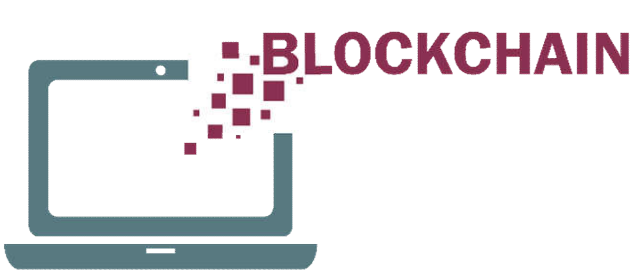


Westfälische Hochschule
Gelsenkirchen Bocholt Recklinghausen
University of Applied Sciences

BlockChain Technologien

→ Potential, eine ganze Branche auf den Kopf zu stellen …

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**
  (Chancen, Sichtweiten, Tools)
- **Elemente, Prinzipien, Architekturen, …**
  (Daten, Transaktionen, Block, …, verteilt, Konsens, …)
- **Anwendungen**
  (Bitcoin, Smart Contracts, Diamantenhandel, …)
- **Sicherheitsherausforderungen**
  (Kryptosystem, Schlüsselspeicherung, Anzeige, …)
- **Zusammenfassung**
  (Chancen und Risiken)

- **Übersicht**
  (Chancen, Sichtweiten, Tools)
- **Elemente, Prinzipien, Architekturen, …**
  (Daten, Transaktionen, Block, …, verteilt, Konsens, …)
- **Anwendungen**
  (Bitcoin, Smart Contracts, Diamantenhandel, …)
- **Sicherheitsherausforderungen**
  (Kryptosystem, Schlüsselspeicherung, Anzeige, …)
- **Zusammenfassung**
  (Chancen und Risiken)

BlockChain → Distributed Ledger → Übersicht

- Die „**BlockChain**“ ist eine **spannende und faszinierende IT-Technologie**, die das Potential hat, Politik, Verwaltung und Wirtschaftszweige gewaltig auf den Kopf zu stellen.

- Die **BlockChain**-Technologie ist **eine Querschnittstechnologie** mit hohem **disruptiven Potenzial** für viele Wirtschaftsbereiche.
- Die **BlockChain**-basierten Systeme könnten in vielen Bereichen **zentrale Instanzen ablösen,** wie Banken, Notare oder Treuhänder.
- Das ist möglich, weil die **Validierungsalgorithmen** der **BlockChain**-Technologie, ganz ohne solche Intermediäre, die **Vertrauenswürdigkeit der aufgezeichneten Transaktionsdaten garantieren**.
- Die **BlockChain**-Technologie macht IT-Systeme **effektiver** und **sicherer** ***in bestimmten Bereichen und Situationen***.

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.

- 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 Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Organisationen**.
  Die Alternative wäre z.B. ein kostenintensiver Treuhänder.

BlockChain-Technologie
→ Verteilte Datenbank/Collaboration-Tool

- **BlockChains**
  - sind **fälschungssichere**, *kryptographische Verfahren*
  - **verteilte**, **redundante** Datenstrukturen *Vielzahl von Teilnehmern gespeichert*
  - in denen **Transaktionen** **in der Zeitfolge protokolliert** *Art der Verkettung*
  - **nachvollziehbar**, **unveränderlich** und *jeder kann Kryptographie überprüfen*
  - **ohne zentrale Instanz** abgebildet sind. *geeignete Konsensfindungsverfahren*

BlockChain → „programmiertes Vertrauen“

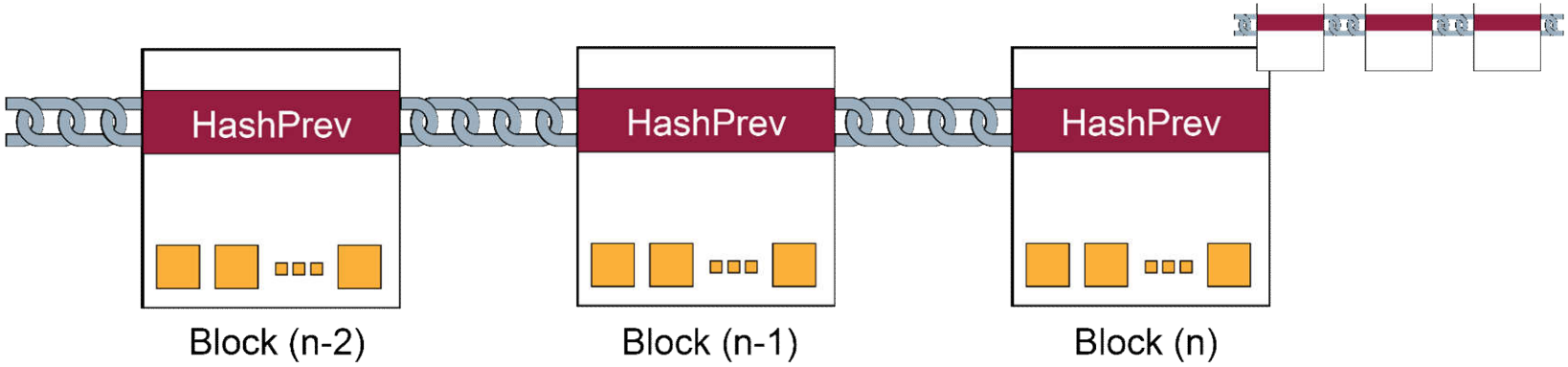
- **BlockChain-Technologie**
  - Lassen sich **Eigentumsverhältnisse** (digital Assets)
  - **direkter** und **effizienter** als bislang **sichern** und **regeln**,
  - da eine **lückenlose** und **unveränderliche Datenaufzeichnung** hierfür die Grundlage schafft.
  - Alle **Beglaubigungsprozesse** werden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

BlockChain-Technologie
→ Inhalt

- **Übersicht**
  (Chancen, Sichtweiten, Tools)
- **Elemente, Prinzipien, Architekturen, …**
  (Daten, Transaktionen, Block, …, verteilt, Konsens, …)
- **Anwendungen**
  (Bitcoin, Smart Contracts, Diamantenhandel, …)
- **Sicherheitsherausforderungen**
  (Kryptosystem, Schlüsselspeicherung, Anzeige, …)
- **Zusammenfassung**
  (Chancen und Risiken)

BlockChain
→ Element: Daten

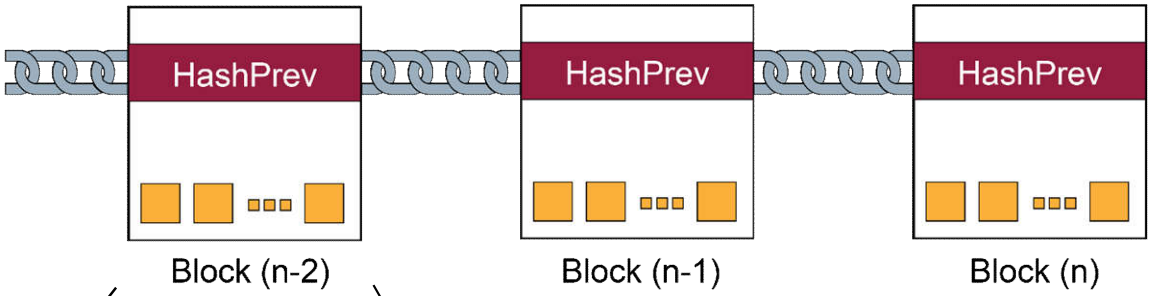
- Die **BlockChain** ist eine **einfache Datenstruktur** *(wie Datenbank)*



- **Daten** werden in einzelnen, chronologisch **miteinander verketteten Blöcken** als **Transaktionen verwaltet**.
- Die **Daten** werden vor **Manipulationen gesichert** in der **BlockChain** gespeichert (siehe **Transkationen**)!
- Die **BlockChain** ist bei jedem Teilnehmer (Node) und damit verteilt und redundant vorhanden (**alle Nodes müssten Manipulationen werden**).
- Eine **BlockChain** kann sehr groß sein
(z.B. Bitcoin etwa **115 G Byte** – Stand: Mai 2017)

BlockChain
→ Element: Block

- Ein **Block** in einer **BlockChain** ist ein strukturierter Datensatz, der beliebige **Transaktionen** *mit* ***Daten*** enthalten kann.



- **Block Header** sorgt für die **Verkettung** der Blöcke
- **HashPrev**: ***Hashwert*** des Vorgängerblocks

Block Header

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

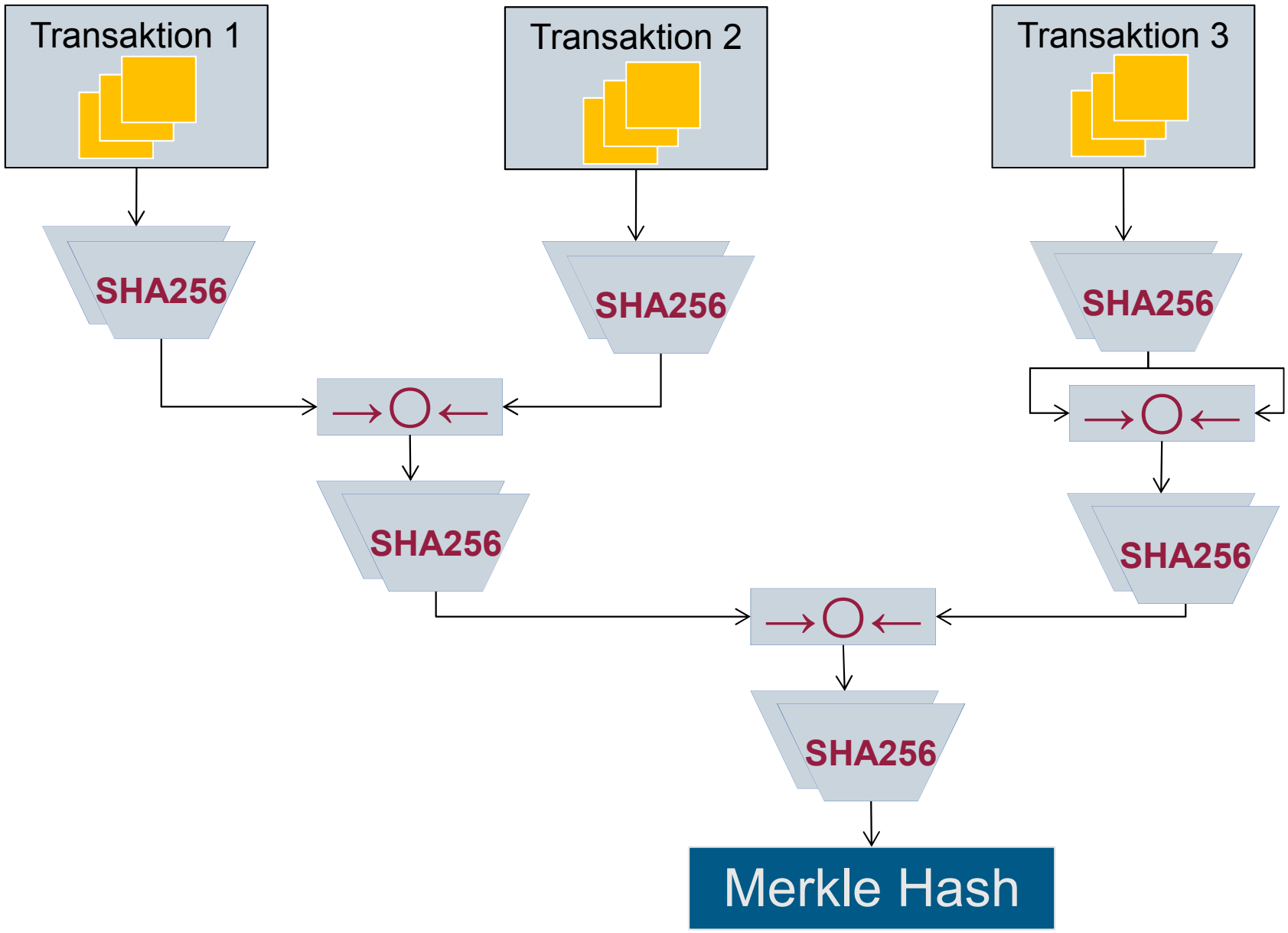
Block

4 Byte	Magic Number
4 Byte	Blocksize
160 Byte	Block Header
1 – 9 Bit	Transaktionszähler
variabel	Transaktion 1 ···
variabel	… ···
variabel	Transaktion n ···

- Ein **Block** wird mit einem Hashwert geschützt (**Merkle Root Hash** - siehe nächste Folie) und mit dem Hashwert des vorherigen Block (**HashPrev**) verbunden

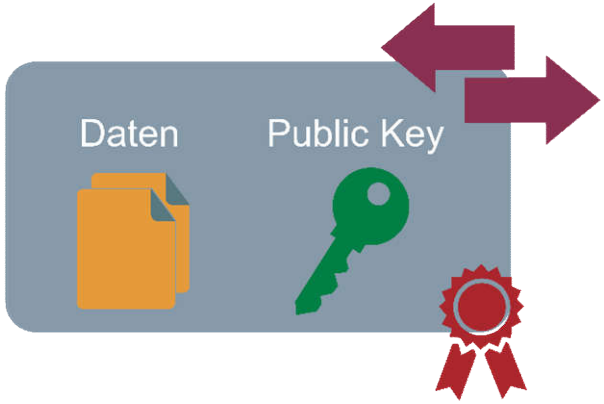
BlockChain

→ Merkle Hash (einfaches Beispiel)



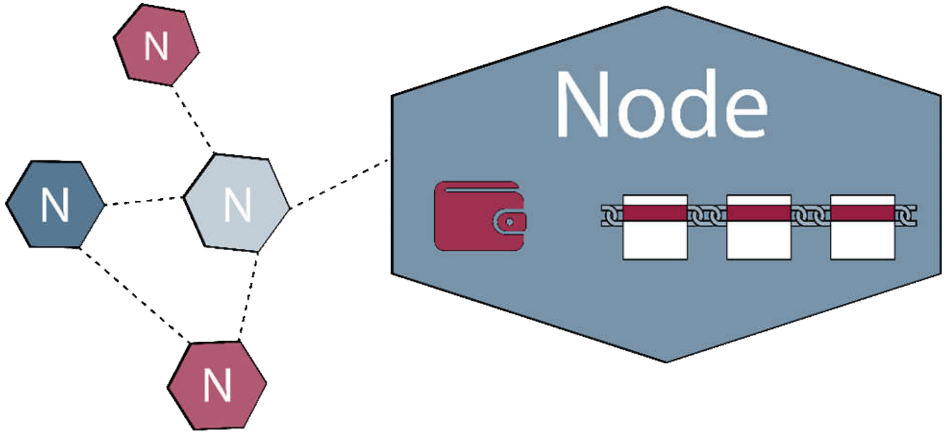
BlockChain
→ Element: Transaktion

- **Transaktionen** enthalten **Daten**, die in der Zeitfolge protokolliert (chronologisch), nachvollziehbar, unveränderlich und ohne zentrale Instanz abgebildet sind.
- Die **Daten** können *Kontostände,* **Werte**, *Attribute,* **Quelltexte**, *Merkmale*, usw. (allgemein: **digital Assets**) sein
- Eine **Transaktion** enthält auch immer den **Public-Key (Adresse) der Node**, der die **Transaktion** erstellt und signiert hat.
- Jede **Transaktion**, die hinzugefügt werden soll, muss zunächst von der erstellenden Node **mit dem Private-Key aus der Wallet signiert** und an alle Nodes **über das P2P-BlockChain-Netzwerk gesendet** werden.
- **Jede Node** im P2P-**BlockChain**-Netzwerk **kann die Identität** der Node, welche die **Transaktion** erstellt und abgesendet hat, und den Inhalt der **Transaktion verifizieren**.



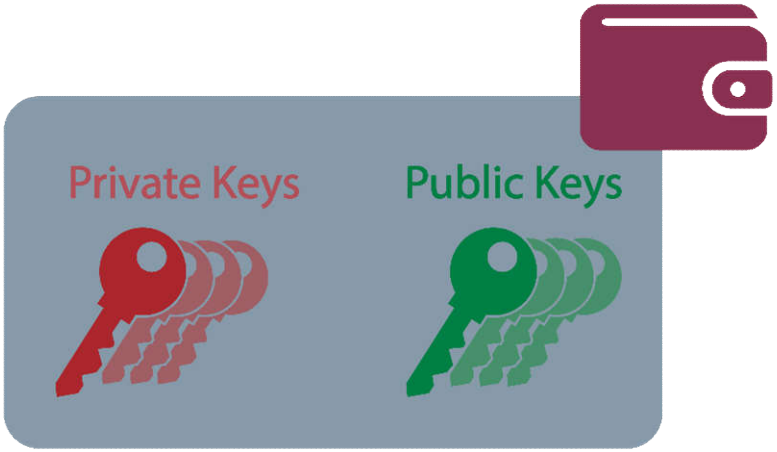
BlockChain
→ Element: Node *(Teilnehmer)*

- Jeder, der an der „**BlockChain**“ teilnimmt, wird als „**Node**“ beziehungsweise „Teilhaber“ bezeichnet.
- Jede Node erhält eine **aktuelle Kopie** der **BlockChain,** die fortlaufend aktualisiert wird.
- Jede Node, die zu einer „**BlockChain**“gehört, falls diese nicht eingeschränkt ist, hat im Prinzip die gleichen Rechte, die **BlockChain** zu speichern und neue Blöcke hinzuzufügen (validieren).
- Jede Node hat ein **Wallet** und kann **Transaktionen** mit **Daten** erstellen, signieren und im Peer-to-Peer-**BlockChain**-Netzwerk verteilen.



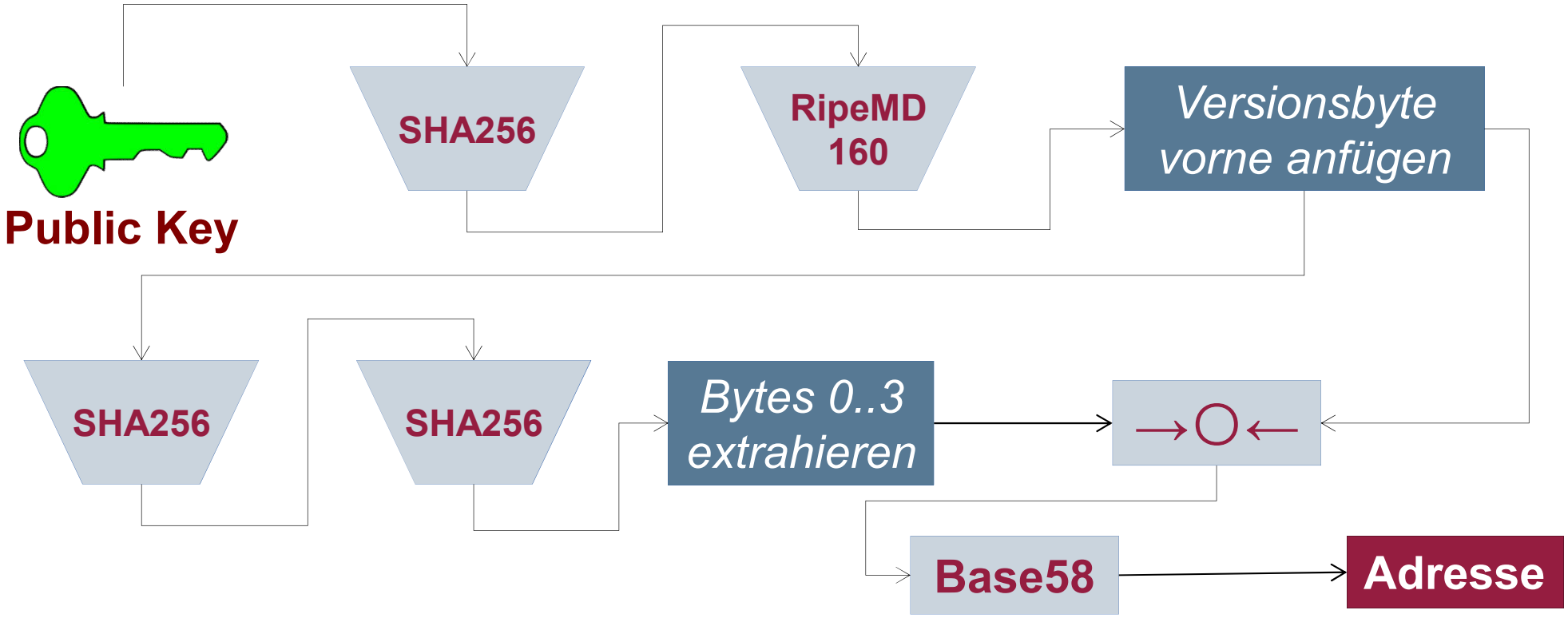
BlockChain
→ Element: Wallet

- **Jede Node verfügt über eine „Wallet“.**
- Eine **Wallet** ist dabei eine Datenstruktur, in der die eigenen **Private- und Public-Keys** der Node ***sicher*** gespeichert sind.
- Aus dem Public-Key wird mit Hilfe einer Funktion die **eindeutige Kennung (Adresse) einer Node** berechnet (siehe nächste Folie).
- Mit dem **Private-Key signiert eine Node eine Transaktion**, die sie erstellt hat.
- Mit Hilfe des **Public-Keys** ist es möglich, zu **verifizieren**, dass die **Transaktionen von einer bestimmten Node** erstellt wurden.



Wallets
→ Berechnung der BlockChain-Adresse

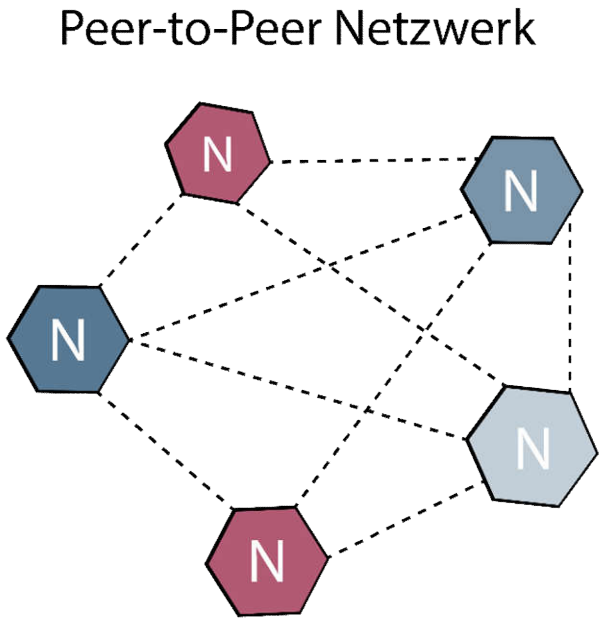
- Als BlockChain-Adresse wird nicht der öffentliche Schlüssel verwendet, allerdings berechnet sie sich daraus:



- **Adressen sind pseudonym**
- **Pseudonymität** kann nur selber aufgehoben werden, z.B. an ***Schnittstellen zu Zahlungssystemen***

BlockChain
→ Prinzip: Keine „zentrale Instanz“

- Eine **BlockChain** besitzt keine „zentrale Instanz“, sondern ist auf all ihren Nodes (Teilhabern) in einem Peer-to-Peer-**BlockChain**-Netzwerk verteilt.
- Jeder kommuniziert zum Beispiel über das Internet direkt miteinander.
- Damit gibt es **keinen „Single Point of Failure“** mehr und Logs beziehungsweise Backups müssen nicht besonders berücksichtigt werden, da die Datenstruktur (**BlockChain**) sich selbst regeneriert *(sehr hohe Verfügbarkeit und Ausfallsicherheit).*

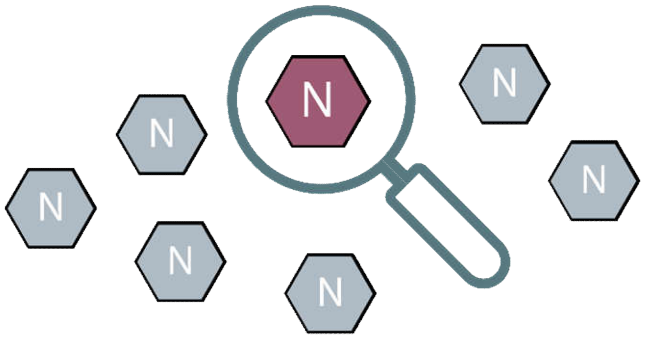


BlockChain
→ Validierung von neuen Blöcken

- Alle **Transaktionen** werden von den entsprechenden Nodes signiert, die für die **Daten** verantwortlich sind und an alle anderen Nodes über das Peer-to-Peer-Netzwerk verteilt.
- Ein **Konsensfindungsverfahren** bestimmt, welche Node einen neuen Block validieren und an die **BlockChain** „hängen“ darf.
- Diese Node überprüft, ob die **Transaktionen** von **Semantik** und **Syntax** her richtig sind und ob die **digitalen Signaturen** des Initiators der **Transaktionen** mit der **Adresse** übereinstimmen.
- Dann wird ein neuer Block generiert (Hashwerte – HashPrev und Merkle Root Hash) und an alle Nodes verteilt. Jede Node (jeder Teilnehmer) hat dadurch jederzeit eine **Kopie** der aktuell gültigen **BlockChain**.
- Dieses Prinzip des **Distributed Consensus** macht die Konsistenzprüfung der **Transaktionen** vollkommen unabhängig von einer einzelnen vertrauenswürdigen Instanz. Für die Herstellung des Konsenses gibt es verschiedene Verfahren.

BlockChain
→ Konsensfindungsverfahren

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



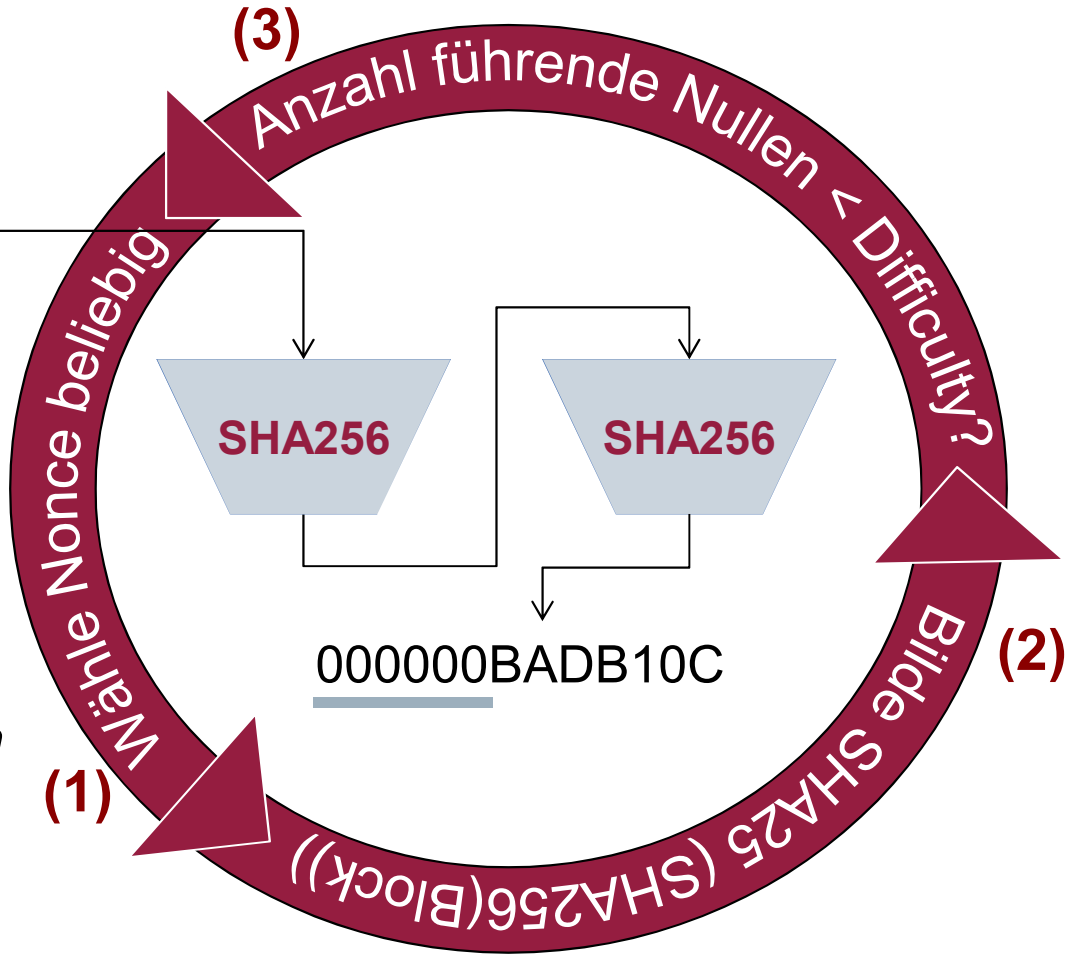
- Es gibt unterschiedliche Methoden
  - **Proof of Work (PoW)** → „Miner“
    - Aktuelle gebräuchlichste Methode, z.B. bei Bitcoin
    - Lösung eines mathematischen Problems → alle gleichberechtigt (siehe nächste Folie)
  - **Proof of Stake (PoS)**
    - Es werden Nodes gewählt, die nachweislich ein 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
4 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
→ 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**

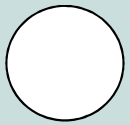
- Solange eine **Node nicht die Mehrheit an Miner-Kapazitäten besitzt** (mehr als 50%), ist das Mining-Prinzip robust und nicht zu kompromittieren.

- **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.

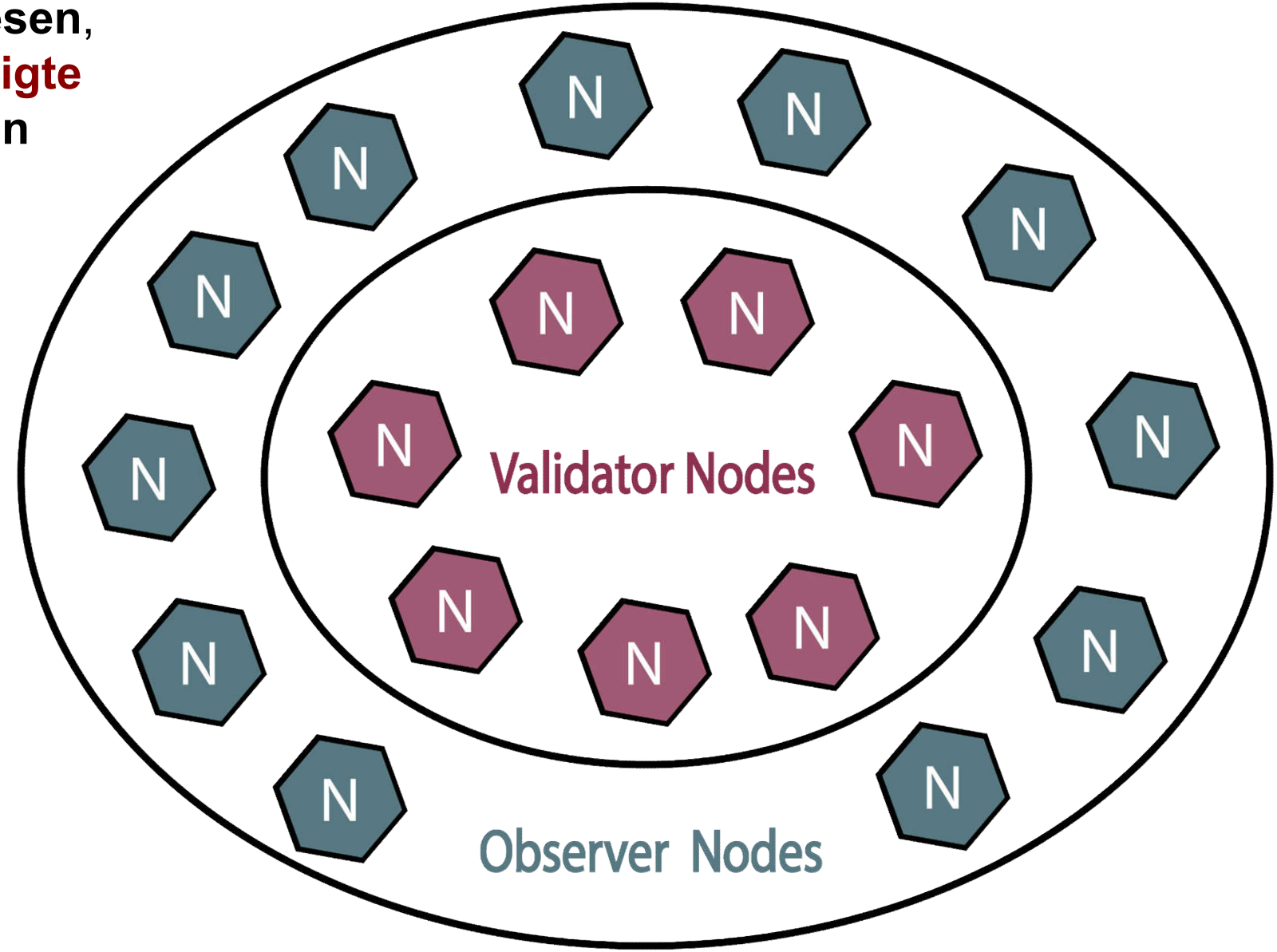
BlockChain

→ 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

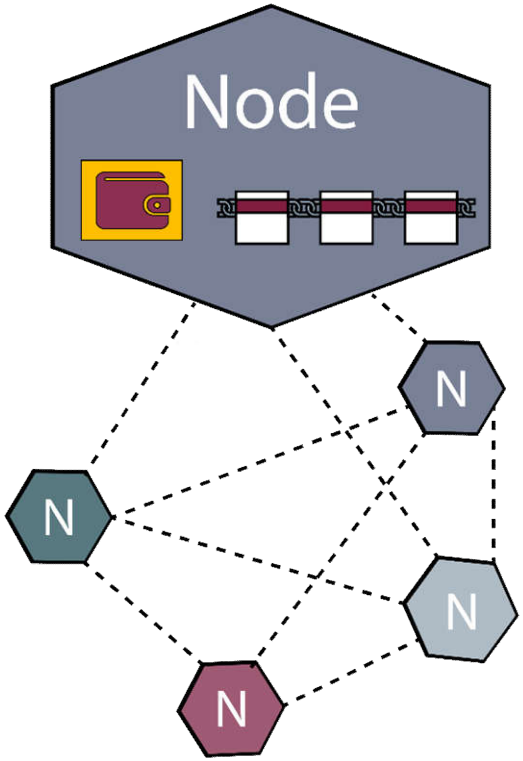


BlockChain
→ Randbedingungen

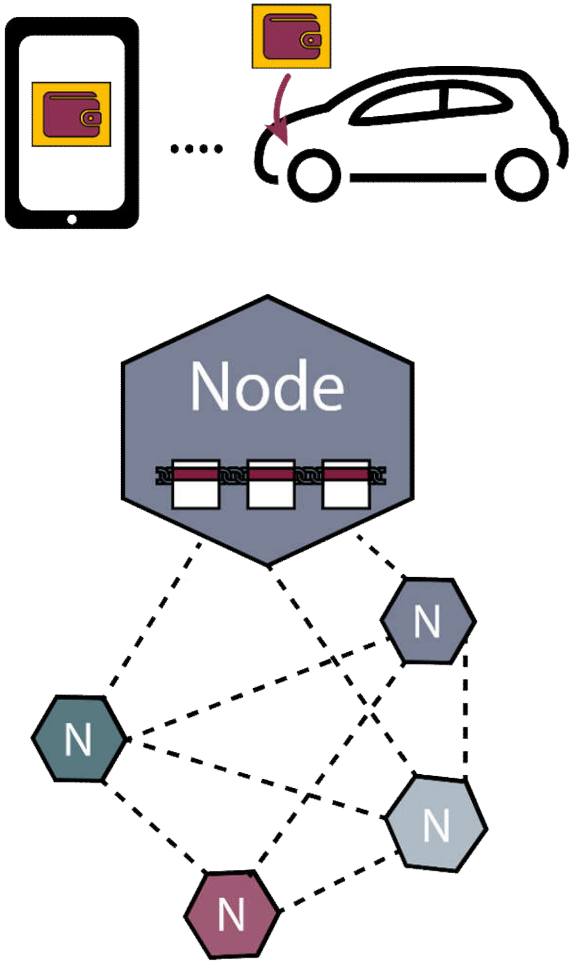
- Es steht ausreichend viel Bandbreite für den Austausch von **Transaktionen** und Blöcken … zur Verfügung
- Auf der Node ist genügend Speicherplatz für die **BlockChain** vorhanden.
- Die Schlüssel können sicher gespeichert werden
- …

BlockChain
→ Verschiedene Arten von Nodes/Wallets

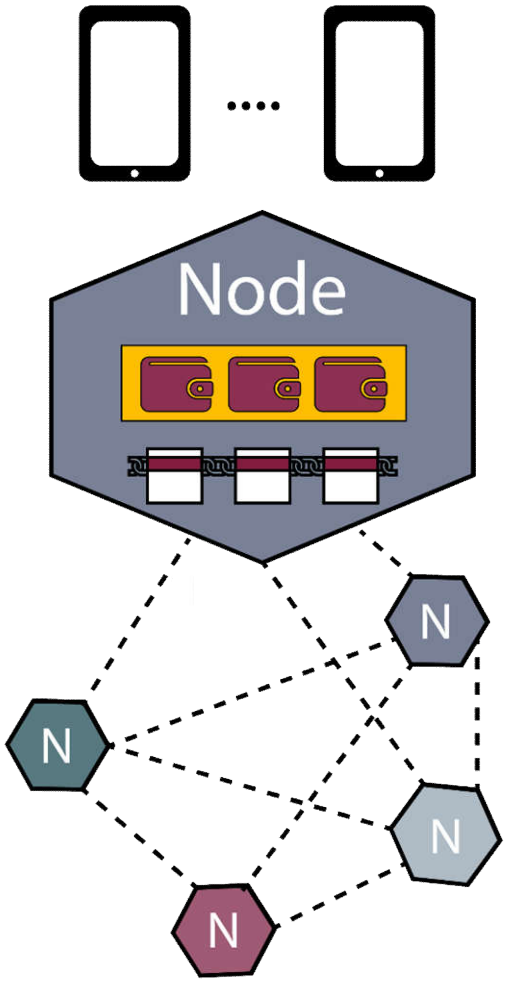
Full Node



Light Node



Service Node



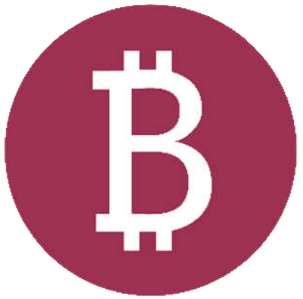
Sicherheitsmodul: TPM, Smartcard, High-Level-SM

BlockChain-Technologie
→ Inhalt

- **Übersicht**
  (Chancen, Sichtweiten, Tools)
- **Elemente, Prinzipien, Architekturen, ...**
  (Daten, Transaktionen, Block, …, verteilt, Konsens, …)
- **Anwendungen**
  (Bitcoin, Smart Contracts, Diamantenhandel, …)
- **Sicherheitsherausforderungen**
  (Kryptosystem, Schlüsselspeicherung, Anzeige, …)
- **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 2017
  - 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, …

BlockChain Anwendungen
→ Smart Contracts

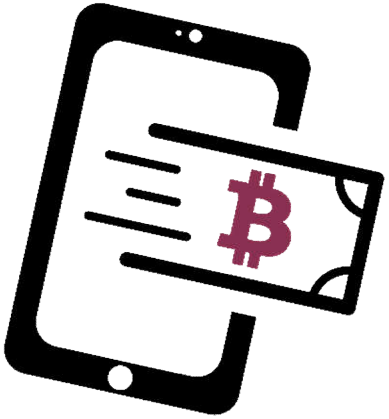
- **Idee:**
  - Automatische Umsetzung von Verträgen.

- **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.

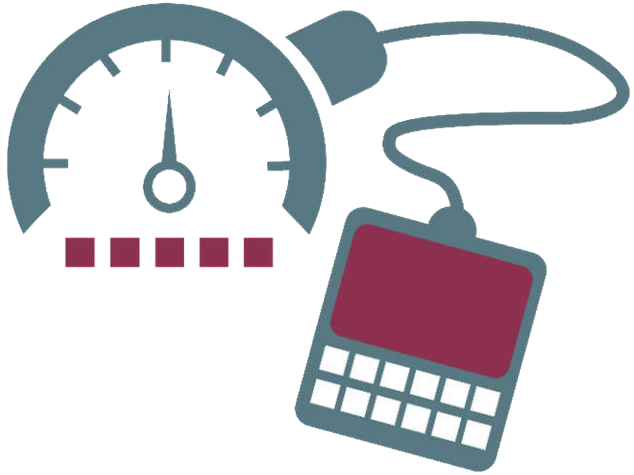
BlockChain Anwendungen
→ Geld- und Wertpapiertransfer: USC



- **Idee:**
  - Eine **digitale Währung** (Utility Settlement Coin – USC), die für den Handel an der Börse mit dem Ziel genutzt werden soll, Clearinggesellschaften zu ersetzen *(**UBS**, Deutsche Bank, Santander, BNY Mellon, Icap).*
- **Hintergrund:**
  - Die Transaktionskette bei einem Wertpapierhandel z.B. mit einer Aktie, bis diese komplett in den Besitz des Käufers übertragen wurde, ist sehr komplex.
  - Auch wenn der Aktienhandel eigentlich in Sekundenschnelle abläuft, benötigt die vollständige Abwicklung dahinter bislang noch rund zwei Tage.
- **Verfahren:**
  - Das **Geld** und **Wertpapiere** werde sofort durch einen neu hinzugefügten Block ausgetauscht (*private permissioned Blockchain*).
  - Smart Contracts regeln dabei die automatische Überweisung der USC des Käufers an den Verkäufer.

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.

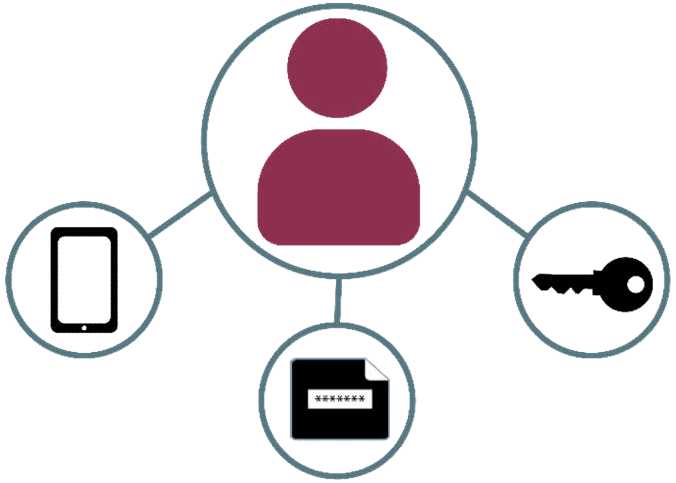
BlockChain Anwendungen
→ Elektronische Auktion

- **Idee:**
  - Einfache und sichere Auktion

- **Verfahren:**
  - Die **BlockChain** fungiert als eine private Handelsplattform.
  - Es können **Anfangsgebote für Objekte** durch Auktionäre gesetzt werden.
  - Interessierte können ihre Gebote einspielen.
  - Alle können immer den Verlauf der Auktion in der **BlockChain** beobachten.
  - Nach der Auktion wird die **BlockChain** geschlossen
  - …

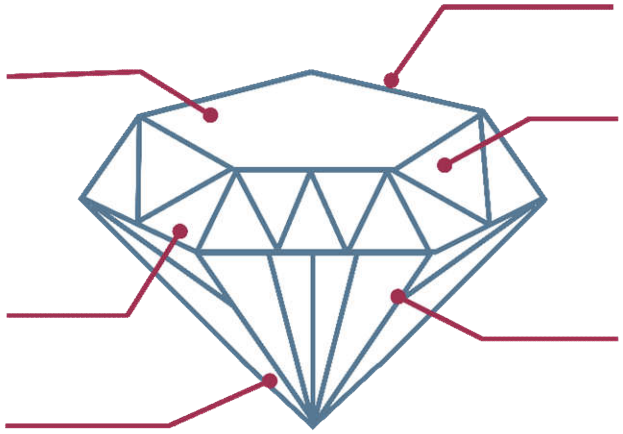
BlockChain Anwendungen
→ Identity Management

- **Idee:**
  - Die **Identität** wird von jedem **Nutzer selber verwaltet**.
  - Identifikation von **Geräten im IoT** oder Identity & Access Management von Mitarbeitern im **Unternehmensumfeld**.



- **Verfahren:**
  - Eine bei Nutzer und Diensten etablierte „**ID“- BlockChain“** bietet die Möglichkeit eines echten „**Bring Your Own Identity**“
  - Neuartiger Identitätsstandard, in denen der Nutzer selbst die vollständige Kontrolle über seine **persönlichen Daten** hat und souverän deren Weitergabe entscheidet.

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.

BlockChain-Technologie
→ Inhalt

- **Übersicht**
  (Chancen, Sichtweiten, Tools)
- **Elemente, Prinzipien, Architekturen, …**
  (Daten, Transaktionen, Block, …, verteilt, Konsens, …)
- **Anwendungen**
  (Bitcoin, Smart Contracts, Diamantenhandel, …)
- **Sicherheitsherausforderungen**
  (Kryptosystem, Schlüsselspeicherung, Anzeige, …)
- **Zusammenfassung**
  (Chancen und Risiken)

BlockChain
→ Sicherheitsherausforderungen (1/2)

- Das verwendete **Public-Key-Verfahren** und die **Hashfunktion** müssen dem ***Stand der Technik*** genügen und die passenden Schlüssellängen müssen verwendet werden.

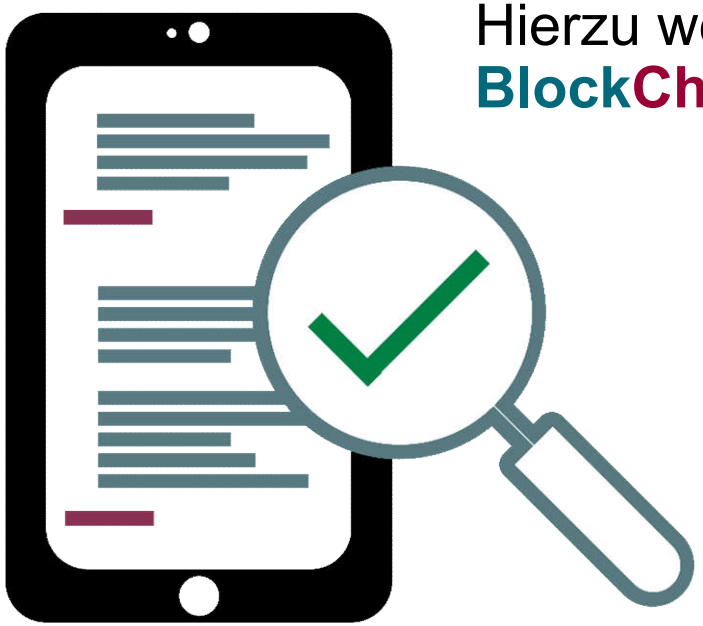
  Außerdem muss langfristig **Post-Quantum-Kryptoverfahren** berücksichtigt und genutzt werden.

- Die Sicherheit der **BlockChain**-Technologie hängt auch von der **Geheimhaltung der privaten Schlüssel** der Public-Key-Verfahren ab.

  Der Schutz des privaten Schlüssels sollte mit Hilfe von **Hardware-Security-Module** realisiert werden (SmartCards, Sec-Token, High-Level-Sicherheitsmodule).

BlockChain
→ Sicherheitsherausforderungen (2/2)

- Ein weiterer wichtiger Punkt ist die **vertrauenswürdige Anzeige** der Transaktionsdaten.



Hierzu werden einfache und vertrauenswürdige **BlockChain**-Viewer benötigt.

- Außerdem müssen bei den Konsensfindungsverfahren die **Randbedingungen** überprüft werden, damit **keine Manipulation** durchgeführt werden kann *(Vertrauen ist gut, Kontrolle ist besser)*.

BlockChain-Technologie
→ Inhalt

- **Übersicht**
  (Chancen, Sichtweiten, Tools)
- **Elemente, Prinzipien, Architekturen, …**
  (Daten, Transaktionen, Block, …, verteilt, Konsens, …)
- **Anwendungen**
  (Bitcoin, Smart Contracts, Diamantenhandel, …)
- **Sicherheitsherausforderungen**
  (Kryptosystem, Schlüsselspeicherung, Anzeige, …)
- **Zusammenfassung**
  (Chancen und Risiken)

BlockChain
→ Zusammenfassung

- **BlockChain-Anwendungen**
  - 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.

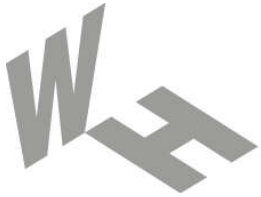
- **Herausforderungen**
  - **Stand der Technik** (Post-Quantum-Kryptoverfahren)
  - **Sichere Speicherung von Keys** (Wallets)
  - **Vertrauenswürdige Anzeige-Komponente** von **BlockChain** Daten *(Trusted Viewer)*
  - **Vertrauensmodelle** (Validierungsalgorithmen)
  - **Rechtsrahmen** für neue Geschäftsmodelle und Ökosysteme

BlockChain
→ Ausblick

- Lassen Sie uns die **passenden Anwendungen** auswählen und den **Digitalisierungsprozess** mit modernen und pragmatischen IT-Technologien **beflügeln**.

- **Ohne IT-Sicherheit gelingt keine nachhaltige Digitalisierung!**

BlockChain → „programmiertes Vertrauen“



Westfälische Hochschule
Gelsenkirchen Bocholt Recklinghausen
University of Applied Sciences

BlockChain Technologien

→ Potential, eine ganze Branche auf den Kopf zu stellen …

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