



Blockchain-Technologie und Dekarbonisierung: Energieverschwendung oder Booster?

Digital Day 22, 21.9.2022, Bozen

Prof. Dr. Jens Strüker

Universität Bayreuth,
Rechts- und Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät
Professur für Wirtschaftsinformatik und Digitales Energiemanagement

Kernkompetenzzentrum Finanz- & Informationsmanagement

Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT,
Institutsteil Wirtschaftsinformatik,
Leitung des Fraunhofer Blockchain-Labors



Prof. Dr. Jens Strüker
Dekarbonisierung durch
Digitalisierung
Token Economics
Echtzeit-Energiewirtschaft



Branch Business & Information
Systems Engineering,
Fraunhofer Institute for Applied
Information Technology FIT



Research group on sustainable energy management and mobility

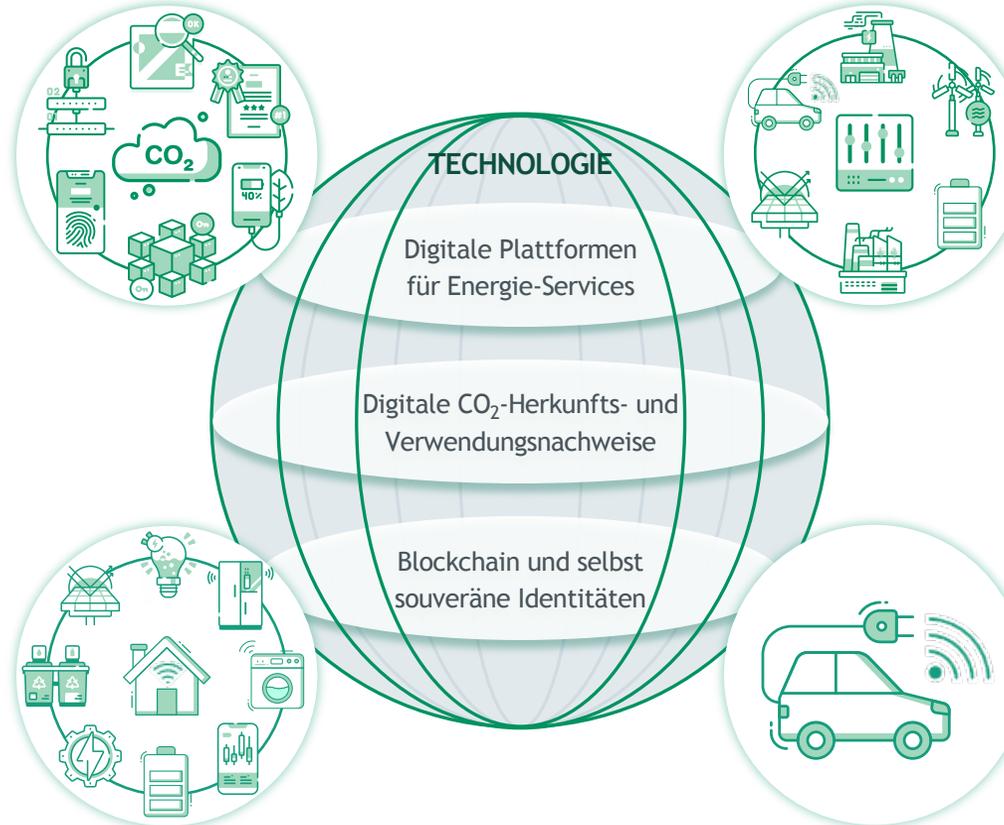
Unsere Expertise im Bereich Digitales Energiemanagement umfasst ein breites Spektrum

Nachhaltige Produktion Verifikation

- Digitalisierung und Energiemanagement für Produktion und Geschäftsprozesse
- Transparenz von CO₂-Fußabdrücken
- Analyse von Strom, Wasser und mehr

Nachhaltiges Wohnen

- Sektorenkopplung und Integration von lokaler Erzeugung und Prosumer-Haushalten
- Energiemanagement und Data Analytics
- Anlagenscharfe CO₂-Nachweise für Strom



Nachhaltige Produktion Aktive Steuerung

- Integration in Flexibilitätsmärkte
- Innovative Regulierung für Echtzeit-Energiesysteme
- Geschäftsmodelle und Regulierung

Nachhaltige Mobilität

- E-Mobilität und Mobilitätsservices
- Intelligente und nachhaltige Ladestrategien
- Interoperabilität von Ladeanbietern

Digitalisierung ermöglicht Echtzeit-Energiewirtschaft und unterstützt Unternehmen dabei, ihre CO₂-Emissionen aktiv zu managen und zu senken.

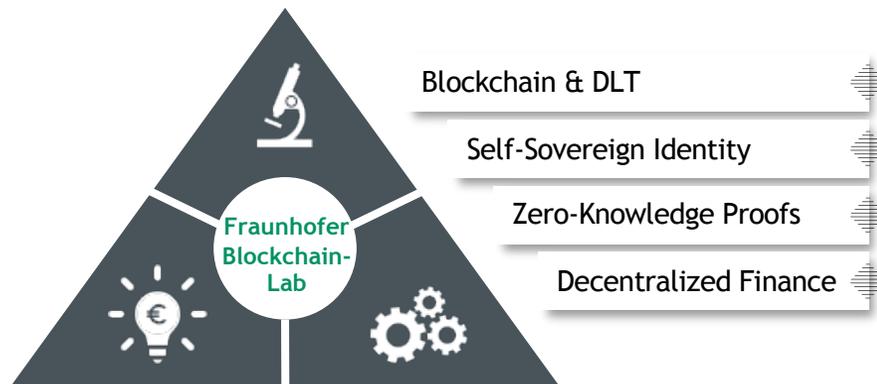
Icons made by Freepik and DinosoftLabs from www.flaticon.com

Das Fraunhofer Blockchain-Labor



Fraunhofer Blockchain-Labor

- Das Fraunhofer Blockchain-Labor ist eine multidisziplinäre Einrichtung zur **Konzeption, Entwicklung und Evaluation von Blockchain-Lösungen und dezentralen Systemen.**
- Wir bieten **nachhaltige, innovative und wertstiftende IT-Lösungen für allen Branchen.**



Workshops,
Vorträge &
Schulungen



Konzepte,
Analysen,
& Studien



Prototypen,
MVPs, &
Netzwerkaufbau



Publikationen &
Wissenschaftliche
Community



Unser Leistungsspektrum



Wissenschaftliche Begleitung

- Anwendung wissenschaftlicher Methoden im interdisziplinären Umfeld
- Überführung aktueller Erkenntnisse aus der Forschung in praxistaugliche, integrative Anwendungen

#State-of-The-Art



Geschäftsmodell-Entwicklung

- Begleitung aus rechtlicher, ökonomischer und technischer Perspektive
- Anforderungs- und Potentialanalysen neuer Technologien
- Einordnung und Entwicklung von disruptiven Geschäftsmodellen

#Value-Driven



Technologie-Implementierung

- Konzeptionierung technischer Systeme aufbauend auf Blockchain und anderen dezentralen Lösungen
- Implementierung von Prototypen mit Hilfe agiler Methoden sowie deren technische Evaluierung

#Cutting-Edge

Agenda

01 | Was ist eine Blockchain?

02 | Blockchain =
Energieverschwendung?

03 | Notwendigkeit der Erfassung von
Emissionsdaten im Rahmen der
Dekarbonisierung

04 | Digitale CO₂-Nachweise &
Blockchain-Technologie

05 | Beispiele Digitaler Produktpass
& CBAM

06 | Zusammenfassung und Ausblick

1

Was ist eine Blockchain?

Was ist Bitcoin?

It's "everything you don't understand about money combined with everything you don't understand about computers"

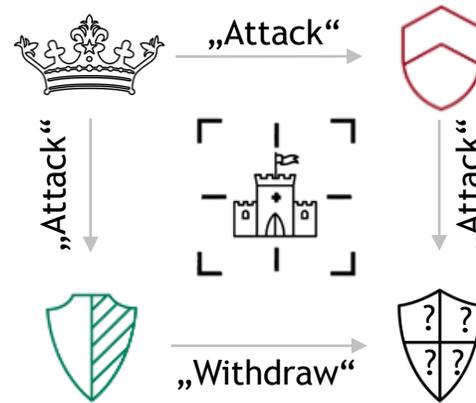
John Oliver
[Last Week Tonight](#)
published 11/03/2018

Blockchain: Ein neues Computing-Paradigma?

Wenn Blockchain die Lösung ist, was genau ist das Problem?



Anno: 1453



Ein koordinierter Angriff führt zum Sieg
Ein unkoordinierter Angriff führt zur Niederlage

Ein Konsens über den Zustand des Netzwerkes ist notwendig

Quelle: <https://people.eecs.berkeley.edu/~luca/cs174/byzantine.pdf>

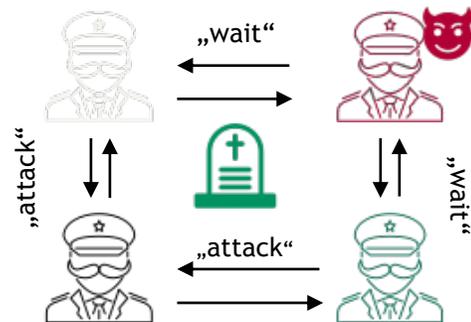
Das Byzantinische Generalsproblem

Problem

- Eroberung Konstantinopels durch das Osmanische Reich im Jahr 1453
- Jede Einheit hat seinen eigenen General
- Die Generale können nur über Boten kommunizieren
- Mindestens ein bestimmter Teil der Einheiten muss gleichzeitig angreifen, sonst droht der Tod
- Es kann **Verräter** geben, die auf den Tod von Einheiten abzielen

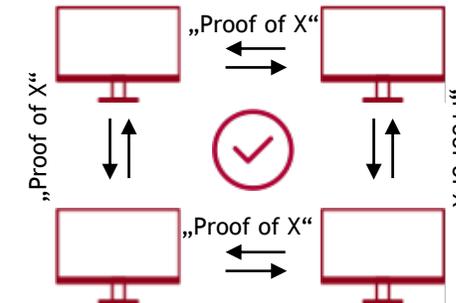
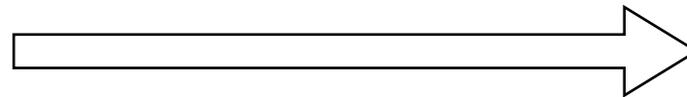
Wie kann ein General einem Schlachtplan vertrauen, damit seine Einheit nicht in den sicheren Tod laufen?

Bezug auf die Blockchain



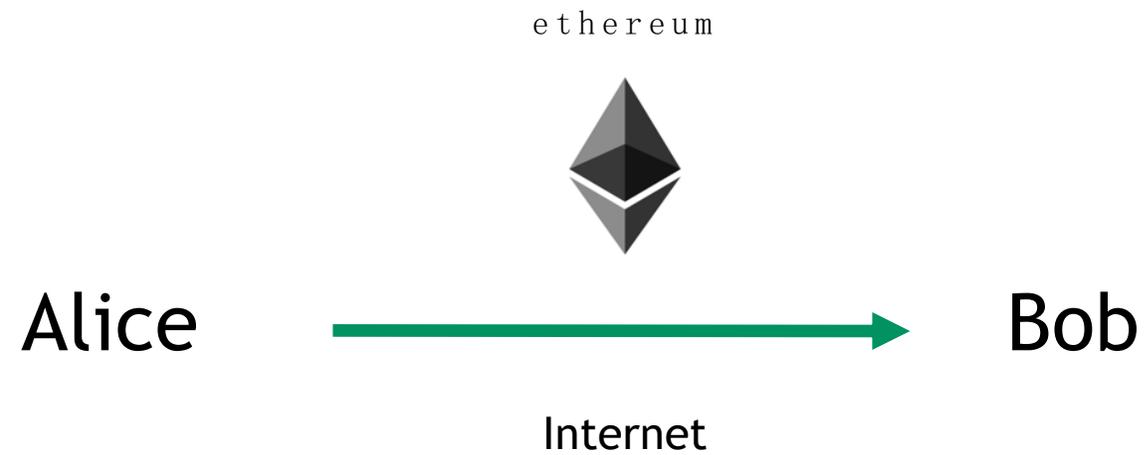
- Einheit des schwarzen Generals fällt, weil roter General kompromittiert wurde

- Generale \triangleq Netzwerkteilnehmer
- Vereinbarung \triangleq Konsensmechanismus
- Schlachtplan \triangleq Transaktionshistorie der Blockchain



- Jeder Netzknoten hat die gleiche Transaktionshistorie

Wie kann das Kopieren und das Verändern digitaler Güter verhindert werden?



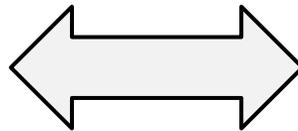
Double Spending erfolgt in digitalen Umgebungen durch Kopieren digitaler Dateien ohne Beschränkungen

Problem

Real World
Money can only be spent once



Coins and banknotes are issued by control authorities, such as a central bank



Digital World
Token can be spent several times

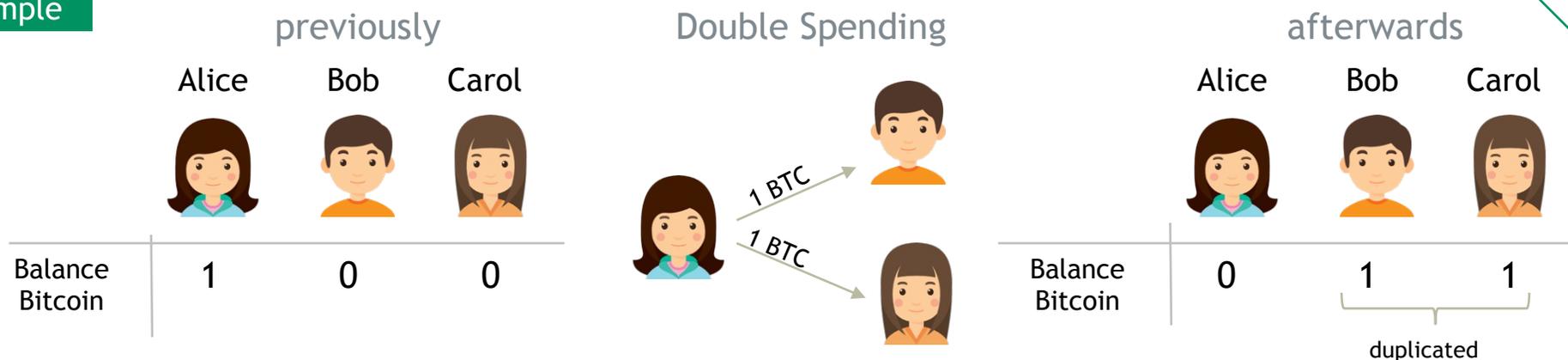


In a digital world no central control authorities exist



Files can be copied easily

Example



Die Kryptowährung Bitcoin ist die erste praktische Anwendung der Blockchain-Technologie

Bitcoin

- 2008 the birth of the Blockchain through the white paper "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System" published by the pseudonym Satoshi Nakamoto.
- Combines old-known technologies:
 - Hash functions
 - Asymmetric encryption
 - Peer-to-peer network
 - Merkle Tree
- First efficient solution of problems like
 - Double Spending
 - Byzantine Generals



Current market capitalization

[10/11/2021]

EUR 932 Billions

Source: coinmarketcap.com

Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System

Satoshi Nakamoto
satoshi@gmx.com
www.bitcoin.org

Abstract. A purely peer-to-peer version of electronic cash would allow online payments to be sent directly from one party to another without going through a financial institution. Digital signatures provide part of the solution, but the main benefits are lost if a trusted third party is still required to prevent double-spending. We propose a solution to the double-spending problem using a peer-to-peer network. The network timestamps transactions by hashing them into an ongoing chain of hash-based proof-of-work, forming a record that cannot be changed without redoing the proof-of-work. The longest chain not only serves as proof of the sequence of events witnessed, but proof that it came from the largest pool of CPU power. As long as a majority of CPU power is controlled by nodes that are not cooperating to attack the network, they'll generate the longest chain and outpace attackers. The network itself requires minimal structure. Messages are broadcast on a best effort basis, and nodes can leave and rejoin the network at will, accepting the longest proof-of-work chain as proof of what happened while they were gone.

1. Introduction

Commerce on the Internet has come to rely almost exclusively on financial institutions serving as trusted third parties to process electronic payments. While the system works well enough for most transactions, it still suffers from the inherent weaknesses of the trust based model. Completely non-reversible transactions are not really possible, since financial institutions cannot avoid mediating disputes. The cost of mediation increases transaction costs, limiting the minimum practical transaction size and cutting off the possibility for small casual transactions, and there is a broader cost in the loss of ability to make non-reversible payments for non-reversible services. With the possibility of reversal, the need for trust spreads. Merchants must be wary of their customers, hassling them for more information than they would otherwise need. A certain percentage of fraud is accepted as unavoidable. These costs and payment uncertainties can be avoided in person by using physical currency, but no mechanism exists to make payments over a communications channel without a trusted party.

What is needed is an electronic payment system based on cryptographic proof instead of trust, allowing any two willing parties to transact directly with each other without the need for a trusted third party. Transactions that are computationally impractical to reverse would protect sellers from fraud, and routine escrow mechanisms could easily be implemented to protect buyers. In this paper, we propose a solution to the double-spending problem using a peer-to-peer distributed timestamp server to generate computational proof of the chronological order of transactions. The system is secure as long as honest nodes collectively control more CPU power than any cooperating group of attacker nodes.

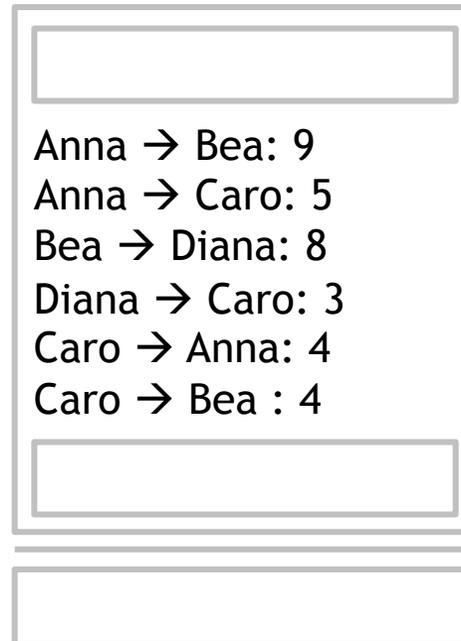
1

Source: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>

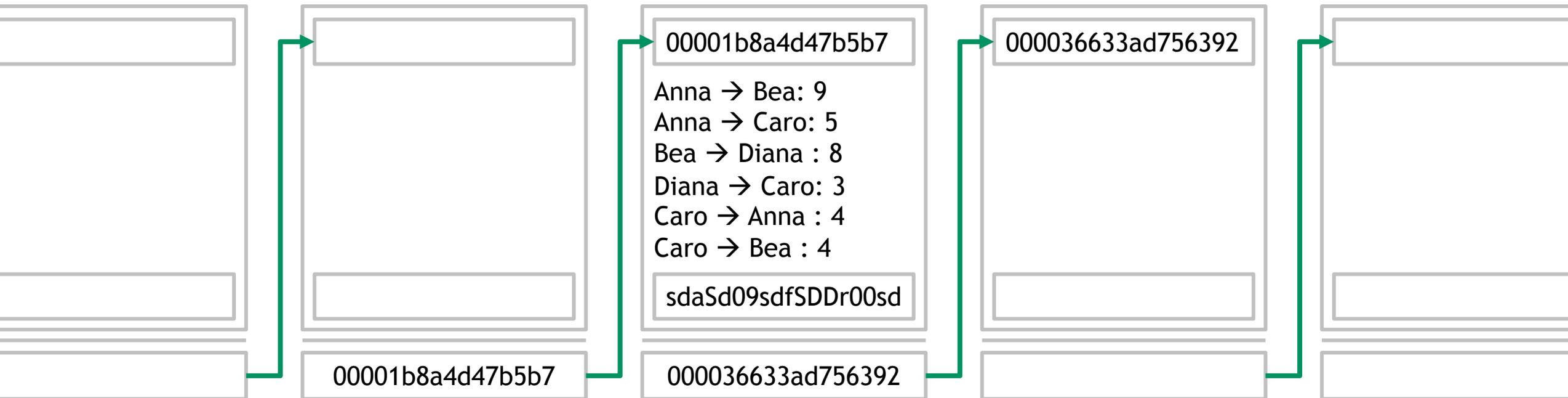
Für den Anfang, Blockchain ist ein Register



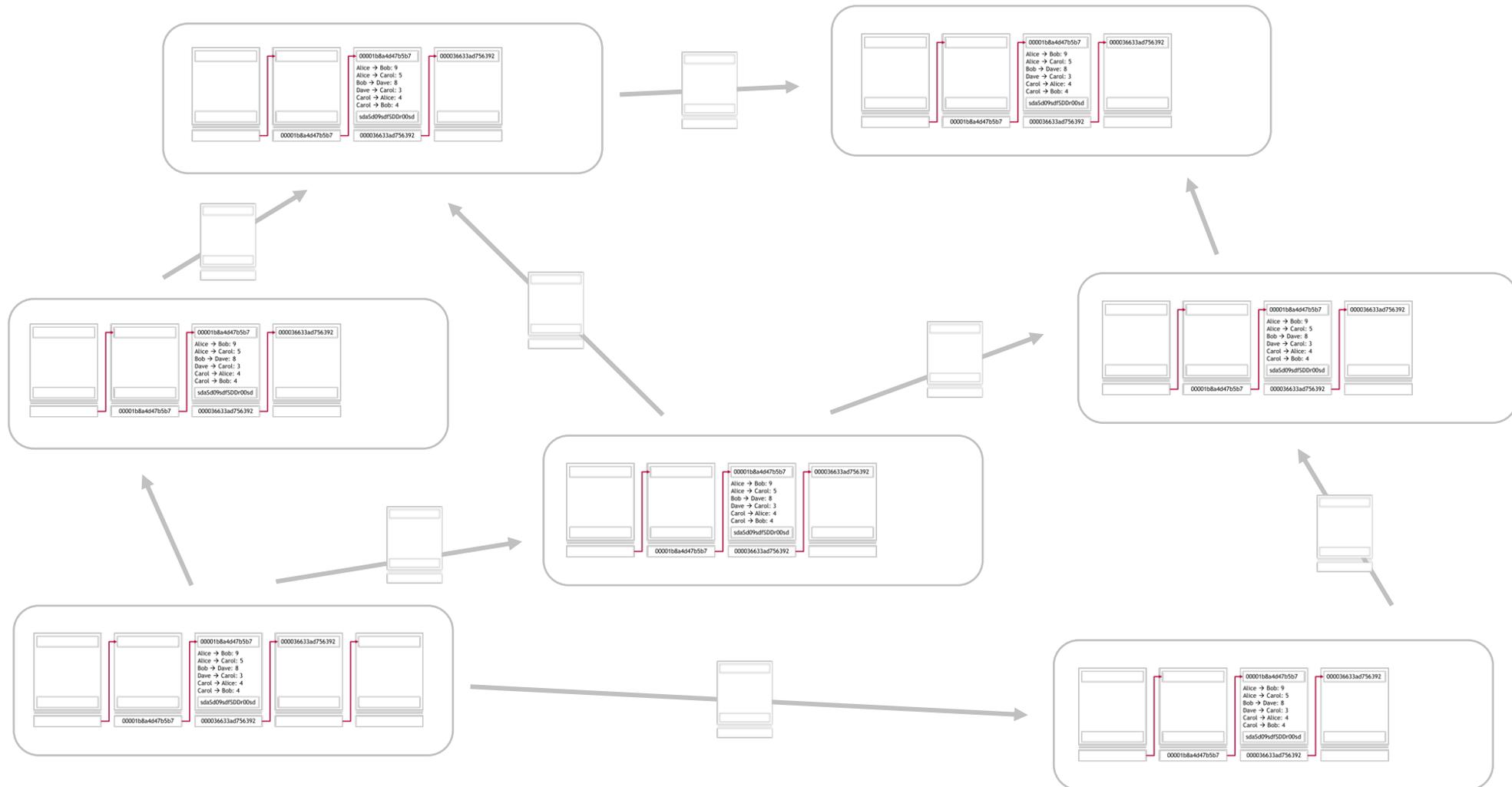
Ein "Block" enthält eine Reihe von Transaktionen



Die “Blöcke” werden mit Hilfe einer kryptografischen Hash-Funktion zu einer “Kette” verbunden



Die “Blöcke” werden über P2P-Algorithmen an jeden teilnehmenden Knoten im Netzwerk verteilt

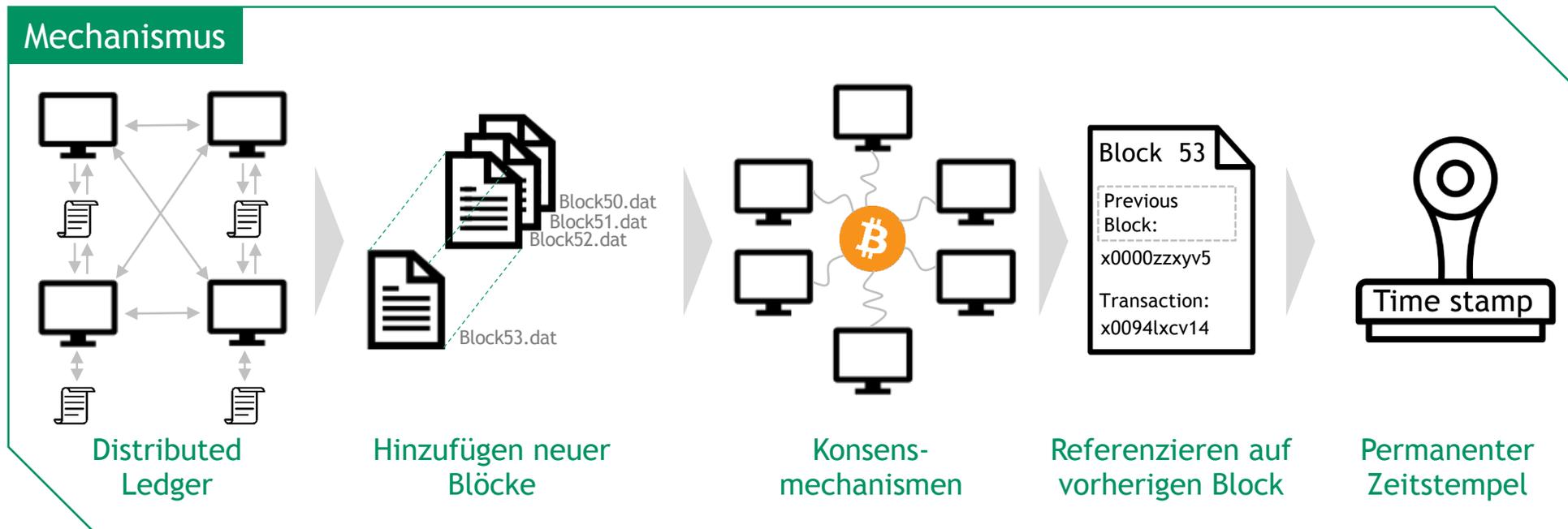


Die Blockchain speichert Transaktionen transparent, chronologisch und unveränderlich im Netzwerk

Blockchain

- *Forlaufend aktualisiertes, chronologisch geordnetes und öffentlich zugängliches Register* mit Informationen über Eigentumsverhältnisse und Transaktionen
- Kryptographische Prinzipien garantieren eine rückwirkende Unveränderbarkeit der Einträge

Mechanismus



Agenda

01 | Was ist eine Blockchain?

02 | Blockchain =
Energieverschwendung?

03 | Notwendigkeit der Erfassung von
Emissionsdaten im Rahmen der
Dekarbonisierung

04 | Digitale CO₂ Nachweise &
Blockchain-Technologie

05 | Beispiele Digitaler Produktpass
& CBAM

06 | Zusammenfassung und Ausblick

2

Blockchain = Energieverschwendung?

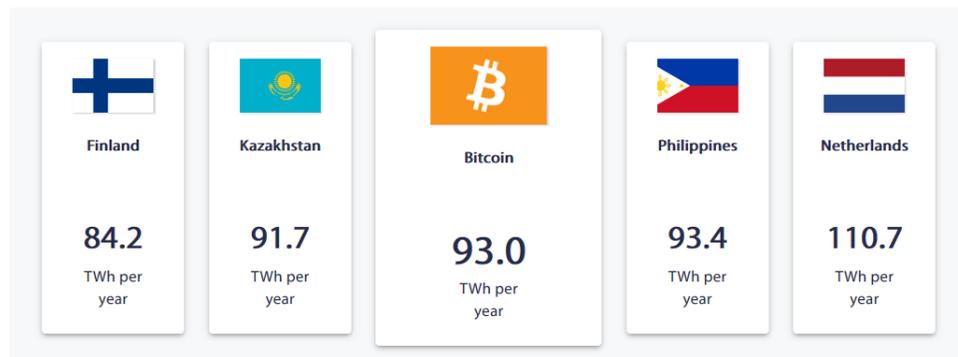
NFTs Are Hot. So Is Their Effect on the Earth's Climate

The sale of a piece of crypto art consumed as much energy as the studio uses in two years. Now the artist is campaigning to reduce the medium's carbon emissions.

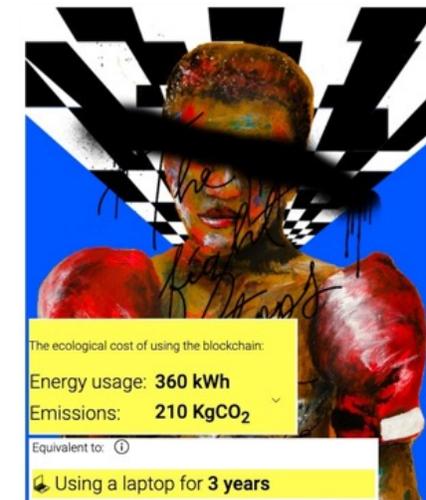
<https://www.wired.com/story/nfts-hot-effect-earth-climate/>

Bitcoin emissions alone could push global warming above 2°C

<https://www.nature.com/articles/s41558-018-0321-8#citeas>



<https://cbeci.org/cbeci/comparisons>



<https://thedefiant.substack.com/p/-nft-energy-use-prompts-outrage>

Schlagzeilen zu Energieverbrauch von Bitcoin und Kryptowährungen in Nachrichten und der Wissenschaft

Google search results for "bitcoin energy consumption". The search bar shows the query and navigation options like News, Images, Videos, Shopping, and More. The results are sorted by relevance and include:

- Sci-News.com**: China's Bitcoin Miners Will Consume as Much Energy as Mid ... (2 days ago)
- Bloomberg.com**: Bitcoin Power Consumption Jumped 66-Fold Since 2015, Citi ... (3 days ago)
- The New York Times**: In Coinbase's Rise, a Reminder: Cryptocurrencies Use Lots of Energy (1 day ago)
- Cointelegraph**: Bitcoin power consumption '66 times higher than in 2015': Citigroup (2 days ago)
- CNN**: Bitcoin has an energy problem (2 days ago)

Research | 5 November 2018

Quantification of energy and carbon costs for mining cryptocurrencies

Max J. Krause & Thabet Tolaymat

Nature Sustainability **1**, 711–718

[Rights & permissions >>](#)

Comments & Opinion | 29 October 2018

Bitcoin emissions alone could push global warming above 2°C

Camilo Mora, Randi L. Rollins [...] Erik C. Franklin

Nature Climate Change **8**, 931–933

[Rights & permissions >>](#)

COMMENTARY

Bitcoin boom: What rising prices mean for the network's energy consumption

Joule, Vol. 5, Issue 3, p509–513, Published online: March 10, 2021

Alex de Vries

[Download PDF](#) [Export Citation](#)

COMMENTARY

Energy Consumption of Cryptocurrencies Beyond Bitcoin

Joule, Vol. 4, Issue 9, p1843–1846, Published online: August 4, 2020

Ulrich Gallersdörfer, Lena Klaaßen, Christian Stoll

[Download PDF](#) [Export Citation](#)

ARTICLE • [Open Archive](#)

The Carbon Footprint of Bitcoin

Joule, Vol. 3, Issue 7, p1647–1661, Published online: June 12, 2019

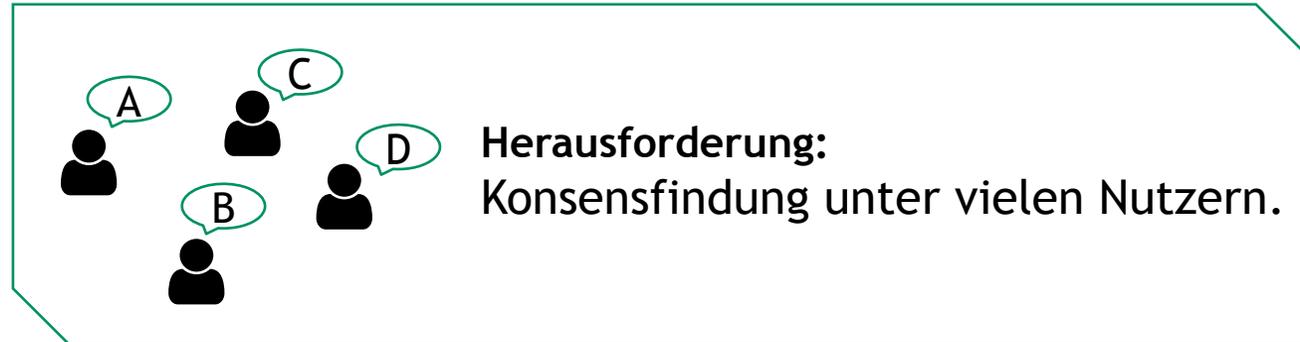
Christian Stoll, Lena Klaaßen, Ulrich Gallersdörfer

[Download PDF](#) [Export Citation](#)

nature

Joule
A Cell Press journal

Warum Proof of X?



Closed System (Permissioned)

„Easy“ Lösung:

- Mittels Abstimmen/ Wählen
- Wiederholte Zufallsauswahl



Open System (Permissionless)



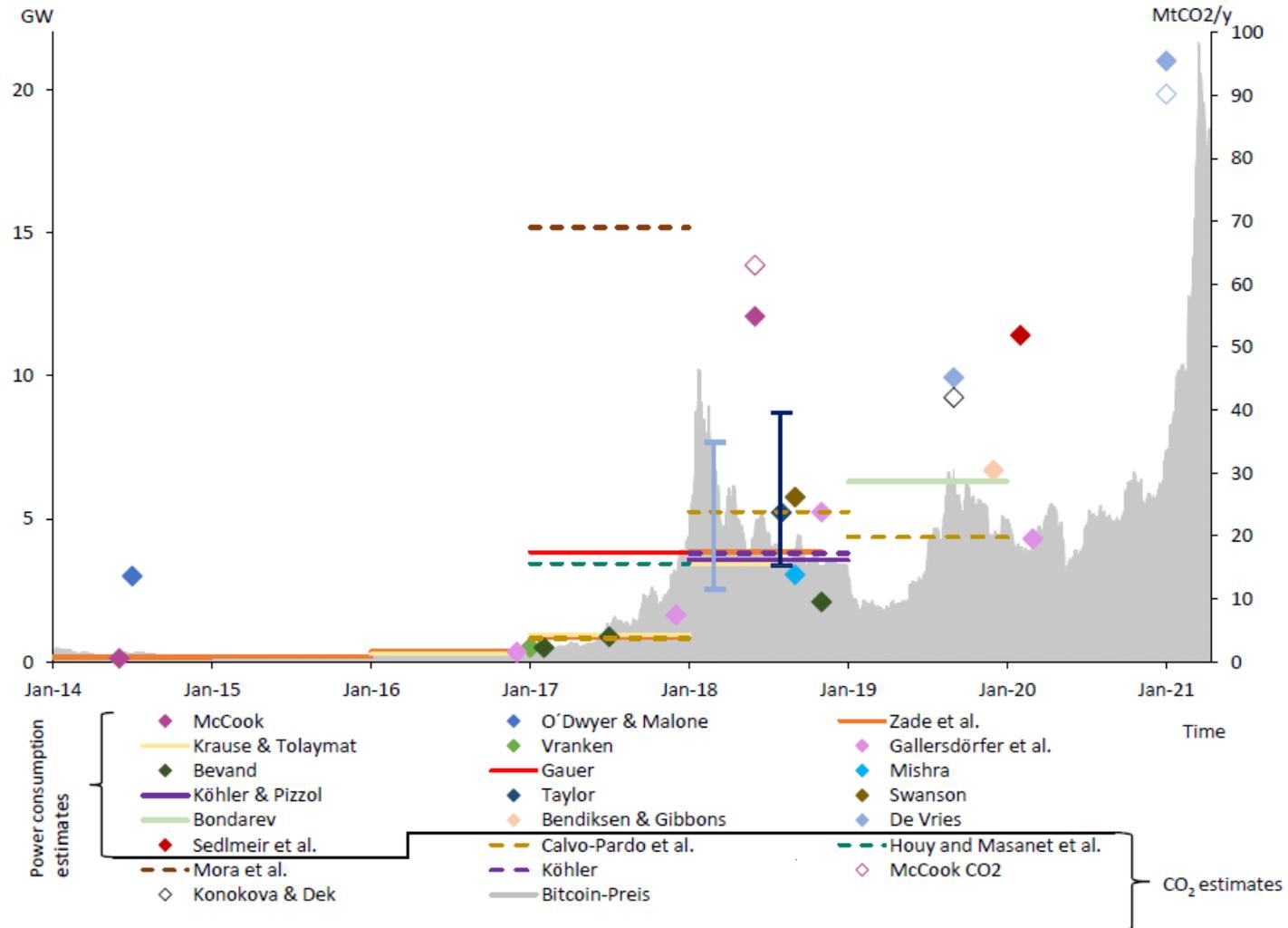
- Lösung: Binden des Abstimmens an knappe Ressource, die öffentlich überprüfbar ist.

Proof of
Authority (PoA)

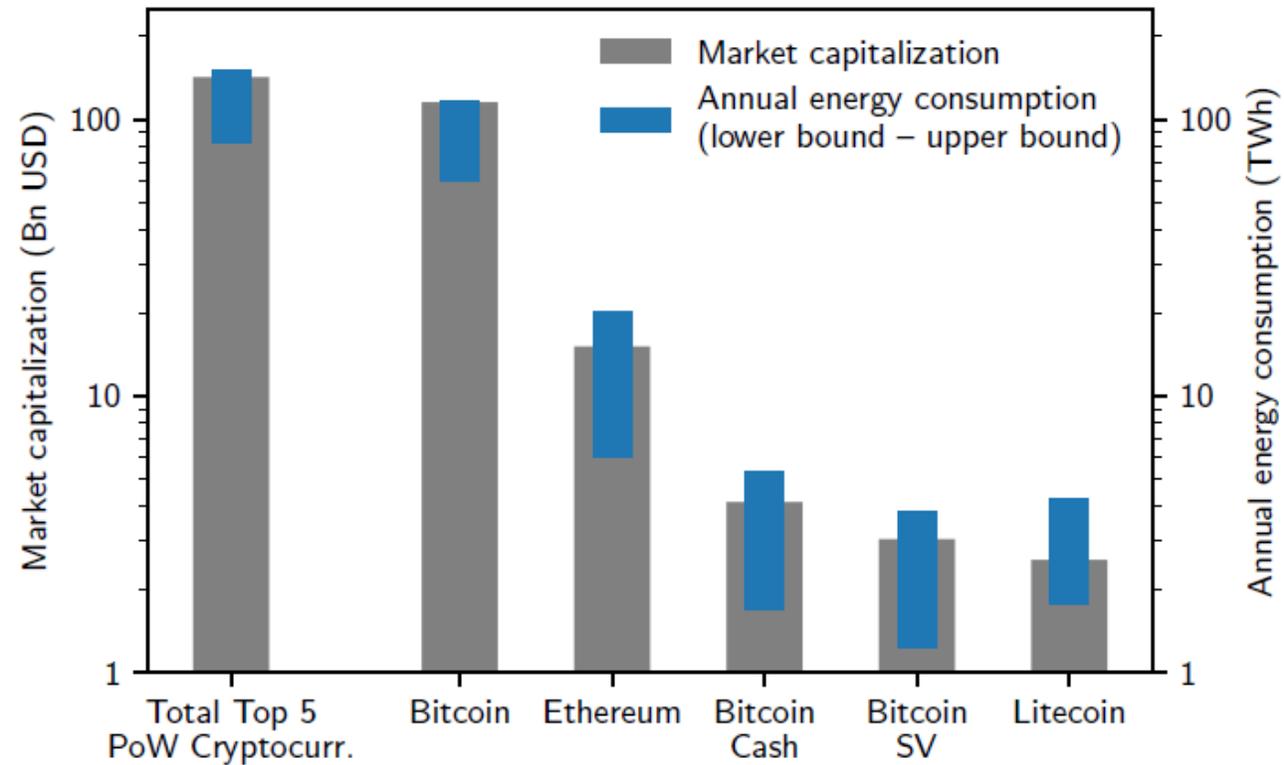
Proof of
Work (PoW)

Proof of
Stake (PoS)

Es gibt eine Vielzahl an Literatur über den Energieverbrauch von PoW



Der Energieverbrauch anderer PoW-Blockchains

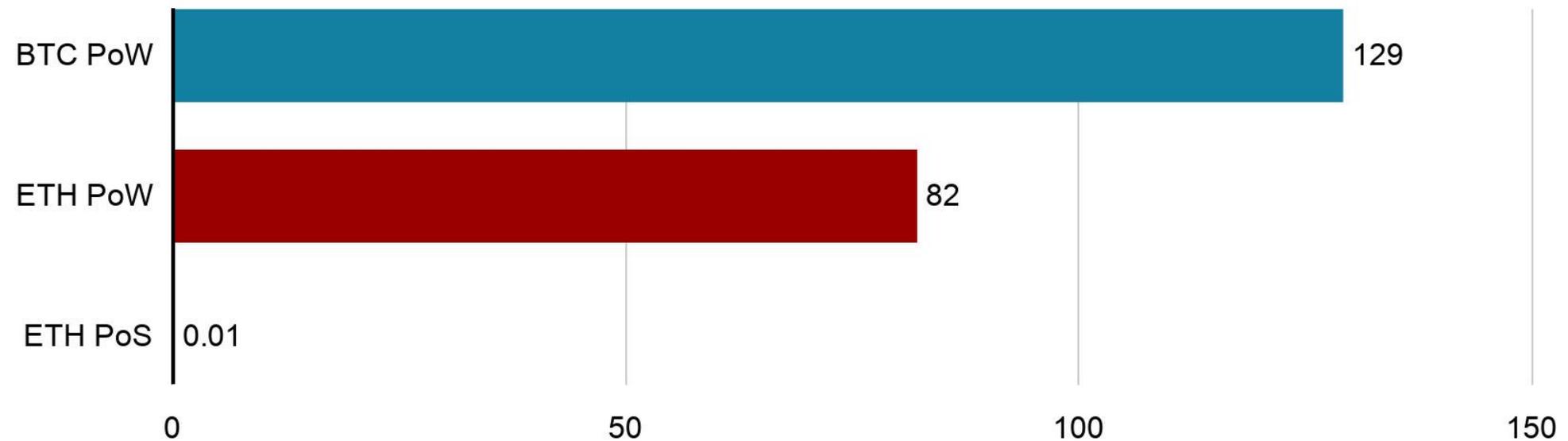


For more details: J. Sedlmeir, H. U. Buhl, G. Fridgen, R. Keller (2020): The Energy Consumption of Blockchain Technology: Beyond Myth. Business & Information Systems Engineering 62(6)

Ethereum Merge

Activity by energy consumption per year

TWhr per year



BTC PoW: Bitcoin Proof of Work mining. ETH PoW: Ethereum Proof of Work mining. ETH: Ethereum Proof of Stake validation

Source: Digiconomist, Sept 2022



Agenda

01 | Was ist eine Blockchain?

02 | Blockchain =
Energieverschwendung?

03 | Notwendigkeit der Erfassung von
Emissionsdaten im Rahmen der
Dekarbonisierung

04 | Digitale CO₂ Nachweise &
Blockchain-Technologie

05 | Beispiele Digitaler Produktpass
& CBAM

06 | Zusammenfassung und Ausblick

3

Notwendigkeit der Erfassung von Emissionsdaten im Rahmen der Dekarbonisierung

Aktivitäten betrieblicher Nachhaltigkeit



Nachhaltigkeitsberichte

Emissionskategorien (scopes) gemäß dem Greenhouse Gas Protocol

Emissionshandels-systeme

EU-ETS; deutsches Brennstoffemissions-handelsgesetz (BEHG) für die Sektoren Wärme und Verkehr (nicht im EU-ETS)

Kompensationsprojekte

Kompensationsguthaben; Emissionsreduzierung oder CO₂-Speicherung zum Ausgleich betrieblicher Emissionen

Nachhaltiges Management in Echtzeit

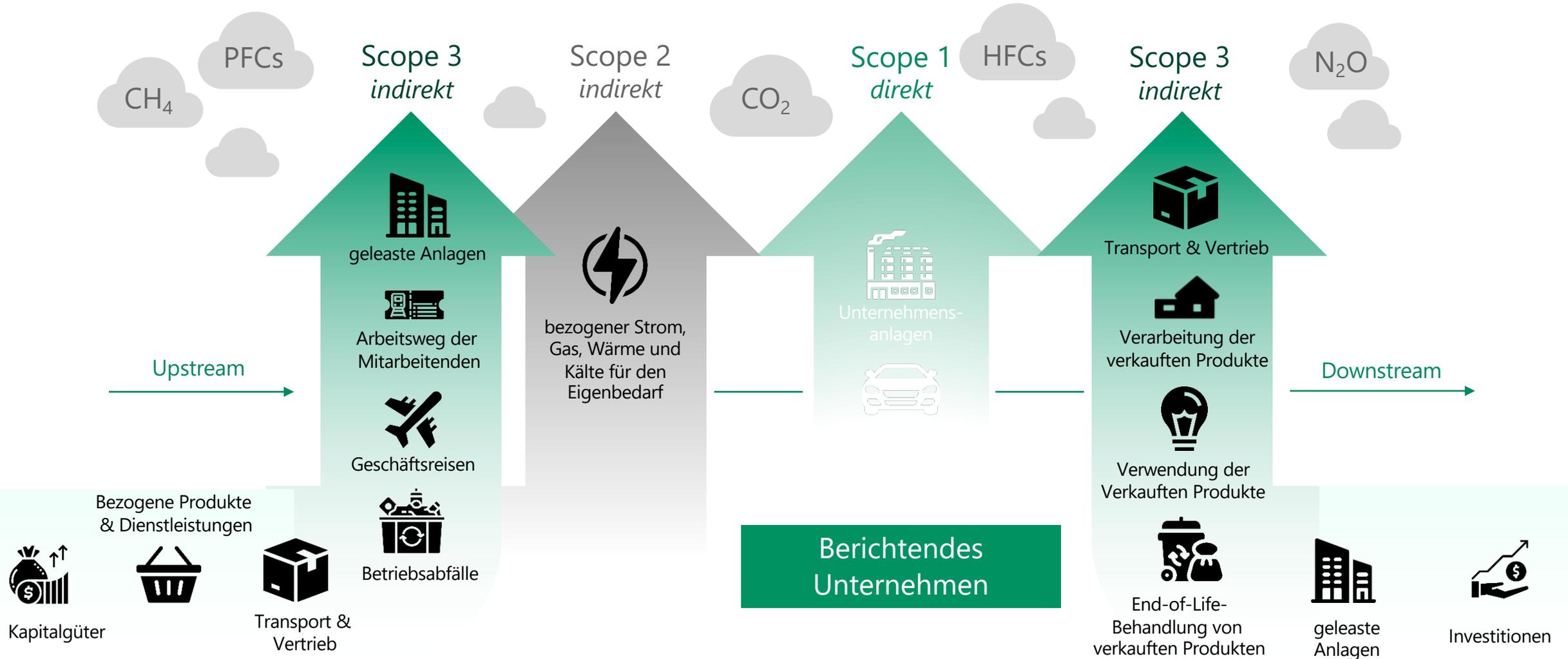
CO₂-angepasstes Management durch Echtzeitüberwachung; CO₂-Anteil der Endprodukte



Isolierte Unternehmensaktivitäten sind nicht zielführend für ...

- aktives CO₂ Management auf Prozessebene
- produktspezifische CO₂-Kennzeichnung

Treibhausgas-Emissionen von Unternehmen basieren heute überwiegend auf Schätzungen



Weg zur Net Zero: Digitale CO₂-Zertifikate für die nachhaltige Transformation der europäischen Wirtschaft

Projektidee und -ziel

- Untersuchung des wirtschaftlichen Potenzials differenzierter und digitaler CO₂-Herkunfts- und Verwendungsnachweise
- Einordnung bestehender Instrumente und Richtlinien (z.B. Emissionshandel) sowie aktuell diskutierte Entwürfe (z.B. Lieferkettengesetz, Digitaler Produktpass) im europäischen Kontext



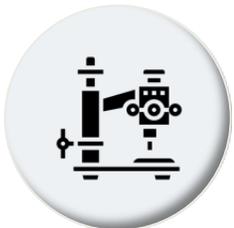
Interview Partner



Automobilindustrie



Bauindustrie



Maschinenbau



Energiewirtschaft

Projekt-Ergebnisse

Probleme, Risiken und Ungewissheiten bei der (künftigen) CO₂-Berichterstattung und -überprüfung:

- Steigende Anforderungen an Emissionsdaten und Berichterstattung
- Steigende Nachfrage nach detaillierten Informationen zum CO₂-Fußabdruck von Investoren und Kunden
- Sammlung und Verarbeitung der Emissionsdaten von Lieferanten
- Fehlen von Standards für die CO₂-Beurteilung in Berichten und für Produkte

Potenzial der digitalen CO₂-Erfassung:

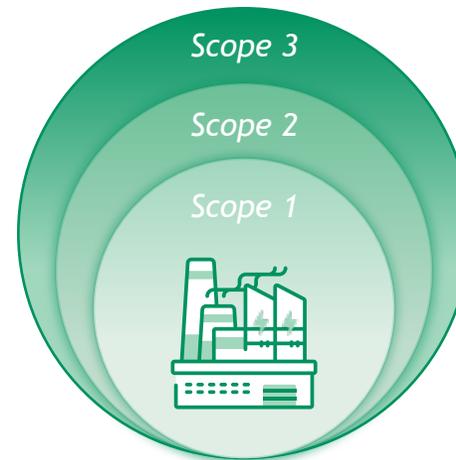
- Differenzierung von Produkten nach ihrem CO₂-Fußabdruck
- Ermöglicht Erfassung und Weitergabe von Emissionsdaten über Scope 1 hinaus
- Einheitliche Erfassung von Emissionsdaten unabhängig von Systemgrenzen unterschiedlicher rechtlicher Rahmenbedingungen (national vs. europäisch)



Neue Anforderungen an Unternehmen fordern neue Lösungen für die Verifizierung von CO₂-Informationen

Regulatorische Anforderungen

- EU-Batterieverordnung
- Lieferkettengesetze und ökologische Sorgfaltspflichten
- Nicht-finanzieller Bericht / vorgeschriebene Nachhaltigkeitsberichte
- Emissionshandelssysteme (insb. EU-ETS I und II, BEHG)
- EU-Taxonomie
- EU Data Act
- EU RED III
- Digitaler Produktpass
- ...



Marktanforderungen

- Nachfrage nach (Audit-sicherer) CO₂-Berichterstattung
- Nachweis von Transformation bzw. Verbesserung von Produkteigenschaften
- Freiwillige Berichterstattung von CO₂-Informationen und weiteren SDGs (insb. GHG-Protokoll, SBTi)
- Pluralismus von regulatorischen und freiwilligen Bewertungsansätzen (insb. Systemgrenzen)
- CO₂ als aktive Steuerungsgröße bei politischen und organisatorischen Emissionsreduktionszielen
- ...

Agenda

01 | Was ist eine Blockchain?

02 | Blockchain =
Energieverschwendung?

03 | Notwendigkeit der Erfassung von
Emissionsdaten im Rahmen der
Dekarbonisierung

04 | Digitale CO₂ Nachweise &
Blockchain-Technologie

05 | Beispiele Digitaler Produktpass
& CBAM

06 | Zusammenfassung und Ausblick

4

Digitale CO₂ Nachweise & Blockchain-Technologie

Neue Anforderungen an Unternehmen fordern neue Lösungen für die Verifizierung von CO₂-Informationen

Regulatorische Anforderungen

- EU-Batterieverordnung
- Lieferkettengesetze und ökologische Sorgfaltspflichten
- Nicht-finanzieller Bericht / vorgeschriebene Nachhaltigkeitsberichte
- Emissionshandelssysteme (insb. EU-ETS I und II, BEHG)
- EU-Taxonomie
- EU Data Act
- EU RED III
- Digitaler Produktpass
- ...

Digitale Identitäten in Kombination mit Blockchain ermöglichen ...



Datenschutz & Privatsphäre



Differenzierbare Produktausweise



Verhindern von Double-Spending

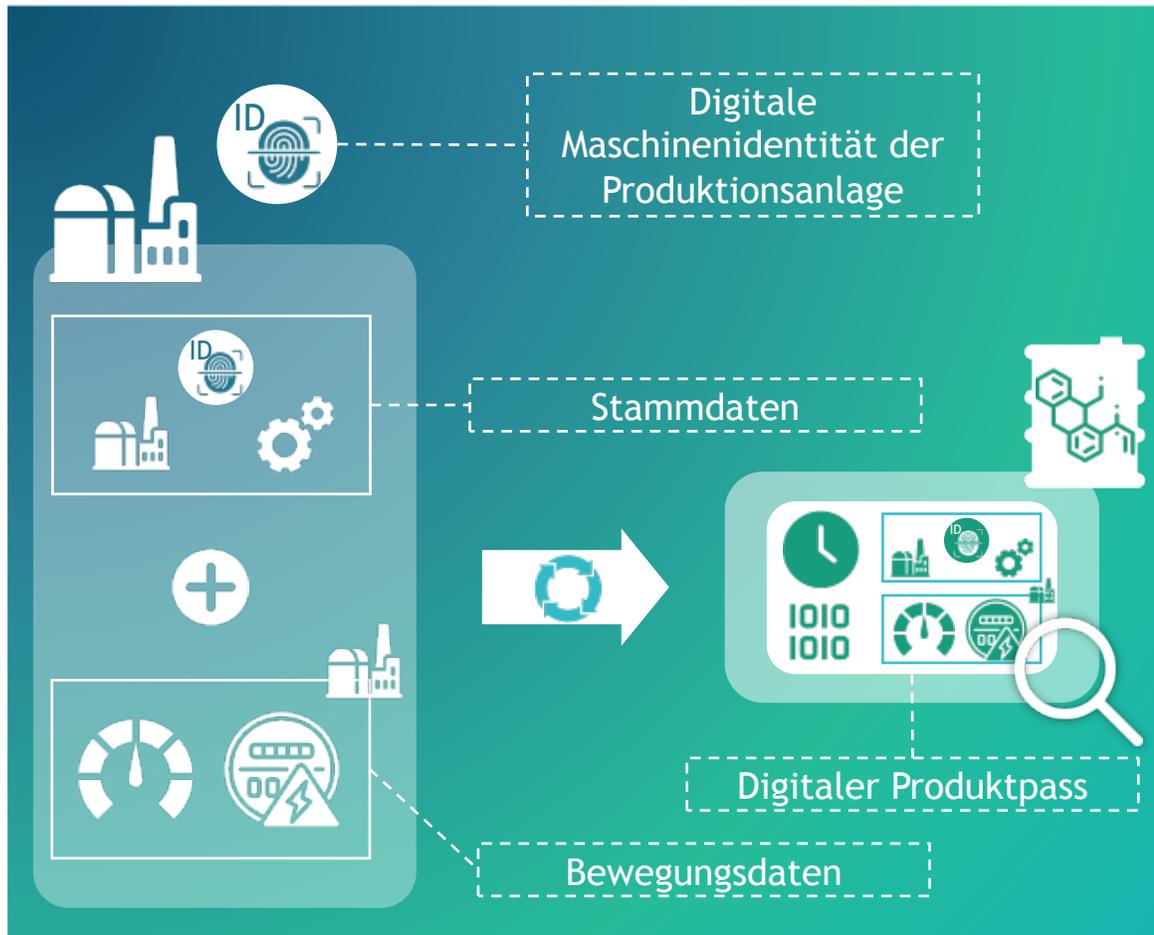


Dezentrales Management

Marktanforderungen

- Nachfrage nach (Audit-sicherer) CO₂-Berichterstattung
- Nachweis von Transformation bzw. Verbesserung von Produkteigenschaften
- Freiwillige Berichterstattung von CO₂-Informationen und weiteren SDGs (insb. GHG-Protokoll, SBTi)
- Pluralismus von regulatorischen und freiwilligen Bewertungsansätzen (insb. Systemgrenzen)
- CO₂ als aktive Steuerungsgröße bei politischen und organisatorischen Emissionsreduktionszielen
- ...

Ausgangspunkt: Schrittweise Einführung von digitalen Identitäten auf Ebene der Produktionsanlagen



- **Digitale Maschinenidentität:** Jede Produktionsanlage entlang der Wertschöpfungskette erhält eine Digitale Maschinenidentität.
- **Stammdaten:** Dauerhafte Eigenschaften einer Anlage (z.B. Standort, Eigentümer, etc.) und einmalig zertifizierte Eigenschaften (z.B. Nachweis, dass Kinderarbeit ausgeschlossen werden kann, etc.)
- **Bewegungsdaten:** Mittels fälschungssicherer Sensoren (Software-Code in installierten Messgeräten) erfassbar und zeitlich beliebig auflösbar (z.B. Leistungsbezug, Edukt-Mengen, etc.)
- **Digitaler Produktpass:** Der Produktpass mit den Eigenschaften jedes Produkts wird automatisiert erstellt und setzt sich aus den zum Produktionszeitpunkt vorliegenden Bewegungs- und Stammdaten zusammen

Technischer Ansatz

Digitale Identitäten als Enabler eines Ökosystems

Verifizierbarkeit von z.B. CO₂-
Informationen entlang der
Wertschöpfungskette

- **Automatisierte Nachweiserstellung**
- **Zeitlich und räumlich auflösbare Erfassung relevanter Informationen über die gesamte Wertschöpfungskette**
- **Interoperabilität und Kompatibilität aufwärts zu anderen IT-Lösungen (z.B. SAP) und bestehenden Zertifizierungsansätzen**

Anwendung Selbst-Souveräner-
Identitäten

- **Digitale, selbstsouveräne Identitäten (SSI) sichern Souveränität über sämtliche (Stamm- und Bewegungs-) Daten für alle Akteure**
- **Dezentralisierte Identifier ermöglichen sichere, Ende-zu-Ende verschlüsselte bilaterale Kommunikation**
- **Zur Erhöhung der Privatsphäre basiert die Verifizierung und Prüfung von digital signierten Attributen auf Basis kryptografischer Verfahren**



Unser Ausgangspunkt für digitale Beweise sind digitale Identitäten

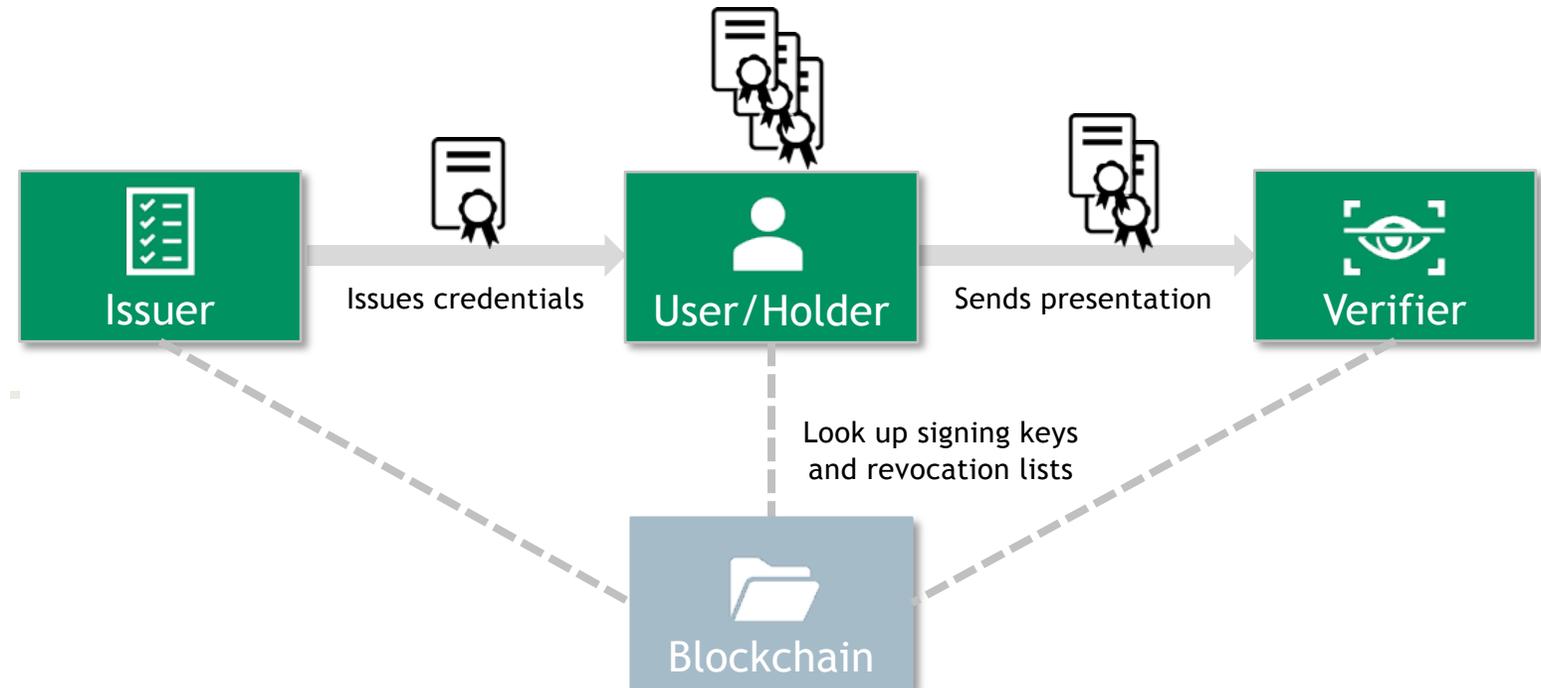
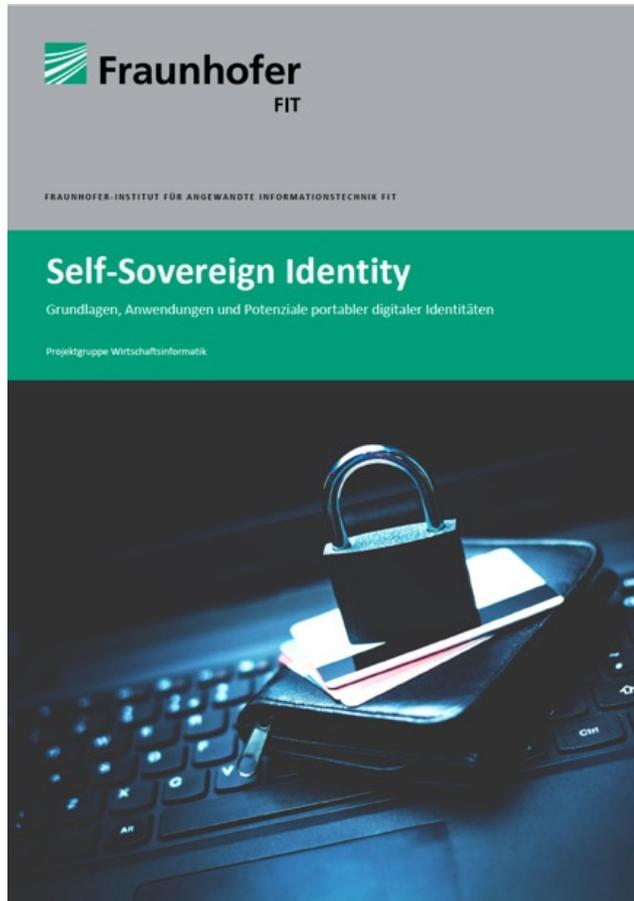


Interoperabilität, Übertragbarkeit & Datenschutz

Application Patterns

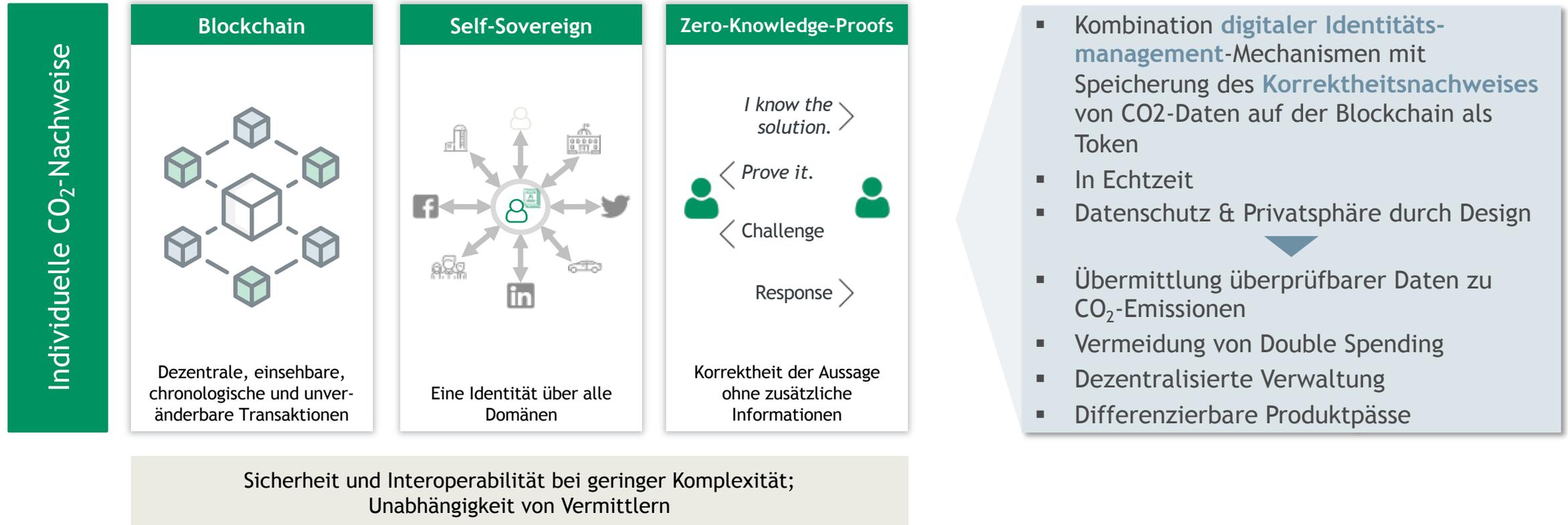


Blockchain und selbstsouveräne (Maschinen-)Identitäten



Strüker, J., Urbach, N., Guggenberger, T., Lautenschlager, J., Ruhland, N., Schlatt, V., Sedlmeir, J., Stoetzer, J.-C., Völter, F. (2021): Self-Sovereign Identity – Grundlagen, Anwendungen und Potenziale portabler digitaler Identitäten. Projektgruppe Wirtschaftsinformatik des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Informationstechnik FIT, Bayreuth.

Grundlegende Prinzipien individueller CO₂-Nachweise



Dies ermöglicht es Unternehmen und Kunden, **verifizierte Daten** über ihre CO₂-Emissionen zu nutzen (z.B. für die Buchführung) und ermöglicht ein CO₂-angepasstes Verhalten oder (Prozess-)Management

Agenda

01 | Was ist eine Blockchain?

02 | Blockchain =
Energieverschwendung?

03 | Notwendigkeit der Erfassung von
Emissionsdaten im Rahmen der
Dekarbonisierung

04 | Digitale CO₂ Nachweise &
Blockchain-Technologie

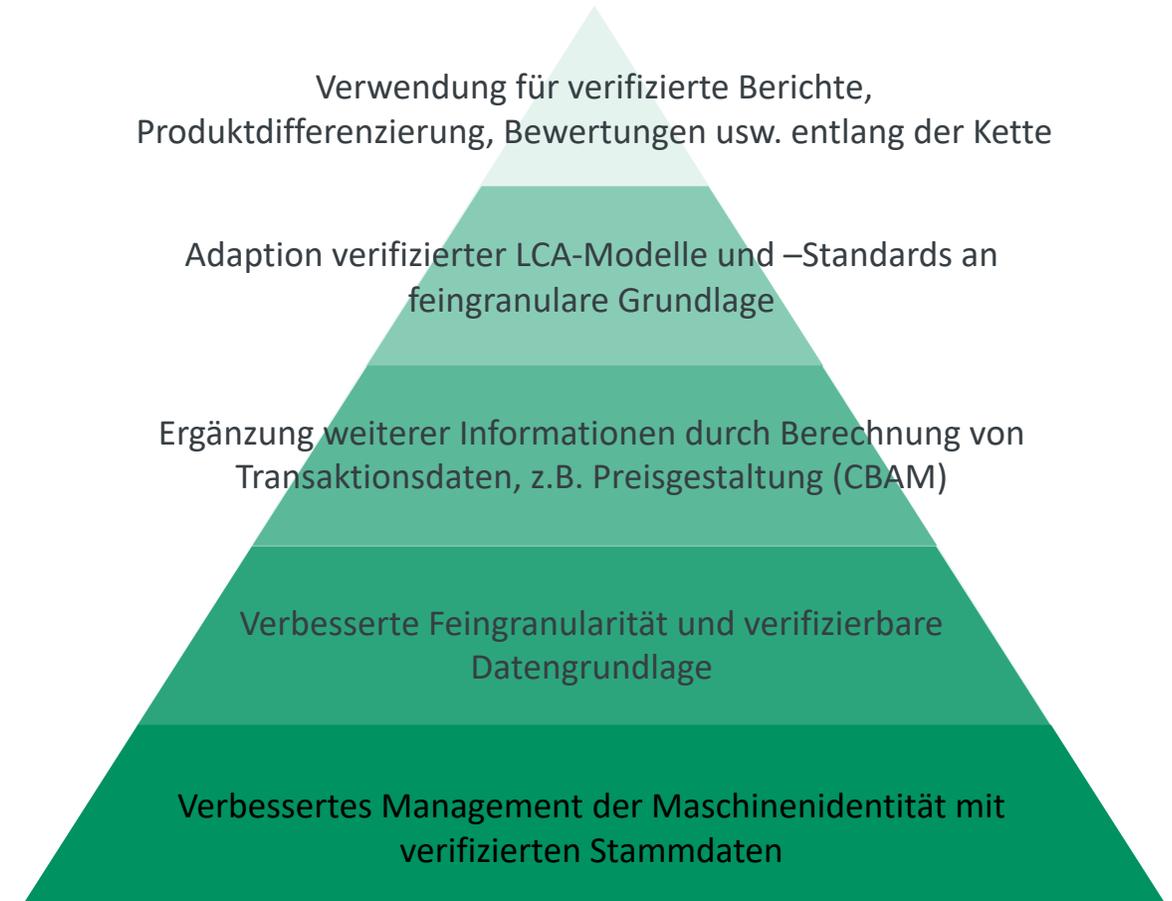
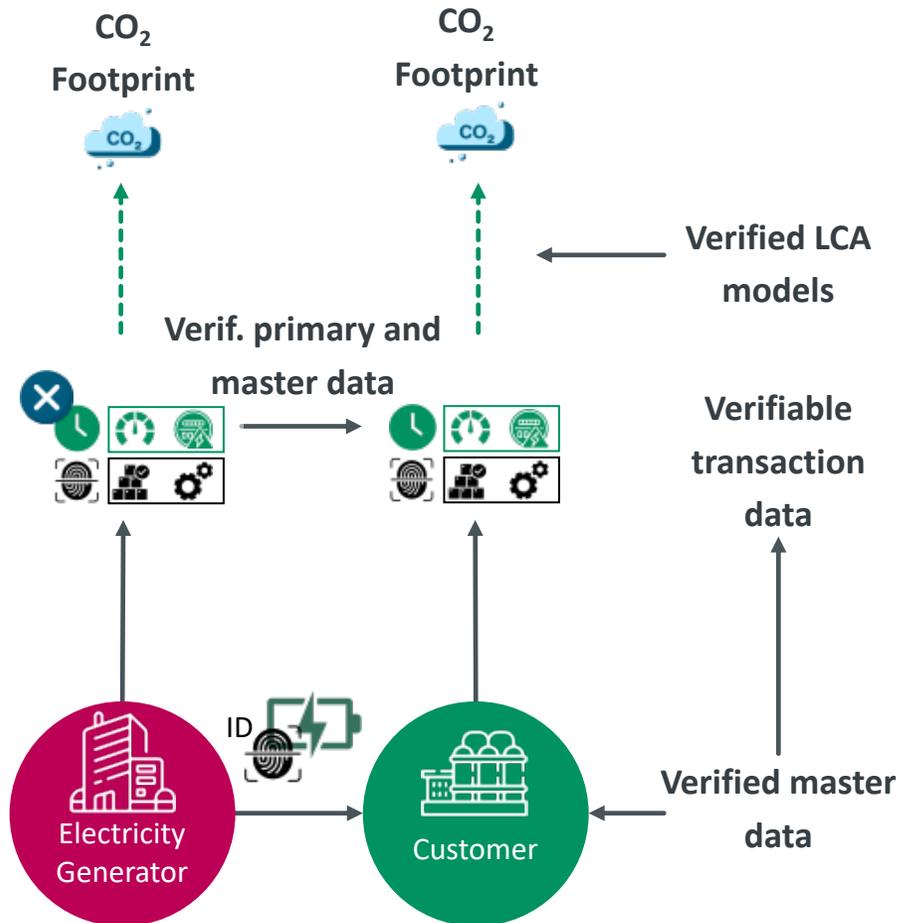
05 | Beispiele Digitaler Produktpass
& CBAM

06 | Zusammenfassung und Ausblick

5

Beispiel Digitaler Produktpass & CBAM

Wie unterstützen digitale CO₂-Nachweise Unternehmen?



Digitaler Produktpass zur Ausweisung von Emissionen mithilfe digitaler Technologien



Erfassung von verifizierbaren Stamm- und Verbrauchsdaten mithilfe des nahtlosen Zusammenspiels von Maschinen- und Personenidentitäten



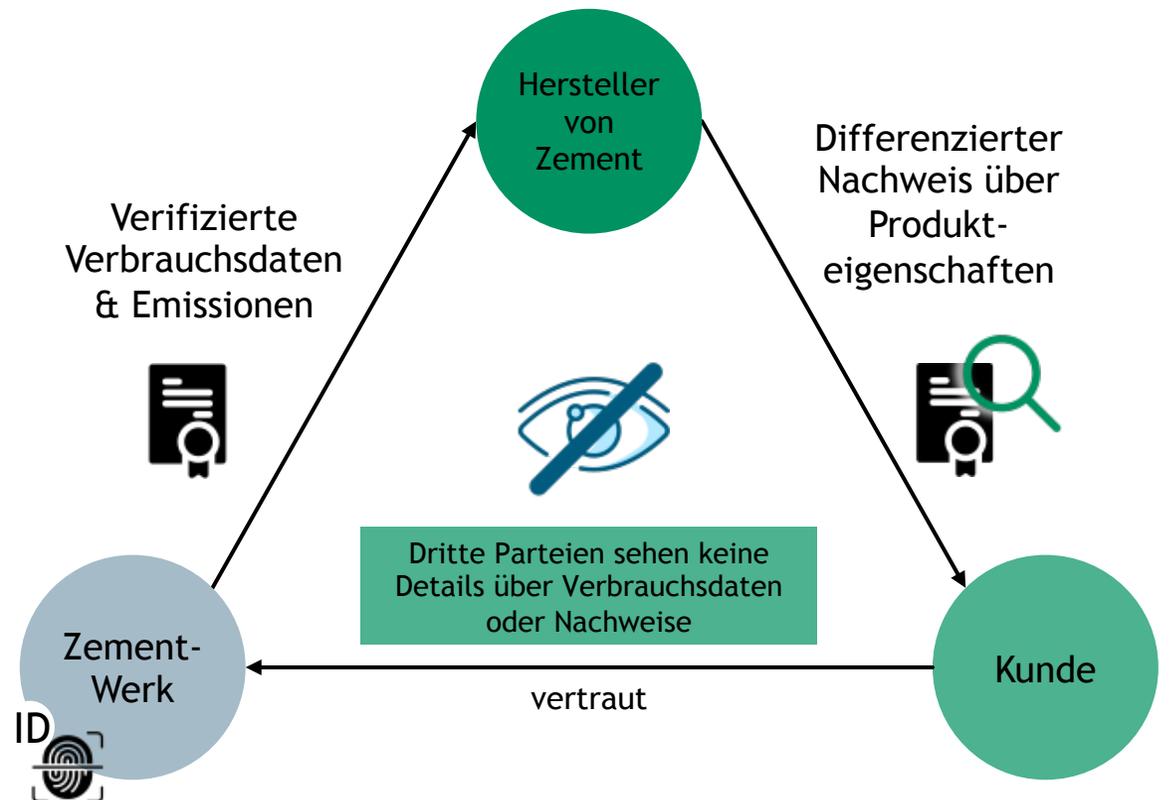
End-to-End digitale Quantifizierung, Zuordnung und Ausweisung von CO₂-Emissionen und Energieverbrauch

- Basis für Produktdifferenzierung von HeidelbergCement
- Basis für effizientere Reporting- und Audit-Prozesse



Basis für die Bewertung und gezielte Steuerung von Klimaschutz- und Emissionsminderungszielen sowie Investitions- und Innovationsoptionen

Selbstsouveräne Identitäten (SSI) in Kombination mit Blockchain



Digitaler Produktpass zur Ausweisung von Emissionen mithilfe digitaler Technologien



Erfassung von verifizierbaren Stamm- und Verbrauchsdaten mithilfe des nahtlosen Zusammenspiels von Maschinen- und Personenidentitäten

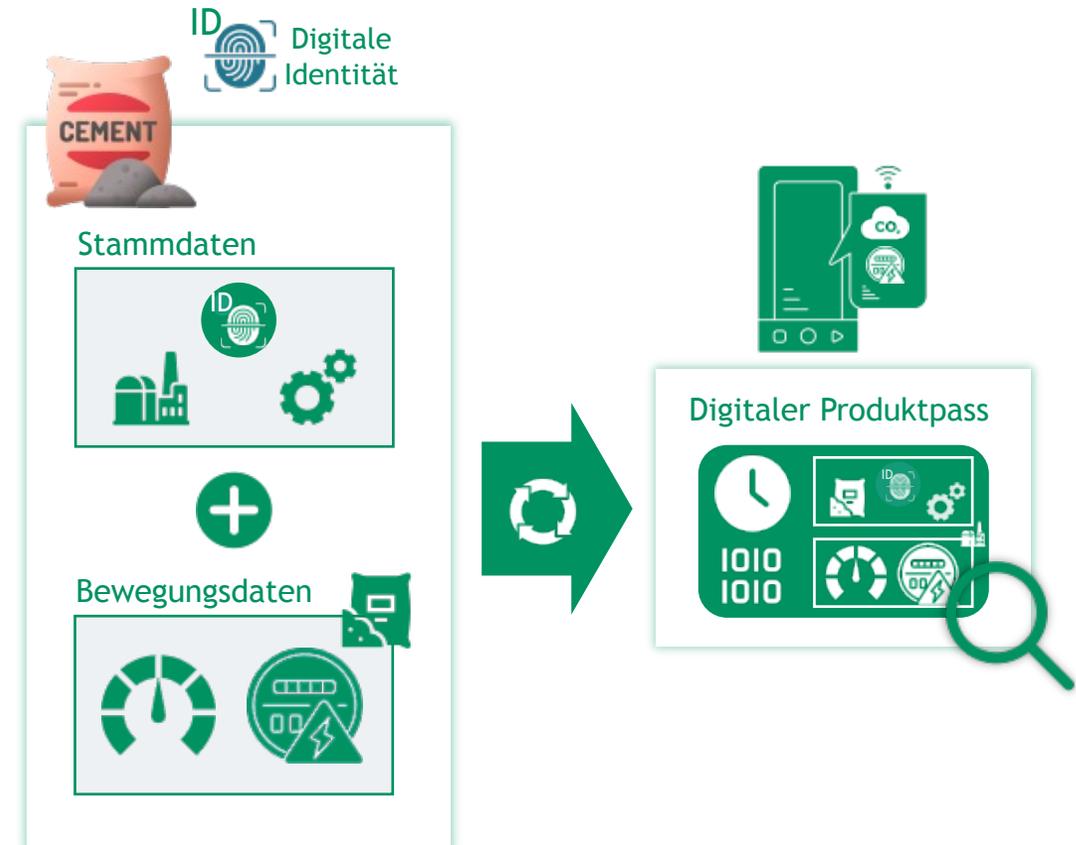


End-to-End digitale Quantifizierung, Zuordnung und Ausweisung von CO₂-Emissionen und Energieverbrauch

- Basis für Produktdifferenzierung eines Zement-Herstellers
- Basis für effizientere Reporting- und Audit-Prozesse



Basis für die Bewertung und gezielte Steuerung von Klimaschutz- und Emissionsminderungszielen sowie Investitions- und Innovationsoptionen



Digitaler Produktpass zur Ausweisung von Emissionen mithilfe digitaler Technologien



Erfassung von verifizierbaren Stamm- und Verbrauchsdaten mithilfe des nahtlosen Zusammenspiels von Maschinen- und Personenidentitäten

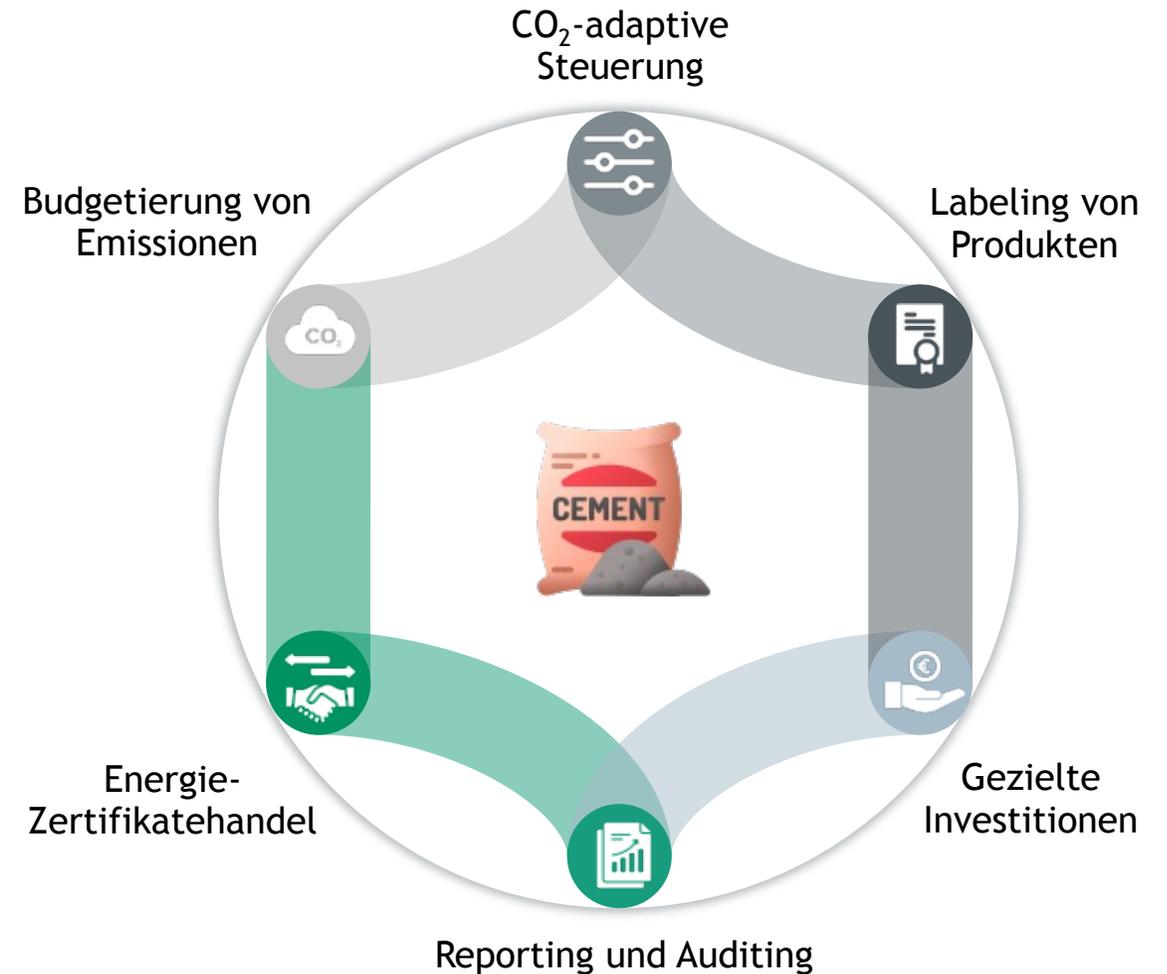


End-to-End digitale Quantifizierung, Zuordnung und Ausweisung von CO₂-Emissionen und Energieverbrauch

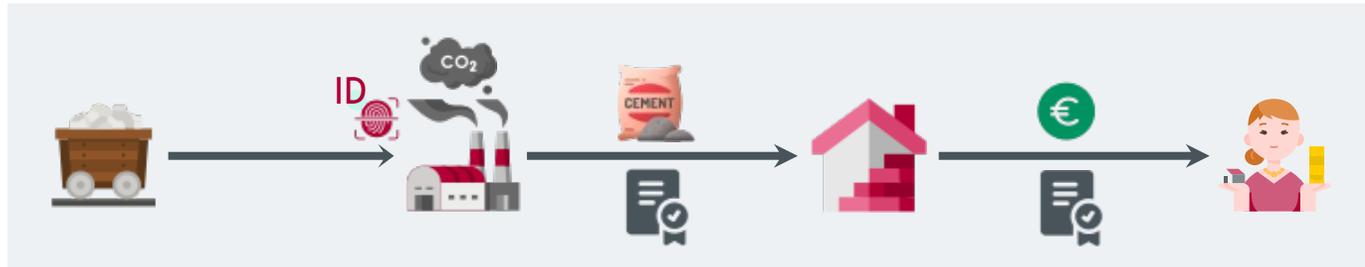
- Basis für Produktdifferenzierung von HeidelbergCement
- Basis für effizientere Reporting- und Audit-Prozesse



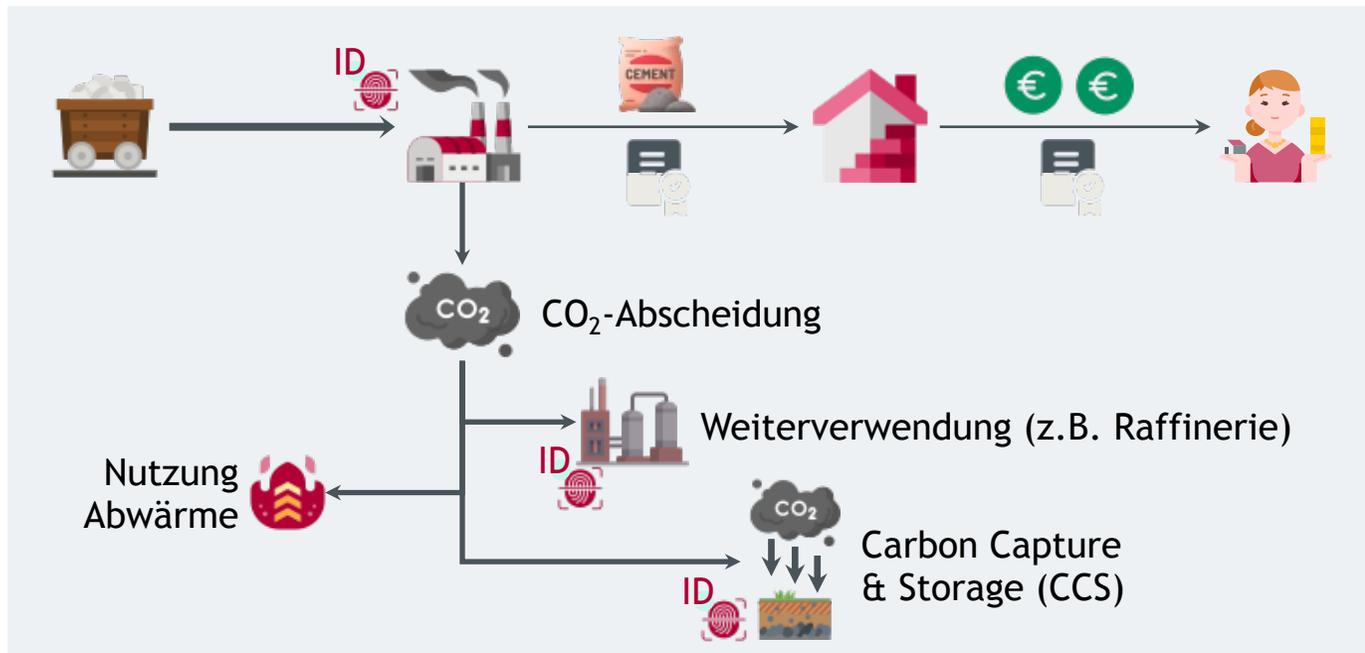
Basis für die Bewertung und gezielte Steuerung von Klimaschutz- und Emissionsminderungszielen sowie Investitions- und Innovationsoptionen



Digital CO₂-Nachweise zur Differenzierung von Produkten



Mit digitalen CO₂-Nachweisen können wir Differenzen in Produkten und Prozessen hart nachweisen und in der Wertschöpfungskette weitergeben.



Ökonomische Vorteile

- Reduzierung der Kosten für CO₂-Reporting und Umwelt-Due Diligence
- Vorteilhaft für Unternehmen, welche im Ausland CO₂-Minderungsmaßnahmen durchführen
- Strategische Bedeutung durch verschärfte Klimamaßnahmen, z.B. Produktpass, EU-ETS, CBAM etc.

Technische Vorteile

- Transparente und manipulations-sichere Rückverfolgung von Produkteigenschaften
- Produktspezifische Zuordnung von Eigenschaften
- Erste Ansätze zur Lösung von Fragen der Skalierbarkeit und des Datenschutzes werden derzeit entwickelt

Digitale Verifizierung über Systemgrenzen hinaus

Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM)
für Zement-Produkte:

**Erfüllt EU-Standards
nicht**

Kauf von Zertifikaten in
Höhe der entstandenen
Emissionen für
vergleichbares EU-Produkt

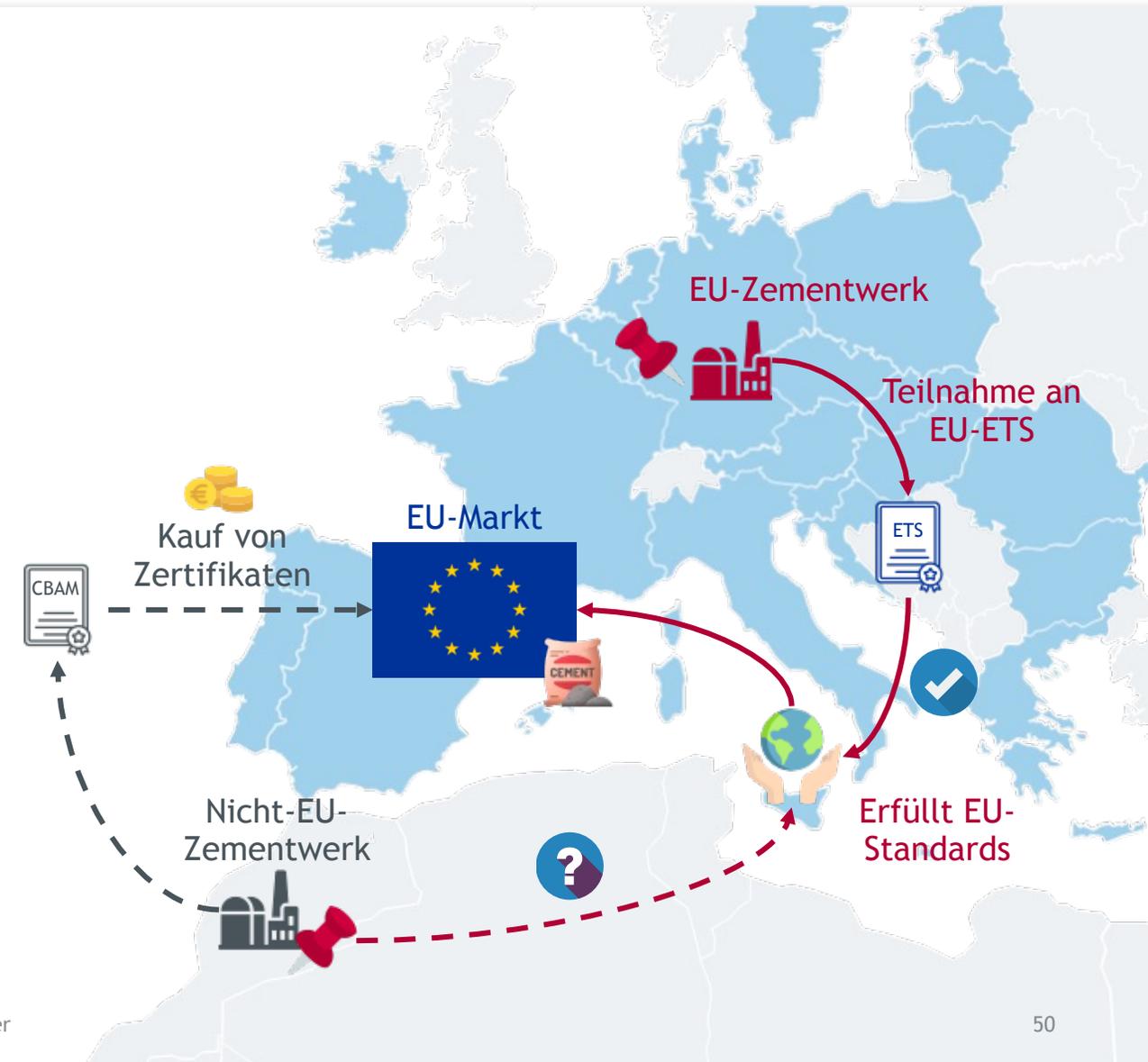
Digitale CO₂-Nachweise
für enthaltene Emissionen
in Produkt produziert
außerhalb EU

Erfüllt EU-Standards

Nachweis notwendig, dass
EU-Standards erfüllt *oder*
entstandene Emissionen
bereits bepreist

Digitale CO₂-Nachweise
für erfüllte Standards *oder*
erfolgte Bezahlung für
Emissionsrechte in
anderem ETS

Digitale CO₂-Nachweise helfen verifiziert CO₂-
Informationen an Systemgrenzen weiterzugeben
und Vertrauen zu schaffen.



Agenda

01 | Was ist eine Blockchain?

02 | Blockchain =
Energieverschwendung?

03 | Notwendigkeit der Erfassung von
Emissionsdaten im Rahmen der
Dekarbonisierung

04 | Digitale CO₂ Nachweise &
Blockchain-Technologie

05 | Beispiele Digitaler Produktpass
& CBAM

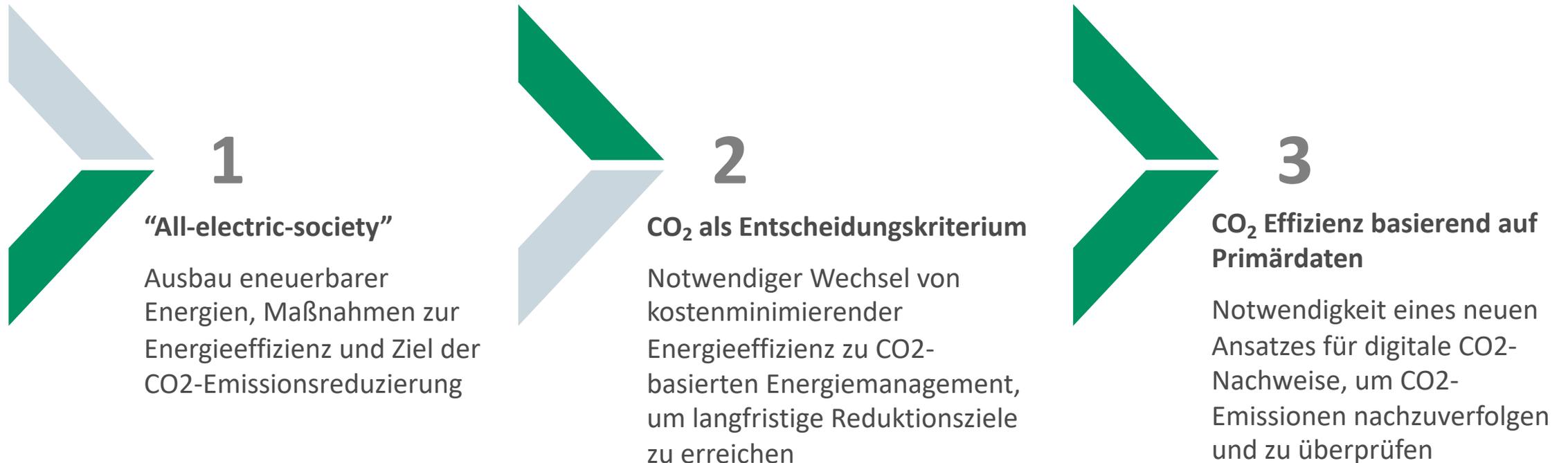
06 | Zusammenfassung und Ausblick

6

Zusammenfassung und Ausblick

Beschleunigung der Dekarbonisierung mit Primärdaten statt Schätzungen

- **1.5-Grad-Ziel des Pariser Abkommens:** Notwendigkeit der Dekarbonisierung und CO₂-Effizienz in allen Sektoren
- **Energiekrise:** Anstreben der Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern
- **Fehlende Lenkungswirkung:** Aktuelle Dekarbonisierungsansätze (z.B. Buchhaltungssysteme, Ökostromzertifikate, Subventionen) sind nicht von der systemischen Ebene über die Unternehmensebene bis zum Endverbraucher integriert



Dekarbonisierung der Energiewirtschaft durch Blockchain & Selbstsouveräne Identitäten: Ein CIO-Thema?

Regulatorische Rahmenbedingungen

Pluralismus von verschiedenen Systemen, Systemgrenzen und Definitionen sowie fehlende Harmonisierung

Steigende Anforderungen an CO₂-Informationen bei der Berichterstattung

Regulatorische Unsicherheit in Bezug auf den Umfang der zukünftig zu erfassenden CO₂-Informationen

Schwierigkeit bei der Kennzeichnung von Strom

Fehlende Standards und Vergleichbarkeit



Anforderungen an digitale Lösungen

Harmonisierung der unterschiedlichen Systeme und Definitionen

Inklusion von internen Evaluations- und Controlling-Prozessen

Datensouveränität und Datenschutz

Benutzerfreundlichkeit

Aufbereitung von Performanz- und Nachhaltigkeitskennzahlen für Kund*innen

Transparenz und Manipulationssicherheit

▶ Test von technischen Konzepten für digitale CO₂-Herkunfts- und Verwendungsnachweise im Unternehmenskontext

Strüker J., Körner M.-F., Leinauer C. (2021): Digitale CO₂-Nachweise: Aufbruch für die nachhaltige Transformation der europäischen Wirtschaft. Hg. v. EPICO Klimainnovation (Energy and Climate Policy and Innovation Council e.V.).



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Prof. Dr. Jens Strüker

Fraunhofer FIT Branch Business & Information Systems Engineering

✉ jens.strueker@fit.fraunhofer.de

☎ +49 (0)921 55 - 4712

in [linkedin.com/jens-strueker](https://www.linkedin.com/jens-strueker)

