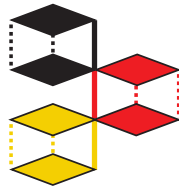


Fachdialog

Blockchain



FACHDIALOG BLOCKCHAIN

**POTENZIALE VON
DISTRIBUTED-LEDGER-TECHNOLOGIEN
FÜR DIE WIRTSCHAFT**

Abschlussbericht der interdisziplinären Studien- und Workshopreihe
im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz

Der Fachdialog Blockchain wurde im Auftrag des **Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz** durchgeführt. Beim Fachdialog handelt es sich um eine interdisziplinäre Studien- und Workshopreihe, welche auf die Blockchain-Strategie der Bundesregierung zurückgeht.

Mit der Durchführung des Fachdialogs Blockchain ist folgendes Projektteam beauftragt:

- ▶ **WIK-Consult** (Projektleitung)
- ▶ **Prof. Dr. Roman Beck** (Leiter des European Blockchain Centers)
- ▶ **European Blockchain Center an der IT University of Copenhagen**
- ▶ **Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML**
- ▶ **Prof. Dr. Dagmar Gesmann-Nuissl** (TU Chemnitz)
- ▶ **GS1 Germany**

Impressum

Herausgeber:
WIK-Consult GmbH
Rhöndorfer Straße 68
HRB: Amtsgericht Siegburg, 7043
Tel. +49 (0) 2224-9225-0,
Fax +49 (0) 2224-9225-68
E-Mail: fachdialog-blockchain@wik.org

Verantwortlich: Dr. Cara Schwarz-Schilling
Projektleitung: Christian Märkel

Bildquelle (Titel): Terry-unsplash.com

April 2023

FACHDIALOG BLOCKCHAIN

POTENZIALE VON DISTRIBUTED-LEDGER-TECHNOLOGIEN FÜR DIE WIRTSCHAFT

Inhalt

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 Einführung | 1 |
| 2 Übergreifende Feststellungen zum Einsatz der Blockchain-Technologie in Deutschland | 2 |
| 3 Übergreifende Handlungsempfehlungen zur Förderung des Blockchain-Einsatzes | 5 |
| 4 Resümee und Ausblick | 11 |
| Anhang | 13 |
| A1: Studie zum Modul I: Token-Ökonomie in Deutschland – Potenziale, Hemmnisse und Handlungsfelder | |
| A2: Studie zum Modul II: Nachhaltigkeit im Kontext der Blockchain-Technologie – Anwendungsbeispiele, Herausforderungen und Handlungsfelder | |
| A3: Studie zum Modul III: Blockchain im Mittelstand | |
| A4: Studie zum Modul IV: Potenziale der Blockchain-Technologie für Klimaschutz und Energiewende | |

1 Einführung

Beim *Fachdialog Blockchain – Potenziale der Distributed Ledger Technologien für die deutsche Wirtschaft* handelt es sich um eine **interdisziplinäre Studien- und Workshopreihe**, welche von **2021 - 2023** im Auftrag des **Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz** (BMWK) durchgeführt wurde. Der Fachdialog Blockchain geht auf die **Blockchain-Strategie der Bundesregierung** zurück.

Ziel des Projektes ist es, den **interdisziplinären Austausch** (ökonomisch; rechtlich; technisch) zwischen Wirtschaft, Wissenschaft, Verwaltung und Zivilgesellschaft zum Thema Blockchain voranzutreiben und **wissenschaftlich fundierte Handlungsempfehlungen** für die Politik zu erarbeiten. Ein Schwerpunkt lag dabei darauf, wie der Einsatz der Blockchain-Technologie zu einer **nachhaltigen, resilienten und wettbewerbsfähigen Wirtschaft** beitragen kann.

Dazu wurde das Projekt in vier Module unterteilt:

Modul I: **Token-Ökonomie in Deutschland** – Potenziale, Hemmnisse und Handlungsfelder

Modul II: **Nachhaltigkeit im Kontext der Blockchain-Technologie** – Anwendungsbeispiele, Herausforderungen und Handlungsfelder

Modul III: **Blockchain im Mittelstand**

Modul IV: **Potenziale der Blockchain-Technologie für Klimaschutz und Energiewende**

Für jedes der vier Module wurde eine **interdisziplinäre Impulsstudie** zum Thema angefertigt, welche die Diskussionsgrundlage eines jeweils ganztägigen **Workshops** mit ca. 30 - 50 Blockchain-Expertinnen und Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung bildete. Die Workshops dienten insbesondere dazu, Handlungsoptionen zu diskutieren. Zu jedem der vier Module wurde zum Abschluss eine **Modulstudie** veröffentlicht, welche die wissenschaftliche Aufbereitung des Themas sowie daraus abgeleitete Handlungsempfehlungen für die politischen Entscheidungstragenden umfasst. Die vier Modulstudien befinden sich im Anhang des vorliegenden Abschlussberichts.

Im Modul I stand im Fokus der Betrachtung, welche Potenziale & Chancen, aber auch Hemmnisse & Herausforderungen für die deutsche Wirtschaft mit dem Entstehen einer Token-Ökonomie einhergehen und welche öffentlichen Maßnahmen getroffen werden können, um passende Rahmenbedingungen für die Gestaltung der Token-Ökonomie in Deutschland und Europa zu schaffen.

Im Modul II wurde untersucht, wie die Blockchain-Technologie zu einer nachhaltigen Gestaltung von Wirtschaft und Gesellschaft beitragen kann. Dazu wurden sowohl die ökologische als auch die soziale und ökonomische Dimension der Nachhaltigkeit in den Blick genommen. Dabei wurde auch der Frage nachgegangen, wie die Nachhaltigkeit von Blockchain-Lösungen überprüft werden kann.

Der deutsche Mittelstand stand im Fokus von Modul III. Es wurde den Fragen nachgegangen, welche Potenziale die dezentrale Technologie speziell für KMU bietet und welche Hemmnisse für die Implementierung von Blockchain-Lösungen im Mittelstand bestehen. Hierzu wurde u.a. auf Ergebnisse einer Expertenbefragung zurückgegriffen, welche WIK-Consult durchgeführt hat. Zudem wurden Handlungsoptionen aufgezeigt, wie der Einsatz von Blockchain-Lösungen im Mittelstand gefördert werden kann.

Das Modul IV widmete sich den Potenzialen der Blockchain-Technologie zur Unterstützung des Klimaschutzes und der Energiewende. Im Fokus der Betrachtung stand, welche Potenziale von der Technologie insbesondere für das Emissions-, Energie- sowie das Nachhaltigkeits- & Transparenzmanagement ausgehen. Dazu wurde in Kooperation mit der IT University of Copenhagen eine Unternehmensumfrage durchgeführt. Auf Basis der Ergebnisse wurden Handlungsoptionen abgeleitet, wie das Erreichen der Nachhaltigkeitsziele durch den Einsatz von Blockchain-Lösungen gefördert werden kann.

Im vorliegenden Abschlussbericht werden aus den Erkenntnissen der einzelnen Module modulübergreifende Ergebnisse des Fachdialogs gewonnen. Dazu werden zunächst zentrale Feststellungen zum Status quo des Einsatzes der Blockchain-Technologie in Deutschland abgeleitet (Kapitel 2). Darauf aufbauend werden anschließend in Kapitel 3 modulübergreifende Handlungsempfehlungen zur Förderung des Blockchain-Einsatzes formuliert. Der Abschlussbericht schließt mit einem Resümee und Ausblick (Kapitel 4).

2 Übergreifende Feststellungen zum Einsatz der Blockchain-Technologie in Deutschland

In diesem Kapitel werden sechs zentrale Feststellungen zum Status quo des Blockchain-Einsatzes in Deutschland präsentiert, welche aus einem modulübergreifenden Blick auf die Ergebnisse des Fachdialogs abgeleitet wurden. Diese Feststellungen bilden die Grundlage für die Formulierung von übergeordneten Handlungsempfehlungen in Kapitel 3.

Feststellung I:

Die **Komplexität**, **Neuartigkeit** und **rasante Weiterentwicklung** der Blockchain-Technologie führen zu **Wissenslücken** und einem **mangelnden Verständnis** für die Technologie, was die Implementierung der Technologie hemmen kann.

Über alle Module hinweg hat sich gezeigt, dass es in der breiten Öffentlichkeit am Verständnis für die Blockchain-Technologie mangelt und z.T. signifikante Wissenslücken mit Blick auf die Technologie bestehen. Ein Grund hierfür ist die Komplexität der Technologie, welche für Nicht-Expertinnen und -Experten die Nachvollziehbarkeit erschwert. Dies liegt auch daran, dass Menschen in der Regel geschult sind, in hierarchischen Strukturen zu denken, während die Blockchain auf dezentralen Strukturen basiert. Zum tieferen Verständnis sind daher neuartige Denkmuster erforderlich. Zudem führt die rasante Weiterentwicklung der Technologie dazu, dass viele Informationen über die Blockchain in der Öffentlichkeit kursieren, die längst überholt sind. Dies gilt bspw. für das Stereotyp des hohen Energieverbrauchs der Blockchain. In Kombination führen diese Faktoren dazu, dass es teilweise noch am Vertrauen in die Blockchain-Technologie mangelt, was sich negativ auf das Ausmaß der Implementierung von Blockchain-Anwendungen auswirkt.

Feststellung II:

Im Umlauf befindliche **inkorrekte Informationen** über die Blockchain-Technologie erschweren den **Aufbau von Vertrauen** in die Technologie.

Aus dem dezentralen Aufbau der Blockchain-Technologie resultiert, dass die Interessenvertretung für die Technologie insgesamt recht schwach ausfällt, da niemand (öffentliche) Blockchains besitzt. Demgegenüber stehen jedoch Akteure mit ausgeprägtem politischen Einfluss, deren Geschäftsmodelle durch die

Blockchain-Technologie gefährdet werden könnten (insbes. Akteure, die als Intermediäre fungieren). Dieses Ungleichgewicht in der Interessenvertretung trägt dazu bei, dass in einem überproportionalen Ausmaß Negativmeldungen und zum Teil inkorrekte Informationen über die Technologie im Umlauf sind. Dies führt zu einer Verfestigung von negativen Stereotypen in der breiten Öffentlichkeit (bspw. das Vorurteil der Klimaschädlichkeit von allen Blockchain-Lösungen), während die Chancen und Potenziale der Technologie, bspw. zur Förderung der Nachhaltigkeit, weniger im Fokus stehen. Die Folge ist, dass der Aufbau von Vertrauen in die Technologie erschwert wird.

Feststellung III:

Aufgrund der **mittelständischen Prägung** sowie der **Exportorientierung** der deutschen Wirtschaft und der daraus folgenden **engmaschigen und grenzüberschreitenden Verflechtung in Wertschöpfungsnetzwerken**, bietet die Blockchain-Technologie insbesondere für die deutsche Volkswirtschaft große Potenziale.

Für Deutschland als offene Volkswirtschaft und Exportnation mit einer mittelständischen Prägung, steht mit der Blockchain eine Technologie zur Verfügung, die dazu beitragen kann, die Struktur der deutschen Wirtschaft zu erhalten, zu stärken und fit für das digitale Zeitalter zu machen. Blockchain hat das Potenzial, (grenzüberschreitende) Transaktionen effizienter und sicherer abzuwickeln und kann außerdem dazu beitragen, in Wertschöpfungsnetzwerken die (digitale) Souveränität der Akteure zu stärken, da diese ihre Datenhoheit zurückerlangen. Letzteres kann die Position des Mittelstands als wichtige Basis des deutschen Wohlstands festigen.

Feststellung IV:

Der Einsatz der Blockchain-Technologie kann einen essenziellen Beitrag dazu leisten, den **zentralen Herausforderungen der deutschen Wirtschaft** erfolgreich zu begegnen.

Als die zentralen Herausforderungen, mit denen sich die deutsche Wirtschaft gegenwärtig konfrontiert sieht, können gelten:

1. Klimawandel / Energiewende
2. Wachstumsrückgang / Lieferkettenproblematik
3. Demografischer Wandel / Arbeitskräftemangel

In allen drei Bereichen kann die Blockchain-Technologie dazu beitragen, dass die Herausforderungen erfolgreich gemeistert werden. Im Bereich Klimawandel / Energiewende resultieren die Potenziale vor allem aus den Möglichkeiten, Tracking & Tracing-Prozesse vereinfachen und sicher gestalten zu können. Dies ist bspw. im Rahmen von Emissionshandelssystemen oder der dezentralen Erzeugung von nachhaltiger Energie von entscheidender Bedeutung, um Vertrauen in die Systeme zu erhöhen und dem Greenwashing vorzubeugen („Proof of Green“). In den anderen beiden Bereichen liegen die Potenziale der Blockchain-Technologie vor allem darin, dass durch die Tokenisierung von Assets neue Geschäftsmodelle und Finanzierungsmöglichkeiten entstehen können und somit neues Wachstum generiert werden kann. Zudem können gerade im Zusammenspiel von Blockchain mit Künstlicher Intelligenz und dem Internet der Dinge Prozesse optimiert und automatisiert werden und auf diese Weise die Auswirkungen des Arbeitskräftemangels abgeschwächt werden. So können bspw. über Sensoren Daten auf der Blockchain automatisch erfasst und mittels KI-Methoden autonom ausgewertet werden. Auf Basis dieser Auswertung können dann mit der Hilfe von auf der Blockchain implementierten Smart Contracts selbst-ausführende Prozesse ausgelöst werden.

Feststellung V:

Als **Querschnittstechnologie** zeigen sich **branchenübergreifend Einsatzpotenziale**, wobei die Potenziale in den Bereichen am ausgeprägtesten sind, in denen **Nachverfolgbarkeit** und der **Nachweis von Identitäten oder Herkünften** bzw. **die Nachprüfbarkeit von Zertifikaten** wichtig sind.

Bei der Blockchain handelt es sich um eine Querschnittstechnologie, welche als Infrastruktur branchenübergreifend zum Einsatz kommen kann. Die Stärken der Technologie zeigen sich vor allem in den Bereichen, in denen in der unternehmensübergreifenden Interaktion in Wertschöpfungsnetzwerken die Nachverfolgbarkeit bzw. der Nachweis von Identitäten oder Herkünften eine wichtige Bedeutung zukommen. Dies kommt in besonderem Maße im Nachhaltigkeitskontext bzw. der Kreislaufwirtschaft zum Tragen, bspw. zum Nachweis der ökologischen und / oder sozialen Nachhaltigkeit (etwa im Rahmen eines Blockchain-basierten digitalen Produktpasses).

Feststellung VI:

Trotz einer im internationalen Vergleich **guten Ausgangslage im Start-up Bereich** und eines **fortschrittlichen Regulierungsrahmens**, ist Deutschland bei der **Implementierung von Blockchain-Lösungen nicht führend**. Es besteht ein Gefälle zwischen der Entwicklung und der Anwendung von Blockchain-Lösungen in Deutschland.

Deutschland nimmt im Global Crypto Ranking von Coincub eine Spitzenposition ein. Dies liegt u.a. daran, dass mit mehr als 22.000 Stellen international kein anderes Land mehr Jobs im Blockchain-Bereich verzeichnen kann.¹ Hier zeigt sich insbesondere die Stärke des Blockchain-Ökosystems in Berlin, welches auch internationale Talente / Professionals anzieht. Die Stärke des deutschen Start-up-Ökosystems hinsichtlich Blockchain lässt sich u.a. auch daran ablesen, dass der Einfluss der Technologie bzw. des Web 3.0 auf das Geschäftsmodell der Start-ups nach Angabe des „Start-up-Monitors“ stark angestiegen ist: Gaben im Jahr 2021 etwa 7% der Start-ups an, dass die Blockchain großen bzw. sehr großen Einfluss auf ihr Geschäftsmodell ausübte, verdreifachte sich der Anteil bis 2022 auf 21%.²

Auch bezüglich des Regulierungsrahmens lässt sich mit Blick auf die MiCA-Verordnung der EU („Markets in Crypto-Assets Regulation“) sowie des deutschen eWpG („Gesetz über elektronische Wertpapiere“) konstatieren, dass hier insgesamt vorteilhaftere Rahmenbedingungen für die Token-Ökonomie geschaffen werden, als dies bspw. in den USA aktuell noch der Fall ist.

Doch trotz der im Vergleich fortschrittlichen Regulierung und der guten Aufstellung des deutschen Start-up-Sektors beim Thema Blockchain, zeigt sich beim Blick auf die Adoptionsrate der Technologie, dass Deutschland hier keine Spitzenposition einnimmt. Beim Crypto Adoption Index von Chainalysis landet Deutschland nur auf Platz 21.³ Die Digitalisierungsumfragen des DIHK legen nahe, dass die Adoptionsrate in der deutschen Wirtschaft zuletzt sogar leicht rückläufig war.⁴

Dies spricht dafür, dass es in Deutschland eine Lücke zwischen der Entwicklung und der Anwendung von Blockchain-Lösungen gibt. Sollen die Potenziale, welche aus der Nutzung der Blockchain-Technologie resultieren, in der deutschen Wirtschaft realisiert werden, ist es entscheidend, dass diese Lücke geschlossen wird.

1 Lea (2023): „Coincub Global Crypto Ranking – Q4 2022“; Deutschland nimmt im Ranking Q4 2022 hinter den USA den zweiten Platz ein. In den Rankings Q1 – Q3 2022 hatte Deutschland die Spitzenposition eingenommen.

2 Vgl. Bundesverband Deutsche Startups e.V. (2021): „Deutscher Startup Monitor 2021“; sowie Bundesverband Deutsche Startups e.V. (2022): „Deutscher Startup Monitor 2022“.

3 Vgl. Chainalysis (2022): „The 2022 Global Crypto Adoption Index“.

4 Vgl. DIHK (2023): „Digitalisierung trifft auf der Stelle – die IHK-Umfrage zur Digitalisierung“.

3 Übergreifende Handlungsempfehlungen zur Förderung des Blockchain-Einsatzes

Über alle Feststellungen im vorangegangenen Kapitel hinweg lässt sich konstatieren, dass von der Blockchain-Technologie wichtige Impulse ausgehen können, um die Herausforderungen, mit denen sich die deutsche Wirtschaft konfrontiert sieht, zu meistern. Insbesondere kann Blockchain einen wichtigen Beitrag zu einer resilienten, nachhaltigen Wirtschaft leisten. Allerdings bestehen in Deutschland noch viele Vorbehalte gegenüber der Technologie, was die Entwicklung der Tokenökonomie hierzulande verzögern kann. Dies kann den Weg zu einer nachhaltigen deutschen Volkswirtschaft verlängern und mittelfristig der Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschaftsstandorts Deutschland schaden.

Es stellt sich daher die Frage, welche Ansatzpunkte es für Politik und Verwaltung gibt, um die Implementierung von nachhaltigen Blockchain-Lösungen in der deutschen Wirtschaft zu fördern und zu beschleunigen. Nachfolgend werden sechs übergeordnete Handlungsempfehlungen für Politik und Verwaltung präsentiert, die auf den Erkenntnissen aus allen vier Modulen des Fachdialogs basieren.

Handlungsempfehlung I:

Es sollten breit angelegte Maßnahmen im Bereich des **Wissenstransfers** ergriffen werden, um bestehende **Wissens- und Kompetenzlücken** mit Blick auf die Einsatzpotenziale von Blockchain zu schließen.

In allen Modulen des Fachdialogs hat sich gezeigt, dass ein wesentliches Hindernis zur vermehrten Implementierung von Blockchain-Lösungen die bestehenden Wissens- und Kompetenzlücken darstellen. Diese Lücken führen zum einen dazu, dass Potenziale der Blockchain durch die Unternehmen nicht erkannt werden. Eine weitere Folge ist, dass überholte Aussagen und Stereotypen über Blockchain-Technologie nicht als solche erkannt werden und somit der Aufbau von Vertrauen in die Technologie erschwert wird (siehe Feststellungen I & II). Es sollten daher breit angelegte Maßnahmen im Bereich des Wissenstransfers ergriffen werden, welche alle Stufen der Befähigungskette der Unternehmen adressieren (Sensibilisieren / Qualifizieren / Umsetzen von Blockchain-Projekten). Insbesondere sollten diese Maßnahmen auf mittelständische Unternehmen ausgerichtet sein, da diese häufig nicht über die Kapazitäten für den eigenständigen Wissensaufbau im IT-Bereich verfügen. Inhaltlich sollte der Fokus beim Wissenstransfer auf Blockchain-Lösungen liegen, die einen Beitrag zum Erreichen der Nachhaltigkeitsziele liefern (ökologisch / ökonomisch / sozial). Eine Möglichkeit besteht darin, den Wissenstransfer zum Thema Blockchain stärker in den bundesweit ca. 30 Mittelstand-Digital Zentren⁵ des BMWK zu adressieren. Äquivalent zu den bei den Mittelstand-Digital Zentren im KI-Bereich angesiedelten *KI-Trainern* könnte man *Blockchain-Trainer* in den bundesweiten Zentren verankern, welche über Wissenstransfermaßnahmen Vertrauen in die Technologie aufbauen können und Unternehmen bei der Implementierung von Blockchain unterstützen.

Zur besseren Verknüpfung von Lösungsanbietern, also insbesondere der Blockchain Start-up-Szene, sowie von Lösungsanwendern, besteht eine Handlungsoption darin, die bestehende Digital Hub Initiative mit den gegenwärtig 12 Digital Hubs⁶ des BMWK um einen Hub mit dem Schwerpunkt Blockchain zu erweitern („Digital Hub Blockchain“). Vorbild kann hier der Digital Hub für Artificial Intelligence in Karlsruhe⁷ sein. Dies kann dazu beitragen, das Gefälle zwischen Entwicklung und Anwendung von Blockchain-Lösungen in Deutschland zu verringern (siehe Feststellung VI).

⁵ www.mittelstand-digital.de

⁶ www.de-hub.de

⁷ www.de-hub.de/die-hubs/karlsruhe

Handlungsempfehlung II:

Die **Tokenisierung von Assets** sollte von **mehr Rechtssicherheit** und **ressortübergreifender Abstimmung** begleitet werden.

Ein wichtiges Fundament der Token-Ökonomie, also der Tokenisierung von Werten / Assets, stellen Rechtssicherheit und -klarheit dar. Nur so kann die nötige Vertrauensbasis geschaffen werden, welche die Voraussetzung für eine breite Diffusion von tokenbasierten Geschäftsmodellen in die deutsche Wirtschaft ist. Wenngleich auf nationaler und EU-Ebene bereits viele Anstrengungen unternommen wurden bzw. werden, mehr Rechtssicherheit für Token zu schaffen, bleiben weiterhin viele Unklarheiten bestehen. Unsicherheit herrscht bspw. im Hinblick auf die steuerliche Handhabung von Token in Deutschland. Hierzu sind in den Jahren 2019 - 2021 divergierende Entscheidungen erfolgt. Die vorherrschende Praxis sieht so aus, dass häufig auf Einzelfallbasis entschieden wird, wie die Einkünfte aus tokenbasierten Geschäften nach §§15 - 21 EStG eingestuft werden. Dies verursacht Planungsunsicherheit und kann somit die Diffusion von innovativen tokenbasierten Lösungen, bspw. im tokenbasierten Emissionshandel, hemmen. Es braucht also einen konsistenten und eindeutigen Rahmen für die (steuer-)rechtliche Einordnung von Token(-geschäften), welcher Vertrauen schafft.

Dazu ist es auch angeraten, die ressortübergreifende Abstimmung zu intensivieren. Beim BMF steht bei der Einordnung der Token die finanzwirtschaftliche Perspektive im Fokus. Daher gehen vom BMF vor allem Impulse zum Investorenschutz und zur Vorbeugung von Geldwäsche aus. Die Folge ist ein eher strengerer Regulierungsansatz. Demgegenüber steht für das BMWK die Förderung realwirtschaftlicher Anwendungsszenarien auf Basis von Blockchain bzw. Token im Fokus, bspw. im Energiebereich aber z.B. auch in der Baubranche (siehe das Projekt BIMcontracts⁸).

Durch die ressortübergreifende Abstimmung sollte hier eine einheitliche Linie gefunden werden, welche bspw. auch eine klarere Trennung zwischen finanz- und realwirtschaftlichen Anwendungsfällen vornimmt (bspw. durch eine klarere Trennung zwischen Utility und Security Token im Regulierungsrahmen). Dabei sollte zudem darauf geachtet werden, dass sich der mit den regulativen Anforderungen verbundene administrative Aufwand in Grenzen hält, so dass insbesondere mittelständische Unternehmen von der Implementierung nicht abgeschreckt werden.

Handlungsempfehlung III:

Die **Entwicklung und Verbreitung von Normen und Standards** sollte vorangetrieben und beschleunigt werden, um die **Interoperabilität und Skalierbarkeit** von Blockchain-Lösungen zu erhöhen.

Bereits in der 2019 verabschiedeten Blockchain-Strategie der Bundesregierung wird angestrebt, dass die verschiedenen Blockchain-Protokolle, die weitgehend unabhängig voneinander agieren, miteinander kompatibel werden. Als bevorzugtes Instrument zur Erhöhung der Interoperabilität wird dort der Einsatz von Normen und Standards gesehen. Auch das WEF (World Economic Forum) plädiert für interoperable Strukturen bei Blockchains, die sich auch positiv auf die Skalierbarkeit von entsprechenden Anwendungen auswirken sollen, da kompatible Blockchains gegenseitig von entstehenden Netzwerkeffekten profitieren können, wodurch das gesamte Ökosystem an Attraktivität gewinnen kann. Darüber hinaus bietet die Interoperabilität für Nutzende den Vorteil einer erhöhten Flexibilität hinsichtlich der Nutzung unterschiedlicher Blockchains.⁹

⁸ www.bimcontracts.com

⁹ Vgl. WEF (2020): "Bridging the Governance Gap: Interoperability for blockchain and legacy systems".

Um die identifizierten Potenziale der Interoperabilität von Blockchains realisieren zu können und damit die Unsicherheit für Unternehmen zu reduzieren, ist die Definition von Standards, beispielsweise über ISO-Gremien wie dem Technical Committee 307 "Blockchain and DLT", vielversprechend. Für die von mittelständischen Strukturen geprägte deutsche Wirtschaft ist es dabei unerlässlich, dass entsprechende Interessen in den Gremien berücksichtigt werden, weshalb eine **Intensivierung der Aktivitäten deutscher Vertreterinnen und Vertreter** bei der internationalen Standardisierungsarbeit unabdingbar ist. Für eine stärkere Diffusion einschlägiger Standards, kann eine Erhöhung der Verbindlichkeit durch eine **stärkere Bezugnahme auf diese im Regulierungsrahmen erfolgen**. Darüber hinaus können auch **öffentlich bereitgestellte Infrastrukturen** für bestimmte Anwendungen, wie z.B. EBSI, (European Blockchain Services Infrastructure) die Standardisierung vorantreiben. Zu den bedeutsamen Standardisierungsgremien auf europäischer Ebene gehört etwa das CENELEC Joint Technical Committee 19, welches sich mit der DSGVO-konformen Standardisierung von Blockchain-Anwendungen oder dem Management dezentraler Identitäten für Europa beschäftigt.

Vor dem Hintergrund des Trade-offs zwischen der schnellen Diffusion von definierten Standards in die Breite der Wirtschaft und einem möglichen innovationshemmenden Effekt, der von einer vorschnellen Standardisierung ausgehen kann, sollte jedoch abgewogen werden, auf welche Standards im Ordnungsrahmen Bezug genommen wird. Insbesondere in Bereichen, in denen der Handlungs- und Zeitdruck hoch ist, wie insbesondere beim Klimaschutz und der Energiewende, kann eine Verkürzung der Entwicklungs- und Erprobungsphasen von Standards mit anschließender Bezugnahme im Ordnungsrahmen dazu beitragen, dass zügig positive Nachhaltigkeitseffekte erzielt werden.

Handlungsempfehlung IV:

Es sollte eine **Zertifizierung von Blockchain-Lösungen** angestrebt werden, um so **Qualitätsstandards** zu definieren und darüber das **Vertrauen in Blockchain-Lösungen** zu stärken.

Wie die Feststellungen in Kapitel 2 zeigen, sorgen verschiedene Faktoren dafür, dass das Vertrauen in die Blockchain-Technologie zum Teil nicht sehr ausgeprägt ist (siehe insbesondere Feststellungen I und II). Dies führt in der Wirtschaft zu einer Investitionszurückhaltung in Blockchain-Systeme.

Ein Weg zum Aufbau der nötigen Vertrauensbasis besteht darin, Zertifizierungs- und Akkreditierungssysteme für Blockchain-Systeme einzuführen. Ein solcher „Blockchain-TÜV“ dient dem Nachweis der Einhaltung bestimmter (Mindest-)Anforderungen der Blockchain-Lösung.

Dabei sind verschiedene Dimensionen der Zertifizierung denkbar: Diese können sich sowohl auf die Sicherheit der Blockchain-Lösung, auf deren Ressourcenverbrauch als auch die Integrität und Qualität des Dateninputs (Stichwort Oracles-Problem) beziehen. Gerade für Einsatzszenarien von Blockchain-Lösungen im Kontext von Klimaschutz & Nachhaltigkeit, bspw. im Bereich des Emissionshandels, kann die Zertifizierung des Dateninputs dazu beitragen, Greenwashing vorzubeugen.

Für alle Dimensionen der Zertifizierung ist es zwingende Voraussetzung, dass diese durch unabhängige, glaubwürdige Dritte vorgenommen wird, welche das notwendige Know-how zum Thema Blockchain besitzen. Sind diese Voraussetzungen gegeben, könnte die Zertifizierung von Blockchain-Lösungen, ähnlich wie CE-Kennzeichen bei Produkten, auf einer privatrechtlichen Ebene helfen die noch vorhandenen (Vertrauens-)Lücken zu überwinden und obendrein eine weltweite Akzeptanz zu erzeugen – und zwar unabhängig von den jeweils einschlägigen rechtlichen Rahmenbedingungen.

Handlungsempfehlung V:

Die Bundesregierung sollte den **Schwerpunkt der Förderung** vom Nachweis der Funktionsfähigkeit der Blockchain-Technologie in Richtung der **Marktfähigkeit von Blockchain-Lösungen** verschieben.

Aktuelle Erhebungen gehen von einer geringen Adoptionsrate der Blockchain-Technologie unter deutschen Unternehmen aus. Je nach Unternehmensgrößenklasse und herangezogener Quelle liegt diese zwischen 1%¹⁰ und 9%¹¹. Zeitgleich sehen Expertinnen und Experten im Mangel an marktfähigen Lösungen ein entscheidendes Hemmnis für die Diffusion der Blockchain-Technologie in die deutsche Wirtschaft. Aufgrund dieser wechselseitigen Beziehung von Wirkung und Ursache, erscheint es sinnvoll, dass die Bundesregierung verstärkt **marktfähige Praxisanwendungen der Blockchain-Technologie** fördert. Dies kann dadurch erreicht werden, dass die Ausarbeitung eines überzeugenden Verstärkungskonzepts notwendige Bedingung für die staatliche Förderung von Blockchain-Projekten wird. Während in bisherigen Förderprojekten des BMWK wie bspw. Pebbles¹², BIMcontracts¹³ oder dem Schaufenster Sichere Digitale Identitäten¹⁴ der Forschungscharakter im Vordergrund steht und damit die Förderung am Minimum Viable Product (MVP) ausgerichtet war, sollte nun die nächste Phase eingeläutet werden und der Schwerpunkt auf marktfähigen Anwendungen liegen, also die Ausrichtung am **Minimum Sellable Product (MSP)** stattfinden.

Durch die **Gewährleistung steuerlicher Vergünstigungen** können durch den Staat zusätzliche Anreize geschaffen werden, Blockchain-Lösungen an den Markt zu bringen. Diese steuerlichen Vorteile bzw. die staatliche Förderung könnten auch daran geknüpft werden, dass von der Lösung ein **positiver Nachhaltigkeitsbeitrag** ausgeht. Auf diese Weise kann der Technologie zum Durchbruch verholfen werden, während gleichzeitig ein Beitrag zum Erreichen der Nachhaltigkeitsziele von diesen Lösungen ausgeht. Zur Grundlage staatlicher Förderung kann zudem erklärt werden, dass auf **Open Source Elemente** zurückgegriffen werden muss. Dies trägt zum Vertrauen in die Technologie bei und erleichtert die schnelle Diffusion der Lösungen in die Wirtschaft.

Handlungsempfehlung VI:

Der Staat sollte bei der Implementierung von Blockchain eine **Vorreiterrolle einnehmen** und im Bereich von **eGovernment** bzw. **Public Services** verstärkt auf Blockchain-basierte Lösungen setzen.

Durch eine Vorreiterrolle des Staates bei der Implementierung von Blockchain können zum einen Effizienzen in der staatlichen Verwaltung realisiert werden. Zum anderen kann über Blockchain-basierte eGovernment-Services die Einstiegshürde für die Blockchain-Nutzung allgemein gesenkt werden, da durch die Blockchain-Lösungen im Bereich der Public Services Vertrauen in die Technologie aufgebaut wird.

Ein denkbare Anwendungsszenario könnte eine **Blockchain-basierte Invoicing-Plattform** sein. Der Vorteil einer Blockchain-Lösung im Vergleich zu anderen digitalen Lösungen besteht u.a. darin, dass die Blockchain einen universellen Layer bilden kann, über den alle am Invoicing-Prozess beteiligten Akteure verbunden werden. Das Problem separater Business-Systeme und die Frage nach deren Interoperabilität entfallen somit. Die Blockchain-basierte Invoicing-Lösung könnte man in einem ersten Schritt auf eine

¹⁰ Vgl. Bitkom (2021): "Blockchain - Wo steht die deutsche Wirtschaft im Jahr 2021?".

¹¹ Vgl. DIHK (2023): „Digitalisierung trifft auf der Stelle - die IHK-Umfrage zur Digitalisierung“.

¹² www.pebbles-projekt.de

¹³ www.bimcontracts.com

¹⁴ www.digitale-identitaeten.de

B2G-Nutzung beschränken und dann auf den B2B-Bereich ausweiten. Der Vorteil ist, dass ein solcher eInvoicing-Dienst für alle Unternehmen relevant ist, so dass die Unternehmen flächendeckend mit der Blockchain-Technologie in Berührung kommen. Gleichzeitig ließe sich hierdurch das im Koalitionsvertrag der Bundesregierung vorgesehene „elektronische Meldesystem für die Erstellung, Prüfung und Weiterleitung von Rechnungen“¹⁵ verwirklichen und auf diesem Weg auch Geldwäsche und Steuerbetrug vorbeugen.

Mit Blick auf die notwendige Infrastruktur können die Blockchain-basierten Public Services auf der **EBSI (European Blockchain Services Infrastructure)** aufbauen. Zudem sollte geprüft werden, ob darüber hinaus auf nationalstaatlicher Ebene der Aufbau einer „**DE.Chain**“ sinnvoll sein kann, wie es bspw. Spanien mit Alastria¹⁶ oder Italien mit IBSI¹⁷ bereits demonstriert haben. Eine solche staatliche Blockchain-Infrastruktur, welche mit EBSI kompatibel sein sollte, hätte den Vorteil, dass man Services schneller und unbürokratischer ausrollen kann. Deutschland könnte so zum innovativen Vorreiter bei der Implementierung von Blockchain werden. Bei Erfolg könnten die Services dann europaweit als Innovationsbeitrag „Made in Germany“ auf der EBSI ausgerollt werden.

Abschließend sind die übergeordneten Feststellungen und Handlungsempfehlungen aus Kapitel 2 und 3 in Abb.1 zusammengefasst.

15 Siehe S.132 des Koalitionsvertrags von SPD / Grüne / FDP aus dem Jahr 2021.

16 Siehe www.alastria.io [zuletzt aufgerufen am 28.04.2023].

17 Siehe www.progettoibsi.org [zuletzt aufgerufen am 28.04.2023].

FESTSTELLUNGEN

- I: Die Komplexität, Neuartigkeit und rasante Weiterentwicklung der Blockchain-Technologie führen zu Wissenslücken und einem mangelnden Verständnis für die Technologie, was die Implementierung der Technologie hemmen kann.
- II: Im Umlauf befindliche inkorrekte Informationen über die Blockchain-Technologie erschweren den Aufbau von Vertrauen in die Technologie.
- III: Aufgrund der mittelständischen Prägung und der Exportorientierung der deutschen Wirtschaft sowie der daraus folgenden engmaschigen und grenzüberschreitenden Verflechtung in Wertschöpfungsnetzwerken, bietet die Blockchain-Technologie insbesondere für die deutsche Volkswirtschaft große Potenziale.
- IV: Der Einsatz der Blockchain-Technologie kann einen essenziellen Beitrag dazu leisten, den zentralen Herausforderungen der deutschen Wirtschaft erfolgreich zu begegnen.
- V: Als Querschnittstechnologie zeigen sich branchenübergreifend Einsatzpotenziale, wobei die Potenziale in den Bereichen am ausgeprägtesten sind, in denen Nachverfolgbarkeit und der Nachweis von Identitäten oder Herkünften bzw. die Nachprüfbarkeit von Zertifikaten wichtig sind.
- VI: Trotz einer im internationalen Vergleich guten Ausgangslage im Startup-Bereich und eines fortschrittlichen Regulierungsrahmens, ist Deutschland bei der Implementierung von Blockchain-Lösungen nicht führend. Es besteht ein Gefälle zwischen der Entwicklung und der Anwendung von Blockchain-Lösungen in Deutschland.

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

- I: Es sollten breit angelegte Maßnahmen im Bereich des Wissenstransfers ergriffen werden, um bestehende Wissens- und Kompetenzlücken mit Blick auf die Einsatzpotenziale von Blockchain zu schließen.
- II: Die Tokenisierung von Assets sollte von mehr Rechtssicherheit und ressortübergreifender Abstimmung begleitet werden.
- III: Die Entwicklung und Verbreitung von Normen und Standards sollte vorangetrieben und beschleunigt werden, um die Interoperabilität und Skalierbarkeit von Blockchain-Lösungen zu erhöhen.
- IV: Es sollte eine Zertifizierung von Blockchain-Lösungen angestrebt werden, um so Qualitätsstandards zu definieren und darüber das Vertrauen in Blockchain-Lösungen zu stärken.
- V: Die Bundesregierung sollte den Schwerpunkt der Förderung vom Nachweis der Funktionsfähigkeit der Blockchain-Technologie in Richtung der Marktfähigkeit von Blockchain-Lösungen verschieben.
- VI: Der Staat sollte bei der Implementierung von Blockchain eine Vorreiterrolle einnehmen und im Bereich von eGovernment bzw. Public Services verstärkt auf Blockchain-basierte Lösungen setzen.

Abb. 1: Zusammenfassende Übersicht über die übergeordneten Feststellungen und Handlungsempfehlungen

4 Resümee und Ausblick

Basierend auf den Ergebnissen der vier Module im Rahmen des Fachdialogs Blockchain kann konstatiert werden, dass die befragten Expertinnen und Experten davon überzeugt sind, mit Blockchain in Form der Token-Ökonomie, zur Sicherung und Umsetzung von Nachhaltigkeits- und Klimaschutzziele, wie auch zur Unterstützung des deutschen Mittelstandes in verschiedenster Weise unterstützend beitragen zu können.

Angesichts der Vielzahl unterschiedlicher Anwendungsfelder für Blockchain und DLT-Systeme darf generell davon ausgegangen werden, dass die Technologie als Teil einer zukünftigen Internetarchitektur neue Formen von proaktiv handelnden, autonomen Systemen hervorbringen wird. Damit spielt Blockchain nicht nur eine wichtige technologische und wirtschaftliche Rolle, sondern nimmt auch Einfluss auf alle Teile der Gesellschaft. In Kombination mit Künstlicher Intelligenz und IoT wird Blockchain höchstwahrscheinlich zur "Digitalisierung 2.0" führen, die sich durch halb- oder vollautonomes Handeln auszeichnen wird.

Daher ist es von zentraler Bedeutung, dass Blockchain nicht als „yet another technology“ in seiner Bedeutung verkannt wird. Sie wird noch stärker als schon heute erkennbar Auswirkungen auf alle gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und auch politischen Felder haben, selbst in Bereichen, die bisher nicht von technologischen Veränderungen betroffen waren. Neue Fragen werden zu beantworten sein, wie man mit den Chancen und Risiken umgeht, die mit (teil-)autonomen Systemen einhergehen, etwa zu Themen der digitalen Souveränität, der digitalen Transformation von Demokratien, aber eben auch zu nachhaltigerem Wirtschaften in dezentralen Netzwerkorganisationen, um nur einige Bereiche zu benennen.

Die Möglichkeiten, die mit Blockchain einhergehen – so sie denn entsprechend entwickelt und eingesetzt werden – tangieren fundamentale Fragen wie: „Kann ich Vertrauen in Geschäftsbeziehungen durch technologisch durchgesetzte Gewissheit wirklich ersetzen?“ oder „Wie wird die gewonnene Transparenz und eindeutige Zuordnung von Eigentums- und Verfügungsrechten mittels Tokens existierende Geschäftsmodelle verändern?“ werden in Zukunft bestimmend sein. Blockchain-Anwendungen werden in autonomer Form auch zur Durchsetzung von Klima- und Nachhaltigkeitszielen beitragen, was auch ethische und philosophische Fragen aufwerfen wird. „Sind Algorithmen und autonome Systeme selbsthandelnde Akteure, die auch verantwortlich gemacht werden können?“, „Lassen sich Smart Contracts verklagen und wer kann zur Haftung herangezogen werden?“.

Noch sind die Auswirkungen von Blockchain nicht vollumfänglich zu erfassen. Die Digitalisierung der ersten Generation war durch reaktiv automatische Systeme geprägt oder anders formuliert: Erst wenn ein Bedarf erkannt wurde, hat ein zumeist menschlicher Akteur einen automatischen Prozess initiiert. Die Blockchain-basierte Digitalisierung der nächsten Generation wird proaktive autonome Systeme hervorbringen. Dabei wird es sich um Maschinen und Algorithmen handeln, die noch bevor der Bedarf entsteht, autonom Prozesse initiieren und ausführen, um den zukünftigen Bedarf zu decken. Zu den ersten Anwendungsfeldern dieser autonomen Systeme werden „smart cities“ ebenso gehören wie optimierte Logistikketten, intelligente Energienetze, und dezentral organisierte Mobilitätskonzepte.

Bei der Anwendung von Blockchain geht es also nicht nur darum, die typischen Vorteile einer neuen Technologie zu nutzen, die eine höhere Effektivität oder Effizienz bietet. Bei Blockchain-Anwendungen handelt es sich um Systeme, die neue Möglichkeiten eröffnen, die so vorher nicht existierten. Wo Unternehmen keine Geschäftsmodelle sahen und Märkte keine effiziente Allokation von öffentlichen Gütern ermöglichten, können nun ohne staatliche Instanzen von Blockchain-basierten Organisationen Dienstleistungen mit

dem Charakter eines Öffentlichen Gutes effizient erstellt werden. Für die Nutzung dieser Potenziale bedarf es dezentraler Geschäftsmodelle und ein Verständnis von Wertschöpfung in digital verteilten Systemen, an denen es derzeit noch in Deutschland fehlt.

Blockchains können dazu beitragen, den Zugang zu Kapitalmärkten zu verbessern, was zu einer größeren Wettbewerbsgerechtigkeit insbesondere für den Mittelstand führen kann. Nicht ohne Grund stufen Institutionen wie die Vereinten Nationen Blockchain als humanitäre oder Wohlfahrtstechnologie ein. Blockchain könnte dazu beitragen, die verschiedensten Register auf Länder- und Bundesebene zu harmonisieren und Bürgern sowie Unternehmen die Verfügungshoheit über ihre Daten zurückgeben. Erste Beispiele wie dies gelingen kann zeigen die Anwendungen, die auf der European Blockchain Services Infrastructure (EBSI) laufen und die es Bürgern und bald auch Unternehmen ermöglicht, über Blockchain Wallets eigene Daten und Zugangsberechtigungen zu verwalten. Die Möglichkeiten für die Entwicklung und Anwendung von Blockchain-Anwendungen zur Steigerung der gesellschaftlichen Wohlfahrt als auch der wirtschaftlichen Prosperität müssen daher stärker untersucht und Anwendungsfälle prototypisch implementiert und getestet werden.

Dazu besteht dringender Bedarf an Bildung auf allen Ebenen, um die erforderliche Blockchain-Expertise zu entwickeln, um Geschäftsmöglichkeiten und Herausforderungen rund um potenzielle Blockchain-Lösungen überhaupt erst entwickeln und aufbauen zu können. Der Bedarf an Kursen, die technische und wirtschaftliche Aspekte der im Entstehen begriffenen „Blockchain-Wirtschaft“ für Entwickler und Führungskräfte auf hohem Niveau abdecken, muss bedient werden, um die wirtschaftlichen Potenziale zu erkennen und zu realisieren.

International wird Deutschland als innovatives Land gesehen, dessen rechtliche Rahmenbedingung begünstigend auf die Ansiedlung und Entwicklung von Blockchain-Anwendungen wirkt. Gleichzeitig gilt die zu geringe Innovationsbereitschaft, der mangelhafte Zugang zu Kapital, wie auch die unzureichende Digitalisierung im Allgemeinen als Wettbewerbsnachteil, was es dringend zu lösen gilt. Deutschland verfügt über erhebliche Kapazitäten im Entwicklungs- und Ingenieurbereich, was erlaubt, komplexe Systeme und Prozesse von einer End-zu-End-Perspektive zu entwickeln und zu implementieren. Diese Kräfte müssen freigesetzt werden, um ein digitales Unternehmertum in Deutschland zu schaffen, einen digitalen Wirtschaftskluster, der sich der wettbewerblichen Entwicklung nachhaltiger digitaler Lösungen der nächsten Generation widmet. Auf diese Weise kann Deutschland durch den Einsatz von Blockchain der im *European Green Deal* formulierten Vision einer nachhaltigen, resilienten und wettbewerbsfähigen Wirtschaft einen großen Schritt näherkommen.

ANHANG

- A1: Studie zum Modul I:
Token-Ökonomie in Deutschland - Potenziale, Hemmnisse und Handlungsfelder**

- A2: Studie zum Modul II:
Nachhaltigkeit im Kontext der Blockchain-Technologie - Anwendungsbeispiele,
Herausforderungen und Handlungsfelder**

- A3: Studie zum Modul III:
Blockchain im Mittelstand**

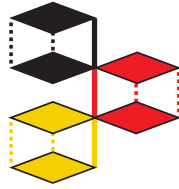
- A4: Studie zum Modul IV:
Potenziale der Blockchain-Technologie für Klimaschutz und Energiewende**

A1: STUDIE ZUM MODUL I:

**TOKEN-ÖKONOMIE IN DEUTSCHLAND -
POTENZIALE, HEMMNISSE UND
HANDLUNGSFELDER**

Fachdialog

Blockchain



FACHDIALOG BLOCKCHAIN

Token-Ökonomie in Deutschland – Potenziale, Hemmnisse und Handlungsfelder

Kurzstudie im Auftrag des
Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

August 2021

Die vorliegende Kurzstudie zur Token-Ökonomie ist Teil des Fachdialogs Blockchain. Der Fachdialog Blockchain wird im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie durchgeführt. Beim Fachdialog handelt es sich um eine interdisziplinäre Studien- und Workshopreihe, welche auf die Blockchain-Strategie der Bundesregierung zurückgeht. Der Aufbau des Fachdialogs Blockchain ist modular. Im Rahmen des Moduls „Token-Ökonomie“ ist die vorliegende Kurzstudie entstanden.

Mit der Durchführung des Fachdialogs Blockchain ist folgendes Projektteam beauftragt:

- ▶ **WIK-Consult** (Projektleitung)
- ▶ **Prof. Dr. Roman Beck** (Leiter des European Blockchain Centers, Kopenhagen)
- ▶ **Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik**
- ▶ **Prof. Dr. Dagmar Gesmann-Nuissl** (TU Chemnitz)
- ▶ **GS1 Germany**

Impressum

Herausgeber:
WIK-Consult GmbH
Rhöndorfer Straße 68
HRB: Amtsgericht Siegburg, 7225
Tel. +49 (0) 2224-9225-0,
Fax +49 (0) 2224-9225-68
E-Mail: fachdialog-blockchain@wik.org

Verantwortlich: Dr. Cara Schwarz-Schilling
Projektleitung: Christian Märkel

Autoren der Kurzstudie:
Carina Culotta (Fraunhofer IML)
Dr. Axel T. Schulte (Fraunhofer IML)
Prof. Dr. Roman Beck (European Blockchain Center Kopenhagen)
Prof. Dr. Gesmann-Nuissl (TU Chemnitz)
Roman Koller (Fraunhofer IML)

Bildquelle: Terry/unsplash.com (Titel)

August 2021

INHALT

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Kurzfassung | 2 |
| Executive Summary | 5 |
| 1 Einleitung | 8 |
| 2 Token im Kontext der Distributed-Ledger-Technologie | 10 |
| 2.1 Einsatzfelder der Token-Ökonomie | 11 |
| 2.2 Expertenperspektive: Definition Token-Ökonomie | 12 |
| 3 Verbreitung der Token-Ökonomie in Deutschland | 13 |
| 3.1 Start-ups als Teil der Token-Ökonomie | 13 |
| 3.2 Aktuelles Lehr- und Weiterbildungsangebot an Hochschulen in Deutschland | 15 |
| 3.3 Geförderte Projekte und Initiativen | 17 |
| 3.4 Fazit: Status Quo der Token-Ökonomie in Deutschland | 19 |
| 4 Chancen der Token-Ökonomie für die deutsche Volkswirtschaft | 20 |
| 4.1 Branchenstärkung mithilfe der Distributed-Ledger-Technologie | 20 |
| 4.1.1 Potenziale der Token-Ökonomie für die Automobilbranche | 21 |
| 4.1.2 Potenziale der Token-Ökonomie im Maschinen- und Anlagenbau | 23 |
| 4.1.3 Potenziale der Token-Ökonomie für die chemisch-pharmazeutische Industrie | 24 |
| 4.2 Digitalisierungslücken in der öffentlichen Verwaltung schließen | 25 |
| 4.3 Expertenperspektive: Chancen der Token-Ökonomie für Deutschland | 27 |
| 4.4 Fazit: Chancen der Token-Ökonomie für Deutschland | 28 |
| 5 Hemmnisse bei der Etablierung der Token-Ökonomie | 31 |
| 5.1 Wissenslücken und fehlende Fachkräfte als Ursache für Produktivitätsdivergenz | 31 |
| 5.2 Die Token-Ökonomie als gesamtunternehmerische Aufgabe verstehen | 32 |
| 5.3 Mangelndes Verständnis für die Netzwerkökonomie | 33 |
| 5.4 Geringe Verbreitung von deutschen Start-ups im Kontext der Token-Ökonomie | 35 |
| 5.5 Rechtliche Unklarheiten im Kontext der Token-Ökonomie | 36 |
| 5.6 Expertenperspektive: Hemmnisse der Token-Ökonomie in Deutschland | 39 |
| 5.7 Fazit: Hemmnisse der Token-Ökonomie in Deutschland | 39 |
| 6 Handlungsempfehlungen zu Stärkung der Token-Ökonomie in Deutschland | 41 |
| 6.1 Ableitung geeigneter Handlungsfelder | 41 |
| 6.2 Ableitung geeigneter Handlungsempfehlungen | 42 |
| 6.2.1 Handlungsempfehlung: Wissenslücken schließen und die Integration kleiner und mittlerer Supply Chain Partner fördern | 43 |
| 6.2.2 Handlungsempfehlung: Verständnis für die Netzwerkökonomie erwirken | 44 |
| 6.2.3 Handlungsempfehlung: Blockchain-Start-ups in Deutschland stärken | 45 |
| 6.2.4 Handlungsempfehlung: Rechtliche Rahmenbedingungen sukzessive ausbauen | 47 |
| 7 Schlussbetrachtung und Ausblick | 50 |
| 8 Literaturverzeichnis | 52 |

KURZFASSUNG

Die Token-Ökonomie bietet erhebliche Potenziale für die deutsche Volkswirtschaft: Die Grundlage für die Token-Ökonomie stellt dabei die Distributed-Ledger-Technologie dar. Über Token lassen sich im digitalen Raum Assets und Rechte jeglicher Art abbilden. Durch die Ablösung von papierbasierten Urkunden und Verträgen sowie eine Stückelung und detaillierte Nachvollziehbarkeit von Rechten und Pflichten mithilfe kryptografisch gesicherter Token, entsteht eine neue, hochskalierende Form des Wirtschaftens, nämlich die Token-Ökonomie. Die im Rahmen des „Fachdialogs Blockchain“ durchgeführte Studie zeigt die Potenziale und Hemmnisse von Distributed-Ledger-Technologien - als Grundlage für eine Token-Ökonomie - in Deutschland auf. Im Rahmen der Studierenerstellung wurden mehr als 35 Fachexpertinnen und -experten aus Wissenschaft, Verbänden, Unternehmen und Start-ups konsultiert und in Workshops zu ihren Einschätzungen hinsichtlich der Potenziale und Hemmnisse befragt. Die Ergebnisse dieses Fachdialogs liefern die Grundlage zur Ableitung entsprechender Handlungsempfehlungen zur Stärkung der Token-Ökonomie in Deutschland.

Chancen der Token-Ökonomie für Deutschland

Neben den aktuellen Herausforderungen des demografischen Wandels und der Klimakrise sieht sich die deutsche Volkswirtschaft vor allem mit rückläufigen Produktivitätswachstumsraten konfrontiert. Neue Produktivitätsschübe sind dabei primär durch Prozessinnovationen und innovative Geschäftsmodelle zu realisieren. Dazu kann die Distributed-Ledger-Technologie einen erheblichen Beitrag leisten. Sie trägt dazu bei, die Digitalwirtschaft von einer reaktiven, automatischen hin zu einer proaktiven (teil-)autonomen Wirtschaft zu transformieren. Ziel Deutschlands sollte es sein, hier zu den internationalen Vorreitern zu zählen. Insbesondere die Automobilindustrie, der Maschinenbau und die Chemieindustrie haben als die drei größten Wirtschaftszweige in Deutschland bisweilen vom Strukturwandel und der Internationa-

lisierung der Märkte profitiert. Jedoch stehen gerade diese Branchen vor einem erheblichen Umbruch und sehen sich mit neuen Herausforderungen z. B. durch die Elektrifizierung und Autonomisierung von Fahrzeugen, dem Aufbau von eigenen Produktionsstätten in Schwellenländern und dem Wegfall bestehender Geschäftsfelder im Anlagen- und Maschinenbau konfrontiert. Die Distributed-Ledger-Technologie und die entsprechende Tokenisierung bieten gerade für die genannten Branchen Innovationspotenziale: Zum einen können Prozessverbesserungen durch transparente Abbildungen von Lieferketten mithilfe der Distributed-Ledger-Technologie erwirkt werden, z. B. im Bereich des Rohstoffhandels oder im Bereich des Transports von chemischen Erzeugnissen und Gefahrgütern. Zum anderen sind aber auch vor allem neue Geschäftsmodelle, beispielsweise innerhalb einer Sharing-Economy zusammen mit Pay-per-Use-Ansätzen, möglich. Ebenso bieten sich vielfältige Anwendungsmöglichkeiten innerhalb der dezentralen Fertigung und Produktion, wie auch im Bereich der direkten Maschinenkommunikation und dem Handel der entsprechenden Daten. Dies entspricht der durch die digitale Transformation getriebenen Verlagerung des Fokus von „Ownership hin zu User-ship“ und erschließt neue Geschäftsmodelle z. B. für den Maschinen- und Anlagenbau. Ebenso bietet die Distributed-Ledger-Technologie in Kombination mit digitalen Identitäten großes Potenzial für die Digitalisierung der Verwaltung. Somit könnten auch administrative Prozesse für Unternehmen und Bürger, wie z. B. die Ummeldung von Gewerben oder Fahrzeugen vereinfacht werden. Dies wiederum steigert die Attraktivität des Wirtschaftsstandort Deutschlands - nicht nur für ausländische Direktinvestitionen, sondern auch für internationale Start-ups.

Hemmnisse bei der Etablierung der Token-Ökonomie in Deutschland

Aktuell ist die Verbreitung echter und greifbarer Anwendungsfälle innerhalb der deutschen Industrie

noch ausbaufähig. Auch an umfassenden Weiterbildungsangeboten und einem breit gefächerten Lehrangebot an Hochschulen und Universitäten zum Thema Distributed-Ledger-Technologien fehlt es derzeit noch. Ebenso sind deutsche Start-ups, deren Geschäftsmodelle auf Distributed-Ledger-Technologien aufbauen, im internationalen Vergleich unterrepräsentiert. Das fehlende Verständnis für die Token-Ökonomie und der Mangel an Business Cases stellen ein großes Hemmnis dar. Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen stehen oftmals vor der Herausforderung, das entsprechende Know-how aufzubauen. Die Einführung von Distributed-Ledger-Technologien stellt dabei eine gesamtunternehmerische Aufgabe dar und benötigt Kompetenzen sowohl auf technischer Seite, wie auch auf Management- und Geschäftsmodellebene. Erschwerend kommt eine geringe Akzeptanz von dezentralen Wertschöpfungsmustern innerhalb einer Netzwerkökonomie hinzu. Innerhalb der Industrie sind digitale „Plattformen“ oftmals negativ konnotiert und werden mit monopolistischen Transaktionsplattformen gleichgesetzt. Förderal aufgebaute digitale Netzwerke, wie sie durch Distributed-Ledger-Technologien ermöglicht werden und die Anbindung komplementärer Güter und Services im Sinne von innovativen Ökosystemen, sind noch stark unterrepräsentiert. Zur Umsetzung einer Token-Ökonomie bedarf es jedoch ebenjemenem Verständnis und einer positiven Wahrnehmung von digitalen Netzwerken, denn insbesondere im Rahmen der Distributed-Ledger-Technologie und innerhalb von Blockchain-basierten Netzwerken ist die Teilnahme aller Supply Chain Partner am Netzwerk entscheidend für eine erfolgreiche Umsetzung der Technologie. Deutschland ist dabei stark mittelständisch geprägt und somit für eine funktionierende Token-Ökonomie auf die Integration von kleinen und mittleren Unternehmen innerhalb der Supply Chains angewiesen. Ein wohlfahrtssteigernder Effekt durch eine Tokenisierung kann also nur erzielt werden, wenn auch weniger technologisierte oder kleine Unternehmen partizipieren. Auch die rechtlichen Unklarheiten in Bezug auf die Token-Ökonomie wie z. B. die DSGVO oder die zivilrechtliche Handhabung von Token und verschiedene internationale Rechtsrahmen stellen für Start-ups und Unternehmen gleichermaßen eine große Herausforderung dar.

Handlungsfelder

Aus den Chancen und Risiken im Zusammenspiel mit der Befragung der Expertinnen und Experten lassen sich folgende Handlungsfelder für die Stärkung der Token-Ökonomie in Deutschland ableiten:

Wissenslücken schließen und die Integration kleiner und mittlerer Supply Chain Partner fördern

Da zu konstatieren ist, dass im Hinblick auf die Distributed-Ledger-Technologie erhebliche Wissens- und Kompetenzlücken bestehen, sollten entsprechende Bildungsangebote sowohl im Bereich der Universitäten und Hochschulen als auch in der Förderung von kleinen und mittleren Unternehmen ausgebaut werden. Dazu ist es empfehlenswert, Anreize zu setzen und ganzheitliche Konsortien abzubilden sowie Open Source Software anzubieten, sodass auch Unternehmen mit geringen eigenen Ressourcen an einer Token-Ökonomie partizipieren können. Ebenso muss der Nutzen der Technologie in sich begründbar sein und ein reales Problem der Unternehmen lösen. Der weitere Ausbau von Best Practices und die Darstellung von Leuchtturmprojekten sind daher förderlich.

Verständnis für die Netzwerkökonomie erwirken

Ebenso ist es notwendig, das Grundverständnis und die Motivation für Netzwerke sowie kollaborative Ökosysteme und dezentrale Wertschöpfungsszenarien auszubauen. Zum einen kann dies als Bildungsauftrag verstanden werden, zum anderen empfiehlt es sich, konkret Konsortien zu fördern, um somit Anreize für die Bereitstellung einer anfänglichen Netzwerk-Infrastruktur zu schaffen. Was dazu benötigt wird, ist ein dezentrales, digitales Mindset. Dabei sollten insbesondere kleine und mittlere Unternehmen, wie auch Start-ups eingebunden werden. Auch hier sollten Best Practices öffentlich aufbereitet werden, um den Aufbau von Netzwerken zu fördern.

Blockchain-Start-ups in Deutschland stärken

Aufgrund der oftmals komplexen Geschäftsmodelle bzw. der relativen Neuheit der Distributed-Ledger-

Technologie stehen Start-ups vor großen Herausforderungen, in etablierten Branchen Fuß zu fassen. Kleine und mittlere Unternehmen stellen durch ihre im Vergleich zu Großkonzernen mitunter flacheren Hierarchien und kürzeren Entscheidungswege attraktive Geschäftspartner für Start-ups dar. Oftmals fehlt es aber gerade bei kleinen und mittleren Unternehmen noch an erkennbaren Anwendungsfällen. Folglich ist die Schaffung der entsprechenden Nachfrage die Grundvoraussetzung für den Erfolg der Start-ups. Die Förderung eines DE:hubs mit Blockchain-Schwerpunkt oder der Ausbau bestehender Initiativen mit Fokus auf kleine und mittlere Unternehmen zur Aufklärung und Bildung im Bereich Distributed-Ledger-Technologie kann als hilfreich angesehen werden. Ferner werden der Ausbau einer nachhaltigen Wagniskapitalkultur in Deutschland sowie die Vereinfachung von Unternehmensgründungsprozessen als förderlich erachtet.

Rechtliche Rahmenbedingungen sukzessive ausbauen

Insbesondere die rechtlichen Rahmenbedingungen sind als essentieller Enabler der Token-Ökonomie zu bewerten. Dabei sollte laut der befragten Expertinnen und Experten ein gesundes Maß zwischen Regulierung und unternehmerischer Freiheit gewährleistet werden. Da die Rechtsgebiete und der Ausbau eines rechtlichen Rahmens für die Token-Ökonomie ausgesprochen komplex sind, präferieren die Expertinnen und Experten eine anwendungsbezogene, sukzessive Fortbildung des Rechtsrahmens anstelle eines zentralen „Token-Gesetzes“. Insbesondere sei eine zivilrechtliche Einordnung von Token, neben der bereits finanzrechtlichen Einordnung, notwendig.

Ferner seien die Haftung im Umgang mit Token zu klären sowie Fragen des Datenschutzes, der Datensicherheit und der Registerfähigkeit. Ebenfalls betonen die Expertinnen und Experten die Notwendigkeit einer international einheitlichen Sprache und eine gemeinsame, kontinuierliche Entwicklung des Begriffsverständnisses.

Ausblick

Der „Fachdialog Blockchain“ zeigt im vorliegenden Modul „Token-Ökonomie“ ein breites Anwendungsfeld der Distributed Ledger-Technologie für Deutschland auf. Die vielversprechenden Potenziale der Technologie können nur dann realisiert werden, wenn die Anstrengungen forciert werden, die angesprochenen Hemmnisse der Token-Ökonomie abzubauen. Mit der Distributed-Ledger-Technologie werden vor allem das Potenzial zu einer gesteigerten Transparenz und Prozesseffizienz verbunden. Diese Aspekte können zu einer nachhaltigeren Ökonomie und einem ressourcenbewussten Wirtschaften beitragen. Das vorliegende Modul hat zudem aufgezeigt, dass insbesondere der Mittelstand eine wichtige Rolle bei der Umsetzung und Realisierung einer Token-Ökonomie in Deutschland spielen wird. Der „Fachdialog Blockchain“ wird mit zwei weiteren Modulen fortgeführt. Das folgende Modul „Nachhaltigkeit“ befasst sich dezidiert mit der Frage, welchen Beitrag die Distributed-Ledger-Technologie zur ökologischen und ökonomischen wie auch ggfs. sozialen Nachhaltigkeit leisten kann. Darauf folgend wird sich das Modul „Mittelstand“ mit der Frage befassen, welche konkreten Potenziale sich für den Mittelstand ergeben und wie diese gehoben werden können.

EXECUTIVE SUMMARY

The token economy entails great potential for the Germany economy. Thereby, distributed ledger technologies constitute the basis for the token economy allowing the digital representation of assets and rights on token. Through the supersession of paper-based certificates and contracts and the divisibility of rights and obligations via tokens, a new way of value creation - called token economy - is formed. The aim of the underlying study is to illustrate the potentials and impediments of distributed ledger technologies and derive guidance for the empowerment of a token economy in Germany. For this purpose, more than 35 experts from science, public organizations, industrial corporations and start-ups were consulted within the "Fachdialog Blockchain" (expert dialogue on blockchain) in order to derive and discuss according recommendations.

Opportunities of the Token Economy for Germany

In addition to the current challenges of demographic change and the climate crisis, the German economy is primarily confronted with declining productivity growth rates. New productivity boosts can be achieved through process innovations and new platform-based business models. Distributed ledger technologies can make a significant contribution to this. These technologies are helping to transform the digital economy from a reactive, automatic one to a proactive (partially) autonomous one. The goal should be for Germany to be one of the international pioneers in this area. As the three largest industries in Germany, the automotive industry, mechanical engineering and the chemical industry in particular have benefited from the persistent structural changes of the last decades and the internationalization of the according markets. However, these industries are facing severe challenges today such as the electrification and autonomization of vehicles, the in-house production of previous customer countries and the discontinuation of existing business areas in

e.g. mechanical engineering. However, distributed ledger technologies and the according tokenization constitute a potential solution for enabling positive rates of growth through process innovations and new business models - especially for the aforementioned industries.

On the one hand, process innovations can be achieved by a transparent depiction of supply chains with the aid of distributed ledger technologies, e.g. in the area of raw materials trading or in the area of the transport of chemical products and hazardous goods. On the other hand, new business models are also enabled within the sharing economy in combination with e.g. pay-per-use approaches. There are also many possible applications within decentralized manufacturing and production, as well as in the area of direct machine-to-machine communication and the decoupled trading of machine data. This corresponds to the transformation from ownership to usership and thereby offers new business opportunities, e.g. in the field of mechanical engineering. In addition, distributed ledger technologies in combination with digital identities also offer great potential for a digitalized, public administration. For example, administrative processes for companies and citizens such as the re-registration of businesses or vehicles could be simplified. This in turn, would increase the attractiveness of Germany as a business location - not only for foreign direct investments but also for international start-ups.

Obstacles to the Establishment of the Token Economy in Germany

Currently, the dissemination of real and tangible use cases within the German industry is considered to be expandable. Moreover, profound educational offers for qualified employees or university courses are almost non-existent. Likewise, in international comparison German start-ups whose business model builds upon the distributed ledger technology are

highly underrepresented. The missing understanding of the token economy and the lack of use cases are constituting a major obstacle for the dissemination and establishment of the token economy in Germany. Especially, small and medium-sized businesses may face the challenge to grow the respective competencies and knowledge. Thereby, the introduction of distributed ledger technologies can be seen as a wholistic entrepreneurial tasks requiring competencies and know-how from a technological but also management- and business-related point of view. However, the eruption of those mental silos and the pursuit of wholistic management approaches, is viewed as a big challenge for most enterprises. In addition, the understanding of decentralized value creation within a network economy is improvable. Often, digital platforms are negatively connotated within the industry and are equated with big monopolistic enterprises. Due to the common misperception of the platform economy and competitive concerns, digital B2B platforms in the German industry are underrepresented. Thus, the link towards innovative, federal open ecosystems respectively platform solutions benefitting from positive network effects and the integration of complementary goods and services is missing. However, the implementation and reinforcement of a token economy requires such an understanding of the network economy.

Thereby, the participation of all stakeholders and supply chain partners is essential in order to ensure useful business cases and applications of the distributed ledger technology. Especially, Germany as an economy with a strong small firm sector depends on such an integration in order to ensure overall positive welfare effects for its economy. Consequently, the participation of small and medium-sized enterprises has to be enabled. Finally, legal questions and uncertainties impede the advancement of the token economy. In specific, questions with respect to civil law and the treatment of tokens outside financial law, the German General Data Protection Regulation and the variation of internationally different legal frameworks constitute a great challenge for established enterprises and start-ups alike.

Fields of Action

Taking together the opportunities and risks as well as the consultation of the experts, the following fields of action for an empowerment of the token economy in Germany can be derived:

Bridging Knowledge Gaps and Supporting the Integration of Supply Chain Partners

Following the expert's conclusion that severe knowledge- and competence gaps exists with respect to the distributed ledger technology, respective offers in the field of university courses and postgraduate training have to be enlarged. In addition, incentives for participation of small and medium-sized businesses to participate in blockchain networks have to be given. Open source software can help to ensure that even (small) companies with limited resources can participate in the token economy. Likewise, incentives for using the distributed ledger technology have to be grounded in the features and characteristics of the technology itself. Thus, the technology needs to address a specific problem and provide the respective solution. In order gain a better understanding of the potential solutions, further best practices and lighthouse projects need to be funded and presented.

Strengthening the Understanding of the Network Economy

Likewise, it is necessary to support the development of a basic understanding and the establishment of digital networks and decentralized value creation scenarios. On the one hand, this can be understood as an educational mandate. On the other hand, distinct consortia could be promoted and equipped with financial support in order to set up the first network and respective infrastructure. Thereby, a decentralized and open mindset is required. The integration of small and medium-sized supply chain partners and start-ups into these networks should be considered explicitly. Respective best practices have to be made publicly available in order to encourage further network-building.

Promote Blockchain Start-Ups in Germany

Due to the complexity of blockchain-based business models and the newness of the technology, start-ups are often challenged by the project acquisition. The collaboration with small and medium-sized enterprises could be attractive for start-ups as decision paths are shorter and more flexible in comparison to large companies. Nevertheless, small and medium-sized enterprises have so far seen less use cases and a lower demand for distributed ledger solutions. Consequently, the respective demand has to be created. One potential way could be the creation of an additional "DE:hub" with focus on distributed ledger technology. Likewise, existing initiatives in the field of educating and supporting small and medium-sized enterprises could be expanded focusing on blockchain and distributed ledger technologies. In addition, the consulted experts identify more sustainable and long-term venture capital and the simplification of the process of setting up a company in Germany as beneficial.

Gradual Expansion of the Legal Framework

The legal framework with respect to distributed ledger technologies and tokens should be seen as an essential enabler of the token economy. According to the consulted experts, a healthy balance between regulation and entrepreneurial freedom should be ensured. Since the legal areas and the development of a legal framework for the token economy are extremely complex, the experts prefer an application-based, successive development instead of a "central token law". In particular, a civil law classification of tokens is necessary in addition to the already existing

financial law classification. Furthermore, liabilities in dealing with tokens needs to be clarified. Questions of data protection, data security and registry need clarification, too. Finally, the experts also emphasize the need for an internationally standardized language and a common understanding of the terms.

Outlook

Within the underlying module "Token Economy", the "Fachdialog Blockchain" has drawn a broad picture of the different, possible applications of distributed ledger technologies in Germany. The promising potential of the technology can only be realized if efforts are stepped up to remove the aforementioned barriers to the token economy. Distributed ledger technology is associated primarily with the potential for increased transparency and process efficiency. This process efficiency and the related transparency can contribute to a more sustainable economy and increase awareness for resource-conscious economy. Moreover, the underlying module has shown that especially small and medium-sized enterprises will play a key role in the implementation and realization of the token economy in Germany. Therefore, the "Fachdialog Blockchain" will be continued with two further modules dealing with "Sustainability" and "Small and Medium-sized Enterprises". Thereby, the upcoming module "Sustainability" will set out how distributed ledger technologies can contribute to a more sustainable economy in the sense of economic, ecological and eventually social sustainability. Likewise, the module "Small and Medium-sized Enterprises" will shed light on the specific potentials and challenges for small and medium-sized firms and address suitable supporting measures.

1 EINLEITUNG

Blockchain und darauf basierende Token werden als neuartige Technologien angesehen, die das Potenzial haben, disruptive Innovationen hervorzubringen und ganze Märkte, die vor allem auf intermediären Strukturen aufbauen, zu transformieren. Ebenjene Konzerne, wie Amazon, Alibaba aber auch IBM, die mit intermediären Geschäftsmodellen, sprich Plattformen, erfolgreich geworden sind, bieten heute schon Blockchain-Lösungen an und setzen Use Cases in die Praxis um. Aus diesem Grund fördert die Europäische Kommission eigene Blockchain-Lösungen für Bürger, Unternehmen als auch für Verwaltungen, um die Anschlussfähigkeit Europas sicherzustellen und einheitliche Standards zu etablieren (Europäische Kommission 2021). Auch die deutsche Bundesregierung hat sich mit ihrer **Blockchain-Strategie 2019** das Ziel gesetzt, die Potenziale und Chancen der Token-Ökonomie zu fördern (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie und Bundesministerium der Finanzen 2019).

Die Blockchain-Strategie der Bundesregierung sieht eine Reihe von Maßnahmen und Fördermöglichkeiten für die Verbreitung der Blockchain-Technologie in Deutschland vor. Unter anderem soll eine **Dialogreihe** zwischen ausgewählten Expertinnen und Experten aus der Politik, Wissenschaft und Wirtschaft zu zentralen Themen im Blockchain-Kontext geführt werden. Diese Dialogreihe wurde mit der Ausschreibung **„Fachdialog Blockchain: Potenziale von Distributed-Ledger-Technologien für die Wirtschaft“** vom 27.05.2020 angestoßen. Im Rahmen des „Fachdialogs Blockchain“ werden ausgewählte Expertinnen und Experten zu unterschiedlichen Themenbereichen, insbesondere der „Token-Ökonomie in Deutschland“, „Blockchain und Nachhaltigkeit“ und „Blockchain im Mittelstand“ befragt. Die Themenbereiche werden in drei separaten Modulen über einen Zeitraum von zunächst 18 Monaten aufbereitet.

Zu Beginn des „Fachdialogs Blockchain“ wurden im November 2020 insgesamt 46 Expertinnen und Ex-

perten aus der Forschung, Industrie und im Bereich der öffentlichen Verbände und Institutionen angeschrieben. Ziel war es, die innerhalb des „Fachdialogs Blockchain“ angedachten Themenfelder: **„Token-Ökonomie“**, **„Nachhaltigkeit“** und **„Mittelstand“** zu definieren und erste, wichtige Forschungsfragen für die zukünftige Ausarbeitung abzuleiten. Insgesamt haben **20 Expertinnen und Experten** einen Antwortbogen zurückgesandt. Zusätzlich, zur schriftlichen Auswertung dieser Konsultationsbögen, wurde am **12. Februar 2021** virtuell mit 18 Expertinnen und Experten ein Workshop zu den drei genannten Themenbereichen durchgeführt. Es wurden drei Zukunftsszenarien erörtert und dabei erste Potenziale und Chancen der Distributed-Ledger-Technologie erarbeitet.

Für das erste **Modul „Token-Ökonomie“** wurden zunächst die Ergebnisse der schriftlichen Konsultationen, sowie die Ergebnisse des Workshop-Teils vom 12. Februar 2021, die sich mit der Token-Ökonomie befassen, in Kombination mit einer wissenschaftlichen Aufarbeitung der Chancen und Hemmnisse, in einer Impulsstudie zusammengefasst. Diese Impulsstudie wurde den Expertinnen und Experten vorgelegt. Im Rahmen eines speziell für das Modul „Token-Ökonomie“ abgestimmten virtuellen Workshops, wurden auf Basis der Impulsstudie Handlungsempfehlungen für die Stärkung der Token-Ökonomie in Deutschland abgeleitet und mit den Expertinnen und Experten diskutiert. Der virtuelle Workshop fand am **20. Mai 2021** mit insgesamt **35 Expertinnen und Experten** statt.

Die Ergebnisse der Konsultationen und Workshops in Kombination mit der wissenschaftlichen Aufarbeitung werden in der vorliegenden Kurzstudie dargestellt. Ebenso werden am Ende dieser Kurzstudie die entsprechenden Handlungsempfehlungen zur Stärkung einer Token-Ökonomie in Deutschland aufgezeigt. Die folgenden Kapitel bieten einen Überblick über die aktuelle Einordnung der Token-Ökonomie

in den Kontext von Blockchain und Distributed-Ledger-Technologien (Kapitel 2) sowie einen Überblick zur aktuellen Verbreitung (Kapitel 3), die damit verbundenen Chancen für die deutsche Volkswirt-

schaft (Kapitel 4) sowie Risiken und Hemmnisse (Kapitel 5). Die Studie schließt mit den möglichen Handlungsempfehlungen zum Abbau der Hemmnisse bzw. zur Stärkung der Token-Ökonomie (Kapitel 6).

2 TOKEN IM KONTEXT DER DISTRIBUTED-LEDGER-TECHNOLOGIE

Die Distributed-Ledger-Technologie (DLT) erlaubt es, alle erdenklichen Werte, Rechte sowie Schuldverhältnisse durch sogenannte **Token** zu repräsentieren. Dabei können diese als „digitale Zertifikate“ verstanden werden, die Werte verbrieften und sie zugleich fälschungssicher und handelbar machen (Kunde et al. 2017). Mithilfe dieser Token wird der Handel und damit der Austausch von Gütern vereinfacht (Bundesministerium der Finanzen 2019). Neben der häufigen Einsatzart als Kryptowährung können Token jedoch auch andere Aufgaben und Rollen übernehmen. So können sie Funktionen übernehmen, die zuvor klassische Drittparteidienstleister wie z. B. Banken oder Versicherungen ausgeführt haben (Sunyaev et al. 2021). Gleichzeitig muss jedoch innerhalb eines Token-basierten Netzwerks sichergestellt werden, dass Token nicht mehrfach genutzt oder von verschiedenen Parteien besessen werden können. Die **Distributed-Ledger-Technologie** bzw. die **Blockchain-Technologie** als besondere Form der Distributed-Ledger-Technologie bieten diese nötigen Mechanismen und Sicherheiten als Basis für Vertrauen zwischen einzelnen Teilnehmern. Folglich kann erst mithilfe der Distributed-Ledger-Technologie die Token-basierte Verfügung und Übertragung von Besitzrechten ermöglicht werden (Sunyaev et al. 2021).

Der Einsatz von Token ist nahezu unbegrenzt. Beispielsweise lassen sich durch Token Vermögenswerte, Prüfverfahren und Bewertungen, Wahlrechte sowie Besitzrechte darstellen (Oliveira et al. 2018). Dabei kann allgemein zwischen drei Arten von Token unterschieden werden: **Zahlungs-Token, Nutzungs-Token und Anlage- oder Security-Token**. Mithilfe von Zahlungs-Token können Zahlungs- oder Wertaufbewahrungsmittel dargestellt werden. So können diese Zahlungs-Token, die von der Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht (BaFin) seit 2011 als privates Zahlungsmittel gemäß § 1 Abs. 11 Satz 1 Nr. 7 KWG definiert sind (Bundesministerium der Finanzen 2019), beispielsweise zur Zahlung von Gebühren von realen Gütern auf einer Blockchain verwendet werden.

Ebenso ist es denkbar, sie als Anreize für dezentrale Anwendungen zu nutzen. Ein Nutzungs-Token stellt ebenfalls ein digitales Zahlungsmittel dar, das jedoch an die Nutzung einer Anwendung oder Dienstleistung gebunden ist. Beispielsweise kann ein Nutzungs-Token verwendet werden, um Personen zu entlohnen, die Speicherplatz innerhalb ihres Netzwerks zur Verfügung stellen. Darüber hinaus werden durch Anlage- oder Security-Token Anteilsscheine oder Wertpapiere in digitaler Form dargestellt. Dabei ist es möglich, Teilhabe- und Stimmrechte oder Dividenden abzubilden (Bundesministerium der Finanzen 2019).

Insbesondere im Finanzsektor verändert die Nutzung von Token bestehende Geschäftsmodelle und führt zu einer disruptiven Transformation. Es ist jedoch anzunehmen dass die Finanzbranche langfristig weniger durch die Kryptowährung an sich, als vielmehr durch die mit der Distributed-Ledger-Technologie verbundenen Möglichkeiten zur Wertpapiergenerierung usw. nachhaltigen Veränderungen unterzogen sein wird (Bundesministerium der Finanzen 2019). Durch die zugrundeliegende Distributed-Ledger-Technologie wird beispielsweise eine effiziente Emission von digitalen Wertpapieren ermöglicht, wodurch Unternehmen einen deutlich verbesserten Zugang zu den Kapitalmärkten erhalten. Dies kann insbesondere für Mittelständler eine interessante Alternative darstellen. Unternehmen sparen somit Zeit und Aufwand, denn im Vergleich zum klassischen Wertpapiergeschäft kann letztendlich auf Intermediäre wie Notare, Banken und Zentralverwahrer verzichtet werden. Aus diesem Grund fordern sogenannte FinTechs bestehende Geschäftsmodelle herkömmlicher Banken durch innovative, IT-basierte und unternehmensorientierte Finanzdienstleistungen heraus. Dabei haben insbesondere Klein- und Mittelstandsbanken mit der Herausforderung des von der Europäischen Zentralbank verordneten „Supervisory Review and Evaluation Process“ zu kämpfen, während Großbanken bereits Nutzungsszenarien der Blockchain-Technologie evaluieren können (Reinig et al. 2020). Im Umgang

mit der vergleichsweise noch jungen Technologie und den damit verbunden Chancen, sehen sich Anwender vor allem mit regulatorischen und gesetzlichen aber auch technologischen und infrastrukturellen Herausforderungen konfrontiert. Beispielsweise ist es mithilfe der Distributed-Ledger-Technologie denkbar, auf Clearingstellen zu verzichten. Dies erfordert jedoch ein hohes Maß an Akzeptanz, welche sich u. a. durch eine vertrauensstiftende Vereinheitlichung und Standardisierung erreichen ließe. Ebenso sehen sich Blockchain-basierte Verfahren zur Bekämpfung und Unterbindung von Geldwäsche mit fehlenden gesetzlichen Rahmenbedingungen und institutionellen Barrieren konfrontiert. Zudem tritt auch hier im Kontext der Finanzdienstleistung die Frage nach der Skalierbarkeit im Hinblick auf Durchsatz und Speicherkapazitäten auf (Beinke et al. 2020).

2.1 Einsatzfelder der Token-Ökonomie

Die Token-Ökonomie ist nicht nur für den Finanzsektor relevant. Vielmehr lassen sich Token für eine **Vielzahl von Anwendungsfällen** und Branchen einsetzen. Anwendungsfälle sind sowohl unternehmensintern, wie auch unternehmensübergreifend, branchenintern sowie branchenübergreifend denkbar und umfassen gesamtwirtschaftliche Prozesse. Insbesondere die Logistik und das Supply Chain Management sind geeignete Anwendungsfelder für die Token-Ökonomie. Beispielsweise können mithilfe von Token zollrechtliche Fragestellungen und die davon betroffenen Abwicklungsprozesse adressiert und nicht nur eine Vereinfachung, sondern auch eine Beschleunigung der Prozesse z. B. im Bereich Frachtpapiere und Compliance, bewirkt werden (Stahlbock et al. 2020). Ebenso kann der Energiesektor von der Tokenisierung profitieren, indem beispielsweise ein in Token abgebildeter Direkthandel zwischen Energieerzeugern und Konsumenten ermöglicht wird oder mithilfe von Smart Contracts sogenannte Microgrids, Peer-to-Peer-Netzwerke für den Energiehandel, etabliert werden (Strücker et al. 2019). Aber nicht nur Branchen verändern sich durch den Einsatz von Token, sondern auch organisatorische Abläufe und interne Unternehmensprozesse. Auf **Unternehmensebene** ist beispielsweise ein Token-basiertes Projektmanagement in Verbindung mit Smart Contracts denkbar. Insbesondere in kom-

plexen Projektstrukturen ist die Transparenz und das Monitoring der Team-Performance oftmals aus Kosten- und Zeitgründen nicht möglich. Jedoch lassen sich bestimmte Aufgaben, deren Erfüllung und mögliche Entlohnungen auf einer Blockchain mit Token abbilden. Dadurch ändert die Blockchain-Technologie auch die Art und Weise wie Unternehmen und Teams zusammenarbeiten können und schafft neue Möglichkeiten der Transparenz und Effizienz zwischen unterschiedlichen Akteuren (Lehner et al. 2020).

Nicht nur in der Industrie werden Token und deren Einsatzpotenziale diskutiert, sondern auch im öffentlichen Bereich wird der Token-Ökonomie eine immer größere Bedeutung beigemessen. So ist beispielsweise in der Versicherungsbranche, im Gesundheitswesen und in der **öffentlichen Verwaltung** der Einsatz von Token denkbar und mehrwertstiftend (Treiblmaier und Beck 2019). Bereits heute arbeiten Modellregionen wie Südtirol (Treiblmaier und Beck 2019), aber auch Länder wie Dänemark, Dubai oder Georgien an einer Blockchain-basierten Verwaltung (Cagigas et al. 2021). In Dänemark beispielsweise setzt sich die Regierung für ein sogenanntes „Vehicle Wallet“ ein, das alle Daten im Zusammenhang mit dem PKW-Besitz wie Anmeldung, Wartungen und Reparatur speichert (Beck et al. 2019). Darüber hinaus können Token auch im Bereich der Archivierung und Verwaltung oder im Bereich des Rezeptbetrugs oder Nachvollziehbarkeit und Qualitätssicherung bei der Medikamentenherstellung eingesetzt werden (Cagigas et al. 2021). Gleichermaßen könnten Token auch zur Reduzierung des Steuerbetrugs und einer effizienten, papierlosen Administration steuerlicher Vorgänge beitragen (Cagigas et al. 2021).

Obgleich die Potenziale und Chancen der Tokenisierung in der Literatur und Fachwelt breit diskutiert werden, ist die Umsetzung der Token-Ökonomie in der Praxis oftmals durch **mangelnde Kenntnisse und fehlende Geschäftsmodelle** geprägt. Laut Bitkom e.V. setzen gerade mal 2 % der mehr als 1.000 befragten Unternehmen die Blockchain-Technologie aktiv ein (Bitkom e.V. 2019b). Die Tokenisierung der deutschen Volkswirtschaft steht daher trotz vieler Pilotprojekte und Forschungsprojekte noch relativ am Anfang.

2.2 Expertenperspektive: Definition Token-Ökonomie

Oftmals fehlt es an einheitlichen Begrifflichkeiten bzw. einem darunterliegenden Verständnis der Token-Ökonomie. Aus diesem Grund wurden die im Rahmen des Fachdialogs konsultierten Expertinnen und Experten zu ihrem Verständnis des Begriffs Token-Ökonomie befragt. Die Konsultation ergab im Großen und Ganzen ein einheitliches Bild einer möglichen Definition des Begriffs Token-Ökonomie: Über Token lassen sich im digitalen Raum Assets und Rechte jeglicher Art abbilden. Durch die Ablösung von papierbasierten Urkunden und Verträgen sowie eine Teilbarkeit von Rechten und Pflichten durch digitale Token, entsteht eine neue Form des Wirtschaftens, nämlich die Token-Ökonomie. Beispielsweise definieren die Befragten den Begriff Token-Ökonomie, wie folgt:

- ▶ *„[Die Token-Ökonomie beschreibt] die Zuordnung materieller Objekte und nichtmaterieller Werte zu digitalen Token (Identifizier) sowie deren Handel oder Weitergabe. [Sie] bietet die Möglichkeit Material-, Informations- und Finanzflüsse zu verbinden.“*
- ▶ *“[Die] Token-Ökonomie versucht, den Einsatz knapper Güter mittels DLT effizienter und transparenter zu gestalten und zu legitimieren. [Sie] ermöglicht [den] Einbezug kleinster Finanzierungsoptionen und erhöht so die gesellschaftliche Teilhabemöglichkeit.“*
- ▶ *„[Die Token-Ökonomie umfasst die digitale] Abbildung von realen Objekten, Vermögenswerten und Rechten in Form von Token. Token sind das digitale Pendant zu Urkunden. Token-Ökonomie ist der Handel mit diesen Token.“*
- ▶ *„Die Token-Ökonomie beschreibt den Wertfluss von Tokens innerhalb ihres Ökosystems. [Die] Token-Ökonomie umschließt die Facetten: Art des Tokens (Utility, Security, Gas,...); die Incentivierung der Partizipation von Teilnehmern am Kreislauf des Tokens; die Bewertung, Umtauschbarkeit und Umtauschkurse; die Handelbarkeit [von Token].“*
- ▶ *„[Die] Token-Ökonomie beschreibt die Digitalisierung und Verknüpfung von verschiedensten Aspekten innerhalb und zwischen der Real- und Finanzwirtschaft sowie dem öffentlichen Sektor. [Sie] basiert auf Tokenisierung - Digitalisierung von Identitäten, Vermögenswerten und Zahlungsmitteln [und] bietet die Möglichkeit die Interaktion und Organisation von Akteuren neu und effizienter zu gestalten.“*
- ▶ *„[Die] Token-Ökonomie umfasst sämtliche Systeme, Prozesse, Abläufe und Entitäten, die eine Virtualisierung (Tokenisierung) von beliebigen Gegenständen, Werten, Rechten, Pflichten, materiellen sowie immateriellen Gütern zum Ziel hat. Durch die Virtualisierung (Tokenisierung) lassen sich zuvor unteilbare Gegenstände auf mehrere Akteure verteilen. Die Verwaltung und Abbildung dieser virtualisierten Güter findet meistens dezentral in einem Blockchain/DLT-System statt.“*

3 VERBREITUNG DER TOKEN-ÖKONOMIE IN DEUTSCHLAND

In Deutschland haben die diversen Hypes rund um die Distributed-Ledger-Technologie in den letzten Jahren der Blockchain-Technologie sukzessive mehr Aufmerksamkeit verschafft und sie aus der vormaligen Eingrenzung auf Finanzanwendungen in den Fokus weiterer Wirtschaftszweige und auch politischer Institutionen gerückt. Auf europäischer Ebene wird diese Entwicklung durch die Einrichtung eines Blockchain-Forums und einer Beobachtungsstelle für diese Technologie verdeutlicht (Urban 2020). In Deutschland ist dieselbe Tendenz zum einen durch die Blockchain-Strategie der Bundesregierung sowie eine entsprechende Regulierung der BaFin ersichtlich (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie und Bundesministerium der Finanzen 2019). Die Bundesregierung erachtet das in Deutschland entstandene Ökosystem um Anbieter und Entwickler von Blockchain-Anwendungen als vielversprechende Grundlage für die Entstehung einer Token-Ökonomie. In der 2019 veröffentlichten Blockchain-Strategie wurde deshalb das Ziel verkündet, durch geeignete regulatorische Maßnahmen einen Rahmen zu schaffen, der Wachstum und Investitionen im Bereich der Distributed-Ledger-Technologie fördert. Das nationale Vorgehen bei der Gestaltung dieser Grundlagen wird dabei, im Hinblick auf potentielle grenzübergreifende Distributed-Ledger-Anwendungen, auch international beobachtet (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie und Bundesministerium der Finanzen 2019; Urban 2020).

Als eine große Herausforderung wird vor allem die Schaffung eines Rechtsrahmens erachtet. Gerade bei der Übertragung von Besitzverhältnissen oder dem generellen Handel mit Token sind klare rechtliche Rahmenbedingungen geboten. Dementsprechend werden die strategischen Ziele des Bundes durch die Regulierung der BaFin konkretisiert. Durch die Beschreibung und Regularien zu Zahlungstoken, Nutzungstoken und Anlage- oder Security-Token kommt dem deutschsprachigen Raum – entsprechende Bestrebungen werden auch durch die

Eidgenössische Finanzmarktaufsicht (FINMA) verfolgt – in diesem Bereich der Token-Regulierung bereits eine Vorreiterrolle zu. Aufgrund der Vielzahl anwendbarer Gesetze ist dabei vor einem Token-Offering gerade in Deutschland auf eine korrekte rechtliche Einordnung durch die ausgebende Institution, unabhängig von deren Firmensitz, zu achten (Adam 2020; Urban 2020).

Doch nicht nur die gesetzlichen Rahmenbedingungen sind entscheidend für das Entstehen einer Token-Ökonomie. Start-ups, Initiativen und Verbände sowie Universitäten und Hochschulen als Know-how-Träger und Kompetenzvermittler spielen eine bedeutende Rolle. Die folgenden Ausführungen bieten zunächst einen Eindruck der aktuellen Verbreitung der Token-Ökonomie im Kontext von Start-ups, Initiativen und Hochschullehre. Auf die wirtschaftliche und industrielle Verbreitung der Token-Ökonomie nehmen die nachfolgenden Kapitel Bezug.

3.1 Start-ups als Teil der Token-Ökonomie

Analog zur dynamischen Entwicklung der Distributed-Ledger-Technologie selbst sind weltweit auch Start-ups und Projekte rund um verschiedene Anwendungsfälle nahezu sprunghaft entstanden. Dies gilt insbesondere für solche Start-ups, die eine konsequente Digitalisierung etablierter Unternehmensprozesse zum Ziel haben (Adam 2020, S. 164). Einer Studie des Instituts der deutschen Wirtschaft zufolge, weisen innerhalb der Europäischen Union etwa 1.400 Unternehmen Blockchain-zentrierte Geschäftsmodelle auf, von denen rund 17 % in Deutschland ansässig sind. Das ist ein höherer Prozentsatz als in jedem anderen europäischen Land. Auffallend ist, dass neben Kryptowährungen etwa 60 % der Unternehmen andere Anwendungsfälle und Geschäftsmodelle in den Fokus stellen (Demary und Demary 2021a). Gemäß der Studienreihe des Instituts der deutschen Wirtschaft, die im Februar 2021 veröffentlicht wurde, wächst die Zahl der Blockchain Start-ups

in Deutschland zwar stetig an, ist aber, absolut und auf die Zahl der deutschen Erwerbstätigen betrachtet noch recht gering (Demary und Demary 2021b). Den im Rahmen der Studie analysierten Daten von Crunchbase zufolge, gibt es mittlerweile etwa 275 Unternehmen in Deutschland, die mit der Technologie arbeiten¹. Von den vorhandenen deutschen Blockchain-Firmen sind dabei etwa 30 % älter als 5 Jahre und 41 % beschäftigen mehr als 10 Mitarbeiter. Weitere 32 % kommen auf 11 bis 50 Mitarbeiter, weitere 6 % auf 51 bis 250 Mitarbeiter und 3 % auf über 250 Mitarbeiter. Generell befinden sich die meisten der Unternehmen in Berlin, gefolgt von Frankfurt und München (Demary und Demary 2021b). Im Folgenden werden einige bekannte deutsche Blockchain-Start-ups und Unternehmen sowie ihre ausgewählten Projekte vorgestellt.

Deutsche Bundesbank und das Ocean Protokoll

Die Deutsche Bundesbank arbeitet zusammen mit der BigchainDB GmbH an dem Aufbau eines dezentralen Datenaustauschprotokolls, basierend auf dem Ocean Protokoll. Das Ocean Protokoll ermöglicht den Handel von Datensätzen, wobei der Marktplatz selbst Blockchain-basiert ist. Das entsprechende OCEAN Nutzungs-Token erfüllt dabei diverse Zwecke im Protokoll. Eine Vorgabe bei der Auftragsvergabe war, dass das System, das im Rahmen des Projektes entwickelt wird, dazu in der Lage ist, große Datenmengen nachhaltig dezentral zu verarbeiten und zu verteilen (TED 2020).

Bitbond: Deutschlands erstes Security-Token Offering (STO)

Das Unternehmen Bitbond arbeitet seit 2013 an Blockchain-basierten Finanztechnologie-Lösungen. Durch die BaFin erhielt das Unternehmen, als erstes in Deutschland, die Erlaubnis einen STO durchführen zu dürfen (Bitbond 2021a). Im Rahmen des STO wurden Bitbond-Token verkauft. Käufern des Tokens werden dabei 4 % Zinsen pro Jahr und eine zusätzliche Gewinnbeteiligung von 60 % an durch Bitbond generierten Investments in Aussicht gestellt (Bitbond 2021b).

Euro Stablecoin (EURB)

Das Bankhaus von der Heydt mit Hauptsitz in München bietet neben traditionellen Finanzdienstleistungen ebenfalls bereits Dienstleistungen im Bereich Banking 2.0 an. Im Rahmen dessen schafft das Bankhaus beispielsweise Möglichkeiten zur sicheren Verwahrung von Krypto-Assets oder bietet Lösungen zur Tokenisierung auf der Blockchain an (Von der Heydt 2021). Des Weiteren hat das Bankhaus im Dezember 2020 angekündigt, einen Euro-Stable-Coin mit der Kennzeichnung EURB über die Stellar Blockchain und in Zusammenarbeit mit dem Unternehmen Bitbond an den europäischen Markt zu bringen (Weniger 2020).

Lukso - Blockchain für physische und digitale Güter

Lukso ist ein Blockchain-Infrastruktur-Start-up aus Berlin, das durch das Einbringen neuer Features, wie bspw. universeller Blockchain-Profile und spezieller Near Field Chips, die physische und digitale Welt mittels der Blockchain-Technologie verbinden will (Lukso 2021a). Zur zusätzlichen Finanzierung und der Distribution von Lukso-Token hat Lukso als erstes Projekt weltweit anstelle des vielfach verwendeten Initial Coin Offerings (ICO), ein reverse Initial Coin Offering (rICO) durchgeführt. Dieser begann am 06.06.2020 und endete am 16.02.2021. Anders als bei einem herkömmlich bekannten ICO, hatten Investoren im Fall des rICO die Möglichkeit, Teile des investierten Geldes vor dem Ende des rICOs wieder zu entnehmen, falls diese mit dem Fortschritt des Projektes nicht zufrieden waren oder aus anderen Gründen einen Teil des investierten Kapitals wieder zurückziehen wollten. Die Lukso-Blockchain soll im Sommer 2021 gestartet werden und die verkauften Lukso Token können aufgrund des genutzten Proof-of-Stake (PoS) Konsensalgorithmus im Anschluss an den Launch „gestaked“ werden (Lukso 2021b). Die Blockchain soll für diverse Use Cases genutzt werden, wie beispielsweise für das Tracken von physischen Gütern, dem Management von geistigen Eigentumsrechten, dem Sammeln von digitalen Sammlerstücken oder dem Handel von digitalen Werten auf dezentralen Marktplätzen (Hernandez et al. 2020).

¹ Eine ausführliche Diskussion zur Lage von Start-ups in Deutschland mit Bezug zur Blockchain-Technologie wird in Kapitel 5.4 durchgeführt.

3.2 Aktuelles Lehr- und Weiterbildungsangebot an Hochschulen in Deutschland

Neben politischen Aktivitäten und der Entwicklung Token-basierter Geschäftsmodelle durch Start-ups, sind die Themenbereiche Distributed-Ledger-Technologie, Blockchain, Tokenisierung und Token-Ökonomie auch im wissenschaftlichen Umfeld verankert. Insbesondere die Lehre und das Angebot an Hochschulen tragen zu einem breiten Verständnis der Token-Ökonomie bei und kann durch Absolventinnen und Absolventen sowie Gründungen in die Wirtschaft getragen werden. Nutzt man Suchmaschinen zur Studiengangwahl wie beispielsweise „Hochschulkompass.de“ wird jedoch ersichtlich, dass aktuell **lediglich vier Hochschulen** in Deutschland explizit einen Studiengang anbieten, der die Blockchain-Technologie offiziell bzw. auffindbar im Curriculum verankert hat (Hochschulkompass.de 2021). Andere „Begriffe“ wie z. B. „Künstliche Intelligenz“ oder „IoT“ wiederum erhalten 115 respektive 280 Treffer. Die Hochschulen, die explizit die Blockchain-Technologie in ihrer Studiengangsbeschreibung aufnehmen sind: Hochschule Mittweida, IU Internationale Hochschule, Karlsruher Institut für Technologie und die CODE University of Applied Science in Berlin. Neben der expliziten Verankerung in der Lehre finden sich aber auch Kompetenzzentren zur beruflichen Weiterbildung und Verbreitung von Blockchain-Kompetenzen an Hochschulen und Universitäten wieder. Die Verankerung in der Lehre bietet keinen Rückschluss auf die aktuelle Forschungslandschaft in Deutschland. Zahlreiche Fraunhofer-Institute und andere außeruniversitäre Forschungseinrichtungen aber auch Universitäten und Hochschulen widmen sich intensiv dem Thema der Tokenisierung auf unterschiedlichen Ebenen und mit verschiedenen Schwerpunkten². Im Folgenden werden ausgewählte Lehrangebote und Hochschulprojekte dargestellt:

CODE University Berlin – Bachelor of Science in Software Engineering

Die CODE University of Applied Sciences in Berlin ist eine private und staatlich akkreditierte Hochschule und bewirbt nach eigenen Angaben die Vermittlung von Fähigkeiten, die relevant für jegliche Digitalisierungstrends sind (Code University of Applied Sciences 2021b). Der englischsprachige Bachelor Studiengang „Software Engineering“ bietet Studierenden die Wahlmöglichkeit aus einem Spektrum von Modulen, die diverse Bereiche wie beispielsweise Programmiersprachen und Datenbanksysteme abdecken (Code University of Applied Sciences 2021a). Eines dieser Module trägt dabei den Titel „Blockchain and Cryptography“ und ermöglicht Studierenden den Einblick und Erwerb von Fähigkeiten in verschiedenen relevanten Bereichen (Code University of Applied Sciences 2020):

- ▶ Fundamentals of distributed ledger technologies (DLTs)
- ▶ Principles of consensus algorithms
- ▶ Fundamentals of public permission-less ledgers and private permitted ledgers
- ▶ Smart contract design and implementation
- ▶ Cryptocurrencies and token systems
- ▶ Scalability solutions, state channels, and side chains
- ▶ Digital wallets for DLTs
- ▶ DLT and blockchain governance
- ▶ Blockchain operations
- ▶ Fundamentals of cryptographic algorithms, hash functions, symmetric-key cryptography, public-key cryptography, crypto systems, cryptanalysis

² Eine ausführliche Darstellung der Forschungslandschaft in Deutschland übersteigt den Rahmen des anvisierten Umfangs des Fachdialogs Blockchain.

*Hochschule Mittweida - Master of Science
Blockchain & Distributed Ledger Technologies*

Die Hochschule Mittweida bietet einen Masterstudiengang mit dem Titel „Blockchain & Distributed Ledger Technologies“ an. Der Masterstudiengang hat eine Regelstudienzeit von vier Semestern und bietet zwei verschiedene Studiaausrichtungen an. Studierende können sich entweder für eine Ausrichtung mit technischem (Mathematik & Informatik) oder wirtschaftsnahen (Recht & Risk Management) Schwerpunkt entscheiden (Hochschule Mittweida 2021). Die Grundlagenmodule umfassen Thematiken wie Altcoins und das Krypto-Ökosystem, aber auch Konsensmechanismen, Tokenaufbewahrung, Blockchain-Applikationen oder die Interaktion mit Smart Contracts. Je nach Schwerpunkt werden verschiedene Wahlfächer angeboten (Hochschule Mittweida 2020). Beispiele hierfür sind:

- ▶ Digitalization and Society
- ▶ Risk-Management & Venture Capital Enterprises
- ▶ Internet der Dinge
- ▶ Grundlagen IT-Recht und Recht im Kontext von Blockchain & DLT
- ▶ Spieltheorie
- ▶ E-Entrepreneurship & Digital Innovation Management
- ▶ Foundations of Modern Cryptography
- ▶ Crypto Analysis

Technische Universität München - Certified Blockchain & Distributed Ledger Technology Manager

Das „TUM Institute of LifeLong Learning“ ist Teil der Technischen Universität München und hat die Aufgabe, internationalen Berufstätigen aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft die Weiterbildung in Bereichen wie Management und Leadership zu ermöglichen (Technische Universität München 2021b). Daher bietet das Institut u. a. den Kurs „Certified Blockchain & Distributed Ledger Technology

Manager“ an. Der Kurs soll Teilnehmer auf Managementaufgaben vorbereiten, bei denen das Thema Blockchain von Relevanz ist. Zwei verschiedene Module werden angeboten. Das erste Modul ist für Neueinsteiger in den Bereich der Blockchain-Technologie (Technische Universität München 2021a). Die Themen umfassen:

- ▶ Einführung in Blockchain & DLT
- ▶ Technologie öffentlicher Blockchains: Smart Contracts, Blockchain-basierter Systemaufbau
- ▶ Smart Contracts, Tokens & Coins
- ▶ Use Cases der Blockchain-Technologie, Gesetzgebungen, Regulation, Organisation
- ▶ Implikationen der Blockchain in Bezug auf Strategie und Businessmodellierung und Case Studies

Für Personen die bereits gewisse Erfahrungen im Bereich der Blockchain-Technologie mitbringen, wird zudem ein zweites Modul angeboten (Technische Universität München 2021a). Die Lehrinhalte hierbei sind:

- ▶ Real Estate (Tokenization, Digital Twin)
- ▶ Industrie 4.0 (M2M Transaktionen, Datenmarktplätze)
- ▶ Supply Chain (Track & Trace, Fälschungsprävention)
- ▶ Mobilität (Autonomous Agents, Multimodaler Transport)

Data & Knowledge Engineering Group an der Bergischen Universität Wuppertal

Die Data & Knowledge Engineering Group von Professor Bela Gipp mit Sitz an der Bergischen Universität Wuppertal arbeitet nach eigenen Angaben an diversen IT-Thematiken. Eines der relevanten Themen der Gruppe ist die Blockchain-Technologie.

Professor Gipp leitet seit August 2018 die Data & Knowledge Engineering Group, welche beispielsweise ein Projekt mit dem Titel „OriginStamp: Trusted Time Stamping via Bitcoin“ betreibt. Hierbei wird die Bitcoin Blockchain verwendet, um manipulations-sichere Zeitstempel für digitale Inhalte, wie z. B. Verträge oder Fotos zu erstellen (Bergische Universität Wuppertal 2020a, 2020b).

Das Blockchain Kompetenzzentrum der Universität Osnabrück

Das Blockchain Kompetenzzentrum der Universität Osnabrück möchte nach eigenen Angaben mit fundiertem Know-how in den Bereichen IT-Sicherheit, Anwendungsentwicklung und Akzeptanzforschung, mit Fokus auf Blockchain und Smart Contracts, eine interaktive Plattform für den Austausch von Start-ups, Unternehmen und anderen Interessensgruppen schaffen. Gleichzeitig werden Projekte und Prototypen mit Teams und Projektpartnern erarbeitet und entwickelt. Die Forschungsschwerpunkte liegen demnach unter anderem bei Themen wie der Entwicklung von digitalen Geschäftsmodellen und Plattformen sowie dem Entscheidungsverhalten von Anwendern aus (Universität Osnabrück 2021). Das Portfolio des Kompetenzzentrums besteht aus:

- ▶ Praxisorientierter Forschung u.a. zu Anwendungsmöglichkeiten, Akzeptanz und Adaption der Blockchain-Technologie
- ▶ Einem umfangreichen Netzwerk von Wissenschafts- und Wirtschaftskontak-ten in Deutschland und Europa
- ▶ Konsortialforschung mit Praxispartnern
- ▶ Workshops für Start-ups
- ▶ Seminaren über Blockchain und Smart Contracts
- ▶ Betreuung von Bachelor- und Masterarbeiten rund um die Themengebiete Blockchain und Smart Contracts
- ▶ Konzeptionierung, Entwicklung und Evaluation von Prototypen mit Ethereum und Hyperledger

Frankfurt School of Finance & Management - Blockchain Center

Das Blockchain Center der Frankfurt School of Finance & Management dient eigenen Angaben zufolge als Plattform für Unternehmen, Start-ups und weitere Gruppen, um relevantes Wissen und entsprechende Umsetzungen in Bezug auf Distributed-Ledger-Technologien mit Interessenten teilen zu können. Gleichzeitig agiert das Center selbst als Think Tank und untersucht unter anderem welche Anwendungsmöglichkeiten und Auswirkungen die Technologie und beispielsweise Kryptowährungen auf momentan bestehende Geschäftsmodelle haben. Des Weiteren werden Kurse in der Frankfurt School Blockchain Academy angeboten, um Blockchain-Wissen aufzubauen oder zu erweitern und entsprechende Zertifikate zu erwerben. Zurückliegende Forschungsprojekte des Centers beziehen sich bspw. auf Themen wie die Kreditvergabe über die Ethereum Blockchain oder die Entwicklung von E-Mobilität-Prototypen, die die Technologie verwenden (Frankfurt School of Finance & Management 2021).

3.3 Geförderte Projekte und Initiativen

Doch nicht nur in die Lehre von Hochschulen und Universitäten sowie deren Weiterbildungsangebot zieht die Distributed-Ledger-Technologie ein, sondern auch in öffentlich geförderte Projekte. Die folgenden Projekte stellen lediglich einen Auszug relevanter und aktuell geförderter Projekte sowie Initiativen und Verbände in Deutschland dar.

Future Energy Lab

Das Future Energy Lab wurde im August 2020 durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie initiiert und ist ein Pilotierungs- und Vernetzungslabor, das von der Deutschen Energie-Agentur (dena) umgesetzt wird und die Erprobung von innovativen digitalen Technologien in einem geeigneten Rahmen ermöglicht. Schwerpunkttechnologien des Labs sind dabei Blockchain, künstliche Intelligenz oder Big Data. Das Future Energy Lab vernetzt im Rahmen dessen diverse Akteure der Energie- und Digitalwirtschaft, um eine strategische und operative Kooperation zu fördern sowie Grundlagen für neue Standards zu schaffen (Deutsche Energie-Agentur 2021a). Ein

Projektbeispiel ist das „Machine ID Ledger“. Es ist ein Blockchain-basiertes und entsprechend dezentrales Verzeichnis für Geräte-Identitäten. Ein solches Verzeichnis soll eine eindeutige Identifizierung von Anlagen ermöglichen, die bspw. bei einer An- und Ummeldung Zeit und Aufwand einsparen kann (Future Energy Lab 2021). Gleichzeitig soll ein höherer Interoperabilitätsgrad unter den Anlagen selbst geschaffen werden, sodass diese besser miteinander kommunizieren können. Das wird unter anderem durch die Integration eines Smart Meter Gateway (SMGW) erreicht, der eine Kommunikationseinheit von intelligenten Messsystemen ist und als Vertrauensanker eingebunden wird. Beteiligt an dem Projekt sind neben Wissenschaftlern auch Blockchain-Start-ups sowie DAX-Konzerne. Dazu zählen unter anderem Energy Web, EY Law, Fraunhofer FIT, T-Systems und die Jacobs University (Deutsche Energie-Agentur 2020). Ein weiteres Projekt des Future Energy Labs ist das „Smart Contract Register“. Dieses soll digitale, automatisch ausführbare Verträge ermöglichen und dazu zu einem höheren Sicherheits- und Autonomisierungsgrad im Energiemarkt führen. Gleichzeitig schafft das Register die Grundlage für eine Senkung von Transaktionskosten, die Grundlage für neue Geschäftsmodelle und die Standardisierung bestehender und zukünftiger Prozesse im Bereich der Energiewirtschaft (Deutsche Energie-Agentur 2021b).

Schaufenster Sichere Digitale Identitäten

Das Entwicklungsprojekt LISSI „Let's initiate self-sovereign identity“ wurde im Juni 2019 von verschiedenen Wirtschaftsvertretern gegründet und zielte darauf ab, Lösungen für sichere digitale Identitäten zu schaffen, die im internationalen Markt Anwendung finden können. Es wird ein „mobile Wallet“ eingesetzt, das auf technischer Seite die Distributed-Ledger-Technologie verwendet und auf dem Open-Source-Framework von Hyperledger Aries basiert (lissi 2021b). Geleitet wird das Projekt von der Main Incubator GmbH. Weitere Partner sind beispielsweise die Commerzbank AG, GS1 und Bundesdruckerei GmbH (lissi 2021a). Das Konsortium bewarb sich im Januar 2020 auf den vom BMWi ausgeschriebenen Wettbewerb „Schaufenster Sichere Digitale Identitäten“ und wird seit dem 1. Juli 2020 als Verbundprojekt unter dem Titel „IDunion“ (vormals „SSI für Deutschland“) gefördert (lissi 2021b; BMWi).

Der Blockchain Bundesverband

Der Blockchain Bundesverband wurde am 29. Juni 2017 gegründet und besteht aus diversen Interessensgruppen in Deutschland, die Distributed-Ledger-Technologien sowie generell auf Kryptografie basierende dezentrale Technologien fördern wollen. In diesem Rahmen organisiert der Blockchain Bundesverband diverse Veranstaltungen und verfasst beispielsweise Positionspapiere zu relevanten Themen. Des Weiteren hat der Blockchain Bundesverband Kernforderungen verfasst, die dazu führen sollten, dass sich das Potenzial der Blockchain-Technologie in Deutschland entfalten kann. Unter anderem fordert der Blockchain Bundesverband die Schaffung einer innovationsfreundlichen Rechtssicherheit im zivilrechtlichen, steuerlichen und regulatorischen Bereich zur Steigerung der Attraktivität Deutschlands als Wirtschaftsstandort sowie gesetzlich vorgeschriebene Schnittstellen zur elektronischen Datenauskunft bzw. Datenbereitstellung an andere Marktteilnehmer sowie die Förderung von Ausbildung und Wissenschaft zum Thema Blockchain (Blockchain Bundesverband 2021). Dem Blockchain Bundesverband sind bereits eine Vielzahl an Unternehmen und Forschungsinstituten beigetreten. Beispiele hierfür sind:

- ▶ BitBond
- ▶ Bitwala
- ▶ Börse Stuttgart
- ▶ Bundesdruckerei
- ▶ Chainstep
- ▶ Deutsche Telekom
- ▶ Energy Web Foundation
- ▶ Fraunhofer FOKUS
- ▶ Frankfurt School
- ▶ IOTA
- ▶ Lukso
- ▶ Ocean Protocol
- ▶ Slock.it
- ▶ Volksbank Mittweida
- ▶ 51 nodes

Blockchain Europe

Mit dem vom Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen geförderten Projekt „Blockchain Europe - das Projekt zum Aufbau des Europäischen Blockchain-Instituts in NRW“ wird gemeinsam mit Unternehmen und weiteren Forschungseinrichtungen die Blockchain-Technologie vorangetrieben. Im Rahmen des Projekts wird zu zollrechtlichen Fragestellungen aber auch Use Cases im Bereich Transport und Gefahrgut sowie neuen Geschäftsmodellen geforscht. Dazu wird passende Open Source Software entwickelt. Es soll ein europaweit einzigartiges Institut geschaffen werden, das die Tokenisierung in Wissenschaft und Praxis antreibt. Damit ergänzt die Forschung im Europäischen Blockchain-Institut die Arbeit am Wissenschaftsstandort Dortmund und knüpft direkt an die bereits bestehende Forschungsinfrastruktur des Innovationsökosystems an (Blockchain Europe 2020, 2021).

Blockchain Reallabor

Ein weiteres nordrhein-westfälisches Projekt zum Themenbereich Blockchain und Distributed-Ledger-Technologien ist das Blockchain Reallabor, welches die Entwicklung und Erprobung Blockchain-basierter Lösungen im Rheinischen Revier in Praxisprojekten unterstützt. Schwerpunkt ist hierbei die Transformation von Unternehmen, speziell im Rheinischen Revier und der Einsatz von Distributed-Ledger-Technologien in den Bereichen Energie, Finanzen, Produktion, Logistik und öffentliche Verwaltung. Das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderte Projekt wird dabei auch vom Land Nordrhein-Westfalen begleitet und ist ferner Teil des landesweiten Netzwerkes „blockchain.nrw“ (Blockchain Reallabor 2021; Blockchain NRW 2021).

3.4 Fazit: Status Quo der Token-Ökonomie in Deutschland

Der Überblick zur Verbreitung von Blockchain und Distributed-Ledger-Technologien im Allgemeinen zeichnet ein heterogenes Bild der Lage in Deutschland. Die stichprobenartige Recherche zeigt auf, dass Distributed-Ledger-Technologien und die damit verbundenen Potenziale und Lösungsansätze trotz - oder

Dank - zahlreicher Hypes und lebhafter, teils kontroverser Diskussionen in der Hochschullandschaft und auch geförderten Projektlandschaft angekommen sind. Unternehmensgründungen, Projekte, Verbände und Initiativen in diesem Themenbereich unterstreichen die privatwirtschaftlichen Aktivitäten und die Motivation diesbezüglich. Die Berücksichtigung in der Strategie der Bundesregierung von aufkommenden Lehrangeboten an diversen privaten und öffentlichen Hochschulen und nicht zuletzt öffentlich geförderte Projekte, Initiativen und Institute vervollständigen diesen Eindruck.

Aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive betrachtet erscheint eine deutsche Token-Ökonomie jedoch weiterhin eher ein in der Entstehungs- und Wachstumsphase befindlicher Wirtschaftszweig, und weniger ein etablierter Wachstums- und Wohlstandsmotor für Deutschland zu sein. Dies zeigen auch aktuelle Umfragen wie des Bitkom e.V. Auch die absoluten Zahlen an Start-ups und Projekten im Bereich der Distributed-Ledger-Technologie lassen bis dato keine Marktsättigung vermuten. Die Diversität von Start-ups und Projekten scheint allerdings auf einen Konsens bezüglich des enormen Potenzials von Blockchain-basierten Geschäftsmodellen in einer Vielzahl von Bereichen hinzuweisen. Jedoch gilt es, diese Potenziale in den Folgejahren erst noch zu heben. Beispielsweise indem Geschäftsmodelle in die breite Anwendung gebracht und hochskaliert werden und auch eine entsprechende Verankerung auf Seiten der öffentlichen Verwaltung ermöglicht wird. Auch die akademische Grund- und Fortbildung zu Token- und Blockchain-basierten Geschäftsmodellen, sowohl aus technischer als auch aus juristischer, betriebs- und volkswirtschaftlicher Perspektive, bietet weiterhin ein großes Potenzial, um geeignete Fachkräfte in großer Zahl selbst auszubilden. Über die Verknüpfung der Hochschulen mit öffentlichen oder privatwirtschaftlichen Projekten besteht zusätzlich die Chance, auch Expertinnen und Experten aus dem Ausland für den Forschungs- und Wirtschaftsstandort Deutschland zu gewinnen. Dies böte nicht nur die Gelegenheit, die Qualität der Lehre und die Qualifikation der Fachkräfte weiter zu steigern, sondern könnte zugleich dazu beitragen, strategisch wichtiges Expertenwissen für diese zukunfts-trächtige Technologie im eigenen Land zu binden.

4 CHANCEN DER TOKEN-ÖKONOMIE FÜR DIE DEUTSCHE VOLKSWIRTSCHAFT

Zur ganzheitlichen Bewertung, welchen Beitrag Token bzw. die Distributed-Ledger-Technologie und die Blockchain-Technologie für das **Wachstum und die Nachhaltigkeit** der deutschen Volkswirtschaft leisten können, ist es notwendig, die aktuellen makroökonomischen und wirtschaftspolitischen Herausforderungen zu verstehen. Unter Token-Ökonomie werden nachfolgend der Einsatz von Token aber auch der damit verbundene Einsatz von Blockchain-Lösungen im Zusammenhang mit der Distributed-Ledger-Technologie verstanden.

Im Jahr 2020 und auch aktuell in 2021 prägt vor allem die Corona-Pandemie das wirtschaftliche aber auch gesellschaftliche Geschehen in Deutschland, Europa und weltweit. Der Sachverständigenrat zur Begutachtung der Gesamtwirtschaftlichen Entwicklung resümiert in seinem Jahresgutachten 2020/2021, dass Deutschland jedoch schon vor der Pandemie von langfristigen Veränderungen geprägt war. Dabei sind insbesondere der durch den technologischen Fortschritt geprägte **Strukturwandel**, der **demografische Wandel** und die **Klimakrise** als die zentralen Herausforderungen zu betrachten (Sachverständigenrat zur Begutachtung der Gesamtwirtschaftlichen Entwicklung 2020). Aus diesem Grund fordert der Sachverständigenrat eine Bewältigung der bestehenden aktuellen Corona-Pandemie-induzierten, wie auch langfristigen Herausforderungen durch die Stärkung der ökonomischen Resilienz und Erhöhung des Wachstumspotenzials.

Als besondere Herausforderung betrachtet der Sachverständigenrat dabei die Klimakrise und die damit einhergehenden politischen Maßnahmen. So fordern die Sachverständigen beispielsweise ein international koordiniertes Vorgehen und einen sektorübergreifenden europäischen Emissionshandel. Darüber hinaus fordern die Sachverständigen u. a. den Ausbau von grünem Wasserstoff und eine Verbesserung der Ladeinfrastruktur für E-Autos. Besonders betont wird dabei die industriepolitische Chance neuer kli-

maorientierter, technologiegetriebener und ressourcenschonender Geschäftsmodelle. Ferner resümiert der Sachverständigenrat: „Um international den CO2-Fußabdruck von Produkten nachvollziehbar zu machen, sollten die Möglichkeiten der Produktzertifizierung verbessert werden. Zudem kann die Kennzeichnung wirtschaftlicher Aktivitäten hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit asymmetrische Information auf den Kapitalmärkten reduzieren und dadurch privates Kapital in Zukunft mobilisieren“ (Sachverständigenrat zur Begutachtung der Gesamtwirtschaftlichen Entwicklung 2020, S. 221). Gerade in diesen Bereichen könnten Distributed-Ledger-Technologien und Token eine wichtige Rolle in der Zertifizierung, Nachvollziehbarkeit oder beim Ausbau neuer Geschäftsmodelle und deren Preismodelle, z. B. im Bereich der selbstständigen Zahlung an Elektrosäulen, spielen. Innerhalb des „Fachdialogs Blockchain“ wird der Bereich Nachhaltigkeit jedoch separat betrachtet, sodass die folgenden Ausführungen sich primär auf die Bereiche der Innovationsförderung und Wachstumssicherung durch die Token-Ökonomie beschränken.

4.1 Branchenstärkung mithilfe der Distributed-Ledger-Technologie

Produktivitätswachstumsschübe sind in Deutschland primär durch Digitalisierungsvorhaben realisierbar. Dabei spielen neben Forschungseinrichtungen und Gründern vor allem auch etablierte Konzerne und kleine und mittlere Unternehmen innerhalb der deutschen Innovationslandschaft gleichermaßen eine entscheidende Rolle. Im Vergleich zu kleinen und mittleren Unternehmen gelingt es jedoch großen Unternehmen und Konzernen eher Produkt und Prozessinnovationen einzuführen und am Markt zu etablieren und in neue Geschäftsmodelle zu überführen. Der Sachverständigenrat zur Begutachtung der Gesamtwirtschaftlichen Entwicklung betont neben einer Notwendigkeit von Produkt- und Prozessinnovationen dabei insbesondere die Rolle von **Plattform-basierten Geschäftsmodellen** und beobach-

tet das Eindringen branchenfremder ausländischer Plattformen in tradierte, europäische Marktsegmente (Sachverständigenrat zur Begutachtung der Gesamtwirtschaftlichen Entwicklung 2020). Durch das starke Wachstum digitaler Geschäftsmodelle und internationaler Konkurrenz aus den USA und China, sieht sich auch die deutsche Wirtschaft gefordert, weiterhin in die Digitalisierung und eine agile Innovationslandschaft zu investieren, um wettbewerbsfähig zu bleiben (Bardt und Lichtblau 2020). Mit Blick auf den fortschreitenden Strukturwandel zeigt sich, dass es vor allem technologieintensiven Branchen gelingt, den seit den 1990er Jahren einsetzenden Strukturwandel zu bewältigen (Bardt und Lichtblau 2020). So sind die **Automobilindustrie**, der **Maschinenbau** und die **chemisch-pharmazeutische Industrie** nicht nur die drei umsatzstärksten Branchen in Deutschland (Statista 2021), sondern auch die Branchen, die am meisten durch die Globalisierung und den dadurch induzierten Strukturwandel und der Technologisierung profitiert haben (Bardt und Lichtblau 2020).

Ferner zeichnet sich die deutsche Industrie durch hohe Komplexität aus und liegt beim **Economic Complexity Index** weltweit hinter Japan und Schweden auf Platz drei (Bardt und Lichtblau 2020, S. 13). Des Weiteren ist die deutsche Industrie vor allem von stark internationalisierten Wirtschafts- und Exportaktivitäten geprägt und profitiert somit von neuen Wohlstandsnationen z. B. im asiatischen Raum, deren Nachfrage nach hochwertigen und maßgeschneiderten Produkten, beispielsweise im Automobilsektor, steigt. Gleichzeitig ist Deutschland fest in das europäische Produktionsnetz integriert und ist an Vierteln aller Inputlieferungen beteiligt (Bardt und Lichtblau 2020). Dabei ist der Dienstleistungssektor eng mit dem produzierenden Gewerbe verbunden, sodass kombinierte Industrie- und Dienstleistungskomponenten entstehen (Bardt und Lichtblau 2020). Diese Eigenschaften der deutschen Industrie können zum einen als Vorteil für die Umsetzung von Digitalisierungsvorhaben und einer fortschreitenden Automatisierung betrachtet werden. Gleichzeitig führen die komplexen und verwobenen Strukturen und der hohe Grad an Spezialisierung zu Herausforderungen bei der Implementierung von Innovations- und Digi-

talisierungsvorhaben. Dies spiegelt sich auch in einem seit Mitte der 2000er Jahre stetigen **Rückgang der Produktivitätswachstumsraten** wider (EFI - Expertenkommission Forschung und Innovation 2021). Sowohl die Innovationsraten in der Industrie, wie auch im Dienstleistungssektor sind laut der Expertenkommission Forschung und Innovation rückläufig (EFI - Expertenkommission Forschung und Innovation 2021).

Als neue Technologie, die effiziente Prozesse, neuartige Geschäftsmodelle und Geschäftsfelder und vor allem intermediärfreie Abwicklungen von Transaktionen und den angriffssicheren Austausch von Daten sowie eine Abbildung von Rechten mithilfe von Token ermöglicht, birgt die Distributed-Ledger-Technologie bzw. die Blockchain-Technologie als Form der Distributed Ledger Technologie großes Potenzial zur Steigerung der Produktivität. Die Distributed-Ledger-Technologie und der Einsatz von **Token als Innovationstreiber**, kann die deutsche Industrie stärken und dazu führen, dass konkurrierenden Plattformgeschäftsmodelle ein europäisches Gleichgewicht entgegengesetzt wird und eigene, innovative Geschäftsmodelle realisiert werden. Doch wie genau kann die Token-Ökonomie die deutsche Volkswirtschaft stärken und zu einem neuen Produktivitätswachstum durch verbesserte Prozessinnovationen und neue Geschäftsmodelle beitragen? Dazu werden im Folgenden die Automobilbranche, Maschinenbau und Chemiebranche als die drei umsatzstärksten Branchen in Deutschland (Statista 2021) exemplarisch begutachtet.

4.1.1 Potenziale der Token-Ökonomie für die Automobilbranche

Die Automobilbranche ist nicht nur die umsatzstärkste Branche in Deutschland, sondern mit einem FuE-Anteil von 38 % auch die forschungsintensivste Branche in Deutschland (BMW 2021a). Die Automobilbranche wird vor allem von der **mittelständischen Zuliefererindustrie** mit einem Anteil von gut 70 % an der gesamten Branchenwertschöpfung geprägt. Als stark exportorientierte Branche ist sie zum einen betroffen von aktuellen Handelsbarrieren und abhängig von der ausländischen Kaufkraft,

zum anderen vollzieht sich ein elementarer **Strukturwandel** innerhalb des Automotive-Bereichs hin zu einer Effizienzsteigerung und Emissionsvermeidung, der **Elektromobilität** und dem **autonomen Fahren** (IPE Institut für Politikevaluation GmbH et al. 2019). Die deutschen Automobilbauer haben das Potenzial der Distributed-Ledger-Technologie zur Adressierung der genannten Herausforderungen erkannt und sich u. a. in der internationalen **Mobility Open Blockchain Initiative** zusammengeschlossen, um gemeinsam die Distributed-Ledger-Technologie im Zusammenhang mit Künstlicher Intelligenz und IoT zu erforschen und Standardisierungen zu erarbeiten. Die Automobilbranche kann dabei auf vielfältige Art und Weise von der Tokenisierung profitieren – zum einen können Plattformen und neuartige Geschäftsmodelle im Bereich der Elektromobilität in Kombination mit Mikrotransaktionen realisiert, zum anderen interne Prozesse und die Transparenz komplexer Supply Chains verbessert werden (Sunyaev et al. 2021).

So baut BMW seit 2019 mit seinem Projekt „PartChain“ eine eigene Blockchain-Plattform auf, um weltweit kritische Rohstoffe und Bauteile sicherzustellen (BMW-Group 2020). Initiiert wurde das Projekt über die Mobility Open Blockchain Initiative und hat das Ziel, langfristige Transparenz und Nachvollziehbarkeit entlang der Lieferkette zu bieten. Auch die Volkswagen AG befasst sich mit der Distributed-Ledger-Technologie im Kontext transparenter Lieferketten von Rohstoffen wie Blei (Volkswagen AG 2019). Darüber hinaus pilotiert BMW aber auch Projekte im Bereich des digitalen Fahrzeugpasses zur Nachvollziehbarkeit der Fahrzeughistorie und Fälschungssicherheit von Angaben bei Fahrzeugwechsel. Die Distributed-Ledger-Technologie könnte hier auch zur Übertragung von verifizierten Daten an KFZ-Versicherungen dienen (BMW-Group 2019). Auch die Daimler-AG ergründet das Potenzial der Technologie für die Automobilbranche. So setzt die Daimler-AG beispielsweise im Rahmen eines Pilotprojekts eine Blockchain-Lösung ein, um innerhalb der Kobalt-Lieferkette den Ausstoß klimaschädlicher Gase und den Anteil an Sekundärmaterialien von Batterieherstellern nachzuvollziehen (Daimler AG 2021a). Darüber hinaus forscht die Daimler-AG nach eigenen Angaben insbesondere an den Konzepten Mobility-as-a-Service und einer

Blockchain-basierten Plattformlösung, bei der Token für die Abrechnung und Buchung von Services eingesetzt werden sollen. Ebenso soll die Lösung einen Beitrag zur Digitalisierung von Verträgen leisten und durch eine Blockchain-basierte Übertragung von Eigentumsrechten Verwaltungsaufwand reduzieren. Darüber hinaus ermöglicht aus Sicht der Daimler-AG die **Tokenisierung von Vermögenswerten** neue Geschäftsmodelle, z. B. im Bereich der E-Ladesäulen. Eigentümer, Nutzer und Betreiber können hier die Zahlungen gemäß der Leistungen und Nutzung der Ladesäulen über Token automatisiert abwickeln (Daimler AG 2021b).

Neben den Praxisbeispielen und Pilotprojekten der Automobilkonzerne wird der Einsatz von Token und das damit verbundene Potenzial für die Automobilindustrie auch in der Literatur diskutiert (Fraga-Lamas und Fernandez-Carames 2019; Hornyák und Alkhoury 2021; Preikschat et al. 2021; Kuhn et al. 2021). Kuhn et al. (2021) diskutieren beispielsweise den Einsatz von **Token zur Integration von Produktinformationen** innerhalb des Manufacturing Execution Systems. Ebenso weisen Kuhn et al. (2021) darauf hin, dass Produktinformationen häufig nur als Transaktionsdaten und Events auf der Blockchain gespeichert wurden. Die Darstellung der Informationen über Token stellt aus Sicht von Kuhn et al. (2021) einen erheblichen Mehrwert dar, da sie einzelne Teilschritte wie Zusammenbau und Chargenprotokolle, wie auch Materialflüsse adäquat darstellen können. Preikschat et al. (2021) wiederum weisen auf das Potenzial der Blockchain-Technologie zur Verminderung von Fahrleistungsbetrug im Gebrauchtwagenmarkt, ähnlich wie bei den prototypischen, oben genannten Aktivitäten der BMW-Group hin. Fraga-Lamas und Fernandez-Carames (2019) wiederum betonen neben den bekannten Eigenschaften der Tokenisierung auch den Einsatz der Blockchain-Technologie zur Verbesserung der Cyber-Security im Kontext des autonomen Fahrens. Hornyák und Alkhoury (2021) arbeiten zusätzlich die Rolle von Token im Zusammenhang mit Smart Contracts insbesondere zur sicheren Datenübertragung und Datenweitergabe heraus. Damit lassen sich neue Geschäftsmodelle erschließen, die mit der sicheren bzw. nicht manipulierbaren Datenweitergabe und Übertragung neue Wertversprechen liefern.

4.1.2 Potenziale der Token-Ökonomie im Maschinen- und Anlagenbau

Der Maschinen- und Anlagenbau ist gemessen am Umsatz die zweitstärkste Branche in Deutschland nach der Automobilbranche (Statista 2021). Dabei ist der Maschinen- und Anlagenbau mit einem Anteil von 63 % Kleinstunternehmen und rund 33 % kleinen und mittlere Unternehmen und einem Restanteil von gut 4 % Großunternehmen stark mittelständisch geprägt. Die wichtigsten Sparten innerhalb des Maschinenbaus sind vor allem die Herstellung von Verbrennungsmotoren und Turbinen sowie die Herstellung von Lagern, Getrieben, Hebezeugen und Fördermitteln (ifo Institut 2021b). Der Maschinen- und Anlagenbau hat eine Exportquote von gut 80 % (BMW 2021c); dabei werden Umsätze vor allem in den USA, China, Frankreich, Vereinigtes Königreich und Polen erwirtschaftet (ifo Institut 2021b). Insbesondere die Corona-Krise zeigt, wie stark der Maschinen- und Anlagenbau von den internationalen Handelsbeziehungen und Investitionen anderer Branchen, wie z. B. im Automobilbereich abhängig ist. Obgleich die Branche auch Vorleistungen aus Deutschland bezieht, ist sie größten Teils von **Vorprodukten aus dem Ausland abhängig** (ifo Institut 2021a). Einzelne Sparten, wie z. B. die Medizintechnik, aber auch Kunststoff- und Gummimaschinenhersteller konnten jedoch innerhalb der Corona-Krise leicht positive Wachstumsraten verzeichnen (ifo Institut 2021a). Doch neben den kurzfristigen Herausforderungen der Corona-Krise ist auch der Maschinen- und Anlagenbau vom **Strukturwandel**, den international konkurrierenden Märkten, insbesondere China, sowie von den Herausforderungen des Klimawandels geprägt. Dazu kommt eine starke Abhängigkeit von anderen Industriezweigen und deren strukturellen Umbrüchen. Beispielsweise mussten deutsche Maschinenbauer innerhalb der letzten zehn Jahre deutliche Verluste im Bereich Industrieöfen, Druck- und Papiertechnik, Verpackungssowie Textilmaschinen hinnehmen (FTI-Andersch et al. 2021). Ebenfalls wirken sich der Wandel hin zur **Elektromobilität** verbunden mit neuen Geschäftsmodellen und die starke Konsolidierung internationaler Märkte im Automobilbereich auch unmittelbar auf den Maschinenbau aus. Folglich ist die Teilhabe am Absatzmarkt für Komponenten elektrischer An-

triebe ein entscheidender Wachstumsfaktor für den Maschinen- und Anlagenbau (VDMA 2018).

Insbesondere die steigende Konkurrenz **chinesischer Maschinenbauer** und auch das Aufkommen der Schwellenländer setzen die deutschen Maschinenbauer zunehmend unter Druck. Derzeit gilt „Made in Germany“ immer noch als wettbewerbsdifferenzierendes Qualitätsmerkmal, das mit einem hohen Servicestandard und Know-how einhergeht (FTI-Andersch et al. 2021). Nichtsdestotrotz müssen deutsche Maschinen- und Anlagenbauer zur Sicherung ihrer Zukunftsfähigkeit vermehrt auf **neue Geschäftsmodelle** und Serviceangebote setzen. Hier spielt die Gewinnung und Analyse von Daten z. B. im Kontext des Predictive Maintenance oder auch die Abbildung über digitale Zwillinge und digitale Lebenslaufakten eine entscheidende Rolle. Folglich sollen Betriebs- und Instandhaltungskosten gespart werden. Auch die Distributed-Ledger-Technologie und insbesondere Token können eine entscheidende Rolle bei der Gestaltung von neuen Geschäftsmodellen spielen und bereits bestehende, digitale Angebote, wie z. B. den digitalen Zwilling verbessern, indem Daten innerhalb von Produktionsnetzwerken manipulationssicher übertragen werden können. Token, zusammen mit IoT und Smart Contracts erlauben die **direkte Maschinenkommunikation** bzw. das Aushandeln von Bedingungen und Verträgen sowie die entsprechende Darstellung von Rechten und Werten. Ebenso werden **Pay-per-Use-Geschäftsmodelle** denkbar, sodass nicht der Verkauf einer Anlage oder Maschine im Vordergrund steht, sondern die Nutzung und eine entsprechende Vergütung gemäß Produktionsleistung. Darüber hinaus werden **dezentrale Produktionsnetzwerke** und eine entsprechende Abrechnung und Abbildung über Token erstmals mithilfe der Distributed-Ledger-Technologie möglich. Beispielsweise können additive Fertigungsnetze mithilfe der Blockchain dezentralisiert werden und über Token ein entsprechendes, Performancebasiertes Bezahlungssystem abgebildet werden (Zhu et al. 2020). Darüber hinaus können sensible Dateien und Eigentumsrechte mithilfe einer Blockchain vor Manipulationen gesichert werden (Kurpuweit et al. 2021). Ferner ist es möglich, dass in den Wertschöpfungsketten die Teilnehmer der nachgelagerten Märkte

begrenzte und kontrollierte Zugriffsrechte zu Daten und Informationen erhalten. Laut einer Umfrage des Bitkom e.V. (2019b) zur Verbreitung der Blockchain-Technologie in Deutschland sehen deshalb auch 76 % der befragten Maschinen- und Anlagenbauer vor allem große Potenziale im **Identity-Management von Maschinen** und Sensoren und in der Verwaltung von verteilten Programmen (43 %). Gleichzeitig zeigt die Bitkom-Umfrage auf, dass vor allem Maschinen- und Anlagenbauer im Vergleich zu anderen Branchen **nur wenig an der Distributed-Ledger-Technologie interessiert** sind und diese vor allem kritischer sehen. Lediglich 12 % der über 1.000 befragten Maschinen- und Anlagenbauer zeigt sich aufgeschlossen (Bitkom e.V. 2019b).

4.1.3 Potenziale der Token-Ökonomie für die chemisch-pharmazeutische Industrie

Die chemisch-pharmazeutische Industrie (nachfolgend Chemieindustrie) ist ebenfalls eine der forschungsintensivsten Industrien und gemessen am Umsatz die drittgrößte Branche in Deutschland. Ihre Forschungsausgaben betragen gut 10 % des Umsatzes. Weltweit liegt die deutsche Chemiebranche direkt hinter den USA, Japan und China (BMW i 2021b). Die Chemieindustrie ist stark internationalisiert und durch weltweite Produktionsstätten gekennzeichnet. Als Hersteller von diversen Grundstoffen ist die Chemiebranche intensiv mit dem produzierenden Gewerbe verknüpft und integraler Bestandteil anderer Branchen wie z. B. Automobilbau, Bauindustrie oder Kunststoffverarbeitung. Die Chemiebranche ist darüber hinaus stark mittelständisch geprägt: Über 90 % der Betriebe verzeichnen weniger als 500 Mitarbeiter, die sich durch einen hohen Spezialisierungsgrad, z. B. in der Fein- oder Spezialchemie, auszeichnen und nicht selten als Hidden Champions auf dem Weltmarkt agieren (Verband der Chemischen Industrie e. V. 2015). Die Chemiebranche steht dabei jedoch angesichts einer sich abschwächenden Nachfrage aus den osteuropäischen Ländern und einem gleichzeitigen Ausbau eigener Produktionsstätten durch Schwellen- und rohstoffreiche Länder vor einem **Wettbewerbswandel** (Deloitte 2017). Auch die Nachfrage nach ressourceneffizienteren Produktionsprozessen und Energieeinsparungen

prägen das Wirtschaften der Chemiebranche. Ebenso sind Trends wie beispielsweise der Leichtbau mit Kunststoffen, Veränderungen in der Automobilbranche und im Baugewerbe innerhalb der Chemiebranche spürbar (Deloitte 2017). Zur Bewältigung immer strenger werdender behördlicher Auflagen und Vorgaben z. B. im Bereich Gefahrgut, dem sich verschärfenden internationalem Wettbewerbsumfeld und den Anforderungen der Kunden, investiert die Chemiebranche weiterhin stark in FuE-Ausgaben und sucht nach digitalen Lösungen und neuartigen Geschäftsmodellen (Gehrke und Rammer 2020).

Zudem kämpft die Chemiebranche seit jeher mit ihrem **Image** als CO₂-Verursacher und Treiber des Klimawandels (rheingold GmbH und Co. KG 2021). Die Chemiebranche kann dabei zum einen als Verursacher von CO₂-Emissionen einen wesentlichen Beitrag durch eine eigene, CO₂-arme Produktion, aber auch durch die Entwicklung innovativer Produkte in der Weiterverarbeitung für energieeffiziente Materialien wie z. B. im Baugewerbe einen Beitrag zur Reduktion des weltweiten CO₂-Austoß leisten. Entsprechend ist die Token-Ökonomie in der Chemiebranche, wie auch in der Automobilbranche und dem Maschinenbau, vielseitig einsetzbar. Sie hat das Potenzial die Transparenz innerhalb der Supply Chain von beispielsweise temperaturkritischen Produkten zu verbessern und kann gleichermaßen auch zur Vereinfachung von administrativen Prozessen im Bereich des Transports, in der Circular Economy, im Bereich der Qualitätssicherung, Verminderung von Produktfälschungen und Rohstoffprüfung wie auch der Zertifizierung eingesetzt werden.

Beispielsweise wird in der Literatur der Einsatz der Distributed-Ledger-Technologie zur Reduktion von Medikamentenfälschung und Verunreinigung chemischer Substanzen betont. Entscheidend ist hierbei die Integration der relevanten Stakeholder und Zertifizierungsbehörden (Musamih et al. 2021). Auch der internationale, oftmals noch papierbasierte Transport von **Gefahrgütern**, kann mithilfe von Distributed-Ledger-Technologien vereinfacht werden. Hier steht vor allem die Notwendigkeit, Daten bzw. Informationen zu den Gefahrgutklassen und transportierten Stoffen zu teilen und die vorschriftsmä-

ge Handhabung und Übergabe nachzuweisen (Imeri und Khadraoui 2018), im Vordergrund. Insbesondere der **Compliance-Bereich** kann hier von einer Tokenisierung profitieren und die Verwaltung von Compliance-Daten z. B. in der Pharmabranche (Audits, Selbstauskünfte und Zertifikate) vereinfachen, indem beispielsweise mithilfe eines Identity-Wallets nur eine einmalige Dokumentationsleistung gegenüber unterschiedlichen Kunden zu erbringen ist (Bitkom e.V. 2020b). Die positiven Eigenschaften der Technologie können auch dazu beitragen, dass die Chemiebranche und somit auch der Chemiestandort Deutschland größere **Akzeptanz innerhalb der Bevölkerung** erlangt. Dabei empfiehlt das Marktforschungsinstitut Rheingold GmbH in einer vom VCI e.V. in Auftrag gegebenen Studie, dass die Chemiebranche insbesondere den gesellschaftlichen Mehrwert ihrer Arbeit betonen und ein verstärktes Engagement bei gesellschaftlichen Themen, wie beispielsweise bei der Erhöhung von Umweltstandards in Ländern wie Indien und China und bei Recyclingfragen, zeigen sollte (rheingold GmbH und Co. KG 2021). Die Distributed-Ledger-Technologie kann hier einen Beitrag leisten, **Nachhaltigkeitsbestrebungen** der Chemiebranche glaubhaft zu machen – unter der Voraussetzung eines vorhandenen Technologieverständnisses bei der Zielgruppe.

Große Chemie- und Pharmakonzerne wie die BASF SE, Bayer AG oder die Henkel AG & Co. KGaA loten deshalb bereits heute in Pilotprojekten das Potenzial der Distributed-Ledger-Technologie in den genannten Bereichen der **Supply Chain Optimierung und Circular Economy** aus. Unter der Federführung der GS1 erprobt beispielsweise die Henkel AG & CO KG gemeinsam mit anderen Konzernen sowie **kleinen und mittleren Unternehmen** den über die Blockchain gesicherten Tauschprozess für Europaletten (Henkel AG & Co. KGaA 2018). Auch eher mittelständisch geprägte Unternehmen wie die Solvay GmbH erforschen selbstständig die Distributed-Ledger-Technologie im Rahmen der Circular Economy. Mithilfe der durch das europäische Rahmenprogramm Horizonte 2020 geförderten Plattform „Chemchain“ arbeitet die Solvay GmbH gemeinsam mit anderen Unternehmen an einer transparenten Lieferkette von Textilgarn mit dem Ziel, die genaue Zusammenset-

zung und den Ursprung der einzelnen Bestandteile nachzuvollziehen, sodass im Recyclingprozess die Bestandteile, die auf die Solvay GmbH entfallen, zurückgeführt werden können (Solvay GmbH 2021). Token spielen bei den oben genannten Bestrebungen der Supply Chain Transparenz eine besondere Rolle, da sie z. B. als **Anreizsysteme** für die Teilnahme im Sinne eines Revenue-Sharings oder aber auch als Entlohnung im Rahmen eines zirkulären Kreislaufs fungieren.

4.2 Digitalisierungslücken in der öffentlichen Verwaltung schließen

Eine nachhaltige Volkswirtschaft lebt nicht nur von starken Industriezweigen allein, sondern auch von funktionierenden, öffentlichen Institutionen und Verwaltungseinheiten. In seinem Jahresgutachten 2020/2021 resümiert der Sachverständigenrat zur Begutachtung der Gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, dass durch die Corona-Krise insbesondere die öffentlichen Bereiche der Verwaltung und das Gesundheitswesen sowie Bildungseinrichtungen und deren Digitalisierungsgrad in den Fokus der öffentlichen Debatte gerückt sind. Dabei ist die fehlende Digitalisierung im behördlichen Gesundheitswesen und der öffentlichen Verwaltung durch die Corona-Krise noch einmal präsenter geworden. So liegt **Deutschland im europäischen Vergleich bei E-Health** (Nutzung elektronischer Gesundheitsdienste) **auf Platz 26**. Beispielsweise stellt die Verlagerung auf papierlose und elektronische Rezepte sowie elektronischer Arbeitsunfähigkeitsbescheinigungen nach wie vor eine Herausforderung dar, wohingegen z. B. E-Rezepte in den Niederlanden bereits gängige Praxis sind. Auch im Bereich **E-Government liegt Deutschland mit Platz 21** im europäischen Vergleich auf den Schlussrängen. Insbesondere wichtige Bürgerdienste wie z. B. die An- oder Abmeldung eines Kraftfahrzeuges oder Ummeldungen bei Wohnsitzwechsel liegen weit hinter dem europäischen Durchschnitt mit Bezug auf ihre digitale Durchgängigkeit. Dabei kann auch die öffentliche Verwaltung das Innovationspotenzial der deutschen Volkswirtschaft durch unbürokratische und effiziente Verwaltungsprozesse stärken (Sachverständigenrat zur Begutachtung der Gesamtwirtschaftlichen Entwicklung 2020). Die Ex-

pertenkommission Forschung und Innovation betont zudem die Rolle, der innovationsorientierten, öffentlichen Beschaffung und die Bedeutung von Open Government Data für eine gestärkte Wirtschaft (EFI - Expertenkommission Forschung und Innovation 2021). Sowohl der Sachverständigenrat zur Begutachtung der Gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, wie auch die Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI - Expertenkommission Forschung und Innovation 2021) sind sich einig, dass die Corona-Krise zwar viele Innovationsprojekte verlangsamt, aber auch als eine Chance und als Katalysator ebenjener betrachtet werden kann. Die Sachverständigen betonen dabei vor allem die begonnenen bzw. beschleunigten Digitalisierungsbestrebungen insbesondere in der Verwaltung und auch im Bereich des Gesundheitswesens, obgleich Mängel und Defizite wie einer Standardisierung oder fehlenden europäischen Koordinierung z. B. im Falle einer Corona-Warn-App sichtbar geworden sind (Sachverständigenrat zur Begutachtung der Gesamtwirtschaftlichen Entwicklung 2020).

Das Onlinezugangsgesetz aus dem Jahr 2017 verpflichtet Bund, Land und Kommunen bis Ende 2022 alle Zugänge zu Verwaltungsleistungen digital anzubieten. Dazu kommt die Single Digital Gateway Verordnung der Europäischen Union, die eine einheitliche, digitale europäische Verwaltung anstrebt. Mithilfe der Distributed-Ledger-Technologie und einer entsprechenden Tokenisierung können dabei viele der Digitalisierungsbestrebungen und damit verbunden Herausforderungen adressiert werden. Es lassen sich bei Bund und Ländern bereits erste pilothafte Projekte und Erprobungen der Blockchain-Technologie feststellen. Laut einer Studie der Management- und Technologieberatung BearingPoint GmbH ließen sich 2020 insgesamt **52 Blockchain-Projekte**, davon 19 auf Bundesebene und 33 auf Länderebene, identifizieren (BearingPoint GmbH 2020). Ein besonders erwähnenswertes und prominentes Beispiel ist die Erprobung der Blockchain-Technologie im Kontext der behördenübergreifenden Regelung von Asylverfahren, initiiert vom Bundesamt für Migration und Flüchtlinge.

Auch auf europäischer Ebene ist mit der Initiierung der „European Blockchain Service Infrastructure“ ab 2021 der länderübergreifende Aufbau von einheitlichen Blockchain-Infrastrukturen z. B. im Bereich Hochschulzeugnisse oder sicherer Datenaustausch zwischen Behörden im Kontext einer Blockchain-basierten Abbildung von IOSS-Mehrwertsteuer-Identifikationsnummern geplant. Der IT-Planungsrat, bestehend aus Bund und Ländern, nennt zudem in seinem Sachbericht für Mai 2020 verschiedene Verwaltungsbereiche mit Potenzial für den Einsatz der Distributed-Ledger-Technologie u. a. Digitalisierung und Verfügbarkeit von Abschlusszeugnissen, KFZ-Zulassung und Benefit-Systeme. Letztere sollen beispielsweise, wie in der Stadt Wien bereits pilothaft erprobt wird, bürgerliches Engagement und CO₂-Einsparungen durch die Vergabe von sogenannten Kultur-Token fördern. Ebenso könnten über die Blockchain mithilfe von Smart Contracts öffentliche Register digitalisiert werden, indem automatisiert Umtragungen z. B. bei Firmensitzwechsel vorgenommen werden könnten. Voraussetzung dafür ist aber mitunter die sichere und eindeutige Identifikation von Firmen und Transaktionen im Einklang mit der eIDAS-Verordnung (IT-Planungsrat 2020).

Diese Beispiele zeigen, dass die Distributed-Ledger-Technologie und Blockchain-Lösungen auch im Verwaltungsbereich großes Potenzial bergen, bürokratische Prozesse für Unternehmen und Bürger zu vereinfachen. Elementar ist dabei eine Durchgängigkeit und Standardisierung bzw. einheitliche Regelung der unterschiedlichen Rahmenwerke, sodass langfristig alle bürokratischen Prozesse digital und bei Bedarf Blockchain-basiert abgebildet werden können. Eine einheitliche europäische Infrastruktur ermöglicht zudem eine Stärkung der politischen Europäischen Union und eröffnet neue Perspektiven in Bezug auf die Freizügigkeit von Personen, Waren und Dienstleistungen. Zudem ist die Rolle der Verwaltung als Beschaffer und auch die staatliche Auftragsvergabe in der Gestaltung von Innovationen nicht zu vernachlässigen. Die staatliche Nachfrage nach Blockchain-basierten Lösungen kann wesentlicher Treiber einer Token-Ökonomie sein.

4.3 Expertenperspektive: Chancen der Token-Ökonomie für Deutschland

Die Expertenperspektiven im Hinblick auf die Chancen der Token-Ökonomie komplementieren das oben gezeichnete Bild. Die im Rahmen des „Fachdialogs Blockchain“ schriftlich befragten Expertinnen und Experten sind sich darüber einig, dass insbesondere die Bereiche, in denen der Ausschluss von Intermediären sowie Maßnahmen zur **Vertrauensbildung** notwendig sind, von einer Tokenisierung profitieren können. Darüber hinaus sind Anwendungsbereiche, die von einem „Fractionalized Ownership“ profitieren, vor allem auch Crowdfunding oder Kleinanlegerinvestitionen, sodass eine neue Form der Teilhabe ermöglicht wird, eine lohnende Anwendung von Token. Teilhabe ermöglichen Token auch im Kontext von Bürgerbewegungen und Wahlen, aber auch eine Verbesserung des Gesundheitswesens und der **öffentlichen Verwaltung** werden von den befragten Expertinnen und Experten als mögliche Anwendungen von Token gesehen. Als wichtige Industrien, die von der Tokenisierung profitieren können, nennen die Expertinnen und Experten die **Logistik, den Energiesektor, die Pharmaindustrie** und auch den **Maschinenbau**. Die Befragten gehen hier aber vor allem auf die positiven Eigenschaften der Blockchain-Technologie und erst zweitrangig der damit verbundenen Tokenisierung ein. Vor allem wird die Schaffung von **Transparenz, Nachvollziehbarkeit und Automatisierung** hervorgehoben. Die Antworten der Befragten zeigen vor allem, dass der Einsatz von Blockchain-Lösungen und Token vielfältig denkbar ist. Ebenso sind die Befragten sich darüber einig, dass Token zu neuen **Geschäftsmodellen** und einer generellen Digitalisierung dieser beitragen können. Beispielsweise nennen die Expertinnen und Experten neue Ertragsmechanismen wie Pay-per-Use oder Mikro-Finanzierungen. Der Mehrwert dieser Abrechnungsansätze im Sinne eines Wertversprechens für den Kunden wird in der Effizienz, Automatisierung und Vereinfachung von Abläufen begründet. Damit verbunden ist das generelle Rationale, dass die Token-Ökonomie durch gesteigertes Vertrauen zu einem **Abbau der Transaktionskosten** führt. Ebenso wird die zentrale Bedeutung von Intermediären, die bis dato Funktionen der Vertrauensbildung einnehmen, angesprochen. Intermediäre

werden im Token-Kontext obsolet und entsprechend müssen intermediäre Geschäftsmodelle hinterfragt werden. Ferner wird die Möglichkeit von Peer-to-Peer-Netzwerken und dezentralen Wertschöpfungslogiken genannt. Gleichzeitig wird auch darauf hingewiesen, dass neben einer dezentralen Wertschöpfung auch mehr Coopetition (Kooperation von Wettbewerbern) denkbar ist und Rollen und Besitzverständnisse sich ändern. Die **Transformation von Ownership hin zu Usership** spiegelt sich entsprechend in den neuen Möglichkeiten der Vermögensabbildung wider.

Im Hinblick auf eine verbesserte **digitalisierte Verwaltung** durch die Distributed-Ledger-Technologie wurden in dem virtuellen Expertenworkshop am 12. Februar 2021 insgesamt 18 Expertinnen und Experten zu ihrer Vision, insbesondere den Chancen und Risiken einer „Deutschland-Chain“ befragt. Dieses Szenario beschrieb eine durchgängige Blockchain-Lösung, bei der Bundesbürger und Unternehmen befähigt werden, mithilfe eines Bundes-Wallets digitale Verwaltungsdienstleistungen papierlos zu nutzen. In ihrer Reaktion betonten die befragten Expertinnen und Experten vor allem die Rolle von **offenen Standards und Open Source** bei der Etablierung einer „Deutschland-Chain“. Ein klarer und verlässlicher Rechtsrahmen könnte dabei die Attraktivität für den Standort Deutschland steigern. Uneinig waren sich die Expertinnen und Experten dagegen, ob der Aufbau einer „Deutschland-Chain“ auf Basis von marktüblichen Blockchain-Lösungen und durch private, plurale Konsortien vorangetrieben werden muss, oder ob staatliche Infrastrukturen einheitlich bereitgestellt werden sollten, um so das Vertrauen der Bevölkerung und eine Standardisierung zu gewährleisten. Die Rolle einer **staatlichen Infrastruktur** wurde jedoch vor allem auch unter dem Aspekt der Kosten des Aufbaus und der Befähigung auch von kleinen und mittleren Unternehmen hervorgehoben. Ebenfalls wurde die Notwendigkeit von dezentralisierten und selbstbestimmten Identitäten als Grundvoraussetzung für das Gelingen einer „Deutschland-Chain“ unter Berücksichtigung der Bestrebungen auf europäischer Ebene, betont. Einig waren sich die Expertinnen und Experten darin, dass insbesondere die **Usability** und der einfache Zugang zur Technologie entscheidend seien, um die Akzeptanz bei Bürgern und Unternehmen herzustellen.

4.4 Fazit: Chancen der Token-Ökonomie für Deutschland

Als stark exportorientierte Volkswirtschaft mit komplexen Lieferketten und einer festen Integration in internationale Wertschöpfungsnetzwerke, kann die deutsche Volkswirtschaft von der Tokenisierung profitieren. Die Analyse der drei größten Branchen, der Automobilindustrie, Maschinenbau und die Chemisch-Pharmazeutische Industrie macht dies deutlich. Aktuelle Pilotprojekte und der Stand der Forschung zeigen, dass die Distributed-Ledger-Technologie insbesondere im Bereich des Supply Chain Managements eingesetzt wird, um Transparenz und Rückverfolgbarkeit der Rohstoffe und Erzeugnisse zu gewährleisten. Damit verbunden entstehen datengetriebene und plattformbasierte Geschäftsmodelle, die Unternehmen neue Erlösströme, Nutzenversprechen und Abrechnungsmodalitäten erlauben. Folglich trägt die Tokenisierung hier zu einer **Prozesseffizienz und neuen Innovationen** im Geschäftsmodellbereich bei und kann somit das **Produktivitätswachstum** der deutschen Volkswirtschaft erhöhen. Zu betonen ist dabei, dass nicht nur die drei exemplarisch untersuchten Branchen, sondern auch andere Industriezweige wie z. B. die **Lebensmittelindustrie, aber auch die Kreativ- und Musikbranche** von der Tokenisierung profitieren können. Insbesondere auch die **Logistik** und der deutsche Logistikstandort können durch eigene, tokenisierte Plattformlösungen und Geschäftsmodelle ihre Rolle innerhalb Europas und darüber hinaus als „Logistikweltmeister“ stärken. Da Anwendungsfälle vor allem im Bereich des **Supply Chain Managements** und innerhalb internationaler Lieferketten zu finden sind, kommt der Logistik als Bindeglied hier eine besondere Rolle zu. Für die Logistik als wettbewerbsintensive Branche im Spannungsfeld zwischen Standardisierung und Individualisierung sowie in ihrer immer stärker werdenden Rolle als Technologieanbieter, stellen Plattformen und Distributed-Ledger-Technologien einen erheblichen Vorteil dar. Über Plattformen können Logistikdienstleister ihre Prozesse optimieren und mithilfe von Distributed-Ledger-Technologien administrative Prozesse verschlanken, indem z. B. Quittierungen des Wareneingangs und

damit verbundene Zahlungen automatisiert erfolgen. Somit kann monopolistischen, tradierten Plattformunternehmen, beispielsweise aus den USA oder China, ein Gegengewicht entgegengesetzt werden. Auch der Bankensektor unterliegt bereits der Transformation durch die Token-Ökonomie, ist dabei aber noch einmal gesondert zu betrachten und wird nachhaltig durch die Tokenisierung und Kryptowährungen transformiert werden. Darüber hinaus bietet auch die öffentliche Verwaltung viele Anwendungsmöglichkeiten für die Distributed-Ledger-Technologie. Es zeigt sich hierbei, dass bereits auf europäischer Ebene und auch auf Bundes- wie Landesebene eine Vielzahl an Projekten erprobt werden und der Mehrwert der Technologie erkannt wird. Entscheidend für den Erfolg und die Adaption der Distributed-Ledger-Technologie ist dabei, dass nicht nur einige wenige Branchengrößen oder einige, ausgewählte Verwaltungsapparate die Technologie nutzen, sondern auch der Zugang für die vielen kleinen und mittleren Unternehmen einfach und mehrwertstiftend gestaltet wird, ohne dass sich **Abhängigkeiten** z. B. in der Zuliefererindustrie verstärken. Ebenso gilt es, die Angebote der Verwaltung bürgerfreundlich und über die verschiedenen Verwaltungsebenen und Ländergrenzen hinweg einheitlich zu gestalten.

Durch die internationale Vernetzung und Einbindung Deutschlands als exportorientierte Nation in die globalen Lieferketten, entsteht hier das Potenzial eine **Vorreiterrolle** einzunehmen und gemeinsam mit den internationalen Partnern Normen und (de-facto) -Standards aufzubauen. Die Marke „Blockchain made in Germany“ könnte dazu dienen, Vertrauen zwischen einzelnen Stakeholdern und Akteuren aufzubauen und somit zu einer Tokenisierung von Lieferketten beizutragen. Auch wenn die Distributed-Ledger-Technologie an sich Vertrauen und Dezentralität verspricht, zeigt sich in der Praxis, dass vor allem der Stakeholder, der das größte Vertrauen innerhalb eines Konsortiums genießt, der geeignetste Netzwerkinitiator zu sein scheint. Diese Rolle könnten deutsche Unternehmen aufgrund ihres hohen Ansehens und Images als „zuverlässiger Partner“ in der internationalen Gemeinschaft ausfüllen.

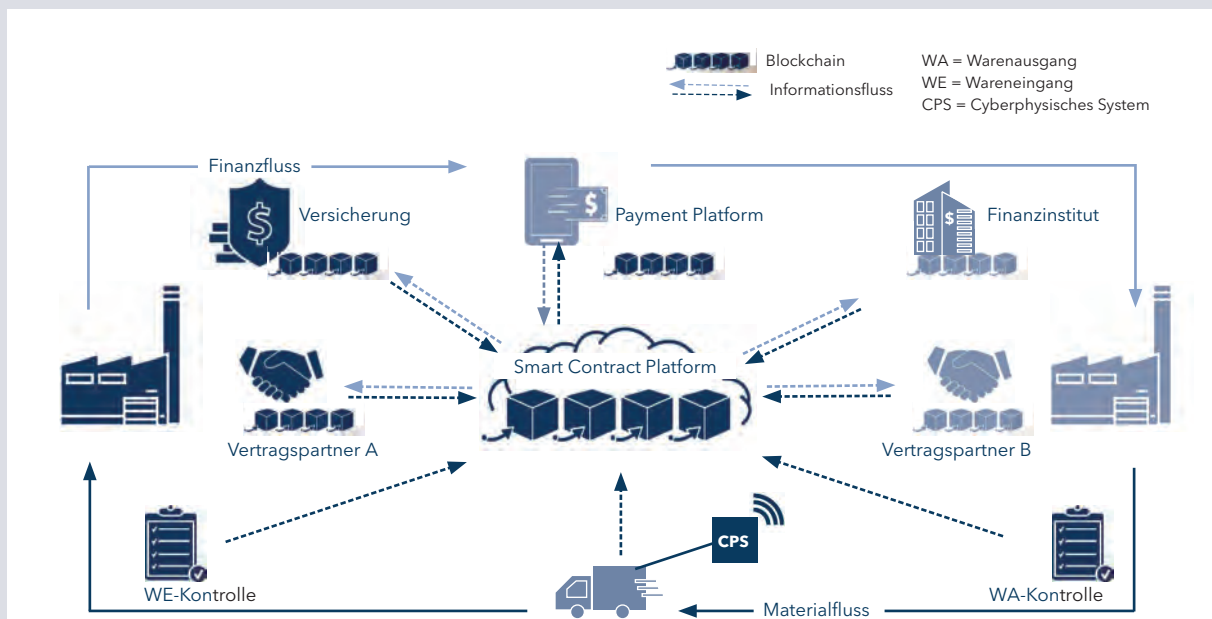
Ein neues Mindset für den Weg zur dezentralen Wertschöpfung

Mithilfe der Distributed-Ledger-Technologie werden dezentrale Wertschöpfungsmuster realisierbar. Traditionelle Supply Chains zeichnen sich durch ihre zentrale Organisation und Koordination aus. Beispielsweise organisiert ein Unternehmen die einzelnen Fertigungsschritte bei seinen Lieferanten, koordiniert die Transportaktivitäten und leistet die entsprechenden Zahlungen. In traditionellen „Pipeline-Geschäftsmodellen“ erfolgt die Wertschöpfung folglich sukzessive entlang der Lieferkette. Die Prozess- und Produktionsschritte erfolgen nacheinander, entsprechend sind auch administrative Prozesse wie Bezahlung oder Verwaltung zeitlich versetzt. Solche linearen Wertschöpfungsketten führen dazu, dass z. B. ein Original Equipment Manufacturer die Prozessschritte entsprechend kontrolliert und begleitet – auch wenn bestimmte Aufgaben wie z. B. Logistikdienstleistungen outgesourct werden, laufen sie an zentraler Stelle wieder zusammen. Mithilfe der Distributed-Ledger-Technologie bzw. innerhalb eines Blockchain-basierten Netzwerks können solche Prozessschritte und die Wertschöpfung dezentral erfolgen.



Durch Smart Contracts zusammen mit Cyberphysischen-Systemen und IoT-Devices können auf Basis eines Blockchain-Netzwerks die Teilnehmer autonom ihre entsprechenden Supply Chain Prozesse innerhalb des Netzwerks abwickeln und sind nicht auf eine zentrale Koordination angewiesen. Mithilfe der Blockchain-Technologie werden Daten dezentral und manipulationssicher gespeichert. Alle berechtigten Teilnehmer des Blockchain-Netzwerks erhalten eine vollständige Kopie dieser Daten. Infolgedessen wäre es innerhalb des Netzwerks für jeden Teilnehmer ersichtlich, welche Transaktionen wann und wie erfolgt sind. Beispielsweise wäre es möglich, mithilfe von Sensoren den Wareneingang bei einem Zulieferer zu erfassen, sodass entsprechend bekannt ist, dass die Ware unterwegs ist. Die entsprechende Wareneingangskontrolle kann ebenfalls automatisiert z. B. mittels Sensorik oder mobilen Devices, die durch den Mitarbeiter gesteuert werden, erfolgen. Entsprechend wird nach der Eingabe des Signals bzw. dem Bescheid des Wareneingangs ein Smart Contract getriggert. Dieser wiederum kann automatisiert die Bezahlung bei erfolgreicher Warenabnahme an den Zulieferer initiieren. Gleichzeitig kann auch ersichtlich werden, ob der Fahrer der Ware die entsprechenden Routen eingehalten hat oder sich an die entsprechenden Vorgaben z. B. beim Gefahrguttransport gehalten hat. Bestimmte Gefahrguttransporte sehen z. B. vor, dass Tunnel nicht durchfahren werden dürfen. Dies kann mithilfe von Echtzeit Track- und Trace-Anwendungen nachvollzogen werden. Entsprechend kann bei einer Verletzung dieser Auflage der Smart Contract nicht erfüllt werden und die Bezahlung findet nicht statt. Gleichzeitig könnte auch eine Versicherung in das Netzwerk integriert sein. Wird beispielsweise manipulationssicher und nachvollziehbar mithilfe der Blockchain nachgewiesen, dass die Ware nicht vorschriftsgemäß transportiert wurde, ist die Sachlage für die Versicherung eindeutig. Entsprechende Versicherungsauszahlungen könnten ebenfalls automatisiert über Smart Contracts erfolgen.

Weitet man das Netzwerk auf eine Vielzahl an Akteuren aus, wird ersichtlich, welche Mehrwerte die automatisierten Prozesse bieten können. Da keine zentrale Koordinationsstelle notwendig ist, sondern z. B. Zahlungen automatisiert zwischen unterschiedlichsten Supply Chain Partnern innerhalb des Netzwerks erfolgen können, spricht man in diesem Falle von einer dezentralen Wertschöpfung. Zudem werden Daten nicht zentral von einer Instanz, sondern innerhalb des Netzwerks verteilt vorgehalten. Jeder berechnigte Partner kann die entsprechenden Daten vorhalten, einsehen und validieren. Eine zentrale Koordinationsstelle entfällt – die Distributed-Ledger-Technologie schafft Vertrauen zwischen den Partnern und automatisiert mit der entsprechenden Datenverfügbarkeit- und Qualität die darunterliegenden Prozesse. Deshalb wäre es z. B. möglich, dezentrale Fertigungsstätten aufzubauen. Beispielsweise könnten Produktionsaufträge über eine digitale Datenplattform automatisiert an den Maschinenpark gesendet werden, der die geringste Auslastung hat. Bei Produktabnahme kann hier automatisiert mithilfe eines Smart Contracts (z. B. getriggert nach Erfassung der Produktfertigstellung und Versand an die korrekte Adresse) eine Bezahlung an den Hersteller erfolgen. Infolgedessen bedarf es keinerlei Intermediäre, die eine solche Fertigungsweise monitoren. Auch dieses Szenario entspricht einer dezentralen Wertschöpfung.



Blockchain und Smart Contracts für eine dezentrale Wertschöpfung (Darstellung Fraunhofer IML, Quelle: Prinz und Schulte 2017)

Durch diese Dezentralität entfallen jedoch viele klassischen Prozess- und Arbeitsschritte innerhalb von Organisationen. Die Arbeitsabläufe und auch die Arbeitsweise ändern sich massiv. Gleichzeitig werden die Kooperation und Kollaboration mit unbekanntem Partnern und Akteuren auf einmal greifbarer und möglich. Entsprechende, aufwändige Vertragsanbahnungen oder Kontrollmechanismen werden mitunter obsolet. Eigene Wertschöpfungsschritte können ausgelagert werden und bedürfen weniger Überprüfung. Zudem birgt dies das Potenzial in dezentralen Geschäftsmodellen zu denken – wie z. B. die Verteilung von Maschinenkapazitäten über unterschiedliche, unabhängige Fertigungsstätten oder der Handel sowie die standort- und aufwandsgerechte Abrechnung von entsprechenden Maschinendaten. Netzwerkbasierende Geschäftsmodelle rücken somit in den Vordergrund und lösen jene Geschäftsmodelle ab, die auf ihrer Funktion als Intermediär bauen. Entsprechend verändert die Distributed-Ledger-Technologie, bzw. die damit einhergehenden Möglichkeiten, die Reichweite der eigenen Wertschöpfung und stellt zentralisierte Aufgabenstellungen und Geschäftsmodelle infrage.

Durch die Umsetzung einer solchen, neuen Wertschöpfungslogik verändern sich nicht nur Prozesse auf technischer Ebene, sondern auch bestehende Unternehmensstrukturen und traditionelle Denkmuster müssen mitunter angepasst werden. Infolgedessen, fordert die Umsetzung von dezentralen Wertschöpfungsmustern ein neues „Mindset“. Der Begriff Mindset beschreibt dabei die vorherrschenden Denkweisen, Überzeugungen und Muster nach denen Personen, aber auch Organisationen handeln und agieren. Dieses Selbstverständnis bzw. Mindset wird durch eine Veränderung der Prozesse, Wertschöpfungslogiken und Geschäftsmodelle sowohl auf Organisations- wie auch Mitarbeiterebene hinterfragt. Ein „zentralistisches“ Mindset erfasst dabei mitunter Bedürfnisse der „eigenverantwortlichen Kontrolle“ oder „zentralen Steuerung“ oder die Überzeugung des Wettbewerbsvorteils durch alleinige Wertschöpfung durch den Schutz von Wissen und Know-how. Das entsprechende „dezentrale“ Mindset hingegen ist möglicherweise geprägt durch die Offenheit für gemeinsame, netzwerkbasierende Wertschöpfung mit entsprechenden positiven Netzwerkeffekten in autonomen, komplexen Supply Chains. Eine solche offene Unternehmenskultur und das Verständnis für dezentrale Geschäftsmodelle bzw. die Möglichkeiten, die eine solche Teilhabe von Netzwerkpartnern bieten, ist eine Grundvoraussetzung für den gewinnbringenden Einsatz der Distributed-Ledger-Technologie. Die Herausforderung: Alle Netzwerkpartner müssen diese Mehrwerte erkennen, für sich verinnerlichen und der Technologie vertrauen können. Nur dann können starke, industrielle B2B-Blockchain-Anwendungen Realität werden. Aus diesem Grund müssen Unternehmen, die erfolgreich Distributed-Ledger-Technologien anwenden wollen, nicht nur ein entsprechendes Mindset innerhalb ihrer Organisation, sondern auch innerhalb ihrer Supply Chain entwickeln.

5 HEMMNISSE BEI DER ETABLIERUNG DER TOKEN-ÖKONOMIE

Aktuell ist Deutschland von einem **Produktivitätsparadoxon** geprägt. Trotz verbesserter Technologien insbesondere im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien ist seit Mitte der 2000er Jahre die Arbeitsproduktivität und totale Faktorproduktivität rückläufig. Die totale Faktorproduktivität beschreibt dabei den Anteil des Wirtschaftswachstums einer Volkswirtschaft oder eines Unternehmens, der nicht unmittelbar auf den Einsatz von Kapital oder Arbeit zurückgeführt werden kann. Die Restgröße wird häufig auf technologische Fortschritte zurückgeführt (Sachverständigenrat zur Begutachtung der Gesamtwirtschaftlichen Entwicklung 2020; Deutsche Bundesbank 2021). Neben Messproblemen bei der Erhebung der totalen Faktorproduktivität gehen pessimistische Ansätze davon aus, dass das technologische Potenzial abnehmend ist und von **Adaptionschwierigkeiten** sowie einer Verschiebung hin zum weniger produktiven Dienstleistungssektor geprägt wird. Ebenso sind neutralisierende Effekte einer höheren Arbeitsproduktivität durch eine bessere Nutzung an Informations- und Kommunikationstechnologien auf der einen Seite und einer gestiegenen Nachfrage nach Arbeit auf der anderen Seite eine weitere mögliche Erklärung für das Produktivitätsparadoxon (Sachverständigenrat zur Begutachtung der Gesamtwirtschaftlichen Entwicklung 2020; Elstner et al. 2018; Peters et al. 2018). Ein elementares Hemmnis bei der Nutzung digitaler Technologien stellt die **fehlende Investition in komplementierende Assets wie Fachkräfte und Bildungsangebote** dar. So resümiert der Sachverständigenrat zur Begutachtung der Gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, dass die aktuell **moderate Diffusionsgeschwindigkeit neuer Technologien** möglicherweise auch in Deutschland auf fehlende Fachkräfte zurückzuführen ist (Sachverständigenrat zur Begutachtung der Gesamtwirtschaftlichen Entwicklung 2020).

Eine Umfrage des Bitkom e.V. von Dezember 2019 bestätigt dies und zeigt auf, dass die gut 1.000 befragten Unternehmen primär fehlendes und qualifiziertes

Personal (88 %) und Mangel an belastbaren Business-Cases (88 %) als größtes Hemmnis bei der Umsetzung der Blockchain-Technologie betrachten, gefolgt von den rechtlichen Unsicherheiten (72 %) wie z. B. beim Datenschutz und ungenügender Standardisierung (70 %). In Anbetracht der oftmals **nicht ausreichend vorhandenen Kompetenzen innerhalb der Unternehmen** ist es daher nicht verwunderlich, dass 93 % der Unternehmen, die Blockchain-Lösungen implementieren möchten, Beratungsdienstleistungen in Anspruch nehmen (Bitkom e.V. 2019b). Den dafür notwendigen Investitionsbedarf geben jedoch nur rund 37 % aller Befragten als Herausforderung für den Einsatz der Technologie in ihrem Unternehmen an (Bitkom e.V. 2019b). Die Ergebnisse decken sich auch mit der Expertenkonsultation innerhalb des „Fachdialogs Blockchain“. Die im Rahmen des Fachdialogs befragten Expertinnen und Experten sehen ebenfalls das **mangelnde Verständnis in Hinblick auf die Token-Ökonomie**, wie auch die rechtlichen Unsicherheiten z. B. mit Bezug auf Besitzrechte und Anerkennung von Token als primäres Hemmnis.

5.1 Wissenslücken und fehlende Fachkräfte als Ursache für Produktivitätsdivergenz

Wissenslücken sind nicht nur auf Unternehmensebene ein Hemmnis für die Einführung neuer Technologien, wie die Distributed-Ledger-Technologie, sondern sind auch im Kontext der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung entscheidender Faktor für das Produktivitätswachstum. Die in Kapitel 4 exemplarisch dargestellten Industrien zeichnen sich durch hoch komplexe Wertschöpfungsnetzwerke und eine enge Verzahnung von internationalen Lieferketten aus. Die Tokenisierung bietet deshalb genau für diese Branchen eine große Chance, um dem gegenwärtigen „Productivity-Slow-Down“ entgegen zu wirken. Dabei stellen nicht nur die internationale Harmonisierung und die oftmals fehlenden Standards eine Herausforderung dar, sondern auch die Anbindung heimischer Supply Chain Partner wie z. B. Kontraktlogistiker oder

Zuliefererfirmen im Maschinen- und Anlagenbau, die oftmals Klein- oder Kleinstunternehmen sind. Insbesondere diesen Unternehmen fehlen mitunter das Wissen und die Kompetenz, neue, aktuelle technologische Trends zu analysieren und umzusetzen. Die exemplarischen Pilotierungen und der Aufbau von Blockchain-Netzwerken mit ausgewählten, fähigen Partnern sind notwendig, um die Technologie zu erproben und Netzwerke sukzessive zu erweitern. Fraglich ist jedoch, welche Auswirkungen eine zunehmende Tokenisierung durch große Marktführer und deren ausgewählte, kompetenzstarke Partner auf kleinere Unternehmen und ohnehin schon abhängige Zulieferer mit großen Wissenslücken hat.

Ergänzend dazu, beobachten Peters et al. (2018) im Rahmen einer Literaturstudie, dass die Divergenz zwischen „Frontier-Unternehmen“³ und „Nicht-Frontier-Unternehmen“ in Deutschland und weltweit zunehmend ist. Dabei ist zu bemerken, dass Unternehmen, die Teil der Frontier-Unternehmensgruppe sind, ein wesentlich höheres Arbeitsproduktivitätswachstum, verursacht durch eine positive totale Faktorproduktivität aufweisen, als der Rest der Unternehmen. Die Kapitalintensivierung wiederum ist kaum ausschlaggebend. Die **Divergenz in der totalen Faktorproduktivität** bedeutet letztendlich, dass „Frontier-Unternehmen“ ihre technologische Effizienz erfolgreich ausbauen, aber andere Unternehmen innerhalb derselben Branche nicht mitziehen können. Dies stärkt die Marktmacht von Branchenvorreitern und führt immer mehr zu einem „The-Winner-Takes-It-All“-Szenario und Abhängigkeiten von Zulieferern und kleineren Unternehmen innerhalb der Supply Chain (Peters et al. 2018). Umso entscheidender ist eine **ganzheitliche Stärkung der Industrie** und somit auch die Einbindung und die Befähigung von kleinen und mittleren Unternehmen.

Kleine und mittlere Unternehmen benötigen darum **Know-how und Fachkräfte** - dabei fällt es ihnen im Vergleich zu Großkonzernen schwer, ebenjene Experten für sich zu gewinnen (Europäische Kommission 2020). Neue Technologien werden dabei eher

von großen Unternehmen adaptiert, wohingegen die Mehrzahl an kleinen und mittleren Unternehmen oftmals verzögert neue Technologien einführt und Digitalisierungsvorhaben umsetzt (Sachverständigenrat zur Begutachtung der Gesamtwirtschaftlichen Entwicklung 2020). Neben Künstlicher Intelligenz, IoT und anderen Technologietrends sind nun auch noch die Distributed-Ledger-Technologie, Blockchain und Token eine weitere Technologie, die „Nicht-Frontier“-Unternehmen, unabhängig von ihrer Unternehmensgröße, erst verstehen und bewerten müssen, während „Frontier-Unternehmen“ möglicherweise bereits in der Umsetzung sind. Anders als Verfahren der Künstlichen Intelligenz oder IoT- und Cloud-Lösungen, **greift die Token-Ökonomie mitunter wesentlich disruptiver** in die organisatorischen und prozessualen Vorgänge bei Unternehmen ein und verändert das **Management ganzer Supply Chains**. Folglich sind die Auswirkungen der Token-Ökonomie nicht nur im Sinne eines Wettbewerbs um einzelne bessere Produkte oder Services (wie z. B. bei der Anwendung von Künstlicher Intelligenz) relevant, sondern vor allem im Sinne einer technologiegetriebenen Veränderung ganzer **Wertschöpfungsnetzwerke** und letztendlich des Wirtschaftssystems bedeutend. Dies erzeugt für wenig technologisierte und kaum digitalisierte Unternehmen einen **erheblichen Aufholbedarf**, sollten sie an den neuartig organisierten Wertschöpfungsnetzwerken partizipieren wollen. Anderenfalls verschärft sich die oben erwähnte Produktivitätsdivergenz und führt möglicherweise zu einer **Desintegration der deutschen Wertschöpfung** und einem insgesamt verlangsamten Wirtschaftswachstum. Folglich gilt es, insbesondere Wissenslücken bei „Nicht-Frontier“-Unternehmen, kleinen und mittleren Betrieben mit Aufholbedarf und wenig technologisierten Supply Chain Teilnehmern zu schließen.

5.2 Die Token-Ökonomie als gesamtunternehmerische Aufgabe verstehen

Neben der Herausforderung die Blockchain-Technologie und Token-Ökonomie an sich zu verstehen, stehen Unternehmen auch vor unterschiedlichen organisatorischen und technologischen Herausforderungen bei der Integration von Distributed-Ledger-

³ Frontier-Unternehmen sind i.d.R. die 5 % der produktivsten Unternehmen einer Branche.

Lösungen. Kurpjuweit et al. (2021) haben 54 Expertinnen und Experten in einem Delphi-Design zu den Chancen und Herausforderungen der Blockchain-Technologie im Bereich der additiven Fertigung befragt. Die Unternehmen betonen dabei vor allem die Herausforderung, die Technologie in bereits bestehende IT-Systeme zu integrieren, Interoperabilität, das Aufsetzen der Block-chain-Architektur und fehlende Standards. Darüber hinaus sehen die befragten Unternehmen aber auch die **Unternehmenskultur, ein mangelndes Verständnis für Plattform-geschäftsmodelle** und die fehlende technische Expertise als große Herausforderung (Kurpjuweit et al. 2021). Rejeb et al. (2020) betonen darüber hinaus, dass insbesondere für kleine Supply Chain Partner z. B. in einer Lebensmittel Supply Chain, die Kosten für die Teilhabe am Blockchain-Netzwerk oftmals nicht im Verhältnis zum Nutzen eines Pilotprojekts stehen, wenn Schnittstellen bei jedem der Partner aufwendig geschaffen werden müssen. Ferner resümieren Rejeb et al. (2020), dass die Umsetzung und Einführung von Blockchain-Technologien eine **gesamtorganisatorische Aufgabe** darstellt. Das fehlende Verständnis dafür kann zu einem erheblichen Wettbewerbsnachteil führen. Ebenso erfordert die Digitalisierung von Supply Chains fachübergreifendes Know-how mit Bezug auf organisatorische und auch technologische Ressourcen (Rejeb et al. 2020).

Analog dazu zeigen Beck et al. (2019) in ihrer Untersuchung des Einflusses der Blockchain-Technologie auf die dänische Industrie und den dänischen Arbeitsmarkt, dass vor allem Firmen, deren IT-Strategie und Geschäftslogik besonders harmonisiert sind, sowie Firmen, die ein hohes Maß an Digitalisierung und Performance aufweisen, eher Blockchain-Lösungen adaptieren als Firmen, die einen geringeren Digitalisierungsgrad aufweisen (Beck et al. 2019). Dies zeigt, wie essentiell die Vernetzung einzelner Geschäftsbereiche und ein hohes Maß an Technologieverständnis für die Einführung der Blockchain-Technologie ist. Ebenso resümieren Beck et al. (2019), dass je höher das Verständnis der Blockchain-Technologie in Unternehmen ist, umso eher erwarten Unternehmen, dass die Blockchain-Technologie Bestandteil ihres Unternehmens wird - **ungeachtet der Vor- und Nachteile** und zu erwartenden Herausforderungen

(Beck et al. 2019). Folglich ist zu notieren, dass die Einführung von Distributed-Ledger-Technologien, wie Blockchain und Token, eine gesamtunternehmerische Herausforderung darstellt und deren Umsetzung nicht rein auf informationstechnologischen Faktoren fußt, sondern vor allem im Kontext von Geschäftsmodellen und Plattformen und einer entsprechenden Unternehmenskultur gedacht werden muss. Im Zusammenhang mit zu schließenden Wissenslücken bedeutet dies auch, dass Wissen und Kompetenzen rund um die Blockchain-Technologie herum nicht isoliert, sondern immer im soziotechnischen Kontext und einer Geschäftsmodellperspektive zu vermitteln sind. Ein fehlendes Mindset für dezentrale Wertschöpfungslogiken und eine wenig innovationsfreundliche bzw. siloartige Unternehmensführung mit entsprechender Kultur stellen folglich ein Hemmnis für die Implementierung einer Token-Ökonomie dar.

5.3 Mangelndes Verständnis für die Netzwerkökonomie

Die Verknüpfung der Distributed-Ledger-Technologie mit passenden Geschäftsmodellen und einem kreativen Einsatz von Token als Erlösstrom oder Incentivierung zur Partizipation am Geschäftsmodell, stellt für Unternehmen oftmals eine Herausforderung dar. Da die Distributed-Ledger-Technologie und der damit verbundene Einsatz von Token in den meisten Szenarien nur in einem Konsortium und darüber hinaus innerhalb einer Netzwerkökonomie mehrwertstiftend sind, muss zunächst ein gemeinsames Verständnis innerhalb dieses Konsortiums für den Einsatz der Technologie erwirkt werden. Damit verbunden sind Governance-Protokolle, standardisierte Formate und Interfaces als Voraussetzung für eine Partizipation (Beck et al. 2019). Dabei können auch rechtliche Herausforderungen eine Hürde darstellen, da diese von Organisation zu Organisation variieren können, abhängig vom Standort des Konsortialpartners (Beck et al. 2019). Sunyaev et al. (2021) betonen dabei ebenfalls, die Notwendigkeit der Akzeptanz des unterliegenden soziotechnischen Systems und der **allgemeinen Akzeptanz des Blockchain-Netzwerks**, damit sich das volle Potenzial der Tokenisierung entfalten kann.

Die Token-Ökonomie ist insbesondere im Kontext von dezentralisierten, digitalen Plattformen als Innovationstreiber neuer Geschäftsmodelle zu betrachten (Weking et al. 2020). Anders als bei Plattformen im B2C- oder C2C-Bereich erleben industrielle B2B-Plattformen dabei jedoch Skepsis seitens der Nutzerschaft und **hohe Eintrittsbarrieren**, die dazu führen, dass **indirekte Netzwerkeffekte** aufgrund einer oftmals geringen Plattformreichweite nicht vollends ausgeschöpft werden können (Loux et al. 2020). Die tendenziell **geringe Diffusion von B2B-Plattformen** in Deutschland zeigt, dass Unternehmen zur Netzwerkökonomie bisher nur zögerlich beitragen und sich mit größeren Herausforderungen in Bezug auf die Gestaltung und Umsetzung digitaler Ökosysteme konfrontiert sehen. Insbesondere die Industrie sieht die Plattformökonomie eher als Risiko, denn als Chance im Vergleich zum Handel oder dem Dienstleistungssektor (Bitkom e.V. 2020a). So betreiben gerade einmal 5 % der mehr als 500 befragten Unternehmen laut einer Umfrage des Bitkom e.V. aus dem Jahr 2020 eigene Plattformen (Bitkom e.V. 2020a). Mehr als zweidrittel der Plattform-aversen Unternehmen, planen auch in Zukunft Plattformen fernzubleiben (Bitkom e.V. 2020a).

Doch nicht nur die Adaption von Plattform-basierten Geschäftsmodellen an sich ist relevant, sondern auch die **Art der Plattform**. Oftmals sind reine Transaktionsplattformen am Markt zu beobachten, wie z. B. Frachtenbörsen oder andere reine Vermittlungsplattformen (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2019; Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. 2020). Solchen Plattformen haftet oftmals ein negatives Image an, da sie Wettbewerbssituationen für Unternehmen verschärfen können und sich die Plattformteilnehmer z. T. in Abhängigkeit zum Plattformbetreiber begeben. Insbesondere als monopolistisch wahrgenommene Plattformen wie Amazon tragen zu einem negativen Bild der Plattformökonomie bei.

Plattformen, die als digitale Ökosysteme bzw. **Innovationsplattformen und Technologie- und Infrastrukturanbieter** fungieren und dabei komplementäre Güter und Services integrieren, können einen förderlichen Beitrag zur Wertschöpfung tragen. Solche **digitalen Ökosysteme** sind im B2B-Kontext jedoch

ebenfalls tendenziell wenig vorhanden bzw. zeichnen sich nur durch eine geringe Reichweite aus. Folglich sind auch Formen der dezentralen Wertschöpfung, die sich über Plattformen abbilden lassen, eher unterrepräsentiert. Mögliche Hemmnisse sind vor allem **Wettbewerbsbedenken der Netzwerkteilnehmer** (Tian et al. 2021) und die mögliche, mangelnde Fähigkeit oder Bereitschaft der Plattformbetreiber, komplementäre Güter und Services zu integrieren. Eng damit verbunden könnte auch das **fehlende Verständnis für Open Source Software** als Mittel zur Integration komplementärer Anbieter sein. So nutzt zwar die große Mehrheit deutscher Unternehmen Open Source Software, jedoch stellen die wenigsten Unternehmen ihre eigenen Lösungen selbst unter eine Open Source Lizenz (Bitkom e.V. 2019a). Folglich sind auch offene, netzwerkgetriebene Geschäftsmodelle und die Realisierung einer Plattform-basierten Wertschöpfung als Teil des Geschäftsmodells eher unterrepräsentiert. Dies wiederum führt zu einem eingeschränkten Verständnis und mangelnder Bereitschaft, offene Blockchain-basierte und innovationsgetriebene Ökosysteme im industriellen, wettbewerbsintensiven Kontext zu implementieren, konträr zur reinen (monopolistischen) Transaktions- oder Vermittlungsplattformen.

Setzen Unternehmen bisher primär auf konsortiale Distributed-Ledger-Netzwerke mit wenigen, ausgewählten Partnern, entstehen aus Wettbewerbsbedenken oftmals Hemmnisse gegenüber einer Standardisierung zwischen unterschiedlichen Systemen und Protokollen, z. B. mit anderen, vergleichbaren Unternehmen. Somit soll die Möglichkeit eines Multi-Homings, sprich das parallele Nutzen mehrerer Angebote, verhindert und ein entsprechender Lock-in-Effekt gewährleistet werden. Oftmals ist auch die fehlende Interoperabilität ein Hemmnis für eine Plattform-basierte Wertschöpfung im Sinne eines Blockchain-Netzwerks. Dabei kann vor allem die Integration unterschiedlicher Lösungen, insbesondere aus Sicht einer komplementären Anbietersicht, neue Innovationen und Ökosysteme sowie Kooperationen und folglich neue Formen der Wertschöpfung schaffen. Aus Marktsicht ist eine Standardisierung unterschiedlicher Blockchain-Protokolle wünschenswert. Einzelne Unternehmen sind jedoch tendenziell ge-

hemmt, ihre Protokolle frei zur Verfügung zu stellen, z. B. aufgrund einer befürchteten Nutzermigration (Sunyaev et al. 2021). Hier können vor allem offene Plattformen und innovative, Open Source Ökosysteme einen Beitrag leisten und Unternehmen sich einen „Early-Mover“-Vorteil sichern.

5.4 Geringe Verbreitung von deutschen Start-ups im Kontext der Token-Ökonomie

Um den durch den Fachkräftemangel induzierten Wissenslücken entgegenzuwirken, greifen immer mehr Unternehmen auf **externe Beratungsdienstleistungen** zurück. In der Befragung des Bitkom e.V. zur Verbreitung der Blockchain-Technologie in Deutschland gaben lediglich 8 % der befragten Unternehmen an, mit Start-ups zusammenarbeiten zu wollen (Bitkom e.V. 2019b). Dabei liefern Start-ups wichtige und wertvolle Impulse und sind diejenigen, die innovative, neue Geschäftsmodelle und Software-as-a-Service-Lösungen, die besonders für kleine und mittlere Unternehmen interessant sind, anbieten können.

Start-ups und Gründungen im Bereich der Token-Ökonomie haben auch in Deutschland einen starken Zuwachs innerhalb der letzten fünf Jahre erfahren (Institut der Deutschen Wirtschaft 2021). Jedoch sehen sich insbesondere europäische Start-ups im Vergleich zu Start-ups in China und den USA im Blockchain-Bereich unterfinanziert (Europäische Kommission 2020). Dies lässt sich zum einen auf die geringe Verbreitung von Wagniskapitalfinanzierungen im europäischen Raum zurückführen, zum anderen fehlt es Investoren aber schlichtweg an Verständnis für die Distributed-Ledger-Technologie und Tokenisierung. Diese **Informationsasymmetrien** führen zu einem massiven Bottleneck und einer **Unterfinanzierung** europäischer Blockchain-Start-ups (Europäische Kommission 2020). Im europäischen Vergleich erhielten Start-ups in Großbritannien im Zeitraum von 2009 - 2018 gut 70 % der totalen europäischen Start-up-Förderung (bestehend aus Venture Capital, Darlehen und Initial Coin Offerings), gefolgt von niederländischen Start-ups mit 12 % und französischen Start-ups mit 6 %. Deutsche Start-ups konnten lediglich 3 % der gesamteuropäischen Förderung für sich

verbuchen (Europäische Kommission 2020). Anders als US-amerikanische Start-ups finanzierten sich europäische Start-ups, mit einem Anteil von 60 %, vor allem durch Initial Coin Offerings, wohingegen der Anteil an Start-up Förderung durch Initial Coin Offerings in den USA lediglich 18 % betrug.

Die Expertenkommission Forschung und Innovation fordert deswegen in ihrem Jahresgutachten 2021 eine Verbesserung der Finanzierungssituation von Start-ups und begrüßt die Einrichtung des Zukunftsfonds der deutschen Bundesregierung (EFI - Expertenkommission Forschung und Innovation 2021). Dabei weist der Sachverständigenrat zur Begutachtung der Gesamtwirtschaftlichen Entwicklung 2020 darauf hin, dass insbesondere Start-ups, die durch privates Wagniskapital finanziert werden, sich tendenziell besser entwickeln als Start-ups, die durch öffentlich finanziertes Wagniskapital unterstützt werden. So sollten öffentliche Investitionen mehr als **Komplement**, statt als Substitut für Start-up-Förderungen betrachtet werden. Insbesondere ungenutztes privates Wagniskapital von ausländischen Investoren, stellt eine verpasste Chance für den deutschen Markt dar.

Rein numerisch ist Deutschland mit einem Anteil von 17 % (275 Firmen) der europäischen Blockchain-Start-ups an erster Stelle, wohingegen andere große Volkswirtschaften wie Frankreich und Spanien gut 10 % der europäischen Blockchain-Start-ups beherbergen. Betrachtet man jedoch das Verhältnis von Blockchain-Firmen zur erwerbstätigen Bevölkerung zeichnet sich ein anderes Bild. In Deutschland kommen gerade einmal 4,4 Blockchain-Firmen auf eine Million Arbeitnehmer, wohingegen in Malta 177,9 und in Estland 172,0 Blockchain-Firmen auf eine Million Arbeitnehmer kommen (Demary und Demary 2021b). Insbesondere kleine Länder, wie die Niederlande, Luxemburg, Zypern, Malta und Estland verzeichnen einen verhältnismäßig hohen Anteil an Blockchain-Firmen. Neben der generellen Start-up-Dichte und Verfügbarkeit von Wagniskapital ist aber vor allem auch die Digitalisierung der Verwaltung ausschlaggebend. So zeigt sich, dass Start-ups sich tendenziell in Ländern ansiedeln, die eine größere **Durchgängigkeit digitaler Verwaltungsangebote** vorweisen,

wie z. B. in Estland. Ebenso korreliert die lokale Agglomeration von Start-ups mit ihrer Verbreitung. In kleinen Ländern wie Estland, Malta oder Luxemburg befindet sich die große Mehrheit (mehr als 90 %) der Start-ups ausschließlich in den Hauptstädten und kann so von positiven Spill-Over-Effekten und einer sich gegenseitig befruchtenden Community profitieren (Demary und Demary 2021b). Deutsche Start-ups sind in Deutschland vor allem in Berlin (17,7 %) und in der Metropole Rhein-Ruhr (12,8 %) gefolgt von München (6,5 %) und Hamburg (5,8 %) zu finden. Vergleicht man die Verteilung von Start-ups auf Länderebene so ist Nordrhein-Westfalen mit 19,1 % der in Deutschland ansässigen Start-ups Spitzenreiter (Kollmann et al. 2020).

Der Deutsche Start-up Monitor 2020 zeigt dabei, dass die meisten Start-ups Digitalisierung als Kernelement ihres Geschäftsmodells beschreiben, aber lediglich 8 % der mehr als 1.800 befragten Start-ups der Blockchain-Technologie einen großen bis sehr großen Einfluss zusprechen, wohingegen **79 % der befragten Start-ups der Blockchain-Technologie gar keinen bis sehr geringen Einfluss** zusprechen (Kollmann et al. 2020). In Bezug auf den Transfer in die etablierte Industrie hinein kann eine Kausalität mit Bezug auf die Verbreitung in beide Richtungen gehen – zum einen ist die Gründung von Blockchain-basierten Start-ups nicht attraktiv, da Blockchain-Technologien seitens der Industrie noch eher gering nachgefragt werden, auf der anderen Seite kann ein höheres Angebot von Blockchain-Start-ups zu einer vermehrten Nachfrage führen. Kollmann et al. (2020) zeigen, dass es auch 2020 für Start-ups die größte Herausforderung war, Kunden zu gewinnen – in einem erklärungsbedürftigen Feld wie Token und Distributed-Ledger-Technologien, ist die Kundenakquise dementsprechend umso herausfordernder und Gründungen in diesem Bereich möglicherweise unattraktiv.

Folglich müssen auch für Start-ups Anreize und Möglichkeiten der Blockchain-Adaption als Teil ihres Geschäftsmodells geschaffen werden. Ausreichend Kapital reicht jedoch nicht, sondern die **inländische Nachfrage nach Distributed-Ledger-Technologien und Token** muss explizit die Start-ups erreichen. Gut zweidrittel der Start-ups streben Internationalisierung

gen und eine Verlagerung des Geschäfts auf andere europäische Märkte an (Kollmann et al. 2020). Folglich gilt es, innovative und leistungsfähige Start-ups hier am deutschen Standort zu halten und ihnen eine nachhaltige Wachstumsperspektive zu bieten. Ebenso müssen Kooperationen mit Unternehmen und Ausgründungen auch von Seiten der wissenschaftlichen Forschungseinrichtungen intensiviert werden. Eine mangelnde Integration von Start-ups und der fehlende Aufbau von Blockchain-Kompetenzen sowie geringe Anreize zur Gründung im Bereich der Token-Ökonomie (vor allem finanzielle Nachhaltigkeit der Start-ups) können die Etablierung der Token-Ökonomie in Deutschland verlangsamen. Denn insbesondere **Start-ups als Lösungsanbieter** und Transferpartner sind entscheidend für das Wachstum einer Volkswirtschaft (Achleitner et al. 2019).

5.5 Rechtliche Unklarheiten im Kontext der Token-Ökonomie

Die rechtlichen Unsicherheiten bei der Anerkennung von Token beginnen bereits bei dessen **rechtlicher Qualität**. Token repräsentieren typischerweise Ansprüche gegen jemanden (in der Regel den Aussteller) oder Rechte und weisen denjenigen, der die Verfügungsgewalt über den Token innehat, als Anspruchs- oder Rechteinhaber aus. Als Software-Programme, die zu Einträgen in der jeweiligen Blockchain führen können, allerdings gerade nicht auf einem individuell zuordenbaren Datenträger gespeichert werden, stellen Token **keine körperlichen Gegenstände** dar. Damit sind sie privatrechtlich nicht als Sache i.S. des § 90 BGB zu qualifizieren und sie gelten mangels eines kodifizierten Dateneigentums derzeit auch nicht als (sach-)eigentumsfähig (Florian Möslein et al. 2020). Token als solche fallen daher bislang aus dem Schutzbereich der absoluten Rechte heraus. Sie sind weder vinkulierungsfähig (§ 985 BGB), noch genießen sie einen eindeutigen deliktischen Schutz (§ 823 Abs. 1 BGB; umstritten auch ihre Einordnung als „sonstiges Recht“) oder könnten Abwehrrechte begründen (§ 1004 BGB). Ebenso bleibt die Rechtslage zur Übertragung eines Tokens defizitär. Zwar lässt er sich z. B. als „immaterielles Gut“ oder „sonstiger Gegenstand“ schuldrechtlich veräußern (§ 453 Abs. 1 BGB), allerdings ist die

Art und Weise der Verfügung derzeit ungeklärt, die Vorschläge reichen von einer Analogie zu §§ 929 ff. BGB, zu §§ 398, 413 BGB oder die Einordnung als reiner Realakt, weshalb ein Handeln des Gesetzgebers als erforderlich erachtet wird (Möslein und Omlor 2018). Auch dabei lassen sich verschiedene Ansätze konstatieren, beginnend von der Ergänzung des Sachbegriffs nach dem Vorbild der §§ 90a, 90b BGB, die Begründung eines eigenständigen, durch Sondervorschriften zu begründenden Token-Eigentums bis hin zur Kodifizierung des Dateneigentums an sich, was den Token dann notwendigerweise mit einschließen würde. Ob mit dem gerade vorgelegten Entwurf zu einem Gesetz zur Einführung von elektronischen Wertpapieren und Kryptowährungen, der das kryptographische Wertpapier als Sache definiert (§ 2 Abs. 3 des EWpG), eine allgemeine Tendenz in Richtung „Inhaberschuldverschreibung“ anzunehmen ist, bleibt abzuwarten, wenngleich dies durchaus einen gangbaren Weg darstellen könnte, um die benannten qualitativen Defizite zu überwinden. Diese rechtlichen Unsicherheiten bestehen derzeit nicht nur in Deutschland, weshalb auch andere Länder bereits erste Schritte zur Implementierung des Tokens in ihre Rechtsordnung unternehmen. So wird im Rahmen des Liechtensteiner Blockchain Act der Begriff des Tokens technologieneutral als Information auf einem vertrauenswürdigen Technologiesystem (wie bspw. DLT) definiert, „die [...] Forderungs- oder Mitgliedschaftsrechte gegenüber einer Person, Rechte an Sachen oder andere absolute oder relative Rechte repräsentieren kann“ (Art. 2 Abs. 1 lit. c TVTG). Der „Asset-Token“ wird dabei übertragungsrechtlich wie ein Wertpapier behandelt (Deuber/Jahromi 2020; Teichmann/Falker, 2020). Auch die Schweiz hat unlängst mit dem Bundesgesetz zur Anpassung des Bundesrechts an Entwicklungen der Technik verteilter elektronischer Register ein Mantelgesetz geschaffen, das die Besonderheiten der Token-Ökonomie rechtlich begleitet und dabei auch die Übertragbarkeit eines „Registerwerts“ regelt. Gerade in Anbetracht des gemeinsamen Marktes erfordert eine Regelung in Deutschland die enge Abstimmung mit den Regelungen der Nachbarstaaten, um nicht Handelshemmnisse durch die „Hintertüre“ über unterschiedliche Herangehensweisen aufzubauen; eine europäische Regelung ist hier zu erwarten (s.a.

Empfehlung an die europäischen Institutionen zu ICOs und Crypto-Assets vom 9. Januar 2019 - Advice to the European Union Institutions on initial coin offerings and cryptoassets, ESMA-157-1391).

Neben der rechtlichen Qualifikation von Token stellen sich, **je nach Anwendungsszenario, ganz unterschiedliche Rechtsfragen**; die Spreizung ist dabei recht groß – jedes Einsatzgebiet wirft seine eigenen Fragestellungen auf, die bislang nicht alle gelöst sind. Beim Einsatz von Kryptowerten im **Kapitalmarktverkehr** stehen z. B. finanzrechtliche Prospekt- und Erlaubnispflichten nach der ProspektVO, dem VermAnlG oder dem KWG im Vordergrund, zu denen sich zwar die BAFin im Hinblick auf Initial Coin Offerings recht früh äußerte (GZ: WA 11-QB 4100-2017/0010) und dabei für jeden einzelnen Kryptowert die Erfüllung der kapitalmarktrechtlichen Pflichten einforderte, wobei sie allerdings die Umsetzung der Pflichten den Anwendern überlässt. Derzeit ist dabei noch nicht durchgängig geklärt, wie diese Informationspflichten „vor“ jeder Transaktion technisch realisiert werden können. Im Rahmen des **Produktsicherheitsrechts** scheint es derzeit unstrittig möglich (Hillemann und Wiebe 2020) Sicherheitszertifikate in der Blockchain abzubilden, allerdings steht hier zu Diskussion, „ob“ das bestehende staatliche Aufsichtssystem, also die Marktüberwachung, von der Blockchain ersetzt werden soll; dies entspricht zugleich der generell vorgelagerten Überlegung, ob und an welchen Stellen die staatliche (Gewährleistungs-)Verantwortung noch weitergehend als bisher (bereits jetzt sind die Hersteller und Verbraucher in die Produktüberwachung eingebunden) auf private Akteure im Peer-to-Peer-Netzwerk, nämlich die Blockchain-Akteure (Nodes), übertragen werden soll. Ferner schließen sich ganz pragmatische Fragen an, z. B. inwieweit die Schnittstelle Blockchain zur Marktüberwachung (z. B. Gewerbeaufsichtsämter, BauA und deren Systeme, wie RAPEX) realisiert werden könnte. Im Zusammenhang mit dem Schaffen eines NFTs, also einem nicht-fungiblen Token, insbesondere in der Kreativwirtschaft (Kunst-, Musik- und Spielbereich), wird sich schließlich das **Urheberrecht** mit der Frage auseinandersetzen müssen, ob es ein Recht „am“ und „zur Schaffung“ eines sogenannten Non-Fungible-Tokens gibt, der

im Gegensatz zu einem „Fungible-Token“ ein Unikat darstellt und somit ein Kunstwerk, Musikstück oder Skript nurmehr als digitale Signatur verkörpert (z. B. *Everydays: The first 5000 days*“ des Schöpfers Mike Winkelmann). Zumindest bislang sind NFTs weder im Katalog der urheberrechtlich geschützten Werke vorgesehen noch ist geklärt, welche Nutzungsart bei deren Verbreitung angesprochen ist. Weiterhin erfordert dieses Szenario ein an § 32a UrhG angepassten Smart Contract, der dafür sorgt, dass der Urheber bei der Weiterveräußerung seines Werkes partizipiert. Dies sind nur einige wenige Beispiele, die verdeutlichen, dass jedenfalls anwendungsspezifische Fragen zu klären sind, um die volle Wirkung der Technologie in den jeweiligen Anwendungsfeldern der Token-Ökonomie zu entfalten. Um einen attraktiven Standortfaktor für die Blockchain-Technologie zu erzielen, wird es daher darauf ankommen, auch außerhalb der „Token“-Diskussion möglichst früh auf allen berührten Rechtsgebieten einen klaren und verlässlichen Rechtsrahmen zu schaffen. Hieraus kann sich – wie bereits von den konsultierten Expertinnen und Experten festgestellt – auch ein Standortvorteil für die Blockchain-Industrie ergeben.

Weitere Herausforderungen, die im Rahmen des Expertenworkshops angesprochen wurden und **eher übergeordneter Natur** sind, weil sie nahezu alle Anwendungsszenarien ansprechen, sind die Herausforderungen, welche sich beispielsweise aus der **Anwendung der DSGVO** oder aus dem **Wettbewerbs- und Kartellrecht** ergeben.

Sofern personenbezogene Daten in der Blockchain nicht nur kryptografisch gesichert, sondern auch dauerhaft gespeichert werden, können insbesondere die Betroffenenrechte der DSGVO tangiert sein (z. B. das Recht auf Vergessenwerden aus Art. 17 DSGVO, Schutz vor Profiling aus Art. 22 DSGVO), aber auch die Verpflichtung auf die Datenschutz-Folgeabschätzung ist zu lösen, wenn Transaktionen – insbesondere bei permissionless Systemen, die über keine Zentralinstanz verfügen – von jedem einzelnen Blockchain-Node durchzuführen sind (Bitkom e.V. 2017; Martini und Weinzierl 2017). Dabei sind diese Konfliktpotentiale – die zum großen Teil bereits an den Gesetzgeber adressiert wurden

(Plattform Industrie 4.0 2019; Fraunhofer FIT 2019) – nicht trivial, da das Datenschutzrecht als Ausprägung des allgemeinen Persönlichkeitsrechts einen hohen Stellenwert gegenüber allen Akteuren (auch der öffentlichen Hand) besitzt, weshalb digitale Identitäten im Kontext von Distributed-Ledger-Technologien einer besonderen Rechtfertigung bedürfen. Jedenfalls müssen alle Einschränkungen des Datenschutzes in der Blockchain zur Optimierung der Token-Ökonomie zunächst eher kritisch betrachtet werden, zumal zu berücksichtigen ist, dass die DSGVO als europäische Verordnung auch keine nationalen Alleingänge zulässt. Allerdings könnten Blockchain-bezogene Auslegungsleitlinien aktiv dazu beitragen, den Akteuren die Problematik zu verdeutlichen. Hinweise auf mögliche Verschlüsselungstechniken bei der Verwendung von Hashes könnten dabei die Rechtssicherheit und in der Folge auch das Vertrauen in die Systeme erhöhen.

Bei nahezu allen Anwendungen kann schließlich das **Wettbewerbs- und Kartellrecht** betroffen sein. Eine wesentliche Eigenschaft der Blockchain ist die Transparenz und Dezentralisierung, die es Markteinsteigern erleichtert, neue Geschäftsfelder zu erschließen, wodurch die Technologie zunächst einmal positiv zum Wettbewerb beiträgt. Allerdings stellen diese Eigenschaften zugleich auch ein Risiko für den Wettbewerb an sich dar: Denn wenn es die konkrete Ausgestaltung einer Blockchain ermöglicht, dass sich Teilnehmer auf segmentierten Märkten zu einem abgestimmten Verhalten verleiten lassen, sei es durch Überwachungs-, Belohnungs- oder Strafmechanismen, könnten hierdurch rechtswidrige Wettbewerbsabsprachen begründet oder befördert werden. Der gezielte Informationsaustausch zu Preisen, Kunden, Produktionsverfahren oder -kapazitäten sowie dem Zugang zu Daten könnte zwar strategische Unsicherheiten im Markt reduzieren, zugleich aber den Wettbewerb stören und so gegen das nationale und europäische Kartellrecht verstoßen. Hier muss es darum gehen, das notwendige Gleichgewicht von Anfang an herzustellen – etwa durch klar definierte und bedingte Bereichsausnahmen für Blockchain-Konsortien – auch, um kleinere und mittlere Unternehmen mit ihren Ansprüchen auf Zugang und Partizipation nicht in eine Außenseiterrolle zu drängen.

5.6 Expertenperspektive: Hemmnisse der Token-Ökonomie in Deutschland

Die konsultierten Expertinnen und Experten des „Fachdialogs Blockchain“ bestätigen, dass vor allem das mangelnde Technologieverständnis ein großes Hemmnis für eine Tokenisierung darstellt. Sie betonen vor allem die Unkenntnis und das mangelnde Verständnis der Technologie an sich und sehen somit ebenfalls die Schließung von Wissenslücken als entscheidenden Faktor für eine Tokenisierung Deutschlands. Oftmals werde die Blockchain-Technologie mit der Krypto-Währung Bitcoin gleichgesetzt und habe deshalb ein „**schlechtes Image**“. Ebenso bremsen die Wissens- und Erfahrungslücken und die Verfügbarkeit von passenden und leicht verständlichen Anwendungsfällen die Einführung der Technologie. Dies deckt sich auch mit der Umfrage des Bitkom e. V., in der mehr als 88 % der Befragten fehlende Use Cases als Hemmnis betrachten. Dabei betonen die im Fachdialog konsultierten Expertinnen und Experten ebenfalls das **mangelnde Verständnis über Plattform-basierte Geschäftsmodelle** und dezentraler Wertschöpfungslogiken. Entsprechende Plattformen und Ökosysteme aufzubauen ist jedoch entscheidend, um in erste konsortiale Pilotierungen zu starten. Ferner betonen die befragten Expertinnen und Experten, dass insbesondere im industriellen Kontext Plattformen und Ökosysteme unter dem Aspekt des mangelnden Vertrauens von Wettbewerbern ein großes Hemmnis darstellen. Folglich hemmt nicht nur das fehlende Verständnis der Technologie die Tokenisierung, sondern auch die generelle Herausforderung, die mit dem Aufbau von digitalen Plattformen im industriellen Kontext einhergeht. Infolgedessen beschreiben die Expertinnen und Experten, dass derzeit auch noch die **Anreize fehlen**, an der Token-Ökonomie zu partizipieren. Token an sich können Anreize darstellen, um an einem Blockchain-basierten Netzwerk teilzunehmen, jedoch hemmt die Unkenntnis und die Unsicherheit in Bezug auf die rechtliche Einordnung von Token, deren Verwendung.

Neben dem mangelnden Technologieverständnis wird darum vor allem die **rechtliche Unsicherheit** im Hinblick auf Token seitens der befragten Expertinnen und Experten betont. So seien zum einen die Aufla-

gen der BaFin zur Anerkennung von Token sehr hoch, und zum anderen fehle es an praktikablen, rechtlichen Vorgaben zur Weitergabe und Ausgabe von Token. Ebenso wird herausgestellt, dass neben dem Finanzsektor auch auf anderen Gebieten die rechtliche Anerkennungsmöglichkeit von Token benötigt werde. Dieses Defizit hemmen die Nutzung und Schaffung anderer Token und deren Integration in Geschäftsmodelle. Auch den **Datenschutz bzw. die DSGVO** sehen die Expertinnen und Experten als Hemmnis bei der Etablierung einer Token-Ökonomie. Ebenso werden zivilrechtliche Anforderungen, die sich nicht ohne weiteres in Token abbilden lassen (z. B. Schriftformerfordernis), als Hemmnis genannt. Damit verbunden wird auch auf die fehlende Standardisierung und damit einhergehen auf die fehlende Interoperabilität der diversen Systeme hingewiesen, die deren Einsatz im (auch internationalen) Rechtsverkehr erschweren können. Überhaupt wird das bislang als uneinheitlich wahrgenommene Vorgehen auf europäischer Ebene als relevantes Hemmnis gesehen.

Uneinig sind sich die befragten Expertinnen und Experten jedoch, ob technische Hemmnisse relevant sind. Beispielsweise wird oftmals im Kontext der Blockchain-Technologie die noch aktuell nicht vorhandene Skalierbarkeit und somit die Grenzen der Technologie kritisiert. Zudem kommen die technologischen Hürden innerhalb der Unternehmen. Jedoch sieht gut rund die Hälfte der Befragten Expertinnen und Experten keinerlei technologische Hürden, die sich hemmend auf die Technologie auswirken. Konsens zwischen den Expertinnen und Experten herrscht jedoch eindeutig in Bezug auf die Wissenslücken bezüglich der Technologie, aber auch im Hinblick auf Plattform-basierte Geschäftsmodelle und die rechtlichen Unklarheiten.

5.7 Fazit: Hemmnisse der Token-Ökonomie in Deutschland

Die Hemmnisse für eine Token-Ökonomie sind vielfältig und lassen sich auf unterschiedlichen Ebenen diskutieren. Es zeigt sich dabei vor allem, dass das mangelnde Technologieverständnis zum einen in Hinblick auf die Token-Ökonomie und Blockchain-Lösungen an sich noch ausbaufähig ist. Die **Kompetenzen der**

Mitarbeiter und Know-how sind elementar, um neue Technologien im Allgemeinen und auch die Distributed-Ledger-Technologie im speziellen umzusetzen. Erschwerend kommt hinzu, dass sich sinnvolle Blockchain-Anwendungen und eine entsprechende Tokenisierung oftmals nur in einem Netzwerk und im Sinne einer Plattformökonomie umsetzen lassen. Dezentrale, autonome Wertschöpfungsmuster und die Bereitschaft, Daten zu teilen, komplementäre Güter und Services zu integrieren und auf Plattformen abzubilden sind in Deutschland jedoch noch unterrepräsentiert. Das volle Potenzial einer Token-Ökonomie kann sich folglich also nur entfalten, wenn entsprechende, sinnvolle und praktikable **Geschäftsmodelle** realisiert werden können und die Hemmnisse der Plattformökonomie insgesamt beseitigt werden. Dazu braucht es vor allem Know-how-Träger, die über interdisziplinäre Kompetenzen verfügen, sprich zum einen das entsprechende Technologieverständnis mitbringen und zum anderen aber auch die Tokenisierung im Kontext eines Business Cases implementieren können - da Blockchain-Lösungen anderenfalls in Stadium der Pilotprojekte verharren. Entscheidend ist dafür auch eine Unternehmenskul-

tur und das entsprechende Mindset, das solche interdisziplinären Ansätze fördert und den Weg frei macht für eine Token-Ökonomie und diese auch als gesamtunternehmerische Aufgabe versteht.

Die Vermittlung von Kompetenzen muss sich vor allem auch im Angebot der Lehre und außeruniversitären Bildungseinrichtungen wiederfinden. Zwar wird das Thema Distributed-Ledger-Technologie von vielen Universitäten und Hochschulen forschungsseitig angegangen - jedoch ist das offizielle Lehrangebot deutlich ausbaufähig. Damit verbunden sind auch die **geringen Gründungsaktivitäten** im Bereich der Distributed-Ledger-Technologie. Es fehlt Start-ups an entsprechendem Know-how und an Anreizen. Zum einen scheinen Start-ups, die Technologie für sich selbst noch tendenziell wenig verinnerlicht zu haben, zum anderen kann eine geringe Nachfrage nach tokenisierten Lösungen und ein erklärungsbedürftiges „Produkt“ die Gründungsaktivitäten hemmen. Ein weiteres und zentrales Hemmnis ist vor allem die **Rechtsunsicherheit** und auch die Komplexität der Rechtsrahmen, die Anwender und auch Bereitsteller von Token an ihre Grenzen bringt.

6 HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN ZU STÄRKUNG DER TOKEN-ÖKONOMIE IN DEUTSCHLAND

Die beschriebenen Chancen haben gezeigt, dass es innerhalb der deutschen Industrie, aber auch in der öffentlichen Verwaltung großes Potenzial für die Distributed-Ledger-Technologie und eine entsprechende Tokenisierung gibt. Dies lässt sich industrieseitig vor allem durch die starke Vernetzung innerhalb von internationalen Supply Chains und einer starken Exportaktivität der deutschen Wirtschaft begründen. Ebenso sind Branchentreiber insbesondere im Automobilbereich und in der Chemieindustrie bereits heute schon dabei, die Technologie für sich zu erproben und geeignete Anwendungsfälle zu identifizieren. Damit die Token-Ökonomie jedoch einen wohlfahrtssteigernden Effekt hat, ist es notwendig, auch kleine und mittlere Unternehmen und weniger technologisierte Betriebe einzubinden. Nur dann kann die Token-Ökonomie zu einer Verringerung des „Productivity-Slow-Downs“ und zur gewünschten Effizienzsteigerung beitragen. Dazu ist die Investition in komplementäre Assets wie Bildung und Know-how aber auch Infrastruktur im Sinne einer Plattformfreundlichen Umgebung notwendig. Insbesondere das fehlende Wissen über Distributed-Ledger-Technologien und das mangelnde Verständnis für geeignete Geschäftsmodelle stellt zusammen mit der geringen Verfügbarkeit von Transferpartnern ein großes Hemmnis dar. Hinzukommen die mannigfaltigen Herausforderungen und offenen Fragestellungen im Rechtsbereich, die zu Verunsicherungen bei Anwendern führen und Implementierungen hemmen können.

6.1 Ableitung geeigneter Handlungsfelder

Im Rahmen der schriftlichen Expertenkonsultation vom November 2020 wurden die Expertinnen und Experten nicht nur zu den Chancen und Hemmnissen der Token-Ökonomie in Deutschland befragt, sondern auch gefragt, welche Maßnahmen und Rahmenbedingungen schon jetzt förderlich sind. Darauf aufbauend wurden die Expertinnen und Experten aber ebenso gefragt, welche zukünftigen Maßnah-

men und Anreize für die Etablierung einer Token-Ökonomie geschaffen werden sollten.

Im Hinblick auf die Frage, ob es schon heute förderliche Rahmenbedingungen für eine Token-Ökonomie in Deutschland gebe, sind die **Expertinnen und Experten** gespalten. Auf der einen Seite betonen die befragten Expertinnen und Experten, dass aktuelle Rechtsprechungen und der Ausbau eines Rechtsrahmens sowie die Konsolidierungen auf europäische Ebene schon jetzt förderlich für die Etablierung einer Token-Ökonomie sind. Als Beispiele werden das Kryptoverwahrgesetz, das Gesetz zur Einführung elektronischer Wertpapiere, auf europäischer Ebene der Vorschlag einer Verordnung für „Markets in Crypto-assets, and amending Directive (EU) 2019/1937“ oder das Pilot Regime „Market Infrastructures based on Distributed Ledger Technology“ genannt. Ebenso betonen die Expertinnen und Experten, dass zwar gewisse bürokratische Hürden in Deutschland im Hinblick auf Gründungen bestehen, aber die Freiheit der **Forschung und Lehre** und auch die **Förderung der Rechtssicherheit** sowie eine generelle „**Gründermentalität**“ die Token-Ökonomie in Deutschland stärken. Gleichzeitig wird die aktive Rolle Deutschlands in internationalen Standardisierungs-Komitees gelobt und die ISO/TC 307 sowie ISO/TR 23576:2020 als wichtige erste Schritte gewertet. Ebenso loben die Expertinnen und Experten bereits bestehende Forschungsinitiativen wie die Reallabore, International Data Spaces Association oder auch Blockchain Europe. Auf der anderen Seite betont eine Reihe von Expertinnen und Experten, dass die rechtliche Ausgangslage in Deutschland **kaum Rechtssicherheit und Anreize schafft und es zu wenig Pilotprojekte und Forschungszentren gebe**. Folglich ist nicht ersichtlich, inwiefern aktuelle Maßnahmen aus Expertenperspektive schon jetzt ausreichend für eine Stärkung der Token-Ökonomie sind.

Für eine zukünftige Stärkung der Token-Ökonomie sehen die befragten Expertinnen und Experten vor

allem folgende Aspekte als zentral an: **Aufklärung und Bildung, Leuchtturmprojekte und Schaffung von Infrastruktur**. Die Expertinnen und Experten sind sich einig: Insbesondere Aufklärung und Vermittlung von Kenntnissen in Bezug auf Distributed-Ledger-Technologien, Blockchain und Token sind essentiell, um eine Token-Ökonomie voranzutreiben. Dabei sei es wichtig, die **negativen Konnotationen** von Kryptowährungen und Token zu eliminieren und vor allem die **gesamtgesellschaftliche Akzeptanz** zu stärken. Dafür sollen vor allem auch Leuchtturmprojekte und praxisnahe Use Cases gefördert und geschaffen werden, um so die Mehrwerte zu betonen und die Akzeptanz in der Bevölkerung und neue Erkenntnisse in der Industrie zu stärken. Die Expertinnen und Experten betonen aber auch die Notwendigkeit von infrastrukturellen Rahmenbedingungen wie z. B. eine flächendeckende Netzanbindung, die Förderung von Gründungen und die Stärkung der Rechtsrahmen z. B. auch im Hinblick auf ein neues Gesellschaftsrecht sowie die rechtliche Anerkennung von Token. Ebenso äußern sich einzelne Expertinnen und Experten positiv in Bezug auf die Schaffung einer staatlichen Infrastrukturlösung („Deutschland-Chain“) und die Einbindung und Stärkung der Verwaltung. Die Befragten betonen dabei aber auch, dass die aktuellen, rechtlichen Anforderungen in Deutschland im internationalen Vergleich zu hoch seien.

Neben den allgemeinen Aspekten wie die Technologieaufklärung und der Schaffung klarer, praktischer Rahmenbedingungen betonen die Expertinnen und Experten ebenfalls, dass sich **Anreize zur Teilnahme** an einer Token-Ökonomie auch aus der Technologie und ihren Vorteilen per se ergeben sollten. Ebenso betonen die Expertinnen und Experten, dass **Gesetze bzw. rechtliche Vorschriften**, wie z. B. das „Lieferkettengesetz“ ebenfalls einen erheblichen Push für die Technologie darstellen können. Darüber hinaus akzentuieren die Befragten, dass auf wirtschaftlicher Ebene Anreize zur Kooperation und Etablierung von Netzwerken geschaffen werden müssen. Dabei betonen die Expertinnen und Experten mehrheitlich, dass es sinnvoll ist, einen ausgewogenen Regulierungsrahmen für die Token-Ökonomie zu schaffen und entsprechende Rechtssicher-

heiten herzustellen. Regulierungen sollten vor allem da bestehen, wo Token rechtswidrig eingesetzt und missbraucht werden könnten (z. B. Geldwäsche, Terrorismus-Finanzierung). Zudem sollten Token Rechte zugesprochen werden, um z. B. Besitzer vor unrechtmäßiger Aneignung zu schützen. Des Weiteren betonen die Befragten, dass Token insbesondere dann staatlich beaufsichtigt bzw. die Rechtsrahmen angepasst werden sollten, wenn dies auch auf die **physischen Gegenwerte** zutrifft.

Betrachtet man die obigen Analysen im Hinblick auf die Chancen und Hemmnisse sowie die Aussagen der befragten Expertinnen und Experten im Rahmen der schriftlichen Konsultation, ergeben sich vier verschiedene, aber **zusammenhängende Handlungsfelder**:

- ▶ **Wissenslücken schließen und die Integration kleiner und mittlerer Supply Chain Partner fördern**
- ▶ **Verständnis für die Netzwerkökonomie erwirken**
- ▶ **Blockchain-Start-ups in Deutschland stärken**
- ▶ **Rechtliche Rahmenbedingungen sukzessive ausbauen.**

Diese Handlungsfelder und die damit verbundenen Hypothesen und Fragen dienten als Diskussionsgrundlage des virtuellen Expertenworkshops vom **20. Mai 2021**. Gemeinsam mit 35 Expertinnen und Experten wurden die abgeleiteten Handlungsfelder diskutiert und bewertet bzw. konkretisiert und hinsichtlich ihrer Relevanz validiert.

6.2 Ableitung geeigneter Handlungsempfehlungen

Gemeinsam mit 35 Expertinnen und Experten wurden im Rahmen eines virtuellen Workshops am 20. Mai 2021 mögliche Handlungsempfehlungen zur Stärkung einer Token-Ökonomie in Deutschland diskutiert und entwickelt. Die Expertinnen und Experten waren Vertreterinnen und Vertreter aus Verbänden und öffentlichen Institutionen, aus der Wissenschaft

und Forschung sowie aus der Industrie, dem Mittelstand und von Start-ups. Die Diskussionsbasis lieferte die vorangegangene Impulsstudie, die die Chancen und Hemmnisse wie auch die Ergebnisse der schriftlichen Expertenkonsultation von November 2020 skizzierte. Auf Basis dieser vorläufigen Studienergebnisse präsentierten die Studienverantwortlichen dem Fachpublikum die oben abgeleiteten Handlungsfelder (siehe Kapitel 6.1) zur Diskussion und Weiterentwicklung. Im Folgenden werden die Diskussionsergebnisse und die darauf basierenden Handlungsempfehlungen zur Stärkung der Token-Ökonomie dargestellt.

6.2.1 Handlungsempfehlung: Wissenslücken schließen und die Integration kleiner und mittlerer Supply Chain Partner fördern

Das Blockchain-basierte Wirtschaften im Sinne einer Token-Ökonomie kann nur funktionieren, wenn eine Vielzahl von Unternehmen und Partnern entlang der Wertschöpfungskette sich daran beteiligen. Erst dann kommen die Eigenschaften der Distributed-Ledger-Technologien wie Vertrauen, Transparenz und Effizienz zur Geltung und nur dann können Skalierungs-Effekte genutzt und so bestehende und neue Geschäftsmodelle gestärkt werden. Im Rahmen der Diskussion mit den Expertinnen und Experten am 20. Mai 2021 wurde dementsprechend insbesondere die Frage diskutiert, wie erreicht werden kann, dass mehr Unternehmen und speziell auch kleine und mittlere Zulieferbetriebe und Wertschöpfungspartner an einer Tokenisierung teilhaben und in entsprechenden Netzwerken partizipieren können.

Als entscheidendes Hemmnis werden von allen Expertinnen und Experten die z. T. noch fehlende Sensibilisierung für die aus der Distributed-Ledger-Technologie resultierenden Chancen sowie die i. d. R. schwer quantifizierbaren kurz- und mittelfristigen Effekte genannt. Durch zu wenige Teilnehmer können die für den wirtschaftlichen Nutzen entscheidenden Skalierungseffekte nicht entstehen, was wiederum die Bereitschaft zur **Investition in die Technologie** senkt. Dementsprechend schlussfolgern die Expertinnen und Experten: „*Wir haben es mit einem klassischen Henne-Ei-Problem*“ zu tun.

Zur Auflösung dieser Problematik halten die Expertinnen und Experten die Entwicklung erfolgreicher Beispiel-Projekte für geeignet, über die entsprechend berichtet wird und von denen die Allgemeinheit lernen kann. Solche sog. **Leuchtturm-Projekte** in relevanten Anwendungsfällen können eine wichtige Vorbildfunktion einnehmen und sie dienen gleichsam als Basis für **Erfahrungs- und Wissenstransfer** sowie dem ebenfalls dringend erforderlichen Know-how-Aufbau. Unternehmen können dann besser und schneller ihre eigenen Geschäftsprozesse und Geschäftsmodelle auf den Blockchain-Einsatz prüfen und entsprechende Initiativen anstoßen. So kann die gesamte Wirtschaft aus den Erfahrungen von erfolgreichen Blockchain-Implementierungen lernen und eigene Implementierungen mit weiteren Partnern vorantreiben.

Wenn dieser Ansatz verfolgt und gefördert wird, können sich zudem schneller das dringend benötigte Wissen und die Erfahrungen mit dem Einsatz der Technologie verbreiten. Durch Projekte im eigenen Unternehmen erfolgt quasi eine Ausbildung „am lebenden Objekt“. Diese kann und sollte, da sind sich die Expertinnen und Experten einig, durch gezielte **Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen** ergänzt und begleitet werden. Die Verstärkung der Grundbildung in den Themen Distributed-Ledger-Technologie und Kryptografie an den Hochschulen kann und sollte zudem verstärkt werden, um zukünftig eine entsprechende Anzahl von Fachkräften bereit zu stellen. Ergänzt werden sollte dies durch transfer- und anwendungsorientierte Unterstützungsangebote für Unternehmen, z. B. durch die Mittelstand 4.0 Kompetenzzentren bzw. Mittelstand-Digital Zentren oder Wirtschaftsförderungen.

Im Rahmen der weiteren Diskussion wurde wiederholt auch ein wichtiges **Soft Fact** diskutiert. Neben dem Wissens- und Erfahrungsaufbau scheint dringend auch ein **Mentalitätswandel** erforderlich. Wenn die Distributed-Ledger-Technologie eine Schlüsseltechnologie für zukünftige dezentrale und vernetzte Wertschöpfungsstrukturen im Kontext von Industrie 4.0 ist, sollte ein Klima geschaffen werden, welches ein schnelles Durchdringen der Wirtschaft mit Distributed-Ledger-Lösungen ermöglicht. Dazu

zählt die Etablierung einer neuen **Fehler- und Lernkultur**, damit diejenigen, die den Mut haben voranzugehen auch die nötigen Freiräume bekommen.

Abschließend wurde noch die Frage nach staatlichen Maßnahmen diskutiert, also die Frage, welchen konkreten Beitrag der Staat leisten kann und soll, um die genannten Maßnahmen zu flankieren bzw. die geeigneten Rahmenbedingungen zu schaffen. Sichere **digitale Identitäten** genauso wie die **digitale Signatur** wurden in diesem Zusammenhang als eine wichtige Voraussetzung genannt, für die der Staat im Sinne einer Token-Ökonomie sorgen kann. Hier gibt es auch bereits Initiativen, wie das Beispiel des vom BMWi geförderte IDunion Konsortium verdeutlicht. Eine zentrale Forderung bei allen staatlichen Maßnahmen ist jedoch, dass der Staat zwar die Standardisierungsbestrebungen fördern sollte, es aber gleichzeitig nicht zu einer **Überregulierung** kommen darf. Dies würde insbesondere die Zielsetzung des verstärkten Einbezugs der kleinen und mittleren Unternehmen sowie Start-up-Bemühungen für die Tokenisierung erschweren.

Für den stärkeren Einbezug der kleinen und mittleren Unternehmen und die schnelle Verbreitung der Token-Ökonomie wurde eine weitere Maßnahme diskutiert, die aus Sicht aller Expertinnen und Experten einen wichtigen Beitrag leisten kann: die Zurverfügungstellung von **Open-Source-Lösungen**. Hierdurch kann die Einstiegsbarriere in die Token-Ökonomie erheblich gesenkt werden. Durch staatlich geförderte Forschungs- und Entwicklungsprojekte zur Entwicklung von Open Source Software kann zum einen in Richtung Standards, aber auch allein durch das Bereitstellen von entsprechender Infrastruktur ein wichtiger Beitrag zur Verbreitung der Token-Ökonomie geleistet werden.

6.2.2 Handlungsempfehlung: Verständnis für die Netzwerkökonomie erwirken

Für die Integration von Supply Chain Partnern spielen Vertrauen und auch das gemeinsame Verständnis für die Ausgestaltung des Blockchain-Netzwerks eine elementare Rolle. Neben Technologieverständnis für die Distributed-Ledger-Anwendungen ist dabei aber

auch ein Verständnis für ökonomische Fragestellungen im Allgemeinen und dezentrale Wertschöpfungsmuster und deren Geschäftsmodelle im Speziellen notwendig. In der vorangegangenen Diskussion (siehe Kapitel 5.3) wurde deshalb dargestellt, dass ein wesentliches Hemmnis für die Umsetzung der Token-Ökonomie durch die fehlende Akzeptanz und das mangelnde Verständnis für Plattformen begründet werden kann. Basierend auf dieser Aussage, wurde die Diskussion mit den Expertinnen und Experten am 20. Mai 2021 zum Thema **„Plattformen“ und digitale Netzwerke zum Teil kontrovers** geführt.

Entscheidend waren hier zunächst die **Klärung des Begriffs** und die Auffassung, dass der Begriff „Plattform“ zum größten Teil sehr negativ behaftet ist. Dies liege unter anderem an den dominanten, quasi-monopolistisch agierenden Plattform-Strukturen bestehender großer Anbieter im B2C-Bereich wie bspw. Amazon oder Alibaba. Umso wichtiger sei es aber, den Plattformbegriff in einem **B2B-Kontext differenziert** zu benutzen und entsprechend positiv zu konnotieren. Bessere „Begriffe“ seien u. a. „Netzwerkökonomie“ oder „digitale Ökosysteme“. Dadurch sollen Missverständnisse verhindert und negative Assoziationen verringert werden. Folglich empfiehlt es sich, in **öffentlichkeitswirksamen Kampagnen** auf diese Begriffe zu setzen. Ebenso sei Blockchain auch oftmals mit Bitcoin assoziiert, sodass lieber von Distributed-Ledger-Technologien gesprochen werden sollte.

Einig waren die Expertinnen und Experten sich jedoch, dass die in Kapitel 5.3 skizzierten digitalen Ökosysteme, die zum Teil auf digitalen innovations- und technologieorientierten Plattformen fußen, in Deutschland unterrepräsentiert seien. Digitale B2B-Netzwerke profitierten derzeit noch nicht von **indirekten Netzwerkeffekten** und seien gehemmt, komplementäre Güter und Services zu integrieren. Dies liege, so die Expertinnen und Experten, an den **Wettbewerbsbedenken** der Unternehmen und der fehlenden Bereitschaft, sich und ihre entsprechenden Infrastrukturen zu öffnen. Ebenso scheitere es oftmals am Vertrauen der beteiligten Akteure und der **Angst vor Plattformabhängigkeiten** - auch im B2B-Kontext.

Gleichwohl wurde betont, dass Distributed-Ledger-Technologien auch eine Chance darstellen, um dezentrale Wertschöpfungsmuster und netzwerkorientiertes Handeln zu fördern. Dabei birgt die Distributed-Ledger-Technologie das Potenzial ebenjene **Vertrauensbarrieren** durch ihre datendemokratischen Eigenschaften, wie auch die entsprechende Transparenz und Nachvollziehbarkeit zu durchbrechen. Die Einführung von Distributed-Ledger-Technologien und dezentralen Plattformen bzw. deren Nutzung erfordert jedoch, so die Expertinnen und Experten, einen fundamentalen Umbruch im „Mindset“ und die Bereitschaft bestehende, tradierte Geschäftsmodelle aufzugeben bzw. zu transformieren.

Dabei stellt insbesondere der **Aufbau von Konsortien** und die initiale Bereitstellung der Plattforminfrastruktur und Technologie eine Herausforderung für Unternehmen dar. Eine mögliche Handlungsempfehlung lautet daher, die **anfänglich benötigten Ressourcen zu fördern** und bereits bestehende, sich vertrauende Konsortien im Aufbau einer technologischen Lösung zu unterstützen. Beispielsweise könne eine **Förderung für den Netzwerkaufbau** sinnvoll sein, da einzelne Unternehmen wenig Anreiz hätten, bei ungewissen Ergebnissen ein solches Netzwerk aufzubauen und zu betreiben. Insbesondere wären Start-ups für einen solchen Netzwerkbetrieb geeignet, jedoch fehle es ihnen oftmals an Ressourcen solche Netzwerke dauerhaft bzw. in größerem Maße zu betreiben. Eine **Förderung von Genossenschaften** bzw. deren Gründung, die gemeinsam solche Netzwerke betreiben, wäre ein attraktives Modell für Unternehmen. Analog zur stärkeren Integration von Partnern seien Best-Practices und **Leuchtturmprojekte mit echten Business Cases** notwendig, um die Idee der dezentralen Wertschöpfung entsprechend greifbar zu machen.

Ferner diskutierten die Expertinnen und Experten auch die Grundsatzfrage, ob Infrastruktur von staatlicher Seite bereitgestellt werden müsse - in Analogie zur sonstigen Infrastruktur wie z. B. Straßen. Einzelne Unternehmen seien nicht motiviert bzw. in der Lage eine solche technologische Infrastruktur zu stemmen. Daher sei es sinnvoll, eine Distributed-Ledger-Infrastruktur standardisiert und für alle zugänglich bereit-

zustellen, sodass Unternehmen mit ihren jeweiligen Anwendungsfällen darauf aufbauen könnten. Andere Expertinnen und Experten wiederum vertraten die Ansicht, dass der Staat lediglich „gesunde“ und ausgewogene Rahmenbedingungen schaffen und Anreize setzen solle. Unternehmen seien motiviert, die Distributed-Ledger-Technologie dort umzusetzen, wo sie einen ökonomischen Mehrwert bringe - unabhängig von einer staatlichen Infrastruktur. Abschließend wurde seitens der Expertinnen und Experten darauf hingewiesen, dass vor allem Bildungsangebote in Schulen und Universitäten stärker darauf ausgelegt sein müssten **Open Innovation Ansätze** und Kollaboration zu forcieren. Dabei gehe es darum, bereits in der Schule oder der Ausbildung entsprechendes Verständnis für die **Mehrwerte von Ressourcenteilung** und Zusammenarbeit sowie gemeinsamer, übergreifender „Wertschöpfung“ zu schaffen. Nur so könne es möglich werden, Silos aufzubrechen und tradierte Denkmuster, die sich in „Abschottung“ manifestierten zu überwinden. Ist dieses Fundament gelegt, so kann die Distributed-Ledger-Technologie wiederum als Katalysator für entsprechende Netzwerke und digitale Ökosysteme dienen.

6.2.3 Handlungsempfehlung: Blockchain-Start-ups in Deutschland stärken

Die oben dargelegten Zahlen (siehe Kapitel 5.4) legen nahe, dass deutsche Blockchain-Start-ups im internationalen Vergleich, aber auch im Vergleich zu anderen Technologie-Start-ups innerhalb Deutschlands, unterrepräsentiert sind. Daher herrscht Konsens darüber, dass die Förderung und **Unterstützung von Start-ups noch ausbaufähig** sind und grundsätzliche Herausforderungen in der Zusammenarbeit mit Start-ups behoben werden müssen.

Dabei betonen die Expertinnen und Experten vor allem die **unternehmenskulturellen Herausforderungen** und die Erwartungshaltung in der Zusammenarbeit zwischen Industrie und Start-ups. Die Anforderungen der Industriepartner und die tatsächlich möglichen und verfügbaren Lösungen sowie Kapazitäten der Start-ups klappten oftmals weit auseinander. Große Konzerne benötigten bzw. zögen ganzheitliche Lösungen und vollständige Konzepte vor. Start-

ups wiederum böten oftmals nur spezielle Lösungen an, die ein spezifisches Problem adressierten. Zudem sind aus Sicht der Start-ups insbesondere die vielschichtigen Entscheidungsprozesse und der oftmals lange Projekthorizont bei Industriepartnern besonders herausfordernd, da Start-ups auf einen schnellen Projektabschluss und Erfolg zur Finanzierung ihrer Unternehmen angewiesen seien. Damit verbunden sind oftmals langwierige Angebotsphasen mit zum Teil aufwändigen Proof-of-Concepts, die letztendlich aber nicht vergütet würden. Dies hat auch zur Folge, dass die Teilnahme an Ausschreibungen und der Wettbewerb mit anderen, bereits etablierten Dienstleistern für Start-ups mitunter zum Kraftakt werden. Potenzial sehen die befragten Expertinnen und Experten deshalb insbesondere in der **Zusammenarbeit von Start-ups mit kleinen und mittleren Unternehmen**.

Kleine und mittlere Unternehmen seien oftmals wesentlich agiler unterwegs, hätten kürzere Entscheidungswege und auch eine höhere Bereitschaft, ihr Wissen zu teilen. Jedoch entstünden auch hier, trotz der flachen Hierarchien bei kleinen und mittleren Unternehmen, diverse Herausforderungen. Unter anderem fehle es bei kleinen und mittleren Unternehmen an Anwendungsfällen für die Distributed-Ledger-Technologie. Darüber hinaus fehle es aber auch an **Verständnis für die Technologie** und Kreativität für neue, netzwerkbasierte und dezentrale Geschäftsmodelle. Das fehlende Verständnis bei den potenziellen Nachfragern sei dabei eine Hauptbarriere, die Start-ups im Distributed-Ledger-Bereich überwinden müssten.

Um dieses Problem zu adressieren, besteht eine Handlungsoption darin, nach dem Vorbild der DE:Hub-Initiative einen Hub speziell für Distributed-Ledger-Technologien zu etablieren. Wie bei den bereits bestehenden **DE:Hubs** zu anderen Themen, wie bspw. Künstliche Intelligenz, wäre es Aufgabe dieses Hubs, Blockchain-Start-ups und mittelständische Unternehmen zusammenzubringen. Flankiert werden sollte dies durch eine stärkere Adressierung der Blockchain-Technologie in den bundesweit bereits etablierten **Mittelstand-Digital Zentren**. Während die Mittelstand-Digital Zentren sich dem Know-how-Transfer für kleine und mittlere Unternehmen widmen

und dadurch im Mittelstand eine verstärkte Nachfrage für Blockchain-Lösungen generieren, würde sich der DE:Hub für Blockchain der Aufgabe widmen, für diese Nachfrage passende Anbieter aus der Start-up Szene zu vermitteln.

Ein weiterer Ansatzpunkt zur stärkeren Nachfragegenerierung nach Distributed-Ledger-Lösungen von Start-ups besteht darin, dass die öffentliche Verwaltung mit gutem Beispiel vorangeht und innovative Blockchain-Lösungen in ihre Verwaltungsprozesse implementiert, zumal es gerade im öffentlichen Bereich zahlreiche, vielversprechende Anwendungsszenarien gibt. Hierdurch würden die Lösungsanbieter, welche häufig Start-ups sind, gestärkt und gleichzeitig eine höhere Bekanntheit und Akzeptanz für die Technologie in der Gesellschaft und Wirtschaft generiert, was wiederum in einer stärkeren Nachfrage nach Lösungen mündet. Hier ist also von einem Multiplikatoreffekt auszugehen, welcher von der öffentlichen Verwaltung auf die Wirtschaft ausstrahlt.

Neben diesen operativen Maßnahmen ist es aber auch wichtig, dass sich die strukturellen Standortbedingungen für Start-Ups in Deutschland verbessern. Dazu zählt neben dem **Ausbau des Wagniskapitals** auch die steuerliche Handhabung von Start-ups in Deutschland. Ebenso sollten bürokratische Hürden für die Gründung abgebaut werden, indem der **Gründungsprozess unbürokratischer** und auch „digitaler“ gestaltet wird, um auch für internationale Start-ups als Standort attraktiv zu werden. In Berlin lassen sich die Auswirkungen der suboptimalen Standortbedingungen für Start-ups beobachten: Zwar befindet sich in Berlin die weltweit größte Community an Blockchain-Experten. Allerdings arbeiten viele dieser Expertinnen und Experten für ausländische Start-ups und haben lediglich den Wohnsitz in Berlin. Dennoch ist Berlin mit dieser Expertendichte für Distributed-Ledger-Technologien eine große Chance für Deutschland: Gelingt es, die Standortbedingungen für Blockchain Start-ups attraktiver zu gestalten, besteht hier ein enormes Ansiedlungspotenzial von Start-ups.

Ein weiterer Hebel zur Verbesserung der Standortbedingungen für Blockchain-Start-ups in Deutschland besteht darin, neuartige und **innovative Gesell-**

schaftsformen in Deutschland zu schaffen, die besser als die bisherigen Gesellschaftsformen geeignet sind, auf dezentralen Netzwerken basierende Geschäftsmodelle abzubilden.

Als langfristige Maßnahme sollte auch daran gearbeitet werden, in Deutschland einen „**Gründergeist**“ stärker kulturell zu verankern. Dazu sollte bereits in Schulen und Universitäten damit begonnen werden, eine andere Fehlerkultur im Sinne einer „Fail-Fast-Mentalität“ zu vermitteln, so dass eher der Schritt in die Selbstständigkeit gewagt wird. Ein Scheitern bei einer Unternehmensgründung ist in Deutschland noch immer zu stark mit einer gesellschaftlichen Stigmatisierung verbunden, was zu einer erhöhten Risikoaversion führt und letztendlich in einer trägen Start-up Landschaft mündet. Eine offenerere und tolerantere Fehlerkultur kann hier Abhilfe schaffen.

Mit Blick auf den bestehenden (bzw. sich im Aufbau befindenden) Regulierungsrahmen in Deutschland, sollte zudem darauf geachtet werden, dass dieser nicht nur den Finanzsektor bei der Token-Ökonomie im Blick hat, sondern auch stets die Auswirkungen auf die realwirtschaftlichen Blockchain-Anwendungsfälle mitgedacht werden. Da im gegenwärtigen Regulierungsrahmen jede Token-Transaktion als Finanzgeschäft eingestuft wird und damit regulatorische Hürden verbunden sind, können hierdurch auf realwirtschaftlichen Anwendungsfällen basierende Geschäftsmodelle von Start-ups unrentabel werden, wodurch das Entstehen von Blockchain-Start-ups im realwirtschaftlichen Sektor in Deutschland erschwert oder gar verhindert wird. Es sollte also im Regulierungsrahmen eine differenzierte Klassifizierung von Token-Transaktionen vorgenommen werden, so dass nicht jede Transaktion automatisch als Finanzgeschäft eingestuft wird.

6.2.4 Handlungsempfehlung: Rechtliche Rahmenbedingungen sukzessive ausbauen

Insbesondere die Rechtsfragen sind mit Bezug auf die Token-Ökonomie ausgesprochen komplex. Dabei wird erkennbar, dass neben den technischen Herausforderungen und den organisatorischen Schwierigkeiten gerade das mangelnde Verständnis und die der-

zeit noch fehlende Rechtsumgebung die Anwendung von Token hemmen. Rechtssicherheit und das damit einhergehende Vertrauen sind elementare Voraussetzung z. B. für Gründungen und die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle. Unsicherheiten führen im Gegenteil dazu, dass Gründungsaktivitäten und Start-ups im Bereich der Token-Ökonomie ausbleiben, da die Unternehmer insbesondere nicht wissen, ob ihr Geschäftsmodell in den noch zu schaffenden Rechtsrahmen passen wird und damit auch auf Dauer Bestand haben kann. Es sind zwar schon jetzt einzelne Beiträge zur rechtlichen Umschreibung von Distributed-Ledger-Technologien und Token vorhanden, ebenso wird auf allen gesetzgebenden Ebenen (national, europäisch und international) an gemeinsamen Rechtsrahmen gearbeitet, allerdings befinden sich diese - bis auf ganz wenige Ausnahmen - erst in der Vorbereitung; einzelne Aspekte sind dabei noch gar nicht adressiert.

Daher wurde gemeinsam mit den Expertinnen und Experten am 20. Mai 2021 Überlegungen angestellt, welche Maßnahmen eingeleitet werden müssten, um Gründungen und neue Geschäftsmodelle im Bereich der Token-Ökonomie, trotz einer verbreitet wahrgenommenen Rechtsunsicherheit, zu fördern und welche Rechtsbereiche beim parallelen Ausbau der Rahmenbedingungen zu priorisieren seien - auch, um eine Abwanderung von Start-ups in andere, bereits mit Rechtssicherheit verbundene Regionen zu vermeiden. Es wurde u. a. die Frage gestellt, ob es ggf. legislative Bereiche gibt, in denen die Token-Ökonomie sogar „erzwungen“ werden sollte, um einerseits in diesen Bereichen die notwendige Rechtssicherheit zu schaffen und um andererseits eine aktive Auseinandersetzung mit der Token-Ökonomie zu befördern. Ferner wurde der Frage nachgegangen, welche Art der Regulierung angestrebt werden sollte - eine zentrale, ganzheitliche "Blockchain-Regulierung", wie in Liechtenstein (Liechtenstein Act on Token and VT Service Providers), oder eine an den jeweiligen Anwendungsbereichen (Handel, Register, Zahlungsverkehr etc.) oder Token-Kategorien (Asset-Token, Service-Token, immaterielle Güter verkörpernde Token etc.) anknüpfende Regulierung?

Im Rahmen der Expertenworkshops wurde die Notwendigkeit einer **allgemein zugänglichen Infra-**

struktur, auf der sich anschließend die diversen Anwendungen (Ökosysteme) entfalten können, diskutiert. Anwendungsbezogen müsse sodann der Rechtsrahmen auf die Bedürfnisse der Nutzer abgestimmt werden. Daher wurde eine anwendungsbezogene **Fortbildung des Rechtsrahmens anstatt eines zentralen „Token-Gesetzes“ präferiert**. Bezogen auf die notwendige Infrastruktur könne über neue Gemeinnützigkeitsformen nachgedacht werden, sie müssten sich allerdings im Hinblick auf Versorgungssicherheit oder Interoperabilität an den Energie- oder Transportnetzen messen lassen. Eine **Priorisierung** von einzelnen Rechtsbereichen hielt man dagegen **nicht unbedingt für erforderlich**, es brauche – so die Experten – keine erzwungene „Energie-Blockchain“ oder eine „Supply-Chain-Blockchain“. Bezogen auf digitale Assets sei der **Zivilgesetzgeber allerdings dringend gefordert**, der rechtlichen Einordnung von Token und deren sachrechtlichen Verfügung die notwendige Rechtsklarheit zu schaffen. Ebenso sei die **Haftung** im Umgang mit Token zu klären, um das Vertrauen in die Token-Ökonomie zu erhöhen. Dabei müsse man auch davon abkommen, sich nur auf den Finanzsektor zu konzentrieren – die Tokenisierung wird auch in anderen Bereichen relevant, wie etwa dem Handels- und Steuerrecht, Vereinsrecht oder dem Produktsicherheitsrecht. Hinsichtlich des Zeithorizonts wünschte man sich ein **beherzteres Vorschreiten Deutschlands**, so dass die nationale Regulierung als Vorbild für Europa dienen könne. Dazu gehöre auch, dass man in der jetzt anstehenden Orientierungsphase auch einzelne Fehler und Risiken bewusst in Kauf nehme; es müsse eine **„Sandbox-Mentalität“** Einzug halten, die man auch bewusst fördern sollte, um Leuchtturmprojekte zu generieren. Anwendungen und konkrete Beispiele müssen jedenfalls dringend vorangebracht werden, auch um die tatsächlichen – nicht nur befürchteten – Hemmnisse zu erkennen und ggf. auszuräumen. Die Rolle des Staates sollte dabei eine eher **zurückhaltende und unterstützende** sein; gerade dort, wo man durch Standardisierung oder Modellgesetzgebung (z.B. UNICTRAL-Modellgesetz) bei einer eher offenen Gesetzgebung Erfolge erzielen könne, sollte man diesen Weg beschreiten (z. B. im Hinblick auf standardisierbare Inhalte von Smart Contracts in Handel oder Transport, s. u.). Letzteres würde zugleich

die Interoperabilität der weltweiten Anwendungen erhöhen und künstlich aufgebaute Hemmnisse von Anfang an reduzieren.

Hinsichtlich der Frage, welche Anwendungen (Use Cases) im Vordergrund stehen sollten und an welchen Stellen Deutschland bei der Schaffung einer Infrastruktur und der rechtlichen Begleitung eine europäische Vorreiterrolle einnehmen könnte, sahen die Experten die **„digitalen Identitäten“** im Vordergrund. Sie seien nicht nur bezogen auf den Bürger relevant (Stichwort: digitale Verwaltung), sondern auch im Hinblick auf juristische Personen und Maschinen; jede Entität verlangt künftig nach digitaler Identität. Außerdem lassen sich bei allen Use Cases zur digitalen Identität die rechtlichen Grenzen ausloten, wie etwa die der **Resilienz, des Datenschutzes, der Datensicherheit, der Registerfähigkeit** u.v.m. Insofern könnten solche Use Cases rund um die digitale Identität, welche außerdem in der eIDAS-VO schon einen rechtlichen Anker besäße, als Treiber fungieren. Als weiteren Anwendungsfall mit Vorbildcharakter erkannten die Experten – wenngleich nicht derselben Vehemenz – den Energiesektor unter Verweis auf den Smart-Home-Bereich und den Automotive-Bereich.

Neben dem Rechtsrahmen wurden auch die jeweiligen **Transaktionen** thematisiert. Sie beruhen regelmäßig auf Smart Contracts, kleine Aktionsprogramme bzw. Computerprotokolle, die Transaktionen – wie Verträge – abbilden, überprüfen oder deren Abwicklung technisch unterstützen können. Hier stellte sich die Frage, wie sich die mitunter sehr komplexen, ggf. die internationalen Rechtsordnungen tangierenden Rechtsvorgänge via Smart Contracts sicher und verlässlich abbilden lassen. Ferner, ob Standards (ggf. auch kategorieabhängig) erforderlich werden und wer für deren Einhaltung sorgen wird.

Nahezu **einvernehmlich** wurde eine einheitliche **internationale Sprache** für erforderlich erachtet, die durch die Standardisierung von Smart Contracts erreicht werden könnte. Zwar könne dies auch den Betroffenen selbst überlassen bleiben – etwa durch Festlegungen in AGBs, allerdings sei damit nur eine Einheitlichkeit und Vergleichbarkeit in den jeweili-

gen Akteursnetzen (z. B. im Rahmen von Hersteller-Zuliefer-Beziehungen) gewährleistet, während eine Standardisierung z. B. auf UN- oder ISO-Ebene eine multilaterale Vereinheitlichung schaffen könnte. Jedenfalls müssen Standards international wirken; „virtuelle Zollhäuschen“ über die kommunikative, sprachliche Ebene zu errichten, sei mit dem Gedanken der grenzenlosen Token-Ökonomie nicht zu vereinbaren. Insofern könne aufseiten der ISO z. B. zuerst mit einer **Asset-Kategorisierung** begonnen werden, worauf sich dann die Art der Token sowie die zu genießenden typisierten Smart Contracts aufbauen ließen. Denkbar wäre, zunächst mit einem **kleinen und sehr übersichtlichen Rechtsgebiet** zu beginnen, bei dem schon eine Annäherung verschiedener nationaler Rechtsordnungen stattgefunden habe, wie dem UN-Kaufrecht. Abläufe, die typischerweise in internationalen Kaufverträgen stattfinden – wie etwa

die den Kauf begleitenden Dokumentationen oder das Bestellen eines Akkreditivs – könnten zunächst in eine gemeinsame (internationale) Sprache in Form von Smart Contracts überführt und standardisiert zur Verfügung gestellt werden. Sukzessive ließen sich dann weitere typische Klauseln und Inhalte digital versprachlicht hinzufügen. Gerade ein solches **gemeinsames Begriffsverständnis**, welches beim Begriff des „Token“ beginnen müsste, könnte schon für die notwendige Klarheit und auch Akzeptanz sorgen. Ob es daneben noch staatlicher aufsichtsführender Stellen bedarf oder – ähnlich wie in Liechtenstein – neuer Dienstleister, die als Validatoren die Transaktionen begleiten und die Ansprüche sichern, wurde eher **uneinheitlich bewertet**, wohingegen herausgehoben wurde, dass es grundsätzlich zu begrüßen sei, dass Liechtenstein sich schon auf den Weg gemacht und auch zivilrechtlich neu gedacht habe.

7 SCHLUSSBETRACHTUNG UND AUSBLICK

Die vorliegende Studie zeigt auf, welche Potenziale und Möglichkeiten die Token-Ökonomie für Deutschland bietet. Ebenso wurde dargestellt, welche Hemmnisse und Herausforderungen in Anbetracht der sich noch am Anfang befindenden Token-Ökonomie zu adressieren sind. Dabei sind die entsprechenden Maßnahmen eher fundamentalerer Natur und als Basis zu betrachten, auf der eine nachhaltige Token-Ökonomie aufbauen kann.

Die Diskussionen auf den Workshops im Rahmen dieses Moduls des Fachdialogs Blockchain haben gezeigt, wie **vielfältig und facettenreich** das Thema Token-Ökonomie in Deutschland diskutiert und betrachtet werden kann. Token sind dabei als ein Aspekt bzw. immer in Kombination mit der Distributed-Ledger-Technologie zu betrachten. Die Token-Ökonomie umfasst dabei nicht nur Token-Anwendungen im Speziellen, sondern auch Distributed-Ledger-Anwendungen, wie die Blockchain, im Allgemeinen. Die Token-Ökonomie bietet nicht nur im Kontext einer Finanzwirtschaft enormes Potenzial, sondern kann einen entscheidenden Beitrag zur Schaffung neuer **Geschäftsmodelle** und **Prozessinnovationen innerhalb des industriell geprägten Deutschlands** leisten. Durch ebenjene, netzwerkorientierten Geschäftsmodelle, die eine dezentrale Form der Wertschöpfung erlauben und die damit einhergehende Veränderung von Prozessen, könnte neues Produktivitätswachstum entstehen. Der entscheidende Unterschied in der Implementierung der Distributed-Ledger-Technologie zu anderen technologischen Neuerungen wie z. B. Künstliche Intelligenz oder Cyberphysischen-Systemen, ist ihr **Netzwerkcharakter**. Die Distributed-Ledger-Technologie und ihre Anwendungen kommen erst dann zu tragen, wenn Konsortien und komplexe Akteursstrukturen mithilfe der Technologie Transparenz und Vertrauen schaffen und entsprechende Synergieeffekte nutzen können. Eine solche Form der Kollaboration und des Wirtschaftens erfordert jedoch auch eine Veränderung der Unternehmenskulturen und des Mindsets. Um

ein solches Mindset zu fördern, sind Bildungsangebote, **Leuchtturmprojekte** und **Informationskampagnen** entscheidend. Die Aufklärungsarbeit und das Aufräumen von Vorurteilen sowohl in Bezug auf die Technologie per se, wie auch in Bezug auf digitale Netzwerke, ist laut der befragten Expertinnen und Experten ganz entscheidend. Parallel dazu, empfiehlt es sich, **Open-Source**-Initiativen und Projekte weiter zu stärken und zu fördern – denn vor allem die Open-Source-Kultur lebt von gemeinsamen Entwicklungen und föderalen Strukturen, die in einer entsprechenden „Netzwerk-Mentalität“ resultieren.

Aber nicht nur „softe“ Faktoren, wie ein neues Mindset, begünstigen eine Token-Ökonomie. Zentrales Element in der Diskussion mit den Expertinnen und Experten ist die **rechtliche Einordnung** von Token und die entsprechenden, noch auszubauenden Rahmenbedingungen. Insbesondere die Rechtssicherheit und die Diskussion, welche rechtlichen und organisatorischen Rahmenbedingungen z. B. im Bereich der Interoperabilität oder zivilrechtlichen Auffassung von Token zu setzen sind, gestaltet sich als ausgesprochen komplex. Folglich konnten diese Aspekte innerhalb des Moduls „Token-Ökonomie“ nur ansatzweise gestreift werden. Es empfiehlt sich, einen **weiteren Diskurs** anzustoßen. Nichtsdestotrotz, hat die vorliegende Untersuchung gezeigt, dass sich Unternehmerinnen und Unternehmer, wie auch Start-ups, vor allem eins wünschen: Ein **ausgewogenes Maß** zwischen unternehmerischer Freiheit und Regulierung sowie eine Bestärkung der „Hands-on-Mentalität“ und einer entsprechenden **Fehlerkultur**.

Parallel zur Schaffung der begünstigenden Rahmenbedingungen und Anreize im Sinne einer staatlichen Förderung, muss sich die Technologie dabei vor allem durch ihre inhärenten Eigenschaften und somit als Lösung für reale, unternehmerische und organisatorische Fragestellungen behaupten. Aktuelle Herausforderungen wie z. B. die Schaffung von Transparenz von internationalen Lieferketten im

Zuge des Lieferkettengesetzes oder die Frage, wie Wirtschaften ökologisch, ökonomisch und auch sozial nachhaltig gestaltet werden kann, bieten dabei entscheidende Anknüpfungspunkte. Die Frage, welchen Mehrwert die Technologie im Sinne der **Nachhaltigkeit** stiften kann, wird dabei im ausstehenden, zweiten Modul des „Fachdialogs Blockchain“ beantwortet. Nachhaltigkeit versteht sich dabei als Dreiklang aus sozialer, ökonomischer und ökologischer Nachhaltigkeit. Dabei stellt sich im Hinblick auf die Distributed-Ledger-Technologie insbesondere die Frage, wie echte und sinnvolle Business Cases aus-

sehen und welche Aspekte der Nachhaltigkeit somit besonders adressiert werden können. Ferner hat die vorliegende Studie aufgezeigt, dass die Nutzung der Distributed-Ledger-Technologie durch den **Mittelstand** eine entscheidende Rolle für die Diffusion der Token-Ökonomie spielt. Wie genau, kleine und mittlere Supply Chain Partner integriert werden können, wie die Zusammenarbeit mit anderen Innovationspartnerpartnern wie z. B. Start-ups gelingt und welche Anwendungen insbesondere für den Mittelstand attraktiv sind, zeigt das dritte Modul des „Fachdialog Blockchain“ auf.

8 LITERATURVERZEICHNIS

- Achleitner, Ann-Kristin; Behrens, Henning; Braun, Reiner; Lange, Thomas (2019): Innovationskraft in Deutschland verbessern: Ökosystem für Wachstumsfinanzierung stärken. München (acatech STUDIE).
- Adam, Katarina (2020): Blockchain-Technologie für Unternehmensprozesse. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Bardt, Hubertus; Lichtblau, Karl (2020): Industriepolitische Herausforderungen. Horizontale Ansätze und neue Aufgaben für den Staat. Köln: Institut der deutschen Wirtschaft Köln Medien GmbH, IW Medien (IW-Analysen - Forschungsberichte aus dem Institut der deutschen Wirtschaft Köln, Bd. 139).
- BearingPoint GmbH (2020): Studie: Blockchain und Verwaltung – Ungleiches Paar sucht den gemeinsamen Aufbruch. Pressemitteilung. Online verfügbar unter <https://www.bearingpoint.com/de-de/ueber-uns/pressemitteilungen-und-medienberichte/pressemitteilungen/studie-blockchain-und-verwaltung/>, zuletzt geprüft am 11.04.2021.
- Beck, Roman; Kubach, Michael; Peiter Jørgensen, Kim; Sellung, Rachele; Schunck, Christian; Gentile, Lorenzo (2019): "Study on the economic impact of blockchain on the Danish industry and labor market". Copenhagen, Denmark: IT University of Copenhagen (IT University Technical Report Series, TR-206 (2019)).
- Beinke, Jan Heinrich; Tönnissen, Stefan; Samuel, Julia; Teuteberg, Frank (2020): Blockchain im Bankensektor – Chancen, Herausforderungen, Handlungsempfehlungen und Vorgehensmodell. In: Hans-Georg Fill und Andreas Meier (Hg.): Blockchain, Bd. 55. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden (Edition HMD), S. 135-147.
- Bergische Universität Wuppertal (2020a): Data & Knowledge Engineering. Online verfügbar unter <https://dke.uni-wuppertal.de/de.html>, zuletzt aktualisiert am 14.12.2020, zuletzt geprüft am 22.04.2021.
- Bergische Universität Wuppertal (2020b): Origin Stamp. Online verfügbar unter <https://dke.uni-wuppertal.de/de/projects/originstamp.html>, zuletzt aktualisiert am 14.12.2020, zuletzt geprüft am 22.04.2021.
- Bitbond (2021a). Online verfügbar unter <https://www.bitbond.com/#about>, zuletzt geprüft am 17.04.2021.
- Bitbond (2021b): STO. Online verfügbar unter <https://www.bitbondsto.com/>, zuletzt geprüft am 17.04.2021.
- Bitkom e.V (Hg.) (2019a): Open Source Monitor. Studienbericht 2019. Berlin.
- Bitkom e.V (2020a): Digitale Plattformen. Berlin.
- Bitkom e.V. (Hg.) (2017): Blockchain und Datenschutz. Faktenpapier. Unter Mitarbeit von Marco Liesenjohann. Online verfügbar unter <https://www.bitkom.org/sites/default/files/file/import/180502-Faktenpapier-Blockchain-und-Datenschutz.pdf>.
- Bitkom e.V. (Hg.) (2019b): Blockchain in Deutschland – Einsatz, Potenziale, Herausforderungen Studienbericht 2019. Unter Mitarbeit von Lukas Gentemann. Online verfügbar unter <https://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Blockchain-in-Deutschland-Einsatz-Potenziale-Herausforderungen>.
- Bitkom e.V. (2020b): Self Sovereign Identity Use Cases – von der Vision in die Praxis. Berlin.
- Blockchain Bundesverband (2021): Über Bundesblock. Online verfügbar unter <https://bundesblock.de/de/about-us/>, zuletzt geprüft am 24.04.2021.
- Blockchain Europe (2020): Politik fördert digitale Zukunft: 7,7 Mio. Euro für Europäisches Blockchain-Institut. Online verfügbar unter <https://blockchain-europe.nrw/politik-foerdert-digitale-zukunft77-mio-euro-fuer-europaeisches-blockchain-institut/>, zuletzt geprüft am 24.04.2021.
- Blockchain Europe (2021): Wir sind Blockchain Europe. Online verfügbar unter <https://blockchain-europe.nrw/>, zuletzt geprüft am 24.04.2021.
- Blockchain NRW (2021): blockchain.nrw - Blockchain-Lösungen aus NRW. Online verfügbar unter <https://blockchain.nrw/>, zuletzt geprüft am 24.04.2021.
- Blockchain Reallabor (2021): Blockchain Reallabor Rheinisches Revier. Online verfügbar unter <https://blockchain-reallabor.de/>, zuletzt geprüft am 24.04.2021.
- BMW-Group (2019): Wie die Blockchain Autofahrern helfen kann. Online verfügbar unter <https://www.bmw.com/de/innovation/blockchain-automobilindustrie.html>, zuletzt geprüft am 07.04.2021.
- BMW-Group (2020): BMW Group treibt mittels Einsatz von Blockchain die Lieferketten-Transparenz weiter voran. Online verfügbar unter <https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0307164DE/bmw-group-treibt-mittels-einsatz-von-blockchain-die-lieferketten-transparenz-weiter-voran?language=de>, zuletzt geprüft am 07.04.2021.
- BMW: IDunion. Online verfügbar unter https://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Standardartikel/Schaufenster-SichereDigIdentProjekte/sdi-projekt_idunion.html, zuletzt geprüft am 24.04.2021.

- BMW (2021a): Automobilindustrie. Online verfügbar unter <https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Branchenfokus/Industrie/branchenfokus-automobilindustrie.html>, zuletzt geprüft am 07.04.2021.
- BMW (2021b): Chemie und Pharmazie. Online verfügbar unter <https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Artikel/Branchenfokus/Industrie/branchenfokus-chemie-pharmazie.html>, zuletzt geprüft am 07.04.2021.
- BMW (2021c): Maschinen- und Anlagenbau. Online verfügbar unter <https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Artikel/Branchenfokus/Industrie/branchenfokus-maschinen-und-anlagenbau.html>, zuletzt geprüft am 11.04.2021.
- Bundeministerium der Finanzen (2019): Krypto-Token und die Distributed-Ledger-Technologie – ein finanzmarktbezogener Überblick. Monatsbericht des BMF Juni 2019.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hg.) (2019): Die volkswirtschaftliche Bedeutung von digitalen B2B-Plattformen im Verarbeitenden Gewerbe. Berlin.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie; Bundeministerium der Finanzen (2019): Blockchain-Strategie der Bundesregierung. Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie und Bundeministerium der Finanzen.
- Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (Hg.) (2020): Deutsche digitale B2B-Plattformen. Auf Deutschlands industrieller Stärke aufbauen. Ein Ökosystem für B2B-Plattformen fördern. Berlin.
- Cagigas, Diego; Clifton, Judith; Diaz-Fuentes, Daniel; Fernandez-Gutierrez, Marcos (2021): Blockchain for Public Services: A Systematic Literature Review. In: IEEE Access 9, S. 13904–13921. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3052019.
- Code University of Applied Sciences (2020): Module Handbook for the Bachelor Program Software Engineering. Online verfügbar unter https://drive.google.com/file/d/1n0FbEi_wVD6gokvazgsXMT2V6LW5buit/view, zuletzt aktualisiert am 30.06.2020, zuletzt geprüft am 24.04.2021.
- Code University of Applied Sciences (2021a): Bachelor of Science in Software Engineering. Online verfügbar unter <https://code.berlin/de/study/software-engineering/>, zuletzt geprüft am 22.04.2021.
- Code University of Applied Sciences (2021b): Code University of Applied Sciences. Online verfügbar unter <https://code.berlin/de/>, zuletzt geprüft am 22.04.2021.
- Daimler AG (2021a): Blockchain-Pilotprojekt macht CO2-Emissionen transparent. Online verfügbar unter <https://www.daimler.com/nachhaltigkeit/ressourcen/blockchain-pilotprojekt-lieferkette.html>, zuletzt geprüft am 07.04.2021.
- Daimler AG (2021b): Einmal um den Block, bitte! Online verfügbar unter <https://www.daimler.com/innovation/blockchain.html>, zuletzt geprüft am 07.04.2021.
- Deloitte (2017): Chemie 4.0 Wachstum durch Innovation in einer Welt im Umbruch.
- Demary, Markus; Demary, Vera (2021a): Blockchain-Unternehmen auf dem Vormarsch. Informationsdienst des Instituts der deutschen Wirtschaft. Online verfügbar unter <https://www.iwd.de/artikel/blockchain-unternehmen-auf-dem-vormarsch-504617/>, zuletzt geprüft am 17.04.2021.
- Demary, Markus; Demary, Vera (2021b): IW-Kurzbericht 08/2021. A Growing Niche: German Blockchain Companies. Unter Mitarbeit von Markus Demary und Vera Demary. Institut der Deutschen Wirtschaft. Online verfügbar unter https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Kurzberichte/PDF/2021/IW-Kurzbericht_2021-German-Blockchain-Companies.pdf, zuletzt geprüft am 17.04.2021.
- Deuber/Jahromi (2020): Liechtensteiner Blockchain Gesetzgebung: Vorbild für Deutschland? Hg. v. MMR. Online verfügbar unter <https://beck-on-line.beck.de/Dokument?vpath=bibdata%2Fzeits%2Fmmer%2F2020%2Fcont%2Fmmer.2020.576.1.htm&anchor=Y-300-Z-MMR-B-2020-S-576-N-1>, zuletzt aktualisiert am 29.04.2021, zuletzt geprüft am 29.04.2021.
- Deutsche Bundesbank (2021): Zur Verlangsamung des Produktivitätswachstums im Euroraum. Monatsbericht Januar 2021. 34. Aufl. Hg. v. Deutsche Bundesbank.
- Deutsche Energie-Agentur (2020): dena testet Blockchain-basierte Infrastruktur für die Identifizierung von Anlagen im Energiesystem. Online verfügbar unter <https://www.dena.de/newsroom/meldungen/dena-testet-blockchain-basierte-infrastruktur-fuer-die-identifizierung-von-anlagen-im-energiesystem/>, zuletzt geprüft am 24.04.2021.
- Deutsche Energie-Agentur (2021a): Future Energy Lab. Online verfügbar unter <https://www.dena.de/future-energy-lab/>, zuletzt geprüft am 24.04.2021.
- Deutsche Energie-Agentur (2021b): Smart Contract Register. Online verfügbar unter <https://future-energy-lab.de/piloten/smart-contract-register/>, zuletzt geprüft am 24.04.2021.
- EFI - Expertenkommission Forschung und Innovation (2021): Jahresgutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2021. Hg. v. EFI. Berlin.
- Elstner, Steffen; Feld, Lars P.; Schmidt, Christoph M. (2018): The German productivity paradox. Facts and explanations. Bochum, Germany: Ruhr-Universität Bochum (RUB) Department of Economics (Ruhr economic papers, # 767). Online verfügbar unter <http://hdl.handle.net/10419/182032>.
- Europäische Kommission (2020): Digital Economy and Society Index 2020. Brüssel.

- Europäische Kommission (2021): Blockchain Strategy. Online verfügbar unter <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/blockchain-strategy>, zuletzt geprüft am 08.04.2021.
- Florian Möslein; Sebastian Omlor; Nils Urbach (2020): Grundfragen eines Blockchain-Kapitalgesellschaftsrechts. In: ZIP : Zeitschrift für Wirtschaftsrecht 41 (44), S. 2149-2163. Online verfügbar unter <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7619592>.
- Fraga-Lamas, Paula; Fernandez-Carames, Tiago M. (2019): A Review on Blockchain Technologies for an Advanced and Cyber-Resilient Automotive Industry. In: IEEE Access 7, S. 17578-17598. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2895302.
- Frankfurt School of Finance & Management (2021): Blockchain Center. Online verfügbar unter <https://www.frankfurt-school.de/home/research/centres/blockchain>, zuletzt geprüft am 24.04.2021.
- Fraunhofer FIT (2019): Chancen und Herausforderungen von DLT (Blockchain) in Mobilität und Logistik. Hg. v. BMVI.
- FTI-Andersch; Karlsruher Institut für Technologie; Institut für Produktionstechnik (2021): German Engineering 2025. Welche Herausforderungen deutsche Maschinenbauer jetzt meistern müssen.
- Future Energy Lab (2021): Machine ID Ledger. Online verfügbar unter <https://future-energy-lab.de/piloten/machine-id-ledger/>, zuletzt geprüft am 24.04.2021.
- Gehrke, Birgit; Rammer, Christian (2020): Innovationsindikatoren Chemie 2020. Innovationen zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit. Hg. v. Verband der Chemischen Industrie e. V.
- Henkel AG & Co. KGaA (2018): Blockchain: Wegbereiter der vernetzten Zukunft. Online verfügbar unter <https://www.henkel.de/spotlight/2018-12-10-blockchain-wegbereiter-der-vernetzten-zukunft-896104>, zuletzt geprüft am 08.04.2021.
- Hernandez, Marjorie; Vogelsteller, Fabian; Sieler, Steffen (2020): Blueprint for the New Creative Economies. Lukso Whitepaper. Online verfügbar unter <https://indd.adobe.com/view/50285b8e-29d4-48f4-98b8-e621b52266dd>, zuletzt geprüft am 17.04.2021.
- Hillemann; Wiebe (2020): Einsatzmöglichkeiten der Blockchain-Technologie im Produktsicherheitsrecht. In: Compliance Berater, 455 ff.
- Hochschule Mittweida (2020): Modulhandbuch Blockchain & Distributed Ledger Technologies (M. Sc.). Online verfügbar unter https://www.cb.hs-mitt-weida.de/index.php?eID=tx_nawsecuredl&u=0&g=0&t=1619305584&hash=151eb94514cf31dfbe9bebb86dd6d924a93dc05f&file=fileadmin/verzeichnisfreigaben/hsmw_course_explorer/studiengangsbeschreibungen/fk03/Master/Blockchain/Modulhandbuch_BC_DLT_092020.pdf, zuletzt aktualisiert am 18.09.2020, zuletzt geprüft am 24.04.2021.
- Hochschule Mittweida (2021): Blockchain & Distributed Ledger Technologies (DLT). Online verfügbar unter <https://www.cb.hs-mittweida.de/studienangebote-der-fakultaet/blockchain-distributed-ledger-technologies-dlt.html>, zuletzt geprüft am 24.04.2021.
- Hochschulkompass.de (2021): Blockchain. Hg. v. Stiftung zur Förderung der Hochschulrektorenkonferenz. Online verfügbar unter https://www.hochschulkompass.de/studium/studiengangsuche/erweiterte-studiengangsu-che.html?tx_szhksearch_pi1%5Bsearch%5D=1&tx_szhksearch_pi1%5Bstudtyp%5D=3&tx_szhksearch_pi1%5BQUICK%5D=1&tx_szhksearch_pi1%5Bfach%5D=blockchain, zuletzt geprüft am 25.04.2021.
- Hornýák, Olivér; Alkhoury, George Farid (2021): Smart Contracts in the Automotive Industry. In: Károly Jármái und Katalin Voith (Hg.): Vehicle and Automotive Engineering 3, Bd. 7. Singapore: Springer Singapore (Lecture Notes in Mechanical Engineering), S. 148-157.
- ifo Institut (2021a): Branchenatlas Maschinenbau. Online verfügbar unter <https://www.ifo.de/branchenatlas/maschinenbau>, zuletzt geprüft am 11.04.2021.
- ifo Institut (2021b): Strukturmerkmale Maschinenbau (Stand 29. April 2020; Aktualisierung 10. Februar 2021).
- Imeri, Adnan; Khadraoui, Djamel (2018 - 2018): The Security and Traceability of Shared Information in the Process of Transportation of Dangerous Goods. In: 2018 9th IFIP International Conference on New Technologies, Mobility and Security (NTMS). 2018 9th IFIP International Conference on New Technologies, Mobility and Security (NTMS). Paris, 26.02.2018 - 28.02.2018: IEEE, S. 1-5.
- Institut der Deutschen Wirtschaft (2021): IW-Kurzbericht 9/2021. The European Blockchain Centers. Unter Mitarbeit von Markus Demary und Vera Demary.
- IPE Institut für Politikevaluation GmbH; fka GmbH; Roland Berger GmbH (2019): Automobile Wertschöpfung 2030/2050. Hg. v. BMWi.
- IT-Planungsrat (2020): Koordinierungsprojekt „Blockchain“ Sachstandsbericht Mai 2020.
- Jakob, Sabine; Schulte, Axel T.; Sparer, Dominik; Koller, Roman; Henke, Michael (2018): Blockchain und Smart Contracts: Effiziente und sichere Wertschöpfungsnetzwerke. Hg. v. ten Hompel Prof. Dr. Dr. h. c. Michael, Henke Prof. Dr. Michael Henke Michel und Clausen Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen Uwe. Fraunhofer IML (Future Challenges in Logistics and Supply Chain Management).

- Kollmann, Tobias; Jung, Philipp; Kleine-Stegemann, Lucas; Ataei, Julian; Cruppe, Katharina de; Bundesverband Deutsche Startups E.V. (2020): Deutscher Startup Monitor 2020: Innovation statt Krise. Unter Mitarbeit von DuEPublico: Duisburg-Essen Publications Online, University Of Duisburg-Essen.
- Kuhn, Marlene; Funk, Felix; Franke, Jörg (2021): Blockchain architecture for automotive traceability. In: *Procedia CIRP* 97, S. 390-395. DOI: 10.1016/j.procir.2020.05.256.
- Kunde, Elke; Kaulartz, Markus; Ben Naceur, Med Ridha; Liban, Samater; Kunz, Matthias; Skwarek, Volker et al. (2017): Blockchain und Datenschutz. Faktenpapier. Hg. v. Bitkom e.V. Online verfügbar unter <https://www.bitkom.org/sites/default/files/file/import/180502-Faktenpapier-Blockchain-und-Datenschutz.pdf>, zuletzt geprüft am 11.04.2021.
- Kurpjuweit, Stefan; Schmidt, Christoph G.; Klöckner, Maximilian; Wagner, Stephan M. (2021): Blockchain in Additive Manufacturing and its Impact on Supply Chains. In: *J Bus Logist* 42 (1), S. 46-70. DOI: 10.1111/jbl.12231.
- Lehner, Johannes; Schützeneder, Philipp; Sametinger, Johannes (2020): Custom Tokens und Smart Contracts zur Projektsteuerung. In: Hans-Georg Fill und Andreas Meier (Hg.): *Blockchain*, Bd. 10. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden (Edition HMD), S. 65-85.
- lissi (2021a): About. Online verfügbar unter <https://lissi.id/about>, zuletzt geprüft am 24.04.2021.
- lissi (2021b): FAQ. Online verfügbar unter <https://lissi.id/faq>, zuletzt geprüft am 24.04.2021.
- Loux, Patrick; Aubry, Mathilde; Tran, Sébastien; Baudoin, Emmanuel (2020): Multi-sided platforms in B2B contexts: The role of affiliation costs and interdependencies in adoption decisions. In: *Industrial Marketing Management* 84, S. 212-223. DOI: 10.1016/j.indmarman.2019.07.001.
- Lukso (2021a). Online verfügbar unter <https://www.lukso.network/>, zuletzt geprüft am 17.04.2021.
- Lukso (2021b): Reversible ICO. Online verfügbar unter <https://rico.lukso.network/faq>, zuletzt geprüft am 17.04.2021.
- Martini; Weinzierl (2017): Die Blockchain-Technologie und das Recht auf Vergessenwerden - Zum Dilemma zwischen Nicht-Vergessen-Können und Vergessen-Müssen. In: *Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht*. Online verfügbar unter <https://www.uni-speyer.de/fileadmin/Lehrstuehle/martini/blockchainundrechtaufvergessewerdenentyposkriptversion20-03-19nz.pdf>.
- Möslein, Florian; Omlor, Sebastian (Hg.) (2018): *Rechtshandbuch FinTechs. Digitalisierung, Recht, Finanzen*. Verlag C.H. Beck. 1. Auflage. München: Beck, C H.
- Musamih, Ahmad; Salah, Khaled; Jayaraman, Raja; Arshad, Junaid; Debe, Mazin; Al-Hammadi, Yousof; Ellahham, Samer (2021): A Blockchain-Based Approach for Drug Traceability in Healthcare Supply Chain. In: *IEEE Access* 9, S. 9728-9743. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3049920.
- Oliveira, Luis; Zavolokina, Liudmila; Bauer, Ingrid; Schwabe, Gerhard (2018): *To Token or not to Token: Tools for Understanding Blockchain Tokens*.
- Peters, Bettina; Mohnen, Pierre; Saam, Marianne; Blandinieres, Florence; Hud, Martin; Krieger, Bastian; Niebel, Thomas (2018): Innovationsaktivitäten als Ursache des Productivity Slowdowns? Eine Literaturstudie: Studie im Auftrag der Expertenkommission Forschung und Innovation. Studien zum deutschen Innovationssystem. Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) - Commission of Experts for Research and Innovation, Berlin (10-2018). Online verfügbar unter <https://EconPapers.repec.org/RePEc:zbw:efidsi:102018>.
- Plattform Industrie 4.0 (2019): *Blockchain und Recht im Kontext von Industrie 4.0*. Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.
- Preikschat, Katarina; Böhmecke-Schwafert, Moritz; Buchwald, Jan-Paul; Stickel, Carolin (2021): Trusted systems of records based on Blockchain technology - a prototype for mileage storing in the automotive industry. In: *Concurrency Computat Pract Exper* 33 (1), S. 1. DOI: 10.1002/cpe.5630.
- Prinz, Wolfgang; Schulte, Axel T. (Hg.) (2017): *Positionspapier "Blockchain und Smart Contracts - Technologien, Forschungsfragen und Anwendungen"*. Fraunhofer Gesellschaft.
- Reinig, Sebastian; Ebner, Katharina; Smolnik, Stefan (2020): Bedrohung von Finanzdienstleistern durch FinTechs. In: Hans-Georg Fill und Andreas Meier (Hg.): *Blockchain*, Bd. 2. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden (Edition HMD), S. 111-134.
- Rejeb, Abderahman; Keogh, John G.; Zailani, Suhaiza; Treiblmaier, Horst; Rejeb, Karim (2020): Blockchain Technology in the Food Industry: A Review of Potentials, Challenges and Future Research Directions. In: *Logistics* 4 (4), S. 27. DOI: 10.3390/logistics4040027.
- rheingold GmbH und Co. KG (2021): *Das öffentliche Bild der Chemiebranche: Zwischen Teufelswerk und Lösungsindustrie*. Unter Mitarbeit von rheingold GmbH und Co. KG. Hg. v. VCI e.V.
- Sachverständigenrat zur Begutachtung der Gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (2020): *Corona-Krise gemeinsam bewältigen, Resilienz und Wachstum stärken. Jahresgutachten 20/21*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt (Jahresgutachten / Sachverständigenrat zur Begutachtung der Gesamtwirtschaftlichen Entwicklung).

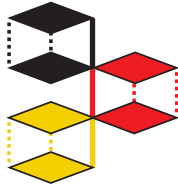
- Solvay GmbH (2021): Chemical product information: Solvay to use blockchain for a smooth-running circular economy. Online verfügbar unter <https://www.solvay.com/en/article/solvay-to-use-blockchain-for-smooth-running-circular-economy>, zuletzt geprüft am 08.
- Stahlbock, Robert; Heilig, Leonard; Cammin, Philip; Voß, Stefan (2020): Blockchain in der maritimen Logistik. In: Hans-Georg Fill und Andreas Meier (Hg.): Blockchain, Bd. 59. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden (Edition HMD), S. 235-256.
- Statista (2021): Umsätze der wichtigsten Industriebranchen in Deutschland bis 2019. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/241480/umfrage/umsaetze-der-wichtigsten-industriebranchen-in-deutschland/>, zuletzt geprüft am 05.04.2021.
- Strüker, Jens; Albrecht, Simon; Reichert, Stefan (2019): Blockchain in the Energy Sector. In: Horst Treiblmaier und Roman Beck (Hg.): Business Transformation through Blockchain, Bd. 54. Cham: Springer International Publishing, S. 23-51.
- Sunyaev, Ali; Kannengießner, Niclas; Beck, Roman; Treiblmaier, Horst; Lacity, Mary; Kranz, Johann et al. (2021): Token Economy. In: Bus Inf Syst Eng 21 (11), S. 1461. DOI: 10.1007/s12599-021-00684-1.
- Technische Universität München (2021a): Certified Blockchain & Distributed Ledger Technology Manager. Online verfügbar unter <https://www.lll.tum.de/de/certificate/certified-blockchain-dlt-manager/>, zuletzt geprüft am 24.04.2021.
- Technische Universität München (2021b): TUM Institute for LifeLong Learning. Online verfügbar unter <https://www.lll.tum.de/de/about/institute-for-lifelong-learning/>, zuletzt geprüft am 24.04.2021.
- TED (2020): Services - 428406-2020. Deutschland-Frankfurt am Main: Beratung im Bereich Software-Integration 2020/S 177-428406 Freiwillige Ex-ante-Transparenzbekanntmachung Dienstleistungen. Online verfügbar unter <https://ted.europa.eu/udl?uri=TED:NOTICE:428406-2020:TEXT:EN:HTML&tabId=1>, zuletzt geprüft am 17.04.2021.
- Tian, Jiamian; Vanderstraeten, Johanna; Matthysens, Paul; Shen, Lei (2021): Developing and leveraging platforms in a traditional industry: An orchestration and co-creation perspective. In: Industrial Marketing Management 92, S. 14-33. DOI: 10.1016/j.indmarman.2020.10.007.
- Treiblmaier, Horst; Beck, Roman (Hg.) (2019): Business Transformation through Blockchain. Cham: Springer International Publishing.
- Universität Osnabrück (2021): Das Blockchain Kompetenzzentrum der Universität Osnabrück. Online verfügbar unter https://www.wiwi.uni-osnabrueck.de/fachgebiete_und_institute/unternehmensrechnung_und_wirtschaftsinformatik_prof_teutenberg/blockchain_kompetenzzentrum.html, zuletzt aktualisiert am 05.04.2021, zuletzt geprüft am 24.04.2021.
- Urban, Nicklas T. (2020): Blockchain for Business. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- VDMA (2018): Antrieb im Wandel. Die Elektrifizierung des Antriebsstrangs von Fahrzeugen und ihre Auswirkung auf den Maschinen- und Anlagenbau und die Zulieferindustrie. Frankfurt am Main.
- Verband der Chemischen Industrie e. V. (2015): Branchenporträt der deutschen chemisch-pharmazeutischen Industrie 2015. Hg. v. Verband der Chemischen Industrie e. V.
- Volkswagen AG (2019): Von der Mine bis zur Fabrik: Volkswagen macht mit Blockchain die Lieferkette transparent. Online verfügbar unter <https://www.volkswagen-newsroom.com/de/pressemitteilungen/von-der-mine-bis-zur-fabrik-volkswagen-macht-mit-blockchain-die-lieferkette-transparent-4883>, zuletzt geprüft am 07.04.2021.
- Von der Heydt (2021): Digital Banking. Online verfügbar unter <https://www.1754.eu/digital-banking>, zuletzt geprüft am 17.04.2021.
- Weking, Jörg; Mandalenakis, Michael; Hein, Andreas; Hermes, Sebastian; Böhm, Markus; Krcmar, Helmut (2020): The impact of blockchain technology on business models - a taxonomy and archetypal patterns. In: Electron Markets 30 (2), S. 285-305. DOI: 10.1007/s12525-019-00386-3.
- Weniger, Lukas (2020): EURO STABLECOIN (EURB) ON STELLAR. Von der Heydt. Online verfügbar unter <https://en.1754.eu/post/bitbond-und-bankhaus-von-der-heydt-geben-euro-stablecoin-urb-auf-stellar-heraus>, zuletzt geprüft am 17.04.2021.
- Zhu, Xiaobao; Shi, Jing; Xie, Fengjie; Song, Rouqi (2020): Pricing strategy and system performance in a cloud-based manufacturing system built on blockchain technology. In: J Intell Manuf 31 (8), S. 1985-2002. DOI: 10.1007/s10845-020-01548-3.

A2: STUDIE ZUM MODUL II:

**NACHHALTIGKEIT IM KONTEXT DER
BLOCKCHAIN-TECHNOLOGIE -
ANWENDUNGSBEISPIELE, HERAUS-
FORDERUNGEN UND HANDLUNGSFELDER**

Fachdialog

Blockchain



NACHHALTIGKEIT IM KONTEXT DER BLOCKCHAIN-TECHNOLOGIE

**Anwendungsbeispiele, Herausforderungen und
Handlungsfelder**

Kurzstudie im Rahmen des Fachdialogs Blockchain
im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz

Die vorliegende Kurzstudie „Nachhaltigkeit im Kontext der Blockchain-Technologie: Anwendungsbeispiele, Herausforderungen und Handlungsfelder“ ist Teil des Fachdialogs Blockchain. Der Fachdialog Blockchain wird im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz durchgeführt. Beim Fachdialog Blockchain handelt es sich um eine interdisziplinäre Studien- und Workshopreihe, welche auf die Blockchain-Strategie der Bundesregierung zurückgeht. Der Aufbau des Fachdialogs Blockchain ist modular. Im Rahmen des Moduls „Nachhaltigkeit“ ist die vorliegende Kurzstudie entstanden.

Mit der Durchführung des Fachdialogs Blockchain ist folgendes Projektteam beauftragt:

- ▶ **WIK-Consult** (Projektleitung)
- ▶ **Prof. Dr. Roman Beck** (Leiter des European Blockchain Centers, Kopenhagen)
- ▶ **Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML**
- ▶ **Prof. Dr. Dagmar Gesmann-Nuissl** (TU Chemnitz)
- ▶ **GS1 Germany**

Impressum

Herausgeber:
WIK-Consult GmbH
Rhöndorfer Straße 68
HRB: Amtsgericht Siegburg, 7043
Tel. +49 (0) 2224-9225-0,
Fax +49 (0) 2224-9225-68
E-Mail: fachdialog-blockchain@wik.org

Verantwortlich: Dr. Cara Schwarz-Schilling
Projektleitung: Christian Märkel

Autoren der Impulsstudie:
Carina Culotta (Fraunhofer IML)
Sebastian Brüning (Fraunhofer IML)
Dr. Axel Schulte (Fraunhofer IML)
Prof. Dr. Gesmann-Nuissl (TU Chemnitz)
Christian Märkel (WIK-Consult)
Prof. Dr. Roman Beck (European Blockchain Center Kopenhagen)

Bildquelle (Titel): [Terry-unsplash.com](https://www.terry-unsplash.com/) / [anncapictures-pixabay.com](https://www.anncapictures-pixabay.com/)
(bearbeitet durch WIK-Consult)

Januar 2022

INHALT

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Kurzfassung | 2 |
| Executive Summary | 4 |
| 1 Einleitung | 6 |
| 2 Verständnis von Nachhaltigkeit | 9 |
| 3 Die Blockchain-Technologie im Kontext der 17 SDG der Vereinten Nationen | 11 |
| 4 Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie 2021 | 13 |
| 5 Geförderte Projekte in Deutschland | 15 |
| 6 Einsatzfelder für die Blockchain-Technologie zur Steigerung der Nachhaltigkeit in Deutschland | 17 |
| 6.1 Expertenperspektive: Relevante Anwendungsfälle der Blockchain-Technologie in Deutschland zur Steigerung der Nachhaltigkeit | 17 |
| 6.2 Nachhaltige Gestaltungsprinzipien der Blockchain-Technologie | 18 |
| 6.3 Zirkuläre Kreislaufwirtschaft am Beispiel des digitalen Produktpasses | 19 |
| 6.3.1 Der digitale Produktpass im Überblick | 19 |
| 6.3.2 Chancen und Herausforderungen des digitalen Produktpasses | 20 |
| 6.3.3 Diskussion: Beitrag zur Nachhaltigkeit in einer zirkulären Kreislaufwirtschaft | 21 |
| 6.4 Das Lieferkettengesetz und Blockchain | 22 |
| 6.4.1 Das Lieferkettengesetz im Überblick | 23 |
| 6.4.2 Chancen und Herausforderungen der Blockchain-Technologie im Kontext des Lieferkettengesetzes | 23 |
| 6.4.3 Diskussion: Beitrag zur Nachhaltigkeit der Blockchain-Technologie im Kontext des Lieferkettengesetzes | 26 |
| 6.5 CO ₂ -Kompensationen und „Sustainable Finance“ durch Token | 27 |
| 6.5.1 Der freiwillige Emissionshandel im Überblick | 27 |
| 6.5.2 Chancen und Herausforderungen tokenisierter Emissionsgutschriften | 28 |
| 6.5.3 Diskussion: Beitrag zur Nachhaltigkeit von tokenisierten Emissionsgutschriften | 30 |
| 6.6 Zwischenfazit: Beitrag der Blockchain-Technologie zur Nachhaltigkeit entlang des digitalen Produktpasses, des Lieferkettengesetzes und CO ₂ -Kompensationen | 31 |
| 7 Handlungsoptionen für den Einsatz der Blockchain-Technologie im Kontext Nachhaltigkeit | 34 |
| 7.1 Expertenperspektive: Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken Blockchain und Nachhaltigkeit | 35 |
| 7.2 Aktuelle Blockchain-Trends und weitere Fragestellungen im Kontext Nachhaltigkeit | 36 |
| 7.3 Ableitung von Handlungsoptionen | 39 |
| 8 Schlussbetrachtungen: Die Blockchain-Technologie im Kontext der Nachhaltigkeit | 42 |
| 9 Literaturverzeichnis | 44 |

KURZFASSUNG

In der vorliegenden Kurzstudie wird untersucht, wie die Blockchain-Technologie einen signifikanten Beitrag zu einer nachhaltigen Wirtschaft und Gesellschaft leisten kann. Dabei werden sowohl die ökologische als auch die soziale und ökonomische Dimension der Nachhaltigkeit berücksichtigt. Im Fokus der Untersuchung stehen u.a. die folgenden Fragen:

- ▶ Welche Potenziale gehen von der Blockchain-Technologie zur Steigerung der Nachhaltigkeit aus?
- ▶ Welche Hemmnisse zur Realisierung dieser Potenziale gibt es und wie können diese abgebaut werden?
- ▶ Wie kann beurteilt werden, ob Blockchain-Lösungen selbst nachhaltig sind?

Die Kurzstudie ist Teil des „Fachdialogs Blockchain“, der im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz durchgeführt wird und in dessen Rahmen in mehreren Modulen die Potenziale, Hemmnisse und Handlungsoptionen im Bereich der Blockchain-Technologie erarbeitet werden. Die vorliegende Kurzstudie befasst sich mit dem Modul Nachhaltigkeit, in welche die Erkenntnisse aus einer im Rahmen des Fachdialogs durchgeführten Expertenkonsultation sowie die Ergebnisse eines ganztägigen virtuellen Workshops mit rund 50 ausgewählten Blockchain-Expertinnen und -Experten eingeflossen sind. Die durchgeführte Expertenkonsultation hat ergeben, dass vor allem die Bereiche der:

- (1) *Kreislaufwirtschaft,*
- (2) *Anwendungen entlang von Supply Chains sowie des*
- (3) *Energie- und Emissionshandels*

als besonders vielversprechend für den Einsatz der Blockchain-Technologie zur Steigerung der Nachhaltigkeit eingeschätzt werden. Aus diesem Grund wurden für die Studie drei Anwendungsfälle der Blockchain-Technologie auf Basis der genannten Bereiche

exemplarisch ausgewählt und im Hinblick auf Nachhaltigkeit analysiert. Dabei handelt es sich um (1) *den blockchain-basierten digitalen Produktpass, (2) den Einsatz der Blockchain-Technologie im Kontext des Lieferkettengesetzes sowie (3) den blockchain-basierten Emissionshandel.*

Hierbei wird deutlich, dass die Blockchain-Technologie ein Schlüssel zur Realisierung von mehr Nachhaltigkeit sein kann und dabei oftmals mehr als nur eine Dimension der Nachhaltigkeit adressiert.

- ▶ Mit Hilfe eines (1) *digitalen blockchain-basierten Produktpasses* besteht das Potential einer erhöhten Materialrückführung und eines verbesserten Recyclingprozesses. Dieses Potential wird realisiert, indem die Informationen rund um das Produkt in einer Blockchain dokumentiert und nachgehalten werden und es auf diesem Weg allen Akteuren entlang eines Produktlebenszyklusses ermöglicht wird, selbstbestimmt, unabhängig voneinander und souverän Informationen zum digitalen Produktpass hinzuzufügen - im Kontrast zu zentralen Systemen, die Bottlenecks und Abhängigkeiten verursachen. Eine zentrale Herausforderung des Produktpasses ist dabei die Umsetzung entsprechender Geschäftsmodelle, die Anreize für alle Akteure schaffen. Hier kann eine Blockchain-Lösung z.B. nachweisen, welcher Akteur welchen Anteil am Recyclingprozess hatte und auf diesem Weg eine dem Anteil entsprechende Entlohnung gewährleisten.

- ▶ Im Zuge des (2) *Lieferkettengesetzes* kann die Blockchain-Technologie Unternehmen helfen, ihren auferlegten Pflichten nachzukommen. Insbesondere im Bereich des geforderten Beschwerdemanagements und Berichtswesens birgt die Blockchain-Technologie aufgrund der persistenten Informationsspeicherung ein großes Potenzial - sowohl für denjenigen, der eine Beschwerde einreicht aber auch für das Unternehmen, das sich vor Missbrauch schützen möchte. Insbesondere

für komplexe Lieferketten werden dezentrale Systeme als Chance zur Umsetzung von Transparenz und Nachvollziehbarkeit betrachtet - auch hier bleibt die Steigerung der sozialen, aber auch ökonomischen Nachhaltigkeit abhängig von der Realisierung entsprechender Geschäftsmodelle mit passenden Anreiz- und Governance-Systemen, um etwa die Abhängigkeit der Zulieferer von dominanten Akteuren zu reduzieren.

- ▶ Als drittes Anwendungsbeispiel wird der (3) *freiwillige Emissionshandel* auf Basis der Blockchain-Technologie betrachtet. In Kombination mit dem Internet of Things (IoT) im Kontext der Tokenisierung von CO₂-Senken kann die Blockchain-Technologie einen erheblichen Beitrag zur ökologischen Nachhaltigkeit leisten. Auch kann die Blockchain-Technologie helfen, Doppelbuchungen zu vermeiden und soziale Nachhaltigkeit stärken, indem Empfänger und Bereitsteller von CO₂-Senken oder sozialen Projekten direkt begünstigt werden.

Diese drei Anwendungsbeispiele veranschaulichen beispielhaft die signifikanten Potentiale der Blockchain-Technologie für eine nachhaltigere Wirtschaft und Gesellschaft. Gleichzeitig ist jedoch auch der Aspekt der Nachhaltigkeit der jeweiligen Blockchain-Lösung an sich zu berücksichtigen. Die technische Umsetzung des Systems und der ressourcen- bzw. energieeffiziente Einsatz sind dabei maßgeblich für die Nachhaltigkeit der Blockchain-Lösung: Die Verwendung von energiearmen Konsensmechanismen, eine generelle Datensparsamkeit (z. B. Speicherung von Informationen außerhalb der Blockchain) sowie der ressourcenschonende Einsatz der Hardware und die Verwendung von regenerativen Energien sollte bevorzugt werden. Zur Förderung der nachhaltigen Ausgestaltung von Blockchain-Lösungen sind auch die Vergabe eines „Nachhaltigkeits-Siegels“ für Blockchain-Lösungen sowie finanzielle Anreize für ressourcenarme Blockchain-Lösungen denkbare Maßnahmen. Die Voraussetzung hierfür ist jedoch die objektive Beurteilung der Nachhaltigkeit einer Blockchain-Lösung anhand von belastbaren Indikatoren. Die Entwicklung dieser Indikatoren könnte durch öffentliche Forschungsaufträge angeregt bzw. beschleunigt werden.

Hemmnisse für Unternehmen beim Einsatz von Blockchain-Technologie im Zusammenhang mit der Steigerung der sozialen, ökologischen und ökonomischen Nachhaltigkeit, sind Mangel an Informationen im Kontext der Technologie und ihrer Energieintensität (bspw. die Gleichsetzung von Blockchain mit Bitcoin), mangelnde Erfahrungswerte und Daten zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit von Blockchain-Lösungen sowie zum Teil ein mangelnder Digitalisierungsreifeegrad vieler Unternehmen, welcher es erschwert, bestehende Systeme mit der Blockchain-Lösung zu verbinden. Ein mangelnder Digitalisierungsreifeegrad kann auch im Kontext von Oracles zum Problem werden, wenn diese z. B. auf IoT-Devices, Sensorik und 5G-Netzwerken basieren. Darüber hinaus besteht ein generelles „Henne-Ei-Problem“: Ein Mangel an bereits implementierten Praxisbeispielen im Sinne von Best-Practices entlang komplexer Lieferketten hemmt die Diffusion der Blockchain-Technologie in die Wirtschaft.

Mit Blick auf die Ausgestaltung von öffentlichen Fördermaßnahmen sollte daher bei öffentlich geförderten Pilot- bzw. Leuchtturmprojekten in Zukunft darauf geachtet werden, dass marktfähige Blockchain-Anwendungen entstehen, um so zu einer Verstetigung der Projekte zu gelangen und das Henne-Ei-Problem zu durchbrechen (vom *Minimum Viable Products* zum *Minimum Sellable / Marketable Product*). Zudem sollte die Bereitstellung von nicht wettbewerbsverzerrender Open-Source-Software und Hardware in Form von Open-Source-Lizenzen im Vordergrund von öffentlich geförderten Entwicklungsprojekten stehen, um eine barrierefreie Diffusion der Technologie zu beschleunigen und damit eine Realisierung der Potentiale der Blockchain-Technologie zur Förderung der Nachhaltigkeit zu gewährleisten.

Gelingt es, sowohl die Nachhaltigkeit der Blockchain-Lösungen an sich zu gewährleisten, als auch die signifikanten Potentiale der Blockchain-Technologie zur Förderung der Nachhaltigkeit sowohl in ökologischer, ökonomischer als auch sozialer Hinsicht zu realisieren („Blockchain for Good“), stellt die Blockchain-Technologie einen bedeutsamen Baustein auf dem Weg zu einer nachhaltigeren Wirtschaft und Gesellschaft dar.

EXECUTIVE SUMMARY

This underlying study examines how blockchain technology can make a significant contribution to a sustainable economy and society. In doing so, the ecological as well as the social and economic dimensions of sustainability are considered. Amongst others, the study focuses on the following questions:

- ▶ What are the potentials of blockchain technology to increase sustainability?
- ▶ What are the barriers to realizing the potential of blockchain technology and how can these be reduced?
- ▶ How can blockchain solutions themselves be assessed with respect to their sustainability?

The short study is part of the "Fachdialog Blockchain", which is being conducted on behalf of the German Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action. The aim of the "Fachdialog Blockchain" is to discover potentials, barriers and options for action in the area of blockchain technology along several modules. This brief study deals with the module "sustainability", which incorporates the findings of an expert consultation conducted as part of the "Fachdialog Blockchain" as well as the results of a full-day virtual workshop with around 50 selected blockchain experts. The expert consultation revealed that the areas of:

- (1) *circular economy,*
- (2) *applications along supply chains, and*
- (3) *energy and emissions trading*

are considered to be particularly promising for the adoption of blockchain technology to increase sustainability. For this reason, three blockchain-based use cases along these identified areas were selected as examples for the study and analyzed with regard to the technology's impact on sustainability. These use cases are (1) *the blockchain-based digital pro-*

duct passport, (2) the use of blockchain technology in the context of the German "Lieferkettengesetz", and (3) blockchain-based emissions trading.

The underlying study demonstrates that blockchain technology is an enabler for sustainability and often addresses more than one dimension of sustainability.

- ▶ In the context of the (1) *blockchain-based digital product passport,* blockchain technology in combination with decentralized identifiers and verifiable credentials allows the reduction of bottlenecks, dependencies and creates the possibility for participants along a product lifecycle to add information to the digital product passport in a self-determined, independent and sovereign manner. As a result, blockchain technology not only improves environmental sustainability through increased material recovery and an improved recycling process, but also ensures economic sustainability due to the new, recycled resources. A key challenge here is the implementation of appropriate business models that create incentives for all participants in the sense of revenue sharing. However, the blockchain technology itself can help to realize according revenue sharing mechanisms as it can persistently proof and show, which participant had which share in the recycling process.

- ▶ Blockchain technology can also help companies to meet their obligations in the course of the (2) *German "Lieferkettengesetz".* Especially in the area of required complaint management and reporting, blockchain technology holds great potential due to the persistent storage of information - both for the person filing a complaint but also for the company that wants to protect itself from abuse. Especially for complex, multi-tier supply chains, decentralized systems are seen as the only chance to implement transparency and traceability - here, too, successful implementation to increase social, but also economic sustainability depends on the

business model, the corresponding incentives and governance preventing dependencies of small suppliers on dominant players. In addition, along supply chains, the role and use of oracles is also crucial for successful data transfer.

- ▶ This also holds true for various business models in (3) *voluntary, blockchain-based emission trading*. Thereby, the blockchain technology can be seen as a complement or an enabler, depending on the design of the business model. In combination with IoT- and satellite technology in the context of tokenizing CO₂ sinks, blockchain technology can make a significant contribution to environmental sustainability. In addition, blockchain technology can also help to avoid double booking and strengthen social sustainability by directly benefiting recipients and providers of CO₂ sinks or social projects.

Exemplarily, these three use cases demonstrate that blockchain technology can contribute to a more sustainable economy and society alike. However, the technical implementation of the blockchain system itself is also fundamentally crucial for a sustainable contribution of blockchain technology: The use of low-energy consensus mechanisms, general data reduction (e.g., storage of information outside the blockchain) as well as the resource-saving use of hardware and renewable energies should be preferred.

To promote the sustainable design of blockchain solutions, the award of a "sustainability seal" for blockchain solutions and financial incentives for low-resource blockchain solutions are conceivable measures. However, the prerequisite for this is the objective assessment of the sustainability of a blockchain solution based on robust indicators. The development of these indicators could be stimulated or accelerated by public funding.

Obstacles for companies in the use of blockchain technology in connection with increasing social, ecological and economic sustainability include a lack of information in the context of the technology and its energy intensity (e.g. equating blockchain with bitcoin), a lack of empirical values and data for estimating the economic viability of blockchain solutions, and in some cases a lack of digital maturity on the part of many companies, which makes it difficult to connect existing systems with the blockchain solution. A lack of digital maturity can also become a problem in the context of oracles, for example, if they are based on IoT devices, sensor technology and 5G networks. In addition, a general "chicken-and-egg problem" can be observed: A lack of already implemented practical examples in the sense of best practices along complex supply chains inhibits the diffusion of blockchain technology into the economy.

With regard to the design of public funding measures, attention should therefore be paid in future to publicly funded pilot or lighthouse projects that ensure marketable blockchain applications in order to achieve a stabilization of the projects and to break through the chicken-and-egg problem (from *Minimum Viable Products* to *Minimum Sellable / Marketable Product*). In addition, the provision of non-competitive, open source software and hardware in the form of open source licenses should be at the forefront of publicly funded development projects in order to accelerate barrier-free diffusion of the technology and thus ensure realization of the potential of blockchain technology to promote sustainability.

If it is possible both to ensure the sustainability of the blockchain solutions themselves and to realize the significant potential of blockchain technology for promoting sustainability in ecological, economic and social terms ("blockchain for good"), blockchain technology will represent a significant building block on the path to a more sustainable economy and society.

1 EINLEITUNG

Im Jahr 2019 hat die deutsche Bundesregierung als eine der ersten Regierungen weltweit ihre Blockchain-Strategie verabschiedet. Ein elementarer Bestandteil dieser Strategie ist die Frage, wie mithilfe von Blockchain-Technologien nachhaltiges Wirtschaften bei gleichzeitiger Steigerung der Energieeffizienz vorangetrieben werden kann. Konkret heißt es: *„Der Einsatz von Blockchain-Anwendungen muss im Einklang mit den Nachhaltigkeits- und Klimaschutzziele der Bundesregierung erfolgen. Die Bundesregierung erkennt Potenzial und Risiken bestimmter Blockchain-Lösungen für das Erreichen dieser Ziele an.“* (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie und Bundesministerium der Finanzen 2019). Während damit die Rolle von Blockchain etwa zur Entwicklung dezentral gesteuerter, intelligenter Energienetze der Zukunft hervorgehoben wird, besteht gleichzeitig noch immer Unklarheit darüber, was mithilfe von Blockchain-Technologien grundsätzlich erreicht werden kann. So sind zum Beispiel nicht alle Blockchains ressourcen- und energieintensiv, wie oftmals im Zusammenhang mit der Technologie angeführt wird.

Ein großer Energiebedarf besteht im Wesentlichen bei Blockchains, die Kryptowährungen bereitstellen, wie etwa Bitcoin oder Ethereum, die auf dem sogenannten Proof-of-Work-Verfahren beruhen (Fatz et al. 2020). Für die in der Wirtschaft aber weit häufiger anzutreffenden Konsortiallösungen, die auf Blockchain-Lösungen beruhen, die andere Konsensmechanismen verwenden als das energieintensive Proof-of-Work-Verfahren, trifft dies nicht zu. Ein alternatives Konsensverfahren ist etwa Proof-of-Stake, bei dem die Konsensbildung explizit von der Rechenleistung entkoppelt und die Erlaubnis, die nächsten Transaktionen als Block in die Blockchain zu schreiben, mittels eines Algorithmus unter den beteiligten Validatoren verteilt wird (Hinckeldeyn 2019). Denkbar ist aber auch das Byzantine-Fault-Tolerant-Verfahren, bei dem eine Gruppe an Validatoren ausgewählt wird, einen neuen Block zu prüfen und darüber abzustimmen, ob er der Kette hinzugefügt werden soll. Inzwischen existieren unzählige Konsensverfahren

und neue kommen fast täglich hinzu: Sie alle versuchen entweder besonders sicher oder besonders schnell zu sein oder sind für bestimmte Anwendungsfälle optimiert. Für eine Beurteilung, welches Protokoll für eine bestimmte Anwendung das Geeignteste ist, ist daher nicht nur der Durchsatz, sprich die Transaktionen pro Sekunde, maßgeblich, sondern darüber hinaus das verwendete Konsensverfahren.

Die im Einsatz befindlichen Blockchain-Systeme unterscheiden sich nicht nur darin, welche Konsensverfahren eingesetzt werden, sondern auch, welche Governance zum Einsatz kommt. So kann im Allgemeinen zwischen der Permissionless Blockchain und der Permissioned Blockchain unterschieden werden. In der Permissionless Blockchain kann jeder ohne Berechtigungsbeschränkung teilnehmen. Jeder Teilnehmende verfügt über dieselben Zugangsrechte. Im Gegensatz dazu ist der Zugang zu Permissioned Blockchain-Netzwerken grundsätzlich beschränkt. Dabei lassen sich Permissioned Blockchains wiederum in Konsortium- und Private-Blockchains unterteilen. Bei der Konsortium-Blockchain verfügen alle zugelassenen Teilnehmenden über Mitbestimmungsrechte, sodass administrative Entscheidungen in der Regel gemeinschaftlich getroffen werden. In sogenannten privaten Blockchain-Netzwerken wiederum verfügen nur wenige Instanzen oder nur ein Teilnehmender über die Konfigurationshoheit des Netzwerkes. Für die Industrie sind insbesondere Permissioned Blockchain-Netzwerke zur Abbildung von interorganisationalen Geschäftsbeziehungen sinnvoll. Da in Permissioned Blockchain-Netzwerken die Teilnehmenden bekannt sind, kann auf Algorithmen bzw. konsensbildende Verfahren wie das Proof-of-Authority zurückgegriffen werden, die wenig Energie benötigen. Aus diesem Grund ist für den jeweiligen Anwendungsfall differenziert zu erörtern, welches Konsensverfahren geeignet erscheint. Trotzdem kann es sein, dass etwa unter bestimmten Umständen das Proof-of-Work-Verfahren effizient ist, wenn andere Verfahren nicht möglich sind oder nicht dasselbe Sicherheitsniveau bieten.

Über die energieeffiziente Nutzung von Blockchain-Anwendungen hinaus stellt sich aber auch die vielleicht wichtigere Frage, wie Blockchain-Technologien selbst einen **Beitrag zur Nachhaltigkeit und Energieeffizienz** leisten können. So existieren bereits heute vielversprechende Ansätze im Energiesektor: Die der Blockchain inhärenten Eigenschaften wie Transparenz, Nachvollziehbarkeit und Manipulationsicherheit sind wichtige Lösungstreiber für die Beantwortung der Frage, wie dezentrale Peer-to-Peer-Stromnetze gestaltet werden können, also Netze, bei denen z. B. Privatpersonen überschüssige Energie einspeisen können. So ermöglichen Blockchain-Anwendungen beispielsweise automatisierte Abrechnungsprozesse, den Stromhandel auf Makro- und Mesoebene sowie Nachbarschafts- und Mietermodelle oder die Zertifizierung von Herkunftsnachweisen für regenerative Energiequellen (Teufel et al. 2020). Neben den Aspekten der Ressourceneffizienz sowie des Umwelt- und des Klimaschutzes können Blockchain-Anwendungen aufgrund ihrer Fälschungssicherheit aber auch Beiträge zu weiteren Nachhaltigkeitsaspekten wie Korruptionsbekämpfung und Nachhaltigkeit in Lieferketten z. B. im Bereich der Prävention von Medikamentenfälschung oder in Food Supply Chains leisten. Nachhaltigkeit ist dabei stets als **Dreiklang** zwischen **ökologischer, ökonomischer und sozialer** Nachhaltigkeit zu verstehen.

Die Bundesregierung folgt in ihrer **Nachhaltigkeitsstrategie** den **17 Nachhaltigkeitszielen** (Sustainable Development Goals, kurz: SDG) der Vereinten Nationen, die soziale, wie auch gleichermaßen wirtschaftliche und ökologische Aspekte beschreiben (Die Bundesregierung 2020). Diese 17 Ziele übersetzt die Bundesregierung im Hinblick auf die Europäische Agenda 2030 in eine Reihe an individuellen, auf die Bundesrepublik Deutschland angepassten Ziele. Damit die Transformation gelingen kann, identifiziert die Bundesregierung wichtige Hebel: Unter anderem stellen die Finanzpolitik wie auch das individuelle Verhalten der Bürgerinnen und Bürger elementare Hebel im Kontext der Transformation dar. Ebenso spricht die Bundesregierung der Anwendung von Technologien und der Entwicklung von Innovationen eine zentrale Bedeutung zu. So sollen

„(in) Verbindung mit der Digitalisierung und Spitzentechnologien über alle Disziplinen hinweg (...) neue Potenziale für eine nachhaltige Wirtschaft erschlossen werden“ (Die Bundesregierung 2020). Die Blockchain-Technologie wird hier nicht explizit genannt, ist jedoch eine solche Technologie, die das Potenzial hat, in vielen Nachhaltigkeitsbereichen einen großen Beitrag zu leisten – angefangen bei der sozialen Teilhabe über den Bildungsbereich, bis hin zur Energieversorgung oder dem nachhaltigen Konsum im Kontext einer zirkulären Wertschöpfung.

Ob und welchen Beitrag die Blockchain-Technologie im Kontext der Nachhaltigkeit in Deutschland leisten kann, untersucht dieses Modul des „Fachdialogs Blockchain“.

Der „**Fachdialog Blockchain**“ ist Teil einer Reihe von Maßnahmen, die die Blockchain-Strategie der Bundesregierung von 2019 vorsieht. Unter anderem soll eine Dialogreihe zwischen ausgewählten Expertinnen und Experten aus der Politik, Wissenschaft und Wirtschaft zu zentralen Themen im Blockchain-Kontext geführt werden. Diese Studien- und Dialogreihe wurde mit der Ausschreibung „Fachdialog Blockchain: Potenziale von Distributed-Ledger-Technologien für die Wirtschaft“ vom 27.05.2020 angestoßen. Im Rahmen des „Fachdialogs Blockchain“ werden ausgewählte Expertinnen und Experten zu unterschiedlichen Themenbereichen, insbesondere der „**Token-Ökonomie in Deutschland**“, „**Blockchain und Nachhaltigkeit**“ und „**Blockchain im Mittelstand**“ befragt. Die Themenbereiche werden zunächst in drei separaten Modulen über einen Zeitraum von 18 Monaten aufbereitet. Zu Beginn des „Fachdialogs Blockchain“ wurden im November 2020 insgesamt 46 Expertinnen und Experten aus Wirtschaft, Wissenschaft und öffentlicher Verwaltung angeschrieben. Ziel war es, die innerhalb des „Fachdialogs Blockchain“ angedachten Themenfelder: „Token-Ökonomie“, „Nachhaltigkeit“ und „Mittelstand“ zu definieren und erste, wichtige Forschungsfragen für die zukünftige Ausarbeitung abzuleiten. Insgesamt haben 20 Expertinnen und Experten einen Antwortbogen zurückgesandt. Zusätzlich zur schriftlichen Auswertung dieser Konsultationsbögen wurde am 12. Februar 2021 virtuell mit 18 Expertinnen und

Experten ein Auftaktworkshop zu den drei genannten Themenbereichen durchgeführt. Es wurden drei Zukunftsszenarien erörtert und dabei erste Chancen und Hemmnisse der Distributed-Ledger-Technologie erarbeitet.

Das Modul „Token-Ökonomie“ wurde bereits erfolgreich im Juli 2021 abgeschlossen. Für das Modul „Nachhaltigkeit“ wurden ebenfalls die Ergebnisse der schriftlichen Konsultationen in Kombination mit einer wissenschaftlichen Aufarbeitung von Anwendungsbeispielen in einer Impulsstudie zusammengefasst. Diese interne Impulsstudie diente als Grundlage für einen weiteren Workshop mit den ausgewählten Expertinnen und Experten. Im Rahmen eines speziell für das Modul „Nachhaltigkeit“ abgestimmten, ganztägigen virtuellen Workshops wurden auf Basis der Impulsstudie Fragestellungen abgeleitet und mit den Expertinnen und Experten diskutiert. Der virtuelle Workshop fand am 25. Oktober 2021 mit insgesamt 46 Expertinnen und Experten statt. Im Rahmen der vorliegenden Kurzstudie werden diese Diskussionsergebnisse aufbereitet. Des Weiteren beantwortet die Kurzstudie auf Basis von Desk-Research und den Ergebnissen der schriftlichen Befragung, wie auch der Durchführung des Workshops mit den Expertinnen und Experten u. a. folgende Fragestellungen:

- ▶ Welche aktuellen Entwicklungen lassen sich im Bereich Blockchain und Nachhaltigkeit verzeichnen?
- ▶ Kann die Blockchain zur Verbesserung der Nachhaltigkeit konkret eingesetzt werden?
- ▶ Welche Bewertungskriterien sind sinnvoll, um zu beurteilen, inwiefern die Blockchain einen Beitrag zur Nachhaltigkeit leistet?
- ▶ Welche Hemmnisse und Herausforderungen stehen den identifizierten Potenzialen gegenüber?
- ▶ Wie können diese Hemmnisse abgebaut werden und wie können Fördermaßnahmen gestaltet werden?

Dazu gliedert sich die vorliegende Kurzstudie wie folgt: Kapitel 2 liefert einen Überblick zur Definition und dem aktuellen Verständnis von Nachhaltigkeit im Kontext der unterschiedlichen Nachhaltigkeitsdimensionen. Das darauffolgende Kapitel 3 beleuchtet unterschiedliche Möglichkeiten, wie und in welchen Bereichen der 17 Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen die Blockchain-Technologie einen Beitrag leisten kann. In Kapitel 4 wird die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung (2018-2021) vorgestellt. Im darauffolgenden Kapitel 5 werden geförderte Projekte und Vorhaben mit Bezug zur Blockchain-Technologie und Nachhaltigkeit in Deutschland dargestellt, um so den Status quo zu umreißen. In Kapitel 6 werden ausgewählte Anwendungsbeispiele im Hinblick auf Chancen und Risiken bzw. Hemmnisse analysiert. Es werden drei unterschiedliche Szenarien beleuchtet, um somit in Kapitel 7.3 auf Basis der Anwendungsbeispiele und den Ergebnissen der Expertendiskussion vom 25. Oktober 2021 entsprechende Handlungsoptionen abzuleiten.

2 VERSTÄNDNIS VON NACHHALTIGKEIT

Für den Begriff „Nachhaltigkeit“ findet sich eine Vielzahl verschiedener Definitionen, die vom jeweiligen Kontext, in dem sie verwendet werden, abhängen. Während „nachhaltig“ zunächst im eigentlichen Wortsinne nur „lange anhaltend“ bedeutet, wurde der Begriff erstmals im 17. Jahrhundert von Hans Carl von Carlowitz zur Beschreibung einer bestimmten Art der Forstwirtschaft verwendet, bei der es darum ging, nicht mehr Bäume zu roden als gleichzeitig gepflanzt werden konnten (Reitemeier et al. 2019). Das Prinzip Nachhaltigkeit sollte also sicherstellen, dass ein regeneratives, natürliches System in seinen wesentlichen Eigenschaften dauerhaft erhalten bleibt. Damit war der Grundstein zum Verständnis von Nachhaltigkeit als ressourcenökonomisches Prinzip gelegt. „Nachhaltigkeit“ als politisches Leitbild wurde erstmals 1987 im sog. Brundtland-Report durch die Vereinten Nationen im Sinne einer „nachhaltigen Entwicklung“ festgeschrieben (Brundtland 1987). Mit dem Stichwort „Entwicklung“ nahm man zusätzlich eine zeitliche Dimension auf; der Aspekt der globalen räumlichen sowie zeitlichen Gerechtigkeit war nunmehr maßgebend. Gegenwärtige Generationen soll-

ten ihre eigenen Bedürfnisse in einer Weise befriedigen, die es auch noch zukünftigen Generationen ermöglicht, deren eigene Bedürfnisse zu befriedigen (Die Bundesregierung 2020). Aufbauend auf dem Brundtland-Report der Vereinten Nationen präziserte die Enquete-Kommission im Auftrag des Bundestags 1998 eine nachhaltige Entwicklung als ein Zusammenspiel aus drei Dimensionen: Ökologie, Ökonomie und Soziales (vgl. Abbildung 1) (Enquete-Kommission 1998).

Während diese drei Dimensionen zunächst in unterschiedlichen Modellen dargestellt wurden (Drei-Säulen-Modell, Dreiklang und Zieldreieck), gilt das in Abbildung 1 dargestellte Zieldreieck der Nachhaltigkeit heutzutage als anerkanntes Leitbild. Hiernach besteht eine nachhaltige Entwicklung aus drei miteinander verknüpften, gleichgewichtigen Dimensionen, die nicht separat voneinander betrachtet werden können. Ökonomische Nachhaltigkeit wird dadurch erreicht, dass eine Organisation oder ein Unternehmen so betrieben wird, dass sein wirtschaftlicher Fortbestand und Werterhalt gesichert sind. Dies kann zum Beispiel durch umwelttechnische, institutionelle und soziale Innovationen gelingen, die zu einer effizienteren Ressourcennutzung führen und dadurch eine Überlastung der natürlichen Ressourcen verhindern. Im Sinne des Zieldreiecks der Nachhaltigkeit soll das Wirtschaften also umwelt- und sozialverträglich erfolgen und auf eine Steigerung der Lebensqualität und nicht allein des Besitzes abzielen. Eine Steigerung der Lebensqualität steht auch im Fokus der sozialen Nachhaltigkeitsdimension. Diese verfolgt nämlich die Aufrechterhaltung und Steigerung sozialer Ressourcen wie Toleranz, Gerechtigkeit und Gemeinwohlorientierung in sozialen Systemen und Gesellschaften. Ökologische Nachhaltigkeit besteht dann, wenn ein natürliches System vom Menschen so genutzt wird, dass seine grundlegenden Eigenschaften dauerhaft erhalten werden und somit sein Fortbestand gesichert wird (Pufé 2017). Hierbei ist zu berücksichtigen, dass ökologische Systeme als Quelle natürlicher Ressourcen und Senke anthropogener



Abbildung 1 - Zieldreieck der Nachhaltigkeit (i. A. Pufé 2017)

Emissionen auf der einen Seite für den Menschen überlebenswichtig sind. Auf der anderen Seite wird die Natur aber auch durch menschliche Aktivitäten, die auf eine wirtschaftliche und soziale Nachhaltigkeit einzahlen sollen, wie den Abbau von Rohstoffen und die Umwandlung von Landschaften, negativ beeinflusst (Pufé 2017).

Dass die Digitalisierung zur Verwirklichung genannter Ziele einen wesentlichen Beitrag leisten kann, wurde bereits mehrfach festgestellt. Beispielhaft sei auf die Studie der Bitkom e. V. 2021 Bezug genommen, die u. a. zu dem Schluss kommt, dass Deutschland durch eine beschleunigte Digitalisierung bis 2030 bis zu 58 % der CO₂-Einsparungen erreichen kann, die zur Erreichung des deutschen Klimaziels benötigt werden (Holst et al. 2021). Das höchste Einsparpotenzial sieht der Bitkom e. V. dabei in der Fertigung, wie auch in der Mobilität gefolgt vom Energie-

sektor. Beispielsweise könnten in der Fertigung durch digitale Zwillinge und eine Vernetzung von Maschinen sowie die voranschreitende Automatisierung 10 - 16 % der erwarteten Emissionen in 2030 vermieden werden. Im Mobilitätsbereich können z. B. smarte Logistiknetzwerke bis zu 16 % der Emissionen bis 2030 einsparen. Im Energiesektor könnten laut Bitkom e. V. bis 2030 durch Smart Grids 8 - 10 % eingespart werden. Die Einsparungen sind dabei höher als der Energieverbrauch der dazu notwendigen Infrastruktur selbst (Holst et al. 2021). Fest steht, dass die Blockchain-Technologie einen vielschichtigen Beitrag zu den genannten Bereichen leisten kann. Ein kurzer Überblick über mögliche, weitere Beiträge der Blockchain-Technologie im Sinne der 17 SDG der Vereinten Nationen wird in Kapitel 3 gegeben. Kapitel 5 und 6 zeigen ebenfalls anhand unterschiedlicher Förderprojekte und aktueller Umsetzungsprojekte, wie die Technologie eingesetzt werden kann.

3 DIE BLOCKCHAIN-TECHNOLOGIE IM KONTEXT DER 17 SDG DER VEREINTEN NATIONEN

Im Folgenden wird entlang der 17 SDG der Vereinten Nationen ein kurzer Überblick darüber gegeben, welche Ansätze zur Realisierung von Potenzialen im Bereich der Nachhaltigkeit durch den Einsatz der Blockchain-Technologie bereits untersucht werden. Hierbei besteht kein Anspruch auf Vollständigkeit, sondern es wird ein Auszug aus der aktuellen Literatur dargestellt, der aufzeigt, in welcher Vielschichtigkeit die Blockchain-Technologie im Kontext der 17 SDG diskutiert wird und wie sie sowohl in ökonomischer als auch ökologischer und sozialer Dimension einen Beitrag zum Erreichen der Ziele leisten kann.

Wie in der Literaturübersicht dargestellt, kann die Blockchain-Technologie in einer Vielzahl von Anwendungsfällen zur Erreichung von Nachhaltigkeitszielen beitragen. Weitere Anwendungsfälle werden kontinuierlich hinzukommen. Dieses Potenzial resultiert

aus den speziellen Eigenschaften, die die Blockchain-Technologie von traditionellen zentralen Systemen unterscheidet, wie der Verzicht auf Intermediäre und die manipulationssichere, dezentrale Speicherung von Daten. Die in der Übersicht dargestellten Anwendungsfälle lassen sich jedoch nicht in ihrer Gesamtheit direkt auf Deutschland übertragen, da sich die Bedeutung von Nachhaltigkeitszielen wie *keine Armut* und *kein Hunger* für verschiedene Länder der Welt stark unterscheidet. Daher muss eine individualisierte und auf Deutschland bezogene Betrachtung erfolgen, die sich an der aktuellen Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie orientiert. Deshalb wird zunächst die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie 2021 kurz vorgestellt, bevor in Kapitel 5 am Beispiel einiger Projekte aufgezeigt wird, wie das Einsatzpotenzial von Blockchain-Technologien in Deutschland bereits heute erforscht wird.

| # | Sustainable Development Goal (SDG) | Beispiele für das Potenzial durch Blockchain-Einsatz | Literaturauszug |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  1 NO POVERTY | Keine Armut | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Finanzielle Inklusion ▶ Abwicklung von Spendenzahlungen ▶ Sicherung des Vermögens von flüchtenden und/oder verfolgten Personengruppen | Kshetri 2017 Chapiro 2021 |
|  2 ZERO HUNGER | Kein Hunger | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Tracking und Tracing von Hilfslieferungen und Bargeldtransfers | UN World Food Programme (WFP) 2018 |
|  3 GOOD HEALTH AND WELL-BEING | Gesundheit und Wohlergehen | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Verwaltung von Krankenakten und Patientendaten ▶ Aufdeckung von Arzneimittelfälschungen | Namasudra und Deka 2021 Weinberg 2019 |
|  4 QUALITY EDUCATION | Hochwertige Bildung | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Automatisierung der Aktenführung (Nachweise, Zertifikate, etc.) | Grech und Camilleri 2017 Third et al. 2019 |
|  5 GENDER EQUALITY | Geschlechtergleichstellung | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Finanzielle Inklusion ▶ Eigentumsnachweise für finanzielle Unabhängigkeit | Dixon 2020 |
|  6 CLEAN WATER AND SANITATION | Sauberes Wasser und Sanitärversorgung | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Monitoring der Wasserqualität ▶ Dezentralisierung von Spendensammlungen | Pandian et al. 2020 Dogo et al. 2019 |
|  7 AFFORDABLE AND CLEAN ENERGY | Bezahlbare und saubere Energie | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Rohstoff- & Elektrizitätshandel ▶ Elektrizitätsdatenmanagement ▶ Smart Power Grids | Corusa et al. 2020 Mika und Goudz 2021 |
|  8 DECENT WORK AND ECONOMIC GROWTH | Menschenwürdige Arbeit und Wirtschaftswachstum | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Umsetzung des Lieferkettengesetzes ▶ Gefahrgutmanagement für Sicherheit am Arbeitsplatz ▶ Neue Geschäftsmodelle und Wachstum durch Tokenisierung | Hillemann und Suchrow 2021a Hillemann und Suchrow 2021b Meri und Khadraoui 2018 - 2018 Sunyaev et al. 2021 |
|  9 INDUSTRY, INNOVATION AND INFRASTRUCTURE | Industrie, Innovation und Infrastruktur | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Neue Formen der Wertschöpfung z. B. durch dezentrale Fertigungsplätze im Maschinenbau ▶ Tokenisierung von Werten und dadurch neue Geschäftsmodellinnovationen ▶ Blockchain per se als dezentrale, nachhaltige Infrastruktur | Kurpjuweit et al. 2021 Sunyaev et al. 2021 Stuermer et al. 2017 |
|  10 REDUCED INEQUALITIES | Weniger Ungleichheiten | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Globale Kryptowährungen zur Verringerung der Abhängigkeiten von nationalen Währungen | Rivers 2021 |
|  11 SUSTAINABLE CITIES AND COMMUNITIES | Nachhaltige Städte und Gemeinden | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Schutz von Urheberrechten und geistigem Eigentum durch Non-Fungible-Token (NFT) ▶ Dezentralisierung und Digitalisierung der Verwaltung | Holotescu und Holotescu 2019 Herweijer et al. 2018 |
|  12 RESPONSIBLE CONSUMPTION AND PRODUCTION | Verantwortungsvoller Konsum und Produktionsmuster | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Kreislaufwirtschaft und digitale Produktpässe ▶ Sharing Economy | Narayan und Tidström 2020 Hatzivasilis et al. 2021 |
|  13 CLIMATE ACTION | Maßnahmen zum Klimaschutz | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Regenerative Landwirtschaft ▶ Bessere Überwachung und Rechnungslegung bzgl. Treibhausgasen ▶ Handel mit sauberer Energie | Zhou 2021 UNFCCC 2021 |
|  14 LIFE BELOW WATER | Leben unter Wasser | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Herkunftsnachweise für Meeresfrüchte ▶ Schutz der Hochsee als Allgemeingut | Blaha und Katafona 2020 Scruggs 2018 |
|  15 LIFE ON LAND | Leben an Land | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Incentivierung des Schutzes von Artenvielfalt und Ökosystemen | Marchant 2021 |
|  16 PEACE, JUSTICE AND STRONG INSTITUTIONS | Frieden, Gerechtigkeit und starke Institutionen | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Transparenz zur Bekämpfung von Korruption ▶ Vereinfachte Administrationsprozesse für Bürger | Musamih et al. 2021 Cagigas et al. 2021 |
|  17 PARTNERSHIPS FOR THE GOALS | Partnerschaften zur Erreichung der Ziele | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Internationale Kollaboration im Sinne eines „Border Managements“ bei Wareneinfuhr | Anouche und Boumaaz 2020 - 2020 |

Tabelle 1 - Ausgewählte Potenziale eines Blockchain-Einsatzes zur Erreichung von Nachhaltigkeitszielen

4 DEUTSCHE NACHHALTIGKEITSSTRATEGIE 2021

Grundlage der deutschen Nachhaltigkeitspolitik bildet die am 25. September 2015 von den Vereinten Nationen verabschiedete Agenda 2030 mit ihren insgesamt 17 Zielen zur nachhaltigen Entwicklung (SDG), die bis 2030 erreicht werden sollen. Aus dem Global Sustainable Development Report 2019 der Vereinten Nationen wird jedoch ersichtlich, dass diese Ziele nach aktuellem Stand drastisch verfehlt werden (United Nations 2019). Daher möchte die deutsche Bundesregierung ihre Bemühungen weiter ausbauen und verfolgt in ihrer aktualisierten Nachhaltigkeitsstrategie 2021 eine Weiterentwicklung und Ergänzung der vorangegangenen Strategie (Die Bundesregierung 2020). Dabei blickt die Bundesregierung nicht nur auf Deutschland, sondern weitet den Blick auch auf internationale Aspekte, wie z. B. die der Entwicklungszusammenarbeit, orientiert sich jedoch nach wie vor an den folgenden sechs elementaren Nachhaltigkeitsprinzipien, die der Operationalisierung des Leitprinzips einer nachhaltigen Entwicklung dienen:

1. Nachhaltige Entwicklung als Leitprinzip konsequent in allen Bereichen und bei allen Entscheidungen anwenden
2. Global Verantwortung wahrnehmen
3. Natürliche Lebensgrundlagen erhalten
4. Nachhaltiges Wirtschaften stärken
5. Sozialen Zusammenhalt in einer offenen Gesellschaft wahren und verbessern
6. Bildung, Wissenschaft und Innovation als Treiber einer nachhaltigen Entwicklung nutzen

Entlang dieser Prinzipien leitet die Bundesregierung konkrete Indikatoren und Ziele ab. Insgesamt 75 Indikatoren und Ziele in 41 Bereichen entlang der 17 SDG dienen dabei als Steuerungsinstrument. Mit der Überarbeitung 2021 sind sechs neue Indikatoren hinzugekommen, u. a. „Frauen in Führungspositionen im öffentlichen Dienst des Bundes“, „Väterbeteili-

gung beim Elterngeld-Indikator“ oder „weltweiter Bodenschutz“ (Die Bundesregierung 2020).

Für jeden der Nachhaltigkeitsbereiche formuliert die Bundesregierung politische Prioritäten und benennt konkrete Maßnahmen, die bereits jetzt oder zukünftig einen Beitrag zu deren Erreichung leisten. Beispielsweise im Bereich „Zugang zu bezahlbarer, verlässlicher, nachhaltiger und moderner Energie“ (SDG 7) priorisiert die Bundesregierung vor allem einen effizienten Einsatz von Energie und den Ausbau der erneuerbaren Energien. Entsprechende konkrete Maßnahmen dazu sind u. a. die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) zur Unterstützung der Verbreitung von Wärmetechnologien im Wohnbereich oder die Schaffung eines neuen Rahmenprogramms für Forschung und Innovation 2021 – 2024 „Mikroelektronik. Vertrauenswürdig und nachhaltig. Für Deutschland und Europa.“ mit Schwerpunkt auf energieeffizienter Elektronik, etwa für Anwendungen in der Energieübertragung und -wandlung. Ebenso beteiligt sich die Bundesregierung an wichtigen internationalen Gremien, mit dem Verständnis, dass die Klimakrise nur global und gemeinschaftlich gelöst werden kann. So möchte die Bundesregierung z. B. im Rahmen einer „Energiepartnerschaft“ Potenziale zum Aufbau einer grünen Wasserstoffwirtschaft einschließlich des Ausbaus erneuerbarer Energien und der Logistik für den Export mit ausgewählten afrikanischen Staaten untersuchen (Die Bundesregierung 2020).

Trotz verschiedenster Maßnahmen geht aus dem vorliegenden Bericht auch hervor, dass sich lediglich rund 15 % der Ziele auf einem positiven Entwicklungspfad bzw. in Möglichkeit der Erreichung befinden. Gut weitere 15 % der Ziele gehen in die richtige Richtung, jedoch muss mit einer Zielverfehlung zwischen 5 – 20 % gerechnet werden. Die übrigen 70 % der genannten Ziele entwickeln sich entweder in eine falsche Richtung oder haben eine erwartete Zielverfehlung von mehr als 20 %. Aus diesem Grund fordert auch der Rat für Nachhaltige Entwicklung, der

seit 2001 aus einem Mandat der Bundesregierung hervorgehend Handlungsempfehlungen formuliert, eine Intensivierung der Klimabemühungen in der kommenden Legislaturperiode. Dabei fokussiert der Rat für Nachhaltige Entwicklung vor allem ein systematisches Handeln und die Einbindung von Politik, Gesellschaft und Wirtschaft gleichermaßen (Rat für Nachhaltige Entwicklung und Leopoldina 2021). Die konkreten Handlungsempfehlungen im aktuellen Positionspapier lauten:

1. Starke Allianzen und globale Klimapartnerschaften vorantreiben
2. Den European Green Deal und das neue Klimaziel in den gesamten Rechtsrahmen einweben
3. So viel Markt wie möglich zulassen, so wenig Regulierung wie nötig einsetzen
4. Akzeptanz schaffen und das Engagement von Bürger*innen sowie Kommunen für Klimaneutralität fördern
5. Strukturwandel sozial ausgewogen gestalten und globale „Just Transition“ stärken
6. Restrukturierung und Umbau des Energiesystems forcieren
7. Transformativen Wandel der Industrie beschleunigen
8. Transformativen Wandel bei Mobilität, Gebäuden und Landnutzung vorantreiben
9. Investitionspfade zur Realisierung des Pariser Übereinkommens definieren
10. Wettbewerbsfähigkeit der Industrie mit klimafreundlichen Innovationsmärkten stärken
11. Übergang zu einer klimafreundlichen Circular Economy einleiten
12. Vorausschauende Investitionen in Infrastruktur und Zukunft deutlich beschleunigen
13. Bildung, Forschung und Entwicklung richtig positionieren
14. Innovative Finanzierungslösungen für eine transformative Klimastrategie umsetzen

Eine Vielzahl der genannten und adressierten Handlungsempfehlungen wie auch Maßnahmen könnten mithilfe der Blockchain-Technologie gefördert und unterstützt werden (z. B. Punkt 6, 8, 11 und 14). Bemerkenswert ist, dass die Blockchain-Technologie namentlich in der Nachhaltigkeitsstrategie 2021 der Bundesregierung keine Erwähnung findet, obwohl der Entwicklung und Bereitstellung von technologischen Innovationen zur Förderung der Nachhaltigkeit z. B. im Energiesektor, im Gebäude- oder industriellen Fertigungsbereich eine zentrale Rolle zugesprochen wird. Dies gilt es mitunter zu korrigieren.

Die Blockchain-Technologie im Kontext der nachhaltigen Entwicklung greifen jedoch, wie eingangs erwähnt, die **Blockchain-Strategie der Bundesregierung** wie auch z. B. die Umweltpolitische Digitalagenda des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (nachfolgend BMUV) auf (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie und Bundesministerium der Finanzen 2019; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit 2020). Daher fördern die entsprechenden Bundesministerien die Erforschung und Erprobung der Technologie im Kontext der Nachhaltigkeit. Neben dem BMUV fördern u. a. das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (nachfolgend BMWK) und das Ministerium für Bildung und Forschung (nachfolgend BMBF) sowie das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (nachfolgend BMZ) verschiedene Projekte, die sich mit der Blockchain-Technologie im Kontext der Nachhaltigkeit auseinandersetzen. Im folgenden Kapitel 5 werden einige laufende, wie auch abgeschlossene Fördermaßnahmen kurz vorgestellt.

5 GEFÖRDERTE PROJEKTE IN DEUTSCHLAND

Die Bundesministerien fördern eine Reihe an unterschiedlichen Projekten, die mithilfe der Blockchain-Technologie mindestens eine Nachhaltigkeitsdimension des Zieldreiecks adressieren. Auch privatwirtschaftliche Unternehmen und Organisationen wie die Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit erproben und erforschen die Blockchain-Technologie zur Steigerung der Nachhaltigkeit.

Kopernikus „Ensure – Neue Netzstrukturen“

Im Rahmen des seit 2016 vom BMBF geförderten Projekts, bestehend aus einem Konsortium aus Forschungseinrichtungen und Universitäten wie dem KIT, der TU Dortmund und der RWTH Aachen sowie Verbänden wie der Deutschen Umwelthilfe oder Unternehmen wie Siemens und ABB, werden in fünf Teilprojekten Zukunftsszenarien von Energienetzen erforscht und pilotiert. Ziel ist es dabei, geeignete Antworten auf die Herausforderungen schwankender Produktionen regenerativer Energien wie Solar- und Windkraft sowie Lösungen zu Herausforderungen bzgl. Transportrichtungen, Stromnetzen und einem sektorkopplungsfähigen Netz zu finden. Im Rahmen des Forschungsprojekts werden auch die Potenziale und Möglichkeiten der Blockchain-Technologie untersucht (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2021b).

NutriSafe

In einer gemeinschaftlichen Förderung des BMBF und des österreichischen Bundesministeriums für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus wurde im Zeitraum von 2019-2021 erforscht, wie mithilfe der Blockchain-Technologie die Sicherheit in Lebensmittellieferketten bezogen auf die Produktion wie auch Logistik verbessert werden kann. Gemeinsam entwickelten Unternehmen, Behörden und Forschungseinrichtungen verschiedene Szenarien innerhalb von Lebensmittellieferketten und stellen die entsprechenden Software-Lösungen unter einer Open-Source-Lizenz bereit (Universität der Bundeswehr München 2021).

NEW 4.0 – Schaufenster für intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende (SINTEG)

Nach einer insgesamt fünfjährigen Projektphase wurde 2021 das vom BMWK geförderte Projekt abgeschlossen, das sich mit der Erforschung von digitalen Lösungen für den Energiesektor befasste. NEW 4.0 ist eines von fünf im Rahmenprogramm SINTEG geförderten Projekten, die das Ziel verfolgen, „Schaufensterregionen“ für umweltfreundliche und sichere Energielösungen aufzubauen. Im Rahmen von NEW 4.0 wurde die blockchain-basierte „EnergiePlattform“ konzipiert. Mithilfe eines Demonstrators konnten u. a. Unternehmen und Stromanbieter sowie Stadtwerke wie TRIMET Aluminium SE, die ArcelorMittal Hamburg GmbH, Aurubis AG, SIEMENS Gamesa und HAMBURG ENERGIE sowie die Stadtwerke Norderstedt zeigen, wie mithilfe der Blockchain-Technologie der zeit- und mengen- genaue Nachweis verschiedener Energiequellen realisiert, Energie verteilt und Speicherkapazitäten optimiert werden können (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2021b).

WindNODE – Schaufenster für intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende (SINTEG)

Auch das vom BMWK geförderte SINTEG-Projekt WindNODE erforschte die Potenziale der Blockchain-Technologie im Kontext einer Plattform auf der flexibel Energiekapazitäten angeboten werden können. Der Austausch von Energiedaten und entsprechender Dienste erfolgt blockchain-basiert, um so zum einen den manipulationssicheren Datenaustausch zu ermöglichen und zum anderen gleichzeitig eine smart-contract-basierte Abwicklung zu erlauben. Die initiierte Plattform wurde auf Basis einer privaten Ethereum Blockchain konzipiert und ermöglicht das Einstellen von Geboten bzw. Flexibilitäten, bestimmte Strommengen anzubieten und abzugeben (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2021a).

Blockchain Lab - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Im Rahmen des seit 2018 bestehenden Blockchain Labs eruiert die GIZ passende Anwendungen der Blockchain-Technologie im Kontext der internationalen Entwicklungsarbeit. So arbeitet die GIZ beispielsweise im Auftrag des BMZ in Georgien daran, zusammen mit der örtlichen Regierung das Rechtssystem zu reformieren. Für eine nachhaltige und wirtschaftliche Entwicklung ist Rechtssicherheit eine Grundvoraussetzung. Konkret wird in Georgien sukzessive das Landkatastersystem auf die Blockchain-Technologie umgestellt, indem alle Landtitel des kaukasischen Staats in einer Blockchain gespeichert werden. Mithilfe der Blockchain-Technologie sollen Korruption und Manipulationsversuche unterbunden und folglich das Vertrauen von Bevölkerung und Investoren in die nationale Behörde gestärkt werden (Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH 2021).

Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) - TruBudget

Gefördert vom BMZ hat die KfW eine blockchain-basierte Plattform zur Prozessverbesserung von Mittelallokationen in Empfängerländern konzipiert. Oftmals werden Fördermittel oder Hilfsmaßnahmen über Geberinstitutionen abgewickelt. Die dabei genutzten Parallelstrukturen sind kostenintensiv und überfordern die oftmals schwachen Kapazitäten der Partnerländer. Trotzdem wird an den bestehenden Strukturen aufgrund von möglichen Risiken von fehlerhaften Mittelverwendungen festgehalten. Die Plattform TruBudget adressiert dieses Problem durch eine blockchain-basierte Abwicklung von Mittelallokationen, Ausschreibeverfahren und Zahlungsvorgängen zwischen den einzelnen Geschäftspartnern. In Brasilien, Georgien, Äthiopien und Burkina Faso sind bereits TruBudget Plattformen etabliert. Für weitere Länder befinden sich ebenfalls TruBudget Plattformen im Aufbau. Die entwickelte Lösung steht diskriminierungsfrei als Open-Source-Software zur Verfügung (KfW 2021).

DiBiChain

Seit Juli 2019 erarbeitet das gemeinnützige Blockchain-Research-Lab gemeinsam mit Airbus, Chainstep und iPoint-systems im von Altran Deutschland geleiteten und vom BMBF Projekt „Digitales Abbild von Kreislaufsystemen mittels einer Blockchain“ (DiBiChain), wie Produktkreisläufe mithilfe der Blockchain-Technologie transparenter gestaltet werden können. Entwickelt werden soll ein Software-Demonstrator auf Basis von Daten, die von Airbus bereitgestellt werden. Entlang des Use Cases des 3D-Metalldrucks sollen beispielsweise die Rückverfolgbarkeit von Materialien, aber auch die Einhaltung von sozialen und ökologischen Standards mithilfe der Blockchain-Technologie dargestellt werden (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2021a).

6 EINSATZFELDER FÜR DIE BLOCKCHAIN-TECHNOLOGIE ZUR STEIGERUNG DER NACHHALTIGKEIT IN DEUTSCHLAND

Die in Kapitel 3 und 5 dargestellten Projekte zeigen, dass die Blockchain-Technologie schon in einer Vielzahl von Anwendungsfällen und Szenarien wissenschaftlich, aber auch im Kontext von Pilotprojekten praktisch diskutiert wird. Im Rahmen des „Fachdialogs Blockchain“ wurden auch die im November 2020 schriftlich konsultierten Expertinnen und Experten gebeten, eine Einschätzung bezüglich des Potenzials der Technologie für zukünftige Förderprogramme und Umsetzungsprojekte in Deutschland abzugeben. Im Folgenden werden die Ergebnisse der schriftlichen Konsultation vom November 2020 zusammengefasst. Im Anschluss daran werden drei Anwendungsszenarien skizziert, die als Grundlage für die generelle Diskussion der Blockchain-Technologie und ihrem Beitrag zur Nachhaltigkeit dienen können.

6.1 Expertenperspektive: Relevante Anwendungsfälle der Blockchain-Technologie in Deutschland zur Steigerung der Nachhaltigkeit

Als geeignete Anwendungsfelder für die Blockchain-Technologie zur Steigerung der Nachhaltigkeit sehen die im November 2020 befragten Expertinnen und Experten vor allem Themen im Bereich der **Lieferkette** und der **Kreislaufwirtschaft** als vielversprechend an. Bei der Reduzierung von Materialien, der Wiederverwendung von Produkten und Rohstoffen kann die Blockchain-Technologie einen entscheidenden Mehrwert bieten, da die Transparenz und Rückverfolgbarkeit insbesondere im Kontext der Herkunftsbestimmung von Artikeln, Betrugsverminderung und auch der Sicherstellung fairer Arbeitsbedingungen einen wichtigen Beitrag liefern kann. Ebenso sehen die Befragten viel Bedarf und Potenzial bei Anwendungen im **Energiesektor**: Die Blockchain-Technologie könne im **Zusammenspiel mit künstlicher Intel-**

ligenz (KI), Big Data und IoT einen grundlegenden Beitrag zur Netzflexibilität und Energieeffizienz leisten. Bei der Ausgestaltung von zukünftigen Fördermaßnahmen im Bereich Nachhaltigkeit sollte die Integration der Blockchain-Technologien jedoch keine notwendige Voraussetzung sein – so die Expertinnen und Experten. Gleichberechtigte Technologien und Lösungsansätze müssten ebenfalls weiter erforscht werden. Dort, wo mit einem hohen Mehrwert gerechnet wird, z. B. im Bereich des **Supply Chain Managements** oder im **Product-Life-Cycle-Monitoring** sei die Berücksichtigung der Blockchain-Technologie jedoch sinnvoll. Konkret sehen die befragten Expertinnen und Experten insbesondere in folgenden Bereichen bzw. Sektoren die Möglichkeit eines Nachhaltigkeitsbeitrages durch die Blockchain-Technologie:

Supply Chain Management und Kreislaufwirtschaft

- ▶ Tracking von Materialflüssen
- ▶ Tracking von CO₂/Carbon-Footprints
- ▶ Reduktion von papierbasierten Verwaltungsprozessen
- ▶ Nachvollziehbarkeit von Lebensmittellieferketten
- ▶ Verbesserte Kontrolle von pharmazeutischen Produkten
- ▶ Abfallvermeidung, Recycling und Ressourcenschonung
- ▶ Dezentralisierte Logistik- und Mobilitätsnetzwerke

Energie und Industrie

- ▶ Handel von CO₂-Zertifikaten
- ▶ Grün- und Regionalstromzertifikate
- ▶ Stromverteilung im Kontext Elektromobilität
- ▶ Organisation von Crowdfunding

Finanzen und Verwaltung

- ▶ Sustainable Finance
- ▶ Wertpapierhandel
- ▶ Registerwesen
- ▶ Wirtschaftsprüfung
- ▶ Besteuerungswesen

Da insbesondere Aspekte der zirkulären **Kreislaufwirtschaft** sowie die Notwendigkeit von **Transparenz entlang der Lieferkette und Aspekte der Energiewirtschaft sowie Sustainable Finance** von den befragten Expertinnen und Experten hervorgehoben bzw. am häufigsten genannt wurden, werden im Folgenden Anwendungsfälle aus der zirkulären Kreislaufwirtschaft und dem Bereich der Lieferkette, wie auch dem Emissionshandel in Kombination mit Sustainable Finance skizziert. Entlang der Anwendungsfälle wird veranschaulicht, inwiefern die Blockchain-Technologie einen Beitrag zur Nachhaltigkeit in allen drei Dimensionen (sozial, ökologisch und ökonomisch) unter Berücksichtigung der entsprechenden Chancen und Herausforderungen leisten kann.

6.2 Nachhaltige Gestaltungsprinzipien der Blockchain-Technologie

Als Grundlage für die Diskussion der Anwendungsbeispiele werden u. a. die für Zukunftsszenarien entwickelten Gestaltungsprinzipien des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie berücksichtigt (Ramesohl et al. 2021). Wesentliche Anforderungen an eine nachhaltige Gestaltung von Blockchain-Lösungen sind danach:

- ▶ **Vermeidung von rechenintensiven Konsensmechanismen:** Bei der Auswahl und Implementierung von Blockchain-Technologien ist darauf zu achten, möglichst rechenarme Konsensverfahren zu wählen.
- ▶ **Einsatz von regenerativen Energien:** Der Einsatz von regenerativen Energien kann den Impact der Rechen- bzw. Energieintensität bestimmter Kon-

sensmechanismen kompensieren, sodass auch diese unter Berücksichtigung und Verfügbarkeit der Energiequelle zukünftig eingesetzt werden können bzw. nicht pauschal auszuschließen sind.

- ▶ **Datenintensität:** Grundsätzlich erfordert jede Form der Datenerzeugung Energie und Hardwarekapazitäten. Daher ist es zu empfehlen den Umfang der Daten, die auf der Blockchain gespeichert werden, gering zu halten. Mögliche Ansätze sind dabei sogenannte Light Nodes und Off-Chain-Storages.
- ▶ **Hardware und Infrastruktur:** Grundsätzlich sollte auf bestehende Rechenkapazität, Infrastruktur und Hardware zurückgegriffen werden, um eine möglichst langfristige Nutzung zu garantieren und Neuanschaffungen zu vermeiden. Bei neuer Hardware wiederum kann auf eine entsprechende Kreislaufführung der Rohstoffe, wie auch die Langlebigkeit des Designs und die Nachhaltigkeit der Lieferkette geachtet werden.

Ebenso ist dabei ergänzend zu erörtern und zu diskutieren, ob die Blockchain tatsächlich die geeignetste technologische Lösung zur Steigerung der Nachhaltigkeit ist, oder ob auf bestehende, alternative Technologien zurückgegriffen werden kann, wobei auch der spezifische Nutzen, den die Blockchain erfüllt bzw. erfüllen soll, mit in den Blick zu nehmen ist. Das Wuppertal Institut unterscheidet dabei, ob die Technologie in ihrer Grundausrichtung **eine Ergänzung, ein Substitut oder ein neuartiger Ansatz, sprich Enabler** ist.

Die zur Diskussion gestellten Anwendungsbeispiele sind explorativ und zukunftsorientiert, d. h. sie fußen zum größten Teil nicht auf bereits bestehenden, etablierten Lösungen, sondern zeigen aktuelle Entwicklungsstadien und zukünftige Möglichkeiten sowie ihre Herausforderungen auf. Im Folgenden werden die Potenziale und Herausforderungen eines digitalen, blockchain-basierten Produktpasses, die Potenziale der Blockchain-Technologie im Kontext Lieferkettengesetz und blockchain-basierte Emissionshandelssysteme zur freiwilligen CO₂-Kompensation dargestellt.

6.3 Zirkuläre Kreislaufwirtschaft am Beispiel des digitalen Produktpasses

In einer aktuellen Untersuchung von Deloitte im Auftrag des Bundesverbands der Deutschen Industrie e. V. wurden Chancen und Herausforderungen der zirkulären Wertschöpfung für Deutschland erörtert (Deloitte 2021). Als wesentliche Chance wird dabei das enorme wirtschaftliche Potenzial gesehen: So schätzt Deloitte, dass durch eine verbesserte Kreislaufwirtschaft bzw. durch einen gesteigerten Sekundärrohstoffeinsatz wesentlicher Rohstoffarten wie Papier, Holz, Blei und Kunststoffe bis 2030 ein Zuwachs der Bruttowertschöpfung von gut 12 Milliarden Euro entstehen könnte sowie damit verbunden ein Plus von rund 177.000 Arbeitsplätzen. Wesentliche Herausforderungen für Unternehmen sind jedoch zum einen das grundlegende Verständnis für die zirkuläre Wertschöpfung, aber auch die **Nachvollziehbarkeit und Steuerung von Materialrückflüssen, Digitalisierungs- und Finanzierungsmöglichkeiten** und der **Aufbau entsprechender Geschäftsmodelle** (Deloitte 2021). Auch die gemeinsame Studie der acatech in Zusammenarbeit mit der Circular Economy Initiative Deutschland und SYSTEMIQ adressiert konkrete Handlungsempfehlungen für den Aufbau einer zirkulären Kreislaufwirtschaft in Deutschland. Dabei sind vor allem der Aufbau von neuen Geschäftsmodellen, Standardisierungen entlang der verschiedenen Produktsysteme, Transparenz entlang der Lieferketten wie auch ökonomische Anreize und Bildungs- sowie Wissenstransferzentrale Handlungsempfehlungen (Circular Economy Initiative Deutschland 2021). Die Studienersteller betonen dabei die Notwendigkeit eines sicheren und vertrauensvollen Datenaustauschs entlang der Prozesse und nennen sowohl **digitale Produktpässe wie auch die Blockchain-Technologie** als **zentrale Enabler**. Der Produktpass kann „(...) allen Akteuren der Wertschöpfungskette Informationen über Herkunft, Verortung, Zusammensetzung (einschließlich bedenklicher Stoffe), Reparatur- und Demontageanweisungen sowie Richtlinien für die Handhabung am Ende des Lebenszyklus bereitstellen“ (Circular Economy Initiative Deutschland 2021). Dabei sei insbesondere der Produktpass durch den Einsatz von Blockchain-Technologien zu unterstützen.

6.3.1 Der digitale Produktpass im Überblick

Die Idee, Produktmerkmale oder Rückläufe sowie Zusammensetzungen von gefertigten Produkten zu dokumentieren, ist schon seit vielen Jahren im Gespräch und wird bereits durch verschiedene zentrale Datenbanken im Rahmen der REACH-Verordnung oder EPREL Datenbank zur Registrierung chemischer Substanzen bzw. Erfassung von Produktdaten von Elektrogeräten teilweise umgesetzt (Götz et al. 2021). Der digitale Produktpass wiederum wird im Zuge der zunehmenden Digitalisierung und des Aufkommens digitaler Zwillinge im Kontext der Kreislaufwirtschaft von unterschiedlichen Stellen, wie der Europäischen Kommission, aber auch auf nationaler Ebene aktuell stark diskutiert. Auch der European Green Deal empfiehlt den elektronischen Produktpass, um Informationen über die Herkunft und Verwendung von Produkten zu speichern (Europäische Kommission 2019). So soll ab 2021 im Rahmen des Circular Economy Action Plan das Thema auf Europäischer Ebene vorangetrieben werden, um zu prüfen, ob Informationen digital auf einem Produktpass gespeichert werden können (Europäische Kommission 2020b). Im nationalen Kontext wird der digitale Produktpass im Rahmen der Umweltpolitischen Digitalagenda des BMUV diskutiert: „[Der digitale Produktpass] soll alle wichtigen Umwelt- und Materialdaten eines Produkts umfassen, die über alle Herstellungsschritte aktualisiert, ergänzt sowie zusammengeführt werden. Die Daten ermöglichen die Erstellung eines „digitalen Zwillings“, der das Produkt über seinen gesamten Lebensweg begleitet. Der Produktpass soll Unternehmen verpflichtende Reportings erleichtern und für Abnehmerinnen und Abnehmer wie Verbraucherinnen und Verbraucher Transparenz schaffen (...)“ (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit 2020).

Die größte Herausforderung bei der Konzeption eines solchen digitalen Produktpasses besteht dabei in der mangelnden **Daten- und Informationstransparenz entlang der Lieferkette** (Götz et al. 2021). Dieser Informationsmangel muss derzeit durch Einzelerhebungen bei Lieferanten und Sub-Lieferanten behoben werden. Ebenso greifen Unternehmen auf Sekundärdaten zurück oder verwenden

webbasierte, digitale Tools im Rahmen der Beschaffung (Götz et al. 2021). Entsprechend sind bisherige Verfahren oftmals mit hohem Aufwand sowohl im Hinblick auf personelle wie auch energetische Ressourcen verbunden. Zudem besteht eine große Herausforderung darin, dass immer nur die Informationen des jeweilig vorherigen Fertigungsschritts bzw. Benutzers vorliegen oder Informationen entlang der gesamten Lieferkette oftmals nicht vorhanden sind. Folglich ist häufig unklar, wie das Produkt zuvor genutzt wurde und welche Veränderungen über die gesamte Lebenszeit des Produkts vorgenommen wurden. Zwar gibt es zentrale Ansätze und Datenbanken, über die Firmen Abfragen tätigen könnten bzw. ihre Lieferanten verpflichten könnten, Informationen bereitzustellen, doch oftmals erzeugt diese zentrale Abfrage Bottlenecks und Abhängigkeiten bei der Weitergabe von Informationen. Der digitale Produktpass soll diese Schwächen überwinden und dabei über die bereits bestehenden Ansätze wie der Materialpass im Baugewerbe oder herkömmliche Datenbanken hinausgehen und nicht nur die Materialzusammensetzung, sondern z. B. auch die Nutzung, Reparatur und sachgerechte Entsorgung erfassen (Götz et al. 2021). Die Blockchain-Technologie kann hier im Sinne des Konzepts von Self Sovereign Identities (SSI) auf Basis von Decentralized Identifiers (DIDs) und Verifiable Credentials (VCs) einen Beitrag zur Realisierung eines solchen umfassenden Produktpasses schaffen.

6.3.2 Chancen und Herausforderungen des digitalen Produktpasses

In bestehenden Reporting-Systemen sind es oftmals Produzenten, die relevante Produktinformationen (wie z. B. Klassifizierung von Elektrogeräten) bereitstellen. Zwischenhändler oder Verkäufer können diese Informationen am Ende nur weiterleiten und keine zusätzlichen Produktdaten erzeugen – folglich ist der Informationsfluss unidirektional. Durch einen digitalen Produktpass könnte dies geändert werden. Eine notwendige Voraussetzung dafür ist der Zugriff auf die Informationen, wie auch die Möglichkeit für alle relevanten Akteure Informationen zu ergänzen. Ebenso muss sichergestellt werden, dass nur berechtigte Unternehmen bzw. Personen Zugang zu kritischen

und sensiblen Informationen erhalten, sodass Geschäftsgeheimnisse gewahrt werden können. Folglich sind nicht alle Informationen für alle Parteien gleichermaßen relevant bzw. zugänglich. Der digitale Produktpass befindet sich dabei noch in der **vorkonzeptionellen Phase** und wird derzeit von verschiedenen Konsortien entwickelt (Adisorn et al. 2021). Beispielsweise wird im Rahmen des vom BMWK geförderten ID Union Konsortiums ein erstes Konzept für einen digitalen Produktpass gestaltet. Im Folgenden wird skizziert, wie mithilfe von DIDs und VCs ein digitaler Produktpass umgesetzt werden könnte.

Vom Grundprinzip her erhalten die im jeweiligen Kontext relevanten Einheiten (Organisationen, natürliche Personen oder Gegenstände) jeweils eine DID, sprich eine verifizierbare, dezentrale Identität. Mittels elektronisch signierter VCs, sprich verifizierbaren Nachweisen, die von vertrauenswürdigen Stellen ausgegeben werden (z. B. im Rahmen natürlicher Personen die den Personalausweis ausgebende Verwaltung), können mit der DID in Verknüpfung stehende Daten (z. B. Personalausweisnummer, Personennamen) über ein Public-Private-Key-Verfahren verifiziert werden. Die Blockchain-Technologie erlaubt eine sichere und vertrauenswürdige Speicherung von DID-Dokumenten. Diese Dokumente beschreiben das DID-Subjekt und enthalten den öffentlichen Schlüssel für die Validierung von elektronischen Signaturen. Dabei ist es oftmals ausreichend, Prüfsummen der entsprechenden Dokumente zu speichern.

Zur Etablierung eines digitalen Produktpasses müssen zunächst alle Teilnehmenden entlang der Lieferkette mit einer vertrauenswürdigen bzw. bestätigten DID ausgestattet werden (Berg et al. 2021). Diese kann auf bereits etablierte globale Unternehmensidentitäten aufbauen bzw. diese zum Inhalt haben. Beispiele hierfür sind je nach Anwendungsfeld die GLN, DUNS oder LEI. Die dahinterstehenden Organisationen GS1, Dun&Bradstreet bzw. GLEIF sind als entsprechende Vertrauensanker zu sehen. Im Anschluss kann der Hersteller eines Produkts bzw. der erste Akteur in der Lieferkette einen digitalen Produktpass erstellen, ihn mit entsprechenden Informationen versehen und ihn anschließend kryptografisch mit seinem privaten Schlüssel signieren. Bei der Weitergabe des Produkts

zum nächsten Verarbeitungsschritt können weitere Informationen in einem Produktpass mit Referenz auf den vorherigen Produktpass gespeichert werden. Die Informationen, wie auch entsprechende DIDs oder VCs können „gcoded“ und in Form eines automatischen Datenträgers (z. B. eines Matrixcodes) auf das entsprechende Produkt „gelabelt“ werden. In den Folgeschritten können weitere Informationen, wie z. B. Zertifikate hinzugefügt werden. Durch die Verwendung von DIDs und VCs erhalten Teilnehmende entlang der Lieferkette mehr Datensouveränität, da nur sie alleine entscheiden können, wem gegenüber sie entsprechende Nachweise zeigen möchten. Auf Basis der darunterliegenden kryptografischen Verfahren können Nutzer transparent und glaubhaft nachweisen, dass sie Inhaber der entsprechenden Daten bzw. Identität sind. Folglich bedarf es keiner Intermediäre mehr, die zentral Daten und Informationen herausgeben.

Die **Herausforderungen** bei der Etablierung eines solchen digitalen Produktpasses bestehen vor allem in der Befähigung des Netzwerks. Digitale Identitäten müssen von vertrauenswürdiger Stelle und nach einem einheitlichen Standard herausgegeben werden (z. B. W3C Standard). Ebenso entsteht die Frage, wer letztendlich ein solches Netzwerk betreibt und wie Kosten entsprechend geteilt bzw. weitergegeben werden können (Berg et al. 2021). Dementsprechend bedarf es nicht nur einer technischen Befähigung der Teilnehmenden, sondern auch der Konzeption eines entsprechenden **Geschäftsmodells**. Mit der Kostenteilung aber auch der Gewinnbeteiligung (Revenue-Sharing) von erfolgreichen Recyclingprozessen könnten Teilnehmende entsprechend motiviert und incentiviert werden, ihre Informationen und Daten zu teilen. Ebenso ist darauf zu achten, dass rechenarme **Konsensmechanismen** verwendet werden – insbesondere im Hinblick auf eine öffentliche Lösung, für den Fall, dass eine Vielzahl an unbekanntem Akteuren partizipieren möchte. Die Ethereum Blockchain verwendet beispielsweise auch einen Proof-of-Work-Mechanismus, der allerdings, im Gegensatz zum Bitcoin auf sogenannte „Application-Specific Integrated Circuits“ (ASIC) verzichtet. ASICs sind spezielle Chips, auf denen das kryptografische Rätsel für den Proof-of-Work-Mechanismus

durchgeführt wird (Ramesohl et al. 2021). Diese Chips müssen etwa alle 1,5 Jahre getauscht werden und verursachen dementsprechend viel Elektroschrott. Die Ethereum Blockchain bedarf keiner ASICs sondern greift auf die bestehende Grafikkarte des jeweiligen Rechners zurück (Ramesohl et al. 2021). Zudem versucht Ethereum sukzessive seinen Konsensmechanismus auf einen vergleichsweise energiearmen Proof-of-Stake-Mechanismus umzustellen. Gleichzeitig erlauben digitale, dezentrale Identitäten eine höhere **Datensparsamkeit**, da nur relevante Daten weitergegeben werden und nicht der gesamte Inhalt (Bitkom e.V. 2020b). Ebenso könnte die Umsetzung so gestaltet werden, dass auf der Blockchain lediglich Prüfsummen und öffentliche Schlüssel gespeichert werden. Andere Daten können off-chain vorgehalten werden. Bei der Etablierung eines solchen Produktpasses sollten Unternehmen ebenfalls auf bestehende Hardware zurückgreifen können und die Anwendungen entsprechend integrieren und nutzerfreundlich gestalten (z. B. QR-Code). Im Endeffekt müsste der Mehrwert in Form von zurückgeführten und dadurch recyclingfähigen Materialien gegen den Verbrauch und das Betreiben der Blockchain bzw. tatsächlichen Transaktionen aufgerechnet werden.

6.3.3 Diskussion: Beitrag zur Nachhaltigkeit in einer zirkulären Kreislaufwirtschaft

Die Blockchain-Technologie bzw. DIDs, die mithilfe der Blockchain umgesetzt werden können, sind hier als **Enabler** zu verstehen. Durch den digitalen Produktpass, der auf DIDs und VCs aufsetzt, werden viele bestehende Herausforderungen adressiert. Teilnehmende werden durch das Konzept der selbstbestimmten, digitalen Identitäten (SSI) motiviert, am Netzwerk zu partizipieren, da Vorbehalte und Vertrauensprobleme bzw. Transaktionskosten minimiert werden können (Ehrlich et al. 2021). Ebenso werden durch die dezentrale Architektur Bottlenecks und **Abhängigkeiten in der Lieferkette, wie auch Informationsasymmetrien reduziert**. Nutzer, wie auch Verwerter oder Recyclingunternehmen können nicht nur nachvollziehen, wie sich das Produkt zusammensetzt, sondern selber entsprechende Daten und Informationen hinzufügen, insofern die Akteure bereit sind, ihre Informationen zu teilen. Folglich kann

im Recyclingprozess auch nachvollzogen werden, wie das Produkt genutzt, ergänzt oder repariert wurde. Unternehmen sind bei der Ergänzung bzw. dem Einsehen von Produktinformationen nicht mehr auf die Datenweitergabe aus dem vorherigen Fertigungsschritt angewiesen, sondern haben theoretisch Transparenz über alle Fertigungsschritte. Dabei können Unternehmen oder Personen als Inhaber ihrer digitalen Identität selbst entscheiden, welche Informationen an wen bereitgestellt werden. Ein solcher Produktpass ist vielseitig einsetzbar, sowohl im Industrie- als auch Verbraucherbereich und gleichermaßen für individuelle wie auch für Massenprodukte.

Konkret kann der digitale Produktpass zur Umsetzung der neuen Europäischen Verordnung zur Rückführung von Batterien und Altbatterien (Europäische Kommission 2020a) oder im Kontext der Rückführung von Kunststoffen eingesetzt werden. Dabei kann eine Vielzahl an Daten gespeichert und erfasst werden, angefangen von der Materialzusammensetzung bis hin zum CO₂-Fußabdruck. Je nach Information können IoT-Technologien und Sensorik wie auch Künstliche Intelligenz unterstützende Maßnahmen sein. Auch hier muss entsprechend **Aufwand gegen Nutzen** abgewogen und berücksichtigt werden, welcher Ressourcen der Hardware-Einsatz bedarf. Grundsätzlich sollten die Möglichkeiten bzw. Anforderungen, z. B. QR-Codes zu scannen, auf bereits bestehenden Devices wie Smartphones problemlos ausführbar sein. Pucks, die z. B. Sensorik zur Übermittlung von Zuständen wie Temperatur oder Ort übermitteln, wiederum sollten materialsparig designt und durch eine hohe Lebensdauer und Wiederverwertbarkeit gekennzeichnet sein.

Der digitale Produktpass ist für alle Dimensionen der Nachhaltigkeit relevant: Zum einen adressiert er die **ökologische Nachhaltigkeit** insofern, als dass mehr Materialien und Produkte entsprechend einer Kreislaufwirtschaft zurückgeführt und recycelt werden können, da ihr Ursprung und auch die Zusammensetzung deutlich erkennbar sind. Gleichzeitig wirkt der blockchain-basierte, digitale Produktpass auch **ökonomisch nachhaltig**: Zum einen können durch die über ihn realisierbare Steigerung des Sekundärrohstoffanteils Kosten eingespart werden, zum an-

deren können aber auch neue Geschäftsmodelle innerhalb einer zirkulären Kreislaufwirtschaft entstehen. Durch die Informationsgenauigkeit könnten neue Kosten- und Bezahlmodelle realisiert werden. Zu guter Letzt kann der Produktpass im Endkonsumentenbereich einen Beitrag zur **sozial-ökologischen Nachhaltigkeit** leisten. Verbraucherinnen und Verbraucher können auf Basis der bereitgestellten Informationen bewusste Konsumententscheidungen treffen und somit indirekt die Nachfrage nach z. B. lokalen oder CO₂-neutralen Produkten steigern. Damit zählt der digitale Produktpass konkret auf das deutsche Nachhaltigkeitsziel „Konsum umwelt- und sozialverträglich gestalten“ ein (Die Bundesregierung 2020).

6.4 Das Lieferkettengesetz und Blockchain

Die im vorangegangenen Kapitel 6.3 dargestellten Potenziale der Blockchain-Technologie eignen sich nicht nur für den Einsatz im Rahmen eines Produktpasses, der Informationen über ein Produkt entlang der Lieferkette speichert, sondern auch für die Speicherung und den Austausch vieler weiterer Informationen, die in einer Lieferkette anfallen. Die meisten **Lieferketten** zeichnen sich dadurch aus, dass viele Akteure miteinander agieren, die sich gegenseitig nicht kennen oder vertrauen, jedoch zusammenarbeiten und Informationen austauschen müssen. Die Blockchain-Technologie ermöglicht in diesem Kontext die dezentrale, manipulationssichere Speicherung und vertrauenswürdige Weitergabe von Informationen ohne Intermediäre. Dadurch kann die Blockchain einen erheblichen Beitrag zur Steigerung der Transparenz in Lieferketten leisten (Subramanian et al. 2020; Jakob et al. 2018).

Die Transparenz in Lieferketten ist auch das erklärte Ziel des am 16. Juli 2021 vom deutschen Bundestag verabschiedete *Gesetz über die unternehmerischen Sorgfaltspflichten zur Vermeidung von Menschenrechtsverletzungen in Lieferketten* (umgangssprachlich und nachfolgend: **Lieferkettengesetz**). In den folgenden Abschnitten wird zunächst dargestellt, welche Auswirkungen dieses Gesetz ab 2023 auf die unternehmerische Praxis in Lieferketten haben wird und wie die Blockchain-Technologie den beteiligten

Akteuren Werkzeuge zur Einhaltung dieses Gesetzes zur Verfügung stellt. Anschließend werden Herausforderungen und Anforderungen an den Einsatz der Blockchain-Technologie zur Erfüllung des Lieferkettengesetzes skizziert sowie abschließend aufgezeigt, wie eine blockchain-basierte Umsetzung des Lieferkettengesetzes auf die verschiedenen Nachhaltigkeitsdimensionen einzahlt.

6.4.1 Das Lieferkettengesetz im Überblick

Das Lieferkettengesetz wurde am 16. Juli 2021 vom deutschen Bundestag verabschiedet und verpflichtet produzierende Unternehmen in Deutschland dazu, ihre Sorgfaltspflichten hinsichtlich menschenwürdiger und umweltschonender Arbeit innerhalb ihrer Lieferketten zu beachten. Hierzu werden ab 2023 zunächst alle Unternehmen mit mehr als 3.000 Mitarbeitenden und dann sukzessive ab 2024 alle Unternehmen mit mehr als 1.000 Mitarbeitenden verpflichtet (Deutscher Bundestag 16.07.2021). Betroffen sind damit ab 2024 insgesamt ca. 3.100 Unternehmen in Deutschland (Statista 2019).

Bevor das Lieferkettengesetz verabschiedet wurde, wurde im Rahmen des *Nationalen Aktionsplans für Wirtschaft und Menschenrechte* zunächst überprüft, inwieweit deutsche Unternehmen mit mehr als 500 Mitarbeitenden ihre menschenrechtlichen Sorgfaltspflichten erfüllen. Da nur 13 - 17 % der befragten Unternehmen geeignete Maßnahmen ergriffen hatten, werden Unternehmen nun gesetzlich dazu verpflichtet, nachzuweisen, dass sie die im Lieferkettengesetz beschriebenen Sorgfaltspflichten umsetzen (Referat Wirtschaft und Menschenrechte 2020). Zu diesen Sorgfaltspflichten zählt der Gesetzgeber nach § 3 LkSG (Deutscher Bundestag 16.07.2021):

- ▶ die Einrichtung eines Risikomanagements,
- ▶ die Festlegung einer betriebsinternen Zuständigkeit, z. B. durch Ernennung eines Menschenrechtsbeauftragten,
- ▶ die Durchführung regelmäßiger Risikoanalysen,
- ▶ die Abgabe einer Grundsaterklärung,
- ▶ die Verankerung von Präventionsmaßnahmen im

eigenen Geschäftsbereich und bei unmittelbaren Zulieferern,

- ▶ das Ergreifen von Abhilfemaßnahmen,
- ▶ die Einrichtung eines Beschwerdeverfahrens sowie
- ▶ Verfahren zur Dokumentation und Berichterstattung.

Das deutsche Lieferkettengesetz ist dabei kein nationales Alleinstellungsmerkmal. Auch in anderen Ländern wie den Niederlanden, Frankreich und Großbritannien existieren bereits vergleichbare Gesetze, die Unternehmen zur Überwachung ihrer Lieferkette hinsichtlich Kinder- bzw. Sklavenarbeit verpflichten. Auch die Europäische Kommission befasst sich aktuell mit der Einführung einer europäischen Variante des Lieferkettengesetzes (Hillemann und Suchrow 2021a). Das deutsche Lieferkettengesetz sieht allerdings die bisher umfangreichsten Pflichten für die betroffenen Unternehmen vor und stellt diese vor große organisatorische Herausforderungen. Einige Unternehmensverbände zweifeln an der praktischen Umsetzbarkeit einer effektiven Kontrolle der Produktionsstandards bei Zulieferern und kritisieren insbesondere einen erwarteten Anstieg der Bürokratie sowie einen erhöhten Dokumentationsaufwand (Ehrhardt et al. 2021).

6.4.2 Chancen und Herausforderungen der Blockchain-Technologie im Kontext des Lieferkettengesetzes

Ein vielversprechendes Werkzeug zur Unterstützung der betroffenen Unternehmen bei der Bewältigung der zuvor skizzierten Herausforderungen hinsichtlich Bürokratie und Dokumentationsaufwand ist die Blockchain-Technologie (Hillemann und Suchrow 2021b). In Lieferketten arbeiten viele Unternehmen zusammen, die sich gegenseitig nicht vertrauen oder kennen. Wollen diese Unternehmen im Rahmen der Zusammenarbeit erforderliche Daten über ein traditionelles, zentralisiertes System miteinander austauschen, wird in der Regel ein vertrauenswürdiger Intermediär benötigt, der dieses für die übrigen Akteure betreibt. Die Urheber der Daten haben ab dem

Zeitpunkt, an dem sie die Daten an den Intermediär übermitteln, keine oder nur noch eingeschränkte Kontrolle über die Informationen und können deren Integrität nicht gewährleisten (Jakob et al. 2018). Demgegenüber bietet die Blockchain-Technologie den beteiligten Akteuren einer Lieferkette Vorteile: Anhand eines gemeinsam genutzten Datenspeichers wird zunächst Transparenz über die gesamte Lieferkette hinweg geschaffen. Durch die Ablage der Informationen in verschlüsselten, miteinander verketteten Datenblöcken werden diese manipulationssicher gespeichert und dienen damit als belastbare und nachweisfähige Datengrundlage bei der Erstellung von Berichten. Durch sogenannte Smart Contracts lassen sich außerdem einzelne Prozessschritte automatisieren und dadurch z. B. die Effizienz durch eine **automatisierte Berichterstellung** ebenfalls steigern (Jakob et al. 2018). Der Verzicht auf einen Intermediär und das Vertrauen in das System selbst ermöglichen außerdem erst die Realisierung eines **transparenten Beschwerdeverfahrens** (Hillemann und Suchrow 2021b). Neben diesen grundsätzlichen Vorteilen, die die Blockchain-Technologie für den Einsatz in Lieferketten bietet, ermöglicht sie auch konkret die Umsetzung der einzelnen Inhalte des Lieferkettengesetzes.

Kern des Lieferkettengesetzes sind die Sorgfaltspflichten im eigenen Geschäftsbereich der Unternehmen, die durch die Einrichtung eines angemessenen und wirksamen Risikomanagements zu begleiten und in alle maßgebliche Geschäftsabläufe zu verankern ist. Der Gesetzgeber legt hierfür in § 4 Abs.1 LkSG Grundsätze fest, die bei Einführung und Ausgestaltung des einzurichtenden **Risikomanagements** nach § 5 LkSfG zu beachten sind. Den Unternehmen soll es aufgrund des Risikomanagements möglich sein, menschenrechtliche Risiken und Rechtsgutverletzungen entlang der Lieferkette zu erkennen, zu verhindern, zu beenden oder zumindest zu minimieren (Deutscher Bundestag 16.07.2021). Zentraler Bestandteil des einzurichtenden Risikomanagements ist die **Risikoanalyse** gemäß § 5 LkSG. Im Wege der Risikoanalyse sollen Unternehmen die menschenrechtlichen Risiken und das Risiko eines Verstoßes gegen eine umweltbezogene Pflicht, die von ihrer eigenen Geschäftstätigkeit ausgehen oder im Ges-

chäftsbereich ihrer unmittelbaren Zulieferer vorhanden sind, erkennen. Erkannte Risiken sind sodann zu gewichten und zu priorisieren. Auf dieser Grundlage sollen Unternehmen entscheiden können, welche Risiken sie vornehmlich adressieren, wenn sie nicht in der Lage sind, alle Risiken gleichzeitig anzugehen (Deutscher Bundestag 16.07.2021).

Von den Unternehmen wird also ein angemessenes aktives Handeln verlangt, das sie u. a. **mit der Blockchain-Technologie dokumentieren** können. Die Blockchain-Technologie, mittels derer Daten fälschungssicher und verschlüsselt generiert werden können, kann das geforderte Risikomanagementsystem begleiten. Die in der Blockchain abgelegten Informationen (z. B. über Ursprung der Rohstoffe, verwendete Materialien, Einhaltung von Arbeitsschutzbestimmungen usw.) sind jederzeit abrufbar, werden in der Lieferkette von jedem weiteren Kettenmitglied ergänzt und stehen allen Beteiligten bei Bedarf zur Verfügung (Subramanian et al. 2020); der im Rahmen eines Risikomanagements erforderlich werdende Nachweis kann daher zu jeder Zeit geführt und entsprechend der gesetzlichen Vorgaben kommuniziert werden (§ 5 Abs. 3 LkSG). Hierfür gibt es auch schon konkrete Beispiele: BMW hat bereits 2020 das Projekt PartChain gestartet, um mittels Blockchain- und Cloudtechnologien Rohstoffe und Bauteile in seinen weltweiten Lieferketten zu verfolgen. Hierzu wird in der Praxis z. B. ein am Anfang der Lieferkette gewonnener Rohstoff mit einem QR-Code markiert, der alle erforderlichen Daten über Herkunft, Gewinnung des Rohstoffs, usw. enthält. Dieser Code wird im Hintergrund mit einer Blockchain verknüpft und „reist“ dann als digitaler Datensatz entlang der Lieferkette. Jedes Kettenmitglied fügt seinen eigenen Datensatz hinzu, so dass am Ende eine transparente Entstehungsgeschichte des Endprodukts digital verfügbar wird (Schork und Schreier 2021).

Der Einsatz der Blockchain-Technologie kann auch in dem zu etablierenden **Beschwerdeverfahren** nach §§ 8, 9 LkSG Vorteile bieten, sowohl für die anzeigenden Personen als auch die betroffenen Unternehmen. Personen, die Missstände anzeigen möchten, müssten diese sensiblen Informationen nicht einem Intermediär (etwa einem Branchenverband) bzw.

den Verantwortlichen im Unternehmen anvertrauen, die das Beschwerdemanagement unterhalten. Stattdessen könnten sie bei einer blockchain-basierten Lösung die Anzeigen selbst vornehmen und deren weitere Bearbeitung transparent nachverfolgen, ohne die eigene Identität preiszugeben. Dies kann entsprechende Hürden verringern und zum Erfolg des Beschwerdeverfahrens entscheidend beitragen. Auch für die beteiligten Unternehmen bietet eine blockchain-basierte Realisierung des Beschwerdeverfahrens Vorteile. Bevor jemand die Anzeige eines Missstands vornehmen kann, muss sich die Person gegenüber dem System als Mitarbeiter des betroffenen Unternehmens authentifizieren. Dies kann mithilfe von DIDs und VCs im Sinne von Self-Sovereign Identities geschehen. Hierdurch könnten Unternehmen vor unberechtigten Beschwerden externer Personen geschützt werden (Hillemann und Suchrow 2021b). Das Einsatzpotenzial der Blockchain im Kontext von Beschwerdeverfahren wird bereits in anderen Anwendungsgebieten konzeptionell erforscht. Hierzu zählt bspw. das Stellen von Anzeigen bei der Polizei (Hingorani et al. 2020) und der Schutz von Whistleblowern vor journalistischen Interessenskonflikten (Tomaz et al. 2021). Die manipulationssichere Speicherung von Daten in einer Blockchain stellt außerdem eine verlässliche Datengrundlage für die Erstellung der **jährlich anzufertigenden Berichte** nach § 10 Abs. 1 LkSG dar. Darüber hinaus kann durch Smart Contracts die Auswertung der Daten vereinfacht und so die Effizienz des Reportings gesteigert werden (Hillemann und Suchrow 2021b).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass sich eine unternehmensübergreifende Kollaboration über eine globale Lieferkette hinweg nur, wenn überhaupt, mit erheblichen Aufwänden über ein zentrales System realisieren lässt. Dies ist auch der Grund für den eingangs erwähnten **Zweifel an einer praktischen Umsetzungsfähigkeit des Lieferkettengesetzes**. Eine Realisierung über die Blockchain-Technologie kann eine praktikablere Alternative darstellen und zudem viele weitere Vorteile hinsichtlich der Transparenz der Lieferkette, Manipulationssicherheit der gespeicherten Daten und Gleichberechtigung der Netzwerkteilnehmenden realisieren (Hillemann und Suchrow 2021b; Jakob et al. 2018). Die Blockchain-Technolo-

gie kann deshalb auch als ein **Enabler** bei der Realisierung des Lieferkettengesetzes und der damit verbundenen Nachhaltigkeitsziele verstanden werden.

Auch wenn die Blockchain-Technologie einen erheblichen Beitrag zur praktischen Umsetzung des Lieferkettengesetzes leisten kann, sind auch mit dieser Lösung **Herausforderungen** und Aufwände verbunden, die es von den beteiligten Unternehmen zu bewältigen gilt. Selbst wenn die Technologie Transparenz entlang der Lieferkette verspricht, müssen Unternehmen sich auch im Vorfeld, unabhängig von der Technologie einen **Überblick über ihre Supply Chains** verschaffen. Dies ist insbesondere für große Original Equipment Manufacturer (OEM) ein mitunter unmögliches Unterfangen. Die Anbindung an ein Blockchain-System könnte alternativ auf freiwilliger Basis erfolgen, da OEMs oftmals nicht wissen bzw. erfassen können, wer tatsächlich nachgelagerte Lieferanten in ihrer komplexen, multi-tier Lieferkette sind. Informationsasymmetrien und Intransparenz sind mitunter von bestimmten Akteuren gewollt und liefern die Basis für bestehende, intermediäre Geschäftsmodelle. Aus diesem Grund ist ein Umdenken auf **Geschäftsmodellebene und die Schaffung neuer Anreizmechanismen** entlang der Lieferkette notwendig. Außerdem ist wie bei jedem dezentralen Netzwerk darauf zu achten, dass nicht einzelne Parteien bevorteilt werden oder sich zu missbilligende Marktvorteile verschaffen. Folglich muss eine entsprechende Governance entlang der Lieferkette bzw. innerhalb des Geschäftsmodells etabliert werden (Turpitka 2020).

Der **Konsensmechanismus**, der Einigung über zu speichernde Informationen und deren Validität erzielt, darf zudem keine einzelnen Parteien bevorzugen, um nicht die Manipulationssicherheit der gespeicherten Daten zu gefährden. Dieser Mechanismus muss allerdings auch einen Durchsatz ermöglichen, um die Vielzahl an Daten, die entlang einer Lieferkette anfallen, in einer angemessenen Geschwindigkeit verarbeiten zu können. Damit die mit dem Lieferkettengesetz verfolgten Beiträge zur nachhaltigen Entwicklung, aber nicht durch den Energieverbrauch einer blockchain-basierten Lösung wieder wettgemacht werden, darf insbesondere der Konsens-

mechanismus auch nicht unnötig viel Rechenleistung erfordern. Eine denkbare Lösung kann hierbei der Ansatz sein, die Datenintensität des Systems dadurch gering zu halten, dass möglichst viele Daten off-chain, also in den proprietären Systemen der Akteure gespeichert und auf der Blockchain selbst nur eine Referenz hierauf hinterlegt wird (Jakob et al. 2018). Eine weitere Herausforderung ist die **Kompatibilität**. Um die Akzeptanz in Lieferketten zu erhöhen, sich an bestehenden Systemen zu beteiligen, muss die Soft- und Hardware neuer Teilnehmender hinreichend kompatibel sein. Es muss möglich sein, dass sie mit wenig Aufwand in das bestehende Blockchain-System integriert werden können. Eine Verringerung des Umstellungsaufwands z. B. durch die Verwendung von **Open-Source-Komponenten**, aber auch eine Incentivierung z. B. durch Synergieeffekte, Shared-Revenue-Systeme und geringere Folgekosten könnte diese Bereitschaft deutlich erhöhen.

Herausfordernd ist zudem der Umgang mit den in der Blockchain gespeicherten Informationen. Einerseits können nicht alle vom Gesetz geforderten Informationen in ein solches System eingespeist werden (z. B. Informationen bzgl. Zwangsäumung, Unterdrückung und Folter oder eine Missachtung der Koalitionsfreiheit). Andererseits dürfen oder sollen nicht alle Informationen, wie z. B. **personenbezogene Daten** oder **Geschäftsgeheimnisse**, in einem solchen dezentralen System gespeichert werden. Eine mögliche Lösung kann das Konzept der Self-Sovereign Identities sein, das bereits in Kapitel 6.3.2 im Kontext des Produktpasses erläutert wurde und sich z. B. auf das Einsatzfeld "Beschwerdemanagement" übertragen ließe. Bezogen auf das Oracles-Problem, welches entlang der Lieferkette ebenfalls entsteht, wenn Daten von natürlichen Personen eingepflegt bzw. weitergegeben werden, können moderne Technologien wie Künstliche Intelligenz und IoT-Anwendungen unterstützen, wengleich sie Missstände nicht umfassend aufdecken bzw. analysieren können (siehe dazu später Kapitel 6.5). Da Lieferketten heutzutage in aller Regel nahezu den gesamten Globus miteinbeziehen, ist es außerdem notwendig, dass eine einheitliche Rechtsgrundlage geschaffen wird. Dies bezieht sich einerseits auf das Lieferkettengesetz selbst, bei dem zumindest bereits an einer europaweit geltenden

Variante gearbeitet wird (Europäisches Parlament 10.03.2021). Es bedarf aber auch einer internationalen Lösung bzw. konsistente Rechtsprechung, wie mit personenbezogenen Daten im Kontext der Blockchain-Technologie umzugehen ist. Diese rechtsordnungsbezogenen Konflikte ließen sich womöglich mit dem bereits erwähnten Konzept der Self-Sovereign Identities überwinden.

Schließlich - und auch dies gilt es als Herausforderung anzunehmen - werden mit der Digitalisierung ganzer Lieferketten auf Basis der Blockchain-Technologie zwar auf der einen Seite natürliche Ressourcen z. B. durch den Wegfall eines papierbasierten Dokumentenaustauschs eingespart, aber auf der anderen Seite auch natürliche Ressourcen z. B. für die benötigte Rechenleistung zum Betrieb eines solchen Systems aufgewendet. Um dabei die Auswirkungen auf eine nachhaltige Entwicklung möglichst gering zu halten, wäre eine internationale *Green Blockchain Policy* wünschenswert, die z. B. sicherstellt, dass die benötigte Rechenleistung durch regenerative Energien erbracht wird.

6.4.3 Diskussion: Beitrag zur Nachhaltigkeit der Blockchain-Technologie im Kontext des Lieferkettengesetzes

Das Lieferkettengesetz zielt insbesondere auf die Minimierung bzw. Vorbeugung menschen-rechtlicher und umweltbezogener Risiken ab und zahlt dadurch auch auf zwei der drei Nachhaltigkeitsdimensionen (vgl. Kapitel 2) ein. Die Blockchain-Technologie als möglicher Enabler des Lieferkettengesetzes leistet dadurch auch einen erheblichen Beitrag zur Erreichung von Nachhaltigkeitszielen. Sie unterstützt eine **soziale Nachhaltigkeit** unter der Prämisse, dass die Transparenz entlang der Lieferkette Missstände aufdecken kann. Neben einem potenziellen Beitrag zur Sicherung der Menschenrechte sollen mithilfe des Lieferkettengesetzes außerdem umweltbezogene Risiken minimiert und die **ökologische Nachhaltigkeit** entlang der Lieferkette verbessert werden (Deutscher Bundestag 16.07.2021). Durch die Synchronisierung der jeweiligen Systeme der beteiligten Akteure lassen sich Waren- und Materialflüsse nachvollziehen und z. B. Rückschlüsse auf die Verwendung

verbotener Chemikalien ziehen, um notfalls entsprechend gegensteuern zu können. Durch die Verwendung von intelligenten IoT-Geräten lassen sich darüber hinaus Lösungen wie ein Smart Water Management in das System integrieren und die Belastung von Gewässern in der Nähe von Produktionsstandorten überwachen (Pandian et al. 2020; Chohan 2019). Schon heute erproben Unternehmen, wie entlang von Lieferketten mithilfe der Blockchain-Technologie der CO₂-Fußabdruck erfasst werden kann (BMW-Group 2020). Ebenso zählt die Blockchain-Technologie auf die **ökonomische Nachhaltigkeitsdimension** ein. Eine Digitalisierung der Lieferkette senkt die Verbrauchskosten und ermöglicht effizientere Abstimmungen. Logistische Prozesse werden effizienter und verursachen ebenfalls weniger Materialkosten (Subramanian et al. 2020). Durch den Einsatz der Blockchain-Technologie können Unternehmen außerdem einen Nachweis erbringen, dass sie ihre im LkSG beschriebenen Sorgfalts- und Transparenzpflichten erfüllt haben. Die geforderten Standardinformationen zu den Risikobereichen in der Lieferkette können quasi ad hoc abgerufen werden (Hillemann und Suchrow 2021b). Verstöße, die je nach Schwere und Bedeutung mit Ordnungsstrafen bis zu 800.000 Euro belegt werden können, lassen sich damit vermeiden.

Es lässt sich festhalten, dass die Blockchain-Technologie aufgrund ihrer Eigenschaften einen erheblichen Beitrag zur Umsetzung des Lieferkettengesetzes leisten kann, wenngleich sie den Beweis durch entsprechende Umsetzungsprojekte in der Zukunft antreten muss. Gelingt es ihr, wird sie einen wichtigen Beitrag zu allen drei Dimensionen der Nachhaltigkeit leisten; im Kontext der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie fördert die Blockchain-Technologie das Ziel „Globale Lieferketten, Menschenwürdige Arbeit weltweit ermöglichen“ (Die Bundesregierung 2020).

6.5 CO₂-Kompensationen und „Sustainable Finance“ durch Token

Im Jahr 2005 hat die Europäische Union den europäischen Emissionshandel eingeführt, um somit die Emissionen von Treibhausgasen zu reduzieren. In

der Europäischen Union müssen für gut 11.000 Anlagen im Bereich der Strom- und Wärmeerzeugung, wie auch im industriellen Bereich z. B. der Stahlerzeugung oder Kohleverstromung Emissionsberechtigungen vorgewiesen werden. Seit 2012 müssen auch Luftfahrtbetreiber Emissionsberechtigungen vorweisen. In Deutschland sind gut 2.000 Anlagen vom Europäischen Emissionshandelssystem betroffen (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit 2021a). Das Europäische Emissionshandelssystem funktioniert nach dem Prinzip des „Cap and Trade“. Dabei legen die Mitgliedstaaten eine Obergrenze an zulässigen CO₂-Austößen fest (Cap). Ebenso geben die Mitgliedstaaten eine bestimmte Menge Emissionsberechtigungen aus, die frei über den Markt gehandelt werden können (Trade). Seit 2008 hat sich eine große Menge an überschüssigen Emissionsgutschriften ergeben, zurückzuführen auf wenig ambitionierte Caps, internationale Projektgutschriften (u. a. Clean-Development-Mechanism) oder krisenbedingte Produktionsrückgänge. Diese Entwicklung hat zu einem massiven Preisverfall im Zeitraum von 2011 bis 2017 geführt. Maßnahmen waren das Backloading, das Zurückhalten von Emissionsberechtigungen, und seit 2019 die Marktstabilitätsreserve, die flexibel jährliche Auktionsmengen reduzieren kann. Die vierte Handelsperiode startete 2021 und dauert bis einschließlich 2030. Für diese Handelsperiode sinkt die kostenlose Zuteilung an Berechtigungen erheblich und auch der Kürzungsfaktor pro Jahr für die Obergrenzen (Caps) fällt deutlich höher aus (Umweltbundesamt 2021a, 2021b).

6.5.1 Der freiwillige Emissionshandel im Überblick

Neben dem Handel von CO₂-Zertifikaten im Rahmen verschiedener nationaler oder internationaler staatlicher Emissionshandelssysteme können Unternehmen auch auf eine **freiwillige Kompensation** ihres CO₂-Austoßen setzen (adelphi und Öko-Institut 2021). Laut einer Studie des Bitkom e.V. kompensieren 28 % der 753 befragten Unternehmen in Deutschland ihren CO₂-Fußabdruck. Weitere 44 % der Unternehmen planen, dies zukünftig zu tun. Dabei misst laut Bitkom-Umfrage lediglich jedes **vierte Unternehmen** den **eigenen CO₂-Fußabdruck** (Bitkom e.V. 2020a). Ergänzend zum Emissionshandel auf staat-

licher Ebene haben sich verschiedene, sogenannte Baseline-and-Credit-Systeme im Rahmen freiwilliger Kohlenstoffmärkte etabliert. Die bekanntesten Anbieter, die eigene Zertifizierungsmechanismen anbieten, sind neben dem Clean Development Mechanism der Vereinten Nationen u. a. der Gold-Standard oder Verified Carbon Standard - Verra (adelphi und Öko-Institut 2021). Gold Standard wurde 2003 in Kooperation vom WWF und anderen Nichtregierungsorganisationen (NGOs) gegründet, mit dem Ziel die Integrität von Umwelt- und Klimaschutzprojekten zu wahren und zu fördern. Dazu zertifiziert die Organisation mit Sitz in der Schweiz eine Vielzahl unterschiedlicher Projekte u. a. im Bereich des Recyclings, Aufforstung oder Entwicklungszusammenarbeit, die nachweislich zur Reduktion von Treibhausgasen führen. Dabei bietet Gold-Standard eine zentrale Online-Plattform, auf der entsprechende Zertifikate direkt erworben werden können. Alternativ können Zertifikate auch beim lokalen Projektanbieter gekauft werden. Projekte, die sich über entsprechende Zertifikate finanzieren lassen möchten, müssen Gebühren z. B. für das Einrichten eines Nutzerkontos oder den Auditierungsprozess an Gold-Standard entrichten (Gold Standard 2021). Auch die US-amerikanische NGO Verra operiert entlang dieses Geschäftsmodells und bietet eine zentrale Plattform für den Verkauf entsprechender Zertifikate auf Basis verschiedener sozial-ökologischer Projekte (Verra 2021).

Sowohl der staatliche, wie auch der freiwillige Emissionshandel sehen sich mit **Kritik** konfrontiert. Im besten Falle ergebe sich aus dem freiwilligen Emissionshandel lediglich ein **Nullsummenspiel**. Zudem wird immer wieder der **Mangel an Verifizierbarkeit von tatsächlicher Unterlassung** z. B. einer Abholzung kritisiert. Eine weitere, erhebliche Herausforderung ist die **Doppelzählung** von Emissionsreduktionen (adelphi und Öko-Institut 2021; Kreibich und Hermwille 2020).

Das Übereinkommen von Paris, das inzwischen von 195 UN-Mitgliedsstaaten ratifiziert wurde, adressiert in Artikel 6 explizit die Problematik der Doppelzählung in der internationalen Kooperation. Voraussetzung für eine internationale Kooperation sei eine korrekte und nachvollziehbare Buchhaltung, die ausschließt,

dass klimaförderliche Maßnahmen mehrfach gezählt würden. Die Anrechnung von Emissionsminderungen könnte folglich in der „Klimabilanz“ des Landes auftreten, das z. B. entsprechende Kompensationssachweise erworben hat, wie auch in dem Land, wo die kompensierende Handlung durchgeführt wurde (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit 2021b). Nicht nur auf internationaler, staatlicher Ebene, sondern auch auf der Geschäftsmodellebene ist der **Mangel an Transparenz** eine Herausforderung. Zentrale Plattformen, die Emissionsgutschriften anbieten, wären ebenfalls in der Lage, **Zertifikate mehrfach auszugeben**. Gleichzeitig ist oftmals unklar, wie und in welcher Form lokale Projekte und Initiativen an den Erlösen beteiligt werden. Einen möglichen Ansatz, um zum einen die Doppelzählung zu vermeiden und damit Transparenz im Sinne der Buchführung zu schaffen, bietet die Blockchain-Technologie. Seit einigen Jahren drängen daher, neben bestehenden Organisationen wie Gold Standard, immer mehr Blockchain-Start-ups in den freiwilligen Kohlenstoff- bzw. Emissionsgutschriftenmarkt und bieten tokenisierte Lösungen an.

6.5.2 Chancen und Herausforderungen tokenisierter Emissionsgutschriften

Im vorangegangenen Modul „Token-Ökonomie“ des „Fachdialogs Blockchain“ wurde bereits auf die Bedeutung und das Potenzial von Token eingegangen. Grundsätzlich können mithilfe der Distributed-Ledger-Technologie alle erdenklichen Werte, Rechte sowie Schuldverhältnisse durch **Token** repräsentiert werden. Token können als „digitale Zertifikate“ verstanden werden, die Werte nicht nur verbrieften, sondern sie zugleich fälschungssicher und handelbar machen (Kunde et al. 2017). Folglich wird mithilfe von Token der Handel und damit der Austausch von (digitalen) Gütern vereinfacht (Bundesministerium der Finanzen 2019). Token können eine Vielzahl an Funktionen bzw. Gütern abbilden. Neben der häufigsten Einsatzart als Kryptowährung können sie auch allgemeine Vermögenswerte, Prüfverfahren und Bewertungen, Wahlrechte sowie Besitzrechte darstellen (Oliveira et al. 2018). Diese Eigenschaft machen sich verschiedene Start-ups zu eigen und **tokenisieren Emissionsgutschriften**.

Das Geschäftsmodell fußt dabei oftmals auf der Erschaffung von Token für eine entsprechende CO₂-Kompensation, die analog zu Zertifikaten bestehender Organisationen gehandelt bzw. erworben werden können. Start-ups wie z. B. *Climatrade* and *Carbonfuture* verfolgen diesen Ansatz. Das spanische Start-up *Climatrade* bietet eine blockchain-basierte Plattform für den Handel mit Emissionsgutschriften an. Nach eigenen Angaben sind bereits mehr als 300 Unternehmen auf der Plattform registriert, mit mehr als 2.000 Endnutzern und mehr als einer Million eingesparten Tonnen CO₂ durch die Förderung von gut 50 Projekten. Die entsprechenden Zertifikate werden über Token repräsentiert. Ebenso soll mithilfe der Token sichergestellt werden, dass die Einnahmen unmittelbar an das entsprechende Projekt gehen (*Climatrade* 2021). Das Unternehmen setzt dabei auf eine US-amerikanische Blockchain-Lösung namens *Algorand*. Der Konsensmechanismus der öffentlichen (permissionless) Blockchain basiert auf dem am MIT entwickelten *Pure-Proof-of-Stake*. Laut Unternehmenshomepage bietet der *Pure-Proof-of-Stake*¹, basierend auf dem Byzantine-Fault-Tolerance-Verfahren, einen egalitäreren Ansatz als der reine *Proof-of-Stake*, bei dem Teilnehmende durch eine größere Verfügbarkeit von Stakes mit höherer Wahrscheinlichkeit berechtigt sind, den nächsten Block zu erzeugen. Durch den *Pure-Proof-of-Stake* Konsensmechanismus stellt *Climatrade* eine energiearme Blockchain-Lösung bereit (*Algorand* 2021). Das deutsche Unternehmen *Carbonfuture* wiederum setzt auf die private (permissioned) Blockchain-Lösung *IBM Hyperledger Fabric*, um damit die Finanzierung von pflanzenkohle-basierten CO₂-Senken abzubilden. Alle Senken werden dabei laut Unternehmen entsprechend über das Blockchain-Register dokumentiert, sodass eine Doppelzählung vermieden werden kann. Senken finden sich hauptsächlich in Deutschland, der Schweiz und Österreich, um eine bessere Prüfung und Nachvollziehbarkeit der Senken zu gewährleisten. Das Unternehmen arbeitet mit dem Schweizer *Ithaka Institute* zusammen, das entsprechende Zertifikate für Kohlenstoffsenken ausstellt (*carbonfuture* 2021). Die

skizzierten Unternehmen können gleichermaßen als **Fintechs** bezeichnet werden, die mithilfe von Token neue Werte abbilden möchten. Insgesamt spielen *Fintechs* eine erhebliche Rolle im Bereich der „**Sustainable Finance**“² und verändern das Selbstverständnis der Finanzindustrie mit Blick auf das Thema Nachhaltigkeit. Insbesondere haben *Fintechs* das Potenzial, die Integration von Finanzflüssen mit der physischen Welt schneller und effizienter voranzutreiben als traditionelle Banken (*Chueca Vergara und Ferruz Agudo* 2021; *Moro-Visconti et al.* 2020).

Auch wenn diese Projekte und Unternehmen eine höhere Transparenz mithilfe der Blockchain-Technologie versprechen und die Herausforderung der **Doppelzählung** innerhalb ihres Ökosystems lösen können, sind auch sie potenziell dem **Oracles-Problem** unterworfen. *Oracles* sind Personen oder Systeme künstlicher Intelligenz, die benötigt werden, um kritische, externe Daten z. B. für die Ausführung eines *Smart Contracts* bereitzustellen. Das *Oracles-Problem* ist insbesondere für nicht-fungible Assets (einzigartige Güter) eine große Herausforderung (*Caldarelli et al.* 2020). Auch im Falle von Emissionsgutschriften kann das *Oracles-Problem* aufkommen: Zertifikate werden nach wie vor auf Basis eines menschlichen Gutachtens bzw. einer Kalkulation auf externen, bereitgestellten Daten und Prüfungen ausgestellt. Hierbei sind Fehlkalkulationen oder der Eintrag von nicht ausreichend geprüften oder theoretisch korrumpierbaren Projekten möglich. Dieses **grundlegende Problem der Vertrauenswürdigkeit**, ob Projekte wirklich durchgeführt oder CO₂-Senken tatsächlich, langfristig über mehrere Jahrzehnte erhalten werden, kann mithilfe der Blockchain-Technologie allein nicht gelöst werden.

IoT-Technologien und Sensoren versprechen einen Ansatz, um bestehende *Oracles-Probleme* zu umgehen. Insbesondere für fungible Assets bieten sich IoT-Lösungen an, da Rohstoffe und andere Commodities oftmals leicht getrackt, erfasst und gemessen werden können (*Caldarelli et al.* 2020). Nicht-fungible Produkte sind hingegen oftmals auf eine vertrauens-

1 Für mehr Informationen zum *Pure Proof of Stake* siehe: <https://www.algorand.com/de/resources/blog/proof-of-stake-vs-pure-proof-of-stake-consensus>

2 *Sustainable Finance* ist die Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien bei der Entscheidung von Investitionen sowie der Schaffung neuer Finanzprodukte, um Nachhaltigkeit zu sichern

würdige Zertifizierung mit einem entsprechend vertrauenswürdigen Anbieter angewiesen. Dies kann insbesondere für junge Start-ups und Unternehmen, die selbst eine solche Zertifizierung für Projekte und kontinuierliche Überprüfung durchführen möchten, eine große Herausforderung darstellen. Andere Unternehmen wie z. B. das estnische Start-up *Single.Earth* versuchen das Oracles-Problem zu umgehen, indem sie auf eine Kombination von künstlicher Intelligenz und Satellitentechnik in einem tangiblen Anwendungsfall setzen. Mithilfe von Satellitendaten und künstlicher Intelligenz erstellt *Single.Earth* digitale Zwillinge von Wäldern oder Sumpfbereichen. Auf dieser Basis können entsprechende Token für CO₂-Einsparungen erworben und gehandelt werden.

„Klimatoken“ können mitunter einen Beitrag **zur sozialen wie auch ökologischen und ökonomischen Nachhaltigkeit** leisten, da sie z. B. für Waldbesitzer die Möglichkeit schaffen, ein Einkommen zu generieren und neue Finanzierungsmöglichkeiten für sozial-ökologische Projekte schaffen. Vorteil ist hier die transparente und persistente Abbildung von CO₂-Senken und das möglicherweise gesteigerte Kundenvertrauen. Daraus ergibt sich aber auch die Problematik, dass nur **juristische wie natürliche Personen** entlohnt bzw. beteiligt werden können, die tatsächlich über eine CO₂-Senke verfügen und diese auch kontrollieren bzw. nachweisen können. Für Allmende-Güter oder CO₂-Senken, unklaren oder auch staatlichen Besitzes wäre das Geschäftsmodell pauschal nicht anwendbar. Ebenso könnte Raubbau wie z. B. im Amazonas-Regenwald nur schwer eingedämmt bzw. kontrolliert werden. Für die Umsetzung von sozial-ökologischen Projekten bzw. Maßnahmen gilt dabei vor allem die Herausforderung, transparent und glaubwürdig nachzuweisen und nachzuvollziehen, dass die entsprechende CO₂-Kompensation erfolgte. Ebenso steht die Frage im Raum, wie z. B. die nachträgliche Rodung eines als CO₂-Senke zertifizierten Waldstückes auf bereits bestehende Token einwirkt und ein entsprechendes **Moral Hazard Problem**³ vermieden werden kann. Das Unternehmen

³ Moral Hazard trifft ein, wenn Individuen oder Unternehmen sich z. B. nach Abschluss eines Vertrages oder einer Versicherung anders verhalten als vor dem Abschluss aufgrund von Informationsasymmetrien und mangelnde Überprüfbarkeit und Fehlanreizen durch z. B. die Versicherung.

Carbonfuture setzt deshalb auf Pflanzenkohlenstoff aus z. B. Biomasse – und stellt erst ex post, d. h. nach „Vergraben“ des Pflanzenkohlestoffs ein entsprechendes Zertifikat aus. Für das generelle Projektdesign bedeutet dies, dass nur Projekte gewählt werden können, die entweder **ex-post** einen Token bzw. Zertifikat ausstellen oder anderweitig einen glaubhaften Nachweis liefern können.

6.5.3 Diskussion: Beitrag zur Nachhaltigkeit von tokenisierten Emissionsgutschriften

Bei der Umsetzung der beschriebenen Geschäftsmodelle setzen Start-ups bereits heute schon auf „energiearme“ Blockchain-Lösungen, indem sie entweder auf den Proof-of-Work-Konsensmechanismus verzichten oder Permissioned Blockchain-Lösungen ohne entsprechend aufwändige und energieintensive Konsensmechanismen nutzen. Je nach Ausrichtung des Geschäftsmodells bzw. des Projekts ist die Blockchain-Technologie Ergänzung oder Enabler. Die reine Abbildung von Zertifikaten in Form von Token ist eher als eine Art **Ergänzung** zu verstehen. Zertifikate oder Anteile davon könnten auch über zentrale Plattformen gehandelt werden. Die Blockchain-Technologie erlaubt hierbei jedoch eine erhöhte Transparenz und Nachvollziehbarkeit, verhindert eine potenzielle Doppelbuchung und stellt dadurch die Sicherheit der einzelnen Transaktionen sicher. Dient die Tokenisierung jedoch dazu überhaupt erst CO₂-Senken wie z. B. Wald- oder Sumpfbereiche abzubilden, d. h. ohne eine externe Zertifizierung, sondern im Zusammenspiel mit anderen IoT-Technologien, kann sie eher als **Enabler** gewertet werden. Zudem erlauben Token im Sinne von neuen Finanzinstrumenten spannende Anwendungen bzw. die Abbildung, Handelbarkeit und Teilbarkeit von neuartigen Werten, die eben ökologische und soziale Aspekte abbilden können.

Auf internationaler Ebene, unter der Voraussetzung eindeutiger und klarer Standards, wäre eine blockchain-basierte Abwicklung des (freiwilligen) Emissionshandels eine spannende Überlegung, da **Doppelbuchungen ausschließbar** wären. Zudem könnte mithilfe von Token sichergestellt werden, dass die entsprechenden Erlöse direkt ausgeschüttet werden. Für den internationalen Emissionshandel

wäre jedoch ein gemeinsames System, ein gemeinsames Accounting-Verständnis und die Schaffung von Standards sowohl auf technischer Seite wie auch projektseitig eine entscheidende Voraussetzung. In Anbetracht der Tatsache, dass bereits die Ratifizierung von entsprechenden Abkommen wie dem Pariser Klimaschutzabkommen mit hohen Herausforderungen und Hürden einhergeht, wäre die Schaffung eines solchen Systems auf internationaler Bühne mitunter ein Kraftakt. Daher könnte beispielsweise auf nationaler bzw. europäischer Ebene die Einführung entsprechender Pilotprojekte unter Berücksichtigung der Emissionsinventare bzw. Bilanzen sinnvoll sein. Die Europäische Kommission ist überzeugt davon, dass die Blockchain-Technologie vor allem dabei helfen kann das „Tragedy of Commons-Problem“⁴ zu adressieren, negative Externalitäten zu minimieren und neue Anreize für neue nachhaltige Geschäftsmodelle und Finanzierungsformen zu schaffen (Europäische Kommission 2021). Der tokenisierte Emissionshandel kann dabei konkret die folgenden deutschen Nachhaltigkeitsziele befördern: „Ökosysteme: Ökosysteme schützen, Ökosystemleistungen erhalten und Lebensräume bewahren“, „Beitrag zur internationalen Klimafinanzierung leisten“, „Weltweite Entwaldung vermeiden und Böden schützen“ (Die Bundesregierung 2020).

6.6 Zwischenfazit: Beitrag der Blockchain-Technologie zur Nachhaltigkeit entlang des digitalen Produktpasses, des Lieferkettengesetzes und CO₂-Kompensationen

Die skizzierten Anwendungsfälle sind allesamt Bereiche, in denen die Blockchain-Technologie sich im Aufbau bzw. in einer ersten Erprobung befindet. Auffällig ist dabei, dass die Technologie vor allem auf Grund ihrer Transparenzeigenschaft zum Abbau von Informationsasymmetrien genutzt wird. Sowohl für den digitalen Produktpass wie auch für ein entspre-

chendes Beschwerde- oder Risikomanagement im Kontext des Lieferkettengesetzes oder im Bereich der tokenisierten Klima-Assets, wird die Technologie eingesetzt, um Vertrauen und Transparenz zwischen den verschiedenen Akteuren zu schaffen. Im Falle des tokenisierten Emissionsgutschriftenhandels wiederum wird vor allem die Möglichkeit genutzt, neue Werte zu schaffen und zu handeln. **Je nach Ausgestaltung des konkreten Projekts und nach Geschäftsmodell ist die Technologie als Enabler, Substitut oder Ergänzung zu verstehen.**

Entlang des Beispiels eines **digitalen Produktpasses** ist die Blockchain vor allem eine befähigende Technologie, sprich ein **Enabler**. Durch das dezentrale System in Zusammenspiel mit Self-Sovereign Identities können Teilnehmende selbstbestimmt über ihre Informationen verfügen und entscheiden, wem sie welche Daten zur Verfügung stellen möchten. Dies löst bei zentralen Datenbanken bestehende Vertrauensprobleme. Zusätzlich müssen trotzdem **Anreize** für die Teilnahme entlang der Lieferkette geschaffen werden. Diese können sich aber wiederum aus der Transparenz und der Dateneinspeisung selbst generieren. Ist erkennbar, welcher Akteur entlang der Lieferkette welchen bestimmten Beitrag zur verbesserten Kreislaufwirtschaft geleistet hat, können entsprechende Vergütungen im Sinne eines Revenue-Sharings erfolgen. Dies setzt ökonomische Anreize und schafft interessante, neue Geschäftsmodelle. Diejenigen, die den höchsten, ökonomischen Mehrwert generieren können, sind im Idealfall auch diejenigen, die einen solchen digitalen Produktpass bzw. die dafür notwendige Infrastruktur entlang der Lieferkette betreiben und initiieren sollten. Dabei müssen aber die grundsätzliche **Governance sowie Abhängigkeits- und Machtstrukturen entlang der Supply Chain berücksichtigt** und kritische Partner überzeugt werden.

Auch im Kontext des **Lieferkettengesetzes** ist die Blockchain-Technologie eine **Enabler-Technologie**. Der digitale Produktpass kann ein Element zur verbesserten Lieferkettentransparenz darstellen, jedoch stehen Unternehmen im Kontext des Lieferkettengesetzes auch vor der Herausforderung, effiziente und zuverlässige Risikomanagement-Systeme sowie

⁴ Frei verfügbare aber begrenzte Ressourcen, wie z. B. Meere, Wälder etc., werden nicht effizient genutzt und mit Ausbeutung konfrontiert – diese Übernutzung wiederum führt zu einem Schaden für den Nutzer selbst. Ein klassisches Beispiel ist die Überfischung oder Abholzung des Amazonas-Regenwaldes.

vertrauenswürdige Beschwerdeverfahren zu etablieren. Insbesondere die Risikoanalyse, die zentraler Bestandteil des geforderten Risikomanagement-Systems ist, benötigt eine manipulationssichere Informationsgrundlage, um ihr volles Potenzial zu entfalten. Darüber hinaus können die Aktionen, die die Unternehmen auf Basis dieser Analyse durchführen, persistent auf einer Blockchain dokumentiert werden und dienen so als Nachweis erfüllter Sorgfaltspflichten. Die Herausforderung, wie mit Fehlinformationen oder bewusst schädlichen Beschwerden umgegangen werden soll, ist zu klären. Ebenso ist zu klären, welche Informationen tatsächlich auf der Blockchain gespeichert werden sollen, da sie keinen Rückschluss auf personenbezogene Daten liefern dürfen. Zudem kommt entlang der Lieferkette die grundlegende **Herausforderung der Transparenz** und Übersicht hinzu, die im Vorfeld erstellt werden muss, um Klarheit zu schaffen, wer alles an ein Blockchain-System angebunden werden sollte bzw. dazu berechtigt ist. Hier könnten Unternehmen vor allem auf eine **freiwillige Teilnahme ihrer Lieferanten** und Sub-Lieferanten setzen. Auf der anderen Seite können Teilnehmende mit **hoher Marktmacht** entsprechend Druck ausüben. DIDs und VCs können zudem einen erheblichen Beitrag leisten, entsprechende Nachweise über die Echtheit des Unternehmens zu liefern. Zudem müssen Unternehmen ihre Geschäftsmodelle anpassen und auch hier ebenfalls im Sinne eines **Revenue-Sharings** Anreize für die freiwillige und partnerschaftliche Partizipation schaffen.

Beim tokenisierten **Emissionsgutschriftenhandel** kann die Blockchain-Technologie **je nach Geschäftsmodell als Enabler oder als Ergänzung** betrachtet werden. Die letzte Ausprägung trifft dort zu, wo Zertifikate nach wie vor auf Basis bestehender Zertifizierungsorganisationen oder Projektstrukturen vor Ort ausgestellt und im Anschluss tokenisiert werden. Hier ist der Vorteil der Blockchain darin zu sehen, dass die tokenisierten Zertifikate bzw. Emissionsgutschriften von der Doppelbuchung ausgeschlossen sind und transparent nachvollzogen werden kann, welche Aktionen damit im Netzwerk verbunden sind (wie z. B. die Auszahlung an das entsprechende Projekt). Dienen die durch die Blockchain-Technologie generierten Token jedoch dazu, **erstmalig**

Werte, wie z. B. Wälder, Moore oder andere CO₂-Senken abzubilden, kommt der Technologie hier eine Bedeutung als Enabler zu. Mithilfe von Token kann nachvollziehbar und glaubwürdig der Handel und auch die Teilbarkeit von Anteilen an entsprechenden CO₂-Senken dargestellt werden. Aber auch hier ergeben sich die grundsätzlichen Herausforderungen, die auf einem **Geschäftsmodell der Unterlassung** fußen. Eine Handlung in der physischen Welt, wie z. B. die Rodung eines zuvor tokenisierten Waldstückes, muss entsprechend in der digitalen Welt nachvollzogen werden und entsprechende Token theoretisch mit einem automatisierten Rückgabe- bzw. Erstattungsrecht versehen sein, um **Moral Hazard Problematiken** zu überwinden. Grundsätzlich ist die Verlinkung von „grünen“ Geschäftsmodellen über Token zu neuen Finanzprodukten im Sinne von Sustainable Finance eine spannende Möglichkeit, Nachhaltigkeit als neuen, echten Wert zu kapitalisieren.

Die skizzierten Lösungen zeigen auch, dass bereits heute schon auf rechenintensive Konsensmechanismen, sprich den Proof-of-Work, verzichtet wird. Nichtsdestotrotz ist der Gesamteinsatz von Daten und flankierender Hard- wie auch Software stets zu berücksichtigen - insbesondere, wenn Systeme und Lösungen entsprechend wachsen und sich über große Supply Chains oder gar staatliche Systeme (wie ein zwischenstaatlicher Emissionshandel) erstrecken sollten. Ebenso zeigen die dargestellten Use Cases, dass die **Blockchain-Technologie nicht isoliert zu betrachten ist**. Um entsprechende **Oracles-Probleme** zu umgehen, ist oftmals der Einsatz von weiteren Technologien wie Künstliche Intelligenz erforderlich. Des Weiteren sind nach wie vor oftmals Menschen letztendlicher Informationsgeber (z. B. entlang einer Lieferkette). Die Technologie ist dabei immer im Zusammenspiel zwischen juristischen wie auch natürlichen Personen und im **soziotechnischen Spannungsfeld** zu betrachten. Self-Sovereign Identities, Token und Blockchain helfen letztendlich, Transaktionskosten zu verringern und Vertrauensprobleme sowie daraus resultierende **Informationssymmetrien** zu überwinden. Dadurch schaffen sie entlang verschiedenster Anwendungsfälle Beiträge zur sozialen, ökologischen und ökonomischen Nachhaltigkeit. **Der Bezug zur Nachhaltigkeit ergibt sich**

dabei aber häufig aus der Problemstellung per se.

Es zeigt sich, dass die Adressierung ökonomischer Fragestellungen, wie Effizienz, Ressourcensparsamkeit oder neue Ertrags- und Partizipationsmöglichkeiten in Geschäftsmodellen, oftmals direkt mit einer ökologischen und teilweise sozialen Nachhaltigkeit einhergehen. Die beschriebenen Anwendungsfälle stellen nur einen kleinen Ausschnitt dar. Weitere mögliche Szenarien und bereits prototypische An-

wendungsfälle sind Peer-to-Peer-Energiemärkte und flexibilisierte Stromnetzwerke, Anwendungsfälle entlang des Supply Chain Managements wie Zoll- und Gefahrgut-Use Cases, bei denen mithilfe von Blockchain papierlastige Verwaltungsprozesse abgelöst werden können, oder auch sozial-orientierte Use Cases aus dem Bereich der Entwicklungszusammenarbeit und Bürger-Beteiligung oder im Bildungssektor.

7 HANDLUNGSOPTIONEN FÜR DEN EINSATZ DER BLOCKCHAIN-TECHNOLOGIE IM KONTEXT NACHHALTIGKEIT

Im Rahmen des „Fachdialogs Blockchain“ wurde mit 46 ausgewählten Expertinnen und Experten am 25. Oktober 2021 ein virtueller Workshop durchgeführt. Ziel dieses Workshops war es, bestimmte Fragestellungen, die sich aus den Anwendungsfällen ergeben haben, tiefergehend zu diskutieren und zu bewerten. Diese Diskussion mit den Expertinnen und Experten dient als Grundlage zur Ableitung von Handlungsfeldern für den Einsatz der Blockchain-Technologie im Kontext Nachhaltigkeit. Mit den Expertinnen und Experten wurden insgesamt drei verschiedene, übergeordnete Themenstellungen bearbeitet. Die Schwerpunkte lagen dabei auf folgenden Fragestellungen:

- ▶ Welche Herausforderungen entstehen bei der Bewertung der Nachhaltigkeit von Blockchain-Technologien?
- ▶ Scheitert der Einsatz der Blockchain-Technologie zur Steigerung der Nachhaltigkeit an der Informationsgewinnung entlang von Supply Chains?
- ▶ Wie sollten die so oft geforderten Leuchtturmprojekte und Best-Practices gestaltet werden, um eine nachhaltige Verstetigung zu gewährleisten?

Insbesondere Bewertungsmethoden und geeignete Analyseverfahren sind oftmals noch nicht vorhanden. Unternehmen erfassen selten ihren CO₂-Fußabdruck (Bitkom e.V. 2020a) und stehen zudem oftmals vor der Herausforderung, Netzwerktechnologien zu erfassen und zu beurteilen. Aus diesem Grund stellt eine Bewertung des Einsatzes der Blockchain-Technologie im Kontext Nachhaltigkeit - und dabei im Dreiklang soziale, ökologische und ökonomische Nachhaltigkeit - für Unternehmen eine Herausforderung dar. **Fehlende Entscheidungsgrundlagen oder Auswirkungsanalysen sind jedoch ein**

Hemmnis für den Einsatz der Technologie. Zunehmend steht dabei auch die Informationsgewinnung entlang von Supply Chains im Vordergrund. Die Anwendungsbeispiele eines digitalen Produktpasses und des Lieferkettengesetzes, aber auch die Geschäftsmodelle des tokenisierten Emissionshandels zeigen: Ohne Oracles kann der Einsatz der Blockchain-Technologie oftmals nicht realisiert werden. Dabei muss zum einen die **Nachhaltigkeit der Oracles** selbst bewertet werden, aber auch deren Vertrauenswürdigkeit und Bedeutung innerhalb der Supply Chain. Neben technologischen Fragestellungen und Oracles auf Basis von z. B. künstlicher Intelligenz muss auch berücksichtigt werden, wie der Faktor Mensch als Informationsgeber integriert werden kann im Sinne einer sozialen Nachhaltigkeit. Folglich kann ein nachhaltiger und nachhaltigkeitsfördernder Einsatz der Blockchain-Technologie nicht losgelöst von sozio-technischen Systemen erfolgen. Vor dem Hintergrund der Bedeutung von Oracles und Methoden zur Bewertung der Nachhaltigkeit stellt sich die Frage, wie bestehende Leuchtturmprojekte sowie zukünftige Initiativen entsprechend skaliert und verstetigt werden können.

Neben der Beantwortung dieser Fragestellung brachte die Diskussion mit den Expertinnen und Experten aber auch eine Vielzahl weiterer Aspekte und Themen in Bezug auf den Einsatz der Blockchain-Technologie im Zusammenhang von Nachhaltigkeit hervor. Die Workshopergebnisse werden im Folgenden in einer SWOT-Analyse (Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken) zusammengefasst und dienen neben der obigen Desk-Research und Analyse in Kapitel 6 sowie einer Auswahl an Trendthemen in Kapitel 7.2 als Grundlage für die Ableitung von Handlungsoptionen.

7.1 Expertenperspektive: Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken Blockchain und Nachhaltigkeit

Die folgende SWOT-Analyse fasst die unterschiedlichen Aspekte der Expertendiskussionen in dem

virtuellen Workshop vom 25. Oktober 2021 zusammen. Dabei orientiert sich die SWOT-Analyse an den oben genannten Fragestellungen in den Bereichen Bewertungsmethoden, Informationsgewinnung entlang von Supply Chains und Ausgestaltung von Leuchtturmprojekten

| Stärken | Schwächen |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Compliance-Vorgaben und regulatorische Rahmen wie das Lieferkettengesetz oder auch die Sustainable Finance Taxonomie sind ein Push für die Blockchain-Technologie. • Es sind bereits viele Leuchtturmprojekte und Anwendungsfälle sowie konzeptionelle Vorarbeiten für die Blockchain-Technologie im Kontext Nachhaltigkeit vorhanden. • Unternehmen begreifen ökologische Nachhaltigkeit oftmals als förderlich für den wirtschaftlichen Erfolg und sind motiviert, nachhaltig zu handeln. Die Akzeptanz von digitalen Lösungen zur Steigerung der Nachhaltigkeit in Unternehmen ist weit verbreitet. • Deutschland verfügt über eine Blockchain-Strategie (2019) und initiiert entsprechende Maßnahmen im Bereich Nachhaltigkeit. Außerdem wurden Blockchain-Themen und Nachhaltigkeitsaspekte, für die Blockchain eine hohe Relevanz hat, in den bestehenden Koalitionsvertrag der neuen Bundesregierung (2021) bestehend aus SPD, Grünen und FDP (z. B. blockchain-basiertes, digitales Grundbuch, Einführung digitaler Produktpässe) aufgenommen. | <ul style="list-style-type: none"> • Der Mehrwert von Daten und die Rolle von Ökosystemen als Chance für neue Geschäftsmodelle werden bisher nicht ausreichend erkannt: Dies bedeutet auch ein Hemmnis für den Einsatz der Blockchain-Technologie im Kontext Nachhaltigkeit (z. B. fehlendes Verständnis für Geschäftsmodelle durch Teilhabe an blockchain-basierten Datenübermittlungen z. B. entlang eines digitalen Produktpasses). • Fehlende Standardisierungen in datenbasierten Ökosystemen erschweren die Realisierung und Anreizsetzung von datengetriebenen und somit auch blockchain-basierten Geschäftsmodellen für Unternehmen. Dadurch fehlen Anwendungsszenarien für Blockchain im Kontext Nachhaltigkeit. • Bewertungsmethoden und -prozesse sind zum Großteil noch nicht vorhanden und schwer zu realisieren. Herausforderungen ergeben sich dabei insbesondere aus einer hohen Komplexität und Individualisierungsgraden in Unternehmen, der oft mangelnden Quantifizierbarkeit sozialer Beiträge sowie oftmals unzureichender Referenzwerte (z. B. Kreditkarten vs. blockchain-basierte Bezahlssysteme: Kosten für den Intermediär als Emittent der Kreditkarte werden vernachlässigt). • Oftmals keine ausreichenden Verstetigungskonzepte von Leuchtturmprojekten über die Förderlaufzeit hinaus und fehlender Ökosystemausbau: Open-Source-Software-Lösungen sind nicht zwingend vorausgesetzt und ein Dienstleisterökosystem, um den Betrieb und Erhalt der Lösung zu sichern, muss berücksichtigt werden. Darüber hinaus wird die Komplexität realer Supply Chains in Förderprojekten oftmals nur in vereinfachter Form adressiert – Nachhaltigkeit bedeutet hier auch eine nachhaltige Verstetigung der Lösung. • Die Blockchain-Technologie ist häufig nur in Kombination mit anderen Technologien sinnvoll einsetzbar (entlang von Lieferketten): Mitunter liegt jedoch eine überzogene Erwartungshaltung vor. Die Blockchain-Technologie liefert einen, aber nicht den alleinigen Beitrag im Kontext Nachhaltigkeit: Das mangelnde Verständnis für das Zusammenspiel bestehender Technologien mit Blockchain-Lösungen hemmt die Realisierung praxistauglicher Anwendungsfälle. • Fehlende Anlaufstelle für Blockchain-Themen auf Bundesebene. Viele verschiedene Ansprechpartner in den Ministerien und Projekten erschweren den Informationszugang für Unternehmen. |

| Chancen | Risiken |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Endverbraucherinnen und -verbraucher können durch ihre Nachfrage nach nachweisbar nachhaltigen Produkten die Grundlage für neue blockchain-basierte Geschäftsmodelle bilden. • Mit einem steigenden Automatisierungsgrad und einer zunehmenden Technologisierung kann die Informationsgewinnung entlang von Lieferketten verbessert werden – Oracles im Sinne von IoT-Devices und Sensorik können somit präziser und zuverlässiger Daten übermitteln. • DIDs und VCs sind wichtige Vertrauensanker und ermöglichen neue blockchain-basierte Anwendungen, da sie die Souveränität des Datengebers stärken. Außerdem kann ein Nachweis der Urheberschaft als Anreiz dienen, um die Echtheit und Vertrauenswürdigkeit von Informationen zu garantieren. Mithilfe von DIDs und VCs kann nachvollzogen werden, wer die Information bereitgestellt hat – somit kann eine entsprechende Rechenschaft und Verantwortlichkeit sichergestellt werden. • Aufkommende Datenökosysteme und partizipative Geschäftsmodelle bieten neue Anreize für Supply Chain Akteure Daten und Informationen zu teilen und als Oracles zu fungieren. | <ul style="list-style-type: none"> • Fehlerhafte Informationsquellen und wenig vertrauenswürdige Oracles schwächen die Anwendung der Blockchain-Technologie. Mangelnde Anreize oder auch Fehlanreize für die Gewährleistung der Echtheit von Information schränken die Datenqualität ein und schwächen dadurch auch die darauf basierenden Geschäftsmodelle. • DIDs und VCs bedürfen entsprechender vertrauenswürdiger Organisationen: Hier könnten neue Abhängigkeiten und Intermediäre geschaffen werden, die ein dezentrales System konterkarieren. • Nach wie vor ist zu wenig Wissen über die Blockchain-Technologie und deren Potenziale vorhanden. „Vorurteile“, dass die Blockchain-Technologie per se energieintensiv sei und mangelndes Verständnis für die vielfältigen Ausprägungsformen der Blockchain-Technologie hemmen deren Einsatz im Kontext Nachhaltigkeit. Dies ist u. a. auf fehlende Aufklärungs- und Informationskampagnen rund um Blockchain und Nachhaltigkeit zurückzuführen. • „Henne-Ei-Problematiken“ mindern unternehmensgetriebene Umsetzungsprojekte im Bereich Blockchain und Nachhaltigkeit – fehlender „unternehmerischer Mut“ und hohe Risikoaversion gegenüber der Technologie stellen ein großes Hemmnis dar. |

7.2 Aktuelle Blockchain-Trends und weitere Fragestellungen im Kontext Nachhaltigkeit

Anhand der Fallbeispiele in Kapitel 6 wurde dargestellt, dass die Blockchain-Technologie schon heute bzw. in naher Zukunft einen wertvollen Beitrag zur Nachhaltigkeit liefern kann. Die Themenbereiche im Kontext des digitalen Produktpasses und der Supply Chain aber auch im Kontext des Emissionshandels liefern einen Einblick in das Potenzial der Blockchain-Technologie. Die damit verbundenen Fragestellungen und Herausforderungen wurden im Rahmen des Expertenworkshops am 25. Oktober 2021 diskutiert. Neben den oben skizzierten Kernfragestellungen ist dabei aber auch deutlich geworden, in welcher Vielfalt Fragestellungen und Trends rund um die Blockchain-Technologie im Kontext Nachhaltigkeit betrachtet werden können und sollten. Eine Auswahl der Trends und aufkommenden Phänomene rund um die Blockchain-Technologie

und weiterer zukünftiger Fragestellungen werden im Folgenden skizziert. Dies erlaubt den „Blick über den Tellerrand“ und zeigt auf, in welcher Komplexität Blockchain und Nachhaltigkeit diskutiert werden sollte – sowohl auf gesellschaftlicher, kultureller, aber auch technologischer Ebene:

NFT-Art

Im März 2021 wurde das NFT-Kunstwerk „Everydays – The First 5000 Days“ des Künstlers Beeple bei Christies für rund 69 Millionen US-Dollar versteigert (Christie's 2021). Diese Summen zeigen, dass NFT-Art längst den internationalen Kunstmarkt erobert hat. Damit verbunden entsteht die Frage nach der Nachhaltigkeit dieser Kunstwerke und ihrem CO₂-Fußabdruck. Die beliebtesten NFT-Kunstbörsen wie MakersPlace, Nifty Gateway und SuperRare führen ihre Verkäufe auf Basis von Ethereum durch und sind somit in ihrer Energiebilanz an das dort durchgeführte Mining gebunden. Damit ein Kunstwerk auf

Basis einer Ethereum Blockchain geschaffen werden kann, muss der Künstler oder die Künstlerin das Kunstwerk „minern“. Dieses Mining erfordert eine hohe Rechenleistung und dementsprechend auch einen hohen CO₂-Energieverbrauch. Auch alle folgenden Aktionen wie das Bieten oder der Transfer gehen mit einem entsprechenden CO₂-Fußabdruck einher: Die Online-Plattform Quartz schätzt, dass durchschnittlich jedes Angebot 23 kg CO₂, jeder Verkauf 51 kg CO₂ und jeder Transfer bis zu durchschnittlich 30 kg CO₂ emittiert (Quartz Media 2021). Gleichzeitig werden NFTs auch genutzt, um nachhaltige Projekte zu fördern. Der World Wildlife Fund for Nature (WWF) gibt seit dem 2. November 2021 eigene Krypto-Kunst in Form von „Non-Fungible Animals (NFA)“ im Kampf für den Artenschutz und die Erhaltung bedrohter Tierarten aus. Diese NFAs wiederum basieren auf der Ethereum-Side-Chain-Lösung Polygon, die bereits auf den Proof-of-Stake setzt und damit eine verbesserte Klimabilanz aufzeigt (WWF 2021). Insgesamt stellt sich jedoch die Frage, wie sich der aufstrebende NFT-Kunstmarkt grundsätzlich zur Nachhaltigkeit positionieren wird und welche Maßnahmen ergriffen, aber auch technologischen Lösungen geschaffen werden können, um NFTs dauerhaft nachhaltig zu gestalten.

Gaming und Gambling

Nicht nur im Kunstmarkt ist die Blockchain-Technologie bereits angekommen, sondern auch in der aufstrebenden und professionalisierten Branche des Online-Gamings und Gambings. Zum einen können in Online-Casinos Bitcoins und Ether hinterlegt werden und blockchain-basierte Spiele wie z. B. „Bitcoin Dice“ implementiert werden – zum anderen werden mithilfe der Blockchain und NFTs ganze Marktsegmente transformiert. NFT-Collectibles schaffen neue Ertrags- und Finanzierungsmöglichkeiten für Sportvereine (Analytics Steps 2021). Parallel zur Tokenisierung bestehender Geschäftsmodelle entstehen jedoch auch gänzlich neue Formen von Online-Spielen und Communities. Axie Infinity beispielsweise ist eine dezentrale Applikation, auf der Nutzer „Monster“ züchten und verkaufen können. Anders als bei herkömmlichen Plattformen sind diese tatsächlich einzigartig, nicht replizierbar und nicht veränderbar

(BTC Echo 2021). Diese Transaktionen und dezentralen Online-Plattformen laufen oftmals auf der Basis von Ethereum und sind deshalb ebenfalls kritisch im Hinblick auf ihre Energiebilanz zu bewerten. Hierbei handelt es sich um einen derzeit kaum regulierten Markt – der aber ein riesiges Wachstumspotenzial birgt. Dementsprechend ist es notwendig, rechtzeitig Standards im Hinblick auf die Nachhaltigkeit der Blockchain-Lösungen zu etablieren und entsprechende Aufklärungsarbeit zu leisten. Die Bedeutung virtueller Umgebungen und Welten wird weiter zunehmen – betrachte man nur Facebooks Metaversum und die damit verbundene Rolle von Kryptowerten und Token. Aus diesem Grund ist zu berücksichtigen, welchen CO₂-Footprint solche Geschäftsmodelle und virtuellen Unterhaltungskonzepte verursachen.

Staking-as-a-Service

Ein weiteres, zunehmendes Phänomen ist Staking: Nutzer hinterlegen Anteile ihrer Kryptowährung oder Token um an der Validierung von Blöcken teilzunehmen. Durch das Hinterlegen des Stakes erhalten Nutzer eine Prämie. Dieses Prinzip kommt vor allem bei Proof-of-Stake-Konsensverfahren zum Einsatz. Langfristige Inhaber von Kryptowährungen betrachten das Staking dabei als Möglichkeit ihre Kryptowährungen sinnvoll einzusetzen. Dabei müssen Nutzer, die sich am Staking beteiligen möchten, ununterbrochen einen Computer zur Verfügung stellen, der ohne Downtime kontinuierlich Validierungen vornehmen kann. Nutzern, denen dies nicht möglich ist, können sich an sogenannten Staking-Pools beteiligen, die von Börsen, wie z. B. Coinbase angeboten werden (Coinbase 2021). Auch wenn der Proof-of-Stake-Konsensmechanismus wesentlich weniger Energiebedarf als das Proof-of-Work-Verfahren, ist auch das Staking unter Nachhaltigkeitsaspekten zu bewerten – insbesondere dann, wenn sich lukrative Geschäftsmodelle und neue Ertragsströme für Besitzer von Kryptowährungen daraus ergeben.

Decentralized Finance

Das Beispiel des tokenisierten CO₂-Emissionshandel in Kapitel 6 macht es deutlich: Dezentrale Investment- und Finanzierungsmöglichkeiten, die keine Inter-

mediäre erfordern, sind längst Realität. War bis dato die Möglichkeit gegeben, über zentrale Systeme, Kryptowerte auszutauschen, erlebte Decentralized Finance in 2020 eine erhebliche Weiterentwicklung: Seit 2020 ist es auf Basis des Compound-Protokolls möglich, dass Teilnehmende in Blockchain-Netzwerken direkt die Kreditaufnahme und Kreditvergabe dezentral, d.h. ohne einen Intermediär vornehmen können. Somit haben Decentralized Finance Systeme einen neuen Reifegrad erreicht und den Grundstein für intermediärfreie Direktinvestition gelegt: Nutzer von Decentralized Finance Systemen sind bis dato „Early Adopters“ und risikoaverse Gruppen sehen von den Möglichkeiten von Decentralized Finance Systemen ab, da es sich hierbei noch um einen wenig regulierten Markt handelt (Sander et al. 2021). Dabei sind Decentralized Finance Systeme insbesondere im Hinblick auf sozio-ökologische aber auch sozio-ökonomische Fragestellungen sehr spannend: Laut der Weltbank haben rund 1,7 Milliarden Menschen keinen Zugang zu traditionellen Bankkonten (The World Bank 2017). Mithilfe dezentraler, öffentlicher blockchain-basierter Bezahlsysteme könnten Millionen Menschen Zugang zu Krediten und Kapital erhalten. Dies ermöglicht insbesondere Personengruppen in Entwicklungsländern eine Alternative zu Mikrokrediten und eine neue Form der wirtschaftlichen Eigenständigkeit. Dabei könnte insbesondere die Finanzierung von CO₂-Senken und der Erhalt natürlicher Ressourcen, wie bereits dargestellt, eine spannende Form des nachhaltigen Investments sein. Gleichzeitig muss die Nachhaltigkeit von Decentralized Finance Systemen selbst bewertet werden – laufen doch die meisten Anwendungen derzeit auf der Basis von Ethereum.

Digitales Zentralbankgeld (Central Bank Digital Currency)

Zentralbanken weltweit loten die Potenziale von digitalen, blockchain-basierten Währungen aus. Dabei ist zu untersuchen, ob und inwieweit diese digitalen Währungen bestehende Währungssysteme effizienter gestalten, Geldwäsche, Steuerhinterziehung und Terrorismusfinanzierung verhindern und zu geringeren Bearbeitungs- und Transaktionskosten führen können. Ebenso untersuchen Zentralbanken, in-

wieweit digitales Zentralbankgeld „krisenfest“ bzw. stabil ist und sie über digitales Zentralbankgeld ihren ordinären Aufgaben (z. B. der Zinspolitik) als Zentralbanken nachkommen können. Allen voran testet China seit April 2021 den digitalen Yuan öffentlich. In Europa geht vor allem Schweden seit 2020 mit einem E-Krona-Pilotprojekt voran (Schwedische Reichsbank 2021). Auch die Europäische Zentralbank startete im Oktober 2021 eine zweijährige Projektphase zur Eruierung der Potenziale eines digitalen Euros (Europäische Zentralbank 2021). Aus Nachhaltigkeitsaspekten sind insbesondere wohlfahrtssteigernde Aspekte wie z. B. die Unterbindung von Geldwäsche oder auch der Schutz von Verbraucherinnen und Verbrauchern vor Bankversagen zu bewerten. Gleichmaßen weisen Kritiker, insbesondere mit Blick auf China, darauf hin, dass solche dezentralen Währungssysteme auch zur staatlichen Überwachung und Bürgerkontrolle dienen könnten.

Fazit

Die skizzierten Trends – die nur auszugsweise dargestellt wurden, zeigen eines ganz deutlich: die Blockchain-Technologie ist nicht nur eine technologische Lösung in einzelnen Anwendungsfällen z. B. innerhalb der Supply Chain oder bei der Digitalisierung von Zertifikaten, sondern heute schon ein echter Game-Changer, der gänzlich neue Formen des Wirtschaftens entstehen lässt. Die Transformation des gesamten Finanz- und Bankenwesens sowie die Veränderung und Schaffung neuer Branchen und Märkte wie z. B. im Kunstmarkt oder in der Gaming-Industrie zeigen dies ganz deutlich. Ebenso zeigen technologische Entwicklungen und Trends und daraus resultierende Geschäftsmodelle und Praktiken wie z. B. das Staking-as-a-Service aber auch der Coin-Burn (das „Verbrennen“ von Kryptowährungen zur Wertsteigerung der zirkulierenden Währungen), dass sich die Anwendungen und Potenziale der Blockchain-Technologie stetig weiterentwickeln und eine Vielzahl an Bereichen durchdringen. Aus diesem Grund müssen Nachhaltigkeitsaspekte stets berücksichtigt werden und der Blick nicht nur auf bestehende, bereits „etablierte“ bzw. anerkannte Anwendungsbereiche in herkömmlichen Industrien gerichtet werden, sondern auch Zukunftstrends und

neue, entstehende Märkte gleichermaßen berücksichtigt werden, um Blockchain im Kontext von Nachhaltigkeit ganzheitlich zu bewerten.

7.3 Ableitung von Handlungsoptionen

Die oben dargestellte SWOT-Analyse, aber auch die kurze Skizzierung aktueller Trends zeigen, dass die Blockchain-Technologie in vielen Bereichen und Aspekten in Bezug auf ihren Beitrag zur Nachhaltigkeit, aber auch in Bezug auf ihre eigene Nachhaltigkeit bewertet werden sollte. Die im Rahmen der Expertise entwickelten Handlungsoptionen sind als Leitplanken (auf Basis der am 25. Oktober 2021 mit den Expertinnen und Experten erarbeiteten Schwächen und Risiken) zu verstehen: Darüber hinaus bedarf es gezielter Handlungsempfehlungen für die jeweiligen spezifischen Anwendungsbereiche und Domänen der Blockchain-Technologie. Die vorliegende Kurzstudie adressiert insbesondere Handlungsoptionen allgemeinerer Natur, die sich auf zukünftige Forschungsbedarfe aber auch auf die Ausgestaltung neuer Leuchtturmprojekte fokussieren:

1. Entwicklung und praxistaugliche Validierung von geeigneten Methoden und Kennzahlen zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Blockchain-Lösungen im unternehmerischen Einsatz.

- a. Aufbau und Förderung von Blockchain-Konsortien, die entlang ausgewählter Anwendungsfälle geeignete **Bewertungsmethoden** erproben (z. B. entlang des Anwendungsbeispiels papierbasierte Dokumentationen entlang von Zoll- oder anderen Logistikprozessen).
- b. Auslegung der 17 SDG für Unternehmen und Entwicklung eindeutiger zuordenbarer Ziele. Bei der Bewertung des CO₂-Fußabdrucks muss der Strommix, die Transaktionsrate und ein praktikablerer **Fokus auf den CO₂-Ausstoß** statt ausschließlich die eingesetzte Energie berücksichtigt werden.
- c. Der **CO₂-Ausstoß** ist zudem auch im Kontext der angestrebten Nutzeneffekte (ökonomisch,

ökologisch, gesellschaftlich) zu bewerten, da bei entsprechendem Nutzen, wie bei jeder anderen Technologie auch, ein gewisser Energieverbrauch und CO₂-Ausstoß zu akzeptieren ist.

- d. Nicht nur eine ökonomische und ökologische Bewertung, sondern auch eine **soziale Bewertung** sollte mitgedacht werden: z. B. Sicherheit der Mitarbeitenden durch Vermeidung von Wegen auf dem Betriebsgelände etc.
 - e. **Kommunikation von Best-Practices**, Entwicklung von Vorgehensmodellen und zielgruppengerechte Aufbereitung von **Leitfäden zur Bewertung** der Nachhaltigkeit von Blockchain-Lösungen sowie deren Beitrag zur Nachhaltigkeit.
 - f. Prüfung, inwiefern neue Indikatoren und Berechnungsgrundlagen auch zur **Unternehmensbewertung und in Accounting-Systemen** herangezogen werden können (Nachhaltigkeit als Wert) und Abstimmung mit Standardisierungsgremien und bestehenden Richtlinien (z. B. W3C, ISO etc.).
 - g. Forschungsseitige Weiterentwicklung und Bewertung der Nachhaltigkeit von Blockchain-Systemen sowie (Weiter-)Entwicklung und Prüfung von (neuen) **Konsensverfahren**.
 - h. Öffentlich zugängliche und unabhängige Bewertungen und Kennzahlen zur Nachhaltigkeit von Blockchain-Lösungen („**Nachhaltigkeits-Siegel**“). Zudem ist eine **steuerliche Begünstigung** von ressourcenschonenden Blockchain-Lösungen denkbar.
- #### 2. Ausbau und Förderung von Anwendungsfällen entlang von Supply Chains mit Fokus auf Geschäftsmodellentwicklung, Anreizmechanismen und dem Zusammenspiel von IoT und künstlicher Intelligenz in digitalen Ökosystemen.
- a. Praxistaugliche Prüfung entlang von komplexen (Daten-)Ökosystemen, wie anreizkompatible Revenue-Sharing-Mechanismen implementiert

werden können. Dabei insbesondere Untersuchung der Marktfähigkeit sowie Akzeptanz der Supply Chain Teilnehmenden (z. B. entlang digitaler Produktpässe). Ebenso Berücksichtigung und Förderung von Geschäftsmodellanalysen im Sinne einer Verstetigung der geförderten Use Cases.

- b.** Schaffung von **Experimentierräumen** für Unternehmen und Forschende, aber auch Bürger und Bürgerinnen, in denen das Zusammenspiel zwischen IoT-Devices, künstlicher Intelligenz, 5G-Netzen und Blockchain-Technologien im Kontext Nachhaltigkeit erprobt und veranschaulicht wird (z. B. dezentrale Peer-to-Peer-Grids, oder blockchain-basierter E-Frachtbrief) mit Schwerpunkt auf Überführung in die Praxis und Anwendung.
- c.** Untersuchung und Ausweitung der Forschung im Bereich Blockchain-Netzwerke als **sozio-technische Systeme**: Dabei sollte untersucht werden, inwieweit Menschen und Devices sinnvoll in Blockchain-Anwendungsfälle als **Oracles** eingebunden werden können. Zudem muss untersucht werden, wie Fehlanreize vermieden werden können und eine entsprechende Qualitätssicherung sowohl durch den Einbezug von Technologien wie auch durch entsprechende Geschäftsmodelle erfolgen kann. Dazu gehört auch die Einbindung und Entwicklung von Smart Contracts als entsprechende Logikbrücken und Überprüfungsinstanz.
- d.** Wissenschaftliche Untersuchung und Beobachtung von **Endkonsumentenverhalten und Integration von Endverbrauchenden** in Supply Chains in ausgewählten Anwendungsfällen (z. B. im Bereich der Food Supply Chain). Dadurch Demonstration der Nutzerakzeptanz und deren Sicherstellung durch neue Erlösströme und verbesserte Rückführung (z. B. bei Elektronikgeräten, Batterien, Möbeln). Daraus kann eine Ableitung von Best-Practices und geeigneter Geschäftsmodell- und Marketingstrategien sowie Vermeidungsmechanismen von Greenwashing erfolgen.

- e.** Vorantreiben der **Standardisierungsbemühungen** und Schnittstellen in internationalen Ökosystemen (z. B. GAIA-X und Industrial Data Spaces) sowie Integration von Blockchain-Applikationen.

3. Fokus auf Minimum Sellable Products und Aufbau von verstetigenden komplementären Ökosystemen im Kontext von Leuchtturmprojekten im Bereich Blockchain und Nachhaltigkeit sowie Förderung von Open-Source-Software als öffentliches Gut.

- a.** Bei der Gestaltung neuer Förderinitiativen zum Aufbau von Leuchtturmprojekten Berücksichtigung eines Verstetigungskonzeptes im Hinblick auf ein Minimum Sellable Product (nicht nur Minimum Viable Product). Dabei sind relevante Themenbereiche:
 - ▶ Circular Economy
 - ▶ Verkehrssektor
 - ▶ Energiesektor
 - ▶ Finanzsektor
 - ▶ Lebensmittelindustrie
 - ▶ Landwirtschaft
 - ▶ IoT-Geräte
- b.** Aufbau **komplementärer Dienstleisterökosysteme** (z. B. IT-Partner) im Rahmen von geförderten Projekten, um entwickelte Dienstleistungen z. B. für kleine und mittlere Unternehmen anzubieten. Dabei Berücksichtigung und Entwicklung von Geschäftsmodellen für beteiligte Akteure (als Bestandteil der Förderung und im Einklang mit geltendem oder neu ausgelegtem Beihilferecht).
- c.** Bereitstellung von nicht wettbewerbsverzerrenden **Open-Source-Software- und Hardware-Lösungen** als Entwicklungsergebnisse öffentlich geförderter Projekte und dadurch möglichst breite Verstetigung sowie de-facto-Standardisierung im Bereich Blockchain und Nachhaltigkeit. Insbesondere Hardware, die

sich durch ein nachhaltiges bzw. ökologisch effizientes Design und eine Langlebigkeit z. B. im Bereich der Smart Devices auszeichnet, sollte als Open-Source-Hardware zur Verfügung stehen. Dabei auch Berücksichtigung des Community-Aufbaus und Verstetigungsökosystem.

d. Öffentliche Hand und Verwaltung als Vorreiterrolle: Ausbau und Kommunikation von blockchain-basierten Verwaltungsprojekten im Bereich Nachhaltigkeit (z. B. Einsparung oder Reduktion des CO₂-Fußabdrucks durch Projekte im Bereich der digitalen Zertifizierung).

4. Expertise und Kompetenzen ausbauen, Forschungstrends zentral platzieren sowie Schaffung einer zentralen Anlaufstelle und Koordination für Blockchain-Themen auf Bundesebene.

a. Schaffung einer zentralen, **ministeriumsübergreifenden Anlauf- und Koordinierungsstelle** für Blockchain-Themen zur verbesserten internen sowie externen Koordination und dem Austausch von Expertise im Bereich Blockchain-Technologie. Dadurch gegenseitige Bereicherung von geförderten Vorhaben und Austausch, höhere Sichtbarkeit und verbesserte Kontaktaufnahme und Angebotsbereitstellung für Unternehmen. Ebenso erlaubt dies die **Bündelung der bereits bestehenden Blockchain-Initiativen** und Forschungsaktivitäten:

- i. Darin z. B. Bündelung von Blockchain-Projekten in einer **interaktiven Landkarte** mit Ansprechpartnern.
- ii. Bereitstellung von **Informationen und Aufklärungskampagnen**, um den bestehenden Wissenslücken und dadurch der mangelnden Akzeptanz und dem geringen Verständnis der Blockchain-Technologie für Nachhaltigkeit entgegenzuwirken („Blockchain ist nicht gleich Bitcoin“; „Transparenz bedeutet nicht, geistiges Kerneigentum offenzulegen“).

b. Verbesserte **Bewertung und Aufarbeitung internationaler Blockchain-Trends** und Verankerung in die aktuelle Forschungslandschaft sowie fachübergreifender Austausch. Dazu ist die Bildung eines interdisziplinären **„Blockchain-Fachrates für Nachhaltigkeit“** auf Bundesebene denkbar.

8 SCHLUSSBETRACHTUNGEN: DIE BLOCKCHAIN-TECHNOLOGIE IM KONTEXT DER NACHHALTIGKEIT

Im Rahmen der vorliegenden Kurzstudie wurde deutlich, dass von der Blockchain-Technologie signifikante Potenziale auf alle drei Dimensionen der Nachhaltigkeit ausgehen können: Ökologisch, ökonomisch und sozial. Aufgezeigt wurde dies anhand von drei ausgewählten Blockchain-Anwendungsfällen, welche exemplarisch für die (1) *Kreislaufwirtschaft*, das (2) *Supply Chain Management* und den (3) *Emissionshandel* stehen. Diese drei Anwendungsgebiete wurden in der im Rahmen des „Fachdialogs Blockchain“ durchgeführten Expertenkonsultation als besonders geeignet für die Unterstützung der Nachhaltigkeit durch den Einsatz von Blockchain-Lösungen eingestuft („Blockchain for Good“). So kann Blockchain bspw. als Enabler für doppelbuchungsfreie CO₂-Accountingsysteme im tokenisierten Emissionshandel dienen oder durch stark verbessertes Tracking und Tracing im Supply Chain Management zum einen zu einer signifikanten Verbesserung der Ressourceneffizienz beitragen und zum anderen durch eine Erhöhung der Transparenz dafür sorgen, dass soziale und ökologische Produktionsbedingungen offengelegt werden.

Um diese Potenziale in größerem Umfang zu realisieren, sind jedoch zum gegenwärtigen Entwicklungsstand der Blockchain-Technologie noch einige Herausforderungen zu lösen. Dies gilt beispielsweise für die Rolle von Oracles und den damit verbundenen Ursprung und der Echtheit der Daten in komplexen Lieferketten. Insbesondere im Hinblick auf die soziale Dimension der Nachhaltigkeit stellen sich hier Herausforderungen, da der Nachweis von sozialer Nachhaltigkeit selten vollständig technologisiert werden, also bspw. nicht ausschließlich durch Sensoren erfasst werden kann (bspw. für den Nachweis, dass ein Produkt ohne Kinderarbeit entstanden ist). Folglich besteht hier weiterhin eine Manipulationsgefahr durch den Faktor Mensch. Die passende

Ausgestaltung der Oracles im Hinblick auf Anreiz- und Kontrollsystemen ist in diesen Fällen von hoher Bedeutung und bedarf weiterer Forschung.

Neben den technischen Faktoren zur Realisierung der Potenziale der Blockchain-Technologie zur Steigerung der Nachhaltigkeit sollte auch der Zeitfaktor nicht außer Betracht gelassen werden: Je schneller die noch bestehenden technischen Herausforderungen gelöst werden und je schneller die Diffusion der Technologie in die Breite der Wirtschaft erfolgt, desto eher können die mit der Blockchain-Technologie verbundenen Potenziale zur Steigerung der Nachhaltigkeit realisiert werden und desto zeitnaher können folglich die gesetzten Nachhaltigkeitsziele erreicht werden. Ein möglicher Weg zur schnelleren Diffusion der Technologie und der Lösung noch bestehender (technischer) Herausforderungen, besteht darin, an einer Verstetigung von bereits bestehenden oder aber auch neu aufgesetzten Blockchain-Leuchtturmprojekten zu arbeiten. Für eine Verstetigung von aktuellen aber auch zukünftigen Leuchtturmprojekten sollte der Fokus daher in Zukunft auf dem „*Minimum Sellable Product*“ und nicht nur auf dem „*Minimum Viable Product*“ liegen. Zudem sollte im Sinne einer schnelleren Diffusion darauf geachtet werden, dass die Bereitstellung Open-Source-Software und Hardware in Form von Open-Source-Lizenzen im Vordergrund von öffentlich geförderten Entwicklungsprojekten steht.

Neben der Realisierung der Potenziale von „Blockchain for Good“ sollte jedoch nicht die Frage nach der Nachhaltigkeit der *Blockchain-Lösungen an sich* aus dem Blickfeld verschwinden. Maßgeblich hierfür ist der jeweilige Ressourcenverbrauch der Blockchain-Lösung, wobei hier neben der Energieintensität des Konsensmechanismus auch die Transaktionsrate, die benötigte Hardware sowie der verwendete Strommix Berücksichtigung finden sollten. Forschungsbedarf

besteht darin, geeignete belastbare Indikatoren zur Beurteilung der Nachhaltigkeit einer Blockchain-Lösung zu entwickeln. Dies ist eine komplexere Aufgabe, da der Ressourcenintensität auch immer der anwendungsfall-spezifische Nutzen der verwendeten Lösung gegenübergestellt werden sollte. Beispielsweise kann bei einer blockchain-basierten Finanztransaktion aufgrund des erforderlichen Sicherheitsniveaus eine höhere Ressourcenintensität gerechtfertigt sein, als bei anderen Anwendungsszenarien. Sollte es gelingen, belastbare Indikatoren zur Beurteilung der Nachhaltigkeit einer Blockchain-Lösung zu entwickeln, sind eine Art „Nachhaltigkeits-Siegel“ für Blockchain-Lösungen sowie eine steuerliche Begünstigung von nachhaltigen Blockchain-Lösungen denkbare öffentliche Maßnahmen zur Förderung der Verbreitung von nachhaltigen Blockchain-Lösungen. Die verlässliche Beurteilung und entsprechende mögliche Zertifizierung von Blockchain-Systemen ist insbesondere im Hinblick auf neu entstehende Märkte und Anwendungsszenarien, die klassische Supply Chain Fragestellungen bei

weitem übersteigen, z. B. im Bereich des Kunstmarktes, im privaten Gamingbereich oder Finanzbereich notwendig, um entscheidende Weichen für eine nachhaltige, kommende „Token-Ökonomie“ zu stellen.

Zusammenfassend lässt sich konstatieren, dass von der Blockchain-Technologie signifikante Chancen ausgehen, Nachhaltigkeitsziele sowohl in ökologischer, ökonomischer als auch sozialer Hinsicht zu verfolgen und diese auch schneller und einfacher zu erreichen, als mit herkömmlichen Lösungen. Nichtsdestotrotz besteht insbesondere im Hinblick auf das Thema Oracles als auch mit Blick auf geeignete Indikatoren zur Beurteilung der Nachhaltigkeit von *Blockchain-Lösungen an sich* Forschungsbedarf. Zudem entstehen durch immer neue Anwendungsfelder und Märkte neue Fragestellungen und Herausforderungen, im Hinblick auf die Frage der Nachhaltigkeit. Sollte es gelingen, diese noch bestehenden Herausforderungen zu lösen, kann die Blockchain-Technologie ihr volles Potenzial zur Unterstützung einer nachhaltigeren Wirtschaft und Gesellschaft entfalten.

9 LITERATURVERZEICHNIS

- adelphi; Öko-Institut (2021): Voluntary offsetting: credits and allowances. Unter Mitarbeit von Baran Doda, Stephanie La Hoz Theuer, Martin Cames, Sean Healy und Lambert Schneider. Hg. v. Umweltbundesamt. Berlin.
- Adisorn, Thomas; Tholen, Lena; Götz, Thomas (2021): Towards a Digital Product Passport Fit for Contributing to a Circular Economy. In: *Energies* 14 (8), S. 2289. DOI: 10.3390/en14082289.
- Algorand (2021): Climatrade. Environmental, Digital Assets. Online verfügbar unter <https://www.algorand.com/ecosystem/use-cases/climatrade>, zuletzt geprüft am 03.10.2021.
- Analytics Steps (2021): Impact of Blockchain and Cryptocurrency on Gambling Industry. On-line verfügbar unter <https://www.analyticssteps.com/blogs/impact-blockchain-and-cryptocurrency-gambling-industry>, zuletzt geprüft am 15.12.2021.
- Anouche, Mohamed; Boumaaz, Younes (2020 - 2020): The potential of the blockchain for coordinated border management in developing countries. In: 2020 IEEE 13th International Colloquium of Logistics and Supply Chain Management (LOGISTIQUA). 2020 IEEE 13th International Colloquium of Logistics and Supply Chain Management (LOGISTIQUA). Fez, Morocco, 02.12.2020 - 04.12.2020: IEEE, S. 1-7.
- Berg, Holger; Kullina, Raik; Stöcker, Carsten; Guth-Orlowski, Susanne; Thiermann, Ricky; Porepp, Nathalie (2021): Overcoming Information Asymmetry in the Plastics Value Chain with Digital Product Passports. How decentralized identifiers and verifiable credentials can enable a plastics circular economy. Online verfügbar unter <https://githubmemory.com/repo/Spherity/product-pass>.
- Bitkom e.V. (2020a): Fast 3 von 10 Unternehmen kompensieren CO2-Emissionen. Online verfügbar unter <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Fast-3-von-10-Unternehmen-kompensieren-CO2-Emissionen>, zuletzt geprüft am 01.10.2021.
- Bitkom e.V. (2020b): Self Sovereign Identity Use Cases - von der Vision in die Praxis. Berlin.
- Blaha, Francisco; Katafano, Kenneth (2020): Blockchain Application in Seafood Value Chains. Rom: FAO.
- BMW-Group (2020): BMW Group treibt mittels Einsatz von Blockchain die Lieferketten-Transparenz weiter voran. Online verfügbar unter <https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0307164DE/bmw-group-treibt-mittels-einsatz-von-blockchain-die-lieferketten-transparenz-weiter-voran?language=de>, zuletzt geprüft am 07.04.2021.
- Brundtland, G. (1987): Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. Hg. v. United Nations General Assembly (A/42/427).
- BTC Echo (2021): Was kommt nach dem Hype um NFT-Collectibles? Online verfügbar unter <https://www.btc-echo.de/news/was-kommt-nach-dem-hype-um-nft-collectibles-125143/>, zu-letzt geprüft am 15.12.2021.
- Bundesministerium der Finanzen (2019): Krypto-Token und die Distributed-Ledger-Technologie - ein finanzmarktbezogener Überblick. Monatsbericht des BMF Juni 2019.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (2021a): DIBICHAIN - Digitales Abbild von Kreislaufsystemen mittels Blockchaintechnologie. Online verfügbar unter <https://innovative-produktkreislaeufe.de/Projekte/DIBICHAIN.html>, zuletzt geprüft am 16.12.2021.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (2021b): Wie das Kopernikus-Projekt ENSU-RE das Stromnetz der Zukunft entwickelt. Online verfügbar unter <https://www.kopernikus-projekte.de/projekte/ensure>, zuletzt geprüft am 16.12.2021.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2020): Umweltpolitische Digitalagenda.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2021a): Emissionshandel. Kurzinfo. Online verfügbar unter <https://www.bmu.de/themen/klimaschutz-angepasst/klimaschutz/emissionshandel#:~:text=Der%20Emissionshandel%20ist%20ein%20marktwirtschaftliches,Gruppe%20insgesamt%20ausgesto%C3%9Fen%20werden%20d%C3%BCrfen.,> zuletzt geprüft am 30.09.2021.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2021b): Internationale Kooperation unter Artikel 6. Online verfügbar unter <https://www.carbon-mechanisms.de/grundlagen/das-uebereinkommen-von-paris-und-dessen-artikel-6>, zuletzt geprüft am 02.10.2021.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021a): Förderprogramm SINTEG: "Schau-fenster intelligente Energie - Digitale Agenda für die Energiewende". Online verfügbar unter <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/sinteg.html>, zuletzt geprüft am 16.12.2021.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021b): SINTEG. Online verfügbar unter <https://www.sinteg.de/>, zuletzt geprüft am 16.12.2021.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie; Bundesministerium der Finanzen (2019): Blockchain-Strategie der Bundesregierung. Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie und Bundesministerium der Finanzen. Online verfügbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/blockchain-strategie.pdf?__blob=publicationFile&v=22.
- Cagigas, Diego; Clifton, Judith; Diaz-Fuentes, Daniel; Fernandez-Gutierrez, Marcos (2021): Blockchain for Public Services: A Systematic Literature Review. In: *IEEE Access* 9, S. 13904-13921. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3052019.
- Caldarelli, Giulio; Rossignoli, Cecilia; Zardini, Alessandro (2020): Overcoming the Blockchain Oracle Problem in the Traceability of Non-Fungible Products. In: *Sustainability* 12 (6), S. 2391. DOI: 10.3390/su12062391.

- carbonfuture (2021): Carbon removal you can trust. Online verfügbar unter <https://www.carbonfuture.earth/de/start>, zuletzt geprüft am 03.10.2021.
- Chapiro, Cecilia (2021): Leveraging Blockchain for Financial Inclusion. Hg. v. UNICEF Office of Innovation. Online verfügbar unter <https://www.unicef.org/innovation/InnovationFund/blockchain-financial-inclusion-cohort>.
- Chohan, Usman W. (2019): Blockchain & Environmental Sustainability. Case of IBMs Block-chain Water Management.
- Christie's (2021): Beeple's opus. Online verfügbar unter <https://www.christies.com/features/Monumental-collage-by-Beeple-is-first-purely-digital-artwork-NFT-to-come-to-auction-11510-7.aspx>, zuletzt geprüft am 16.12.2021.
- Chueca Vergara, Cristina; Ferruz Agudo, Luis (2021): Fintech and Sustainability: Do They Affect Each Other? In: Sustainability 13 (13), S. 7012. DOI: 10.3390/su13137012.
- Circular Economy Initiative Deutschland (Hg.) (2021): Circular Economy Roadmap für Deutschland. Unter Mitarbeit von S. Kadner, J. Kobus, E. Hansen, S. Akinci, P. Elsner, C. Hagelüken et al. München/London.
- Climatrade (2021): Offset your carbon footprint. Online verfügbar unter <https://climatrade.com/about-us/>, zuletzt geprüft am 03.10.2021.
- Coinbase (2021): Was ist Staking? Online verfügbar unter <https://www.coinbase.com/de/learn/crypto-basics/what-is-staking#how-does-staking-work>.
- Corusa, Andreas; Predel, Johannes; Schöne, Nikolas (2020): Eine Marktübersicht der Block-chain in der Energiewirtschaft. Unter Mitarbeit von Technische Universität Berlin.
- Deloitte (2021): Zirkuläre Wirtschaft. Herausforderungen und Chancen für den Industrie-standort Deutschland. Hg. v. Bundesverband der Deutschen Industrie e. V. (BDI).
- Deutscher Bundestag (16.07.2021): Gesetz über die unternehmerischen Sorgfaltspflichten in Lieferketten. Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz - LkSG. In: Bundesgesetzblatt 2021, Teil I (46).
- Die Bundesregierung (2020): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Weiterentwicklung 2021. Berlin.
- Dixon, Denelle (2020): How Blockchain Can Be Used to Promote Gender Equality. Hg. v. CoinDesk. Online verfügbar unter <https://www.coindesk.com/markets/2020/03/08/how-blockchain-can-be-used-to-promote-gender-equality/>.
- Dogo, Eustace M.; Femi Salami, Abdulazeez; Nwulu, Nnamdi I.; Aigbavboa, Clinton O. (2019): Blockchain and Internet of Things-Based Technologies for Intelligent Water Management System. In: Fadi Al-Turjman (Hg.): Artificial Intelligence in IoT. Cham: Springer International Publishing, S. 129-150.
- Ehrhardt, Mischa; Finthammer, Volker; Wilde, Wulf (2021): Was im neuen Lieferkettengesetz steht – und was nicht. Hg. v. Deutschlandfunk. Online verfügbar unter https://www.deutschlandfunk.de/sozial-und-umweltstandards-was-im-neuen-lieferkettengesetz.2897.de.html?dram:article_id=492469.
- Ehrlich, Tobias; Richter, Daniel; Meisel, Michael; Anke, Jürgen (2021): Self-Sovereign Identity als Grundlage für universell einsetzbare digitale Identitäten. In: HMD 58 (2), S. 247-270. DOI: 10.1365/s40702-021-00711-5.
- Enquete-Kommission (1998): Konzept Nachhaltigkeit. Vom Leitbild zur Umsetzung. Hg. v. Deutscher Bundestag.
- Europäische Kommission (2019): Der europäische Grüne Deal. COM(2019) 640 final. Brüssel. Online verfügbar unter https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0021.02/DOC_1&format=PDF, zuletzt geprüft am 28.09.2021.
- Europäische Kommission (2020a): Batterien in der EU sollen nachhaltiger werden. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/germany/news/20201210-batterien-der-eu_de#:~:text=Seit%202006%20werden%20Batterien%20und,eine%20Modernisierung%20des%20Rechtsrahmens%20erforderlich, zuletzt geprüft am 29.09.2021.
- Europäische Kommission (2020b): Ein neuer Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft. Für ein saubereres und wettbewerbsfähigeres Europa. Luxemburg. Online verfügbar unter <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/45cc30f6-cd57-11ea-adf7-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-170854112>, zuletzt geprüft am 28.09.2021.
- Europäische Kommission (2021): Blockchain for climate action. Online verfügbar unter <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/blockchain-climate-action>, zuletzt geprüft am 03.10.2021.
- Europäische Zentralbank (2021): A digital Euro. Online verfügbar unter https://www.ecb.europa.eu/paym/digital_euro/html/index.en.html, zuletzt geprüft am 16.12.2021.
- Europäisches Parlament (10.03.2021): Corporate due diligence and corporate accountability. European Parliament resolution of 10 March 2021 with recommendations to the Commission on corporate due diligence and corporate accountability (2020/2129(INL)).
- Fatz, Filip; Hake, Philip; Fettke, Peter (2020): Blockchain-Nutzung im Steuerbereich. In: Hans-Georg Fill und Andreas Meier (Hg.): Blockchain, Bd. 55. Wiesbaden: Springer Fach-medien Wiesbaden (Edition HMD), S. 149-170.
- Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (2021): Blockchain. Blockchain Lab. Online verfügbar unter <https://www.giz.de/fachexpertise/html/61215.html>, zuletzt geprüft am 16.12.2021.
- Gold Standard (2021): A higher standard for a climate secure and sustainable world. Online verfügbar unter <https://www.goldstandard.org/>, zuletzt geprüft am 01.10.2021.
- Götz, T.; Adisorn, T.; Tholen, L. (2021): Der Digitale Produktpass als PolitikKonzept (Wuppertal Report Nr. 20). Wuppertal Institut.
- Grech, Alexander; Camilleri, Anthony F. (2017): Blockchain in Education. JRC Science for Policy Report. Unter Mitarbeit von Andreia Inamorato dos Santos. Hg. v. European Union.

- Hatzivasilis, George; Ioannidis, Sotiris; Fysarakis, Konstantinos; Spanoudakis, George; Pa-padakis, Nikos (2021): The Green Blockchains of Circular Economy. In: *Electronics* 10 (16), S. 2008. DOI: 10.3390/electronics10162008.
- Herweijer, Celine; Waughray, Dominic; Warren, Sheila (2018): *Building block(chain)s for a better planet*. Hg. v. pwc.
- Hillemann, Dennis; Suchrow, Martin (2021a): Das neue Lieferkettengesetz: Eine Chance für die Blockchain-Technologie (Teil I). Hintergrund und Inhalt des Lieferkettengesetzes. In: *Legal Revolution Zeitschrift*, S. 52-57.
- Hillemann, Dennis; Suchrow, Martin (2021b): Das neue Lieferkettengesetz: Eine Chance für die Blockchain-Technologie (Teil II). Anwendungsmöglichkeiten von Blockchain bei der Erfüllung der Anforderung des Lieferkettengesetzes. In: *Legal Revolution Zeitschrift*, S. 77-85.
- Hinckeldeyn, Johannes (2019): *Blockchain-Technologie in der Supply Chain*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Hingorani, Ishwarlal; Khara, Rushabh; Pomendkar, Deepika; Raul, Nataasha (2020): Police Complaint Management System using Blockchain Technology. In: *2020 3rd International Conference on Intelligent Sustainable Systems (ICISS)*. 2020 3rd International Conference on Intelligent Sustainable Systems (ICISS). Thoothukudi, India, 03.12.-05.12.2020: IEEE, S. 1214-1219.
- Holotescu, Carmen; Holotescu, Victor (2019): *Blockchain in Culture*. Timisoara, 13.12.2019.
- Holst, Alexander; Chlebowsky, Boris von; Zacharias, Fabian; Wiese, Lukas G.; Goel, Shruti; Reulecke, Leonie et al. (2021): *Klimaeffekte der Digitalisierung. Studie zur Abschätzung des Beitrags digitaler Technologien zum Klimaschutz*. Hg. v. Bitkom e. V.
- Imeri, Adnan; Khadraoui, Djamel (2018 - 2018): The Security and Traceability of Shared Information in the Process of Transportation of Dangerous Goods. In: *2018 9th IFIP International Conference on New Technologies, Mobility and Security (NTMS)*. 2018 9th IFIP International Conference on New Technologies, Mobility and Security (NTMS). Paris, 26.02.2018 - 28.02.2018: IEEE, S. 1-5.
- Jakob, Sabine; Schulte, Axel T.; Sparer, Dominik; Koller, Roman; Henke, Michael (2018): *Blockchain und Smart Contracts: Effiziente und sichere Wertschöpfungsnetzwerke*. Unter Mitarbeit von Michael ten Hompel, Michael Henke und Uwe Clausen.
- KfW (2021): „Tru wie trusted“. Online verfügbar unter <https://www.kfw-entwicklungsbank.de/Internationale-Finanzierung/KfW-Entwicklungsbank/Unsere-Themen/SDGs/SDG-9/TruBudget/>, zuletzt geprüft am 16.12.2021.
- Kreibich, Nicolas; Hermwille, Lukas (2020): Caught in between: Credibility and Feasibility of the Voluntary Carbon Market post-2020. In: *JIKO Policy Paper* (03).
- Kshetri, Nir (2017): Potential roles of blockchain in fighting poverty and reducing financial exclusion in the global south. In: *Journal of Global Information Technology Management* (4), S. 201-204. DOI: 10.1080/1097198X.2017.1391370.
- Kunde, Elke; Kaulartz, Markus; Ben Naceur, Med Ridha; Liban, Samater; Kunz, Matthias; Skwarek, Volker et al. (2017): *Blockchain und Datenschutz. Faktenpapier*. Hg. v. Bitkom e.V. Online verfügbar unter <https://www.bitkom.org/sites/default/files/file/import/180502-Faktenpapier-Blockchain-und-Datenschutz.pdf>, zuletzt geprüft am 11.04.2021.
- Kurpjuweit, Stefan; Schmidt, Christoph G.; Klöckner, Maximilian; Wagner, Stephan M. (2021): Blockchain in Additive Manufacturing and its Impact on Supply Chains. In: *J Bus Logist* 42 (1), S. 46-70. DOI: 10.1111/jbl.12231.
- Marchant, Natalie (2021): Playing a game on your phone could help save endangered species. Here's how. Hg. v. World Economic Forum. Online verfügbar unter <https://www.weforum.org/agenda/2021/02/smart-phone-game-conservation-endangered-species/>.
- Mika, Bartek; Goudz, Alexander (2021): Blockchain-technology in the energy industry: block-chain as a driver of the energy revolution? With focus on the situation in Germany. In: *Energy Syst* 12 (2), S. 285-355. DOI: 10.1007/s12667-020-00391-y.
- Moro-Visconti, Roberto; Cruz Rambaud, Salvador; López Pascual, Joaquín (2020): Sustainability in FinTechs: An Explanation through Business Model Scalability and Market Valuation. In: *Sustainability* 12 (24), S. 10316. DOI: 10.3390/su122410316.
- Musamih, Ahmad; Salah, Khaled; Jayaraman, Raja; Arshad, Junaid; Debe, Mazin; Al-Hammadi, Yousof; Ellahham, Samer (2021): A Blockchain-Based Approach for Drug Traceability in Healthcare Supply Chain. In: *IEEE Access* 9, S. 9728-9743. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3049920.
- Namasudra, Suyel; Deka, Ganesh Chandra (Hg.) (2021): *Applications of Blockchain in Healthcare*. Singapore: Springer Singapore (83).
- Narayan, Romy; Tidström, Annika (2020): Tokenizing cooperation in a blockchain for a transition to circular economy. In: *Journal of Cleaner Production* 263 (1), S. 121437. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.121437.
- Oliveira, Luis; Zavolokina, Liudmila; Bauer, Ingrid; Schwabe, Gerhard (2018): *To Token or not to Token: Tools for Understanding Blockchain Tokens*.
- Pandian, Ganesamoorthy; Narayanasamy, Ganga; Sundaram, Shankar (2020): *Next-Gen Industrial Water Pollution Control. Blockchain and IoT for Waste Water Management*.
- Pufé, Iris (2017): *Nachhaltigkeit. 3., überarbeitete und erweiterte Auflage*. Konstanz, München: UVK Verlagsgesellschaft mbH mit UVK/Lucius (utb, 8705).
- Quartz Media (2021): *The carbon footprint of creating and selling an NFT artwork*. Unter Mitarbeit von Erin Davis. Online verfügbar unter <https://qz.com/1987590/the-carbon-footprint-of-creating-and-selling-an-nft-artwork/>, zuletzt geprüft am 15.12.2021.
- Ramesohl, Stephan; Lauten-Weiss, Julian; Kobiela, Georg (2021): *Blockchains nachhaltig gestalten: Vorschlag von nachhaltigkeitsorientierten Entscheidungskriterien und eines Verfahrens konzepts für die Umsetzung staatlich geförderter oder initiiert Projekte im Bereich Blockchain*; Kurzstudie im Rahmen des Vorhabens "Umwelt und Digitalisierung" des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU). Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. Wuppertal (Wuppertal Report).

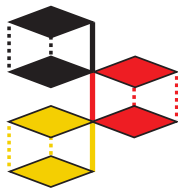
- Rat für Nachhaltige Entwicklung; Leopoldina (2021): Klimaneutralität. Optionen für eine ambitionierte Weichenstellung und Umsetzung. Positionspapier.
- Referat Wirtschaft und Menschenrechte (Hg.) (2020): Monitoring des Umsetzungsstandes der im Nationalen Aktionsplan Wirtschaft und Menschenrechte 2016-2020 beschriebenen menschenrechtlichen Sorgfaltspflicht von Unternehmen. Abschlussbericht. Auswärtiges Amt.
- Reitemeier, Arnd; Schanbacher, Ansgar; Scheer, Tanja Susanne (2019): Nachhaltigkeit in der Geschichte. Göttingen: Göttingen University Press.
- Rivers, Martin L. (2021): How Bitcoin Can Fix Global Inequality, One Developing Nation At A Time. Hg. v. Forbes. Online verfügbar unter <https://www.forbes.com/sites/martinrivers/2021/06/15/how-bitcoin-can-fix-global-inequality-one-developing-nation-at-a-time/>.
- Sander, Philipp; Eickmanns, Benedikt Christian; Welp, Isabell (2021): Decentralized Finance Will Change Your Understanding Of Financial Systems. Hg. v. Forbes. Online verfügbar unter <https://www.forbes.com/sites/philippsander/2021/02/22/decentralized-finance-will-change-your-understanding-of-financial-systems/?sh=1e5cb30c5b52>, zuletzt geprüft am 16.12.2021.
- Schork, Christoph; Schreier, Birgit (2021): Das Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz – Eine Herausforderung (auch) für die deutsche Automobilindustrie. In: Recht Automobil Wirtschaft, S. 74-80.
- Schwedische Reichsbank (2021): E-Krona. Online verfügbar unter <https://www.riksbank.se/en-gb/payments--cash/e-krona/>, zuletzt geprüft am 16.12.2021.
- Scruggs, Gregory (2018): How Blockchain and AI can help to protect the oceans. Hg. v. World Economic Forum. Online verfügbar unter <https://www.weforum.org/agenda/2018/12/blockchain-ai-hailed-as-new-tools-to-protect-high-seas/>.
- Statista (Hg.) (2019): Unternehmen in Deutschland: Anzahl der rechtlichen Einheiten in Deutschland nach Beschäftigtengrößenklassen im Jahr 2019. Daten aus dem statistischen Unternehmensregister (Statistisches Bundesamt).
- Stuermer, Matthias; Abu-Tayeh, Gabriel; Myrach, Thomas (2017): Digital sustainability: basic conditions for sustainable digital artifacts and their ecosystems. In: Sustain Sci 12 (2), S. 247-262. DOI: 10.1007/s11625-016-0412-2.
- Subramanian, Nachiappan; Chaudhuri, Atanu; Kayıkcı, Yaşanur (Hg.) (2020): Blockchain and Supply Chain Logistics. Cham: Springer International Publishing.
- Sunyaev, Ali; Kannengießler, Niclas; Beck, Roman; Treibmaier, Horst; Lacity, Mary; Kranz, Johann et al. (2021): Token Economy. In: Bus Inf Syst Eng 21 (11), S. 1461. DOI: 10.1007/s12599-021-00684-1.
- Teufel, Bernd; Sentic, Anton; Niemer, Tim; Hojcková, Kristina (2020): Transformation oder Disruption im Energiemarkt? In: Hans-Georg Fill und Andreas Meier (Hg.): Blockchain, Bd. 100. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden (Edition HMD), S. 259-284.
- The World Bank (2017): The Global Findex database. Online verfügbar unter <https://globalfindex.worldbank.org/>, zuletzt geprüft am 16.12.2021.
- Third, Allan; Quick, Kevin; Valentine, Chris; Bachler, Michelle; Domingue, John (2019): Blockchain and Education. Hg. v. European Union Blockchain Observatory and Forum. Knowledge Media Institute of the Open University.
- Tomaz, Antonio Emerson B.; Nascimento, José Cláudio do; Souza, José Neuman de (2021): Blockchain-based whistleblowing service to solve the problem of journalistic conflict of interest. In: Ann. Telecommun. DOI: 10.1007/s12243-021-00860-0.
- Turpitka, Dennis (2020): Five Challenges To Prepare For When Using Blockchain For Supply Chain Operations. Hg. v. Forbes Technology Council. Online verfügbar unter <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2020/09/29/five-challenges-to-prepare-for-when-using-blockchain-for-supply-chain-operations/>.
- Umweltbundesamt (2021a): Der Europäische Emissionshandel. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/der-europaeische-emissionshandel#teilnehmer-prinzip-und-umsetzung-des-europaeischen-emissionshandels>, zuletzt geprüft am 01.10.2021.
- Umweltbundesamt (2021b): Die Handelsperiode 2021-2030. Online verfügbar unter https://www.dehst.de/DE/Europaeischer-Emissionshandel/Anlagenbetreiber/2021-2030/2021-2030_node.html#:~:text=Am%2001.01.2021%20beginnt%20die,die%20bis%20einschlie%C3%9Flich%202030%20dauert., zuletzt geprüft am 01.10.2021.
- UN World Food Programme (WFP) (Hg.) (2018): Was ist "Blockchain" und wie hilft die Technologie im Kampf gegen Hunger? Online verfügbar unter <https://de.wfp.org/stories/was-ist-blockchain-und-wie-hilft-die-technologie-im-kampf-gegen-hunger>.
- UNFCCC (Hg.) (2021): The Good, The Bad And The Blockchain. United Nations Framework Convention on Climate Change. Online verfügbar unter <https://unfccc.int/blog/the-good-the-bad-and-the-blockchain>.
- United Nations (2019): Global Sustainable Development Report 2019: The Future is Now – Science for Achieving Sustainable Development. Unter Mitarbeit von Independent Group of Scientists appointed by the Secretary-General. New York.
- Universität der Bundeswehr München (2021): NutriSafe. Online verfügbar unter <https://www.nutrisafe.de/>, zuletzt geprüft am 16.12.2021.
- Verra (2021): Standards for a Sustainable Future. Online verfügbar unter <https://verra.org/>, zuletzt geprüft am 01.10.2021.
- Weinberg, Bryan (2019): 14 Major Real Use Cases of Blockchain in Healthcare. Hg. v. OpenLedger. Online verfügbar unter <https://openledger.info/insights/blockchain-healthcare-use-cases/>.
- WWF (2021): Non-Fungible Animals. Online verfügbar unter <https://www.wwf-nfa.com/>, zuletzt geprüft am 15.12.2021.
- Zhou, Adelyn (2021): Blockchain can help us beat climate change. Here's how. Hg. v. World Economic Forum. Online verfügbar unter <https://www.weforum.org/agenda/2021/06/blockchain-can-help-us-beat-climate-change-heres-how/>.

A3: STUDIE ZUM MODUL III:

BLOCKCHAIN IM MITTELSTAND

Fachdialog

Blockchain



FACHDIALOG BLOCKCHAIN

Blockchain im Mittelstand

Kurzstudie im Auftrag des
Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz

Die vorliegende Kurzstudie „Blockchain im Mittelstand“ ist Teil des Fachdialogs Blockchain. Der Fachdialog Blockchain wird im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz durchgeführt. Beim Fachdialog Blockchain handelt es sich um eine interdisziplinäre Studien- und Workshopreihe, welche auf die Blockchain-Strategie der Bundesregierung zurückgeht. Der Aufbau des Fachdialogs Blockchain ist modular. Im Rahmen des Moduls „Mittelstand“ ist die vorliegende Kurzstudie entstanden.

Mit der Durchführung des Fachdialogs Blockchain ist folgendes Projektteam beauftragt:

- ▶ **WIK-Consult** (Projektleitung)
- ▶ **Prof. Dr. Roman Beck** (Leiter des European Blockchain Centers, Kopenhagen)
- ▶ **Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML**
- ▶ **Prof. Dr. Dagmar Gesmann-Nuissl** (TU Chemnitz)
- ▶ **GS1 Germany**

Impressum

Herausgeber:
WIK-Consult GmbH
Rhöndorfer Straße 68
HRB: Amtsgericht Siegburg, 7043
Tel. +49 (0) 2224-9225-0,
Fax +49 (0) 2224-9225-68
E-Mail: fachdialog-blockchain@wik.org

Verantwortlich: Dr. Cara Schwarz-Schilling
Projektleitung: Christian Märkel

Autorinnen und Autoren der Impulsstudie:
Christian Märkel (WIK-Consult)
Martin Simons (WIK-Consult)
Dr. Marcus Stronzik (WIK-Consult)
Dr. Marie-Christin Papen (WIK-Consult)
Martin Lundborg (WIK-Consult)
Prof. Dr. Gesmann-Nuissl (TU Chemnitz)
Prof. Dr. Roman Beck (European Blockchain Center Kopenhagen)

Bildquelle (Titel): Terry-unsplash.com

Mai 2022

INHALT

| | |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Kurzfassung | 2 |
| Executive Summary | 5 |
| 1 Einleitung | 8 |
| 2 Strukturmerkmale des deutschen Mittelstands | 9 |
| 3 Blockchain-Einsatz im Mittelstand | 12 |
| 3.1 Verbreitung der Blockchain-Technologie im Mittelstand | 12 |
| 3.2 Klassifizierung grundlegender Blockchain-Formen | 14 |
| 3.2.1 Öffentliche Blockchains | 15 |
| 3.2.2 Private Blockchains | 15 |
| 3.2.3 Blockchain-as-a-Service | 16 |
| 3.3 Eignung der Blockchain-Formen für den Mittelstand | 16 |
| 3.3.1 Eignung öffentlicher Blockchains | 16 |
| 3.3.2 Eignung privater Blockchains | 18 |
| 3.3.3 Eignung von Blockchain-as-a-Service (BaaS) | 19 |
| 3.4 Ergebnisse einer Expertenumfrage zum Blockchain-Einsatz im Mittelstand | 20 |
| 3.5 Zwischenfazit | 23 |
| 4 Anwendungsszenarien des Blockchain-Einsatzes im Mittelstand | 24 |
| 4.1 Blockchain zur Refinanzierung von mittelständischen Unternehmen | 24 |
| 4.2 Blockchain als Grundlage zur Rechnungslegung bzw. des e-Invoicings | 28 |
| 4.3 Blockchain als Grundlage von Asset-as-a-Service Geschäftsmodellen | 31 |
| 5 Handlungsfelder und daraus abgeleitete Handlungsoptionen | 35 |
| 5.1 Handlungsfeld I: Ordnungsrahmen setzen, um Unsicherheit zu reduzieren | 35 |
| 5.2 Handlungsfeld II: Wissenstransfer unterstützen, um Vertrauen zu schaffen | 39 |
| 5.3 Handlungsfeld III: Netzwerkaufbau fördern, um Synergien zu nutzen | 44 |
| 6 Fazit | 47 |
| 7 Literaturverzeichnis | 48 |

KURZFASSUNG

Die vorliegende Studie widmet sich dem Thema **Blockchain¹ im Mittelstand**. Im Fokus der Untersuchung stehen dabei die folgenden Fragen:

- ▶ Wie ist der **Status quo** in Bezug auf die **Verbreitung der Blockchain-Technologie im deutschen Mittelstand**?
- ▶ Wie sind die einzelnen **Ausgestaltungsformen der Blockchain** aus der **Sicht des Mittelstands** einzuschätzen?
- ▶ Welche **Chancen und Hemmnisse** sind mit dem Blockchain-Einsatz im Mittelstand verbunden?
- ▶ Welche **Handlungsoptionen** gibt es, um die **Verbreitung von Blockchain in den Mittelstand zu fördern und zu beschleunigen**?

Die vorliegende Kurzstudie ist Teil des **Fachdialogs Blockchain**, der im Auftrag des **Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz** (BMWK) durchgeführt wird. Bei dem Fachdialog Blockchain handelt es sich um eine modular aufgebaute **interdisziplinäre Workshop- und Studienreihe**. Das Schwerpunktthema **Blockchain im Mittelstand** bildet das dritte Modul des Fachdialogs, nachdem in den beiden vorangegangenen Modulen bereits die Themen „Token-Ökonomie“² sowie „Nachhaltigkeit im Kontext der Blockchain-Technologie“³ adressiert wurden. Die vorliegende Studie fußt dabei u.a. auf den Erkenntnissen eines interdisziplinären ganztägigen Workshops mit ca. 35 Blockchain-Expertinnen und -Experten aus Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung, welcher im April in virtueller Form stattgefunden hat, sowie auf einer Expertenkonsultation zu Beginn des Fachdialogs und auf einer Expertenbefragung unter Blockchain-

Expertinnen und -Experten aus dem Transferbereich, welche WIK-Consult im Sommer 2021 durchgeführt hat.

Im Folgenden werden die zentralen Studienergebnisse den oben genannten Forschungsfragen zugeordnet:

Status quo der Verbreitung der Blockchain-Technologie im Mittelstand

Mit Blick auf den aktuellen Stand der Verbreitung der Blockchain-Technologie im deutschen Mittelstand lässt sich konstatieren, dass sowohl auf der mittelständischen Anwender- als auch auf der Anbieterseite gegenwärtig noch von **keiner breiten Diffusion der Blockchain-Technologie in den Mittelstand** gesprochen werden kann. Aktuelle Umfragen zeigen, dass der Anteil der Unternehmen in Deutschland, der bereits auf Blockchain setzt, im einstelligen Prozentbereich liegt. Analysiert man die Umfragen im Hinblick auf die Verteilung nach Unternehmensgrößenklassen, dann zeigt sich ein Gefälle zwischen Großunternehmen und KMU: Je kleiner die Unternehmen, desto geringer der Anteil, der bereits auf Blockchain setzt. Hält diese Entwicklung an, droht durch Blockchain eine **Ausweitung der „Digital Gap“** zwischen KMU und Großunternehmen. Auch auf der mittelständischen Anbieterseite fallen die Zahlen noch zurückhaltend aus: Nur erst gut **7 %** der Start-ups geben im „Startup Monitor“ an, dass die Blockchain-Technologie eine große Rolle für ihr Geschäftsmodell spielt.

Einschätzung der Ausgestaltungsformen der Blockchain aus der Sicht des Mittelstands

Mit Blick auf die verschiedenen Blockchain-Ausgestaltungsformen scheinen **private Blockchains** gegenwärtig die höchste Relevanz im Mittelstand zu besitzen. Dies kann auch auf die niedrigen und stabilen Transaktionsgebühren zurückgeführt werden. Die vergleichsweise hohe Performance privater Blockchains wird jedoch durch eine Einschränkung der Dezentralität „erkauft“, wodurch die Eigenschaft der Technologie als „Trust Machine“ nur noch bedingt zum Tragen

1 Anknüpfend an die Begriffsverwendung in der Blockchain-Strategie der Bundesregierung aus dem Jahr 2019, wird in der vorliegenden Studie der Begriff „Blockchain“ in der Regel als Synonym für DLT-Systeme verwendet.

2 Die Studie zum Modul I „Token-Ökonomie“ ist hier abrufbar: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/blockchain-kurzstudie.html>.

3 Die Studie zum Modul II „Nachhaltigkeit im Kontext der Blockchain-Technologie“ ist hier abrufbar: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/blockchain-nachhaltigkeit.html>.

kommt. Je nach Ausgestaltung der Blockchain-Governance und Verteilung der Machtverhältnisse in einem Wertschöpfungsnetzwerk können daher für die beteiligten mittelständischen Unternehmen neue Abhängigkeitsverhältnisse entstehen oder bestehende verfestigt werden. Private Blockchains stärken folglich nicht per se die Position des Mittelstands. Dies hängt wesentlich von der Ausgestaltung der Blockchain-Governance ab.

Im Gegensatz dazu wird in **öffentlichen Blockchains** die Souveränität der Teilnehmenden durch die in der Struktur der Blockchain institutionalisierte Dezentralität gestärkt. Dadurch besteht keine Gefahr neuer Abhängigkeiten für den Mittelstand. Öffentliche Blockchains bieten damit das Potenzial, die Position der KMU zu stärken. Allerdings sind die bestehenden Skalierungsprobleme bei öffentlichen Blockchains noch nicht vollumfassend gelöst, was sich in schwankenden Transaktionsgebühren und -geschwindigkeiten niederschlagen kann. Dies macht die öffentlichen Blockchains für manche Anwendungsszenarien im Mittelstand mit vielen Mikrotransaktionen, wie bspw. im IoT-Kontext, unattraktiv. Zum gegenwärtigen Entwicklungsstand öffentlicher Blockchains fokussieren sich die Anwendungen daher auf den Finanzbereich, während im realwirtschaftlichen Bereich private Blockchains vorherrschend sind.

Gemäß einer von WIK-Consult im Sommer 2021 durchgeführten Expertenumfrage wird der Blockchain-Technologie über alle Ausgestaltungsformen hinweg ein starker Bedeutungszuwachs im Mittelstand in den nächsten Jahren prognostiziert, so dass davon auszugehen ist, dass es auch in absehbarer Zukunft ein Nebeneinander der verschiedenen Ausgestaltungsformen der Blockchain geben wird. Eine besonders hohe Bedeutung wird den konsortialen Blockchains als Hybridlösung zwischen privater und öffentlicher Blockchain zugeschrieben.

Chancen und Hemmnisse der Blockchain-Technologie im Mittelstand

Im Rahmen der gerade erwähnten Expertenumfrage wurden darüber hinaus die allgemeinen Chancen und Hemmnisse des Blockchain-Einsatzes im Mittel-

stand ermittelt. Als größte Chance für den Mittelstand sehen die Expertinnen und Experten die hohen **Effizienzsteigerungspotenziale**, die mit dem Einsatz von Blockchain für die KMU durch die Automatisierung von Transaktionen via Smart Contracts einhergehen. Große Chancen werden auch in der **Verbesserung der Rückverfolgung im Supply Chain Management** sowie in einer Stärkung der **Zuverlässigkeit der Daten** gesehen.

Als größte Hemmnisse einer flächendeckenden Diffusion der Blockchain-Technologie in den Mittelstand sehen die Expertinnen und Experten die **fehlende Sensibilisierung** für die Technologie sowie den **Mangel an Know-how** in Folge des IT-Fachkräftemangels. Ebenso wird die z.T. **noch begrenzte Marktreife** von Blockchain-Lösungen und deren **mangelnde Interoperabilität** als Hemmnis gesehen.

Handlungsoptionen zur Förderung der Verbreitung von Blockchain im Mittelstand

Vor dem Hintergrund, dass von der Blockchain-Technologie branchenübergreifend große Potenziale für den Mittelstand ausgehen, aber erst ein kleiner Anteil der Unternehmen auf Blockchain setzt, wurden im Rahmen des Fachdialogs zur Adressierung der bestehenden Hemmnisse und Hürden des Blockchain-Einsatzes im Mittelstand folgende drei Handlungsfelder definiert:

- ▶ **Handlungsfeld I: Ordnungsrahmen setzen, um Unsicherheit zu reduzieren**
- ▶ **Handlungsfeld II: Wissenstransfer unterstützen, um Vertrauen zu schaffen**
- ▶ **Handlungsfeld III: Netzwerkaufbau fördern, um Synergien zu nutzen**

Mögliche Handlungsoptionen innerhalb dieser drei Handlungsfelder wurden auf einem ganztägigen Workshop mit Blockchain-Expertinnen und -Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung entwickelt und diskutiert.

Ein möglicher Ansatz zur Reduktion der Unsicherheit durch Anpassungen im Ordnungsrahmen kann

im **Handlungsfeld I** darin bestehen, eine **klarere Trennung im Regulierungsrahmen zwischen Finanz- und realwirtschaftlichen Anwendungen** vorzunehmen und auf diese Weise realwirtschaftliche Anwendungen explizit von finanzmarktorientierten Auflagen zu entkoppeln. Darüber hinaus könnten auch bei finanzwirtschaftlichen Anwendungsszenarien **Ausnahmetatbestände für KMU** geschaffen werden, um den administrativen Aufwand für KMU zu begrenzen und somit die Rentabilität von tokenbasierten Geschäftsmodellen im Mittelstand zu erhalten. Zudem sollten die **Standardisierungsbemühungen forciert** und die KMU stärker einbezogen werden. Denkbar ist auch eine **stärkere Bezugnahme im Regulierungsrahmen auf entwickelte Standards**, damit diese eine schnellere Verbreitung finden und damit auch die Interoperabilität gefördert wird.

Im **Handlungsfeld II** steht die Adressierung der mangelnden Sensibilisierung im Mittelstand für die Blockchain-Technologie sowie des fehlenden Know-how im Fokus. **Wissenstransfer-Formate** zum Thema Blockchain sollten ausgebaut werden und auf **allen Ebenen der Befähigungskette** (Sensibilisieren / Qualifizieren / Umsetzen) ansetzen. Im Vordergrund sollten dabei die **niederschwellige Vermittlung der betriebswirtschaftlichen Vorteile** und weniger technisches Detailwissen über die Blockchain stehen. Die Angebote sollten idealerweise über **bestehende Strukturen im Wissenstransferbereich** verbreitet werden, um schnell eine große Zahl an Unternehmen erreichen zu können. Denkbar ist auch, den KMU **Blockchain-Coaches** zur Verfügung zu stellen, die den Mittelstand bei der Umsetzung von Blockchain-Projekten unterstützen. Als strukturelle Maßnahme mit eher langfristiger Perspektive kann auch eine **Anpassung der Ausbildungsrahmenpläne der Kammern** dergestalt vorgenommen werden, dass Vermittlung von Wissen über Blockchain in die Lehrpläne aufgenommen wird.

Um dem Mittelstand einen besseren Zugang zu den Blockchain-Lösungsanbietern zu eröffnen, erscheint es im Hinblick auf den Netzwerkaufbau im Rahmen des **Handlungsfelds III** als sinnvoll, **institutionalisierte Austauschformen zwischen Mittelstand und Blockchain Start-ups** zu schaffen. Hierzu könnte

bspw. ein zusätzlicher DE.Hub mit explizitem Blockchain-Fokus gegründet werden. Die **Vermittlung von Blockchain-Kompetenz an mittelständische (Branchen-)Verbände und Kammern**, bspw. in Form von Train-the-Trainer Schulungen, stellt eine weitere Handlungsoption dar, da den Verbänden und Kammern eine Schlüsselrolle bei der Initiierung von branchenweiten konsortialen Blockchain-Lösungen zukommt. Hierdurch kann der Gefahr der Entstehung bzw. Verfestigung von Abhängigkeiten in privaten Blockchains vorgebeugt werden. Eine weitreichendere Handlungsoption besteht in der **(supra-)nationalen Bereitstellung von Blockchain-Infrastruktur**, um die Einstiegshürden in die Technologie zu senken und die Diffusion in die Breite der Wirtschaft zu beschleunigen. Dabei ist zu prüfen, ob eine nationalstaatliche „**DE.Chain**“ sinnvoll erscheint oder ob die Ausweitung der bereits bestehenden European Blockchain Service Infrastructure (EBSI) ausreichend wäre.

Résumé

Die Blockchain-Technologie birgt durch ihre **dezentrale Struktur** das Potenzial, die **Position des Mittelstands nachhaltig zu stärken**: Neben hohen Effizienzpotenzialen für die KMU kann durch Blockchain zudem die **digitale Souveränität** des Mittelstands gestärkt werden. Damit der Mittelstand tatsächlich von der Blockchain-Technologie profitieren kann, müssen jedoch bereits jetzt in der frühen Implementierungsphase der Technologie die Weichen richtiggestellt werden. Dies gilt sowohl für den Ordnungsrahmen als auch für den Wissenstransfer und den Netzwerkaufbau. Die vorliegende Studie möchte mit den skizzierten Handlungsoptionen Anregungen liefern, mit welchen Stellschrauben sich die Hemmnisse und Hürden für die Blockchain-Implementierung im Mittelstand abbauen lassen und möglichen Risiken für den Mittelstand entgegengewirkt werden kann, so dass sich die Potenziale der Technologie auch für den Mittelstand möglichst umfangreich ausschöpfen lassen.

EXECUTIVE SUMMARY

This study addresses Blockchain⁴ in small and medium-sized enterprises (SMEs), with an emphasis on the following questions:

- ▶ What is the **status quo** regarding **dissemination of blockchain technology in German SMEs**?
- ▶ How should the **different forms of blockchain** be assessed from the **perspective of SMEs**?
- ▶ Which **opportunities and obstacles** are associated with the use of blockchain in SMEs?
- ▶ Which **recommendations for further measurements** exist **to promote and accelerate the dissemination of Blockchain in SMEs**?

This study is part of the **“Fachdialog Blockchain” (Expert Dialogue on Blockchain)**, which is being conducted on behalf of the **Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action (BMWK)**. The “Fachdialog Blockchain” is a modular **interdisciplinary series of workshops and studies**. The key topic of blockchain in SMEs is the third module of the expert dialogue, preceded by the two modules addressing the “Token Economy”⁵ and “Sustainability in the Context of Blockchain Technology”⁶.

This study is partially based on the findings of a full-day virtual workshop with approximately 35 blockchain experts from business, science and administration, which took place in April 2022, as well as on an expert consultation at the beginning of 2021 as well as an expert survey among blockchain experts from industry organizations, chambers of commerce and commercial enterprises, which WIK-Consult conducted in the summer of 2021.

4 In line with the use of the term in the German government’s 2019 blockchain strategy, the term “blockchain” is generally used as a synonym for DLT systems in this study.

5 The study on Module I “Token-Ökonomie” (token economy) is available here: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/blockchain-kurzstudie.html>.

6 The study on Module II “Nachhaltigkeit im Kontext der Blockchain-Technologie” (sustainability in the context of blockchain technology) is available here: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/blockchain-nachhaltigkeit.html>.

Status quo of the diffusion of blockchain technology in SMEs

It is not yet possible to speak of a broad diffusion of blockchain technology in German SMEs. This holds true both regarding the user side and on the provider side. Current surveys show that the share of companies in Germany already deploying blockchain is still below 10 percent. When assessing different surveys with regard to the usage, a divide between large companies and SMEs becomes apparent: the smaller the companies, the lower the proportion that already uses blockchain. For this reason, the “digital gap” between SMEs and large companies could widen if this development continues. A still low diffusion of blockchain technology can also be observed with regard to providers of blockchain solutions: According to the “Start-up Monitor” only just over 7 % of the start-ups state that blockchain technology plays a major role in their business model.

Assessment of the fundamental forms of blockchain design from the perspective of SMEs

Private blockchains currently appear to have the highest relevance among SMEs compared to other forms of blockchains. This can be explained by the low and stable transaction fees. However, the comparatively high performance of private blockchains is “bought” by a restriction of decentralisation, which means that the technology’s characteristic as a “trust machine” only comes into play to a limited extent. Depending on the design of the blockchain governance and the distribution of influence in a value chain or value network, SMEs might see new or accentuated dependencies on other stakeholders. Private blockchains therefore do not strengthen the position of SMEs per se. This depends largely on the design of the blockchain governance.

In contrast, in case of **public blockchains** the sovereignty of the participants is strengthened by the decentralisation institutionalised in the structure

of the blockchain. As a result, there is no danger of new dependencies for SMEs. Public blockchains thus offer the potential to strengthen the position of SMEs. However, the existing scaling problems with public blockchains have not yet been fully solved, which can be reflected in fluctuating transaction fees and transaction speeds. This makes public blockchains unattractive for some use cases for SMEs, e.g. in case of high number of microtransactions, such as in the IoT context. At the current stage of development of public blockchains, applications are therefore typically focused on the financial sector, while private blockchains are predominant in the real economy.

According to an expert survey conducted by WIK-Consult in the summer of 2021, blockchain technology and its importance is predicted to grow strongly for SMEs across all fundamental forms of blockchain designs in the next few years, so that it can be assumed that the various forms of blockchain will continue to coexist in the foreseeable future. Particular importance is attributed to consortial blockchains as a hybrid solution between private and public blockchains.

Opportunities and barriers of blockchain technology in SMEs

In the context of the expert survey mentioned above, the participating experts see the greatest opportunity for SMEs in an **increasing efficiency** that comes with the use of blockchain for SMEs through the automation of transactions via smart contracts. Great opportunities are also seen in the improvement of **traceability in supply chain management** and in **strengthening the reliability of data**.

The experts see the **lack of awareness of the technology** and the **lack of know-how** due to the shortage of IT specialists as the biggest obstacles to the widespread diffusion of blockchain technology in SMEs. The still **limited market maturity** of blockchain solutions and their **lack of interoperability** are also seen as obstacles.

Options for action to promote the diffusion of blockchain in SMEs

With regard to the view that blockchain technology offers great potential for SMEs across all sectors, but only a small proportion of companies are using blockchain, the following three fields of action were discussed during the expert dialogue:

- ▶ **Field of action I: Setting the regulatory framework to reduce uncertainty**
- ▶ **Field of action II: Supporting knowledge transfer to create trust**
- ▶ **Field of action III: Promoting network building to use synergies**

One possible approach in **field of action I** to reduce uncertainty through adjustments in the regulatory framework could be to make a **clearer distinction between financial and real economy applications** and in this way explicitly decouple real economy applications from financial market-oriented regulatory requirements. Furthermore, **exemptions for SMEs** could also be created for financial application scenarios in order to limit the administrative burden for SMEs and thus maintain the profitability of token-based business models in SMEs. In addition, positive outcome is expected from more **standardisation** in general and with SME participation in particular. A **stronger reference in the regulatory framework to developed standards** is also conceivable, so that they can be disseminated more quickly and thus also promote interoperability.

Field of action II focuses on addressing the lack of awareness of blockchain technology in SMEs and the lack of know-how. **Actions in this field** is recommended to be strengthened and should address **all three levels of the enablement of SMEs: Awareness / Qualification / Implementation support**. **Low-threshold communication** of the **business advantages** and less communication of detailed technical knowledge about the blockchain is seen as

promising. Ideally, the offers should be disseminated via **existing business and stakeholder networks** in order to reach a large number of companies quickly. A further idea is to provide SMEs with **blockchain coaches** who support business in the implementation of blockchain solutions. As a structural measure with a rather long-term perspective, the **syllabuses** of the chambers of commerce and the chambers of craft can also be adapted in such a way that knowledge about blockchain is included in the curricula of the apprentices.

In order to provide SMEs with better access to blockchain solution providers, it seems sensible to create **institutionalised forms of exchange between SMEs and blockchain start-ups** with regard to network building in the context of **field of action III**. For this purpose, an additional DE.Hub with an explicit blockchain focus could be founded. **The transfer of blockchain expertise to SME associations and chambers**, e.g., in the form of train-the-trainer courses, is another option for action, as associations and chambers play a key role in initiating industry-wide consortial blockchain solutions. This can prevent the danger of unfavorable economic structures with suboptimal interdependencies for SMEs. A more far-reaching option for action is the **(supra-)national**

provision of blockchain infrastructure in order to lower the barriers to adoption of this innovative technology. In this context, it should be examined whether a nation-state **“DE.Chain”** appears to make sense or whether the expansion of the already existing European Blockchain Service Infrastructure (EBSI) would be sufficient.

Résumé

Thanks to its **decentralised structure**, blockchain technology has the potential to **strengthen the position of SMEs** in the long term: In addition to efficiency gains for SMEs, blockchain can also strengthen their **digital sovereignty**. In order for SMEs to actually benefit from blockchain technology, however, setting the right course in the early implementation phase of the technology seems more optimal. This applies to the regulatory framework as well as to awareness building, knowledge transfer and network building. With the options for action outlined, this study would like to provide suggestions on how to reduce the obstacles and hurdles for blockchain implementation in SMEs and how to counteract possible risks so that the potential of the technology can also be exploited as fully as possible for SMEs.

1 EINLEITUNG

Im dritten Modul des Fachdialogs Blockchain steht, nach den Themen „Token-Ökonomie“ (erstes Modul) sowie „Blockchain und Nachhaltigkeit“ (zweites Modul), ein Thema im Fokus, welches häufig etwas vernachlässigt wird: „Blockchain im Mittelstand“. Soll die Diffusion der Blockchain-Technologie in Deutschland in die gesamte Wirtschaft gelingen, dann stellt der deutsche Mittelstand mit seinen ca. 3,5 Millionen kleinen und mittleren Unternehmen hierfür den entscheidenden Faktor dar. Schließlich steht dieser für über die Hälfte der sozialversicherungspflichtigen Arbeitsplätze und ca. 90 % der Ausbildungsplätze in Deutschland.⁷

Die vorliegende Studie verfolgt das Ziel, die Potenziale und Chancen, aber auch die Hemmnisse und Herausforderungen des Blockchain-Einsatzes im Mittelstand zu erörtern. Hierauf aufbauend werden anschließend Handlungsfelder definiert und innerhalb dieser Handlungsfelder mögliche Handlungsoptionen zur stärkeren Durchdringung des Mittelstands mit Blockchain-Lösungen vorgestellt. Die Handlungsoptionen wurden im Rahmen eines ganztägigen Workshops mit ca. 35 ausgewählten Blockchain-Expertinnen und -Experten aus Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung diskutiert und entwickelt. Mit der Studie wird die Intention verfolgt, Anregungen zur Beschleunigung und Ausweitung der Diffusion der Blockchain-Technologie in den deutschen Mittelstand und zur Stärkung des Blockchain-Standorts Deutschland zu liefern.

In Kapitel 2 werden zu Beginn der Studie Charakteristika herausgearbeitet, die kennzeichnend für den deutschen Mittelstand sind und die sich auf dessen Fähigkeit zur digitalen Transformation auswirken. Anschließend wird in Kapitel 3 eine Kategorisierung der Ausgestaltungsformen der Blockchain vorgenommen und auf dieser Grundlage eine Einschätzung der Stärken und Schwächen der Blockchain-Formen aus der Sicht des Mittelstands gegeben, bei der auch wettbewerbsökonomische Aspekte berücksichtigt werden. Ergänzt wird Kapitel 3 um die Ergebnisse einer Expertenumfrage zu den Chancen und Hemmnissen des Blockchain-Einsatzes im Mittelstand, welche WIK-Consult im Sommer 2021 durchgeführt hat. In Kapitel 4 werden exemplarisch drei Anwendungsszenarien des Blockchain-Einsatzes im Mittelstand analysiert. Dazu wird jeweils ein passender Use Case aus Deutschland illustriert, um die Möglichkeiten aufzuzeigen, die Blockchain bereits heute dem Mittelstand bieten kann. Aufbauend auf den Erkenntnissen der vorangegangenen Kapitel werden in Kapitel 5 schließlich die drei Handlungsfelder definiert und für diese drei Handlungsfelder mögliche Handlungsoptionen vorgestellt, die der Implementierung von Blockchain im Mittelstand dienlich sein können. Die Studie schließt mit einem kurzen Fazit.

⁷ Vgl. IfM (2021) sowie KfW (2018).

2 STRUKTURMERKMALE DES DEUTSCHEN MITTELSTANDS

Für die Abgrenzung des Mittelstands bzw. kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) liegen in der Literatur verschiedene Ansätze vor, wobei die Bezugsgrößen dabei meist der Jahresumsatz, die Bilanzsumme und/oder die Anzahl der Mitarbeitenden sind. Das Institut für Mittelstandsforschung (IfM) legt die Grenzen bei einer Mitarbeiterzahl von bis zu 499 und einem Jahresumsatz von unter 50 Mio. Euro an.⁸ Für eine feinere Untergliederung werden innerhalb dieser Grenzen die Begriffe Kleinstunternehmen (bis zu 9 Beschäftigte und weniger als 2 Mio. Euro Jahresumsatz), kleine Unternehmen (bis zu 49 Beschäftigte und weniger als 10 Mio. Euro Jahresumsatz) und mittlere Unternehmen (bis zu 499 Beschäftigte und weniger als 50 Mio. Euro Jahresumsatz) verwendet. In Abbildung 2-1 ist die relative Aufteilung der oben genannten Größenklassen nach Unternehmenszahl, Umsatz und Arbeitsplätzen dargestellt. Dabei zeigt sich, dass die Kleinstunternehmen die große Mehrheit der Unternehmen im deutschen Mittelstand ausmachen (86,6 %). Mit Blick auf den Anteil am Umsatz

und die Arbeitsplätze nehmen allerdings die mittleren Unternehmen den gewichtigsten Part unter den Größenklassen ein (jeweils ca. 40 %).

Etwas andere Grenzen verwendet die EU-Kommission⁹: Als KMU werden Einzelunternehmen mit weniger als 250 Beschäftigten und einem Jahresumsatz bis zu 50 Millionen Euro oder einer maximalen Bilanzsumme von 43 Millionen Euro definiert.

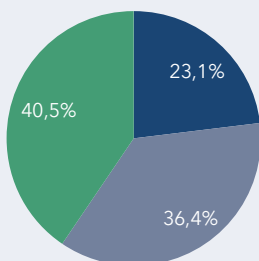
Neben der quantitativen Abgrenzung werden in der Literatur qualitative Strukturmerkmale identifiziert, die für den deutschen Mittelstand charakteristisch sind. Im Folgenden wird vor allem auf die Strukturmerkmale eingegangen, die (implizite) Auswirkungen auf die digitale Transformation des Mittelstands und damit auch auf die Implementierung von Blockchain im Mittelstand haben.¹⁰ Auf die hier definierten qualitativen Strukturmerkmale des Mittelstands wird bei der Analyse im weiteren Verlauf der Studie zurückgegriffen.

⁸ Vgl. IfM (2016).

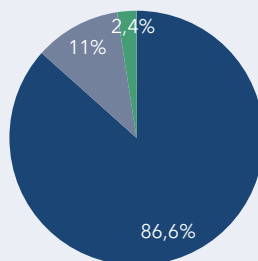
⁹ Vgl. EU-Kommission (2003).

¹⁰ Vgl. auch im Folgenden: Märkel et al. (2021) und Papen et al. (2021).

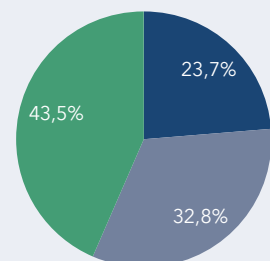
Verteilung sozialversicherungspflichtig Beschäftigter



Verteilung der Unternehmensgrößenklassen



Verteilung des Umsatzes



innerhalb des deutschen Mittelstands

- Kleinstunternehmen
- Kleinunternehmen
- Mittleres Unternehmen

Abbildung 2-1: Relative Aufteilung der KMU in Deutschland nach Unternehmensanzahl, Umsatz und Arbeitsplätzen (Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an IfM (2021))

Ein prägendes qualitatives Merkmal des deutschen Mittelstands ist das häufige Einhergehen **von Eigentum und Leitung**.¹¹ Durch die entstehende enge Verknüpfung von Unternehmenserfolg und Vermögenssituation bzw. Haftung lässt sich schließen, dass die Unternehmensleitung eine besondere Motivation für den Erfolg des Unternehmens hat. Auf der anderen Seite ist auch denkbar, dass Eigentümer, verglichen mit einer externen Geschäftsführung, wegen der persönlichen Haftung eher risikoavers handeln. Um dieser Frage intensiver nachzugehen, hat sich Reinemann¹² mit den Ansätzen der Principal-Agent-Theorie (stellvertretend für eine externe Geschäftsleitung) und der Stewardship-Theorie (Leitung durch Eigentümer) auseinandergesetzt. Hierbei sind insbesondere die Motive der Geschäftsleitung und der Zeithorizont von großer Bedeutung. Von einer externen Geschäftsleitung wird eher das Ziel erwartet, die eigene finanzielle Ausstattung verbessern und die Arbeitslast möglichst reduzieren zu wollen. Den Eigentümern wird eine intrinsische Motivation unterstellt. Dementsprechend ist zu erwarten, dass diese das bisher Geschaffene erhalten und Vertrauen aufbauen wollen. Dabei steht auch der Eigentümer als Person häufig im Vordergrund.¹³ Entsprechend gestaltet sich die Erwartung im Hinblick auf den Zeithorizont: Eine von außen kommende Führungskraft orientiert sich demnach eher am kurzfristigen Erfolg, während der Eigentümer eher den langfristigen Unternehmenserfolg im Blick hat. Daneben geht Reinemann¹⁴ davon aus, dass bei Entscheidungen durch Eigentümer eher Vertrauen gegenüber Stakeholdern im Vordergrund steht, was auf eine geringere Experimentierbereitschaft und damit eine erhöhte Risikoaversion hindeuten kann. Im Hinblick auf die digitale Transformation kann hieraus eine eher abwartende Haltung durch vorsichtiges Agieren resultieren.

KMU streben entsprechend ihres eher langfristigen Zeithorizonts tendenziell eine **langfristige Bindung ihrer Mitarbeitenden** an das Unternehmen an.¹⁵ Dadurch können diese Wissen über Tätigkeiten und Prozesse im Unternehmen sammeln, womit langfristige Lerneffekte erzielt werden können. Andererseits kann

jedoch auch bei langfristiger Bindung viel implizites Wissen entstehen, welches droht verloren zu gehen, wenn Mitarbeiter das Unternehmen verlassen, da es sich um Know-how handelt, welches über die Jahre im Betrieb aufgebaut wurde und nicht dokumentiert ist.¹⁶ Die Digitalisierung von Prozessen kann dadurch erschwert werden, weil unter Umständen keine oder zu wenige Informationen zu einzelnen Prozessschritten vorliegen.

Die Ausrichtung des Geschäftsmodells auf **Marktnischen** ist ein weiteres Strukturmerkmal, welches den deutschen Mittelstand auszeichnet.¹⁷ Demnach grenzen viele KMU ihre Geschäftsfelder stark ab und bieten vielfach sehr spezialisierte Produkte und Dienstleistungen an, bei denen eher eine Differenzierungsstrategie statt einer Kostenführerschaft im Vordergrund steht.¹⁸ Die Folge ist, dass sich mittelständische Unternehmen häufig durch stark spezialisierte Prozesse auszeichnen. Die Digitalisierung des Unternehmens wird hierdurch insofern erschwert, als dass häufig nicht auf Standardlösungen zurückgegriffen werden kann, sondern eine mitunter aufwändige Adaptierung digitaler Lösungen an die spezialisierten Prozesse notwendig werden kann.

Ein weiteres Charakteristikum des Mittelstands kann in der schnellen **Anpassungsfähigkeit an den Markt** gesehen werden.¹⁹ Gemäß Lindner und Leyh ist dies besonders auf die geringere Größe, weniger komplexe Prozesse und kürzere Entscheidungswege zurückzuführen. Im Kontext der Digitalisierung stellt die Anpassungsfähigkeit einen Vorteil dar, da diese von schnelllebigen Entwicklungen geprägt ist. Durch kürzere Entscheidungswege kann agiler auf neue Technologien reagiert werden, wodurch schnellere Effizienzgewinne durch die Implementierung der Technologien im eigenen Unternehmen realisiert werden können.

Voraussetzung für eine schnelle Reaktion auf die Entwicklungen im Zuge der Digitalisierung ist jedoch, dass diese durch die Unternehmen auch antizipiert

11 Vgl. Welter et al. (2015).

12 Vgl. Reinemann (2019).

13 Vgl. Schmid (2021).

14 Vgl. Reinemann (2019).

15 Vgl. Lindner (2019).

16 Vgl. Howells (1996).

17 Vgl. Lindner (2019) und Mumm (2017).

18 Vgl. Schmid (2021).

19 Vgl. Lindner und Leyh (2019).

werden. Sowohl die Antizipation als auch die anschließende Umsetzung wird jedoch durch den insbesondere im Mittelstand vorherrschenden **IT-Fachkräftemangel** erheblich erschwert.²⁰ Im Wettbewerb um die knappen Fachkräfte hat der Mittelstand mit strukturellen Nachteilen zu kämpfen, wie bspw. der mangelnden Möglichkeit mobilen Arbeitens in KMU aufgrund des eingeschränkten Digitalisierungsgrads sowie der oft stattfindenden Beschränkung auf deutschsprachige Fachkräfte.²¹

Neben den personellen Ressourcen sind im Mittelstand auch die **finanziellen Ressourcen** begrenzt.²² KMU haben sowohl bei der Selbstfinanzierung, z. B. über Abschreibungen, als auch beim Zugang zum Kapitalmarkt deutlich eingeschränktere Möglichkeiten im Vergleich zu Großunternehmen.²³ Um mit den geringeren Mitteln haushalten zu können, legen KMU in Ihrer Priorisierung größeren Wert auf risikoarme Investitionen. Dies beeinflusst auch die Planung von Digitalisierungsmaßnahmen: Je mehr ein Investitionsvorhaben im Hinblick auf den Erfolg oder die Zeit mit Unsicherheit behaftet ist, desto weniger Priorität wird diesem Vorhaben zugeordnet.

Prägend für den Mittelstand sind zudem über lange Zeit **gewachsene Vertrauensverhältnisse** zu Kunden, den Zulieferern und der Hausbank sowie eine

starke Verankerung und Identifikation mit der Region, in der das Unternehmen angesiedelt ist. Diese gewachsenen Strukturen können dazu führen, dass der Veränderungsdruck, wie er bspw. von der Digitalisierung ausgeht, erst mit Verzögerung beim Mittelstand zu spüren ist.

Zusammenfassend sind die diskutierten qualitativen Strukturmerkmale des deutschen Mittelstands sowie die daraus resultierenden Effekte in Tabelle 2-1 dargestellt. Abschließend sei bemerkt, dass die Merkmale als Tendenzaussagen zu betrachten sind. Aufgrund des Umfangs und der Heterogenität des Mittelstands sind allgemeingültige Aussagen für „den Mittelstand“ oder „das KMU“ nicht möglich. Die Strukturmerkmale geben mehr einen Eindruck von sich im Durchschnitt abzeichnenden Konturen. Gleichzeitig heißt dies, dass es kleinere Teilmengen des Mittelstands gibt, für die die gerade aufgezeigten *qualitativen* Strukturmerkmale in der Tendenz nicht oder nur teilweise zutreffen. Dies gilt bspw. für den Start-up-Sektor, welcher nach *quantitativer* Abgrenzung ebenfalls dem Mittelstand zuzuordnen ist. Da im weiteren Verlauf der Studie die *qualitative* und nicht die *quantitative* Definition des Mittelstands im Vordergrund steht, lassen sich die in der Studie gewonnenen Erkenntnisse bspw. nur bedingt auf den Start-up-Sektor übertragen.

20 Vgl. Hickmann und Malin (2021).

21 Vgl. KOFA (2020).

22 Vgl. Lindner (2019).

23 Vgl. Schmid (2021).

| Charakteristikum | Effekt |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Einheit von Eigentum und Leitung | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Eher höhere Risikoaversion ▶ Interesse an langfristigem Erfolg ▶ Regionale Verankerung mit langfristigen Vertrauensverhältnissen |
| Starke Differenzierung der Produkte und Dienstleistungen | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Expertise in Nischenmärkten ▶ Spezialisierte Prozesse |
| Geringe Größe und Komplexität | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Hohe Anpassungsfähigkeit am Markt |
| Langfristige Mitarbeiterbindung | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Akkumuliertes Prozesswissen ▶ Viel implizites Wissen im Unternehmen vorhanden |
| Begrenzte personelle und finanzielle Ressourcen | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Fachkräftemangel, insbes. an IT-Fachkräften ▶ Ausgeprägte Risikoaversion |

Tabelle 2-1: Überblick über ausgewählte qualitative Merkmale kleiner und mittlerer Unternehmen in Deutschland

3 BLOCKCHAIN-EINSATZ IM MITTELSTAND

Nachdem im vorherigen Kapitel die Strukturmerkmale des deutschen Mittelstands identifiziert wurden, wird darauf basierend in diesem Kapitel der Einsatz der Blockchain-Technologie im Mittelstand beleuchtet. In einem ersten Schritt wird der Status quo der Verbreitung der Blockchain-Technologie im Mittelstand untersucht (Kapitel 3.1). Anschließend wird eine kurze Klassifizierung der grundlegenden Blockchain-Formen vorgenommen (Kapitel 3.2). Auf der Basis dieser Klassifizierung wird analysiert, welche Stärken und Schwächen mit den verschiedenen Blockchain-Formen aus der Sicht des Mittelstands einhergehen und für welche Anwendungsszenarien sich die Blockchain-Formen für den Mittelstand eignen (Kapitel 3.3). Auf der Basis einer von WIK-Consult durchgeführten Expertenumfrage findet schließlich eine Einschätzung der mit der Blockchain-Technologie verbundenen Chancen und Hemmnisse für den Mittelstand statt (Kapitel 3.4). Letztlich werden die zentralen Erkenntnisse hinsichtlich des Blockchain-Einsatzes im Mittelstand am Ende dieses Kapitels zusammengefasst (Kapitel 3.5).

3.1 Verbreitung der Blockchain-Technologie im Mittelstand

Zur Nutzung der Blockchain-Technologie in deutschen Unternehmen liegen zwei aktuelle Umfragen vor: Dabei handelt es sich zum einen um eine Befragung des Digitalverbands Bitkom, welche von Januar bis Februar 2021 unter 652 Unternehmen ab 50 Beschäftigten in Deutschland durchgeführt wurde. Zum anderen liegt eine Befragung des Deutschen Industrie und Handelskammertags (DIHK) vor, welche im vierten Quartal 2021 durchgeführt wurde und 4.286 Unternehmen aller Größenklassen umfasst.

Gemäß der Bitkom-Befragung verwenden erst ca. 1 % der befragten Unternehmen die Blockchain-Technologie. Im Größenvergleich der Unternehmen, die die Technologie nutzen, wird dabei ersichtlich, dass ein starkes Gefälle zwischen Großunternehmen und dem Rest der Wirtschaft besteht. Während in der Größenklasse ab 2.000 Mitarbeitenden 19 % bereits auf

Blockchain setzen, sind es in der Größenklasse von 500 bis 1.999 Mitarbeitenden nur noch 6 %. In der Größenklasse von 50 bis 499 Mitarbeitenden tendiert der Anteil der Unternehmen, die bereits Blockchain nutzen, sogar gegen Null. Die Zahlen der Bitkom-Umfrage lassen folglich darauf schließen, dass in Bezug auf die Implementierung der Blockchain-Technologie eine „Digital Gap“²⁴ zwischen Großunternehmen und dem Rest der Wirtschaft zu existieren scheint.²⁵

Zu einer weit positiveren Einschätzung der Verbreitung der Blockchain-Technologie in deutschen Unternehmen gelangt die oben angeführte Umfrage des DIHK. Demnach setzen bereits 9 % der befragten Unternehmen auf Blockchain, womit der Anteil deutlich höher ausfällt als in der Bitkom-Umfrage.²⁶

Gliedert man die Umfrageergebnisse des DIHK nach der Unternehmensgröße (vgl. dazu Tabelle 3-1), so zeigt sich jedoch derselbe Trend wie bereits in der Bitkom-Umfrage: Je kleiner die Unternehmen, desto geringer der Anteil, der bereits auf Blockchain setzt. So gaben 7 % der Unternehmen mit unter 10 Mitarbeitenden an, die Blockchain-Technologie einzusetzen, wohingegen 15 % der Unternehmen mit 1.000 Mitarbeitenden oder mehr die Technologie laut eigenen Angaben bereits verwenden. Die Evidenz für eine „Digital Gap“ zwischen Mittelstand und Großunternehmen in Bezug auf die Blockchain-Implementierung scheint sich also zu verdichten.²⁷

Im Hinblick auf die Nutzung der Blockchain-Technologie nach Branchen fällt auf, dass diese vor allem in der Finanzwirtschaft Anwendung findet: 13 % der befragten Unternehmen dieser Branche gaben an, die Technologie zu nutzen. Wenig zur Anwendung kommt die Technologie hingegen in der Baubranche. Dort gaben lediglich 5 % der befragten Unternehmen an, diese einzusetzen.

24 Die Digital Gap zwischen Großunternehmen und KMU bezeichnet das Gefälle im Digitalisierungsgrad zwischen größeren und kleineren Unternehmen.

25 Vgl. Bitkom (2021a).

26 Vgl. DIHK (2022).

27 Vgl. dazu auch Tabelle 3-1.

Die Divergenz der Adaptionrate der Blockchain-Technologie zwischen Mittelstand und Großunternehmen spiegelt sich außerdem in den Planungen der Firmen wider: Während sich laut Umfrage des Bitkom lediglich 1 % der Unternehmen mit 50 bis 99 Mitarbeitenden mit einem konkreteren zukünftigen Einsatz der Blockchain beschäftigen, geben dies 25 % der befragten Unternehmen mit mehr als 1.999 Mitarbeitenden an.²⁸ Wenn auch etwas weniger deutlich, wird diese Tendenz von den Zahlen des DIHK bestätigt: 22 % der Unternehmen mit weniger als 10 Mitarbeitenden, gaben an einen Einsatz der Technologie innerhalb der nächsten 3 Jahre zu planen. Bei Unternehmen mit mehr als 999 Beschäftigten beträgt dieser Anteil 32 %.²⁹

Als Fazit zu den betrachteten Umfragen lässt sich festhalten, dass zum einen die in der Literatur viel beleuchtete „Digital Gap“ zwischen Mittelstand und Großunternehmen³⁰ auch in Bezug auf die Verwendung der Blockchain-Technologie vorliegt: Die Adaptionrate der Technologie liegt laut beiden Umfragen in Großunternehmen über der kleiner und mittlerer Unternehmen. Die Intensität der Nutzung der Technologie in den jeweiligen Branchen scheint außerdem tendenziell eine positive Korrelation mit dem Digitalisierungsgrad der entsprechenden Branche zu

besitzen. So sei hier beispielhaft angeführt, dass Unternehmen der Baubranche, die als wenig digitalisiert gelten, am seltensten auf die Technologie setzen. Unternehmen der Finanzbranche, die einen hohen Digitalisierungsgrad aufweisen, scheinen hingegen am häufigsten blockchainbasierte Lösungen zu nutzen.³¹

Wendet man sich zum Abschluss der Status-quo-Betrachtung der Verbreitung der Blockchain-Technologie von den Lösungsanwendern den potenziellen Lösungsanbietern im Mittelstand zu, dann zeigt sich auch auf der Anbieterseite, dass die Blockchain-Technologie bisher weniger im Fokus steht als andere Technologien. Gemäß des „Start-Up Monitors“ konstatieren nur 7,2 % der 1.846 befragten Start-Ups der Blockchain-Technologie einen großen oder sehr großen Einfluss auf ihr Geschäftsmodell. Damit fällt die Bedeutung der Blockchain-Technologie im Start-Up-Bereich bspw. deutlich geringer aus als die Bedeutung von Künstlicher Intelligenz (KI), welcher 42,7 % der befragten Start-Ups einen großen bzw. sehr großen Einfluss auf ihr Geschäftsmodell attestieren.³² Es lässt sich somit zusammenfassend konstatieren, dass sowohl auf der mittelständischen Anwender- als auch auf der Anbieterseite noch von keiner breiten Diffusion der Blockchain-Technologie gesprochen werden kann.

28 Vgl. Bitkom (2021a). Als konkrete Planung ist hier definiert, wer sich sowohl in einer Analyse- und Informationsphase, als auch in einer Implementierungs- und Testphase erster Projekte befindet.
29 Vgl. DIHK (2022).
30 Vgl. dazu bspw. Lichtblau et al. (2018).

31 Für den Digitalisierungsgrad einzelner Branchen siehe bspw. Telekom (2020).
32 Vgl. Bundesverband Deutsche Startups e.V. (2021).

| Blockchain | 0 - 9 MA | 10 - 19 MA | 20 - 249 MA | 250 - 499 MA | 500 - 999 MA | > 999 MA |
|------------|----------|------------|-------------|--------------|--------------|----------|
| Im Einsatz | 7 % | 9 % | 9 % | 12 % | 10 % | 15 % |
| geplant | 22 % | 20 % | 22 % | 23 % | 22 % | 32 % |

| Blockchain | Industrie | Bau | IKT | Finanzwirtschaft | Sonstige Dienstleistungen |
|------------|-----------|------|------|------------------|---------------------------|
| Im Einsatz | 9 % | 5 % | 8 % | 13 % | 8 % |
| geplant | 19 % | 22 % | 23 % | 26 % | 23 % |

Tabelle 3-1: Verwendung der Blockchain-Technologie nach Unternehmensgröße und ausgewählten Branchen
Quelle: DIHK (2022) (Aufschlüsselung der Befragungsergebnisse nach Unternehmensgröße und Branche bisher unveröffentlicht)

3.2 Klassifizierung grundlegender Blockchain-Formen

Um im weiteren Verlauf der Studie beleuchten zu können, welche Stärken und Schwächen mit den verschiedenen Ausgestaltungsformen der Blockchain-Technologie aus der Sicht des Mittelstands einhergehen und für welche Anwendungsszenarien sich die Blockchain-Formen für den Mittelstand eignen, soll mit der Klassifizierung dieser Ausgestaltungsformen in diesem Unterkapitel die Grundlage für die weitere Analyse geschaffen werden.

Die Klassifizierung der grundlegenden Blockchain-Formen wird hier in Anlehnung an BNetzA (2021) vorgenommen, welche auf die Abgrenzung der Ausgestaltungsformen nach der Kontrolle über die Blockchain fokussiert.³³ Grundsätzlich lässt sich darauf basierend zwischen drei möglichen Ausgestaltungen von Blockchain-Formen differenzieren. Dabei handelt es sich um **öffentliche Blockchains** und **private Blockchains** als die jeweiligen Endpunkte des Spektrums an Ausgestaltungsformen sowie um konsortiale Blockchains als hybride Ausgestaltungsform zwischen öffentlichen und privaten Blockchains (siehe Abbildung 3-1). Je nachdem wie die Parameter der Systemarchitektur im konkreten Fall ausgestaltet sind, können die Übergänge zwischen den drei Formen dabei fließend sein. Im Folgenden wird sich die

Analyse in dieser Studie auf die Endpunkte des Ausgestaltungsspektrums fokussieren, sprich auf öffentliche und private Blockchains, da die Eigenschaften der konsortialen Blockchains den Eigenschaften der öffentlichen bzw. der privaten Blockchains ähneln – jeweils in Abhängigkeit der konkreten Ausgestaltung der Systemarchitektur und Governance der einzelnen konsortialen Lösung.³⁴ In die Betrachtung werden dabei im Folgenden ausschließlich *unternehmensübergreifende* Blockchain-Lösungen einbezogen, da *unternehmensinterne* Blockchain-Lösungen lediglich für Großunternehmen mit komplexen Unternehmensstrukturen sinnvoll erscheinen und diese somit für den Mittelstand keine bzw. nur eine sehr eingeschränkte Relevanz besitzen.

Ergänzend zur privaten und öffentlichen Blockchain wird im Folgenden **Blockchain-as-a-Service (BaaS)** als Sonderform eigenständig betrachtet. Zwar kann man diese Sonderform streng genommen sowohl wegen ihrer eingeschränkten Dezentralität als auch aufgrund ihrer Zulassungsbeschränkung als eine Unterform der privaten Blockchains betrachten. Aufgrund der einfachen Implementierung von BaaS wird diese Form im Kontext des Blockchain-Einsatzes im Mittelstand jedoch viel diskutiert, worin sich das in Kapitel 2 dargelegte Charakteristikum der begrenzten Ressourcenausstattung widerspiegelt, sowohl in finanzieller als auch in personeller Hinsicht.³⁵

³³ Darüber hinaus betrachten manche Klassifizierungen die Inhaberschaft der Blockchain als weitere Dimension. Vgl. dazu bspw. ISO (2022).

³⁴ Vgl. Ismail und Materwala (2019) sowie Sörries et al. (2019).
³⁵ Vgl. Kernahan et al (2021) sowie Onik und Miraz (2019).

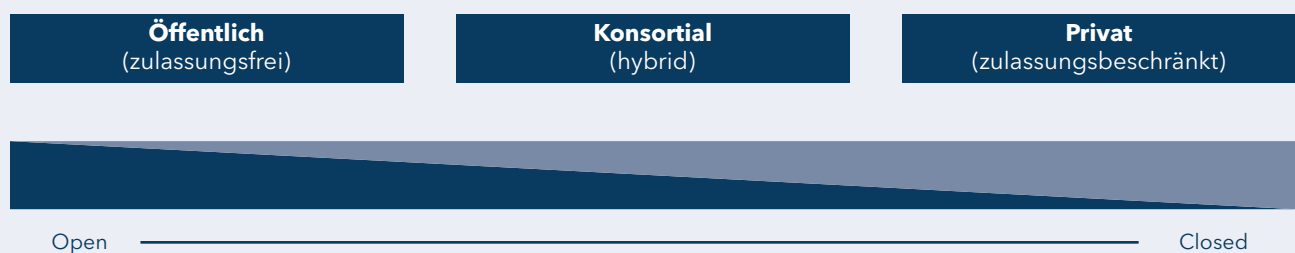


Abbildung 3-1: Klassifizierung der Blockchain-Formen (Quelle: Märkel et al. (2021))

3.2.1 Öffentliche Blockchains

Bei den in öffentlichen Blockchains am stärksten ausgeprägten Eigenschaften handelt es sich um Dezentralität und Manipulationssicherheit.³⁶

Die öffentliche Ausgestaltungsform der Technologie ist dabei so aufgebaut, dass die Nutzung der Blockchain in Form von Lese- und Schreibberechtigungen jedem Akteur uneingeschränkt offensteht. Damit verbunden ist es in öffentlichen Blockchains für jeden Teilnehmenden möglich, auch Nodes zu betreiben.³⁷

Da dieser Aufbau impliziert, dass sich die Nutzer öffentlicher Blockchains nicht alle gegenseitig kennen und vertrauen, kommt bei öffentlichen Blockchains ein aufwendiger Konsensmechanismus zum Einsatz, der die Manipulationsresistenz der Blockchain gewährleistet (Blockchain als „Trust Machine“³⁸). Ursprünglich handelt es sich hierbei in der Regel um den energieintensiven Proof-of-Work Mechanismus.³⁹ Vermehrt kommen jedoch inzwischen auch alternative, weniger ressourcenintensive Mechanismen zum Einsatz.⁴⁰

36 Für die Grundprinzipien einer Blockchain vgl. bspw. Mooken (2017).

37 Vgl. BNetzA (2021), S. 15.

38 In einem Artikel in The Economist vom 31.10.2015 wurde die Blockchain das erste Mal als „Trust Machine“ bezeichnet. Seitdem hat diese Metapher für die Blockchain weite Verbreitung gefunden. Gemeint ist hiermit, dass persönliches Vertrauen in die Integrität von Transaktionspartnern durch die Blockchain-Technologie substituiert werden kann.

39 Vgl. Xu et al (2016).

40 So plant bspw. das Ethereum-Netzwerk eine Umstellung des Konsensmechanismus von Proof-of-Work zu Proof-of-Stake. Vgl. dazu Ethereum (2022).

Diese grundlegenden technischen Ausgestaltungen öffentlicher Blockchains implizieren für diese bestimmte Eigenschaften, die vergleichend zu denen privater Blockchains in Tabelle 3-2 dargestellt werden. Öffentliche Blockchains sind dadurch geprägt, dass der Fokus auf der Dezentralität und der Sicherheit liegt, was zu Lasten der Skalierbarkeit geschieht. Nichtsdestotrotz gibt es seit einiger Zeit Bestrebungen, die Skalierbarkeit von öffentlichen Blockchains zu verbessern, ohne auf deren Grundeigenschaften verzichten zu müssen. Beispielhaft angeführt sei in diesem Zusammenhang das sogenannte „Layer-2-Rollup“.⁴¹

3.2.2 Private Blockchains

Private Blockchains sind in erster Linie dadurch geprägt, dass die Teilnahme an einer solchen lediglich durch die Einladung von Seiten eines berechtigten Akteurs erfolgen kann. Da, wie einleitend zu Kapitel 3.2 beschrieben, hier die Endpunkte des Ausgestaltungsspektrums betrachtet werden sollen, wird im Folgenden davon ausgegangen, dass es sich dabei um einen einzelnen, zentralen Akteur handelt, dem „Host“⁴² der Blockchain. Die Vergabe von Lese- und Schreibberechtigungen wird entsprechend durch den Host der Blockchain verwaltet. Die Kontrolle der

41 Eine Teilmenge dieser Scaling-Methoden im Rahmen des Layer stellen exemplarisch sogenannte „Zero-knowledge-Proofs“ dar, bei denen lediglich die Hash-Werte On-Chain und die eigentlichen Daten off-chain gespeichert werden. Für mehr Informationen zu Layer-2-Rollups vgl. Samajammin et al. (2022).

42 Mit Bezug auf den technischen Aufbau der Blockchain bedeutet dies, dass bei einer privaten Blockchain lediglich der Host die Nodes der Blockchain stellt. Gibt es statt einem Host mehrere Hosts der Blockchain, bewegt sich die Blockchain-Lösung im Ausgestaltungsspektrum in Richtung konsortialer Blockchain (siehe hierzu Tabelle 3-1).

| Charakteristikum | öffentlich | privat |
|-------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| Zugang | Offen | Beschränkt |
| Transaktionsvalidierung | Ressourcenintensiv | Ressourcenarm |
| Transparenz | Hoch (offene Transaktionshistorie) | Nur für ausgewählte Teilnehmer |
| Manipulationsresistenz | Hoch | Niedrig |
| Flexibilität | Niedrig | Hoch |
| Skalierbarkeit | Tendenziell begrenzt | Tendenziell hoch |

Tabelle 3-2: Charakteristika öffentlicher und privater Blockchains (Quelle: In Anlehnung an Märkel et al. (2021)).

Blockchain durch einzelne Akteure schränkt die ursprüngliche Idee der Dezentralität des Netzwerks stark ein und stellt einen grundlegenden Unterschied in der technischen Ausgestaltung im Vergleich zu öffentlichen Blockchains dar. Nur der Host der Blockchain ist in der Lage, neue Blöcke zu bilden, bestehende Blöcke zu validieren sowie ggf. Änderungen an bereits validierten Transaktionen vorzunehmen.⁴³ Auf aufwendige Konsensmechanismen kann bei privaten Blockchains verzichtet werden. Stattdessen kommt häufig das Proof-of-Authority-Verfahren zum Einsatz.⁴⁴

Zusammenfassend kann im Hinblick auf die Ausgestaltung privater Blockchains konstatiert werden, dass der Fokus auf einer guten Performance, also einer hohen Skalierbarkeit, liegt, was jedoch auf Kosten der Dezentralität erreicht wird. Dies hat zur Folge, dass dem Host der privaten Blockchains vertraut werden muss. Die Eigenschaft als „Trust Machine“ ist also in diesem Fall stark eingeschränkt.⁴⁵

3.2.3 Blockchain-as-a-Service

Wie bereits oben ausgeführt, wird Blockchain-as-a-Service (BaaS) als Sonderform der privaten Blockchain in dieser Studie eigenständig betrachtet, da BaaS aufgrund der einfachen Implementierung viel Beachtung in der Diskussion um den Einsatz von Blockchain im Mittelstand findet. BaaS-Dienste werden in der Regel durch die großen IT-Anbieter angeboten. Diese Dienste sollen den jeweiligen Unternehmen die Möglichkeit bieten, blockchainbasierte Anwendungen ohne tiefgehendes Fachwissen implementieren zu können. Daher werden bspw. die Entwicklung, die Bereitstellung oder das Management der Infrastruktur und Interfaces sowie der weitere Entwicklungs- und Implementierungsaufwand an den jeweiligen Service-Anbieter ausgelagert.⁴⁶

In der Regel sind dabei die BaaS-Dienste in der Cloud-Umgebung der Service-Anbieter eingebettet. Zwar gewährleistet dies eine hohe Usability sowie eine gute Performance, allerdings geht durch die Einbet-

tung in die Cloud-Struktur der Dezentralitätsgedanke der Blockchain-Technologie weitestgehend verloren, so dass in diesem Fall de facto eine Rezentralisierung der Technologie stattfindet.⁴⁷ Zum gegenwärtigen Entwicklungsstand von BaaS-Diensten sollte man diese daher eher den Cloud-Diensten als den Distributed Ledger Technologien zuordnen.

3.3 Eignung der Blockchain-Formen für den Mittelstand

Basierend auf den im vorherigen Kapitel dargelegten Klassifizierungen der grundlegenden Blockchain-Formen und der dort erläuterten Unterschiede in deren technischen Ausgestaltungen, wird in diesem Unterkapitel analysiert, welche Implikationen ebendiese Unterschiede für die Eignung der jeweiligen Formen im Mittelstand haben. Für eine tiefergehende Analyse der jeweiligen Ausgestaltungsformen sei an dieser Stelle auf Märkel et al. (2021) verwiesen.

3.3.1 Eignung öffentlicher Blockchains

Wie bereits in der Klassifizierung der Ausgestaltungsformen des vorherigen Kapitels dargelegt, sind öffentliche Blockchains von ihrer Dezentralität geprägt. Dies beinhaltet zum einen die Dezentralität der Datenverteilung und zum anderen die Dezentralität der Entscheidungsfindung im jeweiligen Blockchain-Netzwerk. In der öffentlichen Ausgestaltungsform haben KMU damit die größtmögliche Souveränität über die eigenen Daten, da diese selbstbestimmt über das Teilen ausgewählter Daten mit ausgewählten Teilnehmern entscheiden können. Durch die Pseudonymisierung der Transaktionshistorie ist basierend auf dieser zudem kein Personenbezug herstellbar.⁴⁸ Wenngleich das Argument der Datensouveränität für alle Unternehmen gültig ist, so ist dieses für den Mittelstand von besonderer Relevanz, da sich KMU häufig mit der potenziellen Gefahr konfrontiert sehen, in Abhängigkeitsverhältnissen von marktmächtigen Zulieferern oder Abnehmern zu gelangen.

43 Vgl. BNetzA (2021).

44 Vgl. BNetzA (2021).

45 Vgl. Lepore et al. (2021).

46 Vgl. dazu Kernahan et al. (2021) sowie Song et al. (2022).

47 Vgl. Oumoussa et al. (2021) sowie Wöhrer und Rinderle-Ma (2021).

48 Vgl. Bitkom (2017).

Die angesprochene gleichberechtigte Entscheidungsfindung führt zwar einerseits dazu, dass eine Anpassung der Blockchain-Governance aufgrund der benötigten Mehrheitsentscheidung eines hohen Aufwandes bedarf, andererseits ist es dadurch für einen einzelnen Akteur bzw. für eine Minderheit an Akteuren nicht möglich, Kontrolle über eine Teilmenge der anderen Akteure auszuüben. Die Gefahr, dass bei einer Abwicklung von Geschäftsaktivitäten über eine öffentliche Blockchain neue Abhängigkeitsverhältnisse entstehen, ist demnach ausgeschlossen.⁴⁹

Eine bedeutende Stärke öffentlicher Netzwerke ist deren Manipulationssicherheit. Die Verwendung aufwendiger Konsensmechanismen (i.d.R. PoW) sorgt im Zusammenspiel mit der ausgeprägten Dezentralität für eine sehr hohe Resistenz gegenüber Manipulationsversuchen.⁵⁰ In Verbindung mit automatisiert über die Blockchain laufenden Smart Contracts können öffentliche Blockchains damit als „Trust Machine“ fungieren, indem sie bspw. durch automatisierte Zahlungsabwicklungen das persönliche Vertrauen in den Transaktionspartner substituieren. Ökonomisch gesprochen führt dies zu einer starken Reduktion der Anbahnungskosten für Transaktionen mit bisher unbekanntem Geschäftspartnern. Gerade für den Mittelstand können sich hierdurch neue Perspektiven ergeben: Wie in Kapitel 2 dargestellt, sind für den Mittelstand bisher langjährige Geschäftsbeziehungen prägend, die auf persönlichem Vertrauen beruhen. Durch öffentliche Blockchain-Lösungen wird es für KMU möglich, das Spektrum an Transaktionspartnern risikoarm und kostengünstig erheblich auszuweiten, was dem Mittelstand die Chance eröffnet, bestehende Abhängigkeitsverhältnisse zu reduzieren. Damit können öffentliche Blockchains zur Stärkung der (Wettbewerbs-)Position des Mittelstands beitragen.⁵¹

„Erkauft“ wird die Eigenschaft der „Trust Machine“ von öffentlichen Blockchains allerdings mit den Nachteilen, die der aufwendige Konsensmechanismus mit sich bringt. Aufgrund der Ressourcenintensi-

tät der Konsensmechanismen sind öffentliche Blockchains nicht unbegrenzt skalierbar. In Abhängigkeit von der Auslastung führt dies zu einer Einschränkung der Transaktionsgeschwindigkeit. Zudem können die Transaktionskosten für die Nutzung der Blockchain, wiederum in Relation zur Auslastung und zur Größe der zu tätigenen Transaktion, stark schwanken, da die Validatoren entlohnt werden müssen.⁵² Dies macht die Kosten der Nutzung öffentlicher Blockchains schwer prognostizierbar, was aus betriebswirtschaftlicher Sicht die Attraktivität dieser Form für KMU mindert.⁵³ Insbesondere in Bereichen, in denen kleinteilige, häufig wiederkehrende Transaktionskosten anfallen, die darüber hinaus eine zügige Abwicklung erfordern, bieten sich öffentliche Blockchains daher nicht an. Dies kann bspw. für den industriellen IoT-Kontext gelten.

Es lässt sich in Bezug auf öffentliche Blockchains demnach festhalten, dass sich diese Ausgestaltungsform für KMU vor allem in Bereichen anbietet, in denen der Souveränität und der Sicherheit der Transaktionen eine hohe Bedeutung zukommt. Dies gilt bspw. für alle Anwendungen im Finanzbereich. Aufgrund der mangelnden Skalierbarkeit und der daraus resultierenden schwankenden Transaktionskosten sind öffentliche Blockchains bislang hingegen weniger für Anwendungsfälle geeignet, in denen viele kleinteilige Transaktionen anfallen und die Transaktionsgeschwindigkeit von hoher Bedeutung ist. Aufgrund der erhöhten Risikoaversion im Mittelstand ist zu erwarten, dass KMU auf diese Schwankungen besonders sensibel reagieren. Die Einschätzung hinsichtlich der Skalierbarkeit gilt zumindest zum gegenwärtigen Entwicklungsstand öffentlicher Blockchains. Sollte in Zukunft ein Durchbruch bei der Lösung dieses Problems erfolgen, ohne dass die Sicherheit und Dezentralität maßgeblich eingeschränkt werden, würden öffentliche Blockchains in vielen weiteren Anwendungskontexten zu einer attraktiven Option für den Mittelstand. Sie bieten das Potenzial, Abhängigkeitsverhältnissen vorzubeugen, wodurch die Position des Mittelstands gestärkt werden kann.

49 BNetzA (2021), S.13f.

50 Für Informationen zu einer sogenannten 51-attack, vgl. Mcshane (2021).

51 Vgl. Schrepel (2021), S. 266f. sowie Heuser et al. (2015).

52 Einen Überblick über die Schwankungsbreite der Transaktionskosten bietet <https://bitinfocharts.com/>.

53 Vgl. Zhang und Lee (2019) sowie Buterin (2015).

3.3.2 Eignung privater Blockchains

Private Blockchains sind von der Kontrolle durch den Host geprägt. Die Eigenschaft der Technologie als „Trust Machine“ ist damit insofern eingeschränkt, als dass dem Host der Blockchain weiterhin Vertrauen entgegengebracht werden muss. Im Gegenzug kann bei privaten Blockchains auf aufwendige Konsensverfahren verzichtet werden, was sich zu Gunsten der Performance der Blockchain auswirkt. Typisch für diese Ausgestaltung ist das sogenannte Proof-of-Authority Verfahren, welches den Host in die Lage versetzt, Validierungen ohne nennenswerte Bereitstellung von Rechenkapazitäten durchführen zu können. Die mit rechenintensiven Konsensmechanismen konnotierten Nachteile der schwankenden Transaktionsgebühren sowie Transaktionsgeschwindigkeit entfallen somit weitestgehend bei dieser Form der Ausgestaltung, was für Kalkulationssicherheit sorgt und private Blockchain-Lösungen aus betriebswirtschaftlicher Perspektive für KMU attraktiv erscheinen lässt.⁵⁴

Zwar bestehen bei privaten Blockchains weiterhin Anbahnungskosten, allerdings fallen diese deutlich geringer aus als in einem Szenario ohne Blockchain-Lösung, da das Vertrauen nicht allen Transaktionspartnern entgegengebracht werden muss, sondern nur dem Host der Blockchain, der als einziger in der Lage wäre, Manipulationen an Transaktionen durchzuführen.⁵⁵

Ein Vorteil privater Blockchains ist auch in der Möglichkeit zur flexiblen Anpassung der Ausgestaltung der Blockchain zu sehen. Zum einen ist eine Anpassung des Protokolls bzw. der Governance im Vergleich zu öffentlichen Blockchains durch die Autorität des Hosts mit weniger Aufwand möglich. Zum anderen kann diese Form in ihrer technischen Ausgestaltung passgenau auf den jeweiligen Anwendungsfall zugeschnitten werden. Da eine solche individuelle Lösung jedoch mit höheren Implementierungskosten verbunden ist, kann dies insbesondere für KMU mit ihren begrenzten finanziellen

Ressourcen auch als erste Eintrittsbarriere gewertet werden.⁵⁶

Eine nennenswerte Schwäche dieser Ausgestaltungsform besteht in einer Einschränkung der Dezentralität der Technologie aufgrund der Kontrolle der Blockchain durch den Host. Zum einen führt dies aus Nutzersicht dazu, dass das Spektrum an potenziellen Transaktionspartnern im Vergleich zu öffentlichen Blockchains eingeschränkter ist, da aufgrund der Zulassungsbeschränkungen privater Blockchains nur Transaktionen mit den Partnern möglich sind, die der Host für die Blockchain zugelassen hat. Je nach konkreter Ausgestaltung der Blockchain-Governance kann es zudem sein, dass lediglich der Host vollständige Leseberechtigungen hat, wodurch sich dieser einen Transparenz- und damit einen Informationsvorteil gegenüber den übrigen Teilnehmenden verschaffen kann.⁵⁷ Handelt es sich bei dem Host bspw. um einen dominanten Player in einem Wertschöpfungsnetzwerk, dann kann er diesen Vorteil nutzen, um Abhängigkeitsverhältnisse seiner zumeist mittelständischen Zulieferer und Abnehmer zu perpetuieren und auszuweiten. Dies gilt insbesondere, wenn die Interoperabilität von Blockchain-Lösungen nicht gegeben ist. In diesem Fall können infolge privater Blockchains Lock-In Effekte entstehen, die für die beteiligten mittelständischen Unternehmen in Hold-up Situationen münden können. So besteht bspw. das Risiko, dass der dominante Player seinen Informationsvorteil nutzt, um Wertschöpfungsrenten bei seinen Zulieferern und Abnehmern abzuschöpfen.⁵⁸

Die Auswirkungen privater Blockchain-Lösungen auf mögliche Abhängigkeitsverhältnisse hängen dabei maßgeblich von der konkreten Ausgestaltung der Blockchain-Governance ab. Es ist jedoch davon auszugehen, dass sich in einem Wertschöpfungsnetzwerk die Marktmacht eines dominanten Akteurs auch in der Ausgestaltung der Governance privater Blockchain-Lösungen widerspiegeln wird, da er aufgrund seiner Position in der Lage ist, Druck auf die übrigen Marktteilnehmer ausüben zu können.⁵⁹

54 Vgl. Buterin (2015).

55 Vgl. Märkel et al. (2021).

56 Vgl. CIS (2021).

57 Vgl. Guegan (2017).

58 Vgl. Märkel et al. (2021) sowie Schrepel (2021).

59 Vgl. Eco (2019), sowie Marikyan et al. (2021).

Zusammenfassend lässt sich konstatieren, dass private Blockchains den Fokus auf Effizienz zu Lasten der Dezentralität legen. Dies bringt betriebswirtschaftliche Vorteile in Form niedriger und stabiler Transaktionsgebühren sowie einer hohen Transaktionsgeschwindigkeit mit sich, was vor allem für KMU mit ihrer erhöhten Risikoaversion ein nicht zu vernachlässigendes Hemmnis darstellt. Dem steht jedoch gegenüber, dass die Eigenschaft der Blockchain als „Trust Machine“ eingeschränkt ist: So besteht die Notwendigkeit, dass dem Host der Blockchain aufgrund seiner Position im Netzwerk Vertrauen entgegengebracht werden muss. In Situationen, in denen ein dominanter Akteur in einem Wertschöpfungsnetzwerk als Host der Blockchain-Lösung auftritt, können hierdurch, in Abhängigkeit von der Ausgestaltung der Governance, bestehende Abhängigkeitsverhältnisse für mittelständische Akteure verfestigt oder sogar verstärkt werden. Einen gewissen Schutz vor einer Verstärkung der Abhängigkeiten kann in diesem Fall ein Rahmenvertrag bieten, der als AGB einer Prüfung zugänglich ist.

Ungeeignet erscheinen private Blockchain-Lösungen darüber hinaus für Anwendungen im Finanzbereich, da durch den Verzicht auf aufwendige Konsensmechanismen bei dieser Form ein niedrigeres Sicherheitsniveau als bei öffentlichen Blockchains besteht. Auf privaten Blockchains basierende Anwendungen dürften sich daher auf den realwirtschaftlichen Bereich fokussieren.

3.3.3 Eignung von Blockchain-as-a-Service (BaaS)

Die Relevanz von BaaS für den Mittelstand resultiert vor allem aus dem mittelstandsspezifischen Charakteristikum der im Vergleich zu Großunternehmen begrenzteren personellen und finanziellen Ressourcen: Als Plug & Play-Lösung zeichnet sich BaaS durch eine hohe Usability aus, so dass die Nutzung der Dienste ohne eigene Fachkräfte mit spezifischen IT-Kenntnissen erfolgen kann. Durch die Rechnungsabwicklung über ein sogenanntes Pay-per-Use-Modell ist außerdem die finanzielle Hürde für den Einstieg in eine Nutzung der Technologie gering. Darüber hinaus ist es durch die Einbindung in die Cloud-Umgebung einfach möglich, Synergien mit anderen Technolo-

gien zu heben, indem bspw. BaaS- mit KI-as-a-Service-Diensten gekoppelt werden können. Vor allem im Vergleich zu öffentlichen Blockchains hat BaaS für den Mittelstand zudem den Vorteil, dass ein zentraler Ansprechpartner bei technischen Problemen zur Verfügung steht.⁶⁰

Eine Kehrseite der Plug & Play-Orientierung von BaaS-Diensten ist, dass im Vergleich zu privaten Blockchains eine individuelle Anpassung der Lösung an den konkreten Anwendungsfall jedoch nicht in vollem Umfang möglich ist, da in Bezug auf den Anwendungs-Layer lediglich Bausteine verwendet werden können, die vom Lösungsanbieter bereitgestellt werden. Dies kann insbesondere für mittelständische Unternehmen ein Problem darstellen, da diese häufig in Nischenmärkten agieren und sich somit durch sehr spezifische Prozesse auszeichnen, für die standardisierte Lösungen nicht geeignet sind (siehe Kapitel 2). Ein Nachteil von BaaS ist zudem darin zu sehen, dass im Unternehmen durch die Nutzung dieser Dienste kein nachhaltiger Kompetenzaufbau im Hinblick auf die Blockchain-Technologie erfolgt. Hierdurch wird die weitere Abhängigkeit von den IT-Dienstleistern perpetuiert, obwohl die Blockchain-Technologie eigentlich das Potenzial bietet, sich von dieser Abhängigkeit zumindest teilweise lösen zu können.⁶¹

Besondere Aufmerksamkeit bedarf bei BaaS-Diensten die Einbindung in die Cloud-Umgebung des IT-Dienstleisters. Zwar sorgt dies für eine hohe Performance und Skalierbarkeit dieser Lösung in Form hoher Transaktionsgeschwindigkeiten, jedoch findet durch die Einbindung in die Cloud-Umgebung gleichzeitig eine „Rezentralisierung“ auf dem Infrastruktur-Layer statt. Durch diese wird das Dezentralitätsprinzip der Blockchain aufgehoben – der in der ursprünglichen Idee der Technologie behobene single-point-of-failure kann wieder auftreten. Die Folge ist, dass BaaS eher der Cloud- als den Distributed Ledger Technologien zuzuordnen ist. Damit gehen mit der Nutzung dieser Form die gleichen Bedenken bezüglich der Abhängigkeiten von den IT-Dienstleistern wie mit der Nutzung von Cloud-Diensten einher.⁶²

⁶⁰ Vgl. Song et al. (2022).

⁶¹ Vgl. Joos und Schmitz (2020).

⁶² Vgl. Kernahan et al. (2021).

Dementsprechend kann BaaS aus der Sicht des Mittelstands als ein erster, risikoarmer „Playground“ für den Einstieg in die Blockchain-Technologie gesehen werden. KMU können auf diesem Weg Anwendungsszenarien der Blockchain für das eigene Unternehmen austesten. Mittelfristig sollte dann jedoch eine Migration auf eine alternative Lösung erfolgen, da zu beachten ist, dass bei BaaS-Diensten aufgrund mangelnder Interoperabilität, des Fehlens eines eigenen Kompetenzaufbaus sowie der Aufgabe des Dezentralitätsprinzips die Gefahr von Lock-In Effekten besteht. Diese können von den Lösungsanbietern je nach Wettbewerbsintensität dazu genutzt werden, die durch die Dienste geschaffenen Effizienzvorteile über die Bepreisung abzugreifen.

Nach der Analyse der einzelnen Blockchain-Formen soll abschließend ein Blick darauf geworfen werden, welche Formen gegenwärtig in der deutschen Wirtschaft am meisten Verwendung finden. Gemäß der in Kapitel 3.1 bereits herangezogenen Bitkom-Umfrage setzen von den Unternehmen, die schon Blockchain einsetzen, 54 % auf private Blockchains, während nur 8 % öffentliche Blockchains nutzen. Auffällig ist auch, dass 42 % keine Angabe zur verwendeten Blockchain machen.⁶³ Dieser hohe Wert kann ein Indiz dafür sein, dass das Wissen über Blockchain selbst in den Unternehmen, die schon auf Blockchain setzen, zum Teil noch begrenzt ist und deswegen keine Klassifizierung der eigenen Blockchain-Lösungen vorgenommen werden kann. In dem niedrigen Anteil öffentlicher Blockchains dürfte sich zum Teil widerspiegeln, dass die Anwendungsfelder aufgrund der begrenzten Skalierbarkeit gegenwärtig noch begrenzt sind und sich auf den Finanzbereich fokussieren. Ein alternativer Erklärungsansatz kann darin bestehen, dass private Blockchains von der Struktur eher gewohnten Strukturen gleichen und damit vertrauter wirken. Die Funktionsweise öffentlicher Blockchains geht hingegen mit grundlegenden Veränderungen in der Funktionsweise des Wirtschaftssystems einher („Tokenökonomie“). Dementsprechend könnten private Blockchains von den Unternehmen als risikoärmere, konservativere Variante interpretiert werden.

⁶³ Vgl. Bitkom (2021a).

3.4 Ergebnisse einer Expertenbefragung zum Blockchain-Einsatz im Mittelstand

Als empirische Ergänzung zur theoretischen Analyse des Blockchain-Einsatzes im Mittelstand werden im Folgenden die Ergebnisse einer Expertenbefragung präsentiert, welche WIK-Consult im Zeitraum zwischen dem 28.06.2021 und dem 12.07.2021 unter 24 Blockchain-Experten⁶⁴ aus dem mittelstandsnahen Transferbereich (bspw. Mittelstand-Digital Zentren, IHKs, etc.) durchgeführt hat. Die befragten Experten sind sowohl mit den Strukturmerkmalen des deutschen Mittelstands als auch mit der Blockchain-Technologie vertraut.⁶⁵ Insbesondere im Hinblick auf die noch frühe Marktphase der Technologie erscheint eine Expertenbefragung als geeigneteres Instrument im Vergleich zu einer Unternehmensbefragung, da die Durchdringung des Mittelstands mit der Blockchain noch am Anfang steht, wie in Kapitel 3.1. bereits aufgezeigt wurde.

Abbildung 3-2 zeigt die Einschätzung der Relevanz der einzelnen Blockchain-Formen im Mittelstand. Bei der Klassifizierung wurde auf die in Kapitel 3.2 definierten Blockchain-Formen zurückgegriffen, ergänzt um die konsortiale Ausgestaltung als hybride Lösung zwischen öffentlichen und privaten Blockchains. Das Ergebnis zeigt, dass die *gegenwärtige* Relevanz der Blockchain-Technologie allgemein noch als gering eingeschätzt wird: Die höchste Bedeutung wird derzeit privaten Blockchains zugesprochen. Damit deckt sich die Einschätzung mit den am Ende des vorangegangenen Kapitels dargestellten Ergebnissen der Bitkom-Umfrage.⁶⁶ Der öffentlichen Form attestieren die Experten *gegenwärtig* die geringste Relevanz im Mittelstand.

Im Zeitverlauf rechnen die Experten jedoch mit einem starken Bedeutungsanstieg aller Blockchain-Formen, wobei der erwartete Bedeutungszuwachs zwischen heute und in fünf Jahren höher eingeschätzt wird als

⁶⁴ Zur besseren Lesbarkeit wird im Folgenden auf das generische Maskulinum zurückgegriffen, welches alle Geschlechteridentitäten inkludieren soll.

⁶⁵ Das n von 24 mag auf den ersten Blick gering erscheinen. Jedoch ist hier zu beachten, dass die Anzahl der Experten, die sowohl mit der Blockchain-Technologie als auch mit den Strukturmerkmalen des Mittelstands vertraut sind, gegenwärtig noch überschaubar ist, so dass der Pool von 24 Experten durchaus beachtlich ist.

⁶⁶ Vgl. Bitkom (2021a).

der Bedeutungszuwachs zwischen in fünf Jahren und in zehn Jahren. Dies zeigt, dass die Experten von einem schnellen Anstieg der Relevanz der Blockchain-Technologie im Mittelstand über alle Blockchain-Formen hinweg ausgehen. Die höchste Bedeutung wird dabei mit einem Zeithorizont von zehn Jahren den konsortialen Blockchains zugemessen (ca. 80 % sehen hier eine sehr hohe oder hohe Bedeutung). Mit Blick auf die jeweiligen Endpunkte des Ausgestaltungsspektrums, also den öffentlichen und den privaten Blockchains, ist interessant zu sehen, dass deren Bedeutung mit einem Zeithorizont von zehn Jahren sehr ähnlich eingeschätzt wird⁶⁷, während mit einem Zeithorizont von fünf Jahren die Einschätzung privater Blockchains noch weit vor der Einschätzung öffentlicher Blockchains liegt. Eine mögliche Interpretation hierfür ist, dass das Problem der mangelnden Skalierbarkeit bei öffentlichen Blockchains perspektivisch gelöst werden kann.

Mit Blick auf die Einschätzung der größten Chancen des Blockchain-Einsatzes im Mittelstand zeigen die Ergebnisse in Abbildung 3-3, dass die befragten Experten mit Blockchain vor allem **Effizienzpotenziale**

verbunden sehen, welche bspw. aus der Automatisierung von Prozessen via Smart Contracts resultieren können. Ebenfalls sehr große Chancen werden in der **Verbesserung der Qualitätssicherung/Rückverfolgung** gesehen. In dieser Einschätzung spiegelt sich wider, dass Blockchain zu einer erhöhten Transparenz in der Supply Chain führen kann, wodurch ein vereinfachtes Tracking und Tracing ermöglicht wird. Der Stärkung der Datensicherheit werden ebenfalls große Chancen durch Blockchain zugesprochen, was auf die Eigenschaft der Manipulationsresistenz der Blockchain zurückzuführen ist.

Auffallend ist, dass nach Einschätzung der Experten die geringsten Chancen in der Verringerung der Abhängigkeit von Großunternehmen gesehen werden. Hierin dürfte sich widerspiegeln, dass gegenwärtig private Blockchains die größte Relevanz im Mittelstand besitzen. Im Gegensatz zu öffentlichen Blockchains ist bei privaten Blockchains offen, ob die Position des Mittelstands gestärkt werden kann. Wie bereits in Kapitel 3.2 dargestellt, können in bestimmten Konstellationen sogar neue Abhängigkeiten von dieser Ausgestaltungsform ausgehen.

⁶⁷ Jeweils ca. 2/3 der Experten attestieren diesen Blockchain-Formen in 10 Jahren eine sehr hohe oder hohe Bedeutung.

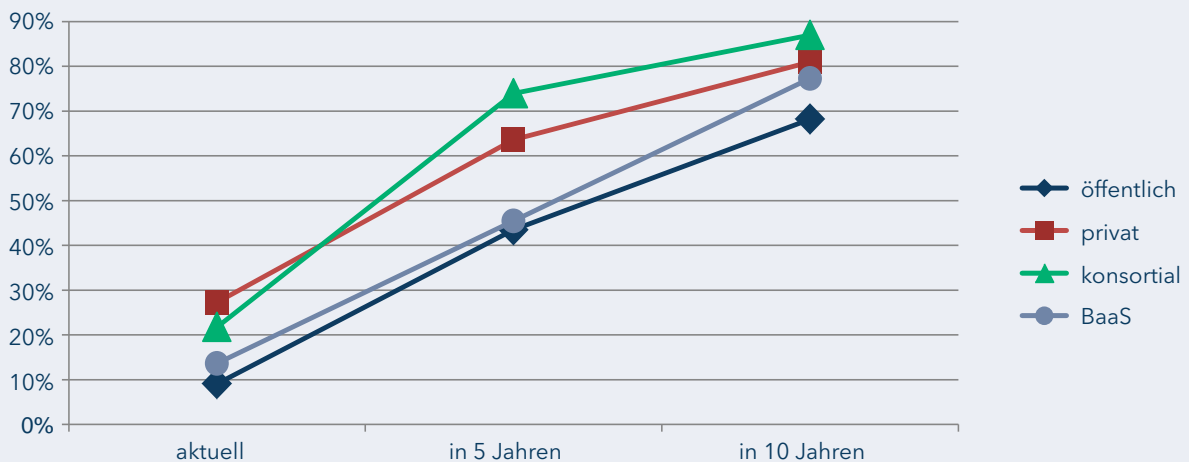


Abbildung 3-2: Anteil der Experten, die der jeweiligen Blockchain-Form eine sehr hohe oder hohe Bedeutung für den Mittelstand attestieren (Quelle: Märkel et al. (2021), n=24, 4er Skala)

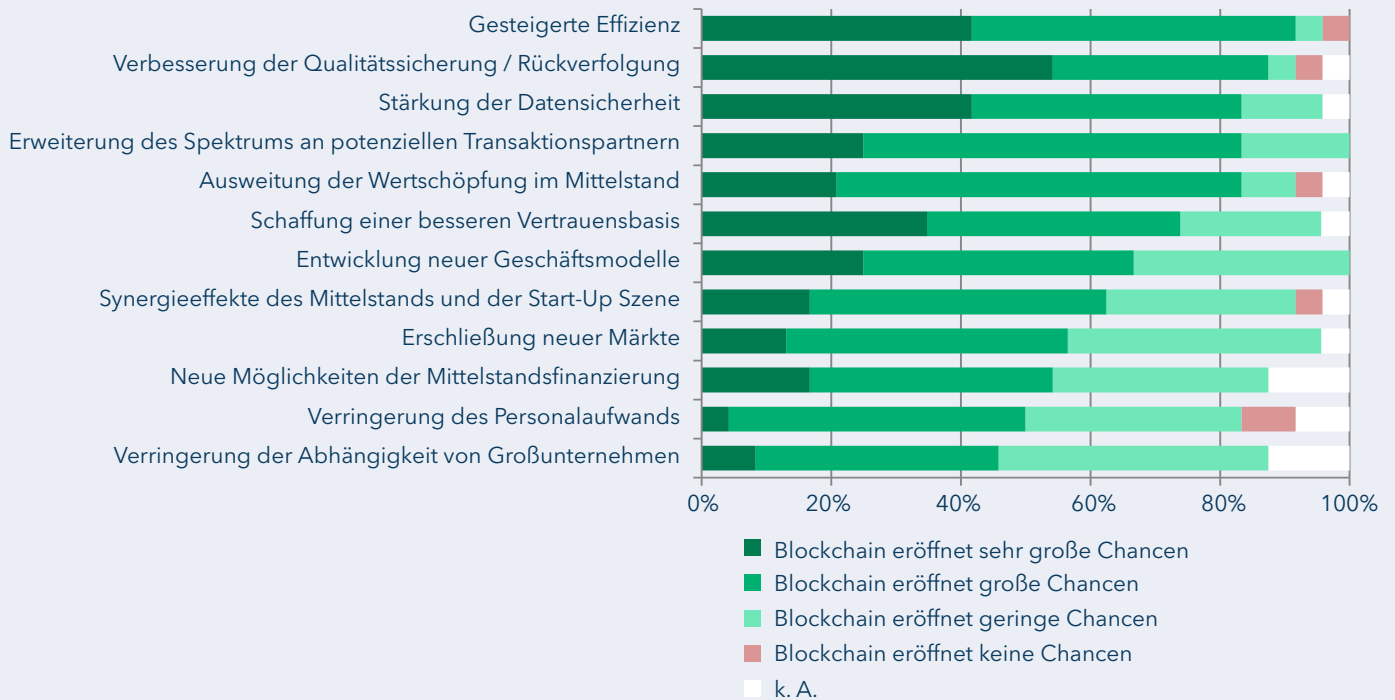


Abbildung 3-3: Einschätzung der Chancen der Blockchain-Technologie im Mittelstand in gewichteter, absteigender Reihenfolge (Quelle: Märkel et al. (2021), n=24, 4er Skala)

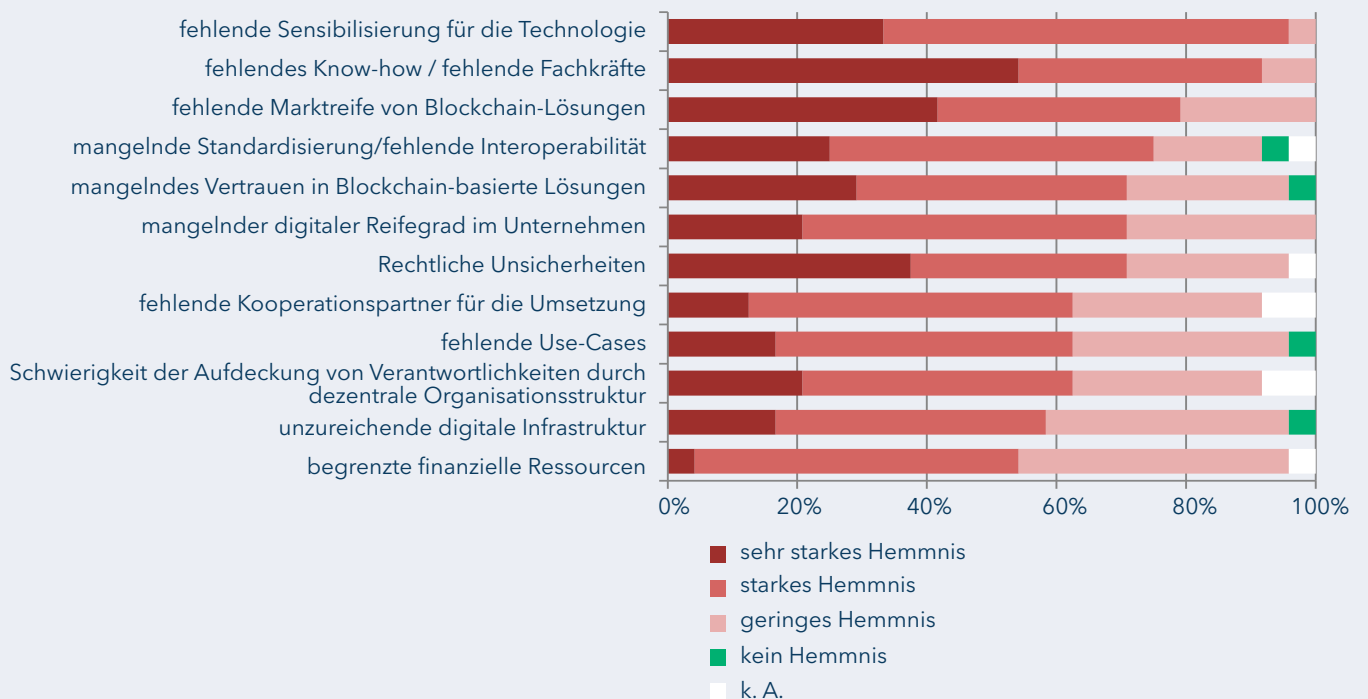


Abbildung 3-4: Einschätzung der Hemmnisse der Blockchain-Technologie im Mittelstand in gewichteter, absteigender Reihenfolge (Quelle: Märkel et al. (2021), n=24, 4er Skala)

Als stärkste Hemmnisse des Blockchain-Einsatzes im Mittelstand schätzen die Experten die **fehlende Sensibilisierung für die Technologie** sowie das **fehlende Know-how bzw. die fehlenden Fachkräfte** ein (siehe Abbildung 3-4). Auffallend ist, dass sich die Befragten in dieser Einschätzung besonders einig sind, da mehr als 90 % der Experten diese Faktoren für ein starkes oder sehr starkes Hemmnis halten. Die beiden Faktoren hängen eng zusammen: Wie in Kapitel 2 aufgezeigt, ist der Mangel an IT-Fachkräften ein allgemeines Problem im Mittelstand bei der digitalen Transformation. Fehlen die IT-Fachkräfte im Unternehmen, so ist es für dieses umso herausfordernder, für die Potenziale neuer digitaler Technologien wie der Blockchain-Technologie sensibilisiert zu sein.

Als weiteres starkes Hemmnis für den Blockchain-Einsatz im Mittelstand sehen die Experten **die fehlende Marktreife von Blockchain-Lösungen**. Dies macht deutlich, dass sich die Blockchain-Technologie noch in einer frühen Implementierungsphase befindet.

3.5 Zwischenfazit

Die vorliegenden aktuellen Umfragen zur Verbreitung der Blockchain-Technologie in der deutschen Wirtschaft machen deutlich, dass diese dort noch nicht in der Breite angekommen ist. In dieser frühen Implementierungsphase zeichnet sich jedoch ein Gefälle zwischen Großunternehmen und Mittelstand ab: Je kleiner die Unternehmen, desto geringer der Anteil, der bereits auf Blockchain setzt. Hält diese Entwicklung an, droht durch Blockchain eine Ausweitung der Digital Gap.

Mit Blick auf die verschiedenen Blockchain-Ausgestaltungsformen scheinen private Blockchains gegenwärtig die höchste Relevanz im Mittelstand zu besitzen. Dies kann auch auf die niedrigen und stabilen Transaktionsgebühren zurückgeführt werden. Diese gute Performance privater Blockchains wird jedoch durch eine Einschränkung der Dezentralität „erkauft“, wodurch die Eigenschaft der Technologie als „Trust Machine“ nur noch bedingt zum Tragen kommt. Je nach Ausgestaltung der Blockchain-Governance und Verteilung der Marktmacht in einem Wertschöpfungs-

netzwerk können daher für die beteiligten mittelständischen Unternehmen neue Abhängigkeitsverhältnisse entstehen oder bestehende verfestigt werden. Private Blockchains stärken folglich nicht per se die Position des Mittelstands. Dies hängt wesentlich von der Ausgestaltung der Blockchain-Governance ab.

Im Gegensatz dazu wird in öffentlichen Blockchains die Souveränität der Teilnehmenden durch die in der Struktur der Blockchain institutionalisierte Dezentralität gestärkt. Dadurch besteht keine Gefahr neuer Abhängigkeiten für den Mittelstand. Öffentliche Blockchains bieten damit das Potenzial, die Position der KMU stärken zu können. Allerdings sind die bestehenden Skalierungsprobleme bei öffentlichen Blockchains noch nicht vollumfassend gelöst, was sich in schwankenden Transaktionsgebühren und -geschwindigkeiten niederschlägt. Dies macht die öffentlichen Blockchains für manche Anwendungsszenarien im Mittelstand mit vielen Mikrotransaktionen, wie bspw. im IoT-Kontext, unattraktiv. Zum gegenwärtigen Entwicklungsstand öffentlicher Blockchains fokussieren sich die Anwendungen daher auf den Finanzbereich, während im realwirtschaftlichen Bereich private Blockchains vorherrschend sind.

Gemäß der Expertenumfrage von WIK-Consult wird der Blockchain-Technologie über alle Ausgestaltungsformen hinweg ein starker Bedeutungszuwachs im Mittelstand in den nächsten Jahren prognostiziert, so dass davon auszugehen ist, dass es auch in absehbarer Zukunft ein Nebeneinander der verschiedenen Ausgestaltungsformen geben wird. In Verbindung mit Blockchain sehen die Experten für den Mittelstand vor allem hohe Effizienzpotenziale durch eine Automatisierung von Transaktionen via Smart Contracts. Große Chancen werden auch in der Verbesserung der Rückverfolgung im Supply Chain Management sowie in einer Stärkung der Zuverlässigkeit der Daten gesehen. Als größte Hemmnisse einer breiten Diffusion der Blockchain-Technologie in den Mittelstand sehen die Experten die fehlende Sensibilisierung für die Technologie sowie den Mangel an Know-how in Folge des IT-Fachkräftemangels. Ebenso wird die z.T. noch begrenzte Marktreife von Blockchain-Lösungen und deren mangelnde Interoperabilität als Hemmnis gesehen.

4 ANWENDUNGSSZENARIEN DES BLOCKCHAIN-EINSATZES IM MITTELSTAND

Nachdem im vorangegangenen Kapitel das Thema Blockchain im Mittelstand eher abstrakt betrachtet wurde, sollen im Folgenden konkrete Anwendungsszenarien der Technologie im Mittelstand diskutiert werden. Zunächst lässt sich festhalten, dass sich für den Mittelstand über alle Branchen hinweg Einsatzmöglichkeiten für Blockchain als Querschnittstechnologie zeigen. Für das vorliegende Kapitel wurden exemplarisch drei Anwendungsszenarien ausgewählt⁶⁸, welche jeweils durch einen konkreten Use Case ergänzend illustriert werden. Im ersten Anwendungsszenario stehen die neuartigen Finanzierungsmöglichkeiten im Fokus, welche sich durch Blockchain für den Mittelstand bieten (Kapitel 4.1). Die Finanzierungsoptionen stehen dabei allen KMU offen, unabhängig von der Branche. Als Use Case wurde ein Beispiel einer mittelständischen Reederei aufgegriffen, um zu illustrieren, dass Blockchain auch bereits in eher konservativen Branchen wie der Schifffahrtsbranche Anwendung findet. Als zweites Anwendungsszenario dienen blockchainbasierte Asset-as-a-Service-Modelle, um zu illustrieren, wie weitreichend Blockchain die Geschäftsmodelle im Mittelstand verändern kann (Kapitel 4.2). Als Use Case wird eine Kooperation zwischen einem deutschen Start-up und einem mittelständischen Traktorenhersteller dargestellt. Im dritten Anwendungsszenario geht es um blockchainbasiertes e-Invoicing bzw. um blockchainbasierte Rechnungslegung im Mittelstand (Kapitel 4.3). Hierbei handelt es sich um ein Einsatzszenario, welches branchenübergreifende Relevanz besitzt und bei dem ein niederschwelliger Einstieg in die Technologie möglich ist. Um dies zu illustrieren, wurde als Use Case bewusst ein Beispiel aus der Baubranche ausgewählt, welche eine der am wenigsten

digitalisierten Branchen ist⁶⁹. Wie die im vorangegangenen Kapitel präsentierten Ergebnisse der DIHK-Umfrage zeigen, scheint die Adaptionrate der Blockchain-Technologie mit dem Digitalisierungsgrad der Branche zu korrelieren. Der Use Case zeigt, dass aber auch in Branchen mit niedrigem Digitalisierungsgrad eine Implementierung möglich ist.

Zu betonen ist, dass die ausgewählten Anwendungsszenarien keinesfalls als abschließend für die Einsatzmöglichkeiten der Blockchain-Technologie im Mittelstand anzusehen sind. Vielmehr sollen die ausgewählten Szenarien den Blick auf Einsatzbereiche richten, die im Gegensatz zu bspw. Kryptowährungen oder dem Tracking von Produkten bisher noch nicht im Fokus der öffentlichen Diskussion stehen, um so die Breite der Einsatzmöglichkeiten zu verdeutlichen.

4.1 Blockchain zur Refinanzierung von mittelständischen Unternehmen

Der deutsche Mittelstand ist durch eine starke Abhängigkeit von klassischen Bankkrediten seiner Hausbanken geprägt. Ca. 80 % der externen Finanzierung wird von den deutschen KMU auf diese Weise gedeckt.⁷⁰ Damit ist dieser Anteil doppelt so hoch wie in den USA (ca. 40 %) und liegt auch deutlich über dem europäischen Durchschnitt von ca. 70 %.⁷¹ Der Unterschied zwischen den USA und Europa lässt sich darauf zurückführen, dass die regulatorischen Anforderungen in der EU an die Emission von Wertpapieren als klassische Finanzierungsalternative dazu führen, dass der damit verbundene administrative Aufwand so hoch ausfällt, dass diese Instrumente für die Finanzierungsvolumina von KMU unrentabel werden.⁷² Die hieraus entstehende Abhängigkeit von

⁶⁸ Die Auswahl der Anwendungsszenarien geht dabei auf die im Rahmen des Fachdialogs Blockchain durchgeführte Expertenberatung zurück. Ausgewählt wurden Einsatzszenarien, die von den konsultierten Experten häufig als besonders geeignete Einsatzgebiete der Blockchain-Technologie im Mittelstand genannt wurden. Nähere Informationen zur Expertenberatung finden sich in der im Rahmen des Moduls „Token-Ökonomie“ erschienenen Studie des Fachdialogs (siehe Culotta et al. (2021)).

⁶⁹ Vgl. Telekom (2020).

⁷⁰ Vgl. Schwartz / Gerstenberger (2019).

⁷¹ Vgl. Boata (2019).

⁷² Vgl. Buschke / Gryger (2020).

den Hausbanken führt zu einer Finanzierungslücke für den Mittelstand in Europa, welche in einer Studie des Kreditversicherers Euler Hermes für die Eurozone für das Jahr 2019 auf ca. 400 Mrd. EUR beziffert wurde.⁷³ Eine sich abzeichnende restriktivere Geldpolitik in Form höherer Leitzinsen würde das Problem der Finanzierungslücke im Mittelstand weiter verstärken. Zusätzlich wird die Situation durch die im Zuge von Basel III und Basel IV in Kraft gesetzten höheren Eigenkapitalanforderungen verschärft, welche zu einer restriktiveren Kreditvergabe der Banken führen.⁷⁴ Zwar soll dem Durchschlagen dieser Entwicklung auf den Mittelstand mit dem sogenannten „KMU-Korrekturfaktor“ entgegengewirkt werden. Demnach müssen die Banken der Eurozone für Kredite an KMU bis zu einer Höhe von 1,5 Mio. Euro nur ca. 75 % der vorgeschriebenen Eigenkapitalanforderungen erfüllen. Insgesamt zeigt sich aber eine seit dem Jahr 2019 im Trend restriktivere Kreditvergabe an mittelständische Unternehmen, wie die Auswertung der KfW und des ifo-Instituts in Abbildung 4-1 verdeutlicht.⁷⁵

In Ergänzung zum Problem der Finanzierungslücke stellen vor allem die langwierigen Bearbeitungsprozesse bei klassischen Bankkrediten eine Herausfor-

derung für mittelständische Unternehmen dar. Die Bedeutung des Faktors Geschwindigkeit bei der Kreditvergabe wurde zuletzt in der Corona-Krise deutlich sichtbar. In einer von der TU Darmstadt und dem Finanzdienstleister creditshelf durchgeführten Befragung unter mittelständischen Unternehmen gaben 85 % an, dass die Bearbeitungsdauer bei der Kreditvergabe die Unternehmen in der Krise vor Probleme gestellt hat.⁷⁶

Vor dem Hintergrund dieser Ausgangslage bietet die Blockchain-Technologie die Möglichkeit, die Abhängigkeit des Mittelstands von klassischen Bankkrediten zu verringern. Der Ansatz besteht darin, die Refinanzierung des Unternehmens über die Herausgabe von Token zu ermöglichen. In einer ersten Phase (ca. 2017/18) sind hier sogenannte Initial Coin Offerings (ICO) hervorgetreten. Hierbei werden in der Regel Utility Token herausgegeben. Bei diesen werden durch das emittierende Unternehmen keine Sicherheiten verbrieft, sondern es sind mit den Token in der Regel lediglich Nutzungsrechte verknüpft.⁷⁷ Daher entgehen ICOs in der Regel der Finanzmarktaufsicht. Die Folge ist, dass das Instrument kaum reguliert ist, was dazu führt, dass die administrativen Kosten eines ICOs gering sind. Allerdings sind ICOs mit einem sehr hohen Risiko verbunden, sowohl aus Emitten-

73 Vgl. Boata (2019). Die Finanzierungslücke entsteht dadurch, dass von den Banken nicht alle beantragten Kredite der KMU gewährleistet werden.
 74 Vgl. Boata / Gerdes (2019).
 75 Vgl. KfW (2021a).

76 Vgl. creditshelf (2020), S.7.
 77 Vgl. BTC-Academy (2022).

KfW-ifo-Kredithürde: Wie verhielten sich die Banken in Kreditverhandlungen?



Abbildung 4-1: Entwicklung der Kredithürde für KMU (Quelle: KfW (2021a))

| | IPO | ICO | STO |
|------------------------------|--------------|-------------------------|----------------------|
| Emittiertes Produkt | Aktie | (i.d.R.) Utility Token | Security Token |
| Emission via | Börse | Blockchain-Plattform | Blockchain-Plattform |
| Kapitalform | Eigenkapital | i.d.R. keine Securities | Mezzanine |
| Regulatorische Anforderungen | sehr hoch | sehr niedrig | hoch |
| Administrative Kosten | sehr hoch | niedrig | mittel |
| Zeitlicher Aufwand | sehr hoch | niedrig | mittel |
| Betrugsgefahr | gering | hoch | gering |
| Finanzvolumina | hoch | beliebig | beliebig |
| Rechtsunsicherheit | sehr niedrig | hoch | niedrig |

Tabelle 4-1: Vergleich von IPO, ICO und STO (Quelle: Eigene Darstellung)

tensicht (Rechtsunsicherheiten) als auch aus Investorensicht (hohe Volatilität, hohes Totalverlustrisiko).⁷⁸ Für den Mittelstand kann ein ICO als Instrument zur Finanzierung daher insgesamt als ungeeignet angesehen werden.

Mit dem **Security Token Offering** (STO) steht dem Mittelstand eine regulierte Alternative zu ICOs zur Verfügung. Im Gegensatz zu Utility Token stellen Security Token eine digitale Repräsentation einer Vermögensanlage dar. Aus diesem Grund werden Security Token als Finanzmarktprodukte eingestuft. Die Folge ist, dass für STOs eine Genehmigungspflicht durch die Finanzmarktaufsicht besteht, welche in Deutschland durch die BaFin wahrgenommen wird.⁷⁹

⁷⁸ Vgl. Fußwinkel / Kreiterling (2018).

⁷⁹ Siehe hierzu die Definition eines Security Token durch Lambert et al. (2021), S.4: "A security token is a digital representation of an investment product, recorded on a distributed ledger, subject to regulation under securities laws."

Durch die Genehmigungspflicht wird die Rechtsunsicherheit für KMU stark reduziert und Betrug vorgebeugt. Dem gegenüber stehen im Vergleich zum ICO höhere administrative Kosten für die KMU, welche allerdings im Vergleich zur klassischen börsenbasierten Kapitalmarktfinanzierung deutlich geringer ausfallen.⁸⁰ Aus der Gegenüberstellung eines STO mit einem ICO und einem klassischen börsennotierten Initial Public Offering (IPO) in Tabelle 4-1 wird ersichtlich, dass ein STO Eigenschaften aufweist, die dieses Instrument für den Mittelstand als Finanzierungsinstrument interessant werden lässt: Als reguliertes Instrument weist es die nötige Seriosität und (Rechts-)Sicherheit auf, während sich der damit verbundene administrative Aufwand für ein KMU in Grenzen hält.

⁸⁰ In einer Studie von cashlink und Finoa werden die Kosteneinsparungen eines STOs im Vergleich zu einer traditionellen Verbriefung eines Wertpapiers auf 35 % - 65 % beziffert (siehe cashlink / Finoa (2020)).

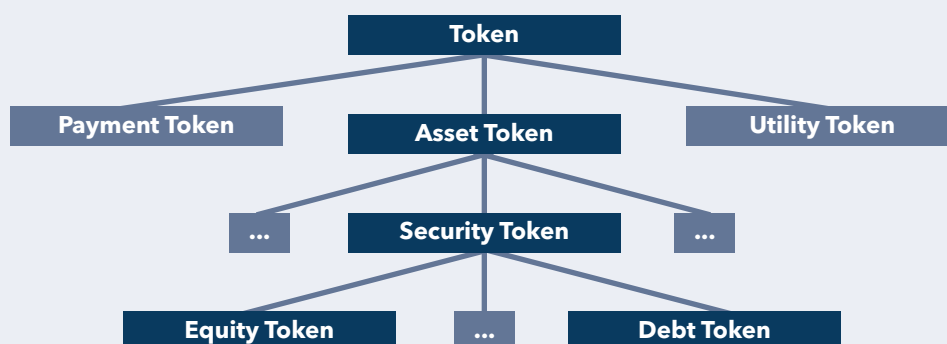


Abbildung 4-2: Einordnung der Security Token (Quelle: Eigene Darstellung)

Emission des Green Ship Tokens durch die Reederei Vogemann

Die Schiffsbranche ist geprägt durch besonders kapitalintensive Investitionen. Seit der Finanz- und Bankenkrise in den Jahren 2008/09 ist eine spürbare Verschlechterung der Finanzierungssituation in dieser Branche zu verzeichnen. Für die bis dahin übliche Finanzierung von Schiffen über KG-Beteiligungen und Publikumsfonds hat sich seither die Gewinnung von Investoren erschwert.

Vor diesem Hintergrund hat sich die mittelständische Reederei Vogemann aus Hamburg (gegründet 1886) dazu entschieden, für die Anschaffung von emissionsarmen Schüttgutfrachtern auf ein STO als alternative Finanzierungsform zu setzen. Die Frachter der Green-Dolphin Klasse sollen ca. 40% Treibstoff einsparen, was auch zu einer starken Reduktion des CO₂-Ausstoßes führt. In Kooperation mit dem Start-up iVE.ONE aus Frankfurt als technischem Partner und dem Start-up Neofin aus Hamburg als Vertriebspartner wurde hierzu der „**Green Ship Token**“ emittiert. Dabei handelt es sich um unverbriefte, nachrangige tokenisierte Genussrechte mit einer festen jährlichen Verzinsung zuzüglich einer variablen Gewinnbeteiligung. Die Genussrechte sind in diesem Fall so ausgestaltet, dass dem Investor ausschließlich Gläubigerrechte, aber keine Gesellschafterrechte, also bspw. Mitwirkungs- oder Stimmrechte, gewährt werden. Der Token ist dementsprechend als Debt Token einzuordnen. Jeder Token weist einen Nennwert von 1 USD auf. Die minimale Investitionssumme betrug 1.000 USD bzw. 1.000 Token, wobei insgesamt 50 Mio. Token zur Ausgabe bereit standen. Die Investition stand sowohl institutionellen Anlegern als auch Privatanlegern offen. Die Ausgabe erfolgte im Juli 2020 mit einer maximalen Laufzeit von 15 Jahren.

Die Genehmigung des STOs erfolgte in diesem Fall durch die Aufsichtsbehörde in Liechtenstein. Der Grund besteht darin, dass das Genehmigungsverfahren in Liechtenstein im Vergleich zu Deutschland weniger zeitintensiv ist. Ebenso war zum Zeitpunkt der Emission des Green Ship Token das Gesetz über elektronische Wertpapiere (eWpG) in Deutschland noch nicht in Kraft, so dass keine rein digitale Emission auf der Blockchain möglich gewesen wäre, sondern zusätzlich eine Verbriefung außerhalb der Blockchain hätte erfolgen müssen, wodurch der administrative Aufwand gestiegen wäre.

Technisch basiert der STO auf der Ethereum-Blockchain und damit auf einer öffentlichen Blockchain-Lösung.

Den größten Vorteil eines STOs im Vergleich zu herkömmlichen Finanzierungsmethoden sieht die Vogemann Reederei darin, dass die Transaktionskosten pro Zeichner gegen Null tendieren. Damit können ganz neue Investorengruppen wie bspw. Kleinanleger gewonnen werden. Als die größte Hürde schätzt die Vogemann Reederei ein, dass noch viele Vorurteile gegenüber der Technologie vorherrschen, was manche potenzielle Anleger vor einer Investition zurückschrecken lässt.

Börsennotierte Kapitalmarktfinanzierungen scheitern im Mittelstand auch daran, dass der damit verbundene administrative Aufwand und der dadurch entstehende Fixkostenblock nicht im Verhältnis zum emittierenden Finanzvolumen steht. Dieses Problem kann durch eine blockchainbasierte Finanzierung via STO aufgelöst werden.

Wie in Abbildung 4-2 ersichtlich, lässt sich bei Security Token im Wesentlichen zwischen zwei Token-Formen differenzieren. *Equity Token* ähneln eher einer Eigenkapitalbeteiligung. Hier partizipiert der Investor am Geschäftserfolg. *Debt Token* ähneln hingegen einer Fremdkapitalfinanzierung.⁸¹ Der Investor erhält hier

in der Regel eine feste Verzinsung des eingesetzten Kapitals. Dabei ist zu beachten, dass die Abgrenzung in den seltensten Fällen trennscharf verläuft. In der Regel handelt es sich bei den Token um Mezzanine, also um eine Mischform aus Eigen- und Fremdkapital. Die konkrete Ausgestaltung des Tokens und die damit einhergehenden Rechte und Pflichten können dabei individuell vom emittierenden KMU gestaltet werden.

In der Tendenz zeichnet sich bei den bisher erfolgten STO ab, dass *Equity Token* vor allem bei Start-up Finanzierungen Anwendung finden, während *Debt Token* vorzugsweise bei Bestandsunternehmen zum Einsatz kommen.⁸² Für den klassischen deutschen

⁸¹ Die hier getroffene Klassifizierung orientiert sich an Krüger / Lampert (2018).

⁸² Vgl. Lambert et al. (2021).

Mittelstand dürften daher vor allem Debt Token von Relevanz sein (siehe hierzu auch exemplarisch die Infobox zur Emission des Green Ship Token der Vogemann Reederei). Die Debt Token ähneln in ihrer Struktur dabei am ehesten einem klassischen Bankkredit. Im Vergleich zum Bankkredit kann ein STO jedoch zielgenauer auf die Bedürfnisse des KMU zugeschnitten werden, indem die Charakteristika des Token als Hybrid zwischen Eigen- und Fremdkapital individuell gestaltet werden können.

Zusammenfassend lässt sich konstatieren, dass sich für den Mittelstand durch STO eine neue Finanzierungsquelle eröffnet, die flexibler, schneller und kostengünstiger sein kann als herkömmliche Finanzierungsmethoden und gleichzeitig die Abhängigkeit des Mittelstands von der Hausbank mildern kann.

Der erste STO in Deutschland erfolgte Anfang 2019 durch das FinTech Bitbond.⁸³ Das erste mittelständische Unternehmen, welches in Deutschland auf einen STO zurückgegriffen hat, war die Restaurantkette L'Osteria mit einem Volumen von 2,3 Millionen

⁸³ Siehe hierzu www.bitbondsto.com.

Euro im Jahr 2020.⁸⁴ Insgesamt ist der STO-Markt in Deutschland bisher noch überschaubar.⁸⁵ Anhand der entstehenden Start-ups und Plattformen für STOs zeichnet sich jedoch ab, dass dieses Instrument zeitnah an Bedeutung gewinnen wird.⁸⁶

4.2 Blockchain als Grundlage zur Rechnungslegung bzw. des e-Invoicings

Die Rechnungslegung und das Berichtswesen sind derzeit in vielen Unternehmen noch durch vielfältige manuelle Prozessschritte gekennzeichnet, die einen hohen Arbeitsaufwand erfordern und oft eine hohe Fehleranfälligkeit aufweisen (z. B. durch das manuelle Übertragen von Informationen).⁸⁷ Abbildung 4-3 veranschaulicht beispielhaft die erforderlichen Prozessschritte für die Supply Chain.

⁸⁴ Zum STO von L'Osteria siehe: <https://www.invesdor.de/projekte/b09f4821-4618-422b-b065-0d41d9452656#/>.

⁸⁵ Die Seite www.stocheck.com listet gegenwärtig 10 STOs in Deutschland (Stand Februar 2022).

⁸⁶ Zu nennen sind hier bspw. die deutschen Start-ups Tangeny, NeoFin und Chainlink.

⁸⁷ Vgl. VeR (2021). Dies gilt sowohl für B2C-, B2B- als auch B2G-Invoicing.



Abbildung 4-3: Prozessschritte in der Supply Chain (Quelle: VeR (2021: 4))

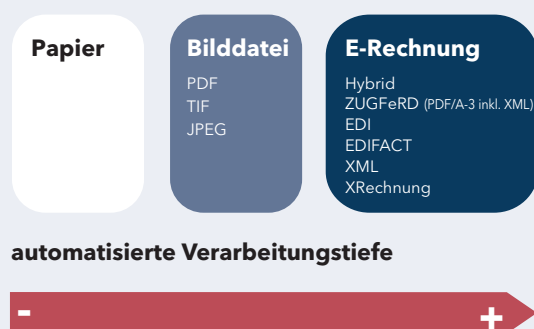


Abbildung 4-4: Automatisierte Verarbeitungstiefe von Rechnungsformaten (Quelle: VeR (2021: 3))

Obwohl der Anteil von E-Rechnungen deutlich angestiegen ist, liegt der Anteil papiergebundener Rechnungen EU- und deutschlandweit immer noch bei über 50 %.⁸⁸ Durch die Einführung von elektronischen Rechnungen (E-Rechnungen) kann die automatisierte Verarbeitungstiefe jedoch deutlich verbessert werden (siehe Abbildung 4-4), wodurch sich unnötige Kosten durch Medienbrüche, fehlerhafte (manuelle) Informationsübertragung, langwierige Abstimmungsprozesse und störanfällige Workflows deutlich reduzieren lassen.

E-Rechnungen sorgen aufgrund der geringeren Fehleranfälligkeit und der Automatisierungsmöglichkeiten für effizientere und transparentere Prozesse bei der Rechnungsabwicklung. Die Kosteneinsparung im Vergleich zu papiergebundenen Rechnungen wird auf rund 60 % geschätzt.⁸⁹ Durchlaufzeiten können signifikant verkürzt werden, was wiederum die Steigerung von Skontoerträgen ermöglicht. Ferner kann durch die schnellere Zustellung von Rechnungen der Zeitraum bis zur Zahlung verkürzt werden, wodurch die Liquiditätssituation eines Unternehmens verbessert werden kann. Allen voran KMU leiden aufgrund ihrer begrenzten finanziellen Ressourcen und Finanzierungsmöglichkeiten unter Zahlungsverzögerungen, was bspw. in der Baubranche zu einem erhöhten Insolvenzrisiko führt (siehe hierzu auch exemplarisch die Infobox zum BIMcontracts-Projekt in der Baubranche).

Es sei zudem darauf hingewiesen, dass mit der Einführung von e-Invoicing auch die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften im B2B- und B2G-Invoicing gewährleistet wird, da durch die EU Richtlinie 2014/55/EU die E-Rechnung in diesen Segmenten verpflichtend wird.

Von blockchainbasierten e-Invoicing- und e-Reporting-Systemen können dabei die höchsten Einsparpotenziale beim administrativen Aufwand ausgehen.⁹⁰ Statt separater Business-Systeme, in denen die Rechnungen abgelegt werden, bildet eine Blockchain-Lösung einen universellen Layer, auf dem alle beteiligten Akteure im Invoicing-Prozess (Käufer, Verkäufer, Banken, Invoicing-Dienstleister und staatliche Stellen) aktiv sind. Transaktionsdokumente wie Rechnungen müssen nicht mehr von einem Akteur zum anderen (bspw. vom Verkäufer zum Käufer) verschickt werden, sondern es wird via Blockchain eine manipulationssichere Referenz zum Originaldokument hergestellt.⁹¹ Der Dokumentenaustausch via EDI (Electronic Data Interchange), welcher gegenwärtig beim e-Invoicing die Regel ist, kann hierdurch ersetzt werden.⁹² Zu den klaren Vorzügen eines blockchainbasierten Ansatzes gegenüber EDI zählt, dass für jeden Akteur die für ihn relevanten Informationen und ggf. Änderungen im Rechnungserstellungsprozess jederzeit in Echtzeit zugänglich sind. Damit kann beispielweise die Bankabstimmung („Balance Sheet reconciliation“) als administrativer Schritt eingespart

⁸⁸ Vgl. Koch (2021).

⁸⁹ Vgl. z.B. VeR (2021) und Bitkom (2020).

⁹⁰ Vgl. nachfolgend z.B. Accenture (2016).

⁹¹ Vgl. Deloitte (2016).

⁹² Vgl. Koch (2019), S.54ff.

Blockchain im Handwerk und im Baugewerbe: Das Projekt „BIM-Contracts“

Das Handwerk und insbesondere das Baugewerbe sind häufig durch komplexe Vertragskonstruktionen geprägt. Dies resultiert daraus, dass die vielen an einem Projekt beteiligten Parteien häufig auf der Grundlage von bilateral geschlossenen Verträgen zusammenarbeiten. Aus diesen verflochtenen Vertragsbeziehungen resultiert eine hohe Vulnerabilität der Prozesse: Störungen bei einzelnen Abläufen können oftmals zu Verzögerungen in der gesamten Zahlungskette führen, woraus wiederum unverschuldete Insolvenzen für am Projekt beteiligte Unternehmen entstehen können. Im Zusammenspiel mit dem in diesen Branchen geringen Digitalisierungsgrad (vgl. Telekom (2020)) und der damit einhergehenden vorherrschenden analogen Rechnungsabwicklung erhöht sich für Nachunternehmer das Risiko erhöhter Forderungslaufzeiten nochmals. Insbesondere für KMU mit ihren begrenzten finanziellen Reserven resultiert hieraus ein erhöhtes Liquiditätsrisiko. Dieses Risiko spiegelt sich auch darin wider, dass das Baugewerbe die höchsten Zahlungsverzugszeiten aller Branchen aufweist (vgl. Creditreform (2022)).

Der Gesetzgeber unternimmt seit längerem Versuche hier gezielt entgegenzuwirken: Das Gesetz zur Beschleunigung von Zahlungen (2000), das Forderungssicherungsgesetz (2008) sowie die Reform des Bauvertragsrechts (2017/2018) zielten darauf ab, die Liquiditätsschwierigkeiten des Baugewerbes abzuschwächen, konnten das Niveau der dargelegten Risiken allerdings nicht nachhaltig auf das der anderen Branchen reduzieren. Mit dem Projekt BIM-Contracts, welches im August 2019 vom BMWK initiiert wurde, wird erprobt, inwieweit das Zusammenspiel der Blockchain-Technologie in Verbindung mit Smart Contracts und der BIM-Methodik (Building Information Modeling) dazu führen kann, die Ausfallquoten zu verringern und Bezahlvorgänge zu beschleunigen, indem Zahlungen unverzüglich nach der Leistungserbringung ausgelöst werden.

Der Einsatz der Blockchain-Technologie bietet die Möglichkeit, die Informationen zu ausgeführten Leistungen und Prüfungen revisionssicher und transparent zu hinterlegen. Findet bspw. die Abnahme einer erbrachten Leistung statt, so kann der Bauleiter diese Information über ein mobiles Endgerät auf die Blockchain übertragen. Basierend auf diesen Daten kann mittels Smart Contracts eine unverzügliche Vergütung der Leistung erfolgen. Eine solche Zahlungsabwicklung ist auch, abhängig von dem vorher hinterlegten Abrechnungsmodell, kleinteilig möglich. Zudem wird durch die Blockchain-Lösung die Transparenz in Bauprojekten erhöht, indem es für die Nachunternehmer einfach nachzuvollziehen ist, welche Leistungen mit einem Mangel angemerkt und welche ohne Beanstandung akzeptiert wurden. Die Nutzung einer solchen blockchainbasierten e-Invoicing Lösung im Baugewerbe kann also zu einer Automatisierung der Prozesse, einer transparenteren Rückverfolgung geleisteter Zahlungen sowie einer besseren Vertrauensbasis der beteiligten Unternehmen führen.

Die Fertigstellung einer Demonstrationsversion ist für Mitte 2022 geplant. Es wird dabei voraussichtlich eine konsortiale Blockchain verwendet. Eine besondere Herausforderung in der Bau- und Handwerksbranche besteht in dem relativ geringen Digitalisierungsgrad. Daher wird bei dem Projekt auf die Einbindung kleinerer Handwerksbetriebe ein besonderer Fokus gelegt.

werden. Zudem nimmt die Blockchain eine Authentifizierungsfunktion wahr, wodurch Betrug vorgebeugt wird. In einem blockchainbasierten e-Invoicing-System ist es beispielsweise nicht mehr möglich, die gleiche Rechnung mehrmals auszustellen. Zudem muss die Identitätsprüfung des Transaktionspartners nicht mehr manuell durchgeführt werden, sondern kann automatisiert über die Blockchain erfolgen. Ein blockchainbasiertes e-Invoicing System hat folglich das Potenzial, den Procure-to-Pay Prozess in KMU deutlich zu verkürzen und damit die Liquidität im Mittelstand zu erhöhen.⁹³ Gerade für mittelständische Unternehmen, die häufig durch eine eher kleinteilige Transaktionsstruktur geprägt sind, bietet die Lösung damit Effizienzpotenzial. Die Blockchain bietet also

die Möglichkeit, den vom klassischen auf EDI beruhenden e-Invoicing ausgehenden Mehrwert für KMU nochmals zu steigern.

Durch die Einbindung staatlicher Stellen (bspw. Steuerbehörden) in die Blockchain-Lösung lässt sich zudem der Aufwand für die Berichtspflichten der Unternehmen verringern, indem die für die Behörde notwendigen Transaktionsinformationen automatisch im Ledger gespeichert werden und für die Behörden zugänglich sind. Aus staatlicher Sicht bietet eine solche Blockchain-Lösung, gemeinsam mit e-Invoicing, zudem die Chance, für mehr Steuergerechtigkeit zu sorgen, indem bestehende Steuerlücken geschlossen bzw. zumindest verringert werden können (bspw.

⁹³ Vgl. Capgemini (2021).

bei der Mehrwertsteuer).⁹⁴ Auf diese Weise ließe sich auch das im Koalitionsvertrag der Bundesregierung vereinbarte Ziel der schnellen Einführung eines bundesweit einheitlichen e-Invoicing Systems zur Reduzierung des Mehrwertsteuerbetrags verwirklichen. Eine Herausforderung zur Implementierung eines obligatorischen e-Invoicings kann jedoch im B2C-Bereich darin gesehen werden, dass gemäß Art. 232 MwStSystRL und § 14 Absatz 1 S. 7 UStG die Zustimmung des Rechnungsempfängers zum Erhalt einer elektronischen Rechnung erforderlich ist. Hier wären also Anpassungen im Rechtsrahmen erforderlich.

4.3 Blockchain als Grundlage von Asset-as-a-Service Geschäftsmodellen

Die deutsche Wirtschaft steht in einem intensiven internationalen Wettbewerb. In einer aktuellen Umfrage unter Geschäftsführern von KMU wird, nach dem Fachkräftemangel, ein zunehmender Wettbewerb als das größte Risiko für den deutschen Mittelstand eingestuft.⁹⁵ Die Vulnerabilität mittelständischer Unternehmen in Bezug auf wettbewerbs-

bedingte Implikationen zeigt sich z. B. in den durch die Corona-Pandemie bedingten Absatzrückgängen. Während die Gesamtwirtschaft einen Rückgang um 10,7 % zu verzeichnen hatte, haben KMU rund 17 % Exportrückgang zu verkraften.⁹⁶ Der Mittelstand war mithin überproportional von den Nachfragerückgängen im Ausland, Störungen in den internationalen Lieferketten, Transportschwierigkeiten und Grenzkontrollen infolge der Pandemie betroffen. Eine weitere Herausforderung für KMU in diesem Kontext stellt die bereits weiter oben aufgeführte Finanzierungslücke dar, was kapitalintensive Anschaffungen oder umfangreiche Investitionen erschwert.⁹⁷

Dies bedeutet, dass der deutsche Mittelstand sowohl in Bezug auf eine Verbesserung seiner Absatzmöglichkeiten als auch hinsichtlich der Reduktion seines Finanzierungsbedarfs gesteigerten Handlungsbedarf hat.⁹⁸ Blockchainbasierte Asset-as-a-Service Geschäftsmodelle könnten hier ein Lösungsansatz sein. Anstelle des Kaufs eines kapitalintensiven Assets vom Produzenten mietet der Kunde bei Asset-as-a-Service Modellen je nach Bedarf das entsprechende Asset beim Produzenten. Dieses bleibt somit in

94 In der EU wird die Lücke zwischen eigentlich zu zahlender und tatsächlich abgeführter Mehrwertsteuer z.B. für 2019 auf rund 134 Mrd. Euro (bzw. 10,3 % des Steueraufkommens) beziffert. Siehe Europäische Kommission (2021).
95 Vgl. Suhr (2020).

96 Vgl. KfW (2021b): KfW-Internationalisierungsbericht 2021. Corona-Krise lässt das Auslandsgeschäft des Mittelstands einbrechen.
97 Vgl. Boata (2019).
98 Vgl. Deutsche Leasing (2020).

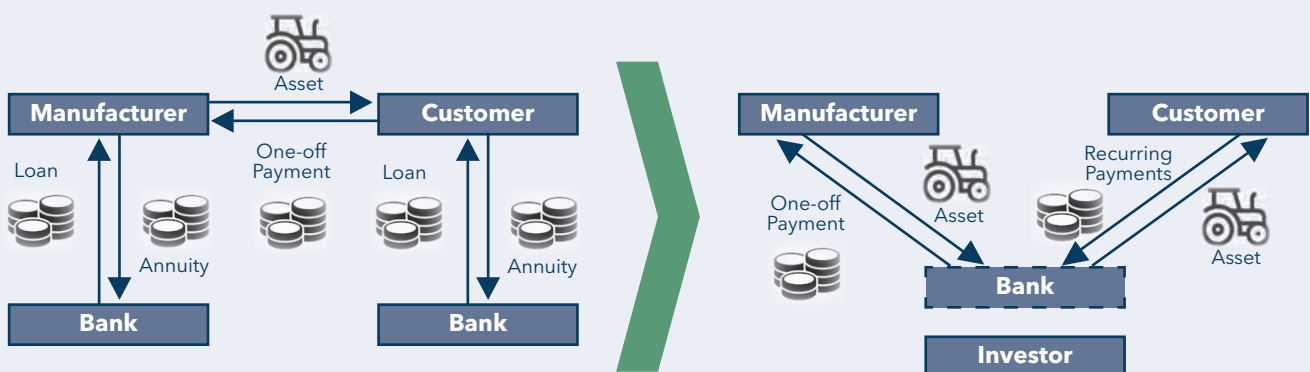


Abbildung 4-5: Veränderung der Kundenbeziehungen durch Asset-as-a-Service Geschäftsmodelle (Quelle: Forster (2022))

Besitz des Produzenten und wird nur bei Bedarf an den Kunden vermietet, der dem Produzenten eine entsprechende Mietzahlung leistet. Die Veränderung der Kundenbeziehungen ist in Abbildung 4-5 dargestellt. Während gegenwärtig der Kunde die Finanzierung zum Erwerb des Assets über ein Finanzinstitut (i.d.R. eine Bank) sicherstellen muss, entfällt diese Notwendigkeit zukünftig. Je nach Gebrauch bzw. Nutzung des Assets leistet er, anstelle einer kapitalintensiven Anschaffung, wiederkehrende (Miet-)Zahlungen (pay-per-use), was die Finanzierungsnotwendigkeiten entsprechend reduziert. Beim Kunden findet mithin eine Verlagerung von Capex (Capital Expenditures) zu Opex (Operational Expenditures) statt. Dieser Ansatz erhöht somit die Flexibilität der Produktionskapazitäten beim Kunden, erleichtert den Einstieg in neue Produkte und Produktionsverfahren und bewahrt niedrigschwellig auch in schwierigen Märkten die Handlungsfähigkeit der KMU. Ferner verlagert sich das Auslastungsrisiko vom Kunden auf den Produzenten.⁹⁹

Trotz des Risikos, das Asset durch entsprechende Nutzung auszulasten, das bei Pay-per-Use-Modellen beim Produzenten verbleibt, kann auch die Herstellerseite (Anlagen- und Maschinenbauer, etc.) von diesem Ansatz profitieren, indem eine an die tatsächliche

Nutzungsintensität angepasste Abrechnung erreicht werden kann und/oder neue Kundengruppen erschlossen werden können. Letzteres korrespondiert mit dem verminderten Finanzierungsbedarf bei potenziellen Kunden. Die Pay-per-Use-Lösung ermöglicht es nun auch finanzschwächeren Kunden, die Produkte des Herstellers zu nutzen, die ihrerseits somit wiederum ihre Kundenbasis verbreitern können.¹⁰⁰

Bei Pay-per-Use-Modellen muss der Hersteller die Nutzung überwachen bzw. kontrollieren können und der Abrechnungsprozess muss entsprechend der Nutzung gestaltet werden können. Aufgrund der damit verbundenen Transaktionskosten konzentrieren sich herkömmliche Pay-per-Use-Geschäftsmodelle in der Regel auf sehr kapitalintensive Assets, die vom Kunden in einer regelmäßigen Art und Weise genutzt werden.¹⁰¹ Blockchain vereinfacht das Monitoring enorm aufgrund der Fähigkeit, Transparenz herzustellen und dem damit einhergehenden verbesserten Tracking. Durch Blockchain werden somit Asset-as-a-Service Modelle auch für weniger kapitalintensive Assets attraktiv, die auch unregelmäßig genutzt werden können. Es können somit niederschwelligere Angebote durch Blockchain realisiert und auch kleinteiligere Transaktionen wirtschaftlich abgewickelt werden.¹⁰²

¹⁰⁰ Vgl. MHP (2021).

¹⁰¹ Beispielhaft sei auf Mietverträge für Wohnungen verwiesen.

¹⁰² Vgl. z.B. Usländer et al. (2021).

⁹⁹ Vgl. Deutsche Bank (2022), S. 11f.



Abbildung 4-6: Blockchainbasierte Asset-as-a-Service Geschäftsmodelle (Quelle: Forster (2022))

Blockchainbasiertes Pay-per-Use-Modell – Lindner Traktorenwerke und CashOnLedger

Für den mittelständischen Traktorenbauer Lindner aus Österreich hat die nutzungsbasierte Vermietung von Nutzfahrzeugen im Vergleich zum klassischen Verkauf stark an Bedeutung gewonnen. Eine neue Kundengruppe, die sogenannten „Smarten Landwirte“, die der Arbeit als Agronom lediglich nebenberuflich nachgehen und damit von einer kapitalintensiven Investition in eigene Landmaschinen Abstand nehmen, verstärkte den Stellenwert des Mietgeschäfts weiter. Mit der wachsenden Bedeutung des Mietgeschäfts konnten dabei zwei hauptsächliche Probleme identifiziert werden: Aufgrund der manuell erfolgten Rechnungsabwicklung war mit dem Mietprozess ein hoher administrativer Aufwand verbunden. So war nach Angaben des Unternehmens eine Vollzeitkraft mit der Vermietung von 20 Fahrzeugen ausgelastet. Zum anderen lagen dem Unternehmen nur Daten zur Mietdauer der jeweiligen Fahrzeuge vor, nicht jedoch zur Intensität der Nutzung. Als Folge war eine individuelle nutzungsgerechte Abrechnung nicht möglich. Zudem herrschte hierdurch eine Unsicherheit bzgl. der Beurteilung des Restwerts der Nutzfahrzeuge.

In einer Zusammenarbeit mit dem Kölner Start-Up CashOnLedger wurden diese Probleme angegangen. Das Start-up hat für Lindner ein blockchainbasiertes Abrechnungssystem entwickelt, welches eine automatisierte und nutzungsgerechte Zahlungsabwicklung in diesem Asset-as-a-Service Modell ermöglicht. Dazu wurden die Traktoren des österreichischen Herstellers mit Sensoren ausgestattet. Die erfassten Daten werden nach der jeweiligen Nutzungsintensität klassifiziert und auf eine Blockchain übertragen. Basierend auf den ausgewerteten Daten erfolgt automatisiert mittels Smart Contracts eine nutzungsgerechte Abrechnung, in deren Folge das Prepaid-Konto des Kunden unmittelbar belastet wird. Die Abrechnung wird zusätzlich im ERP-System von Lindner hinterlegt, wodurch eine digitale Schnittstelle zwischen Abrechnung, Buchhaltung und Zahlungsvorgang besteht.

Nach Angaben von Lindner konnte durch diese Lösung, welche auf einer privaten Blockchain basiert, der administrative Aufwand im Mietgeschäft auf ein Drittel reduziert werden. Weitere Effizienzvorteile bestehen darin, dass durch die Erfassung der Nutzungsintensität eine passgenauere Abrechnung erfolgen kann und eine exaktere Restwertbestimmung ermöglicht wird.

In Abbildung 4-6 ist die blockchainbasierte Lösung von Pay-per-Use-Modellen skizziert. Sie enthält vier wesentliche Bestandteile. Der erste Baustein ist die vollkommene Automatisierung von Prozessen und des Backoffices. Dies umfasst alle Kommunikations- und Abrechnungsprozesse zwischen den beteiligten Akteuren. Über eine entsprechende Sensorik kann die Nutzung bzw. das Nutzungsverhalten der Assets erfasst und beobachtet und ein damit einhergehendes Lifecycle Management des Assets implementiert werden. Eine Anpassung der Mietzahlungen an das Nutzungsverhalten wird ermöglicht. Eine intensivere Nutzung ist dementsprechend, in Relation zu einer weniger intensiven Nutzung im gleichen Zeitraum, mit höheren Mietzahlungen verbunden. Die Anpassung der Zahlungen an das Nutzungsverhalten erfolgt vollautomatisch über die eingesetzte Sensorik und hinterlegte Vertragsmodalitäten. Es können mithin deutlich individuellere Preismodelle einge-

setzt werden als dies ohne die Blockchain möglich wäre.¹⁰³ Aufgrund der Kopplung vom Nutzungsverhalten an die Bepreisung ist eine entsprechende Finanzinfrastruktur zu hinterlegen, über die die Bezahlvorgänge abgewickelt werden. Möglich ist auch die Einbindung von Versicherungsunternehmen, über die bei auftretenden Mängeln oder Fehlern entsprechende Versicherungsleistungen automatisch ausgelöst und abgewickelt werden können. Auf Basis der Cash Flows und der tatsächlichen Performance des realen Vermögenswertes kann das Asset kontinuierlich (digital) bewertet werden, wodurch der Vermögenswert selbst Eingang in die digitale Welt und dort stattfindende Vorgänge (z.B. M2M) halten kann. Blockchainbasierte Pay-per-Use-Modelle schaffen somit eine Verbindung zwischen Finanzdienstleistungen und Industrie 4.0.

¹⁰³ Vgl. Schulte et al. (2020).

Durch die Vermeidung manueller Abwicklungen trägt Blockchain somit dazu bei, dass Pay-per-Use-Modelle in Unternehmen deutlich effizienter gestaltet werden können.¹⁰⁴ In der Folge erweitert sich der Handlungsraum der mittelständischen Unternehmen, indem durch die erhöhte Wirtschaftlichkeit von Pay-per-Use-Modellen neue Geschäftsmodelle entstehen können. Diese können wiederum zu einer Ausweitung der Wertschöpfung im Mittelstand beitragen und somit die Position des Mittelstands langfristig stärken. Solche blockchainbasierte Pay-per-Use-Modelle sind jedoch nicht nur aus Anbietersicht sondern auch aus Nachfragersicht für KMU interessant. Denn gerade für kleine Unternehmen stellen hohe Anschaffungskosten, bspw. für eine Maschine,

aufgrund des damit verbundenen Liquiditätsbedarfs häufig ein Investitionshemmnis dar. Anhand des beschriebenen Modells kann diese Hürde für kleine Unternehmen nun genommen werden, da die Maschine gemietet werden kann und nicht gekauft werden muss, wodurch sich der Liquiditätsbedarf verringert.

Damit diese Modelle ihr volles Potenzial entfalten können, müssen die beteiligten Akteure jedoch einen hohen Digitalisierungsgrad aufweisen, was gerade im Mittelstand oft noch nicht der Fall ist. Ferner bedarf die Einbindung von Finanz- und Versicherungsinstitutionen die Implementierung entsprechender Schnittstellen, an denen es derzeit oft noch mangelt.

¹⁰⁴ Vgl. nachfolgend Herget et al. (2020), Henke et al (2020) und Poser (2020).

5 HANDLUNGSFELDER UND DARAUSS ABGELEITETE HANDLUNGSOPTIONEN

In den vorangegangenen Kapiteln wurde deutlich, dass von der Blockchain-Technologie für den Mittelstand große Potenziale ausgehen. Als Querschnittstechnologie gilt dies über alle Branchen hinweg. Allerdings zeigen die in Kapitel 3 dargelegten Zahlen zur aktuellen Verbreitung der Technologie im Mittelstand, dass sich erst ein kleiner Teil der mittelständischen Unternehmen in Deutschland intensiv mit der Einführung der Blockchain-Technologie im eigenen Unternehmen beschäftigt hat. Die in den präsentierten Use Cases involvierten KMU sind somit eher als Pioniere der Blockchain-Implementierung im Mittelstand anzusehen, als dass sie als repräsentativ für den deutschen Mittelstand stehen.

Sollen die von der Blockchain-Technologie ausgehenden Potenziale für die deutsche Volkswirtschaft gehoben werden, ist es unerlässlich, dass eine Implementierung der Technologie in der Breite der Wirtschaft und damit auch in der Breite des deutschen Mittelstands erfolgt. Hemmnisse, die die Implementierung im Mittelstand verzögern oder gar verhindern, wurden bereits in Kapitel 3 aufgezeigt. Es stellt sich die Frage, wie bestehende Hemmnisse abgebaut werden können, damit eine Diffusion der Technologie in den Mittelstand zeitnah und effizient erfolgen kann. Dieser Frage wird im Folgenden nachgegangen. Dazu wurden drei Handlungsfelder definiert, die auf einem ganztägigen onlinebasierten Workshop im April 2022 mit ca. 35 Blockchain-Expertinnen und Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung diskutiert und mögliche Handlungsoptionen zur Stärkung der Implementierung von Blockchain-Lösungen im Mittelstand innerhalb dieser Handlungsfelder entwickelt wurden. Die folgenden Inhalte basieren dabei auf den Ergebnissen des Workshops, ergänzt um Recherchen und Einschätzungen des mit der Durchführung des *Fachdialogs Blockchain* beauftragten Projektteams.

5.1 Handlungsfeld I: Ordnungsrahmen setzen, um Unsicherheit zu reduzieren

Im Hinblick auf die Implementierung neuer Technologien stellen Rechtsunsicherheiten im Mittelstand ein starkes Hemmnis dar. Dies bestätigt auch die Anfang 2022 veröffentlichte Digitalisierungsumfrage des DIHK. Dabei zeigt sich, dass die regulatorische Unsicherheit bei der Implementierung digitaler Lösungen umso stärker ausgeprägt ist, je kleiner das Unternehmen ist.¹⁰⁵ Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass kleinere Unternehmen weniger rechtliche Kompetenzen im eigenen Unternehmen vorhalten. Mit Blick auf die Blockchain-Technologie sehen laut Bitkom-Umfrage immerhin 73 % der Unternehmen rechtliche Unsicherheiten als Hemmnis der Blockchain-Implementierung.¹⁰⁶ In Kombination mit der für den Mittelstand typischen erhöhten Risikoaversion (siehe Kapitel 2) kann diese Unsicherheit zu einer Investitionszurückhaltung führen, die schließlich in einem Zurückfallen des Mittelstands gegenüber den Großunternehmen münden kann. Mit Bezug auf digitale Technologien ist dies einer der Gründe für die sogenannte „Digitalisierungslücke“ (Digital Gap) zwischen Großunternehmen und Mittelstand.¹⁰⁷

Mit Bezug auf die Blockchain-Technologie kommt dieses Argument besonders stark zum Tragen, da bei einer Tokenisierung stets zu prüfen ist, unter welches Regulierungsregime diese fällt. Bei der Thematisierung der STOs in Kapitel 4.1 wurde dieser Aspekt bereits thematisiert: Liegt bspw. ein Security Token vor, greift die Finanzmarktregulierung. Liegt hingegen ein Utility Token vor, greift diese nicht. Die Übergänge zwischen den verschiedenen Tokenarten sind jedoch nicht immer eindeutig, woraus Unsicherheit

¹⁰⁵ Vgl. DIHK (2022), S.8.

¹⁰⁶ Vgl. Bitkom (2021b).

¹⁰⁷ Zur Digitalisierungslücke siehe bspw. Ternès / Schieke (2018).

und insbesondere für mittelständische Unternehmen ohne umfangreiche Rechtsabteilung ein signifikanter rechtlicher Beratungsbedarf entstehen kann.¹⁰⁸

Insgesamt wurden in den vergangenen Jahren, ausgehend von der Blockchain-Strategie der Bundesregierung aus dem Jahr 2019, bereits viele Bemühungen unternommen, mehr regulatorische Sicherheit im Kontext von Blockchain, insbesondere im Hinblick auf Kryptowerte, zu schaffen.¹⁰⁹ Für Deutschland ist hier u.a. die in Folge der Umsetzung der fünften Geldwäscherichtlinie der EU erfolgte Einführung von Kryptowerten und Kryptoverwahrgeschäften im Kreditwesengesetz (KWG) zu nennen.¹¹⁰ Ebenfalls ist das in diesem Kontext geschaffene Gesetz über elektronische Wertpapiere (eWpG) zu nennen, welches Mitte 2021 in Kraft getreten ist und es ermöglicht, Wertpapiere rein digital auszugeben, ohne diese zusätzlich in Papierform verbrieften zu müssen.¹¹¹ Auf europäischer Ebene wird Ende 2022 die EU-Verordnung „Markets in Crypto-Assets (MiCA)“ in Kraft treten, mit der die Melde- und Aufsichtsbefugnisse in Bezug auf Kryptowerte europaweit vereinheitlicht werden sollen.¹¹² Alle diese Regelungen sind Teil des Pakets zur Digitalisierung des Finanzsektors und damit zuvörderst finanzmarktbezogen. Insofern enthalten sie auch die finanzmarkttypischen Genehmigungs- und Berichtspflichten, welche für die betroffenen Unternehmen zu einem administrativen Mehraufwand führen, der zu Lasten des Effizienzpotenzials der Blockchain-Lösung geht.

Mit Blick auf den Mittelstand gilt es zu vermeiden, dass der hieraus resultierende Mehraufwand bestimmte blockchainbasierte Instrumente, wie bspw. STOs, für kleinere Unternehmen unrentabel werden lässt, da der administrative Aufwand den Effizienzvorteil der Blockchain-Lösung übersteigt. Eine Handlungsoption kann daher darin bestehen, **Ausnahmetatbestände für kleinere Unternehmen** oder für Blockchains mit geringer Reichweite, geringem Risiko oder limitierter

Anzahl von Teilnehmenden im Regulierungsrahmen zu definieren¹¹³, so dass hiermit ein geringerer administrativer Aufwand verbunden ist und die Rentabilität tokenbasierter Geschäftsmodelle nicht gefährdet wird.¹¹⁴

Zudem sollte im Regulierungsrahmen darauf geachtet werden, dass eine **zielschärfere Trennung zwischen finanzwirtschaftlichen und realwirtschaftlichen Anwendungsfällen** der Blockchain-Technologie vorgenommen wird. Bei den gegenwärtigen Regulierungsbemühungen steht die finanzwirtschaftliche Perspektive klar im Fokus. Im Vordergrund stehen das Ziel des Investorenschutzes sowie die Verhinderung von Geldwäsche. Hieraus resultieren viele Auflagen und Anforderungen an tokenbasierte Geschäftsmodelle. Durch die fehlende klare Abgrenzung zwischen finanzwirtschaftlichen und realwirtschaftlichen Fällen besteht bereits Unklarheit, ob die Auflagen und Anforderungen auch für rein realwirtschaftliche tokenbasierte Geschäftsmodelle gelten (bspw. im industriellen IoT-Kontext), obwohl hier die Aspekte des Investorenschutzes oder der Geldwäsche von geringerer Bedeutung sind. Diese Unklarheit sorgt für Unsicherheit, mit dem Ergebnis, dass insbesondere der Mittelstand auf realwirtschaftliche Anwendungsszenarien der Technologie verzichtet. Die Folge kann eine Schwächung der Innovationskraft des deutschen Mittelstands sowie eine Verlangsamung der Entwicklung der Token-Ökonomie in Deutschland sein. Um dies zu verhindern besteht eine Handlungsoption darin, dass durch die verantwortlichen zentralen Institutionen des Bundes¹¹⁵ **ressortübergreifende Leitfäden** erarbeitet werden, in welchen eine Trennung

108 Siehe hierzu bspw. Kreiterling / Fußwinkel (2018).

109 Vgl. Sandner / Blassl (2020).

110 §1 Abs.1a Satz 2, Nr.6 KWG.

111 Für eine ausführlichere Darstellung der Entwicklung der Regulierungsbestrebungen in Deutschland sei an dieser Stelle auf die im Rahmen des Fachdialogs Blockchain bereits erschienene Studie „Token-Ökonomie verwiesen (siehe Culotta et al. (2021)).

112 Vgl. Zwanziger / Mock (2021).

113 Unabhängig von der Ausgestaltungsform der jeweiligen Blockchain (privat, hybrid, öffentlich) kann die Finanzmarktregulierung nach dem eWpG durchaus auch KMU erreichen. Die sachenrechtliche Fiktion des § 2 Abs. 3 eWpG i.V.m. § 90 BGB gilt beispielsweise ohne weitere Einschränkungen vorerst für alle auf den Inhaber ausgestellten verbrieften Leistungsversprechen, wie etwa tokenisierte Aktien, Genussscheine, Optionsscheine, bestimmte commercial papers, Anlagezertifikate, Asset-Backed Securities (ABS), Collateralized Debt Obligations (CDOs), Wandel- und Gewinnschuldverschreibungen bis hin zu Token-Tickets.

114 Die Ausnahmetatbestände sollten dabei so definiert werden, dass diese aufwandsarm zu überprüfen sind, so dass auch auf staatlicher Seite der administrative Aufwand in Grenzen gehalten wird.

115 Die Trennung von finanzwirtschaftlichen und realwirtschaftlichen Anwendungen der Blockchain-Technologie fällt vor allem in die Verantwortungsbereiche des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) und des Bundesministeriums der Finanzen (BMF).

zwischen finanz- und realwirtschaftlichen Anwendungsfällen der Blockchain-Technologie spezifiziert werden. Das Ziel sollte sein, rein realwirtschaftliche Anwendungsfälle von den aus der Finanzmarktregulierung resultierenden Auflagen weitestgehend zu befreien. Gegebenenfalls könnte direkt im Gesetz klargestellt werden, dass bestimmte Anwendungsfelder der Blockchain-Technologie von der MiCA-Regulierung ausgenommen sind.

Neben den gesetzgeberischen Aktivitäten stehen die Normungs- bzw. Standardisierungsaktivitäten, welche ebenfalls ein geeignetes Instrument sind, die Unsicherheit für die Unternehmen zu reduzieren, im Fokus. Die Standardisierungsbemühungen dienen dazu, durch die Einigung auf Normen und Standards aus der Wirtschaft heraus ein gemeinsames Verständnis von der Token-Ökonomie zu entwickeln und diese zu strukturieren. Damit wird auch ein Beitrag zur Interoperabilität¹¹⁶ von Blockchain-Lösungen geleistet, so dass die Standardisierung dazu beitragen kann, dass die in Kapitel 3 angesprochene Gefahr von Abhängigkeitsverhältnissen für KMU, insbesondere bei der Nutzung privater Blockchains, verringert wird.

Auf internationaler Ebene wurde bereits 2016 die ISO-Arbeitsgruppe ISO/TC 307 – „Blockchain and Distributed Ledger Technologies“ gegründet, für die auf deutscher Ebene 2017 ein entsprechendes Spiegelgremium beim DIN geschaffen wurde.¹¹⁷ Auf europäischer Ebene ist hier das „Joint Technical Committee 19 on Blockchain and Distributed Ledger Technologies“ (JTC 19) von CEN und CENELEC zu nennen, in dessen Arbeit spezifische europäische Anforderungen an die Standards, wie bspw. die DSGVO, in besonderem Maße Berücksichtigung finden.

Wenngleich durch diese Gremienarbeit Fortschritte bei der Standardisierung gemacht wurden, so ist die Prognose von Moody's aus dem Jahr 2019, dass bis zum Jahr 2021 eine weitgehende Standardisierung der Blockchain-Technologie erreicht sei¹¹⁸, nicht in

vollstem Umfang eingetroffen. So hat die ISO sieben Standards veröffentlicht¹¹⁹ (Stand: April 2022), während sich zehn Standards noch in der Entwicklung befinden. Darüber hinaus ist auch eine flächendeckende Interoperabilität zwischen verschiedenen Blockchain-Systemen noch nicht zu beobachten. Insofern wird verständlich, dass laut Bitkom-Umfrage gegenwärtig 74 % der befragten Unternehmen in der fehlenden Standardisierung ein Hemmnis zur Implementierung von Blockchains sehen.¹²⁰

Die noch nicht abgeschlossene Standardisierung kann im Hinblick auf den Mittelstand aber auch als Chance begriffen werden: So besteht nach wie vor die Möglichkeit, die **Bedarfe des Mittelstands stärker in die Standardisierungsbemühungen einzubringen**. Aufgrund der Zeit- und Kostenintensität sind in den Standardisierungsgremien mittelständische Unternehmen unterrepräsentiert. Dementsprechend fällt die Interessenvertretung für mittelständische Unternehmen in diesen Gremien schwach aus. Eine Möglichkeit kann darin gesehen werden, dass der Staat einen Prozess initiiert, in dem die Bedarfe von KMU und anderen betroffenen Interessengruppen an die Standardisierung der Blockchain-Technologie systematisch erfasst und über die nationalen Vertreter in den internationalen Standardisierungsgremien eingebracht werden. Eine grobe Orientierung beim Vorgehen kann dabei an der „KI-Normungsroadmap“ erfolgen, welche 2019 durch das BMWK (damals noch BMWi) und das DIN ins Leben gerufen wurde.¹²¹ Ein solcher Vorstoß würde der Tatsache Rechnung tragen, dass sich gemäß Bitkom-Umfrage 77 % der befragten Unternehmen der Forderung anschließen, dass die Standardisierungsbemühungen auf dem Gebiet der Blockchain-Technologie verstärkt werden sollen.¹²² Schafft man es hierdurch, die Interoperabilität von Blockchain-Lösungen voranzutreiben und zu beschleunigen, kann auch der Gefahr der Entstehung bzw. der Verfestigung von Abhängigkeiten für KMU vorgebeugt werden. Im Kontext der Definition

116 Zur Bedeutung der Interoperabilität von Blockchain-Lösungen für die Diffusion der Technologie in den Mittelstand, siehe auch OECD (2021).

117 Hierbei handelt es sich um den Arbeitsausschuss „Blockchain und Technologien für verteilte Journale“ (NA 043-02-04-AA).

118 Vgl. Moody's (2019).

119 Beispiele sind u.a. Standards zur Taxonomie und Ontologie sowie zur Referenzarchitektur. Alle bereits veröffentlichten ISO-Standards sind hier abrufbar: <https://www.iso.org/committee/6266604/x/catalogue/p/1/u/0/w/0/d/0>.

120 Vgl. Bitkom (2021a).

121 Zur Normungsroadmap im Bereich KI siehe Bundesregierung (2020) sowie DIN / DKE (2020).

122 Vgl. Bitkom (2021a).

von Standards sollte zudem diskutiert werden, welche Rolle hier Open Source-Ansätze zur Etablierung von Referenzimplementierungen spielen können.¹²³

Nachdem Normen und Standards in Bezug auf die Blockchain-Technologie definiert wurden, lässt sich deren Relevanz und Verbindlichkeit zusätzlich dadurch erhöhen, dass sie stärker in den allgemeinen Regulierungsrahmen eingebunden werden. Beispielsweise kann dies durch eine **Bezugnahme auf die Normen und Standards in einschlägigen Verordnungen und Gesetzen** (z.B. LieferkettenG, ProdSG) oder durch regelbegleitende und hinweisgebende Leitfäden erreicht werden.¹²⁴ Ansätze hierzu gibt es bspw. bereits in Großbritannien. Dort hat die britische Gesetzeskommission einen Gesetzesentwurf für den Umgang mit digitalen Handelsdokumenten vorlegt, in dessen Begleittext auf die ISO-Standards für Blockchain verwiesen wird.¹²⁵ Dies würde wie ein Akzelerator auf die Diffusion der Normen und Standards in die Breite der Wirtschaft wirken, was sich positiv auf die Interoperabilität sowie die Nutzungsdauer der einzelnen Blockchain-Lösungen auswirken würde. Damit würde dies die Bereitschaft im Mittelstand erhöhen, auf Blockchain zu setzen, da das Risiko von Fehlinvestitionen in die „falsche Blockchain“ sinkt. Abzuwägen ist dies allerdings mit möglichen negativen Effekten auf das Innovationsgeschehen bei einer Festlegung von Normen und Standards auf bestimmte Anwendungen oder Geschäftsmodelle.

Mit der Normung ist darüber hinaus die Basis für eine **Zertifizierung von Blockchain-Anwendungen bzw. Smart Contracts** gelegt. Dabei ist zu prüfen, inwiefern durch eine Zertifizierung die Einhaltung bestimmter, zu definierender Anforderungen an die Blockchain-Lösungen (bspw. an die Sicherheit oder aber auch an die Ressourcenintensität) nachgewiesen werden kann und wie das Verfahren und die Nachweisführung genau ausgestaltet sein müsste, damit sie sich in das europäische Zertifizierungs- und

Akkreditierungssystem einordnen ließe. Ähnlich wie CE-Kennzeichen bei Produkten könnte die Zertifizierung des Smart Contracts oder spezifischer Anwendungen auf einer privatrechtlichen Ebene die noch vorhandene (Vertrauens-) Lücken überwinden helfen und obendrein eine weltweite Akzeptanz – und zwar unabhängig von den jeweils einschlägigen rechtlichen Rahmenbedingungen – erzeugen (im Sinne von „Certificated Smart Contracts“). Den Unternehmen ist die Zertifizierung jedenfalls als Instrument des vertrauensbildenden Nachweises sehr gut bekannt, sie können sie gut in ihre bestehenden Abläufe integrieren, wie auch die Verbraucher den Mehrwert solcher Zertifikate – ähnlich wie beim CE- oder GS-Kennzeichen – anerkennen.

Zusammenfassend lässt sich zu Handlungsfeld I „Ordnungsrahmen setzen, um Unsicherheit zu reduzieren“ festhalten, dass ein adäquater Regulierungsrahmen von essentieller Bedeutung ist, um die Bereitschaft des Mittelstands für eine Implementierung von Blockchain-Lösungen zu erhöhen. Nur wenn die notwendige Rechtssicherheit gegeben ist, wird sich der in der Regel durch eine höhere Risikoaversion gekennzeichnete Mittelstand für Blockchain-Lösungen entscheiden. In Bezug auf die Rechtssicherheit für Blockchain-Lösungen konnten in der EU und in Deutschland in den vergangenen Jahren bereits erhebliche Verbesserungen erreicht werden. Mit der sich abzeichnenden MiCA-Regulierung könnte jedoch insbesondere in realwirtschaftlichen Anwendungsbereichen der Blockchain-Technologie eine Überregulierung drohen, da im Regulierungsrahmen eine klare Trennung zwischen dem finanz- und realwirtschaftlichen Anwendungsbereich fehlt. Insbesondere für kleine Unternehmen können dadurch realwirtschaftliche Einsatzszenarien der Blockchain-Technologie, bspw. im industriellen IoT-Kontext unrentabel werden. Es sollte daher auf eine stärkere Trennung im Regulierungsrahmen zwischen finanzwirtschaftlichen und rein realwirtschaftlichen Anwendungsszenarien hingewirkt werden.

Gleichzeitig sollte auf eine Stärkung und Beschleunigung der Standardisierungsbemühungen abgezielt werden, bei der die Position des Mittelstands durch entsprechende Beteiligung in den Standardi-

123 Zu den Möglichkeiten der Interaktion zwischen Standardisierung und Open Source, siehe Blind / Bohm (2019).

124 Bspw. könnte bei Begriffsdefinitionen oder bei zu implementierenden Managementstrukturen auf die ISO/TC 307 Standards Bezug genommen werden).

125 Siehe hierzu Law Commission (2022), S. 109.

Mögliche Handlungsoptionen im Handlungsfeld I „Ordnungsrahmen setzen, um Unsicherheit zu reduzieren“:

- ▶ **Ausnahmetatbestände für KMU** im bestehenden Regulierungsrahmen schaffen, um administrativen Aufwand für tokenbasierte Geschäftsmodelle zu begrenzen.
- ▶ **Stärkung der realwirtschaftlichen Anwendungsszenarien** der Blockchain-Technologie, indem diese von den finanzmarktorientierten Auflagen der Tokenregulierung befreit werden. (Klarere Trennung im Regulierungsrahmen zwischen finanz- und realwirtschaftlichen Anwendungen).
- ▶ Stärkere Einbeziehung der **Bedarfe des Mittelstands** im Rahmen der **Standardisierungsbemühungen** („Standardisierungs-Roadmap“).
- ▶ Stärkere Zusammenführung von **Standardisierung und Regulierung** durch Bezugnahme auf die Standards durch den Gesetzgeber.
- ▶ **Zertifizierung von Blockchain-Anwendungen bzw. Smart Contracts** als vertrauensbildende Maßnahme.
- ▶ **Rechtsberatungsgutscheine für KMU** bei der Einführung von Blockchain im eigenen Unternehmen.

sierungsverfahren gestärkt werden kann. Ergänzend kann eine gesetzgeberische Bezugnahme auf die Standardisierung erfolgen, um die Sichtbarkeit und Bedeutung der Blockchain-Standards und damit auch der Blockchain-Technologie allgemein zu erhöhen. Werden Blockchain-Standards vom Gesetzgeber als mögliches Instrument zur Erfüllung gesetzgeberischer Pflichten genannt, so würde dies zu einer schnelleren Diffusion der Technologie insbesondere im Mittelstand beitragen.

Da sich jedoch auf absehbare Zeit in einem sich so dynamisch entwickelnden Bereich wie der Token-Ökonomie bestimmte rechtliche Grauzonen und damit Unsicherheiten nicht verhindern lassen, könnte darüber nachgedacht werden, die begrenzte juristische Expertise bei KMU und die daraus resultierenden Unsicherheiten durch Gutscheine für **Rechtsberatungen** an KMU bei der Implementierung von Blockchain-Lösungen zu kompensieren.

5.2 Handlungsfeld II: Wissenstransfer unterstützen, um Vertrauen zu schaffen

Gemäß des „Online-Vertrauens-Kompasses“ des Bundesverbands Digitale Wirtschaft, stimmen 43 % der Befragten folgender Aussage zu: „Die schnelle Veränderung unserer Lebensbedingungen durch zunehmende Technisierung und Vernetzung macht mir Angst“.¹²⁶ Dies verdeutlicht den Stellenwert, welchen der Aspekt des Vertrauens im Zuge der Digitalisierung einnimmt. Gemäß Niklas Luhmann stellt Vertrauen einen „Mechanismus der Komplexitätsreduktion“ dar.¹²⁷ Dieser Mechanismus gewinnt durch die Digitalisierung insofern an Bedeutung, als dass die digitale Wirtschaft zunehmend vielschichtiger und komplexer wird und die Funktionsweise digitaler Lösungen aus Nutzerperspektive häufig nicht mehr intuitiv nachvollziehbar ist, was das Risiko des Entstehens einer Intransparenz birgt.¹²⁸ Aufgrund der komplexen Funktionsweise gilt dies insbesondere auch für die Blockchain-Technologie. Somit liegt die paradoxe Situation vor, dass die Technologie in der An-

¹²⁶ Vgl. BVDW (2021). Bei dem „Online-Vertrauens-Kompass“ handelt es sich um eine repräsentative Online-Umfrage unter Internetnutzenden.

¹²⁷ Vgl. Luhmann (1968).

¹²⁸ Vgl. Pohlmann / Coester (2021).

wendung dazu geeignet ist, eine gesteigerte Transparenz für wirtschaftliche Transaktionen zu schaffen und damit als sogenannte „Trust Machine“ zu fungieren. Aufgrund des komplexen Aufbaus der Technologie kann jedoch bei mangelndem Wissenstransfer aus Anwendersicht eine Intransparenz über die Funktionsweise bestehen, was letztlich in einem mangelnden Vertrauen in die Technologie mündet. Somit lässt sich konstatieren, dass sich durch Blockchain zwar das Vertrauen in den jeweiligen Transaktionspartner substituieren lässt („Trust Machine“), vorgelagert muss jedoch Vertrauen in die Technologie an sich bestehen, damit die „Trust Machine“ überhaupt erst zum Einsatz kommen kann. Aufgrund des ausgeprägten Mangels an IT-Fachkräften ist dabei die Gefahr im Mittelstand besonders groß, dass wegen eines mangelnden Vertrauens in die Technologie auf eine Implementierung im eigenen Unternehmen gänzlich verzichtet wird. Der Aufgabe des Wissenstransfers kommt demnach im Mittelstand eine entscheidende Rolle zu, damit dort eine flächendeckende Diffusion der Blockchain-Technologie erfolgen kann.

Dass das Wissen über die Blockchain-Technologie in Deutschland bisher stark begrenzt ist, lässt sich daran ablesen, dass nach einer repräsentativen Umfrage des Bitkom 52 % der Deutschen den Begriff Blockchain noch nicht gehört haben. Nur 17 % trauen

sich zu, den Begriff zu erklären.¹²⁹ Auch die Selbsteinschätzung der deutschen Unternehmen lässt erkennen, dass Nachholbedarf besteht: 86 % der Unternehmen sehen sich als Nachzügler beim Thema Blockchain. Lediglich 9 % ordnen sich als Vorreiter bei der Technologie ein.¹³⁰

Angesichts dieser Zahlen dürfte unstrittig sein, dass in der deutschen Wirtschaft Nachholbedarf bezüglich des Wissensaufbaus über die Blockchain-Technologie herrscht. Insbesondere kleinere Unternehmen bringen jedoch häufig nicht die nötigen personellen, finanziellen und / oder zeitlichen Kapazitäten mit, das Wissen über neue Technologien und den daraus resultierenden Potenzialen im Unternehmen selbst aufzubauen. Eine Maßnahme, um ein daraus resultierendes drohendes Auseinanderdriften zwischen KMU und Großunternehmen in der technologischen Entwicklung („Digital Gap“) zu verhindern, besteht darin, **Wissenstransferangebote für KMU** bereitzustellen.

Im Hinblick auf den Transfer von Wissen über die Blockchain-Technologie lassen sich dabei verschiedene Ebenen unterscheiden, die in Abbildung 5-1 dargestellt sind und als **Befähigungskette** beim Wissenstransfer in den Mittelstand interpretiert werden können, da sie aufeinander aufbauen.

Am Beginn der Befähigungskette steht das **Sensibilisieren und Informieren** über die Blockchain-Technologie. Im Fokus liegt hierbei, die Chancen und Effizienzpotenziale, die sich durch die Blockchain-Technologie ergeben können, an die KMU zu vermitteln. Das Erkennen der Potenziale der Technologie für das eigene Unternehmen ist dabei eine notwendige Voraussetzung dafür, dass sich das Unternehmen intensiver mit der Technologie beschäftigt und Implementierungsoptionen für den eigenen Betrieb prüft. Mit Blick auf die Blockchain-Technologie sollte hierbei insbesondere auch gängigen Stereotypen über die Technologie entgegen gewirkt werden, welche gegenwärtig die KMU davon abhalten können, sich mit der Technologie zu beschäftigen (bspw. das Vorurteil eines allgemein hohen Energieverbrauchs

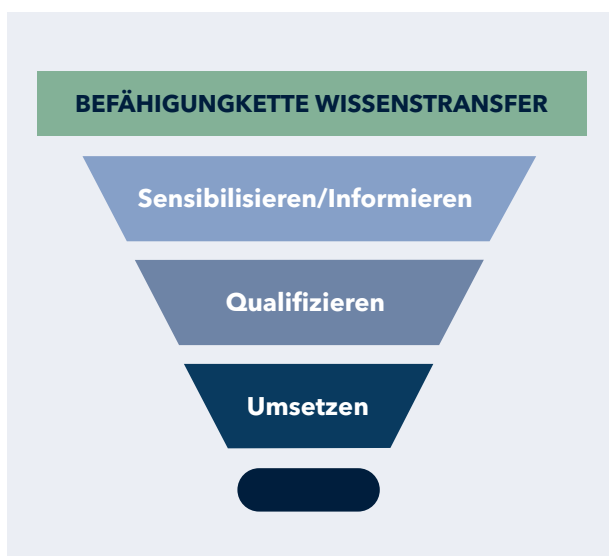


Abbildung 5.1: Befähigungskette beim Wissenstransfer in den Mittelstand (Eigene Darstellung)

¹²⁹ Vgl. Bitkom (2021b).

¹³⁰ Vgl. Bitkom (2021a).

einer Blockchain oder die fälschliche Gleichsetzung von Blockchain mit Bitcoin). Sinnvoll erscheint es, die Sensibilisierungsmaßnahmen an bereits bestehende Wissenstransferstrukturen im Digitalbereich anzusiedeln, da so auf bestehende Netzwerke aufgebaut werden kann und so, im Vergleich zum Aufbau von neuen Strukturen, mehr KMU in kurzer Zeit erreicht werden können. Auf Bundesebene könnten bspw. die Sensibilisierungsangebote für die Blockchain-Technologie bei den bundesweit über 25 Mittelstand-Digital Zentren des BMWK ausgeweitet werden. Diese besitzen bereits viel Erfahrung mit der mittelstandsgerechten Aufbereitung und haben bestehende Kanäle, über die die KMU in der Region des Zentrums erreicht werden können. Knapp die Hälfte der Zentren hat zudem bereits Angebote zum Thema Blockchain im Portfolio (bspw. Einführungsworkshops und -webinare; Sprechstunden, Broschüren usw.).¹³¹

Ein entscheidendes Kriterium, um KMU mit den Sensibilisierungsmaßnahmen zu erreichen, stellt die Niederschwelligkeit der Angebote dar. Im Fokus sollte dabei der betriebswirtschaftliche Nutzen für die Unternehmen stehen und weniger die technischen Details. Ein geeignetes Mittel kann daher die öffentlichkeitswirksame und niederschwellige Aufbereitung von bereits bestehenden Use Cases und Best Practices des Blockchain-Einsatzes im Mittelstand sein (siehe hierzu auch die Infoboxen in Kapitel 4). Die Potenziale der Technologie werden hierdurch für die KMU greifbarer und lassen sich ggf. auf das eigene Unternehmen übertragen. Der „*Unternehmen lernen von Unternehmen*“-Ansatz trägt zudem zum Vertrauen in die Technologie bei. Dieser Effekt kann dadurch verstärkt werden, dass bei den Use Cases bzw. Best Practices ein regionaler Bezug hergestellt wird, wie bspw. in der Best Practice-Landkarte des DIHK.¹³² Durch die häufig ausgeprägte regionale Verankerung der KMU in ihrer Region, können Use Cases aus der eignen Heimatregion noch stärker die Bereitschaft fördern, sich ebenfalls mit der Technologie zu beschäftigen.

Allgemeines Ziel des Sensibilisierens und Informierens als erstes Glied in der Befähigungskette sollte es sein, den KMU eine realistische Einschätzung der Potenziale der Blockchain-Technologie zu vermitteln. Darauf aufbauend kann das **Qualifizieren** als zweiter Schritt in der Befähigungskette ansetzen (siehe Abbildung 5-1). Während der Schritt des Sensibilisierens den KMU den allgemeinen Zugang zum Thema Blockchain öffnen und Interesse wecken soll, geht es beim Qualifizieren darum, den KMU Know-how zu vermitteln, welches ihnen ermöglicht, konkrete Einsatzszenarien der Blockchain-Technologie im eigenen Unternehmen zu identifizieren und zu beurteilen. Als Formate kommen hier neben klassischen Schulungen / Trainings auch Selbstlern- bzw. Self-Assessment-Angebote sowie das Bereitstellen von Testfabriken und Demonstratoren, etc. in Betracht. Auch hier bietet es sich an, die blockchainspezifischen Angebote in bestehende Strukturen des Wissenstransfers einzubinden bzw. zu verstärken, wie bspw. als Angebote der Kammern oder der Mittelstand-Digital Zentren. Der Fokus der vermittelten Kompetenzen sollte auch im Bereich Qualifizieren auf den strategischen bzw. betriebswirtschaftlichen Aspekten und weniger auf den technischen Details der Blockchain liegen. Ziel dieser Stufe der Befähigungskette ist es, dass KMU eine fundierte Entscheidung über den Einsatz von Blockchain im eigenen Unternehmen treffen können.

Die Unterstützung bei der konkreten Implementierung von Blockchain im Unternehmen steht beim **Umsetzen** als dritte und letzte Stufe der Befähigungskette im Fokus (siehe Abbildung 5-1). Da insbesondere kleinere Unternehmen in den wenigsten Fällen das notwendige IT-Know-how für die Implementierung von Blockchain-Lösungen Inhouse besitzen, sollte diesen Unterstützung bei der Entwicklung eines Projektplans und der Auswahl der richtigen Projektpartner gegeben werden. In Anlehnung an das „KI-Trainer-Programm“¹³³ des BMWK könnten den KMU dazu „Blockchain-Coaches“ zur Verfügung gestellt werden, die in die KMU gehen und diese beim Ausrollen des Blockchain-Projekts unterstützen. Zudem können auf diesem Weg erfolgte Umsetzungsprojekte

¹³¹ Zu den Mittelstand-Digital Zentren des BMWK siehe: www.mittelstand-digital.de.

¹³² Abrufbar unter: <https://www.ihk.de/landkarte-digital>.

¹³³ Siehe zum KI-Trainer Programm des BMWK: www.mittelstand-digital.de/ki-trainer.

öffentlichkeitswirksam als Use Cases aufbereitet werden, so dass hierdurch auch die erste Stufe der Befähigungskette gestärkt werden kann (siehe hierzu die obigen Ausführungen zur Stufe „Sensibilisieren“). Darüber hinaus können die „Blockchain-Coaches“ auch als Hosts von Unterstützungsangeboten in der Stufe „Qualifizieren“ auftreten.

Ergänzend oder alternativ könnten zudem vermehrt Beratungsgutscheine für KMU zur Implementierung von Blockchain im eigenen Unternehmen ausgestellt werden. Hierzu könnten bspw. im Rahmen des Förderprogramms „go-digital“ des BMWK mehr Berater mit explizitem Blockchain-Fokus als autorisierte Beratungsunternehmen in den Auswahlpool aufgenommen werden.¹³⁴ Dies ließe sich mit den in Handlungsfeld I angesprochenen Rechtsberatungsgutscheinen koppeln.

Um einen zusätzlichen Anreiz für Investitionen der KMU in Blockchain-Lösungen zu schaffen, könnte in Mittelstand-Investitionszuschussprogrammen des Bundes oder der Länder die Förderfähigkeit realwirtschaftlicher Blockchain-Projekte explizit aufgenommen werden.¹³⁵

Eine weitere Handlungsoption auf der Stufe „Umsetzen“ besteht darin, dass durch den Bund umfangreichere Leuchtturmprojekte als Blockchain-Umsetzungsprojekte gefördert werden, von denen Ausstrahleffekte auf die gesamte Wirtschaft ausgehen können. Als grobe Orientierung kann hierfür der Innovationswettbewerb „Schaufenster Sichere Digitale Identitäten“¹³⁶ dienen, mit dem Unterschied, dass der Fokus nun auf den Mittelstand gelegt werden sollte. Beispielsweise könnte durch ein solches

Projekt ein branchenübergreifendes blockchainbasiertes e-Invoicing-System angestoßen werden (siehe hierzu ausführlicher Handlungsfeld III).

Werden beim Wissenstransfer alle drei Ebenen der Befähigungskette gleichzeitig bespielt, kann sichergestellt werden, dass sich für alle digitalen Reifegrade der KMU passende Unterstützungsangebote finden.

Während die Maßnahmen im Rahmen der Befähigungskette eher eine kurz- bis mittelfristige Perspektive haben, sind darüber hinaus auch langfristig angelegte Maßnahmen denkbar, mit denen Strukturen geschaffen werden können, die den Aufbau von Blockchain Know-how im Mittelstand nachhaltig fördern. Eine solche langfristig angelegte Maßnahme ist bspw. die Anpassung der Ausbildungsrahmenpläne in den Kammern dergestalt, dass verstärkt auch die Blockchain-Technologie bzw. die Token-Ökonomie in die jeweiligen Lehrpläne aufgenommen wird. Auf diesem Weg würde erreicht, dass die zukünftige Belegschaft der mittelständischen Unternehmen mit dem Thema Blockchain und der Funktionsweise der Token-Ökonomie zumindest in den Grundzügen vertraut ist, wodurch das Vertrauen in die Technologie steigt und damit die Wahrscheinlichkeit, dass der Betrieb selbst auf Blockchain setzen wird.

Zudem sollte an Programmen gearbeitet werden, durch die Studierenden und Studiumsabsolventen, insbesondere aus den IT-affinen Fachbereichen, in einen engeren Austausch mit mittelständischen Unternehmen gelangen. So könnten beispielsweise verstärkt als universitäre Projekt- bzw. Abschlussarbeiten Umsetzungspläne für konkrete Blockchain-Lösungen im Betrieb in Kooperation mit mittelständischen Unternehmen entwickelt werden. Dies würde zum einen die Studierenden für die Probleme und Herausforderungen im Mittelstand sensibilisieren und gleichzeitig auch die Wahrscheinlichkeit erhöhen, dass die Studierenden im Anschluss an das Studium als Mitarbeitende gewonnen werden können, was wiederum den Fachkräftemangel im Mittelstand abschwächen würde.

Eine weitere eher langfristig angelegte mögliche Maßnahme zur Stärkung der Blockchain-Kompetenz in den Unternehmen besteht darin, dass der Staat als

¹³⁴ Siehe zum Förderprogramm „go-digital“: <https://www.innovation-beratung-foerderung.de/INNO/Navigation/DE/Karten/Beratersuche-go-digital/SiteGlobals/Forms/Formulare/beratersuche-go-digital-formular.html>.

¹³⁵ Für das Investitionszuschussprogramm „Digital Jetzt“ sei hier beispielhaft angeführt, dass eine Auflistung der Blockchain-Technologie unter Punkt 2.7.1 der Förderrichtlinie (hier abrufbar: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/P-R/richtlinie-zum-foerderprogramm-digital-jetzt-investitionsfoerderung-kmu.pdf?__blob=publicationFile&v=4) eine sinnvolle Maßnahme darstellen könnte.

¹³⁶ Siehe für die Schaufenster-Projekte: https://www.digitale-technologien.de/DT/Navigation/DE/ProgrammeProjekte/AktuelleTechnologienprogramme/Sichere_Digitale_Identitaeten/sichere_digitale_ident.html.

Mögliche Handlungsoptionen im Handlungsfeld II „Wissenstransfer unterstützen, um Vertrauen zu schaffen“

Informieren/Sensibilisieren:

- ▶ Niederschwellige und mittelstandsgerechte **Kommunikation der von Blockchain ausgehenden Potenziale für KMU** via bestehender Wissenstransfer-Strukturen ausweiten, bspw. im Rahmen der Mittelstand-Digital Zentren des BMWK.
- ▶ Verstärkte öffentlichkeitswirksame **Aufbereitung und Verbreitung von Use Cases und Best Practices** für den Blockchain-Einsatz im Mittelstand („Unternehmen lernen von Unternehmen“).

Qualifizieren:

- ▶ **Blockchainspezifische Formate zum Know-how Aufbau** entwickeln bzw. ausbauen (Schulungen, Selbstlernangebote, Demonstratoren, etc.) und über bestehende Kanäle für den Wissenstransfer an KMU verbreiten.

Umsetzen:

- ▶ **„Blockchain-Coaches“** für KMU zur Unterstützung beim Ausrollen von Blockchain-Projekten einsetzen.
- ▶ **Investitionszuschüsse** für Blockchain-Projekte im Mittelstand erleichtern.
- ▶ Aufsetzen neuer **Leuchtturmprojekte** mit dem Fokus auf KMU.

Strukturelle Maßnahmen mit langfristiger Perspektive:

- ▶ Aufnahme von **Inhalten zur Blockchain-Technologie** und der Token-Ökonomie in die **Ausbildungsrahmenpläne in den Kammern**.
- ▶ **Austausch zwischen mittelständischen Unternehmen und Universitäten** verstärken.
- ▶ Kompetenzaufbau fördern durch Einnahme einer Vorreiterrolle des Staates bei **blockchainbasierten e-Government Services**.

Vorreiter auftritt und bei bestimmten eGovernment-Services selbst auf Blockchain-Lösungen setzt, bspw. im Bereich der digitalen Identitäten, um auf diesem Weg die Unternehmen zur Auseinandersetzung mit der Blockchain-Technologie zu bringen und somit indirekt zum Kompetenzaufbau in den Unternehmen beizutragen.

Zusammenfassend lässt sich zum Handlungsfeld II „Wissenstransfer unterstützen, um Vertrauen zu schaffen“ festhalten, dass für den Wissenstransfer in den Mittelstand alle drei Ebenen der Befähigungskette ((1) Sensibilisieren; (2) Qualifizieren; (3) Umsetzen) mit Maßnahmen bespielt werden sollten, um die KMU je nach Wissenstand passgenau beim Know-how Aufbau unterstützen zu können. Eine entschei-

dende Bedeutung kommt dabei der Sensibilisierung zu: Nur wenn es gelingt, die Stereotypen über die Blockchain-Technologie abzubauen und die Potenziale zu verdeutlichen, werden die Unternehmen bereit sein, sich intensiver mit der Implementierung von Blockchain im eigenen Unternehmen auseinanderzusetzen. Bei der Verbreitung der Angebote zum Wissenstransfer sollte auf bestehende Strukturen für diesen zurückgegriffen werden, um schnell und umfangreich KMU erreichen zu können. Über diese kurz- bis mittelfristig angelegten Maßnahmen hinaus kann zudem über eher langfristig angelegte Handlungsoptionen nachgedacht werden, wie bspw. eine stärkere Adressierung der Blockchain-Technologie und der Token-Ökonomie in den Ausbildungsplänen der Kammern.

5.3 Handlungsfeld III: Netzwerkaufbau fördern, um Synergien zu nutzen

In diesem Handlungsfeld wird der Begriff des Netzwerkaufbaus im Folgenden breit interpretiert und zwar sowohl im Hinblick auf den Zugang des Mittelstands zum Blockchain-Ökosystem (Anwendungsebene) als auch im Hinblick auf die Infrastruktur- und Governance-Ebene beim Aufbau von Blockchain-Netzwerken.

Mit Blick auf die Anwendungsebene lässt sich zunächst konstatieren, dass mittelständische Unternehmen aufgrund der häufig begrenzten IT-Expertise im eigenen Unternehmen bei der Implementierung von Blockchain-Lösungen in der Regel auf externe Dienstleister angewiesen sein werden. Da die Lösungsanbieter häufig aus der Start-up-Szene stammen, gilt es den Austausch zwischen Mittelstand und Start-ups¹³⁷ zu verstärken, um so die Zugänge für KMU zum Blockchain-Ökosystem zu erleichtern. Die Chancen sind hoch, dass aus einer Zusammenarbeit von klassischen Mittelständlern und Blockchain-Start-ups Win-Win-Situation resultieren können: Während der Mittelstand das häufig über Jahrzehnte optimierte Prozesswissen und die detaillierte Marktkenntnis besitzt, bringen die Start-ups das IT-Wissen und das notwendige Blockchain-Know-how mit ein. In der Kombination ergeben sich hieraus Synergien zur Realisierung von Effizienzvorteilen, durch die die Entwicklung der Token-Ökonomie in Deutschland beschleunigt und die Position des Mittelstands gestärkt werden kann. Für die Start-ups sind die KMU attraktive Kooperationspartner, da sich diese durch kürzere und schnellere Entscheidungswege auszeichnen. Dies führt dazu, dass sich „Schnellboot“-Projekte durchführen lassen, bei denen der Proof-of-Concept häufig weniger aufwendig ausfällt und sich für die Start-ups somit eine schnellere Monetarisierung ihrer Dienstleistungen ergibt.¹³⁸ Gestalten Start-ups Blockchain-Lösungen für den Mittelstand, kann hieraus mittelfristig Block-

chain durch den Mittelstand resultieren und auf diesem Weg eine Diffusion der Technologie in die Breite der Wirtschaft erreicht werden. Gleichzeitig kann der Mittelstand so seine Position als Innovationstreiber der deutschen Volkswirtschaft verfestigen.

Voraussetzung für die Kooperation zwischen Mittelstand und Start-ups im Kontext der Blockchain-Technologie ist allerdings, dass die KMU bereits ein grundlegendes Verständnis von den Potenzialen der Blockchain-Technologie besitzen. Fehlt dieses, werden Anwendungsszenarien der Technologie im eigenen Unternehmen nicht erkannt und es ist dementsprechend unwahrscheinlich, dass KMU und Start-ups für eine Kooperation zusammenfinden. Der Wissenstransfer in den Mittelstand (Handlungsfeld II) ist folglich als vorgelagerte Aufgabe und notwendige Bedingung zu interpretieren, damit es nachgelagert zu einer Nachfrage im Mittelstand nach Blockchain-Lösungen kommt. Gleichzeitig ist es mit Blick auf die Start-ups wichtig, dass diese eine mittelstandsgerechte Ansprache wählen, welche sich nicht in technische Details verliert, sondern auf den unternehmerischen Nutzen für das KMU fokussiert. Es bietet sich daher an, institutionalisierte Austauschforen zwischen Mittelstand und Start-ups zu schaffen, welche Akteure aus beiden Bereichen für konkrete Umsetzungsprojekte zusammenzubringen. Die Austauschforen müssen dabei auch bisweilen die Funktion als „Übersetzer“ übernehmen, da sich Mittelstand und Start-ups durch häufig grundverschiedene Unternehmenskulturen auszeichnen. Die Austauschforen sollen also auch dazu dienen, kulturelle Gräben zwischen Start-ups und KMU zu überwinden. Eine konkrete Maßnahme kann darin bestehen, im Rahmen der „Digital Hub Initiative“ des BMWK einen weiteren DE.Hub mit dem Schwerpunkt Blockchain zu bilden. Ziel der DE.Hubs ist es, Mittelstand, Start-ups und Wissenschaft in den Austausch zu bringen. Gegenwärtig gibt es bundesweit 12 DE.Hubs mit jeweils unterschiedlichen thematischen Schwerpunkten. So fokussiert sich bspw. der DE.Hub in Karlsruhe auf Künstliche Intelligenz, während der Themenschwerpunkt des Hubs in Köln auf dem InsurTech-Bereich liegt. Einen DE.Hub mit dem expliziten Schwerpunkt Blockchain gibt es bisher allerdings nicht. Um den Austausch zwischen Mittelstand und Start-ups flächendeckender zu gestalten

¹³⁷ Gemäß quantitativer Abgrenzung des Mittelstands (siehe Kapitel 2) fallen Start-ups ebenfalls unter die Mittelstandsdefinition. Da sie aber in den qualitativen Charakteristika stark vom „klassischen“ Mittelstand divergieren, werden sie an dieser Stelle als eigene Kategorie aufgefasst.

¹³⁸ Siehe hierzu auch die Ausführungen in der Kurzstudie „Token-Ökonomie“ des Fachdialogs Blockchain: Culotta et al. (2021).

ten, kann ein weiterer Ansatz darin bestehen, in den bundesweit über 25 Mittelstand-Digital Zentren des BMWK stärker Formate zu integrieren, die Start-ups und Mittelstand zusammenbringen.

Neben der gerade erwähnten Verknüpfung des Mittelstands mit dem Blockchain-Ökosystem, welche im Wesentlichen auf der Anwendungsebene angesiedelt ist, sollte darüber hinaus auch die Infrastruktur- bzw. Governance-Ebene bei der Implementierung von Blockchain im Mittelstand in den Fokus genommen werden: Wie in Kapitel 3 geschildert, könnten in Abhängigkeit des jeweiligen Aufbaus der Blockchain neue Abhängigkeiten in Form von Lock-In-Effekten für KMU entstehen bzw. bestehende Abhängigkeiten perpetuiert werden. Dies gilt insbesondere in Szenarien privater Blockchains mit dominanten Akteuren im Wertschöpfungsnetzwerk. Um solchen Entwicklungen vorzubeugen, könnte es von Vorteil sein, wenn sich KMU in einem Wertschöpfungsnetzwerk im Zuge der Implementierung von Blockchain-Lösungen frühzeitig zu Konsortien zusammenschließen, um aktiv an der Ausgestaltung von Blockchain-Governance-Lösungen mitzuwirken und so die Gefahr von Abhängigkeiten zu verhindern oder zumindest zu verringern.¹³⁹ Hierfür ist jedoch bei den beteiligten Akteuren zum einen ein umfassendes Know-how über die Blockchain-Technologie erforderlich und zum anderen geht damit ein hoher Koordinationsbedarf einher. Die hierfür notwendigen Kapazitäten stehen den einzelnen KMU nur selten zur Verfügung. Eine wichtige Rolle kann hier daher den mittelständischen (Branchen-)Verbänden und Kammern als Mittler und Enabler zukommen. Über die Verbände und Kammern könnten unter Einbindung weiterer Technologie- und Wissenspartner branchenweite Blockchain-Lösungen angestoßen und gleichzeitig die Interessen des Mittelstands bei der Ausgestaltung der Blockchain-Governance eingebracht werden. Damit die Verbände und Kammern diese Funktion wahrnehmen können, sollte daher die Blockchain-Kompetenz bei diesen gestärkt werden. Eine denkbare Maßnahme sind hier Train-the-Trainer Schulungen für die Verbände und Kammern zum Thema Blockchain und insbesondere Blockchain-Governance. Zudem könnten

Leuchtturmprojekte ins Leben gerufen werden, in die die Kammern und Verbände aktiv eingebunden werden.¹⁴⁰

Im Hinblick auf den Aufbau von Blockchain-Netzwerken zur schnelleren und stärkeren Diffusion der Blockchain-Technologie in den Mittelstand besteht eine weitere Handlungsoption in einer (supra-)nationalen Bereitstellung einer Blockchain-Infrastruktur. Auf der Basis dieser Blockchain können den Unternehmen dann blockchainbasierte Dienste zur Verfügung gestellt werden. Zeichnen sich die Dienste durch eine hohe Usability aus, kann insbesondere für KMU die Einstiegshürde zur Nutzung der Blockchain stark gesenkt werden. Zudem dürfte die Bereitschaft zur Nutzung dadurch steigen, dass mit dem Staat ein vertrauenswürdiger Akteur in die Bereitstellung der Blockchain-Infrastruktur involviert ist. Gerade bei Unternehmen mit begrenztem Technologiewissen und damit ggf. noch begrenztem Vertrauen in die Blockchain-Technologie, dürfte dies die Wahrscheinlichkeit der Nutzung erhöhen. Neben den öffentlich bereitgestellten Diensten kann die bereitgestellte Blockchain-Infrastruktur von den Unternehmen zudem dafür genutzt werden, eigene Anwendungsfälle zu implementieren. Über einen Open-Source-Ansatz könnten den Unternehmen hierzu Referenzarchitekturen zur Verfügung gestellt werden. Ein weiterer Vorteil einer solchen Lösung besteht darin, dass die Interoperabilität der Anwendungen, die auf der bereitgestellten Infrastruktur laufen, gewährleistet werden kann.

Auf europäischer Ebene existiert mit der European Blockchain Services Infrastructure (EBSI) bereits eine supranationale Blockchain-Infrastruktur.¹⁴¹ Der Fokus von EBSI liegt dabei bisher auf eGovernment-Diensten und ist damit gegenwärtig noch von geringer Relevanz für die Wirtschaft und insbesondere den Mittelstand, wenngleich eine stärkere Ausweitung von EBSI auf den Business-Bereich angedacht ist. In China besteht mit dem Blockchain Service Network (BSN) eine öffentliche Infrastruktur, welche sich explizit auch an den Privatsektor richtet. Allerdings

139 Vgl. eco (2019).

140 Siehe zu den Leuchtturmprojekten auch Handlungsfeld II.

141 Zur EBSI, siehe: <https://ec.europa.eu/digital-building-blocks/wikis/display/ebsi>.

Mögliche Handlungsoptionen im Handlungsfeld III „Netzwerkaufbau fördern, um Synergien zu nutzen“:

- ▶ **Institutionalisierte Austauschformen zwischen Mittelstand und Blockchain-Start-ups schaffen**, bspw. durch Gründung eines DE.Hubs mit Schwerpunkt Blockchain / DLT und durch stärkere Einbindung von Austauschformaten in die Mittelstand-Digital Zentren.
- ▶ **Blockchain-Kompetenz in mittelständischen (Branchen-)Verbänden und Kammern stärken** (bspw. durch Train-the-Trainer Schulungen und Einbindung in Leuchtturmprojekte), damit diese die Interessen des Mittelstands bei der Ausgestaltung von Blockchain-Lösungen einbringen können.
- ▶ **Öffentliche Bereitstellung einer Blockchain-Infrastruktur prüfen („DE.Chain“)**, welche zur Senkung der Einstiegshürden in die Blockchain-Technologie im Mittelstand beitragen kann.

wird die Dezentralität der auf der Infrastruktur aufsetzenden Lösungen hier eingeschränkt, so dass der chinesische Staat die Kontrolle über die Infrastruktur und die darauf laufenden Anwendungen hat.¹⁴² Bei einer möglichen öffentlichen Bereitstellung einer Blockchain-Infrastruktur in Deutschland ist folglich darauf zu achten, dass die fundamentalen Charakteristika der Blockchain-Technologie (u.a. Dezentralität und Irreversibilität) gewahrt bleiben. Andernfalls droht die Gefahr, dass die Technologie durch eine solche Infrastruktur diskreditiert werden könnte.

Aus deutscher Sicht ist zu prüfen, ob eine schnelle und stärkere Ausweitung von EBSI möglich und ausreichend ist oder ob darüber hinaus in Ergänzung zu EBSI auf nationalstaatlicher Ebene der Aufbau einer „DE.Chain“ sinnvoll sein könnte. Notwendig

erscheint die Ausweitung auf B2G-Dienste in einem ersten Schritt und anschließend auch auf B2B-Dienste, wenn eine solche Infrastruktur zur Verankerung der Blockchain-Technologie in die Breite der Wirtschaft und damit auch in den Mittelstand beitragen soll. Einen Ausgangspunkt für eine solche „DE.Chain“ könnte bspw. ein branchenübergreifendes blockchainbasiertes e-Invoicing als erster Dienst auf einer solchen Blockchain bilden. Der Vorteil wäre, dass der Dienst deutschlandweit für alle Unternehmen von Relevanz ist und für alle Unternehmen Effizienzvorteile verspricht. Gleichzeitig ließe sich hierdurch das im Koalitionsvertrag der Bundesregierung vorgesehene elektronische Meldesystem „für die Erstellung, Prüfung und Weiterleitung von Rechnungen“¹⁴³ verwirklichen. Sukzessive könnte man eine solche „DE.Chain“ dann um weitere Dienste erweitern.

¹⁴² Vgl. Baydakova (2021). Durch das sogenannte „Open Permissioned“-Modell erhält der chinesische Staat Kontrolle über die Blockchain-Lösungen und kann Einträge auf der Blockchain im Zweifel auch löschen.

¹⁴³ SPD / Grüne / FDP (2021), S.132.

6 FAZIT

In der vorliegenden Studie wird deutlich, dass die Blockchain-Technologie für den Mittelstand branchenübergreifend große Potenziale bietet, bspw. in Form einer gesteigerten Effizienz, einer erhöhten Zuverlässigkeit der Daten oder neuartigen Finanzierungsoptionen. Gleichzeitig gibt es jedoch einige Faktoren, die die Implementierung von Blockchain-Lösungen im Mittelstand hemmen und damit der Realisierung der Potenziale entgegenstehen können. Zu nennen ist hier exemplarisch der Mangel an IT-Fachkräften im Mittelstand und die damit einhergehende fehlende Sensibilisierung für die Blockchain-Technologie. Zudem können die noch mangelnde Standardisierung sowie die nicht vollständig gewährleistete Interoperabilität von Blockchain-Lösungen dazu führen, dass KMU von einer Implementierung von Blockchain absehen. In Abhängigkeit von der konkreten Ausgestaltung der Blockchain-Governance könnten zudem neue Abhängigkeiten für KMU drohen, insbesondere in Szenarien mit einem dominanten Akteur im Wertschöpfungsnetzwerk.

Umso entscheidender ist es, nun die richtigen Weichenstellungen zu treffen, um die Hemmnisse und Hürden abzubauen und die Realisierung der Potenziale dieser vielversprechenden Technologie im Mittelstand zu ermöglichen. Da die Konturen der sich ent-

wickelnden Token-Ökonomie zunehmend erkennbar werden, die Blockchain-Technologie sich aber noch in einer frühen Implementierungsphase befindet, besteht gegenwärtig noch die Möglichkeit, aktiv auf die Gestaltung der Strukturen einzuwirken. Soll die Token-Ökonomie die Position des Mittelstands stärken und zur digitalen Souveränität der KMU beitragen statt die „Digital Gap“ zwischen Mittelstand und Großunternehmen vergrößern, sollten zeitnah Maßnahmen zur Unterstützung des Mittelstands ergriffen werden, die sowohl beim Ordnungsrahmen, als auch beim Wissenstransfer und beim Netzwerkaufbau ansetzen. Die im Rahmen dieser Studie vorgestellten möglichen Handlungsoptionen in den drei Handlungsfeldern sind dabei als nicht abschließender Katalog an möglichen Maßnahmen zu verstehen. Nicht alle Maßnahmen müssen umgesetzt werden, damit auch der Mittelstand von der Blockchain-Technologie profitieren kann. Vielmehr wird durch den Maßnahmenkatalog deutlich, dass es mannigfaltige Ansätze gibt, den Mittelstand auf dem Weg in die Token-Ökonomie zu unterstützen. Maßgeblich aber ist, dass sich die politischen Entscheidungsträger zeitnah über bestimmte Maßnahmen verständigen, damit der deutsche Mittelstand auch in der Token-Ökonomie das Rückgrat der deutschen Wirtschaft bleiben wird.

7 LITERATURVERZEICHNIS

- Accenture (2016): How Blockchain can bring Greater Value to Procure-to-Pay Processes, abrufbar unter <https://www.slideshare.net/accenture/how-blockchain-can-bring-greater-value-to-procure-to-pay-processes>, zuletzt abgerufen am 1.3.2022.
- Baydakova, A. (2021): „Inside China’s Effort to Create a Blockchain it can control“; abrufbar unter: <https://www.coindesk.com/markets/2021/03/16/inside-chinas-effort-to-create-a-blockchain-it-can-control/>; letzter Aufruf: 27.02.2022
- Bitkom (2017): Blockchain und Datenschutz – Faktenpapier, abrufbar unter: <https://www.bitkom.org/sites/default/files/file/import/180502-Faktenpapier-Blockchain-und-Datenschutz.pdf>, zuletzt abgerufen am 28.02.2022.
- Bitkom (2020): 10 Merksätze für elektronische Rechnungen, abrufbar unter <https://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/10-Merksaetze-fuer-elektronische-Rechnungen.html>, zuletzt abgerufen am 1.3.2022.
- Bitkom (2021a): Blockchain – Wo steht die deutsche Wirtschaft?, abrufbar unter: <https://www.bitkom.org/sites/main/files/2021-12/16.12.21-chartbericht-blockchain-2021.pdf>, zuletzt abgerufen am 25.02.2022.
- Bitkom (2021b): „Die Hälfte der Deutschen hat noch nie von der Blockchain gehört“; Repräsentative Umfrage im Auftrag der Initiative „Digital für alle“ von Bitkom Research im April 2021; abrufbar unter: <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Die-Haelfte-der-Deutschen-hat-noch-nie-von-der-Blockchain-gehört>.
- Blind, K. / Bohm, M. (2019): „The Relationship Between Open Source Software and Standard Setting“; Editor: Thumm, N. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- BNetzA [Bundesnetzagentur] (2021): Die Blockchain-Technologie: Grundlagen, Potenziale und Herausforderungen, abrufbar unter: https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/Digitalisierung/Blockchain/Links_Dokumente/einfuehrung_bc.pdf?__blob=publicationFile&v=12, zuletzt abgerufen am 25.02.2022.
- Boata, A. (2019): European SMEs: Filling the Bank Financing Gap; abrufbar unter: https://www.eulerhermes.com/content/dam/onemarketing/ehndbx/eulerhermes_com/en_gl/erd/publications/pdf/20190409-TheView-EuropeanSMEs.pdf, zuletzt abgerufen am 04.03.2022.
- Boata, A. und K. Gerdes (2019): European Regulatory Changes will make banks less willing to lend to SMEs, abrufbar unter: https://scopehamburg.com/ver/studien/Studie_20190605.pdf, zuletzt abgerufen am 04.03.2022.
- BTC-Academy (2022): Initial Coin Offering (ICO), abrufbar unter: <https://www.btc-echo.de/academy/bibliothek/initial-coin-offering-ico/>, zuletzt abgerufen am 04.03.2022.
- Bundesregierung (2020): Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung, Fortschreibung 2020.
- Bundesverband Deutsche Startups e.V. (2021): Deutscher Startup Monitor 2021, abrufbar unter: https://startupverband.de/fileadmin/startupverband/mediaarchiv/research/dsm/dsm_2021.pdf, zuletzt abgerufen am 10.03.2022.
- Buschke, S. und A. Gryger (2020): Digitale Wertpapiere – Ein neues Medium für die Mittelstandsfinanzierung, abrufbar unter: <https://www.private-banking-magazin.de/digitale-wertpapiere-ein-neues-medium-fuer-die-mittelstandsfinanzierung>, zuletzt abgerufen am 04.03.2022.
- Buterin (2015): On Public and Private Blockchains, abrufbar unter: <https://blog.ethereum.org/2015/08/07/on-public-and-private-blockchains/>, zuletzt abgerufen am 28.02.2022.
- BVDW (2021): Online-Vertrauens-Kompass; Veröffentlichung der Welle I – V; Mai 2021.
- Capgemini (2021): The value of a blockchain-enabled supply chain, abrufbar unter <https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2021/04/The-value-of-a-blockchain-enabled-supply-chain.pdf>, zuletzt abgerufen am 4.3.2022.
- Cashlink und Finoa (2020): Cost Disruption in the Issuance Market – Why Tokenization outperforms traditional securities issuance, abrufbar unter: <https://cashlink.de/cost-disruption/>, zuletzt abgerufen am 04.03.2022.
- CIS (2021): What Is The Standard Cost Of Building A Blockchain Application?, Abrufbar unter: <https://www.cisin.com/coffee-break/technology/what-is-the-standard-cost-of-building-a-blockchain-application.html>, zuletzt abgerufen am 28.02.2022.
- Creditshelf (2020): Finanzierungsmonitor 2020 – Corona Update, abrufbar unter: <https://www.creditshelf.com/magazin/studie-finanzierungsmonitor-2020>, zuletzt abgerufen am 04.03.2022.
- Culotta, C. et al. (2021): Token-Ökonomie in Deutschland – Potenziale, Hemmnisse und Handlungsfelder; Kurzstudie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie im Rahmen des Fachdialogs Blockchain.
- Deloitte (2016): Blockchain-Technologie: reversionssichere Archivierung, abrufbar unter https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/Innovation/Blockchain_Revisionssichere%20Archivierung.pdf, zuletzt abgerufen am 4.3.2022.
- Deutsche Bank (2022): Working-Capital-Finanzierung der Zukunft, abrufbar unter https://www.deutsche-bank.de/dam/deutschebank/de/shared/pdf/ub/2022_01_Working-Capital-Finanzierung%20der%20Zukunft_final.pdf, zuletzt abgerufen am 4.3.2022.

- Deutsche Leasing (2020): Finanzierung im Mittelstand: Wirtschaft zwischen Umbruch und Aufbruch, abrufbar unter <https://www.deutsche-leasing.com/de/themenwelt/beitraege/wirtschaft-zwischen-umbruch-und-aufbruch>, zuletzt abgerufen am 4.3.2022.
- DIHK [Deutscher Industrie- und Handelskammertag] (2022): Zeit für den digitalen Aufbruch – Die IHK-Umfrage zur Digitalisierung, abrufbar unter: <https://www.dihk.de/de/themen-und-positionen/wirtschaft-digital/digitalisierung/digitaler-aufbruch-mit-hindernissen>, zuletzt abgerufen am 25.02.2022.
- DIN / DKE (2020): Deutsche Normungsroadmap: Künstliche Intelligenz, abrufbar unter: <https://www.din.de/resource/blob/772438/6b5ac6680543eff9fe372603514be3e6/normungsroadmap-ki-data.pdf>, zuletzt abgerufen am 04.03.2022.
- Eco (2019): Die Blockchain im Mittelstand, abrufbar unter: https://www.certivation.com/SiteAssets/White_Paper_Die_Blockchain_im_Mittelstand.pdf, zuletzt abgerufen am 03.03.2022.
- Ethereum (2022): The great renaming: what happened to Eth2?, abrufbar unter: <https://blog.ethereum.org/2022/01/24/the-great-eth2-renaming/>, zuletzt abgerufen am 28.02.2022.
- EU-Kommission (2003): Empfehlung der Kommission vom 6. Mai 2003 betreffend die Definition der Kleinstunternehmen sowie der kleinen und mittleren Unternehmen. Abrufbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32003H0361>, zuletzt abgerufen am 04.03.2022.
- Europäische Kommission (2021): VAT Gap Report 2021, 6.12.2021, abrufbar unter <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/f769dd4a-57da-11ec-91ac-01aa75ed71a1/language-en/>, zuletzt abgerufen am 1.3.2020.
- Forster (2022): „Asset-as-a-Service Geschäftsmodelle von CashOnLedger“; Präsentation am 17.02.2022 im Rahmen des vom DIHK veranstalteten Webinars „#GemeinsamBlockchain: Grundlagen, Anwendungen und Potenziale der Blockchain-Technologie“.
- Fußwinkel, O. und C. Kreiterling (2018): Blockchain-Technologie – Gedanken zur Regulierung, in: BaFin Perspektiven, Ausgabe 1 (2018).
- Guegan, D. (2017): Public Blockchain versus Private blockchain, abrufbar unter: <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01524440/document>, zuletzt abgerufen am 28.02.2022.
- Henke M., A.T. Schulte und S. Jakob (2020): Blockchain-basiertes Supply Chain Management. In: ten Hompel M., Bauernhansl T., Vogel-Heuser B. (eds) Handbuch Industrie 4.0. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58530-6_116.
- Herget, A., S. Weyer, M. Birtel und M. Ruskowski (2020): Blockchain in der Produktionsautomatisierung? Abrufbar unter https://www.researchgate.net/profile/Stephan-Weyer/publication/325059910_Blockchain_in_der_Produktionsautomatisierung_Einblick_Ueberblick_Ausblick/links/5b4889db45851519b4b594e7/Blockchain-in-der-Produktionsautomatisierung-Einblick-Ueberblick-Ausblick.pdf, zuletzt abgerufen am 4.3.2022.
- Heuser, H.; Reinartz, P. und A. Gildemeister (2015): Unternehmenstransaktionen im deutschen Mittelstand; Studie für Baker Tilly.
- Hickmann, H. und L. Malin (2021): KOFA Fachkräftereport September 2021 - Der Fachkräftemangel nimmt wieder zu, abrufbar unter: https://www.kofa.de/fileadmin/Dateiliste/Publikationen/KOFA_Kompakt/Fachkraeftereport_September2021.pdf, zuletzt abgerufen am 04.03.2022.
- Howells, J. (1996): Tacit Knowledge, abrufbar unter: <https://doi.org/10.1080/09537329608524237>, zuletzt abgerufen am 04.03.2022.
- IDC Spain (2021): State of the Art of Blockchain and Cryptographic Technologies in Spain, abrufbar unter: <https://realsec.com/en/news/second-blockchain-report-realsec-idc/>, zuletzt abgerufen am 04.03.2022.
- IfM (2016): KMU-Definition des IfM Bonn, abrufbar unter: <https://www.ifm-bonn.org/definitionen/-kmu-definition-des-ifm-bonn>, zuletzt abgerufen am 04.03.2022.
- IfM (2021): Daten und Fakten – Unternehmensgrößenstatistik 2019, abrufbar unter: https://www.ifm-bonn.org/fileadmin/data/redaktion/publikationen/daten_und_fakten/dokumente/Daten-und-Fakten_26_2021.pdf, zuletzt abgerufen am 04.03.2022.
- Ismail, L., und H. Materwala (2019): A Review of Blockchain Architecture and Consensus Proto-cols: Use Cases, Challenges, and Solutions, Symmetry 2019, 11, <https://doi.org/10.3390/sym11101198>.
- ISO (2022): Blockchain and distributed ledger technologies – Guidelines for governance, abrufbar unter: <https://www.iso.org/standard/76480.html?browse=tc>, zuletzt abgerufen am 11.03.2022.
- Joos, T. und Schmitz, P. (2022): Gründe für den Einsatz von Blockchain-as-a-Service (BaaS), abrufbar unter: <https://www.blockchain-insider.de/gruende-fuer-den-einsatz-von-blockchain-as-a-service-baas-a-976860/>, zuletzt abgerufen am 28.02.2022.
- Kernahan, A., U. Bernskov und R. Beck (2021): Blockchain out of the Box – Where is the Blockchain in Blockchain-as-a-Service? Proceeding of the 54th Hawaii International Conference on System Sciences (2021), S. 4281 – 4290, abrufbar unter: <http://hdl.handle.net/10125/71137>, zuletzt abgerufen am 25.02.2022.
- KfW (2018): Mittelstand stemmt größten Teil der Berufsausbildung in Deutschland, abrufbar unter: https://www.kfw.de/%C3%9Cber-die-KfW/Newsroom/Aktuelles/Pressemitteilungen-Details_485440.html, zuletzt abgerufen am 04.03.2022.
- KfW (2021a): KfW-ifo-Kredithürde: Kreditnachfrage im Mittelstand bleibt schwach, abrufbar unter: https://www.kfw.de/%C3%9Cber-die-KfW/Newsroom/Aktuelles/Pressemitteilungen-Details_676160.html, zuletzt abgerufen am 04.03.2022.
- KfW (2021b): KfW-Internationalisierungsbericht 2021, abrufbar unter: <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Internationalisierungsbericht/KfW-Internationalisierung-sbericht-2021.pdf>, zuletzt abgerufen am 04.03.2022.

- Koch, B. (2019): The e-invoicing journey 2019 - 2025, 4th ed., September 2019, abrufbar unter https://www.billentis.com/The_einvoicing_journey_2019-2025.pdf, zuletzt abgerufen am 4.3.2022.
- Koch, B. (2021): E-Invoicing / E-Billing: International Market Overview & Forecast, Februar 2021, abrufbar unter https://www.billentis.com/einvoicing_ebilling_market_overview_2021.pdf, zuletzt abgerufen am 1.3.2022.
- KOFA (2020): Die Fachkräftesituation in IT-Berufen und Potentiale der Zuwanderung, abrufbar unter: https://www.kofa.de/fileadmin/Dateiliste/Publikationen/Studien/IT-Fachkraefte_2020_04.pdf, zuletzt abgerufen am 10.03.2022.
- Kreiterling, C. / Fußwinkel, O. (2018): Blockchain-Technologie - Gedanken zur Regulierung; in: BaFin Perspektiven, Ausgabe 01/2018.
- Krüger, F. und M. Lampert (2018): „Augen auf bei der Token-Wahl - privatrechtlichen und steuer-rechtliche Herausforderungen im Rahmen eines Initial Coin Offering“, in: Betriebs-Berater (2018), S. 1154-1160.
- Lambert, T. / Liebau, D. / Roosenboom, P. (2021): „Security Token Offerings“; erschienen im Springer Verlag in der Reihe „Small Business Economy“; <https://doi.org/10.1007/s11187-021-00539-9>.
- Law Commission (2022): "Electronic trade documents: Report and Bill"; im Auftrag des britischen House of Commons.
- Lepore et al. (2021): A Survey on Blockchain Consensus with a Performance Comparison of PoW, PoS and Pure PoS, abrufbar unter: <https://www.mdpi.com/2227-7390/8/10/1782/htm>, zuletzt abgerufen am 02.03.2022.
- Lichtblau et al. (2018): Digitalisierung der KMU in Deutschland, abrufbar unter: https://www.iwconsult.de/fileadmin/user_upload/projekte/2018/Digital_Atlas/Digitalisierung_von_KMU.pdf, zuletzt abgerufen am 02.03.2022.
- Lindner, D. (2019): Definition und Besonderheiten von KMU, abrufbar unter: https://doi.org/10.1007/978-3-658-24399-9_2, zuletzt abgerufen am 04.03.2022.
- Lindner, D. und C. Leyh (2019): Digitalisierung von KMU - Fragestellungen, Handlungsempfehlungen sowie Implikationen für IT-Organisation und IT-Service-management, abrufbar unter: <https://doi.org/10.1365/s40702-019-00502-z>, zuletzt abgerufen am 04.03.2022.
- Luhmann, N. (1968): „Vertrauen - Ein Mechanismus der Reduktion sozialer Komplexität“.
- Marikyan et al. (2021): Blockchain in a Business Model: Exploring Benefits and Risks, abrufbar unter: https://research-information.bris.ac.uk/ws/portalfiles/portal/287884855/ID_287780093_1_1_.pdf, zuletzt abgerufen am 04.03.2022.
- Märkel, C., Stronzik, M., Simons, M., Wissner, M., und M. Lundborg (2021): Einsatz von Block-chain in KMU: Chancen & Hemmnisse, abrufbar unter: https://www.wik.org/uploads/media/WIK_Diskussionsbeitrag_Nr_477.pdf, zuletzt abgerufen am 04.03.2022.
- Mcshane, G. (2021): What is a 51% Attack?, abrufbar unter: <https://www.coindesk.com/learn/what-is-a-51-attack/>, zuletzt abgerufen am 28.02.2022.
- MHP (2021): Asset-as-a-Service: so profitieren sie als Hersteller und Anwender, abrufbar unter <https://www.mhp.com/de/unternehmen/events/detail/asset-as-a-service-so-profitieren-sie-als-hersteller-und-anwender>, zuletzt abgerufen am 4.3.2022.
- Moody's (2019): "Blockchain standardisation would amplify the technology's benefits to securitisations", in: Structured Finance - Global.
- Mooken, A. (2017): Die Blockchain-Technologie: Eine Methode zur Identifikation von Anwendungsfällen, abrufbar unter: https://digitalcollection.zhaw.ch/bitstream/11475/7678/1/Mooken_Anand_W.MA.WIN.pdf, zuletzt abgerufen am 02.03.2022.
- Mumm, S. A. (2017): Handlungsempfehlungen für die Konzeption, Entwicklung und Etablierung eines plattformbasierten Business Ecosystems auf Basis einer Langzeitintervention bei einem KMU-Softwarehersteller, abrufbar unter: <https://ediss.sub.uni-hamburg.de/handle/ediss/7820>, zuletzt abgerufen am 04.03.2022.
- OECD (2021): "How can Blockchain ecosystems serve SME?", in: "The Digital Transformation of SMEs"; OECD Studies on SMEs and Entrepreneurship.
- Onik, M.M.H., und M.H. Miraz (2019): Performance Analytical Comparison of Blockchain-as-a-Service (BaaS) Platforms. In: Miraz M., P. Excell, A. Ware, S. Soomro und M. Ali (Hrsg.): Emerging Technologies in Computing. iCETiC 2019. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, Vol 285. Springer.
- Oumoussa, I. et al (2021): When Microservices Architecture and Blockchain Technology Meet: Challenges and Design Concepts, abrufbar unter: https://www.researchgate.net/publication/358219120_When_Microservices_Architecture_and_Blockchain_Technology_Meet_Challenges_and_Design_Concepts, zuletzt abgerufen am 25.02.2022.
- Papen, M. C., Lundborg, M., und S. Tenbrock (2021): 360-Grad-Überblick über den Digitalisierungsstand in KMU, abrufbar unter: https://www.wik.org/uploads/media/WIK_Diskussionsbeitrag_Nr_480.pdf, zuletzt abgerufen am 04.03.2022.
- Pohlmann, N. / Coester, U. (2021): Vertrauen - ein elementarer Aspekt der digitalen Zukunft.
- Poser (2020): Probabilistische Mikrozahlungen auf der Blockchain, abrufbar unter https://monami.hs-mittweida.de/frontdoor/deliver/index/docId/11866/file/Druckversion_Poser_Marianne.pdf, zuletzt abgerufen am 4.3.2022.
- Reinemann H. (2019): Mittelstand in der Betriebswirtschaftslehre - Theorien und Modelle, abrufbar unter: https://doi.org/10.1007/978-3-658-25355-4_2, zuletzt abgerufen am 04.03.2022.
- Samajammin et al. (2022): Scaling, abrufbar unter: <https://ethereum.org/en/developers/docs/scaling/>, zuletzt abgerufen am 25.02.2022.
- Sandner, P. / Blassl, J. (2020): Deutschland geht bei der Blockchain-Technologie voran", Gastbeitrag in: Capital; abrufbar unter: <https://www.capital.de/wirtschaftspolitik/deutschland-geht-bei-der-blockchain-technologie-voran>.

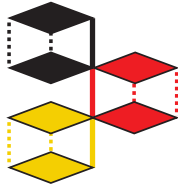
- Schmid G. (2021): KMU-spezifische Aspekte der Erarbeitung von Marketingkonzeptionen, abrufbar unter: https://doi.org/10.1007/978-3-658-34700-0_16, zuletzt abgerufen am 04.03.2022.
- Schrepel, T. (2021): Blockchain + Antitrust: The Decentralization Formula, abrufbar unter: https://play.google.com/books/reader?id=79BCEAAAQBAJ&pg=GBS.PP1&hl=en_GB, zuletzt abgerufen am 28.02.2022.
- Schulte, A.T., S. Jakob und T. Korkmaz (2020): Smart Finance und Micropayments zur Umsetzung von Pay-per-Use-Modellen, Blockchain Reallabor, abrufbar unter https://blockchain-reallabor.de/wp-content/uploads/2020/12/UseCase_Logistik_PayPerUse_v2.pdf, zuletzt abgerufen am 4.3.2022.
- Schwartz, M. und J. Gerstenberger (2019): Mittelstand mit großer Treue zur Hausbank, abrufbar unter: <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-2019/Fokus-Nr.-243-Februar-2019-Mittelstand-und-Hausbanken.pdf>, zuletzt abgerufen am 04.03.2022.
- Song, J. et al. (2022): Research advances on blockchain-as-a-service: architectures, applications and challenges, abrufbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352864821000092>, zuletzt abgerufen am 25.02.2022.
- Sörries, B., M. Stronzik, S. Tenbrock, C. Wernick und M. Wissner (2019): Die ökonomische Relevanz und Entwicklungsperspektiven von Blockchain: Analysen für den Telekommunikations- und Energiemarkt, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 445, August 2019, Bad Honnef.
- SPD / Grüne / FDP (2021): „Mehr Fortschritt wagen – Koalitionsvertrag 2021 – 2025“.
- Suhr, F. (2020): Die größten Risiken für mittelständische Unternehmen, abrufbar unter: <https://de.statista.com/infografik/20895/groesste-risiken-fuer-mittelstaendische-unternehmen/>, zuletzt abgerufen am 04.03.2022.
- Telekom (2020): Der digitale Status quo des deutschen Mittelstand, abrufbar unter: https://www.digitalisierungsindex.de/wp-content/uploads/2020/12/Telekom_Digitalisierungsindex_2020_GESAMTBERICHT.pdf, zuletzt abgerufen am 28.02.2022.
- Ternès, A. / Schieke, S. (2018): „Megatrend Digitalisierung: Wo steht der deutsche Mittelstand?“.
- The Economist (2015): The trust machine, abrufbar unter: <https://www.economist.com/leaders/2015/10/31/the-trust-machine>, zuletzt abgerufen am 04.03.2022.
- Usländer, Thomas, Felix Schöppenthau, Boris Schnebel, Sascha Heymann, Ljiljana Stojanovic, Kym Watson, Seungwook Nam, und Satoshi Morinaga (2021): Smart Factory Web – A Blueprint Architecture for Open Marketplaces for Industrial Production. Applied Sciences 11, No. 14, 6585, S. 1 -28. <https://doi.org/10.3390/app11146585>.
- VeR [Verband elektronische Rechnung] (2021): Die E-Rechnung: Treiber der Digitalisierten Supply Chain, abrufbar unter <https://www.verband-e-rechnung.org/pdfs/E-Rechnung-als-Treiber-der-digitalisierten-Supply-Chain.pdf>, zuletzt abgerufen am 1.3.2022.
- Welter, F., May-Strobl, E., Holz, M., Pahnke, A., Schlepphorst, S., Wolter, H.-J. und Kranzusch, P. (2015): Mittelstand zwischen Fakten und Gefühl, abrufbar unter: https://www.ifm-bonn.org/fileadmin/data/redaktion/publikationen/ifm_materialien/dokumente/IfM-Materialien-234_2015.pdf, zuletzt abgerufen am 23.02.2022.
- Wöhler, M., und Rinderle-Ma, S. (2021): Architecture Design of Blockchain-Based Applications, abrufbar unter: <http://eprints.cs.univie.ac.at/6880/1/2021111286.pdf>, zuletzt abgerufen am 25.02.2022.
- Xu, X., et al. (2016): The Blockchain as a Software Connector, abrufbar unter: https://www.researchgate.net/profile/Shiping-Chen-2/publication/305525271_The_Blockchain_as_a_Software_Connector/links/5d720eb8a6fdcc9961b20f71/The-Blockchain-as-a-Software-Connector.pdf, zuletzt abgerufen am 25.02.2022.
- Zhang, S. und J.-H. Lee (2019): Analysis of the main consensus protocols of Blockchain, abrufbar unter: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S240595951930164X?token=EBD12447BDA6C46515B3A7637EA608D1B1AE6765A504E652112E280514BD5C15964A81FAE7F76802445CAA6585D833&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210609140636>, zuletzt abgerufen am 28.02.2022.
- Zwanziger, X. / Mock, M. (2021): „Regulierung von virtuellen Währungen“; Wissenschaftlicher Dienst des Deutschen Bundestages.

A4: STUDIE ZUM MODUL IV:

**POTENZIALE DER BLOCKCHAIN-
TECHNOLOGIE FÜR KLIMASCHUTZ
UND ENERGIEWENDE**

Fachdialog

Blockchain



FACHDIALOG BLOCKCHAIN

POTENZIALE DER BLOCKCHAIN- TECHNOLOGIE FÜR KLIMASCHUTZ UND ENERGIEWENDE

Kurzstudie im Auftrag des
Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz

Die vorliegende Kurzstudie „Potenziale der Blockchain-Technologie für Klimaschutz und Energiewende“ ist Teil des Fachdialogs Blockchain. Der Fachdialog Blockchain wird im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz durchgeführt. Beim Fachdialog handelt es sich um eine interdisziplinäre Studien- und Workshopreihe, welche auf die Blockchain-Strategie der Bundesregierung zurückgeht.

Mit der Durchführung des Fachdialogs Blockchain ist folgendes Projektteam beauftragt:

- ▶ **WIK-Consult** (Projektleitung)
- ▶ **Prof. Dr. Roman Beck** (Leiter des European Blockchain Centers)
- ▶ **European Blockchain Center an der IT University of Copenhagen**
- ▶ **Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML**
- ▶ **Prof. Dr. Dagmar Gesmann-Nuissl** (TU Chemnitz)
- ▶ **GS1 Germany**

Impressum

Herausgeber:
WIK-Consult GmbH
Rhöndorfer Straße 68
HRB: Amtsgericht Siegburg, 7043
Tel. +49 (0) 2224-9225-0,
Fax +49 (0) 2224-9225-68
E-Mail: fachdialog-blockchain@wik.org

Verantwortlich: Dr. Cara Schwarz-Schilling
Projektleitung: Christian Märkel

Autorinnen und Autoren der Kurzstudie:
Christian Märkel (WIK-Consult)
Prof. Dr. Nico Wunderlich (ITU Copenhagen)
Martin Lundborg (WIK-Consult)
Martin Simons (WIK-Consult)
Prof. Dr. Roman Beck (ITU Copenhagen)
Prof. Dr. Dagmar Gesmann-Nuissl (TU Chemnitz)

Bildquelle (Titel): Terry-unsplash.com

März 2023

INHALT

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Kurzfassung | 2 |
| Executive Summary | 5 |
| 1 Einleitung | 8 |
| 2 Ziele des Klimaschutzes und der Energiewende in Deutschland | 10 |
| 3 Potenziale der Blockchain-Technologie zum Erreichen der Klimaschutz- und Energieziele | 12 |
| 3.1 Potenziale der Blockchain im Emissionsmanagement | 13 |
| 3.2 Potenziale der Blockchain im Energiesektor | 16 |
| 3.3 Potenziale der Blockchain im Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement | 21 |
| 4 Unternehmensumfrage zur Einschätzung der Potenziale der Blockchain-Technologie zum Zwecke des Klimaschutzes und der Energiewende | 24 |
| 4.1 Aufbau der Umfrage und Beschreibung der Stichprobe | 24 |
| 4.2 Einschätzung der Potenziale der Blockchain-Technologie für den Klimaschutz und die Energiewende | 28 |
| 4.3 Selbsteinschätzung der nachhaltigen Leistungsfähigkeit der Unternehmen mit Zusammenhangsanalyse zu den Einsatzfeldern der Blockchain-Technologie | 31 |
| 4.4 Einschätzung öffentlicher Fördermaßnahmen und Ordnungsanreize mit Zusammenhangsanalyse zu den Einsatzfeldern der Blockchain-Technologie | 36 |
| 4.5 Fazit zur Unternehmensumfrage | 40 |
| 5 Handlungsfelder und daraus abgeleitete Handlungsoptionen | 42 |
| 5.1 Handlungsfeld I: Verbraucher & Unternehmen sensibilisieren und unterstützen, um Anreize für blockchainbasierte Lösungen mit dem Ziel der Nachhaltigkeitssteigerung zu schaffen | 42 |
| 5.2 Handlungsfeld II: Qualitätsstandards und Rechtssicherheit sicherstellen, um Vertrauen in nachhaltige Blockchain-Lösungen zu schaffen | 44 |
| 5.3 Handlungsfeld III: Supranationale Strukturen und Zusammenarbeit stärken, um die Diffusion von blockchainbasierten Anwendungen für den Klimaschutz zu fördern und zu skalieren | 47 |
| 6 Fazit | 50 |
| 7 Literaturverzeichnis | 52 |
| 8 Anhang | 55 |

KURZFASSUNG

Die vorliegende Studie widmet sich den Potenzialen der Blockchain-Technologie zur Unterstützung des Klimaschutzes und der Energiewende. Im Fokus der Untersuchung stehen dabei die folgenden Fragen:

- ▶ Worin bestehen in den Bereichen des Energie-, Emissions- sowie im Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement die Chancen als auch die Hindernisse des Einsatzes der Blockchain-Technologie?
- ▶ Wie schätzen Führungskräfte aus deutschen Unternehmen den Blockchain-Einsatz in den drei genannten Managementbereichen ein?
- ▶ Welche Handlungsoptionen stehen der öffentlichen Hand zur Verfügung, die dem Blockchain-Einsatz zum Zwecke des Klimaschutzes und der Energiewende dienlich sein können?

Die vorliegende Kurzstudie ist Teil des Fachdialogs Blockchain, der im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) durchgeführt wird. Bei dem Fachdialog Blockchain handelt es sich um eine modular aufgebaute interdisziplinäre Workshop- und Studienreihe. Das Schwerpunktthema Potenziale der Blockchain-Technologie zur Unterstützung des Klimaschutzes und der Energiewende bildet das vierte und vorerst abschließende Modul des Fachdialogs, nachdem in den drei vorangegangenen Modulen bereits die Themen [I] „Token-Ökonomie“, [II] „Nachhaltigkeit im Kontext der Blockchain-Technologie“ sowie [III] „Blockchain im Mittelstand“ adressiert wurden. Die vorliegende Studie fußt dabei u.a. auf den Erkenntnissen eines interdisziplinären ganztägigen Workshops mit ca. 50 Blockchain-Expertinnen und -Experten aus Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung, welcher im Januar 2023 in virtueller Form stattgefunden hat, sowie auf einer Expertenkonsultation zu Beginn des Fachdialogs sowie einer Unternehmensbefragung unter 200 Führungskräften aus Blockchain-erfahrenen deutschen Unternehmen in energieintensiven Branchen, welche exklusiv für das vorliegende Modul im Fachdialog Blockchain durchgeführt wurde.

Status quo der Klimaschutz- und Energie-wendeziele in Deutschland

Will Deutschland die selbstgesteckten Ziele für das Jahr 2030 im Klimaschutz und der Energiewende erreichen, sind innovative Ansätze erforderlich. Die „Eröffnungsbilanz Klimaschutz“ des BMWK hat gezeigt, dass die bisher getroffenen Maßnahmen und eingeschlagenen Wege nicht ausreichend waren. Dies gilt sowohl für den Rückgang der Treibhausgasemissionen, für den Anteil erneuerbarer Energien am Stromverbrauch als auch für den Rückgang des Endenergieverbrauchs, um nur einige Beispiele zu nennen.

Es braucht innovative Lösungen, wie die Effektivität von Maßnahmen erhöht werden kann und wie Herausforderungen, welche durch die Transition zu einer klimaneutralen Wirtschaft entstehen, wie bspw. die Organisation eines dezentralen Energiemarkts, gelöst werden können. Dies ist eine Voraussetzung dafür, dass die im *European Green Deal* formulierte Vision einer nachhaltigen, resilienten und wettbewerbsfähigen Wirtschaft Wirklichkeit werden kann.

Potenziale der Blockchain-Technologie zum Erreichen der Ziele des Klimaschutzes und der Energiewende

Durch ihre dezentrale Architektur, der Möglichkeit zu einem verbesserten Tracking und Tracing sowie der automatisierten Abwicklung von Transaktionen hat die Blockchain-Technologie das Potenzial, zum Erreichen der Ziele im Klimaschutz sowie der Energiewende einen wertvollen Beitrag zu liefern.

Als Einsatzfelder der Technologie zum Zwecke des Klimaschutzes und der Energiewende lassen sich dabei vor allem folgende drei Bereiche identifizieren:

- ▶ Emissionsmanagement
- ▶ Energiemanagement
- ▶ Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement

Im Bereich des *Emissionsmanagement* ergeben sich Anwendungsszenarien der Blockchain-Technologie sowohl im Europäischen Emissionshandelssystem (EU-ETS) als auch zur Abbildung des Carbon-Offsetting im Rahmen der „Voluntary Carbon Markets“ (VCM) oder auch des Carbon-Insetting.

Im Kontext des *Energiemanagements* besteht ein potenzieller Einsatzbereich der Blockchain-Technologie u.a. in der Abwicklung des P2P-Energiehandels. Darüber hinaus kann das Monitoring und die Nachverfolgung von Energie aus nachhaltiger Erzeugung durch den Einsatz von Blockchain erleichtert werden und es können blockchainbasierte Anreizsysteme geschaffen werden, die zu einem nachhaltigeren, saubereren Energieverbrauch führen und / oder dazu animieren, selbst als Energieerzeuger aufzutreten („Prosumer“).

Im Rahmen des *Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagements* kann der Einsatz von Blockchain-Technologie dazu beitragen, Allmendeproblematiken („Tragedy of the Commons“) zu überwinden oder zumindest abzumildern. Ebenso kann durch Blockchain der Gefahr der adversen Selektion vorgebeugt werden, insbes. dem Greenwashing als spezieller Form der adversen Selektion im Kontext von Klimaschutz und Energiewende.

Einschätzung der Potenziale der Blockchain-Technologie durch Führungskräfte deutscher Unternehmen

Die Auswertung der Unternehmensumfrage unter 200 Führungskräften deutscher Unternehmen mit Blockchain-Erfahrung deutet darauf hin, dass die **nachhaltige Leistungsfähigkeit der Unternehmen** (definiert als ökonomisch rationales, ökologisches Handeln) durch den Einsatz der Blockchain-Technologie gestärkt werden kann. Insbesondere gilt dies in den Einsatzbereichen Emissions- und Energiemanagement, da hier die Unternehmen durch Blockchain-Lösungen Effizienzgewinne sowohl bei der eigentlichen wirtschaftlichen Aktivität (bspw. im

dezentralen Energiehandel) als auch beim Erfüllen regulatorischer Bestimmungen (bspw. im Zertifikatehandel) erzielen können und ökonomische und ökologische Nachhaltigkeit damit stärker im Einklang stehen. Demgegenüber lässt sich aus den Daten schließen, dass das Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement weniger eine effizientere Verwendung von Ressourcen bewirkt. Im Vordergrund steht hier in erster Linie der Nachweis der Nachhaltigkeit von Produkten oder Prozessen („Proof of Green“). Aus diesem Grund ist in diesem Bereich eine stärkere Anreizsetzung durch den Gesetzgeber gefragt, um ökonomische und ökologische Nachhaltigkeit in Einklang zu bringen.

Handlungsoptionen zur Realisierung der Potenziale der Blockchain-Technologie zur Unterstützung von Klimaschutz und Energiewende

Vor dem Hintergrund, dass von der Blockchain-Technologie in allen drei identifizierten Einsatzfeldern (Emissions-, Energie- sowie Transparenz & Nachhaltigkeitsmanagement) ein essentieller Beitrag zum Erreichen der Klimaschutz- und Energiewendeziele ausgehen kann, wurden im Rahmen des Fachdialogs zur Adressierung der bestehenden Hemmnisse und Hürden des Blockchain-Einsatzes zum Zwecke des Klimaschutzes und der Energiewende folgende drei Handlungsfelder definiert:

- ▶ **Handlungsfeld I: Verbraucher & Unternehmen sensibilisieren und unterstützen, um Anreize für blockchainbasierte Lösungen mit dem Ziel der Nachhaltigkeitssteigerung zu schaffen**
- ▶ **Handlungsfeld II: Qualitätsstandards und Rechtssicherheit sicherstellen, um Vertrauen in nachhaltige Blockchain-Lösungen zu schaffen**
- ▶ **Handlungsfeld III: Supranationale Strukturen und Zusammenarbeit stärken, um die Diffusion von blockchainbasierten Anwendungen für den Klimaschutz zu fördern und zu skalieren**

Mögliche Handlungsoptionen innerhalb dieser drei Handlungsfelder wurden auf einem ganztägigen Workshop mit Blockchain-Expertinnen und -Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung entwickelt und diskutiert.

Im **Handlungsfeld I** besteht eine Option darin, der bestehenden Lücke im Wissenstransfermanagement im Hinblick auf die Einsatzpotenziale der Blockchain im Kontext von Klimaschutz und Energiewende mit breit angelegten **Informations- und Qualifizierungskampagnen** zu begegnen, die den Unternehmen (insbes. dem Mittelstand) Unterstützung entlang der gesamten Befähigungskette bietet (Sensibilisieren / Qualifizieren / Umsetzen). Die Angebote könnten z.B. über die Mittelstand-Digital Zentren des BMWK verbreitet werden. Zudem sollten die Bemühungen intensiviert werden, Entwickler / Anbieter und potenzielle Anwender über **Matchmaking-Aktivitäten** zu vernetzen, um auf diesem Weg den Aufbau von nachhaltigen Blockchain-Ökosystemen zu fördern und zu stärken. Eine wichtige Rolle kann hier den DE.Hubs des BMWK zukommen. Darüber hinaus sollten Maßnahmen ergriffen werden, die den Implementierungsaufwand für Blockchain-Lösungen in den Unternehmen senken. Dies kann bspw. durch die **Förderung und Entwicklung von anwenderfreundlichen Use Cases** im Bereich Klimaschutz / Energiewende erreicht werden, die auf der European Blockchain Services Infrastructure (EBSI) aufsetzen können.

Im **Handlungsfeld II** steht das Aufrechterhalten bzw. Entwickeln von Qualitätsstandards sowie das Schaffen von Rechtssicherheit im Fokus der Betrachtung. Eine Maßnahme kann darin bestehen, mittels Zertifizierungen bzw. Labels eine Art „**Blockchain-TÜV**“ zu implementieren, sowohl für den technischen Aufbau als auch für den Dateninput der Blockchain (Stichwort Oracles). Auf diese Weise kann adversen Selektionsprozessen vorgebeugt und Greenwashing

mittels Blockchain verhindert werden. Gleichzeitig sollten die Standardisierungs- und Normierungsbemühungen, insbes. bei den Oracles, vorangetrieben werden und eine anschließende **Bezugnahme auf die Standards im Regulierungsrahmen** erfolgen, um die Verbindlichkeit zu erhöhen und Mindeststandards zu definieren. Darüber hinaus sollten **eindeutige, anreizkompatible (steuerrechtliche) Rahmenbedingungen** für tokenbasierte Lösungen geschaffen werden, um Hemmnisse für deren Einsatz, bspw. im Kontext des Emissionshandels abzubauen. Bei Anwendungsszenarien im Bereich der kritischen Infrastruktur (KRITIS), bspw. bei der Energieversorgung, ist darüber nachzudenken, **Sandboxes bzw. Testbeds zu implementieren**, um in diesen Systemen Verantwortlichkeiten zu definieren, die der Gewährleistung der Versorgungssicherheit dienen.

Im Kontext der Stärkung der supranationalen Strukturen, welche im **Handlungsfeld III** diskutiert werden, erscheint es sinnvoll, die Beteiligung deutscher Regulatoren und Blockchain-Expertinnen und -Experten an **internationalen Standardisierungsprozessen und Normungsverfahren zu intensivieren**, um auf diesem Weg die Marktreife der blockchainbasierten Lösungen zu stärken, damit diese zur Bekämpfung des Klimawandels zum Einsatz kommen können. Es ist zudem darüber nachzudenken, die der Standardisierung zugrundeliegenden **Evaluationszeiträume zu verkürzen**, um auf diesem Weg sowohl der rasanten technologischen Entwicklung auf dem Gebiet der Blockchain als auch dem bestehenden Handlungsdruck im Bereich Klimaschutz gerecht zu werden. Zu prüfen ist zudem, ob die Einführung einer „**Ledger of Ledgers**“ zur Verknüpfung der heterogenen staatlichen Emissionshandelssysteme im Sinne von Artikel 6.2 des Pariser Klimaabkommens sinnvoll erscheint, um auf diesem Weg dem gegenwärtigen „Double Counting“-Problem der Emissionszertifikate zu begegnen.

EXECUTIVE SUMMARY

This study is dedicated to the potential of blockchain technology to support climate protection and the energy transition. The study focuses on the following questions:

- ▶ What are the opportunities and obstacles of using blockchain technology in the areas of energy, emissions, transparency and sustainability management?
- ▶ How do managers from German companies assess the use of blockchain in the three management areas mentioned?
- ▶ What options for action are available to the public sector that could be conducive to the use of blockchain for the purpose of climate protection and the energy transition?

This short study is part of the “Fachdialog Blockchain” (Expert Dialogue on Blockchain), which is being conducted on behalf of the Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action (BMWK). The Expert Dialogue on Blockchain is a modular interdisciplinary series of workshops and studies. The potential of blockchain technology to support climate protection and the energy transition forms the fourth and, for the time being, final module of the Expert Dialogue, after the topics [I] “Token Economy”, [II] “Sustainability in the context of Blockchain Technology” and [III] “Blockchain in SMEs” were already addressed in the three previous modules. This study is based, among other things, on the findings of an interdisciplinary, full-day workshop with around 50 blockchain experts from business, science and administration, which took place in virtual form in January 2023, as well as on an expert consultation at the beginning of the Expert Dialogue and a survey of 200 executives from blockchain-experienced German companies in energy-intensive sectors, which was conducted exclusively for this module of the Expert Dialogue on Blockchain.

Status quo of climate protection and energy transition goals in Germany

If Germany wants to achieve the climate protection and energy transition targets it has set itself for the year 2030, innovative approaches are required. The BMWK's "Inaugural Assessment of Climate Protection" has shown that the measures taken and paths taken to date have not been sufficient. This applies to the decrease in greenhouse gas emissions, to the share of renewable energies in electricity consumption and to the decrease in final energy consumption, to name just a few examples.

Innovative solutions are needed on how to increase the effectiveness of measures and how to solve challenges that arise from the transition to a climate-neutral economy, such as the organisation of a decentralised energy market. This is a prerequisite for the vision of a sustainable, resilient and competitive economy formulated in the *European Green Deal* to become reality.

Potentials of blockchain technology for achieving the goals of climate protection and the energy transition

Through its decentralised architecture, the possibility of improved tracking and tracing and the automated processing of transactions, blockchain technology has the potential to make a valuable contribution to achieving the goals of climate protection and the energy transition.

The following three areas can be identified as fields of application of the technology for the purpose of climate protection and the energy transition:

- ▶ Emissions management
- ▶ Energy management
- ▶ Transparency and sustainability management

In the area of *emissions management*, application scenarios for blockchain technology arise both in the European Emissions Trading Scheme (EU-ETS) and for mapping carbon offsetting within the framework of "Voluntary Carbon Markets" (VCM) or carbon insetting.

In the context of *energy management*, one potential area of application for blockchain technology is the processing of P2P energy trading. In addition, the monitoring and tracking of energy from sustainable production can be facilitated by blockchain and blockchain-based incentive systems can be created that lead to more sustainable, cleaner energy consumption and/or encourage people to act as energy producers themselves ("prosumers").

In the context of *transparency and sustainability management*, the use of blockchain technology can contribute to overcoming or at least mitigating the "Tragedy of the Commons". Blockchain can also prevent the danger of adverse selection, especially greenwashing as a special form of adverse selection in the context of climate protection and energy transition.

Assessment of the potential of blockchain technology by executives of German companies

The evaluation of the company survey among 200 executives of German companies with blockchain experience indicates that the **sustainable performance of companies** (defined as economically rational, ecological action) can be strengthened by blockchain technology. This is particularly true in the areas of emissions and energy management, as blockchain solutions can help companies achieve efficiency gains both in their actual economic activities (e.g., in decentralised energy trading) and in complying with regulatory requirements (e.g., in certificate trading), and economic and ecological sustainability are thus more closely aligned. On the other hand, it can be concluded from the data that transparency and sustainability management has less of an effect on a more efficient use of resources. The focus here is primarily on proving the sustainability of products or processes ("proof of green"). For this reason, a

stronger incentive is needed from the legislator in this area to bring economic and ecological sustainability into harmony.

Options for action to realise the potential of blockchain technology to support climate protection and the energy transition

Against the background that blockchain technology can make an essential contribution to achieving the climate protection and energy transition goals in all three identified fields of application (emissions, energy, and transparency & sustainability management), the following three fields of action were defined within the framework of the expert dialogue to address the existing barriers and obstacles to the use of blockchain for the purpose of climate protection and the energy transition:

- ▶ **Field of action I: Sensitise and support consumers & companies to create incentives for blockchain-based sustainable solutions with the aim of increasing sustainability**
- ▶ **Field of action II: Ensure quality standards and legal certainty to create trust in sustainable blockchain solutions**
- ▶ **Field of action III: Strengthen supranational structures and cooperation to promote and scale the diffusion of blockchain-based applications for climate protection**

Possible options for action within these three fields of action were developed and discussed at a full-day workshop with blockchain experts from science, business and administration.

In **field of action I**, one option is to address the existing gap in knowledge transfer management regarding the application potential of blockchain in the context of climate protection and energy transition with broad-based **information and qualification campaigns** that offer companies (especially SMEs) support along the entire enablement chain (raising awareness / qualifying / implementing). The offers could be disseminated e.g., via the SME Digital Centres of the BMWK. In addition, efforts should be

intensified to network developers / providers and potential users via **matchmaking activities** to promote and strengthen the establishment of sustainable blockchain ecosystems in this way. The DE.Hubs of the BMWK can play an important role here. In addition, measures should be taken to reduce the implementation costs for blockchain solutions in companies. This can be achieved, for example, by **promoting and developing user-friendly use cases** in climate protection / energy transition, which can be based on the European Blockchain Services Infrastructure (EBSI).

Field of action II focuses on maintaining or developing quality standards and creating legal certainty. One measure could be to implement a kind of "**blockchain TÜV**" by means of certifications or labels, both for the technical structure and for the data input of the blockchain (keyword oracles). In this way, adverse selection processes can be prevented and greenwashing by means of blockchain can be prevented. At the same time, standardisation efforts, especially regarding oracles, should be advanced and a subsequent **reference to the standards in the regulatory framework** should be made to increase bindingness and define minimum standards. In addition, **clear, incentive-compatible (tax law) framework conditions** for token-based solutions should be created to

reduce obstacles to their use, for example in the context of emissions trading. In the case of application scenarios in the area of critical infrastructure (CRITIS), e.g., in energy supply, consideration should be given to **implementing sandboxes or testbeds** in order to define responsibilities in these systems that serve to guarantee security of supply.

In the context of strengthening supranational structures, which are discussed in **field of action III**, it seems sensible to intensify the participation of German regulators and blockchain experts in **international standardisation processes and procedures** in order to strengthen the market maturity of blockchain-based solutions in this way, so that they can be used to combat climate change. Consideration should also be given to **shortening the evaluation periods** on which standardisation is based to do justice to both the rapid technological development in the field of blockchain and the existing pressure to act in the area of climate protection. It should also be examined whether the introduction of a "**ledger of ledgers**" to link the heterogeneous state emissions trading systems in the sense of Article 6.2 of the Paris Climate Agreement appears to make sense in order to counter the current "double counting" problem of emissions certificates in this way.

1 EINLEITUNG

Im vierten Modul des Fachdialogs Blockchain¹ steht die Frage im Fokus, welche Potenziale von Distributed Ledger Technologien (DLT), für die im Folgenden der Begriff „Blockchain“ als Synonym verwendet wird, zum Erreichen der Ziele des Klimaschutzes sowie der Energiewende ausgehen können. Während in der breiten Öffentlichkeit Blockchain häufig mit Bitcoin gleichgesetzt wird und der Blockchain-Technologie damit zu Unrecht allgemein das Label der Klimaschädlichkeit angehängt wird², wird übersehen, welche Chancen die Technologie durch ihre Eigenschaften der Manipulationssicherheit, Irreversibilität sowie Dezentralität zur Unterstützung des Klimaschutzes und der Energiewende bietet.

Die vorliegende Kurzstudie verfolgt das Ziel, die Potenziale des Einsatzes der Blockchain-Technologie zum Zwecke des Klimaschutzes und der Energiewende aufzuzeigen sowie Handlungsfelder zu definieren, die für den effektiven Einsatz der Technologie für diese Zwecke eine entscheidende Rolle spielen. Für diese Handlungsfelder werden Handlungsempfehlungen und -optionen entwickelt, wie der Klimaschutz und die Energiewende durch den Einsatz der Blockchain-Technologie unterstützt werden können.

Die Handlungsoptionen wurden im Rahmen eines ganztägigen Workshops am 20.01.2023 mit ca. 50 ausgewählten Blockchain-Expertinnen und -Experten aus Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung diskutiert und entwickelt.

Basis für die Definition der Handlungsfelder sind unter anderem die Ergebnisse einer Unternehmensumfrage zum Einsatz der Technologie für den Klimaschutz und die Energiewende. Die Umfrage wurde exklusiv für den Fachdialog Blockchain unter 200 Führungskräften aus Blockchain-erfahrenen deutschen Unternehmen in energieintensiven Branchen durchgeführt. Die Ergebnisse der Umfrage werden in Kapitel 4 präsentiert.

Hinleitend werden in Kapitel 2 zunächst die Ziele des Klimaschutzes und der Energiewende, zu denen sich Deutschland verpflichtet hat, kurz skizziert. In Kapitel 3 werden die Potenziale der Blockchain-Technologie zum Erreichen dieser Ziele dargestellt, geclustert nach den Bereichen Emissionsmanagement, Energiemanagement sowie Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement.

In Kapitel 5 folgt schließlich die Definition und Abgrenzung der Handlungsfelder. Zu jedem der Handlungsfelder werden mögliche Handlungsoptionen vorgestellt, die dem Einsatz der Blockchain-Technologie zum Zwecke des Klimaschutzes und der Energiewende dienlich sein können.

¹ Die bisher im Rahmen des Fachdialogs Blockchain erschienenen Studien können hier abgerufen werden: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Digitale-Welt/Blockchain/blockchain-strategie.html>.

² Siehe bspw. <https://www.ihk.de/ihklw/online-magazin/unsere-ihk/gedankengutberger-5397698>.

Infobox: Blockchain & Energieverbrauch

Grundsätzlich hängt der benötigte Energieeinsatz einer Blockchain von der konkreten Ausgestaltung der Blockchain-Governance, und dabei insbesondere vom verwendeten Konsensmechanismus ab. Der verwendete Mechanismus gibt dabei vor, wie neue Transaktionen verifiziert werden.¹ Die beiden im Fokus der Aufmerksamkeit stehenden Konsensmechanismen sind dabei Proof of Work (PoW), welcher u.a. bei der Bitcoin-Blockchain Verwendung findet, und Proof of Stake (PoS), welcher inzwischen im Ethereum-Netzwerk angewandt wird. Der grundlegende Unterschied der genannten Konsensmechanismen besteht darin, dass der Validator im PoS-Mechanismus, im Gegensatz zum PoW-Mechanismus, zur Verifizierung kein kryptografisches Rätsel lösen und den damit verbundenen Hashwert berechnen muss. Unter der Bedingung des Einfrierens einer gewissen Anzahl an Token über eine gewisse Zeit, erfolgt die Verifizierung zentralisierter und mit deutlich geringerem Rechenaufwand.²

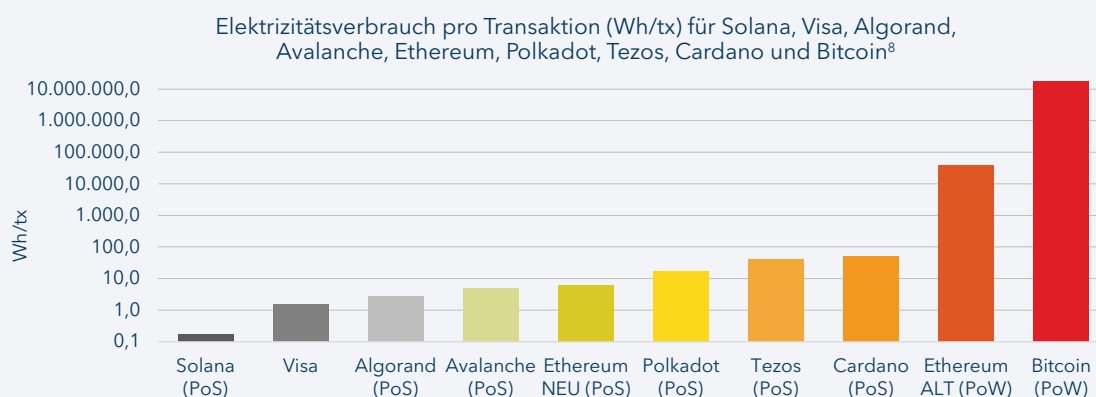
Durch den Übergang zu PoS-basierten Konsensmechanismen ergeben sich allerdings auch mögliche Nachteile. So kann es zu Zentralisierung in den Eigentümerverhältnissen der "Stakes" kommen, was Manipulationsmöglichkeiten eröffnet. Insbesondere der als Validator fungierende Akteur kann unter Umständen in der Lage sein, zu Gunsten von Blöcken zu stimmen, die ihn bevorteilen. Um also die Sicherheit eines solchen Netzwerks zu gewährleisten, setzen die verschiedenen PoS-basierten Blockchainprotokolle unterschiedliche anreizökonomische Mechanismen ein, um eine Zentralisierung der Validatorautorität zu unterbinden. Diese Mechanismen stellen sicher, dass keine Anreize zur Manipulation des Netzwerks bestehen können und somit eine wahrheitsgemäße Validierung eine strikt dominante Strategie darstellt. Im Vergleich zum PoW-Mechanismus, besteht hinsichtlich der Anreizstrukturen der grundlegende Unterschied darin, dass ein Validator im PoS-Mechanismus eine erhebliche Bestrafung beim Abweichen vom wahrheitsgemäßen Verifizieren erfahren kann, was bis zum vollständigen Verlust der gesamten Stakes und damit des eingelegten Vermögens führen kann. In PoW-basierten Plattformen ist ein nicht erfolgreiches einmaliges Abweichen nur mit dem Misserfolg der Manipulation und den damit verwendeten Ressourcen verbunden, die aber weiterhin zum Mining genutzt werden können.³

Im Hinblick auf die Energieeffizienz unterscheiden sich PoW und PoS daher erheblich.⁴ Anhand des sogenannten „Merges“, also der Umstellung des Ethereum Netzwerks vom PoW auf den PoS-Mechanismus lassen sich die Einsparungen für diesen Fall konkret quantifizieren.⁵

Das Crypto Carbon Ratings Institute (CCRI) beziffert in einer Studie aus dem Jahr 2022 den jährlichen Energieverbrauch des PoW-Ethereum Netzwerks auf 24,1 TWh, was einer Emission von 13,64 MtCO₂ entspricht, wohingegen der jährliche Energieverbrauch des PoS-Ethereum Netzwerks auf 2.600,86 MWh geschätzt wird, was einer Emission von 869,78 tCO₂ entspricht. Der Vergleich der beiden Angaben lässt darauf schließen, dass die Umstellung des Konsensmechanismus zu einer Reduktion des Energieverbrauchs in Höhe von 99,988 % bzw. zu einer Reduktion der Emissionen in Höhe von 99,992 % beitragen konnte.⁶

Auch wenn der Merge des Ethereum-Netzwerks andere Probleme mit sich brachte, veranschaulicht dieses Beispiel, dass es sich um ein Vorurteil handelt, dass der Einsatz von Blockchain-Technologie per se mit einem hohen Energieverbrauch einhergeht. Gerade im Kontext der Einsatzszenarien der Blockchain für den Klimaschutz wird natürlich auch verstärkt auf den ökologischen Fußabdruck der Blockchain-Lösung selbst geachtet, so dass hier energiesparsame Lösungen zum Einsatz kommen, weshalb potenzielle Rebound-Effekte als gering einzuschätzen sind.⁷

Auch der untenstehende grafische Vergleich zwischen dem Energieverbrauch pro Transaktion des PoW-basierten Bitcoin-Netzwerks mit weiteren PoS-basierten Netzwerken wie Cardano, Ethereum oder Solana sowie dem Energieverbrauch einer VISA-Transaktion lässt erkennen, dass der Konsensmechanismus den notwendigen Energieverbrauch einer Blockchain entscheidend beeinflusst und die Technologie daher durchaus für Anwendungen im Bereich Klimaschutz und Energiewende geeignet erscheint.⁸



1 Vgl. BNetzA (2021), S.11ff.
 2 Vgl. Crypto Carbon Ratings Institute (2022b), S.4.
 3 Für weitere Informationen zur Sicherheit verschiedener Konsensmechanismen und zu verschiedenen Bedrohungsszenarien vgl. Sayeed / Marco-Gisbert (2019).
 4 Vgl. King / Nadal (2012).
 5 Auch zwischen Netzwerken die auf PoS basieren, gibt es Unterschiede im Energieverbrauch. Abgesehen vom Konsensmechanismus spielen weitere Faktoren wie bspw. Hardware-Anforderungen, Programmiersprache, Netzwerkgröße, Transaktionsdurchsatz sowie Transaktionskomplexität eine Rolle. Für weitere Infos vgl. Crypto Carbon Ratings Institute (2022a).
 6 Vgl. Crypto Carbon Ratings Institute (2022b), S.30.
 7 Siehe bspw. Jackson (2022) für die Weiterentwicklung von Blockchains.
 8 Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Crypto Carbon Ratings Institute (2022a), S.22. Ergänzte Daten aus Crypto Carbon Ratings Institute (2022b).

2 ZIELE DES KLIMASCHUTZES UND DER ENERGIEWENDE IN DEUTSCHLAND

„Eine nachhaltige Entwicklung erfüllt die Bedürfnisse der Gegenwart, ohne die Fähigkeit künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen.“³

Von dieser grundlegenden Definition einer nachhaltigen Entwicklung im Brundtland-Bericht 1987 ausgehend, hat das Thema Nachhaltigkeit, und damit verbunden das Thema des Klimaschutzes und der sauberen Energieversorgung, massiv an Bedeutung gewonnen. Hintergrund ist die im Zeitverlauf immer klarer gewordene wissenschaftliche Evidenz über das Ausmaß und die Folgen des menschengemachten Klimawandels.⁴

Diese Entwicklung ist auf internationaler Ebene schließlich in dem 2015 auf der Weltklimakonferenz verabschiedeten **Pariser Klimaabkommen** gemündet.⁵ 195 Staaten haben sich hier gemeinsam auf das Einhalten eines weltweit maximalen Temperaturanstiegs von 1,5 Grad Celsius, bzw. unter 2 Grad Celsius im Vergleich zum vorindustriellen Zeitalter geeinigt. Dies wird als Richtwert gesehen, um dem Klimawandel entgegenzuwirken. Hierzu ist eine signifikante Dekarbonisierung notwendig – die Weltindustrie muss ihre freigesetzten Kohlenstoffe deutlich verringern und eine „Treibhausgas-Neutralität“ anstreben.

Ausdruck finden die Nachhaltigkeitsbestrebungen auf internationaler Ebene auch durch die Agenda 2030, welche 2015 von der UN beschlossen wurde. Es wurden 17 Entwicklungsziele, bekannt als **Sustainable Development Goals** (SDGs), definiert, welche die Weltgemeinschaft bis 2030 umsetzen will. Diese Ziele umfassen sowohl Maßnahmen und Bestrebungen aus dem sozialen Bereich wie bspw. die Bekämpfung von Armut, aber auch klima- und umweltrelevante Ziele, wie bezahlbare und saubere Energie (SDG Nr. 7) und Maßnahmen zum Klimaschutz (SDG 17).⁶

Auf europäischer Ebene wurde mit dem **„European Green Deal“** eine eigene Agenda aufgestellt, die im Einklang mit den SDGs und dem Pariser Klimaabkommen steht, aber über deren Ziele hinausgeht. So strebt die 2019 vorgestellte Agenda an, bis 2050 in der Europäischen Union die Netto-Emissionen von Treibhausgasen auf null zu reduzieren und somit eine Vorreiterrolle als erster klimaneutraler Kontinent einzunehmen. Die Maßnahmen im Rahmen des European Green Deals erstrecken sich sowohl auf den Bereich Energieversorgung, Industrie, Handel und Verkehr als auch auf Finanzmarktregulierungen (sustainable finance). Das Leitbild des European Green Deals ist die Entwicklung einer nachhaltigen, klimaneutralen, resilienten und wettbewerbsfähigen EU-Wirtschaft bis 2050.⁷

³ World Commission on Environment and Development (1987).

⁴ Als einflussreiche Referenzen sind hier Mann et al. (1999) mit ihrem „Hockey Stick“-Diagramm zu nennen sowie der Fifth Assessment Report des IPCC (2013) oder auch Bova et al. (2021).

⁵ Siehe United Nations (2015).

⁶ Zu den SDGs sei an dieser Stelle auf die bereits im Rahmen des Fachdialogs Blockchain erschienene Studie „Blockchain im Kontext von Nachhaltigkeit“ verwiesen: Culotta et al. (2021).

⁷ Vgl. EU-Kommission (2019).

| | Anteil erneuerbarer Energien am Stromverbrauch | Rückgang der Treibhausgasemissionen | Rückgang des Endenergieverbrauchs |
|-------|------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Ziel | 80% bis 2030 | -65% bis 2030 | -24% bis 2030 |
| Stand | 41% Stand 2021 | -39% Stand 2021 | -2% Stand 2018 |

Abbildung 1: Quantitative Ziele des Klimaschutzes und der Energiewende in Deutschland (eigene Darstellung)

Ergänzt werden die Bestrebungen auf EU-Ebene durch das **Klimapakett „FitFor55“**, von dem die Umsetzung wichtiger Bestandteile im Dezember 2022 beschlossen wurden. Darunter fällt zum einen die Ausweitung und Verschärfung des europäischen Emissionshandels. Dabei ist eine schrittweise Kürzung der Emissionsrechte bis zum Jahr 2030 um 62% vorgesehen (bisher war eine Kürzung um lediglich 43% vorgesehen). Ab 2027 wird zudem der Anwendungsbereich des Emissionshandels ausgeweitet, indem ein neues Emissionshandelssystem für Gebäude, Straßenverkehr und für die Nutzung fossiler Brennstoffe in bestimmten Industriesektoren geschaffen wird. Die CO₂-Zertifikate sollen analog zum bisherigen europäischen Emissionshandel frei am Markt gehandelt werden, wobei kostenlose Emissionsrechte nicht vorgesehen sind. Mit den Einnahmen aus diesem Emissionshandel soll ein Klimasozialfonds finanziert werden, der für effizientere Gebäude, emissionsärmere Mobilität und zur Unterstützung von einkommensschwachen Haushalten und Kleinunternehmen eingesetzt werden soll.⁸

Auf nationaler Ebene bildet das **Klimaschutzgesetz** (KSG) die Grundlage, welches zuletzt im Jahr 2021 angepasst bzw. verschärft wurde. Die festgelegten Ziele fallen dabei noch ambitionierter aus als auf europäischer Ebene. Die Treibhausgasneutralität Deutschlands wird bereits für das Jahr 2045 angestrebt, mit dem Zwischenziel der Reduktion der Emissionen um 65% bis 2030 (gegenüber 1990 als Basisjahr).

Einen wesentlichen Baustein der Klimaschutzpolitik, insbesondere zum Erreichen der Klimaneutralität bis zum Jahr 2045, stellt die **Energiewende** dar. Damit ist die weitgehende Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energien gemeint – sowohl bei der Strom- und Wärmeversorgung als auch im Bereich Verkehr. Wesentliche Gesetzesgrundlage für die Umsetzung der Energiewende ist das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), welches im Jahr 2000 in Kraft getreten ist und zuletzt 2022 durch das „Osterpaket“ der Bundesregierung angepasst bzw. verschärft wurde. Erklärtes Ziel der Energiewende in Deutschland ist es zum einen, den Anteil der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch von 41% auf 80% bis zum Jahr 2030 zu steigern. Damit verbunden ist der

geplante Kohleausstieg Deutschlands bis zum Jahr 2038. Zum anderen besteht das Ziel der Energiewende darin, die Energieeffizienz zu steigern. Es ist daher beabsichtigt, den Endenergieverbrauch in Deutschland bis zum Jahr 2030 um 24% zu senken (Basisjahr: 2008).⁹

Mit einem gegenwärtigen Rückgang des Endenergieverbrauchs um ca. 2% (Stand: 2018 im Vergleich zum Basisjahr 2008) und einem Anteil von ca. 41% erneuerbarer Energien am Stromverbrauch (Stand: 2021) ist Deutschland gegenwärtig noch deutlich von den selbstgesteckten Energiezielen entfernt. Auch die Treibhausgasemissionen konnten bisher nur um 38,7% reduziert werden. Im letzten Jahr sind aufgrund der verstärkten Kohleverstromung, ausgelöst durch den starken Anstieg der Gaspreise, der vor allem auf den Krieg in der Ukraine zurückzuführen ist, die Emissionen in der Energiewirtschaft sogar um 4,5% angestiegen. Zudem sollte mit Blick auf die zukünftige Entwicklung des Stromverbrauchs beachtet werden, dass es durch die Zunahme von bspw. Elektroautos und elektrisch betriebenen Wärmepumpen zu einem weiteren Anstieg des Strombedarfs kommt (Sektorkopplungseffekte).¹⁰

Wie auch die „Eröffnungsbilanz Klimaschutz“ des BMWK zeigt, waren die bisher getroffenen Maßnahmen und eingeschlagenen Wege nicht ausreichend, um die gesetzten Ziele im Bereich des Klimaschutzes und der Energiewende zu erreichen.¹¹ Es braucht innovative Lösungen, wie die Effektivität von Maßnahmen erhöht werden kann und wie Herausforderungen, welche durch die Transition zu einer klimaneutralen Wirtschaft entstehen, wie bspw. die Organisation eines dezentralen Energiemarkts, gelöst werden können. Dies ist eine Voraussetzung dafür, dass die im European Green Deal formulierte Vision einer nachhaltigen, resilienten und wettbewerbsfähigen Wirtschaft Wirklichkeit werden kann.

Welche unterstützende Rolle hierbei der Blockchain-Technologie zukommen könnte und in welchen Bereichen dabei die größten Potenziale liegen, soll in den folgenden Kapiteln erörtert werden.

⁹ Vgl. Bundesregierung (2022c).

¹⁰ Vgl. Umweltbundesamt (2022a, 2022d) sowie Bundesregierung (2022c).

¹¹ Vgl. BMWK (2022).

⁸ Vgl. Bundesregierung (2022d).

3 POTENZIALE DER BLOCKCHAIN-TECHNOLOGIE ZUM ERREICHEN DER KLIMASCHUTZ- UND ENERGIEZIELE

Durch die der Blockchain-Technologie inhärenten Eigenschaften, wie der Dezentralität des Netzwerks, der Irreversibilität der eingepflegten Daten sowie die Sicherstellung der Datenintegrität durch die Eigenschaften der Technologie selbst, ergeben sich vielfältige Ansatzpunkte, wie deren Einsatz zum Erreichen der im vorangegangenen Kapitel 2 definierten Ziele hinsichtlich des Klimaschutzes und der Energiewende beitragen kann. Auf Grund der dezentralen Architektur von Blockchain-Netzwerken können bestehende organisationale Schranken zur gemeinsamen Nutzung von Daten zwischen rechtlich unabhängigen Unternehmen je nach Use Case leichter überwunden werden.¹² Die Nutzung der Blockchain-Technologie bietet daher die Möglichkeit über die individuelle klimaschonende Optimierung innerhalb einzelner Unternehmen hinaus, ein auf Klimaschutz optimiertes Verhalten über alle beteiligten Geschäftspartner entlang der gesamten Wertschöpfungskette hinweg durchzusetzen.¹³ Damit kann der Einsatz der Blockchain-Technologie auch einen wichtigen Baustein auf dem Weg zur Realisierung einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft bilden, wie sie von der Europäischen Kommission angestrebt wird.¹⁴

Blockchain-Technologien werden von der EU-Kommission als leistungsfähige Instrumente eingestuft, die eine Verbesserung der Transparenz, Rechenschaftspflicht und Rückverfolgbarkeit der Nachhaltigkeit von Unternehmensaktivitäten erzielen können. Folgerichtig werden Blockchain-Technologien auf EU-Ebene als Mittel zur Realisierung des European Green Deals eingestuft. Mit dem European Green Deal wird das Ziel einer nachhaltigen, klimaneutralen, resilienten und wettbewerbsfähigen EU-Wirtschaft bis

2050 verfolgt.¹⁵ Im Kontext des Green Deals sieht die EU-Kommission die Potenziale der Blockchain-Technologie vor allem im Bereich des Managements von Treibhausgasen. So heißt es bei der Generaldirektion Connect der EU-Kommission:

“Blockchain is a powerful tool that can significantly improve the transparency, accountability and traceability of greenhouse gas emissions. It helps companies provide more accurate, reliable, standardised, and readily available data on carbon emissions.”¹⁶

Während folglich auf europäischer Ebene die Potenziale der Technologie für den Klimaschutz in den Fokus gestellt werden, betont die im Jahr 2019 veröffentlichte deutsche Blockchain-Strategie vor allem die Potenziale der Blockchain-Technologie im Bereich der Energiewende bzw. des Energiemanagements.¹⁷ Genannt werden dabei u.a. ein blockchainbasierter Peer-to-Peer-Energiehandel, ein blockchainbasierter virtueller Großspeicher für PV-Anlagen sowie eine blockchainbasierte Energieanlagenanbindung an eine öffentliche Datenbank als mögliche Einsatzfelder.

Für die vorliegende Kurzstudie werden die Schwerpunkte auf deutscher und EU-Ebene aufgegriffen und somit sowohl die Potenziale im Bereich der Energiewende als auch im Bereich des Klimaschutzes diskutiert, ergänzt um das Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement als drittes Themenfeld. Damit ergeben sich für eine möglichst umfassende Betrachtung der Blockchain-Technologie in diesem Kontext die folgenden drei Themenfelder:

¹² Vgl. Beck, R. (2018). Beyond bitcoin: The rise of blockchain world. *Computer*, 51(2), 54-58.

¹³ Vgl. Pan et al. (2019).

¹⁴ Siehe https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en.

¹⁵ Siehe hierzu auch Kapitel 2.

¹⁶ Siehe <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/blockchain-climate-action> [zuletzt aufgerufen am 17.12.22].

¹⁷ Siehe hierzu: Bundesregierung (2019): “Blockchain-Strategie der Bundesregierung”.

- ▶ Emissionsmanagement (Kapitel 3.1)
- ▶ Energiemanagement (Kapitel 3.2)
- ▶ Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement (Kapitel 3.3)

Während im Themenfeld „Emissionsmanagement“ diskutiert wird, wie durch Blockchain-Technologie die Nachverfolgung von Treibhausgas-Emissionen ermöglicht bzw. verbessert werden kann und welche Potenziale die Technologie für den Emissionshandel bietet, steht im Themenfeld „Energiemanagement“ im Fokus, wie Blockchain-Lösungen Anreize für einen nachhaltigen Energieverbrauch bzw. Anreize zu einer nachhaltigen Energieerzeugung setzen kann, um so zu einer effizienten grünen Energieversorgung und zum Gelingen der Energiewende beizutragen. Im Themenfeld „Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement“ soll hingegen im Vordergrund stehen, wie Blockchain-Anwendungen zu einem effizienteren Ressourceneinsatz sowie zum Nachweis von nachhaltigem Wirtschaften eingesetzt werden kann.

3.1 Potenziale der Blockchain im Emissionsmanagement

Wie bereits ausgeführt, ist das Ziel zahlreicher internationaler Vereinbarungen, wie etwa dem Kyoto-Protokoll, dem Abkommen von Paris oder dem europäischen Green-Deal, die Treibhausgasemissionen der unterzeichnenden Staaten signifikant zu reduzieren.¹⁸ Mit einem Anteil von 63,82% im Jahr 2020 zählen Unternehmen zu den größten Emittenten von CO₂ in Deutschland. Das vorliegende Kapitel fokussiert daher auf blockchainbasierte Lösungen im Emissionsmanagement, die auf Unternehmen abzielen.¹⁹ Bei diesen Lösungen lässt sich im Rahmen des Emissionsmanagements zwischen den folgenden drei Einsatzbereichen unterscheiden:

- ▶ Das EU-Emissionshandelssystem (EU-ETS)
- ▶ Carbon-Offset in „Voluntary Carbon Markets“
- ▶ Carbon-Insetting

¹⁸ Vgl. Kap. 2.

¹⁹ Vgl. Destatis (2022).

Blockchain im EU-Emissionshandelssystem

Das vorliegende Marktversagen hinsichtlich der Übernutzung des öffentlichen Guts der Umwelt wurde bereits früh erkannt und als Reaktion darauf der **europäische Emissionshandel (EU-ETS)** im Jahr 2005 zur Umsetzung des Kyoto-Protokolls und der damit verbundenen Reduktion der gesamtwirtschaftlichen Emissionen eingeführt. Dieses System zielt anhand des sogenannten „Cap & Trade“-Prinzips darauf ab, eine Internalisierung negativer externer Effekte von europaweit ca. 10.000 Industrieanlagen, wie Kraftwerken, Raffinerien und Stahlwerken, zu erreichen, die ca. 36% der Treibhausgasemissionen in der EU verursachen. Ziel der Internalisierung ist es, den Preis für das öffentliche Gut Umwelt zu erhöhen, was den betreffenden Unternehmen einen Anreiz schafft, u.a. durch technische Innovation oder Modernisierung der Anlagen, den Ausstoß der entsprechenden Emissionen direkt zu reduzieren und damit weniger Zertifikate erwerben zu müssen. Auch aufgrund der Kritik, dass der den Emissionshandel betreffende Cap wenig ambitioniert sei und damit einen CO₂-Preis impliziere, der wenig wirksam sei, sieht die Europäische Kommission im Rahmen Ihres „Fit-for-55“-Pakets eine stärkere Beschränkung des Angebots an Zertifikaten vor.²⁰

Die für einige europäische Unternehmen bestehende Pflicht am EU-ETS teilzunehmen und die damit verbundene extrinsische Motivation, kann zur **direkten Reduktion** des eigenen Ausstoßes von CO₂-Emissionen führen und damit auf das gesetzte volkswirtschaftliche Gesamtziel einzahlen. Die Erreichung dieses Ziels ist im zentralisierten System des europäischen Emissionshandels im Zeitraum von 2005 – 2021 an einem europaweit reduzierten Ausstoß von Emissionen bemessen. Dennoch gibt es in Bezug auf die konkrete Ausgestaltung, die insbesondere den Handel mit den Zertifikaten betrifft, Verbesserungspotenziale.²¹ Probleme, die in der bisherigen Laufzeit des Systems auftraten, betreffen bspw. den Bereich des Umsatzsteuerbetrugs sowie potenzielle Sicherheitsprobleme, die sich u.a. am Diebstahl von Zertifikaten im Jahr 2011 erkennen lassen. Die Blockchain kann in diesem Bereich als Querschnittstechno-

²⁰ Vgl. Umweltbundesamt (2022b) bzw. zu aktuell geplanten Änderungen des ETS, der noch vom EU-Parlament und den Staaten bestätigt werden muss, vgl. BMWK (2022a).

²¹ Vgl. Umweltbundesamt (2022c).

loge zur *Erfassung, Verwaltung, und dem Handel* von Emissionen und den entsprechenden Zertifikaten eingesetzt werden.²²

Die bislang stattfindende aufwendige Erfassung der Emissionen, anhand genehmigter Konzepte für das Monitoring und Reporting sowie beteiligter akkreditierter Prüfstellen, kann durch den Einsatz einer blockchainbasierten Lösung automatisiert und damit effizient gestaltet werden.²³ Auch wenn weiterhin das grundsätzliche Problem besteht, dass auch eine Blockchainlösung auf die Qualität der eingespeisten Daten angewiesen ist, was auch als Oracle-Problem bezeichnet wird, bestehen im Hinblick auf den europäischen Emissionshandel potenzielle Lösungen darin, IoT-basierte Smart-Metering Technologien einzusetzen, welche die erhobenen Daten automatisiert in die Blockchain schreiben, um die Kosten zur Erfassung zu senken.²⁴ Weiterhin kann die Blockchain hinsichtlich der Verwaltung der Zertifikate eine erhöhte Transparenz schaffen, wodurch Transaktionen für alle Beteiligten nachvollzogen werden können und das Verfälschen von Informationen dank der Rückverfolgbarkeit und Unveränderlichkeit der tokenisierten Zertifikate nicht möglich wäre. Den Handel der Zertifikate betreffend, bietet die Technologie die Möglichkeit, direkte Transaktionen zwischen sich unbekanntem Akteuren des Systems unter Reduktion der Transaktionskosten durchzuführen.²⁵ Einen möglichen Ansatzpunkt für die Implementierung von blockchainbasierten Lösungen im EU-ETS kann die European Blockchain Services Infrastructure (EBSI) darstellen. Bereits weiter fortgeschrittene Blockchain-Lösungen, die auch schon konkret zur Anwendung kommen, sind in den freiwilligen Kompensationsmärkten (Voluntary Carbon Markets) zu finden.

Blockchain zum Carbon-Offset in „Voluntary Carbon Markets“

Abgesehen von der direkten Reduktion des eigenen CO₂-Ausstoßes bestehen **mittelbare Instrumente**

für Unternehmen im sogenannten **Carbon-Insetting** und **Carbon-Offsetting**. Letztgenanntes Instrument ermöglicht die freiwillige Kompensation bereits ausgestoßener Emissionen durch den Kauf von Emissionsgutschriften, die zur Finanzierung entsprechender klimafördernder Projekte dienen sollen. Diese Gutschriften, die Emissionseinsparungen darstellen, werden auf sogenannten „Voluntary Carbon Markets“ (VCM) gehandelt. Diese Projekte zielen auf die Reduktion oder das Vermeiden von CO₂-Emissionen, wie bspw. durch das Aufforsten eines Waldes oder den Schutz von CO₂-Senken. Für die Einheit einer Tonne eines CO₂-Äquivalents, die vermieden oder reduziert wurde, werden die genannten Emissionsgutschriften ausgestellt. Da die Teilnahme an diesen Märkten nicht verpflichtend ist, lässt sich die Motivation der Teilnahme entweder anhand monetärer Anreize durch das entsprechende Labeling der Klimaneutralität oder durch intrinsische Motive erklären.²⁶ Die ökonomische Logik der Kompensation betrifft die Grenzkosten der Vermeidung: Ist es für ein Carbonoffset-Anbieter günstiger eine Emissionsgutschrift zu erzeugen als es für ein nachfragendes Unternehmen wäre, eine zusätzliche Menge an Emissionen zu vermeiden, so ist der entsprechende Handel zwischen beiden im ökonomischen Sinne effizient. Die Anreizwirkung ist hier von der des Emissionshandel abzugrenzen, da das Prinzip des Carbon-Offsets darauf ausgerichtet ist, dass Firmen für die Reduktion der Emissionen zahlen, anstatt dass es die Kosten der weiteren Emittierung von eigenen Emissionen erhöht.²⁷

Die „Voluntary Carbon Markets“ sind von der Freiwilligkeit der Teilnahme geprägt. Das volle Investitionspotenzial in die VCM wird bisher nicht voll ausgeschöpft. Darauf deuten Erhebungen hin, die zeigen, dass die tatsächliche Höhe der getätigten Investitionen in die VCM geringer ausfällt als die bestehende Zahlungsbereitschaft privater Investoren zum Ausgleich von Treibhausgasemissionen, unter anderem weil erhebliche Intransparenzen über die tatsächlich erfolgte Kompensation bestehen.²⁸ Der Einsatz von Blockchain-Technologie in den VCM kann dazu beitragen, Vorbehalte der Investoren abzubauen,

22 Vgl. Pan et al. (2019).

23 Vgl. EU-Kommission (o.A.).

24 Vgl. Siphthorpe et al. (2022b), S.11. Entsprechende Konzepte zur Befähigung von IoT-Devices, Transaktionen auf Blockchain-Netzwerken kostengünstig durchzuführen, sind bereits entwickelt. Siehe hierzu Light Node Service von Blockchain Europe <https://blockchain-europe.nrw/open-source/open-source-baukasten/>

25 Vgl. Chen (2018).

26 Vgl. United Nations Environment Programme (2021), S.57.

27 Vgl. Bushnell (2011).

28 Vgl. Edwards (2019).

welche die Bereiche der *Verifizierbarkeit, Teilbarkeit, Verwaltung* sowie das *mangelnde Vertrauen* in die anbietenden Unternehmen betreffen.²⁹

Die fehlende Transparenz zur Herkunft der Emissionsgutschriften, die in diesen Märkten im Regelfall nur unspezifisch angegeben wird, kann durch den Einsatz der Blockchain hergestellt werden. Durch eine Abbildung der Gutschriften in einem entsprechenden auf der Blockchain basierenden Netzwerk kann der komplette Verlauf der Gutschriften, von der Verifizierung bis zur Nutzung, nachvollzogen und somit auch eine Doppelverwendung vermieden werden. Weiterhin können im Zusammenspiel mit IoT-Sensoren die Betrugsgefahr gesenkt und die Genauigkeit der abgebildeten Emissionen erhöht werden.³⁰

²⁹ Vgl. Siphthorpe et al. (2022b), S.12.

³⁰ Vgl. Toucan (2022).

Darüber hinaus kann die bisher kleinste handelbare Einheit von einer Tonne CO₂ durch die Teilbarkeit der Token verstetigt werden, wodurch auch Mikrotransaktionen für Verbraucher zur Kompensation einer geringen Menge an Emissionen ermöglicht werden können.³¹

Weit fortgeschrittene Projekte im Bereich der blockchainbasierten VCM stellen bspw. KlimaDAO³² oder auch die vom Freiburger Startup Carbonfuture³³ entwickelte blockchainbasierte Plattform für Kohlenstoffsenken-Credits dar. Für weitere Informationen zu erstgenanntem Projekt, sei an dieser Stelle auf die Ausführungen zum Use-Case in nachfolgender Infobox verwiesen.

³¹ Vgl. WEF (2018), S.19.

³² Siehe www.klimadao.finance.

³³ Siehe www.carbonfuture.earth.

Infobox: Use Case KlimaDAO

Ein blockchainbasiertes Instrument für den in Kapitel 3.1 beschriebenen freiwilligen Emissionshandel stellt die dezentrale autonome Organisation KlimaDAO dar, die im Jahr 2021 von einem verteilten pseudo-anonymen Team initiiert wurde und Token-Zertifikate in Form ihres sogenannten KLIMA-Token generiert. Dieses Instrument basiert auf der Polygon Blockchain, die einen Proof-of-Stake Konsensmechanismus nutzt. Das Ziel der Organisation ist es, das Problem der fehlenden Internalisierung des negativen externen Effekts des Emissionsausstoßes anzugehen und die Märkte so zu optimieren, dass der Ausstoß von Emissionen in alle Güter eingepreist wird. Konkret möchte die Organisation also den aus ihrer Sicht aktuell zu niedrigen Preis für die Emission von Treibhausgasen durch den KLIMA-Token dadurch erhöhen, indem die Nachfrage nach digital gestützten also technisierten Kompensationen von Emissionen steigen soll.¹ Die nachfolgenden Erklärungen sollen das zugrunde liegende Instrument des Marktmechanismus erläutern, der maßgeblich zur Verfolgung des Ziels beitragen soll.

Grundsätzlich darf ein KLIMA-Token immer nur dann emittiert werden, wenn im Gegenzug dafür eine Tonne Kohlenstoffkompensation (auch als Base Carbon Tonnes oder BCT bekannt) hinterlegt wird. Durch dieses Prinzip ist ein KLIMA-Token immer durch eine Kompensation gedeckt. Dafür können verschiedene Arten von zertifizierten Emissionskompensationen genutzt werden. Damit versteht sich der Ansatz der KLIMA-Token als eine Art Standardisierung der verschiedenen bereits im Umlauf befindlichen Kompensationszertifikate. Einzige Voraussetzung ist, dass die zu hinterlegenden Kompensationen von bestimmten Akteuren zertifiziert wurden, um auf diesem Weg die Qualität der Kompensation zu gewährleisten und Greenwashing vorzubeugen.²

Durch die Bindung an die Kompensationszertifikate entsteht für die KLIMA-Token ein intrinsischer Wert, der dem Marktpreis der tokenisierten Kompensationszertifikate entspricht. Der Mechanismus der Organisation sieht vor, dass neue KLIMA-Token verstärkt emittiert werden, sobald der Marktpreis der KLIMA-Token den intrinsischen Wert übersteigt. Sollte der Marktpreis der KLIMA-Token unter den intrinsischen Wert fallen, sieht der Mechanismus vor, einen Teil der im Umlauf befindlichen Token zurückzukaufen und zu vernichten, bis der Marktpreis durch die Verknappung des Angebots wieder mindestens dem intrinsischen Wert entspricht.

Durch diesen an den intrinsischen Wert der Token gekoppelten Mechanismus werden sowohl Anreize gesetzt, bislang existierende, nicht-tokenisierte Offsets zu tokenisieren, als auch neue Offsets durch die erhöhte Nachfrage zu generieren.³ Dadurch trägt dieser bei KlimaDAO hinterlegte Mechanismus zur besseren Internalisierung der negativen externen Effekte der Emissionsausstoßes bei.

Nach Angaben von KlimaDAO ist es über diesen blockchainbasierten Mechanismus gelungen, Zertifikate in Höhe von über 17 Mio. Tonnen an CO₂ in Besitz von KlimaDAO zu bringen.⁴

¹ Vgl. <https://docs.klimadao.finance/> [zuletzt abgerufen 14-03-2023].

² Vgl. <https://docs.klimadao.finance/master> [zuletzt abgerufen 14-03-2023].

³ Vgl. <https://docs.klimadao.finance/tokenomics-and-mechanisms/primer-on-klima> [zuletzt abgerufen 14-03-2023].

⁴ Vgl. <https://www.klimadao.finance/de> [zuletzt abgerufen 14-03-2023].

Blockchain zum Carbon-Insetting

Das sogenannte „**Carbon-Insetting**“ zielt darauf ab, die Emissionen der eigenen Produkte durch den bewussten Bezug von emissionsarmen Vorprodukten aus der vorgelagerten Lieferkette zu reduzieren und hat damit keinen direkten Einfluss auf den eigenen CO₂-Fußabdruck, aber auf den des Endprodukts.³⁴ Das Carbon-Insetting kann damit als ein emissionspezifischer Anwendungsfall des Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement interpretiert werden, welches in Kapitel 3.3 näher erläutert wird.

Nachdem im vorliegenden Unterkapitel die Potenziale der Blockchain-Technologie im Emissionsmanagement erörtert wurden, erfolgt im nächsten Unterkapitel ein Blick auf die Potenziale der Technologie im Energiemanagement.

3.2 Potenziale der Blockchain im Energiesektor

Wie bereits in Kapitel 2 ausgeführt, fußt die Energiewende in Deutschland im Wesentlichen auf zwei Säulen: Zum einen soll der Anteil erneuerbarer Energien bis 2030 auf 80% ausgebaut und zum anderen die Energieeffizienz, durch eine Reduktion des Endenergieverbrauchs bis 2030 gegenüber dem Basisjahr 2008 um 24%, erhöht werden. Die im Rahmen dieser Kurzstudie betrachteten Potenziale der Blockchain-Technologie können dabei auf beide genannten Säulen einzahlen.

Erneuerbare Energien verändern die Marktstruktur des Energiesektors

Auch wenn das juristische Rahmenwerk für die Einspeisung erneuerbarer Energien in die Netzinfrastruktur mit dem Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) bereits im Jahr 2000 den Grundstein für die Dekarbonisierung des Energiesektors und den Ausbau erneuerbarer Energien legte, konnte vor allem seit dem beschlossenen Ausstieg aus der Kernenergie ein verstärkter struktureller Wandel im Energiesektor hin zu mehr erneuerbaren Energien beobachtet werden, in

der nun sowohl große als auch kleine Akteure an der Stromerzeugung beteiligt sind.³⁵ Die vormals übliche Struktur der Energieerzeugung und -verteilung, welche sich insbesondere im letzten Jahrhundert auf Grundlage der zentralen Produktion sowie der Gesetze der Physik etablierte, sah eine rein vertikale Fließrichtung des Stroms, also „downstream“ von der Quelle hin zum Konsumenten, vor. Aus dieser Struktur resultierten die heute existierenden großen Energieerzeuger, die Strom i.d.R. aus konventionellen Energieträgern wie Kohle, Kernenergie oder Erdgas zentral herstellen. Auch in der aktuellen Marktlage machten diese im 1. Halbjahr 2022 ca. 51,5 % der erzeugten Strommenge aus. Eine andere Struktur zeigt sich bei den Produzenten erneuerbarer Energien, bspw. aus Windkraft, Biogas oder Photovoltaik. Die Anbieterstruktur ist hier viel kleinteiliger und dezentraler und reicht bis hin zu den „Prosumenten“, also Energieverbrauchern wie Haushalten und Unternehmen, die gleichzeitig auch Energie erzeugen (bspw. über Photovoltaikanlagen auf dem Dach) und überschüssige Energie in das allgemeine Stromnetz einspeisen. Erneuerbare Energieträger zusammen erreichten dabei im betrachteten Zeitraum einen Marktanteil von ca. 48,5%.³⁶

Die beschriebene Dezentralität der Erzeugung erneuerbarer Energien ist ein wichtiger Ansatzpunkt für die potenzielle Anwendung der Blockchain-Technologie im Energiesektor, da diese Eigenschaft eine Vernetzung aller am Energiemarkt beteiligten Akteure, also der Verbraucher, Erzeuger, Versorger, Netzbetreiber sowie Speicher erforderlich macht, um den Energieverbrauch intelligent an die ins Netz eingespeiste Menge erneuerbarer Energien anzupassen.³⁷ Dies ist notwendig, da ein Auseinanderfallen von Angebot und Nachfrage die Netzwerkstabilität gefährdet, weshalb es eine entscheidende Aufgabe des Energiemarktes darstellt, eine passende Allokation der benötigten Energie sicherzustellen. Dies geschieht im klassischen Energiemarkt durch das Ausnutzen der steigenden Sicherheit des prognostizierten Energieverbrauchs mit näher rückendem Liefertermin. Jenes erlaubt einen stufenweisen Handel vom Forward-Markt bis hin zum Regelenergiemarkt und eine

³⁵ Vgl. BMWK (2021).

³⁶ Vgl. Destatis (2022b).

³⁷ Vgl. bspw. edna (o.A.) sowie BMBF (o.A.).

³⁴ Vgl. Smoot (o.A.).

daraus resultierende Allokation steuerbarer konventioneller Energieträger. Durch die potenzielle Einspeisung fluktuierender erneuerbarer Energien liegt jedoch eine größere Unsicherheit bzgl. der notwendigen Verteilung vor.³⁸

In der Literatur³⁹ werden der Blockchain-Technologie Potenziale zur Anwendung im Energiesektor vor allem in folgenden Bereichen zugemessen:

- ▶ Anreize für einen nachhaltigen Energieverbrauch,
- ▶ Monitoring und Nachverfolgung von Energie aus nachhaltiger Erzeugung,
- ▶ Anreize, selbst als Energieerzeuger tätig zu werden,
- ▶ P2P-Energiehandel.

Diese Anwendungsbereiche werden im Folgenden kurz skizziert.

Blockchain schafft Anreize für einen nachhaltigen Energieverbrauch

Als Basisanwendung der Blockchain-Technologie im Energiebereich gilt die blockchainbasierte Abrechnung von Entgelten und Umlagen. Fortgeschrittene Anwendungen, die auf eine Integration erneuerbarer Energien in die veränderten Marktstrukturen zielen, wie bspw. dem P2P-Handel von Ökostrom, basieren auf dieser Basisanwendung. Den Ausgangspunkt für eine blockchainbasierte Abrechnung bildet dabei ein Smart-Meter-Gateway.⁴⁰ Über dieses wird der Stromverbrauch des Kunden kontinuierlich gemessen und auf eine Blockchain geschrieben, auf der außerdem Informationen des Energieanbieters bzw. Netzbetreibers zum entsprechenden Kostenmodell des Stromverbrauchs hinterlegt sind. Über Smart Contracts werden diese Informationen zusammengeführt, ausgewertet und anschließend eine automatisierte Abrechnung erstellt, deren Begleichung ebenfalls über die Blockchain abgewickelt werden kann.⁴¹

38 Vgl. Schweizerische Normen-Vereinigung (2021), S. 18.

39 Vgl. bspw. Schweizerische Normen-Vereinigung (2021), dena (2019) sowie OSTP (2022).

40 Auch im Rahmen des Entwurfs eines Gesetzes zum Neustart der Digitalisierung der Energiewende wird eine beschleunigte Verbreitung von Smart-Meter-Gateways anvisiert: vgl. BMWK (2022b).

41 Vgl. Märkel et al. (2022), Kap. 4.2.

Neben der Reduktion von Transaktionskosten bietet diese Lösung den Vorteil, dass der Energieverbrauch für den Konsument in Echtzeit transparent dargestellt werden kann. Die Potenziale der Blockchain-Technologie in diesem Kontext steigen mit der Komplexität des Energienetzes sowie mit einer steigenden Dynamik der Netzentgelte.⁴²

Die oben beschriebene blockchainbasierte Nutzung von Smart-Meter-Gateways, um die Erzeugung und den Verbrauch transparent darstellen zu können und darauf basierend die Abrechnung vorzunehmen, stellt auch die Grundlage für das Projekt FlexChain dar, dessen Ziel eine auf Blockchain basierende intelligente Aktivierung von Kleinstflexibilitäten im Prosumer-Bereich zur Stabilisierung des Stromnetzes ist.⁴³ Für ein weiteres Projekt, das auf dieser Basisanwendung aufbaut, sei an dieser Stelle bspw. auf „Brooklyn Microgrid“ verwiesen. Hierbei handelt es sich um eine blockchainbasierte Plattform für New York, über die überschüssige Solarenergie von Prosumern verkauft werden kann.⁴⁴ Für weitere Informationen zum erstgenannten Projekt sei an dieser Stelle auf umseitige Info-box verwiesen. Darüber hinaus hat sich die Deutsche Energie-Agentur (dena) in ihrem Pilotprojekt "Blockchain Machine Identity Ledger" (BMIL) mit dem Thema digitaler Identitäten für Energieanlagen unter Verwendung von Smart-Meter-Gateways beschäftigt.⁴⁵

Einsatz der Technologie, um das Monitoring und die Nachverfolgung einer dezentralen, sauberen Energieversorgung zu vereinfachen

Um erzeugten Strom als Strom aus erneuerbaren Energien zu kennzeichnen, müssen bislang für die entsprechende Menge an geliefertem Strom Herkunftsnachweise im Herkunftsnachweisregister (HKNR) des Umweltbundesamts entwertet werden, die aber auch von der dena als „unscharfe Zertifikate im Nachhinein“⁴⁶ bezeichnet werden. Grund dafür ist die Tatsache, dass die Zertifikate, die europaweit im Gegenzug für eine Megawattstunde an erzeugter erneuerbarer Energie ausgegeben werden, unabhängig vom erzeugten Strom gehandelt werden können. So ist es

42 Vgl. dena (2019), S. 54 – 58.

43 Zum Projekt Flexchain, siehe Torabi-Gourdazi / Alt(2021).

44 Für weitere Infos dazu vgl. <https://www.brooklyn.energy/>.

45 Vgl. dena (2022).

46 Vgl. dena (2019), S. 51.

Infobox: Use Case FlexChain

Das Projekt „FlexChain“ ist ein vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz gefördertes Forschungsprojekt, an dem mehrere Konsortialpartner unter Koordination des August-Wilhelm Scheer Instituts seit 2021 beteiligt sind. Die Praxisphase des Projekts, welches als Nachfolger nahtlos an das Projekt „Designnetz“ anschließt, startete 2022.¹ Es geht der Frage nach, wie auch kleinere Verbrauchs-, Speicher- und Erzeugerkapazitäten in einem marktorientierten Prozess wirtschaftlich und technisch sinnvoll aktiviert werden können und greift hierzu auf die Blockchain-Technologie zurück. Ziel ist es, potenzielle Lösungsvorschläge für das derzeit vorliegende Planungsproblem, das aufgrund der Dezentralität erneuerbarer Energien besteht, zu erarbeiten. Dieses Allokationsproblem äußert sich dadurch, dass im Falle einer drohenden Überlastung (bspw. an windreichen Tagen) Produzenten erneuerbarer Energien aufgrund von Spannungsbandverletzungen teilweise von der Netzeinspeisung getrennt werden müssen, während im Falle eines drohenden Spannungsabfalls Strom aus konventionell erzeugten Energieträgern in das Netz eingespeist wird. Im Rahmen des Projekts sollen bspw. Haushalte und Kleinunternehmen dazu angeregt werden, Flexibilitäten wie Wärmepumpen und Ladestationen für einen netzdienlichen Einsatz bereitzustellen, um die Stabilisierung lokaler Verteilernetze zu ermöglichen. In der konkreten Ausgestaltung bedeutet dies mit Blick auf die Prosumenten, dass der wirtschaftliche Anreiz gesetzt werden soll, die Spannung des Netzes zu „glätten“, um so ein Abschalten erneuerbarer Energieerzeuger oder ein Zuschalten fossiler Energieerzeuger zu vermeiden. Grundlage für diese Anwendung ist, dass die Art des verbrauchten Stroms fälschungssicher und transparent nachvollzogen werden kann.²

Durch den Einsatz der Blockchain-Technologie sollen in dem beschriebenen Projekt niedrige Verwaltungskosten, eine hohe Ausführungsgeschwindigkeit sowie Transparenz und Sicherheit gewährleistet werden. Insbesondere ist eine Nutzung von Smart-Contracts angedacht, um automatisierte Transaktionen von Haushalten bzw. Kleinunternehmen und Netzbetreibern abzuwickeln, die die Produktion, die Speicherung und den Verbrauch im Sinne der Netzauslastung dynamisch regeln.³

1 Für weitere Informationen zum Vorgängerprojekt siehe <https://www.designnetz.de/>.

2 Für weitere Infos zu dem Projekt, vgl. „FlexChain“, abrufbar unter: <https://www.aws-institut.de/research/netzstabilisierung-mittels-blockchain/>.

3 Vgl. „Gemeinsam zum Stromnetz der Zukunft“, abrufbar unter: https://www.imittelstand.de/themen/presse_software.html?boxid=1061908.

möglich, in Deutschland erzeugte konventionelle Energie, durch den Kauf und die entsprechende Entwertung von Herkunftsnachweisen, die bspw. für erzeugten Strom in norwegischen Wasserkraftwerken ausgestellt wurden, als erneuerbar zu deklarieren.⁴⁷ Die Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. spricht sogar in diesem Zusammenhang von einer möglichen „Doppelverwendung der regenerativ erzeugten Energiemenge [aus Marketingsicht]“⁴⁸, da auch der norwegische Energieversorger mit Strom aus Wasserkraftwerken werben könne, auch wenn die entsprechenden Herkunftsnachweise anderweitig verwendet wurden.

Das größte Potenzial bietet die Blockchain-Technologie im Hinblick auf die Zertifizierung im Energiemarkt durch potenzielle Peer-to-Peer Herkunftsnachweise. Ähnlich wie im Transparenzmanagement von Lieferketten wird dazu die Eigenschaft der Blockchain zum „Tracking und Tracing“ genutzt. Die Kennzeichnung des Stroms stellt dabei einen iterierenden Prozess dar, der eine untrennbare Verbindung von bilanziellen

Herkunftsnachweisen und tatsächlicher Stromlieferung schafft, wodurch eine trennscharfe Unterscheidung zwischen Ökostrom und konventionell erzeugtem Strom ermöglicht wird. Durch diese verlässlicheren und transparenteren Herkunftsnachweise sollen Verbraucher im Hinblick auf die eigene Kaufentscheidung bessere Anreize sowie Informationen besitzen, auf Ökostrom zu setzen. Außerdem schafft diese Anwendung in Kombination mit einem Smart Meter einen Überblick über die zeitliche Verfügbarkeit grüner Energie, was in Kombination mit Smart Contracts bspw. die Möglichkeit schafft, das Laden eines e-Autos an das Vorhandensein von Ökostrom zu koppeln. Darüber hinaus kann dieser Anwendungsfall dazu dienen, die Dezentralisierung der Marktstrukturen durch eine Teilbarkeit der Herkunftsnachweise in beliebig kleine Einheiten besser abzubilden und damit die Einstiegsbarriere für kleine Produzenten zu verringern. Bislang ist eine Ausstellung von entsprechenden Nachweisen nur in Einheiten von je einer Megawattstunde möglich.⁴⁹

47 Auffallend ist, dass im europäischen Vergleich in Staaten, in denen aufgrund der fast ausschließlichen Erzeugung von Energie durch erneuerbare Energieträger, keine Produktdifferenzierung notwendig ist, wie bspw. Norwegen, ein starker Export von Herkunftsnachweisen stattfindet, um diese in anderen Staaten zur Produktdifferenzierung zu nutzen: vgl. Deutsche Umwelthilfe (2021).

48 Vgl. Zeiselmair et al. (2018), S.2.

Prototypische Anwendung in der Praxis fand der blockchainbasierte Herkunftsnachweis von Strom

49 Vgl. Zeiselmair et al. (2018).

bereits im Forschungsprojekt „Pebbles“. Auf Grundlage des oben beschriebenen Einsatzes eines Smart-Meter-Gateways, konnte der Nachweis des verbrauchten Stroms über einen blockchainbasierten Token erbracht werden.⁵⁰ Weitere Informationen zu diesem Use Case finden sich in nachfolgender Infobox.

Blockchain schafft Anreize, selbst als Energieerzeuger tätig zu werden

Die aus der Energiewende resultierende steigende Anzahl an Akteuren, insbesondere an dezentralen Prosumenten, führt dazu, dass noch mehr Daten vorliegen bzw. erhoben werden müssen, um eine optimale Allokation der Energie ohne die Entstehung von Netzproblematiken zu ermöglichen. Bei den entsprechenden Daten wird in der Literatur zwischen Basisdaten und dynamischen Daten unterschieden. Im deutschen Energiemarkt sind die erstgenannten Daten, die generelle Vertragsparameter enthalten, in einem zentralen „Marktdatenstammregister“ hinterlegt, in welchem „alle aktiven, ans Netz angeschlossenen Anlagen zur Erzeugung von Strom“⁵¹ registriert sein müssen. Die dynamischen Daten, die größtenteils über Sensoren ermittelt werden, werden für Abrechnungs- und Meldezwecke genutzt. Dabei handelt es sich bspw. um Messdaten zum tatsächlichen

Leistungsfluss oder verarbeitete Daten zur Überlastungsüberwachung. Neben der Zunahme dezentraler Erzeuger wird erwartet, dass sich auch die Menge der letztgenannten Datenart aufgrund der einfacheren Erfassung durch neue sensorbasierte Technologien wie IoT erhöhen wird. Sowohl die Tatsache, dass es sich bei den entsprechenden Daten i.d.R. um Pflichtangaben handelt, die auch kleine dezentrale Erzeuger erfassen und austauschen müssen, als auch die Problematik, dass die Energieversorger im konkreten Geschäftsfall oftmals mit einem eigenen Datenbestand bzw. -system hinsichtlich der dynamischen Daten arbeiten, lassen potenzielle Markteintritts-schranken bzw. Wechselbarrieren für kleine dezentrale Erzeuger vermuten. Hier kann die Nutzung von blockchainbasierten Netzwerken den Registrierungsprozess durch eine vertrauenswürdige Automatisierung vereinfachen. Diese Vereinfachung könnte den mit der Registrierung im Marktdatenstammregister verbundenen Fixkostenblock reduzieren und somit die Attraktivität, selbst als Energieerzeuger tätig zu werden, insbesondere für kleine Einheiten, steigern. Weiterhin kann die durch Blockchain erforderliche Standardisierung der Erfassung und Verarbeitung der dynamischen Daten dazu führen, dass der Aufwand für dezentrale Erzeuger sinkt, selbst als Akteur auf dem Markt aufzutreten und damit die Abhängigkeit von einem Energieversorger reduziert wird.⁵²

⁵⁰ Siehe hierzu www.pebbles.projekt.de.

⁵¹ Siehe dazu die Ausführungen im Marktdatenstammregister, abrufbar unter: <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStRHilfe/subpages/faq.html>.

⁵² Vgl. Schweizerische Normen-Vereinigung, S.38 – 41.

Infobox: Use Case Pebbles

Das BMWK-Forschungsprojekt Pebbles, welches im März 2018 initiiert und im November 2021 abgeschlossen wurde, entwickelte und testete einen Demonstrator für ein intelligentes Stromversorgungssystem im Hinblick auf den P2P-Handel.¹

Um den regionalen Energieversorger als klassischen Intermediär zu ersetzen, nutzte das Projekt die Blockchain-Technologie. Als Ergebnis wurde festgestellt, dass der P2P-Energiehandel erfolgreich durch einen blockchainbasierten Prozess abgebildet werden kann. Auch konnten die Stärken der Technologie, insbesondere im Hinblick auf die Aufweichung der üblichen Betrachtung von Strom als homogenes Gut aufgezeigt werden. So wurde festgestellt, dass die Nutzung der Blockchain-Technologie in Verbindung mit einem Smart-Meter-Gateway als Oracle in der Tat dazu befähigt trennscharf zwischen konventionellem Strom und Ökostrom unterscheiden zu können. Dies ist auf die Eigenschaften der Technologie zurückzuführen, die in diesem Anwendungsfall zu einer transparenten Nachvollziehbarkeit der Erzeugung und des Verbrauchs der beiden Strommengen führt. Weiterer Entwicklungsbedarf wurde jedoch bei den blockchainbasierten Smart-Metern hinsichtlich der Analyse des Netzzustandes festgestellt. Dies sei insbesondere die geringe Verbreitung der Smart-Meter-Gateways und die damit verbundene fehlende Anzahl an Sensoren zurückzuführen. Auch im Rahmen des Entwurfs eines Gesetzes zum Neustart der Digitalisierung der Energiewende wird eine beschleunigte Verbreitung dieser Gateways anvisiert.²

¹ Vgl. dazu: <https://pebbles-projekt.de/projekt/>.

² Vgl. Tran (2021) sowie BMWK (2022b).

Praxisbeispiele für die tokenbasierte Anreizsetzung, selbst als Energieerzeuger aufzutreten, sind die Projekte SolarCoin und GrünstromBonus. Dort werden Verbraucher mit blockchainbasierten Token belohnt, wenn diese nachhaltig erzeugten Strom verbrauchen (GrünstromBonus) oder selbst nachhaltig erzeugte Energie ins Netz einspeisen (SolarCoin). Für weitere Informationen zu den beiden genannten Use Cases sei auf die unten stehende Infobox verwiesen.

Blockchainbasierter P2P-Handel zahlt auf Ziele der Energiewende ein

Weiteres Potenzial der Blockchain-Technologie im Energiebereich resultiert aus der Möglichkeit, zwischen den Marktteilnehmern den direkten Handel von Energie ohne Einbindung eines Intermediärs, der im konkreten Fall der Energieversorger ist, zu ermöglichen. Dabei spielt die Größe der Marktteilnehmer keine Rolle. Somit können auch Prosumenten mit Verbindung zum öffentlichen Verteilernetz Energie über ein blockchainbasiertes Netzwerk mit allen Konsumenten handeln, die ebenfalls an das öffentliche Netz angeschlossen sind. Der konkrete Handel kann dabei automatisiert durch Smart Contracts übernommen und die zu handelnde Menge, also der Überschuss an erzeugter (erneuerbarer) Energie,

durch KI-basierte Algorithmen prognostiziert werden. Als dezentral aufgebaute Technologie wird Blockchain im Zusammenspiel mit KI-Komponenten dem immer dezentraler werdenden Energiemarkt gerecht.⁵³ Auch wenn derzeit die Versorgungs- und Preisstabilität über die Kontrolle der Energieversorger durch die BNetzA sichergestellt wird, muss der Wegfall des Intermediärs nicht zum Kontrollverlust führen. Vielmehr wird es darauf ankommen, die Gewährleistungsverantwortung des Staates neu zu justieren.

Ein solches blockchainbasiertes dezentrales Netzwerk im Energiemarkt kann darüber hinaus Synergieeffekte mit anderen oben genannten Anwendungsszenarien, wie bspw. dem „Tracking und Tracing“ der Herkunft der erzeugten Energie erzeugen. So könnte die Kombination des oben beschriebenen P2P-Handels mit den beschriebenen blockchainbasierten Herkunftsnachweisen dem Verbraucher die Möglichkeit eröffnen, einen bewussten Einfluss auf die Herkunft des von ihm verbrauchten Stroms zu nehmen. Dies könnte u.a. bewusstere Kaufentscheidungen der Konsumenten fördern.⁵⁴ Weitere Synergiepotenziale sind auch im Hinblick auf die zunehmende Relevanz der e-Mobilität vorstellbar. Dabei können bspw. die

⁵³ Vgl. dena (2019), S.66-69.

⁵⁴ Vgl. Burges et al. (2022).

Infobox: Use Cases Solar Coin & GrünstromBonusToken

Solar Coin

2014 hat sich die SolarCoin Foundation die 40-jährige Mission gesetzt, Anreize für die Produktion von Solarstrom zu schaffen. Dies geschieht, indem Produzenten mit Solar-Coins für den von ihnen produzierten Solarstrom belohnt werden. Ein Produzent registriert seine Solaranlage bei der SolarCoin Foundation und erhält daraufhin 1 SolarCoin pro 1 MWh verifizierten Solarstroms, den er produziert. Das Ziel ist es, die Kosten für die Produktion von grüner Energie so weit zu senken, dass sie kostenlos wird, was dann der Fall ist, wenn der Wert eines SolarCoin die Kosten der Stromproduktion übersteigt. Die Nutzer erhalten laufend SolarCoins, solange sie Energie produzieren, und sie können SolarCoins nach Belieben sparen, tauschen oder ausgeben. Die dem SolarCoin zugrunde liegende Blockchain-Infrastruktur ist die Energy Web Chain.¹

GrünstromBonusToken

Die blockchainbasierte Lösung der StromDAO GmbH wurde entwickelt, um Transparenz in den Zertifizierungsprozess von erzeugter Energie zu schaffen. So werden die Informationen der Einspeisung von Ökostrom manipulationssicher in einer Blockchain gespeichert. Grundlage dafür sind geeichte digitale Messsysteme/Sensoren, die an die produzierenden Anlagen angebracht wurden. Mit Hilfe dieser Daten ist es den Kunden möglich, den Anteil an Ökostrom zum Zeitpunkt des eigenen Verbrauchs einzusehen oder auch bis zu 24h im Voraus zu prognostizieren. Kunden können damit bewusst eine möglichst große Menge an regionalem Ökostrom verbrauchen und die Menge des konventionell erzeugten Stromverbrauchs reduzieren. Dies belohnt der Anbieter über sogenannte GrünstromBonus Token. Je mehr Grünstrom verbraucht wird, desto mehr Token erhält der Kunde. Mit diesen Token können Anteile an Photovoltaikanlagen erworben werden. Anteilig wird der Kunde dann über seine Stromrechnung für den von den Photovoltaikanlagen eingespeisten Strom entlohnt.²

¹ Für weitere Informationen zu SolarCoin, vgl. <https://solarcoin.org/>.

² Vgl. dazu <https://www.stromdao.de/stromdao-news/blockchain-in-der-energiewende>.

Akkus der Elektrofahrzeuge im P2P-Handel als Speicher genutzt werden, um so auch zur Netzwerkstabilität beitragen zu können.⁵⁵ Die konkrete Anwendung der Kombination von Elektrofahrzeugen und des Energienetzes mit Hilfe der Blockchain-Technologie kann im „Vehicle-to-Grid“-Konzept des Unternehmens blox.move beobachtet werden. Die Akkus der Fahrzeuge werden dort anhand eines Blockchain-Netzwerks an das Stromnetz gekoppelt, um die Netze für erneuerbare Energien zu stabilisieren. Dabei wird die Blockchain-Technologie dazu genutzt, dass sich der Speicher basierend auf dem Herkunftsnachweis des Stroms automatisiert über Smart-Contracts lädt oder entlädt, wenn ein Überschuss oder ein Mangel an (nachhaltig erzeugtem) Strom im Netz vorhanden ist.⁵⁶ Der volkswirtschaftliche Impact solcher Lösungen hängt dabei maßgeblich davon ab, wie sich die Zahl der E-Fahrzeuge entwickelt.

3.3 Potenziale der Blockchain im Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement

Während das in Kapitel 3.1 thematisierte blockchainbasierte Emissionsmanagement sowie das in Kapitel 3.2 thematisierte Energiemanagement zumeist *unmittelbar* auf die Verfolgung der Ziele des Klimaschutzes sowie der Energiewende einzahlen können, wird in diesem Unterkapitel mit dem blockchainbasierten Transparenz- sowie Nachhaltigkeitsmanagement ein Themenfeld adressiert, welches eher *mittelbar* auf die Verfolgung der Ziele einwirkt. Im Vordergrund beim Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement steht dabei, wie durch Blockchain der Nachweis der Nachhaltigkeit von Produkten und Prozessen erleichtert bzw. verifiziert werden kann. Das Ziel ist, dass durch den Einsatz von Blockchain die „Tragedy of the Commons“ („Allmendeproblematik“) gemildert werden kann und der Gefahr der *adversen Selektion* und des *Greenwashings* vorgebeugt werden kann, so dass es in der Folge zu einem nachhaltigeren Ressourceneinsatz kommt. Somit wird mittelbar zum Erreichen der Ziele des Klimaschutzes und der Energiewende beigetragen.

⁵⁵ Vgl. Schweizerische Normen-Vereinigung (2022), S. 42ff.

⁵⁶ Für weitere Details zu diesem Use-Case, vgl. <https://bloxmove.com/vehicle-to-grid>.

Die „**Tragedy of the Commons**“⁵⁷ beschreibt das Problem der Übernutzung von öffentlichen Gütern. Durch fehlende Internalisierung von negativen externen Effekten kann es zu einer Übernutzung des öffentlichen Gutes kommen. Im Kontext der vorliegenden Kurzstudie sind hier bspw. die Erdatmosphäre bzw. das Klima als öffentliches Gut zu nennen, welches durch die übermäßige Emission von Treibhausgasen Schaden nimmt, bspw. im Energiebereich durch die übermäßige Nutzung fossiler Energieträger, wie Kohle. Ein weiteres Beispiel ist die übermäßige Rodung von Waldflächen, wovon ebenfalls ein negativer Effekt auf das Klima ausgeht. Notwendige Voraussetzung für die Internalisierung der negativen externen Effekte ist dabei die Transparenz über die Verursacher in Kombination mit einer gleichzeitigen Verpflichtung dieser, den bereits verursachten Schaden, gemessen in monetären Einheiten, zu begleichen und auch in Zukunft dafür aufkommen zu müssen.

Die **adverse Selektion**⁵⁸ bezeichnet einen Prozess, in dem es aufgrund von Intransparenzen und daraus resultierenden Informationsasymmetrien zwischen potenziellen Transaktionspartnern vor Vertragsabschluss zu einer Negativauslese kommt. Im Kontext der Nachhaltigkeitsthematik kann die adverse Selektion darin bestehen, dass sich bei fehlender Transparenz im Markt für den Käufer das tatsächliche Nachhaltigkeitsniveau eines Produkts nicht erkennen lässt. Diese fehlende Information kann dazu führen, dass der Käufer also nicht bereit ist, einen Aufschlag für ein Produkt mit einem potenziell höheren Nachhaltigkeitsniveau zu zahlen, was letztlich dazu führen kann, dass sich die Produkte mit den niedrigsten Nachhaltigkeitsniveaus durchsetzen, da diese am kostengünstigsten angeboten werden können. Der glaubhafte Nachweis des Nachhaltigkeitsniveaus durch Transparenz ist damit notwendige Voraussetzung, damit nachhaltige Produkte im Markt bestehen können.

⁵⁷ Die „Tragedy of the Commons“ oder „Allmendeproblematik“ geht auf Hardin (1968) zurück. Lösungsstrategien auf Basis der Institutionenökonomik wurden von Elinor Ostrom (1990) entwickelt, welche hierfür 2009 den Wirtschaftsnobelpreis erhielt.

⁵⁸ Zum Prozess der adversen Selektion siehe Akerlof (1970), welcher in seinem „Markets for Lemons“-Artikel am Beispiel des Gebrauchtwagenmarkts die Wirkungsweise aufzeigt und hierfür im Jahr 2001 mit dem Wirtschaftsnobelpreis ausgezeichnet wurde.

Greenwashing⁵⁹ bezeichnet den Versuch, für Produkte oder Prozesse den Eindruck von Nachhaltigkeit zu erzeugen, ohne dass dieses de facto der Fall ist. Es handelt sich hierbei also um suggerierte Nachhaltigkeit, um ein grünes Image zu erlangen.⁶⁰ Grundlage von Greenwashing sind wiederum Intransparenzen, die es den Akteuren ermöglichen, den wahren ökologischen Fußabdruck ihrer Produkte und Prozesse zu verschleiern. Erst durch mangelnde Nachprüfbarkeit wird Greenwashing ermöglicht.

Es wird deutlich, dass sowohl für die Allmendeproblematik also auch bei der adversen Selektion und beim Greenwashing die **mangelnde Transparenz** die Basis bildet. Bestehende Informationsasymmetrien sind der Nährboden für diese drei Problematiken. Genau hier ergibt sich der Ansatzpunkt für den Einsatz der Blockchain-Technologie: Durch ihre Eigenschaften der Transparenz in Form von Rückverfolgbarkeit sowie der Irreversibilität hat die Blockchain großes Potenzial, zum **Abbau der Informationsasymmetrien** beizutragen und damit dem Entstehen der Allmendeproblematik als auch der adversen Selektion und dem Greenwashing vorzubeugen.

Plakativ gesprochen, ermöglicht die Blockchain den „**Proof of Green**“⁶¹ von Produkten und Prozessen und vereinfacht damit die Grundlagen für Geschäftsmodelle, die auf der Nachhaltigkeit von Produkten und Prozessen basieren. Kann durch die Blockchain der Nachhaltigkeitsnachweis erbracht werden, trägt die Technologie direkt zur **Wertgenerierung** bei, indem durch den glaubhaften Nachweis der Nachhaltigkeit eine Differenzierung der Produkte nach Grad der Nachhaltigkeit ermöglicht wird und somit Marktsegmente für nachhaltige Produkte entstehen, für die Verbraucher bereit sind einen Preisaufschlag zu zahlen.

Da sich die Blockchain-Technologie für den Einsatz zum Nachweis der Nachhaltigkeit bzw. des ökologischen Fußabdrucks eines Produkts eignet, bietet sich die Technologie auch für den Einsatz im Kontext des

Digitalen Produktpasses (DPP) an.⁶² Die Einführung des DPP wird auf der europäischen Ebene vorangetrieben. Erste Schlüsselanforderungen an den DPP können dem Entwurf der Ökodesign-VO vom 30. März 2022 entnommen werden: Gemäß des Entwurfs ist es vorgesehen, sowohl Nachweispflichten über die Energie- und Ressourceneffizienz als auch über den ökologischen Fußabdruck einzuführen.⁶³ Die Blockchain-Technologie hat das Potenzial, diesen geplanten Nachweispflichten des Gesetzgebers gerecht zu werden und damit gleichzeitig die Informationsasymmetrien in Bezug auf die Nachhaltigkeit der Produkte so weit abzubauen, dass die Grundlage für auf nachhaltige Produkte basierende Geschäftsmodelle geschaffen wird. Das Konzept eines blockchainbasierten DPP wird bspw. vom Dortmunder Unternehmen *Spherity* verfolgt.⁶⁴

Dem Themenfeld Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement werden in der vorliegenden Kurzstudie ebenfalls blockchainbasierte Ansätze zugeordnet, die insbesondere der Finanzierung von *Climate Tech*⁶⁵ oder anderen Nachhaltigkeitsprojekten dienen. In Anlehnung an den Begriff DeFi (Decentralized Finance) werden diese Ansätze dabei inzwischen unter dem Begriff **Regenerative Finance (ReFi)**⁶⁶ subsumiert.

Gemäß des Reports des UN-Sonderberichterstatter für Menschenrechte und Umweltschutz, David Boyd, ist einer der Hauptgründe für die gegenwärtige Untererfüllung der von der UN definierten SDGs (siehe Kapitel 2) die Unterfinanzierung der Investments in die Ziele.⁶⁷ Die OECD hat diese jährliche Finanzierungslücke zuletzt auf 4.2 Billionen US-Dollar beziffert.⁶⁸ Gemeinsam mit der in Kapitel 3.1 beschriebenen Generierung von Vertrauen in die Produkte der Kompensationsmärkte, können die

62 Zur Diskussion des Einsatzes der Blockchain-Technologie im Kontext des Digitalen Produktpasses siehe auch die bereits im Rahmen des Fachdialogs Blockchain erschienene Studie zum Thema Nachhaltigkeit: Culotta et al. (2021).

63 Vgl. Entwurf „Ecodesign for Sustainable Products Regulation“ (‘Ökodesign-VO’): EU-Kommission (2022).

64 Siehe hierzu <https://www.spherity.com/digital-product-passport>

65 Unter Climate Tech versteht man neuartige Technologien, die dem Klimaschutz dienen. Siehe PWC (2021) für einen Überblick.

66 Für einen Überblick über den gegenwärtigen Entwicklungsstand von ReFi siehe bspw. Schletz (2022). Für eine Einführung in das Thema ReFi siehe bspw. Prados (2022).

67 Vgl. Boyd (2022).

68 Vgl. OECD (2021).

59 Für einen Überblick über die Konzepte und die Formen von Greenwashing, siehe De Freitas Netto et al. (2020).

60 Vgl. Lin-Hi (2022).

61 Zum blockchainbasierten „Proof of Green“ siehe bspw. United Nations Environment Programme, & Social Alpha Foundation (2022), Kapitel 2.2.

blockchainbasierten ReFi-Ansätze dabei zum Schließen der Finanzierungslücke beitragen. Die Vision von ReFi besteht darin, über die entsprechende anreizbasierte Ausgestaltung der Governance der Blockchain-Lösungen (Stichwort Tokenomics), Incentivierungen für ein nachhaltiges Investieren zu schaffen.⁶⁹ Über ReFi-Ansätze kann Blockchain somit dazu beitragen, dass das Investieren in Nachhaltigkeit für individuelle Akteure kein selbstloser „Charity“-Akt ist, sondern rationales wirtschaftliches Kalkül. Auf diesem Weg können DeFi-Ansätze wesentlich dazu beitragen, nachhaltige Geschäftsmodelle zu skalieren.

Einen ambitionierten Ansatz verfolgt dabei das kalifornische Start-up *Bitgreen*.⁷⁰ Das im Jahr 2021 gegründete Startup ist dabei, eine Layer-1 Blockchain aufzubauen, die eine blockchainbasierte Plattform für ReFi-Dienste werden soll. Die Bitgreen-Blockchain wird als Parachain im Polkadot-Ökosystem aufgebaut. Es handelt sich um eine *open permissionless Blockchain*⁷¹, welche auf den Proof-of-Stake Konsensmechanismus setzt. Das Ziel von Bitgreen ist,

im Laufe der nächsten Dekade nachhaltige Investments in Form von Security Tokens („Digital Green Bonds“) und Carbon Credit Tokens⁷² in Höhe von mindestens 1 Billion US-Dollar über die blockchainbasierte Plattform abzuwickeln und auf diesem Weg zum Schließen der oben genannten Finanzierungslücke im Bereich Nachhaltigkeit beizutragen.⁷³

Nachdem im vorliegenden Kapitel die Potenziale der Blockchain-Technologie zum Erreichen der Ziele des Klimaschutzes und der Energiewende auf theoretischer Basis erörtert wurden, erfolgt im folgenden Kapitel ein empirischer Blick in die Praxis: Wie schätzen Führungskräfte mit Blockchain-Erfahrung aus deutschen Unternehmen die Potenziale der Blockchain-Technologie im Bereich des Energie-, des Emissions- und des Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagements ein? Dazu werden die Ergebnisse einer eigens für den Fachdialog Blockchain von der IT Universität Kopenhagen durchgeführten Umfrage unter 200 deutschen Unternehmen aus energieintensiven Branchen präsentiert.

69 Zur Incentivierung zu nachhaltigem Verhalten via der Ausgestaltung der Blockchain-Lösung siehe Smajgl / Schweik (2022).

70 Siehe www.bitgreen.org [zuletzt abgerufen am 11.12.2022].

71 Zur Klassifizierung der Blockchain-Formen siehe die im Rahmen von ISO entwickelte Taxonomie: ISO/TS 23635:2022 „Blockchain and distributed ledger technologies – Guidelines for governance“.

72 Siehe hierzu auch Kapitel 3.2.

73 Vgl. Carver (2022).

4 UNTERNEHMENSUMFRAGE ZUR EINSCHÄTZUNG DER POTENZIALE DER BLOCKCHAIN-TECHNOLOGIE ZUM ZWECKE DES KLIMASCHUTZES UND DER ENERGIEWENDE

4.1 Aufbau der Umfrage und Beschreibung der Stichprobe

4.1.1 Zielsetzung und Strukturierung der Umfrage

Mit diesem empirischen Teil wird das Ziel verfolgt, die Einstellungen deutscher Unternehmen zu den Potenzialen der Blockchain-Technologie für den Klimaschutz und die Energiewende zu erfassen. Im Zentrum der Umfrage stehen die Einschätzungen von Entscheidungstragenden in den befragten Unternehmen zur Verwendung von Blockchain-Technologien in den drei in Kapitel 3 bereits skizzierten Einsatzbereichen **Emissionsmanagement**, **Energiemanagement** sowie **Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement**. Zunächst ermittelt die Umfrage auf deskriptiver Ebene die Einschätzung der Einsatzpotenziale von Blockchain in diesen Bereichen aus der Unternehmenssicht (Kapitel 4.2), um dann mögliche Auswirkungen der Realisierung dieser Potenziale auf das **ökologisch nachhaltige Handeln** der Unternehmen

statistisch aufzuzeigen (Kapitel 4.3). Dazu wurden die Unternehmen gebeten, Auskunft über den aktuellen Grad ökologisch nachhaltigen Wirtschaftens ihrer Organisation zum Zeitpunkt der Datenerhebung zu geben. Um Ansätze für effektive ordnungs- und wirtschaftspolitische Handlungsoptionen zu erlangen, die der Förderung des Klimaschutzes und der Energiewende mittels Blockchain dienen, widmet sich Kapitel 4.4 der Frage, wie mögliche staatliche Maßnahmen durch die Unternehmen eingeschätzt werden. Um auch die Effekte solcher Maßnahmen statistisch in den Kontext zu setzen, werden diese auf ihre mögliche Auswirkung auf die drei Einsatzbereiche Emissionsmanagement, Energiemanagement sowie Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement durch Blockchain-Technologie evaluiert. Auf Basis dieser statistisch ermittelten Zusammenhänge folgt in Kapitel 4.5 eine **Zusammenfassung der Ergebnisse** der vorangegangenen Analyseschritte, die der Überleitung zur Definition und Diskussion von Handlungsfeldern für staatliche Institutionen in Kapitel 5 dient.

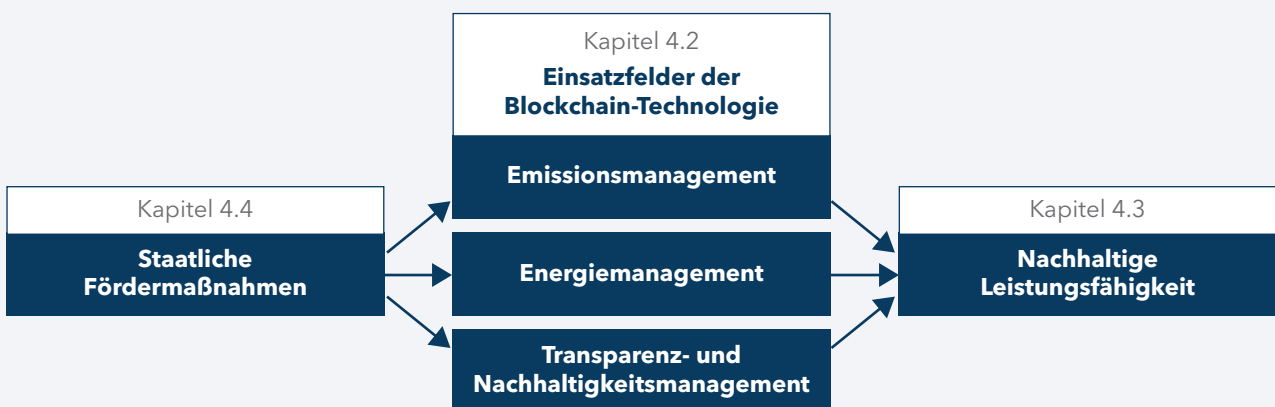


Abbildung 2: Aufbau der Unternehmensumfrage

Im folgenden Unterkapitel wird die Unternehmensstichprobe näher beschrieben. Dazu wird in den folgenden Teilen des ersten Kapitels zunächst die Auswahl und Zusammenstellung der empirischen Stichprobe im Detail vorgestellt, dessen Wissensstand und Implementierungsgrad von Blockchain-Technologien analysiert und Einblick in die angewandten statistischen Methodiken zur Gestaltung und Auswertung der Umfrage gegeben.

4.1.2 Die Unternehmensstichprobe und deren Auswahlkriterien

Die finale Stichprobe der Unternehmensumfrage, durchgeführt im Herbst 2022 als Online-Befragung, umfasst **200 Beantwortungen durch Führungskräfte Blockchain-erfahrener deutscher Unternehmen mit mehr als zehn Beschäftigten, welche in energieintensiven Branchen wirtschaftlich tätig sind**. Im Folgenden werden die Auswahlkriterien für die Umfrage näher erläutert:

Fokus auf Führungsebene

Die Befragung richtete sich ausschließlich an Führungskräfte in Unternehmen, um zu gewährleisten, dass die Befragten über das nötige Überblickswissen und die Erfahrung verfügen, um Fragen von unternehmensstrategischer Tragweite fundiert beantworten zu können. Die berücksichtigten betrieblichen Positionen umfassten Geschäftsführerinnen und

Geschäftsführer sowie Eigentümerinnen und Eigentümer, das C-Level-Management sowie die mittlere Führungsebene, wie etwa Abteilungsleitende.

Fokus auf energieintensive Branchen

Um die Relevanz der Umfrage für Fragen des Klimaschutzes und der Energiewende zu erhöhen, zielt die Umfrage auf Unternehmen aus **energieintensiven Branchen** ab.⁷⁴

Zu den adressierten Branchen zählen u.a. Energieerzeuger und Versorgungsunternehmen in den Bereichen Elektrizität, Gas, Wasser und Abfall sowie die Erdöl- und Petrochemie, Unternehmen aus der industriellen Fertigung, der Bauwirtschaft sowie der Automobilwirtschaft und der Luftfahrt, ergänzt um Unternehmen aus dem Bereich Transport und Logistik sowie der Landwirtschaft. Die Zusammensetzung der Stichprobe nach Branchen ist in Abb. 3 dargestellt. Stark vertreten sind vor allem Versorgungsunternehmen aus dem Bereich Energie, Gas und Wasser (n = 43), Unternehmen aus der Automobilwirtschaft und Luftfahrt (n = 38) sowie Unternehmen aus der industriellen Fertigung (n = 34).

⁷⁴ Bei der Auswahl energieintensiver Branchen wurden sowohl die Klassifizierungen des BAFA bzgl. des Energiekostendämpfungsprogramms (abrufbar unter: https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/ekdp_merkblatt.pdf;jsessionid=1D0E8EC767D2002BD6E2AC874B612BB2.intranet671?__blob=publicationFile&v=3), als auch die Definitionen von Destatis (abrufbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Industrie-Verarbeitendes-Gewerbe/produktionsindex-energieintensive-branchen.html#629666>) berücksichtigt.



Abbildung 3: Zusammensetzung der Unternehmensumfrage nach Branchen (n = 200)

Mindestgröße der befragten Unternehmen

Um eine gewisse Bedeutsamkeit für klimarelevanten Handeln sicherzustellen, wurden in der Umfrage Unternehmen ab einer Größe von zehn Beschäftigten berücksichtigt. Ca. 1/5 der Unternehmen in der Stichprobe sind dem Mittelstand zuzuordnen (bis 250 Beschäftigte). Knapp die Hälfte der Stichprobe machen mittelgroße Unternehmen aus (251 bis 2500 Beschäftigte). Bei ca. 1/3 der Unternehmen handelt es sich um Großunternehmen mit mehr als 2500 Beschäftigten. Im Durchschnitt beschäftigt ein Unternehmen der Stichprobe 19946 Personen, was deutlich macht, dass auch Großkonzerne in der Stichprobe enthalten sind. Der Median der Stichprobe beträgt 810 Beschäftigte.

Blockchain-Wissen und -Assimilierungsgrad als Auswahlkriterium

Wesentliches Auswahlkriterium für die Umfrage war das im Unternehmen vorhandene Wissen über Blockchain-Technologie. Die befragten Führungskräfte wurden hierzu zu einer entsprechenden Selbsteinschätzung aufgefordert. Dazu standen vier Auswahlmöglichkeiten zur Verfügung. Die Befragten konnten angeben, ob das Unternehmen mit Blockchain [1] überhaupt nicht, [2] zu einem geringen Maß, [3] zu einem gewissen Maß oder [4] zu einem hohen Maß vertraut ist. Eingang in die finale Stichprobe fanden nur diejenigen Befragten, die ihrem Unternehmen mindestens ein gewisses Maß an Vertrautheit mit der Blockchain-Technologie attestiert haben (Antwortmöglichkeiten [3] und [4]). Wie in Abb. 4 ersichtlich,

setzt sich die finale Stichprobe aus knapp 60% an Unternehmen mit einem hohen Maß an Blockchain-Wissen und gut 40% mit gewissem Blockchain-Wissen zusammen.

Beim Blick in die Daten zeigt sich, dass jüngere Unternehmen in der durchgeführten Untersuchung ein tendenziell höheres Blockchain-Wissen als früher gegründete Unternehmen aufweisen, was sich in einer schwachen Korrelation von +0.16 niederschlägt. Zudem zeigt sich, dass das Ausmaß des Blockchain-Wissens mit der allgemeinen strategischen Bedeutung, die der Digitalisierung im Unternehmen zugeordnet wird, korreliert: In der Tendenz gilt, dass das Blockchain-Wissen umso ausgeprägter ist, desto höher der strategische Stellenwert der Digitalisierung im Unternehmen bewertet ist.

Neben dem Wissen über Blockchain wurden die Befragten ebenfalls aufgefordert anzugeben, inwieweit ihre Organisation Blockchain-Anwendungen plant oder bereits im Einsatz hat. Für eine strukturierte Abfrage wird dabei auf eine validierte Skala zur Messung der Durchdringung einer digitalen Innovation in Unternehmen zurückgegriffen. Diese siebenstufige sogenannte „Guttman“-Skala erfasst das aktuelle Stadium der Blockchain-Assimilierung im jeweiligen Unternehmen zum Zeitpunkt der Umfrage (Herbst 2022). Assimilierung beschreibt im Allgemeinen das Ausmaß, in dem eine Organisation den Lebenszyklus von der anfänglichen Sensibilisierung bis zur

Blockchain-Wissen im Unternehmen

Inwieweit ist Ihr Unternehmen mit Blockchain vertraut?

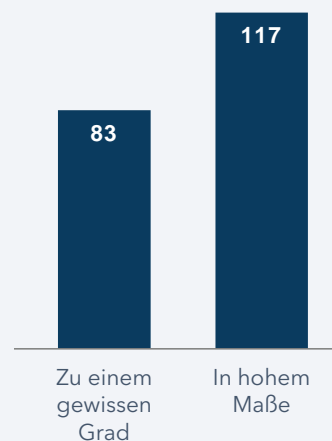


Abbildung 4: Verteilung des Blockchain-Wissens der Unternehmen in der Stichprobe (n = 200)

Blockchain-Assimilierungsgrad der befragten Unternehmen

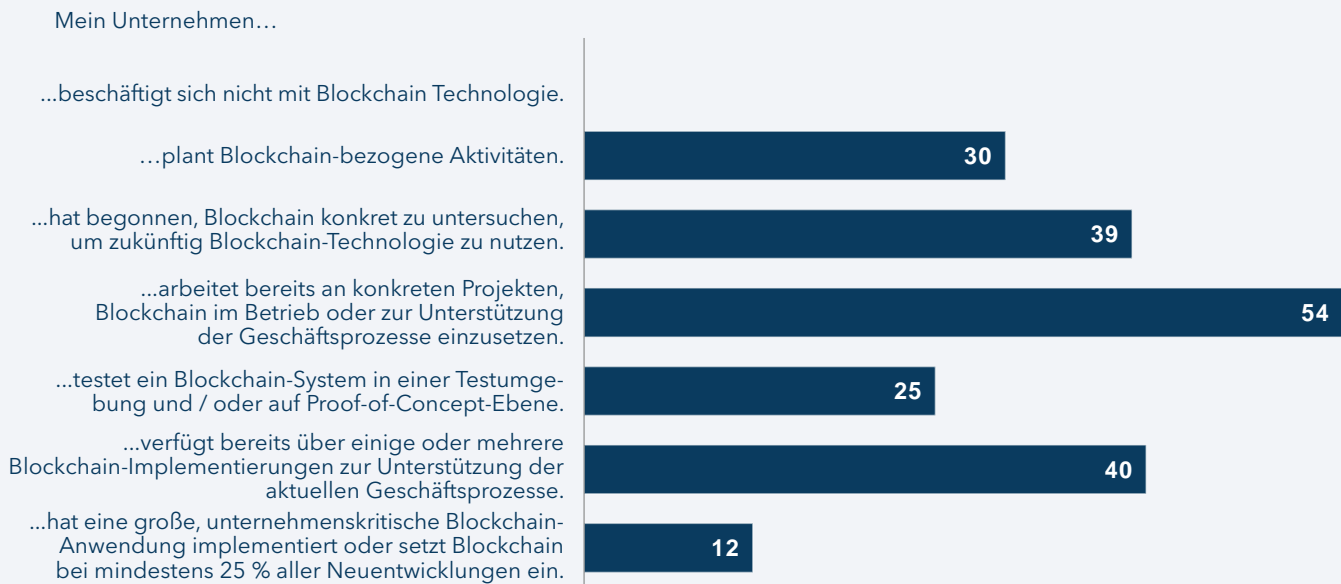


Abbildung 5: Blockchain-Assimilierungsgrad der befragten Unternehmen (n = 200)

vollständigen institutionellen Implementierung einer Innovation durchläuft. Die verwendete Skala beruht auf früheren wissenschaftlichen Untersuchungen zur Assimilierung von Software-Prozessinnovationen und elektronischen Beschaffungslösungen im Bereich der Informationssysteme.⁷⁵

Die Befragten wurden also gebeten, den aktuellen Stand der Blockchain-Implementierung im eigenen Unternehmen auf der siebenstufigen Skala einzuordnen, wobei hier von Planungen über begonnene Aktivitäten und Projekte bis zu ersten Prozessimplementierungen und kritischen geschäftstragenden Anwendungen unterschieden wird. Unternehmen, die durch die jeweiligen Führungskräfte auf der niedrigsten Assimilierungsstufe ([1] „Mein Unternehmen beschäftigt sich nicht mit der Blockchain-Technologie“) eingeordnet wurden, haben keinen Eingang in die finale Stichprobe gefunden. Durch die gleichzeitige Berücksichtigung des Assimilierungsgrades der Blockchain-Technologie sowie des Blockchain-Wissens wird sichergestellt, dass in der Stichprobe nur Unternehmen vertreten sind, die fundiert zum Thema

Blockchain Stellung nehmen können. Wie Abb. 5 zeigt, haben von den 200 Unternehmen, die Berücksichtigung in der finalen Stichprobe gefunden haben, ca. ¼ bereits Blockchain-Lösungen implementiert (Assimilierungsgrad [6] und [7]), während ca. 40% Blockchain-Lösungen im Testbetrieb haben oder damit konkret planen (Assimilierungsgrad [4] und [5]). Ein gutes Drittel der befragten Unternehmen verfolgt die Absicht, auf Blockchain zu setzen und steht am Beginn erster Planungen [Assimilierungsgrad [2] und [3]].

Da die Befragten im Rahmen der Umfrage Auskunft darüber gegeben haben, seit wann sich das Unternehmen mit dem Thema Blockchain beschäftigt, lässt sich anhand der Daten zeigen, dass ein früher begonnenes Auseinandersetzen mit der Blockchain-Technologie tendenziell mit einem höheren Blockchain-Assimilierungsgrad zum Zeitpunkt der Studie einhergeht (Korrelation von +0.18).

Im Durchschnitt beschäftigen sich die Unternehmen in der finalen Stichprobe seit 2017 mit der Blockchain-Technologie. Während sich ca. 15% bereits seit 2012 oder früher mit der Technologie auseinandersetzen, hat sich ein knappes Drittel erst seit 2020 oder später mit der Technologie befasst.

⁷⁵ Siehe Fichman (2001). The Role of Aggregation in the Measurement of IT-Related Organizational Innovation. *MIS Quarterly* 25 (4), 427-455.

Generierung der Stichprobe und Sicherstellung der Antwortqualität

In der technischen Umsetzung der Umfrage wurden zur Berücksichtigung der Auswahlkriterien entsprechende Filterfragen in den Fragebogen eingefügt. Mit der Akquirierung potenzieller geeigneter Teilnehmer wurde ein internationales Marktforschungsinstitut beauftragt. Von den insgesamt 1008 Teilnehmern wurden alle aussortiert, die mindestens eins der oben erläuterten Auswahlkriterien nicht erfüllt haben. Darüber hinaus wurden mehrere Plausibilitätsprüfungen durchgeführt, um die Datenqualität und -konsistenz zu kontrollieren. Als Resultat der Auswahlkriterien und der Qualitätsmaßnahmen umfasst die auszuwertende Stichprobe schlussendlich 200 Teilnehmer.

4.1.3 Statistische Auswertungsmethodik

Die erhobenen Umfragedaten wurden mit statistischen Verfahren und entsprechender Software ausgewertet. Die inhaltlichen Fragemodule wurden durch die Befragten anhand einer fünfstufigen Likert-Skala bewertet. Die Beschreibung der Skala war wie folgt gestaltet: [1] *trifft voll und ganz zu*; [2] *trifft eher zu*; [3] *neutral*; [4] *trifft weniger zu*; [5] *trifft gar nicht zu*. Die im Textteil gezeigten oder diskutierten Korrelationen sind sämtlich auf statistische Signifikanz getestet worden. Der Anhang (A1 – A6) der vorliegenden Kurzstudie gibt Auskunft über die Stärke der gemessenen Zusammenhänge der einzelnen Variablen. Bei Korrelationen ab einem Wert von 0,3 wird in der vorliegenden Kurzstudie von einem nennenswerten Zusammenhang ausgegangen. Werte ab 0,5 stellen eine statistisch hohe Korrelation dar und werden als starker Zusammenhang interpretiert.

Auf Basis der Korrelationsanalyse zwischen den Variablen werden inhaltliche Ableitungen getroffen. Die einzelnen Fragen aus der Umfrage (Items) werden im Rahmen der Zusammenhangsanalyse zu inhaltlich homogenen Blöcken (Konstrukten) zusammengefasst und anhand von Strukturgleichungsmodellen ausgewertet. In der Analyse wird anschließend zwischen den Zusammenhängen zwischen den aggregierten inhaltlichen Blöcken (Konstruktebene) und den Zusammenhängen zwischen einzelnen Fragen (Itemebene) differenziert. Allgemein zu beachten ist,

dass die gewählte Methodik keine statistisch abgesicherten Aussagen über die Kausalität zulässt. Zum Teil können aber auf der Basis von theoretischer Plausibilität sowie Expertenwissen aus der Praxis Annahmen über die Wirkrichtungen getroffen werden.

4.2 Einschätzung der Potenziale der Blockchain-Technologie für den Klimaschutz und die Energiewende

Im vorliegenden Kapitel werden die deskriptiven Ergebnisse präsentiert, wie die befragten Unternehmen die Potenziale der Blockchain-Technologie für ökologisch nachhaltiges Handeln im Sinne der Klimaschutz- und Energiewendeziele einschätzen.

Die Präsentation der Umfrageergebnisse erfolgt dabei entlang der drei in Kapitel 3 bereits skizzierten potenziellen Einsatzbereiche:

- ▶ Das **Emissionsmanagement**⁷⁶ umfasst, wie Unternehmen den Einsatz von Blockchain-Technologien bezüglich der Erfassung von Treibhausgasen sowie dem Handel von Zertifikaten einschätzen.
- ▶ Das **Energiemanagement**⁷⁷ betrachtet die mögliche Nutzung von Blockchain-Technologien für die Erzeugung, den Bezug sowie den Verbrauch von Energie, um die Ziele der Energiewende zu erreichen und den Umstieg auf erneuerbare Energien zu befördern.
- ▶ Das **Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement**⁷⁸ beinhaltet, wie Unternehmen die Bedeutung von Blockchain-Technologien in Bezug auf erhöhte Transparenz zur Unterstützung von klimarelevantem nachhaltigen Handeln beurteilen.

Im Folgenden wird für jedes dieser drei Felder die Einschätzung der befragten Unternehmen zum potenziellen Einsatz der Blockchain-Technologie präsentiert.

⁷⁶ Siehe Kapitel 3.1 für eine ausführlichere Skizzierung des Themenfelds „Emissionsmanagement“.

⁷⁷ Siehe Kapitel 3.2 für eine ausführlichere Skizzierung des Themenfelds „Energiemanagement“.

⁷⁸ Siehe Kapitel 3.3 für eine ausführlichere Skizzierung des Themenfelds „Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement“.

Emissionsmanagement

Die Blockchain-Technologie ermöglicht unserem Unternehmen...

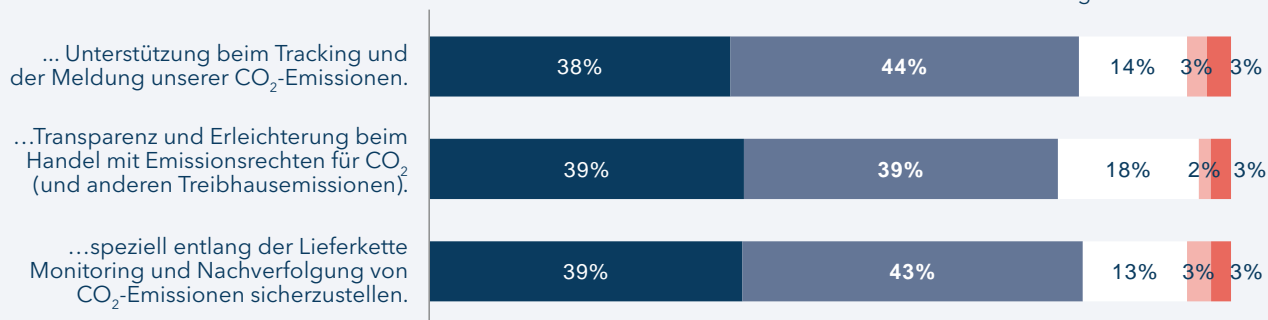


Abbildung 6: Bewertung des möglichen Einsatzes von Blockchain für das Emissionsmanagement (n = 200)

4.2.1 Potenziale im Emissionsmanagement

Die Relevanz des Managements der eigenen Treibhausgasemissionen ist für Unternehmen in den letzten Jahren zunehmend gestiegen, zum einen durch strenger werdende regulatorische Vorgaben, zum anderen aber auch durch ein gestiegenes Bewusstsein bei den Verbrauchern, wodurch sich die Klimaneutralität von Produkten und Dienstleistungen zum Kaufaspekt entwickelt. Dementsprechend steigt der Bedarf an leistungsfähigen Tools zur exakten, verlässlichen und standardisierten Abbildung der CO₂-Emissionen von Unternehmen in Deutschland.

Wie die Ergebnisse der Unternehmensbefragung zum Einsatzfeld Emissionsmanagement in Abbildung 6 zeigen, sehen die Befragten große Potenziale des Blockchain-Einsatzes in diesem Bereich. Insbesondere für das Tracking der unternehmensinternen CO₂-Emissionen sowie für das unternehmensübergreifende Nachverfolgen und das Monitoring von CO₂-Emissionen entlang der Supply Chains erkennen jeweils 82%⁷⁹ der Führungskräfte Potenziale. Beide Einsatzszenarien sind dem in Kapitel 3.1 beschriebenen **Carbon-Insetting** zuzuordnen.

Ebenfalls auf breite Zustimmung stoßen bei 78% der befragten Unternehmen die Potenziale der Blockchain-Technologie beim **Carbon-Offsetting** und im **Emissionshandel**.

4.2.2 Einschätzung der Potenziale im Energiemanagement

Angesichts der aktuellen Energiekrise und der damit einhergehenden Preisentwicklungen an den Energiemärkten hat das Energiemanagement in der deutschen Wirtschaft stark an Bedeutung gewonnen. Die Unternehmen setzen sich intensiv mit den Möglichkeiten für Energieeinsparungen sowie der Umstellung auf regenerative Energiequellen auseinander. Die Energiekrise hat also in gewisser Weise den Druck zur Umsetzung der Ziele der Energiewende erhöht. Vor diesem Hintergrund ist es besonders interessant zu sehen, wie die Unternehmen die Potenziale der in Kapitel 3.2 skizzierten Anwendungsfelder der Blockchain-Technologie im Energiemanagement einschätzen.

Mit 82% der Befragten bestätigt die überwiegende Mehrheit, dass die Blockchain-Technologie grundsätzlich dazu geeignet sei, einen Beitrag zur Umsetzung der Ziele der Energiewende auf Unternehmensebene leisten zu können, also zur Reduktion des Energieverbrauchs sowie zu einer Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien. Mit Blick auf die konkreten Potenziale, die die Blockchain-Technologie für

⁷⁹ Hier und im Folgenden ergeben sich die Werte der Zustimmung aus der Addition der Werte für die Kategorien „trifft voll und ganz zu“ sowie „trifft eher zu“.

diese Zielstellung bieten kann, sehen die befragten Führungskräfte die größten Potenziale im Monitoring und der Nachverfolgung einer dezentralen sauberen Energieversorgung: Dies bestätigten 83% der Befragten. Durch die der Technologie inhärenten Eigenschaft der Fälschungssicherheit ermöglicht die Verbindung mit einem Smart-Meter-Gateway, die nachhaltig erzeugte Energie von der Entstehung bis zum Verbrauch nachzuverfolgen. Weiteres Potenzial sehen 76% der befragten Personen darin, durch den Einsatz der Blockchain im Energiemanagement zu einem nachhaltigeren Energieverbrauch zu gelangen, wobei hier nachhaltig sowohl in der ökonomischen Dimension (Effizienzvorteile durch Blockchain) als auch in der ökologischen Dimension (Herkunftsnachweis für grünen Strom) verstanden werden kann.

Die wenigsten Befragten, aber mit 73% ein noch immer hoher Anteil, bestätigen, dass Blockchain das Potenzial hat, es Unternehmen zu ermöglichen, selbst als Energieerzeuger tätig zu werden. Mit 12% erfuhr dieses Item in diesem Fragenbereich zudem eine höhere Ablehnung. Ein möglicher Erklärungsansatz dafür könnte darin gesehen werden, dass die Befragten dieses Item aus einer technischen Perspektive beurteilten: In der Tat ist es auch bereits in der

aktuellen Situation ohne den Einsatz der Blockchain möglich, durch den Erwerb dezentraler Erzeugungsanlagen als Erzeuger tätig zu werden. Dadurch könnte Blockchain-Technologie im Hinblick auf die technische Erzeugung hierfür weniger als Enabler gesehen werden. Aus ökonomischer Sicht aber könnte der Einsatz zu einer Vereinfachung des Handels sowie zum Abbau von Transaktionskosten führen.

4.2.3 Einschätzung der Potenziale im Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement

Der Bedarf zum Nachweis der Nachhaltigkeit von Produkten und Prozessen ist in der letzten Zeit stark gestiegen, sei es durch zunehmende Regulierung im Bereich des Corporate Responsibility Reportings (Stichwort Produktpass) oder auch durch ein gestiegenes Bewusstsein für Nachhaltigkeitsfragen bei den Konsumenten. Dies erhöht den Druck für die Unternehmen, geeignete Tools und Technologien zu implementieren, die diesen gestiegenen Nachweispflichten gerecht werden. Wie in Kapitel 3.3 erläutert, kann sich hier die Blockchain als mögliche Technologie für ein verbessertes Nachhaltigkeitsmanagement anbieten, da sie durch die ihr inhärenten Eigenschaften die Transparenz erhöht und somit geeignet scheint,

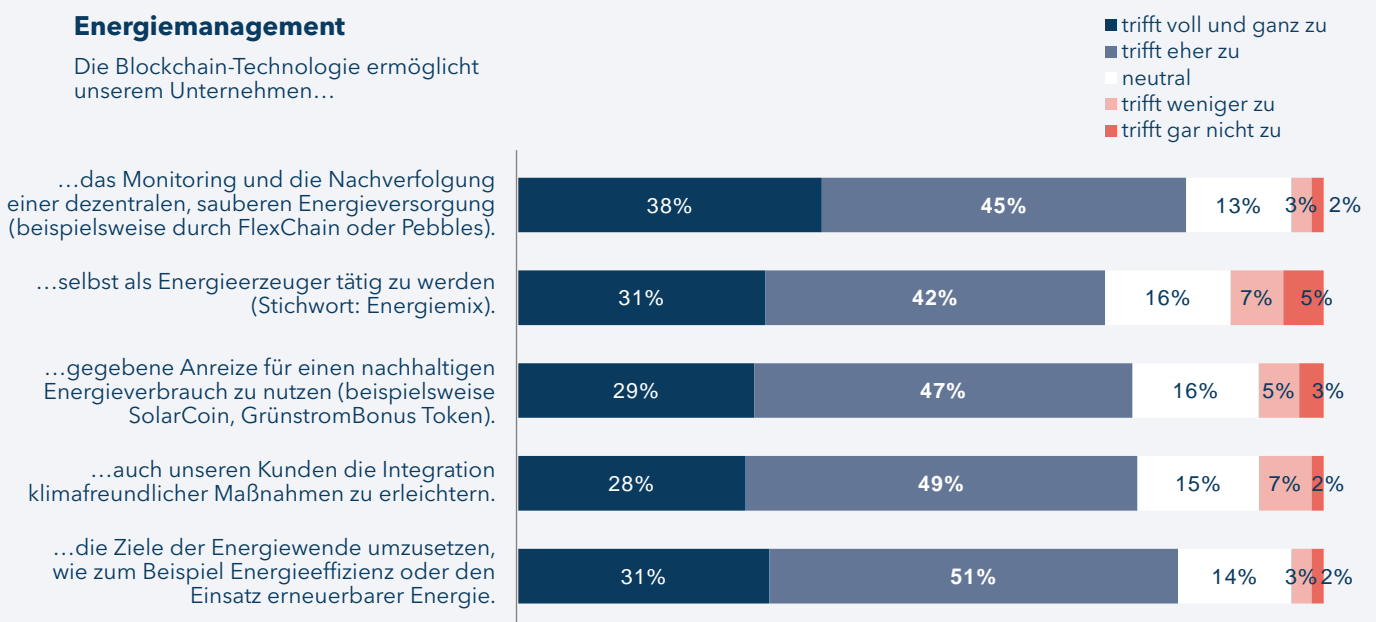


Abbildung 7: Bewertung des möglichen Einsatzes von Blockchain für das Energiemanagement (n = 200)

Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement

Die Blockchain-Technologie ermöglicht unserem Unternehmen...

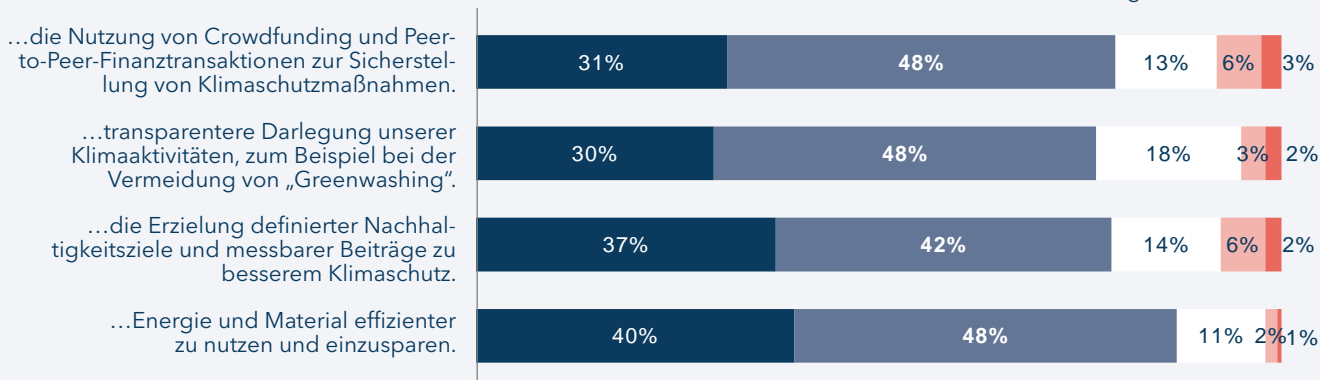
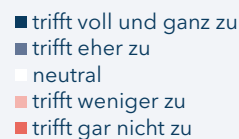


Abbildung 8: Bewertung des möglichen Einsatzes von Blockchain für das Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement (n = 200)

Greenwashing und der adversen Selektion vorbeugen zu können. Wie die Ergebnisse der Umfrage zu diesem möglichen Einsatzbereich in Abb. 8 zeigen, stößt die Eignung der Blockchain-Technologie für dieses Einsatzfeld auf breite Zustimmung durch die befragten Führungskräfte: Knapp 80% der Befragten sehen Potenzial in der transparenteren Darlegung der Klimaaktivitäten bzw. der Nachhaltigkeit als „Proof of Green“ für ihr eigenes Unternehmen. Bemerkenswert ist, dass ein noch größerer Anteil (88%) der Befragten Potenziale zur Ressourceneffizienz im eigenen Unternehmen durch den Einsatz von Blockchain erkennt. Hier zeigt sich, dass sich der Einsatz der Blockchain-Technologie in diesem Kontext im Schnittpunkt ökologischer und ökonomischer Nachhaltigkeit bewegt: Die Unternehmen sehen die Potenziale der Technologie nicht nur im Signaling der Nachhaltigkeit nach außen, sondern auch für unternehmensinterne Vorteile in Form von Ressourceneinsparungen durch verbessertes Tracking und damit verbundener Effizienzsteigerungen durch gesteigerte Transparenz.

Das Potenzial von blockchainbasierten Finanzierungsinstrumenten zur Unterstützung von Nachhaltigkeitsprojekten erzielt zwar insgesamt auch hohe Zustimmungswerte (79%), allerdings erhält diese Frage im Durchschnitt die geringste Zustimmung in diesem Themenfeld. Diese Einschätzung zeigt sich auch darin,

dass der Anteil der Unternehmen, die eine negative Einschätzung zu diesem Aspekt haben, mit 9% am höchsten ausfällt. Dies kann als Indikator verstanden werden, dass noch nicht alle Unternehmen, die prinzipiell Einsatzpotenziale der Technologie im Nachhaltigkeitsmanagement sehen, auch tatsächlich Blockchain-Lösungen zur Finanzierung von nachhaltigen Investitionen in Betracht ziehen. Ein Grund hierfür kann darin liegen, dass im Finanzierungsbereich die regulativen Vorschriften für die Unternehmen steigen, wodurch hier stärkere Hemmnisse für die Integration von Blockchain-Lösungen erwachsen können als beim Einsatz als Nachhaltigkeitsnachweis.

4.3 Selbsteinschätzung der nachhaltigen Leistungsfähigkeit der Unternehmen mit Zusammenhangsanalyse zu den Einsatzfeldern der Blockchain-Technologie

Nachdem im vorangegangenen Kapitel 4.2 die Einschätzungen der Potenziale der Blockchain-Technologie durch die befragten Unternehmen in den Bereichen Emissionsmanagement, Energiemanagement und des Nachhaltigkeits- und Transparenzmanagements deskriptiv vorgestellt wurden, wird im nun folgenden Kapitel 4.3.1 zunächst die Selbsteinschätzung

der nachhaltigen Leistungsfähigkeit der Unternehmen deskriptiv beschrieben, wobei hierzu auf die ökologische Dimension der Nachhaltigkeit fokussiert wird. Mit dieser Betrachtung wird die Grundlage geschaffen, um in Kapitel 4.3.2 anhand des gewählten Strukturgleichungsmodells zu prüfen, wie die in Kapitel 4.2 beschriebenen drei Einsatzfelder der Blockchain-Technologie zu einer Stärkung des Klimaschutzes und der Umsetzung der Energiewende durch die Stärkung der nachhaltigen Leistungsfähigkeit der Unternehmen beitragen können.

4.3.1 Selbsteinschätzung der nachhaltigen Leistungsfähigkeit der Unternehmen

Eine Messung der nachhaltigen Leistungsfähigkeit der Unternehmen soll Auskunft darüber geben, inwiefern ökonomische und ökologische Nachhaltigkeit im Betrieb im Einklang stehen. Damit wird erfasst, in welchem Ausmaß die Unternehmen im Rahmen der Selbstoptimierung des Unternehmens auch ökologische Aspekte ins Kalkül nehmen. Es geht hier also nicht in erster Linie um altruistisches Verhalten der Unternehmen zugunsten der Umwelt, sondern darum, inwiefern ökologische Aspekte, die sich zugleich

positiv auf das Betriebsergebnis auswirken können, auch im strategischen Kalkül der Unternehmen Beachtung finden, als möglicher Gleichklang von ökologischer und ökonomischer Nachhaltigkeit. Im Rahmen der Umfrage sollten die Befragten hierzu für bestimmte Entscheidungsgrößen bewerten, inwiefern diese in ihren Unternehmen bei der Evaluation von Geschäftspraktiken Berücksichtigung finden. Dabei handelt es sich um Entscheidungsgrößen, die sich positiv auf die ökologische und ökonomische Nachhaltigkeit auswirken können.

Die in Abb. 9 illustrierten Ergebnisse zeigen, dass insbesondere die Kapazitätsauslastung als Entscheidungsgröße bei den Unternehmen hohe Berücksichtigung genießt. Knapp die Hälfte der Unternehmen stimmen hier voll und ganz zu. Bei nur 3% der Unternehmen findet die Kapazitätsauslastung als Entscheidungsgröße keine Berücksichtigung.

Ebenfalls hohe Bedeutung erfährt die effizientere Nutzung bzw. die Einsparung von Ressourcen als Entscheidungsgröße in den befragten Unternehmen. Über 80% der befragten Organisationen berücksichtigen dies zu einem hohen oder einem gewissen

Nachhaltige Leistungsfähigkeit der Unternehmen

Bei der Auswahl neuer und Überprüfung bestehender Geschäftspraktiken beachtet unser Unternehmen als Entscheidungsgrößen...

■ trifft voll und ganz zu
■ trifft eher zu
□ neutral
■ trifft weniger zu
■ trifft gar nicht zu

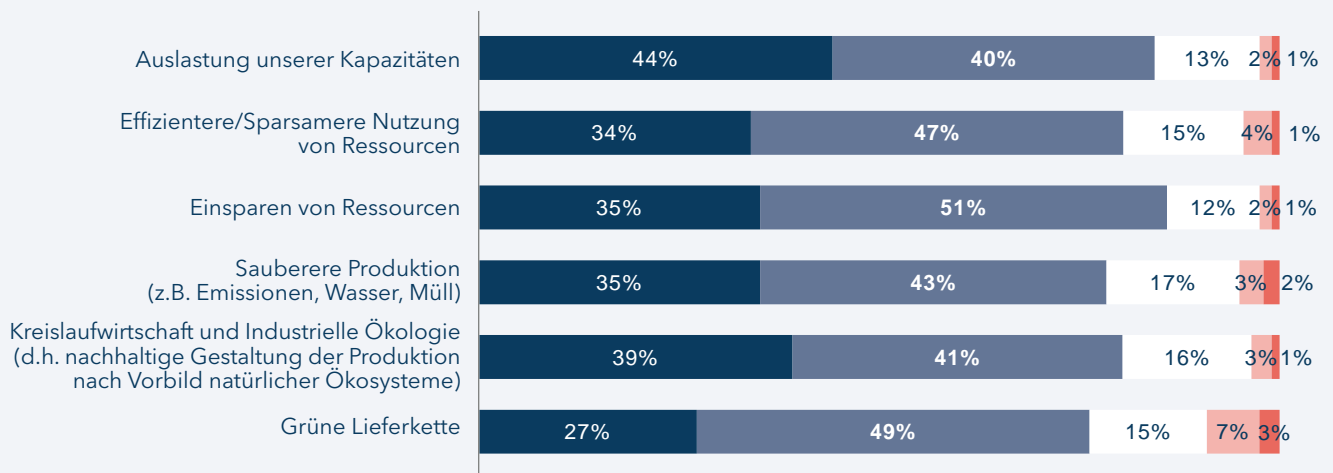


Abbildung 9: Selbsteinschätzung der nachhaltigen Leistungsfähigkeit durch die Unternehmen (n=200)

Grad bei der Evaluierung von Geschäftsprozessen. Ähnlich wie schon bei der Kapazitätsauslastung liegt hier der Mehrwert für die Unternehmen auf der Hand: Ökonomische Anreize im Sinne eines Gewinnoptimierungskalküls unterstützen dieses Verhalten. Während eine höhere Auslastung die schnellere Amortisierung von Investitionen ermöglicht, kann Ressourceneffizienz über einen geringeren Ressourceneinsatz zu geringeren Stückkosten beitragen.

Unter allen abgefragten Entscheidungsgrößen findet der ökologische Fußabdruck von Vorprodukten und vorgelagerten Dienstleistungen (Stichwort „grüne Lieferkette“) gegenwärtig am wenigsten Berücksichtigung unter den befragten Unternehmen. Nur ein gutes Viertel der Unternehmen stimmt voll und ganz zu, dass die Aspekte der grünen Lieferkette entscheidungsrelevante Variablen bei der Evaluation von Geschäftspraktiken seien. Immerhin 49% der Unternehmen attestieren dem Konzept der grünen Lieferkette jedoch eine immerhin schwächere Entscheidungsrelevanz. Für 10% der Unternehmen spielt der ökologische Fußabdruck von bezogenen Produkten und Dienstleistungen keine oder nur eine sehr untergeordnete Rolle. Ein Erklärungsansatz für die geringere Beachtung der grünen Lieferkette im Vergleich zu den anderen abgefragten Entscheidungsgrößen kann sein, dass es hier vom jeweiligen Geschäftsmodell des Unternehmens abhängt, ob die ökologische und ökonomische Nachhaltigkeit im Einklang zu bringen sind. Ist der Nachweis der Nachhaltigkeit von Produkten oder Prozessen für das Geschäftsmodell wichtig, ist der Einklang tendenziell gegeben. Spielt der Nachweis keine oder eine untergeordnete Rolle, trägt dieser nicht zur Wertgenerierung für das Unternehmen bei und wird so zu einem Kostenfaktor ohne direkte Kompensation für das Unternehmen. Dies weist auf die mögliche Relevanz von Maßnahmen des Gesetzgebers mit Lenkungswirkung hin: Sollen die Ziele des Klimaschutzes und der Energiewende erreicht werden, ist es essentiell, dass die Anreize bei den Unternehmen so akzentuiert werden, dass ökologische und ökonomische Nachhaltigkeit für die Unternehmen keinen Trade-off darstellen, sondern im Einklang stehen können. Mit dem zu Jahresbeginn 2023 in Kraft getretenen Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz (LkSG) ist der Gesetzgeber im Bereich der Lieferketten bereits tätig geworden. Der Fokus liegt hier

allerdings insbesondere auf der sozialen Dimension der Nachhaltigkeit, indem Unternehmen ab 3000 Beschäftigten (ab 2024: ab 1000 Beschäftigten) menschenrechtliche Sorgfaltspflichten auferlegt werden.

4.3.2 Wirkung der Einsatzfelder der Blockchain-Technologie auf die nachhaltige Leistungsfähigkeit der Unternehmen

Im vorliegenden Unterkapitel werden auf der Grundlage eines Strukturgleichungsmodells die deskriptiven Ergebnisse zur Einschätzung der Potenziale der Blockchain-Technologie in den drei Einsatzfeldern Emissionsmanagement, Energiemanagement und Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement (Kapitel 4.2) in Beziehung zu den deskriptiven Ergebnissen der Selbsteinschätzung der nachhaltigen Leistungsfähigkeit (Kapitel 4.3.1) gesetzt. Das gewählte Auswertungsdesign erlaubt es, statistisch belastbare Aussagen darüber abzuleiten, welche Zusammenhänge zwischen den drei definierten Einsatzfeldern der Blockchain-Technologie und der nachhaltigen Leistungsfähigkeit der Unternehmen bestehen. Auf Basis eingehender Korrelationsanalysen können für die jeweiligen Einsatzfelder (Emissionsmanagement, Energiemanagement, Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement) Zusammenhänge gezielt herausgestellt und diskutiert werden, die auf einen besonders hohen oder aber auch niedrigen Wirkungsgrad auf die nachhaltige Leistungsfähigkeit der Unternehmen schließen lassen.

Für das zugrundeliegende Strukturmodell werden die Fragen zu den einzelnen Einsatzfeldern in Blöcken (Konstrukten) zusammengefasst. Die so entstehenden drei Konstrukte bilden folglich die aggregierte Metaebene der einzelnen Fragen im Themenblock. Ebenso werden die Fragen zur nachhaltigen Leistungsfähigkeit zu einem Konstrukt zusammengefasst. Die drei Konstrukte zu den möglichen Einsatzfeldern werden dabei mit dem Konstrukt zur nachhaltigen Leistungsfähigkeit statistisch in Beziehung gesetzt. Wie in Abb. 10 erkennbar, wird dabei die Wirkrichtung von den Konstrukten der Einsatzfelder der Blockchain-Technologie zum Zwecke des Klimaschutzes und der Energiewende auf die nachhaltige Leistungsfähigkeit der Unternehmen unterstellt. Die Grundlage für diese theoretisch motivierte Annahme ist, dass es

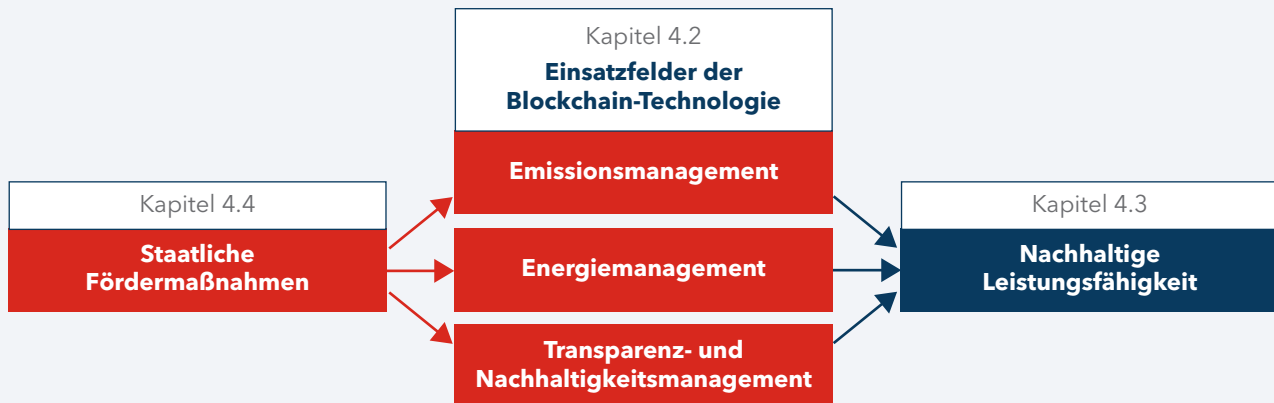


Abbildung 10: Wirkung der Einsatzfelder der Blockchain-Technologie auf die nachhaltige Leistungsfähigkeit der Unternehmen

plausibel ist, dass sich die Potenziale, die die Blockchain-Technologie im Bereich Klimaschutz und Energiewende bietet, auf die nachhaltige Leistungsfähigkeit der Unternehmen auswirken, sobald diese realisiert werden. Es wird getestet, inwieweit ein verstärkter Blockchain-Einsatz in den drei Feldern zu einem höheren Nachhaltigkeitsbeitrag der Unternehmen führen könnte. Die gemessenen Wirkungen sind hypothetischer Natur, da die Unternehmen den *möglichen* Einsatz von Blockchain in den jeweiligen Feldern evaluierten. Aufgrund der noch frühen Implementierungsphase der Blockchain-Technologie ist die Darstellung des möglichen Einsatzes, also der Einsatzpotenziale, im Rahmen einer statistischen Abschätzung dem tatsächlichen Einsatz vorzuziehen. Die Messung nur unter Unternehmen mit tatsächlichem Einsatz in den drei Feldern hätte aufgrund der frühen Implementierungsphase der Technologie keine statistisch tragfähigen Rückschlüsse erlaubt.

Die umgekehrte Wirkrichtung, also die Wirkung der nachhaltigen Leistungsfähigkeit der Unternehmen auf den möglichen Technologieeinsatz, ist hingegen wenig plausibel: Nachhaltige Leistungsfähigkeit ist als Ergebnis entsprechender Handlungen und Maßnahmen der Unternehmen zu verstehen, wie etwa des wirkungsvollen Einsatzes von Blockchain in den drei skizzierten Managementbereichen.

Wie die in Abb.11 dargestellten Ergebnisse der statistischen Auswertung des Unternehmenssamples zeigen, bestehen auf Konstruktebene statistisch signifikante positive Wirkungen des Einsatzes der Blockchain-Technologie auf die nachhaltige Leistungsfähigkeit der Unternehmen. Der potentiell positivste Einfluss auf die nachhaltige Leistungsfähigkeit der Unternehmen geht dabei vom Einsatz der Blockchain im Energiemanagement aus (Korrelationskoeffizient: + 0.416).

| | Emissionsmanagement | Energiemanagement | Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement |
|--------------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------------------------|
| Nachhaltige Leistungsfähigkeit | + 0.403 $p < 0.001$ | + 0.416 $p < 0.001$ | + 0.342 $p < 0.001$ |

Abbildung 11: Korrelationen zwischen den drei Einsatzfeldern der Blockchain-Technologie und die nachhaltige Leistungsfähigkeit der Unternehmen (Konstruktebene)

Eine klar positive Wirkung auf die nachhaltige Leistungsfähigkeit der Unternehmen zeigt ebenfalls das blockchainbasierte Emissionsmanagement (+ 0.403). Eine etwas geringere positive Wirkung ergibt sich für das blockchainbasierte Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement. Mit einem Korrelationskoeffizienten von +0.342 liegt der Zusammenhang im nennenswert mittleren Bereich. Eine Erklärungsansatz kann hierfür sein, dass das Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement, wie in Kapitel 3.3 erläutert, eher mittelbar auf die ökologischen Ziele einzahlt, während das Energie- und Emissionsmanagement direktere Wirkungen zeigen.

Nach diesem aggregierten Blick auf Konstruktebene wird im Folgenden unter Rückgriff auf etabliertes Vorgehen in Korrelationsanalysen⁸⁰ ein detaillierterer Blick in die einzelnen Konstrukte des Emissions-, Energie- sowie des Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagements und deren möglicher Wirkung auf die nachhaltige Leistungsfähigkeit der Unternehmen geworfen. Dabei wird auf auffällige Korrelationen einzelner Fragen aus den Konstrukten zu den drei Einsatzfeldern mit Fragen zum Konstrukt der nachhaltigen Leistungsfähigkeit eingegangen. Es kann sich sowohl um auffällig hohe als auch um auffällig schwache Korrelationen handeln.

Mögliche Wirksamkeit von blockchainbasiertem Emissionsmanagement auf die nachhaltige Leistungsfähigkeit von Unternehmen

Die Korrelationsanalyse zeigt, dass die größte Wirkung der abgefragten Items im Bereich des Emissionsmanagements auf die nachhaltige Leistungsfähigkeit der Unternehmen von der blockchainbasierten Nachverfolgung und dem entsprechenden Reporting der Treibhausgasemissionen ausgeht. Dies kann daraus abgeleitet werden, dass die Einschätzung der Unternehmen zu diesen Items durchgängig positiv mit der entsprechenden Einschätzung sämtlich abgefragter Items der nachhaltigen Leistungsfähigkeit korreliert. Besonders stark wirken sich die blockchainbasierten Aktivitäten im Bereich der Treibhausgasemissionen auf die Realisierung einer saubereren Produktion, der Etablierung einer Kreislaufwirtschaft

sowie auf die Realisierung der grünen Lieferkette aus. Damit bestätigt das Unternehmenssample, dass das blockchainbasierte Management von Treibhausgasemissionen ein wichtiges Fundament zur Umsetzung des European Green Deals sowie zur Etablierung einer europäischen Kreislaufwirtschaft bilden kann.

Mögliche Wirksamkeit von blockchainbasiertem Energiemanagement auf die nachhaltige Leistungsfähigkeit von Unternehmen

Durch einen Blick auf die einzelnen Items des Konstrukts „Energiemanagement“ lässt sich die angeführte aggregierte Wirkung dieses Konstrukts auf die ökologische Nachhaltigkeitsleistung spezifizieren. Im Hinblick auf die in Kapitel 3.2 definierten Ziele der Energiewende lässt sich erkennen, dass das blockchainbasierte Energiemanagement vor allem einen nachhaltigen Energieverbrauch bewirkt. Hieraus kann geschlussfolgert werden, dass blockchainbasiertes Energiemanagement Anreize setzt, verstärkt auf grüne Energiequellen zu setzen. Hierdurch trägt der Einsatz von Blockchain mindestens mittelbar auf das Teilziel der Energiewende, der Erhöhung der Erzeugung von nachhaltiger Energie, bei.

Eine geringe Wirksamkeit ist im Hinblick auf das Einsparen von Ressourcen, was auch die Dimension der Energie umfasst, zu erkennen. Mit diesem Item aus dem Bereich der nachhaltigen Leistungsfähigkeit korrelieren die Items des Energiemanagement nur in einem vergleichsweise niedrigen Ausmaß. Daraus kann gefolgert werden, dass die Blockchain-Technologie zwar einen Beitrag zum Teilziel der Steigerung der nachhaltigen Energieproduktion leisten kann, jedoch nicht unmittelbar zum Teilziel der Reduktion des Energieverbrauchs beitragen kann.

Mögliche Wirksamkeit von blockchainbasiertem Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement auf die nachhaltige Leistungsfähigkeit von Unternehmen

Wie bereits obenstehend erwähnt, weist auf aggregierter Ebene das Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement im Vergleich zum Emissions- und Energiemanagement die geringste positive Wirkung auf die nachhaltige Leistungsfähigkeit der Unternehmen

⁸⁰ Im Anhang sind die Korrelationstabellen (A1 – A3), die der folgenden Analyse zugrunde liegen, zu finden.

auf. Betrachtet man die Ergebnisse der einzelnen Items innerhalb der Konstrukte detaillierter, dann zeigt sich, dass vor allem mit Blick auf den Ressourcenverbrauch und die Kapazitätsauslastung in den Unternehmen nur geringe positive Effekte des blockchainbasierten Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagements zu verzeichnen sind. Dem gegenüber stehen jedoch verhältnismäßig starke positive Effekte auf die Implementierung einer Kreislaufwirtschaft und des Konzepts der grünen Lieferkette. Diese Erkenntnisse bestärken den Eindruck, dass vom blockchainbasierten Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement ein eher mittelbarer Effekt auf das ökologisch nachhaltige Wirtschaften der Unternehmen ausgeht. Das blockchainbasierte Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement dient in erster Linie dazu, Informationsasymmetrien über den ökologischen Fußabdruck von Prozessen und Produkten abzubauen. Damit wird Blockchain ein wichtiges Instrument bei der Umsetzung der grünen Lieferkette und der Kreislaufwirtschaft. Das Bewusstsein für Nachhaltigkeitsaspekte wird auf diesem Weg gestärkt, wodurch der Druck bei den Unternehmen für ökologisch nachhaltigeres Wirtschaften steigt (mittelbare Wirkungsweise).

4.4 Einschätzung öffentlicher Fördermaßnahmen und Ordnungsanreize mit Zusammenhangsanalyse zu den Einsatzfeldern der Blockchain-Technologie

Die Einschätzung der Potenziale der Blockchain-Technologie zum Zwecke des Klimaschutzes und der Energiewende (Kapitel 4.2) sowie die Analyse deren positiver Wirkung auf die nachhaltige Leistungsfähigkeit der Unternehmen (Kapitel 4.3) durch die befragten Unternehmen in Kapitel 4.2 haben gezeigt, dass der Einsatz von Blockchain-Technologie ein bedeutsamer Faktor sein kann, um die definierten Ziele des Klimaschutzes und der Energiewende⁸¹ zu erreichen. Um diese Potenziale zu realisieren, nähern wir uns im Folgenden der Frage, wie die Diffusion von Blockchain-Lösungen zum Emissions-, Energie- sowie Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement in die Breite der Wirtschaft gefördert werden kann.

⁸¹ Für die auf politischer Ebene formulierten Klimaschutz- und Energiewendeziele siehe Kapitel 2.

Eignung öffentlicher Fördermaßnahmen und Ordnungsanreize

Unser Unternehmen würde folgende Maßnahmen willkommen heißen...

■ trifft voll und ganz zu
 ■ trifft eher zu
 □ neutral
 ■ trifft weniger zu
 ■ trifft gar nicht zu

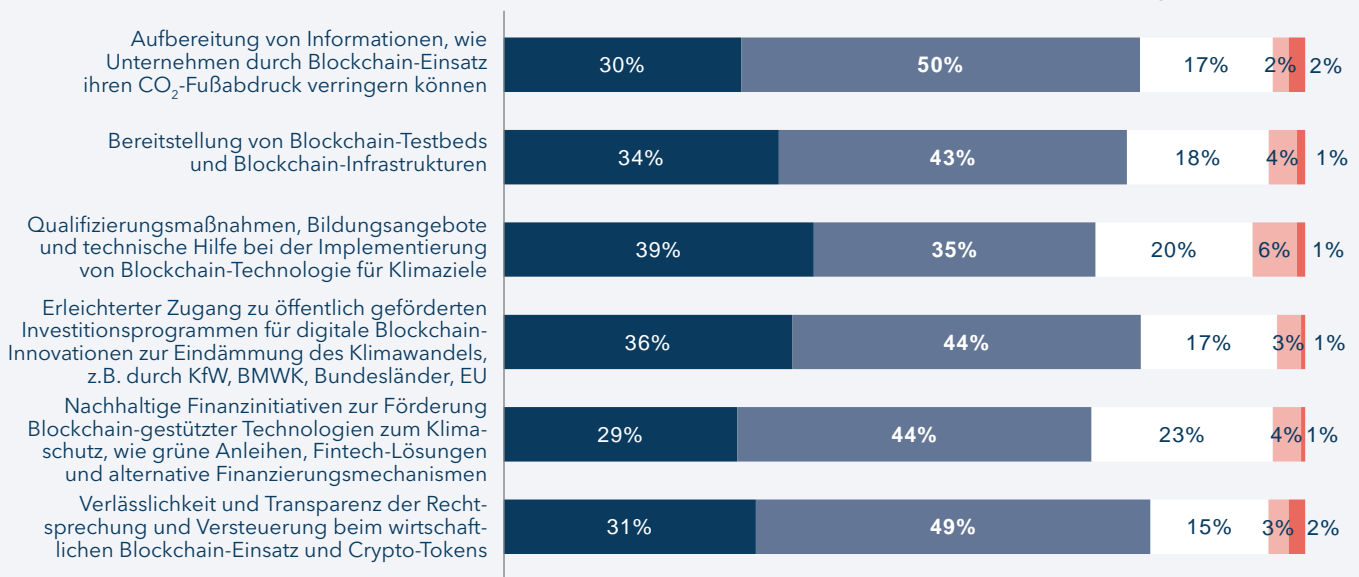


Abbildung 12: Einschätzung von öffentlichen Fördermaßnahmen durch die Unternehmen (n = 200)

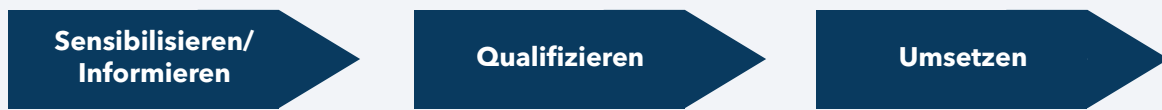


Abbildung 13: Befähigungskette der Unternehmen zur Implementierung von technologischen Innovationen (eigene Darstellung in Anlehnung an Märkel et al. (2022))

4.4.1 Einschätzung der Eignung öffentlicher Fördermaßnahmen und Ordnungsanreize zur stärkeren Verbreitung blockchainbasierter Lösungen zum Zwecke des Klimaschutzes und der Energiewende

Die befragten Führungskräfte wurden gebeten, die Eignung einer Auswahl an möglichen öffentlichen Maßnahmen und Ordnungsanreizen zum Zwecke der Stärkung des Klimaschutzes und der Energiewende einzuschätzen (Kapitel 4.4.1). Die Ergebnisse sind in Abb. 12 illustriert.

Es zeigt sich, dass Unterstützungsmaßnahmen von den Unternehmen auf allen Stufen der Blockchain-Implementierung bzw. des Assimilierungsgrades⁸² als sinnvoll erachtet werden. So erachten 80% der befragten Unternehmen eine stärkere öffentliche Aufbereitung von Informationen über die Potenziale der Blockchain-Technologie zur Steigerung der nachhaltigen Leistungsfähigkeit als hilfreich. Diese Maßnahme setzt bereits bei der **Sensibilisierung**, also zu Beginn der Befähigungskette der Unternehmen an.

Es treffen Maßnahmen aus dem Bereich der **Qualifizierung** auf fast ebenso breite Zustimmung: Knapp drei von vier Befragten (74%) halten Fortbildungsangebote für Beschäftigte sowie technische Unterstützung für sinnvoll. Vier von fünf Befragten (80%) sprechen sich zudem für Investitionszuschüsse für blockchainbasierte grüne Lösungen aus. Da Investitionszuschussprogramme der Stufe „**Umsetzung**“ der Befähigungskette zugeordnet werden können, kann geschlussfolgert werden, dass auf allen Stufen der Befähigungskette Maßnahmen als wirkungsvoll erachtet werden.

Neben Maßnahmen zur direkten Befähigung der einzelnen Unternehmen werden durch die Befragten auch **ordnungspolitische Maßnahmen** begrüßt. 80% der befragten Führungskräfte sprechen sich dafür aus, im Rechtsrahmen für mehr Klarheit zum Einsatz von Blockchain-Lösungen zu schaffen. Unsicherheiten bestehen beispielsweise mit Blick auf die Besteuerung von Tokens.⁸³ Ebenso unterstützen 73% der Befragten, in der Finanzmarktordnung Voraussetzungen zu schaffen, die **blockchainbasierte Finanzierungsformen** von nachhaltigen Investitionen bzw. tokenbasierten grünen Geschäftsmodellen zu erleichtern.

77% der Befragten halten zudem die Einrichtung von Testumgebungen und die **öffentliche Bereitstellung von Blockchain-Infrastrukturen** für sinnvoll, auf die die Unternehmen mit ihren Lösungen aufsetzen können. Ausgangsbasis könnte hierfür bspw. die European Blockchain Services Infrastructure (EBSI) sein, die sich bisher allerdings auf Public Services fokussiert hat und sich für die umrissenen Zwecke im unternehmerischen Einsatz stärker für B2B-Anwendungen öffnen müsste.

Die durchgängig hohe Zustimmung zu allen abgefragten möglichen öffentlichen Unterstützungsmaßnahmen unterstreicht, dass unter den befragten Unternehmen großer Bedarf gesehen wird, von staatlicher Seite aktiv zu werden, um die Diffusion von Blockchain-Lösungen im Emissions-, Energie- sowie Nachhaltigkeits- und Transparenzmanagement zu erleichtern und auszuweiten.

⁸² Zum Assimilierungsgrad der Blockchain-Implementierung siehe Kapitel 4.1.

⁸³ Siehe hierzu auch Diskussion in Kapitel 5.1.

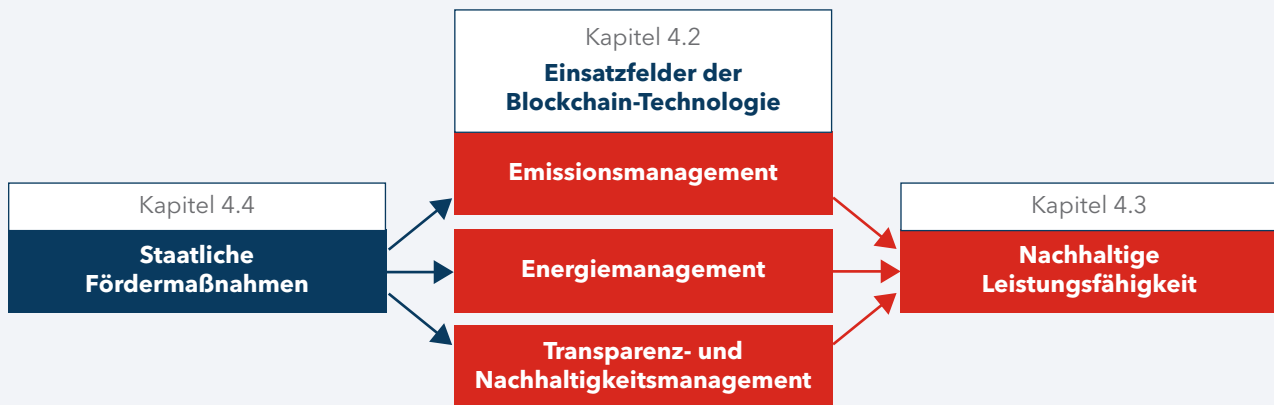


Abbildung 14: Zusammenhang zwischen der Einschätzung der staatlichen Fördermaßnahmen sowie der Einsatzpotenziale der Blockchain-Technologie

4.4.2 Der Zusammenhang zwischen der Einschätzung öffentlicher Fördermaßnahmen und der Einschätzung der Einsatzfelder der Blockchain-Technologie

Ziel des nachfolgenden Kapitels ist es, Zusammenhänge zwischen der im vorangegangenen Unterkapitel präsentierten Einschätzung der möglichen öffentlichen Maßnahmen und der Einschätzung der in Kapitel 4.2 definierten Einsatzfelder der Blockchain-Technologie aufzuzeigen. Um zu detaillierteren Aussagen zu gelangen, werden im Rahmen eines Strukturgleichungsmodells sowie einer Analyse auf Itemebene die deskriptiven Ergebnisse zum Emissions-, Energie sowie Nachhaltigkeits- und Transparenzmanagement in Beziehung zu den deskriptiven Ergebnissen zu den möglichen öffentlichen Maßnahmen gesetzt. Das so gewählte Auswertungsdesign erlaubt es, auf der Basis eingehender Korrelationsanalysen statistisch belastbare Aussagen zu den Zusammenhängen zu treffen. Das Vorgehen ist dabei analog zur Analyse des Zusammenhangs zwischen den drei Einsatzfeldern der Blockchain-Technologie und der nachhaltigen Leistungsfähigkeit in Kapitel 4.3.2 zu verstehen. Da die gewählten statistischen Methoden, wie bereits erwähnt, keine abgesicherten Aussagen über die Kausalität zulassen, sind wie in Kapitel 4.4 die dargelegten Wirkrichtungen theoretisch motiviert: Die Auswertung der Angaben der Unternehmen schätzt die dargelegten Effekte der Fördermaßnahmen auf die drei Einsatzfelder statistisch bestmöglich ab. Dabei

wird getestet, inwieweit mögliche Fördermaßnahmen den Blockchain-Einsatz in den drei Managementfeldern anregen könnten. Anhand dieses Vorgehens lassen sich auf Basis der Korrelationskoeffizienten deutbare Erkenntnisse aus den Einschätzungen ableiten.

Zusammenhänge auf aggregierter Ebene (Konstruktebene)

Für die Analyse werden, analog zum Vorgehen in Kapitel 4.4, die abgefragten möglichen öffentlichen Maßnahmen zunächst zu einem inhaltlichen Block („Konstrukt“) zusammengefasst und dann mit den Konstrukten des Emissions-, Energie- sowie des Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagements in Beziehung gesetzt. Die Ergebnisse dieser statistischen Zusammenhanganalyse auf der Konstruktebene, also einer aggregierten Metaebene, ist in Abb. 14 dargestellt. Dieser ist zu entnehmen, dass zwischen der Einschätzung der öffentlichen Maßnahmen und der jeweiligen Einschätzung der Potenziale der Blockchain-Technologie im Emissions-, Energie- sowie Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement ein jeweils positiver Zusammenhang besteht, der statistisch hoch signifikant ist. Dies bedeutet, dass in der Tendenz diejenigen befragten Unternehmen, die von der Notwendigkeit staatlicher Maßnahmen zur Förderung der Diffusion von Blockchain-Lösungen im Bereich der Nachhaltigkeit überzeugt sind, auch den jeweiligen Einsatzfeldern ein hohes Potenzial attestiert haben. Bemerkenswert ist, dass dieser Zusammenhang mit einem Koeffizienten

von über +0.5 besonders zwischen dem Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement und der Einschätzung der öffentlichen Fördermaßnahmen hervorsticht. In Kapitel 4.3 war jedoch festgestellt worden, dass der aufgezeigte Zusammenhang zwischen Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement von den drei Einsatzfeldern am geringsten ausfällt. Dies kann als weiteres Indiz dafür interpretiert werden, dass mit Blick auf die Blockchain-Lösungen im Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement die ökologische und ökonomische Nachhaltigkeit aus der Sicht der Unternehmen nicht immer verträglich sind. Anders ausgedrückt kann man sagen, dass in diesem Bereich individuell rationales Verhalten auf Geschäftsebene und wünschenswertes volkswirtschaftliches bzw. gesellschaftliches Ergebnis nicht in Einklang stehen und auseinanderfallen. Sollen die Potenziale, die im blockchainbasierten Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement zum Erreichen der Nachhaltigkeitsziele bestehen, realisiert werden, deutet der starke positive Zusammenhang (+0.512) darauf hin, dass die Unternehmen hier den Staat stärker in der Pflicht sehen, über öffentliche Maßnahmen und die damit verbundene Anreizsetzung für jenen Einklang von ökologischer und ökonomischer Nachhaltigkeit auf diesem Gebiet zu sorgen.

Zusammenhänge auf Ebene der einzelnen öffentlichen Maßnahmen mit den potenziellen Einsatzfeldern der Blockchain-Technologie (Item-Ebene)

Nach dem aggregierten Blick auf Konstruktebene wird im Folgenden unter Rückgriff auf etabliertes Vorgehen in Korrelationsanalysen⁸⁴ ein detaillierterer Blick auf den Zusammenhang der Einschätzung einzelner

⁸⁴ Im Anhang sind die Korrelationstabellen (A4-A6), die der folgenden Analyse zugrunde liegen, zu finden.

öffentlicher Maßnahmen durch die Befragten mit deren Einschätzung der Potenziale des Blockchain-Einsatzes im Emissions-, Energie- sowie Nachhaltigkeits- und Transparenzmanagement geworfen.

Hierbei ist auffällig, dass über die Einschätzung zum potenziellen Einsatz in allen drei Managementbereichen hinweg nur ein verhältnismäßig schwacher positiver Zusammenhang mit der Einschätzung zur Notwendigkeit von **Anpassungen im Rechtsrahmen** zu erkennen ist. Diejenigen Befragten, die die Potenziale der Blockchain-Technologie in den jeweiligen Einsatzfeldern hoch einschätzen, sehen folglich beim Rechtsrahmen in der Tendenz weniger staatlichen Handlungsbedarf als in Bezug auf andere öffentliche Maßnahmen. Ein möglicher Erklärungsansatz hierfür ist, dass die befragten Führungskräfte, die von den Potenzialen überzeugt sind, die Implementierung der Blockchain-Lösungen auch im bestehenden Rechtsrahmen bereits für möglich halten.⁸⁵ Ein anderer Erklärungsansatz ist, dass den Befragten etwaige offene Rechtsfragen bzw. -lücken ggf. nicht bewusst sind. Ferner wurden in der Vergangenheit zahlreiche umweltbezogene und vormals ordnungsrechtliche Pflichten auf die Unternehmen übertragen (d.h. privatisiert), so dass neue Anforderungen an die Unternehmen entstanden sind (z.B. mit Blick auf die Kreislaufwirtschaft, Etablierung eines Umweltmanagement, Öko-Audit, Emissionshandel usw.), deren Umsetzung die Unternehmen schon gut gemeistert haben. In der Stichprobe sind zudem überwiegend größere Unternehmen vertreten, welche entsprechende Kapazitäten in den Rechtsabteilungen mitbringen dürften, den aus den umweltbezogenen Pflichten resultierenden Anforderungen gerecht zu werden. Dies könnte

⁸⁵ Im Anhang sind die Korrelationstabellen (A4-A6), die der folgenden Analyse zugrunde liegen, zu finden.

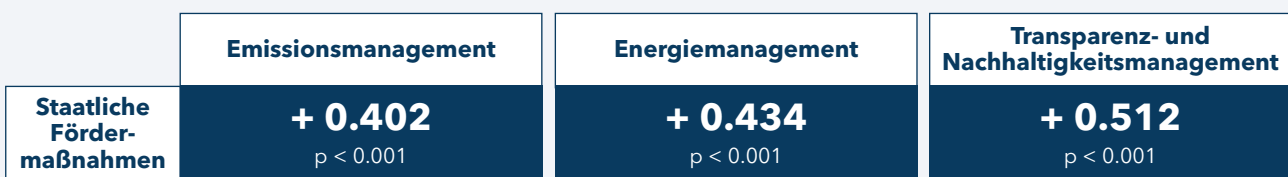


Abbildung 15: Korrelationen zwischen der Einschätzung der öffentlichen Maßnahmen und der Einschätzung der Potenziale der drei Einsatzfelder der Blockchain-Technologie auf Konstruktebene

eine zusätzliche Erklärung sein, warum sich im Sample nur ein verhältnismäßig geringer Zusammenhang mit dem Rechtsrahmen zeigt. In mittelständischen Unternehmen hingegen, mit begrenzteren Kapazitäten in Rechtsabteilungen, könnte hier ggf. eine andere Einschätzung bestehen.

Mit Blick auf die **öffentliche Bereitstellung von Blockchain-Infrastruktur** als öffentliche Maßnahme ist auffällig, dass der stärkste positive Zusammenhang hier mit der Potenzialeinschätzung des Blockchain-Einsatzes zur Umsetzung der Ziele der Energiewende (+0.420) sowie mit dem Einsatz der Blockchain-Technologie für den Handel mit Emissionsrechten für Treibhausgase besteht (+0.348). Dies kann so interpretiert werden, dass die diejenigen, die der Blockchain-Technologie hohe Potenziale im Bereich des P2P-Energiehandels sowie im Emissionshandel attestieren, eine höhere Erwartung haben, dass der Staat die hierfür notwendige Blockchain-Infrastruktur bereitstellen sollte.

Hinsichtlich der **Einrichtung bzw. Ausweitung von Investitionsprogrammen** als öffentliche Maßnahme sind die ausgeprägtesten Zusammenhänge mit der Einschätzung des Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagements als Einsatzfelder zu verzeichnen. Dies ist konsistent mit der bisherigen Analyse: Da in diesem Einsatzfeld ökologisches und ökonomisches Handeln aus der Sicht der Unternehmen am ehesten auseinanderzufallen drohen, sind hier durch den Gesetzgeber Anreize zu ökologisch nachhaltigem Handeln zu schaffen, wie bspw. über Investitionszuschussprogramme.

Ähnlich kann im Hinblick auf den Zusammenhang zwischen der Einschätzung von **Fortbildungs- bzw. Qualifizierungsmaßnahmen** als staatliche Handlungsoption und den potenziellen Einsatzfeldern argumentiert werden. Auch hier besteht der stärkste positive Zusammenhang mit dem Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement: Befragte, die diesem Einsatzfeld große Potenziale attestieren, sehen tendenziell eine stärkere Notwendigkeit von Fortbildungsmaßnahmen in den Unternehmen. Dies kann so verstanden werden, dass die Vorteile, die für die Unternehmen im Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement nicht so intuitiv ersichtlich bzw. einfach

umzusetzen sind wie in den anderen beiden Einsatzfeldern (wie bspw. zur Energie- bzw. Ressourceneffizienz). Im Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement geht es im Vergleich zu den anderen beiden Einsatzfeldern weniger um die Veränderung von Prozessen, sondern mehr um die Anpassung des Geschäftsmodells in Richtung einer Wertgenerierung durch Nachhaltigkeit. Aus diesem Grund könnten die Unternehmen hier eine stärkere Unterstützung beim Wissenstransfer als notwendig erachten.

Mit Blick auf **Anpassungen in der Finanzmarktordnung** zur Vereinfachung der Integration von Finanzströmen in Blockchain-Lösungen, sei es als alternative Finanzierungsmethode oder als tokenbasiertes Geschäftsmodell, besteht der stärkste positive Zusammenhang mit dem Einsatzfeld Energiemanagement. Dies ist wenig überraschend, da es insbesondere im P2P-Energiehandel essentiell ist, dass die Finanzströme zur automatisierten Abrechnung in die Lösungen passend integriert werden können. Dementsprechend ist es plausibel, dass die Befragten, die insbesondere diesem Bereich hohes Potenzial zuschreiben, tendenziell auch höheren Anpassungsbedarf bei der Finanzmarktordnung zum vermehrten Einsatz von Blockchain in diesem Bereich sehen.

4.5 Fazit zur Unternehmensumfrage

Die Umfrage unter 200 Führungskräften Blockchain-erfahrener deutscher Unternehmen aus energieintensiven Branchen zeigt, dass die Blockchain-Technologie nach Einschätzung der Unternehmen in allen drei identifizierten Einsatzfeldern der Blockchain-Technologie im Kontext von Klimaschutz und Energiewende, dem [1] *Emissions-*, [2] *Energie-*, sowie dem [3] *Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement* große Potenziale bietet. Dabei zahlen die Blockchain-Lösungen im Emissions- und Energiemanagement eher unmittelbar auf die Klimaschutz- und Energiewendeziele ein, während vom Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement tendenziell ein eher mittelbarer Effekt ausgeht.

Die Datenauswertung deutet darauf hin, dass die nachhaltige Leistungsfähigkeit der Unternehmen, definiert als ökonomisch rationales, ökologisches

Handeln, durch den Einsatz der Blockchain-Technologie gestärkt werden kann. Insbesondere gilt dies in den Einsatzbereichen Emissions- und Energiemanagement, da hier die Unternehmen durch Blockchain-Lösungen Effizienzgewinne sowohl bei der eigentlichen wirtschaftlichen Aktivität (bspw. im dezentralen Energiehandel) als auch beim Erfüllen regulatorischer Bestimmungen (bspw. im Zertifikatehandel) erzielen können und ökonomische und ökologische Nachhaltigkeit damit stärker im Einklang stehen. Demgegenüber lässt sich aus den Daten schließen, dass das Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement weniger eine effizientere Verwendung von Ressourcen bewirkt. Im Vordergrund steht

hier in erster Linie der Nachweis der Nachhaltigkeit von Produkten oder Prozessen („Proof of Green“). Setzt das Unternehmen in seinem Geschäftsmodell nicht auf Wertgenerierung durch Nachhaltigkeit, können aus Unternehmensperspektive hier ökonomische und ökologische Nachhaltigkeit stärker auseinanderfallen. Hierzu passt, dass die Befragten den größten Bedarf an staatlichen Maßnahmen in diesem Bereich sehen. Durch den Gesetzgeber ist hier eine stärkere Anreizsetzung gefragt, um ökonomische und ökologische Nachhaltigkeit in Einklang zu bringen. Dies leitet hin zur Diskussion des Handlungsbedarfs seitens staatlicher Institutionen im folgenden Kapitel 5.

5 HANDLUNGSFELDER UND DARAUS ABGELEITETE HANDLUNGSOPTIONEN

Sowohl im theoretischen Part (Kapitel 3) als auch im empirischen Part (Kapitel 4) der vorliegenden Kurzstudie wurde deutlich, dass durch den Einsatz der Blockchain-Technologie ein essentieller Beitrag zum Erfüllen der gesetzten Ziele im Klimaschutz und bei der Energiewende geleistet werden kann. Die Ergebnisse zeigen, dass dies in allen drei identifizierten Einsatzfeldern im Kontext von Klimaschutz und Energiewende der Fall ist, das bedeutet im:

- ▶ Emissionsmanagement,
- ▶ Energiemanagement,
- ▶ Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement.

Die Resultate der Unternehmensumfrage zeigen aber auch, dass staatlicher Handlungsbedarf besteht, um die Potenziale, die aus der Blockchain-Technologie resultieren, auch im größeren Umfang realisieren zu können. In Kapitel 4.4 wird deutlich, dass sich dieser Bedarf sowohl auf den **ordnungspolitischen Rahmen** aber auch auf **anwendungsorientierte Maßnahmen** erstreckt. Diese Notwendigkeit an öffentlichen Maßnahmen kann auch daran abgelesen werden, dass erst gut 25% der im Sample vertretenen Unternehmen, die sich bereits intensiver mit Blockchain auseinandersetzen, Blockchain-Lösungen implementiert haben (siehe Blockchain-Assimilierungsgrad in Kapitel 4.1), obwohl die Potenziale der Technologie in so gut wie allen abgefragten Anwendungsszenarien in den drei Einsatzfeldern von jeweils mehr als 75% - 80% der Unternehmen gesehen werden (siehe Kapitel 4.2).

Es stellt sich daher die Frage, wie bestehende Hemmnisse zum Einsatz geeigneter blockchainbasierter Anwendungen für den Klimaschutz und die Energiewende abgebaut werden können. Hierzu wurden drei Handlungsfelder definiert, die in einem ganzjährigen onlinebasierten Workshop im Januar 2023 mit

ca. 50 Blockchain-Expertinnen und Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung diskutiert wurden und mögliche Handlungsoptionen zur Stärkung der Implementierung von Blockchain-Lösungen zum Zwecke des Klimaschutzes und der Energiewende innerhalb dieser Handlungsfelder entwickelt wurden. Die folgenden Inhalte basieren dabei auf den Ergebnissen des Workshops, ergänzt um Recherchen und Einschätzungen des mit der Durchführung des Fachdialogs Blockchain beauftragten Projektteams.

5.1 Handlungsfeld I: Verbraucher & Unternehmen sensibilisieren und unterstützen, um Anreize für blockchainbasierte Lösungen mit dem Ziel der Nachhaltigkeitssteigerung zu schaffen

Eine der größten Stärken der Blockchain-Technologie im Kontext von Klimaschutz und Energiewende stellt das vereinfachte Tracking & Tracing dar. Dies gilt für alle Einsatzfelder: Im Emissionsmanagement kann dies das Nachverfolgen und Reporting der Treibhausgasemissionen erleichtern, was sowohl für das Offsetting als auch das Insetting von Emissionen einen kritischen Faktor darstellt. Im Nachhaltigkeits- und Transparenzmanagement kann das vereinfachte Tracking & Tracing zum „Proof of Green“ beitragen, also zum Nachweis der Nachhaltigkeit von Prozessen und Produkten. Diese Eigenschaft ist auch im Energiemanagement von Relevanz beim Nachweis grüner Energie, was dort sowohl die Erzeugung als auch den Verbrauch betrifft.

Voraussetzung für die breite Verankerung solcher Lösungen in der Wirtschaft ist allerdings, dass die Verbraucher für das Thema Nachhaltigkeit stark sensibilisiert sind. Wenn der ökologische Fußabdruck eines Produkts oder einer Dienstleistung zu einem wichtigen Kaufkriterium wird, wächst am Markt der

Bedarf an nachhaltigen Produkten. In mehrstufigen Lieferketten kann der Einsatz von Blockchain-Lösungen zu Transparenzgewinnen führen und Unternehmen ein effizientes und sicheres Tool zur Erbringung des Nachhaltigkeitsnachweises an die Hand geben. Der Demand-Pull („Nachfragesog“) für nachhaltige Produkte stellt somit eine wichtige Voraussetzung für die starke Verbreitung von „Blockchain for Good“-Lösungen in der Wirtschaft dar.

Im Workshop wurde festgestellt, dass es sowohl bei privaten Verbrauchern als auch bei gewerblichen Anwendern an Wissen über potenzielle Blockchain-Lösungen mangelt. Um einen Demand-Pull zu erzeugen, ist eine Aufklärungskampagne notwendig. In diesem Zusammenhang ist es auch wichtig, dass sich öffentliche Akteure, darunter auch Bundesministerien, hinter die Blockchain-Technologie stellen und so zu mehr Vertrauen in die Technologie beitragen. Wichtig bei der Aufklärung ist die Darstellung des Nachhaltigkeitsnutzens, um das Interesse an „Blockchain for Good“ zu wecken bzw. zu stärken. Die Workshop-Teilnehmer betonten zudem die wichtige Rolle der Medien: Aufklärung entfaltet dann ihre Wirkung, wenn die Medien und deren Journalisten im Rahmen einer sachlichen Öffentlichkeitsarbeit aktiv angesprochen werden.

Ein Demand-Pull-Effekt wird keine Wirkung zeigen, wenn nicht gleichzeitig die Unternehmen die notwendigen Voraussetzungen (Wissen, digitaler Reifegrad, Investitionsmittel) zur Implementierung der Blockchain-Lösung mitbringen. Hier hat die Unternehmensumfrage gezeigt, dass sich die Unternehmen mit Blick auf die Implementierung blockchain-basierter nachhaltiger Tools über alle Stufen der Befähigungskette (Sensibilisieren / Qualifizieren / Umsetzen) hinweg Unterstützung durch staatliche Fördermaßnahmen wünschen (siehe Kapitel 4.4.1). Dies gilt für alle drei potenziellen Einsatzfelder, wobei der Unterstützungsbedarf im Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement und hier insbesondere im Sensibilisierungs- und Qualifizierungsbereich besonders ausgeprägt zu sein scheint (siehe Kapitel 4.4.2). Dies lässt darauf schließen, dass es in Bezug auf blockchainbasierte Lösungen eine **Lücke im anwendungsorientierten Wissenstransfer** gibt.

Im Workshop mit den Blockchain-Expertinnen und -Experten wurden die Ergebnisse in Bezug auf die Lücken im Wissenstransfer bestätigt. Insgesamt beschäftigen sich zu wenige Unternehmen mit den Möglichkeiten der Blockchain-Technologie. Dies beruht unter anderem auf einem zu niedrigen allgemeinen digitalen Reifegrad der Unternehmen, insbesondere im Mittelstand.

Damit sich Unternehmen für die Implementierung einer Blockchain-Lösung entscheiden, müssen sie des Weiteren von deren wirtschaftlichen Nutzen überzeugt sein, etwa zur Senkung von Transaktionskosten. Der Emissionshandel ist ein Beispiel dafür, wie Transaktionskosten durch die Vermeidung von Zwischenhändlern und zentralen Plattformen gesenkt werden können. Die Wirtschaftlichkeit kann auch erhöht werden, in dem Unternehmen fertige „Plug-and-Play-Lösungen“ zur Verfügung gestellt werden. Durch diese Fertiglösungen entfällt ein Großteil der Kosten bei der Implementierung mit kürzerem Return-on-Invest als Folge. Damit „Blockchain-for-Good-Projekte“ und Lösungen für mehr Nachhaltigkeit implementiert werden, ist dementsprechend die Erarbeitung und zur Verfügungstellung von Blockchain-Lösungen, die ohne viel Aufwand von Unternehmen implementiert werden können, essentiell. Dies gilt für den Emissionshandel und die Tokenisierung von Emissionen, für den Energiehandel, den Produktpass, die Nachverfolgung der Lieferketten, etc.

Die Workshopteilnehmer haben betont, dass bereits viele Use Cases in verschiedenen F&E-Projekten entwickelt wurden. Statt weitere grundlegende F&E-Projekte zu Konzepten für Blockchain-Lösungen zu fördern, ist es wichtig, dass die geförderten Projekte zur Marktreife geführt werden, die von Unternehmen mit wenig Aufwand übernommen werden können (Plug-and-Play-Lösungen) bzw. an denen die Unternehmen sich im Wirkbetrieb beteiligen können. Für die Implementierung von Blockchains, die in den Wirkbetrieb gehen können, müssen sich mehrere Unternehmen zusammenschließen, entweder in dem sie neue Konsortien bilden oder bereits bestehende weiterentwickeln. Hier kann zum Beispiel Unterstützung der Öffentlichen Hand bei der Vernetzung und Matchmaking von Unternehmen helfen.

Mögliche Handlungsoptionen im Handlungsfeld I: „Verbraucher & Unternehmen sensibilisieren und unterstützen, um Anreize für blockchainbasierte Lösungen mit dem Ziel der Nachhaltigkeitssteigerung zu schaffen“:

- ▶ Für die weitere Verbreitung der Blockchain-Technologie bestehen Lücken im Wissenstransfermanagement, die durch Öffentlichkeitsarbeit und Informationskampagnen geschlossen werden können. Dabei sollten der Nutzen, die Wirtschaftlichkeit und die positiven Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit im Vordergrund stehen. Wichtig ist dabei die Berücksichtigung der Befähigungskette, d.h. dass Unternehmen von der ersten Sensibilisierung für das Thema über Information und Qualifizierungsmaßnahmen bis hin zur Unterstützung bei der Umsetzung (z.B. finanzielle und operative Unterstützung) begleitet werden. Im Bereich Nachhaltigkeit sollen die Informationsangebote und Aufklärungsarbeit u.a. die Themen Emissionshandel, Energiemanagement, Energiehandel und Schaffung von Transparenz umfassen.
- ▶ Um die Hürden für die Implementierung von Blockchain-Lösungen zu senken, müssen die Anforderungen und der Aufwand für die Implementierung gesenkt werden, indem das Software-Ökosystem und die Standardisierung für bestimmte Anwendungen und Anwendungsfälle mit Public Blockchains vorangetrieben werden, wie dies derzeit beispielsweise bei EBSI der Fall ist. Diese Arbeiten können durch Fördermaßnahmen beschleunigt werden.
- ▶ Für die Umsetzung von Blockchain-Lösungen müssen mehrere Akteure zusammengebracht werden. Hier helfen Vernetzungsaktivitäten einschließlich Matchmaking. Eine Förderung dieser Aktivitäten ermöglicht die Initiierung neuer Konsortien und Partnerschaften zur Umsetzung von Blockchain-Lösungen für verschiedene Anwendungsfälle.
- ▶ Die Tokenisierung von Ressourcen spielt eine zentrale Rolle bei der Steigerung der Nachhaltigkeit mit Blockchain-Lösungen. Wenn die Tokenisierung standardisiert und von der Öffentlichkeit und den Gesetzgebern akzeptiert wird, wird sie

einen offizielleren Status erhalten und somit das Vertrauen der Verbraucher und gewerblichen Nutzenden gewinnen.

5.2 Handlungsfeld II: Qualitätsstandards und Rechtssicherheit sicherstellen, um Vertrauen in nachhaltige Blockchain-Lösungen zu schaffen

Wie in Kapitel 3.3 erläutert, können Blockchain-Lösungen aufgrund ihrer Transparenzeigenschaften dem sogenannten Greenwashing entgegenwirken. Sie bauen bestehende Informationsasymmetrien in der Wertschöpfungskette bzw. im Markt ab, was es den Greenwashing betreibenden Akteuren erschwert, den wahren ökologischen Fußabdruck von Produkten oder Prozessen zu verschleiern. Auf diesem Weg können Blockchain-Lösungen dazu beitragen, adversen Selektionsprozessen⁸⁶ auf Märkten vorzubeugen und damit das Fundament für einen Markt für nachhaltige Produkte stärken.

Allerdings sollte beachtet werden, dass durch Blockchain neue Quellen für Greenwashing entstehen können bzw. nicht alle bestehenden Quellen für Greenwashing per se abgebaut werden. Eine mögliche Quelle für Greenwashing im Rahmen von Blockchain-Lösungen ist Intransparenz bezüglich des Aufbaus bzw. der Governance der Lösung. So könnte Blockchain als Buzzword bzw. Label verwendet werden, ohne dass die Lösung tatsächlich als DLT-Lösung im engeren Sinne aufgebaut ist und somit auch die wesentlichen Charakteristika wie Dezentralität, Rückverfolgbarkeit und Irreversibilität nicht erfüllt.

Da es jedoch für Konsumenten nur schwer nachzuvollziehen ist, wann es sich um eine echte DLT-Lösung handelt, besteht die Gefahr der Täuschung durch die fälschliche Verwendung des Labels „Blockchain“: Es wird der Eindruck von Transparenz über den wahren ökologischen Fußabdruck eines Produkts oder Prozesses erweckt, wo in Wirklichkeit keine Transparenz herrscht.

⁸⁶ Siehe hierzu Kapitel 3.3.

Eine andere potenzielle Quelle für Greenwashing im Kontext von Blockchain sind Oracles. Oracles bilden die Schnittstelle zwischen der Blockchain und der Außenwelt. Die Oracles dienen der Verifikation externer Daten, auf deren Basis Smart Contracts Logiken in der Blockchain-Lösung exekutieren. Sind die Daten inkorrekt und werden von den Oracles nicht als falsch identifiziert, finden diese ihren Weg in die Blockchain (Garbage-in-Garbage-out-Problematik). Ähnliches gilt, wenn die Daten von schlechter Qualität sind, was beispielsweise bei ungenauen Messdaten der Fall sein kann. Zum Zwecke des Greenwashings und dem Verschleiern der schlechten Datenqualität könnten nun Blockchain-Lösungen bewusst so gestaltet werden, dass die falschen oder minderwertigen Daten, die von den Oracles nicht als solche identifiziert werden, einen nachhaltigen oder klimafreundlichen Eindruck vermitteln, obschon dies de facto nicht der Fall ist. Beispielsweise besteht eine solche Gefahr bei Angeboten zum Offsetting von Treibhausgasen: Die tatsächlich erfolgte Kompensation ist für die Nutzer nur schwer nachzuvollziehen.

Dies verdeutlicht, wie wichtig die Definition und Durchsetzung von Qualitätsstandards mit Bezug auf den Einsatz von Blockchain-Lösungen im Hinblick auf Klimaschutz und Energiewende sind. Eine Option kann darin bestehen, Zertifizierungsprogramme und Kennzeichnungssysteme für Blockchain-Lösungen einzuführen („Blockchain-TÜV“). Die Zertifizierungen sollten von unabhängigen, glaubwürdigen Dritten vergeben werden. Dabei ist zwischen dem Nachweis der Nachhaltigkeit der technischen Ausgestaltung der Blockchain-Lösung an sich (Stichwort Energieverbrauch) sowie dem Nachweis von nachhaltigen Prozessen unter dem Einsatz einer Blockchain-Lösung zu unterscheiden (Stichwort Datenqualität / Oracles). Für beide Dimensionen kommt die Entwicklung von adäquaten Zertifizierungen / Labels in Betracht. Zwingende Voraussetzung für eine solche Label-Lösung ist, dass die zertifizierenden Stellen das notwendige Know-how sowohl zum Thema Blockchain als auch zum Thema Nachhaltigkeit (bzw. Klimaschutz / Energiewende) mitbringen. Nur so kann die Transparenz und Glaubhaftigkeit der Lösung erreicht werden. Hier besteht folglich eine Verbindung zum Handlungsfeld I, da der Wissensaufbau sowohl zum Thema Blockchain als auch zum

Thema Klimaschutz/ Energiewende entscheidend ist, um eine Sensibilisierung für die Stärken und Schwächen (blockchainbasierter) Lösungen im Kontext von Klimaschutz und Energiewende zu schaffen.

Eine weitere Option zur Bekämpfung der Gefahr des Greenwashings besteht darin, die Bemühungen zur Entwicklung von (internationalen) Standards und Normen für Blockchain-Lösungen zu verstärken, insbesondere in Bereichen, die für den Einsatz der Technologie im Kontext von Klimaschutz und Energiewende von essentieller Bedeutung sind (bspw. Oracles, etc.). Dass diese Handlungsoption an Dringlichkeit gewonnen hat, zeigt sich auf daran, dass bei der ISO im November 2022 eine Arbeitsgruppe zum Thema „DLT and Carbon Markets“ ins Leben gerufen wurde (siehe hierzu auch Handlungsfeld III). Eine wichtige Rolle bei der Entwicklung von Standards kann auch Open-Source-Initiativen zukommen (wie bspw. dem Chainlink Network). Die Verbindlichkeit von Normen und Standards lässt sich maßgeblich dadurch erhöhen, dass eine Bezugnahme auf diese im allgemeinen Regulierungsrahmen erfolgt (bspw. im Lieferkettengesetz, etc.). Hierdurch kann der Gesetzgeber zum einen Mindeststandards für die Blockchain-Lösungen im Kontext von Klimaschutz und Energiewende definieren und bleibt zugleich hinreichend dynamisch, um weitere technologische Entwicklungen einzuschließen.

Ganz praktische Bedeutung erlangen die Standards zudem bei der Ausgestaltung der digitalen Identitäten von Endgeräten oder den Smart Meter, welche die Schnittstelle zwischen dem Smart Home bzw. Smart Enterprise und der Versorgungswirtschaft bilden.⁸⁷ Insbesondere bei den zunehmend automatisierten Abrechnungsmodellen verschiedener Versorger sind Nachvollziehbarkeit, Glaubwürdigkeit und Transparenz unverzichtbar, um (Verbraucher-) Vertrauen zu schaffen. Dies wird insbesondere durch die Standardisierung der „key-pairs“ ermöglicht, welche die sichere Koppelung zwischen Endgerät (bspw. Smart Meter), Blockchain und automatisiertem Bezahlssystem bilden und denen eine zentrale Rolle im

⁸⁷ Für eine ausführliche Auseinandersetzung mit dem Thema Blockchain-basierter digitaler Identitäten im Energiebereich siehe dena (2022): "Digitale Maschinen-Identitäten als Grundbaustein für ein automatisiertes Energiesystem - Aufbau eines Identitätsregisters auf Basis der Blockchain-Technologie".

Gesamtsystem zukommt. Eine standardisierte Blockchain-Lösung besitzt gegenüber den Alternativen wie zentralen Datenbank- oder Plattformlösungen den Vorteil, dass im Vergleich zu alternativen Lösungen auf Zwischenschritte bzw. Intermediäre verzichtet werden kann. Damit besteht zum einen eine geringere Fehleranfälligkeit. Zum anderen wird eine größere Flexibilität im Hinblick auf die Anpassung auf hochdynamische, flexible Märkte ermöglicht. Gerade im Zuge der Versorgungswirtschaft (Energie, Wasser), welche in den Bereich der Daseinsvorsorge fällt, muss dabei jedoch gewährleistet werden, dass Versorgungssicherheit nicht gefährdet ist und die Verantwortlichkeiten klar definiert sind (Stichwort: Kritische Infrastruktur (KRITIS)). Eine mögliche Option besteht darin, im Kontext von KRITIS durch Testbeds und Sandboxes einfache und pragmatische Strukturen bzw. Lösungen zu entwickeln, in denen das Zusammenspiel der involvierten Akteure erprobt werden kann.

Ein weiteres Hemmnis für die Implementierung von tokenbasierten Lösungen zum Zwecke des Klimaschutzes oder der Energiewende sind die bestehenden Unsicherheiten mit Blick auf die steuerliche Handhabung von Token und Kryptowährungen. Zur steuerlichen Handhabung sind zwischen 2019 und 2021 eine Reihe von divergierenden Entscheidungen ergangen, weshalb das BMF im Mai 2022 ein Schreiben an die obersten Finanzbehörden der Länder zu „Einzelfragen zur ertragsteuerrechtlichen Behandlung von virtuellen Währungen und von sonstigen Token“ versandt hat.⁸⁸ Darin wird in Anlehnung an die RL (EU) 2018/843 die Sicht der Finanzverwaltung auf die technischen Grundlagen und Begrifflichkeiten der Blockchain-basierten Technologie und deren steuerliche Behandlung in Zusammenhang mit diversen in Betracht kommenden Geschäftsvorfällen erläutert. Allerdings wird in dem Schreiben selbst mehrfach festgestellt, dass eine Einordnung von Tätigkeiten im Zusammenhang mit Einheiten einer virtuellen Währung/Token nach den **Umständen des Einzelfalls** erfolgen muss und anschließend zu entscheiden ist,

⁸⁸ Das Schreiben des Bundesfinanzministeriums aus dem Mai 2022 ist hier abrufbar: https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Downloads/BMF_Schreiben/Steuerarten/Einkommensteuer/2022-05-09-einzelfragen-zur-ertragsteuerrechtlichen-behandlung-von-virtuellen-waehrungen-und-von-sonstigen-token.html.

ob es sich um Einkünfte aus Gewerbebetrieb, nichtselbständiger Arbeit, aus Kapitalvermögen, aus privaten Veräußerungsgeschäften oder sonstige Einkünfte handelt (§§ 15 - 22 EStG). Es besteht somit noch keine Normenbestimmtheit und -klarheit. Die ertragsteuerliche Behandlung von virtuellen Währungen und sonstigen Token wird trotz der Veröffentlichung eines umfangreichen BMF-Schreibens auch weiter mit zahlreichen einzelfallbezogenen Fragen in der steuerpraktischen Anwendung verbunden sein. Mit dem nunmehr vorgelegten BMF-Schreiben können die Zweifel am Erfordernis einer für virtuelle Währungen und Token gesonderten steuergesetzlichen Regelung letztendlich nicht beseitigt werden; zahlreiche Detailfragen bleiben offen, wie bspw. die Behandlung von DAOs, NFTs, DeFi.⁸⁹ Von diesen Unsicherheiten sind daher auch die tokenbasierten Lösungen zum Zwecke des Klimaschutzes und der Energiewende betroffen, bspw. im Bereich des tokenbasierten Emissionshandels.

Da diese (steuerrechtlichen) Unsicherheiten den Einsatz von Blockchain-Lösungen im Kontext des Klimaschutzes, bspw. beim tokenbasierten Emissionshandel, hemmen können, ist es wichtig, dass der Gesetzgeber hier Klarheit schafft und sich von der Einzelfall-Praxis löst. Stattdessen sollten eindeutige Richtlinien und Vorschriften für die Besteuerung von Token festgelegt werden. Zum Aufstellen dieser steuerlichen Rahmenbedingungen sollte eine enge ressortübergreifende Abstimmung erfolgen, damit sichergestellt werden kann, dass die fiskalischen und wirtschaftspolitischen Ziele der Regelungen nicht konträr verlaufen, sondern im Einklang stehen.

Mögliche Handlungsoptionen im Handlungsfeld II: „Qualitätsstandards und Rechtssicherheit sicherstellen, um Vertrauen in nachhaltige Blockchain-Lösungen zu schaffen“:

- ▶ „Blockchain-TÜV“ als Maßnahme gegen Greenwashing: Ausstellung von Zertifizierungen bzw. Labeln durch glaubwürdige Dritte, sowohl für den technischen Aufbau der Blockchain als auch für

⁸⁹ Vgl. hierzu Knittel, ErbStB 2022, 271-279, Köster, DStZ 2022, 445 - 451 sowie Müller, BB 2022, 1687-1692.I.

den Dateninput der Blockchain (Stichwort Oracles), um Vertrauen in Lösungen zu erhöhen und somit adversen Selektionsprozessen vorzubeugen.

- ▶ Standardisierungs- und Normierungsbemühungen, insbes. bei den Oracles, vorantreiben, mit anschließender Bezugnahme auf die Standards im Regulierungsrahmen durch den Gesetzgeber.
- ▶ Bei Anwendungsszenarien im Kontext von KRITIS (bspw. Energieversorgung) ist über die Einrichtung von Sandboxes bzw. Testbeds nachzudenken, welche der Etablierung von neuen, pragmatischen Strukturen bzw. Verantwortlichkeiten zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit dienen.
- ▶ Eindeutige, anreizkompatible (steuerrechtliche) Rahmenbedingungen für Token-basierte Lösungen schaffen, um Hemmnisse für deren Einsatz, bspw. im Kontext des Emissionshandels abzubauen.

5.3 Handlungsfeld III: Supranationale Strukturen und Zusammenarbeit stärken, um die Diffusion von blockchainbasierten Anwendungen für den Klimaschutz zu fördern und zu skalieren

Dem Thema Klimaschutz ist inhärent, dass diesem auf isolierter nationaler Ebene nur bedingt begegnet werden kann.⁹⁰ Notwendig ist eine Abstimmung idealerweise auf internationaler, zumindest aber supranationaler Ebene. Nach der Formulierung der Klimaschutz- und Nachhaltigkeitsziele auf UN-Ebene im Rahmen des Pariser Klimaabkommens und der Agenda 2030,⁹¹ ist auch bei der Umsetzung von Maßnahmen zum Erreichen der Ziele die internationale Abstimmung und Koordination ein kritischer Erfolgsfaktor. Ein mögliches Einsatzfeld für die Blockchain-Technologie ergibt sich in diesem Kontext durch Artikel 6.2 des Pariser Klimaabkommens. Dieser sieht einen Marktmechanismus vor, mit dem die Nationalstaaten zum Erreichen ihrer auf nationalstaatlicher

Ebene festgelegten Reduktionsziele für den Treibhausgasausstoß international übertragbare Kompensationsleistungen anderer Nationalstaaten erwerben können, welcher auf der Ebene der Nationalstaaten die Möglichkeit des direkten zwischenstaatlichen Ausgleichs von Kompensationsleistungen vorsieht. Für diesen in Artikel 6.2 formulierten dezentralen bottom-up P2P-Ansatz für den Emissionshandel zwischen den Nationalstaaten, könnte sich eine Blockchain-Lösung anbieten, die als Layer auf der aggregierten Metaebene („ledger of ledgers“) die heterogenen Emissionshandelssysteme verknüpfen könnte. Auf diesem Weg könnte das Double-Counting-Problem adressiert werden, welches gegenwärtig im Ausgleichssystem auf Basis von Artikel 6.2 eintreten kann: Durch den fehlenden „ledger of ledgers“ besteht zurzeit die Gefahr, dass eine CO₂-Kompensationsleistung an mehrere Akteure verkauft wird. Zusätzlich könnte die Blockchain-Lösung durch eine automatisierte Abrechnung die Transaktionskosten senken.⁹²

Voraussetzung für eine solche Lösung ist allerdings, dass die nationalstaatlichen Emissionshandelssysteme und -register interoperabel sind. Dass die Relevanz der Frage nach der Standardisierung von Emissionshandelslösungen, und insbesondere von blockchainbasierten Lösungen, gestiegen ist, zeigt sich auch daran, dass die ISO TC 307 im November 2022 eine Ad-hoc Arbeitsgruppe zum Thema „DLT and Carbon Markets“ eingerichtet hat, welche das Ziel verfolgt, Empfehlungen zu Standardisierungsbemühungen in Bezug auf Blockchain und Emissionshandelssysteme zu geben. Für die sich daraus ergebenden Standardisierungs- und Normungsverfahren gilt es aus nationalstaatlicher Sicht die Interessen der deutschen Volkswirtschaft adäquat zu deren wirtschaftlichem Gewicht zu vertreten und dort der Vorreiterrolle Deutschlands mit Blick auf die ökologische Nachhaltigkeit gerecht zu werden. Sowohl die rege Teilnahme der deutschen Regulatoren als auch entsprechender Expertinnen und Experten, insbesondere aus der IT-Wirtschaft muss sichergestellt werden, um auch die langjährigen Erfahrungen, die in Deutschland seit der Verabschiedung der nationalstaatlichen Blockchain-Strategie im Jahr 2019 mit der

⁹⁰ Ähnliches gilt für die Energiewende aufgrund der interdependenten Netzinfrastrukturen über Ländergrenzen hinweg.

⁹¹ Siehe hierzu auch Kapitel 2.

⁹² Vgl. Schletz et al. (2020).

Technologie gesammelt wurden, im Hinblick auf die Themen Klimaschutz und Energiewende mit einbringen zu können.

Darüber hinaus führt die rasante Entwicklung der Blockchain-Technologie dazu, dass es in aktuellen Standardisierungsfragen zu einer großen Diskrepanz zwischen Markt- und Standardisierungsgeschwindigkeiten kommt. Eine Möglichkeit dieses Problem anzugehen besteht darin, die der Standardisierung zugrunde liegenden Evaluationszeiträume aufgrund des bestehenden Handlungsdrucks Ergebnisse im Hinblick auf den Klimaschutz und die Energiewende zu erzielen, zu verkürzen. Dies könnte bspw. durch den Rückgriff auf Fast-Track-Verfahren, wie bspw. beim DIN Spec-Verfahren erreicht werden. Darüber hinaus böte dies den Vorteil, dass auch aktuelle technische Entwicklungen im Bereich DLT möglichst flexibel berücksichtigt werden können. In diesem Zusammenhang bietet es sich auch an, eine Standardisierung sowie Regulierung von Smart Contracts bereits möglichst früh anzustoßen, da aktuelle Erfahrungen zeigen, dass die Prozesse dazu viel Zeit in Anspruch nehmen können.

Weshalb auch eine rechtliche Harmonisierung mit Blick auf die Blockchain-Technologie in der Thematik Klimaschutz und Energiewende besonders sinnvoll scheint, lässt sich anhand des Beispiels der Strommärkte erkennen. Diese sind vor allem in der EU aufgrund der engen Verflechtung der entsprechenden Netze bereits supranational organisiert. Dennoch ist mit Blick auf diesen Markt eine fehlende Tokenisierung feststellbar, welche u.a. auf eine mangelnde Harmonisierung im rechtlichen Umgang mit Token auf europäischer Ebene zurückzuführen ist, was die Realisierung der in Kapitel 3.2 beschriebenen Potenziale der Blockchain-Technologie im Energiesektor erschwert.

Eine wichtige Rolle in der Bereitstellung supranationaler Blockchain-Infrastrukturen kann der European Blockchain Services Infrastructure (EBSI) beim Ausrollen von blockchainbasierten Anwendungsszenarien zum Zwecke des Klimaschutzes und der Energiewendezukommen. Bei der EBSI haben sich 30 europäische Staaten (EU-27 sowie Norwegen, und Liechtenstein und die Ukraine mit Beobachterstatus) zusammen-

geschlossen und eine EU-weite Blockchain-Infrastruktur unter Berücksichtigung der europäischen Werte und Vorschriften aufgebaut. Das Ziel ist die Nutzung der Infrastruktur für grenzüberschreitende Dienste. EBSI könnte den grenzüberschreitenden CO₂-Zertifikatehandel erleichtern, die Durchsetzung eines erweiterten Lieferkettengesetzes ermöglichen, ergänzt um einen "Proof of Green" oder aber die "Guarantee of Origin" für grüne Energie in Form von Strom oder Wasserstoff ermöglichen. Eine stärkere Interessenvertretung Deutschlands in der Europäischen Blockchain Partnerschaft (EBP), verantwortlich für EBSI, kann dabei nicht nur den Aufbau einer deutschen Blockchainindustrie flankieren, sondern auch dem Primat gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Entwicklung unter Klimavorbehalt Ausdruck verleihen. Die EBSI wird voraussichtlich im Jahr 2023 in das European Digital Infrastructure Consortium (EDIC) übergehen, einer zentralen Instanz zur Weiterentwicklung der europäischen Digitalisierung. Das BMWK ist bereits heute in der EBP engagiert, was es auszubauen und zu akzentuieren gilt. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf eine verstärkte Beteiligung an der EBSI-Infrastruktur.

Eine weitere Option, die Bedeutung der EBSI bei der Diffusion von blockchainbasierten Anwendungen zum Zwecke des Klimaschutzes und der Energiewende zu steigern, besteht darin, eine Nutzbarkeit dieser in der Art eines Multichain-Systems auch für privatwirtschaftliche (Test-)Zwecke zu ermöglichen. Dadurch könnte zum einen die Herausforderung der Interoperabilität verschiedener Netzwerke adressiert werden, was die Schaffung supranationaler Strukturen vereinfachen könnte und zum anderen können durch die Freigabe für privatwirtschaftliche Testzwecke Bedenken von Seiten der Unternehmen in Bezug auf die Nutzung der Blockchain abgebaut werden. Darüber hinaus könnte die EBSI auch in diesem Sinne als „ledger of ledgers“ dazu genutzt werden, den zu Beginn des Kapitels erwähnten blockchainbasierten Emissionshandel zwischen Nationalstaaten im Sinne von Artikel 6.2 des Pariser Klimaabkommens zu ermöglichen.

Parallel zu den Initiativen auf europäischer Ebene und zur Sicherstellung von Interoperabilität von staatlichen und föderalen Instanzen innerhalb Deutsch-

lands einerseits, sowie zwischen Deutschen und europäischen Instanzen andererseits, ist über den Aufbau einer der EBSI angelehnten „Deutschland-Chain“ nachzudenken, wie dies bspw. bereits Länder wie Spanien mit Alastria oder Italien mit IBSI demonstrieren. Hier könnte Deutschland als Vorreiter über die bislang von der EU geplanten EBSI-Aktivitäten hinaus gehen, indem eine Art Miniatur-EBSI aufgesetzt wird, welche sich zunächst auf Deutschland mit seinen Bundesländern beschränkt. Basierend auf dieser Blockchain-Infrastruktur könnten Pilotprojekte und Anwendungsfälle für Unternehmen und Verbraucher entwickelt werden, welche zum Klimaschutz und zur Energiewende beitragen. Das BMWK könnte einen Wettbewerb ausschreiben mit dem Ziel, Klimaschutzprojekte auf dieser Deutschland-Chain zu implementieren, etwa aus der Baubranche, oder der Solar- und Windenergieindustrie. Bei Erfolg könnten diese dann europaweit als Innovationsbeitrag Made in Germany über EBSI ausgerollt werden.

Mögliche Handlungsoptionen im Handlungsfeld III: „Supranationale Strukturen und Zusammenarbeit stärken, um die Diffusion von blockchainbasierten Anwendungen für den Klimaschutz zu fördern und zu skalieren“:

- ▶ Intensivierung der Beteiligung deutscher Regulatoren und (IT-)Expertinnen und -Experten an internationalen Standardisierungsprozessen und Normungsverfahren der Blockchain-Technologie.
- ▶ Verkürzung der der Standardisierung zugrunde liegenden Evaluationszeiträume, aufgrund der rasanten Technologieentwicklung und des bestehenden Handlungsdrucks, Ergebnisse im Hinblick auf den Klimaschutz und die Energiewende zu erzielen.
- ▶ Harmonisierung von Rechtsstandards in Bezug auf Token, um dort blockchainbasierte Anwendungen für den Klimaschutz zu fördern, wo bereits supranationale Zusammenarbeit stattfindet (wie bspw. im europäischen Strommarkt).
- ▶ Einführung einer „ledger of ledgers“ zur Verknüpfung der heterogenen staatlichen Emissionshandelssysteme im Sinne von Artikel 6.2 des Pariser Klimaabkommens prüfen, bspw. basierend auf EBSI als europäische Vorreiterlösung.
- ▶ Aufbau einer „Deutschland-Chain“ im Sinne einer Miniatur-Version der EBSI als europäischer Vorreiter, auf der u.a. Pilotprojekte und Anwendungsfälle für Klimaschutz & Energiewende implementiert werden können.

6 FAZIT

Will Deutschland die selbstgesteckten Ziele für das Jahr 2030 im Klimaschutz und der Energiewende erreichen, sind innovative Ansätze erforderlich. Die „Eröffnungsbilanz Klimaschutz“ des BMWK hat gezeigt, dass die bisher getroffenen Maßnahmen und eingeschlagenen Wege nicht ausreichend waren.

Es braucht innovative Lösungen, wie die Effektivität von Maßnahmen erhöht werden kann und wie Herausforderungen, welche durch die Transition zu einer klimaneutralen Wirtschaft entstehen, wie bspw. die Organisation eines dezentralen Energiemarkts, gelöst werden können. Dies ist eine Voraussetzung dafür, dass die im European Green Deal formulierte Vision einer nachhaltigen, resilienten und wettbewerbsfähigen Wirtschaft Wirklichkeit werden kann.

Durch ihre dezentrale Architektur, der Möglichkeit zu einem verbesserten Tracking und Tracing sowie der automatisierten Abwicklung von Transaktionen hat die Blockchain-Technologie das Potenzial, zum Erreichen der Ziele im Klimaschutz sowie der Energiewende beizutragen.

Die Einsatzfelder der Technologie liegen dabei sowohl im Emissions-, im Energie- als auch im Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement. Die Auswertung der Unternehmensfrage unter 200 Führungskräften deutscher Unternehmen mit Blockchain-Erfahrung zeigt, dass die Unternehmen in allen drei Einsatzfeldern hohe Potenziale der Technologie sehen. Die Umfrage verdeutlicht, dass durch den Einsatz von Blockchain die nachhaltige Leistungsfähigkeit der Unternehmen, definiert als ökonomisch rationales, ökologisches Handeln, gestärkt werden kann. Insbesondere gilt dies in den Einsatzbereichen Emissions- und Energiemanagement, da hier die Unternehmen durch Blockchain-Lösungen Effizienzgewinne sowohl bei der eigentlichen wirtschaftlichen Aktivität (bspw. im dezentralen Energiehandel) als auch beim Erfüllen regulatorischer Bestimmungen (bspw. im Zertifikatehandel) erzielen können und ökonomische und ökologische Nachhaltigkeit damit stärker im Einklang stehen. Demgegenüber lässt sich

aus der Umfrage schließen, dass das Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement weniger eine effizientere Verwendung von Ressourcen bewirkt. Im Vordergrund steht hier in erster Linie der Nachweis der Nachhaltigkeit von Produkten oder Prozessen („Proof of Green“).

Die Resultate der Unternehmensumfrage zeigen aber auch, dass staatlicher Handlungsbedarf besteht, um die Potenziale, die der Einsatz der Blockchain-Technologie für den Klimaschutz und die Energiewende bietet, auch im größeren Umfang realisieren zu können. Dieser Handlungsbedarf erstreckt sich sowohl auf den ordnungspolitischen Rahmen als auch auf anwendungsorientierte Maßnahmen.

Letztere sollten vor allem dazu dienen, die bestehende Lücke im Wissenstransfer an Verbraucher und Unternehmen zu schließen. Über die Blockchain-Technologie befinden sich viele Vorurteile im Umlauf, die den Einsatz im Nachhaltigkeitskontext hemmen (wie bspw. das Vorurteil des per se hohen Energieverbrauchs). Durch eine breit angelegte Aufklärungs- und Unterstützungskampagne können die Verbraucher und Unternehmen daher über die Potenziale der Technologie für den Klimaschutz informiert werden und bei der Implementierung von blockchainbasierten Lösungen unterstützt werden.

Eine weitere Handlungsoption besteht darin, über ein Zertifizierungssystem für Blockchains („Blockchain-TÜV“) Qualitätsstandards zu setzen, um so das Vertrauen in die Lösungen zu erhöhen und Greenwashing zu vermeiden. Über die Entwicklung eines einheitlichen, einfachen Rahmens zur (steuer-)rechtlichen Handhabung von Token in Deutschland bzw. Europa, lassen sich zudem Hemmnisse zur Nutzung Token-basierter Lösungen abbauen, bspw. im Kontext des Emissionshandels.

Da dem Klimawandel nur durch internationale Zusammenarbeit begegnet werden kann, sollten zudem die supranationalen Strukturen ausgebaut und gestärkt werden. Ein Ansatzpunkt besteht bspw. da-

rin, eine blockchainbasierte „Ledger of Ledgers“ zu schaffen zur Verknüpfung der bisher heterogenen nationalstaatlichen Emissionshandelssysteme im Sinne von Artikel 6.2 des Pariser Klimaabkommens. Auf diese Weise könnte mittels Blockchain dem Problem des „Double Countings“ von Emissionszertifikaten vorgebeugt werden.

Zusammenfassend lässt sich konstatieren, dass von der Blockchain-Technologie ein essentieller Beitrag zum Erreichen der Klimaschutz- und Energiewende-

ziele ausgehen kann. Der Einsatz der Technologie stellt dabei einen Baustein von vielen dar, der aber nicht vernachlässigt werden sollte. Nur durch Innovation lässt sich dem bestehenden Handlungs- und Zeitdruck zum Erreichen der Klimaschutzziele begegnen. Voraussetzung hierfür ist, dass die Politik zeitnah die Weichen richtig stellt, damit die Potenziale, die von der Blockchain-Technologie zur Unterstützung des Klimaschutzes und der Energiewende ausgehen können, möglichst umfassend ausgeschöpft werden können.

7 LITERATURVERZEICHNIS

- Accenture (2016): How Blockchain can bring Greater Value to Procure-to-Pay Processes, abrufbar unter <https://www.slideshare.net/accenture/how-blockchain-can-bring-greater-value-to-procure-to-pay-processes>, zuletzt abgerufen am 1.3.2022.
- Akerlof, G. (1970): "The Market for Lemons: Quality Uncertainty and the Market Mechanism. Quarterly Journal of Economics, Vol. 84, S.488-500.
- Baydakova, A. (2021): „Inside China's Effort to Create a Blockchain it can control"; abrufbar unter: <https://www.coindesk.com/markets/2021/03/16/inside-chinas-effort-to-create-a-blockchain-it-can-control/>; letzter Aufruf: 27.02.2022.
- Beck, R. (2018): Beyond bitcoin: The rise of blockchain world. Computer, 51(2), 54-58.
- BNetzA (2021): Die Blockchain-Technologie - Grundlagen, Potenziale und Herausforderungen, abrufbar unter: https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/Digitalisierung/Technologien/Blockchain/Links_Dokumente/einfuehrung_bc.pdf?__blob=publicationFile&v=12, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- Bova, S. et al. (2021) Seasonal origin of the thermal maxima at the Holocene and the last inter-glacial. Nature 589, 548-553 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41586-020-03155-x>.
- Boyd, C. (2022): The human right to a clean, healthy and sustainable environment: a catalyst for accelerated action to achieve the Sustainable Development Goals; Report of the Special Rapporteur on the issue of human rights obligations relating to the enjoyment of a safe, clean, healthy and sustainable environment; Drucksache A/77/284*.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung [BMBF] (o.A.): Energiewende, abrufbar unter: https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/energiewende-und-nachhaltiges-wirtschaften/energiewende/energiewende_node.html, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz [BMWK] (2021): Infografiken Energie, abrufbar unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Infografiken/Energie/fakten-aus-eroeffnungsbilanz-marginal.pdf?__blob=publicationFile&v=2, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz [BMWK] (2022): „Eröffnungsbilanz Klimaschutz"; abrufbar unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/220111_eroeffnungsbilanz_klimaschutz.pdf?__blob=publicationFile&v=22 [zuletzt aufgerufen am 23.12.2022]
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz [BMWK] (2022a): Neue EU-Klimapolitik steht: Politische Verständigung zum Abschluss des „Fit for 55"-Klimapaket, abrufbar unter: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilung/2022/12/20221218-neue-eu-klimapolitik.html>, zuletzt abgerufen am 19.12.2022.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz [BMWK] (2022b): Entwurf eines Gesetzes zum Neustart der Digitalisierung der Energiewende, abrufbar unter: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Service/Gesetzesvorhaben/neustart-der-digitalisierung-der-energiewende.html>, zuletzt abgerufen am 21.12.2022.
- Bundesregierung (2019): Blockchain-Strategie der Bundesregierung - Wir stellen die Weichen für die Token-Ökonomie".
- Bundesregierung (2022a): Mehr Energie aus erneuerbaren Quellen, abrufbar unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/energiewende-beschleunigen-2040310>, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- Bundesregierung (2022b): Energieeffizienz - Unverzichtbar für das Gelingen der Energiewende, abrufbar unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/energieeffizienz-1755970>, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- Bundesregierung (2022c): Weniger Energieverbrauch, mehr Sicherheit, abrufbar unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/energie-sparen/energieeffizienz-bundesregierung-2042178>, zuletzt abgerufen am 24.03.2023.
- Bundesregierung (2022d): EU-Klimaschutzpaket: Fit For 55, abrufbar unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/europa/fit-for-55-eu-1942402>, zuletzt abgerufen am 30.03.2023.
- Burges, K., Creutzburg, P., Maas, N. und C. Nabe (2022): Netzdienliche Flexibilitätsmechanismen, abrufbar unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Sinteg/synthesebericht-2-netzdienliche-flexibilitatsmechanismen.pdf?__blob=publicationFile&v=6, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- Bushnell, JB. (2011): The Economics of Carbon Offsets, abrufbar unter: <https://www.nber.org/system/files/chapters/c12156/c12156.pdf>, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- Carver, A. (2022): "The Platform for Decentralized Sustainability", Vortrag im Rahmen von "Polkadot Decoded" am 29. Juni 2022 in New York (US); abrufbar unter: <https://www.youtube.com/watch?v=gw0ryjw3rxE> [zuletzt aufgerufen am 11.12.2022].
- Chen, D.B. (2018): Utility of the Blockchain for Climate Mitigation, abrufbar unter: <https://jbba.scholasticahq.com/article/3577.pdf>, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- CoinMarketCap (2022): Historical Snapshot - 14 December 2022, abrufbar unter: <https://coinmarketcap.com/historical/20221214>, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- Crypto Carbon Ratings Institute (2022a): Energy Efficiency and Carbon Footprint of PoS Blockchain Protocols, abrufbar unter: <https://carbon-ratings.com/dl/pos-report-2022>, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.

- Crypto Carbon Ratings Institute (2022b): The Merge - Implications on the Electricity Consumption and Carbon Footprint of the Ethereum Network, abrufbar unter: <https://carbon-ratings.com/dl/eth-report-2022>, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- Culotta, C., Schulte, AT., Beck, R., Gesmann-Nuissl, D. und R. Koller (2021): Token-Ökonomie in Deutschland – Potenziale, Hemmnisse und Handlungsfelder, abrufbar unter: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/blockchain-kurzstudie.html>, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- De Freitas Netto et al. (2020): "Concepts and forms of greenwashing: a systematic review"; in: *Environ Sci Eur* 32, 19 (2020). <https://doi.org/10.1186/s12302-020-0300-3>.
- Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.) (dena) (2022): Digitale Maschinen-Identitäten als Grundbaustein für ein automatisiertes Energiesystem - Aufbau eines Identitätsregisters auf Basis der Blockchain-Technologie ((Pilot: Blockchain Machine Identity Ledger)
- Deutsche Energie-Agentur [dena] (2019): Blockchain in der integrierten Energiewende, abrufbar unter: https://www.dena.de/fileadmin/user_upload/dena-Studie_Blockchain_Integrierte_Energiewende_DE4.pdf, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- DeutscheUmwelthilfe (2021): Befragung der Deutschen Umwelthilfe deckt auf, wie Unternehmen in Deutschland Greenwashing bei Ökostrom betreiben, abrufbar unter: <https://www.duh.de/presse/pressemitteilungen/pressemitteilung/befragung-der-deutschen-umwelthilfe-deckt-auf-wie-unternehmen-in-deutschland-greenwashing-bei-oekost/>, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- Edna (o.A.): Energiewirtschaft im Wandel, abrufbar unter: <https://edna-bundesverband.de/marktthemen/energiewirtschaft-wandel/>, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- Edwards, R. (2019): Harnessing Private Investor 'Willingness-to-Pay' for Climate Change Mitigation, abrufbar unter: https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2019/05/doc_5752.pdf, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- EnBW (2021): Blockchain: Wissen, woher der Ökostrom stammt, abrufbar unter: <https://www.enbw.com/unternehmen/eco-journal/herkunftsnachweis-per-block-chain.html#:~:text=Der%20digitale%20Herkunftsnachweis%20der%20Zukunft,Code%20also%2C%20nur%20noch%20f%C3%A4lschungssicherer>, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- EU-Kommission (2019): The European Green Deal, abrufbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1576150542719&uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN>, zuletzt abgerufen am 30.03.2023.
- EU-Kommission (2022): "Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL establishing a framework for setting ecodesign requirements for sustainable products and repealing Directive 2009/125/EC"; 2022/0095 (COD).
- EU-Kommission (o.A.): EU-EHS-Emissionen – Überwachung, Berichterstattung und Überprüfung, abrufbar unter: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/monitoring-reporting-and-verification-eu-ets-emissions_de, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- Fichman, R. G. (2001). The Role of Aggregation in the Measurement of IT-Related Organizational Innovation. *MIS Quarterly* 25 (4), 427-455.
- Hake, J-F., Fischer, W., Venghaus, S. und C. Weckenbrock (2015): The German Energiewende – History and status quo, abrufbar unter: <https://www.researchgate.net/publication/277937823>, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- Hardin, G. (1968): „The Tragedy of the Commons“, in: *Science, New Series*, Vol. 162, No. 3859 (Dec. 13, 1968), pp. 1243-1248.
- Jackson, R. (2022): "Newer Blockchains are Overcoming Energy Consumption Limitations of Earlier Models"; abrufbar unter <https://www.nasdaq.com/articles/newer-blockchains-are-overcoming-energy-consumption-limitations-of-earlier-models> [zuletzt aufgerufen am 10.01.2023].
- King, S. und S. Nadal (2012): PPCoin: Peer-to-Peer Cryptocurrency with Proof-of-Stake, abrufbar unter: <https://bitcoin.peryaudo.org/vendor/peercoin-paper.pdf>, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- Lin-Hi, N. (2022): "Greenwashing"; Gabler Wirtschaftslexikon; <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/greenwashing-51592/version-384777>; letzter Aufruf 08.12.2022.
- Märkel, C., Simons, M., Stronzik, M., Papen, M.C., Lundborg, M., Gesmann-Nuissl, D. und R. Beck (2022): Blockchain im Mittelstand, abrufbar unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Mittelstand/blockchain-im-mittelstand.pdf?__blob=publicationFile&v=8, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- Märkel, C., Stronzik, M., Simons, M., Wissner, M. und M. Lundborg (2021): Einsatz von Blockchain in KMU: Chancen & Hemmnisse, abrufbar unter: https://www.wik.org/uploads/media/WIK_Diskussionsbeitrag_Nr_477.pdf, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- OECD (2021): "Closing the SDG Financing Gap in the COVID-19 era"; scoping note prepared at the request of the Italian G20 Presidency by the OECD and UNDP as background information for discussions in the 1st G20 Development Working Group meeting on 24-25 February 2021.
- Ostrom, E. (1990): "Governing the Commons: The evolution of institutions for collective action"; Cambridge University Press.
- Pan, Y., Zhang, X., Wang, Y., Yan, J., Zhou, S., Li, G., und J. Bao (2019): Application of Blockchain in Carbon Trading, abrufbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610219305338/pdf?md5=78f277683fdc30abb94b9b7c7e54915c&pid=1-s2.0-S1876610219305338-main.pdf>, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- Prados, L. (2022): "What is Regenerative Finance (ReFi) – Exploring Regenerative Tokenomics"; abrufbar auf Medium unter <https://medium.com/regenliving/what-is-regenerative-financing-refs-8bebf2e0a4d> [letzter Aufruf am 11.12.2022].

- PWC (2021): "State of Climate Tech 2021 - Scaling breakthroughs for net zero".
- Sayeed, S. und H. Marco-Gisbert (2019): Assessing Blockchain Consensus and Security Mechanisms against the 51% Attack, abrufbar unter: <https://www.mdpi.com/2076-3417/9/9/1788/pdf>, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- Schletz, M. (2022): "Current state of ReFi: a Litepaper exploring how to create interoperability in the ecosystem", Open Earth Foundation; abrufbar unter: <https://www.openearth.org/blog/current-state-of-refi-a-litepaper-exploring-how-to-create-interoperability-in-the-ecosystem> [letzter Aufruf am 11.12.2022].
- Schletz, M., Franke, L. und S. Salomo (2020): Blockchain Application for the Paris Agreement Carbon Market Mechanism—A Decision Framework and Architecture, abrufbar unter: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/12/5069>, zuletzt abgerufen am 23.12.2022.
- Schweizerische Normen-Vereinigung (2021): DLT-for-Power - Guide on transforming Electricity Market processes using DLT, supporting Energy, abrufbar unter: <https://connect.snv.ch/de/sng-75075-2021>, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- Sipthorpe, A., Brink, S., Van Leeuwen, T. und I. Staffell (2022a): Blockchain solutions for carbon markets are nearing maturity, abrufbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590332222003256/pdf?md5=c31027eec97eedba631270517d5e20d&pid=1-s2.0-S2590332222003256-main.pdf>, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- Sipthorpe, A., Brink, S., Van Leeuwen, T. und I. Staffell (2022b): Blockchain solutions for carbon markets are nearing maturity - Supplemental Information, abrufbar unter: <https://www.cell.com/cms/10.1016/j.oneear.2022.06.004/attachment/43ab791c-7e9a-4c20-8812-68126195909c/mmc1>, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- Smajgl, A. / Schweik, C. (2022): "Advancing sustainability with blockchain-based incentives and institutions", Front. Blockchain 5:963766. doi: 10.3389/fbloc.2022.963766.
- Smoot (o.A.): Carbon Offsets vs Carbon Insets: What's the Difference?, abrufbar unter: <https://impactful.ninja/carbon-offsets-vs-carbon-insets-differences/>, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- Statistisches Bundesamt [Destatis] (2022a): CO₂-Emissionsintensität der deutschen Wirtschaft 2020 weiterhin rückläufig, abrufbar unter: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/10/PD22_437_43.html, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- Statistisches Bundesamt [Destatis] (2022b): Pressemitteilung Nr. 374 vom 7. September 2022, abrufbar unter: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/09/PD22_374_43312.html, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- Torabi-Goudarzi, S. / Alt, S. (2021): FlexChain - Intelligente Aktivierung von Kleinstflexibilitäten, in: Informatik Spektrum, 44, S.324-326; <https://doi.org/10.1007/s00287-021-01367-7>.
- Toucan (2022): DeFi x ReFi, abrufbar unter: <https://docs.toucan.earth/toucan/introduction/readme>, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- Tran, P. (2021): Potenziale der Blockchain-Technologie für eine dezentrale Energieversorgung, abrufbar unter: https://epb.bibl.th-koeln.de/frontdoor/deliver/index/docId/1675/file/Bachelorarbeit_Phuc_Tran.pdf, zuletzt abgerufen am 10.03.2023.
- Umweltbundesamt (2022a): Treibhausgas-Emissionen in Deutschland; <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung> [zuletzt aufgerufen am 20.12.2022].
- Umweltbundesamt (2022b): Minderungen im EU- ETS seit 2005 (EU 30 und Deutschland), abrufbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/3_abb_minderungen-eu-ets_2022-09-22.pdf, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- Umweltbundesamt (2022c): Der Europäische Emissionshandel, abrufbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/der-europaeische-emissionshandel#teilnehmer-prinzip-und-umsetzung-des-europaischen-emissionshandels>, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- Umweltbundesamt (2022d): Erneuerbare Energien in Zahlen; <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick> [zuletzt aufgerufen am 20.12.2022].
- United Nations Environment Programme (2021): Emissions Gap Report 2021: The Heat Is On - A World of Climate Promises Not Yet Delivered, abrufbar unter: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/36990/EGR21.pdf>, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- United Nations Environment Programme, & Social Alpha Foundation (2022): Blockchain for Sustainable Energy and Climate in the Global South: Use Cases and Opportunities. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/38048> [zuletzt aufgerufen am 11.12.2022].
- Wang (2017): Cryptoeconomics: Paving the Future of Blockchain Technology, abrufbar unter: <https://hackernoon.com/cryptoeconomics-paving-the-future-of-blockchain-technology-13b04dab971>, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- Wenzel (2022): Die Krypto-Klima-Technokratie funktioniert nicht!, in: Handelsblatt Ausgabe von 02/22, abrufbar unter: <https://www.handelsblatt.com/meinung/gastbeitraege/expertenrat/wenzel/gastkommentar-expertenrat-die-krypto-klima-technokratie-funktioniert-nicht/28082408.html>, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- White House Office of Science and Technology Policy [OSTP] (2022): Climate and Energy Implications of Crypto-Assets in the United States, abrufbar unter: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/09/09-2022-Crypto-Assets-and-Climate-Report.pdf>, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- World Economic Forum [WEF] (2018): Building Block(chain)s for a Better Planet, abrufbar unter: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Building-Blockchains.pdf, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.
- Zeiselmair, A., Bogensperger, A., Zarth, J., Hinterstocker, M. und F. Haberkorn (2018): Woher kommt mein Ökostrom wirklich? Mit Blockchain gegen Greenwashing, abrufbar unter: https://www.ffe.de/wp-content/uploads/2019/01/20181029_ET_Woher_kommt_mein_Oekostrom_wirklich_FFe.pdf, zuletzt abgerufen am 18.12.2022.

8 ANHANG

Korrelationen der Zusammenhangsanalysen

A1: Zusammenhang zwischen Emissionsmanagement und nachhaltiger Leistungsfähigkeit

| Bei der Auswahl neuer und Überprüfung bestehender Geschäftspraktiken beachtet unserer Unternehmen als Entscheidungsgrößen ... | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| | | Auslastung unserer Kapazitäten | Effizientere/ Sparsamere Nutzung von Ressourcen | Einsparen von Ressourcen | Sauberere Produktion (z.B. Emissionen, Wasser, Müll) | Kreislaufwirtschaft und Industrielle Ökologie (d.h. nachhaltige Gestaltung der Produktion nach Vorbild natürlicher Ökosysteme) | Grüne Lieferkette |
| Die Blockchain-Technologie ermöglicht unserem Unternehmen ... | ...Unterstützung beim Tracking und der Meldung unserer CO ₂ -Emissionen. | .325 | .433 | .333 | .437 | .451 | .432 |
| | ...Transparenz und Erleichterung beim Handel mit Emissionsrechten für CO ₂ (und anderen Treibhausgasemissionen). | .294 | .342 | .306 | .458 | .515 | .474 |
| | ...speziell entlang der Lieferkette Monitoring und Nachverfolgung von CO ₂ -Emissionen sicherzustellen. | .378 | .333 | .206 | .413 | .489 | .398 |

A2: Zusammenhang zwischen Energiemanagement und nachhaltiger Leistungsfähigkeit

| Bei der Auswahl neuer und Überprüfung bestehender Geschäftspraktiken beachtet unserer Unternehmen als Entscheidungsgrößen ... | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| | | Auslastung unserer Kapazitäten | Effizientere/ Sparsamere Nutzung von Ressourcen | Einsparen von Ressourcen | Sauberere Produktion (z.B. Emissionen, Wasser, Müll) | Kreislaufwirtschaft und Industrielle Ökologie (d.h. nachhaltige Gestaltung der Produktion nach Vorbild natürlicher Ökosysteme) | Grüne Lieferkette |
| Die Blockchain-Technologie ermöglicht unserem Unternehmen ... | ...das Monitoring und die Nachverfolgung einer dezentralen, sauberen Energieversorgung (beispielsweise durch FlexChain oder Pebbles). | .239 | .375 | .259 | .359 | .384 | .350 |
| | ...selbst als Energieerzeuger tätig zu werden (Stichwort: Energiemix). | .234 | .341 | .147 | .322 | .282 | .333 |
| | ...gegebene Anreize für einen nachhaltigen Energieverbrauch zu nutzen (beispielsweise SolarCoin, GrünstromBonus Token). | .232 | .429 | .325 | .450 | .408 | .406 |
| | ...auch unseren Kunden die Integration klimafreundlicher Maßnahmen zu erleichtern. | .402 | .319 | .180 | .366 | .410 | .311 |
| | ...die Ziele der Energiewende umzusetzen, wie zum Beispiel Energieeffizienz oder den Einsatz erneuerbarer Energie. | .354 | .387 | .310 | .446 | .509 | .400 |

A3: Zusammenhang zwischen Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement und nachhaltiger Leistungsfähigkeit

| | | Bei der Auswahl neuer und Überprüfung bestehender Geschäftspraktiken beachtet unserer Unternehmen als Entscheidungsgrößen ... | | | | | |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| | | Auslastung unserer Kapazitäten | Effizientere/ Sparsamere Nutzung von Ressourcen | Einsparen von Ressourcen | Sauberere Produktion (z.B. Emissionen, Wasser, Müll) | Kreislaufwirtschaft und Industrielle Ökologie (d.h. nachhaltige Gestaltung der Produktion nach Vorbild natürlicher Ökosysteme) | Grüne Lieferkette |
| Die Blockchain-Technologie ermöglicht unserem Unternehmen ... | ...die Nutzung von Crowdfunding und Peer-to-Peer-Finanztransaktionen zur Sicherstellung von Klimaschutzmaßnahmen. | .336 | .305 | .315 | .422 | .459 | .307 |
| | ...transparentere Darlegung unserer Klimaaktivitäten, zum Beispiel bei der Vermeidung von „Greenwashing“. | .356 | .378 | .202 | .457 | .489 | .355 |
| | ...die Erzielung definierter Nachhaltigkeitsziele und messbarer Beiträge zu besserem Klimaschutz. | .297 | .461 | .188 | .366 | .483 | .420 |
| | ...Energie und Material effizienter zu nutzen und einzusparen. | .334 | .269 | .415 | .412 | .344 | .387 |

A4: Zusammenhang zwischen Emissionsmanagement und öffentlichen Maßnahmen

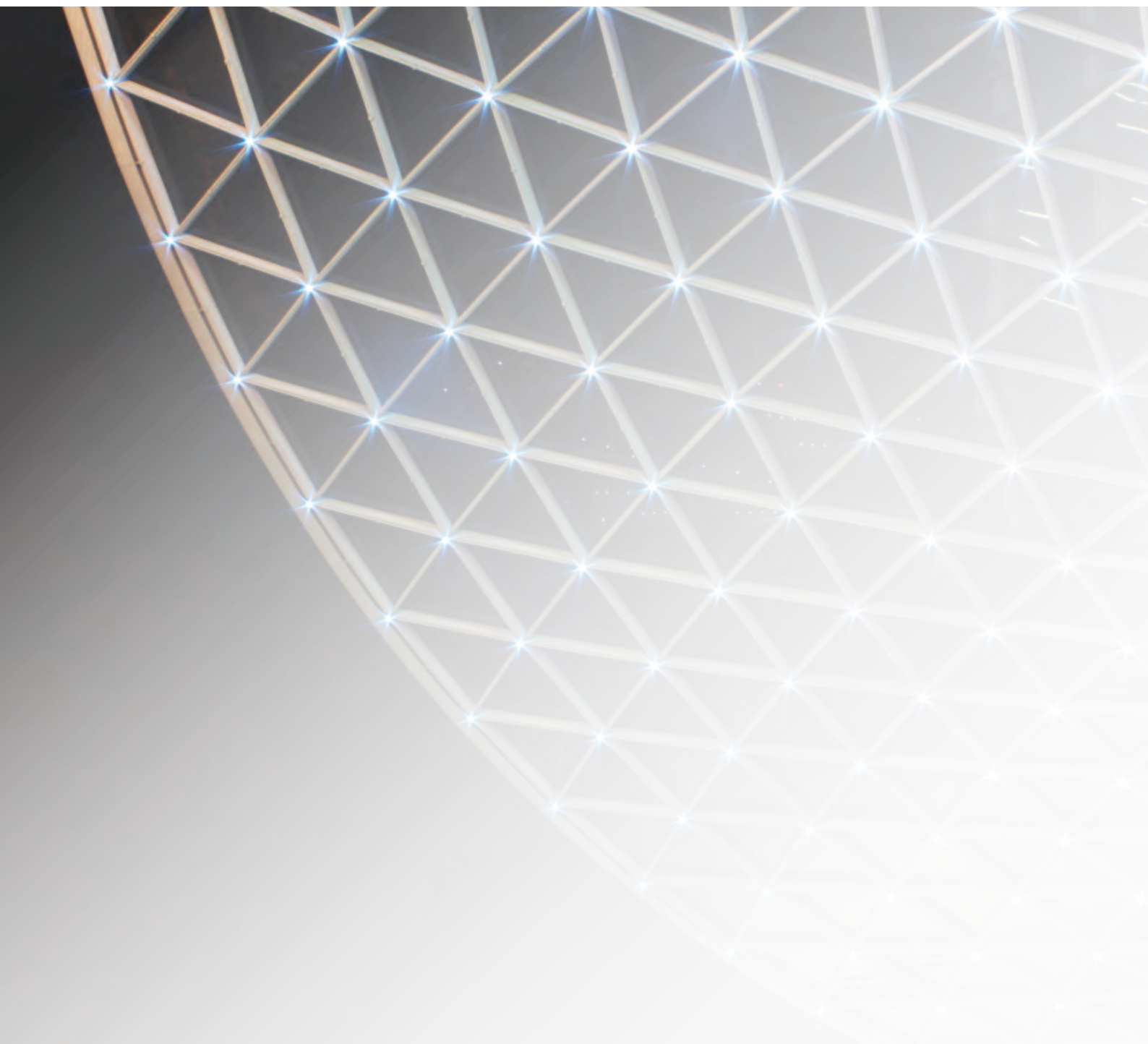
| | | Die Blockchain-Technologie ermöglicht unserem Unternehmen ... | | |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | ...Unterstützung beim Tracking und der Meldung unserer CO ₂ -Emissionen. | ...Transparenz und Erleichterung beim Handel mit Emissionsrechten für CO ₂ (und anderen Treibhausgasemissionen). | ...speziell entlang der Lieferkette Monitoring und Nachverfolgung von CO ₂ -Emissionen sicherzustellen. |
| Unser Unternehmen würde folgende Maßnahmen willkommen heißen ... | Aufbereitung von Informationen, wie Unternehmen durch Blockchain-Einsatz ihren CO ₂ -Fußabdruck verringern können | .382 | .331 | .399 |
| | Bereitstellung von Blockchain-Testbeds und Blockchain-Infrastrukturen | .313 | .348 | .276 |
| | Qualifizierungsmaßnahmen, Bildungsangebote und technische Hilfe bei der Implementierung von Blockchain-Technologie für Klimaziele | .372 | .389 | .398 |
| | Erleichterter Zugang zu öffentlich geförderten Investitionsprogrammen für digitale Blockchain-Innovationen zur Eindämmung des Klimawandel, z.B. durch KfW, BMWK (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz), Bundesländer, EU | .336 | .296 | .316 |
| | Nachhaltige Finanzinitiativen zur Förderung Blockchain-gestützter Technologien zum Klimaschutz, wie grüne Anleihen, Fintech-Lösungen und alternative Finanzierungsmechanismen | .351 | .441 | .381 |
| | Verlässlichkeit und Transparenz der Rechtsprechung und Versteuerung beim wirtschaftlichen Blockchain-Einsatz und Crypto-Tokens | .277 | .254 | .226 |

A5: Zusammenhang zwischen Energiemanagement und öffentlichen Maßnahmen

| Die Blockchain-Technologie ermöglicht unserem Unternehmen ... | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | ...das Monitoring und die Nachverfolgung einer dezentralen, sauberen Energieversorgung | ...selbst als Energieerzeuger tätig zu werden (Stichwort: Energiemix). | ...gegebene Anreize für einen nachhaltigen Energieverbrauch zu nutzen | ...auch unseren Kunden die Integration klimafreundlicher Maßnahmen zu erleichtern. | ...die Ziele der Energiewende umzusetzen, wie zum Beispiel Energieeffizienz oder den Einsatz erneuerbarer Energie. |
| Unser Unternehmen würde folgende Maßnahmen willkommen heißen ... | Aufbereitung von Informationen, wie Unternehmen durch Blockchain-Einsatz ihren CO ₂ -Fußabdruck verringern können | .335 | .244 | .315 | .242 | .371 |
| | Bereitstellung von Blockchain-Testbeds und Blockchain-Infrastrukturen | .248 | .189 | .283 | .240 | .420 |
| | Qualifizierungsmaßnahmen, Bildungsangebote und technische Hilfe bei der Implementierung von Blockchain-Technologie für Klimaziele | .211 | .265 | .342 | .264 | .324 |
| | Erleichterter Zugang zu öffentlich geförderten Investitionsprogrammen für digitale Blockchain-Innovationen zur Eindämmung des Klimawandel, z.B. durch KfW, BMWK (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz), Bundesländer, EU | .324 | .287 | .371 | .284 | .394 |
| | Nachhaltige Finanzinitiativen zur Förderung Blockchain-gestützter Technologien zum Klimaschutz, wie grüne Anleihen, Fintech-Lösungen und alternative Finanzierungsmechanismen | .335 | .224 | .451 | .403 | .347 |
| | Verlässlichkeit und Transparenz der Rechtsprechung und Versteuerung beim wirtschaftlichen Blockchain-Einsatz und Crypto-Tokens | .204 | .196 | .309 | .197 | .256 |

A6: Zusammenhang zwischen Transparenz- und Nachhaltigkeitsmanagement und öffentlichen Maßnahmen

| Die Blockchain-Technologie ermöglicht unserem Unternehmen ... | | | | | |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| | | ...die Nutzung von Crowdfunding und Peer-to-Peer-Finanztransaktionen zur Sicherstellung von Klimaschutzmaßnahmen. | ...transparentere Darstellung unserer Klimaaktivitäten, zum Beispiel bei der Vermeidung von „Greenwashing“. | ...die Erzielung definierter Nachhaltigkeitsziele und messbarer Beiträge zu besserem Klimaschutz. | ...Energie und Material effizienter zu nutzen und einzusparen. |
| Unser Unternehmen würde folgende Maßnahmen willkommen heißen ... | Aufbereitung von Informationen, wie Unternehmen durch Blockchain-Einsatz ihren CO ₂ -Fußabdruck verringern können | .280 | .413 | .360 | .327 |
| | Bereitstellung von Blockchain-Testbeds und Blockchain-Infrastrukturen | .317 | .275 | .253 | .331 |
| | Qualifizierungsmaßnahmen, Bildungsangebote und technische Hilfe bei der Implementierung von Blockchain-Technologie für Klimaziele | .426 | .456 | .260 | .339 |
| | Erleichterter Zugang zu öffentlich geförderten Investitionsprogrammen für digitale Blockchain-Innovationen zur Eindämmung des Klimawandel, z.B. durch KfW, BMWK (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz), Bundesländer, EU | .386 | .420 | .342 | .338 |
| | Nachhaltige Finanzinitiativen zur Förderung Blockchain-gestützter Technologien zum Klimaschutz, wie grüne Anleihen, Fintech-Lösungen und alternative Finanzierungsmechanismen | .369 | .322 | .356 | .396 |
| | Verlässlichkeit und Transparenz der Rechtsprechung und Versteuerung beim wirtschaftlichen Blockchain-Einsatz und Crypto-Tokens | .284 | .305 | .235 | .274 |



Fachdialog

Blockchain

