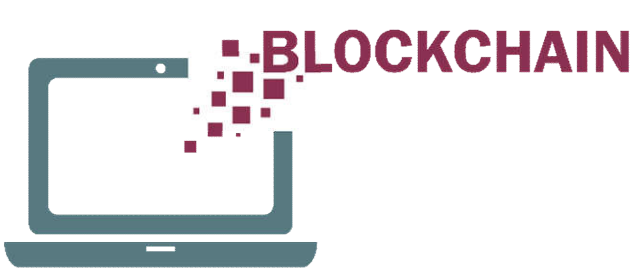


Westfälische Hochschule
Gelsenkirchen Bocholt Recklinghausen
University of Applied Sciences

BlockChain Technologie

→ Sicherheit

Prof. Dr. (TU NN)
Norbert Pohlmann

Institut für Internet-Sicherheit – if(is)
Westfälische Hochschule, Gelsenkirchen
http://www.internet-sicherheit.de

if(is) internet-sicherheit.

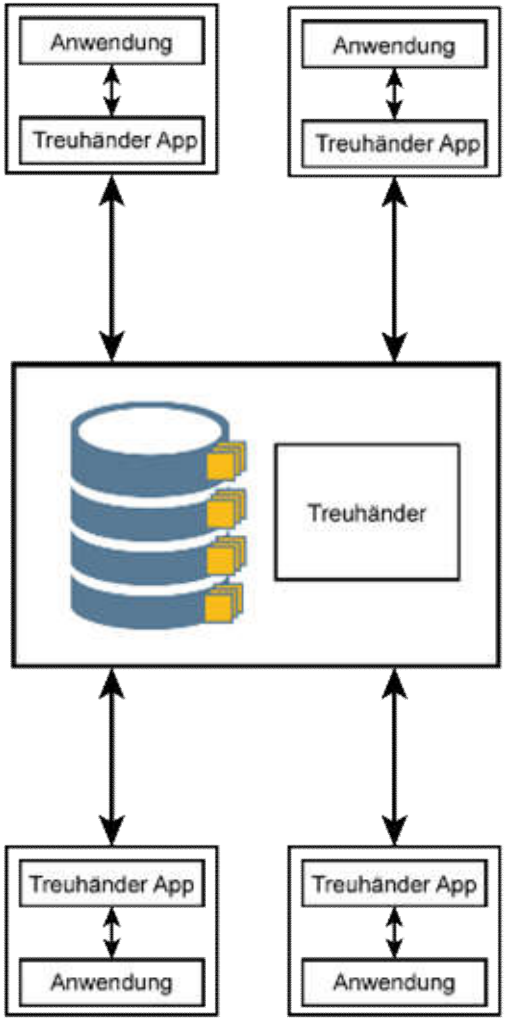
BlockChain-Technologie
→ Inhalt

- **Übersicht**
  (Sichtweisen, Sicherheitseigenschaften, …)
- **Anwendungssicherheit**
  (Schlüsselspeicherung, Manipulation, …)
- **Blockchain Beispielanwendungen**
  (Bitcoin, Smart Contracts, automatisierte Zusammenarbeit, …)
- **Zusammenfassung**
  (Chancen und Risiken)

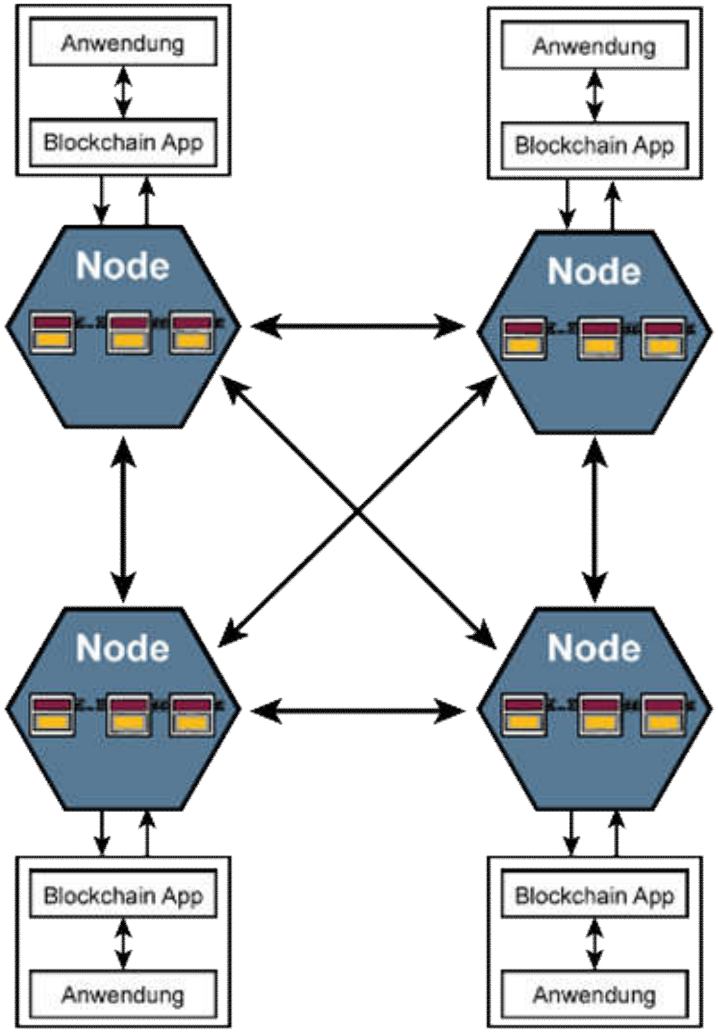
- **Übersicht**
  (Sichtweisen, Sicherheitseigenschaften, …)
- **Anwendungssicherheit**
  (Schlüsselspeicherung, Manipulation, …)
- **Blockchain Beispielanwendungen**
  (Bitcoin, Smart Contracts, automatisierte Zusammenarbeit, …)
- **Zusammenfassung**
  (Chancen und Risiken)

BlockChain-Technologie
→ auf den Punkt gebracht

Transaktionsspeicher



Zentrale Architektur



Dezentrale Architektur

BlockChain Konzept
→ Unterschiedliche Sichtweisen

- Für einen **Informatiker** ist die **BlockChain** eine **einfache Datenstruktur**, die Daten sind in einzelnen „Blöcken“ verkettet und in einem ***verteilten Netz*** **redundant** (mehrfach) verwaltet.

  Die Alternative wäre z.B. eine konventionelle Datenbank, die von allen Teilnehmern fortlaufend repliziert wird.

- Für die **IT-Sicherheitsexperten** hat die **BlockChain** den Vorteil, dass die **Daten** in den einzelnen „Blöcken“ **manipulationssicher gespeichert** werden können, das heißt, die Teilnehmer an der **BlockChain** sind in der Lage,
  → die **Echtheit**,
  → den **Ursprung** und
  → die **Unversehrtheit der gespeicherten Daten** zu überprüfen.

  Die Alternative wäre z.B. ein PKI-System.

- Für den **Anwendungsdesigner** bedeutet die Nutzung der **BlockChain**-Technologie eine **vertrauenswürdige und automatisierte Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Organisationen**.

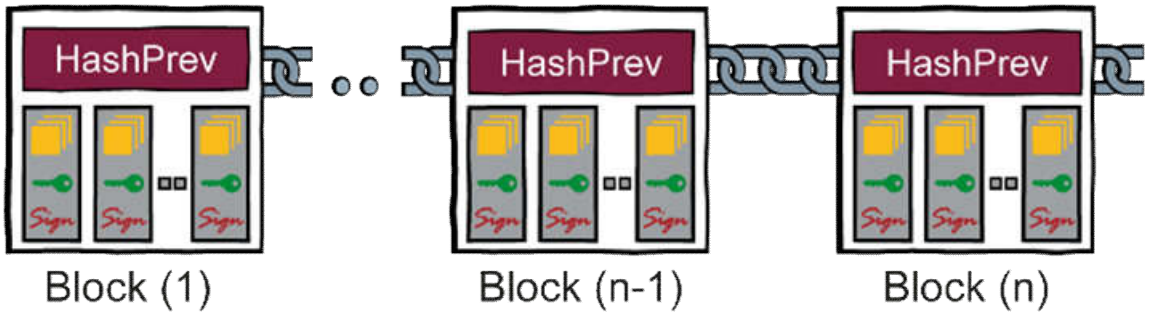
  Die Alternative wäre z.B. ein kostenintensiver Treuhänder.

BlockChain-Technologie
→ Das „Internet der Werte“

- **BlockChain-Technologie**
  - Lassen sich **Eigentumsverhältnisse** (digital Assets)
  - **direkter** und **effizienter** als bislang **sichern** und **regeln**,
  - da eine **lückenlose** und **unveränderliche Datenaufzeichnung** hierfür die Grundlage schafft.
  - Alle **Beglaubigungsprozesse** werden *schneller*, sicherer und *billiger*.

BlockChain → „Internet der Werte“

BlockChain-Technology
→ Sicherheitseigenschaften

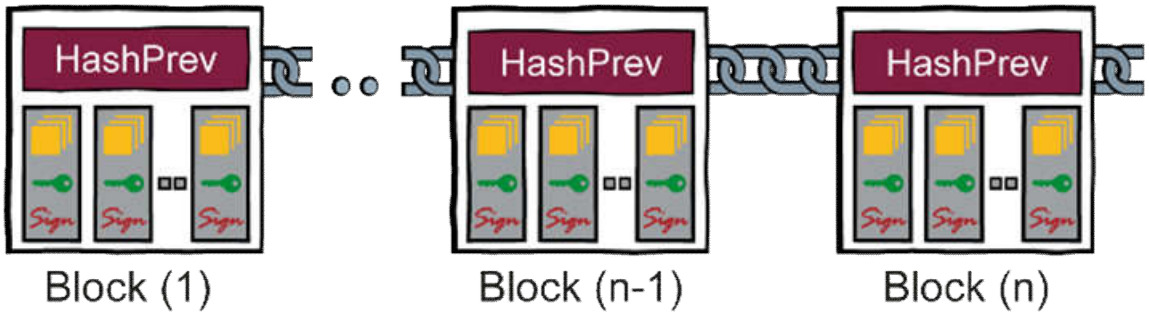


BlockChain

- ist eine **fälschungssichere**, *kryptographische Verfahren (Hashfunktionen / Public-Key-Verfahren)*
- **verteilte**, **redundante** Datenstruktur *Vielzahl von Teilnehmern gespeichert (jede Note hat die Blockchain gespeichert)*
- in der **Transaktionen in der Zeitfolge protokolliert** *Art der Verkettung (HashPrev)*
- **nachvollziehbar**, **unveränderlich** und *jeder kann Kryptographie überprüfen (Hashwert, Signatur)*
- **ohne zentrale Instanz** abgebildet sind. *geeignete Konsensfindungsverfahren (Proof of Work, Proof of Stake)*

(Sicherheitseigenschaften einer BlockChain)

BlockChain-Technology
→ Datenstruktur einer BlockChain

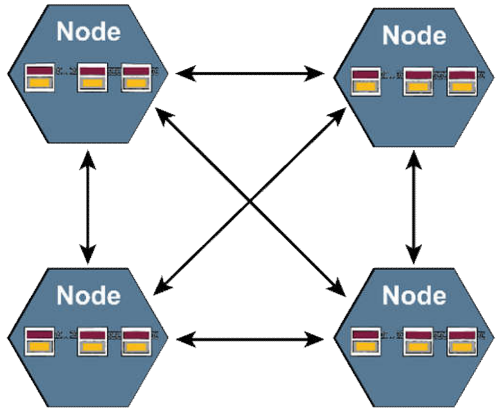


- Die **Daten** sind Transaktionsdaten mit Geldeinheiten, Zertifikaten, Produktionsdaten, Sensordaten, Source Code, ... digitale Werte

- **Transaktionen** mit **Daten** werden vom Teilnehmer erstellt und **sign**iert (Wallet/Schlüssel). Passende **Public Key** in der Transaktion. Verteilung

- **Block** *beinhaltet verknüpfte Transaktionen. Der Hashwert* **HashPrev** *sichert die Blockverkettung. Verteilte Validierung, Konsens.*

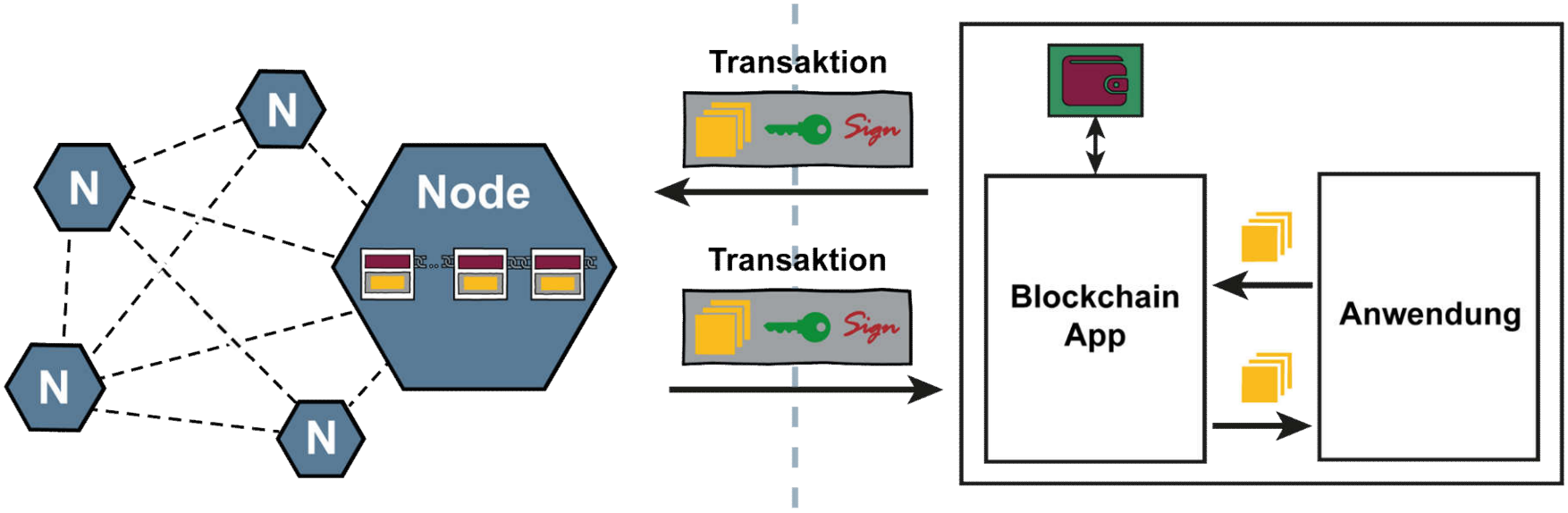
- Die **BlockChain** beinhaltet alle Blöcke (**Daten**). Auf jeder Node eines bestimmten Peer-to-Peer Netzwerkes ist eine Version der **BlockChain** gespeichert



BlockChain-Technologie
→ Infrastruktur und Anwendung

BlockChain-Infrastruktur

BlockChain-Anwendungen

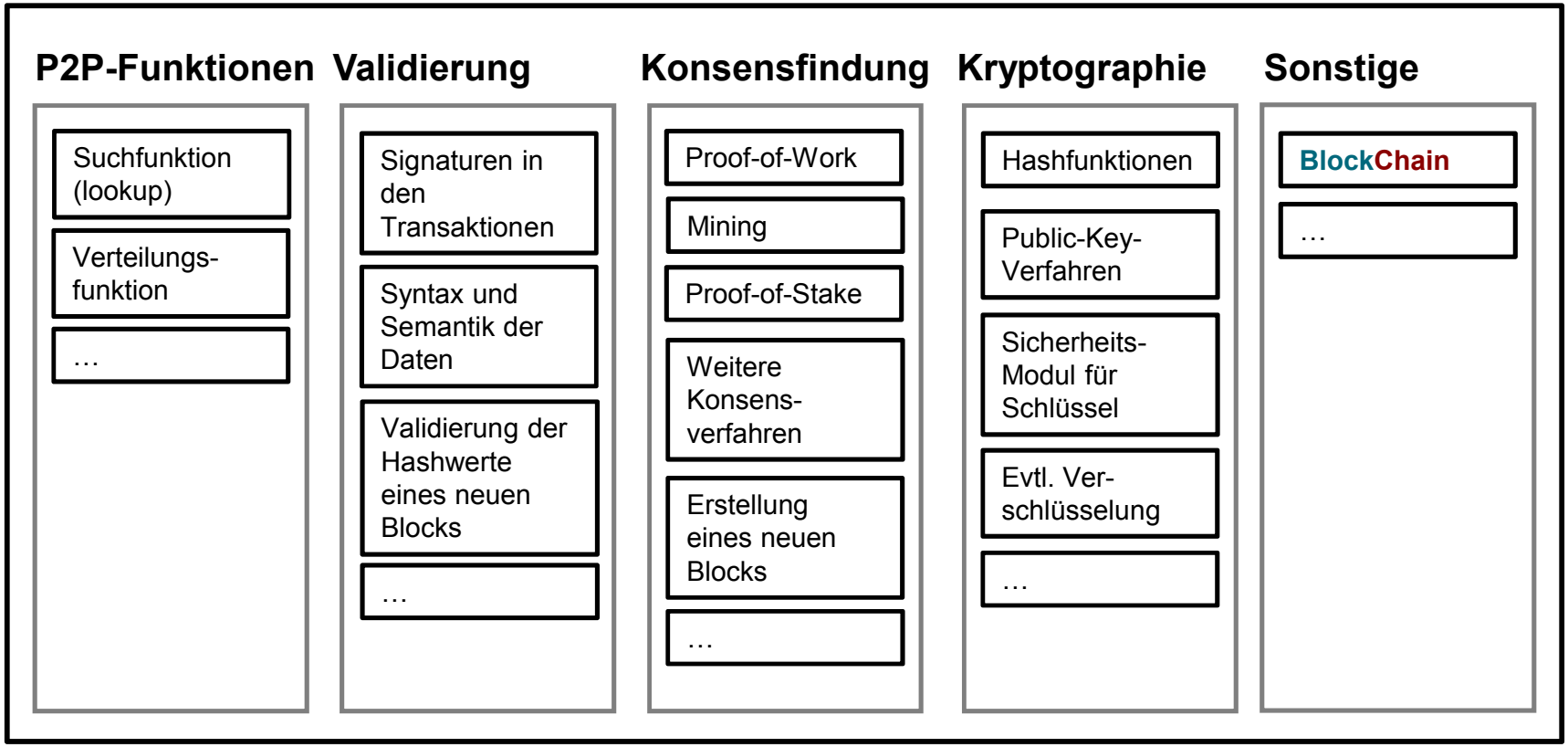


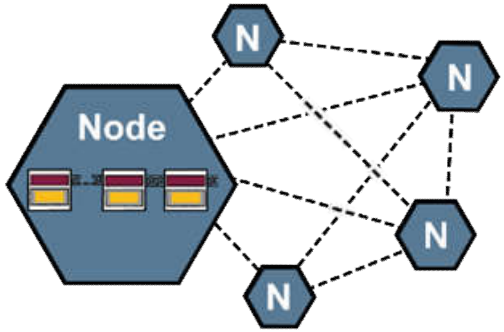
- **Die BlockChain-Infrastruktur**
  (Peer-to-Peer-Netzwerk, Nodes mit allen Kommunikations-, Sicherheits- und Vertrauensfunktionen, die **BlockChain** als Datenstruktur, …)

- **Die BlockChain-Anwendungen**
  (Blockchain-App, Wallet/Schlüssel, eigentliche Anwendung, …)

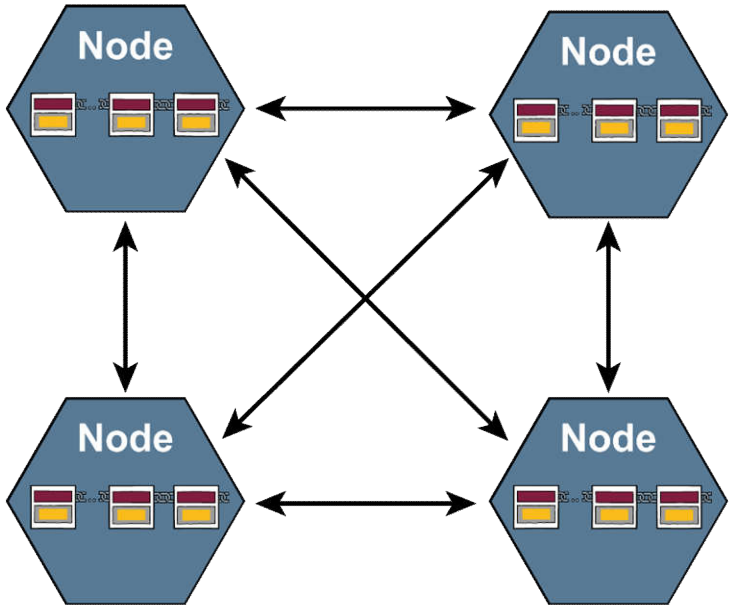
- Die **Transaktionen** als Schnittstelle dazwischen

BlockChain-Infrastruktur
→ Funktionen in einer Node





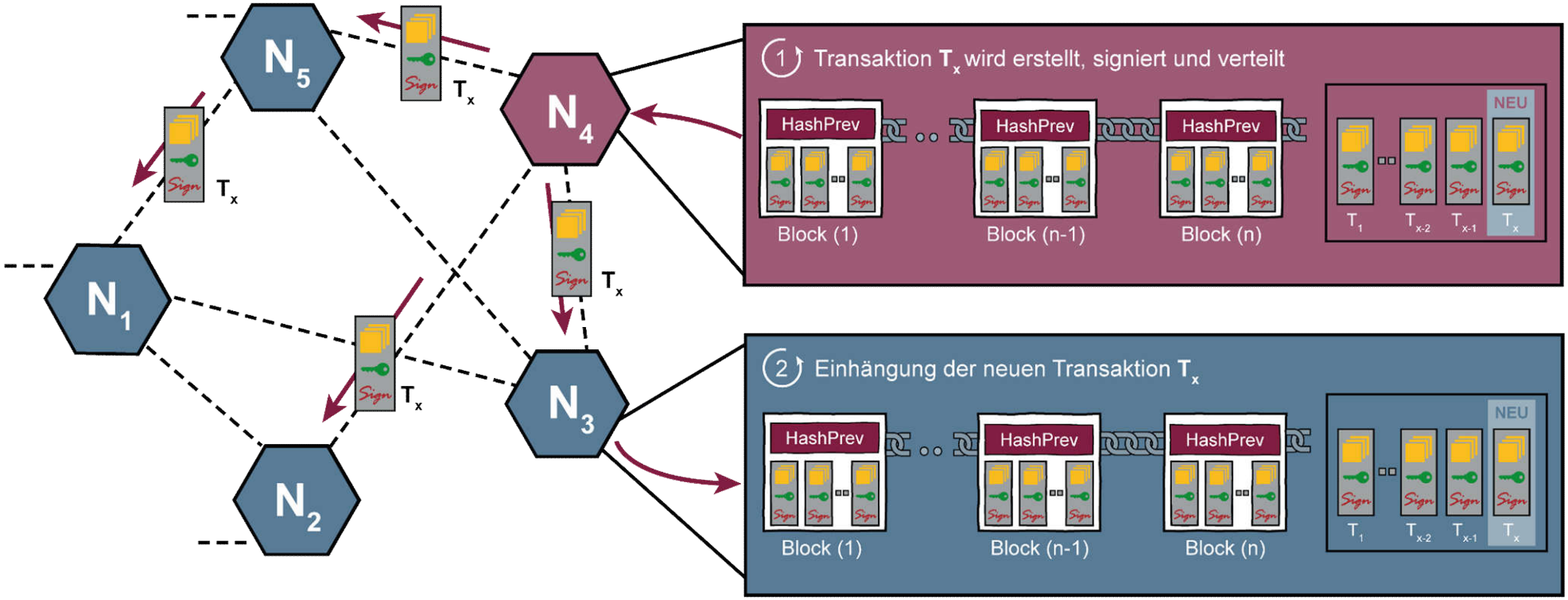
BlockChain-Infrastruktur
→ Eigenschaften: verteilt und redundant



Robustes Peer-to-Peer-Netzwerk

- **Skalierbarkeit / Ressourcenbedarf**
  - Bandbreite zwischen den Nodes
  - Speicherplatzkapazität auf der Node (Bitcoin BlockChain hat eine Größe von 160 G Byte)
  - Rechnerkapazität (CPU, RAM, …) einer Node
  - …
- **Zuverlässigkeit / Verfügbarkeit**
  - Anzahl der Nodes
  - Robust für die Verteilung von Transaktionen und neue Blöcke
  - Robust gegen DDoS-Angriffe
  - …

BlockChain-Infrastruktur
→ Versendung von Transaktionen



BlockChain-Infrastruktur

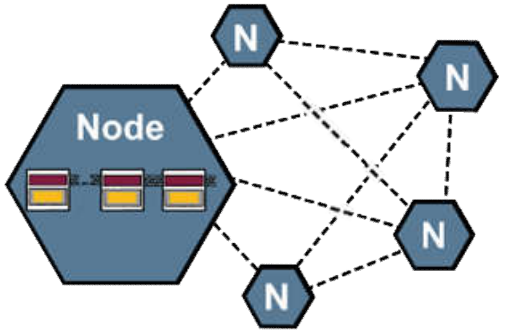
→ Eigenschaften: fälschungssicher/unveränderlich

Kryptographie-Agilität

- **Stand der Technik** (Technische Richtlinie: „Kryptographische Verfahren: Empfehlungen und Schlüssellängen“)
  - **Public-Key-Verfahren** (*Signierung / Verifizierung* von Transaktionen)
    → (*RSA - 3.000 bit*)
  - **Hashfunktionen** (*Adresserzeugung, HashPrev, Merkle Hash*)
    → (*SHA-3 - 256 bit*)

- **Risiko Quantencomputing** → Post-Quantum-Kryptoverfahren

- **Lebensdauer der BlockChain / Kryptographie**
  - Wechseln von kryptographischen Verfahren
    (z.B. alle 10 Jahre Organisation eines Hard Fork)

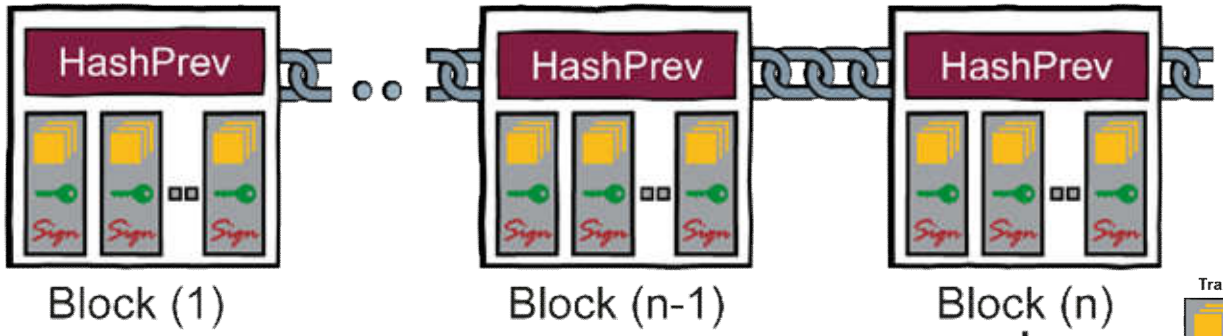


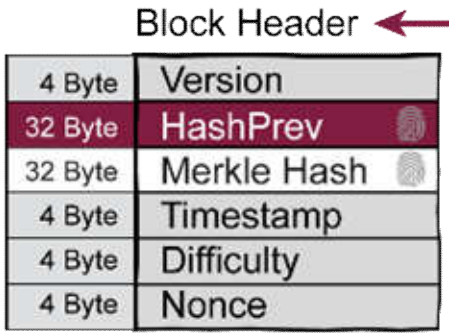
BlockChain-Infrastruktur

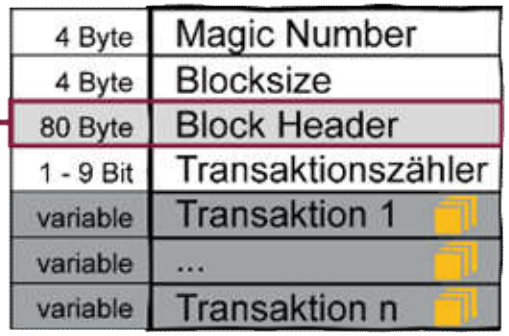
→ Eigenschaft: Zeitfolge protok./nachvollziehbar

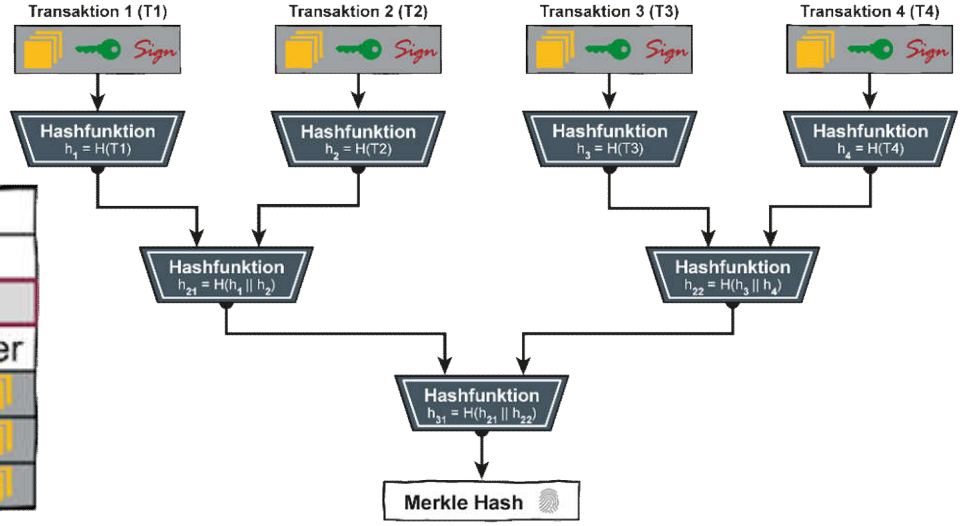
internet-sicherheit.

Clevere Nutzung von Hashfunktionen







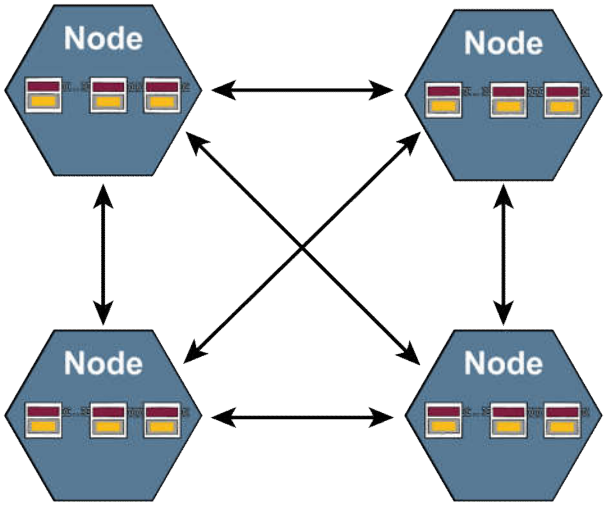


$$HashPrev_n = H\ (\ Block\text{-}Header_{n-1}\ )$$

Daten in der **BlockChain** können **nicht gelöscht** werden!

BlockChain-Infrastruktur
→ Eigenschaft: ohne zentrale Instanz

- Die **BlockChain**-Technologie bietet **"programmiertes Vertrauen"** mit Hilfe verschiedener IT-Sicherheits- und Vertrauensmechanismen.
- Alle IT-Sicherheits- und Vertrauensfunktionen sind inhärent als **"Security-by-Design"** in die **BlockChain**-Technologie integriert.

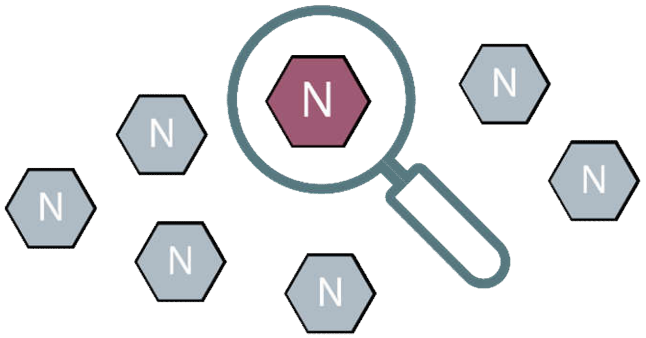


Vertrauenswürdigkeitsmechanismen

- **Verteilte Konsensfindungsverfahren**
  - Gewinnen einer Krypto-Aufgabe (Proof-of-Work)
  - Wichtig für die **BlockChain** (Proof-of-Stake)
- **Verteilte Validierung**
  - Echtheit der Transaktionen (Überprüfung der Hashwerte/Signatur)
  - Korrektheit der Blöcke (Überprüfung der Hashwerte/Konsens)
  - **Syntax, Semantik, … (Schutz gegen Fremdnutzung)**
- **Berechtigungsarchitektur**
  - Zugriff, Validierung, …
  - privat, öffentlich, …

BlockChain-Infrastruktur
→ Konsensfindungsverfahren

- Das Konsensfindungsverfahren hat die Aufgabe, eine **Node auszuwählen**, die einen Block in die **BlockChain** hinzufügen soll.



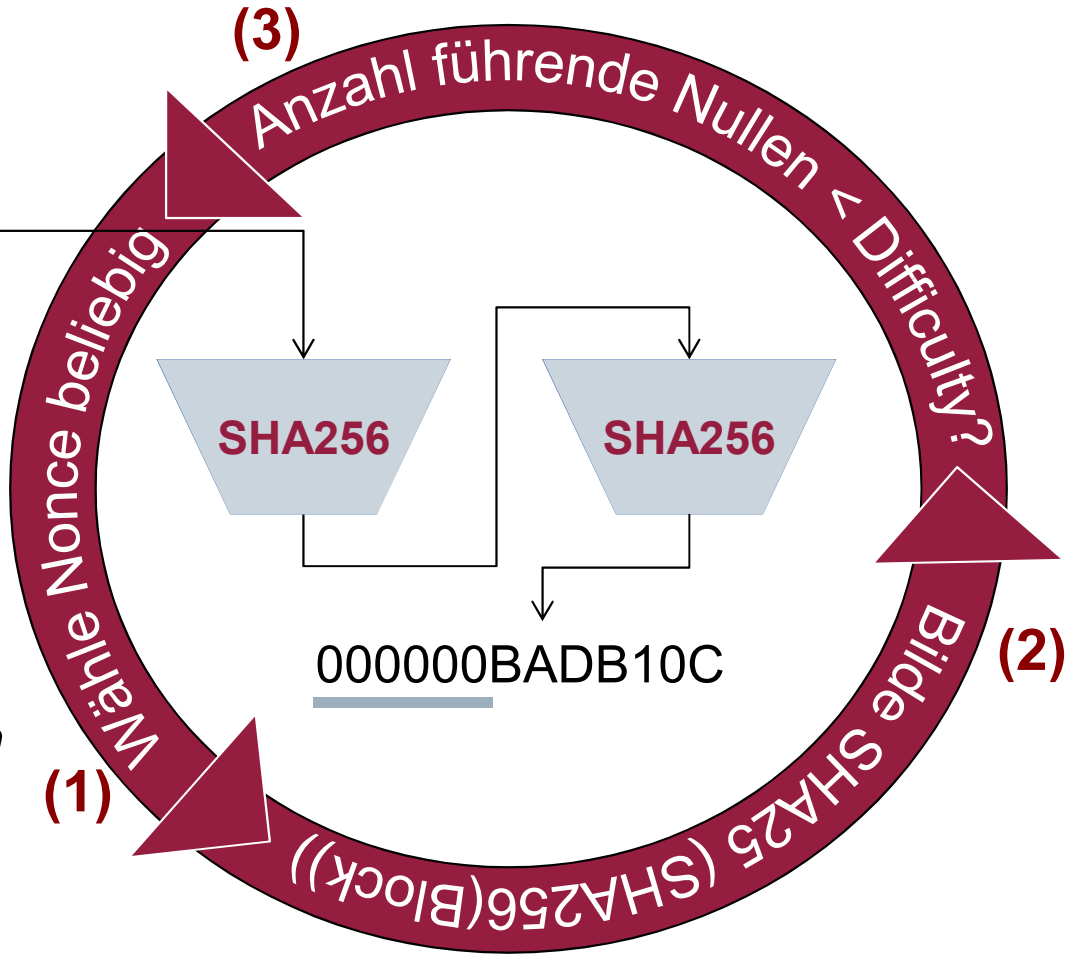
- Es gibt unterschiedliche Methoden
  - **Proof of Work (PoW)** → „Miner“
    - Aktuelle gebräuchlichste Methode, z.B. bei Bitcoin
    - Lösung eines mathematischen Problems → alle gleichberechtigt (siehe nächste Folie)
  - **Proof of Stake (PoS)**
    - Es werden Nodes gewählt, die nachweislich ein großes Interesse an einer stabilen und sicheren **BlockChain** (sehr viele **Transaktionen**, sehr viele Coins, …)
  - **Alternativen**
    - „Byzantinische Fault Tolerance“-Verfahren
    - …

Mining (Proof of Work)
→ Gewinnen der Challenge

Mining dient als „Proof-of-Work“ und ist bei „Bitcoin“ die einzige Möglichkeit, Bit**coin** zu erzeugen.

Block Header

4 Byte	Version
32 Byte	HashPrev
32 Byte	Merkle Root Hash
4 Byte	Timestamp
4 Byte	Difficulty
4 Byte	Nonce



Challenge
Ist die ***Anzahl der führenden Nullen*** größer oder gleich der ***Difficulty***, gilt der Block als geschürft und wird im P2P-Netzwerk verteilt.

Der Miner, der die Challenge als erstes löst, darf den neuen Block mit den neuen **Transaktionen** abschließen und zu der **BlockChain** hinzufügen.

BlockChain-Infrastruktur
→ Bewertung „Mining“

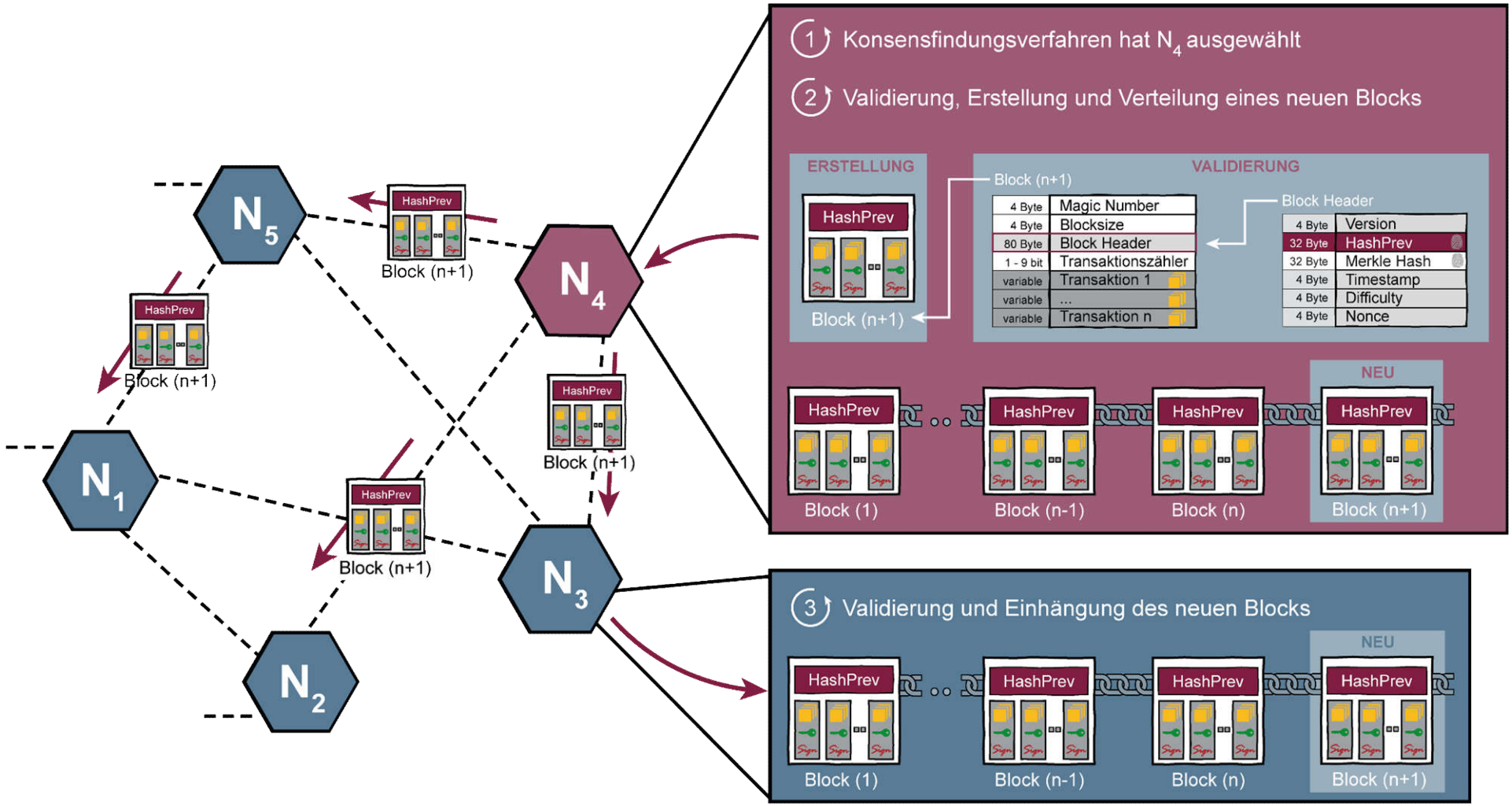
- **Die Challenge kostet sehr viel Energie**:
  - 2,8 Mio. US-Dollar pro Tag (Stromkosten)
  - 1,3 Giga-Watt
  - das sind ca. 10 US-Dollar pro **Transaktion**

- Solange eine **Node nicht die Mehrheit an Miner-Kapazitäten besitzt** (mehr als 51%), ist das Mining-Prinzip robust und nicht zu kompromittieren.

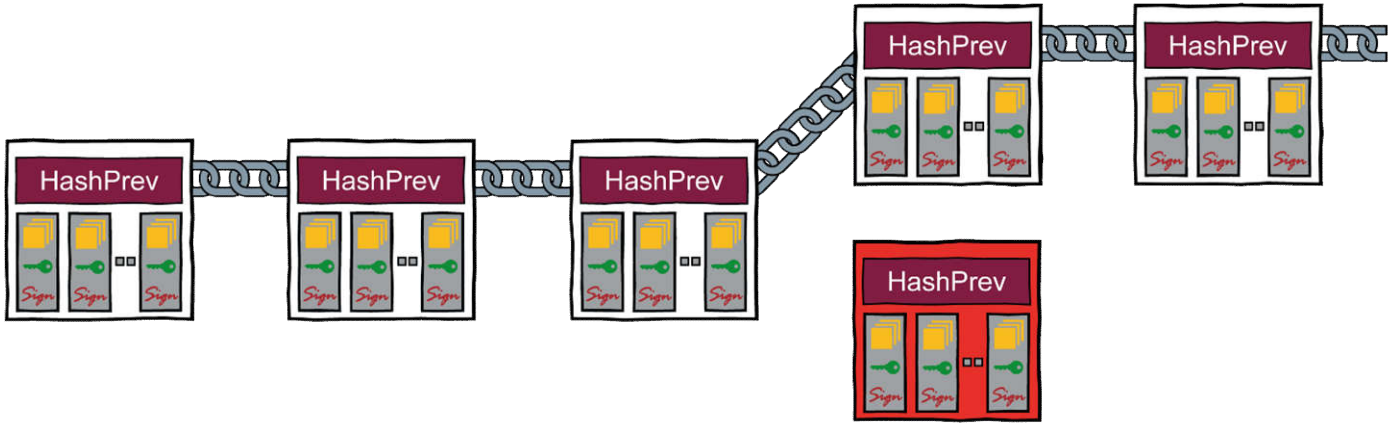
- **Der Zeitauswand der Validierung ist sehr hoch.**

- Der Schwierigkeitsgrad des Minings wird immer so angepasst, dass die Rechenkapazität des gesamten Netzwerkes gerade so groß ist, dass rein statistisch **alle zehn Minuten** ein Miner **eine Lösung** findet.

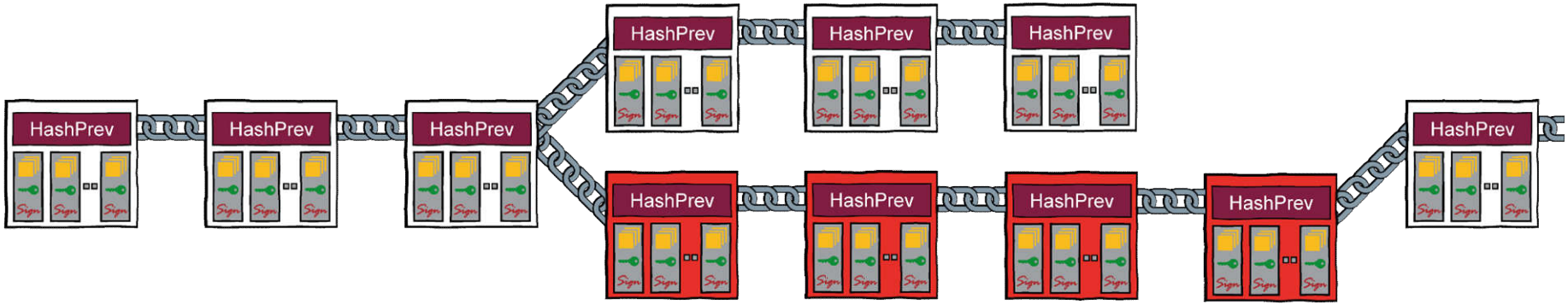
BlockChain-Infrastruktur
→ Validierung von neuen Blöcken



BlockChain-Infrastruktur
→ Angriff auf die Konsensfindung

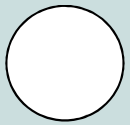


Double Spending



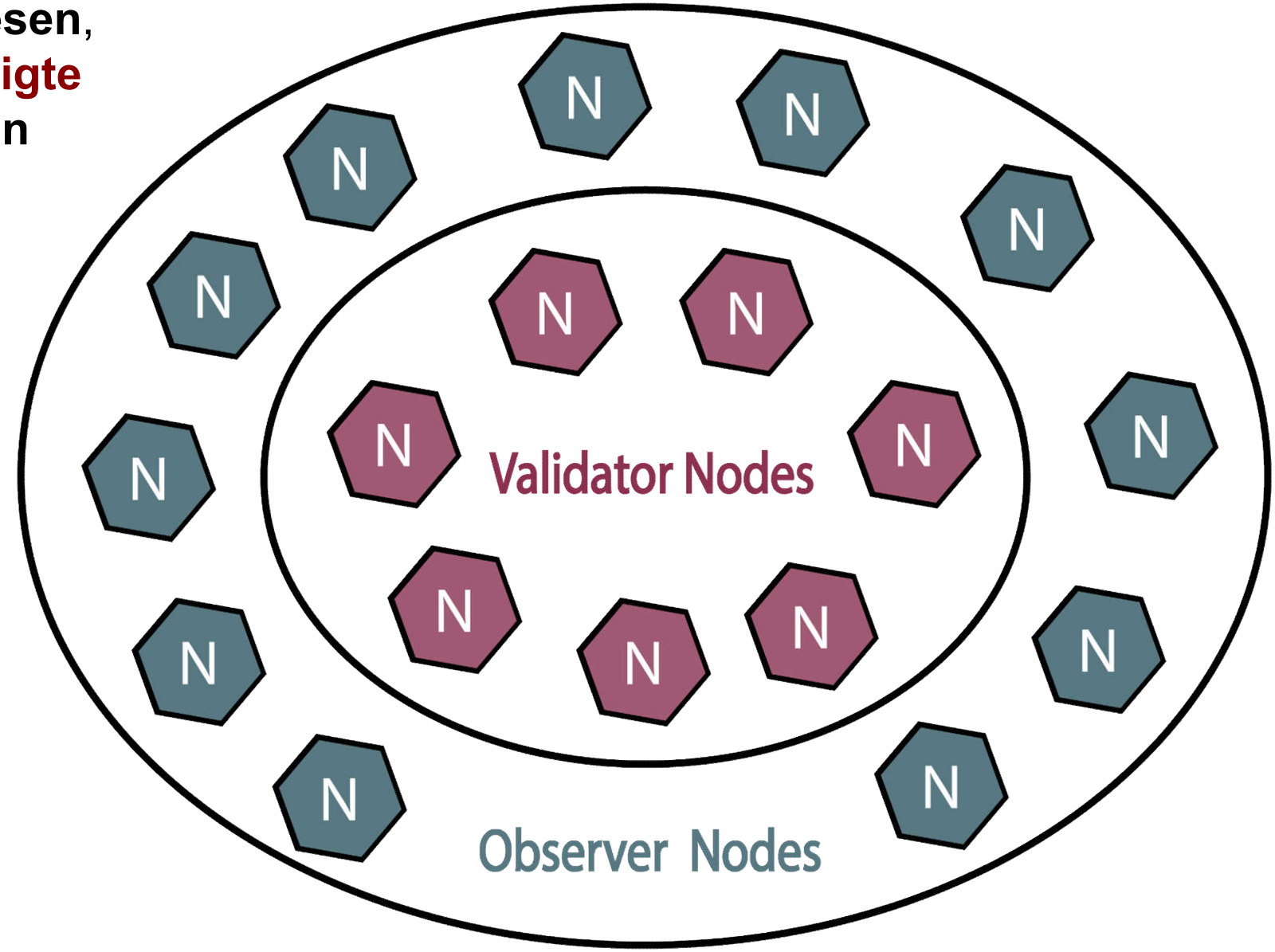
Erfolgreiche Double Spending Attacke

BlockChain-Infrastruktur
→ Berechtigungsarchitektur

Zugriff	Validierung: Permissionless	Validierung: Permissioned
Public	„Jeder darf lesen und validieren“ 	„Jeder darf lesen, nur Berechtigte validieren“ 
Private	„Nur Berechtigte dürfen lesen und jeder darf validieren“ 	„Nur Berechtigte dürfen lesen und validieren“ 

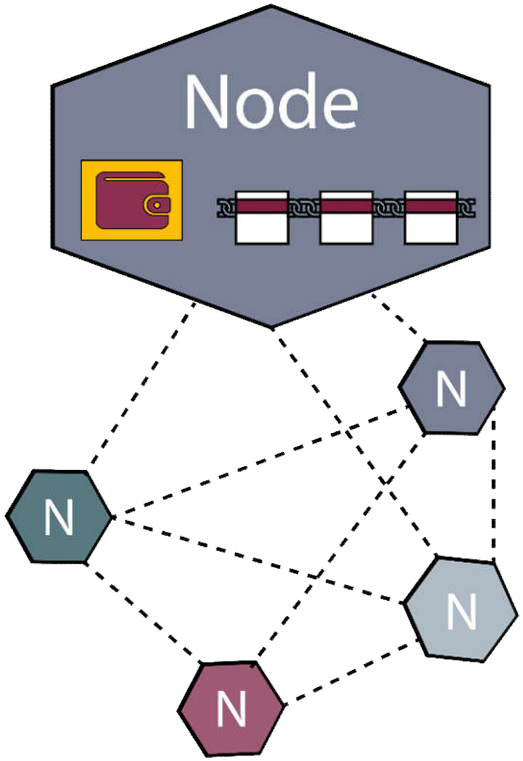
BlockChain
→ Moderne Umsetzungsarchitektur

Jeder darf **lesen**,
nur **Berechtigte**
validieren

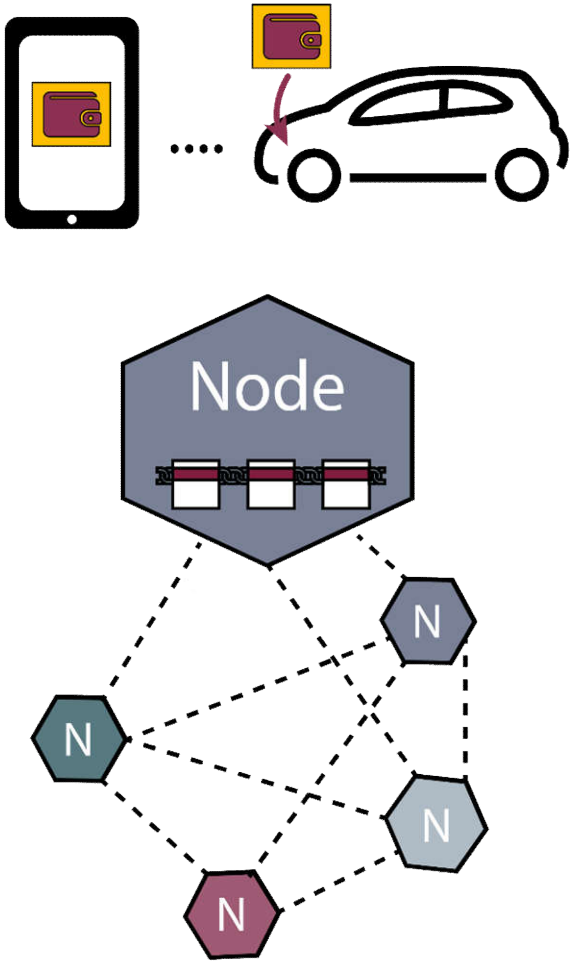


BlockChain
→ Verschiedene Arten von Nodes/Wallets

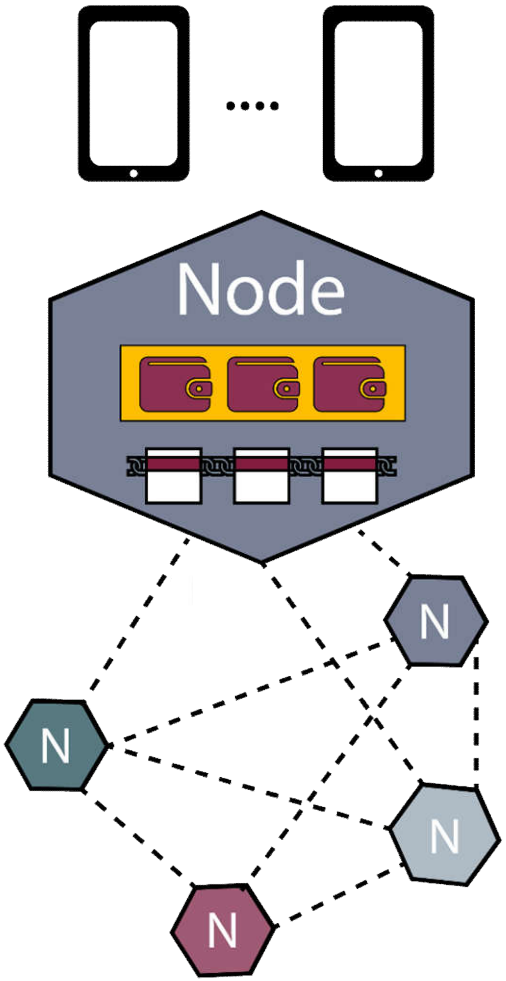
Full Node



Light Node



Service Node



Sicherheitsmodul: TPM, Smartcard, High-Level-SM

BlockChain-Technologie
→ Inhalt

- **Übersicht**
  (Sichtweisen, Sicherheitseigenschaften, …)

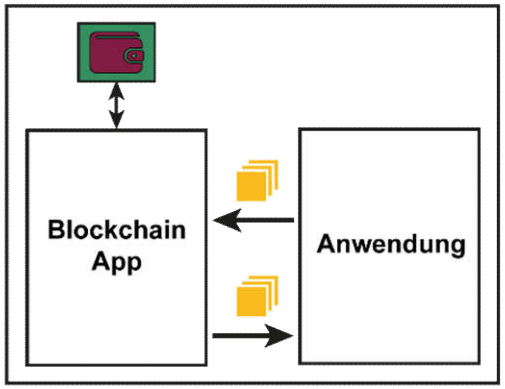
- **Anwendungssicherheit**
  (Schlüsselspeicherung, Manipulation, …)

- **Blockchain Beispielanwendungen**
  (Bitcoin, Smart Contracts, automatisierte Zusammenarbeit, …)

- **Zusammenfassung**
  (Chancen und Risiken)

BlockChain-Anwendungssicherheit
→ Übersicht Anwendung

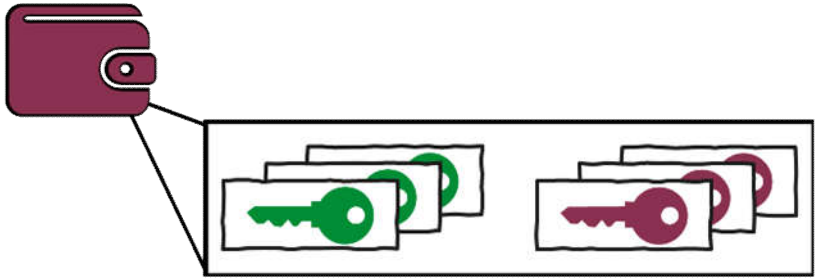
- **Blockchain-App**
  - Daten von der Anwendung werden in Transaktionen vom **BlockChain-Teilnehmer (Wallet-Besitzer)** signiert und in der **BlockChain** verstetigt
  - Transaktionen werden verifiziert und die Daten von der Anwendung „verarbeitet“
- **Wallet**
  - Hardware-Sicherheitsmodule (USB-, NFC-Token, …) in denen die Schlüssel sicher gespeichert sind
- **Anwendung**
  - Die eigentliche Anwendung nutzt die **BlockChain**-Technologie



Teilnehmer

BlockChain-Anwendungssicherheit
→ Sicherheit der Schlüssel

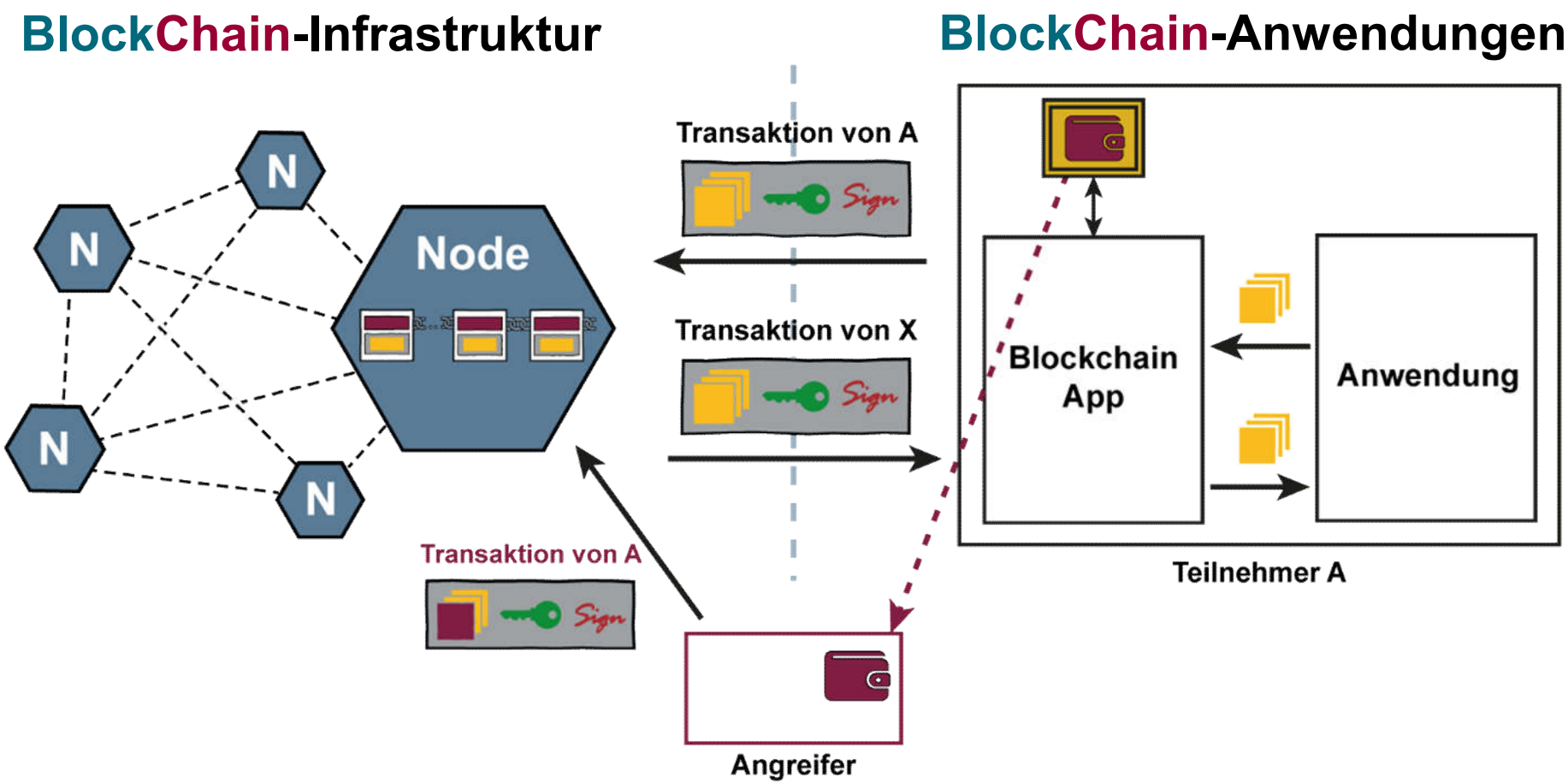
- Die Sicherheit der **BlockChain**-Technologie hängt auch von der **Geheimhaltung der geheimen Schlüssel** des Public-Key-Verfahrens ab (Wallet).



- **Gefahren** bei nicht ausreichendem Schutz des **geheimen Schlüssels**
  - Das **private IT-System / IoT-Gerät** wird **gehackt** (Malware)
  - Die **Website** der Online Wallet (Service Node) wird **gehackt**
  - Ein nicht ausreichend gesichertes **Smartphone** wird **gestohlen** (Light N.)
  - Der **geheimen Schlüssel** wird ***gestohlen*** oder ***unberechtigt genutzt***

- Der Schutz des **geheimen Schlüssels** sollte mit Hilfe von **Hardware-Security-Module** realisiert werden (Smartcards, Sec-Token, High-Level-Sicherheitsmodule) und **unberechtigte Nutzung muss aktiv verhindert werden**!

BlockChain-Anwendungssicherheit
→ Manipulationen der Transaktionen

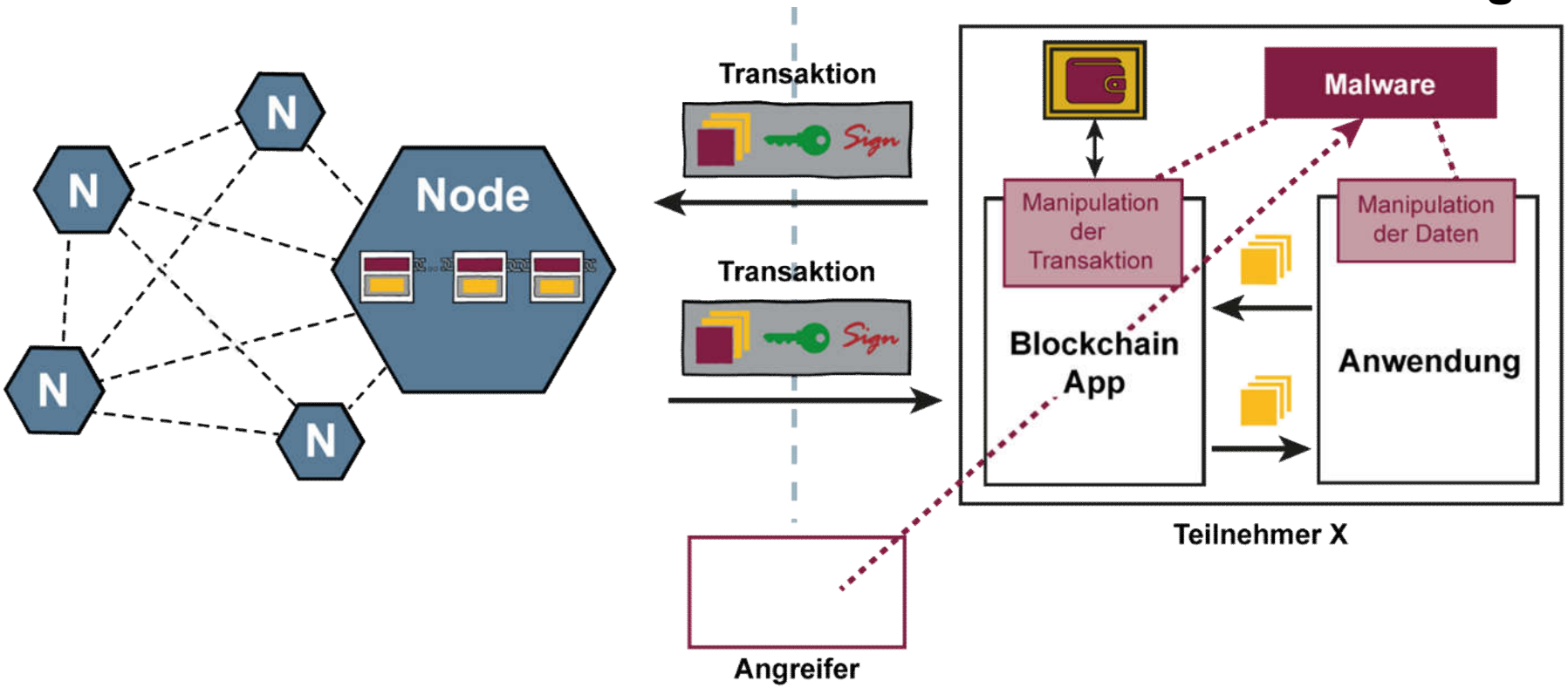


- Der Angreifer ***„besitzt“*** die **Wallet/Schlüssel** oder kann sie ***„unberechtigt nutzen“***
  - Damit kann er valide Transaktionen für den entsprechenden Teilnehmer A erstellen und die **BlockChain**-Anwendung manipulieren

BlockChain-Anwendungssicherheit
→ Manipulationen der Daten

BlockChain-Infrastruktur

BlockChain-Anwendungen



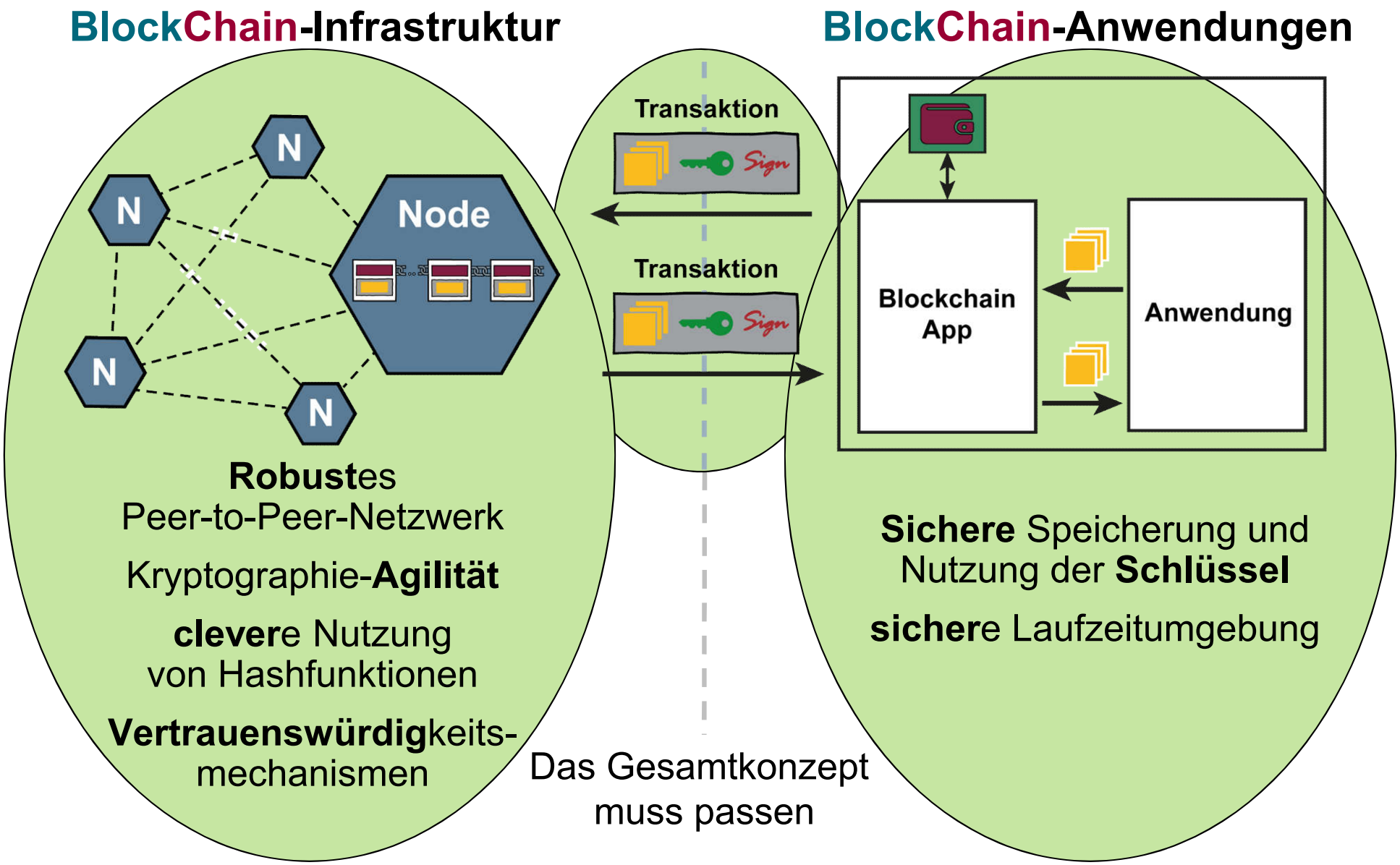
Der **Angreifer „betreibt“** auf dem IT-System des Teilnehmers X eine **Malware**

- Damit kann der Angreifer die Daten der **BlockChain**-Anwendung manipulieren
- Sowohl ausgehende als auch eingehende Transaktionen
- Die Transaktionen sind in der **BlockChain** sicher gespeichert

BlockChain-Anwendungssicherheit
→ Vertrauenswürdig Laufzeitumgebung

- Wie kann die **Wallet angemessen geschützt** werden?
  - Hardwaresicherheitsmodul
  - Verhinderung der unberechtigten Nutzung (sichere Aktivierung)
  - …
- Wie kann ein **Malware-Angriff verhindert** werden?
  - Trusted Computing
  - Trusted Execution Environment
  - Sandboxing
  - …

BlockChain-Technologie
→ Trusted BlockChain Interfaces

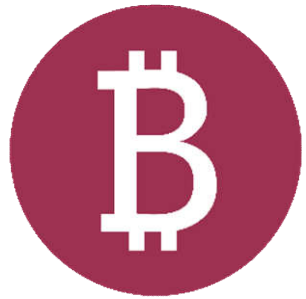


Trusted BlockChain Interfaces

BlockChain-Technologie
→ Inhalt

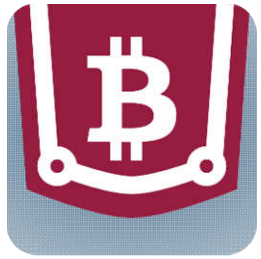
- **Übersicht**
  (Sichtweisen, Sicherheitseigenschaften, …)
- **Anwendungssicherheit**
  (Schlüsselspeicherung, Manipulation, …)
- **Blockchain Beispielanwendungen**
  (Bitcoin, Smart Contracts, automatisierte Zusammenarbeit, …)
- **Zusammenfassung**
  (Chancen und Risiken)

BlockChain Anwendungen
→ Krypto-Währung: Bitcoin



- **Idee:**
  - Bitcoin ist eine **Internetwährung**, die verteilt, dezentral und unabhängig von einer Zentralbank ein **globales Zahlungsnetzwerk** zur Verfügung stellt.

- **Verfahren:**
  - Die Funktionsweise des **Bitcoin-System**s stellt sicher, dass es in ein paar Jahrzehnten maximal 21.000.000 Bitcoins weltweit geben wird.
    → Die Node, die beim Mining gewonnen hat, bekommt 12,5 Bitcoins als Belohnung – Stand 2018 *(ca. 80.000 Euro, alle 10 Min.)*
  - Jede Person hat eine **Wallet** und der ***Public-Key*** entspricht der ***Kontonummer***. Mit dem Private-Key werden **Transaktionen** signiert, um **Guthaben** auf diesem Bitcoin-Konto an eine andere Adresse zu überweisen (*public permissionless Blockchain*).



- **Herausforderungen:**
  - Gesetzliche Grundlage, schwankender Kurs (Zahlungssystem), globale Souveränität, …

(Ein Bitcoin = 6.375 €, 17,01 Mio. Bitcoins, 108 Mrd. € Kapitalisierung – 26.05.18)

BlockChain Anwendungen
→ Smart Contracts

- **Idee:**
  - Automatische Umsetzung von Verträgen.

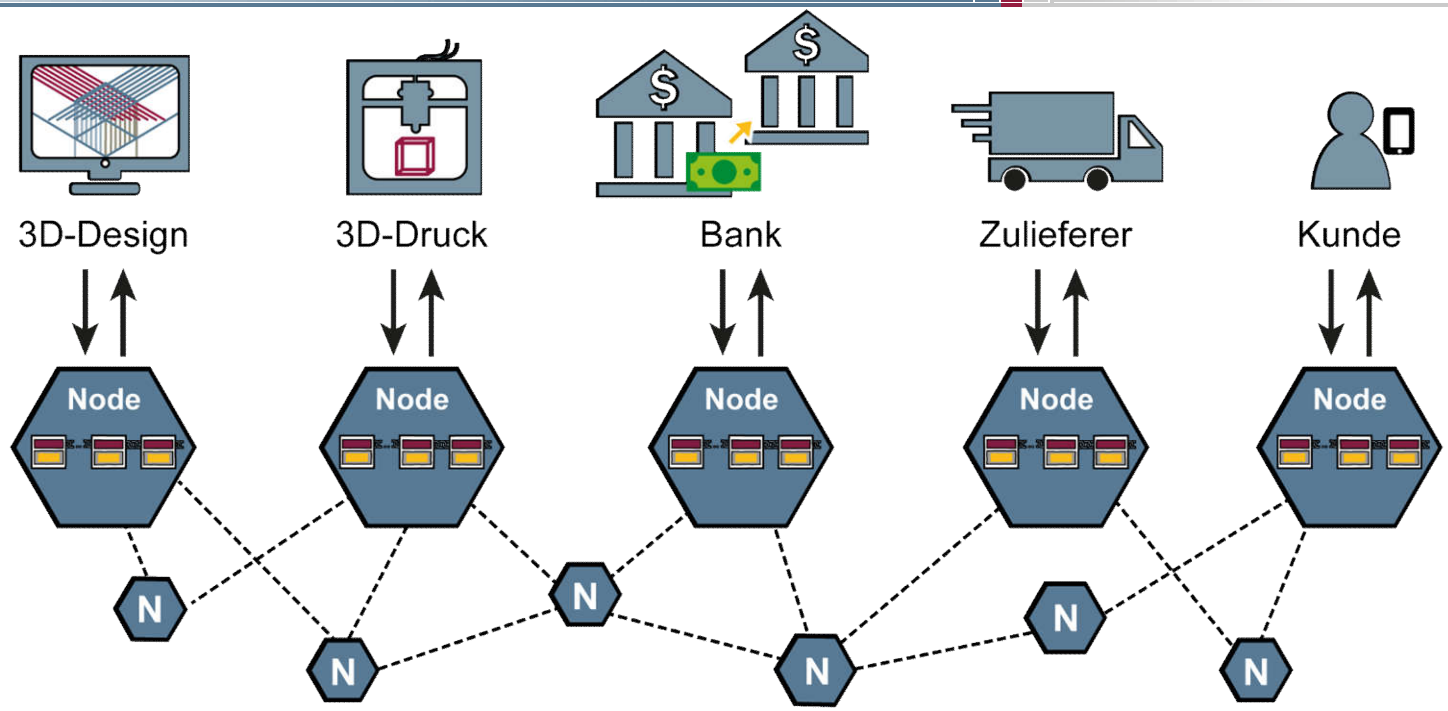
- **Verfahren:**
  - Programmierbare Verträge werden durch einen **Quelltext** (ausführbarer Programmcode) definiert und bei zuvor festgelegten Bedingungen automatisch auf **BlockChain** ausgeführt.
  - Smart Contracts stellen eine Kontroll- oder Geschäftsregel innerhalb eines technischen Protokolls dar.

Beispiel:

- Ein geleastes Auto startet nur, wenn die Leasingrate eingegangen ist.
- Eine entsprechende Anfrage des Autos an die **BlockChain** würde genügen.

BlockChain Anwendung
→ Auto. Produktions-, Bezahl- u. Lieferkette

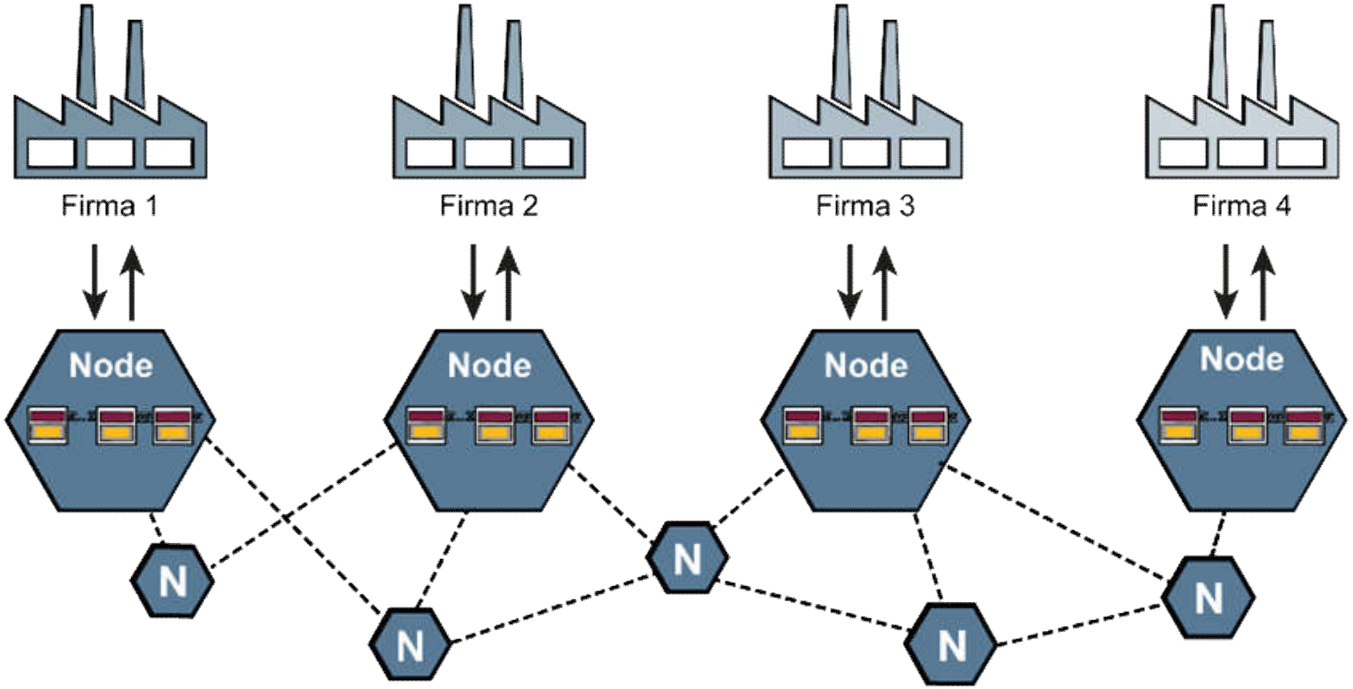
Kunde bestellt
Tasse und Lieferung,
zahlt sofort
mit der Bedingung,
das innerhalb
von 7 Tagen geliefert wird.



Automatischer Ablauf

- **Kunde:** Bestellung → **BlockChain**
- **Design-Firma:** 3D-Design (one time use only) → **BlockChain**
- **Drucker-Firma:** Tasse wird als 3D-Druck gedruckt … Info → **BlockChain**
- **Versanddienst:** Transportiert Tasse, Bestätigung → **BlockChain**
- **Bank:** Transferiert die Gelder entsprechend … Info → **BlockChain**
- ***automatisch abgelaufen u. in der Blockchain vertrauenswürdig protokolliert***

BlockChain Anwendung
→ Lieferkette, Austausch, …

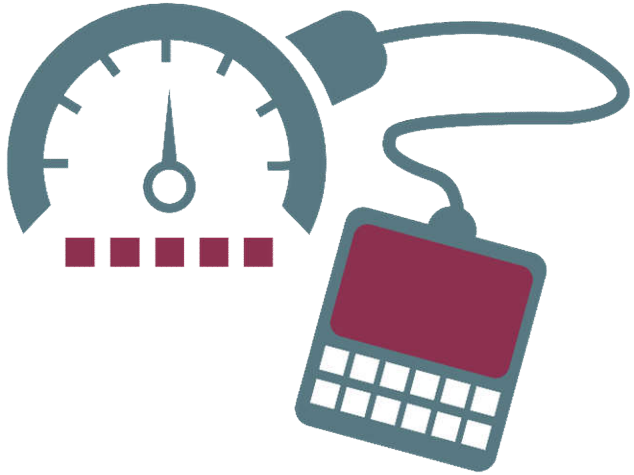


Automatisierte und vertrauenswürdige Zusammenarbeit

- Bestellungen für Produktion und Wartung
- Sensordaten für viele Anwendungen
- Automatisierte und vertrauenswürdige Zusammenarbeit mehrere Maschinen
- …

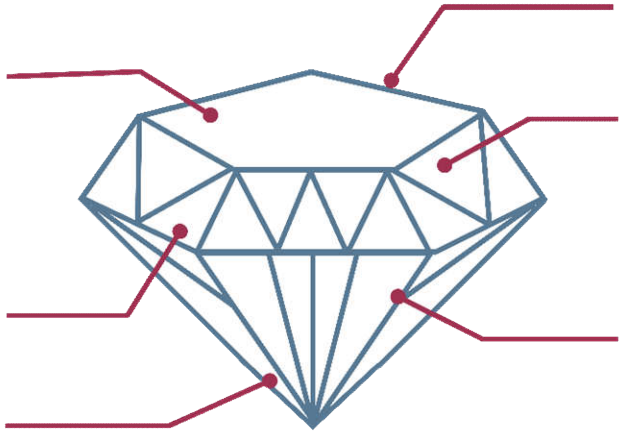
BlockChain Anwendungen
→ Manipulationssicherheit von Tachometern

- **Idee:**
  - Das Manipulieren von Tachometern bei Autos erkennen und Schaden daraus verhindern.



- **Verfahren:**
  - Wird ein Auto gestartet, wird eine **Transaktion** vom Auto (mit Kennzeichen – **Motornummer**, …) mit dem **Kilometerstand** an die „**BlockChain**“gesendet und dort unveränderlich in der richtigen Zeitfolge protokolliert.
  - **So kann über die Zeit die Transaktion auf Plausibilität überprüft werden.**
  - Eine Manipulation, z.B. durch das Rücksetzen des Kilometerstands wird dadurch erkennbar und verhindert einen Schaden für den Käufer.

BlockChain Anwendungen
→ Diamantenhandel



- **Idee:**
  - Fälschungen von Diamanten aufdecken
  - Betrüger von Diamanten entlarven

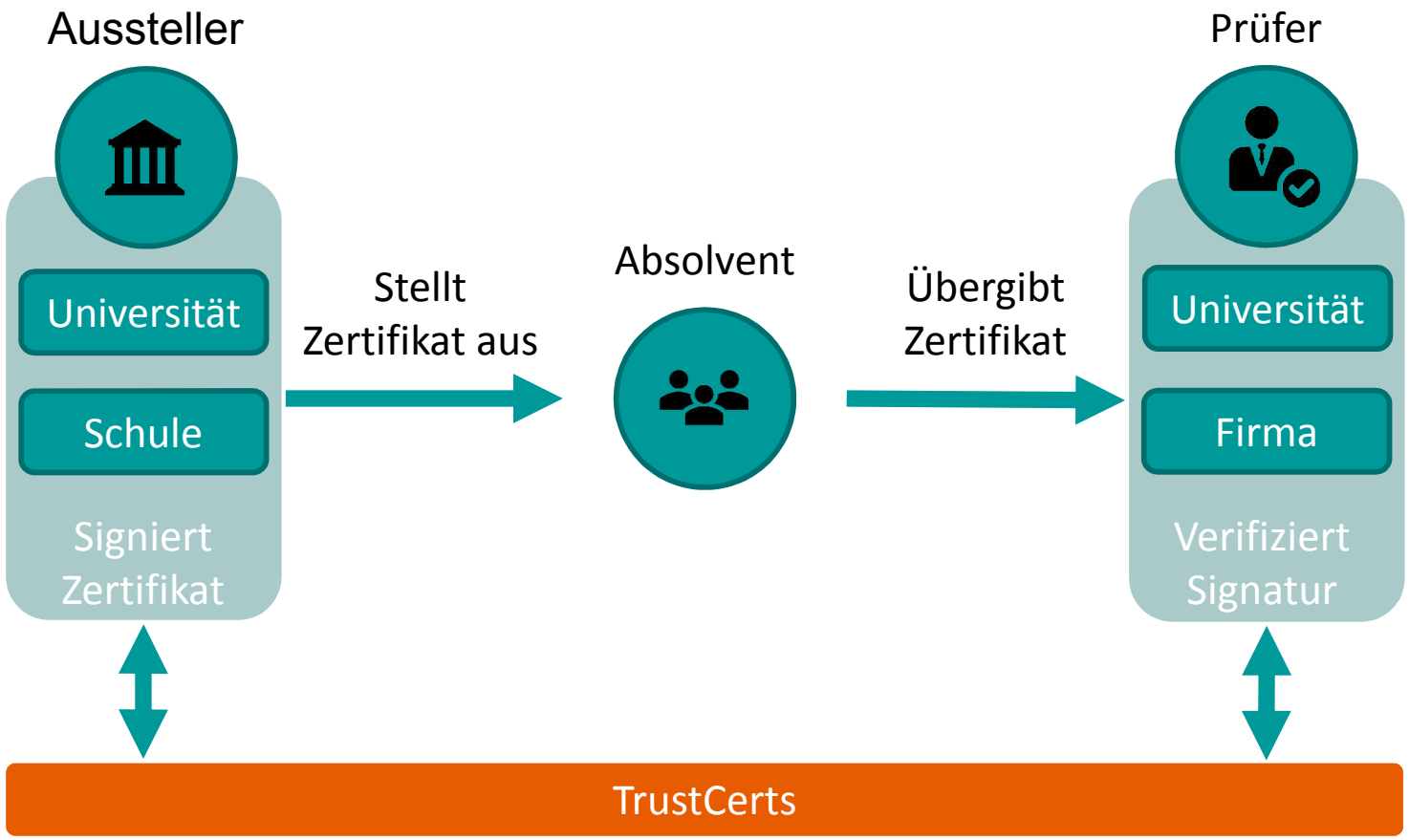
- **Alle Diamanten werden „zertifiziert“** (beglaubigt)**.**
  - Was für eine Qualität des Diamanten vorliegt.
  - **Mehr als 40 Merkmale** zeichnen einen Diamanten aus.
  - **+ Informationen über dem Besitzer**

- **Ablauf und Zahlen**
  - Wird ein Diamant von Person A an Person B verkauft, wird an die **BlockChain** einfach ein neuer Block gehängt mit den Informationen von Diamant X, nur dass als Besitzer Person B eingetragen ist.
  - Ca. **800.000 Diamanten** wurden bereits eingetragen.

Vertrauensdienste
→ TrustCerts

TrustCerts

if(is) internet-sicherheit.



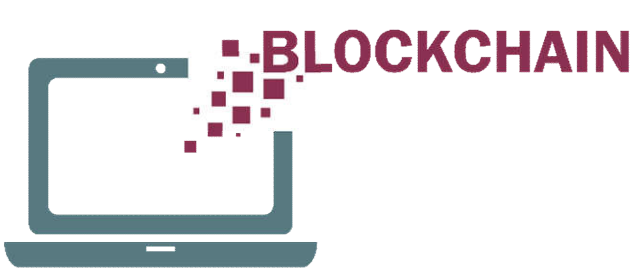
BlockChain-Technologie
→ Inhalt

- **Übersicht**
  (Sichtweisen, Sicherheitseigenschaften, …)
- **Anwendungssicherheit**
  (Schlüsselspeicherung, Manipulation, …)
- **Blockchain Beispielanwendungen**
  (Bitcoin, Smart Contracts, automatisierte Zusammenarbeit, …)
- **Zusammenfassung**
  (Chancen und Risiken)

BlockChain
→ Zusammenfassung

- **BlockChain-Anwendungen** (Chancen)
  - Die IT-Marktführer aus den USA bieten eher zentrale Dienste an
  - Für DE und EU mit sehr vielen KMUs eine **ideale Technologie** für eine **vertrauenswürdige verteilte Zusammenarbeit**.
  - **Vertrauensdienste** spielen eine immer **wichtigere Rolle** in der Zukunft!
  - Die **BlockChain-Technologie** schafft eine **Basis** für eine **verteilte** und **vertrauenswürdige Zusammenarbeit** und stellt damit ein **hohes Potential** für neue Geschäftsmodelle und Ökosysteme dar.

- **Herausforderungen** (Risiken)
  - Die **BlockChain**-Infrastruktur hat **komplexe Kommunikations-**, **Sicherheits-** und **Vertrauenswürdigkeitsfunktionen**, die im Einklang zueinander die notwendigen Sicherheits- und Vertrauenseigenschaften erbringen müssen.
  - Die **BlockChain**-Anwendungen ist dem „realen Leben“ ausgesetzt und muss für die **sicher Speicherung** und **Nutzung der Schlüssel** sowie für eine **manipulationsfreie Laufzeitumgebung** sorgen.



Westfälische Hochschule
Gelsenkirchen Bocholt Recklinghausen
University of Applied Sciences

BlockChain

→ revolutioniert das digitale Business

Mit **BlockChain** in die Zukunft!

Prof. Dr. (TU NN)
Norbert Pohlmann

Institut für Internet-Sicherheit – if(is)
Westfälische Hochschule, Gelsenkirchen
http://www.internet-sicherheit.de

if(is) internet-sicherheit.

Anhang / Credits

Wir empfehlen

- **Kostenlose App securityNews**

- **7. Sinn im Internet (Cyberschutzraum)**
  https://www.youtube.com/channel/UCEMkHjW9dHcWfek_En3xhjg
-
- **Cybärcast – Der IT-Sicherheit Podcast**
  https://podcast.internet-sicherheit.de/

- **Master Internet-Sicherheit**
  https://it-sicherheit.de/master-studieren/

Besuchen und abonnieren Sie uns :-)

WWW
https://www.internet-sicherheit.de

Facebook
https://www.facebook.com/Internet.Sicherheit.ifis

Twitter
https://twitter.com/_ifis

Google+
https://plus.google.com/107690471983651262369/posts

YouTube
https://www.youtube.com/user/InternetSicherheitDE/

Prof. Norbert Pohlmann
https://norbert-pohlmann.com/

Quellen Bildmaterial

Eingebettete Piktogramme:
- Institut für Internet-Sicherheit – if(is)

Der Marktplatz IT-Sicherheit

(IT-Sicherheits-) Anbieter, Lösungen, Jobs, Veranstaltungen und Hilfestellungen (Ratgeber, IT-Sicherheitstipps, Glossar, u.v.m.) leicht & einfach finden.
https://www.it-sicherheit.de/

Literatur

Artikel:

C. Kammler, N. Pohlmann: „Kryptografie wird Währung – Bitcoin: Geldverkehr ohne Banken“, IT-Sicherheit – Management und Praxis, DATAKONTEXT-Fachverlag, 6/2013
https://norbert-pohlmann.com/app/uploads/2015/08/308-Kryptografie-wird-W%C3%A4hrung-Bitcoin-Geldverkehr-ohne-Banken-Prof-Norbert-Pohlmann.pdf

R. Palkovits, N. Pohlmann, I. Schwedt: „Blockchain-Technologie revolutioniert das digitale Business: Vertrauenswürdige Zusammenarbeit ohne zentrale Instanz“, IT-Sicherheit – Fachmagazin für Informationssicherheit und Compliance, DATAKONTEXT-Fachverlag, 2/2017
https://norbert-pohlmann.com/app/uploads/2017/07/357-Blockchain-Technologie-revolutioniert-das-digitale-Business-Vertrauensw%C3%BCrdige-Zusammenarbeit-ohne-zentrale-Instanz-Prof.-Norbert-Pohlmann.pdf