

*Working Papers*



Technische Hochschule  
Ingolstadt

*Zukunft in  
Bewegung*



*Prof. Dr. Dirk Hecht  
Dipl. Ing Sebastian Apel  
Dipl. Ing Martin Mann  
B. Eng. Fabian Sanders*

## ***Einsatz von Blockchain-Technologie im Supply Chain Management***

### ***Abstract***

Dieses Working Paper beschäftigt sich mit aktuellen Herausforderungen des Supply Chain Managements in Bezug auf die Implementierung von Blockchain Technologie zur Verbesserung der Supply Chain Management Schlüsselprinzipien.

Unter schrittweiser Anwendung verschiedener Methoden erfolgt eine Dekomposition des SCM in Klassen, sowie eine Bewertung wie mittels Blockchain Anwendungen die Implementierung von SCM-Schlüsselprinzipien optimiert werden kann. Anhand von drei Fallstudien werden allgemeingültige Verbesserungspotentiale von BC-Anwendungen im SCM aufgezeigt.

#### **Key Words:**

Beschaffung, Einkauf, Supply Chain Management, Blockchain Technologie, Smart Contracts, Distributed Ledger, Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment, RFID [1].

# 1. Einleitung

Die Blockchain-Technologie ist eine relativ neue Technologie zur kryptografischen Erhöhung der Sicherheit und Nachvollziehbarkeit von digitalen Daten. Obwohl erste theoretische Grundlagen bereits im Jahr 1991 gelegt wurden, kam der Durchbruch der Technologie erst mit dem schnellen Internet und der stetig steigenden Rechenleistung von modernen Computern. Spätestens seit dem Jahr 2009, mit der Einführung der ersten Kryptowährung BITCOIN, ist diese Technologie auch der breiten Öffentlichkeit ein Begriff.

Durch die Digitalisierung von Gesellschaft, Wirtschaft und Staat fallen immer größere Datenmengen an. Bisher wurde die Vertrauenswürdigkeit von digitalen Daten über zentrale Stellen, durch Ausgabe digitaler Zertifikate gewährleistet. Da diese Zertifikate-basierte Technologie anfällig für Missbrauch ist, wird nach Alternativen gesucht. Diese Alternative ist die Blockchain-Technologie, da auf zentrale Autorität verzichtet werden kann.

Das Bedürfnis, mit sicheren digitalen Daten neue Geschäftsmodelle zu erschließen, gibt es auch in im Supply Chain Management. Aufgrund stetigen Konkurrenzdrucks, in einer globalisierten Welt, wird nach neuen Lösungen gesucht, Effizienz zu erhöhen und Kosten zu senken. Diese Arbeit hat zum Ziel, mögliche Anwendungsfälle von Blockchain-Technologie in der Supply Chain zu identifizieren und zu analysieren. Hierbei soll mittels eines methodischen Ansatzes das Potential von Blockchain-Anwendungen im Supply Chain Management betrachtet werden. Das Ziel dieser Analyse ist, drei Themenfelder vertieft zu betrachten und die Vorteile durch Einführung einer Blockchain herauszuarbeiten.

Diese Arbeit soll einen verbindenden Beitrag zu den aktuellen Themen Blockchain und Supply Chain Management leisten. Durch Beschreibung der Grundlagen von Supply Chain Management, Blockchain und ersten Beispielen soll ein belastbarer und strukturierter Ansatz für die Bewertung von möglichen Einsatzgebieten der Blockchain in der Supply Chain geschaffen werden. Die daraus resultierenden Ergebnisse, potentielle Anwendungsthemen für Blockchain in der Supply Chain, werden abschließend vertieft betrachtet und bewertet.

# Stand der Erkenntnisse

## Supply Chain Management

Bedingt durch die Globalisierung der Waren- und Handelsströme, liegt die „externe Wertschöpfung bei Industrieunternehmen derzeit bei durchschnittlich zwei Drittel des Produktwertes. Im Handel erfolgt die gesamte Wertschöpfung prinzipiell außerhalb des Unternehmens entlang der Supply Chain“ (Dust, 2018).

Diese globalen Lieferketten stellen besondere Herausforderungen an die Verantwortlichen für Beschaffung und Logistik in den Unternehmen. Sie benötigen ein intern und extern verknüpft Management der Lieferketten, um diese komplexen Strukturen zu verwalten und zu optimieren.

## Aufgaben und Ziele von Supply Chain Management

Während verschiedene Begriffsbestimmungen von Supply Chain Management (SCM) existieren, bietet Werner (Werner, 2017) die folgende Definition:

„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 Beziehungen der Akteure zueinander (Sozialebene der Supply Chain).“ (Werner, 2017, p. 6)

SCM ist ein ganzheitlicher Ansatz zur Koordination und Optimierung von Lieferketten und berücksichtigt dabei idealerweise alle dabei notwendigen Akteure und deren Prozesse. (Council of Supply Chain Management Professionals, 4 Jun. 2020)

Hauptaufgabe des SCM ist die Sicherstellung der Güterversorgung, sowie die Verbesserung der Werteflüsse des Unternehmens gegenüber dem Wettbewerb. Hierbei treten weniger Unternehmen gegen Unternehmen an, sondern vermehrt Lieferkette gegen Lieferkette. (Melzer-Ridinger, 2009)

Der innerbetriebliche Nutzen des SCM besteht in Optimierung von Bedarfsprognosen und permanentem Kapazitätsabgleich. Dabei werden Engpässe oder übergroße Lagerpositionen ersichtlich und es ergeben sich Möglichkeiten zur Bestandsreduzierung. Eine erhöhte Planungsgenauigkeit führt zur Losgrößenoptimierung. Die Reduzierung der Transaktionskosten für die Beschaffung und die Logistik ist ein impliziertes Ziel des Supply Chain Management.

## Schlüsselprinzipien im SCM

Gemäß Werner (Werner, 2017) arbeitet das SCM nach sieben prägenden Schlüsselprinzipien. Diese sind für die hier vorliegende Arbeit von besonderer Bedeutung. Diese Prinzipien werden im weiteren Verlauf der Bearbeitung als Bewertungskriterien eingeführt und daher im Folgenden näher erklärt.

**Kompression:** Unter Kompression wird einerseits eine „reduzierte Anzahl von Knoten und Akteuren innerhalb eines logistischen Netzwerkes“ (Werner, 2017, p. 32) verstanden. Zusätzlich sind die Abstände zwischen den Knoten zu minimieren.

**Kooperation:** Die Teilnehmer der Lieferketten zielen auf die „Wahrung von Verbundeffekten (Economies of Scope) in den Versorgungs-, Entsorgungs- und Recyclingketten“. (Werner, 2017, p. 32) Diese Zusammenarbeitsbestrebungen richten sich vermehrt globaler aus (Internationalisierung der Supply Chain).

**Virtualisierung:** Ein wesentlicher Bereich in modernen Supply Chains ist der Aufbau virtueller Netzwerke, dies bedeutet die „temporäre Verschmelzung von Kernkompetenzen“. (Werner, 2017, p. 32) Gegenüber dem Kunden tritt das Konstrukt als Einheit auf. Im Inneren ist eine virtuelle Organisation allerdings weiterhin juristisch und verwaltungstechnisch getrennt.

**Standardisierung:** Vermehrt finden standardisierte Module Einsatz in zeitgemäßen Lieferketten. Dies ermöglicht den vereinfachten Datenaustausch innerhalb der Supply Chain, wodurch eine Auslagerung von Wertschöpfungsaktivitäten erleichtert wird.

**Integration:** Die Integration von Teilnehmern innerhalb der Wertschöpfungsketten findet je nach Bedarf vertikal oder horizontal sowie intern oder extern statt. Die Parteien arbeiten dabei ineinandergreifend (sequentiell) oder parallel (simultan). Dabei ist die Problematik des „gläsernen Unternehmens“ zu vermeiden, um keine Interna preiszugeben.

**Kundenorientierung:** Im besten Falle werden die Aktivitäten der Supply Chain erst gestartet, wenn ein konkreter Kundenbedarf besteht (Pull-Prinzip). Ziel dieses Verhaltens ist unter anderem die Vermeidung von „Ladenhütern“ (Slow Mover).

**Optimierung:** Wertschöpfungsketten lassen sich vielfach mittels mathematisch-analytischen Modellen aus dem Bereich der Unternehmensforschung optimieren. „Dazu zählen Simulationen, Warteschlangenmodelle, lineare Optimierung, spieltheoretische Ansätze oder Transport- und Zuordnungsmodelle.“ (Werner, 2017, p. 32) In Zukunft ist der verstärkte Einsatz von künstlicher

Intelligenz zur Analyse von Daten und Prognoseerstellung zu erwarten, daher ist der Abbau von Informationshürden zwischen den Partner ein weiteres Ziel der Optimierung.

Die Berücksichtigung dieser Prinzipien ergeben in Anlehnung an Melzer-Ridinger<sup>1</sup> folgende strategische Teilziele:

- **Kostenreduzierung** der Lieferkette für Beschaffung und Transport unter Berücksichtigung von Opportunitätskosten durch Kapitalbindung (Lagerhaltung/ Warenbestand).
- **Steigerung der Kundenzufriedenheit** in Form von Qualitätsverbesserung und enge Kundenzusammenarbeit.
- **Steigerung der Lieferflexibilität** in zeitlicher, räumlicher und quantitativer Hinsicht.
- **Steigerung der Termintreue**
- **Senkung der Durchlaufzeit**, bedeutet die Dauer der Auftragsabwicklung.

Verstärkt rückt ebenso die Nachhaltigkeit der Lieferkette in den Fokus, da Kunden ein ausgeprägteres ökologisches Bewusstsein entwickeln und bewusst in ihre Kaufentscheidung mit einbeziehen (Lau, Ng, Ng, Acevedo Alarid, 2019, p. 3). Abhängig davon, welche Produkte die Supply Chain produziert und transportiert, müssen die Gewichtung dieser Ziele individuell ermittelt werden (Schulze, 2009).

## Herausforderungen des SCM

Bisher sind die Organisationen noch unzureichend an die notwendigen Schnittstellen zur externen Lieferantenbasis angepasst. „So haben in den letzten Jahren die Ressourcen an der Schnittstelle zur Lieferantenbasis (z. B. Einkäufer und Qualitätsingenieure) nicht proportional zur Steigerung der externen Wertschöpfung zugenommen.“ (Dust, 2018, p. 9) Die Folge sind instabile Wertschöpfungsketten und daraus resultierende Wettbewerbsnachteile. Eine entsprechende **Fokussierung auf Lieferantenmanagement**, sowohl durch organisatorische Maßnahmen als auch **IT (Informationstechnologie)-Unterstützung**, ist notwendig.

Externe Lieferanten stellen mit ihrem Know-How und ihren Fähigkeiten einen wesentlichen Teil des Wettbewerbsvorteils dar und müssen auf partnerschaftliche Weise integriert werden. Lieferantenmanagement mit der „Brechtstange“ und nach dem Prinzip „nur der Günstigste“ wird vom

---

<sup>1</sup> Melzer-Ridinger (2009).

Markt nicht länger akzeptiert. Gleichzeitig soll das individuelle Know-how geschützt und das „gläserne Unternehmen“ vermieden werden. Hier sind neben vertraglichen Rahmenbedingungen, der **gesicherte Informationsaustausch** mittels entsprechender IT-Systeme maßgeblich.

Dem Wunsch nach Kostentransparenz und Kostenoptimierung stehen Intransparenz aufgrund inkonsistenter oder nicht verfügbarer Daten gegenüber. (Herzog, Oest, 2017, p. 1) „Zettelwirtschaft“ und manuelle Nacharbeit in Datenverarbeitungssystemen verringern Effizienz und benötigen mehr Zeit.

Ziel ist eine flexible Versorgung von Waren, bei gleichzeitiger Vermeidung von Ineffizienzen (Bullwhip Effekt). Die gewünschte Einbeziehung von Lieferanten in die eigene Prozessplanung, benötigt **schnelle, aktuelle und sichere Datenübertragung** und würden von **automatisierten Prozessabläufen** profitieren.

Lieferketten über mehrere Kontinente hinweg und wachsendes ökologisches Interesse der Konsumenten stellen erhöhte Anforderungen an die **Einhaltung lokaler Rohstoff- und Produktregularien** und die **Rückverfolgbarkeit von Produkten**. Ebenso sind **Zoll- und Sicherheitsbestimmungen** einzuhalten.

## Lieferkette Nahrungsmittel

Um die Herausforderungen des Supply Chain Managements weiter zu untersuchen, ist es hilfreich, ein Lieferkettenmodell zu erstellen und dieses zu analysieren. Abbildung 1 zeigt beispielhaft die Darstellung einer globalen Lieferkette für Nahrungsmittel.

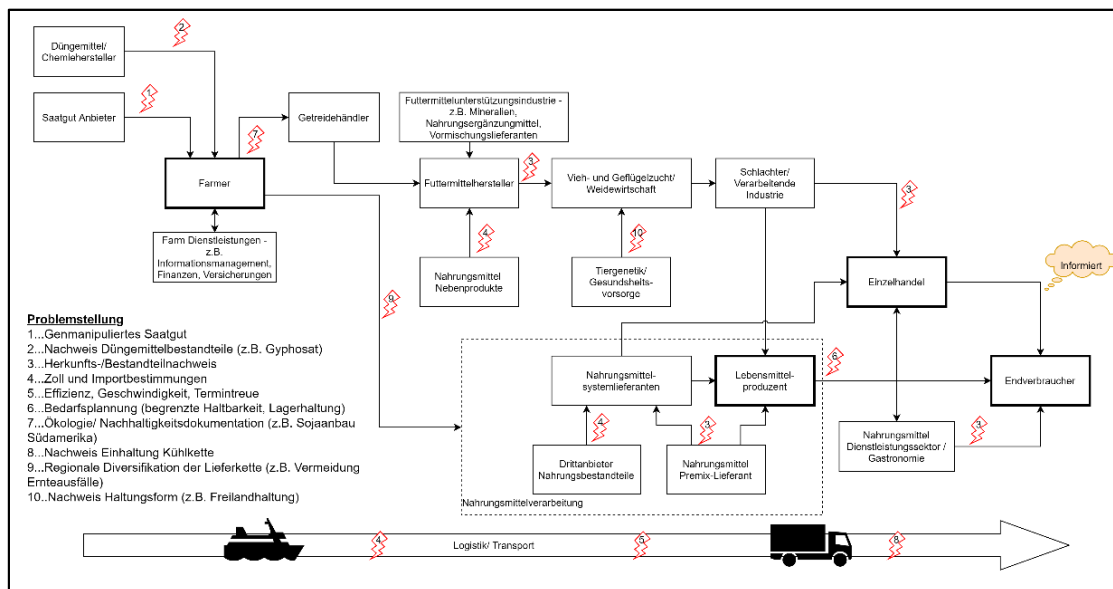


Abbildung 1: Darstellung der globalen Lieferkette für Nahrungsmittel (vereinfacht)

Einige der identifizierten Probleme werden nachfolgend erklärt:

Herkunfts- und Bestandteilnachweise beinhalten z.B. Nachweise bezüglich genmanipulierten Saatgutes oder Düngemittelbestandteilen wie Glyphosat, das in einigen Wirtschaftsräumen als gesundheitsschädlich gilt und daher als Düngemittel nicht zugelassen ist. Aber auch Herkunftsnachweise, wie die Haltungsform bei Zuchttieren (z.B. Freilandhaltung), sind in der Nahrungsmittelkette von Bedeutung.

Für Logistik und Transport sind neben Effizienz, Geschwindigkeit und Termintreue, ebenso die Einhaltung von Zoll und Importbestimmungen essentiell notwendig.

Für international aufgestellte Großhändler sind zusätzlich Informationsaustauschthemen wie präzise und aktuelle Bedarfsplanung bedeutsam. Dies ist bedingt durch begrenzte Haltbarkeit mancher Lebensmittel oder hohe Lagerkosten für Kühlwaren. Weiterhin spielt Risikomanagement, z.B. durch Diversifikation der Lieferkette eine Rolle. Als aktuelles Beispiel kann hier die Heuschreckenplage in Afrika 2020 herangezogen werden, bei der massive Ernteaussfälle aus diesen Regionen zu erwarten sind (Unicef, 2020).



## Lieferkette Automobilindustrie

Ein zweites betrachtetes Lieferkettenmodell ist die Automobilbranche. Abbildung 2 zeigt eine vereinfachte Darstellung einer solchen Lieferkette aus Sicht des Automobilherstellers von einzelnen Zukaufteilen bis zum Endkunden.

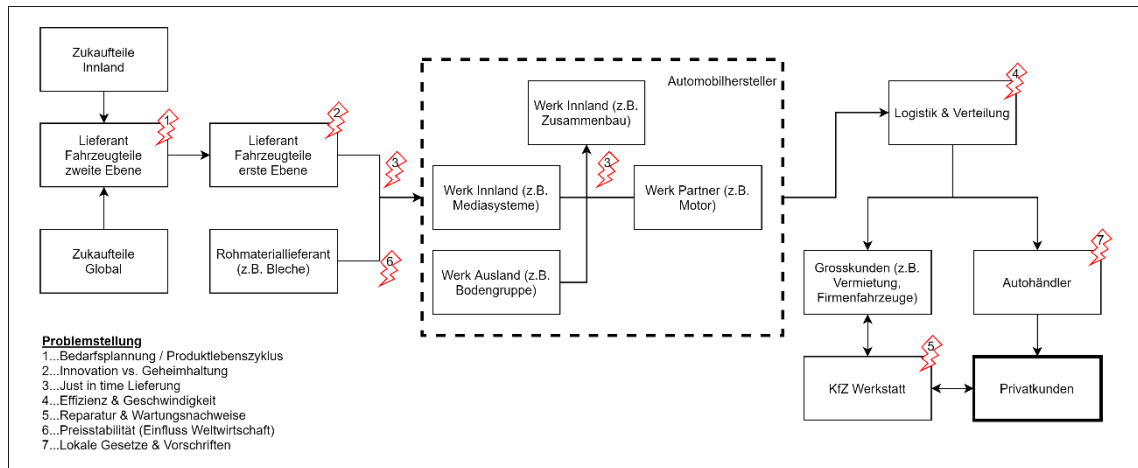


Abbildung 2: Darstellung der Lieferkette Automobilindustrie (Beispiel)

Obwohl die in dieser Lieferkette produzierten und transportierten Produkte völlig andere Eigenschaften als die Produkte der Lebensmittelkette besitzen, finden sich doch viele der bereits aufgezeigten Problemstellungen wieder.

Informationsaustausch zur Bedarfsplanung oder bezüglich des Produktlebenszyklus betreffen besonders Lieferanten der zweiten und weiteren Ebene, da diese von den Informationen des Herstellers weiter entfernt sind. Herausforderungen bezüglich Informationssicherheit betreffen in verstärktem Maße innovative Lieferanten, die ihre Produkte in die Fahrzeuge des Herstellers integrieren wollen.

Transport und Logistik sind auch in diesem Beispiel mit Anforderungen bezüglich Effizienz, Geschwindigkeit und Termintreue (Just in time Lieferung) konfrontiert.

Nachweisprobleme treten ebenfalls in Form von Einhaltung lokaler Gesetze und Vorschriften (z.B. Abgasvorschriften, Landesspezifische Zertifizierung, etc.) oder auch bei der Dokumentation von Reparatur und Wartungen zwischen Privatkunden und freien Werkstätten bezüglich der Herstellergarantie auf.

## Zwischenfazit

In einem ersten Schritt lassen sich die Probleme aktueller Lieferketten gemäß folgenden Begriffen klassifizieren. Diese Begriffe werden folgend Oberklassen genannt.

### **Nachverfolgbarkeit:**

- Herkunfts-/ Transport- /Inhaltsnachweise (z.B. Kühlkette), Einhaltung von Regularien & Gesetzen

### **Informationsaustausch & -sicherheit:**

- Bedarfsplanungsoptimierung & Integration durch Informationsaustausch
- Transportoptimierung durch Standardisierung & Informationsaustausch

### **Automatisierung:**

- Effizienzverbesserung durch Automatisierung

### **Finanzierung:**

- Transparenz und Effizienzsteigerung für Supply Chain Finance (Kredite, Bonds)

In einem nächsten Schritt wird die Blockchain-Technologie vorgestellt, ihre Vorteile erörtert und im weiteren Verlauf untersucht, ob Blockchain Anwendungen zur Lösung dieser Herausforderungen beitragen können.

## Blockchain-Technologie

In diesem Kapitel werden notwendige Grundlagen und Informationen zum Thema Blockchain-Technologie beschrieben. Hierbei handelt es sich um grundlegende Funktionsweisen, erweiterte Funktionen die für das SCM interessant sind und die Anwendung einer Blockchain im B2B-Bereich.

### Grundlegende Funktionsweise einer BC (Laurence, 2019)

Eine Blockchain, ist wie der Name bereits impliziert, eine Verkettung von Einzelblöcken in denen die jeweiligen Informationen und Daten gespeichert werden. Ein Block besteht (siehe Abbildung 3) aus sechs grundlegenden Elementen (Nummer A – F).

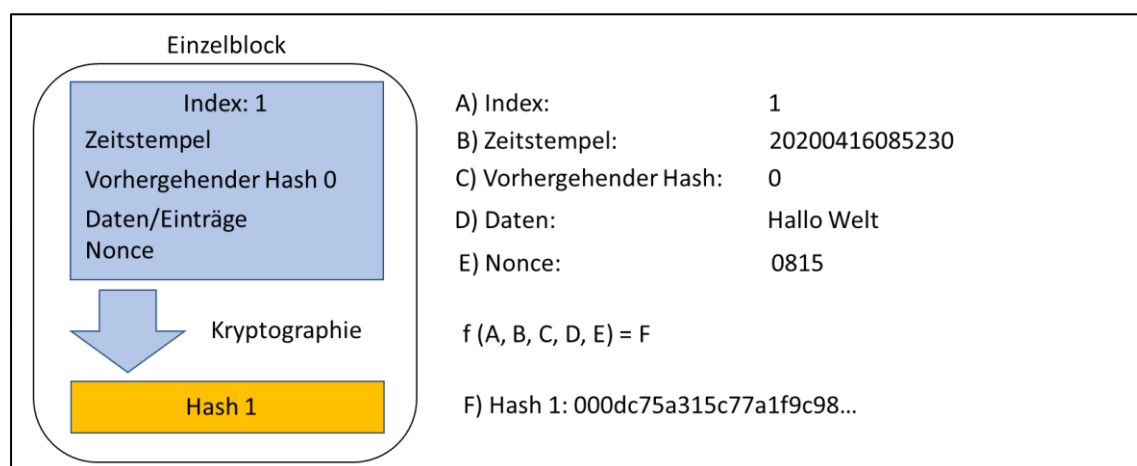


Abbildung 3: Einzelner Block einer Blockchain

Das erste Element A wird Index genannt. Der Index definiert die Position des Einzelblocks in der Kette. Es handelt sich um den Counter. Ein Index von „1“ bedeutet, dass es sich um den ersten Block der Kette handelt. Er wird auch Genesis-Block genannt. Das zweite Element B, der Zeitstempel, gibt an wann der Block geschrieben wurde. Im Beispiel wurde der Block am 16. April 2020 um 08:52 Uhr und 30 Sekunden geschrieben. Element C ist der sogenannte Hash-Wert des vorhergehenden Blockes der Kette. Bei diesem Element handelt es sich um die tatsächliche Kette der Blockchain. Da es sich im Beispiel um den ersten Block handelt und somit kein Block, bzw. Hashwert vorher existiert, ist dieser Wert im Beispiel „0“. Der Hash-Wert ist das kryptografische Ergebnis einer Hashfunktion. Es handelt es sich um die Verschlüsselung der Daten. (Abbildung 4)

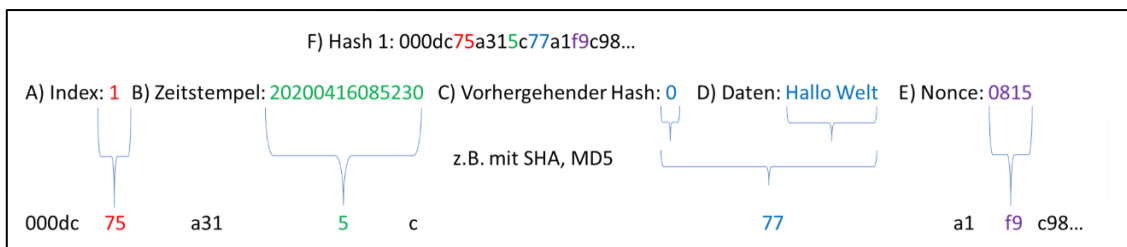


Abbildung 4: Hashwert Erklärung

Bei dem Element D handelt es sich um die Daten, die in den Block geschrieben und gespeichert werden. Im einfachsten Fall handelt es sich um einen Text oder eine Zahl. Weiterführend können dort auch interaktive Funktionen abgelegt werden (siehe Smart Contracts in Kapitel 0). Element E, die sogenannte Nonce, wird benötigt um einen definierten Hashwert für das Element F zu erzeugen. Die Nonce wird so lange erhöht, bis ein Hashwert berechnet ist, der zuvor definierte Zeichen Anfang des Wertes besitzt. Diese Berechnung, auf Basis einer Brut-Force-Methode, wird auch Mining genannt. Wenn der Hashwert berechnet wurde, ist der Block geschrieben. Kommt eine neue Information hinzu, so wird der nächste Block nach dem gleichen Muster angelegt. Da der zweite Block als Input den aus Block Eins berechneten Hashwerts hat, tritt das Element C – ab Block Zwei - als Kettenelement der Blockchain in Kraft. Ändert sich dieser (Vorgänger) Hashwert – weil ein Element des Blockes geändert wurde – wird nicht nur der erste Block, sondern auch Block zwei obsolet. Die Kette reißt an diesem Hashwert und alle darauffolgenden Blöcke werden ebenfalls obsolet.

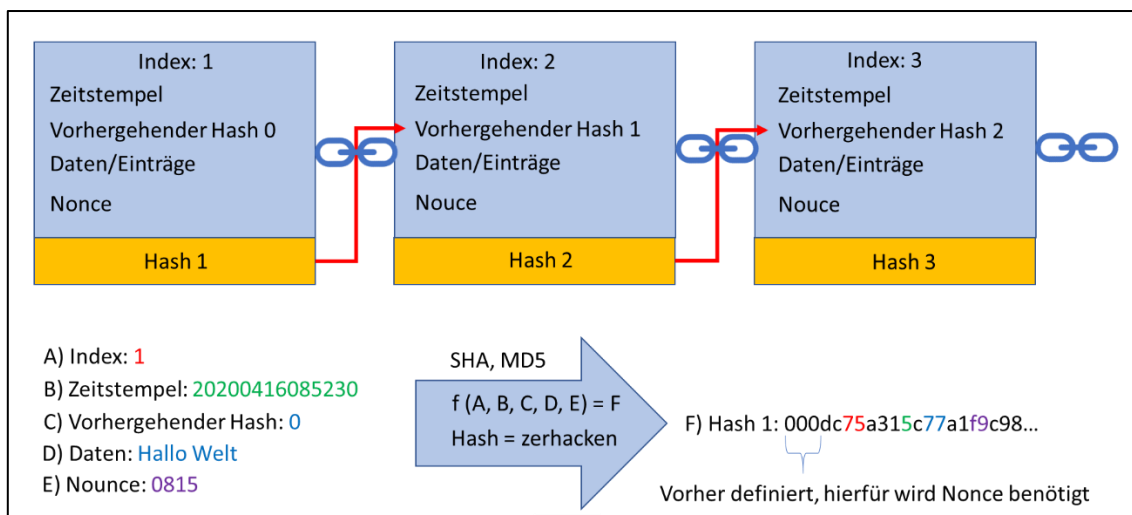


Abbildung 5: Blockchain aus drei Einzelblöcken

Ganz allgemein handelt es sich bei der Blockchain um eine Distributed Ledger Technologie – DLT (Arman Jabbari, Philip Kaminsky, 2018, p. 4). Zu Deutsch wird dies die Technik der verteilten Kassenbücher genannt. Bei der Blockchain handelt es sich somit um eine dezentrale Datenbank, die von einem globalen Netzwerk verwaltet wird. Dezentral bedeutet, dass es keine zentrale Instanz gibt (z.B. Bank) und die Datenbank auf vielen Knoten verteilt wird. Mit der fehlenden zentralen Instanz entsteht ein großer Vorteil gegenüber zentralen Datenbanken, da die zentrale „Schwachstelle“ fehlt. Das Netzwerk kann als ein selbstorganisierendes Peer-System verstanden werden. Die oben beschriebenen Daten (Blöcke der Blockchain) sind auf den Netzwerkcomputern verteilt. Diese Computer werden auch Peers, Miner oder Knoten genannt. Diese Knoten besitzen die Funktion, in die Blockchain zu schreiben und die Daten zu bewahren. Weiterhin überprüfen die Knoten die Einträge in der Blockchain, genehmigen neue Einträge und leiten Einträge weiter (Alexei Malanow, Übersetzung Halyna Kubiv, 2017). Diese Einträge können nicht mehr geändert werden, ohne Teile der Blockchain obsolet zu setzen. Das Löschen der Daten ist, aufgrund der dezentralen Verteilung der Daten auf die Peers, ebenfalls nicht möglich. Die Einträge, also die hinterlegten Daten im Block, sind für alle Nutzer des Blockchain-Netzwerks sichtbar. Auf diese Weise entsteht Transparenz. Mittels Konsensalgorithmen legen die Knoten fest, ob ein neuer Eintrag in die Blockchain freigegeben wird. Umgangssprachlich wird davon gesprochen, dass in der Blockchain Demokratie herrscht. D.h. im einfachsten Fall wird ein Eintrag freigegeben, wenn mehr als 50% der Knoten diesen Eintrag für rechtmäßig erachten. Es werden weiterhin nur Einträge freigegeben, die alle zuvor festgelegten Bedingungen erfüllen. Bei Kryptowährungen wäre diese Bedingung z.B. ein vorhandenes Guthaben. Dies wird ebenfalls mittels Konsensalgorithmen analysiert. An dieser Konsensfindung sollen möglichst viele Peers beteiligt werden bzw. sich beteiligen (z.B. 10.000 Knoten). Auf diese Weise sollen Missbrauch, und die Dominanz von einigen, wenigen Peers, vermieden werden. Es ist aus Sicht eines potentiellen Angreifers deutlich einfacher, 3 von 5 Rechnern zu manipulieren, als 5001 Rechner von 10.000 Rechnern vUm möglichst viele Knoten für die Konsensfindung und die Bereitstellung von Rechenleistung (für das Mining) zu motivieren, wird ein Anreiz benötigt. Dieser Anreiz wird mit der Kryptowährung geschaffen (Cathy Mulligan, p. 14)

Zwei verbreitete Methoden der Konsensfindung sind POW und POS. Bei Proof-of-Work Blockchains dürfen nur Miner teilnehmen, die den vollständigen Verlauf und die exakte Transaktionshistorie der Blockchain haben. Das hat den Vorteil, dass grundsätzlich jeder Knoten teilnehmen darf. Das führt aber auch zu zwei Nachteilen. Zum einen müssen große Datenmengen (z.B. 200 GB) verteilt werden, zum anderen entsteht durch die Teilnahme von vielen Knoten ein hoher

Strombedarf (Alexei Malanow, Übersetzung Halyna Kubiv, 2017, p. 1) Diesen Nachteilen versucht die Proof-of-Stake Blockchain beizukommen, indem hier die Validierung nur durch berechnete Knoten durchgeführt wird. Das gewonnene Kryptoguthaben wird beim POS-Ansatz als Sicherheit eingesetzt (BSI – Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2019, p. 24). Dieser Vorgang wird „staken“ genannt.

Im vorhergehenden Text wurde hauptsächlich von **öffentlichen Blockchains** geschrieben. Öffentliche Blockchains (z.B. Bitcoin) sind für jeden zugänglich, d.h. jeder Anwender kann ein Peer des Netzwerks werden. Darüber hinaus gibt es **permissioned Blockchains** und private Blockchains. Bei permissioned Blockchains (z.B. Ripple) hat jeder Peer eine festgelegte Rolle. Bei privaten Blockchains handelt es sich um nicht-öffentliche kleine Netzwerke mit wenigen Teilnehmern. Dies kommt hauptsächlich bei Blockchain-as-a-Service-Anwendungen zum Einsatz.

## Ethereum statt Bitcoin für Supply Chain Management

In diesem Kapitel wird erklärt, warum sich die Ethereum-Blockchain besser zum Einsatz in der Supply-Chain eignet als die Bitcoin-Blockchain. Das Ethereum Netzwerk ist eine Weiterentwicklung des Blockchain-Konzepts der Bitcoin-Blockchain. Während Bitcoin das Proof-of-Work Konzept nutzt, verwendet Ethereum das schnellere Proof-of-Stake Konzept. Bei Ethereum wurde die interne Struktur um mehrere, integrierte Programmiersprachen erweitert. Dies ermöglicht, neben dem Handeln der Kryptowährung Ether, auch das Ausführen und Abschließen von Smart Contracts. Was Smart Contracts bedeuten und wie sie funktionieren, wird im folgenden Kapitel 0 erklärt. Ein weiterer Vorteil von Ethereum ist die höhere Transaktionsrate. Während Bitcoin ca. 6 Transaktionen pro Sekunde durchführen kann, sind es bei Ethereum schon 15 Transaktionen pro Sekunde. Das entspricht mehr als der doppelten Geschwindigkeit gegenüber der Bitcoin-Blockchain. Die Anzahl der Peers liegt im Ethereum Netzwerk aktuell über 10.000 Knoten. Das entspricht dem Niveau der Bitcoin-Blockchain und ist ein deutliches Zeichen für eine hohe Sicherheit.

## Smart Contracts

Smart Contracts, auch Smart Properties oder Chaincode genannt, sind Programme die in der Blockchain hinterlegt werden können. Diese Programme sind Vereinbarungen, die direkt in die Blockchain programmiert werden (Yaga, Mell, Roby, Scarfone, 2018, p. 32). Es handelt sich um

einfache If-Then oder If-Then-Else Anweisungen. Wird ein festgelegter Parameter, z.B. die Temperatur, einen Schwellwert überschreiten, dann wird ein Vorgang ausgeführt. Zum Beispiel, dass ein Nahrungsmittel für die Weiterverarbeitung gesperrt wird. Der Code wird ausgeführt wenn eine festgelegte Bedingung erfüllt wird. Diese Bedingung kann intern, über den Speicher festgelegt werden, oder extern über ein sogenanntes Orakel zugeführt werden. Ein Orakel könnte zum Beispiel ein Temperatursensor sein. Mit Hilfe eines solchen Smart Codes wird keine externe Prüfstelle oder ein externes Rechtssystem benötigt. Der Code zum Vertragsschluss wird entsprechend zum Gesetz. Der Smart Code ist in der Blockchain hinterlegt. Aus diesem Grund muss bei der Integration des Codes in die Blockchain mit hoher Qualität gearbeitet werden. Denn genau wie die Blockchain ist dieser Smart Code ebenfalls unveränderbar. Ein negatives Beispiel ist TheDAO (Dhillon, Metcalf, Hooper, 2017). Hier wurde Smart Code missbräuchlich verwendet um illegale Transaktionen mit Kryptowährungen durchzuführen. Es entstand ein millionenschwerer Schaden. Da der interne Code nicht veränderbar war (eigentliche Grundlage der Blockchain), wurde diese Blockchain aufgegeben.

## Blockchain as a Service (BaaS)

Um Unternehmen einen einfachen Einstieg in die Blockchain-Technologie zu ermöglichen, wurden kommerzielle Blockchain-as-a-Service Lösungen eingeführt. Namenhafte Anbieter sind AWS, IBM, SAP, T-Systems, Microsoft, Oracle, Deloitte und R3 (Kai Schiller, 17 Apr. 2019). Diese Aufzählung ist nicht vollständig, bildet aber die größten Anbieter ab. Vorteile von BaaS Systemen sind:

- Kunden benötigen keine eigene Serverstruktur
- Geringe Einstiegskosten und -risiken
- Kein eigenes Back-End notwendig
- Kunde kann eigene Blockchain-Netzwerke aufbauen
- Erweiterbar durch Open-Source-Blockchain Hyperledger
- Nutzung konventioneller Programmiersprachen (z.B. C++).

## Ausblick in die Zukunft der Blockchain

Ein kurzer Blick in die Zukunft der Blockchain zeigt das besondere Potential an ausgewählten Beispielen.

Enormes Potential hat die Blockchain-Technologie in der Finanztechnologie. Durch die Nutzung einer Blockchain und einer Kryptowährung ergeben sich mehrere Vorteile. Durch die Aufzeichnung aller Transaktionen können z.B. Steuererklärung schneller erstellt werden, oder Betrug kann schneller erkannt werden. Aber auch Verschwendung auf staatlicher Seite wäre schnell nachvollziehbar. Gleichzeitig kann das staatliche Steuersystem verschlankt werden.

Im Immobiliensektor kann die Blockchain ebenfalls einen Beitrag leisten in Form von blockchain-basierten Aufzeichnungssystemen. Somit können Grundbucheinträge weder zurückdatiert, noch geändert werden.

In der Versicherungsbranche können z.B. von IoT-Geräten aufgezeichnete Daten sicher und unveränderbar zur Auswertung genutzt werden.

Denkbar sind auch blockchainbasierte E-Mailsysteme. Dazu werden Drittanbieter wie z.B. Gmail, GMX oder Microsoft nicht mehr benötigt. Die Blockchain bestätigt, dass die Mail authentisch ist. Spam würde komplett entfallen.

Die Abbildung 6 zeigt zusammenfassend, dass sich die Blockchain in einem kontinuierlichem Verbesserungsprozess befindet. Es ist davon auszugehen, dass sich diese Entwicklung weiter fortsetzt.

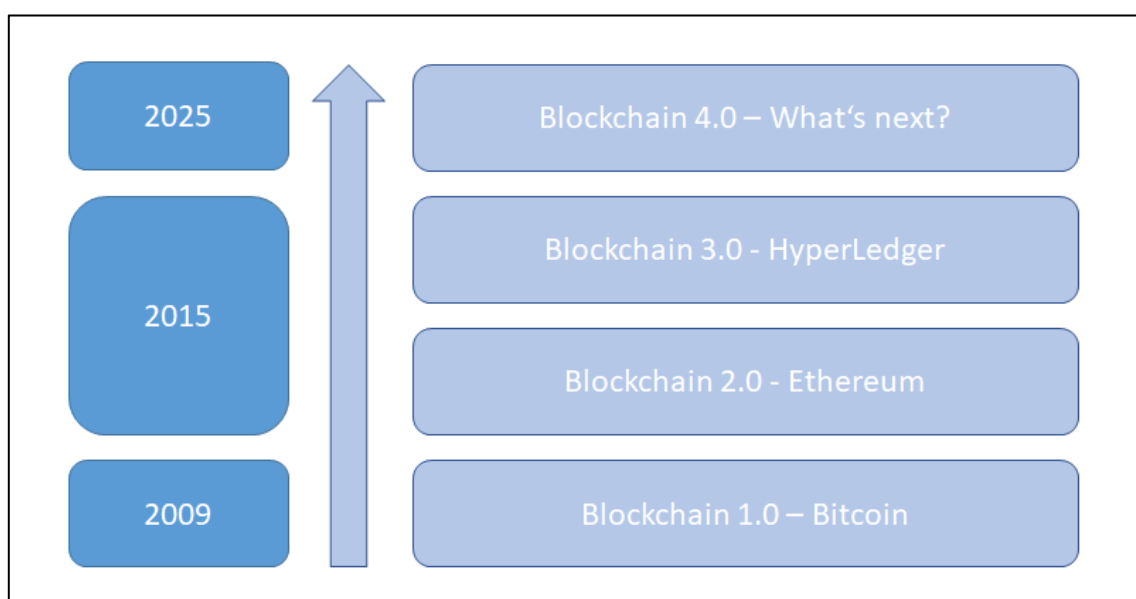


Abbildung 6: Entwicklungsstufen der Blockchain-Technologie „What's next?“



## Ausgewählte Beispiele von Blockchain Anwendungen im SCM

In diesem Kapitel sollen kurz aktuell in der Industrie verwendete, ausgewählte Beispiele für Blockchain Anwendungen im Management von Lieferketten vorgestellt werden.

### Insurwave

Die Firmen Ernest & Young und Guardtime, entwickelten mit Unterstützung von Partnern eine funktionierende Blockchain-Plattform in der Versicherungsbranche. Diese verbindet alle Stakeholder einer Versicherungswertschöpfungskette miteinander und zeigt allen Teilnehmern aktuelle und sichere Risikoinformationen an. Nach dem erfolgreichen Abschluss eines 20-wöchigen Proof-of-Concept Projekts wurde die Implementierung der ersten Phase der Plattform, die die Erstellung von Versicherungsverträgen unterstützt, Anfang 2018 durchgeführt. (guardtime und EY, 2017)

### TradeLens

Die von Maersk und IBM entwickelte Blockchain-basierte Plattform Tradelens digitalisiert die globale Lieferkette. Die Plattform verarbeitet täglich Millionen von Transaktionen und löst die papierbehafteten Probleme des Welthandels

Zum Zeitpunkt März 2019 hatte TradeLens über 60 verbundene Logistik Mitglieder und verwaltete 20 Mio. Container pro Jahr. Das entsprach 20 % der weltweit versendeten Container und bedeutet 350 Mio. Ereignisse, die pro Jahr bearbeitet werden mussten. (Tradelens, 2019)

### Everledger

Everledger hilft der Diamantenindustrie ihre Transparenz in der Lieferkette zu verbessern. Das globale Streben nach Nachhaltigkeit und einer erhöhten Nachfrage der Verbraucher nach der ethischen Beschaffenheit der Diamanten treibt dieses Vorhaben an. Mit Hilfe der BC werden die Sichtbarkeit und die Kontrolle über ethische Quellen und verantwortungsbewussten Diamantenabbau erhöht. Die gesamte Lieferkette, von der Mine bis zum Endkunden, kann digital abgebildet werden. (Everledger)

Zwischenfazit

Die hier vorgestellten Beispiele zeigen bereits deutlich wie BC (Blockchain) Technologie das Potential besitzt, für die Themen Nachweise, Transparenz, Datenaustausch und Datensicherheit und Automatisierung im Bereich des SCM für Verbesserungen und neue Geschäftsfelder zu sorgen.

## Identifizieren und Bewerten geeigneter Supply Chain Management Einsatzgebiete

Um geeignete Anwendungsbereiche innerhalb des Supply Chain Managements für Blockchain-Lösungen zu identifizieren, werden die unter 2.1 aufgezeigten Lieferketten, die unter 2.2 erklärten Blockchain Technologien und die in Abschnitt 3 vorgestellten Methoden miteinander kombiniert. Die folgende Abbildung 7 verdeutlicht das Vorgehen in grafischer Form.

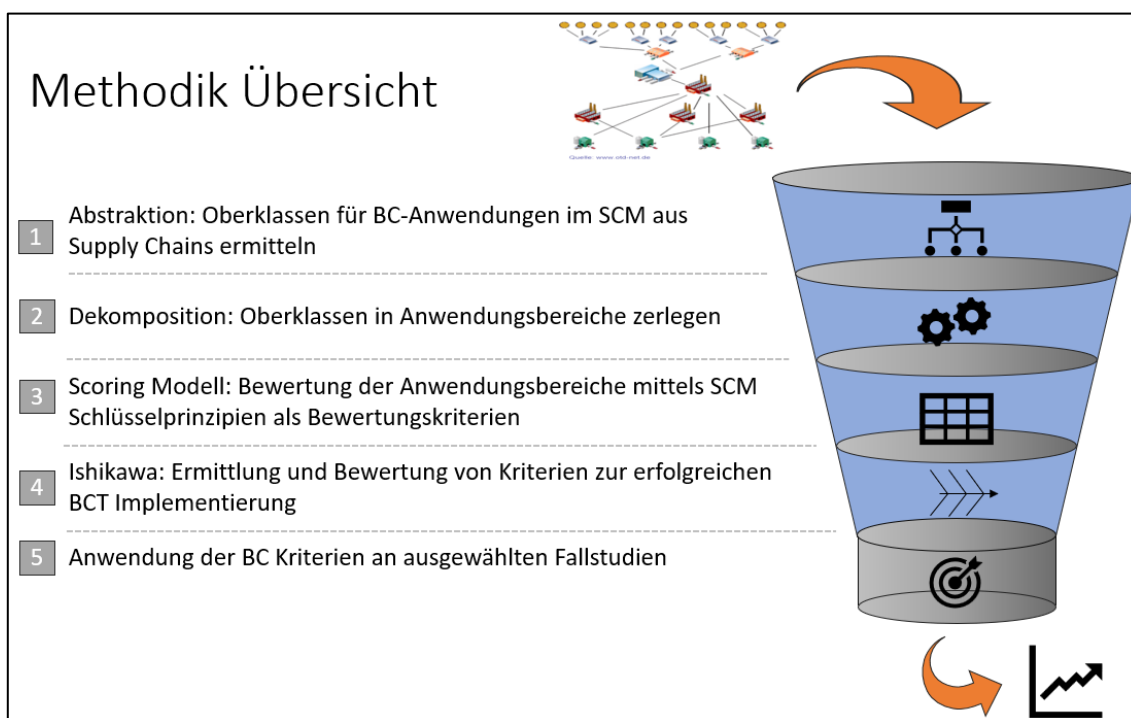


Abbildung 7: Übersicht der verwendeten Methodik zur Ermittlung geeigneter SCM Anwendungsklassen

In einem ersten Schritt werden aus den beispielhaften Lieferketten repräsentative Oberklassen für Blockchain Anwendungen abstrahiert.

Die so ermittelten Klassen können in einem zweiten Schritt in Anwendungsbereiche zerlegt werden.

Unter Verwendung der SCM Schlüsselprinzipien als Bewertungskriterien und unter Zuhilfenahme des Scoring Modells werden diese Anwendungsbereiche in einem dritten Schritt auf ihre Sensitivität gegenüber Blockchain Anwendungen untersucht und bewertet. Im Ergebnis zeigt diese Analyse die bestmöglich für BC-Lösungen geeignetsten SCM Anwendungsbereiche.

In einem vierten Schritt werden, mit Hilfe eines Ursache-Wirkungs-Diagrammes, Kriterien für die erfolgreiche Implementierung von BC Anwendungen entwickelt.

In einem fünften Schritt werden die in den vorherigen Schritten ermittelten SCM Anwendungsbereiche und BC Erfolgskriterien anhand von Fallstudien verknüpft. Ziel ist es, hierbei die Vorteile von BC Anwendungen im SCM herauszuarbeiten und im Idealfall Handlungsempfehlungen abzuleiten.

## **SCM Anwendungsbereiche identifizieren**

### **Oberklassen für SCM Anwendungsbereiche ermitteln**

Die im Abschnitt 0 erarbeiteten Oberklassen werden für die folgende Analyse verwendet. Die Bereiche Informationsaustausch und Informationssicherheit werden separat betrachtet, um den unterschiedlichen Eigenschaften der verschiedenen BC-Technologien in Bezug auf Datenaustausch und Sicherheit Rechnung zu tragen.

Die Oberklassen ergeben sich daher zu:

1. Nachverfolgbarkeit - Track & Trace
2. Informationsaustausch
3. Informationssicherheit
4. Automatisierung
5. Finanzierung

Unterstützt werden diese Klassen durch die verfügbare Literatur. Eine Metastudie der Universität Marokko ergab die Kategorien Nachverfolgbarkeit, Finanzierung und Datensicherheit als die drei Top Themen aus 40 verschiedenen untersuchten wissenschaftlichen Arbeiten. (Tribis, El Bouchti, Bouayad, 2018)

## Differenzierung in entsprechende Unterklassen

Durch eine Differenzierung in Unterklassen lassen sich die zuvor erarbeiteten Oberbegriffe weiter spezifizieren. Dazu werden die in den Lieferketten aus 0 genannten Probleme dahingehend genauer untersucht, welche Problematik in besonderem Maße von den Vorteilen von BC-Anwendungen, wie Vertrauen, Sicherheit, Transparenz und Automatisierung, profitieren könnten. Zusätzlich wird diese Analyse durch Literaturrecherche, bezüglich aktuellen Blockchain Anwendungen im SCM, ergänzt. Im Ergebnis stellen die Unterklassen SCM Aufgabenstellungen dar, die für BC-Anwendungen geeignet sind. Diese werden nachfolgend genannt und erklärt.

### 1. Nachverfolgbarkeit - Track & Trace:

- 1.1. **Herkunftsnachweise:** Beinhaltet Nachweise woher ein Produkt kommt bzw. von wem es hergestellt wurde. Ein Beispiel ist das oben erwähnte Everledger, dass die Herkunft von Diamanten belegt.
- 1.2. **Transportnachweise:** Beinhaltet Nachweise wie, entlang welcher Routen und unter welchen Bedingungen ein Transport stattgefunden hat. Besonders empfindliche elektronische Geräte oder Kühlwaren sind Anwendungsbeispiele.
- 1.3. **Inhaltsnachweise:** Steht stellvertretend für den Nachweis von Inhaltsbestandteilen und schließt Themen wie genmanipuliertes Saatgut oder Inhaltstoffe von Düngemittel mit ein.
- 1.4. **Einhaltung von Regularien & Gesetzen:** Diese Klasse repräsentiert Nachweise bezüglich Einhaltung von Gesetzen und Regularien. Dies können beispielsweise Zollvorschriften, Importdeklarationen oder Einfuhrlicenzen sein.
- 1.5. **Termintreue:** Steht für Nachweise in Bezug auf Einhaltung von Terminen und Fristen.

### 2. Informationsaustausch

- 2.1. **Bedarfsplanungsoptimierung bzgl. Lagerung und Produkte:** Dies beinhaltet Aktivitäten zum Informationsaustausch zwischen Lieferkettenteilnehmern mit dem Ziel, die Bedarfsplanung von Produkten zu optimieren, Überproduktion und unnötige Lagerhaltung zu vermeiden und gleichzeitig alle Kundenbedarfe bestmöglich abzudecken. Im Zuge dessen wird der Bullwhip Effekt reduziert.
- 2.2. **Transportoptimierung:** Diese Klasse steht stellvertretend für Aktivitäten im Bereich Transportplanung z.B. zwecks Verkürzung von Routen, Zusammenfassen von Lieferungen und Vermeidung von Leerfahrten und schnellerer Auslieferung.
- 2.3. **Standardisierter Informationsaustausch:** Diese Klasse enthält Aktivitäten zur Standardisierung von Informationen zum Zwecke des erleichterten Austausches und damit besserer Verfügbarkeit bei den Marktteilnehmern.

### 3. Informationssicherheit

- 3.1. **Zertifizierte Lieferanten:** Beinhaltet Zertifizierung von Lieferanten und Nachweis dessen durch Nutzung des Vertrauens innerhalb BC Anwendungen.
  - 3.2. **Zertifizierte Qualitätsnachweise:** Stellvertretend für Erhöhung des Vertrauens und der Verfügbarkeit von Produkt oder Prozessqualitätsnachweisen.
  - 3.3. **Ausgewählte Kommunikationskreise:** Verbesserung des Schutzes von geistigem Eigentum durch Sicherstellung des „Need-to-know“ Prinzips. Dies erhöht die Bereitschaft zur Zusammenarbeit z.B. im Bereich der Produktentwicklung.
  - 3.4. **Dokumentenrevision:** Beinhaltet Aufgabenstellungen zur Speicherung, Verteilung und Verwaltung von Dokumenten mit dem Ziel, dass für die Beteiligten aktuelle und richtige Informationen verfügbar sind.
4. **Automatisierung**
- 4.1. **Automatisierte Bestellung:** Effizienzverbesserung und Kostenreduktion durch automatisiertes Bestellen, sobald vorher definierte Kriterien erreicht sind.
  - 4.2. **Automatisierte Rechnungsstellung/Abrechnung:** Effizienzverbesserung und Kostenreduktion durch automatisierte Rechnungsbearbeitung.
  - 4.3. **Automatisierte Risikobeurteilung:** Verbesserte Geschäftsentscheidungen auf Basis aktueller Informationen und automatisierter Risikobeurteilungen. Ein Beispiel für diese Klasse ist das Geschäftskonzept der vorher vorgestellten Plattform Insurwave
5. **Finanzierung**
- 5.1. **Transparenzsteigerung:** Beinhaltet Verbesserungen im Bereich Supply Chain Finance durch Transparenzsteigerung und somit Vertrauensgewinn z.B. durch Sichtbarkeit aller Teilnehmer oder Geldströme.
  - 5.2. **Kryptowährung als Handelswährung:** Ersatz von verschiedenen Handelswährungen wie Dollar, Euro oder Yen mit einheitlicher Kryptowährung, die dann ohne Banken, Wechselkursrisiken oder Umtauschgebühren als Zahlungsmittel verwendet werden kann.
  - 5.3. **Automatisierte Steuerberechnung:** Steht stellvertretend für Aktivitäten zur Reduzierung von Aufwänden bei der Ermittlung und Erfüllung von Steuerverbindlichkeiten innerhalb und zwischen Unternehmen.
  - 5.4. **Angebotsgarantie:** Nutzung von BC Anwendungen zur Senkung von Aufwänden bei Angebotsgarantien, z.B. Ersatz von Bankgarantien durch eine äquivalente Verpflichtung in einer BC-Umgebung ohne zusätzliche Intermediäre.

## **SCM Anwendungsbereiche bezüglich BC-Anwendungen bewerten**

Nachdem in Kapitel 0 und 0 aus den Oberklassen entsprechende Unterklassen zur Bewertung für mögliche Anwendungsbereiche der Blockchain in der Supply-Chain abgeleitet wurden, wer-

den für ein Scoring-Modell entsprechende Bewertungskriterien benötigt. Hierzu wird in das Kapitel 0 verwiesen. Dort wurden die Schlüsselprinzipien des Supply-Chain-Managements nach Werner (Werner, 2017) eingeführt und beschrieben. In diesem Zusammenhang wird nun folgende These postuliert:

*Die sieben Schlüsselprinzipien des SCM eignen sich als Bewertungskriterien für mögliche Blockchain Anwendungen in der Supply-Chain.*

Durch die Einführung dieser These wird eine Brücke zwischen der Blockchain und der Supply Chain konstruiert. Die Grundaussage besteht darin, dass eine jeweilige Verbesserung eines, oder mehrerer Prinzipien, durch die Einführung einer Blockchain Anwendung, ebenfalls zu einer Verbesserung der Supply-Chain führt bzw. führen kann. Eine Verschlechterung der Supply-Chain wird bei einer Verbesserung eines oder mehrerer Prinzipien ausgeschlossen.

Zur Erinnerung werden in der folgen Abbildung 8 diese Schlüsselprinzipien dargestellt und darauffolgend mit einer kurzen Erklärung mit Schlagworten noch einmal kurz beschrieben.

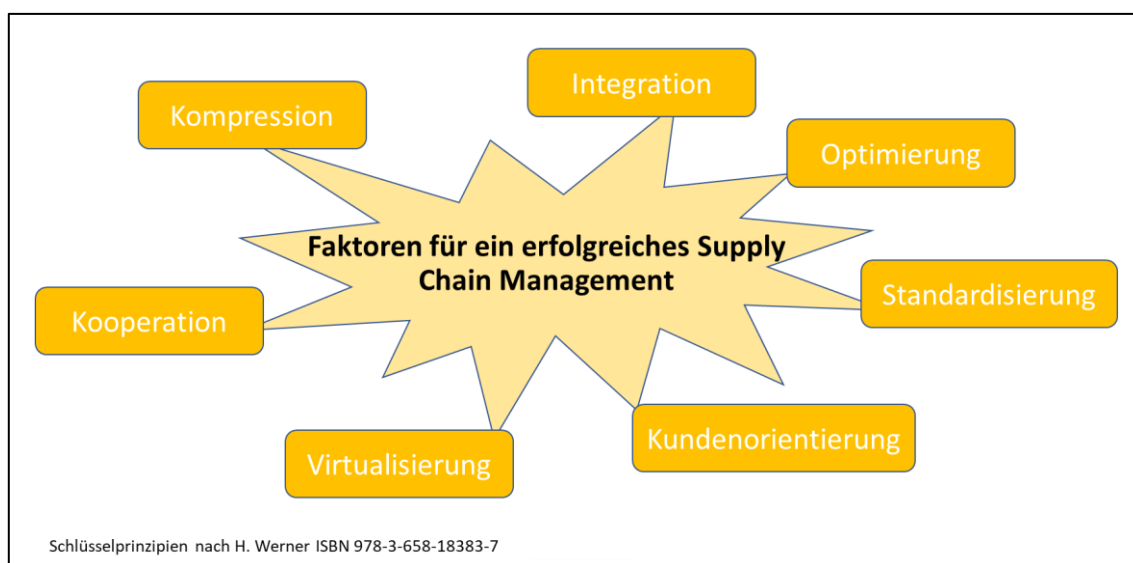



Abbildung 8: Schlüsselprinzipien des Supply-Chain-Managements

Aus den Unterklassen und den Schlüsselprinzipien kann nun das Scoring-Modell aufgebaut werden. Dazu werden die Unterklassen und die Schlüsselprinzipien in einer Excel-Liste eingetragen. In der linken Spalte befinden sich die Klassen und in der nach rechts laufender Zeile werden die Prinzipien eingetragen. Anschließend wird jede Klasse mit einem einfachen Score von eins bis drei, bezüglich des Verbesserungspotentials in einem Schlüsselprinzip durch Einführung einer Blockchain, bewertet. Daraus ergibt sich eine Bewertungs-Matrix von 19 x 7. Diese Matrix wird von jedem Gruppenmitglied dieser Arbeit ausgefüllt. Anschließend werden die Ergebnisse, die

unterschiedliche Bewertungen zeigen, diskutiert und auf einen gemeinsamen Wert angepasst. Die folgende Abbildung 9, zeigt einen Auszug der Anwendung des Scoring Modells für die Oberklasse „Nachverfolgbarkeit“, sowie drei von fünf zugehörigen Unterklassen „Herkunftsnachweis“, „Transportnachweis“ und „Inhaltsnachweis“. Auf die zwei Unterklassen „Nachweis zur Einhaltung von Regularien und Gesetzen“ und „Termintreuenachweis“ wurde aus Darstellungsgründen verzichtet.

1 Nachverfolgbarkeit	Kompression	Kooperation	...	Summe			
1.1 Herkunftsnachweise	1	+	1	+	11	=	13
1.2 Transportnachweise	2	+	2	+	11	=	15 
1.3 Inhaltsnachweise	2	+	1	+	9	=	12




<b>Legende für Punktevergabe</b>		
		
3	2	1

Abbildung 9: Exemplarisches Beispiel des Scoring-Modells

Das in Abbildung 9 gezeigte Beispiel ist wie folgt zu interpretieren. Die Unterklasse „Herkunftsnachweis“ der Oberklasse „Nachverfolgbarkeit“ bietet bei Einführung einer Blockchain Anwendung keinen Mehrwert bezüglich der Kompression. Die Begründung hierfür liegt darin, dass durch die Anwendung einer Blockchain keine Akteure in der Supply-Chain reduziert werden können. Dementsprechend beträgt der Score zwischen „Herkunftsnachweis“ und „Kompression“ eine niedrige Eins. Bei der „Kooperation“ in den Bezug auf den „Herkunftsnachweis“ ergibt sich ein ähnliches Bild. Es ergeben sich durch die Nutzung einer Blockchain kein zusätzlichen Verbundeffekte. Deshalb wird auch hier mit einer Eins gescort. Innerhalb der Spalte mit den drei Punkten, befinden sich die restlichen fünf Prinzipien, die im Score mit einer 11 zusammengefasst sind. Ein Beispiel für einen hohen Score von Drei ergibt sich für das Prinzip „Standardisierung“ in der Klasse „Herkunftsnachweis“. Dieser Score basiert darauf, dass mit der Blockchain ein übergeordneter Datenaustausch eingeführt wird.

Feststellung: Das Prinzip der „**Standardisierung**“ wird, unabhängig von der zu untersuchenden Unterklasse, durch die **Einführung einer Blockchain in jedem Fall verbessert**.

Im Ergebnis der Scoring-Methode lassen sich fünf Unterklassen als Favoriten für die Einführung einer Blockchain in der Supply-Chain identifizieren. Diese sind in Abbildung 10 dargestellt. Es handelt sich um den „Transportnachweis“, die „Bedarfsplanung“, die „automatisierte Bestellung“, die Dokumentenrevision und die Nutzung der „Blockchain zur Einführung einer einheitlichen Handelswährung“.

Oberklasse	Unterklasse	Score	
1 Nachverfolgbarkeit	1.2 Transportnachweise	15	2.
2 Informationsaustausch	2.1 Bedarfsplanung	19	1.
4 Automatisierung	4.1 Autom. Bestellung	17	
3 Informationssicherheit	3.4 Dokumentenrevision	15	3.
5 Finanzierung	5.2 BC als Handelswährung	17	entfällt

Abbildung 10: Ergebnis des Scoring-Modells

Der nächste Schritt besteht darin, aus diesen fünf Favoriten drei auszuwählen, die im Anschluss in Kapitel 5 in der Tiefe betrachtet werden. In dieser Arbeit wird nicht nur dem Score gefolgt, sondern differenziert. Die zwei Klassen „Bedarfsplanung“ und „automatisierte Bestellung“ werden aufgrund ihrer fachlichen Nähe zu einer Klasse zusammengefasst und gemeinsam betrachtet. Die Klasse „BC als Handelswährung“ entfällt für die erweiterte Betrachtung, da es zu diesem Thema bereits umfangreiche Informationen gibt.

v

Mit der Methode des Scoring Modells konnten drei potentielle Themen identifiziert werden, die durch Einführung einer Blockchain-Technologie, der Supply Chain einen deutlichen Mehrwert bieten können.

## Kriterien für erfolgreiche Blockchain Implementierung definieren

Zur Bestimmung der Erfolgskriterien einer Blockchain Anwendung, wurde die von Paolo Tasca und Claudio J.Tessone im Jahr 2019 erstellte Arbeit „*A Taxonomy of Blockchain Technologies*“ untersucht (Paolo Tasca, Claudio J.Tessone, 2019). Aus dieser Literaturquelle wurden die für



Supply Chain Management wesentlichen Elemente extrahiert. So können Kategorien, wie beispielweise „Transaction Capabilities“, also das Backend betreffende Themen, aufgrund der hier hauptsächlich betrachteten BaaS-Anwendung vernachlässigt werden. Kategorien, die sich ausschließlich mit dem Thema Blockchain als Währung beschäftigen, wurden ebenfalls nicht berücksichtigt.

Als Ergebnis wurde ein Ishikawa-Diagramm (Abbildung 11) erstellt. Dieses zeigt die Blockchain-Kriterien, die zum Erfolg einer Blockchain-Anwendung im Supply Chain Management nötig sind.

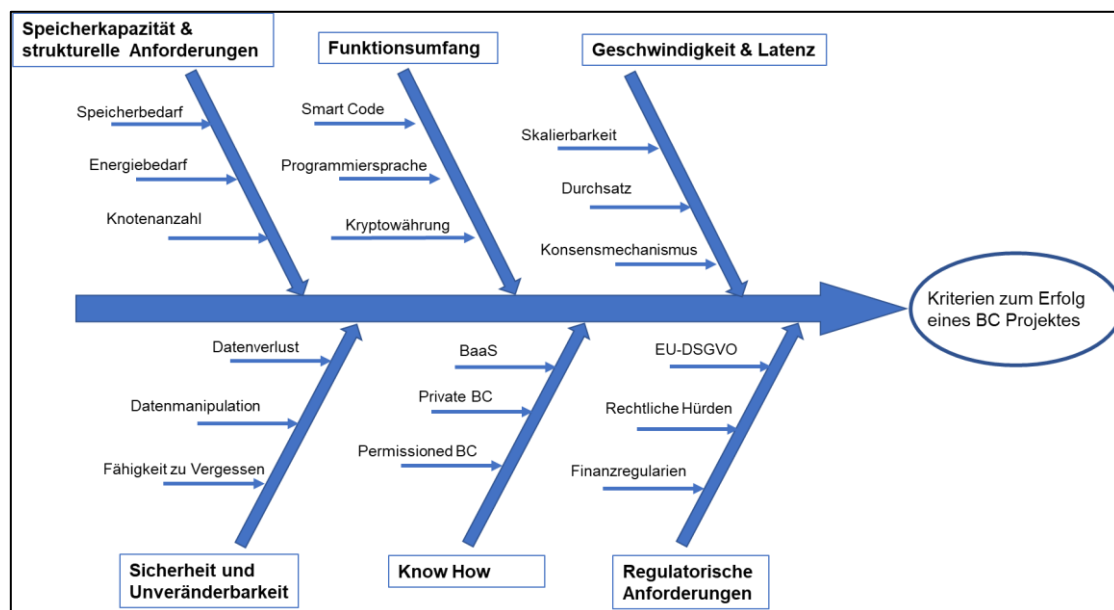


Abbildung 11: Ishikawa-Diagramm: Kriterien zum Erfolg eines Blockchain-Projekts

Zur Verdeutlichung der Notwendigkeit der ausgewählten Kriterien wurden diese im Anschluss erläutert.

### Speicherkapazität & strukturelle Anforderung

- **Speicherbedarf:** Der Speicherbedarf der Blockchain kann schnell wachsen. Deshalb sollte genau bestimmt werden, welche Daten in der Blockchain hinterlegt werden müssen. Es kann von Vorteil sein, ausschließlich gewisse Metadaten zu speichern.
- **Energiebedarf:** Der Energiebedarf ist stark von der Größe der Blockchain Anwendung und ihres Konsensmechanismus abhängig. Je weniger Teilnehmer, Server und Speicherbedarf benötigt wird, desto kleiner ist auch der Energiebedarf. Besonders als Businessprozess sollte der Energieverbrauch der Blockchain nicht zu hoch sein, da Kunden für diese Kosten nicht aufkommen.
- **Knotenanzahl:** Die Knotenzahl ist die Anzahl der Speicherorte der Blockchain. Desto öfter sie gespeichert wird, desto sicherer ist sie. Allerdings steigt mit der Knotenzahl auch der Energie- und Speicherbedarf.

### Funktionsumfang

- **Smart Code:** Oder auch Smart Contracts, sind Funktionen der Blockchain die automatisch ausgelöst werden. Dies können zum Beispiel intelligente Rechtsverträge oder automatisch ausgelöste Bestellungen sein.
- **Programmiersprache:** Die Möglichkeit zur Verwendung von allgemein verbreiteten, höheren Programmiersprachen erleichtert die Anwendung von Blockchain Technologie. Durch diese Programmiersprachen ist geschultes Personal auf dem Arbeitsmarkt verfügbar und komplexere Einsatzmöglichkeiten für BC sind umsetzbar.
- **Kryptowährung:** Wird der Einsatz eines Belohnungssystems für das Verschlüsseln (Minen) oder ein Transaktionssystem innerhalb der Blockchain benötigt, so muss eine Kryptowährung in ihr implementiert werden.

### Geschwindigkeit & Latenz

- **Skalierbarkeit:** Die Skalierbarkeit beschreibt, in welchem Umfang die Blockchain Anwendung in Bezug auf Benutzer, Transaktionen, Durchsatz und Knoten wachsen kann.
- **Durchsatz:** Der Durchsatz beschreibt in welcher Zeit eine Transaktion durch alle Knoten validiert und bestätigt ist.
- **Konsensmechanismus:** Der Konsensmechanismus ist das Regelwerk der Blockchain. Er garantiert die Vertrauenswürdigkeit der gespeicherten Daten und variiert je nach Blockchain-Technologie.

### Sicherheit und Unveränderbarkeit

- **Datenverlust:** Das Verhindern von Datenverlust ist ein Hauptkriterium bei der Anwendung von Blockchain Lösungen. Die Verwendung von vielen dezentralen Knoten ermöglicht dies.
- **Datenmanipulation:** Das Verhindern der Manipulation von Daten ist ein Hauptkriterium bei der Anwendung von Blockchain Lösungen. Das Verwenden von vielen dezentralen Knoten und die Verkettung von Datenblöcken ermöglicht dies.
- **Fähigkeit zu Vergessen:** Die Fähigkeit zu Vergessen ermöglicht alte, nicht mehr Benötigte Datensätze zu löschen. So kann Speicherplatz wieder freigegeben werden.

### Know How

- **BaaS:** Unternehmen mit großer technischer Stärke und KnowHow (z.B. Microsoft oder IBM) bieten eine auf das individuelle Geschäftsfeld angepasste Blockchain als Service an. Diese Firmen stellen auch die technische Infrastruktur zur Verfügung.
- **Private BC:** Lese- und Schreibrechte, sowie der Konsensmechanismus werden von einer zentralen Stelle verwaltet
- **Permissioned BC:** Jeder Benutzer hat Leserechte. Die Schreibrechte und der Konsensmechanismus werden allerdings von einer zentralen Stelle verwaltet.

### Regulatorische Anforderungen

- **EU-DSGVO (Datenschutzgrundverordnung):** Berücksichtigt inwiefern die BC Lösung die Anforderungen an Schutz personenbezogener Daten nach DSGVO berührt und einhält.
- **Rechtliche Hürden:** Beinhaltet in welcher Hinsicht die BC Anwendung als rechtlicher Nachweis dienen kann, um bisherige Verfahren zu ersetzen.

- **Finanzregularien:** Reflektiert Herausforderungen in Bezug auf Finanzregularien beim Einsatz der BC Lösung z.B. als Zahlungsmittel.

Anhand dieser Kriterien kann nachfolgend bestimmt werden, welche Elemente für eine konkrete BC Anwendung im Supply Chain Management besonders bedeutsam sind.

## **Anwendungen der Blockchain im Supply Chain Management**

### **Anwendung einer Blockchain in der Dokumentenrevision**

Um die Problemstellung beim Thema Dokumentenrevision zu verdeutlichen, wird die Ausgangslage in Abbildung 12 dargestellt.

In diesem Szenario benötigt der Automobilhersteller für sein neues Kraftfahrzeug ein smartes Infotainment System, das er bei dem Infotainment Unterlieferant beauftragt. Der Infotainment Lieferant beauftragt seinerseits die Entwicklung eines speziellen Prozessors zur Unterstützung der „smarten“ Fähigkeiten des Infotainment Systems (z.B. Sprachsteuerung). Der Prozessor ist noch in der Entwicklung. In einer fortgeschrittenen Planungsphase fordert der Automobilhersteller ein Design Dokument des Prozessors an. Die Informationen werden für die Softwareentwicklung benötigt, die in diesem Beispiel nach extern ausgelagert ist. Zusätzlich wird das Design Dokument an eine unabhängige Prüforganisation ausgehändigt, um zusammen mit weiteren Unterlagen dem neuen Kraftfahrzeug die Einhaltung relevanter Richtlinien und Gesetze zu bescheinigen.

Wie aus genannter Abbildung ersichtlich ist, ergibt sich das Problem, dass die Parteien mit unterschiedlichen Informationsständen bzw. Dokumentenrevisionen (Rev.) arbeiten. In diesem Beispiel hat der Prozessorentwickler das neueste Dokument (Rev.3) nicht an den Infotainmentlieferanten gesendet. Daher arbeiten Automobilhersteller und Infotainmentlieferant mit Rev.2 des Dokuments. Weiterhin kann es durch Verzögerungen im Prozessablauf des Automobilherstellers dazu kommen, dass der externe Softwareentwickler mit Rev.1 arbeitet. Die unabhängige Prüfstelle ist lediglich am Anfang der Entwicklung im Fokus und besitzt die erste Revision (Rev.0). Diese unterschiedlichen Dokumentenstände führen zu erhöhtem Kommunikationsaufwand und Mehrarbeit.

Vergleicht man dieses Beispiel mit der Darstellung der Automobillieferkette (siehe Abbildung 2) des Abschnitts 0, wird ersichtlich, dass der Zustand der unterschiedlichen Informationsstände in einer komplexeren, realen Lieferkette mit Sicherheit eintreten wird. Die gewählte Problemstellung ist daher relevant für Supply Chain Management.

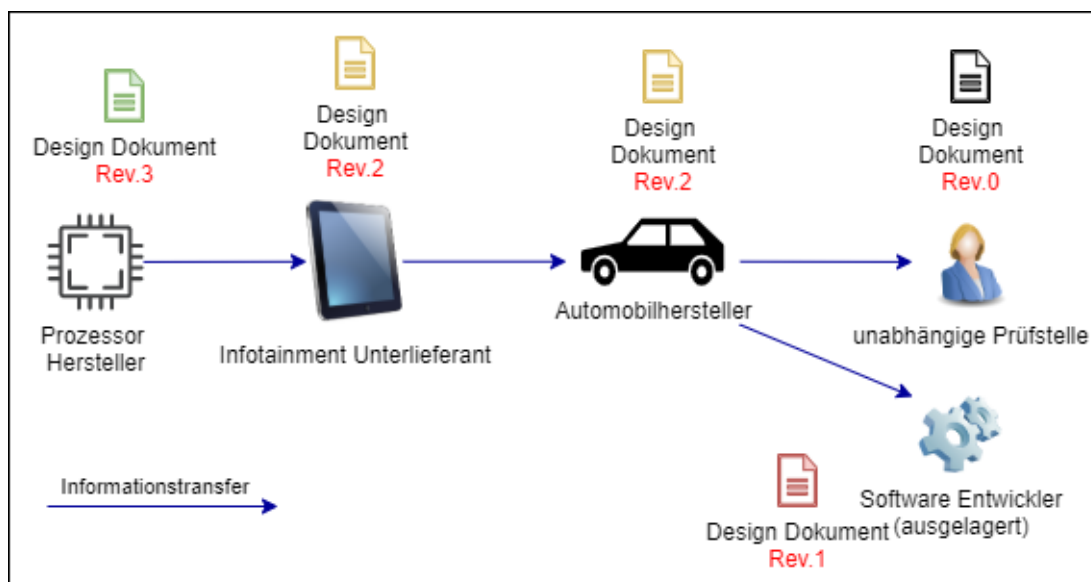


Abbildung 12: Beispiel der Dokumentenrevision ohne Blockchain

In der folgenden Abbildung 13 wird das vorherige Szenario unter Verwendung einer Blockchain Anwendung zur Nachverfolgung der Dokumentenrevision dargestellt. In der Blockchain (zentral mittig positioniert und durch eine Wolke repräsentiert) können die relevanten Daten der Dokumente als Hash gespeichert werden. Durch eine einfache Schnittstelle ist es jeder an der BC Anwendung angeschlossenen Partei möglich, den Hash ihres verfügbaren Dokumentes mit dem in der BC-Kette gespeicherten Hash zu überprüfen. Dadurch kann ermittelt werden, ob Ihnen die letzte Revision des Dokumentes vorliegt. Unter Verwendung der Smart Code Programmierfähigkeit wäre es ebenfalls möglich, eine Push Nachricht an die Parteien zu senden, wenn eine neue Revision eines Dokumentes verfügbar ist. Durch die Verwendung der Blockchain können die Informationsstände angeglichen werden und gleichzeitig wird fälschungssicher festgehalten wer, wann, die Informationen den anderen Parteien zur Verfügung gestellt hat.



<p><b>Speicherbedarf</b>  <i>Viele Dokumente speichern, ggf. nur Hashwerte in Blockchain schreiben.</i></p>	<p><b>Energiebedarf</b>  <i>Im Businessprozess ist wenig Energieverbrauch wichtig</i></p>	<p><b>Smart Code</b>  <i>Kann gegebenenfalls Aktionen nach außen Auslösen</i></p>
<p><b>Skalierbarkeit</b>  <i>Viele Dokumente</i></p>	<p><b>Datenverlust</b>  <i>Muss vermieden werden</i></p>	<p><b>Datenmanipulation</b>  <i>Wichtigstes Kriterium</i></p>
<p><b>Blockchain as a Service</b>  <i>Schneller Einstieg in die Blockchaintechnologie</i></p>	<p><b>Datenschutz</b>  <i>Gegebenenfalls Beschränkung der Zugriffsrechte</i></p>	

Abbildung 14: Blockchaineditionen Dokumentenrevision

### Anwendung einer Blockchain für Transportnachweise

In einem zweiten Beispiel wird ein Szenario der Lebensmittelindustrie untersucht.

Abbildung 15 zeigt eine Darstellung einer Problemstellung für Transportnachweise. Ein Lebensmittelproduzent transportiert, über einen Logistikdienstleister, temperatursensitives Gut zum Kunden. Um die Einhaltung gesetzlicher Kühlkettennachweise zu bestätigen, existiert ein System aus Eigenauskunft, Zertifizierung und Drittparteien (Gutachter), die vornehmlich papiergebundene Nachweise ausstellen. Bei mehreren Produktionsstandorten und Lagerumschlagplätzen werden viele Gutachter benötigt. Zusätzlich ist die Temperatur während des Transportes nicht gesichert und die Lieferkette dadurch anfällig für Fehler oder Manipulation.

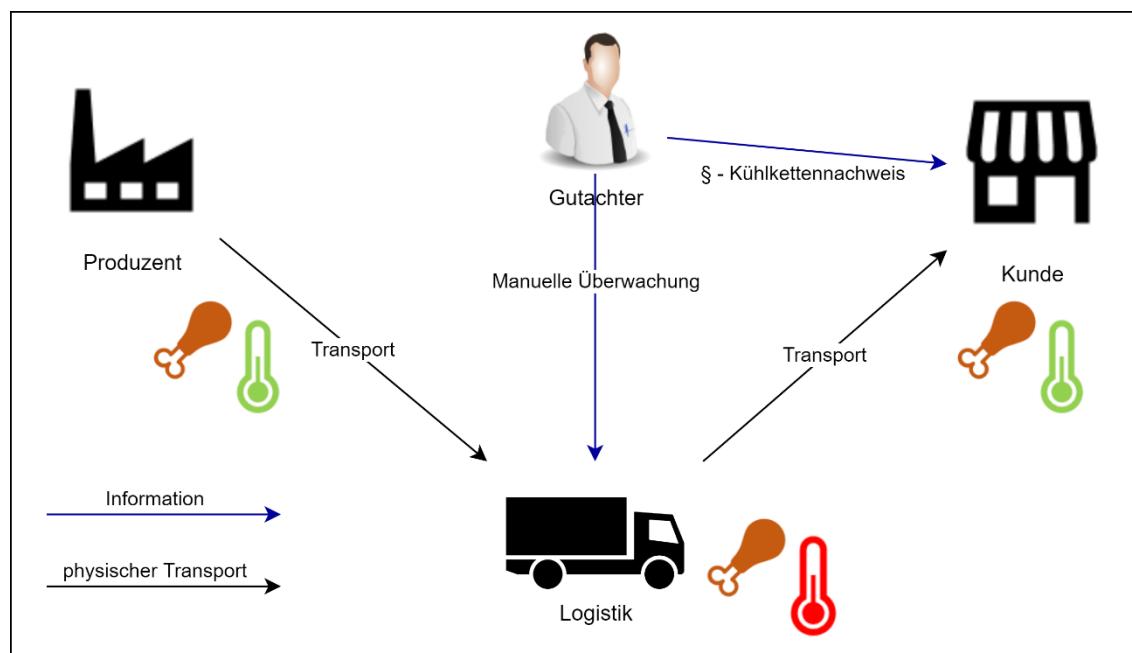


Abbildung 15: Beispiel der Transportnachweise ohne Blockchain

Eine potentielle Verbesserung der Situation, mittels Einführung einer BC Anwendung, stellt Abbildung 16 dar. So wird durch Verwendung eines RFID (Radio Frequency Identification) Temperatursensors die Temperatur des Kühlgutes, vom Produzenten bis zum Kunden, konstant überprüft. Die kryptografisch gesicherte Datenspeicherung in der Blockchain, sowohl für die Produktdaten des Sensors (z.B. Hersteller, Seriennummer, Messbereich) als auch Messdaten, würde das Risiko von Manipulation signifikant reduzieren. Durch Smart Code Fähigkeit kann die BC Anwendung eine Nichteinhaltung vorher definierter Temperaturgrenzen aktiv beim Fahrer oder Kunden anzeigen. Dementsprechend können nachfolgende Schritte eingeleitet werden. Stellt der Produzent zusätzlich die Produkt- und Transportdaten in der BC bereit, stehen den Parteien aktuelle, potentiell echtzeitfähige Daten zur Transportoptimierung zur Verfügung. Unter bestimmten rechtlichen Bedingungen besteht das Potential externe Gutachter entfallen zu lassen und die in der BC gespeicherten Produkt-, Transport- und Temperaturdaten als gesetzlichen Kühlkettennachweis anzuerkennen.

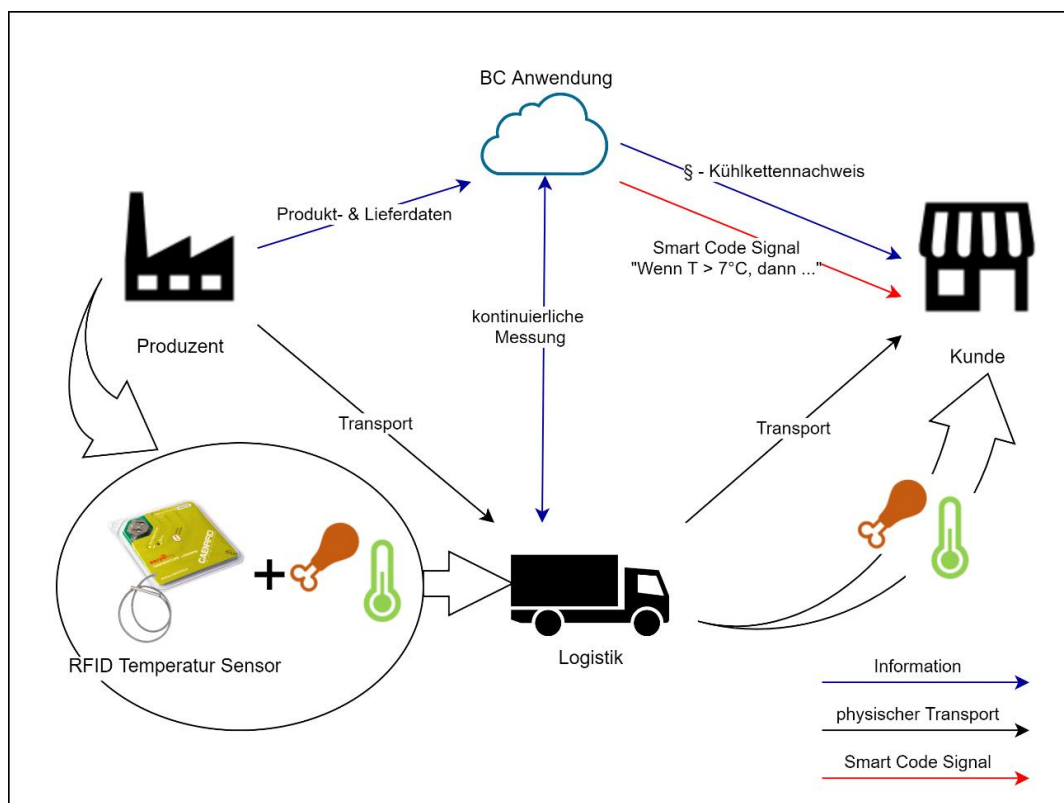


Abbildung 16: Beispiel der Transportnachweise mit Blockchain

In Tabelle 2 wird überprüft, welche Schlüsselprinzipien des SCM sich durch die Einführung einer Blockchain Anwendung verbessert haben. Es ist ersichtlich, dass sich in sechs von sieben Schlüsselprinzipien eine Verbesserung der SC durch die Einführung einer BC ergibt. Die Gründe für diese Bewertung sind im Bemerkungsfeld für jedes Schlüsselprinzip explizit angegeben.

Tabelle 2: Transportnachweise mit Blockchain - Auswertung der Implementierung der SCM Schlüsselprinzipien

SCM Schlüsselprinzip	Vor BC-Anwendung	Nach BC-Anwendung	Bemerkung
Kompression	☹️	😊	Mehrere Gutachter durch BC-Akteur ersetzt
Kooperation	☹️	😊	Möglichkeit zur Kombination von Lieferungen
Virtualisierung	☹️	😊	Produkt & Transportdaten für Kunden verfügbar
Standardisierung	☹️	😊	Produktdaten & Messkriterien etabliert
Integration	☹️	☹️	Keine Änderung
Kundenorientierung	☹️	😊	Digitale Nachweise für Endkunden
Optimierung	☹️	😊	Potential zur Transportoptimierung durch echtzeitverfügbare Daten



In Abbildung 17 wird gezeigt, welche Kriterien für die erfolgreiche Implementierung einer Blockchain für die Transportnachweise besonders erheblich sind. Die Gründe für diese Bewertung sind für jedes Kriterium explizit angegeben.

<b>Skalierbarkeit</b> <i>Transportmenge Tendenz steigend</i>	<b>Datenverlust</b> <i>Muss vermieden werden</i>	<b>Datenmanipulation</b> <i>Muss vermieden werden</i>
<b>Smart Code</b> <i>Meldung von Ereignissen</i>	<b>Blockchain as a Service</b> <i>Schneller Einstieg in die Blockchain-Technologie</i>	<b>Rechtliche Hürden</b> <i>Anerkennung der Blockchain z.B. als Temperaturnachweis, Zollpapiere</i>

Abbildung 17: Blockchainerkriterien Transportnachweise

## Anwendung einer Blockchain zur Bedarfsplanungsoptimierung mit automatischer Bestellung

Die bereits vorher genannten Herausforderungen für SCM manifestieren sich unter anderem im **Bullwhip-Effekt**. Dieser wurde in den 1990er-Jahren beim Konsumgüterunternehmen Procter & Gamble (P&G) festgestellt (Hau L. Lee, V. Padmanabhan, Seungjin Whang, 1997) und zeigte unerwartet große Fluktuationen bei den Nachbestellungen an die Unterlieferanten bei relativ konstanter Konsumentennachfrage. Im Ergebnis kumulierten die Planungsunsicherheiten jedes Gliedes der Lieferkette zu immer größeren Schwankungen, auf die die Hersteller und Transporteure mit Überproduktion und Lagerhaltung reagierten. Die Lieferkette ist ineffizient und eine Reduzierung des Effektes kann die Zusammenarbeit der Marktteilnehmer verbessern.

Der Bullwhip-Effekt wird durch vier Parameter beeinflusst (Hau L. Lee, V. Padmanabhan, Seungjin Whang, 1997). Diese sind:

- unsichere **Nachfrageprognosen** auf Seiten der Lieferkettenteilnehmer,
- überhöhte Bestellmenge bei Marktengpässen um der erwarteten Nachfrage gerecht zu werden (**Engpasspoker**),
- Verzögerungen im Bestellablauf durch **Auftragsbündelung** zur Transportkostensenkung und
- erhöhte Bestellmengen bei niedrigen Preisen (**Preisfluktuation**) um Lager zu füllen ohne entsprechende Kundennachfrage.

Zusammengefasst liegen die Ursachen für den Effekt in einem Mangel an Echtzeitinformationen und unzureichender Koordinationsregeln der Beteiligten untereinander.

Um den Bullwhip-Effekt abzuschwächen und eine bessere Integration von Lieferanten zu erreichen, wurde das Konzept des Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment (CPFR) von der Voluntary Interindustry Commerce Standards Association (VICS) entwickelt ((Gillert, Hansen, 2007) und (ECR DIGITAL EDITION, 22 Mar. 2019)). CPFR besteht aus den drei Phasen **Planung** (Planing), **Prognoseerstellung** (Forecasting) und **Ausführung** (Replenishment). Dabei werden neben grundsätzlichen Vertragsvereinbarungen und Kooperationszielen auch konkrete Bedarfe und Bestellprognosen für Warengruppen und Waren ermittelt und diese Bestellungen vom Lieferanten selbständig erfüllt.

Die offensichtlichen Vorteile dieses Konzeptes bezüglich Kollaboration und Integration werden mit einigen Nachteilen erkauft. Dem Lieferanten wird Zugriff auf betriebsinterne Daten oder Systeme ermöglicht, was ein Sicherheitsrisiko darstellen kann. Der Aufbau einer gemeinsamen Koordinationsstruktur ist aufwändig, z.B. um Schnittstellen zur Hardware und Software herzustellen. Änderungen können zu hohen Kosten führen. Es findet eine mittel- bis langfristige Bindung an Lieferanten statt, die zu höheren Preisen aufgrund mangelnder Konkurrenz führen kann.

Im nächsten Schritt wird überprüft, ob die Verwendung einer Blockchain Anwendung diese Probleme beheben kann.

Äquivalent zu den vorherigen Beispielen wird die Situation vor Verwendung einer Blockchain durch eine Grafik verdeutlicht, siehe Abbildung 18. Die Abbildung zeigt, dass der Kunde ein spezifisches CPFR Abkommen und IT-Infrastruktur mit seinem Lieferanten des ersten Levels benötigt. Dieser Lieferant Level 1 hat seinerseits ein separates CPFR Abkommen und IT-Infrastruktur mit einem Lieferanten des zweiten Levels. Der Lieferant Level 1 muss nunmehr bereits zwei IT-Infrastrukturen bereithalten und bedienen.

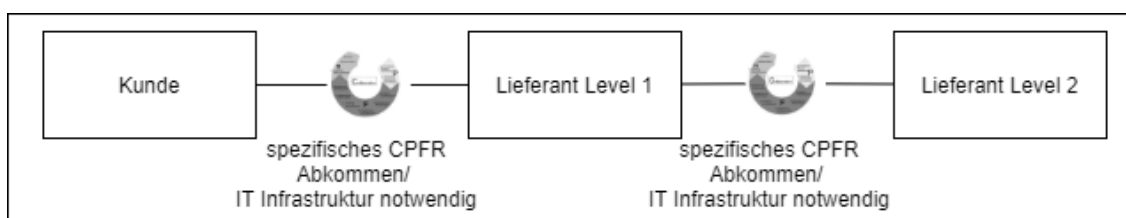


Abbildung 18: Beispiel einer Lieferkette mit CPFR ohne Blockchain

---

Die folgende Abbildung 19 zeigt die Möglichkeiten der gleichen Lieferkette, unter Verwendung einer Blockchain Anwendung.

Die Blockchain dient als gemeinsamer Datenspeicher und Schnittstelle zur IT-Infrastruktur. Es ergeben sich diverse Vorteile. Zum einen kann der Kunde, z.B. über die Nutzung von RFID Technologie, in Echtzeit seine Bestandsdaten in der Blockchain speichern. Dies ermöglicht bessere Bedarfsprognosen durch aktuellere Daten, sowie eine fälschungs- und fehlersichere Ablage historischer Informationen, z.B. um langfristige Tendenzen zu erkennen. Ein Lieferant des zweiten Levels könnte nunmehr ebenfalls auf die Originaldaten des Kunden zurückgreifen. Er ist dadurch in der Lage zu ermitteln, ob eine Bestellung seines Kunden (Lieferant Level 1) aufgrund verstärkter Endkundennachfrage, oder aus anderen Gründen entstanden ist. Diese Information ermöglicht bessere Geschäftsentscheidungen.

Durch die Verwendung einer BC Lösung als einheitliche IT-Schnittstelle, ergeben sich ebenfalls Möglichkeiten der erleichterten Anbindung an Transportmanagement- oder Abrechnungssysteme. Die Integration von zusätzlichen Gliedern in der Lieferkette wird ebenso vereinfacht. Die in Bezug auf den Bullwhip Effekt vorgestellten Nachfrageprognosen werden somit verbessert, da Informationen über Endkundenbedarfe in tieferen Leveln der Lieferkette verfügbar sind.

Durch die Nutzung von Smart Code in der Blockchain eröffnen sich Optionen zur Automatisierung. Beispielsweise kann eine Bestellung des Kunden bei Lieferant Level 1 gleichzeitig eine Bestellung von Level 1 bei Level 2 auslösen. Die dieser Bestellung zugrunde liegenden Daten sind sicher in der BC gespeichert und damit ist die Entscheidungsgrundlage dieses Geschäftsvorganges nachvollziehbar.

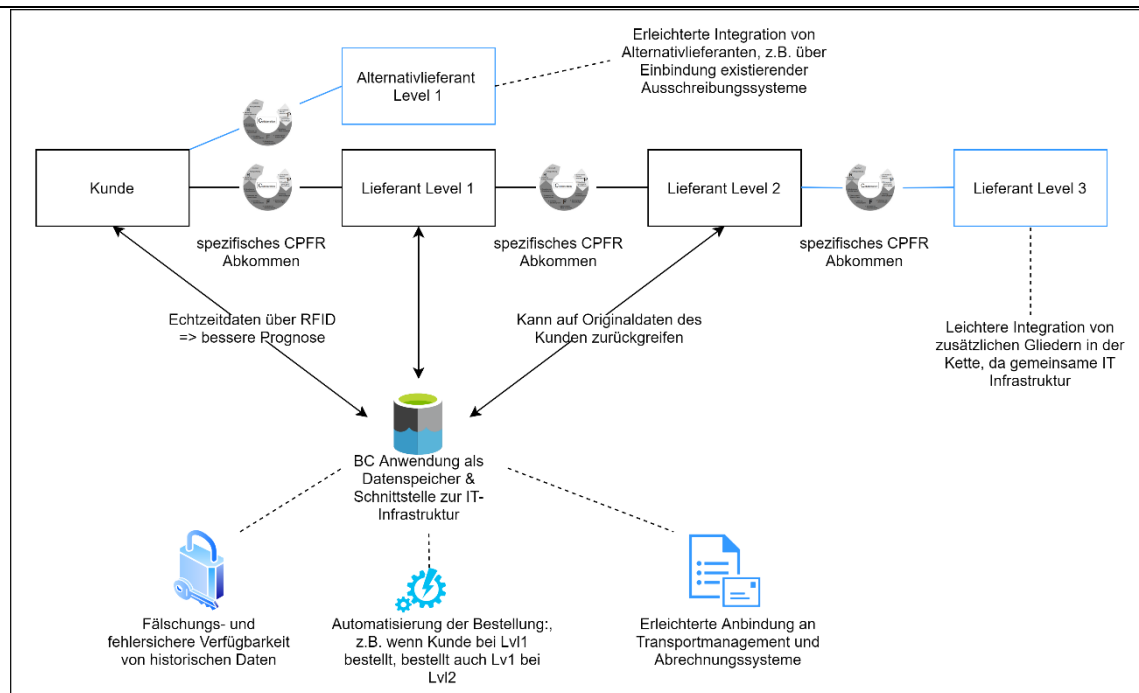
















Abbildung 19: Beispiel einer Lieferkette mit CPFR und Blockchain

Die standardisierte IT-Anbindung und die Fähigkeit zur Automatisierung ermöglichen zusätzlich die Integration von Alternativlieferanten. Dies kann beispielsweise über die Einbindung von existierenden Ausschreibungssystemen (z.B. <https://www.allocation.net/>) realisiert werden. Diese Systeme bieten die Chance auf bessere Preise für den Kunden, da elektronische Bieterverfahren genutzt werden können. Gleichzeitig bleiben für alle Beteiligten die Bedarfs- und Bestellprognosen transparent sichtbar und fehlerhafte Kapazitätsentscheidungen werden vermieden.

In Anbetracht dieser Verbesserungspotentiale ergibt sich bezüglich der Anwendung der SCM Schlüsselprinzipien ein positives Bild. Wie in Tabelle 3 ersichtlich, wird jedes Schlüsselprinzip durch die Einführung einer BC Anwendung verbessert. Die im Scoring Modell (Abschnitt 0) ermittelte hohe Sensitivität der Bedarfsplanungsoptimierung für BC Anwendungen wurde bestätigt.

Tabelle 3: Bedarfsplanungsoptimierung mit Blockchain - Auswertung der Implementierung der SCM Schlüsselprinzipien

SCM Schlüsselprinzip	Vor BC-Anwendung	Nach BC-Anwendung	Bemerkung
Kompression			ggf. mehrere Anbieter von B2B Lösungen mit einer BC-Anwendung ersetzt
Kooperation			Verbundeffekte gefördert
Virtualisierung			Lieferkette digital abgebildet
Standardisierung			Produktdaten & Kennzahlen etabliert, Schnittstellen vereinfacht
Integration			Lieferanten in Wertschöpfungskette integriert
Kundenorientierung			Pull Prinzip gefördert
Optimierung			Herstell-/ Transport- und Lageraufwand optimiert, Überproduktion vermieden

Bezüglich einer Blockchain Lösung für die Bedarfsplanungsoptimierung werden die nachfolgenden Kriterien als besonders bedeutsam erachtet (siehe Abbildung 20).

<b>Speicherbedarf</b> <i>Viele Bestandsdaten, Prognosen und Bedarfe müssen gespeichert werden</i>	<b>Energiebedarf</b> <i>Im Businessprozess ist wenig Energieverbrauch wichtig</i>	<b>Smart Code</b> <i>z.B. Auslösen von Bestellungen und Integration externer Softwarelösungen</i>
<b>Datenschutz</b> <i>Gegebenenfalls Beschränkung der Zugriffsrechte</i>	<b>Datenverlust</b> <i>Muss vermieden werden</i>	<b>Datenmanipulation</b> <i>Wichtigstes Kriterium</i>
<b>Blockchain as a Service</b> <i>Schneller Einstieg in die Blockchaintechnologie</i>		

Abbildung 20: Wichtige Kriterien an BC Lösung für Bedarfsplanungsoptimierung

### Zwischenfazit

Die Ergebnisse der Untersuchung aus Kapitel 5 zeigen, dass durch die Einführung einer Blockchain Technologie in der jeweilig betrachteten Unterklasse, die SCM Schlüsselprinzipien verstärkt werden. Durch die Verbesserung der Schlüsselprinzipien ergibt sich auch eine Verbesserung des Supply Chain Management. Durch die Betrachtung der Unterklassen in unterschiedlichen Branchen,

- Dokumentenrevision im Automobilbereich,
- Transportnachweise im Nahrungsmittelsektor,
- Bedarfsoptimierung über mehrere Level einer Lieferkette,

kann festgestellt werden, dass die Einführung einer BC branchenübergreifend zur Optimierung von SCM eingesetzt werden kann.

## Ergebnisse & Ausblick

Die Aufgabe dieser Studienarbeit war die Klärung der technischen Aspekte von Blockchain Technologien, die Identifikation möglicher Anwendungsfälle im Supply Chain Management und der Nachweis eines Mehrwertes durch BC Technologie anhand von Fallbeispielen aus dem Supply Chain Management.

Dafür wurde zunächst die Notwendigkeit eines integrierten Supply Chain Managements erörtert, Schlüsselprinzipien und Ziele vorgestellt und aktuelle Herausforderungen für das SCM diskutiert. Anhand von beispielhaften Lieferketten wurden konkrete SCM Probleme identifiziert.

Zusätzlich wurde die Blockchain Technologie umrissen, die Grundlagen des Distributed Ledger Prinzips erklärt und technische Möglichkeiten der aktuell verfügbaren BC Anwendungen vorgestellt.

Die Vorstellung aktueller Anwendungsbeispiele für BC Technologie im SCM zeigt erste Verbesserungspotentiale.

In einem nächsten Schritt wurden die SCM Problemstellungen in Oberklassen zusammengefasst und diesen dann dezidierte Unterklassen zugewiesen. Die Anwendung der SCM Schlüsselprinzipien als Bewertungskriterien für eine erfolgreiche Einführung einer BC Anwendung in einer solchen dezidierten Unterklasse lieferte mit Hilfe eines Scoring Modells drei besonders geeignete Anwendungsbereiche im SCM. Diese drei Themenfelder wurden vertieft betrachtet und die Vorteile durch Einführung einer Blockchain herausgearbeitet.

Die Ergebnisse des Scoring Modells konnten anhand von aktuellen Beispielen aus der Industrie und eigens erzeugten Fallbeispielen argumentativ bestätigt werden. Somit kann auch die These des Kapitels 0 belegt werden. Die Einführung einer BC kann branchenübergreifend zur Optimierung von Supply Chain Management eingesetzt werden. Eine Verschlechterung des SCM nach Einführung von BC Anwendungen konnte nicht festgestellt werden.

## Ausblick

Die untersuchten Fallbeispiele sind teilweise vereinfacht und idealisiert. Es wurde nicht auf neue Probleme bzw. den technischen oder wirtschaftlichen Aufwand zur Implementierung eingegangen. In einem realen Projekt ist eine individuelle Kosten-Nutzen-Analyse notwendig.

Trotz der Vorteile für BC Anwendungen im SCM, zeigt die Literatur aktuell eine niedrige Verwendung von BC Lösungen im Tagesgeschäft. Viele Ideen befinden sich noch in der Konzeptphase. Besonders Angebote um BaaS müssen sich, für eine weitere Verbreitung von BC im SCM, stärker entwickeln.

Der Gesetzgeber hinkt hinterher und muss Grundlagen für die rechtliche Anerkennung von BC-Nachweisen schaffen, um Vorteile von BC gegenüber traditionellen Nachweisen wirksam werden zu lassen.

Jede BC Anwendung, die personenbezogene Daten speichert, muss sich mit Herausforderungen bezüglich EU-DSGVO (§17 – Recht auf Löschung) auseinandersetzen. Dies widerspricht dem technisch implementierten Grundsatz der Nicht-Manipulierbarkeit einmal geschriebener Blöcke. Finanzrechtliche Unsicherheiten zur steuerlichen Berücksichtigung von Kryptowährungen sorgen aktuell für Zurückhaltung im SCM als Zahlungsmittel.

## Literaturverzeichnis

- Alexei Malanow, Übersetzung Halyna Kubiv, 2017. Sechs Mythen über Bitcoin-Blockchain [online]. 15 April 2020, 12:00 [viewed 15 April 2020]. Available from: <https://www.macwelt.de/a/sechs-mythen-ueber-bitcoin-blockchain,3437647>
- Arman Jabbari and Philip Kaminsky, 2018. Blockchain and Supply Chain Management.
- BSI – Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2019. Blockchain sicher gestalten [viewed 17 March 2020]. Available from: [https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Krypto/Blockchain\\_Analyse.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Krypto/Blockchain_Analyse.pdf?__blob=publicationFile&v=5)
- Cathy Mulligan. Blockchain – a brief overview [online]. Available from: [https://na.event-scloud.com/file\\_uploads/b4d722450d854c8b9fdaf14823c49a0c\\_MULLIGAN\\_Blockchain-brief-overview.pdf](https://na.event-scloud.com/file_uploads/b4d722450d854c8b9fdaf14823c49a0c_MULLIGAN_Blockchain-brief-overview.pdf)
- Council of Supply Chain Management Professionals, 4 Jun. 2020. SCM Definitions and Glossary of Terms [online]. 4 June 2020, 12:00 [viewed 4 June 2020]. Available from: [https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM\\_Definitions\\_and\\_Glossary\\_of\\_Terms.aspx](https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx)
- Dhillon, V., D. Metcalf, and M. Hooper, 2017. The DAO Hacked. In: V. Dhillon, D. Metcalf, and M. Hooper, eds. Blockchain enabled applications. Understand the Blockchain Ecosystem and How to Make it Work for You. Berkeley, CA: Apress, pp. 67-78.
- Dust, R., 2018. Total Supplier Management. Lieferantenmanagement zukunftsfähig gestalten, umsetzen und anwenden. München: Hanser. Hanser eLibrary.
- ECR DIGITAL EDITION, 22 Mar. 2019. Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment (CPFR) [online]. 22 March 2019, 12:00 [viewed 29 May 2020]. Available from: <https://t1p.de/1w9h>
- Everledger. Everledger Homepage [viewed 3 June 2020]. Available from: <https://www.everledger.io/industry-solutions/diamonds/>
- Gillert, F. and W.-R. Hansen, 2007. RFID für die Optimierung von Geschäftsprozessen. Prozess-Strukturen, IT-Architekturen, RFID-Infrastruktur. [Elektronische Ressource]. München: Hanser.
- guardtime und EY, 2017. Insurwave Onepager [online] [viewed 3 June 2020]. Available from: <https://media.voog.com/0000/0044/6548/files/4.%20Product%20-%20InsurWave%20-%20onepager.pdf>
- Hau L. Lee, V. Padmanabhan, and Seungjin Whang, 1997. The Bullwhip Effect in Supply Chains [online]. 4 April 2020, 12:00 [viewed 4 April 2020]. Available from: <https://sloanreview.mit.edu/article/the-bullwhip-effect-in-supply-chains/>
- Herzog, C. and P. Oest, 2017. Blockchains in der Supply Chain [online]. “Edi-on-dope” oder viel mehr? [viewed 5 June 2020]. Available from: <https://www.oliverwyman.de/our-expertise/insights/2017/nov/blockchains-in-der-supply-chain.html>



- Kai Schiller, 17 Apr. 2019. Maersk | Vorreiter bei Blockchain Versicherung für Schifffahrt. Available from: <https://blockchainwelt.de/maersk-blockchain-versicherung-fuer-schifffahrt/>
- Lau, Y., K.Y.A. Ng, A.K. Ng, and J. Acevedo Alarid, 2019. Principles of global supply chains. Anthem Studies in Supply Chain Management, Maritime Transport and Logistics. London: Anthem Press. Anthem Studies in Supply Chain Management. Maritime Transport and Logistics. 2019.
- Laurence, T., 2019. Blockchain für dummies. 2. Auflage. Weinheim: Wiley. Lernen einfach gemacht.
- Melzer-Ridinger, R., 2009. Supply Chain Management. Prozess- und unternehmensübergreifendes Management von Qualität, Kosten und Liefertreue. München: Oldenbourg.
- Paolo Tasca and Claudio J. Tessone, 2019. A Taxonomy of Blockchain Technologies. Principles of Identification and Classification. Ledger.
- Schulze, U., 2009. Informationstechnologeeinsatz im Supply Chain Management. Eine konzeptionelle und empirische Untersuchung zu Nutzenwirkungen und Nutzenmessung. Wiesbaden: Gabler Verlag / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden. Schriften des Kühne-Zentrums für Logistikmanagement.
- Tradelens, 2019. TradeLens Überblick [online] [viewed 3 June 2020]. Available from: <https://www.ibm.com/downloads/cas/1ZVRWXPG>
- Tribis, Y., A. El Bouchti, and H. Bouayad, 2018. Supply Chain Management based on Blockchain: A Systematic Mapping Study [online]. MATEC Web of Conferences, 200, 20 [viewed 18 March 2020]. Available from: 10.1051/mateconf/201820000020
- Unicef, 2020. HEUSCHRECKENPLAGE IN OSTAFRIKA [online]. Available from: <https://www.unicef.de/informieren/aktuelles/blog/heuschreckenplage-in-ostafrika/221286>
- Werner, H., 2017. Supply Chain Management. Grundlagen, Strategien, Instrumente und Controlling. 6th ed. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Yaga, D., P. Mell, N. Roby, and K. Scarfone, 2018. Blockchain technology overview. Gaithersburg, MD. NISTIR 8202.



*Prof. Dr. Dirk Hecht*

*Dipl. Ing Sebastian Apel*

*Dipl. Ing Martin Mann*

*B. Eng. Fabian Sanders*

## ***Einsatz von Blockchain- Technologie im Supply Chain Management***

### ***Impressum***

#### **Herausgeber**

Der Präsident der Technischen Hochschule Ingolstadt  
Esplanade 10, 85049 Ingolstadt  
Telefon: +49 841 9348-0  
Fax: +49 841 9348-2000  
E-Mail: [info@thi.de](mailto:info@thi.de)

#### **Druck**

Hausdruck

Die Beiträge aus der Reihe „Arbeitsberichte – Working Papers“ erscheinen in unregelmäßigen Abständen. Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, ist gegen Quellenangabe gestattet, Belegexemplar erbeten.

#### **Internet**

Alle Themen aus der Reihe „Arbeitsberichte – Working Papers“, können Sie unter der Adresse [www.thi.de](http://www.thi.de) nachlesen.