltensumme	1,533	4,333	9,000	1,000	1,000	1,000	3,000	1,000

Tabelle 28: Relative Bewertung für das Subkriterium *Implementierung und Instandhaltung*

Personal		Blockchain-Rückverfolgungssystem	Alternative A	Alternative B	Normierte Evaluationsmatrix			Zeilen-summe	Prioritäten
Blockchain-Rückverfolgungssystem		1	3	5	0,652	0,692	0,556	1,900	0,633
Alternative A		1/3	1	3	0,217	0,231	0,333	0,781	0,260
Alternative B		1/5	1/3	1	0,130	0,077	0,111	0,318	0,106
C.R. = 0,049	Spaltensumme	1,533	4,333	9,000	1,000	1,000	1,000	3,000	1,000

Tabelle 29: Relative Bewertung für das Subkriterium *Personal*

Erfassung und Infrastruktur		Blockchain-Rückverfolgungssystem	Alternative A	Alternative B	Normierte Evaluationsmatrix			Zeilen-summe	Prioritäten
Blockchain-Rückverfolgungssystem		1	1/3	1/3	0,143	0,143	0,143	0,429	0,143
Alternative A		3	1	1	0,429	0,429	0,429	1,286	0,429
Alternative B		3	1	1	0,429	0,429	0,429	1,286	0,429
C.R. = 0,003	Spaltensumme	7,000	2,333	2,333	1,000	1,000	1,000	3,000	1,000

Tabelle 30: Relative Bewertung für das Subkriterium *Erfassung und Infrastruktur*

Energieverbrauch		Blockchain-Rückverfolgungssystem	Alternative A	Alternative B	Normierte Evaluationsmatrix			Zeilen-summe	Prioritäten
Blockchain-Rückverfolgungssystem		1	1/3	1/7	0,091	0,077	0,097	0,265	0,088
Alternative A		3	1	1/3	0,273	0,231	0,226	0,729	0,243
Alternative B		7	3	1	0,636	0,692	0,677	2,006	0,669
C.R. = 0,008	Spaltensumme	11,000	4,333	1,476	1,000	1,000	1,000	3,000	1,000

Tabelle 31: Relative Bewertung für das Subkriterium *Energieverbrauch*

Ökosystem		Blockchain-Rückverfolgungssystem	Alternative A	Alternative B	Normierte Evaluationsmatrix			Zeilen-summe	Prioritäten
Blockchain-Rückverfolgungssystem		1	1/5	1/7	0,077	0,063	0,087	0,226	0,075
Alternative A		5	1	1/2	0,385	0,313	0,304	1,001	0,334
Alternative B		7	2	1	0,538	0,625	0,609	1,772	0,591
C.R. = 0,014	Spaltensumme	13,000	3,200	1,643	1,000	1,000	1,000	3,000	1,000

Tabelle 32: Relative Bewertung für das Subkriterium *Ökosystem*

¹ Eigene Tabellen. Zu Rundungsfehler vgl. Fußnote 5 von Seite 160.

Chancen¹

Fördermaßnahmen		Blockchain-Rückverfolgungssystem	Alternative A	Alternative B	Normierte Evaluationsmatrix			Zeilen-summe	Prioritäten
Blockchain-Rückverfolgungssystem		1	3	5	0,652	0,692	0,556	1,900	0,633
Alternative A		1/3	1	3	0,217	0,231	0,333	0,781	0,260
Alternative B		1/5	1/3	1	0,130	0,077	0,111	0,318	0,106
C.R. = 0,049	Spaltensumme	1,533	4,333	9,000	1,000	1,000	1,000	3,000	1,000

Tabelle 33: Relative Bewertung für das Subkriterium *Fördermaßnahmen*

wachsende Bedeutung von Daten		Blockchain-Rückverfolgungssystem	Alternative A	Alternative B	Normierte Evaluationsmatrix			Zeilen-summe	Prioritäten
Blockchain-Rückverfolgungssystem		1	1	3	0,429	0,429	0,429	1,286	0,429
Alternative A		1	1	3	0,429	0,429	0,429	1,286	0,429
Alternative B		1/3	1/3	1	0,143	0,143	0,143	0,429	0,143
C.R. = 0,003	Spaltensumme	2,333	2,333	7,000	1,000	1,000	1,000	3,000	1,000

Tabelle 34: Relative Bewertung für das Subkriterium *wachsende Bedeutung von Daten*

Kombination mit Zukunftstechnologien		Blockchain-Rückverfolgungssystem	Alternative A	Alternative B	Normierte Evaluationsmatrix			Zeilen-summe	Prioritäten
Blockchain-Rückverfolgungssystem		1	5	7	0,745	0,769	0,700	2,214	0,738
Alternative A		1/5	1	2	0,149	0,154	0,200	0,503	0,168
Alternative B		1/7	1/2	1	0,106	0,077	0,100	0,283	0,094
C.R. = 0,022	Spaltensumme	1,343	6,500	10,000	1,000	1,000	1,000	3,000	1,000

Tabelle 35: Relative Bewertung für das Subkriterium *Kombination mit Zukunftstechnologien*

neue Geschäftsmodelle		Blockchain-Rückverfolgungssystem	Alternative A	Alternative B	Normierte Evaluationsmatrix			Zeilen-summe	Prioritäten
Blockchain-Rückverfolgungssystem		1	1	1	0,333	0,333	0,333	1,000	0,333
Alternative A		1	1	1	0,333	0,333	0,333	1,000	0,333
Alternative B		1	1	1	0,333	0,333	0,333	1,000	0,333
C.R. = 0,000	Spaltensumme	3,000	3,000	3,000	1,000	1,000	1,000	3,000	1,000

Tabelle 36: Relative Bewertung für das Subkriterium *neue Geschäftsmodelle*

neue Formen der Zusammenarbeit		Blockchain-Rückverfolgungssystem	Alternative A	Alternative B	Normierte Evaluationsmatrix			Zeilen-summe	Prioritäten
Blockchain-Rückverfolgungssystem		1	1/3	1/5	0,111	0,100	0,118	0,329	0,110
Alternative A		3	1	1/2	0,333	0,300	0,294	0,927	0,309
Alternative B		5	2	1	0,556	0,600	0,588	1,744	0,581
C.R. = 0,007	Spaltensumme	9,000	3,333	1,700	1,000	1,000	1,000	3,000	1,000

Tabelle 37: Relative Bewertung für das Subkriterium *neue Formen der Zusammenarbeit*

¹ Eigene Tabellen. Zu Rundungsfehler vgl. Fußnote 5 von Seite 160.

Risiken¹

Speicherung sensibler Daten		Blockchain-Rückverfolgungssystem	Alternative A	Alternative B	Normierte Evaluationsmatrix			Zeilen-summe	Prioritäten
Blockchain-Rückverfolgungssystem		1	1/5	1/7	0,077	0,063	0,087	0,226	0,075
Alternative A		5	1	1/2	0,385	0,313	0,304	1,001	0,334
Alternative B		7	2	1	0,538	0,625	0,609	1,772	0,591
C.R. = 0,014	Spaltensumme	13,000	3,200	1,643	1,000	1,000	1,000	3,000	1,000

Tabelle 38: Relative Bedeutung für das Subkriterium *Speicherung sensibler Daten*

Reifegrad der Technologie		Blockchain-Rückverfolgungssystem	Alternative A	Alternative B	Normierte Evaluationsmatrix			Zeilen-summe	Prioritäten
Blockchain-Rückverfolgungssystem		1	1/3	1/3	0,143	0,143	0,143	0,429	0,143
Alternative A		3	1	1	0,429	0,429	0,429	1,286	0,429
Alternative B		3	1	1	0,429	0,429	0,429	1,286	0,429
C.R. = 0,003	Spaltensumme	7,000	2,333	2,333	1,000	1,000	1,000	3,000	1,000

Tabelle 39: Relative Bedeutung für das Subkriterium *Reifegrad der Technologie*

Organisation der Zusammenarbeit		Blockchain-Rückverfolgungssystem	Alternative A	Alternative B	Normierte Evaluationsmatrix			Zeilen-summe	Prioritäten
Blockchain-Rückverfolgungssystem		1	1/3	1/7	0,091	0,063	0,103	0,256	0,085
Alternative A		3	1	1/4	0,273	0,188	0,179	0,640	0,213
Alternative B		7	4	1	0,636	0,750	0,718	2,104	0,701
C.R. = 0,046	Spaltensumme	11,000	5,333	1,393	1,000	1,000	1,000	3,000	1,000

Tabelle 40: Relative Bedeutung für das Subkriterium *Organisation der Zusammenarbeit*

rechtliche Bedenken		Blockchain-Rückverfolgungssystem	Alternative A	Alternative B	Normierte Evaluationsmatrix			Zeilen-summe	Prioritäten
Blockchain-Rückverfolgungssystem		1	1/3	1/3	0,143	0,143	0,143	0,429	0,143
Alternative A		3	1	1	0,429	0,429	0,429	1,286	0,429
Alternative B		3	1	1	0,429	0,429	0,429	1,286	0,429
C.R. = 0,003	Spaltensumme	7,000	2,333	2,333	1,000	1,000	1,000	3,000	1,000

Tabelle 41: Relative Bedeutung für das Subkriterium *rechtliche Bedenken*

mangelnde Verbreitung		Blockchain-Rückverfolgungssystem	Alternative A	Alternative B	Normierte Evaluationsmatrix			Zeilen-summe	Prioritäten
Blockchain-Rückverfolgungssystem		1	1/5	1/7	0,077	0,063	0,087	0,226	0,075
Alternative A		5	1	1/2	0,385	0,313	0,304	1,001	0,334
Alternative B		7	2	1	0,538	0,625	0,609	1,772	0,591
C.R. = 0,014	Spaltensumme	13,000	3,200	1,643	1,000	1,000	1,000	3,000	1,000

Tabelle 42: Relative Bedeutung für das Subkriterium *mangelnde Verbreitung*

¹ Eigene Tabellen. Zu Rundungsfehler vgl. Fußnote 5 von Seite 160.