



# Blockchain und Klimaschutz

Chancen und Herausforderungen  
für Industrie und Gesellschaft

## Herausgeber

Bitkom e.V.  
Albrechtstraße 10  
10117 Berlin  
T 030 27576-0  
bitkom@bitkom.org  
www.bitkom.org

## Ansprechpartner

Benedikt Faupel | Bereichsleiter Blockchain  
T 030 27576-410 | b.faupel@bitkom.org

## Verantwortliches Bitkom-Gremium

AK Blockchain

## Autorinnen und Autoren

Benjamin Balzer | Deutsche Telekom MMS GmbH  
Dr. Sven Hildebrandt | Börse Stuttgart Digital Exchange GmbH  
Laura Kreisel | Börse Stuttgart GmbH  
Timm Reinsdorf | Particula GmbH  
Sophia Rödiger | bloXmove Germany GmbH  
Sandra Sohn | intas.tech GmbH  
Ralf Steinhäuser | Datev eG  
Martin Stoussavljewitsch | Youki GmbH  
Dr. Larissa Talmon-Gros | NTTDATA Deutschland  
Sven Wagenknecht | BTC-Echo GmbH

## Layout

Lea Joisten | Bitkom e.V.

## Titelbild

© Scott Webb – pexels.com

## Copyright

Bitkom 2023

Diese Publikation stellt eine allgemeine unverbindliche Information dar. Die Inhalte spiegeln die Auffassung im Bitkom zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wider. Obwohl die Informationen mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt wurden, besteht kein Anspruch auf sachliche Richtigkeit, Vollständigkeit und/oder Aktualität, insbesondere kann diese Publikation nicht den besonderen Umständen des Einzelfalles Rechnung tragen. Eine Verwendung liegt daher in der eigenen Verantwortung des Lesers. Jegliche Haftung wird ausgeschlossen. Alle Rechte, auch der auszugsweisen Vervielfältigung, liegen beim Bitkom.

1	<b>Einleitung</b>	5
	Rechtliche und politische Rahmenbedingungen im Kontext von Nachhaltigkeit und Blockchain	6
2	<b>DLT &amp; Blockchain-Technologie im Überblick</b>	8
	Definition und Funktionsweise	8
	Anwendungsbereiche	8
3	<b>Potenziale der Blockchain-Technologie für Nachhaltigkeit und Klimaschutz</b>	9
	Energie und Mobilität	9
	Grünstahlzertifikate	13
	CO2-Transparenz in der Lieferkette	17
4	<b>Herausforderungen und Risiken der Blockchain-Technologie im Hinblick auf Nachhaltigkeit</b>	20
	Energieverbrauch und CO2-Emissionen	20
	Elektronikabfälle und Ressourcenverbrauch	21
5	<b>Aktuelle Entwicklung und Ausblick</b>	22
	Regenerative Finance (ReFi)	22
	Bitcoin und die Netzstabilität	23
6	<b>Fazit</b>	25

# Blockchain und Klimaschutz

## Ausgangslage

Der Klimawandel und die Notwendigkeit nachhaltigen Handelns drängen Gesellschaft und Unternehmen zu Änderungen und Anpassungen. Technologien wie die Blockchain können zur effizienten und transparenten Umsetzung der Energiewende und zur Optimierung von Prozessen beitragen und so einen wertvollen Beitrag zu einem nachhaltigen Handeln und damit zum Klimaschutz leisten.

## Das Wichtigste

Durch ihre Merkmale der Dezentralisierung und Transparenz, hat die Blockchain-Technologie das Potenzial erhöhte Sicherheit und Vertrauen zu schaffen, insbesondere im Bereich der Nachhaltigkeit. Darüber hinaus kann Blockchain zur Entwicklung innovativer Lösungen beitragen, welche die Transparenz und Effizienz in verschiedenen Bereichen der Wirtschaft erhöhen. Einige Beispiele, bei denen die Blockchain zur Verbesserung der Nachhaltigkeit beitragen kann:

- **Potenziale von Non-Fungible Token (NFT)**

Durch Einsatz von Blockchain und NFTs zur Tokenisierung von Umweltzertifikaten werden Prozesse beschleunigt, Sicherheit erhöht und der grüne Markt demokratisiert, was innovative Produkte und attraktive Renditen ermöglicht.

- **Handelsmärkte für Blockchain-gesicherte Grünstahlzertifikate**

Digitale Abbilder klimaneutraler Stahlproduktion, bewirken grüne Innovationen und treiben die Energiewende auf Handelsmärkten für umweltfreundlichen Stahl voran.

- **Verbesserte Transparenz in globalen Lieferketten**

Durch Blockchain-Technologie wird die Dekarbonisierung globaler Lieferketten gefördert, indem Transparenz über Emissionen geschaffen und zielgerichtete Optimierungen von Produktionsprozessen ermöglicht werden.

# 1 Einleitung

Der Klimawandel stellt eine der größten Herausforderungen des 21. Jahrhunderts dar. Als Konsequenz fordert die Gesellschaft verstärkt nachhaltiges Handeln und die Einhaltung von ESG-Kriterien<sup>1</sup> seitens der Unternehmen. In Deutschland wurde zuletzt mit dem Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz (LkSG) ein wichtiger Schritt unternommen, um Nachhaltigkeit und soziale Verantwortung einen rechtssicheren Rahmen zu geben. Eine weitere wichtige Aufgabe für Wirtschaft und Gesellschaft ist die Energiewende. Hierbei geht es darum, den Energieverbrauch zu minimieren und erneuerbare Energien zu fördern, um die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu reduzieren. In diesem Kontext wird die Distributed-Ledger-Technologie (DLT), auch bekannt als Blockchain, als eine vielversprechende Lösung betrachtet. Sie ist eine manipulationssichere, dezentrale und transparente Technologie, die es ermöglicht, Prozesse effizienter und sicherer zu gestalten. So können beispielsweise dezentral organisierte, intelligente Energiesysteme betrieben, Effizienzsteigerungen durch Tokenisierung von Zertifikaten erreicht und CO<sub>2</sub>-Nachweise entlang internationaler Lieferketten manipulationssicher dokumentiert werden.

Dieser Leitfaden, entwickelt vom Bitkom Arbeitskreis Blockchain, soll interessierten Unternehmen, gesellschaftlichen Akteuren und der Politik eine Übersicht bieten, um die Potenziale von Blockchain für Nachhaltigkeit und Klimaschutz einzuschätzen und in die Anwendung zu bringen. Der Leitfaden beginnt mit einer Beschreibung der rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen im Verhältnis von Nachhaltigkeit und Blockchain und definiert die gängigsten Begriffe rund um DLT. Danach wird anhand konkreter Beispiele die Nutzung von Blockchain für die Erreichung verschiedener Nachhaltigkeitsziele beschrieben. Dabei werden auch die Herausforderungen, die mit der Implementierung von Blockchain-Technologie einhergehen, berücksichtigt. Es ist wichtig, mögliche Schwierigkeiten bei der Implementierung von Projekten zu antizipieren und angemessene Lösungen zu finden, um die Vorteile von Blockchain-Technologie für Nachhaltigkeit und Klimaschutz bestmöglich zu nutzen. Anschließend wird auf aktuelle Entwicklungen im Blockchain-Bereich eingegangen, bevor ein abschließendes Fazit die Erkenntnisse und Debatten einordnet.

<sup>1</sup> ESG steht für »Environmental, Social, Governance«. Es handelt sich dabei um drei zentrale Faktoren bei der Messung der Nachhaltigkeit und des gesellschaftlichen Einflusses eines Unternehmens.

## 1.1 Rechtliche und politische Rahmenbedingungen im Kontext von Nachhaltigkeit und Blockchain

In Deutschland und Europa gibt es eine Vielzahl von rechtlichen Rahmenbedingungen, die auf den Klimaschutz und Nachhaltigkeit abzielen. Eines der bedeutendsten internationalen Abkommen stellt das im Jahr 2015 verabschiedete Pariser Klimaabkommen dar. Dieses Abkommen verpflichtet die Unterzeichnerstaaten dazu, die Erderwärmung auf maximal 1,5 Grad Celsius zu begrenzen. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen die Länder ihre Treibhausgasemissionen deutlich reduzieren.

Die Agenda 2030 der Vereinten Nationen definiert 17 Entwicklungsziele, die auch klima- und umweltrelevante Ziele beinhalten. Dazu gehört zum Beispiel die Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen, die Förderung erneuerbarer Energien und eine nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen.

Der European Green Deal ist ein weiterer wichtiger Schritt in Richtung Klimaschutz und Nachhaltigkeit. Ziel dieses Programms ist es, bis 2050 in der Europäischen Union (EU) die Netto-Emissionen von Treibhausgasen auf null zu reduzieren. Hierfür sind umfassende Maßnahmen erforderlich, die sowohl die Industrie als auch den Verkehr und den Energiebereich betreffen.

Auf nationaler Ebene bildet das Klimaschutzgesetz (KSG) die Grundlage für den Klimaschutz in Deutschland. Das Gesetz legt noch ambitioniertere Ziele auf europäischer Ebene fest und sieht unter anderem vor, dass Deutschland bis 2045 klimaneutral werden soll. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen die Treibhausgasemissionen in Deutschland in den kommenden Jahren drastisch reduziert werden.

Das LkSG wurde Mitte Juni 2021 vom Deutschen Bundestag verabschiedet und trat am 1. Januar 2023 in Kraft. Die neue Gesetzgebung zielt auf die Etablierung ethischer Standards innerhalb internationaler Lieferketten für in Deutschland ansässige Unternehmen ab, insbesondere in Bezug auf die Achtung von Menschenrechten. Dazu gehören insbesondere Vorgaben und Verpflichtungen in Bezug auf Präventions- und Abhilfemaßnahmen, Risikoanalysen, interne Beschwerdeverfahren sowie transparente Dokumentations- und Berichtspflichten. Zunächst ist das Gesetz ausschließlich für Unternehmen mit mehr als 3 000 Beschäftigten bindend und soll ab dem 1. Januar 2024 auf alle Unternehmen mit mehr als 1 000 Beschäftigten ausgeweitet werden. Dabei handelt es sich nicht um ein isoliertes deutsches Gesetz, denn einige europäische Länder (z. B. Frankreich) haben bereits 2018 derartige Richtlinien verabschiedet. Darauf aufbauend hat die EU 2021 einen Vorschlag für eine Richtlinie über die Sorgfaltspflicht von Unternehmen im Bereich der Nachhaltigkeit («Corporate Sustainability Due Diligence Directive«, CSDDD) veröffentlicht, die verbindlichen menschenrechtlichen und umweltbezogenen Sorgfaltspflichten für Unternehmen einführen soll. Im Gegensatz zu den derzeitigen Rechtsvorschriften der EU bietet die CSDDD eine umfas-

sende Reihe von Anforderungen mit einem breiteren Anwendungsbereich und wird daher einen größeren Einfluss auf Nicht-EU-Unternehmen haben, welche Waren in die EU exportieren oder mit Unternehmen innerhalb der EU verbunden sind. Es wird erwartet, dass sich die drei Institutionen im Laufe des Jahres 2023 auf einen endgültigen Text einigen werden.

Neben dem LkSG bemüht sich die Bundesregierung sowohl auf nationaler als auch auf europäischer Ebene um die Prüfung von Lösungen, die die Märkte für klimaneutrale und Kreislaufprodukte in energieintensiven Industriesektoren anregen können. Ein zentraler Bestandteil der Bemühungen ist es, Leitmärkte für CO<sub>2</sub>-arme Technologien zu schaffen. Die Diskussionen für die rechtlichen Rahmenbedingungen umfassen Anreize für zusätzliche Nachfrageimpulse für klimafreundlichen Stahl, etwa durch die Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien bei der Beschaffung des Bundes. Außerdem wird eine mögliche Regulierung durch eine Quote für CO<sub>2</sub>-armen Stahl in Endprodukten, die bis 2050 CO<sub>2</sub>-neutral beziehungsweise CO<sub>2</sub>-frei sein sollten, diskutiert. Eine Voraussetzung für solche Maßnahmen ist eine aussagekräftige, ambitionierte und nachvollziehbare Klassifizierung der klimafreundlicheren beziehungsweise nachhaltigeren Zwischen- und Endprodukte. Dies würde das Verfolgen und Zertifizieren des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes von Stahlprodukten ermöglichen und könnte die Akzeptanz und den Handel mit Grünstahlzertifikaten fördern

# 2 DLT & Blockchain-Technologie im Überblick

An dieser Stelle wird ein grundlegender Überblick zu DLT-Technologien und Blockchain gegeben. Eine ausführlichere Beschreibung der technischen Funktionsweise der Technologie findet sich auch in einer früheren <sup>2</sup>Bitkom-Publikation<sup>2</sup>.

## 2.1 Definition und Funktionsweise

Distributed Ledger ist die Bezeichnung für eine Art von verteilter Datenbank. Die Datenbank ist mehrfach in Kopie lokal bei den Teilnehmenden eines Netzwerks, den sogenannten Nodes, gespeichert. Der Austausch von Daten erfolgt in der Regel auf Basis einer Peer-to-Peer-Netzwerk-Architektur. Teil des Netzwerkprotokolls sind Konsensmechanismen, die dafür sorgen, dass stets alle Kopien synchronisiert sind und nur ein einziger Zustand der Datenbank existiert. Blockchains können als Untergruppe von Distributed Ledger-Systemen verstanden werden. Die Besonderheit von Blockchain-Systemen ist die Speicherung von Datensätzen mittels hash-verketteter Listen. Wie alle Distributed Ledger-Verfahren werden Informationen durch Verteilungen abgesichert.

## 2.2 Anwendungsbereiche

Ein wichtiges Element von Blockchain-Systemen ist der sogenannte Token. Ein Token kann als fälschungssichere, digitale Entsprechung einer Urkunde mit inhärenter Übertragbarkeit definiert werden. In öffentlichen Blockchain-Systemen stellt er den sichtbaren Teil des im Protokoll kodifizierten Anreizmechanismus dar. Sogenannte Miner erhalten zum Beispiel Token für das Anhängen von Blöcken mit regelkonformen Transaktionen, wohingegen Nutzer Transaktionsgebühren in Token bezahlen, um das Netzwerk zu nutzen. Token können darüber hinaus als Teilhabe an einem Projekt oder Anteil an einem Unternehmen, als Medium für Anwendungen im Web3 oder als Zugangsrechte für Leistungen, Produkte oder Daten eines Netzwerkes verstanden werden. Token, deren einzige Funktion eine digitale Verkörperung von Wert ist, werden als Kryptowerte bezeichnet. Öffentliche Blockchain-Systeme werden danach bewertet, welche Funktionalitäten sie in der Tokenökonomie darstellen.

<sup>2</sup> Vgl. Bitkom. »Ein Leitfadens zum Ansatz des Distributed Ledger und Anwendungsszenarien«, <sup>2</sup><https://www.bitkom.org/sites/main/files/file/import/161104-LF-Blockchain-final-2.pdf>. Abgerufen am 29.04.2023



# 3 Potenziale der Blockchain-Technologie für Nachhaltigkeit und Klimaschutz

Die Blockchain-Technologie bietet zwei wesentliche Vorteile: Dezentralisierung und Transparenz. Die Dezentralisierung ermöglicht es, Entscheidungen und Transaktionen von zentralisierten Behörden und Institutionen weg, hin zu verteilten Netzwerken zu verlagern, was das Vertrauen und die Sicherheit erhöht. Die höhere Transparenz wird durch öffentlich zugängliche und unveränderliche Aufzeichnungen von Transaktionen und Informationen ermöglicht. Diese Eigenschaften der Dezentralisierung und Transparenz machen die Blockchain-Technologie relevant für die Schaffung von Lösungen im Bereich der Nachhaltigkeit, insbesondere im Kontext Klimaschutz sowie der Kreislaufwirtschaft und Einhaltung von Menschenrechten entlang globaler Lieferketten.

Durch den Einsatz von Blockchain können innovative Lösungen entwickelt werden, die die Transparenz und Effizienz in verschiedenen Bereichen des Klimaschutzes erhöhen können. Im Folgenden werden einige mögliche Use-Cases von Blockchain im Bereich des Klimaschutzes beschrieben.

## 3.1 Energie und Mobilität

### Tokenisierung von Zertifikaten, Besitzrechten und CO<sub>2</sub>-Kompensation als Treiber der Energie- und Mobilitätswende

Das Thema Nachhaltigkeit ist in allen Lebensbereichen wie Wirtschaft, Bildung, Gesellschaft und Politik mit hoher Priorität angekommen. Die neuen Pflichten und Empfehlungen rund um Environmental, Social und Governance (ESG) motivieren bzw. zwingen insbesondere mittelgroße bis große Industrieunternehmen zum Handeln – primär zum Erfassen und Kompensieren von Treibhausgasemissionen. Eine der wichtigsten Maßnahmen zur Reduzierung sind die Treibhausgas-Quoten (THG-Quoten) in Deutschland. Treibhausgase sind unter anderem CO<sub>2</sub>, Methan und Lachgas. Die THG-Quoten sind ein Instrument, das Unternehmen dazu verpflichtet, eine bestimmte Menge an Treibhausgasemissionen zu reduzieren oder durch Klimaschutzprojekte auszugleichen, um die Klimaziele der Bundesregierung schneller zu erreichen.

Die THG-Quoten sind Teil des Emissionshandelssystems der EU und gelten für Unternehmen in den Bereichen Energie, Industrie und Luftverkehr. Jedes Jahr legt die Bundesregierung die THG-Quoten fest und verteilt sie an die Unternehmen. Die Unternehmen müssen dann ausreichend Quoten erwerben, um ihre tatsächlichen Emissionen

abzudecken. Wenn sie ihre THG-Quoten nicht erfüllen können, müssen sie Strafen zahlen. Diese Gelder werden unter anderem verwendet, um nachhaltige Projekte zu finanzieren, den Einsatz von erneuerbaren Energien zu fördern oder die Entwicklung von energieeffizienten, innovativen Technologien zu beschleunigen. Die THG-Quoten sind ein wichtiger Beitrag zur Energiewende und Nachhaltigkeit in Deutschland. Sie zwingen Unternehmen, ihre Treibhausgasemissionen zu reduzieren und in Klimaschutzprojekte zu investieren. Dadurch gelangen weniger Treibhausgase in die Atmosphäre und die Klimaziele der Bundesregierung können schneller erreicht werden. Gleichzeitig fördern die THG-Quoten den Einsatz von erneuerbaren Energien und die Entwicklung von energieeffizienten Technologien. Ein Weg der THG-Quoten sieht aktuell wie folgt aus:

In Form von jährlichen Einmalzahlungen wird der Besitz von Elektrofahrzeugen oder das Installieren und Betreiben von öffentlichen Ladesäulen belohnt. Dies wird in Form von Zertifikaten an Mineralölkonzerne verkauft. Somit zirkuliert das Geld von denen, die kompensieren müssen, zu denen, die in grüne Infrastruktur rund um die Energie- und Mobilitätswende investieren.

Der Prozess der THG-Quoten-Umsetzung mit dem Bundesumweltamt ist vom Ablauf her technologisch-rückständig und größtenteils manuell. Dadurch ist er nicht nur fehleranfällig, sondern auch zeitintensiv. Es haben sich Plattform- und Service Anbieter am Markt etabliert, die den Unternehmen dabei helfen, ihre THG-Prozesse regelkonform abzuwickeln.



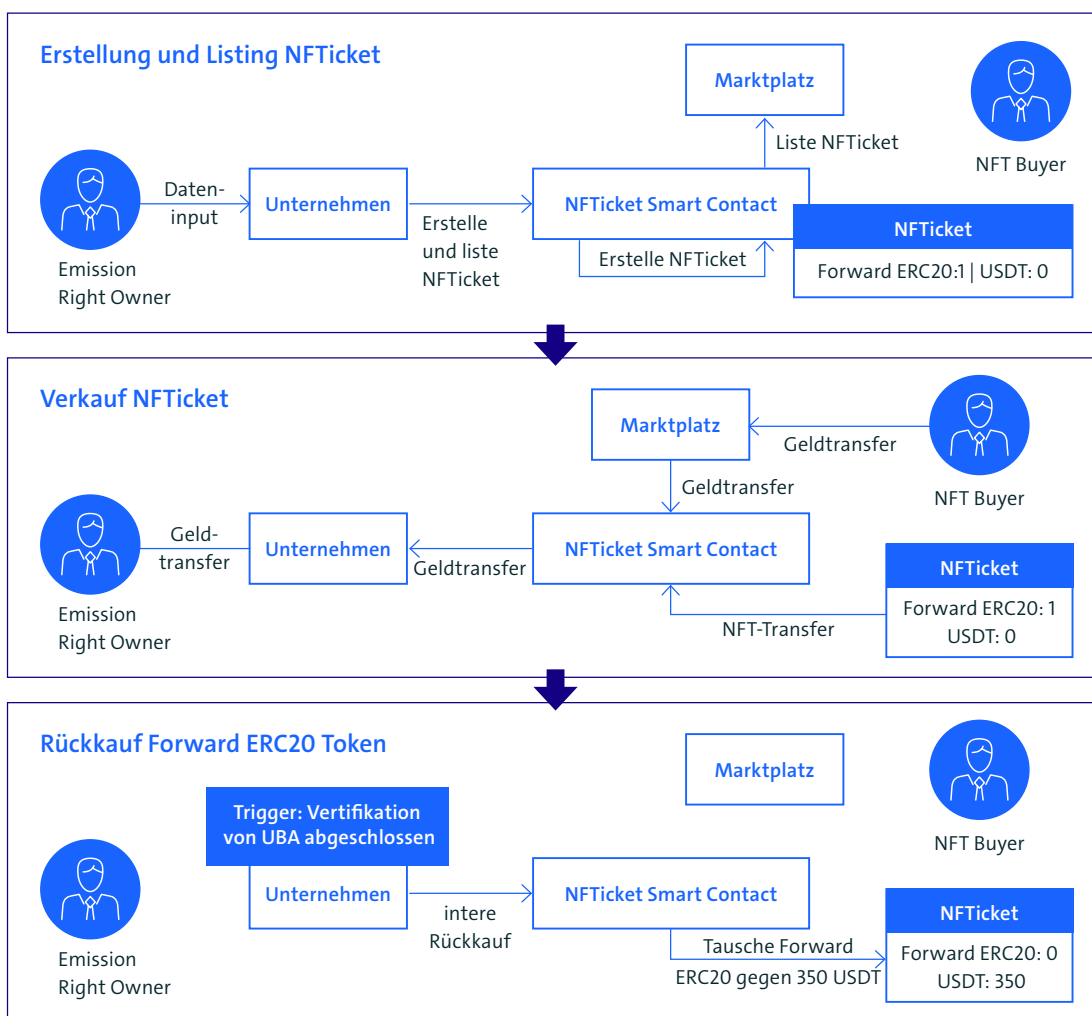
**Der Prozess sieht bisher wie folgt aus:**

Unternehmen A besitzt 100 Elektrofahrzeuge und meldet diese mittels der Fahrzeugidentifikationsnummer bei privaten Anbietern an, die daraufhin den Antrag beim Bundesumweltamt stellen. Nach drei bis vier Monaten Prüfung erfolgt im positiven Fall die Bestätigung und das Ausstellen des Zertifikats mit dem Recht auf eine vordefinierte, jährliche Einmalzahlung. Der THG-Quoten Anbieter verkauft dieses Zertifikat an die Mineralölkonzerne und zahlt das Unternehmen A für die 100 E-Fahrzeuge aus.

Mehrere Optimierungspotenziale bestehen entlang dieser sehr manuellen, zeitaufwendigen Prozesslandschaft. Fehleranfälligkeit, da Fahrzeuge teilweise doppelt von Unternehmen und Leasinggesellschaften angemeldet werden, Zeitverzug der Zahlun-

gen, fehlende Sicherheit und keine Historie zu den einzelnen Unternehmensprofilen sind nur einige Punkte der Optimierungsliste. Hier haben erste THQ-Quoten Anbieter bereits das Potenzial der Blockchain Technologie, genauer gesagt der Non-Fungible Token Standards (NFT), erkannt.

Mittels Verifiable Credentials wird jedes Kundenunternehmen mit einer digitalen, sicheren Identität und einer Wallet, sprich eines eindeutigen Schlüssel-Codes, ausgestattet. Daran können die Metadaten wie Fahrzeuge, Ladepunkte, kWh und andere Informationen als weitere »Credentials« angehängt werden. Meldet der THG-Quoten-Abwickler die grünen Assets einer Kundin bzw. eines Kunden an, wird dieses »Recht auf künftiges Geld« in Form eines eindeutigen NFTs ausgestellt. Der NFT wird über Handelsplattformen für grüne Zertifikate weiterverkauft.



**Funktionsweise der tokenisierten THG Quote als »Financial Forward«**

Im ersten Schritt wird das NFTicket erstellt und auf einem Marktplatz gelistet. Das NFTicket enthält den ForwardERC20 Token. Nach dem Kauf des NFTickets wird der Emission Right Owner (Person mit Emissionsrechten) ausgezahlt und der Käufer oder die Käuferin (NFT Buyer) erhält das NFTicket in die eigene Wallet. Nachdem der UBA Prozess abgeschlossen ist, wird der ForwardERC20 Token gegen eine Rückerstattungssumme getauscht. Die Differenz zwischen Rückerstattungssumme und ursprünglichen Kaufpreis ergibt den Gewinn für die Person, die den NFT gekauft hat.

Als digitale Marktplätze für grüne Zertifikate haben sich bereits einige Unternehmen auf diese neue Assetklasse spezialisiert und ermöglichen es somit, jeder Person in Umweltzertifikate und grüne Fonds zu investieren. Diese waren bisher nur exklusiven Finanzgruppen und Brokern zugänglich. Auf diese Art und Weise wird der Geldfluss aber auch die Teilhabe an Renditen in diesem Markt verändert und demokratisiert. Der THG-Quoten Anbieter kann diese Mittelflüsse nutzen, um die eigene Kundschaft schneller auszuzahlen. Sobald das Zertifikat vom Umweltamt erstellt ist und an einen Mineralölkonzern verkauft wurde, wird der Rückkauf-Prozess ausgelöst, der dem Smart Contract den automatisierten Befehl erteilt, das NFT-basierte Zertifikat zurückzuerwerben. Die entsprechende Halterin oder der Halter erhält den Kaufpreis und die Rendite in Kryptowerten. Jede dieser Transaktionen wird im Protokoll auf der Blockchain als Eintrag vermerkt. So können nicht fälschbare, vollständige Historien je Kundenunternehmen erstellt werden, die vor allem im Energiebereich durch Pflichten wie ESG-Reporting oder Audit-Prüfungen zwingend notwendig sind und den Unternehmen großen Prozessmehrwert stiften. Darüber hinaus profitieren die Unternehmen von einer erhöhten Prozesssicherheit, ganzheitlicher Automatisierung, Geschwindigkeit in den Auszahlungen und in Zukunft von weiteren Carbon-Credit-Kluster Produkten.

Technisch gesehen liegt darunter eine dezentrale Blockchain Plattform, die das Ausführen von Smart Contracts und die damit verbundenen Transaktionen ermöglicht. CELO ist ein solches Blockchain Netzwerk, das auf dem energieeffizienten Proof-of-Stake Mechanismus aufbaut, erneuerbare Energien nutzt und für eine Überkompensation des beim Rechenprozess entstandenen CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks sorgt.

Web3 Softwarefirmen entwickeln bereits heute auf den Plattformen die oben skizzierte Form von Applikationen und nutzen dafür unter anderem den NFT-Standard ERC-721 zur Tokenisierung von Umweltzertifikaten und Quoten-Ansprüchen. Der Vorteil liegt hierbei darin, dass Metadaten als Verifiable Credentials (VCs) in Form eines eindeutigen Tokens gebündelt werden können. Wird ein VC vorgelegt, löst es automatisch den Smart Contract aus. Dieser wickelt alles Ende-zu-Ende digitalisiert ab: von der Identifikation, Übertragung und dem Besitz bis zur finanziellen Transaktion. Bei diesem genannten Token Standard ist eine »Pull Back«-Funktion kodierbar und integrierbar. Diese ist notwendig, um damit ein THG-Quoten Anbieter im Falle der Zahlung durch die Mineralölkonzerne, das tokenisierte Recht auf zukünftiges Geld wieder zurückerwerben und die entsprechende Zahlung inklusive Rendite transferieren kann. Dies erfolgt hochgradig sicher von Anbieter-Wallet zu Kunden-Wallet.

Die Einführungen von Blockchain-Technologie und NFTs in den THG-Quoten-Prozess haben das Potenzial, die Effizienz und Sicherheit zu erhöhen und den Zugang zu Umweltzertifikaten und grünen Fonds zu demokratisieren. Durch die Nutzung von Blockchain-Plattformen und Web3 Softwarefirmen können Unternehmen ihre ESG-Reporting- und Audit-Anforderungen besser erfüllen und von den Vorteilen der digitalisierten Prozesse profitieren. Insgesamt tragen die Anwendungen von Blockchain-Technologie und NFTs dazu bei, den THG-Quoten-Prozess zu optimieren und die Energiewende und Nachhaltigkeit in Deutschland weiter voranzutreiben.

### Zusammenfassung

- THG-Quoten sind ein zentraler Mechanismus zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen und zur Förderung der Energiewende in Deutschland.
- Der aktuelle Prozess zur Implementierung der THG-Quoten ist technologisch veraltet und zeitaufwendig.
- Immer mehr Unternehmen nutzen Blockchain-Technologie und Non-Fungible-Token-Standards (NFT) zur Tokenisierung von Umweltzertifikaten und Quotenansprüchen.
- Dies ermöglicht verbesserte Prozesssicherheit, Automatisierung, schnellere Auszahlungen und die Entwicklung zukünftiger Carbon-Credit-Kluster-Produkte.
- Die Demokratisierung des Zugangs zu Umweltzertifikaten und grünen Fonds fördert eine breitere Teilnahme und Renditen in diesem Markt.

## 3.2 Grünstahlzertifikate

### Der neue Handelsmarkt für klimafreundlichen Stahl

Das Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats beim Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)<sup>3</sup> empfiehlt, bei der Transformation zur klimaneutralen Industrie auf die Schaffung grüner Leitmärkte und Klimaschutzverträge zu setzen. Ein grüner Leitmarkt ist ein staatlich geschaffener oder geförderter Markt für klimaneutral produzierte Produkte. Die Bundesregierung plant, die Transformation unter anderem zur klimaneutralen Stahlindustrie mit zusätzlichen staatlichen Programmen zu beschleunigen. Dabei setzt sie vor allem auf die Schaffung dieser grünen Leitmärkte. Dadurch sollen neue Märkte entstehen, die eine klimaneutrale Produktion über den Marktmechanismus in Gang setzen.

### Traditionelle Stahlherstellung und grüner Stahl im Vergleich

Stahl wird normalerweise auf eine traditionelle Art und Weise in der sogenannten Hochofenroute produziert. Dabei entsteht viel CO<sub>2</sub>, sowohl bei der Erhitzung als auch bei der Entfernung von Sauerstoff durch den Einsatz von Kohle und Kohlenmonoxid. Die Herstellung dieses »grauen« Stahls trägt zu 30 Prozent der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der deutschen Industrie und 6,8 Prozent der gesamten Emissionen in Deutschland bei.

Der Wissenschaftliche Beirat beim BMWK ist ein Organ von Sachverständigen, der den Bundesminister in wirtschaftspolitischen Fragen berät. In einem seiner Gutachten empfiehlt er die Schaffung grüner Leitmärkte und Klimaschutzverträge für die Transformation zur klimaneutralen Industrie.

<sup>3</sup> Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) – 2022. »Transformation zu einer klimaneutralen Industrie: Grüne Leitmärkte und Klimaschutzverträge«, [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Ministerium/Veroeffentlichung-Wissenschaftlicher-Beirat/transformation-zu-einer-klimaneutralen-industrie.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Ministerium/Veroeffentlichung-Wissenschaftlicher-Beirat/transformation-zu-einer-klimaneutralen-industrie.pdf?__blob=publicationFile&v=1). Abgerufen am 02.05.2023.

Im Gegensatz zum herkömmlichen Stahl, wird bei der Herstellung von »grünem« Stahl darauf geachtet, dass so wenig CO<sub>2</sub> wie möglich freigesetzt wird. Dazu wird beispielsweise grüner Wasserstoff oder elektrischer Strom aus erneuerbaren Energien verwendet.

### **Höhere Preise für klimaneutralen Stahl: Anreiz für Unternehmen zur Produktion von grünem Stahl**

Ein Stahl, der klimaneutral erzeugt wird, kann höhere Preise erzielen als herkömmlicher Stahl. Durch die steigende Nachfrage nach klimafreundlichen Produkten und die staatliche Förderung von grünen Leitmärkten können Unternehmen, die grünen Stahl produzieren, mit höheren Preisen rechnen. Kundinnen und Kunden sind zunehmend bereit, für umweltfreundlichere Produkte mehr zu bezahlen. Das ist für Unternehmen ein Anreiz, ihre Produktion umzustellen und grünen Stahl herzustellen.

Es gibt bereits Unternehmen, die auf die Herstellung von grünem Stahl setzen. So plant zum Beispiel Thyssen-Krupp bereits die Produktion von rund 400 000 Tonnen grünem Stahl. Auch in Schweden gibt es ein Gemeinschaftsprojekt von Stahlkonzernen, Bergwerksgesellschaften und Energieunternehmen namens HYBRIT<sup>4</sup>, welches sich der Herstellung von grünem Stahl verschrieben hat.

### **Tracking und Überprüfung von grünem Stahl: Herausforderungen und Probleme**

Das Tracking von grünem Stahl ist problematisch, da es derzeit keine einheitliche europäische Definition dafür gibt, was als »grüner« Stahl gilt. Auch gibt es keine zuverlässigen Methoden, um sicherzustellen, dass der produzierte Stahl tatsächlich den angegebenen klimaneutralen Standards entspricht. Ein weiteres Problem ist die Überprüfung der Lieferkette, da viele verschiedene Unternehmen und Länder an der Produktion von Stahl beteiligt sein können. Es ist schwierig, den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck des produzierten Stahls genau zu messen, da dies eine genaue Überwachung der eingesetzten Materialien und Energiequellen erfordert. Schließlich kann auch der Missbrauch von traditionellen Zertifikaten ein Problem darstellen, da Lieferkettenteilnehmer versuchen könnten, die Nutzung von »grünem« Stahl vorzutäuschen, um höhere Endkundenpreise zu erzielen.

<sup>4</sup> Vgl. Bundesverband der Energie und Wasserwirtschaft – 2022. »Wasserstoff statt Kohle: Wie wird Stahl grün?« ↗ <https://www.bdew.de/verband/magazin-2050/wasserstoff-statt-kohle-der-stahl-der-zukunft-ist-klimafreundlich/>. Abgerufen am 02.05.2023.

## Der Markt für Grünstahlzertifikate: Trennung von physischem Stahl und Nachweis von klimaneutraler Produktion durch digitale, handelbare Zertifikate

Der BMWK-Beirat plädiert für ein System, in dem Grünstahlzertifikate separat vom physischen Stahl gehandelt werden können. Dadurch können Effizienzgewinne erzielt, Marktzugang für ausländischer Unternehmen erleichtert und eine besser abgestimmte Regulierung ermöglicht werden. Der Grünstahlzertifikat-Markt könnte, wie vom Beirat vorgeschlagen, nach dem Vorbild anderer CO<sub>2</sub>-Zertifikate-Märkte aufgebaut werden. Dabei könnten Kontrollbehörden Standards für die Produktion von grünem Stahl festlegen, die von den Unternehmen erfüllt werden müssen, um Grünstahlzertifikate zu erhalten.

### Wie könnte eine effiziente, blockchainbasierte Lösung unter etablierter Kryptowertpapierregulierung für Grünstahlzertifikate aussehen?

Um die Transparenz und Handelbarkeit der Zertifikate zu gewährleisten, wird die Nutzung intelligenter Messsysteme zur Datenaufnahme sowie der Datenspeicherung durch Blockchain-Technologie vorgeschlagen. Diese würden es ermöglichen, transparent Datenpunkte der Stahlerzeugung zu erheben und unveränderbar zu speichern. Zudem könnte die bereits in Anwendung befindliche Kryptowertpapierregulierung nach eWpG<sup>5</sup> genutzt werden, um die digitale Handelbarkeit der Zertifikate an Börsen zu gewährleisten. Ein so strukturierter Zertifikatehandel würde es Unternehmen ermöglichen, grünen Stahl zu produzieren und die Grünstahlzertifikate separat zu vermarkten. Gleichzeitig würde dies einen Anreiz für die Herstellung von grünem Stahl schaffen und dazu beitragen, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß in der Stahlindustrie zu reduzieren.

### Die Schritte vom grünen Stahl zum Grünstahlzertifikat auf der Blockchain

1. Unternehmen, die grünen Stahl produzieren, müssen das Produktionsverfahren und den CO<sub>2</sub>-Ausstoß gegenüber Zertifizierungsunternehmen (z. B. TÜV), durch digitale Kontrollpunkte nachweisen.
2. Intelligente Messsysteme tracken unter anderem den Stromverbrauch für die Stahlproduktion. Außerdem werden weitere bilanzielle Produktionsparameter wie die Menge an grünem Wasserstoff oder elektrischem Strom aus erneuerbaren Energien erfasst.
3. Das Unternehmen erhält im Gegenzug digitale, blockchainbasierte Grünstahlzertifikate auf Kryptowertpapierbasis ausgeschüttet, die den tatsächlich produzierten grünen Stahl repräsentieren.

Eingeführt im Juni 2021, bildet das elektronische Wertpapiergesetz (eWpG) in Deutschland den Grundstein für den Handel mit elektronischen Wertpapieren und stellt einen bedeutenden Durchbruch in der Regulierung von Kryptowertpapieren dar.

<sup>5</sup> Das Kryptowertpapier ist ein Sonderfall des elektronischen Wertpapiers (elektronisches Wertpapier nach § 4 Abs. 1 eWpG) und stellt kein Zentralregisterwertpapier (Zentralregisterwertpapier nach § 4 Abs. 2 eWpG) dar.

4. Die digitalen Zertifikate sind losgelöst vom physischen Stahl, für den sie ausgestellt wurden und können an regulierten Marktplätzen gehandelt werden.
5. Unternehmen, die einen bestimmten Anteil ihrer Produktion mit Grünstahl herstellen möchten, können die gewünschte Menge Grünstahlzertifikate kaufen, um diese Produktion zu unterstützen.

Die Einführung eines Zertifikatehandels für grünen Stahl durch die Kombination von intelligenten Messsystemen, Blockchain-Technologie und eWpG-konformer Kryptowertpapierregulierung kann ein wichtiger Schritt zur Beschleunigung der Umstellung auf eine grüne Stahlproduktion sein.

Die Umstellung auf grünen Stahl kann die Gesamtemissionen eines Autos um ungefähr 25 Prozent reduzieren, wobei der Preis um weniger als 1 Prozent steigen würde. Wie bereits ausgeführt gibt es erste Unternehmen, die auf die Herstellung von grünem Stahl setzen. Unter anderem der wissenschaftliche Beirat des BMWK fordert eine Stärkung grüner Leitmärkte, um die EU-Industrie einen globalen Wettbewerbsvorteil zu verschaffen. Aber das erfordert einen effizienten, regulierten Zertifikatemarkt.

Investitionen in den Grundstoffsektor wie die Stahlindustrie sind entscheidend, um die Klimaneutralität bis 2045 zu erreichen. Mit der Anwendung der von uns vorgeschlagenen Technologien und existierenden Regulierungen können effektive Leitmärkte für grünen Stahl geschaffen werden, die die Transparenz, Effizienz und Handelbarkeit von Grünstahlzertifikaten erhöhen und den Übergang zu einer klimafreundlicheren Produktion beschleunigen.

#### **Zusammenfassung**

- Grünstahlzertifikate, ein Bestandteil der Empfehlungen des BMWK-Beirats, repräsentieren die echte grüne Stahlproduktion von Unternehmen.
- Grünstahl, klimaneutral durch grünen Wasserstoff oder erneuerbaren Strom produziert, kann höhere Preise erzielen und fördert so die Umstellung der Produktion.
- Ein Grünstahlzertifikate-Markt ermöglicht Produktion und Verkauf von Zertifikaten, mit Blockchain und intelligenten Messsystemen für Tracking und Überprüfung.
- Durch eWpG-konforme Kryptowertpapierregulierung können Grünstahlproduzenten effizient handelbare digitale Zertifikate erhalten.
- Der Handel mit Grünstahlzertifikaten ist ein entscheidender Schritt zur Beschleunigung der grünen Stahlproduktion.



## 3.3 CO<sub>2</sub>-Transparenz in der Lieferkette

### Mit der Blockchain zu mehr Transparenz in der Lieferkette

Im Zusammenhang mit Transparenz in der Lieferkette spielt CO<sub>2</sub> eine besonders hervorgehobene Rolle. Sowohl aktuelle Regulierungen wie die Corporate Sustainability Reporting Directive als auch erwartete Gesetze wie die europäische Sustainability Due Diligence Directive und Selbstverpflichtungen wie Klimaneutralitätsziele, beispielsweise nach Science Based Targets-Initiative, verlangen verstärkt Transparenz über den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck von Unternehmen. Dies gilt sowohl für den direkten Einflussbereich von Unternehmen als auch für den indirekten Einflussbereich, beispielsweise in ihrer Lieferkette. Studien zeigen, dass im Bereich Produkte rund 90 Prozent des Fußabdrucks in der Wertschöpfungskette entstehen. Um diesen Berichtspflichten Rechnung tragen zu können und Dekarbonisierungsaktivitäten zielgerichtet zu steuern ist Transparenz über anfallende CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Lieferkette von zentraler Bedeutung. Gleichzeitig zeigen sich in der Lieferkette besondere Herausforderungen, wenn Transparenz geschaffen werden soll.

1. Dazu gehört, dass die Datenqualität der vorliegenden Daten aufgrund manueller Datensammlung häufig mangelhaft oder intransparent ist. Berechnungen basieren häufig auf statistischen Werten aus Datenbanken und sind daher nicht wirklich produkt- und produktionsprozessspezifisch.
2. Veränderungen im Fußabdruck von Komponenten werden daher in der Regel nicht in den Fußabdrücken der Produkte der Kundschaft reflektiert.
3. Zudem sind die Berechnungen von CO<sub>2</sub>-Fußabdrücken nicht standardisiert, sodass nur bedingte Vergleichbarkeit gegeben ist.
4. Die Granularität der Daten, die notwendig wäre, um Transparenz und Steuerungswirkung zu entfalten, ist häufig nicht erreichbar. Das liegt an der Komplexität der Lieferketten und der Vielzahl der involvierten Akteure.
5. Gleichzeitig können Daten zu CO<sub>2</sub>-Fußabdrücken sensible Informationen enthalten und Rückschlüsse auf Betriebsgeheimnisse wie beispielsweise Produktionsprozesse oder andere sensible Firmeninformationen geben. Zudem werden Informationen insbesondere zu Produktfußabdrücken vermehrt auch im Wettbewerb zwischen Unternehmen, beispielsweise bei Einkaufsentscheidungen von Kundinnen und Kunden eine Rolle spielen. Daher sind Datensicherheit und Datensouveränität in diesem Zusammenhang besonders relevant.

Zur Bewältigung dieser Herausforderungen kann die Blockchain Technologie einen Beitrag leisten. Sie kann den Bedarfen nach Datensouveränität der verschiedenen Akteure gerecht werden. Gleichzeitig kann so ein Beitrag zur Verbesserung der Datenqualität geleistet werden und dadurch können die erhobenen Daten auch echte Steuerungswirkung entfalten.

Bis dato wird der Datenaustausch über Lieferketten hinweg technologisch häufig auf Basis von Online-Datenbanken wie das des International Material Data System der Automobilindustrie ermöglicht. Diese Datenbanken werden üblicherweise durch eine einzelne Organisation organisiert. Ein nächster Schritt in Richtung Dezentralität sind Data Connectors, wie sie beispielsweise in Catena-X genutzt werden. Data Connectors ermöglichen einen stärkeren selbstbestimmten Datenaustausch, auch über Organisationsgrenzen hinweg. Erste Anwendungen nutzen beispielsweise verifizierbare digitale Nachweise, um einen dezentralisierten Austausch von Daten zu ermöglichen und so die Transparenz zu erhöhen. Verifiable Credentials sind digitale und kryptographisch gesicherte Nachweise, die die gleichen Informationen enthalten wie bekannte physische Nachweise, beispielsweise ein Führerschein oder ein Reisepass. Die Eigenschaften dieser verifizierbaren digitalen Nachweise (Aussteller, Echtheit, Gültigkeit etc.) werden mithilfe von Blockchain-Technologie dauerhaft und unveränderbar gespeichert und zugleich für bestimmte Nutzergruppen zugänglich gemacht. Die Technologie ermöglicht so den vertrauensvollen Austausch von Daten unter ihren Nutzenden ohne, dass die Akteure selbst notwendigerweise einander vertrauen müssen.

Damit können Produkthersteller die Informationen über CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke von Komponenten oder Produkten mithilfe von Verifiable Credentials mit ihren direkten Kundinnen und Kunden in der Lieferkette teilen, ohne dass sich alle Akteure kennen oder vertrauen müssen. Dazu erstellen Personen mit Expertise in Bezug auf Nachhaltigkeit Produktfußabdrücke (Product Carbon Footprints, PFC), die angeben, welche Menge an Treibhausgasen durch eine Aktivität (z. B. Produktion und Nutzung eines Produkts) freigesetzt werden. Dies geschieht auf Basis existierender Standards wie der ISO 14067 oder dem GHG Protocol. Das so erstellte Verifiable Credential kann der Produkthersteller nutzen, um seine Kundschaft über den Product Carbon Footprint seines verkauften Produkts zu informieren. Die Kundinnen und Kunden wiederum können Public Digital Keys des Herstellers nutzen, um die Richtigkeit der Zertifikate zu prüfen. In einer komplexen Lieferkette mit vielen Stationen kann so Transparenz über die Fußabdrücke von Produkten und Komponenten geschaffen werden. Außerdem können weitere Informationen oder Attribute geteilt werden, u. a. die Gültigkeit des Fußabdrucks, Qualitätsmerkmale der Berechnung wie der verwendete Standard oder die darunterliegende Datenqualität. Dabei bleiben jedoch vertrauliche Details wie die Identität von Lieferanten in nachgelagerten Stufen der Lieferkette – also Lieferanten von Lieferanten – Stücklisten oder Materialdaten für die Endkundinnen und -kunden nicht sichtbar. Somit werden strategisch relevante Daten geschützt und nicht mit der Lieferkette geteilt. Die Hersteller von Produkten behalten also die Kontrolle über ihre Emissionsda-

ten und können entscheiden, mit welchen Partnern sie welche Informationen teilen. Durch die stärkere Transparenz bezüglich der Fußabdrücke als auch der darunterliegenden Attribute der Fußabdruckberechnung, wie Datenqualität, verwendeter Standard, Gültigkeit der PCF-Berechnung und ähnlicher Aspekte, wird die Datenqualität über die gesamte Lieferkette verbessert. Es kann vermehrt auf Primärdaten aus Produktionsprozessen statt auf Sekundärdaten aus allgemeinen Datenbanken zurückgegriffen werden. Außerdem werden Anreize geschaffen exaktere PCF zu berechnen und es wird erstmalig evidenzbasiert die Möglichkeit geschaffen, Einkaufsprozesse CO<sub>2</sub>-orientiert zu steuern. So kann ein Beitrag zur Dekarbonisierung globaler Lieferketten geleistet werden.

#### **Zusammenfassung**

- Die Dekarbonisierung von globalen Lieferketten ist ein bedeutender Hebel für die nachhaltige Transformation der Weltwirtschaft.
- Eine große Herausforderung in der Dekarbonisierung von Lieferketten ist die Transparenz über die entstehenden Emissionen sowie die Datenqualität in komplexen, globalen Lieferketten.
- Zur Bewältigung dieser Herausforderung kann die Blockchain Technologie einen Beitrag leisten, indem sie trustless Kommunikation und Datenaustausch über die Lieferkette ermöglicht, bei gleichzeitiger Wahrung der Datensouveränität.
- Erst durch mehr und bessere Daten über Emissionen, die in der Lieferkette entstehen, lassen sich Produktdesign-, Einkaufs-, Produktions- und Distributionsprozesse zielorientiert nach mehreren Kriterien wie CO<sub>2</sub>-Intensität und Kosten steuern.

# 4 Herausforderungen und Risiken der Blockchain-Technologie im Hinblick auf Nachhaltigkeit

Die Blockchain-Technologie hat sich seit ihrer Einführung im Jahr 2008 als bahnbrechendes und disruptives Instrument etabliert. Ursprünglich entwickelt, um Kryptowerte wie Bitcoin zu ermöglichen, hat die Technologie ihre Reichweite erheblich erweitert und eine Vielzahl von Anwendungsfällen und Projekten in verschiedenen Branchen hervorgebracht. Derzeit durchläuft die Blockchain-Technologie eine entscheidende Entwicklungsphase, die metaphorisch als ihre »adoleszenten Jahre« bezeichnet werden kann. Gerade im Hinblick auf Nachhaltigkeit und Klimaschutz gibt es vielfältige Herausforderungen und Risiken, die während dieser Entwicklungsperiode entstehen können und welche es zu bewältigen gilt.

In dem folgenden Abschnitt werden einige kritische Punkte in Bezug auf Nachhaltigkeit und Klimaschutz im Zusammenhang mit der Blockchain-Technologie näher beleuchtet. Es wird dabei sowohl auf die Herausforderungen und Risiken im Hinblick auf den Energieverbrauch, E-Waste und Ressourcenverbrauch als auch auf die Anreize für Entwickler und Betreiber eingegangen, umweltfreundliche Lösungen zu implementieren und erneuerbare Energiequellen zu nutzen. Durch die Betrachtung dieser Aspekte soll ein umfassenderes Verständnis für die ökologischen Auswirkungen der Blockchain-Technologie gewonnen und potenzielle Lösungsansätze für eine nachhaltigere und klimafreundliche Entwicklung dieser innovativen Technologie aufgezeigt werden. Anschließend werden aktuelle Entwicklungen evaluiert, welche diesen Herausforderungen auf vielfältige Weise begegnen.

Der Proof-of-Work-Konsensmechanismus erfordert, dass eine Zufallszahl durch Ausprobieren »erraten« wird, um neue Blöcke zur Blockchain hinzuzufügen. Dieser Prozess wird in der Regel von speziellen Computern (den sogenannten »Minern« vorgenommen), ist sehr rechenintensiv und verbraucht daher viel Energie.

## 4.1 Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen

Einer der Hauptkritikpunkte an der Blockchain-Technologie ist ihre Energieintensität. Insbesondere Proof-of-Work-Konsensmechanismen, die in einigen Blockchain-Netzwerken wie Bitcoin verwendet werden, verbrauchen große Mengen an Energie. Dies führt zu Umweltbedenken. In Reaktion auf diese Umweltbedenken wurden alternative Konsensmechanismen entwickelt, die weniger Energie verbrauchen und somit als nachhaltiger wahrgenommen werden. Beispiele dafür sind Proof-of-Stake und Delegated Proof-of-Stake. Bei diesen Mechanismen wird die Fähigkeit, neue Blöcke zur Blockchain hinzuzufügen, nicht durch das Erraten von Zufallszahlen, sondern durch den Besitz von Coins oder Tokens im Netzwerk bestimmt. Diese Mechanismen sind weniger rechenintensiv und verbrauchen daher deutlich weniger Energie.

Außerdem tragen sie dazu bei, die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Blockchain-Technologie erheblich zu reduzieren.<sup>6</sup>

Gleichzeitig wird diskutiert inwiefern das Bitcoin-Netzwerk unter gewissen Umständen bei dem Umstieg auf erneuerbare Energien unterstützend wirken kann. Mehr dazu in ↗ Kapitel 5. Wichtig ist außerdem, den Stromverbrauch nicht alleinstehend zu betrachten, sondern auch den CO<sub>2</sub>-Ausstoß, der mit dem Stromverbrauch verbunden ist. Wenn ein Netzwerk beispielsweise 100 Prozent erneuerbare Energien nutzt, würde der Stromverbrauch zwar bestehen, aber der CO<sub>2</sub>-Ausstoß wäre eliminiert.

Zusätzlich sollte das Einsparpotenzial von Ressourcen und Energie bei der Verwendung der Blockchain-Technologie berücksichtigt werden. Die Blockchain-Technologie hat nicht nur das Potenzial, die veralteten und heterogenen IT-Infrastrukturen in vielen Branchen zu optimieren oder sogar zu ersetzen, sondern auch durch die Digitalisierung ineffizienter Prozesse und die Verkürzung von Prozessketten, netto Energieeinsparungen zu erzielen und positive Auswirkungen auf die Nachhaltigkeitsziele von Unternehmen zu haben.

## 4.2 Elektronikabfälle und Ressourcenverbrauch

Die Blockchain-Technologie, insbesondere das sogenannte »Mining« von Kryptowerten stellt eine erhebliche Herausforderung in Bezug auf Elektronikabfälle (E-Waste) und Ressourcenverbrauch dar. Diese Problematik lässt sich auf den hohen Bedarf an spezieller Hardware zurückführen, darunter leistungsstarke Grafikkarten und spezielle Mining-Geräte wie sogenannte Application-Specific Integrated Circuits (ASICs). Die Nutzungsdauer dieser Geräte ist ebenso wie in anderen Branchen begrenzt, da technologische Fortschritte ständig neuere, effizientere Modelle hervorbringen. Dadurch wird ältere Hardware überflüssig und muss entsorgt werden, was zu einem Anstieg von Elektronikabfällen führt. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass viele moderne Blockchains Alternativen zum Proof-of-Work-Mechanismus entwickelt haben, um die damit verbundenen Umwelt- und Ressourcenprobleme zu mildern.

<sup>6</sup> Vgl. Wuppertal Institut – 2021, »Blockchains nachhaltig gestalten – Vorschlag von nachhaltigkeitsorientierten Entscheidungskriterien und eines Verfahrenskonzepts für die Umsetzung staatlich geförderter oder initiiertes Projekte im Bereich Blockchain (Wuppertal Report Nr. 21)«, ↗ <https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7815/file/WR21.pdf>. Abgerufen am 17.05.2023.

# 5 Aktuelle Entwicklung und Ausblick

## 5.1 Regenerative Finance (ReFi)

Vor mehr als 14 Jahren begann mit dem Bitcoin-Netzwerk eine Entwicklung, die darauf abzielte, den Zugang zu Finanzmitteln zu demokratisieren und die etablierten Finanzsysteme zu transformieren. Der beispiellose Aufstieg zahlreicher Krypto-Anwendungen versprach eine prosperierende, dezentrale Zukunft. Trotz des vorhandenen Potenzials wird das volle Potenzial dieses Ökosystems bisher nicht vollständig ausgeschöpft. Im Hinblick auf die aktuellen Entwicklungen scheint es, dass Unternehmen, die sich im Bereich des dezentralen Finanzwesens (DeFi) engagieren wollen, greifbaren und nachhaltigen Wert schaffen müssen.

In diesem Kontext entwickelte sich Regenerative Finance (ReFi) als Trendthema im Web3. ReFi ist eine innovative Bewegung, welche die Prinzipien des sogenannten Regenerativen Kapitalismus aufgreift und vom Wirtschaftswissenschaftler John Fullerton im Jahr 2015 geprägt wurde. Durch die Nutzung innovativer Technologien wie künstlicher Intelligenz, Internet of Things und DLT, zielt ReFi darauf ab, Volkswirtschaften integrativer und nachhaltiger zu gestalten.

ReFi nutzt die Vorteile der Blockchain-Technologie, um auf regulatorische Anforderungen und Kundenwünsche zu reagieren und unterstützt innovative Geschäftsmodelle, die auf erneuerbaren Energien, Kreislaufwirtschaft und Umweltschutz ausgerichtet sind. Unternehmen und Finanzinstitute können durch ReFi nachhaltige Praktiken fördern und den Übergang zu einer regenerativen Wirtschaft ermöglichen und beschleunigen.

Seit dem Aufkommen dieser Trendbewegung vor etwa zwei Jahren hat sich ein prosperierendes Start-Up-Ökosystem mit über 500 Anbietern weltweit gebildet. Sie arbeiten gezielt daran, den Handel mit Zertifikaten wie CO<sub>2</sub>, Plastik oder Biodiversität transparenter, liquider und rückverfolgbarer zu gestalten.

ReFi ist deshalb ein vielversprechendes Konzept in der Blockchain-Wirtschaft. Es verbessert Finanzierungsmöglichkeiten für nachhaltige Projekte und schafft gleichzeitig eine dezentrale, transparente und sichere Finanzinfrastruktur. Es ist der Schlüssel, um den Übergang zu einer klimafreundlicheren und nachhaltigeren Wirtschaft zu beschleunigen. Auch innerhalb des Bitcoin-Netzwerkes wird teilweise ein Nutzen der Blockchain zur Umstellung des Energiesystems auf erneuerbare Energien gesehen.

## 5.2 Bitcoin und die Netzstabilität

Auch wenn es zunächst kontraintuitiv erscheint, kann das Bitcoin-Netzwerk dazu beitragen, die Klimaziele zu erreichen. Konkret kann es Strom ortsunabhängig und sehr flexibel abnehmen. In diesem Zusammenhang muss zunächst verstanden werden, dass das Stromnetz stets ausbalanciert sein muss, um nicht zusammenzubrechen. Das bedeutet, dass die eingespeiste und abgenommene Menge an Energie annähernd gleich sein muss und keine starken Abweichungen auftreten dürfen. Im Zusammenhang mit der Energiewende ergibt sich eine Herausforderung: Die Regulierung von Wind- und Sonnenenergie gestaltet sich schwieriger als bei anderen Energiequellen. Zudem ist der Transport von Strom über große Entfernungen aufgrund hoher Übertragungsverluste ineffizient. Außerdem besteht weiterhin ein Mangel an kosteneffizienten Speicherlösungen für größere Strommengen.

Die genannten Gründe führen dazu, dass in Zeiten hoher Produktion und geringer Abnahme viele Windkraftanlagen oder Photovoltaikanlagen vorübergehend vom Netz genommen werden. Dies hat Auswirkungen, wie etwa finanzielle Belastungen für die Gesellschaft. Um die Nutzung erneuerbarer Energien zu fördern, hat der Staat das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) eingeführt. Dieses Gesetz bietet den Betreibern der Anlagen ein steuersubventioniertes Anreizsystem, das ihnen einen garantierten Strompreis zusichert, selbst wenn der Strompreis an den öffentlichen Börsen negativ ist. Die Kosten für diese Subventionen tragen die Bürgerinnen und Bürger über ihre Steuern.

Dementsprechend werden nicht weniger, sondern mehr erneuerbare Energien benötigt, um eine möglichst nachhaltige Energieproduktion zu gewährleisten. Dies könnte durch politische Maßnahmen erreicht werden, beispielsweise durch verstärkte staatliche Investitionen in das Energiesystem. Das kann den Betrieb solcher Anlagen rentabel machen. Die Finanzierung müsste jedoch von den Steuerzahlenden getragen werden, was aufgrund der enormen finanziellen Anforderungen unrealistisch erscheint. An dieser Stelle könnte das Bitcoin-Mining eine Rolle spielen.

Bitcoin-Miner sind in der Größe variabel, einige Modelle sind nicht größer als ein Schuhkarton, während andere eine erhebliche Größe erreichen können. Kombiniert mit entsprechenden Batteriesystemen und einem optimierten Einsatz, könnte ein flexibler Bedarf geschaffen werden. Das bedeutet, wenn ein Überschuss an Strom im System ist, der anderweitig nicht genutzt werden kann, könnte der Miner diesen überschüssigen Strom nutzen. Die durch diesen Prozess erzeugten Bitcoin könnten am freien Markt verkauft oder gehalten werden. Durch die Schaffung einer zusätzlichen Einnahmequelle für die Betreibenden von Anlagen erneuerbarer Energien könnte dann im Umkehrschluss auf eine Quersubventionierung durch Steuergelder verzichtet werden. Dies könnte eine höhere verfügbare Grundlast mit erneuerbaren Energien im System ermöglichen, die ohne den Einsatz von Bitcoin-Minern nicht erreichbar gewesen wäre.

Die Politik müsste eine engere Zusammenarbeit mit den Akteuren auf dem deutschen und europäischen Markt anstreben, um den potenziellen Einfluss von Proof-of-Work auf die Energiewende zu untersuchen. Wichtig wäre, zumindest die Möglichkeiten von Bitcoin im Hinblick auf die Netzstabilität zu untersuchen. Es ist jedoch zu betonen, dass Bitcoin-Mining nur eine von vielen potenziellen Lösungen für das Problem der überschüssigen Energie aus erneuerbaren Quellen ist. Andere Ansätze, wie verbesserte Energiespeicherung und -verteilung, könnten ebenfalls effektive Lösungen bieten.



# 6

## Fazit

Nachhaltigkeit und Klimaschutz sind Leitthemen unserer Zeit. Die Weiterentwicklung der Blockchain-Technologie bietet neue Möglichkeiten, technologiebasierte Lösungen für wirtschaftliche und gesellschaftliche Herausforderungen zu finden. Allerdings entstehen mit dem Einsatz neuer Technologien, auch bei der Nutzung von Blockchain, neue Herausforderungen. Ein hoher Energieverbrauch und die Erzeugung von Elektronikabfällen sind Probleme, die nicht außer Acht gelassen werden dürfen. Gleichzeitig verdeutlichen die Fortschritte im DeFi-Sektor und die Diskussionen über die Nutzbarkeit von Bitcoin-Mining zur Netzstabilisierung, dass ein Bewusstsein im Sektor vorhanden ist und dass viele Menschen proaktiv an pragmatischen Lösungen arbeiten. Die aktuellen Entwicklungen und die genannten Beispiele von bereits heute aktiven Projekten, die verschiedenste ESG-Bereiche unterstützen, beweisen, dass die oft verbreitete Simplifizierung von Blockchain als Klimakiller unzutreffend ist. Es bedarf mutiger und entschlossener Maßnahmen, um den Dialog zwischen Industrie, Politik und Gesellschaft zu erweitern und zu intensivieren. Der Fokus sollte dabei nicht auf der Verhinderung neuer Technologien liegen, sondern auf der sorgfältigen Prüfung und dem effektiven Einsatz von Innovationen, um deren Beitrag zum Klimaschutz zu maximieren. Gleichzeitig ist es essenziell, geeignete Regulierungen zu finden, um Klarheit für die Industrie zu schaffen. Dabei sollte vermieden werden, alte Regulierungen aus Bequemlichkeit auf neue Herausforderungen anzuwenden.

Die angestrebten Maßnahmen sollen darauf abzielen, die Vorteile der Blockchain-Technologie zu nutzen und gleichzeitig potenzielle Risiken und Missbrauchsfälle zu minimieren. Durch die Einführung klar definierter Regulierungen für Blockchain-Lösungen können sowohl Verbraucherinnen und Verbraucher als auch Unternehmen von einem transparenten und sicheren Rahmen für den Einsatz dieser Technologien profitieren. Technologien wie die Blockchain haben ihre eigenen, spezifischen Vor- und Nachteile und müssen dementsprechend eruiert werden. Nur dadurch können neue und innovative Geschäftsmodelle einen effizienten Beitrag zum Klimaschutz leisten. Um die Effekte des Klimawandels zu verringern, müssen alle verfügbaren Technologien und Geschäftsmodelle auf ihre Eignung geprüft werden, bei Bedarf eingesetzt und regelmäßig mit neuen Innovationen verglichen werden.

Bitkom vertritt mehr als 2.200 Mitgliedsunternehmen aus der digitalen Wirtschaft. Sie generieren in Deutschland gut 200 Milliarden Euro Umsatz mit digitalen Technologien und Lösungen und beschäftigen mehr als 2 Millionen Menschen. Zu den Mitgliedern zählen mehr als 1.000 Mittelständler, über 500 Startups und nahezu alle Global Player. Sie bieten Software, IT-Services, Telekommunikations- oder Internetdienste an, stellen Geräte und Bauteile her, sind im Bereich der digitalen Medien tätig, kreieren Content, bieten Plattformen an oder sind in anderer Weise Teil der digitalen Wirtschaft. 82 Prozent der im Bitkom engagierten Unternehmen haben ihren Hauptsitz in Deutschland, weitere 8 Prozent kommen aus dem restlichen Europa und 7 Prozent aus den USA. 3 Prozent stammen aus anderen Regionen der Welt. Bitkom fördert und treibt die digitale Transformation der deutschen Wirtschaft und setzt sich für eine breite gesellschaftliche Teilhabe an den digitalen Entwicklungen ein. Ziel ist es, Deutschland zu einem leistungsfähigen und souveränen Digitalstandort zu machen.

**Bitkom e.V.**

Albrechtstraße 10  
10117 Berlin  
T 030 27576-0  
bitkom@bitkom.org

[bitkom.org](https://www.bitkom.org)

**bitkom**