



# 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

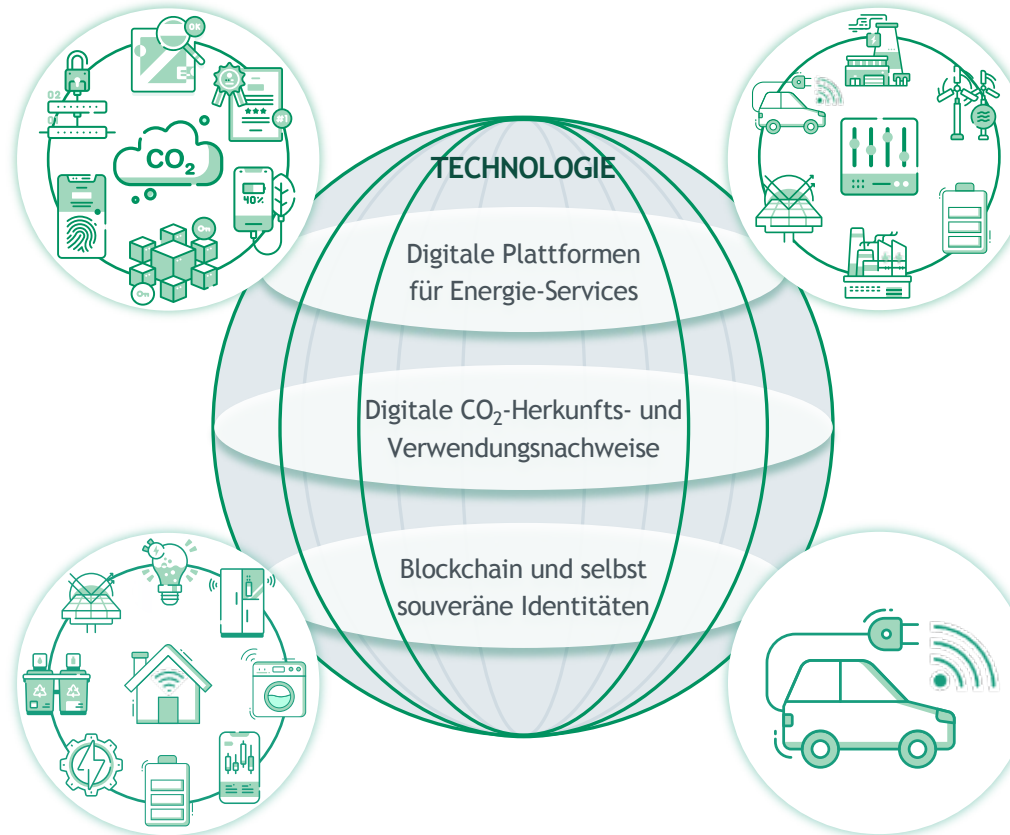
# Unsere Expertise im Bereich Digitales Energiemanagement umfasst ein breites Spektrum

## Nachhaltige Produktion Verifikation

- Digitalisierung und Energiemanagement für Produktion und Geschäftsprozesse
- Transparenz von CO<sub>2</sub>-Fußabdrücken
- Analyse von Strom, Wasser und mehr

## Nachhaltiges Wohnen

- Sektorenkopplung und Integration von lokaler Erzeugung und Prosumer-Haushalten
- Energiemanagement und Data Analytics
- Anlagenscharfe CO<sub>2</sub>-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

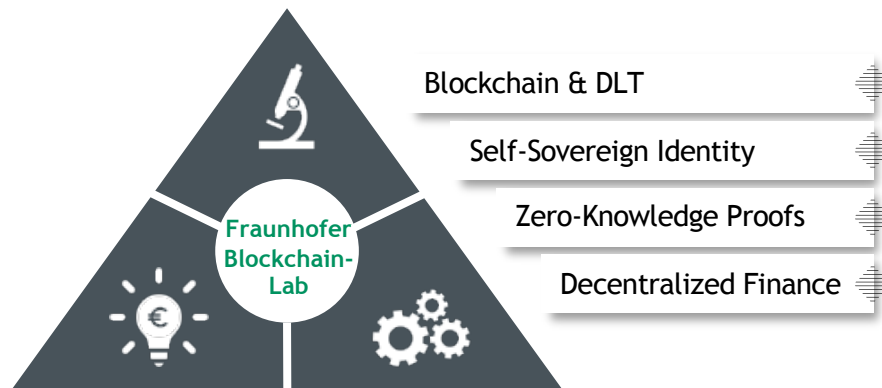
**Digitalisierung ermöglicht Echtzeit-Energiewirtschaft und unterstützt Unternehmen dabei, ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen aktiv zu managen und zu senken.**

# 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 CO<sub>2</sub>-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

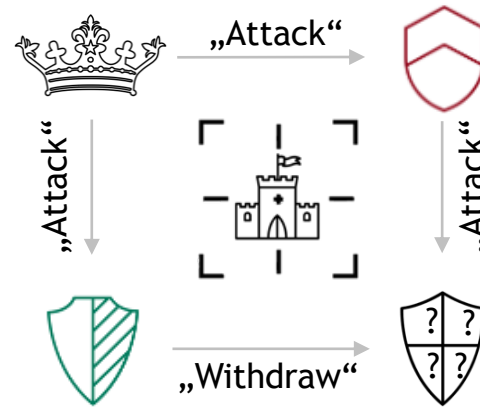
# Blockchain: Ein neues Computing-Paradigma?



# 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>

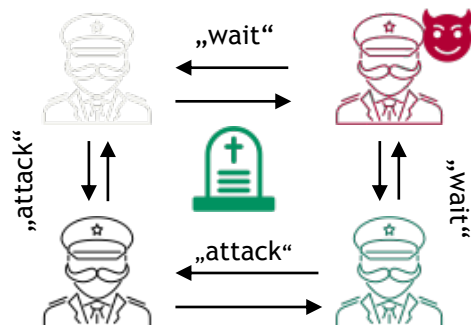
# Das Byzantinische Generalsproblem

## 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

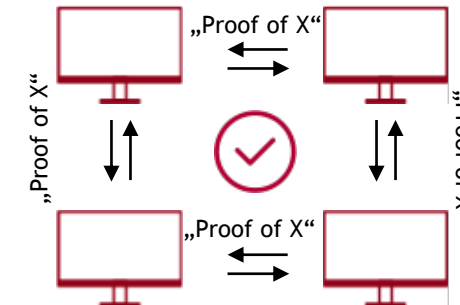
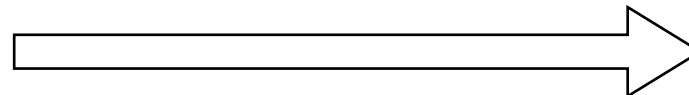
Wie kann ein General einem Schlachtplan vertrauen, damit seine Einheit nicht in den sicheren Tod laufen?

## Bezug auf die Blockchain



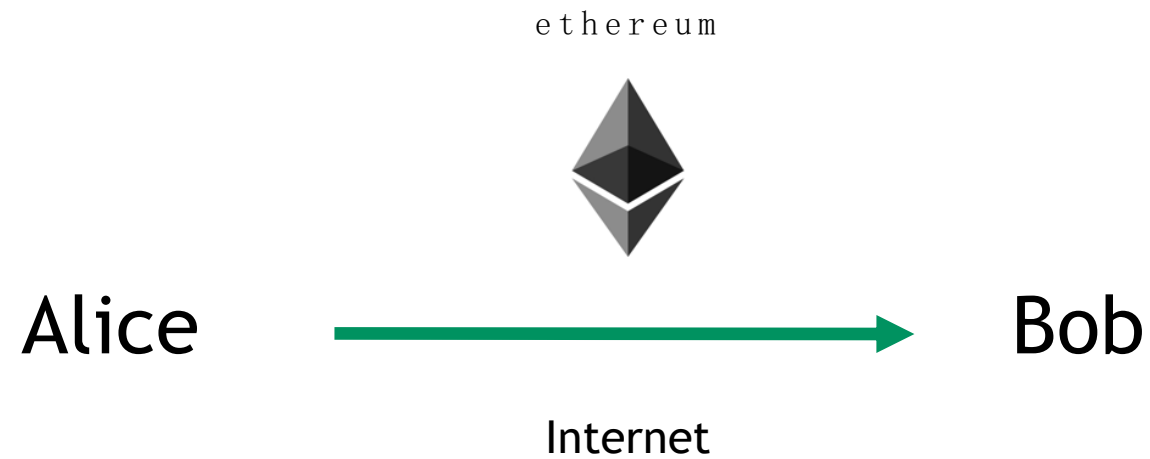
- Einheit des schwarzen Generals fällt, weil roter General kompromittiert wurde

- 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

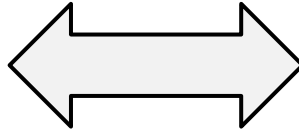
## Problem

### 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

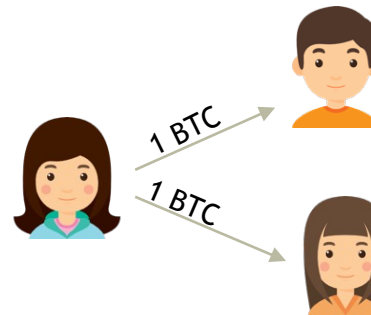
## Example

### previously

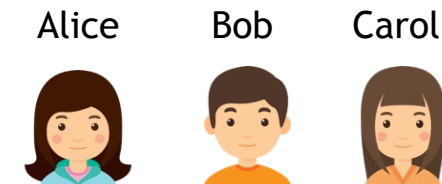


	Alice	Bob	Carol
Balance Bitcoin	1	0	0

### Double Spending



### afterwards



	Alice	Bob	Carol
Balance Bitcoin	0	1	1

} duplicated

# 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](https://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

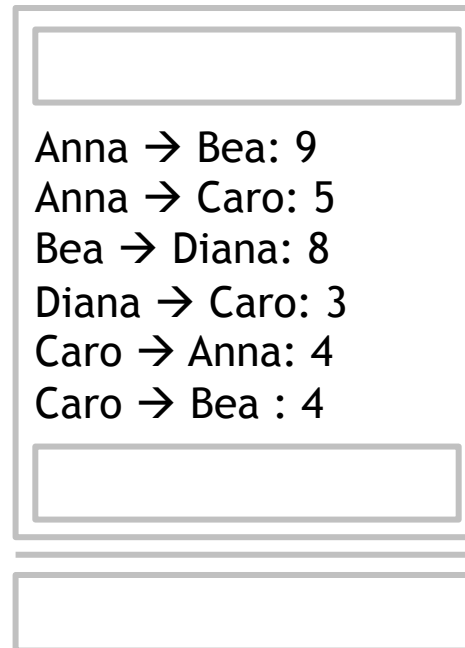
Source: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>

# Für den Anfang, Blockchain ist ein Register

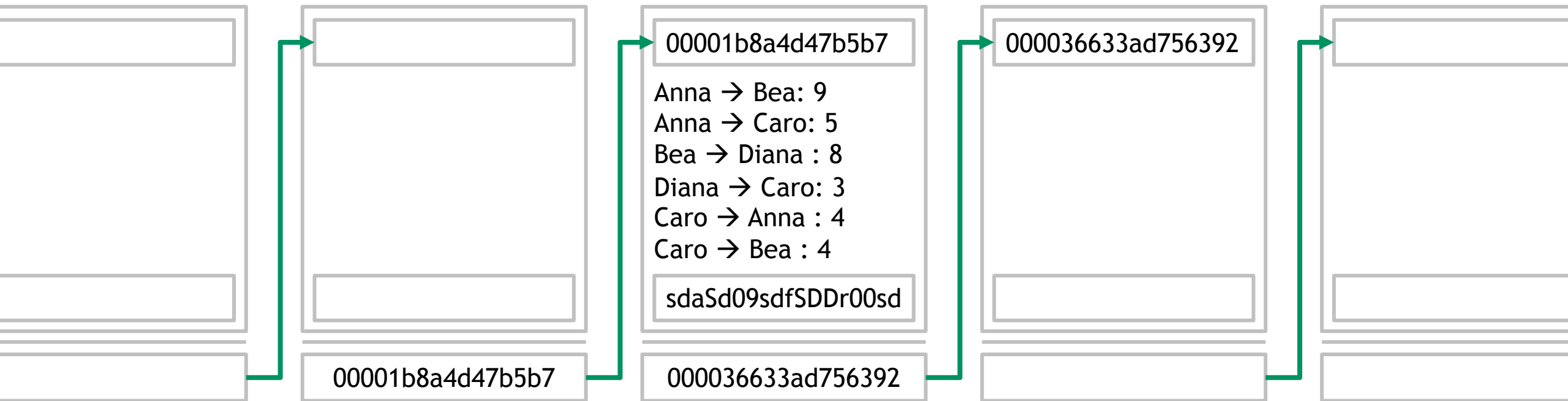




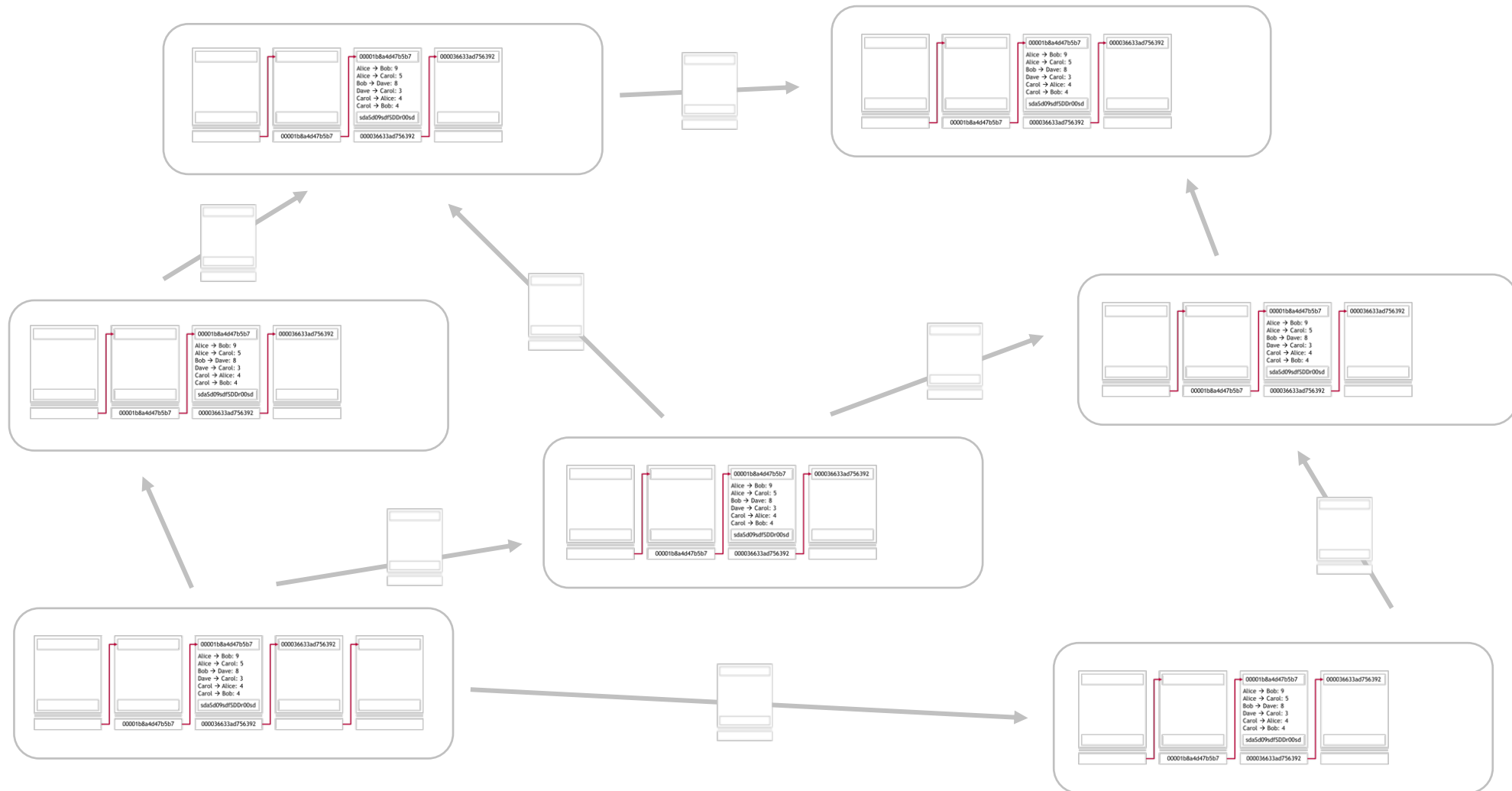
## Ein "Block" enthält eine Reihe von Transaktionen



# 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

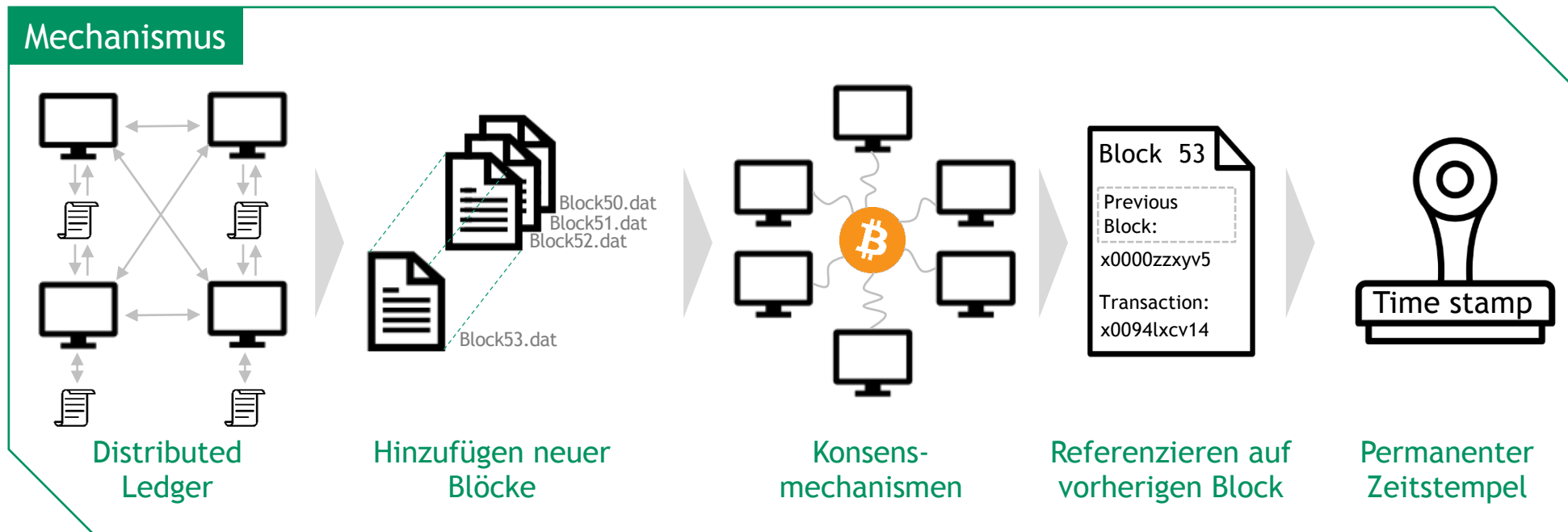


# Die Blockchain speichert Transaktionen transparent, chronologisch und unveränderlich im Netzwerk

## 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 CO<sub>2</sub> Nachweise &  
Blockchain-Technologie

**05** | Beispiele Digitaler Produktpass  
& CBAM

**06** | Zusammenfassung und Ausblick

# 2

Blockchain = Energieverschwendung?

---

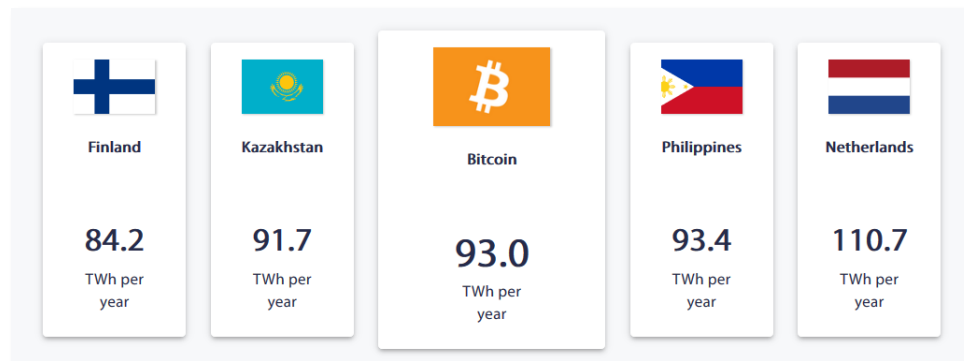
## NFTs Are Hot. So Is Their Effect on the Earth's Climate

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.

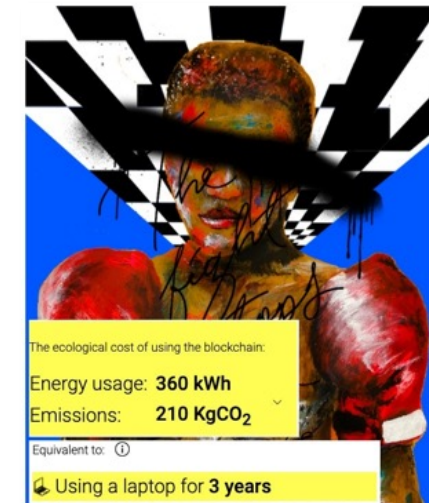
<https://www.wired.com/story/nfts-hot-effect-earth-climate/>

## 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 a magnifying glass icon. Below the search bar are navigation options: All, News, Images, Videos, Shopping, More, Settings, and Tools. The results are sorted by relevance and show five news items:

- Sci-News.com**: China's Bitcoin Miners Will Consume as Much Energy as Mid ...  
Given the current trends in Bitcoin mining, Chinese researchers estimate that the energy consumption from this process in their country alone will peak in 2024 ...  
2 days ago
- Bloomberg.com**: Bitcoin Power Consumption Jumped 66-Fold Since 2015, Citi ...  
As of mid-April, global power demand by the Bitcoin network probably reached an annualized 143 terawatt-hours, about 4% higher than Argentina's total electricity ...  
3 days ago
- The New York Times**: In Coinbase's Rise, a Reminder: Cryptocurrencies Use Lots of Energy  
Bitcoin mining's heavy energy usage owes in large part to its reliance on what's called "proof of work" — a computing method that's intentionally designed to be ...  
1 day ago
- Cointelegraph**: Bitcoin power consumption '66 times higher than in 2015': Citigroup  
The Bitcoin energy consumption debate is heating up faster than the planet, with corporations facing pushback from the public and shareholders over Bitcoin ...  
2 days ago
- CNN**: Bitcoin has an energy problem  
According to one estimate, the process of mining bitcoins and keeping the network ... CNN's Clare Sebastian reports on the network's vast energy usage.  
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

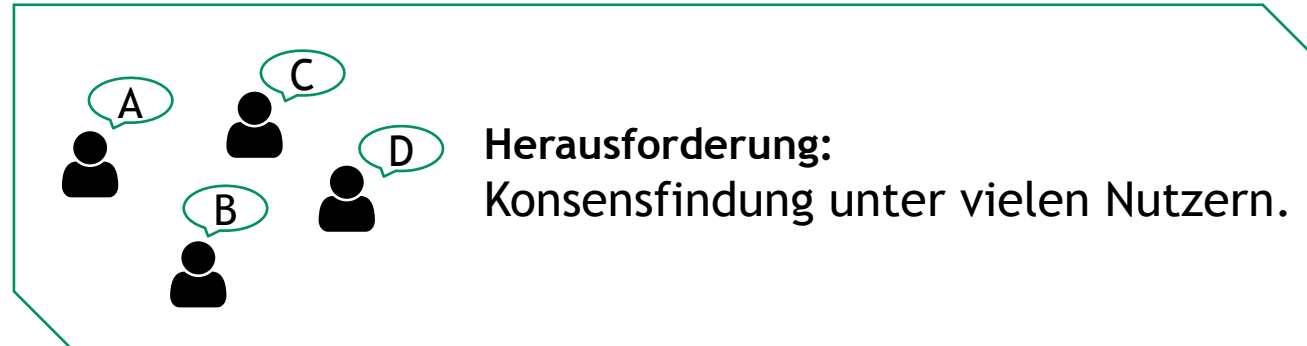
Christian Stoll, Lena Klaaßen, Ulrich Gallersdörfer

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

nature

Joule  
A Cell Press journal

# Warum Proof of X?



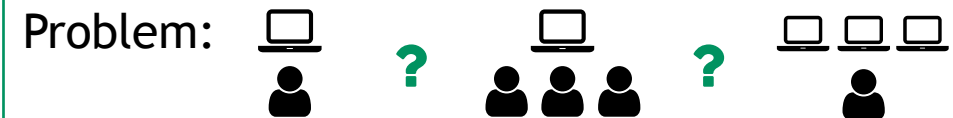
## Closed System (Permissioned)

„Easy“ Lösung:

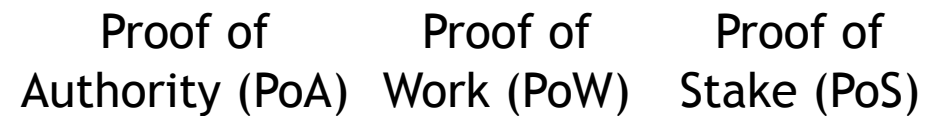
- Mittels Abstimmen/ Wählen
- Wiederholte Zufallsauswahl



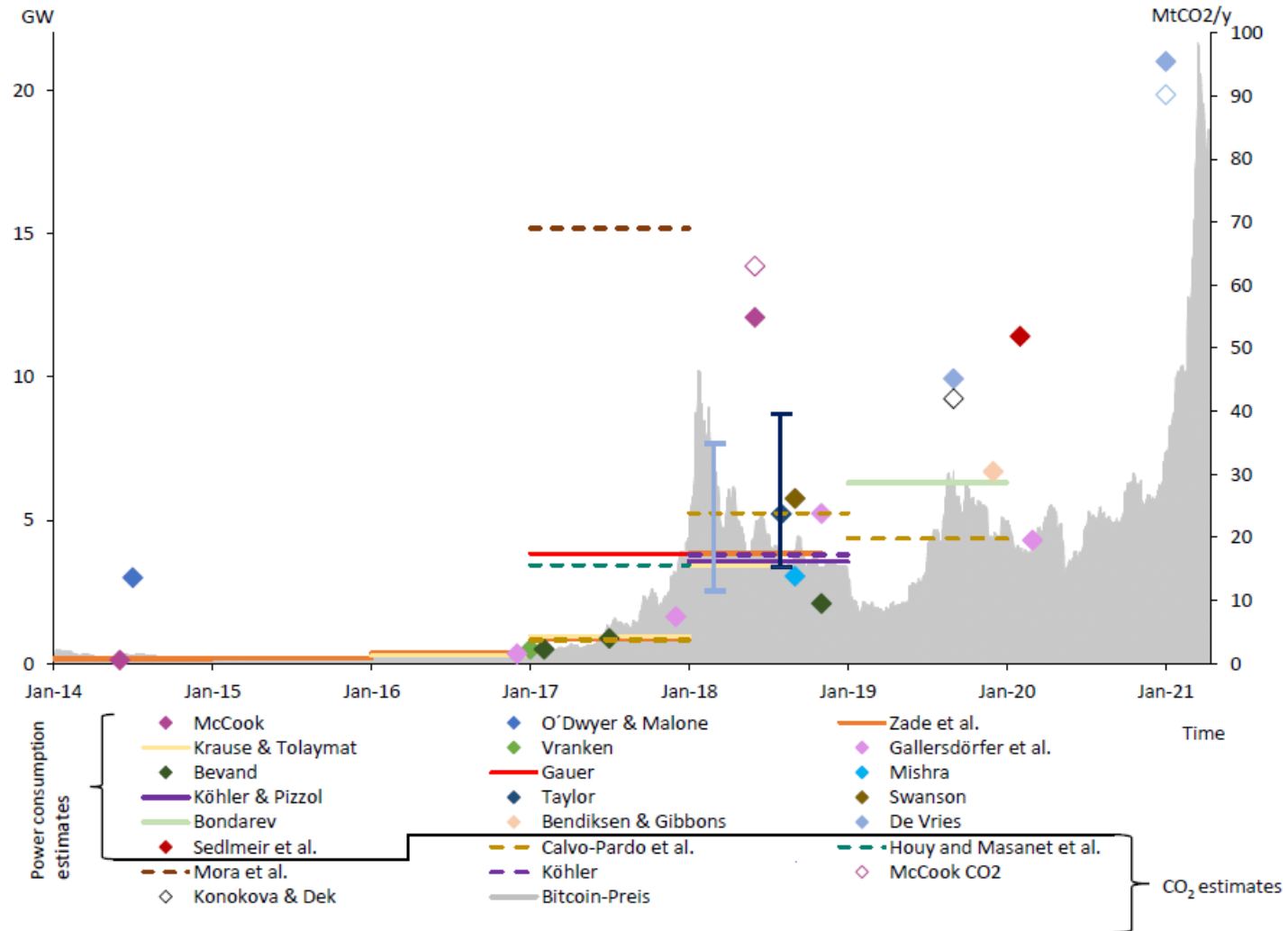
## Open System (Permissionless)



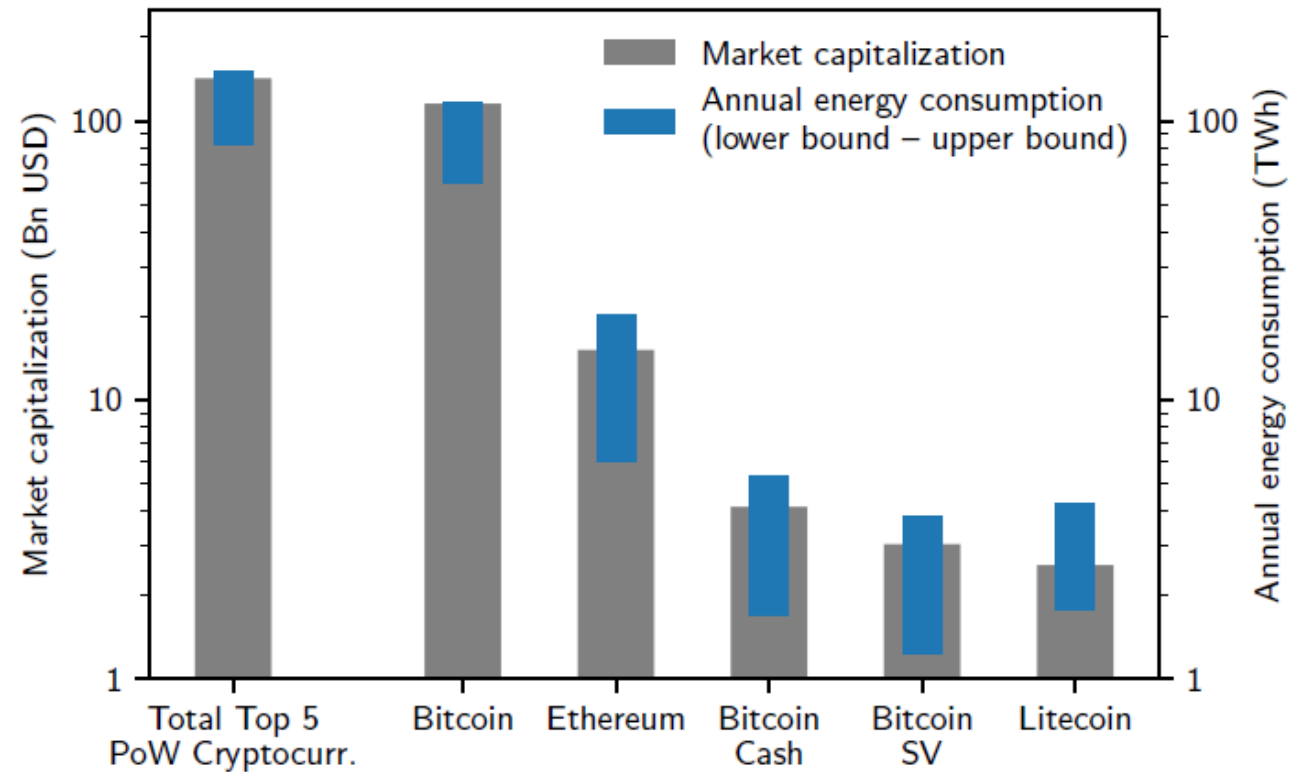
- Lösung: Binden des Abstimmens an knappe Ressource, die öffentlich überprüfbar ist.



# Es gibt eine Vielzahl an Literatur über den Energieverbrauch von PoW



# Der Energieverbrauch anderer PoW-Blockchains

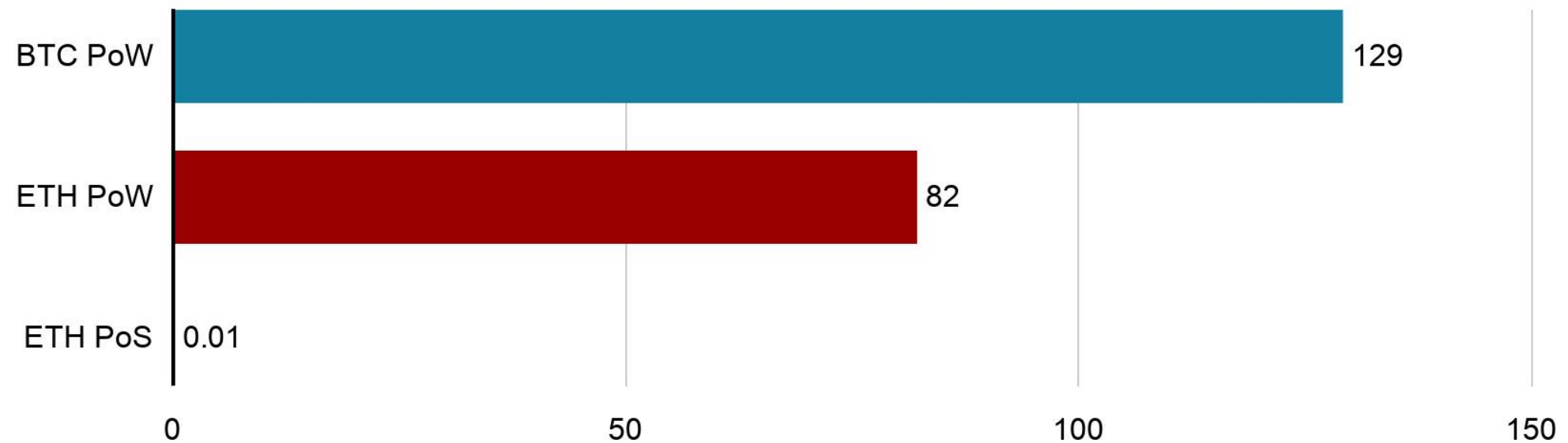


For more details: J. Sedlmeir, H. U. Buhl, G. Fridgen, R. Keller (2020): The Energy Consumption of Blockchain Technology: Beyond Myth. Business & Information Systems Engineering 62(6)

# 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>-Speicherung zum Ausgleich betrieblicher Emissionen

## Nachhaltiges Management in Echtzeit

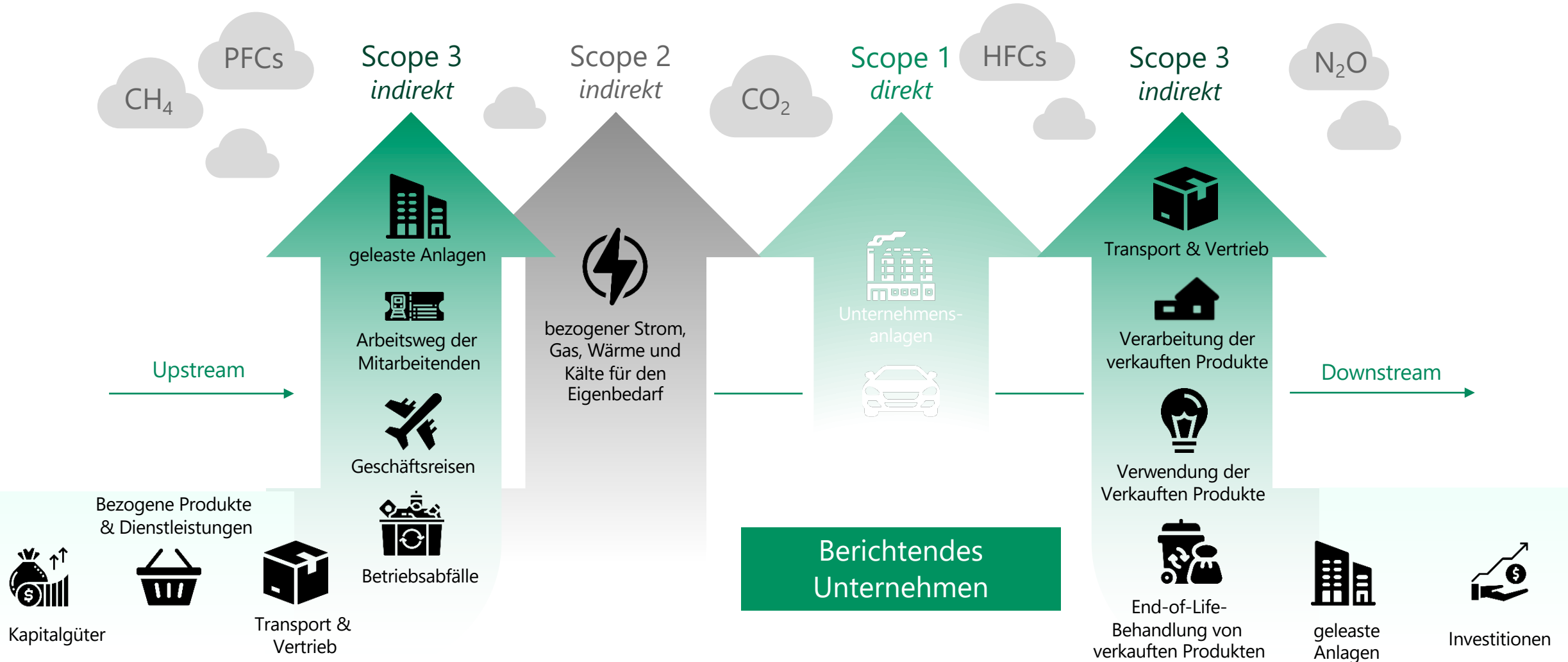
CO<sub>2</sub>-angepasstes Management durch Echtzeitüberwachung; CO<sub>2</sub>-Anteil der Endprodukte



Isolierte Unternehmensaktivitäten sind nicht zielführend für ...

- aktives CO<sub>2</sub> Management auf Prozessebene
- produktspezifische CO<sub>2</sub>-Kennzeichnung

# Treibhausgas-Emissionen von Unternehmen basieren heute überwiegend auf Schätzungen



# Weg zur Net Zero: Digitale CO<sub>2</sub>-Zertifikate für die nachhaltige Transformation der europäischen Wirtschaft

## Projektidee und -ziel

- Untersuchung des wirtschaftlichen Potenzials differenzierter und digitaler CO<sub>2</sub>-Herkunfts- und Verwendungsnachweise
- Einordnung bestehender Instrumente und Richtlinien (z.B. Emissionshandel) sowie aktuell diskutierte Entwürfe (z.B. Lieferkettengesetz, Digitaler Produktpass) im europäischen Kontext



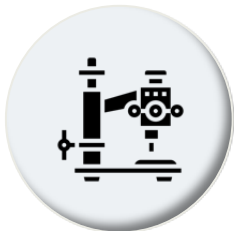
## Interview Partner



Automobilindustrie



Bauindustrie



Maschinenbau



Energiewirtschaft

## Projekt-Ergebnisse

### *Probleme, Risiken und Ungewissheiten bei der (künftigen) CO<sub>2</sub>-Berichterstattung und -überprüfung:*

- Steigende Anforderungen an Emissionsdaten und Berichterstattung
- Steigende Nachfrage nach detaillierten Informationen zum CO<sub>2</sub>-Fußabdruck von Investoren und Kunden
- Sammlung und Verarbeitung der Emissionsdaten von Lieferanten
- Fehlen von Standards für die CO<sub>2</sub>-Beurteilung in Berichten und für Produkte

### *Potenzial der digitalen CO<sub>2</sub>-Erfassung:*

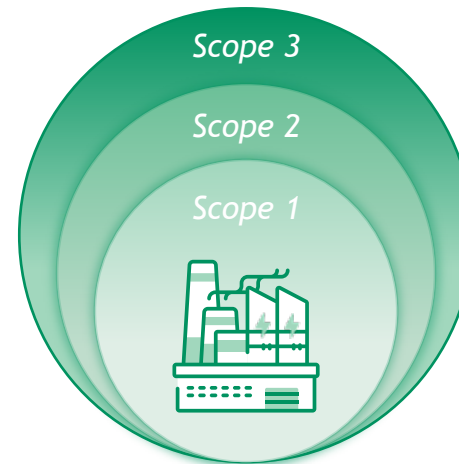
- Differenzierung von Produkten nach ihrem CO<sub>2</sub>-Fußabdruck
- Ermöglicht Erfassung und Weitergabe von Emissionsdaten über Scope 1 hinaus
- Einheitliche Erfassung von Emissionsdaten unabhängig von Systemgrenzen unterschiedlicher rechtlicher Rahmenbedingungen (national vs. europäisch)



# Neue Anforderungen an Unternehmen fordern neue Lösungen für die Verifizierung von CO<sub>2</sub>-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) CO<sub>2</sub>-Berichterstattung
- Nachweis von Transformation bzw. Verbesserung von Produkteigenschaften
- Freiwillige Berichterstattung von CO<sub>2</sub>-Informationen und weiteren SDGs (insb. GHG-Protokoll, SBTi)
- Pluralismus von regulatorischen und freiwilligen Bewertungsansätzen (insb. Systemgrenzen)
- CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> Nachweise &  
Blockchain-Technologie

**05** | Beispiele Digitaler Produktpass  
& CBAM

**06** | Zusammenfassung und Ausblick

# 4

## Digitale CO<sub>2</sub> Nachweise & Blockchain-Technologie

---

# Neue Anforderungen an Unternehmen fordern neue Lösungen für die Verifizierung von CO<sub>2</sub>-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

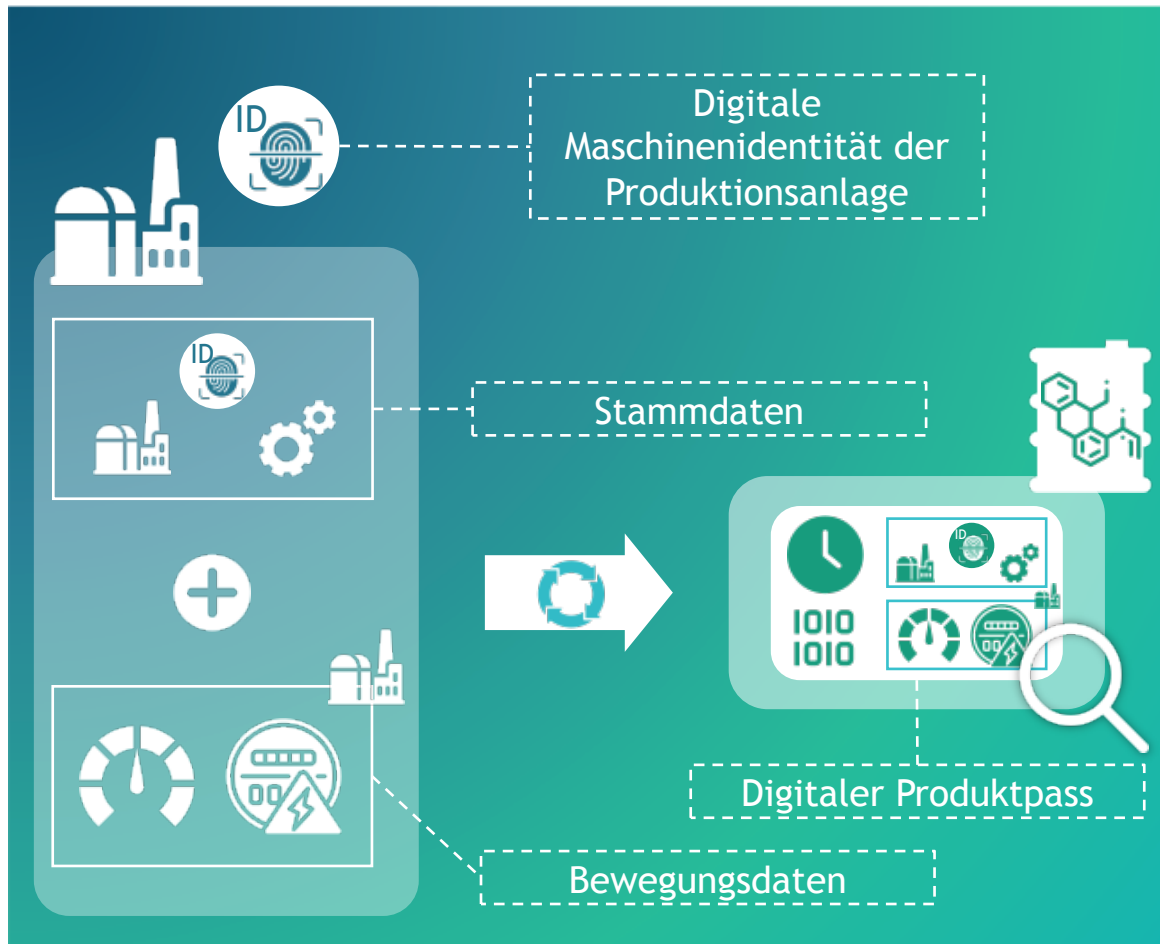


Dezentrales Management

## Marktanforderungen

- Nachfrage nach (Audit-sicherer) CO<sub>2</sub>-Berichterstattung
- Nachweis von Transformation bzw. Verbesserung von Produkteigenschaften
- Freiwillige Berichterstattung von CO<sub>2</sub>-Informationen und weiteren SDGs (insb. GHG-Protokoll, SBTi)
- Pluralismus von regulatorischen und freiwilligen Bewertungsansätzen (insb. Systemgrenzen)
- CO<sub>2</sub> 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. CO<sub>2</sub>-  
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

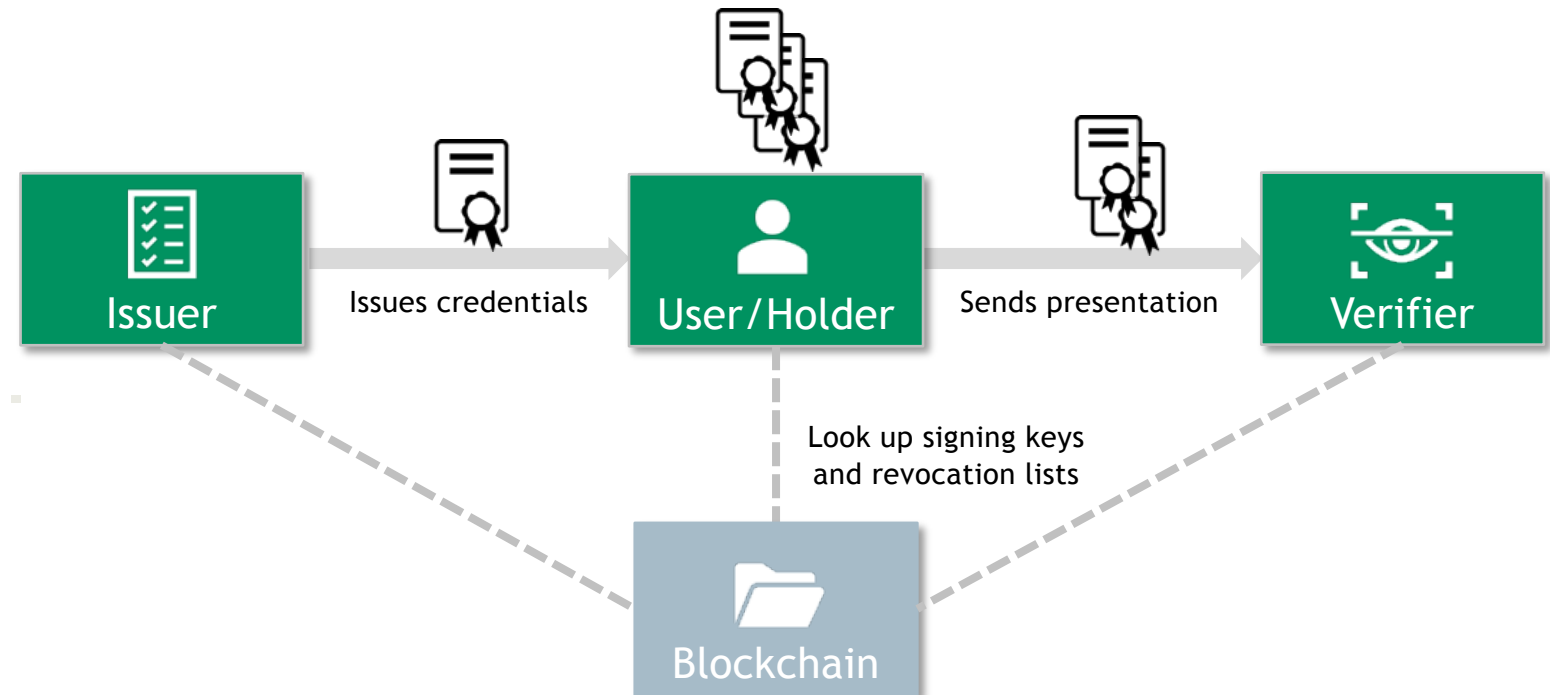
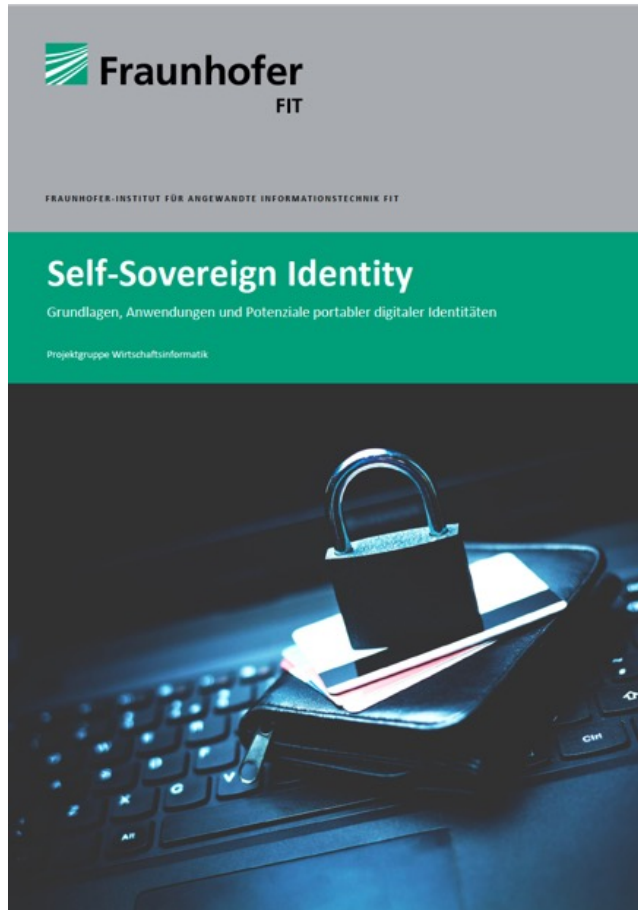


Interoperabilität, Übertragbarkeit & Datenschutz

## Application Patterns

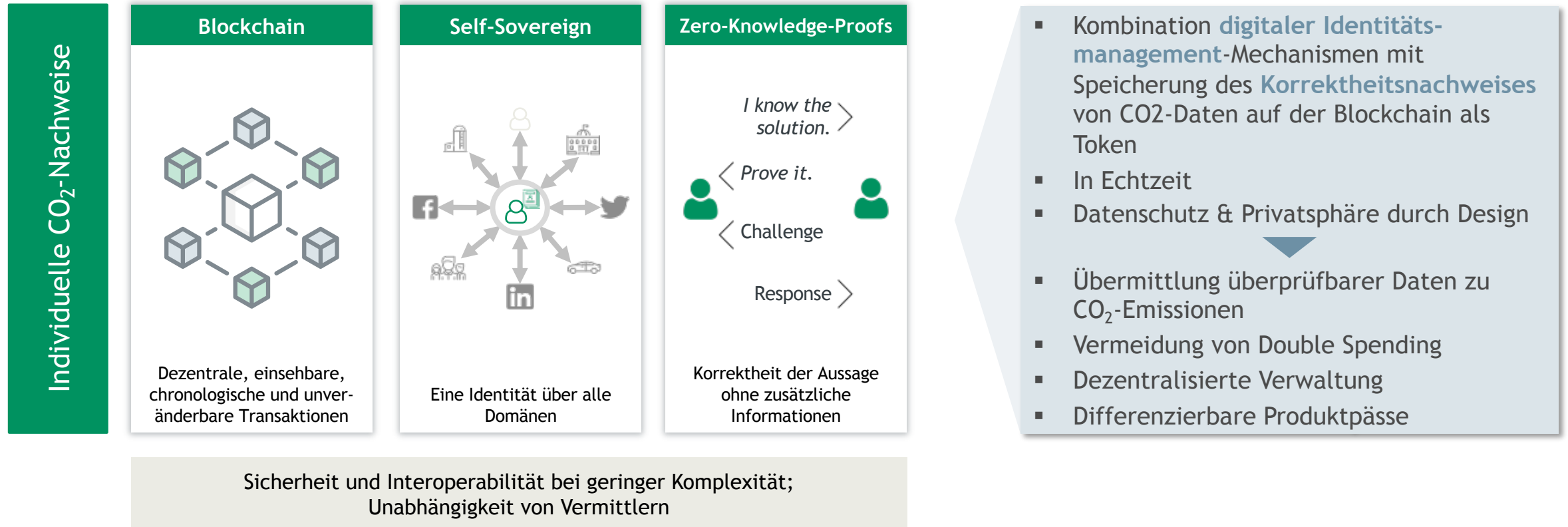


# Blockchain und selbstsouveräne (Maschinen-)Identitäten



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 CO<sub>2</sub>-Nachweise



verifizierte Daten über ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen zu nutzen (z.B. für die Buchführung) und ermöglicht ein CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub> Nachweise &  
Blockchain-Technologie

**05** | Beispiele Digitaler Produktpass  
& CBAM

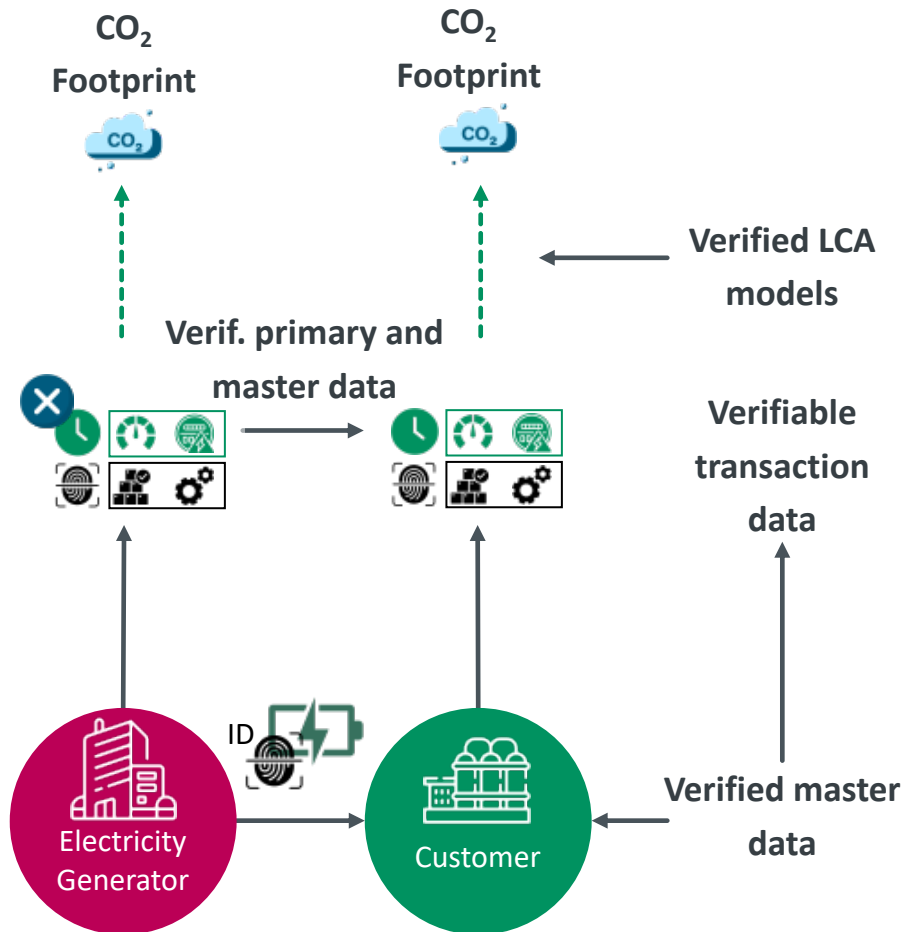
**06** | Zusammenfassung und Ausblick

# 5

## Beispiel Digitaler Produktpass & CBAM

---

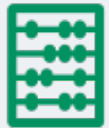
# Wie unterstützen digitale CO<sub>2</sub>-Nachweise Unternehmen?



# Digitaler Produktpass zur Ausweisung von Emissionen mithilfe digitaler Technologien



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



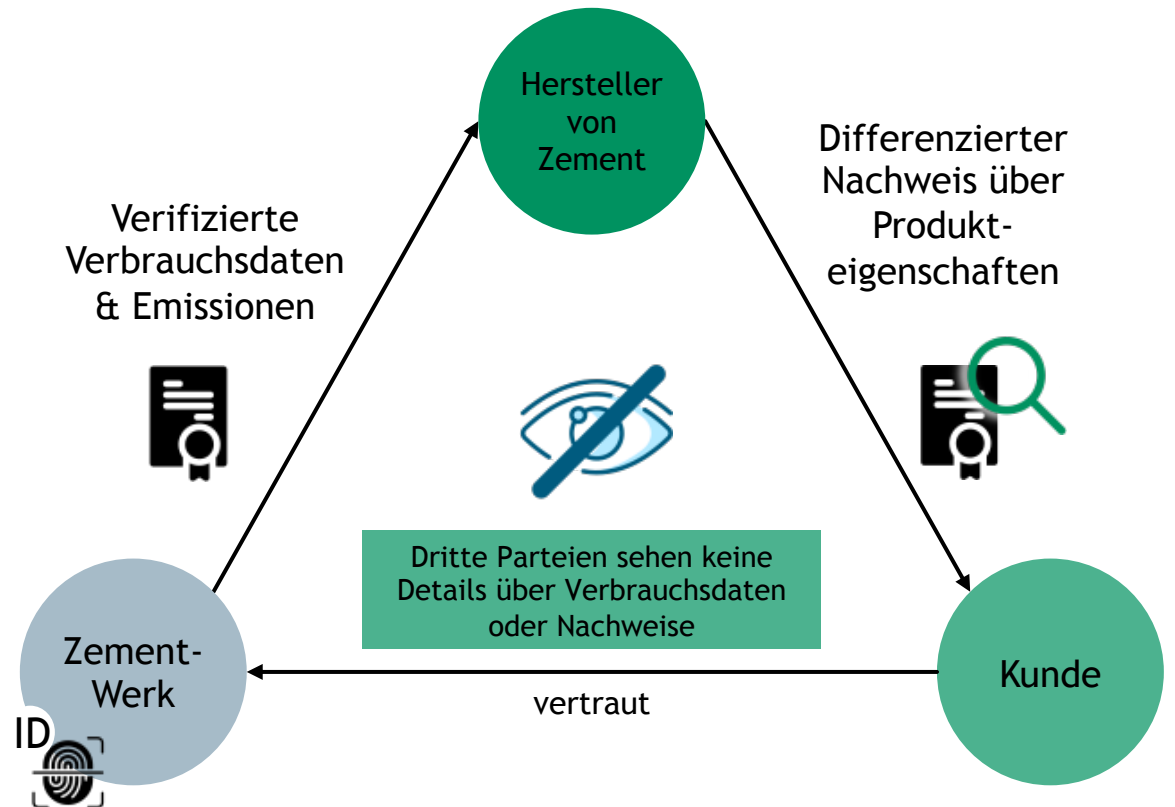
End-to-End digitale Quantifizierung, Zuordnung und Ausweisung von CO<sub>2</sub>-Emissionen und Energieverbrauch

- 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

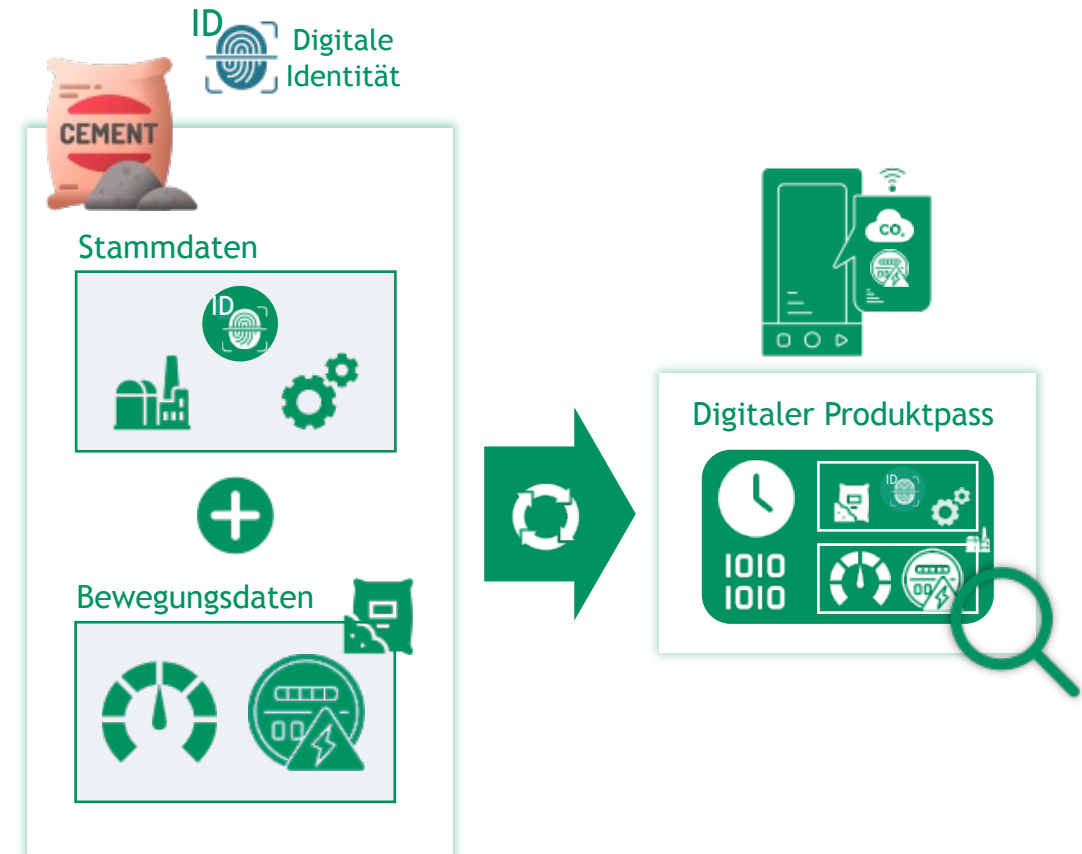


End-to-End digitale Quantifizierung, Zuordnung und Ausweisung von CO<sub>2</sub>-Emissionen und Energieverbrauch

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



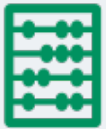
Basis für die Bewertung und gezielte Steuerung von Klimaschutz- und Emissionsminderungszielen sowie Investitions- und Innovationsoptionen



# Digitaler Produktpass zur Ausweisung von Emissionen mithilfe digitaler Technologien



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

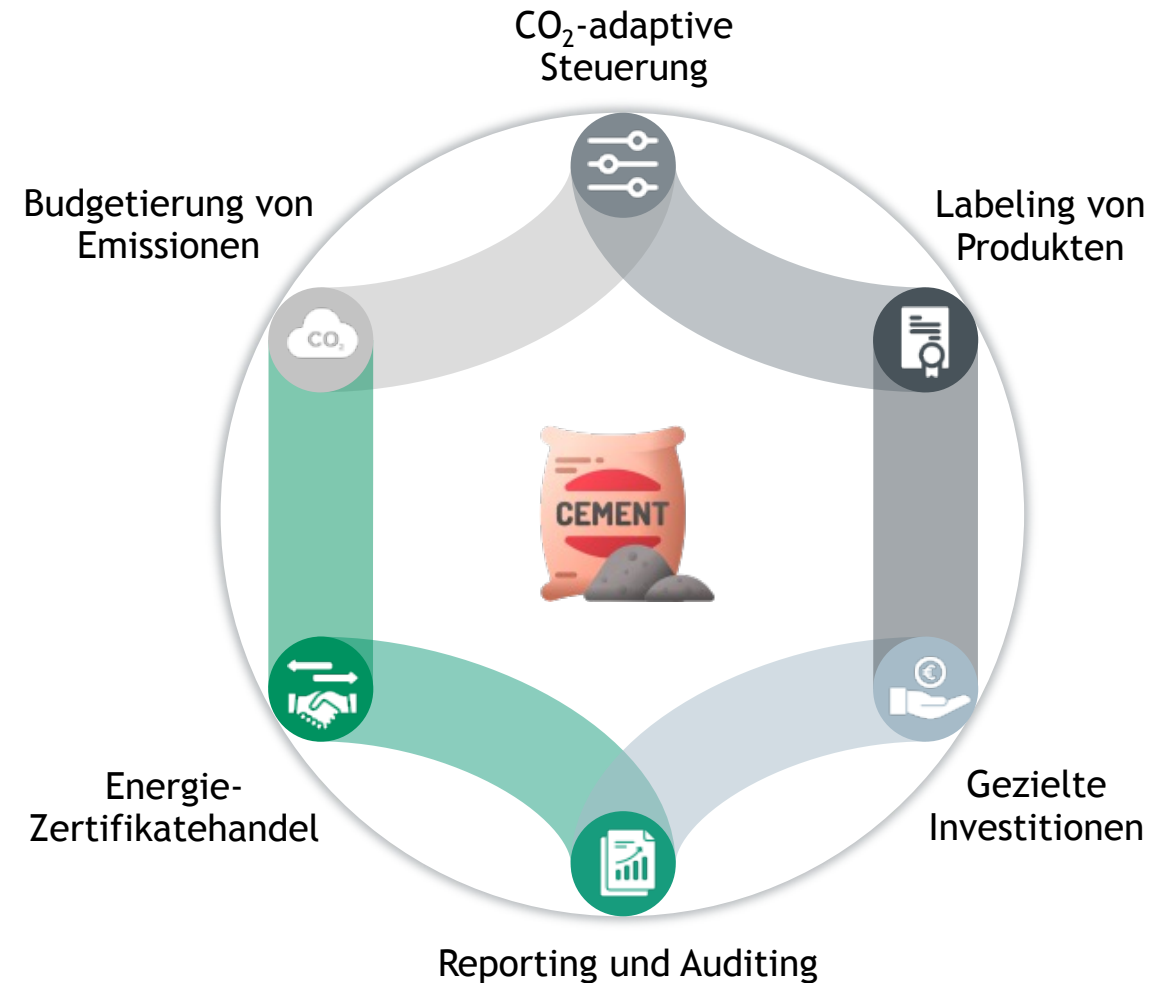


End-to-End digitale Quantifizierung, Zuordnung und Ausweisung von CO<sub>2</sub>-Emissionen und Energieverbrauch

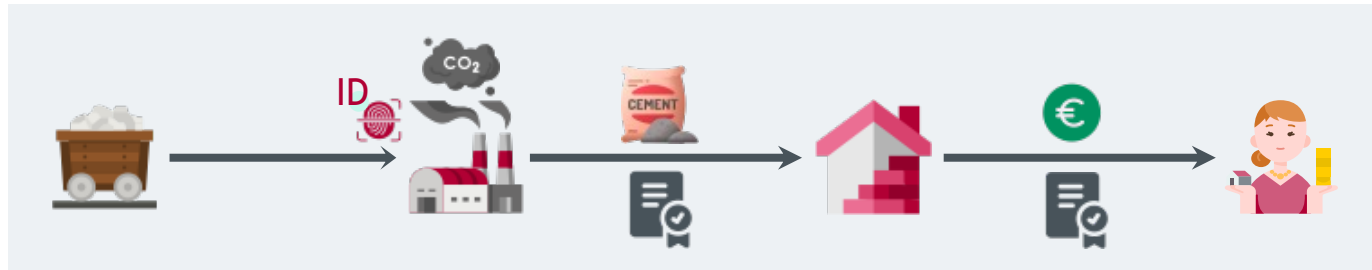
- Basis für Produktdifferenzierung von HeidelbergCement
- Basis für effizientere Reporting- und Audit-Prozesse



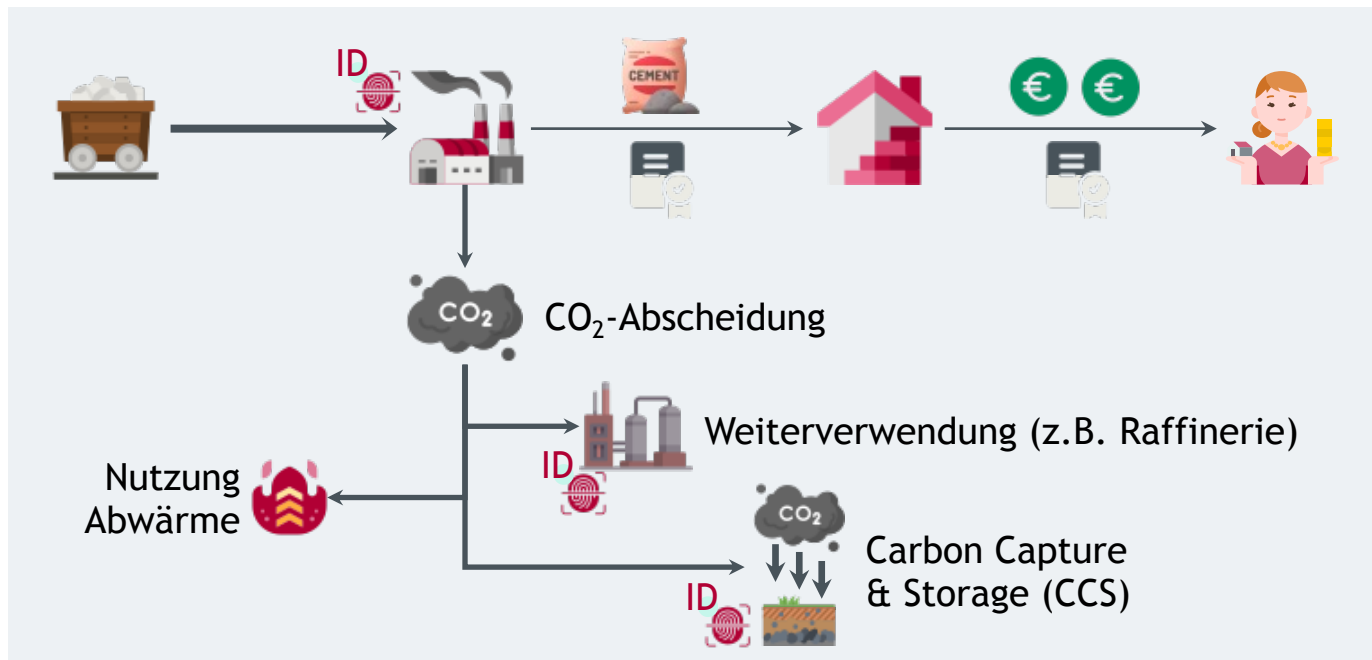
Basis für die Bewertung und gezielte Steuerung von Klimaschutz- und Emissionsminderungszielen sowie Investitions- und Innovationsoptionen



# Digital CO<sub>2</sub>-Nachweise zur Differenzierung von Produkten



Mit digitalen CO<sub>2</sub>-Nachweisen können wir Differenzen in Produkten und Prozessen hart nachweisen und in der Wertschöpfungskette weitergeben.



## Ökonomische Vorteile

- Reduzierung der Kosten für CO<sub>2</sub>-Reporting und Umwelt-Due Diligence
- Vorteilhaft für Unternehmen, welche im Ausland CO<sub>2</sub>-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

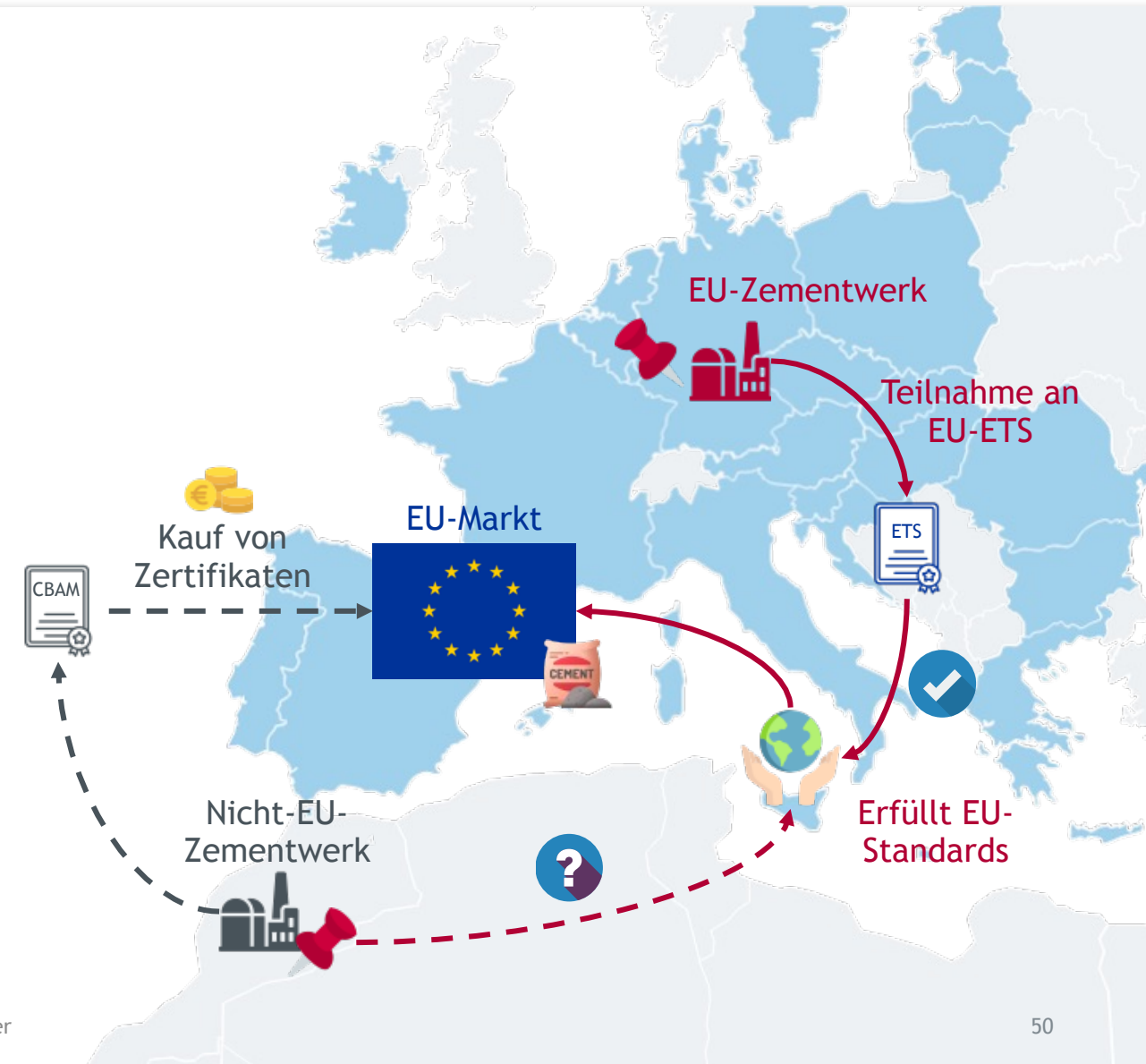
**Digitale CO<sub>2</sub>-Nachweise**  
für enthaltene Emissionen  
in Produkt produziert  
außerhalb EU

**Erfüllt EU-Standards**

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

**Digitale CO<sub>2</sub>-Nachweise**  
für erfüllte Standards *oder*  
erfolgte Bezahlung für  
Emissionsrechte in  
anderem ETS

Digitale CO<sub>2</sub>-Nachweise helfen verifiziert CO<sub>2</sub>-  
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 CO<sub>2</sub> Nachweise &  
Blockchain-Technologie

**05** | Beispiele Digitaler Produktpass  
& CBAM

**06** | Zusammenfassung und Ausblick

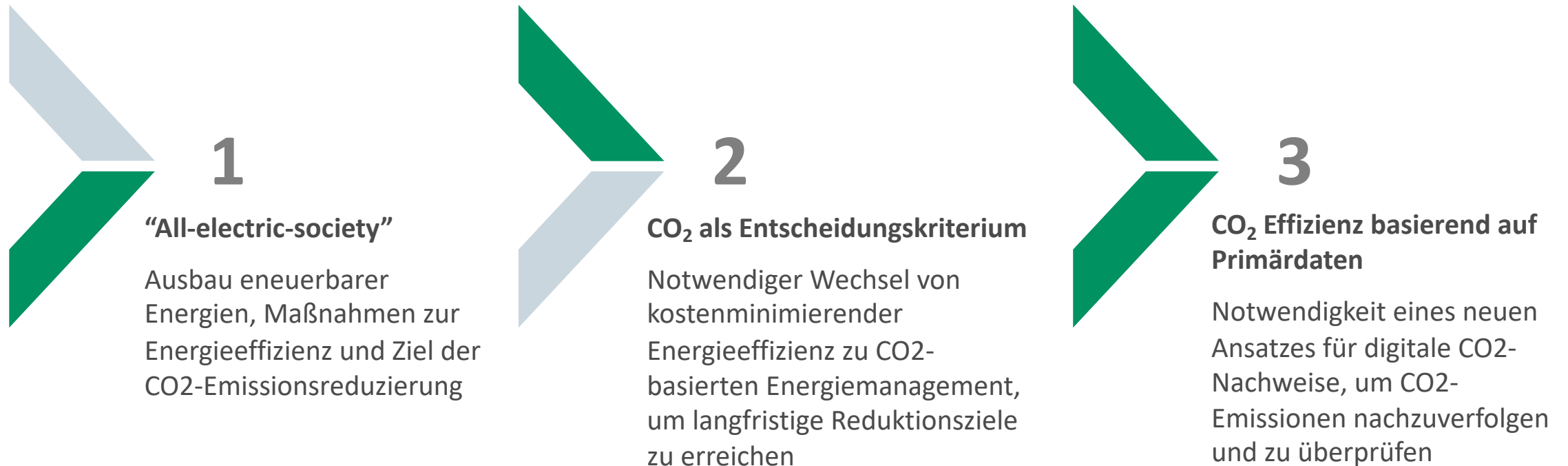
# 6

## Zusammenfassung und Ausblick

---

# Beschleunigung der Dekarbonisierung mit Primärdaten statt Schätzungen

- **1.5-Grad-Ziel des Pariser Abkommens:** Notwendigkeit der Dekarbonisierung und CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Informationen bei der Berichterstattung

Regulatorische Unsicherheit in Bezug auf den Umfang der zukünftig zu erfassenden CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Herkunfts- und Verwendungsnachweise im Unternehmenskontext

Strüker J., Körner M.-F., Leinauer C. (2021): Digitale CO<sub>2</sub>-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](mailto:jens.strueker@fit.fraunhofer.de)

☎ +49 (0)921 55 - 4712

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

