

Bachelorarbeit
im Bachelorstudiengang
Wirtschaftsingenieurwesen
an der Hochschule für angewandte Wissenschaften Neu-Ulm

Einsatzmöglichkeiten von Block-Chain-Technologien in Unternehmen

Erstkorrektor: Prof. Dr. Markus Wilhelm

Verfasserin: Veronika Gau (Matrikel-Nr.: 295267)
WIN 8
Adresse: Insel 5, 89231 Neu-Ulm
Telefon: 015206498644
Geb. am 22.05.2002

Thema erhalten: 14.03.2024

Arbeit abgegeben: 28.06.2024

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	III
1. Relevanz der Blockchain-Technologie.....	1
2. Einführung in die Block-Chain-Technologie.....	2
2.1 Allgemeine Beschreibung.....	2
2.1.1 Definition.....	2
2.1.2 Dezentralität.....	2
2.1.3 Transparenz / Offenheit	3
2.1.4 Unveränderbarkeit	4
2.1.5 Fälschungssicherheit	4
2.1.6 Trilemma der Blockchain-Technologie	5
2.2 Herkunft	5
3. Aufbau.....	7
3.1 Hash-Funktionen.....	7
3.2 Hash-Bäume	8
3.3 Blocks	9
3.4 Veranschaulichung an einem Beispiel.....	10
4. Blockchain Arten und Konsensmechanismen.....	12
4.1 Blockchain Arten	12
4.1.1 Öffentliche versus private Blockchain.....	12
4.1.2 Genehmigungsfreie versus genehmigungspflichtige Blockchain	12
4.1.3 Hybridmodelle	13
4.2 Konsensmechanismen	13
4.2.1 Proof of Work.....	13
4.2.2 Proof of Stake	14
4.2.3 Proof of Authority	15
4.2.4 Zielkonflikt.....	15
4.3 Anwendung.....	17
5. Funktionsweise	18
5.1 Hinzufügen eines neuen Blocks	18
5.2 Asymmetrische Verschlüsselung.....	20
6. Anwendungsbereiche.....	22
6.1 Smart Contracts	22
6.2 Einsatz in Unternehmen	23
6.2.1 Logistik und Supply Chain.....	23
6.2.2 Marketing	25
6.2.3 Controlling.....	28
6.2.4 Personalwesen	30
6.2.5 Projektsteuerung.....	30

6.2.6 Finanzwirtschaft.....	33
6.2.7 Sonstige Anwendungsbereiche.....	34
6.3 Mehrwert der Blockchain im Anwendungsbereich	35
6.3.1 Logistik und Supply Chain.....	35
6.3.2 Marketing	36
6.3.3 Finanzwirtschaft und Controlling	36
6.3.4 Personalwesen	37
6.3.5 Projektsteuerung.....	37
7. Stärken und Schwächen	37
7.1 Schwächen	37
7.2 Stärken	40
8. Zusammenfassung und Fazit	43
Literaturverzeichnis	44
Eidesstaatliche Erklärung.....	48

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Hash-Funktionen.....	7
Abb. 2: Darstellung eines Hash-Baums.....	8
Abb. 3: Block.....	9
Abb. 4: Hinzufügen eines Blocks.....	20
Abb. 5: Asymmetrische Verschlüsselung.....	20
Abb. 6: Smarte Behälter	25

1. Relevanz der Blockchain-Technologie

Die Blockchain-Technologie hat in den vergangenen Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen und verspricht, verschiedene Branchen grundlegend zu verändern. Ihre Relevanz zeigt sich nicht nur im Finanzsektor durch Kryptowährungen wie Bitcoin, sondern auch in zahlreichen weiteren Anwendungsbereichen. Die vorliegende Bachelorarbeit untersucht die Einsatzmöglichkeiten der Blockchain-Technologie im Unternehmenskontext und verdeutlicht, wie Unternehmen von dieser innovativen Technologie profitieren können.

Die zentrale Forschungsfrage dieser Arbeit lautet: Welche konkreten Anwendungsmöglichkeiten bietet die Blockchain-Technologie für Unternehmen und welche Mehrwerte können daraus resultieren? Zur Beantwortung dieser Frage wurde eine umfassende Literaturrecherche durchgeführt. Die gewählte Methodik erlaubt es, sowohl theoretische Grundlagen als auch praktische Anwendungen der Blockchain-Technologie detailliert zu untersuchen und fundierte Aussagen über ihre Einsatzpotenziale zu treffen.

Die Gliederung dieser Arbeit beginnt mit einer Einführung, welche die grundlegenden Konzepte Dezentralität, Transparenz, Unveränderbarkeit und Fälschungssicherheit behandelt. Im Anschluss erfolgt eine Erläuterung des technischen Aufbaus der Blockchain, einschließlich Hash-Funktionen und Hash-Bäume, welcher durch ein konkretes Beispiel veranschaulicht wird.

Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf den verschiedenen Blockchain-Arten und Konsensmechanismen wie Proof of Work, Proof of Stake und Proof of Authority. Dabei werden sowohl die jeweiligen Vor- und Nachteile, als auch der Zielkonflikt, welchen die Konsensmechanismen mit sich bringen, erörtert. Anschließend wird die Funktionsweise der Blockchain im Detail dargestellt, wobei insbesondere auf den Prozess des Hinzufügens neuer Blöcke sowie auf die Bedeutung asymmetrischer Verschlüsselung eingegangen wird.

Der umfangreichste Teil der Arbeit widmet sich den spezifischen Anwendungsbereichen der Blockchain-Technologie in Unternehmen. Dabei werden die Potenziale in den Bereichen Logistik und Supply Chain, Marketing, Controlling, Personalwesen, Projektsteuerung und Finanzwirtschaft aufgezeigt. Es wird erörtert, wie Smart Contracts die Effizienz und Sicherheit von Geschäftsprozessen erhöhen können und

welche spezifischen Mehrwerte die Blockchain in den verschiedenen Unternehmensbereichen bietet.

Abschließend werden die Stärken und Schwächen der Blockchain-Technologie diskutiert, um ein ausgewogenes Bild der Möglichkeiten und Herausforderungen darzustellen.

Diese Arbeit soll als grundlegende Erklärung der Blockchain-Technologie dienen und einen Überblick über die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten der Blockchain-Technologie in Unternehmen geben.

2. Einführung in die Block-Chain-Technologie

2.1 Allgemeine Beschreibung

2.1.1 Definition

Eine allgemeingültige Definition der Blockchain-Technologie steht bislang aus. In der Literatur wird die Blockchain-Technologie häufig als eine dezentrale Ledger-Technologie bezeichnet. Dies besagt, dass die Blockchain eine Art Datenbank darstellt, in der Transaktionen transparent gespeichert werden. Transaktionen sind hier Übertragungen von Werten oder Informationen zwischen Teilnehmern in der Blockchain. Die Erstellung von Blöcken erfolgt durch Kryptografie aus den zuvor erfassten Transaktionen. Die Blöcke werden anschließend in einer Kette aneinandergereiht.¹ Die Blockchain wird allgemein als dezentral, transparent, offen, unveränderbar und fälschungssicher beschrieben.² Im Folgenden werden die einzelnen Eigenschaften näher erläutert. Diese Eigenschaften sind konstitutiv für die Blockchain-Technologie und werden im Folgenden näher erläutert.

2.1.2 Dezentralität

Der Grundgedanke der Blockchain-Technologie basiert auf der Dezentralität. Das bedeutet, dass es keine zentrale Kontrollinstanz mehr gibt, sondern dass alle Teilnehmer direkt miteinander kommunizieren. Die Kommunikation erfolgt dabei über das Internet. Dies ist möglich, da alle Informationen, welche in der Blockchain vorhanden sind, nicht mehr auf einem Rechner oder an einer Stelle gesammelt werden, sondern jeder Teilnehmer diese auf seinem eigenen Rechner speichert. Auch Entscheidungen werden nicht mehr, wie bei einem zentralen System, von einer Instanz alleine

¹ vgl. Walport 2015: Distributed Ledger Technology: beyond block chain, S. 17

² vgl. Swan 2015: Blockchain, S. 1

getroffen. In einem dezentralen System, wie der Blockchain-Technologie, werden Entscheidungen nach dem Prinzip der Mehrheitsabstimmung getroffen.³

Die Dezentralität des Systems gewährleistet, dass alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer gleichberechtigt sind. Jedem Teilnehmer steht der Zugriff auf alle Daten zur Verfügung, wobei es keine Hierarchien gibt. Die einzige Einteilung der Teilnehmer besteht in der Möglichkeit, zu wählen, ob die gesamte Blockchain oder nur ein Teil davon gespeichert werden soll. Dies ist dadurch begründet, dass die Datenmengen enorm sind. Dies resultiert in einer Differenzierung in zwei Teilnehmerkategorien mit unterschiedlichen Berechtigungen. Die sogenannten Full Nodes, welche die gesamte Blockchain gespeichert haben, sind dazu berechtigt, auch neue Blöcke in die Blockchain hinzuzufügen. Das exakte Vorgehen wird im Folgenden noch erläutert. An dieser Stelle ist lediglich von Relevanz, dass die Full Nodes durch die vollständige Speicherung der Blockchain über mehr Rechte verfügen. Die sogenannten Lightweight Nodes, welche nicht die gesamte Blockchain abspeichern, sind nicht dazu berechtigt, Blöcke hinzuzufügen. Ihre Funktion beschränkt sich auf die Validierung und Überwachung der von den Full Nodes neu erzeugten Blöcke und Transaktionen. Auf diese Weise tragen sie zur Überwachung der Blockchain bei.⁴

2.1.3 Transparenz / Offenheit

Die Offenheit bzw. die Transparenz der Blockchain verhindert die mehrfache Ausführung einer Transaktion (Double Spending), weil alle Aktionen jederzeit eingesehen werden können.⁵ Der Begriff „Double Spending“ bezeichnet im Allgemeinen die wiederholte Ausgabe einer fiktiven Währung. Dies lässt sich am ehesten mit der Ausgabe eines Geldscheins vergleichen, der für den Kauf eines Artikels verwendet wird. Der Geldschein wird folglich wieder ausgegeben, um sich erneut etwas zu kaufen. In der Realität ist dies nur schwer möglich. Die Übertragung desselben Geldwerts an mehrere Personen ist im digitalen Raum mit geringem Aufwand möglich, obwohl der Wert lediglich einmal existiert. In diesem Kontext ist das Prinzip der Blockchain-Technologie von entscheidender Bedeutung. Im Rahmen dieser Technologie erfolgt eine transparente Speicherung sämtlicher Transaktionen. Der entscheidende Vorteil besteht darin, dass nachvollziehbar ist, ob ein Geldwert bereits ausgegeben wurde oder nicht. In einer Blockchain wird vor jeder Transaktion geprüft, ob diese bereits durchgeführt

³ vgl. Swoboda 2020: Anwendungsfelder der Blockchain bei Immobilientransaktionen. Wie eine disruptive Technologie Immobilientransaktionen revolutionieren könnte, S. 29

⁴ vgl. Schiller 2018: Blockchain Node | Lightweight und Full Nodes o.S.

⁵ vgl. Hein/Wellbrock/Hein 2023: Rechtliche Herausforderungen von Blockchain-Anwendungen, S. 5

wurde bzw. ob der betreffende Geldwert bereits ausgegeben wurde. Dies führt zu einer signifikanten Reduktion des Risikos von Double Spending.⁶

2.1.4 Unveränderbarkeit

Die Unveränderbarkeit der Daten in einer Blockchain besagt, dass aufgenommene Informationen kaum noch nachträglich verändert oder gelöscht werden können. Die Informationen in einer Blockchain werden in Blöcken zusammengefasst und aneinandergereiht. Jeder Block enthält eine Referenz zu seinem Vorgänger. Folglich müssen alle nachfolgenden Blöcke ebenfalls geändert werden, sofern Daten in einem Block verändert werden, da andernfalls die Gültigkeit der nachfolgenden Blöcke nicht gewährleistet ist. Eine Veränderung der Daten ist jedoch nur möglich, wenn die Mehrheit der Teilnehmer zustimmt. Wie bereits dargelegt, handelt es sich bei der Blockchain um eine dezentrale Technologie, bei der jede Aktion von allen Teilnehmern abgesegnet werden muss. Die genannten Faktoren führen zu einer nahezu unüberwindbaren Hürde für eine Änderung in der Blockchain. Es ist eine immense Rechenleistung sowie die Zustimmung von 51 % der Teilnehmer erforderlich. Diese Eigenschaft wird mit Hilfe der Dezentralität möglich, da es keinen zentralen Punkt mehr gibt, an dem Daten einfach verändert werden können. Eine Modifikation der gesamten Blockchain ist erforderlich, da diese auf sämtlichen Rechnern der Teilnehmer gespeichert ist.⁷

2.1.5 Fälschungssicherheit

Die Unveränderbarkeit von Daten in einer Blockchain geht mit einer hohen Fälschungssicherheit einher. Die Verkettung der Blöcke, welche alle nachfolgenden Blöcke bei einer Änderung ungültig macht, gewährleistet, dass keine Abwandlung von Daten unentdeckt bleibt. Das Vertrauen in die Blockchain steigt signifikant mit dem Wissen, dass jede Manipulation im System für alle unmittelbar sichtbar wäre.⁸ Die Umsetzung dieser Änderung erfordert jedoch einen erheblichen Aufwand. Die Dezentralität der Blockchain bedingt, dass jede neue Information oder Änderung durch die Mehrheit der Teilnehmer genehmigt werden muss. Die Anzahl der Teilnehmer spielt dabei keine Rolle, sondern lediglich die Rechenleistung. Die Durchführung einer Aktion ist erst dann möglich, wenn 51 % der Rechenleistung dafür stimmen. Für einen Manipulierenden bedeutet dies, dass er die Mehrheit der Rechenleistung in der Blockchain beherrschen müsste, um überhaupt eine falsche Änderung vornehmen zu

⁶ vgl. o.V.: Was ist ein Doublespend? o.S.

⁷ vgl. Drescher 2017: Blockchain Grundlagen, S. 153

⁸ vgl. Nakamoto: Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, S. 3

können. Dies wäre mit einem enormen Aufwand und Kosten verbunden, was die meisten Manipulateure bereits abschrecken dürfte.⁹

2.1.6 Trilemma der Blockchain-Technologie

Im Kontext dieser neuen Technologie lässt sich ein Trilemma zwischen Skalierbarkeit, Sicherheit und Dezentralität beobachten. Das Trilemma besagt, dass die Erfüllung aller drei Faktoren nie vollständig möglich ist, wobei dies jedoch das übergeordnete Ziel darstellt. In der Regel ist es erforderlich, bei einem der drei Aspekte Abstriche zu machen, um die anderen beiden Aspekte in optimaler Weise umsetzen zu können.¹⁰ Die Sicherheit einer Blockchain wird durch Konsensmechanismen gewährleistet. Diese stellen sicher, dass alle Daten authentisch sind und nicht unbemerkt verändert werden können. Je nachdem, welcher dieser Konsensmechanismen verwendet wird, leidet jedoch entweder die Dezentralität oder die Skalierbarkeit. Der Proof-of-Work-Mechanismus, auf den später noch näher eingegangen wird, erfordert eine enorme Rechenleistung. Dadurch leidet die Skalierbarkeit. Beim Proof of Stake hingegen sind nicht mehr alle Teilnehmer gleichberechtigt und die Dezentralität leidet. Ziel der Skalierbarkeit ist es, möglichst viele Transaktionen in kurzer Zeit abwickeln zu können. Um dies zu erreichen, muss die Dezentralität vernachlässigt werden. Sobald ein System wieder zentralisiert wird und somit eine Instanz entscheiden kann, verbessert sich die Skalierbarkeit. Umgekehrt kann man die Dezentralität nur verbessern, wenn die Skalierbarkeit schlechter wird.¹¹ Allerdings gibt es immer wieder neue Entwicklungen, die versuchen, die Blockchain so zu verändern, dass sie besser oder zumindest für den jeweiligen Anwendungsbereich besser nutzbar wird.

2.2 Herkunft

Das Konzept eines dezentralen Zahlungssystems basierend auf Blockchain wurde im Jahr 2008 von einer Einzelperson oder einer Gruppe von Personen mit dem Pseudonym Satoshi Nakamoto entwickelt. Der Artikel mit dem Titel „Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System“ veranschaulicht das Konzept. Auch wenn es zuvor bereits andere Entwicklungen gab, die maßgeblich an der heutigen Blockchain-Technologie mitgewirkt haben, stellt die Veröffentlichung dieses Artikels einen bedeutenden Durchbruch dar. Im Jahr 2009 veröffentlichte Nakamoto die erste Bitcoin-Software, welche für jeden zugänglich war.¹²

⁹ vgl. Blockchain zwei Punkt null/Hosp 2018: Blockchain 2.0, S. 59

¹⁰ vgl. Bussac 2023: Blockchain und digitale Währungen, S. 16

¹¹ vgl. o.V.: Blockchain Trilemma o.S.

¹² vgl. Meinel/Gayvoronskaya 2020: Blockchain, S. 5

Wie bereits erwähnt, wurden die Grundbausteine der Blockchain-Technologie jedoch zuvor gelegt. Bereits im Jahr 1979 erfand Ralf Merkle das Prinzip der Hash-Bäume, welche wegen des Erfinders auch häufig Merkle-Bäume genannt werden. Diese sind ein wichtiger Bestandteil der Blockchain-Technologie und werden im weiteren Verlauf noch erklärt. Im Jahr 1991 veröffentlichten Haber und Stornetta einen Artikel, indem sie die Grundlagen für die Anbringung eines Zeitstempels an Dokumente und die anschließende Aneinanderreihung der Dokumente beschrieben. Dies stellte einen wichtigen Fortschritt dar, um Transaktionen nachweisen zu können. Bereits im Jahr 2007, also ein Jahr vor der Inbetriebnahme der Bitcoin-Blockchain, wurde das erste Blockchain-System namens „Guardtime“ der Öffentlichkeit präsentiert. In der Folgezeit wurden eine Vielzahl von Blockchains entwickelt und Projekte initiiert, um diese Technologie weiterzuentwickeln.¹³

Die Weiterentwicklung der Blockchain lässt sich in drei Stufen untergliedern. Die erste Stufe, die sogenannte Blockchain 1.0, beschränkte sich im Wesentlichen auf Finanztransaktionen. Zu dieser Blockchain gehört auch die bekannte Bitcoin-Blockchain. In der zweiten Stufe, der Blockchain 2.0, wurden die sogenannten smart contracts integriert. Damit war es möglich, nicht nur Geld, sondern auch alle möglichen Vermögensgegenstände theoretisch in der virtuellen Welt zu handeln. Das bedeutet, dass es in dieser Phase auch möglich wurde physische Gegenstände, wie Immobilien, Gold, Autos oder ähnliches, über die Blockchain zu verkaufen. Das Potential, das die Blockchain-Technologie für Unternehmen bereit hält, wurde ebenfalls frühzeitig erkannt, sodass in der Blockchain 3.0 der Fokus auf der Anwendung in der freien Wirtschaft liegt.¹⁴ Da die Blockchain-Technologie keine Urheberrechte oder ähnliches besitzt, kann an dieser Technologie jeder mitentwickeln, sodass es schnelle Fortschritte in verschiedene Richtungen gibt.

¹³ vgl. Mika/Goudz 2020: Blockchain-Technologie in der Energiewirtschaft, S. 40

¹⁴ vgl. Adam 2022: Blockchain-Technologie für Unternehmensprozesse, S. 7

3. Aufbau

3.1 Hash-Funktionen

Eingabewert	SHA-256-Hash-Wert
A bezahlt B 10 Bitcoin.	30AF6E0870081E16E20BEC0923DF8CB3A0D49EB29CFB772B2DD6377CC BCB71B4
A bezahlt B 11 Bitcoin.	4AEFD39DA0278DA3383D67AC30E8CD0E53ACD7114DCA6337750EBE58 E0999789
A	559AEAD08264D5795D3909718CDD05ABD49572E84FE55590EEF31A88A 08FDFFD
AB	38164FBD17603D73F696B8B4D72664D735BB6A7C88577687FD2AE33FD6 964153

Abb. 1: Hash-Funktionen¹⁵

Das Ziel von Hash-Funktionen besteht in der Erzeugung eines Hash-Wertes aus einem beliebigen Eingabewert. In der Praxis wird hierfür häufig der SHA256-Algorithmus verwendet, der einen 64-stelligen Hash-Wert in Form einer Zahlen- und Buchstabenfolge erzeugt. Beim sogenannten Hashing wird der Eingabewert durch eine komplexe mathematische Prozedur verarbeitet. Zunächst wird der Eingabewert in Blöcke einer bestimmten Größe aufgeteilt. Diese Blöcke werden dann durch eine Serie von logischen und arithmetischen Operationen geleitet, die die Daten stark verändern und vermischen. Der SHA-256-Algorithmus durchläuft eine Reihe von Runden, in denen jeweils Zwischenergebnisse erzeugt und weiterverarbeitet werden. Am Ende dieses Prozesses entsteht ein Hash-Wert, der eine feste Länge aufweist, unabhängig von der Größe des ursprünglichen Eingabewertes. Dieser Hash-Wert ist eindeutig für den spezifischen Eingabewert.¹⁶

Das Charakteristikum von Hash-Funktionen besteht darin, dass bereits eine minimale Veränderung des Eingabewertes zu einem vollständig anderen Hash-Wert führt, wie in Abbildung 1 veranschaulicht wird. In Abbildung 1 sind die Eingabewerte mit ihren jeweiligen Hash-Werten dargestellt. Die Auswahl der Eingabewerte erfolgte willkürlich. Es lässt sich jedoch erkennen, dass sich der Hash-Wert bei einer Änderung des Eingabewertes von „A“ auf „AB“ vollständig verändert. Dies ist auch bei dem anderen Beispiel in Abbildung 1, bei dem lediglich aus der 10 eine 11 gemacht wurde, zu beobachten. Des Weiteren ist es nahezu unmöglich, aus dem Hash-Wert auf den Eingabewert zu schließen, jedoch ist der umgekehrte Weg, also von dem Eingabewert

¹⁵ vgl. o.V. 2020: Blockchain: Grundlagen, Anwendungsszenarien und Nutzungspotenziale, S. 6

¹⁶ vgl. Blockchain zwei Punkt null/Hosp 2018: Blockchain 2.0, S. 52

auf den Hash-Wert, vergleichsweise einfach. Dies ist insbesondere bei der Verschlüsselung von Informationen von Vorteil. Eine weitere Eigenschaft ist die Kollisionsresistenz. Diese besagt, dass es nahezu unmöglich ist, dass unterschiedliche Eingabewerte den gleichen Hash-Wert erzeugen. Die Überprüfung der Unversehrtheit von Dokumenten oder Daten kann daher mit einem einfachen Vergleich des Hash-Wertes mit dem ursprünglichen Hash-Wert erfolgen. Ist der Vergleichswert gleich, so ist die Datei unverändert. Bei einem abweichenden Vergleichswert wurde eine Änderung vorgenommen.¹⁷ Generell lässt sich also sagen, dass durch den Hash-Wert die Integrität und Sicherheit der Datenübertragung gewährleistet wird, da jede Veränderung an den Daten sofort erkennbar wird.

3.2 Hash-Bäume

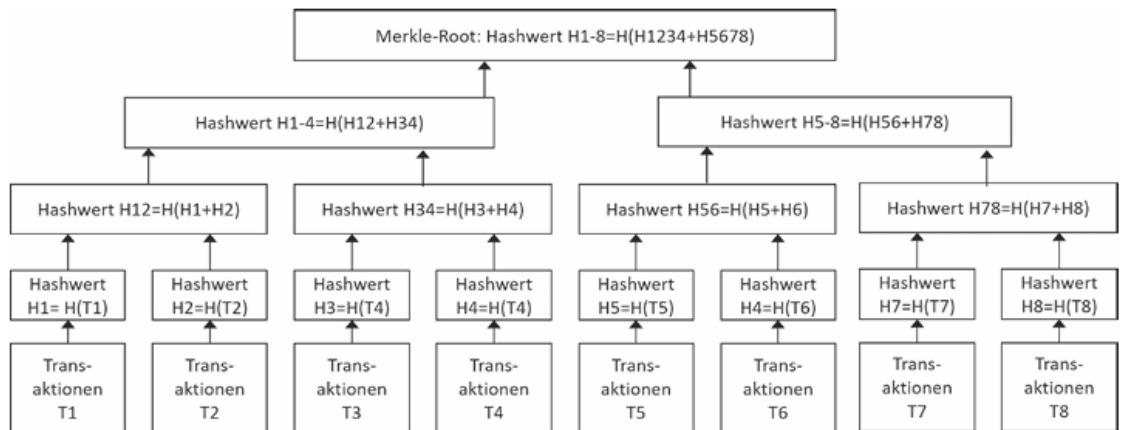


Abb. 2: Darstellung eines Hash-Baums¹⁸

Der Aufbau einer Blockchain kann nur verstanden werden, wenn zunächst die kleinste Instanz betrachtet wird. Diese Instanzen sind die Transaktionen, die innerhalb einer Blockchain ausgeführt werden sollen. Dabei spielt es keine Rolle, ob es sich um eine Übertragung von Geld, Vermögensgegenständen oder einen Vertrag handelt, der abgeschlossen werden soll. All diese Vorgänge werden als eine Transaktion dargestellt. Alle Transaktionen, die in demselben Zeitraum ausgeführt werden sollen, werden zu einem sogenannten Hash-Baum oder auch Merkle-Baum zusammengefasst. Hierzu wird für jede Transaktion eine Hash-Funktion ausgeführt, um den entsprechenden Hash-Wert zu erhalten. Anschließend werden zwei dieser Hash-Werte zusammengefasst und ein gemeinsamer Hash-Wert durch Anwendung einer Hash-Funktion gebildet. Die Prozedur wird so lange wiederholt, bis alle Hash-Werte

¹⁷ vgl. o.V. 2020: Blockchain: Grundlagen, Anwendungsszenarien und Nutzungspotenziale, S. 6

¹⁸ Lohmann 2021: Architekturen der Verwaltungsdigitalisierung, S. 246

zu einem finalen Hash-Wert, dem sogenannten Merkle Root, zusammengefasst wurden.¹⁹ Diese Merkle Root stellt den Integritätsnachweis der Transaktionen dar.²⁰ Das Ziel dieser Vorgehensweise ist es, dass alle Teilnehmer der Blockchain die Integrität der Transaktionen leichter prüfen können. Das ist dadurch möglich, dass sich der Hash-Wert verändert, sobald ein Eingabewert minimal anders ist. Das heißt, dass lediglich die Betrachtung der Merkle-Root erforderlich ist, um festzustellen, ob eine Änderung in einer der darunterliegenden Transaktionen stattgefunden hat. Somit wird der Aufwand, jede einzelne Transaktion auf ihren Hashwert zu prüfen, vermieden.²¹

3.3 Blocks

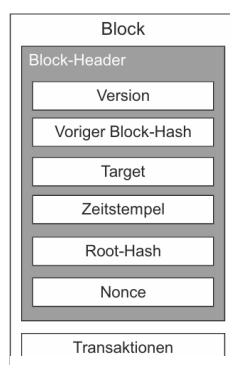


Abb.3 : Block²²

Transaktionen werden zu Blocks zusammengefasst, die sich durch so genannte Targets und Noncen charakterisieren. Das Vorgehen und die Begriffe werden nun kurz erklärt.

Nach Fertigstellung des oben beschriebenen Hash-Baums kann ein Block erstellt werden. Dazu werden alle Transaktionen, die zuvor in einem Block zusammengefasst wurden, in diesem festgehalten. Der entscheidende Faktor ist hierbei der Zeitraum, in dem eine Transaktion ausgeführt wird. Denn nur Transaktionen aus demselben Zeitraum können zu einem Block zusammengefasst werden.²³ Das Zusammenfassen der Transaktionen geschieht aus Effizienzgründen. Jeder neu erstellte Block muss durch Konsensmechanismen validiert werden, was Energie und Zeit kostet. Wenn man also mehrere Transaktionen in einem Block zusammenfasst, muss man diesen Aufwand nur einmal tätigen und nicht für jede Transaktion einzeln. Ein weiterer

¹⁹ vgl. Hinckeldeyn 2019: Blockchain-Technologie in der Supply Chain, S. 10

²⁰ vgl. Merkle 1990: A Certified Digital Signature, S. 237

²¹ vgl. o.V. 2020: Blockchain: Grundlagen, Anwendungsszenarien und Nutzungspotenziale, S. 6

²² O.V. 2020: Blockchain: Grundlagen, Anwendungsszenarien und Nutzungspotenziale, S. 11

²³ vgl. BDEW: Blockchain in der Energiewirtschaft, S. 12

Bestandteil eines jeden Blocks ist die Merkle-Root. In Abbildung 3 ist diese als Root-Hash bezeichnet. Die Merkle-Root ist ein übergeordneter Hash-Wert in einem Block, der entsteht, indem die Hash-Werte aller Transaktionen des Blocks zusammengefasst werden. Die Anzahl der Transaktionen, die in einen Block gesammelt werden können, ist beschränkt.²⁴ Außerdem werden die Version eines Blocks sowie die Versionsnummer der verwendeten Software festgehalten.²⁵ Die vorherige Block-Hash muss auch in einem neuen Block enthalten sein, damit die Reihenfolge in der Blockchain klar ersichtlich ist und auch Änderungen in einem der Blocks direkt erkannt werden können.²⁶ Eine Target stellt in diesem Kontext einen Wert dar, welcher den zu bildenden Hash-Wert nach oben begrenzt. Sie bezieht sich auf die Konsensmechanismen, auf die wir später noch zu sprechen kommen. Sie bestimmt die Schwierigkeit des kryptografischen Puzzles, welches zu lösen ist, um einen Block in die Blockchain zu integrieren. Im Rahmen des Lösens eines kryptografischen Puzzles ist das Ziel die Generierung eines Hash-Wertes für den jeweiligen Block. Die Schwierigkeit wird dabei in Abhängigkeit von der Rechenleistung der Blockchain angepasst. Eine niedrige Target führt zu einem anspruchsvolleren kryptografischen Puzzle, während eine hohe Target ein weniger komplexes Puzzle erfordert. Die Nonce stellt einen weiteren wichtigen Bestandteil der Konsensmechanismen dar. Die Nonce (Number only used once) ist dabei nicht gegeben, sondern muss von allen Teilnehmern in der Blockchain so schnell wie möglich ermittelt werden. Die Schwierigkeit oder der Aufwand dieser Ermittlung hängt von der zuvor genannten Target ab.²⁷ Der letzte Inhalt eines Blocks ist der Zeitstempel. Mit diesem wird der Block beim Erstellungszeitpunkt versehen, sodass nachvollzogen werden kann, wann der Block erstellt wurde.²⁸

3.4 Veranschaulichung an einem Beispiel

Um das Prinzip einer Blockchain besser verstehen zu können, soll es im Folgenden anhand eines Beispiels veranschaulicht werden. Man kann sich eine Blockchain wie ein ganzes Buch vorstellen. Dieses Buch gibt es in derselben Ausgabe und mit demselben Inhalt mehrmals in verschiedenen Bibliotheken. Dieses Buch enthält verschiedenste Informationen. Die kleinste Instanz wären hierbei die Transaktionen. Das sind Handlungen, die im Buch festgehalten werden. Zum Beispiel Veränderungen am

²⁴ vgl. Hein/Wellbrock/Hein 2023: Rechtliche Herausforderungen von Blockchain-Anwendungen, S. 9

²⁵ O.V.: Block

²⁶ vgl. Lohmann 2021: Architekturen der Verwaltungsdigitalisierung, S. 247

²⁷ vgl. o.V. 2020: Blockchain: Grundlagen, Anwendungsszenarien und Nutzungspotenziale, S. 10

²⁸ vgl. Hinckeldeyn 2019: Blockchain-Technologie in der Supply Chain, S. 11

Geld von Personen. So wären Transaktionen, dass Anna 5€ an Max gibt, Max gibt 10€ an Sophia, Sophia gibt 3€ an Stefan und Stefan gibt 15€ an Sabine.

Diese Transaktionen werden dann als Eingabewerte formuliert:

1. „Anna gibt Max 5€“,
2. „Max gibt Sophia 10€“,
3. „Sophia gibt Stefan 3€“ und
4. „Stefan gibt Sabine 15€“.

Aus den Eingabewerten werden dann mit Hilfe von Algorithmen Hash-Werte gebildet²⁹.

1. 7c57f9dbfd93415f8215c86f288f9695be1eba81f7f2b7655358b630b3fd6790
2. 554f22fb2cc949fc9acb18bab7c5a43ebc2f0c4756695d30b675d4bf6837c732
3. bdf92118c0e4a97aac36cd94e0f6416a509309e196ee2694e56d21d2e436d65a
4. 3da2f679385bc6ee39af878410d0ce812607ba9f05aca486f7abd626dd69740a

Um nun die Merkle-Root zu erhalten, die für die Bildung eines Blocks notwendig ist, müssen die Hashwerte zusammengefasst werden:

- Hash (1) + Hash (2) = Hash A
=baa9de65ec015f2f70d85f8af548d9655a16f4b48eb52af7bbfe6f39da2ed8ee
- Hash (3) + Hash (4) = Hash B
=76a6d17e7d58371eeb7602c6b349323a9d7b534a14153687678cfb7bba9fc84e
- Hash A + Hash B = Merkle-Root
=150155d1a0236c1b740f46f15351915842473960a58756a9f0c6f14f91ab87dc

Nachdem die Merkle-Root errechnet wurde, kann der Block erstellt werden. Vorstellen kann man sich einen Block, wie in dem vorhin erwähnten Buch eine Seite. Diese Seite beinhaltet die vier genannten Transaktionen und alle ihre Details. Ein Buch besteht aus vielen Seiten, deren Reihenfolge festgelegt ist, da das Buch gebunden ist. Dies ist bei der Blockchain ähnlich. Die Reihenfolge der Blocks ist festgelegt und kann nicht unbemerkt geändert werden. Um dies zu veranschaulichen, kann man sich vorstellen, dass man eine Seite herausreißt, was sofort sichtbar wäre, da der Inhalt keinen Sinn mehr machen würde. Zusätzlich muss man sich vorstellen, dass jede Seite

²⁹ O.V.: Hash SHA-256 berechnen

einen Verweis auf die vorherige Seite hätte. Dies ist vergleichbar mit den Seitenzahlen, durch die man genau weiß, welche Seite wohin gehört, selbst wenn das Buch auseinanderfallen würde. Auch bei der Blockchain gibt es in jedem Block einen Verweis auf den vorherigen Block durch das Festhalten des vorherigen Block-Hashes. Dadurch kann auch hier die Reihenfolge der Blocks klar nachvollzogen werden.³⁰

4. Blockchain Arten und Konsensmechanismen

4.1 Blockchain Arten

4.1.1 Öffentliche versus private Blockchain

Im Verlauf der Zeit haben sich zahlreiche verschiedene Anwendungsarten für die Blockchain-Technologie entwickelt, was zu einer Diversifizierung der Blockchain-Arten geführt hat, um den unterschiedlichen Anforderungen gerecht zu werden. Die erste Unterscheidung erfolgt hierbei zwischen privaten und öffentlichen Blockchains. Eine öffentliche Blockchain ermöglicht den unbeschränkten Zugriff auf die Blockchain für jede beliebige Person, was bedeutet, dass alle Transaktionen eingesehen werden können. Im Gegensatz dazu erfordert der Zugriff auf eine private Blockchain eine Zugangsberechtigung. Nur die Teilnehmer, denen diese Berechtigung erteilt wurde oder die dazu eingeladen wurden, sind in der Lage, die Aktivitäten nachzuvollziehen und zu beobachten. Eine private Blockchain kann man sich wie das Intranet vorstellen, auf das nur berechtigte Personen Zugriff haben.³¹

4.1.2 Genehmigungsfreie versus genehmigungspflichtige Blockchain

Neben der Differenzierung zwischen öffentlich und privat muss ebenfalls entschieden werden, ob die Blockchain genehmigungsfrei oder genehmigungspflichtig ist. Bei einer genehmigungsfreien Blockchain kann jeder beliebige Teilnehmer Transaktionen validieren und an den Konsensmechanismen teilnehmen, um neue Blöcke an die Blockchain anzufügen. Falls sie genehmigungspflichtig ist, ist dies nicht der Fall. Die Auswahl der Teilnehmer, die neue Blöcke anhängen dürfen oder die von anderen angehängten überprüfen dürfen, erfolgt gezielt. Dies kann in Kombination mit der Autorisierung von Personen erfolgen. Dabei müssen alle Mitglieder, die eine Genehmigung erhalten, ihre Identität preisgeben und werden autorisiert.³²

³⁰ vgl. o.V.: ChatGPT

³¹ vgl. Burgwinkel 2016: Blockchain Technology, S. 34

³² vgl. Lohmann 2021: Architekturen der Verwaltungsdigitalisierung, S. 248

4.1.3 Hybridmodelle

Während in öffentlichen Blockchains die Validierung und die Transaktionen in der Regel genehmigungsfrei sind, gibt es mittlerweile auch mehr und mehr hybride Modelle. Vor allem im betrieblichen Kontext stellt dies einen wichtigen Aspekt dar. Hierbei soll nur eine ausgewählte Gruppe von Firmenteilnehmern die Blockchain verändern dürfen. Das bedeutet, dass nur sie die Berechtigung erhalten, neue Transaktionen durchzuführen oder zu prüfen. Allerdings ist es gewünscht, dass Lieferanten oder Kunden ebenfalls Zugang zu diesen Blockchains haben, um Fertigungsprozesse oder Lieferketten nachverfolgen zu können. Sie sollen lediglich eine reine Leseberechtigung erhalten, ohne etwas verändern zu können. Dieses Modell wäre dann öffentlich und genehmigungspflichtig.³³

4.2 Konsensmechanismen

Die Blockchain-Technologie basiert auf einer dezentralen Architektur, weshalb ein Verfahren erforderlich ist, das die Authentizität und Integrität aller hinzugefügten Daten bestätigt. Bei anderen Technologien übernehmen Kontrollinstanzen diese Aufgabe, jedoch ist dies bei der Blockchain-Technologie nicht gegeben, da diese dezentral ist. Daher wurden Konsensmechanismen entwickelt, die bei jeder neuen Transaktion bzw. bei der Erstellung eines neuen Blocks zum Einsatz kommen.³⁴ Ein Konsensmechanismus ist ein Algorithmus, welcher die Synchronisation der Daten auf allen teilnehmenden Rechnern sicherstellt. Da jeder Teilnehmer jede neue Aktion validieren muss, wird sichergestellt, dass alle Teilnehmer die jeweils aktuelle Version der Blockchain erhalten.³⁵ Darüber hinaus können die Konsensmechanismen dazu genutzt werden, um zu steuern, wie häufig ein Block hinzugefügt werden kann und nach welchen Kriterien ein Block akzeptiert oder abgelehnt wird.³⁶

4.2.1 Proof of Work

Der Proof of Work stellt den wohl bekanntesten und ältesten Konsensmechanismus dar. Das Ziel besteht in der zufälligen Auswahl eines Teilnehmers, welcher den nächsten Block an die Blockchain anfügen darf. Diese zufällige Auswahl erfolgt nicht wie sonst über eine neutrale Stelle, sondern über ein technologisches Verfahren.³⁷ Jeder Teilnehmer muss versuchen, ein sogenanntes kryptografisches Puzzle zu lösen. Dieses kryptografische Puzzle wird von dem Blockchain Netzwerk selbst

³³ vgl. Hastenteufel/Broß 2022: Neue Wege in der Mittelstandsfinanzierung, S. 9

³⁴ vgl. Hinckeldeyn 2019: Blockchain-Technologie in der Supply Chain, S. 14

³⁵ vgl. Adam 2022: Blockchain-Technologie für Unternehmensprozesse, S. 27

³⁶ vgl. Bussac 2023: Blockchain und digitale Währungen, S. 15

³⁷ vgl. Fill/Meier 2020: Blockchain kompakt, S. 22

generiert. Die Aufgabe besteht darin, eine möglichst große Anzahl an Nonce-Werten auszuprobieren, um einen Block-Hash zu generieren, der unter der Target des Blocks liegt. Dies erfordert komplexe kryptografische Berechnungen, welche von den Rechnern der jeweiligen Teilnehmer durchgeführt werden.³⁸

Der Vorteil dieser Technologie besteht darin, dass ein Betrugsversuch extrem kosten- und energieaufwendig wäre. Um dieses System zu manipulieren, wäre es erforderlich, 51 % der gesamten Rechenleistung der Blockchain zu kontrollieren. Allerdings wird dieser Konsensmechanismus auch kritisiert, da er einen hohen Energieverbrauch verursacht. Alle Teilnehmer müssen versuchen, dieses kryptografische Rätsel zu lösen, wobei jeder einzelne Teilnehmer eine enorme Menge an Energie aufwenden muss. Die Lösung dieser Rätsel ist in der Regel mit einem hohen Rechenaufwand verbunden, was zu einem geringen Durchsatz führt. Dies bedeutet, dass die Teilnehmer zunächst warten müssen, bis ein Block fertiggestellt ist, bevor sie mit der Bildung des nächsten beginnen können.³⁹ Das führt dazu, dass dieser Konsensmechanismus uneffektiver ist als andere, da der Prozess Zeit erfordert. Den Teilnehmern einer Blockchain muss man aber auch einen Anreiz bieten, um diese Rechenleistung überhaupt zu erbringen. Normalerweise bekommt der Teilnehmer, welchen den Block an die Blockchain angefügt hat eine Belohnung. In Blockchains wie Bitcoin erfolgt diese Belohnung meist in Form von Kryptowährung. Der Teilnehmer, der den Proof of Work „gewonnen“ hat, bekommt also eine bestimmte Menge an Bitcoins. Bei anderen Anwendungen, wie in Unternehmen, ist die Belohnung meist nicht monetär. Hier besteht der Anreiz lediglich darin ein sicheres, dezentrales System am Laufen zu halten.⁴⁰

4.2.2 Proof of Stake

Um dem Problem des hohen Energieverbrauchs entgegenzuwirken, wurden neue Konsensmechanismen entwickelt. Einer davon ist der Proof of Stake. Bei diesem Kriterium für die Blockbildung wird nicht mehr die Lösung des kryptografischen Puzzles berücksichtigt, sondern der Anteil, den eine Person an der Blockchain hält. Die Wahrscheinlichkeit, einen Block bilden zu dürfen, steigt mit der Anzahl der Anteile bzw. des investierten Werts.⁴¹ Der geringere Energieaufwand führt automatisch zu einer Erhöhung des Durchsatzes, da das aufwendige Lösen des kryptografischen Puzzles entfällt. Allerdings besteht der Nachteil, dass die ursprüngliche Idee der Blockchain-Technologie in den Hintergrund tritt. Im Rahmen des Proof of Stake wird die

³⁸ vgl. Hastenteufel/Broß 2022: Neue Wege in der Mittelstandsfinanzierung, S. 6

³⁹ vgl. Hinckeldeyn 2019: Blockchain-Technologie in der Supply Chain, S. 15

⁴⁰ vgl. Hellwig/Karlic/Huchzermeier 2021: Konsensmechanismen, S. 66

⁴¹ vgl. Bussac 2023: Blockchain und digitale Währungen, S. 16

Dezentralisierung wieder aufgehoben, sodass die Entscheidungsmacht wieder auf die Teilnehmer zurückverlagert wird, die am meisten in die Blockchain investiert haben und über die größten Anteile verfügen.⁴²

4.2.3 Proof of Authority

Proof of Authority weist eine hohe Ähnlichkeit mit Proof of Stake auf, wobei sich beide Mechanismen in ihren Vor- und Nachteilen stark ähneln. Auch hier ist der Energieverbrauch gering und der Durchsatz hoch. Allerdings geht auch bei diesem Konsensmechanismus die Dezentralität verloren.⁴³ Bei Proof of Authority werden die Validatoren bestimmt. Das bedeutet, dass man vertrauenswürdige Teilnehmer oder solche, deren Identität geprüft wurde, auswählt. Nur diese sind dann berechtigt, Blöcke zu erstellen und auch zu validieren.⁴⁴

4.2.4 Zielkonflikt

Die Blockchain-Technologie ist geprägt von einem Zielkonflikt zwischen Dezentralität und Energieverbrauch, insbesondere bei der Anwendung von Konsensmechanismen wie Proof of Work, Proof of Stake und Proof of Authority. Dieser Zielkonflikt stellt eine zentrale Herausforderung dar, die sowohl ökologische als auch ökonomische Auswirkungen hat.

Proof of Work stellt den ursprünglichen Konsensmechanismus dar, der auch in der Bitcoin-Blockchain verwendet wird. Proof of Work fördert die Dezentralität, indem er jedem Teilnehmer im Netzwerk ermöglicht, am Blockbildungs-Prozess teilzunehmen, sofern er die notwendige Rechenleistung bereitstellen kann. Die Lösung komplexer kryptographischer Rätsel durch die Teilnehmer trägt zur Validierung und Sicherung von Transaktionen bei. Allerdings führt dieser Prozess zu einem enorm hohen Energieverbrauch, da erhebliche Mengen an Rechenleistung und damit elektrische Energie benötigt werden.⁴⁵ Dieser hohe Energiebedarf führt zu einer erheblichen Umweltbelastung und stellt die Nachhaltigkeit von Proof of Work in Frage.

Proof of Stake stellt eine energieeffizientere Alternative zu Proof of Work dar. Im Rahmen des Proof of Stake werden neue Blöcke nicht durch energieintensive Rechenleistung, sondern durch den Einsatz von Kryptowährungsanteilen (Stakes) erzeugt. Die Auswahl der Validatoren erfolgt anhand der Menge der von ihnen gehaltenen und

⁴² vgl. Hinckeldeyn 2019: Blockchain-Technologie in der Supply Chain, S. 16

⁴³ vgl. Hinckeldeyn 2019: Blockchain-Technologie in der Supply Chain, S. 16

⁴⁴ vgl. Lohmann 2021: Architekturen der Verwaltungsdigitalisierung, S. 248

⁴⁵ vgl. Hinckeldeyn 2019: Blockchain-Technologie in der Supply Chain, S. 15

eingesetzten Coins. Der dargestellte Mechanismus führt zu einer signifikanten Reduktion des Energieverbrauchs, da keine komplexen kryptographischen Rätsel gelöst werden müssen. Ein möglicher Nachteil von Proof of Stake ist die potenzielle Konzentration von Vermögen, da Teilnehmer mit größeren Stakes einen größeren Einfluss auf die Blockvalidierung haben. Dies könnte zu einer Form der Zentralisierung führen, die die Dezentralität und Sicherheit des Netzwerks gefährdet.⁴⁶

Proof of Authority stellt eine weitere Konsensmechanismus dar, der eine noch energieeffizientere und weniger dezentralisierte Alternative darstellt. Im Rahmen des Proof of Authority werden Transaktionen und Blöcke von einer begrenzten Anzahl vorab genehmigter Teilnehmer validiert. Um die erforderliche Validierung durchführen zu dürfen, müssen die ausgewählten Teilnehmer ihre Identität und Vertrauenswürdigkeit nachweisen. Dies resultiert in einem minimalen Energieverbrauch, da keine energieintensiven Berechnungen erforderlich sind. Allerdings ist zu beachten, dass Proof of Authority die Dezentralität zugunsten der Effizienz und Sicherheit durch Vertrauen opfert. Die Kontrolle obliegt jedoch lediglich einer begrenzten Anzahl autorisierter Validatoren, was zu einer zentraleren Struktur führt.⁴⁷

Der Zielkonflikt zwischen Dezentralität und Energieverbrauch stellt eine wesentliche Herausforderung für die Weiterentwicklung der Blockchain-Technologie dar. Während Proof-of-Work durch hohe Energieaufwendungen die Dezentralität und Sicherheit stärkt, führt Proof-of-Stake zu erheblichen Energieeinsparungen, birgt jedoch das Risiko einer potenziellen Zentralisierung durch Vermögenskonzentration. Proof of Authority hingegen präsentiert sich als eine extrem energieeffiziente Lösung, die jedoch die Dezentralität opfert, indem sie auf eine begrenzte Anzahl vertrauenswürdiger Validatoren setzt. Die zukünftige Forschung und Entwicklung muss darauf abzielen, Konsensmechanismen zu entwickeln, die sowohl nachhaltig als auch dezentral sind, um den Anforderungen verschiedener Anwendungen und Netzwerke gerecht zu werden.

Gegenwärtig lassen sich klare Tendenzen hinsichtlich der Anwendungsbereiche der Konsensmechanismen erkennen. Diese Tendenzen lassen sich mit den Eigenschaften Dezentralisierung, Energieverbrauch und Effizienz begründen, die im Rahmen der Zielkonfliktanalyse deutlich wurden. Proof of Work bietet maximale

⁴⁶ vgl. Rebello u. a. 2022: A security and performance analysis of proof-based consensus protocols, S. 8

⁴⁷ vgl. Schiller 2018: Proof-of-Authority vs. Proof-of-Stake o.S.

Dezentralisierung und Sicherheit, ist jedoch äußerst energieintensiv und langsam, weshalb es sich für öffentliche Blockchains wie Bitcoin eignet, die hohe Sicherheit und Manipulationsresistenz priorisieren. Im Vergleich zu Proof of Work weist Proof of Stake eine höhere Energieeffizienz auf und ermöglicht schnellere Transaktionen. Dies macht Proof of Stake zu einer geeigneten Lösung für Projekte, die eine ausgewogene Balance zwischen Dezentralisierung und Effizienz anstreben, wie beispielsweise Ethereum 2.0. Im Gegensatz dazu erfordert Proof of Authority eine Abwägung zwischen Dezentralisierung und Effizienz, wobei die Effizienz und Geschwindigkeit höher bewertet werden. Proof of Authority eignet sich daher für private oder konsortiale Blockchains, bei denen eine zentrale Kontrolle akzeptiert wird und eine schnelle Transaktionsverarbeitung erforderlich ist.

4.3 Anwendung

Der Einsatz von Konsensmechanismen und Blockchain-Typen variiert je nach spezifischen Anforderungen und Anwendungen, insbesondere im Unternehmensumfeld. Für unternehmenskritische Anwendungen, die ein hohes Maß an Datensicherheit und Zugriffskontrolle erfordern, sind private Blockchains mit genehmigungspflichtigen Konsensmechanismen wie Proof of Authority ideal.⁴⁸ Ein Beispiel hierfür ist das Supply Chain Management in der Logistikbranche. Durch den Einsatz einer privaten Blockchain mit Proof of Authority können Unternehmen sicherstellen, dass nur vertrauenswürdige Parteien Transaktionen validieren und Daten austauschen können. Dies erhöht die Effizienz von Transaktionen und minimiert das Risiko von Betrug oder Fehlern in der Lieferkette.⁴⁹

Für Anwendungen, die auf maximale Transparenz und Dezentralisierung abzielen, wie öffentliche Marktplätze oder Kryptowährungen, sind öffentliche Blockchains mit genehmigungsfreien Konsensmechanismen wie Proof of Work relevant. Proof of Work ermöglicht, dass die Validierung von allen Teilnehmern kryptographisch durchgeführt wird, wodurch eine hohe Sicherheit und Integrität gewährleistet wird. Ein Beispiel ist Bitcoin, wo Proof of Work verwendet wird, um neue Blöcke zu erzeugen und Transaktionen zu validieren.⁵⁰

Für Anwendungen, die eine höhere Skalierbarkeit und Energieeffizienz erfordern, kann der Konsensmechanismus Proof of Stake von Vorteil sein. Proof of Stake basiert

⁴⁸ vgl. Lohmann 2021: Architekturen der Verwaltungsdigitalisierung, S. 249

⁴⁹ vgl. o.V.: Proof of Authority (PoA) in Blockchain - Shiksha Online o.S.

⁵⁰ vgl. o.V.: Bitcoin entmystifiziert o.S.

auf dem Einsatz virtueller Ressourcen, also auf den Anteilen die man an der Blockchain besitzt und nicht wie Proof of Work auf realen Rechenkapazitäten. Dies verbessert die Energieeffizienz und erhöht die Skalierbarkeit.⁵¹

Für Anwendungen, die auf Interoperabilität und Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Unternehmen abzielen, können hybride Modelle wie Konsortium-Blockchains von Vorteil sein. Ein Beispiel hierfür ist die gemeinsame Verwaltung von Kundendaten im Finanzsektor. Durch den Einsatz einer Konsortium-Blockchain können Banken und Finanzinstitute Kundendaten sicher und effizient austauschen und gleichzeitig Datenschutzbestimmungen einhalten.⁵²

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Wahl des Konsensmechanismus und des Blockchain-Typs in Unternehmensanwendungen stark von den spezifischen Anforderungen und Zielen des Unternehmens abhängt. Durch die gezielte Auswahl der richtigen Blockchain-Technologie können Unternehmen ihre Effizienz steigern, die Sicherheit erhöhen und neue Geschäftsmöglichkeiten erschließen.

5. Funktionsweise

5.1 Hinzufügen eines neuen Blocks

Das Hinzufügen eines neuen Blockes wird in der Fachsprache auch als Mining bezeichnet.⁵³ Hierbei stellen die Konsensmechanismen eine wichtige Grundlage dar. Sobald eine Transaktion in einer Blockchain stattfindet, wird diese für alle Blockchain Teilnehmer öffentlich gemacht. Im Anschluss wird sie mit anderen Transaktionen, die im selben Zeitraum stattfinden, zusammengefasst und es wird, wie bereits beschrieben, ein Block gebildet. Im Anschluss erfolgt die Entscheidung über die Zugehörigkeit des Blocks zur Blockchain. Hierbei werden Konsensmechanismen eingesetzt, um zu bestimmen, welcher Teilnehmer den Block hinzufügen darf. Derjenige bekommt für die erbrachte Leistung, des Hinzufügens eine Belohnung.⁵⁴ Beim Proof-of-Work Mechanismus präsentiert dieser daraufhin seine Lösung, wobei eine Mehrheit von mindestens 51 % der Teilnehmer den Block als korrekt anerkennen muss, damit er hinzugefügt werden kann. Das Prinzip, das als „51-Prozent-Regel“ bekannt ist, gewährleistet, dass die Kontrolle über die Blockchain bei der Mehrheit der Teilnehmer liegt und somit eine Manipulation durch eine kleine Gruppe ausgeschlossen wird.

⁵¹ vgl. Tosh u. a. 2018: CloudPoS, S. 302

⁵² vgl. Hastenteufel/Broß 2022: Neue Wege in der Mittelstandsfinanzierung, S. 9

⁵³ vgl. Drescher 2017: Blockchain Grundlagen, S. 156

⁵⁴ vgl. o.V.: BDEW_Blockchain_Energiewirtschaft_10_2017.pdf, S. 17

Die Validierung eines Blocks durch mehr als die Hälfte des Netzwerks führt zur Aufnahme des Blocks in die offizielle Blockchain. Die genannte Regel dient dem Schutz des Netzwerks vor bösartigen Angriffen, wie dem sogenannten „51-Prozent-Angriff“. Bei diesem Angriff kontrolliert ein Angreifer die Mehrheit der Netzwerk-Hashrate und ist somit in der Lage, Transaktionen doppelt auszugeben oder andere Formen von Manipulationen durchzuführen. Das Erfordernis einer Mehrheit gewährleistet die Integrität und Sicherheit der Blockchain, indem sie die Dezentralität des Netzwerks garantiert.⁵⁵ Der neue Block wird mit seinem Vorgänger verknüpft, indem eine Referenz zu ihm in dem neuen Block festgehalten wird. Diese Verknüpfung hat den Zweck, die Manipulierbarkeit der gesamten Blockchain zu erschweren. Die Blockchain basiert auf dem Alles-oder-Nichts-Prinzip, d.h. dass, wenn an einem Block etwas geändert werden soll, auch alle nachfolgenden Blocks betroffen sind. Dies würde einen enormen Aufwand bedeuten und sich für Manipulateure nicht lohnen.⁵⁶

In sehr seltenen Fällen kann es auch vorkommen, dass eine Gabelung entsteht. Dies ist der Fall, wenn ein Block doppelt gebildet und validiert wird. Hierbei zählt dann nur die Blockchain, welche länger wird, also wo mehr Teilnehmer danach noch Blöcke anhängen und zustimmen.⁵⁷

In der folgenden Abbildung wird das Anfügen eines Blocks noch einmal veranschaulicht. Im ersten Schritt werden die Transaktionen gesammelt. Im zweiten Schritt werden sie zusammengefasst, bis sie im dritten Schritt einen ganzen Block bilden. Dabei wird auch die Verbindung zum vorherigen Block hergestellt. Im vierten Schritt ist das Anfügen abgeschlossen und es kann mit dem nächsten Block begonnen werden.⁵⁸

⁵⁵ vgl. Blockchain zwei Punkt null/Hosp 2018: Blockchain 2.0, S. 59

⁵⁶ vgl. Fill/Meier 2020: Blockchain kompakt, S. 20

⁵⁷ vgl. Nakamoto: Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, S. 3

⁵⁸ vgl. Mika/Goudz 2020: Blockchain-Technologie in der Energiewirtschaft, S. 48

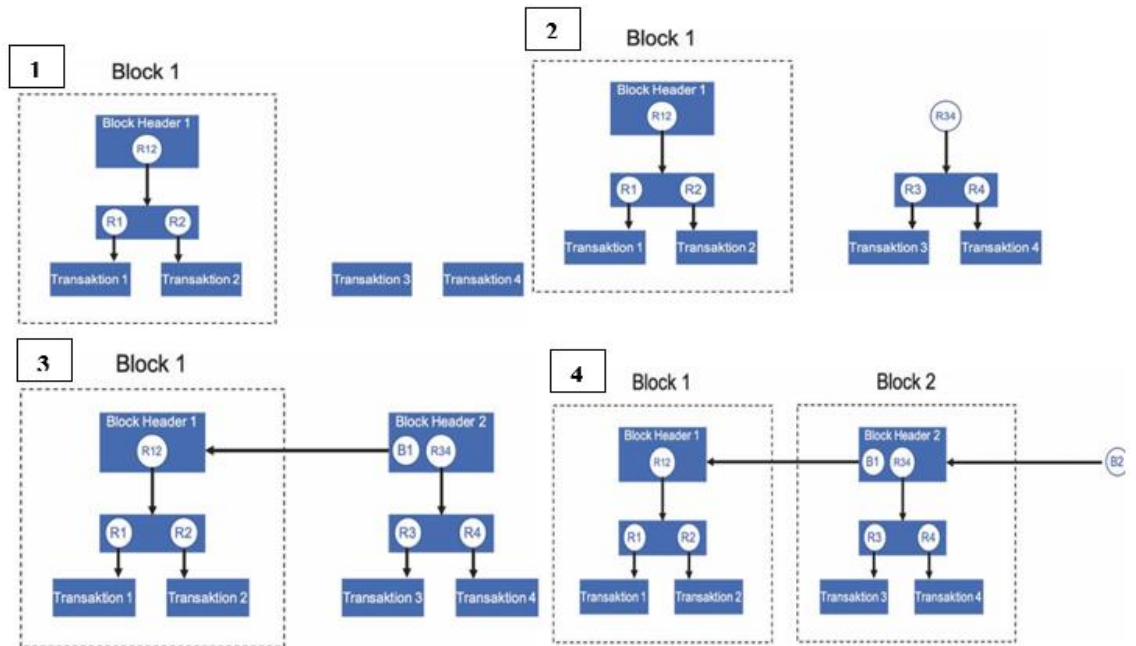


Abb.4: Hinzufügen eines Blocks⁵⁹

5.2 Asymmetrische Verschlüsselung

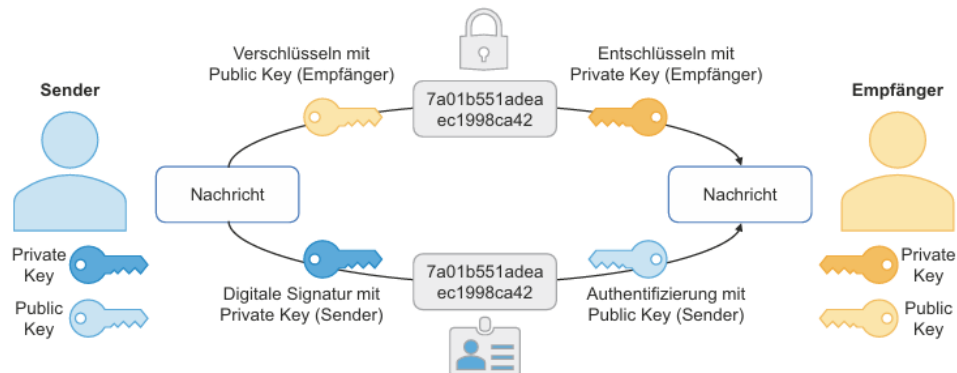


Abb.5 : Asymmetrische Verschlüsselung ⁶⁰

Eine wesentliche Funktion der Blockchain-Technologie ist die asymmetrische Verschlüsselung. Dabei erhält jeder Teilnehmer einen privaten und einen öffentlichen Schlüssel, der durch Zufall generiert wird. Der öffentliche Schlüssel kann von jedem anderen Teilnehmer eingesehen werden, während der private Schlüssel gut aufbewahrt werden muss und nicht an Dritte weitergegeben werden darf.⁶¹ Da es in der Blockchain-Technologie keine zentrale Instanz gibt, kann bei Verlust des eigenen privaten Schlüssels dieser auch nicht noch einmal zugeschickt werden, so wie dies bei

⁵⁹ Mika/Goudz 2020: Blockchain-Technologie in der Energiewirtschaft, S. 48–49

⁶⁰ Holschbach/Buss 2022: Blockchain in Einkauf und Supply Chain, S. 9

⁶¹ vgl. Blockchain zwei Punkt null/Hosp 2018: Blockchain 2.0, S. 55

Passwörtern der Fall ist. Wenn er einmal in Vergessenheit gerät, kann auf die Transaktionen, die mit ihm durchgeführt wurden, nicht mehr zugegriffen werden, da eine Selbstidentifizierung nicht mehr möglich ist.

Die Anwendung des vorliegenden Verschlüsselungsprinzips erfüllt im Wesentlichen zwei Funktionen: Erstens ermöglicht es, eine Nachricht so zu verschlüsseln, dass sie ausschließlich vom vorgesehenen Empfänger gelesen werden kann. Diese ist in Abbildung 5 als oberer Pfeil dargestellt, welchen mit den gelben Schlüsseln vom Sender zum Empfänger geht. Des Weiteren kann eine digitale Signatur erstellt werden, welche dem Empfänger die Sicherheit gibt, dass die Nachricht tatsächlich vom angegebenen Absender stammt. Die Veranschaulichung dieser Funktion erfolgt durch den unteren Pfeil in Abbildung 5, welcher mit den blauen Schlüsseln von Sender zu Empfänger zeigt. Die digitale Signatur fungiert als Authentifizierungsmechanismus, der die Identität des Senders bestätigt und sicherstellt, dass die Nachricht während der Übertragung nicht manipuliert wurde. Die Kombination beider Funktionen gewährleistet die Vertraulichkeit und Integrität der Kommunikation. Bei dem Prinzip der Verschlüsselung verwendet der Sender den öffentlichen Schlüssel des Empfängers. Er verschlüsselt seine Nachricht mithilfe dieses Schlüssels. Nun erhält der Empfänger diese Nachricht. Er kann sie nur mithilfe seines privaten Schlüssels entschlüsseln und somit die Nachricht lesen. Jeder andere Teilnehmer hingegen ist nicht im Besitz dieses privaten Schlüssels und kann die Nachricht somit nicht für ihn lesbar machen.⁶²

Bei einer digitalen Signatur erfolgt die Verschlüsselung der Nachricht durch den Sender, wobei dessen privater Schlüssel zum Einsatz kommt. Der öffentliche Schlüssel des Senders ist für jeden zugänglich, sodass auch der Empfänger darauf zugreifen kann. Dieser verwendet den öffentlichen Schlüssel, um die Nachricht zu entschlüsseln. Anschließend kann er prüfen, ob das entschlüsselte Dokument mit dem Original übereinstimmt. Ist dies der Fall, kann er sicherstellen, dass der Absender der intendierte war.⁶³

⁶² vgl. Hein/Wellbrock/Hein 2023: Rechtliche Herausforderungen von Blockchain-Anwendungen, S. 8

⁶³ vgl. Hinckeldeyn 2019: Blockchain-Technologie in der Supply Chain, S. 9

6. Anwendungsbereiche

Die Blockchain-Technologie bietet aufgrund ihrer dezentralen Struktur und ihrer Unveränderbarkeit eine Vielzahl von Vorteilen, die für den betrieblichen Einsatz von hoher Relevanz sind. Ihre dezentralen Netzwerke verhindern Manipulationen und gewährleisten die Integrität und Transparenz der Daten. Darüber hinaus ermöglicht Blockchain die sichere und effiziente Abwicklung von Transaktionen ohne eine zentralen Instanz zu benötigen.

Für die betriebliche Anwendung dieser Technologie macht man sich genau diese Eigenschaften zu Nutze. Unternehmen können Blockchain beispielsweise im Supply Chain Management einsetzen, um die Rückverfolgbarkeit von Waren zu verbessern und die Transparenz in der Lieferkette zu erhöhen. Auch im Finanzbereich werden Blockchain-basierte Systeme eingesetzt, um den Zahlungsverkehr zu beschleunigen und die Sicherheit von Transaktionen zu gewährleisten. Durch die Implementierung von Smart Contracts können zudem Geschäftsprozesse automatisiert und die Effizienz gesteigert werden.

In den folgenden Abschnitten werden konkrete Anwendungsfelder der Blockchain-Technologie in Unternehmen dargestellt und gezeigt, wie diese Eigenschaften genutzt werden können, um betriebliche Abläufe zu optimieren und neue Geschäftspotenziale zu erschließen.

6.1 Smart Contracts

Die Smart Contracts stellen eine der wesentlichen Anwendung der Blockchain dar. Bei den Smart Contracts handelt es sich um Verträge, die in Programmiersprache formuliert werden und somit voll automatisiert ablaufen können.⁶⁴ Die zugrundeliegende Technologie folgt einer „Wenn-Dann-Logik“⁶⁵. Dies besagt, dass bereits im Voraus eine Bedingung festgelegt wurde. Bei Erfüllung der festgelegten Bedingungen wird auch die darauf folgende Transaktion automatisch durchgeführt.⁶⁶ Das heißt, dass die Verträge nach der „Wenn-Dann-Logik“ ohne Vertrauen ablaufen können. Zur Veranschaulichung kann man einen Warentransfer betrachten. Ein Vertrag wird abgeschlossen, der eine Lieferung und eine Zahlung als Folgetransaktion vorsieht. Sobald der Empfänger die Lieferung erhalten hat, bestätigt er dies und die Zahlung wird automatisch an den Sender weitergeleitet. Allerdings ist auch bei dieser Technologie eine Reihe von Hindernissen zu überwinden. Wie im beschriebenen Beispiel

⁶⁴ vgl. Fertig/Schütz 2019: Blockchain für Entwickler, S. 271

⁶⁵ O.V.: Innovatives und digitales Marketing in der Praxis, S. 258

⁶⁶ vgl. o.V.: Innovatives und digitales Marketing in der Praxis, S. 258

ersichtlich, ist ein gewisses Maß an Vertrauen erforderlich, da reale Güter nur schwer digital abgebildet werden können und somit der Empfänger den Erhalt bestätigen muss. Die Gültigkeit des Rechtsgeschäfts sowie die Durchsetzbarkeit des Anspruchs bleiben jedoch weiterhin offen. Ein wesentlicher Nachteil der Blockchain-Technologie besteht darin, dass die Teilnehmer ihre Identität nicht preisgeben müssen. Dies führt dazu, dass keine reale Person für ein etwaiges Fehlverhalten zur Verantwortung gezogen werden kann. Der Vorteil besteht in einer Zeitersparnis, da alle Transaktionen automatisiert ablaufen. Die Ausführung der Transaktion, die auf die Erfüllung der Bedingung folgt, muss nicht mehr aktiv durch den Nutzer ausgeführt werden, sondern erfolgt automatisch durch den Smart Contract.⁶⁷

6.2 Einsatz in Unternehmen

6.2.1 Logistik und Supply Chain

Der Unternehmensbereich, in dem die Blockchain bereits am häufigsten Anwendung findet, ist die Logistik bzw. genauer gesagt die Supply Chain. Die Nachvollziehbarkeit der Herkunft von Produkten erlangt insbesondere im Rahmen der Kontrolle zur Einhaltung des Lieferkettengesetzes Relevanz. Allerdings ist ihre Realisierung häufig mit Schwierigkeiten verbunden. Das Ziel der Anwendung der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management ist daher die Schaffung von Transparenz und Nachvollziehbarkeit. Die Anwendung der Blockchain-Technologie in der Logistik soll zu einer nachhaltigen Verbesserung der Supply Chain führen und somit Skandale, wie in der Lebensmittelbranche, reduzieren.⁶⁸

Jedes Produkt erhält demnach bei seinem ersten Lieferungs- oder Produktionsschritt eine eigene Identität, welche in der Blockchain gespeichert wird. Im Rahmen der Lieferkette ist jeder Lieferant bzw. Produzent dazu verpflichtet, den aktuellen Status in die Blockchain einzutragen. Sobald die Aktion ausgeführt und in der Blockchain bestätigt wurde, kann das Produkt in den nächsten Schritt der Lieferkette übergehen.⁶⁹ Des Weiteren besteht die Möglichkeit, das System zu erweitern. In der produzierenden Industrie ist insbesondere die Dokumentation qualitätsrelevanter Dokumente wie Zertifikate von Einzelteilen von großer Bedeutung. Um den Aufwand zu reduzieren und das System effizienter zu gestalten, besteht die Möglichkeit, auch diese Dokumente in die Supply Chain zu integrieren.⁷⁰

⁶⁷ vgl. Hinckeldeyn 2019: Blockchain-Technologie in der Supply Chain, S. 21

⁶⁸ vgl. Göring-Eckardt/Hofreiter 2016: Kleidung fair produzieren, S. 5

⁶⁹ vgl. Blockchain zwei Punkt null/Hosp 2018: Blockchain 2.0, S. 161

⁷⁰ vgl. Holschbach/Buss 2022: Blockchain in Einkauf und Supply Chain, S. 59

Bis vor Kurzem war es erforderlich, bei Sicherheitsprüfungen oder Rückverfolgungen die Zertifikate der Einzelteile stets beim jeweiligen Hersteller anzufordern. Sobald diese jedoch in der Blockchain abgelegt sind, hat jeder Akteur in der Lieferkette Zugriff darauf, sodass das Einfordern der Dokumente nicht mehr erforderlich ist. Ein weiterer Vorteil dieser Anwendung besteht in der Bereitstellung der Daten für ausgewählte Personen. Die Zertifikate sind nicht automatisch für alle Beteiligten in der Blockchain sichtbar. Der Produzent ist in der Lage, zu entscheiden, für welche Personengruppen die Daten einsehbar sein sollen und für welche nicht.⁷¹ Dies bedeutet, dass beispielsweise Lieferanten der Rohstoffe nicht auf das Qualitätssiegel der daraus entstandenen Komponente zugreifen können, während Produzenten, die alle Komponenten zu einer Maschine zusammensetzen, dies durchaus können. Die Nachverfolgbarkeit stellt neben der Fälschungs- und Ausfallsicherheit einen weiteren Vorteil dar. Eine nachträgliche Veränderung von Dokumenten oder deren Herkunft ist nicht möglich, wodurch das System vor Manipulationen geschützt ist.⁷² Auch das Vertrauen der Kundinnen und Kunden wächst, wenn diese die Herkunft genau nachvollziehen können.⁷³

In drei Anwendungsfällen wird die Relevanz der Blockchain in der Supply Chain als besonders hoch eingeschätzt. Ein Anwendungsbereich ist der internationale Handel, insbesondere für die produzierende Industrie. Hier fallen eine Vielzahl an Dokumenten an. Zum einen sind dies die Qualitätsdokumente, zum anderen die Papiere von Fracht und Zoll, die für den Lieferweg notwendig sind. In der Pharmaindustrie ist die Garantie der Echtheit von essenzieller Bedeutung. Hier soll die Blockchain-Technologie vor illegalem Handel schützen. Die Dokumentensicherheit und Patientensicherheit kann durch einen angebrachten QR-Code gewährleistet werden, der zu jeder Zeit den Zugriff auf alle Informationen der Lieferkette dieses Produktes ermöglicht. Auch in der Lebensmittelindustrie stellt die Sendungsverfolgung einen bedeutenden Fortschritt dar. Die Herkunft der Produkte kann somit lückenlos nachvollzogen werden.⁷⁴ Im Rahmen der Optimierung der Supply Chain werden gegenwärtig auch Ansätze verfolgt, die eine Automatisierung der Lieferketten zum Ziel haben. Ein Ansatz ist die Implementierung smarter Behälter, deren Funktionsweise in Abbildung 6

⁷¹ vgl. Meinel/Gayvoronskaya 2020: Blockchain, S. 109

⁷² vgl. Tian 2016: An agri-food supply chain traceability system for China based on RFID & blockchain technology

⁷³ vgl. Janetzko 2023: Blockchain im Marketing, S. 261

⁷⁴ vgl. Do/Hoiczky/Uckelmann 2019: Blockchain – Anwendungen in Logistik und Supply Chain, S. 618

veranschaulicht wird. Dabei wird die Intention verfolgt, dass ein Behälter mit Kleinteilen durch das Durchschnittsgewicht des Inhalts die Menge bestimmen kann, welche sich noch in dem Behälter befindet. Diese Angabe wird anschließend automatisch in die Blockchain eingespeist und dient als Eingabefunktion für einen Smart Contract. Der Smart Contract wertet die eingegebenen Daten aus und initiiert automatisch vordefinierte Aktionen basierend auf den eingetragenen Informationen. Das bedeutet, dass sobald der Eingabewert unter einer gewissen Grenze liegt, der Smart Contract ausgeführt wird und ein Auftrag an den Lieferanten gesendet wird. Der Lieferant bestätigt den Auftrag und füllt den Behälter auf.⁷⁵ Im Falle einer Bestätigung der Lieferung durch eine Gewichtskontrolle, welche einen genügend hohen Wert an einen Smart Contract liefert, erfolgt eine automatische Auslösung der Zahlung an den Lieferanten.⁷⁶

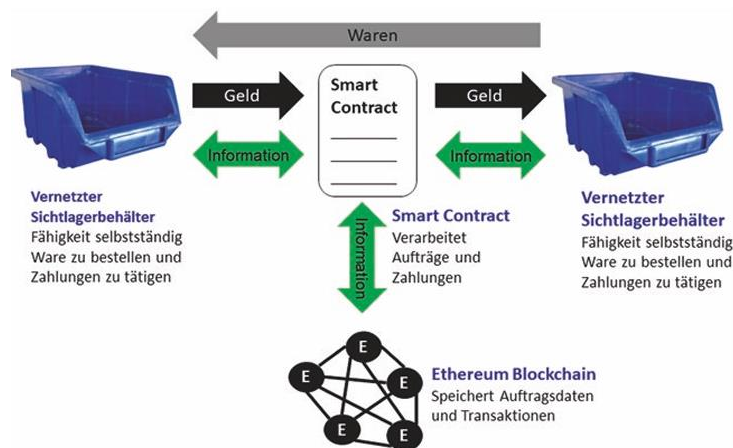


Abb.6: Smarte Behälter⁷⁷

6.2.2 Marketing

Im Bereich des Marketings lassen sich einige Ideen oder Ansätze erkennen, bei denen die Blockchain-Technologie eine effiziente und verbesserte Gestaltung der Arbeitsprozesse ermöglichen könnte. Die meisten dieser Ansätze befinden sich allerdings noch in der Testphase und sind noch nicht etabliert. Im Marketing ist es von entscheidender Bedeutung, das Vertrauen der Kunden zu gewinnen und eine enge Kundenbindung aufzubauen. Ein wesentlicher Aspekt ist dabei die Transparenz eines Unternehmens. Die Nachverfolgbarkeit der Lieferketten mittels Blockchain-Technologien ermöglicht die fälschungssichere Darstellung dieser Schritte. Mittels einer Applikation kann ein Unternehmen seinen Kunden nun die Möglichkeit eröffnen, Einblick

⁷⁵ vgl. Hinckeldeyn 2019: Blockchain-Technologie in der Supply Chain, S. 39

⁷⁶ vgl. Holschbach/Buss 2022: Blockchain in Einkauf und Supply Chain, S. 62

⁷⁷ Hinckeldeyn 2019: Blockchain-Technologie in der Supply Chain, S. 38

in die Liefer- und Produktionsschritte zu erlangen. Der Kunde ist nun in der Lage, die Herkunft des Produkts oder die Produktion selbst zu überprüfen, ohne auf die Aussagen des Herstellers vertrauen zu müssen. Diese Maßnahme zielt darauf ab, das Vertrauen des Kunden in das Unternehmen zu stärken.⁷⁸ In diesem Kontext erlangt das Thema insbesondere bei Szenarien Relevanz, in denen Transparenz sowie ethische Produktion von zentraler Bedeutung sind.

Kunden, die Wert auf Nachhaltigkeit legen, können sicherstellen, dass die Produkte unter umweltfreundlichen Bedingungen hergestellt wurden. Ebenso ermöglicht die Blockchain-Technologie die Verifizierung der Einhaltung von Menschenrechtsstandards, was für ethisch bewusste Konsumenten von großer Bedeutung ist. Auch in Bereichen wie Lebensmittelsicherheit und der Bekämpfung von Produktfälschungen bietet die Nachvollziehbarkeit durch Blockchain entscheidende Vorteile, da sie die Qualität und Authentizität der Produkte garantiert und somit das Vertrauen und die Loyalität der Kunden stärkt.

Ein verwandter Ansatz ist der des digitalen Zwilling im Objektmarketing. Dabei wird jedem Produkt ein digitales Abbild zugewiesen. Der Hersteller ist folglich in der Lage, sämtliche Informationen über das Produkt bereitzustellen. Dabei können die Herkunft, die Bedienungsanleitung oder andere relevante Daten genannt werden. Der Kunde kann beispielsweise über einen QR-Code auf den digitalen Zwilling zugreifen und die bereitgestellten Informationen abrufen. Diese Vorgehensweise ist insbesondere im Hinblick auf die Transparenz eine vielversprechende Methode, um die Kundschaft von den eigenen Produkten zu überzeugen. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, nach dem Erwerb eines Produkts den Besitz desselben zu dokumentieren und schließlich Erfahrungen zu teilen. Folglich hat ein potenzieller Käufer auch direkten Zugriff auf Rezensionen oder Erfahrungsberichte von Besitzern dieses Produktes. Jedoch besteht nicht nur die Möglichkeit für den Kunden, mit anderen Käufern in Kontakt zu treten, sondern auch mit dem Hersteller direkt. Der digitale Zwilling fungiert zudem als neuer Kommunikationskanal zwischen Kunden und Unternehmen. Der Kunde hat die Möglichkeit, direkt Kritik oder Verbesserungsvorschläge an das Unternehmen zu richten. Diese Kommunikation erfolgt jedoch vollständig anonym, da sie über die Zwischeninstanz des digitalen Zwilling läuft. Eine direkte Kommunikation zwischen diesen beiden Parteien ist jedoch auch möglich, sofern der Kunde dies freigibt. Die Rezensionen, welche jeder Kunde einsehen kann, generieren ein Marketing, das auf

⁷⁸ vgl. Center 2022: Blockchain und Marketing o.S.

Mundpropaganda basiert. Eine Besonderheit dieser Rezensionen ist, dass sich Kunden nicht mehr im Vorhinein über das Produkt informieren müssen, um diese lesen zu können. In Echtzeit, während des Einkaufs, kann der Kunde das Produkt mit seinem Smartphone scannen und erhält umgehend die Rezensionen. Hierbei ist insbesondere bei Alltagsprodukten wie Lebensmitteln, welche üblicherweise nicht im Internet verkauft werden und somit bislang keine Bewertungen aufweisen, eine Bereicherung für die Kundschaft zu erwarten. Dies resultiert häufig in einem größeren Vertrauen des Kunden in das Produkt.⁷⁹

Ein weiterer Vorschlag zur Optimierung des Marketings durch Blockchain-Technologien betrifft die Kontrolle über das Schalten von Werbung. In vielen Fällen werden Unternehmen dazu verpflichtet, eine Zwischeninstanz zu bezahlen, damit diese für sie die Werbung schaltet. Eine gängige Methode der Abrechnung ist das Zahlen per Klick. Dies impliziert, dass Unternehmen der Zwischeninstanz für jedes Mal, zu dem die Werbung angeklickt wird, eine monetäre Gegenleistung erbringen müssen. Allerdings kommt es hierbei häufig zu Betrug, indem die Zwischeninstanzen Roboter oder Computer einsetzen, um die Klicks zu generieren, was zu einer Gewinnsteigerung führt.⁸⁰ Die Blockchain könnte folglich dazu beitragen, derartige Betrugsfälle zu verhindern. Alle Nutzer würden sich mittels ihres privaten Schlüssels identifizieren, sodass keine Computer oder ähnliches mehr in der Lage wären, Klicks zu tätigen. Darüber hinaus würde jeder Klick eine Transaktion darstellen, welche in der Blockchain festgehalten wird und somit für das Unternehmen nachvollziehbar ist.⁸¹

Ein weiteres Ziel ist es auch, einige bereits bekannte Marketing-Anwendungen durch Blockchain basierte Lösungen zu ersetzen, die eine höhere Effektivität versprechen. Ein Beispiel hierfür sind Loyalitätsprogramme wie Payback. Derzeit ist es für Unternehmen mit einem hohen Aufwand verbunden, alle Datenschutzthemen zu berücksichtigen und regelkonform zu handeln. Für den Kunden hingegen ist das Bonusprogramm oft unübersichtlich. Der Einsatz von Blockchain-Technologie könnte zu einer Vereinfachung und Verbesserung des Systems führen. Die Ausgestaltung von Smart Contracts ermöglicht die Festlegung von Belohnungen für bestimmte Handlungen. Hierbei würde es sich um einzelne Transaktionen handeln, welche in Apps einsehbar wären und nicht geändert werden könnten. Dies würde für den Kunden eine enorme Transparenz bedeuten. Für Unternehmen würde sich zudem der Aspekt des

⁷⁹ vgl. Center 2022: Blockchain und Marketing o.S.

⁸⁰ vgl. o.V.: Innovatives und digitales Marketing in der Praxis, S. 260

⁸¹ vgl. Center 2022: Blockchain und Marketing o.S.

Datenschutzes verbessern, da alle Daten durch die asymmetrische Verschlüsselung gesichert wären und somit nur an die Parteien gelangen könnten, für die sie auch gedacht waren.⁸²

Auch wenn der ursprüngliche Ansatz von Blockchain-Technologien darin besteht, die Zwischeninstanzen zu ersetzen, gibt es auch Ansätze, die neue hinzufügen. Ein Beispiel hierfür ist die neue Browser-Anwendung Brave. Der Ansatz besteht darin, Nutzer nicht länger mit Werbung zu konfrontieren. Dies impliziert, dass Nutzer keine Werbung angezeigt bekommen, es sei denn, sie geben ihr Einverständnis. Im Falle einer Einwilligung wird den Nutzern eine Belohnung in Form von Kryptowährung gewährt. Diese Vorgehensweise bietet nicht nur den Nutzerinnen und Nutzern Vorteile, sondern auch den Unternehmen. Die Unternehmen können folglich sichergehen, dass nur noch diejenigen Personen Werbung gezeigt bekommen, welche diese als akzeptabel erachten. Durch diese Vorgehensweise wird verhindert, dass ein Unternehmen sich bei einer Person unbeliebt macht, lediglich aufgrund der Tatsache, dass deren Werbung in einem ungünstigen Moment gezeigt wurde.⁸³

Ein weiteres Beispiel ist die Bitsaboutme-App. Die Applikation thematisiert die Erhebung personenbezogener Daten. Die Berechtigung, personenbezogene Daten auszulesen, geben die Nutzern der Applikation selbst. Die Gegenleistung ist die Zahlung eines Geldbetrags. Für Unternehmen, die personalisiertes Marketing betreiben möchten, stellen Daten einen entscheidenden Faktor dar. Um an die für das jeweilige Unternehmen relevanten Daten zu gelangen, werden seitens der Unternehmen finanzielle Mittel an die App transferiert. Die Nutzer haben die Möglichkeit, frei zu entscheiden, ob sie ihre Daten preisgeben möchten oder nicht. Im Falle einer Entscheidung für die Preisgabe der Daten erfolgt eine Entlohnung.⁸⁴

6.2.3 Controlling

Auch im Controlling finden sich Ansätze, die eine Vereinfachung der Aufgaben durch den Einsatz der Blockchain-Technologie anstreben. Im Fokus steht dabei die schnellere Bereitstellung von Daten sowie deren Transparenz. Diese beiden Faktoren sind in sämtlichen Bereichen des Controllings von entscheidender Bedeutung und können durch die neue Technologie optimiert werden.

⁸² vgl. o.V.: Innovatives und digitales Marketing in der Praxis, S. 263

⁸³ vgl. o.V.: Innovatives und digitales Marketing in der Praxis, S. 262

⁸⁴ vgl. o.V.: Innovatives und digitales Marketing in der Praxis, S. 263

Ein Bereich, in dem diese Technologie eine signifikante Bereicherung darstellen würde, ist die Erstellung von Prognosen. Im Rahmen der finanziellen Prognose werden Zielvorgaben definiert. Das Erreichen dieser Vorgaben soll im Fall von Abweichungen durch Gegensteuerungsmaßnahmen gewährleistet werden.⁸⁵ Es ist hierbei von essentieller Bedeutung, zu jeder Zeit einen präzisen Überblick über den aktuellen Status quo zu haben und alle Daten, die potenzielle Abweichungen verursachen könnten, zur Verfügung zu haben.

Auch im Rahmen der Kostenrechnung stellen Transparenz und Datenbereitstellung wesentliche Faktoren dar. Allerdings kann die Kostenrechnung auch noch von der Komprimierung auf eine Plattform profitieren. Dadurch kann gewährleistet werden, dass die Daten stets korrekt sind, da alle Teilnehmer, also Mitarbeiter einer Firma für welche die Kostenrechnung relevant ist, ihre Zustimmung erteilt haben. Dies ermöglicht die Vermeidung zeitintensiver Abstimmungen.⁸⁶

Im Rahmen des Management Reportings nimmt der sogenannte „Single Point of Truth“ eine wesentliche Rolle ein, da er die zentrale und verlässliche Datenquelle darstellt, auf die sich alle Mitarbeiter verlassen können. Die zentrale Datenquelle gewährleistet die zeitnahe und konsistente Bereitstellung aller relevanten Informationen zur Zielerreichung, indem sie die Zusammenarbeit vieler Mitarbeiter koordiniert und die Datenintegrität sicherstellt. Da wesentliche Unternehmensentscheidungen auf diesen bereitgestellten Daten basieren, ist es unerlässlich, dass die Mitarbeiter ein hohes Maß an Vertrauen in die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Daten haben. Ein transparenter und verlässlicher „Single Point of Truth“ kann das Vertrauen in die Datenbasis stärken, da er die Grundlage für eine konsistente und nachvollziehbare Datenlage bildet, die für die Entscheidungsfindung im Unternehmen unerlässlich ist. Dies ist insbesondere von Relevanz, da die Entscheidungsprozesse und strategischen Planungen im Management Reporting auf einer einheitlichen und unverfälschten Datenbasis beruhen müssen, um die gewünschten Geschäftsergebnisse zu erzielen und die Ziele effektiv zu verfolgen.⁸⁷

Im Risikocontrolling ist die rechtzeitige Erkennung und Elimination von Einflussfaktoren, welche sich negativ auf das Unternehmen auswirken können, von hoher

⁸⁵ vgl. o.V. 2017: Controlling-Prozessmodell 2.0, S. 32

⁸⁶ vgl. Digitalisierung und Controlling 2018: Digitalisierung & Controlling, S. 112

⁸⁷ vgl. Digitalisierung und Controlling 2018: Digitalisierung & Controlling, S. 113

Relevanz.⁸⁸ In diesem Kontext wäre der Einsatz von Smart Contracts eine vielversprechende Option. In den meisten Fällen lassen sich klar definierte Risikomerkmale in eine Wenn-dann-Funktion umwandeln. Dies führt zu einer erhöhten Automatisierung sowie Nachvollziehbarkeit. Denn alle Transaktionen in Smart Contracts werden in einer Blockchain abgespeichert und können nachträglich nicht mehr verändert werden.⁸⁹

6.2.4 Personalwesen

Auch im Personalwesen kann die Unveränderbarkeit der Blockchain zu einem Vorteil werden. In der Praxis kommt es häufig zu Fälschungen von Zeugnissen oder falschen Angaben im Lebenslauf. Eine mögliche Lösung wäre die vollständige Erfassung der Schul- und Berufsbiografie eines jeden Individuums mit einem Zeitstempel in einer Blockchain.⁹⁰ Die Bestätigung der Angaben durch den jeweiligen Arbeitgeber bzw. die Bildungsinstitution, bei der der Arbeitnehmer tätig war, ist dabei unerlässlich. Durch diese Bestätigung ist die Authentizität dieser Daten folglich gewährleistet. Die Unveränderbarkeit der Daten stellt sicher, dass die Datenbasis stets vertrauenswürdig ist. Ein Bewerber muss somit keinen Lebenslauf mehr an die Personalabteilung senden, sondern kann lediglich eine Berechtigung für den Zugriff auf die Daten in der Blockchain erteilen, sodass die Mitarbeiter der Personalabteilung diese einsehen können. Das System gewährleistet zudem den Datenschutz, da der Bewerber selbst entscheidet, welche Personen Zugriff auf seine Daten erhalten und welche nicht.⁹¹

6.2.5 Projektsteuerung

Eine noch nicht ausgereifte Idee, die sich jedoch in der Konzeptionsphase befindet, ist die Nutzung von Blockchain-Technologien in der Projektsteuerung. Daher ist es für die Unternehmen nicht erforderlich, eine neue Blockchain zu kreieren, sondern sie können bereits vorhandene für sich nutzen. Bei der Auswahl der Blockchain ist von entscheidender Bedeutung, dass diese sowohl eine hohe Geschwindigkeit in der Verarbeitung als auch eine einfache Anwendbarkeit aufweisen. Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass die Kosten möglichst gering ausfallen sollten.⁹²

Die Basis dieser Idee ist die Darstellung der einzelnen Aufgaben in sogenannten „Smart Contracts“. Da der gesamte Projektauftrag zu umfangreich wäre, um ihn als

⁸⁸ vgl. o.V. 2017: Controlling-Prozessmodell 2.0, S. 54

⁸⁹ vgl. Digitalisierung und Controlling 2018: Digitalisierung & Controlling, S. 113

⁹⁰ vgl. Blockchain zwei Punkt null/Hosp 2018: Blockchain 2.0, S. 187

⁹¹ vgl. Knapp 2021: Blockchain-Technik, S. 78

⁹² vgl. o.V. 2020: Blockchain: Grundlagen, Anwendungsszenarien und Nutzungspotenziale, S. 80

Ganzes in einem einzigem Smart Contract darzustellen, wird er nochmals in kleinere Arbeitspakete oder Sprints gegliedert. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, Verknüpfungen zu integrieren, sodass ein zweites Arbeitspaket beispielsweise erst begonnen werden darf, wenn das erste abgeschlossen ist. Darüber hinaus kann in den Smart Contracts die Zuteilung der Ressourcen klar definiert werden, wodurch eine doppelte Zuteilung dieser verhindert wird. Die Blockchain-Technologie erlaubt keine nachträglichen Änderungen an den Arbeitspaketen, da diese als Blockchain-Eintrag unveränderlich sind. Eine Modifikation des Inhalts, der zeitlichen oder der kostentechnischen Planung ist nicht möglich. Dies stellt zum einen, einen gravierenden Nachteil dar, da im Projektmanagement häufig Anpassungen an äußere Umstände erforderlich sind. Andererseits kann dies auch als Vorteil gewertet werden. Eine Änderung der Planung würde eine Neuanlage der Transaktion erforderlich machen. Die Konsequenz ist eine gesteigerte Nachvollziehbarkeit des Gesamtsystems sowie die Möglichkeit, durch die vorgenommenen Änderungen einen Lerneffekt zu generieren. Dieser Effekt ist dadurch gegeben, dass die Verantwortlichen genau wissen, an welcher Stelle sie welche Anpassungen vorgenommen haben.⁹³

In der Anwendung der Blockchain-Technologie in der Projektsteuerung findet sich häufig auch ein Belohnungsprinzip. In bekannten Blockchains wie Bitcoin wird der Teilnehmer, welcher einen Block bildet, belohnt, um den Ansporn zu erhöhen, die notwendige Rechenleistung aufzubringen. Im Rahmen dieser Überlegungen wird vorgeschlagen, dass Unternehmen ihre Mitarbeiter auch für das Erledigen bestimmter Arbeitspakete oder ähnlicher Leistungen belohnen. Die Belohnung erfolgt durch sogenannte Token, also einen fiktiven Wert, der an die Mitarbeiter ausgezahlt wird. Der Token kann anschließend entweder in Geld, beispielsweise in Form von Bonuszahlungen, umgewandelt werden oder als Grundlage für Beförderungen dienen. Die Entscheidung über die Anwendung obliegt den Unternehmen. Die Entscheidung, für welche Zwecke Tokens ausgezahlt werden, liegt auch in der Hand der Unternehmen. Als Beispiele können das Erfüllen eines Arbeitspakets oder das Einreichen eines Statusberichts genannt werden. Dadurch wird sichergestellt, dass Warnsignale in Projekten nicht ignoriert werden, sondern direkt durch die Statusberichte sichtbar werden und gegengesteuert werden kann.⁹⁴

⁹³ vgl. o.V. 2020: Blockchain: Grundlagen, Anwendungsszenarien und Nutzungspotenziale, S. 76

⁹⁴ vgl. o.V. 2020: Blockchain: Grundlagen, Anwendungsszenarien und Nutzungspotenziale, S. 73

Des Weiteren besteht für ein Unternehmen die Möglichkeit, das Stage-Gate-Verfahren zu implementieren. Dies impliziert, dass das Projekt erst in die nächste Phase überführt werden darf, sofern die vorherige Phase getestet und freigegeben wurde.⁹⁵ Auch für diese Tests könnte eine Belohnung vorgesehen werden, um sicherzustellen, dass diese auch von den Mitarbeitenden durchgeführt werden.

Die Frage der Gerechtigkeit stellt sich jedoch bei der Belohnung durch Token schnell wieder. Die entscheidende Frage ist, wer darüber entscheidet, wie viele Token an welche Personengruppe vergeben werden und wofür diese eingesetzt werden. Bezüglich der Verteilung existieren diverse Lösungsansätze. Die hierarchische Verteilung basiert auf dem zuvor angedeuteten Prinzip. Der Teamleiter verteilt für jedes erfüllte Arbeitspaket eine bestimmte Anzahl an Token an seine Teammitglieder. Dies stellt die traditionellste Methode dar. Im Rahmen der symmetrischen Verteilung erfolgt eine Umkehrung der Vorgehensweise. In diesem Szenario obliegt die Verteilung der Token den Teammitgliedern selbst. Die symmetrische Verteilung sieht vor, dass jedes Teammitglied die gleiche Anzahl an Token erhält und diese anschließend an seine Kolleginnen und Kollegen weitergibt.⁹⁶

Die zuletzt genannte Methode kann über Oracles ausgeführt werden. Oracles fungieren als Schnittstelle zwischen der Blockchain-Technologie und der realen Welt. In der Projektsteuerung, bezüglich der Verteilung der Tokens, bedeutet dies, dass die Verteilung nicht direkt über feste Daten erfolgt, sondern basierend auf Blockchain basierten Daten in der realen Welt entschieden wird. Da Smart Contracts in der Regel keine qualitativen Merkmale berücksichtigen können, kommt hier der Teamleiter wieder ins Spiel. Im Rahmen eines Mitarbeitergesprächs erfolgt eine Bewertung der Leistungen des Mitarbeiters durch den Teamleiter. Die entsprechende Menge an Tokens wird anschließend ausgegeben. Der Vorteil besteht darin, dass ein Mitarbeitergespräch mit Feedback automatisch initiiert wird, was eine wesentliche Komponente einer effektiven Führung und Zusammenarbeit darstellt.⁹⁷

Grundsätzlich lässt sich sagen, dass diese Anwendung nicht bei allen Projekten als sinnvoll erachtet werden kann. Bei Projekten mit einer hohen Planbarkeit, wie beispielsweise Engineering-Projekten oder Software-Projekten, ist eine Vorausplanung

⁹⁵ vgl. Cooper 2006: Managing Technology Development Projects, S. 29

⁹⁶ vgl. o.V. 2020: Blockchain: Grundlagen, Anwendungsszenarien und Nutzungspotenziale, S. 77

⁹⁷ vgl. o.V. 2020: Blockchain: Grundlagen, Anwendungsszenarien und Nutzungspotenziale, S. 79

der Arbeitspakete in der Regel gut möglich. In diesen Fällen kann die Blockchain-Technologie sinnvoll eingesetzt werden. Bei Projekten, deren Verlauf sich nicht im Vorhinein bestimmen lässt, wie beispielsweise Organisationsprojekten, ist es empfehlenswert, auf das agile Projektmanagement zurückzugreifen und nicht zu versuchen, die Projektarbeit in eine Blockstruktur zu überführen.⁹⁸

6.2.6 Finanzwirtschaft

Bei der Betrachtung der Finanzwirtschaft in Unternehmen lässt sich ein Einsatzgebiet identifizieren, in dem die Blockchain-Technologie eine signifikante Bereicherung darstellen könnte oder bereits darstellt. Im Folgenden soll eine Finanzierungsmethode näher betrachtet werden. Das Ziel besteht in der Beschaffung finanzieller Mittel, um ein Unternehmen weiterzuentwickeln oder liquide zu halten. Als Gegenleistung werden dem Geldgeber Token ausgegeben.⁹⁹ Token stellen eine virtuelle Darstellung von Vermögensgegenständen oder von Funktionen dar, welche in einem Smart Contract festgehalten sind.¹⁰⁰ So kann ein oder mehrere Token beispielsweise eine Immobilie, einen Geschäftsanteil oder eine Dienstleistung repräsentieren. Der Verkauf von Token zur Beschaffung von Finanzmitteln durch Unternehmen wird als Initial Coin Offering bezeichnet. Allerdings existieren nicht nur eine, sondern mehrere Formen von Token. Die Unternehmen sind in der Lage, selbst zu bestimmen, welche Art von Token sie anbieten möchten. Im Folgenden werden die wesentlichen Arten erläutert:

Utility Token stellen die wohl bekanntesten und am häufigsten verwendeten Token im Rahmen eines Initial Coin Offerings dar. Diese Eigenschaft ist darauf zurückzuführen, dass der Nutzen beim Kauf direkt ersichtlich ist.¹⁰¹ Vergleichen kann man Utility Token mit einer Art Gutschein.¹⁰² Im Rahmen des Kaufs eines Tokens wird dem Käufer eine bestimmte Dienstleistung oder ein Produkt zugesichert. Häufig entsteht der Nutzen erst in der Zukunft und ist zum Zeitpunkt des Kaufs noch nicht verfügbar.¹⁰³ Die Käufer erwerben die Token nicht mit der Intention einer Wertsteigerung, sondern um sich an einem neuen Projekt zu beteiligen oder um die Firma zu unterstützen. Bei Utility Tokens ist der finanzielle Anreiz durch den Unternehmer verboten, um zu verhindern, dass sie als Wertpapiere eingestuft werden. Wenn Utility Tokens einen finanziellen Anreiz bieten würden, könnten sie als Investitionen betrachtet werden, was Finanzmarktregeln und -vorschriften unterliegt. Durch das Vermeiden finanzieller Anreize

⁹⁸ vgl. Turner/Cochrane 1993: Goals-and-methods matrix, S. 97

⁹⁹ vgl. Meisner 2021: Finanzwirtschaft in der Internetökonomie, S. 201

¹⁰⁰ vgl. Hönig 2020: Initial Coin Offering, S. 34

¹⁰¹ vgl. Springer Fachmedien Wiesbaden/Hahn/Wons 2018: Initial Coin Offering (ICO), S. 10

¹⁰² vgl. Pöttinger 2018: Unternehmensfinanzierung über die Blockchain o.S.

¹⁰³ vgl. o.V.: Kryptotoken o.S.

wird klargestellt, dass Utility Tokens primär zur Nutzung eines bestimmten Dienstes oder Zugangs zu einer Plattform dienen und nicht als Wertpapiere.¹⁰⁴

Die zweite Art von Token, welche ebenfalls eine hohe Handelsaktivität aufweist, sind die Security Token. Im Gegensatz zu Utility-Token zielt diese Art von Token darauf ab, einen finanziellen Anreiz zu schaffen. Der Anreiz kann in Form von Gewinnausschüttung, Dividende oder ähnlichem erfolgen.¹⁰⁵ Diese Art von Token kann demnach mit digitalen Wertpapieren verglichen werden, da ihr Wert ebenfalls von dem Gewinn, Umsatz oder Erfolg der Firma abhängt.¹⁰⁶

Auch bei den Equity-Token ist das Ziel des Käufers eine Wertsteigerung. Der wesentliche Unterschied zu den Security Token besteht darin, dass bei diesen in der Regel ein Mitbestimmungsrecht mit den Token veräußert wird. Ein Beispiel verdeutlicht die Funktionsweise: Nehmen wir an, ein Unternehmen hat einen fiktiven Wert von 100 Token. Im Falle eines Erwerbs von 30 Token durch einen Käufer ergibt sich ein Stimmanteil von 30 %. Allerdings kann ein Unternehmen die Ausgestaltung dieser Art von Token selbst bestimmen.¹⁰⁷

Die drei genannten Token stellen die bisher am häufigsten verwendeten Varianten dar. Es sei jedoch darauf verwiesen, dass es eine Vielzahl weiterer Token gibt. Hybride Formen, bei denen sich die Unternehmen von jeder Art das herauspicken, was für sie am besten passt, sind ebenfalls sehr beliebt.

Eine besondere Anwendung findet das Initial Coin Offering bei neuen Unternehmen, insbesondere bei Start-ups. Diese Unternehmen benötigen häufig Unterstützung bei der Finanzierung, verfügen jedoch über vielversprechende Konzepte in der Produktentwicklung. Diese Finanzierungsart erweist sich somit als besonders geeignet.¹⁰⁸

6.2.7 Sonstige Anwendungsbereiche

Auch in weiteren betriebswirtschaftlichen Funktionen von Unternehmen werden zunehmend Ideen entwickelt, wie die Arbeit durch den Einsatz von Blockchain-Technologien effizienter gestaltet werden könnte.

Zu den Anwendungsbereichen zählen unter anderem das Qualitätsmanagement und der E-Commerce-Handel.

¹⁰⁴ vgl. Hönig 2020: Initial Coin Offering, S. 34

¹⁰⁵ vgl. Hönig 2020: Initial Coin Offering, S. 35

¹⁰⁶ vgl. Pöttinger 2018: Unternehmensfinanzierung über die Blockchain o.S.

¹⁰⁷ vgl. Hönig 2020: Initial Coin Offering, S. 36

¹⁰⁸ vgl. Meisner 2021: Finanzwirtschaft in der Internetökonomie, S. 201

In der Buchhaltung müssen alle finanziellen Transaktionen dokumentiert und gespeichert werden. Auch eine Rückverfolgung ist in diesem Bereich häufig relevant, da Steuerabgaben häufig beim Finanzamt nachgewiesen werden müssen oder Ausgaben begründet werden müssen. Die Blockchain-Technologie ermöglicht die Speicherung dieser Daten auf einer unveränderbaren Plattform. Der Vorteil besteht in der Nachvollziehbarkeit sämtlicher Veränderungen. Dies ermöglicht die Verhinderung von Betrug sowie die Vertrauenswürdigkeit der Daten. Des Weiteren ist es möglich, Änderungen in der Blockchain lediglich mit einem privaten Schlüssel zu gewährleisten und es lässt sich anhand der Blockchain exakt nachvollziehen, welche Person welche Daten eingegeben oder verändert hat.¹⁰⁹

Im E-Commerce wird die Dezentralität genutzt. In diesem Szenario würde das klassische System mit Zwischenhändlern durch ein Blockchain-basiertes System ersetzt werden. Anstelle der bisherigen intermediären Instanzen würde nun die Blockchain als zentrale Datenbasis fungieren. Der Käufer kann die Produkte direkt beim Produzenten erwerben, wodurch sich Zeit und Kosten einsparen lassen, da eine zentrale Instanz eliminiert wird.¹¹⁰

6.3 Mehrwert der Blockchain im Anwendungsbereich

Die Blockchain-Technologie bietet eine Vielzahl von Lösungen für diverse Probleme in Unternehmensbereichen, welche im vorherigen Abschnitt kurz beschrieben wurden. Im vorherigen Abschnitt ging es jedoch mehr um die neuen Möglichkeiten, welche einem Unternehmen durch die Blockchain-Technologie eröffnet werden. Im Folgenden soll eher auf die Vorteile eingegangen werden, welche die Blockchain im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren bietet, welche Probleme dabei auftreten und wie Blockchain diese Probleme löst und Mehrwert schafft.

Dies erfolgt durch die Erhöhung von Transparenz, Sicherheit und Effizienz. Die Dezentralität und Unveränderlichkeit der gespeicherten Daten stellen einen erheblichen Mehrwert dar, der das Vertrauen in die Unternehmensprozesse stärkt und die Effektivität der Abläufe verbessert.

6.3.1 Logistik und Supply Chain

Die Nachvollziehbarkeit der Herkunft von Produkten ist in der Logistik und Supply Chain häufig mit Schwierigkeiten verbunden, sofern keine Blockchain-Technologie zum Einsatz kommt. Die Manipulierbarkeit zentraler Systeme führt zu Unsicherheiten

¹⁰⁹ vgl. Blockchain zwei Punkt null/Hosp 2018: Blockchain 2.0, S. 158

¹¹⁰ vgl. Burgwinkel 2016: Blockchain Technology, S. 32

hinsichtlich der Echtheit und Qualität der Produkte. Die Blockchain ermöglicht die lückenlose Dokumentation der gesamten Lieferkette, wobei die Daten unveränderlich gespeichert werden. Jede Transaktion sowie jeder Standortwechsel werden in der Blockchain gespeichert und sind für alle Beteiligten nachvollziehbar. Der Mehrwert zeigt sich in der optimierten Nachvollziehbarkeit und Fälschungssicherheit, was insbesondere in Branchen wie der Lebensmittel- und Pharmaindustrie von wichtiger Bedeutung ist. Dies führt zu einer Stärkung des Verbrauchervertrauens in die Produkte sowie zu einer Effizienzsteigerung der Lieferkette.¹¹¹

6.3.2 Marketing

In der traditionellen Marketingkampagne basiert die Datenspeicherung auf zentralisierten Datenbanken, die von Werbeagenturen oder Marketingabteilungen verwaltet werden. Dies kann in Schwierigkeiten wie Datenmanipulation, Intransparenz und Schwierigkeiten bei der Verifizierung der Werbewirkung resultieren. Die Implementierung der Blockchain-Technologie ermöglicht hingegen die dezentrale Speicherung von Marketingdaten sowie deren transparente Darstellung. Die Unveränderlichkeit der Datensätze in der Blockchain gewährleistet deren Nachverfolgbarkeit und Authentizität. Die Effektivität von Kampagnen kann somit besser gemessen und sichergestellt werden, dass Werbebudgets effizient eingesetzt werden. Der Mehrwert liegt in der erhöhten Transparenz, da Werbekampagnen und ihre Ergebnisse für alle Beteiligten nachvollziehbar sind. Dies fördert das Vertrauen zwischen Werbetreibenden und Kunden und erlaubt eine präzise Messung der Werbewirkung, was zu einer optimierten Budgetallokation führt.¹¹²

6.3.3 Finanzwirtschaft und Controlling

In der Finanzberichterstattung des Controllings basieren die verwendeten Systeme häufig auf zentralisierten Strukturen, die anfällig für Fehler und Manipulationen sind. Die manuelle Überprüfung von Transaktionen ist mit einem hohen Zeitaufwand verbunden und weist eine hohe Fehleranfälligkeit auf. Die Blockchain hingegen ermöglicht die Erstellung eines unveränderlichen und transparenten Finanzbuchhaltungssystems. Die Verifizierung und Dokumentation von Transaktionen erfolgt in Echtzeit, was zu einer erhöhten Genauigkeit und Effizienz der Finanzberichterstattung führt. Der Mehrwert besteht in der verbesserten Transparenz und Verlässlichkeit der

¹¹¹ vgl. Abeyratne/Monfared 2016: Blockchain Ready Manufacturing Supply Chain Using Distributed Ledger, S. 4

¹¹² vgl. Joos 2021: So verbessert die Blockchain das Marketing und den Vertrieb o.S.

Finanzdaten, wodurch das Vertrauen der Stakeholder gestärkt und die Effizienz des Controlling-Prozesses erhöht wird.¹¹³

6.3.4 Personalwesen

Im Personalwesen führt der traditionelle Umgang mit Mitarbeiterdaten häufig zu Datenschutzproblemen und Ineffizienzen. Die Speicherung von Personaldaten erfolgt in zentralen Datenbanken, die aufgrund ihrer Anfälligkeit für Sicherheitsverletzungen und Datenmanipulationen als unsicher zu bewerten sind. Die Blockchain-Technologie ermöglicht die sichere und unveränderliche Speicherung von Mitarbeiterdaten. Dies erlaubt eine transparente und sichere Verwaltung von Qualifikationen, Zertifikaten und Arbeitsverträgen. Der Mehrwert liegt in der erhöhten Datensicherheit und Integrität, wodurch das Vertrauen der Mitarbeiter in den Datenschutz ihres Unternehmens gestärkt wird. Des Weiteren kann die Verifizierung von Qualifikationen und Zertifikaten mit geringem Aufwand durchgeführt werden, was den Rekrutierungsprozess erheblich beschleunigt.¹¹⁴

6.3.5 Projektsteuerung

In der traditionellen Projektsteuerung kommt es häufig zu Kommunikationsproblemen und mangelnder Transparenz, da Projektinformationen in zentralen Systemen verwaltet werden, die nicht für alle Beteiligten zugänglich sind. Die Einführung der Blockchain ermöglicht eine dezentrale und transparente Verwaltung von Projektdaten. Smart Contracts ermöglichen die Erstellung automatischer und unveränderlicher Vereinbarungen, welche die Zusammenarbeit und Kommunikation im Projektteam optimieren. Der Mehrwert liegt in der erhöhten Transparenz und Effizienz der Projektsteuerung, da alle Teammitglieder jederzeit Zugriff auf die aktuellen Projektinformationen haben und automatisch benachrichtigt werden, sobald bestimmte Meilensteine erreicht werden oder Aufgaben abgeschlossen sind.¹¹⁵

7. Stärken und Schwächen

7.1 Schwächen

Die Blockchain-Technologie verspricht zweifellos eine Revolution in vielen Branchen, doch ihre Implementierung ist mit einer Vielzahl von Schwierigkeiten verbunden. Ein wesentlicher Aspekt, der bei der Implementierung der Blockchain-Technologie Beachtung finden muss, ist die Nutzerfreundlichkeit. Die Sicherung privater Schlüssel

¹¹³ vgl. Drescher 2017: Blockchain Grundlagen, S. 167

¹¹⁴ vgl. Blockchain zwei Punkt null/Hosp 2018: Blockchain 2.0, S. 187

¹¹⁵ vgl. o.V.: Der Einsatz von Blockchain im Projektmanagement o.S.

gestaltet sich oft als komplex. Das Prinzip der asymmetrischen Verschlüsselung gebietet, dass der private Schlüssel nicht verloren gehen und nicht an eine dritte Person weitergegeben werden darf. Aus diesem Grund existieren diverse Methoden zur Aufbewahrung des privaten Schlüssels, welche jedoch häufig als kompliziert und aufwendig wahrgenommen werden. Des Weiteren ist ein Mangel an Kundensupport festzustellen, der bei auftretenden Problemen Unterstützung leisten könnte. Die Blockchain ist eine dezentrale Datenbank, die keinen zentralen Ansprechpartner für etwaige Probleme bereithält. Des Weiteren stellt eine komplexe Anwendungsoberfläche, die sich primär auf Funktionalität statt auf Benutzerfreundlichkeit fokussiert, für viele Nutzer eine Herausforderung dar. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Blockchain sich noch in einem frühen Entwicklungsstadium befindet. Zunächst wird stets die Funktionalität optimiert, bevor sich die Entwickler um die Benutzerfreundlichkeit und das Design kümmern.¹¹⁶

Auch finanzielle Aspekte sind von Relevanz. Jede Dateneintragung ist mit Kosten verbunden. Dies ist erforderlich, um die Unveränderlichkeit der Daten zu gewährleisten.¹¹⁷ Eine kostenlose Änderung würde das System einem hohen Risiko von Hacking-Angriffen aussetzen, da ein Angriff ohne Kosten oder Aufwand möglich wäre. Die Lösung von Hashpuzzles, welche für die Erstellung von neuen Blocks erforderlich ist, ist mit einem hohen Zeit-, Energie- und Kostenaufwand verbunden, wodurch die ohnehin hohen Implementierungskosten noch weiter ansteigen.¹¹⁸

Die hohen Kosten sind eine Konsequenz der Ressourcenverschwendung, welche in der Blockchain-Technologie ein gravierendes Problem darstellt. Die Konsensmechanismen, wie Proof-of-Work, erfordern eine immense Rechenleistung und somit einen hohen Energieverbrauch.¹¹⁹ Allerdings existieren bereits effizientere Ansätze wie Proof-of-Stake.¹²⁰ Dieser Ansatz ist jedoch noch nicht hinreichend bekannt oder stellt in einigen Anwendungsbereichen keine wirkliche Alternative zum ursprünglichen Proof-of-Work dar.

Ein weiteres Problem stellt die Skalierbarkeit dar. Aufgrund des hohen Zeitaufwands pro Aktion ist die Anzahl der Transaktionen, die in einer Blockchain verarbeitet werden

¹¹⁶ vgl. Blockchain zwei Punkt null/Hosp 2018: Blockchain 2.0, S. 77

¹¹⁷ vgl. Blockchain zwei Punkt null/Hosp 2018: Blockchain 2.0, S. 78

¹¹⁸ vgl. Drescher 2017: Blockchain Grundlagen, S. 219

¹¹⁹ vgl. Deshpande u. a.: Distributed Ledger Technologies/Blockchain: Challenges, opportunities and the prospects for standards, S. 7

¹²⁰ vgl. Glatz: Stellungnahme des Blockchain Bundesverband, S. 34

können, begrenzt.¹²¹ Der zeitliche Aufwand für die Erstellung von Blöcken ist hier am größten.

Der Einsatz von Blockchain-Technologien geht zudem mit einem gewissen Verlust an Flexibilität einher. Eine Änderung oder Verbesserung kann nicht ohne Weiteres durchgeführt werden, sondern es muss ein neuer Block erstellt werden, was wie bereits erwähnt, mit einem enormen Zeitaufwand verbunden ist.¹²²

Auch Datenschutz und rechtliche Aspekte sind von entscheidender Bedeutung. Die Blockchain kann zwar als transparent bezeichnet werden, allerdings sind alle Transaktionen für jeden nachvollziehbar, was die Privatsphäre einschränkt.¹²³ Des Weiteren birgt die Unveränderlichkeit der Daten rechtliche Herausforderungen, insbesondere im Hinblick auf die Einhaltung der Datenschutzrichtlinien. Gemäß geltendem Recht müssen Daten auf Anfrage geändert oder gelöscht werden können.¹²⁴ Die mangelnde Möglichkeit zur Korrektur von Fehlern in Transaktionen sowie die Schwierigkeit, illegale Handlungen nachzuweisen, können rechtliche Risiken mit sich bringen.¹²⁵

Cybersecurity stellt ein zunehmend relevantes Thema dar, da die Blockchain zwar als sicher gilt, jedoch möglicherweise in Zukunft anfälliger für Angriffe werden könnte. Dies birgt das Risiko erheblicher Sicherheitsrisiken, insbesondere wenn private Schlüssel entwendet oder verloren gehen. Es existieren bereits gegenwärtig bestehende Sicherheitslücken, wie beispielsweise die 50%-Regel, welche zwar derzeit noch nicht als gefährlich eingestuft wird, jedoch mit fortschreitender Technologie diesbezüglich als potenziell gefährlich erachtet werden könnte. In diesem Kontext ist festzuhalten, dass ein Teilnehmer einer Blockchain 51 % der Rechenleistung erreichen muss. Sobald diese Hürde genommen ist, kann der Teilnehmer entscheiden, welche Blöcke in die Blockchain aufgenommen werden sollen. Zudem kann er sich die Belohnung für die Erstellung der Blöcke sichern. Dadurch ist es ihm möglich, zu bestimmen, welche Transaktionen als gültig gelten und diejenigen, die ihm nicht passen, abzuweisen. Der hohe Aufwand, der mit dem Erreichen der 51 % der Rechenleistung verbunden ist, führt zu einer Einstufung als unrentabel. Sobald jedoch Erfindungen

¹²¹ vgl. Meinel/Gayvoronskaya 2020: Blockchain, S. 63

¹²² vgl. Drescher 2017: Blockchain Grundlagen, S. 220

¹²³ vgl. Drescher 2017: Blockchain Grundlagen, S. 218

¹²⁴ vgl. Hinckeldeyn 2019: Blockchain-Technologie in der Supply Chain, S. 46

¹²⁵ vgl. Mika/Goudz 2020: Blockchain-Technologie in der Energiewirtschaft, S. 56

wie Quantencomputer mit enormer Rechenleistung für ihre Nutzung bereitstehen, wird sich dieses Problem manifestieren.¹²⁶

Die Akzeptanz seitens der Nutzerinnen und Nutzer stellt ebenfalls ein Problem dar, welches durch die mangelnde rechtliche Anerkennung und das unzureichende Wissen noch verstärkt wird. In zahlreichen Anwendungsbereichen erweist sich die Einführung einer Blockchain als überzogen und ist nicht erforderlich.¹²⁷ Die Einführung von Blockchain-Technologien wird häufig mit dem Ziel der Steigerung von Transparenz für Kundinnen und Kunden sowie der Stärkung des Kundenvertrauens begründet. In Branchen, in denen die Transparenz nicht gefordert ist, stellt die Einführung einer Blockchain folglich eine Form der Geldverschwendung dar.¹²⁸

Trotz dieser Herausforderungen bleibt die Blockchain-Technologie ein faszinierendes und potenziell transformatives Werkzeug. Die Lösung dieser Probleme ist von entscheidender Bedeutung, um das volle Potenzial der Blockchain-Technologie zu realisieren und ihre weitreichende Akzeptanz und Anwendung zu fördern.

7.2 Stärken

Die Blockchain-Technologie weist eine Reihe von Stärken auf, die ihre Anwendung in verschiedenen Bereichen attraktiv machen. Eine herausragende Eigenschaft ist ihre Unveränderlichkeit, die durch Konsensusmechanismen wie Proof-of-Work gewährleistet wird. Diese Eigenschaft ermöglicht die sichere und unveränderliche Speicherung von Daten, wodurch die Blockchain eine hohe Resistenz gegenüber Zensur aufweist, da keine zentralisierte Instanz die Daten manipulieren kann.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt ist die Gewährleistung der Privatsphäre, welche durch die Generierung privater Schlüssel erreicht wird.¹²⁹ Die Preisgabe der eigenen Identität ist für die Teilnehmer nicht länger erforderlich, da sie anonymisiert sind. Obgleich behauptet wird, dass die nachverfolgbaren Transaktionen viel über einen Teilnehmer preisgeben, wird nie die wahre Identität hinter diesem Teilnehmer bekannt werden.¹³⁰ Dadurch wird es den Benutzern ermöglicht, anonym an der Blockchain teilzunehmen, ohne ihre Identität preiszugeben, was zu einem gewissen Maß an

¹²⁶ vgl. Meinel/Gayvoronskaya 2020: Blockchain, S. 59

¹²⁷ vgl. Drescher 2017: Blockchain Grundlagen, S. 221

¹²⁸ vgl. Center 2022: Blockchain und Marketing, S. 28

¹²⁹ vgl. Blockchain zwei Punkt null/Hosp 2018: Blockchain 2.0, S. 71

¹³⁰ vgl. Mika/Goudz 2020: Blockchain-Technologie in der Energiewirtschaft, S. 54

Vertrauen und Sicherheit führt.¹³¹ Allerdings sei an dieser Stelle angemerkt, dass die Festlegung dieser Kriterien ebenfalls innerhalb jeder Blockchain variieren kann.

Es existieren anonyme Blockchains, wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, jedoch auch solche, bei denen die Identität der Teilnehmer bekannt ist. Dies trifft insbesondere auf firmeninterne Blockchains, wie sie beispielsweise im Projektmanagement zum Einsatz kommen, zu.

Vertrauen stellt einen zentralen Bestandteil der Blockchain-Technologie dar, da diese auf mathematischen und kryptografischen Prinzipien basiert.¹³² Die Blockchain fördert Vertrauen in unbekannte Personen, bei der man die Identität einer Person nicht kennt, aber dennoch Vertrauen in sie hat. Die Beseitigung von Intermediären ermöglicht direkte und sichere Transaktionen zwischen unbekanntem Parteien. Hierfür werden die Smart Contracts eingesetzt, welche eine genaue Aktion auf eine Voraussetzung beschreiben. Die asymmetrische Verschlüsselung trägt ebenfalls zu einer Stärkung des Vertrauens bei. Die digitale Signatur gewährleistet die Authentizität des Absenders, während die Verschlüsselung sicherstellt, dass nur der Teilnehmer, für den die Nachricht bestimmt war, diese entschlüsseln kann.¹³³

Die Kompatibilität zwischen verschiedenen Blockchains sowie die durch die Verkettung der Blöcke gewährleistete Integrität der Daten stellen weitere Stärken dar. Dies gewährleistet einen sicheren Informationsaustausch sowie einen Schutz vor Datenmanipulation. Eine Manipulation wäre unrentabel, da bei einer Veränderung von Daten in einem Block alle nachfolgenden Blöcke mit geändert werden müssen.¹³⁴

Die Transparenz stellt nahezu den wichtigsten Aspekt der Blockchain dar. Die Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Daten wird durch die einsehbare Dokumentation jeder Transaktion gewährleistet. Dies kann insbesondere in Bereichen wie dem Supply Chain Management von Vorteil sein. Wie bereits in den Anwendungsfällen dargelegt, stellt die hohe Transparenz den maßgeblichen Faktor für die Implementierung von Blockchain in Unternehmen dar.¹³⁵

Die Offenheit der Blockchain erlaubt es jeder Person, daran teilzunehmen, ohne Zugangsbeschränkungen.¹³⁶ Obgleich mittlerweile zahlreiche Abwandlungen und

¹³¹ vgl. Center 2022: Blockchain und Marketing, S. 32

¹³² vgl. Blockchain zwei Punkt null/Hosp 2018: Blockchain 2.0, S. 72

¹³³ vgl. Mika/Goudz 2020: Blockchain-Technologie in der Energiewirtschaft, S. 52

¹³⁴ vgl. Burgwinkel 2016: Blockchain Technology, S. 130

¹³⁵ vgl. Blockchain zwei Punkt null/Hosp 2018: Blockchain 2.0, S. 73

¹³⁶ vgl. Blockchain zwei Punkt null/Hosp 2018: Blockchain 2.0, S. 74

Anwendungsfälle existieren, in denen diese Offenheit nicht mehr gegeben ist, was der ursprüngliche Gedanke ein offenes, dezentrales System. Die Abwandlungen sind jedoch ebenfalls von Vorteil, da bei Blockchain-Technologien frei eingeteilt werden kann, wer Zugang haben soll und wer nicht.

Die Blockchain muss von jedem Teilnehmer selbst abgespeichert werden, was zu einer extrem hohen Verfügbarkeit führt. Selbst bei einer Löschung der Hälfte aller Kopien stehen noch ausreichend andere zur Verfügung, von denen die gelöschten wiederhergestellt werden können.¹³⁷

Die genannten Vorteile erlauben es, Aufgaben oder Aufgabenbereiche mittels der Blockchain-Technologie zu automatisieren. Zuvor manuell ausgeführte Aktionen können nun beispielsweise durch Smart Contracts automatisiert werden, wodurch die Arbeit erleichtert wird. Des Weiteren können durch die Automatisierung der Prozesse die Kosten gesenkt werden, da der Arbeits- und Zeitaufwand reduziert wird.¹³⁸ Des Weiteren führt die Dezentralität zu einer Senkung der Kosten. Die Zwischenschaltung einer Instanz entfällt, sodass eine direkte Kommunikation oder Transaktion mit der anderen Partei möglich ist.¹³⁹

Insgesamt weist die Blockchain-Technologie eine Reihe von Stärken auf, die sie zu einem vielversprechenden Werkzeug für verschiedene Anwendungen machen. Die Blockchain-Technologie weist ein breites Spektrum an Potenzialen auf, die sie zu einem vielversprechenden Werkzeug für verschiedene Anwendungsbereiche machen. Dazu zählen insbesondere die Gewährleistung von Sicherheit und Unveränderlichkeit der Daten, die Förderung von Vertrauen und Transparenz sowie die Bereitstellung innovativer Lösungen für eine Vielzahl von Herausforderungen.

¹³⁷ vgl. Egloff/Turnes 2019: Blockchain für die Praxis, S. 37

¹³⁸ vgl. Mika/Goudz 2020: Blockchain-Technologie in der Energiewirtschaft, S. 53

¹³⁹ vgl. Deshpande u. a.: Distributed Ledger Technologies/Blockchain: Challenges, opportunities and the prospects for standards, S. 7

8. Zusammenfassung und Fazit

Die vorliegende Bachelorarbeit präsentiert eine umfassende Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten von Blockchain-Technologien in Unternehmen. Die durchgeführte Literaturrecherche hat ergeben, dass Blockchain-Technologien, insbesondere aufgrund ihrer Eigenschaften der Dezentralität, Unveränderbarkeit und Transparenz, ein erhebliches Potenzial für verschiedene Unternehmensbereiche aufweisen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Blockchain-Technologien signifikante Vorteile in der Effizienzsteigerung, Datensicherheit und Transparenz bieten. Im Rahmen der Untersuchung konnten insbesondere in den Bereichen Supply Chain Management, Controlling und Finanzwirtschaft die Vorteile und Einsatzmöglichkeiten von Blockchain-Technologien anhand von konkreten Anwendungsbeispielen verdeutlicht werden. Der Einsatz von Smart Contracts, dezentralen Datenbanken und sicheren Transaktionssystemen demonstriert, dass Blockchain-Technologien nicht nur technische Innovationen darstellen, sondern auch tiefgreifende betriebswirtschaftliche Vorteile bieten können.

Trotz der hohen Potenziale, verdeutlicht der aktuelle Stand der Blockchain-Technologie, dass noch Herausforderungen bestehen. Zu den Herausforderungen zählen unter anderem die Komplexität der Implementierung, die Sicherung privater Schlüssel sowie die noch begrenzte Nutzerfreundlichkeit. Dennoch ist zu erwarten, dass mit fortschreitender Entwicklung und zunehmender Akzeptanz diese Herausforderungen überwunden werden und die Blockchain-Technologie zu einem integralen Bestandteil moderner Unternehmensinfrastrukturen wird.

Daraus lässt sich konstatieren, dass die gezielte Anwendung von Blockchain-Technologien Unternehmen dazu befähigt, ihre Prozesse zu optimieren, die Sicherheit zu erhöhen und neue Geschäftsmöglichkeiten zu erschließen. Die kontinuierliche Weiterentwicklung und Anpassung an spezifische Unternehmensanforderungen wird dabei von entscheidender Bedeutung sein.

Literaturverzeichnis

- Abeyratne, Saveen/Monfared, Radmehr (2016): Blockchain Ready Manufacturing Supply Chain Using Distributed Ledger. In: International Journal of Research in Engineering and Technology, Jg. 05.
- Adam, Katarina (2022): Blockchain-Technologie für Unternehmensprozesse: Sinnvolle Anwendung der neuen Technologie in Unternehmen. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-662-64677-9.
- BDEW: Blockchain in der Energiewirtschaft. URL: <https://www.bdew.de/service/publikationen/blockchain-energiewirtschaft/> (10.06.2024).
- Blockchain zwei Punkt null/Hosp, Julian (2018): Blockchain 2.0. München: FBV.
- Burgwinkel, Daniel (2016): Blockchain Technology: Einführung für Business- und IT Manager. De Gruyter Oldenbourg.
- Bussac, Enée (2023): Blockchain und digitale Währungen: Auf dem Weg zur Echtzeit-Wirtschaft. Berlin: Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG. DOI: 10.37307/b.978-3-503-20697-1.
- Center, Frankfurt School Blockchain (2022): Blockchain und Marketing. URL: <https://fsblockchain.medium.com/blockchain-und-marketing-7862eeeadf67> (30.04.2024).
- Cooper, Robert G. (2006): Managing Technology Development Projects. In: Research-Technology Management,. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/08956308.2006.11657405> (04.05.2024).
- Deshpande, Advait u. a.: Distributed Ledger Technologies/Blockchain: Challenges, opportunities and the prospects for standards.
- Digitalisierung und Controlling (2018): Digitalisierung & Controlling. 1. Auflage. Auflage. Freiburg; München; Stuttgart: Haufe Group.
- Do, Hoang Thi/Hoiczky, Claudia/Uckelmann, Dieter (2019): Blockchain – Anwendungen in Logistik und Supply Chain: Funktionsweise, Use Cases und Leitfaden für Unternehmen. In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Jg. 114 (10), S. 617–620. DOI: 10.3139/104.112163.
- Drescher, Daniel (2017): Blockchain Grundlagen: Eine Einführung in die elementaren Konzepte in 25 Schritten. MITP-Verlags GmbH & Co. KG.
- Egloff, Pascal/Turnes, Ernesto (2019): Blockchain für die Praxis: Kryptowährungen, Smart Contracts, ICOs und Tokens. Neuerscheinung Edition. Auflage. Zürich: SKV.
- Fertig, Tobias/Schütz, Andreas (2019): Blockchain für Entwickler: Grundlagen, Programmierung, Anwendung. 1. Auflage. Auflage. Bonn: Rheinwerk Verlag.
- Fill, Hans-Georg/Meier, Andreas (Hrsg.) (2020): Blockchain: Grundlagen, Anwendungsszenarien und Nutzungspotenziale. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. DOI: 10.1007/978-3-658-28006-2.

Fill, Hans-Georg/Meier, Andreas (2020): Blockchain kompakt: Grundlagen, Anwendungsoptionen und kritische Bewertung. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. DOI: 10.1007/978-3-658-27461-0.

Glatz, RA Florian: Stellungnahme des Blockchain Bundesverband.

Göring-Eckardt, Katrin/Hofreiter, Anton (2016): Kleidung fair produzieren – EU-Richtlinie für Transparenz- und Sorgfaltspflichten in der Textilproduktion schaffen. URL: <https://dserver.bundestag.de/btd/18/078/1807881.pdf> (14.06.2024).

Hastenteufel, Jessica/Broß, Tamara (2022): Neue Wege in der Mittelstandsfinanzierung: Blockchain-basierte Finanzierungsinstrumente für KMU. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. DOI: 10.1007/978-3-658-36915-6.

Hein, Cathrin/Wellbrock, Wanja/Hein, Christoph (2023): Rechtliche Herausforderungen von Blockchain-Anwendungen: Straf-, Datenschutz- und Zivilrecht. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. DOI: 10.1007/978-3-658-41080-3.

Hellwig, Daniel/Karlic, Goran/Huchzermeier, Arnd (2021): Konsensmechanismen. In: Hellwig, Daniel/Karlic, Goran/Huchzermeier, Arnd (Hrsg.): Entwickeln Sie Ihre eigene Blockchain: Ein praktischer Leitfaden zur Distributed-Ledger-Technologie. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 57–80. DOI: 10.1007/978-3-662-62966-6_3.

Hinckeldeyn, Johannes (2019): Blockchain-Technologie in der Supply Chain: Einführung und Anwendungsbeispiele. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. DOI: 10.1007/978-3-658-26440-6.

Holschbach, Elmar/Buss, Eugen (2022): Blockchain in Einkauf und Supply Chain: Technologie, Anwendungen und Potentiale in der Praxis. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. DOI: 10.1007/978-3-658-36967-5.

Hönig, Michaela (2020): Initial Coin Offering. In: Hönig, Michaela (Hrsg.): ICO und Kryptowährungen: Neue digitale Formen der Kapitalbeschaffung. Wiesbaden: Springer Fachmedien, S. 1–14. DOI: 10.1007/978-3-658-27688-1_1.

International Group of Controlling (Hrsg.) (2017): Controlling-Prozessmodell 2.0: Leitfaden für die Beschreibung und Gestaltung von Controllingprozessen. 2. Auflage. Auflage. Freiburg München Stuttgart: Haufe Gruppe.

Janetzko, Dietmar (2023): Blockchain im Marketing. In: Lucas, Christian/Schuster, Gabriele (Hrsg.): Innovatives und digitales Marketing in der Praxis: Insights, Strategien und Impulse für Unternehmen. Wiesbaden: Springer Fachmedien, S. 249–265. DOI: 10.1007/978-3-658-38210-0_15.

Joos, Thomas (2021): So verbessert die Blockchain das Marketing und den Vertrieb. URL: <https://blockchainwelt.de/so-verbessert-die-blockchain-das-marketing-und-den-vertrieb/> (12.06.2024).

Knapp, Dietmar (2021): Blockchain-Technik und digitale Transaktionssysteme als strategische Unterschätzung des Managements im Rahmen der Digitalisierung. URL: <https://netlibrary.aau.at/obvuklhs/download/pdf/7811798?originalFile-name=true> (30.04.2024).

Lohmann, Ulrich (2021): Architekturen der Verwaltungsdigitalisierung. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Meinel, Christoph/Gayvoronskaya, Tatiana (2020): Blockchain: Hype oder Innovation. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-662-61916-2.

Meisner, Harald (2021): Finanzwirtschaft in der Internetökonomie. Springer Fachmedien Wiesbaden.

Merkle, Ralph C. (1990): A Certified Digital Signature. New York, NY: Springer. DOI: 10.1007/0-387-34805-0_21.

Mika, Bartek/Goudz, Alexander (2020): Blockchain-Technologie in der Energiewirtschaft: Blockchain als Treiber der Energiewende. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-662-60568-4.

Nakamoto, Satoshi: Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System.

O.V.: Block. URL: <https://www.btc-echo.de/academy/bibliothek/block/> (17.04.2024).

O.V.: BDEW_Blockchain_Energiewirtschaft_10_2017.pdf. URL: https://www.bdew.de/media/documents/BDEW_Blockchain_Energiewirtschaft_10_2017.pdf (18.04.2024).

O.V.: Innovatives und digitales Marketing in der Praxis. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-658-38210-0> (25.04.2024).

O.V.: Kryptotoken. URL: https://www.bafin.de/DE/Aufsicht/FinTech/Geschaeftsmodelle/DLT_Blockchain_Krypto/Kryptotoken/Kryptotoken_node.html (29.05.2024).

O.V.: Blockchain Trilemma. URL: <https://www.btc-echo.de/academy/bibliothek/blockchain-trilemma/> (04.06.2024).

O.V.: Was ist ein Double spend? URL: <https://www.blocktrainer.de/wissen/blocktrainer-1x1/was-ist-ein-doublespend> (04.06.2024).

O.V.: Bitcoin entmystifiziert: Proof of Stake vs. Proof of Work im direkten Vergleich! URL: <https://www.krypto-magazin.de/bitcoin-proof-of-stake-vs-proof-of-work/> (12.06.2024).

O.V.: Der Einsatz von Blockchain im Projektmanagement. URL: <https://digitalewelt-magazin.de/fachbeitrag/der-einsatz-von-blockchain-im-projektmanagement/> (12.06.2024).

O.V.: Proof of Authority (PoA) in Blockchain - Shiksha Online. URL: <https://www.shiksha.com/online-courses/articles/proof-of-authority-in-blockchain/> (12.06.2024).

O.V.: ChatGPT. URL: <https://chatgpt.com> (13.06.2024).

O.V.: Hash SHA-256 berechnen. URL: <https://rechneronline.de/hash/sha256.php> (13.06.2024).

Pöttinger, Harald (2018): Unternehmensfinanzierung über die Blockchain. URL: <https://haraldpoettinger.com/unternehmensfinanzierung-blockchain/> (28.05.2024).

Rebello, Gabriel Antonio F. u. a. (2022): A security and performance analysis of proof-based consensus protocols. In: *Annals of Telecommunications*, Jg. 77 (7–8), S. 517–537. DOI: 10.1007/s12243-021-00896-2.

Schiller, Kai (2018): Proof-of-Authority vs. Proof-of-Stake. URL: <https://blockchainwelt.de/proof-of-authority-poa/> (10.06.2024).

Schiller, Kai (2018): Blockchain Node | Lightweight und Full Nodes. URL: <https://blockchainwelt.de/blockchain-node-lightweight-nodes-und-full-nodes-bitcoin-ethereum/> (04.06.2024).

Springer Fachmedien Wiesbaden/Hahn, Christopher/Wons, Adrian (2018): Initial Coin Offering (ICO): Unternehmensfinanzierung auf Basis der Blockchain-Technologie. Wiesbaden: Springer Gabler.

Swan, Melanie (2015): *Blockchain: Blueprint for a New Economy*. O'Reilly Media, Inc.

Swoboda, Lukas-Sebastian (2020): Anwendungsfelder der Blockchain bei Immobilientransaktionen. Wie eine disruptive Technologie Immobilientransaktionen revolutionieren könnte. Diplomica Verlag. URL: https://www.wiso-net.de/document/DIPL__978396146294086 (06.03.2024).

Tian, Feng (2016): An agri-food supply chain traceability system for China based on RFID & blockchain technology. DOI: 10.1109/ICSSSM.2016.7538424.

Tosh, Deepak u. a. (2018): CloudPoS: A Proof-of-Stake Consensus Design for Blockchain Integrated Cloud. DOI: 10.1109/CLOUD.2018.00045.

Turner, J. R./Cochrane, R. A. (1993): Goals-and-methods matrix: coping with projects with ill defined goals and/or methods of achieving them. In: *International Journal of Project Management*, Jg. 11 (2), S. 93–102. DOI: 10.1016/0263-7863(93)90017-H.

Walport, Mark (2015): *Distributed Ledger Technology: beyond block chain*.

Eidesstaatliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, die vorliegende Arbeit selbständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen und Hilfsmittel erstellt zu haben. Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus anderer Literatur übernommen wurden, sind als solche gekennzeichnet. Die Arbeit wurde weder in der vorliegenden noch in einer vergleichbaren Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Ulm, den

Veronika Gau