

Masterthesis

**Blockchain-Technologie in der Energiewirtschaft:
Terminologie, technische Grundlagen, Implikationen und Applikationspotenziale**

**Blockchain Technology in the Energy Industry:
Terminology, Technical Foundations, Implications and Application Potentials**

**Tecnología Blockchain en la industria de la energía:
Terminología, fundamentos técnicos, implicaciones y posibilidades de aplicación**

zur Erlangung der akademischen Grade

**Maestría Internacional en Administración y Finanzas
und Master of Arts**

vorgelegt von

Thorsten Heck

geboren am 09.07.1978 in Grünstadt

am 3. April 2018

**Erstkorrektor:
Zweitkorrektor:**

Prof. Dr. Christian Aichele
Prof. Dr. Martin Dutto

Vorwort

Ein Open-Source-Gespensst geht um den Globus – das technizistische Gespensst der Blockchain. Alle Mächte haben sich scheinbar zu einer interdisziplinären Hetzjagd auf dies digitale Gespensst verbündet, die Staatsmächte und Medien, Banken und Versicherungen, amerikanische Internetgiganten und Venture-Kapitalisten. Wo ist die Tageszeitung, die nicht berichtet hätte, dass die Blockchain tradierte Intermediäre überflüssig macht? Wo die Großbank oder der Energieriese, der nicht in die Technologie investiert oder längst damit experimentiert? Zweierlei geht aus dieser Tatsache hervor. Die Blockchain wird bereits von allen globalen Mächten als disruptive Technologie anerkannt. Es ist hohe Zeit, dass ihre Funktionsweisen, ihre Zwecke, ihre Tendenzen vor der ganzen Welt offen dargelegt werden, um dem Märchen vom Gespensst der Blockchain eine Terminologie, Ontologie, Taxonomie und Referenzarchitektur entgegenzustellen. Mit einem Satz: Die Blockchain-Technologie unterstützt revolutionäre Bewegungen gegen veraltete (Energie-)Systemstrukturen. In all diesen Entwicklungen hebt sich der ökonomische Mehrwert als Grundfrage der Bewegung hervor. Mögen die herrschenden Strukturen und Institutionen vor einer Blockchain-Revolution zittern. Die globale Gesellschaft hat nichts in ihr zu verlieren außer die Ketten hoher Transaktionskosten und dysfunktionaler Systeme¹.

Unter welchen Bedingungen das Mysterium "Blockchain" tatsächlich tradierte Strukturen im Energiesektor transformieren oder (partiell) eliminieren könnte, soll in der vorliegenden Arbeit unter Berücksichtigung terminologischer Klarheit und anhand des branchenspezifischen Innovationspotenzials untersucht werden.

Viel Spaß beim Lesen.

Zweibrücken, den 3. April 2018

Thorsten Heck

¹ In Anlehnung an das kommunistische Manifest

Inhaltsverzeichnis

VORWORT	II
INHALTSVERZEICHNIS	III
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	V
TABELLENVERZEICHNIS	VII
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	VIII
1 EINFÜHRENDE REFLEXIONEN	1
1.1 AUSGANGSSITUATION IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT	3
1.2 WIRTSCHAFTLICHE EINORDNUNG UND RELEVANZ DER BLOCKCHAIN	6
1.3 FORSCHUNGSSTAND UND EINGRENZUNG DES THEMAS	9
1.4 FORSCHUNGSFRAGE, FORSCHUNGSZIEL UND AUFBAU DER ARBEIT	12
2 TERMINOLOGISCHE UND TECHNISCHE GRUNDLAGEN	14
2.1 DER BEGRIFF BLOCKCHAIN AUS ETYMOLOGISCHER PERSPEKTIVE.....	14
2.2 DIE INHALTLICHE BEDEUTUNG DES BEGRIFFS BLOCKCHAIN	16
2.3 GENERISCHE KOMPONENTEN EINES BLOCKCHAIN-SYSTEMS	18
2.3.1 Netzwerktopologie.....	22
2.3.2 Knotentypologie und Knotenfunktionalität am Beispiel des Bitcoin	24
2.3.3 Ausgewählte Konsensmechanismen im Vergleich.....	33
2.4 ENTSCHEIDUNGSPROZESS: WELCHES SYSTEM IST DAS RICHTIGE?.....	35
2.5 EVOLUTIONSSTUFEN DER BLOCKCHAIN-TECHNOLOGIE	38
2.6 SMART GRID UND SMART MARKET	39
2.7 SMART CONTRACTS.....	39

3	FORSCHUNGSDESIGN	40
3.1	AUSGANSPOSITION	42
3.2	PRÄZISIERUNG DES FORSCHUNGSGEGENSTANDES.....	43
3.3	DATENERHEBUNG	45
4	FORSCHUNGSERGEBNISSE.....	47
4.1	ANZAHL DER START-UPS, GRÜNDUNGSZEITRAUM UND ALTERSSTRUKTUR.....	47
4.2	REGIONALE VERTEILUNG DER E-BLOCKCHAIN-START-UPS	50
4.3	INVESTITIONEN	53
4.4	PRODUKTE UND PRODUKTKATEGORIEN.....	56
5	APPLIKATIONSPOTENZIALE UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN	61
5.1	FALLBEISPIEL: BUSINESS-TO-PROSUMER-TO-PROSUMER-APPLIKATION	61
5.1.1	Potenzieller Mehrwert.....	63
5.1.2	Nachteile	63
5.2	HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN	64
6	KONKLUSION	65
6.1	ZUSAMMENFASSUNG UND KRITISCHE WÜRDIGUNG.....	65
6.2	FORSCHUNGSDESIDERATE UND PROGNOSEN.....	67
7	LITERATURVERZEICHNIS	69
	EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG	97

Abkürzungsverzeichnis

BaFin	Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BTC	Bitcoin
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DIN	Deutsches Institut für Normung
DLT	Distributed Ledger Technology
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare Energien Gesetz
EnBW	Energie Baden-Württemberg
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
EPH	Energetický a Průmyslový Holding
EU	Europäische Union
EVU	Energieversorgungsunternehmen
EVU	Energieversorgungsunternehmen
EWf	Energy Web Foundation
GB	Gigabyte
H2M	Human to Machine
IBAN	International Bank Account Number
ICT	Information and Communications Technology
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
IP	Internet Protocol
ISO	International Organization for Standardization
KWG	Kreditwesengesetz
M2H	Machine to Human
M2M	Machine to Machine
MWh	Megawattstunde

P2P	Peer-to-Peer
PIN	Persönliche Identifikationsnummer
PPS	Pool Protocol Server
PoS	Proof of Stake
PoET	Proof of Elapsed Time
PoW	Proof of Work
RWE	Ehemals Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG, heute
SPV	Simplified Payment Verification
StrEG	Stromeinspeisungsgesetz
TAN	Transaktionsnummer
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
USD	US-Dollar
VoIP	Voice over Internet Protocol
WEF	World Economic Forum

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Differenzierung der Blockchain-Perspektiven.....	16
Tabelle 2: Die propagierten Schlüsseigenschaften des Bitcoin-Systems.....	21
Tabelle 3: Blockchain-Typologie	34
Tabelle 4: Blockchain-Typen und Merkmale im Überblick	37
Tabelle 5: Start-up-Datensätze aus acht Datenbanken.....	45
Tabelle 6: Energiespezifische Risikokapital-Investitionen in Blockchain-Start-ups	54
Tabelle 7: Beschreibung der Blockchain-Produktkategorien.....	56

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Blockchain im Gartner Hype Cycle 2017	7
Abb. 2: Verteilung der Blockchain-Start-ups nach Branchen	8
Abb. 3: Hyperonyme Einheiten generischer Blockchain-Komponenten	20
Abb. 4: Netzwerktopologie nach Baran	22
Abb. 5: Vereinfachte Darstellung des Blockchain-Protokoll-Stack	23
Abb. 6: Knoten-Topologie im erweiterten Bitcoin-Netzwerk.....	25
Abb. 7: Beispiel: Generierung privater sowie öffentlicher Schlüssel und Adresse	28
Abb. 8: Blockchain: Block- und Transaktionsaktionsstruktur	30
Abb. 9: Erweitertes Bitcoin-Netzwerk nach Antonopoulos	32
Abb. 10: Entscheidungsprozess: Datenbank- vs. Blockchain-Implementierung	35
Abb. 11: Entwicklungsstufen der Blockchain-Technologie	38
Abb. 12: Methodische Vorgehensweise der Studie	41
Abb. 13: Blockchain-Start-up nach Gründungsjahr	47
Abb. 14: Blockchain-Start-up nach Gründungsjahr	48
Abb. 15: Die 120 Start-ups im Überblick	49
Abb. 16: Kontinentale Verteilung der E-Blockchain-Start-ups	50
Abb. 17: Nationale Verteilung der E-Blockchain-Start-ups	51
Abb. 18: Ranking der Top Energy-Start-up-Metropolen	52
Abb. 19: Standortwahl in Abhängigkeit des investierten Risikokapitals.....	55
Abb. 20: Art und Anzahl der Blockchain-Produkte / -Services im Energiesektor.....	57
Abb. 21: Investitionen in Blockchain-Produktkategorien.....	59

Abb. 22: Investitionen in Abhängigkeit der Produkte	60
Abb. 23: Vereinfachte Darstellung des Grid+ Geschäftsmodells.....	62

1 Einführende Reflexionen

„The root problem with conventional currency is all the trust that's required to make it work. The central bank must be trusted not to debase the currency, but the history of fiat currencies is full of breaches of that trust. Banks must be trusted to hold our money and transfer it electronically, but they lend it out in waves of credit bubbles with barely a fraction in reserve. We have to trust them with our privacy, trust them not to let identity thieves drain our accounts.“

Satoshi Nakamoto

Vertrauen ist ein integraler Mechanismus moderner Gesellschaftssysteme[1], der in unterschiedlichsten Handlungskontexten (Familie, Wirtschaft, Politik), Akteurs- und Beziehungskonstellationen (Selbst-, Fremd-, Organisationsvertrauen) sowie für diverse Artefakte (Geld, Informationen, Verträge) die Tolerierung von Unsicherheit ermöglicht[2] 3]. Als subjektive Erwartungshaltung an eine freiwillige aber riskante Vorleistung erweitert Vertrauen Handlungsspielräume und stiftet gegenwärtige Sicherheit[4] 1]. Weil der Vertrauensgeber dabei lediglich die Handlungsunsicherheit toleriert, das tatsächliche Risiko aber nicht eliminiert, kann Vertrauen auch enttäuscht oder missbraucht und infolgedessen dem Vertrauensnehmer entzogen werden[5]. Die Finanzkrise 2007/2008 hat das Vertrauen in das globale Schuldgeldsystem nachhaltig geschädigt[6], aber auch eine Innovation initiiert, mit der Vertrauen neu definiert wurde – die Blockchain[7].

Satoshi Nakamoto, der sein Vertrauen in ein intransparentes, inhärent instabiles Finanzsystem verloren hatte[8] 9], entwickelte mit „Bitcoin“ ein elektronisches Werttransaktionssystem, das keine zentralen Vertrauensinstanzen wie Banken oder Payment Service Provider (Paypal, Visa) benötigt[10]. Kryptographische Beweise ermöglichen sichere Transaktionen, die transparent und praktisch irreversibel in einer verteilten Protokolldatei (Blockchain) gespeichert werden[11]. Mit der Kryptowährung Bitcoin (BTC) wurde erstmal eine technisch sichere Alternative zu tradierten Fiat-Währungen geschaffen. Im Gegensatz zu Euro oder

Dollar ist die „Geldmenge“ des Bitcoin auf 21 Millionen Einheiten begrenzt und kann daher nicht durch Giralgeldschöpfung inflationiert werden[12]. Da der Bitcoin keinen intrinsischen Wert besitzt und die Preisbildung über Angebot und Nachfrage erfolgt, bestimmt jedoch letztendlich das Vertrauen in die Kryptowährung über den Preis[13]. Mittlerweile existieren mehr als 1500 Blockchain-basierte Kryptowährungen, mit einer kumulierten Marktkapitalisierung von knapp 333 Milliarden USD (Stand: 15.03.18)[14]. HILEMANN und RAUCHS schätzen die Anzahl der dabei global partizipierenden „*unique active users of cryptocurrency wallets*“ auf bis zu 5,8 Millionen[15]. Zudem werden Kryptowährungen bereits von namenhaften Unternehmen (z. B. Dell, Expedia, Lionsgate Films, Microsoft, Tesla) als Zahlungsmittel akzeptiert[16].

Der Bitcoin stellt zwar eine Neuerung im Rahmen des Zahlungsverkehrs dar, jedoch wird die eigentliche Innovation darin gesehen, dass sowohl die Administration wie auch die Transaktion des Bitcoin über ein verteiltes Netzwerk ohne zentrale Vertrauensinstanz sicher organisiert werden können[17]. Daher steht vor allem die Blockchain als Trägertechnologie des Bitcoin im Fokus der Öffentlichkeit. Aufgrund ihrer disruptiven Eigenschaften hat die Querschnittstechnologie das Potenzial[18], tradierte Wertschöpfketten und etablierte Geschäftsmodelle in zahlreichen Branchen zu verändern[19].

Laut Experten harmonisiert die dezentrale Blockchain-Technologie auch mit der neuen Energiewelt[20| 21| 22], insbesondere mit der regenerativen Stromwirtschaft, die digital, dezentral und kleinteiliger wird[23]. SCHWARZ und LINDWEDEL beschreiben die Blockchain als digitalen Treiber der Energiewende, der nicht nur die energiewirtschaftlichen Wertschöpfungsbereiche unterstützt, optimiert und modifiziert, sondern auch die Entwicklung von neuen Produkten und Geschäftsmodellen ermöglicht[24]. Die Entwicklung zahlreicher Blockchain-basierter Anwendungsfälle, von denen die ersten bereits in Praxisprojekten mit Energieversorgern umgesetzt werden, verdeutlichen die hohe Dynamik und Erwartungshaltung an die Technologie[25]. Dennoch ist zu konstatieren, dass die Blockchain-Technologie noch am Anfang ihrer energiewirtschaftlichen Entwicklung steht und nicht für alle Prozesse eine geeignete Lösung darstellen wird[26| 27].

1.1 Ausgangssituation in der Energiewirtschaft

Nach Jahrzehnten der Stabilität und Sicherheit ist die Energiewirtschaft in ihrer Umwelt mit fundamentalen Transformationsprozessen konfrontiert, die auch innerhalb des Sektors einen tiefgreifenden Strukturwandel ausgelöst haben[28]. Der zunehmende Anteil an regenerativen Energien, die steigende Anzahl dezentraler Erzeugungseinheiten, die branchenübergreifende Digitalisierung und Vernetzung, aber auch neue Technologien resp. Wettbewerber transformieren die energiewirtschaftlichen Aktivitäten und Marktrollen auf allen Wertschöpfungsstufen[29].

Der sukzessive Wandel des Energiesektors nahm seinen Anfang in den 1990er Jahren durch die aufkommenden Megatrends Dezentralisierung, Dekarbonisierung, Deregulierung und Digitalisierung (4D)[30]. Das Stromeinspeisungsgesetz (StrEG) vom 07.12.1990 bildet den politisch-rechtlichen Ausgangspunkt der Energiewende und bidirektionalisierte die Wertschöpfungskette[31| 32]. Seit Inkrafttreten des Gesetzes müssen auch erneuerbare Energien (EE) von Dritterzeugern in das Stromnetz eingespeist und entsprechend vergütet werden[33]. Mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), welches das StrEG im April 2000 substituierte, erfolgte die quantitative Festlegung des EE-Anteils zur Reduzierung von CO_2 -Emissionen[34]. Laut aktueller Fassung (2017) soll der Stromanteil aus regenerativen Energien im Jahr 2025 bis zu 45 % und 2050 mindestens 80 % betragen[35]. Ende 2017 lag der EE-Beitrag zum Stromerzeugungsmix bereits bei 38,4 % [36].

Der dazu notwendige Übertragungsnetzausbau macht zwar nach jahrelangen Verzögerungen Fortschritte, jedoch sind von den kostenintensiven 7.700 geplanten Leitungskilometern erst ca. 12 % realisiert[37]. Allein die bestätigten Netzentwicklungspläne weisen bereits Kosten i. H. v. 23 Mrd. Euro aus[38]. Laut einer Studie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) besteht auch für die Hoch-, Mittel- und Niederspannungsnetze ein Ausbaubedarf von rund 131.000 km Leitungslänge[39], denn 98 % der dezentral erzeugten regenerativen Energien werden in die Verteilnetze eingespeist[40]. Die steigende Anzahl dezentraler Erzeugungseinheiten hat die Stromerzeugungsstruktur in Deutschland stark verändert.

Der Stromanteil aus privat betriebenen Anlagen ist von 4,3 % (1991) auf 26 % (2015) gestiegen[41]. Allein die deutschlandweit verteilten 1,58 Mio. Photovoltaik- und 28.217 Windenergieanlagen leisteten 2016 einen Beitrag von 18,2 % an der deutschen Bruttostromerzeugung[42|43], der sich 2017 um weitere 7,6 % erhöht hat[44]. Der verstärkte Ausbau regenerativer Energien, die Reduzierung konventioneller Kraftwerke sowie der dilatorische Netzausbau beeinträchtigen jedoch zunehmend die Versorgungssicherheit[45]. Um das physikalische Gleichgewicht zwischen Erzeugung und Verbrauch zu gewährleisten, müssen daher immer häufiger konventionelle Kraftwerke hoch- oder herunterfahren sowie Windparks kostenpflichtig abgeschaltet werden (Redispatch)[46]. Allein in den Jahren von 2014 bis 2016 entstanden dadurch Kosten von mehr als 2,41 Milliarden Euro[47| 48].

Zudem erfolgte mit der Umsetzung europäischer Richtlinien zur Harmonisierung und Liberalisierung des EU-Energiebinnenmarktes die sukzessive Fragmentierung der tradierten Wertschöpfungskette[49]. Die Neuregelung des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) im Frühjahr 1998 ermöglichte den freien Markteintritt, diskriminierungsfreien Netzzugang und die Wahlfreiheit des Stromanbieters[50]. Durch weitere Novellierung des EnWG wurden u. a. der Messstellenbetrieb (2005) und das Messwesen (2008) liberalisiert sowie das Unbundling² der großen Energieversorgungsunternehmen (EVU) initiiert(2005/2008/2011)[51| 52| 53| 54].

Dadurch haben sich das Kundenverhalten, die Marktrollen, Akteure und Wettbewerbsbedingungen grundlegend geändert. Während von 1998 bis 2004 nur insgesamt 5 % der Haushaltskunden den Stromlieferanten wechselten[55], stieg die kumulierte Wechselquote bis zum Ende des ersten Halbjahres 2017 bereits auf 42,2 % [56]. Bei Nicht-Haushaltskunden³ ist die Lieferantenwechselquote seit 2009 auf einem annähernd gleichbleibenden Niveau von durchschnittlich 11,65 % [57]. Es ist davon auszugehen, dass sich auf einem zukünftig vollständig integrierten Energiebinnenmarkt (Energieunion), an dem immer mehr Prosumenten

² Informatorische, buchhalterische, organisatorische, gesellschafts- und eigentumsrechtliche Entflechtung der vertikal integrierten Energieversorgungsunternehmen (EVU)

³ Kunden mit einem Jahresstromverbrauch > 10 Megawattstunden (MWh)

partizipieren, der Wettbewerb weiter intensivieren wird[58| 59]. Die Monopolkommission bestätigt die positiven Wettbewerbsentwicklungen auf dem Strommarkt, da der kumulierte Marktanteil⁴ der Energiekonzerne E.ON (13 %), EnBW (12 %), RWE (22 %) und Vattenfall (7 %) auf 54 % gesunken ist[60]. Nach der Veräußerung der Vattenfall-Braunkohlekraftwerke (LEAG) an die tschechische Energetický a Průmyslový Holding (EPH), agieren heute auf dem deutschen liberalisierten Strommarkt im Wesentlichen

- 5 Großkonzerne und 75 Stromerzeuger mit einer Stromabgabe größer 100 MW,
- über 1,6 Millionen weitere Energieerzeugungseinheiten,
- 4 Übertragungs- und 905 Verteilnetzbetreiber,
- Bilanzkreisverantwortliche, Bilanzkoordinatoren und Registerbetreiber,
- ca. 130 Stromhändlern und etwa 1.260 Stromlieferanten mit mehr als 12.000 Tarifen,
- über 800 Messstellenbetreiber und Messstellendienstleister sowie
- 46 Millionen Tarifikunden und Kunden mit Sonderabkommen[61| 62| 63| 64| 65| 66].

Der liberalisierte Strommarkt ist von vielfältigen Marktrollen und -akteuren geprägt, die über unterschiedlichste Vertragsbeziehungen miteinander verbunden sind und zunehmend bidi-rektionale Energie- sowie Informationsflüsse austauschen[67]. In einem stark fragmentierten Markt mit zahlreichen Marktteilnehmern und stark volatilen dezentralen Erzeugungseinheiten ist die Koordination des Energiesystems jedoch wesentlich komplexer und erfordert einen kontinuierlichen sowie sicheren Datenaustausch zwischen den Akteuren[68].

Das Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende (2016) bildet die formale Grundlage für die digitale Transformation des Energiesystems[69]. Seit 2017 ist der flächendeckende Einbau von intelligenten Messsystemen (Smart Meter) mit Kommunikationseinheit (Gateway) rechtsverbindlich und soll bis spätestens 2035 abgeschlossen sein[70| 71]. Die Installation der Smart Meter ermöglicht die holistische Vernetzung von intelligenten Stromerzeugungseinheiten und smarten Entitäten wie Produktionsstätten (Smart Factory), Wohneinheiten

⁴ Anteil an der Stromerzeugung aus konventionellen Energieträgern

(Smart Home), Elektroautos (Smart Car) oder Kommunen (Smart Cities) mit dem intelligenten Stromnetz (Smart Grid) und Strommarkt (Smart Market)[72]. Damit wird nicht nur ein effizientes regeneratives Stromversorgungssystem geschaffen, sondern auch zunehmend der Markt für neue disruptive Wettbewerber und Technologien geöffnet[73]. Die digitale Energiewende setzt die Geschäftsmodelle und -prozesse der Energieversorger massiv unter Druck[74]. Sowohl branchenfremde Unternehmen (Alphabet, Bosch, Daimler, Panasonic, Siemens, Telekom, u. v. a.) wie auch Start-ups (Sonnen GmbH, Grid+, u. a.) durchdringen zunehmend das traditionelle Kerngeschäft (Erzeugung, Vertrieb) oder dominieren bereits neue Marktsegmente (Smart Home, E-Mobilität, Energiespeicher)[75| 76]. Zudem überschwemmen neue Technologien den Markt, deren Auswirkungen heute noch nicht absehbar sind. Insbesondere die unter dem Schlagwort „Blockchain“ populäre Trägertechnologie des Bitcoin könnte die Wertschöpfungskette radikal verändern[77]. Aufgrund ihrer Eigenschaften hat die Technologie das Potenzial, einzelne Wertschöpfungsinstanzen komplett zu ersetzen[78]. Die Blockchain könnte aber auch die Geschäftsprozesse der EVU beschleunigen, flexibilisieren, sicher dokumentieren und synchronisieren, wodurch enorme Kostenvorteile entstünden[79]. Daher wird bereits intensiv in die neue Technologie investiert bzw. mit ihr experimentiert[80].

1.2 Wirtschaftliche Einordnung und Relevanz der Blockchain

Im Jahr 2015 klassifizierte das World Economic Forum (WEF) in seiner Deep-Shift-Analyse die Blockchain-Technologie als einen der sechs wichtigsten Megatrends, die fundamentale Auswirkungen auf das Gesundheitswesen, die Umwelt, den globalen Handel und internationale Beziehungen haben werden[81]. Der Analyse zufolge sollen bis 2027 bereits 10 % des globalen Bruttoinlandprodukts in der Blockchain gespeichert sein.

Im Forrester Research Report, „*The Top 10 Technology Trends To Watch: 2018-2020*“, zählt die Blockchain zu den relevanten Technologien, mit denen Unternehmen ihren informationstechnologischen Geschäftswert maximieren können. Für 2019 prognostiziert Forrester, dass ein rentabler Blockchain-basierter Markt, mit Anwendungen die über Kryptowährungen hinausgehen, kommerzialisiert wird[82]. Das Marktforschungsinstitut Gartner positioniert die

Blockchain ebenfalls unter den Top 10 der wichtigsten strategischen Technologie-Trends für 2018, durch die Unternehmen Wettbewerbsvorteile für die Zukunft schaffen können[83]. Die seit 2016 im „Gartner Inc. Hype Cycle for Emerging Technologies“ berücksichtigte Technologie hat den „Gipfel der aufgeblähten Erwartungen“ bereits verlassen und befindet sich zur Zeit in der Phase „Tal der Enttäuschungen“, da nicht alle Erwartungen erfüllt werden konnten[84]. Nach dieser aktuellen Einordnung könnte eine produktive Massenadaption schon in fünf bis zehn Jahren beginnen.

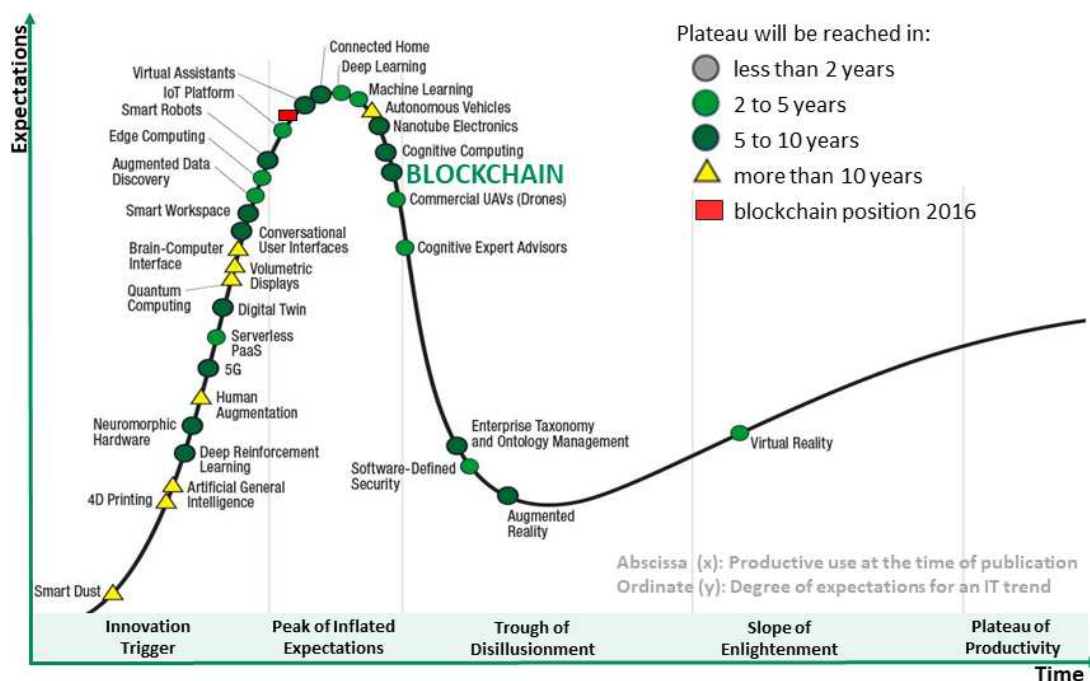


Abb. 1: Blockchain im Gartner Hype Cycle 2017

Die positiven Prognosen spiegeln sich auch in den Investitionen wider. Zwar erfolgte 2016 erstmals seit sechs Jahren eine Reduktion der weltweiten Fintech-Investments auf insgesamt 24,7 Mrd. USD (- 47,1 % gegenüber 2015), sowohl Insuretechs, mit etwa 1,2 Mrd. (+ 102 %), wie auch das Bitcoin- und Blockchain-Umfeld mit 543,6 Mio. (+ 23,3 %), verzeichneten jedoch deutliche Zuwächse[85]. Bis zum dritten Quartal 2017 kumulierten sich die Blockchain-Investitionen auf über 4,5 Mrd. USD und erreichten damit ein neues Allzeithoch[86]. Das Kapital resultiert zum einen aus steigenden Crowdfunding-Aktivitäten, und zum anderen wurden laut der Nachrichtenseite Coindesk bereits mehr als 2,1 Mrd. USD Venture-

Capital in das neue Geschäftsfeld investiert[87]. Die Majorität des Risikokapitals ist bisher in Start-ups aus den Bereichen Finanzen und Versicherungen sowie Informations- und Kommunikationstechnik geflossen. Die beiden Sektoren bieten zudem das größte Kontingent an Blockchain-Applikationen mit dem höchsten Reifegrad[78]. Neben der branchenübergreifenden Diffusion (s. Abb. 3) wird aus innovationstheoretischer Perspektive auch das sektorspezifische Potenzial der disruptiven Querschnittstechnologie deutlich. Der Anteil der Blockchain-Start-ups im Energiesektor war jedoch 2016 mit 1,1 % (13 Unternehmen) noch relativ gering[88].

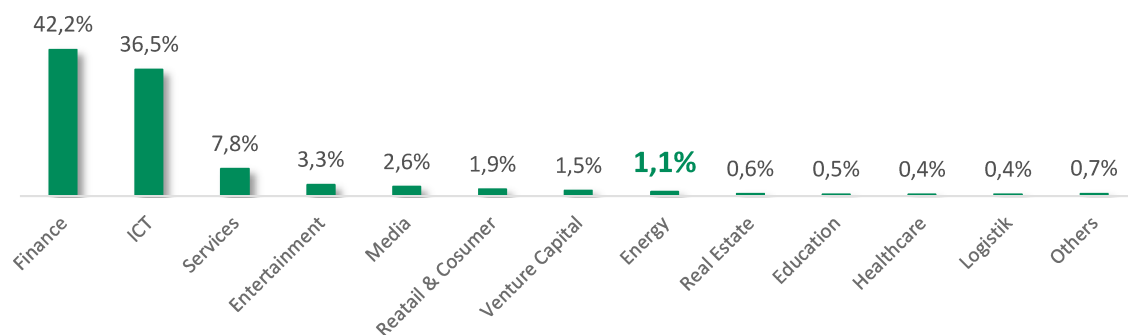


Abb. 2: Verteilung der Blockchain-Start-ups nach Branchen

Die Santander Fintech Ltd. geht in einer Studie davon aus, dass allein der Bankensektor mit einer Blockchain-Implementierung die jährlichen Infrastrukturkosten um bis zu 20 Mrd. USD senken kann[89]. Nach Schätzungen des Bankkonzerns UBS soll die Blockchain-Technologie bis 2027 einen globalen ökonomischen Mehrwert von bis zu 400 Mrd. USD generieren[90].

Auch 21 % der energiewirtschaftlichen Entscheidungsträger sehen in der Blockchain einen Game-Changer, und 60 % gehen davon aus, dass eine weite Verbreitung der Technologie in der Energiewirtschaft wahrscheinlich ist[91]. Der Stromnetzbetreiber TENNET bezeichnet sein Blockchain-Projekt als wichtigen Baustein für die Energiewende, der das Stromnetz stabilisieren und die Kosten für den Redispatch verringern kann[92]. Da die Technologie einen

direkten, vertrauenswürdigen Stromaustausch zwischen Erzeuger und Verbraucher ermöglicht[Fehler! Textmarke nicht definiert.], können zudem die Transaktionskosten gesenkt und durch den lokalen Stromhandel zwischen Prosumenten (Microgrids), die Kosten für den Netzausbau reduziert werden[93]. Laut Strücker et al. (2017) hat die Blockchain-Technologie nicht nur das Potenzial, energiewirtschaftliche Prozesse auf fast allen Wertschöpfungsstufen zu optimieren, sondern kann auch die zunehmende Komplexität in einem dezentralen, digital-vernetzten Echtzeit-Energiesystem bewältigen[25]. Die Fusion von Strom- und Datennetz führt zwar zu einer höheren Komplexität, eröffnet aber gleichzeitig Chancen für neue datengetriebene Geschäftsmodelle[94]. Die Blockchain-Technologie kann dabei u. a. die Datensicherheit gewährleisten oder den Weg des Stroms von der Erzeugung (Herkunftsnachweis) bis zum Verbrauch transparent darstellen[95].

Nach einer Studie von Greentech Media Research arbeiten zur Zeit 122 Unternehmen an Blockchain-basierten Produkten und Services für den Energiesektor, von denen bereits 40 implementiert sind und in der Praxis getestet werden[96]. Zur Finanzierung der Blockchain-Aktivitäten wurden gemäß Studie allein zwischen dem 2. Quartal 2017 und dem 1. Quartal 2018 324 Millionen USD investiert[97]. Die Blockchain-Technologie etabliert sich damit allmählich im Energiesektor und könnte vom Hype-Thema zum einem Standard in der Energiewirtschaft werden[98].

1.3 Forschungsstand und Eingrenzung des Themas

Blockchain ist eine relativ junge, in ihrer Entwicklung hoch dynamische Technologie, die zurzeit viele technische, juristische und sozioökonomische Fragen aufwirft[99]. Laut einem aktuellen Positionspapier der Fraunhofer-Gesellschaft besteht für die Blockchain noch in allen Bereichen grundlegender Forschungsbedarf[100]. Das Bitcoin-System konnte zwar mittlerweile seit über neun Jahren seine Sicherheitsfunktion unter Beweis stellen[101], jedoch hat die zunehmende Transaktionsanzahl auch Schwächen der Technologie offenbart. Bedingt durch steigende Energiekosten und Transaktionszeiten[102] [103], sind daher allgemeine Fragestellungen hinsichtlich der Performance und Skalierbarkeit zu eruieren[104].

Die dynamische Entwicklung der Blockchain hat zudem unterschiedlichste Variationen hervorgebracht, die teilweise stark von der Bitcoin-Referenzarchitektur abweichen[105]. Die Attribute dieser Systeme implizieren zahlreiche weitere Forschungsfragen, weil mit divergenten Blockchain-Typen auch differente Chancen und Herausforderungen verbunden sind[106]. Bisher existiert noch keine einheitliche Terminologie für die Blockchain-Technologie[107]. Die divergierenden wissenschaftlichen Perspektiven sowie kontextbezogenen Interpretationen haben vielmehr zu einer multiplen Verwendung des Schlagwortes beigetragen[105]. Aufgrund ihres technisch-mathematisch komplexen Wesens, werden daher im medialen Diskurs Begriffe häufig unzureichend definiert oder synonym verwendet[108]. Aus diesen Unklarheiten resultieren nicht nur Missverständnisse in Bezug auf die Einsatzpotenziale, sondern auch Hemmnisse für die juristische Aufbereitung des Themas sowie für die unternehmensspezifische Auswahl eines passenden interoperablen Blockchain-Systems[109].

Der Forschungsgegenstand wird auch zunehmend im Kontext energiewirtschaftlicher Fragestellungen wissenschaftlich untersucht. Die Energy Web Foundation (EWF) hat dabei 184 energiespezifische Blockchain-Anwendungen identifiziert und diese in 7 Schlüsselanwendungsdomänen eingeordnet[110]. Eine Dena-Umfrage unter 70 Führungskräften aus der deutschen Energiewirtschaft kommt mit etwa 200 Anwendungsfällen, die aus konzeptioneller Perspektive in Prozesse und Plattformen unterteilt sind (3 + 8 Unterkategorien), zu einem ähnlichen Ergebnis[91]. Laut HASSE et al. werden bereits zahlreiche Anwendungen für den Energiesektor entwickelt, die sich aber alle noch in der Konzept- oder Pilotprojektphase befinden[78]. Diese Anwendungen sind nach RICHARD insbesondere für neue Geschäftsfelder attraktiv (z.B. Smart Metering), da die Blockchain bei klassischen Prozessen mit etablierten IT-Systemen konkurriert und eine Substitution nicht nur Unsicherheit sondern auch Kosten impliziert[111].

In Anlehnung an ZHAO et al. können diese Unsicherheiten auch darauf zurückgeführt werden, dass zwar im Allgemeinen viele Blockchain-Entwicklungsprojekte entstehen, die Blockchain-Forschung aber noch in den Kinderschuhen steckt[112]. Ähnlich beschreiben

MENGELKAMP et al. sowohl die wissenschaftliche als auch die sektorspezifische Situation[113]: „*While academic research is still emerging, several industrial projects ... are already testing the use of blockchains as the main ICT for energy markets.*“ Denn im Energiesektor ist bereits ein reichhaltiges Ökosystem aus Energy-Start-ups entstanden das multiple Blockchain-Anwendungen offeriert, die in Kooperation mit etablierten Energieversorgern und / oder IT-Unternehmen auf ihre Praxistauglichkeit getestet werden[114].

Aufgrund der aktuellen Entwicklungen und rechtlichen Rahmenbedingungen wird das Potenzial der Blockchain-Technologie im Kontext einer dezentralen, regenerativen Stromwirtschaft analysiert. Die rechtswissenschaftliche Bewertung der Blockchain-Technologie ist kein Bestandteil der vorliegenden Arbeit, da sich fachgerecht bereits die Exekutivorgane und Rechtswissenschaften intensiv mit der Bitcoin- und Blockchain-Thematik auseinandersetzen. Die Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht (BaFin) verortet Bitcoins seit 2013 „*rechtlich verbindlich als Finanzinstrumente in der Form von Rechnungseinheiten gemäß § 1 ... Kreditwesengesetz (KWG)*“[115].

Die Juristen WRIGHT und DE FILIPPI argumentieren, dass die Einführung der Blockchain eine neue Teilmenge von Gesetzen hervorbringen wird[116]. BÖHME und PESCH diskutieren Lösungsansätze im Kontext datenschutzrechtlicher Herausforderungen[117| 118], die aus energiewirtschaftlicher Perspektive vor allem die Smart-Meter-Kommunikation betreffen werden.

Die unterschiedliche, aber auch regelmäßig synonyme Gebrauchsweise des Blockchain-Begriffes erfordert insbesondere eine kritische Auseinandersetzung mit Literatur, welche das Forschungsobjekt definiert, differenziert und kategorisiert. Um ein grundlegendes Verständnis für die Implikationen und Applikationspotenziale zu schaffen, müssen zudem auch Kenntnisse über technische Spezifikationen vermittelt werden[109].

Eine präzise, ausführliche Deskription des Bitcoin liefern bereits die Standardwerke von NAKAMOTO[119], ANTONOPOLOUS[120] oder FRANCO[121] sowie in deutscher Sprache von PLATZER[122] oder SIXT[12]. Die Beschreibung des Blockchain-Archetyps

beschränkt sich daher auf die zentralen Komponenten sowie deren Funktionsweisen, über die eine Differenzierung der Blockchain-Variationen erfolgen kann und die eine Präzisierung der jeweiligen systemimmanenten Chancen resp. Herausforderungen ermöglichen.

1.4 Forschungsfrage, Forschungsziel und Aufbau der Arbeit

Durch die Genese der Forschungsfrage wird das Untersuchungsphänomen determiniert[123], da eine vollständige Beschreibung des Untersuchungsgegenstandes weder sinnvoll noch möglich ist[124]. Der Titel der Arbeit „*Blockchain-Technologie in der Energiewirtschaft: Terminologie, technische Grundlagen, Implikationen und Applikationspotenziale*“ impliziert bereits die forschungsleitende Fragestellung, welche jedoch unter Berücksichtigung der wissenschaftlichen Zielsetzung noch zu konkretisieren ist[125]. Die leitende Forschungsfrage lautet:

- Welche energiewirtschaftlichen Implikationen und Applikationspotenziale resultieren aus der Blockchain-Technologie?

Nach SCHWEITZER ist die exakte Beschreibung des Forschungsgegenstandes eine grundlegende Aufgabe in jeder Wissenschaft[126]. Mit der Bildung relevanter Begrifflichkeiten sowie deren präzise inhaltliche Deskription und Typologisierung (Begriffssystem) erfolgt die Umsetzung des essentialistischen Wissenschaftsziels (Begriffslehre)[127]. In Kapitel 2 wird daher ein Begriffssystem erstellt und in den energiewirtschaftlichen Kontext überführt. Neben der Klärung terminologisch-technischer Grundlagen, können damit auch die folgende Sub-Fragen beantwortet werden, die essentiell zur Beantwortung der Leitfrage sind:

- Was ist generell unter Blockchain-Technologie(n) zu verstehen, welche Systemarchitektur ist für die jeweiligen Marktrollen resp. Akteure auf dem Strommarkt geeignet, und wie können damit im Rahmen energiewirtschaftlicher Wertschöpfungsprozesse sowohl sichere als auch effiziente Transaktionen erfolgen?

Systemischer Wandel führt zu Innovation, weil Unternehmen sich an das neue System anpassen müssen, um weiterhin erfolgreich zu sein[128]. Laut einer Borderstep-Studie werden zwar 74 % der inkrementellen Innovationen von tradierten Unternehmen alleine (64 %) oder gemeinsam mit Start-ups (10 %) auf den Markt gebracht, jedoch radikale Innovationen zu 67 % entweder exklusive von Start-ups (55 %) oder in Kooperation mit etablierten Playern (12 %) am Markt eingeführt[129]. In Bezug auf die Implikationen und Applikationspotenziale stellen sich daher die folgenden Sub-Fragen:

- Welche Rolle spielen Blockchain-Start-ups für den Energiesektor und unter welchen Bedingungen können die Produkte und Services dieser Start-ups, die energiewirtschaftliche Wertschöpfungskette revolutionieren resp. einzelne Stufen (partiell) eliminieren?

Die quantitative Erfassung (Kap. 3) und Analyse (Kap. 4) des stromwirtschaftlichen Blockchain-Startup-Umfeldes ermöglicht zum einen das Messen der Implikationen resp. der Applikationspotenziale im Stromsektor, und zum anderen soll damit eine bestehende Forschungslücke geschlossen werden. Aufbauend auf den Analyseergebnissen können dann im fünften Kapitel anhand eines Blockchain-Use-Case die Potenziale und Herausforderungen aufgezeigt sowie Handlungsempfehlungen abgeleitet werden. Das sechste und letzte Kapitel enthält neben der kritischen Zusammenfassung der Ergebnisse auch die obligatorischen Prognosen und Forschungsdesiderate.

2 Terminologische und technische Grundlagen

Wissenschaftliches Arbeiten erfordert Exaktheit und Eindeutigkeit, um potenzielle Fehlinterpretationen zu vermeiden[130]. In den Wissenschaften sind daher Fachsprachen üblich, die sich durch spezifische Terminologien von trivialer Alltagssprache unterscheiden. Innerhalb der Forschungsdisziplinen soll damit eine unmissverständliche Kommunikation realisiert werden[131]. Im Rahmen der terminologisch-deskriptiven Forschungsaktivitäten ist dementsprechend ein wertneutrales interdisziplinäres Begriffssystem zu konstruieren, das eine präzise Beschreibung und Abgrenzung des Forschungsobjektes ermöglicht[Fehler! Textmarke nicht definiert.].

Repräsentative Elemente eines terminologischen Systems sind definierte Fachwörter, die sich inhaltlich dem höchsten Grad begrifflicher Abstraktion nähern[132]. Im wissenschaftlichen Diskurs ist die Semantik des Terminus „Blockchain“ jedoch umstritten und noch weitgehend ungeklärt[Fehler! Textmarke nicht definiert.| 133| 134| 135| 136]. Heterogene, dynamische Bezugssysteme und der Mangel an einheitlicher Nomenklatur haben zu einer Ambiguität des Terminus „Blockchain“ geführt[137], der zudem regelmäßig mit den Begriffen „Distributed Ledger“ und /oder „Shared Ledger“ synonym verwendet wird[133| 138| 139].

2.1 Der Begriff Blockchain aus etymologischer Perspektive

Der Begriff „Blockchain“ ist eine spezifische Komposition aus den Lexemen „*block*“ und „*chain*“[140| 141], deren ursprüngliche Bedeutungsinhalte auf das Whitepaper „*Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*“ zurückzuführen sind[142| 143]. Der von NAKMOTO am 31. Oktober 2008⁵ publizierte Forschungsbeitrag beschreibt die techno-ökonomischen Grundlagen des elektronischen Zahlungssystems „Bitcoin“ und dessen homonyme Rechen-einheit[144| 145]. Obwohl in der neunseitigen Publikation die Wortstämme „*block*“ 67- und

⁵ In zahlreichen Publikationen wird auch der 01.11.2008 als Veröffentlichungsdatum angegeben. Die initiale E-Mail mit dem Download-Link zur Publikation wurde über „*The Cryptography and Cryptography Policy Mailing List*“ verteilt, auf der die einsehbare E-Mail die Daten „Fri Oct 31 14:10:00 EDT 2008“ enthält.

„chain“ 27-mal erscheinen, taucht der Begriff „Blockchain“ kein einziges mal auf. Ausschließlich die Satzkonstituente „blocks are chained“ entspricht der syntagmatischen Ordnung des unverbundenen Terminus[142| 146]. Daher haben sich in der Literatur unterschiedliche Schreibweisen (Block Chain, Block-Chain, Blockchain u. a.) entwickelt[147]. In schriftlicher Form wurde der Begriff erstmalig am 8. November 2008,⁶ in einer E-Mail des Kryptographie-Experten Hal Finney[148] an Nakamoto, als „spaced compound noun“⁷ verwendet[149]:

„In particular I don't understand exactly ... it is mentioned that if a broadcast transaction does not reach all nodes, it is OK, as it will get into the block chain before long. How does this happen ...” [150]

Der einen Tag später veröffentlichte Bitcoin-Client v.0.1.0 enthält in den Quellcode-Kommentaren ebenfalls das getrennte Kompositum[151], welches Nakamoto in gleicher Weise in Forenbeiträgen nutzte und das von der Bitcoin-Community adaptiert wurde[152| 147]. Im Rahmen des Medienhypes ist der Begriff jedoch vornehmlich als „closed compound noun“ in Erscheinung getreten und hat sich über die Zeit auch in der wissenschaftlichen Literatur als gebräuchlichste Schreibweise etabliert[153| 292].

Im Deutschen ist die Diktion aufgrund der grammatikalischen Regeln eindeutig, da zusammengesetzte Substantive, aus denen ein neues Wort entsteht grundsätzlich zusammenschreiben sind[154]. Zwar können international standardisierte Fachbegriffe von der deutschen Schreibweise abweichen, jedoch verwenden bereits auf dem Weg zur Normung die International Organization for Standardization (ISO)⁸ und das Deutsche Institut für Normung (DIN)⁹ den Terminus in Form des geschlossenen Kompositum[155| 156| 157| 158]. Der Be-

⁶ Ergebnis der Literatur- und Internetrecherche: Quellen, in denen der Terminus vor dem 08.11.2008 erscheint konnten nicht ermittelt werden.

⁷ Die englische Grammatik differenziert solid/closed (airfield), hyphenated (grown-up) und spaced/open (ice cream) compound nouns.

⁸ ISO/TC 307: „Blockchain and distributed ledger technologies.“

⁹ DIN SPEC 16597:2018-02: Titel (D): „Terminologie für Blockchains“; (E): „Terminology for blockchains.“

griff „Blockchain“ hat sich damit als de-facto-Standard etabliert[147], und wird auch im vorliegenden Forschungsbeitrag als die einzig korrekte Schreibweise angesehen.

2.2 Die inhaltliche Bedeutung des Begriffs Blockchain

„Blockchain is the tech. Bitcoin is merely the first mainstream manifestation of its potential.“

Marc Kenigsberg

Aufgrund der noch relativ frühen und hoch dynamischen Entwicklungsphase, hat sich bisher keine einheitliche Definition für den Begriff Blockchain in der wissenschaftlichen Literatur etabliert[15| 107| 138| 159].

Gemäß HILLEMANN & RAUCHS' „engst möglicher“ Definition ist die Blockchain eine spezielle Datenstruktur aus Transaktionen, die in kryptographisch miteinander verknüpfte Blöcke aufgeteilt sind, um eine sequentielle manipulationssichere Kette zu bilden, welche die Reihenfolge der Transaktionen im System bestimmt. Dabei repräsentiert eine Transaktion jede Änderung oder Modifikation der Datenbank[15]. Eine „enge“ Definition impliziert, dass der Blockchain-Begriff auch weitläufiger Verwendung findet. Nach JUDMAYER et al. wird die Bezeichnung Blockchain als nebulöser Oberbegriff genutzt[147]. Daher ist es laut BURGWINDEL, für ein grundlegendes Verständnis zunächst sinnvoll, die folgenden Verwendungsarten des Blockchain-Begriffes zu differenzieren[105]:

Tabelle 1: Differenzierung der Blockchain-Perspektiven

Blockchain als...	Content
technisches Konzept	Infrastruktur, mathematische Methoden und kryptographische Verfahren (Netzwerk, Privat-/Public-Key-Verfahren, Konsensalgorithmus, ...)
Software	Programmcode zur Durchführung der Methoden und Verfahren
Plattform	Nutzt die Software und wird im Internet als Dienst betrieben
Anwendung	Use Case der mit Hilfe der Software auf einer Plattform betrieben wird (Digitale Identität, Zahlungen, eHealth, eVotum, Smart Contracts, ...)
-a-Service	Software und Dienste die in der Cloud zur Verfügung gestellt werden (Microsoft Azure, IBM Bluemix, ...)

Nach WALPORT ist die Blockchain eine spezielle Datenbank, die eine Anzahl von Datensätzen aufnimmt, in einem Block ablegt und diesen über eine kryptographische Signatur an den nächsten Block ankettet. Zudem grenzt WALPORT die Blockchain von Distributed Ledger Technologien (DLT) ab, bei denen Datensätze nicht in Blöcken, sondern nacheinander in einer kontinuierlichen Liste (Ledger) gespeichert werden[106].

Laut WORLD BANK GROUP ist die Blockchain eine bestimmte Art von Datenstruktur, welche in einigen Distributed Ledgers verwendet wird und Daten in sogenannten Blöcken speichert resp. überträgt, die in einer digitalen Kette miteinander verbunden sind. Dabei kommen kryptographische und algorithmische Methoden zum Einsatz, um Daten unveränderbar über ein Netzwerk aufzuzeichnen und zu synchronisieren[160]. Aus den Definitionen geht hervor, dass nicht bei allen Distributed Ledgers die Datenspeicherung in Blöcken erfolgt.

Nach LIESENJOHANN ist der Distributed Ledger eine verteilte Datenbank, die mit einer Logik versehen ist, wodurch aus der reinen Datenbank ein Bestandsbuch wird und die Blockchain eine mögliche Form darstellt, den „...*Distributed Ledger zu organisieren und zu implementieren*“[161]. Somit kann die Blockchain als eine spezifische Art des Distributed Ledgers angesehen werden, weshalb zwischen den Begriffen DLT und Blockchain ein Unterschied besteht, und die Begriffe, im Sinne terminologischer Klarheit, nicht synonym verwendet werden dürfen.

MATILLA beschreibt die Blockchain als eine dem BTC zugrundeliegende Technologiekomponente, die aus kryptographisch miteinander verketteten Datenblöcken besteht und daher nichts anderes als eine bloße Datenstruktur mit verteilter Multiversionen-Gleichzeitigkeitskontrolle ist[107].

Laut CONDOS et al. ist die Blockchain ein stetig wachsendes digitales Transaktionsregister, das eine kontinuierliche Kette aus Blöcken darstellt, in der jeder Block eine variable Menge von Transaktionsdaten enthält und deren Administration über ein verteiltes Computernetzwerk erfolgt[162].

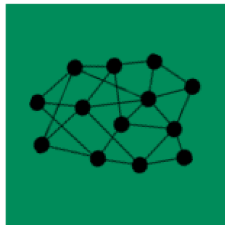
CROSBY et al. definieren eine Blockchain als verteilte Datenbank von Datensätzen aller Transaktionen (Register), die zwischen den beteiligten Parteien ausgeführt und geteilt wurden. Jede Transaktion in diesem öffentlichen Register wird durch Mehrheitskonsens der Systemteilnehmer verifiziert[163]. Aus den Definitionen wird ersichtlich, dass ein Unterschied zwischen der Blockchain als verteilte Datenstruktur und der Blockchain als verteiltes Administrationssystem besteht[Fehler! Textmarke nicht definiert.].

In Bezug auf die Gemeinsamkeiten der bisherigen Blockchain-Definitionen wird die Blockchain in dem vorliegenden Forschungsbeitrag als eine spezielle dezentrale Datenbankstruktur bezeichnet, bei der Datensätze in Blöcke zusammengefasst und kryptographisch miteinander verknüpft werden. Die Blockchain und das zu ihrer Erstellung, Validierung und Speicherung notwendige Administrationssystem (Rechnernetzwerk) werden als Blockchain-System bezeichnet[164|165| 166]. Ein wesentlicher Aspekt zur Beschreibung eines solchen komplexen, technischen Systems ist laut BIRKENHOFER und WAELDELE die „*Eigenschaftstheorie*“, weil jedes technische System durch seine Eigenschaften beschrieben oder identifiziert werden kann[167| 168].

Zudem erfordern nach DAVIDSON alle wissenschaftlich-konstruktiven Klassifizierungsschemata die Kategorisierung von Entitäten nach ihren wesentlichen Funktionen und Eigenschaften[169]. SILLITTO et al. definieren ein System als ein komplexes Ganzes, dessen Eigenschaften auf die Beziehungen zwischen seinen Bestandteilen und auf die Teile selbst zurückzuführen sind[170]. Daher ist es sinnvoll, dass Blockchain-System anhand seiner wesentlichen Komponenten, deren Funktionalitäten, im Einzelnen sowie im Ganzen, und den daraus resultierenden Eigenschaften zu beschreiben. Dazu wird die intensionale Definitionsmethode (Inhaltsdefinition) verwendet, bei der gemäß DIN 2342, „*ausgehend von dem Oberbegriff die einschränkenden Merkmale angegeben werden, die den zu definierenden Begriff von anderen Begriffen derselben Abstraktionsstufe unterscheiden*“[171].

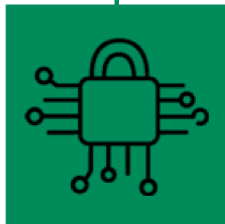
2.3 Generische Komponenten eines Blockchain-Systems

Die Systemarchitektur eines Blockchain-System basiert im Allgemeinen auf fünf Schlüsselkomponenten[15], die als hyperonyme Einheiten anzusehen sind und in der folgenden Abbildung kurz erläutert werden (s. Abb. 3)[15| 172| 173].



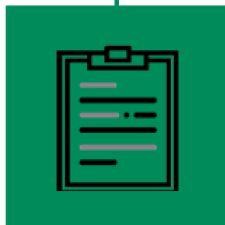
COMPUTER NETWORK

Zugrundeliegendes Netzwerk aus $2 + n$ -Netzwerkknoten, die zur Knoten-Erkennung und gemeinsamen Nutzung von Daten kommunizieren.



CRYPTOGRAPHY

Verwendung unterschiedlichster kryptographischer Techniken wie Public-Key-Verschlüsselung, Merkle-Tree oder Hashfunktion, zur Verknüpfung von Blöcken und zur Authentifizierung.



LEDGER

Liste der Datensätze, die in kryptographisch miteinander verbundenen Blöcken gebündelt sind und die von den Netzwerkknoten verwaltet wird.



CONSENSUS MECHANISM

Algorithmus, der in einem kontradiktorischen Umfeld festlegt, welche Transaktionen in den Ledger aufgenommen werden sollen, d. h. unter der Annahme, dass nicht alle Knoten ehrlich sind.



VALIDITY RULES

Netzwerkprozesse basieren auf einem gemeinsamen Regelwerk, das festlegt, wie der Ledger aktualisiert wird oder welche Transaktionen gültig sind.

Abb. 3: Hyperonyme Einheiten generischer Blockchain-Komponenten

Die wesentlichen Bestandteile eines Blockchain-Systems können mittels unterschiedlicher Konzepte und Methoden realisiert werden[105], weshalb eine weitere Untergliederung notwendig ist, da die jeweiligen Ausprägungen, das Wesen eines Blockchain-Systems maßgeblich beeinflussen können[17]. Daher ist zu prüfen, ob die dem Archetyp unterstellten Eigenschaften (s. Tab. 2)[17 |104| 174| 175| 176| 177] auch auf modifizierte Typen resp. auch heute noch auf das emergente¹⁰ Bitcoin-System zutreffen[120| 178].

Tabelle 2: Die propagierten Schlüsseleigenschaften des Bitcoin-Systems

Schlüsselattribute	Beschreibung
Dezentralität	Jeder Rechnerknoten des verteilten Netzwerkes, der die Referenzsoftware „Bitcoin-Core“ installiert hat, besitzt eine vollständige, identische Kopie der Blockchain, die mit jedem neuen Block aktualisiert wird. Zudem kann jeder Knoten Transaktionsdaten verifizieren. Das System wird nicht durch eine zentrale Instanz, sondern durch alle Teilnehmer kontrolliert. Daher gibt es keinen „ <i>Single Point of Failure and Vulnerability</i> “.
Anonymität	Die Identität der Teilnehmer wird durch eine Bitcoin-Adresse repräsentiert, welche aus 27 – 34 alphanumerischen Zeichen besteht. Unterschiedliche Adressen können (sollten) beliebig oft und kostenfrei erstellt werden. Die Adresse ist nicht mit einer Person resp. Entität verknüpft.
Transparenz	Alle in der Bitcoin-Blockchain gespeicherten Transaktionsdaten sind für jeden frei zugänglich und einsehbar. Es ist nachvollziehbar, in welcher Höhe und zwischen welchen Adressen Transaktionen stattgefunden haben.
Irreversibilität	Sobald ein Block mit der Blockchain verkettet und auf den Knoten aktualisiert ist, können gemäß dem Bitcoin-Regelwerk die Transaktionen nicht mehr geändert oder gelöscht werden, solange sich die einfache Mehrheit (51 %) aus ehrlichen Knoten zusammensetzt. Die Knoten werden mittels ökonomischen Anreizen doppelt motiviert, zu verifizieren anstatt zu manipulieren, da die Erstellung von Blöcken mit BTCs belohnt wird.
Heterogenität	Die Bitcoin-Skriptsprache ermöglicht mittels Prädikatenlogik generische Transaktionen und Kalkulationen. Daher kann ein Blockchain-System nicht nur Transaktionen, sondern auch Vertragsbedingungen und Prozesse abbilden, wodurch die Transaktionen über eine Berechnungslogik und ein definiertes Regelwerk (intelligenter Vertrag) automatisch ausgeführt werden können.

¹⁰ Laut ANTONOPOLOUS besitzt das Bitcoin-System emergente Eigenschaften. Mit Emergenz werden im luhmannschen Strukturfunktionalismus Eigenschaften oder Strukturen eines Systems bezeichnet, die aus dem Zusammenwirken der einzelnen Elemente resultieren. Dabei können sich spontan Eigenschaften herausbilden, die weder vorhersehbar noch erwünscht sind.

Zudem sind aufgrund der technischen Komplexität des Blockchain-Systems Kenntnisse auf den Gebieten Computernetzwerke und Kryptographie erforderlich. In den kommenden Unterkapiteln wird daher das notwendige Grundlagenwissen vermittelt und über die einzelnen Komponenten, deren Ausprägungen und Funktionalitäten diskutiert.

2.3.1 Netzwerktopologie

TANNENBAUM beschreibt ein Computernetzwerk als einen Zusammenschluss von mindestens zwei autonomen Computern, die über bestimmte Technologien miteinander verbunden sind und erst dann als verbunden gelten, wenn sie Informationen austauschen können[179]. Aus Perspektive der Informationsübertragung können Computernetzwerke in zentralisierte (Stern-), dezentralisierte (Baum-) und verteilte (vermaschte-) Netzwerke untergliedert werden(s. Abb. 4)[180].

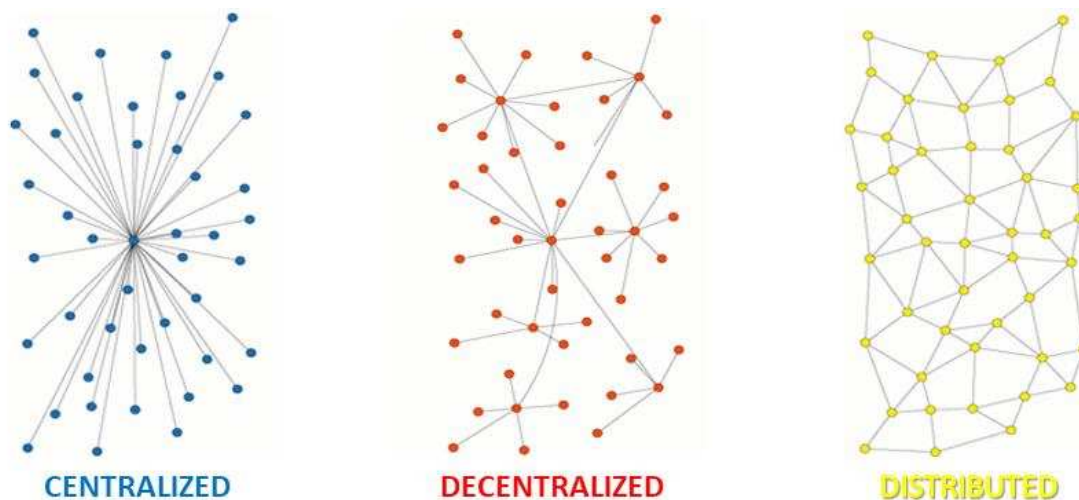


Abb. 4: Netzwerktopologie nach Baran

In einem zentralisierten Netzwerk sind alle Knoten (Computer) über einen zentralen Knotenpunkt (Hub) miteinander verbunden. Daher müssen auch alle Informationen (Daten) zuerst an den Hub gesendet werden, der die Daten dann an den Zielknoten weiterleiten kann[181]. Ein typisches Beispiel für die Sternstruktur ist das klassische Client-Server-Modell, dessen Vorteile u. a. in der zentralen Datenverwaltung (Redundanzfreiheit) und Zugriffskontrolle (Sicherheit) gesehen werden. Der wesentliche Schwachpunkt des Systems ist aber das hohe

Ausfallrisiko durch den „Single Point of Failure“ (Server)[182]. Bei einem dezentralen Baumnetzwerk beeinträchtigt der Ausfall eines dysfunktionalen Zentralknotens (Server) zwar nicht die komplette Netzkommunikation, jedoch sind auch alle damit verlinkten Sub-Knoten vom Gesamtsystem abgeschnitten. Ein verteiltes Netzwerk löst dieses Problem, weil jeder Knoten mit möglichst vielen Nachbarknoten verbunden ist und dadurch multiple Routen für die Datenübertragung zur Verfügung stehen[181]. Wenn in einem verteilten Netzwerk alle Knoten (Peers) gleichberechtigt und jeder Peer sowohl Client als auch Server sein kann, dann wird von einem Peer-to-Peer (P2P) Netzwerk gesprochen[183]. Eines der bekanntesten P2P-Beispiele ist die ursprüngliche Internet-Architektur (ARPANET), welche als Overlay-Netz auf dem Telefonnetz (Underlay) aufbaute und sämtliche Knoten als gleichberechtigte „Computing Peers“ verbunden hat[184]. Im Rahmen der IP-Telefonie fungiert heute das Internet als „Underlay-Netz[185]. Auch das Bitcoin-System ist ein P2P-Overlay, welches das Internet als „Infrastructure Layer“ nutzt (s. Abb. 5)[186 |187| 188| 189].



Abb. 5: Vereinfachte Darstellung des Blockchain-Protokoll-Stack

Das Internet ist die kommunikationstechnische Basis des Bitcoin-Blockchain-Systems. So wie bei nahezu allen mit dem Internet verbundenen Entitäten regelt die TCP / IP- (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) Protokollfamilie auch die Kommunikation

zwischen den Knoten im Bitcoin-Netzwerk[190| 191]. Denn der Protocol Stack definiert wie Daten paketiert, adressiert, übertragen, geroutet und empfangen werden sollen[188]. Über das physische P2P-Netzwerk werden auf Ebene des Protocol-Layers, die Blockchain-Protokolle ausgeführt. Die Protokolle definieren dabei verbindliche Regeln, wie Transaktionen im Netzwerk durchzuführen sind[192].

Im Grunde sind BTC-Transaktionen mit E-Mail-Nachrichten vergleichbar, die kryptographisch signiert und zur Verifizierung resp. Validierung an die Netzknoten gesendet werden[193]. Um der Blockchain einen neuen Block hinzuzufügen, müssen spezifische Knoten (Mining Nodes) eine mathematische Berechnung durchführen. Der Knoten, der als erstes die Berechnung (Arbeitsnachweis) durchgeführt hat, verteilt sowohl die Lösung als auch den Block an alle anderen Knoten. Während der Arbeitsnachweis („Proof of Work“) für den Mining-Knoten relativ zeit- und rechenintensiv ist, kann die Verifizierung durch die anderen Netzwerkknoten schnell und unkompliziert erfolgen[194].

Auf der Anwendungsschicht ist der BTC eine Applikation, die den Zahlungstransfer über das Internet ohne Banken ermöglicht[186], und durch andere Anwendungen, die auf dem Austausch von Informationen basieren, ersetzt werden kann (s. Tab. 1, S. 16)[105]. Auf der Ebene der User Experience könnte ein Blockchain-System im Rahmen der zunehmenden digitalen Vernetzung und Integration von IKT in Alltagsgegenstände (Internet of Things) den zuverlässigen automatisierten Datenaustausch sowohl bei der Mensch-zu-Maschine- (H2M) als auch bei der Maschine-zu-Maschine- (M2M) Kommunikation¹¹ sicherstellen[195|196].

2.3.2 Knotentypologie und Knotenfunktionalität am Beispiel des Bitcoin

Im Bitcoin-Netzwerk können unterschiedlichste Geräte (Server, PC, Smartphone) als gleichberechtigte Netzwerkknoten fungieren, die jedoch in Abhängigkeit von ihrer Funktionalität abweichende Rollen einnehmen (s. Abb. 6, S. 24)[120| 197| 198| 199| 200]. In Bezug auf die

¹¹ Die Kommunikation zwischen Mensch und Maschine wird im englischen Sprachraum als human-to-machine- (H2M), umgekehrt als machine-to-human- (M2H) und zwischen Maschine und Maschine als machine-to-machine- (M2M) communication bezeichnet. In der Arbeit werden die englischen Abkürzungen verwendet.

angebotenen Dienste eines Bitcoin-Knoten können im Wesentlichen die vier Grundtypen Mining Node, Blockchain Node, Edge Node und Lightweight Node differenziert werden[201]. Jeder Teilnehmer, der die Referenzsoftware „Bitcoin Core Client“ (Satoshi Client) auf seinem Gerät installiert hat, verfügt standardmäßig über eine Network-Routing-Funktion (**N**), eine komplette Kopie der Blockchain (**B**), eine Mining-Funktion (**M**) und eine Wallet (**W**), mit denen der Knoten alle Funktionen resp. Dienste im Netzwerk ausführen kann[120].

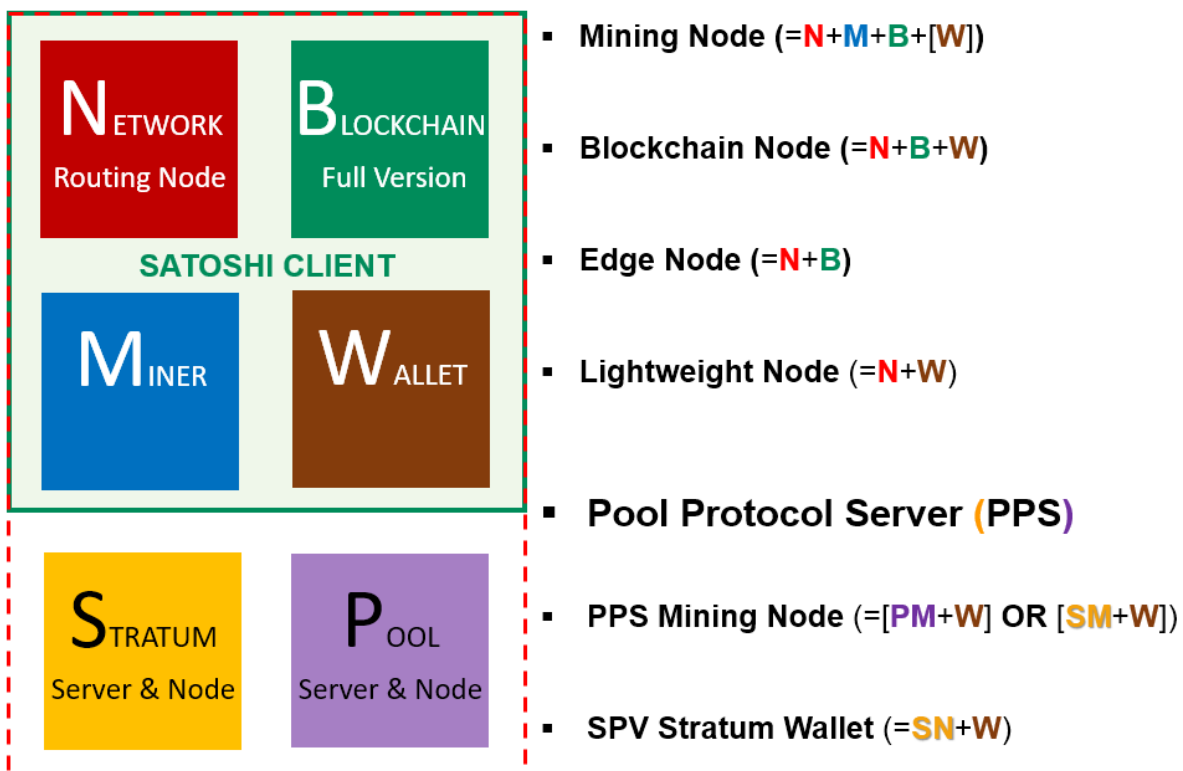


Abb. 6: Knoten-Topologie im erweiterten Bitcoin-Netzwerk

Neben dem Bitcoin-Blockchain-Protokoll existieren noch weitere Protokolle (z. B. Stratum), die für Pool Mining Nodes oder für Lightweight Clients¹² verwendet werden. Diese zusätzlichen Protokolle stellen Gateway Routing Server (Stratum Server) bereit, welche über das Bitcoin-P2P-Protokoll auf das Bitcoin-Netzwerk zugreifen[120]. Ein Knoten im Bitcoin-

¹² Lightweight Clients verwenden u.a. die Simplified Payment Verification (SPV) Methode zur Überprüfung, ob bestimmte Transaktionen in einem Block enthalten sind, ohne den gesamten Block herunterzuladen.

Netzwerk muss zwar nicht jeden Dienst anbieten, jedoch müssen alle Knotentypen eine Routing-Funktion enthalten[202]. Damit können zum einen Knotenverbindungen ermittelt resp. verwaltet und zum anderen Transaktionen sowie Blöcke verifiziert und weitergeleitet werden[199].

Jeder Bitcoin-Knoten, der über eine vollständige und aktuelle Kopie der Blockchain verfügt, wird als „Full Node“ (Blockchain, Edge und Mining Nodes) bezeichnet[120]. Während die Full Nodes den Backbone des Bitcoin-Netzwerkes bilden[203], dienen Lightweight Nodes der Benutzerfreundlichkeit und können z. B. auch auf mobilen Endgeräten genutzt werden[204]. Mit einer Größe von zur Zeit¹³ 190,94 GB ist die Blockchain nicht mehr für jedes Gerät geeignet[205]. Zudem ist im Idealfall bei der in Deutschland durchschnittlichen Downloadgeschwindigkeit von 15,3 Mbit/s [206], mit einer Blockchain-Downloadzeit von knapp 28 Stunden zu rechnen.¹⁴

Full Nodes können Transaktionen ohne externe Referenz autonom und autorisierend verifizieren[120]. Lightweight Nodes hingegen nutzen die „Simplified Payment Verification“ (SPV) Methode. Der SPV-Client verwendet dabei nur eine Teilmenge (Block Header) der Transaktionsdaten aus der Blockchain, die von i. d. R. vier zufällig ausgewählten Full Nodes bereitgestellt werden[122| 207]. Die SPV-Clients bieten daher eine geringere Sicherheit, weil diese darauf vertrauen müssen, dass die Daten der ausgewählten Full Nodes korrekt sind.

Edge Nodes (N+B) werden häufig von Unternehmen betrieben, um eine Schnittstelle zum Bitcoin-Netzwerk herzustellen, wobei der Knoten keine Wallet (Zahlungsverkehrsfunktion) und Mining-Funktion benötigt, da er als Netzwerkrouter fungiert, um weitere Services wie beispielsweise Bitcoin-Börsen oder „Merchant Payment Processing“ -Dienste zu realisieren[120].

¹³ Stand: 26.03.2018

¹⁴ Weil die Blockchain über die anderen Knoten heruntergeladen wird, ist laut Antonopoulos i.d.R. von wesentlich längeren Downloadzeiten auszugehen.

Der Satoshi Client ist auf mindestens 12.000 Knoten¹⁵ im Bitcoin-Netzwerk installiert[208|209], von denen aber nur ein kleiner Prozentsatz die Mining-Funktion ausführt[120]. Zudem besitzen ca. 2 % der „Bitcoin-Miner“ knapp 75 % der gesamten Mining-Rechenleistung (hash rate)[210]. Blockchain Nodes (**N+B+W**) verzichten im Gegensatz zu Mining Nodes (**N+M+B+[W]**)¹⁶ auf das kostenintensive Mining, verwenden aber eine vollständige Version der Blockchain und nehmen mit ihrem Wallet am Zahlungsverkehr teil[120]. Da ausschließlich Full Nodes umfänglich überprüfen können, ob eine Transaktion oder ein Block gegen die Konsensregeln verstößt, leisten diese einen maßgeblichen Beitrag zur Systemsicherheit[211].

Die Bitcoin-Wallet-Funktion (**W**) ist im Grunde ein Coin-Management-Software-Tool[212], das beliebig viele Schlüsselpaare resp. BTC-Adressen generiert und verwaltet sowie die Durchführung von BTC-Transaktionen ermöglicht[122] **Fehler! Textmarke nicht definiert.**[213]. Die BTC-Adresse ist mit einer E-Mail-Adresse vergleichbar, an die BTCs transferiert werden können[214]. Die kumulierten Werte der Adressen repräsentieren dabei das verfügbare Bitcoin-Guthaben und sind für jeden in der Blockchain einsehbar[122]. Bei Bitcoin wird das bekannte Public-Key-Verfahren (digitale Signatur) zur asymmetrischen Verschlüsselung der Transaktionen angewendet[12]. Mit der Wallet kann ein kryptographischer privater Schlüssel erzeugt werden (Hash-Funktion), den kryptographische Algorithmen in einen öffentlichen Schlüssel transformieren, der wiederum durch Zeichenkodierung in eine öffentliche Adresse umgewandelt wird (s. Bsp. Abb. 7, S. 27)[215]. Im Vergleich mit dem tradierten Zahlungsverkehr symbolisiert der private Schlüssel die PIN- resp. TAN-Nummer, durch die ausschließlich der Besitzer des privaten Schlüssels Verfügungsgewalt über seine BTCs hat. Der öffentliche Schlüssel verkörpert die IBAN, aber auch die darunter getätigten Transaktionen und das daraus berechenbare Guthaben, die jeder mit einem Hexeditor über

¹⁵ Die Anzahl bezieht sich ausschließlich auf Responding Nodes, d. h. auf Knoten mit einem offenen Port, die auf Verbindungsanfragen antworten. Diese Nodes stellen auch den Download der Blockchain zu Verfügung. Reliable Daten über die Anzahl geschlossener Ports liegen nicht vor, jedoch wird bei Vermutungen mit mehreren Tausend spekuliert.

¹⁶ Mining Knoten die exklusive Mining betreiben und keine Wallet Funktion verwenden, bezeichnet Antonopoulos als Solo Mining Nodes.

die öffentliche Adresse in der Blockchain identifizieren kann [216] 217] 218].

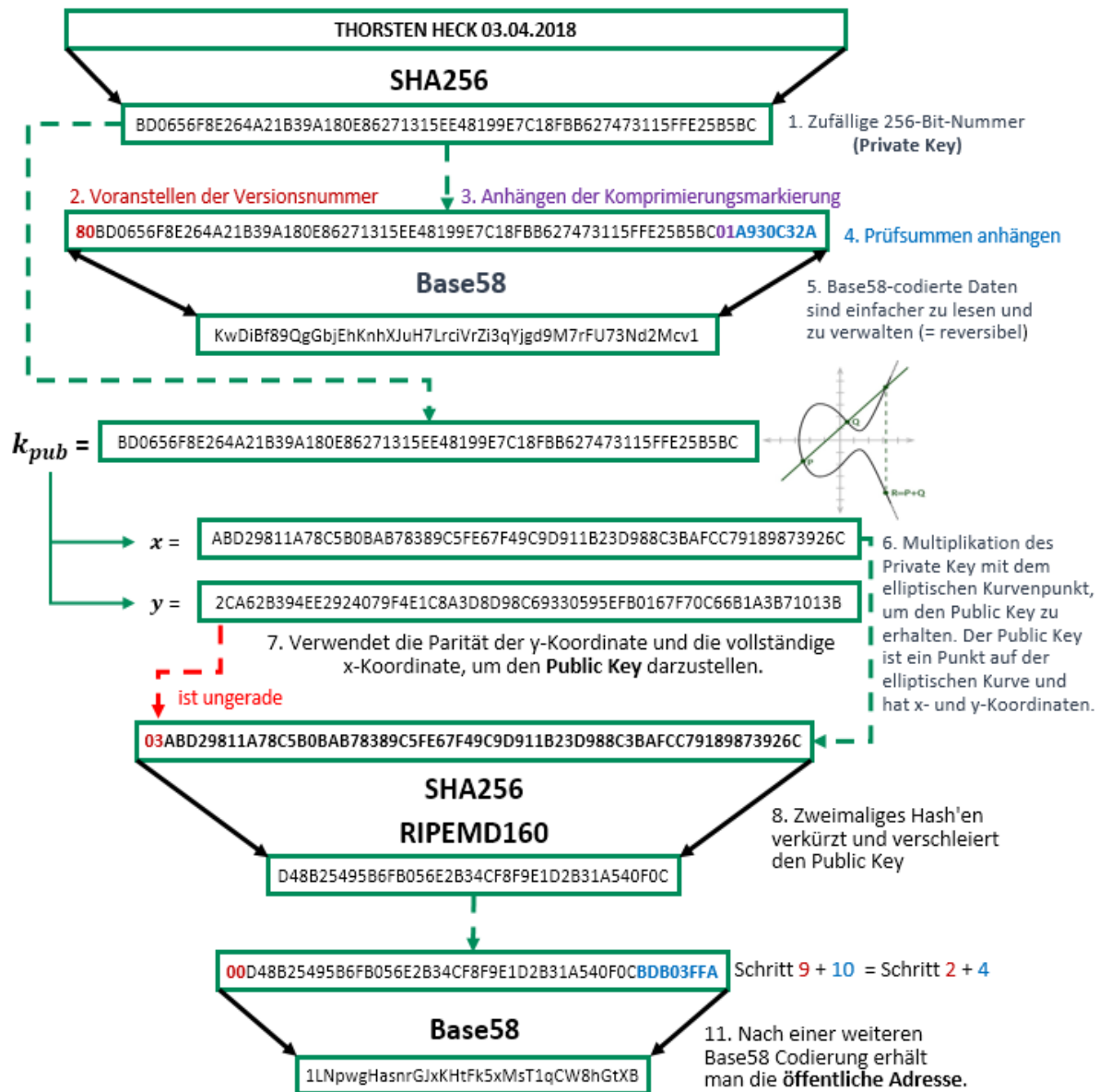


Abb. 7: Beispiel: Generierung privater sowie öffentlicher Schlüssel und Adresse¹⁷

Um eine Transaktion durchzuführen muss der Absender zum einen Transaktionsoutputs (s. Abb. 8, S. 29) erstellen[219], welche die Empfängeradresse und den Überweisungsbetrag

¹⁷ SHA: Secure Hash Algorithm.
 RIPEMD: RACE (Research and Development in Advanced Communications Technologies in Europe) Integrity Primitives Evaluation Message Digest.

inkl. einer Transaktionsgebühr enthalten[220], und zum anderen Transaktionsinputs, welche eine Referenz zur früheren Outputs (Previous Transaction Hash) an den Sender, seinen Public Key und seine digitale Signatur¹⁸ enthalten[121| 221| 222]. Nachdem die Transaktionsinformationen erstellt sind, wird die BTC-Transaktion an die Netzknoten übermittelt[120].

Da BTCs nicht real existieren, beschreibt der Begriff prinzipiell nur die Aufzeichnungen über BTC-Transaktionen in der Blockchain[218]. Das BTC-Guthaben eines Users setzt sich aus den „Unspent Transaction Outputs“ (UTXO) zusammen, die auf seine Adresse referenzieren[223]. Daher verfügen Full Nodes über eine eigne UTXO-Liste (RAM-Cache), welche Informationen über den Guthabenstand aller Adressen bereitstellt, und über einen Mempool, indem die verifizierten, aber noch nicht in die Blockchain aufgenommen Transaktionen gespeichert sind[224]. Sobald ein Full Node Transaktionsinformationen erhält, wird das vorhandene Guthaben sowie die digitale Signatur geprüft und bei Korrektheit im Mempool abgelegt[121]. Zudem leitet der Knoten die bestätigte Transaktion an andere Knoten weiter, die den gleichen Vorgang durchführen[120].

Auch die Mining-Knoten führen diesen Prozess aus, sind aber die einzigen, die anschließend (ausgewählte) Transaktionen direkt oder aus dem Mempool in Blöcke zusammenfassen[121]. Innerhalb eines Blockes werden zunächst einzelne Transaktions-Hashs¹⁹ paarweise gehasht, die wiederum mehrfach gehasht werden, bis am Ende ein einzelner Hash-Wert generiert ist, der als Merkle Root bezeichnet wird (s. Abb. 8, S. 29)[120 |225| 226| 227]. Durch die mehrfache Verkettung einzelner Hash-Werte wird die Manipulation der Daten erschwert[228]. Die Hashes bilden den Body eines Blocks, wobei die Merkle Root zum „Header“ des Blocks gehört. Zudem enthält jeder Block-Header

- eine Versionsnummer, die angibt, welche Validierungsregeln zu befolgen sind,

¹⁸ Für die digitale Signatur wird bei Bitcoin der Elliptic Curve Digital Signature Algorithm (ECDSA) verwendet.

¹⁹ Jeder Transaktion ist ein Hash zugeordnet (Transaktions-Hash-txid), um die Transaktion eindeutig identifizieren zu können. Aus der Verkettung einzelner Hash-Werte resultiert ein Hash-Baum.

- einen SHA256 Hash, der Daten des vorherigen Blocks enthält und die beiden Böcke auf diese Weise miteinander verkettet,
- einen Zeitstempel (Timestamp), der den eindeutigen Zeitpunkt angibt, wann der Miner den Block gehasht hat
- den vorgegebenen Zielhashwert (Target to be Solved), den Miner berechnen müssen
- und eine beliebige Zeichenfolge (Nonce), die solange manipuliert werden muss, bis ihr Wert \leq dem Zielwert ist (Prüfwert) – der Proof of Work (PoW)[229].

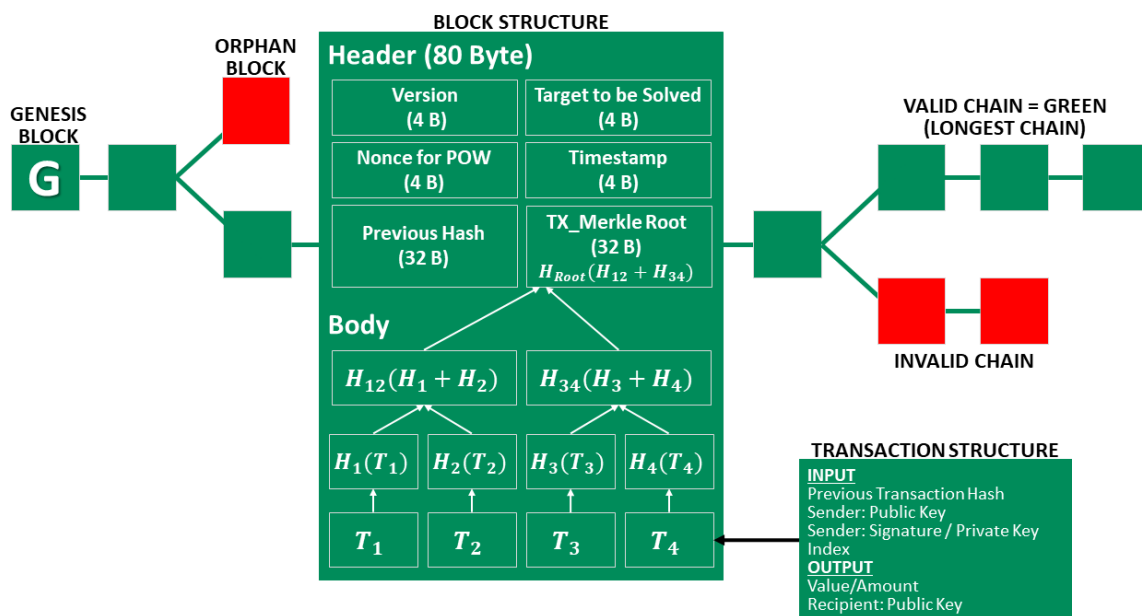


Abb. 8: Blockchain: Block- und Transaktionsstruktur

Bei der Erstellung eines Blocks fügt der Miner zuerst eine Generierungstransaktion (Coinbase transaction) hinzu, mit der neue BTCs geschaffen werden (12,5 BTC/Block)²⁰ und die der Miner als Entschädigung für den energieintensiven Berechnungsaufwand erhält [230| 231| 232]. Der Miner, der zuerst den Zielwert berechnet, verteilt die Information an das Netzwerk, woraufhin die anderen Miner den Berechnungsprozess abbrechen, und die Full Nodes nach

²⁰ Die gesamte Menge an Bitcoins ist gemäß Regelwerk auf 21 Mio. Einheiten begrenzt. Im ersten Block, den NAKAMOTO als Genesis-Block bezeichnete und der im Quellcode festgeschrieben ist, betrug die Entschädigung noch 50 BTC. Nur durch das Mining können neue BTC entstehen. Alle 210.000 Blöcke wird die Entschädigung halbiert, und beträgt somit zur Zeit 12,5 BTC. Wenn die 21 Mio. Grenze erreicht ist, erhalten die Miner nur noch die Transaktionsgebühren der Teilnehmer als Entschädigung.

Überprüfung des Hashwerts den neuen Block ihrer Blockchain-Version hinzufügen[233]. Da die Miner unabhängig voneinander an einer Lösung arbeiten, kommt es bei 1,7 % aller Blockerzeugungen dazu, dass zwei Miner fast zeitgleich den Zielwert ermitteln, wodurch kurzfristig zwei gültige Blockchains entstehen (Fork)[121| 234]. Dieser Konflikt wird durch den Miner gelöst, der als erstes den Zielwert des Folgeblocks ermittelt. Die Netzwerknuten akzeptieren gemäß Regelwerk nur die längste Blockchain, weshalb diejenige gültig ist, an die der Miner den Folgeblock anhängt[120]. Aufgrund eines Software-Updates können aber auch dauerhaft (Hard Fork) zwei Blockchains entstehen, da ein Teil der Netzknoten die neue Software nicht akzeptiert. Für Knoten, die bei der alten Version bleiben, ist die neue Kette ungültig – und umgekehrt[12]. Das Bitcoin-Regelwerk sieht aus Sicherheitsgründen vor, dass die Generierung eines Blocks im Durchschnitt zehn Minuten dauert. Der klassische Bitcoin-Client zeigt eine Transaktion nach einer Stunde resp. sechs Blöcken als bestätigt an, da ab diesem Zeitpunkt die Wahrscheinlichkeit für das „Double Spending“ nur noch bei 0,1 % liegt[235].

Die Wahrscheinlichkeit, den Zielwert direkt zu finden, liegt bei 1:3 Milliarden[236]. In Abhängigkeit zur Gesamtrechenleistung der Mining-Knoten wird der Schwierigkeitsgrad (difficulty) zur Lösungsberechnung alle 2016 Blöcke angepasst[237]. Mit steigendem Bitcoin-Preis sind auch zunehmend professionelle Server-Farmen in das lukrative Mining-Geschäft eingestiegen, sodass Mining mit einem Standardrechner nicht mehr profitabel ist[238]. Dadurch haben sich Mining Pools gebildet, in denen die Teilnehmer ihre kumulierte Rechenleistung z. B. einem Pool-Betreiber zur Verfügung stellen, der eine oder mehrere Full Nodes im Bitcoin-Netzwerk betreibt. Die Teilnehmer zahlen für die Nutzung der Pool-Infrastruktur (s. Abb. 9, S. 31)[120] eine Gebühr und erhalten je nach eingesetzter Rechenleistung einen Gewinnanteil[239]. Häufig besitzen die Pool-Mining-Unternehmen auch eigene Server-Farmen, wodurch wenige Pool-Betreiber einen Großteil der Gesamtrechenleistung im Bitcoin-Netzwerk kontrollieren[240]. Im Jahr 2014 kam der chinesische Mining Pool GHash auf 51 % der Gesamtrechenleistung[241], dadurch besteht die Gefahr einer 51 %-Attacke, bei der der Angreifer mit 100 % Wahrscheinlichkeit Double-Spending-Transaktionen durchführen

kann. Das Risiko besteht auch bereits bei weniger Rechenleistung, wobei eine Gesamtrechenleistung unter 25 % tolerierbar ist[242| 243| 244].

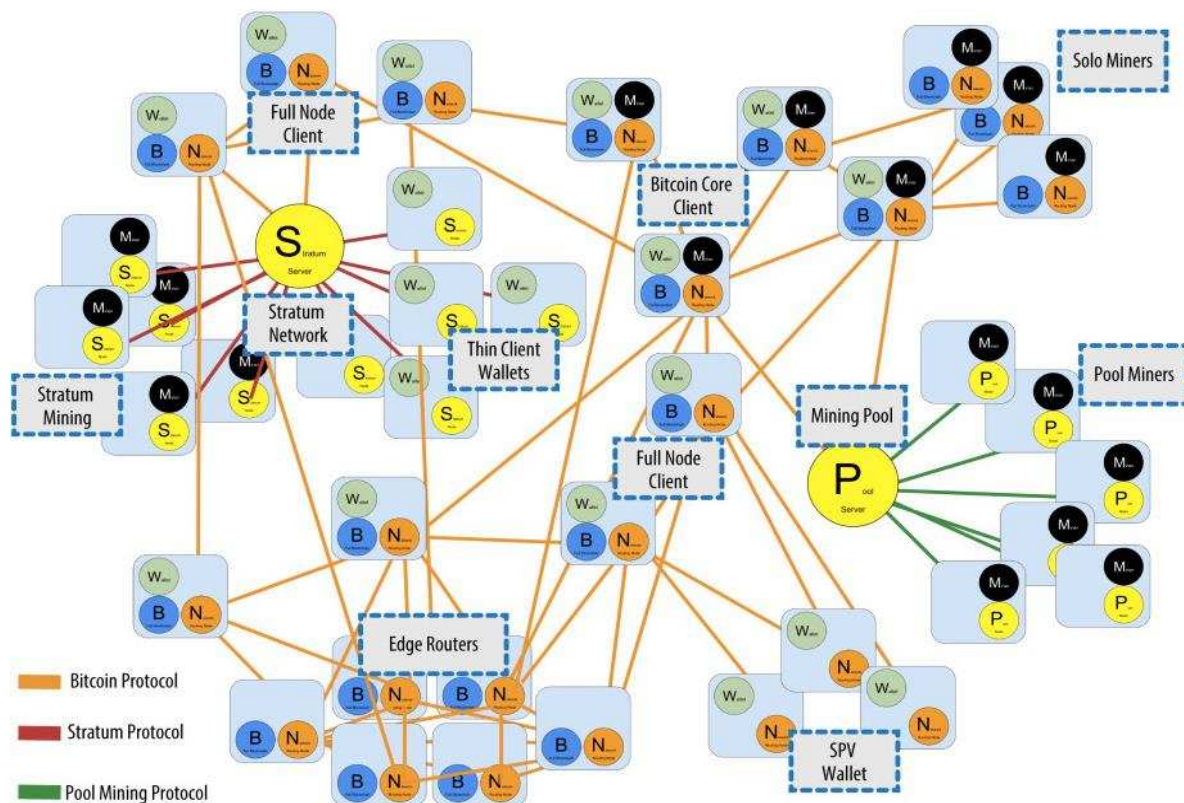


Abb. 9: Erweitertes Bitcoin-Netzwerk nach Antonopoulos

Durch die Kommerzialisierung des Minings und das aufwendige Betreiben einer Full Node (Hardware, Wartung etc.), scheinen sich ähnliche Zentralisierungstendenzen wie bei Internetdiensten herauszubilden[245]. Einer der wesentlichen Nachteile des Bitcoin-Blockchain-Systems ist der hohe Energieverbrauch, der pro Bitcoin-Transaktion bei 259 KW/h liegt und pro Jahr 0,08 % (16,36 TW/h) des globalen Energieverbrauchs ausmacht[238]. Zudem ist der Bitcoin als Kryptowährung hoch volatil, eine sichere Transaktion dauert relativ lange (1 Std.), und der Einfluss im resp. auf das System ist zumindest partiell von der Rechenleistung abhängig. Sobald ein öffentlicher Schlüssel mit dem Besitzer in Verbindung gebracht werden kann (z. B. durch Warenbestellungen bei einem Internet-Händler oder bei Überweisungseingängen), ist die komplette Transaktionshistorie dieser Person bekannt. Daher sollten mehrere

Wallets für unterschiedliche Zwecke verwendet werden[246]. Da keine zentrale Instanz vorhanden ist, verlagert sich das gesamte Risiko auf den Bitcoin-User. Bei Verlust oder Diebstahl des privaten Schlüssels, der im Gegensatz zu einer Bank-PIN nicht ersetzbar ist, erleidet der Eigentümer einen Totalverlust. Die regelmäßigen Krypto-Börsen-Hacks verdeutlichen[247], dass die Teilnahme am Bitcoin-System eigene hohe Sicherheitsstandards erfordert. Seit 2009 wurde rund 1/3 der Krypto-Handelsplattformen gehackt, während die Quote bei US-Banken im gleichen Zeitraum bei 1 % lag[248]. Bei einer „fairen“ Knotenverteilung und entsprechenden Sicherheitsvorkehrungen durch die User ist das System jedoch sehr sicher. Auch eine Attacke von Seiten der Mining Pools scheint eher unwahrscheinlich, da deren Geschäftsmodelle auf der Funktionalität des Bitcoins basieren und eine Mining-Pool-Manipulation das Systemvertrauen und damit den Preis des Bitcoins destabilisiert.

2.3.3 Ausgewählte Konsensmechanismen im Vergleich

Der PoW ist nur eines von vielen Konzepten, mit denen zwischen Knoten eine Einigung über den Netzwerkstatus erreicht werden kann[194| 249]. Tradierte Blockchain-Plattformen verwenden i. d. R. das Proof-of-Work- oder das Practical-Byzantine-Fault-Tolerance- (PBFT) Konsensmodell bzw. Variationen, die auf den beiden Konzepten basieren, um vorhandene Schwächen zu eliminieren[244]. In Verbindung mit dem Proof of Stake (PoS) und dem Proof of Elapsed Time (PoET) werden im Folgenden drei weitere populäre Konsensmodelle vorgestellt und unter Einbeziehung des PoW miteinander verglichen (s. Tab. 3, S. 33)[243| 244| 250]. Bei dem PoS-Konzept ist die Wahrscheinlichkeit einen Block zu minen, nicht von der Rechenleistung abhängig, sondern von Eigentumsrechten. Zwar wird auch der Validator, das Pendant zum PoW-Miner, mit Coins belohnt, aber, anstatt eine Nonce auf unbegrenztem Raum zu finden, werden die Block-Validatoren über einen gewichteten Zufallsgenerator ermittelt[243]. Die Grundidee basiert auf der Annahme, dass Validatoren, die bereits viele Coins besitzen, ein höheres Interesse an der Netzwerksicherheit haben. Dabei werden je nach Anbieter unterschiedliche Gewichtungen vorgenommen. Peercoin beispielsweise gewichtet nicht nur nach der Menge, sondern auch nach dem Alter der Anteile[251]. Der PBFT ist ein Replikationsalgorithmus, der bösartige byzantinische Replikate (Netzknoten) bis zu einem

Drittel tolerieren kann. Auch der PBFT verzichtet auf einen zeit- und energieintensiven Arbeitsbeweis und wird z. B. bei Hyperledger, Stellar oder Ripple verwendet[252| 253]. Ein Konsens wird immer durch 2/3 Mehrheit der Netzknoten erreicht. Deshalb sind bei Hyperledger (Fabric v0.6) die Identitäten der Teilnehmer bekannt, da ansonsten eine Sybil-Attacke²¹ erfolgen könnte[254| 255]. Ein nach (individuellen) festgelegten Regeln ausgewählter Anführer (Primary) ordnet die eingehenden Transaktionskandidaten, die in einem Block enthalten sein sollen, chronologisch in einer Liste und sendet diese an alle anderen Knoten zur Validierung[243| 256]. Transaktionen können bereits ausgeführt werden. Wenn die Informationen dem Regelwerk entsprechen, senden die Knoten eine mit ihrem öffentlichen Schlüssel signierte Nachricht an den Primary. Sobald 2/3 der Knoten die Transaktionen bestätigt haben, erstellt der Primary den Block und fügt ihn der Blockchain hinzu[257| 258]. Der Hyperledger Sawtooth ist wie Fabric eine zugangsbeschränkte Blockchain, die jedoch nicht den PBFT verwendet, sondern mit dem PoET-Mechanismus eine vertrauenswürdige Laufzeitumgebung (Trusted Execution Environment / TTE) generiert[250]. Dabei wird durch ein Lotteriebasiertes Wahlmodell aus den Validierungsknoten ein Anführer gewählt[251]. Alle Knoten müssen dafür die TEE mit Intel Software Guard Extensions (SGX) ausführen. Jeder Knoten fordert vom ausgeführten Code eine zufallsgenerierte Wartezeit an. Der Node mit der geringsten Wartezeit wird als Anführer bestimmt und darf den Block generieren. Der Nachweis für den Wahlgewinn wird von der Leading-Node erzeugt, den die anderen Nodes leicht verifizieren können. Der wesentliche Nachteil des Algorithmus ist die Hardware-Abhängigkeit[244].

Tabelle 3: Blockchain-Typologie

	PoW	PoS	PBFTs	PoET
Zugang	offen	beides	Berechtigte	Berechtigte
Konsens	probabilistisch	probabilistisch	intermediär	probabilistisch
Energieverbrauch	sehr hoch	sparsamer	sparsam	sparsam
Transaktionsrate	niedrig	hoch	hoch	hoch
Coin-basiert	ja	ja	nein	nein
Teilnehmerkosten	ja	ja	nein	nein
Angriffstoleranz	≤ 25 %	≤ 51 %	≤ 33 %	?
Vertrauen	ohne	ohne	Semi-Vertrauen	Semi-Vertrauen
Beispiel	Bitcoin	Peercoin	Fabric	Sawtooth

²¹ Erstellung falscher Identitäten z. B. zur Manipulation von Mehrheitsabstimmungen.

2.4 Entscheidungsprozess: Welches System ist das Richtige?

Nach WÜST und GERVAIS ist die Verwendung eines Blockchain-Systems nur dann sinnvoll, wenn multiple, sich gegenseitig misstrauende, aber miteinander interagierende Entitäten den Systemstatus ändern möchten und keine Einigung auf eine vertrauenswürdige dritte Partei finden können[259]. Wenn eine vertrauenswürdige dritte Partei existiert, sind laut GERARD zugangsbeschränkte Blockchain-Systeme überflüssig[260]. Die Grundidee der Technologie basiert jedoch nach häufiger Meinung darauf, dass die Blockchain den Mittelsmann ersetzen kann, wodurch die Transaktionskosten sinken. Unabhängig davon, welches Vertrauenssurrogat Entscheidungsträger präferieren, werden viele allein aus ökonomischen Gründen mit der Technologie konfrontiert und stehen vor der Frage, ob ein Blockchain-System sinnvoll ist (s. Abb. 10)[176| 259| 261].

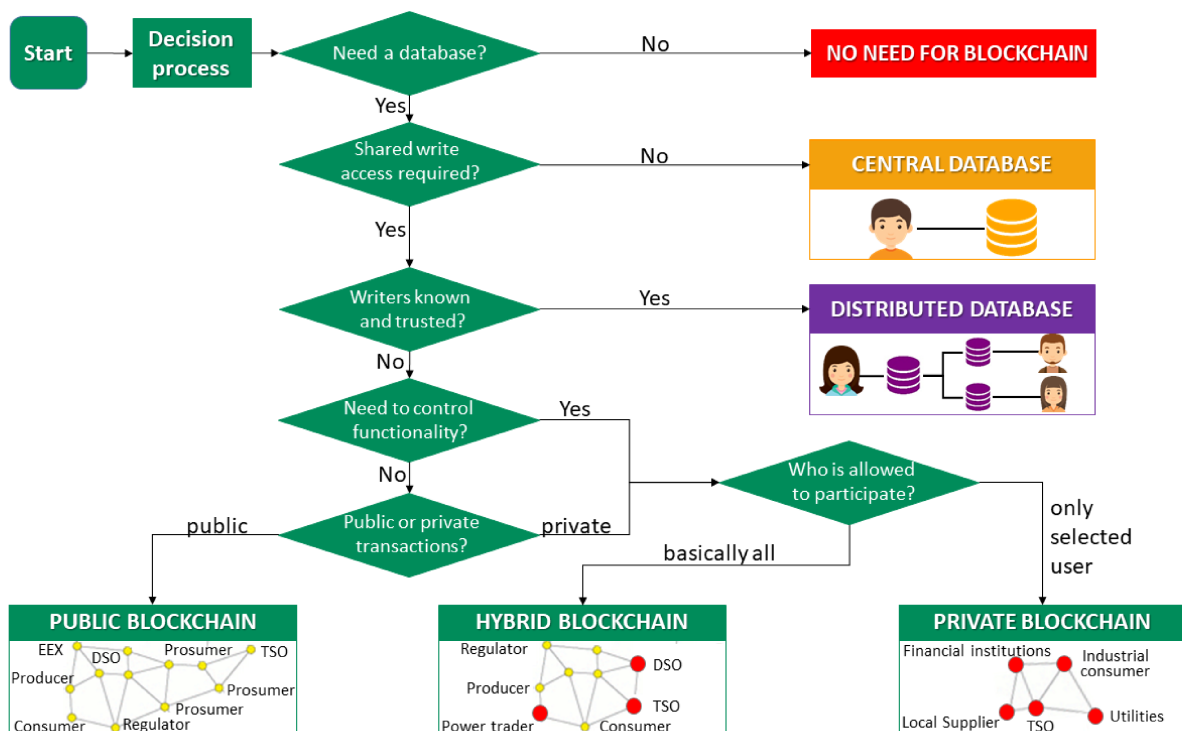


Abb. 10: Entscheidungsprozess: Datenbank- vs. Blockchain-Implementierung

Eine Blockchain als spezifische Datenbankform ist nur sinnvoll, wenn auch Daten gespeichert werden müssen[261]. Sind keine geteilten Schreibrechte erforderlich, bringt ein

Blockchain-System keinen Mehrwert, da eine klassische Datenbank in Bezug auf Latenz und Durchsatz leistungsfähiger ist[259]. Bei vertrauenswürdigen Teilnehmern ist eine traditionelle, verteilte Datenbank ausreichend, vor allem wenn dabei eine zentrale Institution das System betreibt und verwaltet[262].

Wenn die Kontrolle über das System an im einzelnen zwar „fragwürdige“, aber im Kollektiv vertrauenswürdige Teilnehmer abgegeben werden kann, stellt sich die Frage, ob die Daten öffentlich und transparent für alle einsehbar sein dürfen²², wie es bei Bitcoin der Fall ist[176|263]. Dürfen alle ohne Einschränkung an dem System mit Schreib- und Leserechten teilnehmen und müssen nicht namentlich bekannt sein, kann ein öffentliches Blockchain-System in Betracht gezogen werden[25]. Die Public Blockchain könnte im Rahmen von Microgrids (Wohngebiet, Dorf, Stadt) interessant sein. Bei dem energieintensiven PoW-Modell besteht sogar die Möglichkeit, überschüssige Energie aus Windparks für das Mining einzusetzen. Das Szenario ist jedoch auch stark vom Standort abhängig. Ein Problem bei öffentlichen Blockchain-Systemen ist die (Mindest-)Teilnehmeranzahl. Im Allgemeinen gilt, je mehr Teilnehmer, desto höher die Sicherheit[264]. Der öffentliche Blockchain-Typ ist grundsätzlich für alle Strommarktteilnehmer einsetzbar, aber wird vor allem im Prosumer-to-Prosumer-Bereich diskutiert.

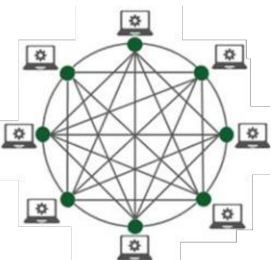

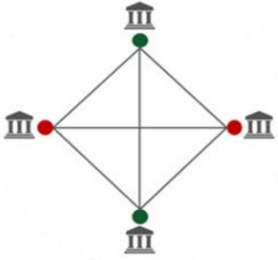
Soll die Systemkontrolle bei wenigen (z. B. Unternehmen) bleiben, ist eine hybride oder private Blockchain sinnvoll. Bei beiden Modellen sind die Identitäten der Teilnehmer bekannt. Die jeweiligen Rollen können in Bezug auf Lese-, Schreib- und Validierungsrechte unterschiedlich verteilt sein. Die private Blockchain ist ein geschlossenes System, bei dem nur eine bestimmte Entitätenklasse zugelassen ist. Ein geeignetes Beispiel für diesen Blockchain-Typ resp. die exklusiven Teilnehmer wären die Strombörsenmitglieder des EXPEX²³ Spot[265].

²² Beispiele für Daten, die öffentlich zugänglich sein könnten (sollten) sind Stromhandelspreise sowie weitere Informationen zur Unterstützung der Markt- und Netztransparenz, mit denen Insiderhandel reduziert oder die Markttransparenzstellen der BNetzA überflüssig werden könnten.

²³ European Power Exchange

Bei hybriden Blockchain-Systemen haben ausgewählte Knoten (Validator Nodes) die Kontrolle über das Netzwerk (Proof of Authorities). Der Zugang ist zwar weiterhin öffentlich, aber die Member Nodes verfügen nur über eingeschränkte Lese- und Schreibrechte im System (s. Tab. 4)[25|176|266]. Das hybride Modell kombiniert die Vorteile der privaten (vertraulich, schnell, flexibel) und öffentlichen (Überprüfbarkeitsanforderungen) Blockchain. Die hybride „Energy Eco Chain“ (EEC) liefert beispielsweise ein intelligentes Vertragsprotokoll (Token), das einen Stromabnahmevertrag zwischen Erzeuger und Einkäufer darstellt. Die Full Nodes und die Validierungsknoten laufen dabei auf der Infrastruktur ihrer Konsortialmitglieder[267].

Tabelle 4: Blockchain-Typen und Merkmale im Überblick

	PUBLIC	HYBRID	PRIVATE
<ul style="list-style-type: none"> •Validator Node Initiierung, Empfang, Validierung von Transaktionen •Member Node Initiierung und Empfang von Transaktionen 			
Zugang	offen zugänglich (permissionless)	zugelassene Entitäten (Authentifizierung)	zugelassene Entitäten (permissioned)
Teilnehmer	jeder ohne Einschränkung	nur angemeldete „Mitglieder“	vordefinierte „Mitglieder“
Zugriff	lesen, schreiben, prüfen	Berechtigungsvergabe	Berechtigungsvergabe
Identität	pseudonym	bekannt	bekannt
Konsens	Proof of Work Proof of Stake	Proof of Authorities PoS, PBFT, PoET	Proof-of-Authorities PoS, PBFT, PoET
Flexibilität	51 % der Rechenleistung für Änderungen notwendig	flexibler (je nach Ausgestaltung)	flexibler (je nach Ausgestaltung)
Energiekosten	Hoch	tendenziell niedrig	tendenziell niedrig
Speed	langsam	schnell	sehr schnell
Plattformen	Bitcoin, Ethereum	Ripple, EEC	R3
Teilnehmerbeispiele	Prosumenten (P2P Microgrid)	Netzbetreiber Großerzeuger Stadtwerke Prosumenten Konsumenten	Strombörsenteilnehmer (P2P trading platform)
Incentives	ja	nein	nein

2.5 Evolutionsstufen der Blockchain-Technologie

Mit der evolutionären Entwicklung von Blockchain-Systemen befassen sich u.a. ZHAO et al., SWAN, SIXT, DUIVESTEIN[268] oder MUKHOPADHYAY[269]. In Anlehnung an die Evolutionsstufen des World Wide Web (WWW) wird in den Publikationen von Blockchain 1.0, 2.0 und 3.0 gesprochen (s. Abb. 11)[270]. Alle genannten Autoren verorten in Stufe 1.0 Kryptowährungssysteme. Vor allem aber hat die Blockchain in einem öffentlichen P2P-Netz die Datenintegrität (fehlerhafte Information, Manipulation) sichergestellt[100]. Bereits in der 2. Entwicklungsphase zeigen sich jedoch Abweichungen. Am häufigsten werden Smart Contracts genannt, bei denen Blockchain-basierte physische oder digitale Eigentumsübertragungen (Smart Property) stattfinden, welche z. B. durch 2 + n Personen (Multi-Signature-Wallets) bestätigt werden müssen[271]. Zudem wird branchenübergreifend das Blockchain-System als sichere System-Architektur für ökonomische Anwendungen eruiert.



Abb. 11: Entwicklungsstufen der Blockchain-Technologie

Die dritte Evolutionsstufe ist zwar bisher noch nicht absehbar, jedoch prognostiziert u.a. SWAN., dass in nahezu allen Bereichen Blockchain-basierte autonome Organisationseinheiten präsent sein werden. ZHAO et al. bezeichnen die 3. Stufe als „*Digital Society*“, unter der Blockchain-basierte Smart-Objects, -Cities, -Traffic, -Grids sowie deren Vernetzung untereinander (Cyber Physical Systems) kumuliert werden können.

2.6 Smart Grid und Smart Market

Bisher existiert keine kurze und / oder einheitliche Definition für den Begriff Smart Grid. Das Europäische Institut für Telekommunikationsnormen (ETSI) beschreibt ein Smart Grid wie folgt: „A smart grid is an electricity network that can cost-efficiently integrate the behaviour and actions of all users connected to it – generators, consumers, and those that do both – in order to ensure economically efficient, sustainable power systems with low losses and high levels of quality and security of supply and safety.“ In Bezug auf die technischen Aspekte führt das Institut lediglich aus, dass bereits in vorhandenen Netzen intelligente Elemente vorhanden sind und dass ein Smart Grid mit Komplexität effizienter sowie effektiver umgehen kann[272] Im Eckpunktpapier der BNetzA „Smart Grid und Smart Market“ wird zwischen Netzkapazität (Transport – Grid /kW) und Energiemenge (Handel – Market /kWh) differenziert und mehr auf die technischen Aspekte eingegangen. Das konventionelle Stromnetz wird demnach durch die Ausstattung mit (mehr) „Kommunikations-, Mess-, Steuer-, Regel- und Automatisierungstechnik“ zu einem intelligenten Stromnetz (Smart Grid)[273]. Dieser Definition wird auch in der vorliegenden Arbeit gefolgt, wobei die Blockchain-Technologie als potenzielles Bindeglied zwischen Smart Grid (Netz), Smart Market (Handel) und Smart Meter (Information) angesehen wird, die gemeinsam das sichere „Internet der Energie“ bilden[45].

2.7 Smart Contracts

Nick Szabo, der bereits 1996 den Smart Contract erfunden hat, beschreibt damit „a set of promises, specified in digital form, including protocols within which the parties perform on these promises.“[105] [274] “ Da der Smart Contract in Verbindung mit Blockchain-Systemen bereit ausführlich, u.a. von [17], [275] oder [276] beschrieben wird, kann in dieser Arbeit auf eine detaillierte Darstellung verzichtet werden.

3 Forschungsdesign

Im Allgemeinen charakterisiert das Forschungsdesign die methodische Vorgehensweise bei einer Studie[277]. Die empirische Marktforschung unterscheidet dabei üblicherweise den explorativen, den explanativen und den kausalanalytischen Forschungsansatz[278| 279]. In explorativen Studien wird ein Sachverhalt erkundet und beschrieben, um damit Fragen, Hypothesen und Theorien zu entwickeln[277]. Mit dem kausalanalytischen Untersuchungsansatz hingegen werden Hypothesen über Wirkungszusammenhänge aufgestellt, getestet und die Zusammenhangsstärke bestimmt. Bei deskriptiven Studien ist die Problemstruktur zwar bekannt, jedoch besteht ein Mangel an empirischen Daten. Mit dem Ziel, das Phänomen zu beschreiben (Häufigkeiten, Zielgruppen), werden entsprechende Daten erhoben, die den Ist-Zustand definieren und eine Analyse des Phänomens ermöglichen[279]. Zudem kann die Marktforschung deskriptiv (subjektbezogen) oder ökoskopisch (objektbezogen) ausgerichtet sein[280]. Da die vorliegende Studie das Blockchain-Start-up-Umfeld im Energiesektor beschreibt und analysiert, wird auf den deskriptiv-ökoskopischen Forschungsansatz zurückgegriffen.

Für die Marktanalyse kann bereits vorhandenes Datenmaterial (Sekundärforschung) genutzt und / oder neues Datenmaterial (Primärforschung) erhoben werden (s. Abb. 12, S. 40)[280| 281]. Nach MEDJEDOVIĆ ist die Sekundäranalyse (desk research) ein alternativer empirischer Forschungsansatz, bei dem auf Daten zurückgegriffen wird, die bereits in einem anderen Zusammenhang erhoben wurden[282]. FRIEDRICHS beschreibt die Sekundäranalyse als Methode, bereits vorhandenes Datenmaterial aus Primärerhebungen unabhängig vom ursprünglichen Zweck resp. Bezugsrahmen auszuwerten[283]. Aus Unternehmensperspektive wird dabei zwischen internen Datenquellen wie Kundendatenbanken, Bilanzen oder GuV und externe Datenquellen wie internationalen Unternehmensdatenbanken oder amtlichen Statistiken unterschieden[284]. Vor allem in der quantitativen Forschung haben sekundäre Daten einen hohen Stellenwert[282], da die empirische Sozialforschung heute über einen reichhaltigen und qualitativ hochwertigen Datenfundus verfügt[285]. Für die Start-up-Ana-

lyse wurde keine Primärerhebung durchgeführt, sondern ausschließlich auf sekundäres Datenmaterial zurückgegriffen, da z. B. eine Online-Befragung mit zeit- und mengenkritischen (Rückläufer, Vollständigkeit) Unsicherheiten einhergeht.



Abb. 12: Methodische Vorgehensweise der Studie

Quantitative Methoden erfassen im Rahmen einer systematischen Datenerhebung nur zählbare, messbare oder sammelbare Daten, mit denen eine theoriegeleitete, objektive, und präzise Messung des Phänomens möglich ist[286| 287]. Mittels quantitativer Datenerhebung können die Energy-Blockchain-Start-ups sowie zuvor definierte Start-up-Items erfasst, kategorisiert und als bivariante Statistiken grafisch dargestellt werden[288]. Qualitative Methoden werten Daten nicht mit standardisierten statistischen Methoden aus, sondern durch interpretative sowie kategorienbildende Verfahren[289]. Da mit den Start-up-Daten nicht nur quantitative Aussagen, sondern auch qualitative Vergleiche möglich sind (Venture Capital, Unternehmensanzahl, regionale Verteilung), werden beide Methoden eingesetzt. Im Rahmen

des Forschungsdesigns ist auch der zeitliche Modus und die Häufigkeit der Datenerfassung festzulegen[290]. Dabei sind die drei Designarten Querschnitt, Panel und Trend zu unterscheiden. Bei der Querschnittsmethode erfolgt eine einmalige Erhebung der Items von n Untersuchungseinheiten zu einem bestimmten Zeitpunkt resp. innerhalb einer kurzen Zeitspanne. Beim Paneldesign werden auf Grundlage einer identischen Stichprobe die Items der gleichen Untersuchungseinheiten zu multiplen Zeitpunkten erfasst. Wenn die Items der gleichen n Einheiten zu multiplen Zeitpunkten mittels unterschiedlicher Stichproben erfasst werden, handelt es sich um ein Trenddesign[291]. Für die Start-up-Datenerfassung wurde naturgemäß auf das Querschnittsdesign zurückgegriffen, da der Forschungsprozess an zeitliche Restriktionen gebunden ist.

3.1 Ausgangsposition

Das Analyseverfahren baut auf der Forschungsarbeit von FRIEDLMAIER et al. auf (s. Abb. 2, S. 8), die aus innovationstheoretischer Perspektive das globale branchenübergreifende Blockchain-Start-up-Umfeld im Jahr 2016 analysierten[88]. Der Fokus der Studie richtete sich jedoch vornehmlich auf Start-ups aus der Finanz- und IKT-Branche. Dabei wurden aber auch 13 Blockchain-Start-ups (1,1 %) im Energiebereich identifiziert, die zu diesem Zeitpunkt laut Studie kein Venture Capital aufweisen konnten. In Anlehnung an die Studie wurde der Fokus ausschließlich auf das Energy-Blockchain-Start-up-Umfeld gerichtet.

Das „Blockchain-Radar – Energie und Mobilität“²⁴ führte 2017 bereits 35 Start-ups und innovative Unternehmen sowie 31 Projekte auf, die Blockchain-Produkte für die Energiewirtschaft entwickeln resp. testen[114]. Die Unternehmen sind dabei grob in die regionalen Kategorien „Europa“, „USA“ und „restliche Welt“, sowie in die Produktkategorien „P2P-Plattformen/Stromhandel“, „Mobilität“ und „weitere Player“ eingeteilt. Detailliertere Produkteinteilungen finden sich in der Publikation des EWF und der Dena-Studie (s. S. 10). Durch die genannten Publikationen wurde nicht nur das Thema spezifiziert, sondern auch die Basis für

²⁴ BDEW und PWC Blockchain Radar in der Fassung vom Juli 2017 und in der aktuellen Fassung Februar 2018.

die Start-up-Erfassung und deren Merkmale geschaffen. Zudem wurden im Rahmen der Literaturrecherche, zur Analyse und Strukturierung der relevanten Literatur, die wissenschaftlichen Blockchain-Publikationen aus den Datenbanken arXiv.org, Springer Link, SSRN und R^G erfasst[292| 293| 294| 295]. Damit konnte nicht nur der aktuelle Forschungsstand, Forschungsdesiderate und die technischen Aspekte der Blockchain-Technologie ermittelt, sondern auch geprüft werden, ob gleiche resp. ähnliche Forschungsprojekte bereits publiziert wurden. In den auf die Energiewirtschaft bezogenen Blockchain-Publikationen werden zwar partiell Energy-Blockchain-Start-ups aufgeführt, die jedoch regelmäßig deckungsgleich mit denen des Blockchain Radars sind. Eine umfassende Analyse des energiewirtschaftlichen Blockchain-Start-up-Umfelds konnte nicht ermittelt werden, wodurch die vorliegende Thesis einen neuen Erkenntnisgewinn generieren kann.

3.2 Präzisierung des Forschungsgegenstandes

Mit Blick auf die Testgütekriterien Objektivität, Reliabilität und Validität[296], wird zunächst das Forschungsobjekt definiert und die Untersuchungsmerkmale festgelegt. Bisher existiert jedoch noch keine einheitliche Definition für den Start-up-Begriff[297].

ACHLEITNER beschreibt Start-ups als *„junge, noch nicht etablierte Unternehmen, die zur Verwirklichung einer innovativen Geschäftsidee (häufig ... Electronic Business, Kommunikationstechnologie oder Life Sciences) mit geringem Startkapital gegründet werden und i.d.R. sehr früh zur Ausweitung ihrer Geschäfte und Stärkung ihrer Kapitalbasis ... auf den Erhalt von Venture-Capital ... angewiesen sind.“*[298]

Der Bundesverband Deutsche Startups e. V. (BVDS) akzeptiert nur Start-ups als Mitglieder, die in seiner Satzung wie folgt definiert werden: *„Startups sind innovative und wachstumsorientierte Unternehmensgründungen und Jungunternehmen. Typische Branchen von Startups sind Internet, Technologie (z. B. BioTech), E-Commerce, Kreativwirtschaft u.a.. ... Typischerweise sind Startups ... nicht älter als fünf Jahre. Die Unternehmensgründer sind noch signifikant am Unternehmen beteiligt.“*[299]

Laut KOLLMANN et al. sind Start-ups mit ihrem Produkt resp. Geschäftsmodell hoch innovativ, jünger als 10 Jahre und weisen ein signifikantes Wachstum auf[300]. Die Abgrenzungen in Bezug auf Branche, Geschäftsmodell und Innovation sind teilweise subjektiv und daher nur insofern hilfreich, dass im Grunde alle Unternehmen, die innovative Blockchain-Produkte und Services anbieten, einbezogen werden könnten. Die kapital spezifische Einordnung wird als Abgrenzungskriterium nicht in Betracht gezogen, da nur bedingt feststellbar ist, welches Unternehmen in welcher Höhe Kapital benötigt. Mit dem „jungen“ Alter kann zumindest eine erste Abgrenzung zu tradierten Unternehmen vorgenommen werden. Laut NÖLL akzeptiert der BVDS im High-Tech-Bereich auch noch Mitglieder, die wesentlich Älter als fünf Jahre sind[297]. Daher werden gem. KOLLMANN bei der Datenerfassung alle „Start-ups“ berücksichtigt deren Gründungsdatum maximal zehn Jahre zurückliegt (ab 2007), und die zusätzlich folgende Bedingungen erfüllen:

- Es muss sich um ein Unternehmen handeln, das Blockchain-spezifische Produkte resp. -Dienstleistungen anbietet, oder um ein Unternehmen das seine innovativen Produkte mit der Blockchain-Technologie kombiniert (z. B. Joint Ventures im Bereich E-Mobility oder Stromspeicher).
- Das Unternehmen muss energiesektorspezifische Blockchain-Produkte oder -Dienstleistungen anbieten, welche direkt oder indirekt der Stromwirtschaft, und nicht dem Wirtschaftszeit der Gaswirtschaft zugeordnet werden können. Anwendungen, die sich für beide Bereiche eignen sind davon ausgeschlossen (z.B. Smart Meter Gateway).
- Das Start-up besitzt eine Internetpräsenz, auf der das Unternehmen und das Geschäftsmodell oder die Anwendungen resp. Services präsentiert werden, damit u. a. Scheineinträge in den verwendeten Datenbanken ausgeschlossen werden können.
- Laut Studien scheitern mindestens acht von zehn Start-ups innerhalb der ersten drei Jahre[301]. Da inaktive Start-ups in Bezug auf die Implikationen und Applikationspotenziale für die Studie unerheblich sind, muss das Start-up im Erhebungszeitraum noch „aktiv“ sein.

3.3 Datenerhebung

Für die Start-up-Analyse wurden vom 01.01.2018 bis zum 01.02.2018 Datensätze aus acht verschiedenen Unternehmensdatenbanken zusammengeführt. Die Extrahierung der Informationen erfolgte zum einen aus den bereits von FRIEDLMAIER et al. verwendeten Datenbanken CoinDesk[302], Crunchbase[303], Outlier Ventures Startup Tracker[304] und VentureRadar[305]. Zum anderen aus den vier internationalen Unternehmensdatenbanken AngelList[306], F6S[307], Gust[308] und Startupxplore[309].

Die stark unterschiedliche Datenaufbereitung der jeweiligen Anbieter machte es erforderlich, über die Suchfunktion Kombinationen (AND / OR) aus den Begriffen „blockchain“, „energy“, „utility / utilities“ und „startup / s“ einzugeben²⁵, damit die Datensuche unter gleichen Bedingungen erfolgen konnte. Die jeweils zuvor durchgeführte Sucheingabe „Startups“ ergab insgesamt über eine Million Treffer, von denen über 3.000 Unternehmen unter dem Suchbegriff „Blockchain“ gelistet wurden (s. Tab. 5). Das Einpflegen der unter den Suchbegriffen gefundenen Informationsobjekte in eine eigene Datenbank führte zu einer kumulierten Anzahl von 351 Unternehmen.

Tabelle 5: Start-up-Datensätze aus acht Datenbanken

#	Database	Startups	Blockchain	Energy
1	AngelList	35.634	495	75
2	CoinDesk	189	189	3
3	Crunchbase	3.807	1.120	75
4	F6S	883.482	297	71
5	Gust	5.724	213	22
6	Outlier Ventures	1.340	458	24
7	Startupxplore	7.982	32	0
8	VentureRadar	7.823	226	81
	Σ	1.042.117	3.030	351

²⁵ Mit der Brainstorming-Methode wurden insgesamt 16 relevante Begriffe gesammelt. Die letztendlich vier verwendeten Suchbegriffe lieferten im Rahmen einer Datenbank-Stichprobe die vielversprechendsten Ergebnisse.

Aus der Eliminierung von Redundanzen resultierten 120 Merkmalsträger, deren Merkmalsausprägungen, in Anlehnung an BURGER et al. und MLLER[91| 110], in die folgende Kategorien eingeordnet wurden:

- Homepage
- Location
 - City
 - Country
 - Continent (Africa, America, Asia, Australia, Europe)
- Year established
- Venture Capital & Initial Coin Offering Capital
- Products & Services
 - Trading Platform
 - P2P-Trading
 - Certificates & Tracking
 - Consulting
 - Grid-/Facility-Management & Security
 - Marketing & Sales
 - Metering, Billing & Data
 - Mobility
 - NRG-Currency

Aufgrund einer weitgehend lückenhaften Datenbasis mussten jedoch weitere Informationsquellen herangezogen werden. Mit Informationen aus dem sozialen Netzwerk LinkedIn[310], auf dem sich die meisten der Start-ups präsentieren, und den Start-up-Homepages konnten bis auf eine Kategorie alle anderen vervollständigt werden.²⁶ Informationen über die Merkmalsausprägung „Venture Capital & Initial Coin Offering Capital“ waren bei 63 % der Start-ups nicht ermittelbar.

²⁶ Bei LinkedIn Inc. wurden die Namen aller Start-ups in die Suchfunktion eingegeben. Damit war ein Abgleich der bereits erhobenen Daten möglich, und die Kategorien konnten vervollständigt werden.

4 Forschungsergebnisse

Univariate-deskriptive Analysemethoden bilden i.d.R. den Ausgangspunkt bei jeder Datenanalyse[291 |311]. Mit der Auswertung eindimensionaler Samples kann ein Datensatz anhand der Verteilungshäufigkeit und -parameter von einzelnen Merkmalen beschrieben werden[312]. Zudem ist die deskriptive Analyse notwendig, um die Dateneignung für bestimmte bivariate Methoden einschätzen zu können[311]. Im Folgenden werden zunächst die Methoden der deskriptiven Statistik zur Beschreibung des Start-up-Umfeldes angewendet. Die gesammelten Rohdaten, Urlisten sowie das aufbereitete Datenmaterial sind in der Excel-Datei auf dem beiliegenden Datenträger zu finden. Aufgrund der mangelnden Übersichtlichkeit sowie aus ökonomischen und ökologischen Gründen wurde auf eine Darstellung im Anhang verzichtet. Da bisher keine Vergleichsstudien vorliegen, werden, soweit möglich, allgemeine Start-up-Studien zum Vergleich der Ergebnisse herangezogen.

4.1 Anzahl der Start-ups, Gründungszeitraum und Altersstruktur

Mit einem Anteil von 88 % sind die meisten der 120 Energy-Blockchain-Start-ups seit 2014 im Energiesektor aktiv, wobei 59 % der Start-ups erst in den letzten beiden Jahren gegründet wurden (s. Abb. 13). Die bereits im Jahr 2007 gegründeten Unternehmen Guardtime und Aizu Laboratories sind zwar keine Energy-Start-ups im engeren Sinne, aber erfüllen die Eingrenzungskriterien und werden in einigen Datenbanken in der Energy-Kategorie aufgeführt.

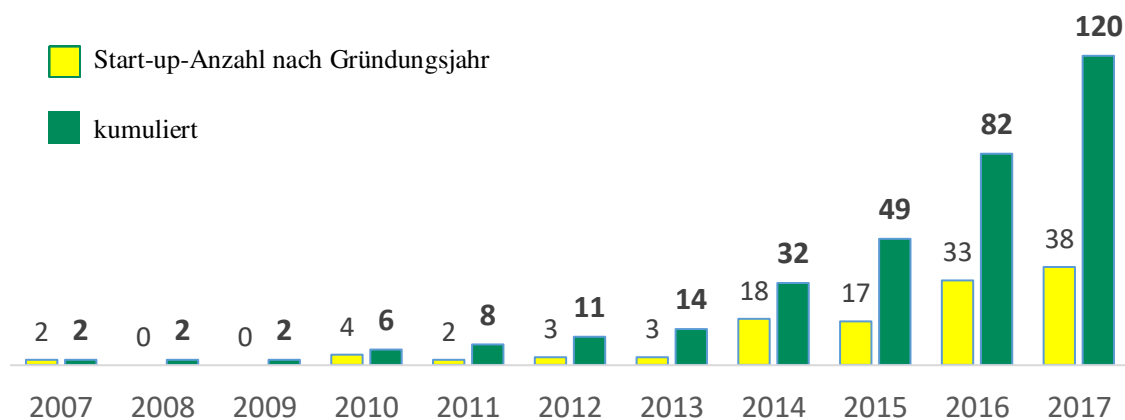


Abb. 13: Blockchain-Start-up nach Gründungsjahr

Zudem entwickeln beide Start-ups Produkte resp. Services für den Energiesektor und sind an aktuellen energiespezifischen Blockchain-Projekten beteiligt[313]. Daher werden die beiden Ausreißer zwar berücksichtigt, jedoch nicht in jeder Verteilung aufgeführt. Während die beiden Unternehmen in der Kategorie Produkte & Services für die Studie von Interesse sind, konnte im Bereich Venture Capital keine oder nur eine partielle energiespezifische Differenzierung des Risikokapitals vorgenommen werden, wodurch Aizu komplett in dieser Kategorie ausgegrenzt und Quartime nur partiell berücksichtigt wurde. Auch die vier im Jahr 2010 aufgeführten Start-ups waren zu diesem Zeitpunkt noch nicht auf die zum Jahresbeginn 2009 veröffentlichte Blockchain-Technologie spezialisiert. Die britische Green Running Ltd., die australische Greensync Pty. Ltd. und die deutsche Sonnen GmbH sind jedoch im Stromsektor beheimatet, die irische Tictoc platform Ltd. entwickelt zur Zeit ein nachfrageseitiges Strommanagementsystem[314]. Die jüngeren Start-ups sind fast ausnahmslos dem Energiesektor zuzuordnen. Das Alter der Energy-Start-ups liegt im Mittel bei 2,7 Jahren und entspricht damit dem Ergebnis (2,7) des deutschen „Startup Monitor 2017“, welcher das Start-up-Ökosystem in Deutschland branchenübergreifend analysiert[300]. Ohne die beiden Ausreißer aus dem Jahr 2007 sind die Start-ups im Durchschnitt knapp 1 ¼ Monate jünger (2,6 Jahre), wobei der Zentralwert in beiden Fällen 2 Jahre (2016) als Ergebnis ausweist (s. Abb. 14).

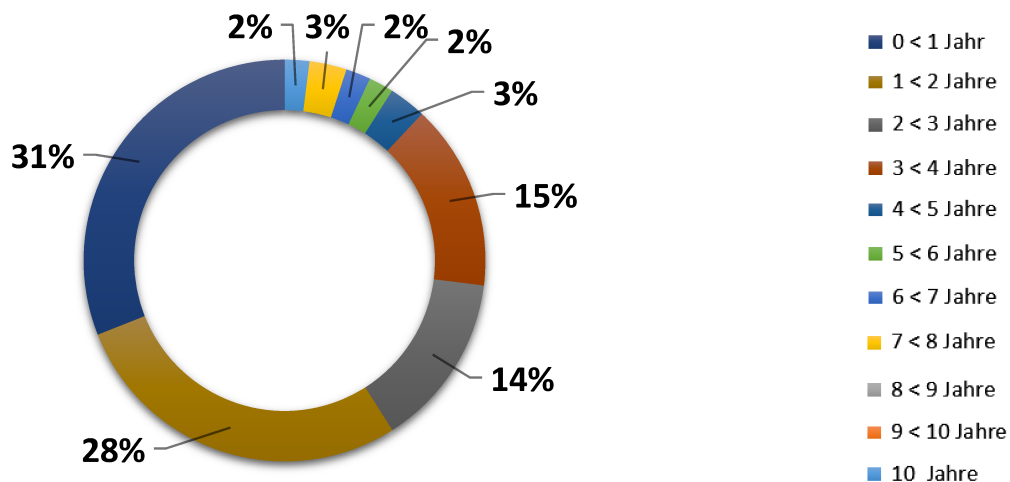


Abb. 14: Blockchain-Start-up nach Gründungsjahr

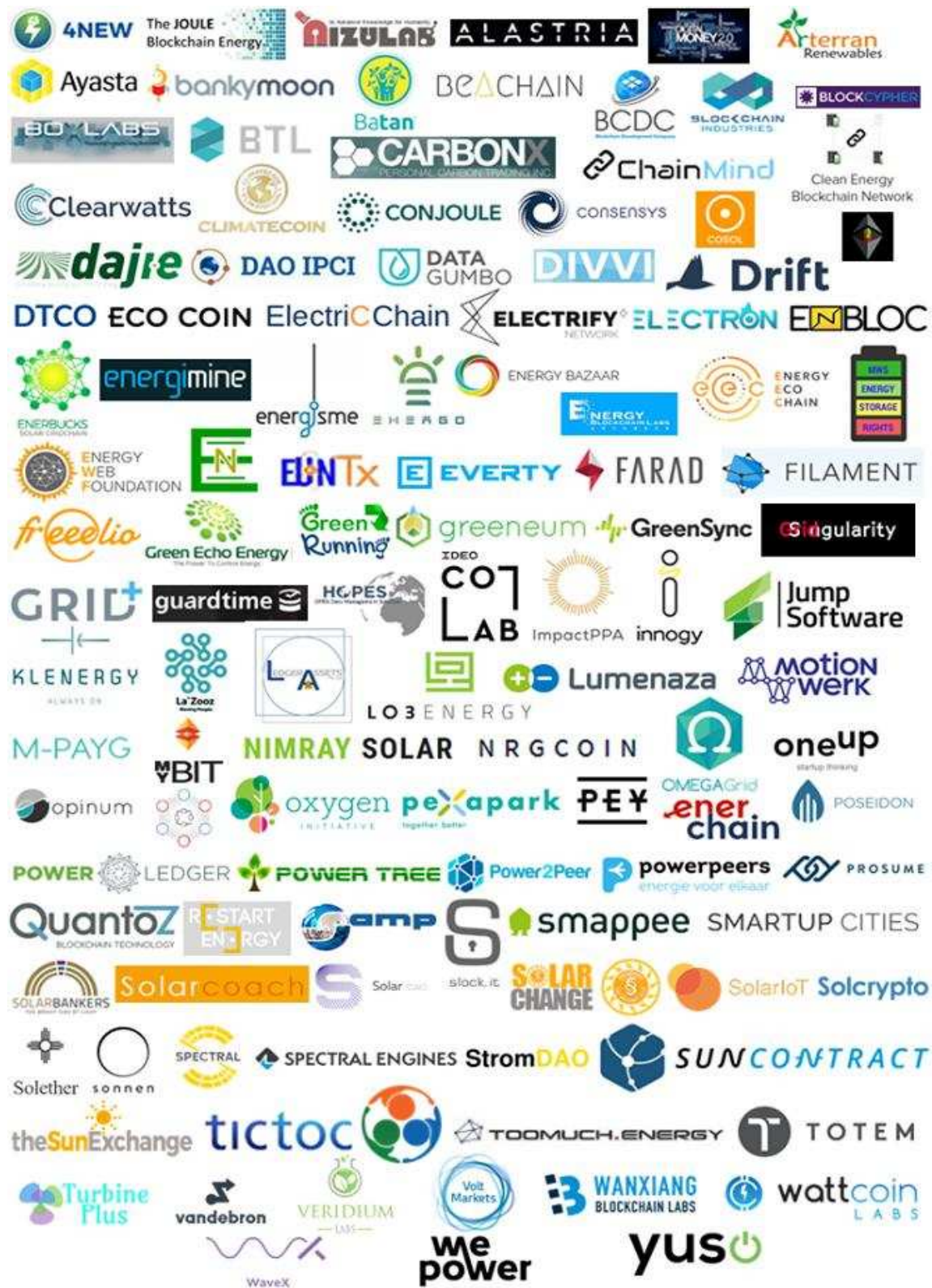


Abb. 15: Die 120 Start-ups im Überblick

4.2 Regionale Verteilung der E-Blockchain-Start-ups

Das 2013 gegründete Unternehmen StartupBlink bietet auf seiner Webseite eine interaktive Weltkarte an, welche die regionale Verteilung von knapp 61.000 branchenübergreifenden Start-ups aus 125 Ländern und 950 Städten zeigt[315]. Das Headquarter von 61 % der Start-ups befindet sich auf dem amerikanischen Kontinent, gefolgt von Europa (22 %), Asien (14 %), Australien (2 %) und Afrika (1 %). Der Anteil von energiewirtschaftlichen Start-ups beträgt in der Blink-Datenbank 0,36 %. Der kumulierte Energy-Start-up-Anteil aus den acht Datenbanken liegt inkl. Mehrfachnennungen bei 0,012 %. Auch wenn die 120 Energy-Blockchain-Startups in den Blink-Kategorien nicht vertreten waren, bietet die Karte jedoch einen groben Überblick über die allgemeine Verteilung von Start-ups, die jedoch von der Distribution der E-Blockchain-Startups abweicht (s. Abb. 16).

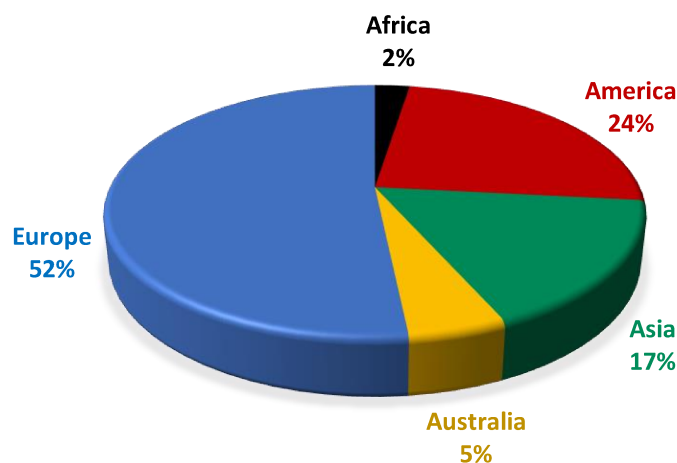


Abb. 16: Kontinentale Verteilung der E-Blockchain-Start-ups

Im Vergleich mit der allgemeinen Verteilung ist Amerika bei den E-Blockchain-Start-ups mit 24 % weit hinter dem europäischen Kontinent, auf dem 52 % der Start-ups beheimatet sind, wobei die anderen Kontinente weitgehend das allgemeine Bild widerspiegeln. Formal ausgedrückt mit Kendall's $\tau = 1 - \frac{4 \sum_{i=1}^n q_i}{n(n-1)} = 0,8$ besteht ein starker positiver Zusammenhang zwischen der allgemeinen kontinentalen Standortwahl und der E-Blockchain-spezifischen. Dies erklärt jedoch nicht, wie der signifikante Unterschied zwischen Amerika und

Europa zustande kommt. Eine detailliertere Ansicht aus nationaler Perspektive (s. Abb. 17), liefert einen genaueren Überblick und zeigt ähnliche Tendenzen wie in der branchenübergreifenden Blockchain-Start-up-Studie von FRIEDLMAYER et. al. aus dem Jahr 2016[88].

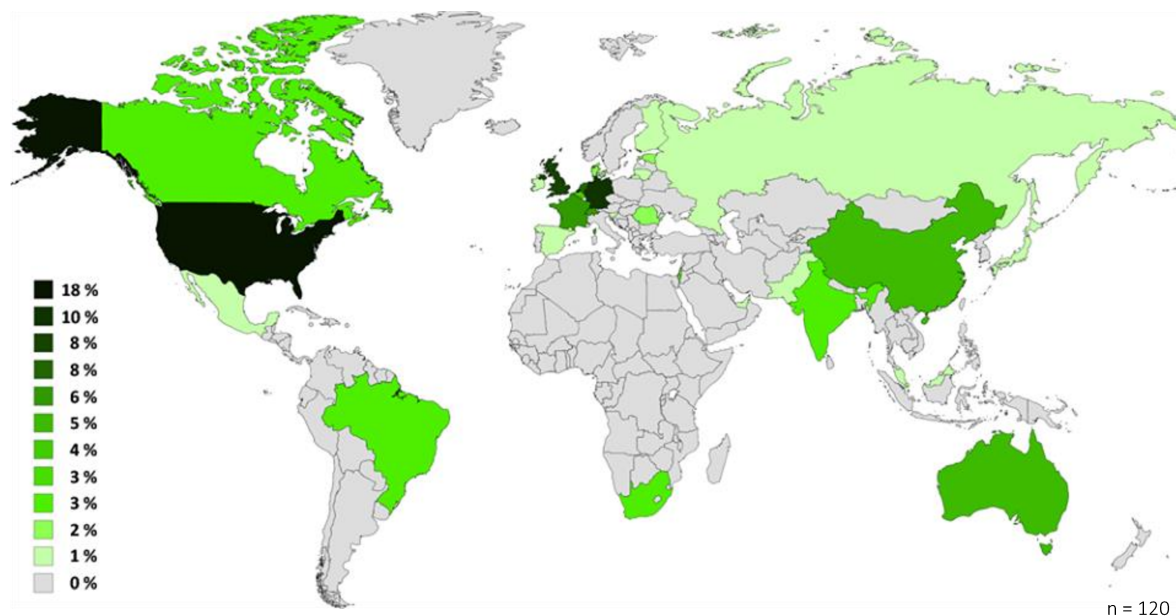


Abb. 17: Nationale Verteilung der E-Blockchain-Start-ups

Die größte Gruppe der Start-ups ist mit 22 Unternehmen in den USA zu finden, gefolgt von Deutschland (12), dem Vereinigten Königreich (10), den Niederlanden (9), Frankreich (7) und der Schweiz (7). Zwar bildet Deutschland mit 12 E-Blockchain-Start-ups, die einen Gesamtanteil von 10 % ausmachen, das zweitgrößte Cluster, dennoch beherbergt die USA (18 %) fast doppelt so viele der Innovatoren. Sowohl bei FRIEDLMAIERS Blockchain-spezifischer Analyse (32 %)[88] als auch bei der allgemeinen Auflistung von StartupBlink (61 %)[315] sind ebenfalls die USA der am stärksten durchdrungene Start-up-Standort, jedoch mit weitaus deutlicherem Abstand. Aus den grau hinterlegten Ländern sind keine E-Blockchain-Start-ups in den verwendeten Datenbanken zu finden, was tendenziell auch dem branchenübergreifenden Ergebnis von FRIEDLMAIER et al. entspricht[88]. Wird die Anzahl der Start-ups aus den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union (EU) mit 48 (40 %) resp. ohne Großbritannien mit 39 Unternehmen (33 %) als Einheit betrachtet, ist die EU der größte „Melting Pot“ der E-Blockchain-Start-up-Szene. Die aber wahrscheinlich bekannteste und

eine der wichtigsten Start-up-Locations ist die San Francisco Bay Area[316]. Das Silicon Valley ist nicht nur der Hauptsitz von einigen der erfolgreichsten Tech-Unternehmen wie den ehemaligen Start-ups Apple, Google oder Facebook[317], sondern auch von Unicorns²⁷ wie Uber, Airbnb, Snapchat oder Pinterest[318]. Das „Global Startup Ecosystem“ Ranking 2017, welches anhand der Faktoren Performance, Finanzierung, Marktreichweite, Talente und Start-up-Erfahrung die besten Ökosysteme für Start-ups ermittelt, führt das Silicon Valley auf Platz eins, gefolgt von New York (2), London (3), Beijing (4) und Boston (5)[319]. Laut einer Bitkom-Umfrage unter Gründer, sind jedoch nicht ausschließlich harte Faktoren wie Kapital oder Reichweite entscheidend, sondern meist persönliche Gründen (80 %)[320]. Der am häufigsten gewählte Standort der 120 Start-ups ist mit sieben Unternehmen London (s. Abb. 18), knapp vor Amsterdam (6) und dem als „Schweizer Silicon Valley“ bezeichneten Zug (5). Erst auf dem vierten Platz erscheint die Bay Area, die, wie auch Berlin und Tel Aviv vier der E-Blockchain-Start-ups beheimatet.

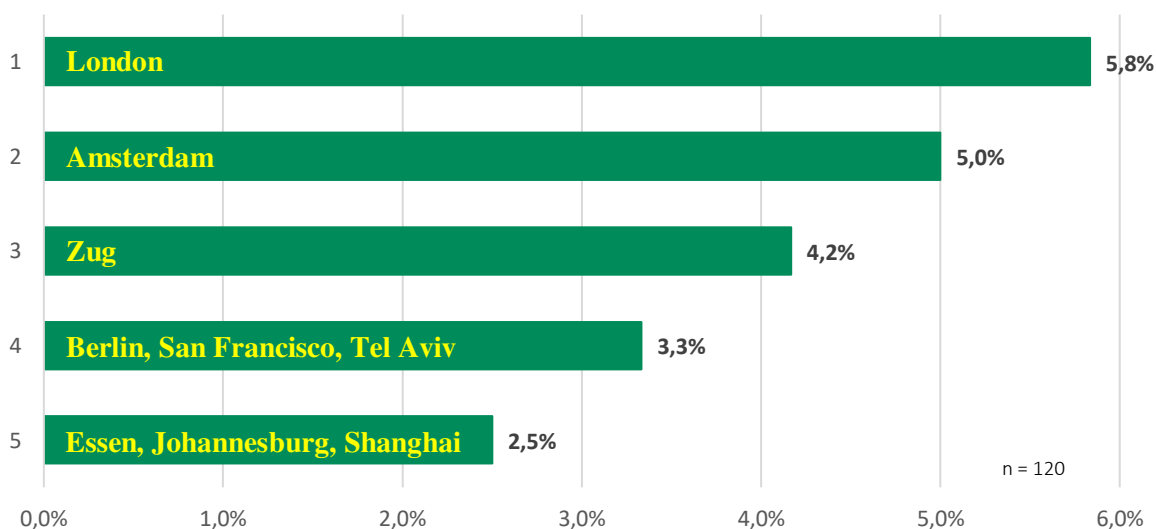


Abb. 18: Ranking der Top Energy-Start-up-Metropolen

Den letzten Platz der Top fünf belegen Johannesburg, Shanghai und die Energiemetropole Essen, mit jeweils drei Unternehmen. Mit Berlin und Essen sind gleich zwei deutsche

²⁷ Ein Start-up wird als Unicorn bezeichnet, wenn es eine Bewertung von einer Milliarde Dollar erreicht.

Energieinnovations-Standorte in den Top 5, wobei Berlin auch regelmäßig weltweit unter den Top Start-up-Metropolen zu finden ist und in Deutschland ohnehin die größte Start-up-Dichte (31 %) aufweist[321]. Die Analyse der Standorte ist von Interesse, da Strom ein komplexes leitungsgebundenes Produkt ist, und Disruptoren standortbezogen als erstes eine Bedrohung für etablierte EVU darstellen könnten. Zudem wird die Blockchain regelmäßig mit dem Internet verglichen. Demnach könnte sich unter den E-Blockchain-Start-ups ein neues Google oder Amazon befinden, das tradierte Player zu reinen Erzeugern degradiert. Um dementsprechend zu wachsen, benötigen Start-ups neben innovativen Ideen vor allem Kapital[322].

4.3 Investitionen

Laut einer Bitkom-Studie benötigen Start-ups durchschnittlich 2,4 Mio Euro Kapital[323]. Daher spielt auch die Standortwahl eine entscheidende Rolle, da beispielsweise in den USA bis zu dreizehn mal mehr Risikokapital investiert wird[324], das laut FLORIDA vor allem in die etablierten Start-up-Standorte San Francisco Bay Area, New York, Boston und Seattle fließt[325]. Zudem ist gemäß CB Insights Kapitalmangel der zweithäufigste Grund, warum Start-ups scheitern. Durchschnittlich wurden dabei 1,3 Mio. USD in gescheiterte Start-ups investiert, die im Mittel zwanzig Monate nach der letzten Finanzierungsrunde ihr Unternehmen aufgeben mussten[326]. Nach einer WEF-Studie aus dem Jahr 2015 wurden mehr als 52,1 % des globalen VC in US-Start-ups investiert, gefolgt von China (15,5 %), Europa (10,6 %), Indien (5,2 %), Israel (1,9 %) und Canda (1,4 %).

Risikokapital, das in E-Blockchain-Start-ups investiert wurde, konnte bei 44 der Merkmals-träger ermittelt werden. Zwei der Start-ups wurden von der Investitionsanalyse ausgeschlossen. Der 2010 gegründete Energiespeicherhersteller Sonnen GmbH und das im Jahr 2012 gegründete US-amerikanische Tech-Start-up Filament erhielten zwar seit ihrer Gründung laut Datenbankinformationen insgesamt knapp 121 Millionen USD, aber das investierte Risikokapital konnte nicht eindeutig einer Blockchain-spezifischen Verwendung zugeordnet

werden. Bei dem IT-Security Unternehmen Guardtime war eine zweckorientierte Differenzierung möglich, wodurch die energiemarktspezifischen Blockchain-Investitionen Berücksichtigung fanden. Insgesamt investierten Risikokapitalgeber bisher knapp 464 Mio. USD in energiespezifische Blockchain-Start-ups (s. Tab. 6).

Tabelle 6: Energiespezifische Risikokapital-Investitionen in Blockchain-Start-ups

Rang	Land	Start-ups	Venture-Kapital in Mio. USD	%
1	UK	5	93,79	20,18
2	USA	8	89,05	19,16
3	Australia	2	47,00	10,11
4	Lithuania	2	40,00	8,61
5	Switzerland	1	38,20	8,22
6	Canada	2	36,72	7,90
7	Slovenia	1	32,73	7,04
8	China	2	28,51	6,13
9	Brazil	2	20,53	4,42
10	Germany	3	12,60	2,71
11	Malaysia	1	6,53	1,41
12	Belgium	2	5,97	1,28
13	Romania	1	4,40	0,95
14	Finland	1	2,98	0,64
15	Denmark	1	2,68	0,58
16	Netherlands	2	2,46	0,53
17	Israel	2	0,59	0,13
18	France	1	0,05	0,01
19	India	1	0,05	0,01
20	Singapore	1	0,01	0,003
Σ		n = 42	464,84	100,00

Knapp 51 % wurden dabei in europäische E-Blockchain-Start-ups investiert. Mehr als 20 % der Gesamtinvestition erhielten Start-ups aus dem vereinigten Königreich. Knapp dahinter folgen erst die US-Start-ups mit 19 %. Deutschland ist mit den drei deutschen Start-ups Pey (0,4 Mio.), Slock.it (2 Mio.) und Conjoule (10,3 Mio.) auf Rang zehn vertreten. Dadurch bestehen auch gute Wachstumchancen für die deutschen E-Blockchain-Szene.

In Zeiten des Blockchain-basierten Kapitaltransfers hat sich zudem eine neue innovative Finanzierungsmethodik herausgebildet, das Initial Coin Offering (ICO). Von den knapp 467 Mio. USD Risikokapital wurden 48 % (225 Mio.) über die neue Finanzierungsform generiert. Bei einem ICO werden sogenannte Token, Werteinheiten die mit dem Bitcoin vergleichbar sind, von einem Unternehmen öffentlich am Markt angeboten[327]. Der ICO ist mit einem Börsengang und der Token mit einem Anteilschein vergleichbar, jedoch für Investoren mit weitaus höheren Risiken verbunden, da bisher keine Regulierung stattfindet[328].

In Bezug auf die Standortwahl, in Abhängigkeit zu der Risikokapital-Investitionsneigung in einen spezifischen Standort, besteht mit $r = 0,67$ zwar ein starker Zusammenhang, jedoch können lediglich knapp 43 % der Variation des Standortes durch die Standorte-bezogene Investitionsneigung erklärt werden. Damit sind 57 % der Variation auf andere Faktoren zurückzuführen.

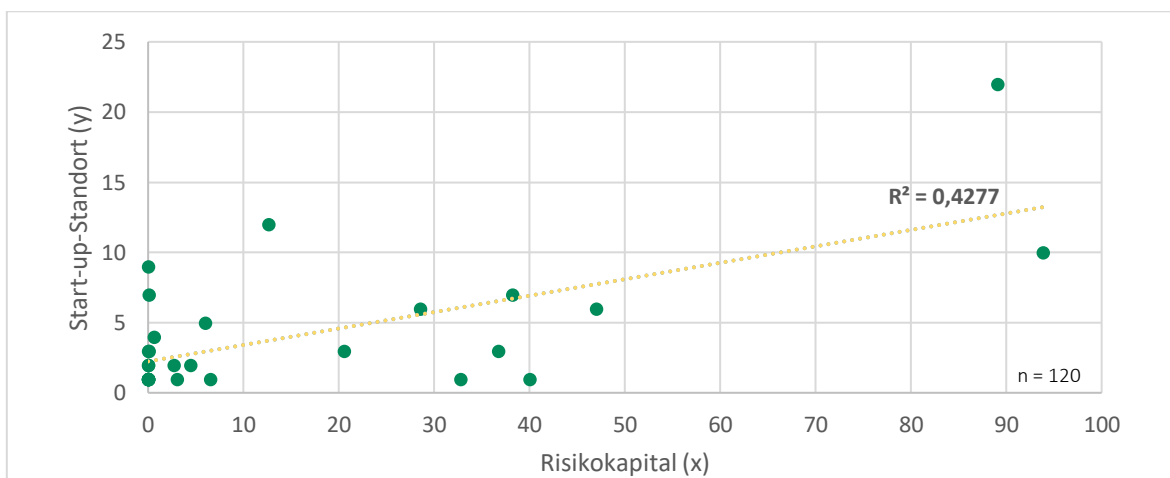


Abb. 19: Standortwahl in Abhängigkeit des investierten Risikokapitals

Den dreizehn von FRIEDLMAIER erfassten Energy-Start-ups konnten 2016 keine Risikokapitalinvestitionen zugeordnet werden[88]. Die aktuellen Ergebnisse verdeutlichen aber, dass nicht nur die Start-up-Anzahl, sondern auch die Blockchain-spezifische Investitionsneigung im Energiesektor stark zugenommen hat. Durch ICOs sind Start-ups zudem weniger von Großinvestoren abhängig und in der Lage, einfacher Risikokapital zu beschaffen.

4.4 Produkte und Produktkategorien

Zur Analyse der unterschiedlichen Produktangebote resp. Services der Start-ups wurden in Anlehnung an BURGER et al. und MLLER, die folgenden Kategorien sowie Sub-Kategorien, gebildet (s. Tab. 7)[91| 110].

Tabelle 7: Beschreibung der Blockchain-Produktkategorien

Kategorie	Subkategorie	Beschreibung
Plattformen	Trading Plattform	Regelleistungs-, Kapazitätsmärkte, Intraday-Trading sowie, Koordination des Kraftwerksportfolios, industrielle Energieversorgung und virtuelle Kraftwerke.
	P2P Trading	Marktdesign zur Wahrung der Versorgungssicherheit und zur Netzoptimierung unter Verwendung zeitlicher und örtlicher Preissignale bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung der Netz Zuverlässigkeit, in unterschiedlichen Insellösungen die wiederum miteinander vernetzt sind, wie z.B. Brooklyn-Microgrid
Prozesse	Certificates & Tracking	Zertifikate werden über die Blockchain ausgegeben, nachverfolgt, eingelöst und zurückgezogen. Der Weg des Strom ist von der Erzeugung bis zum Verbrauch transparent verfolgbar.
	Consulting	Blockchain-Beratungsangebote für P2P Netzwerke inkl. Energiespeicherung und Electric Vehicle (Smart Mobility).
	Grid-/Facility-Management & Security	Im Fokus steht die automatisierte Steuerung von Netz und Kraftwerk: Die Blockchain dokumentiert das virtuelle Energiemengenkonto und regelt Netzungleichgewichte durch „Wenn-Dann-Sonst-Smart Contracts und könnte die Aufgabe des Bilanzkreisnetzbetreibers und -verantwortlichen übernehmen. Im Kraftwerk reguliert, die Blockchain die Frequenz und managet den Redispatch. Der Blockchain-basierte Datenaustausch sorgt für Transparenz und Sicherheit.
	Investment	(Crowd-)funding für Blockchain-basierte Ökosysteme wie z.B. Solarparks, Abwicklung über Blockchain mit Kryptozahlung
	Marketing & Sales	Flexible Tarifangebote auf Basis vertraglich gebündelter Smart Objects (Haushaltsgeräte +EVs + Lichtanlagen) inkl. Kundenbetreuung auf Basis von Smart Data.
	Metering, Billing & Data	Die Abrechnung des Stroms erfolgt über Smart Meter und wird in der Blockchain lückenlos und jederzeit einsehbar dokumentiert. Damit geht eine unehmende Transparenz der Abrechnungsdate einher. Abrechnung auch in den Bereichen dezentrale Energie und Micro-Payments. Die Zahlungen sind mit oder ohne Kryptowährungen möglich. Zudem neue Geschäftsmodelle im Rahmen von Smart Meter Daten + Objects.
	Mobility	Management der Energielieferverträgen sowie Abrechnungsprozessen für die EV, inkl. Angebot resp. Nutzung von öffentlichen Ladestationen.
	NRG-Coin	Blockchain-basierte digital Payments mit Kryptowährungen
	Storage	dezentrale Heimspeicher für Energiedienstleistungen z.B. sonnen GmbH

Die 120 Start-ups richten ihren Fokus auf unterschiedliche Anwendungen wobei sich ein Teil der Start-ups lediglich auf ein Produkt spezialisiert während andere bereits eine Blockchain-Produktpalette offerieren. Dabei sind 34 %²⁸ des Start-up-Portfolios in der Kategorie „Plattformen“ und 66 % in der Kategorie „Prozesse“ zu verorten. Am häufigsten werden Produkte aus den Sub-Kategorien „P2P Trading“ (28%) und „Metering“ (14 %) angeboten (s. Abb. 20). Demnach scheinen sich die Start-up insbesondere auf neue Geschäftsfelder wie den Stromaustausch zwischen Prosumenten oder datengetriebene Blockchain-Geschäftsmodelle zu konzentrieren.

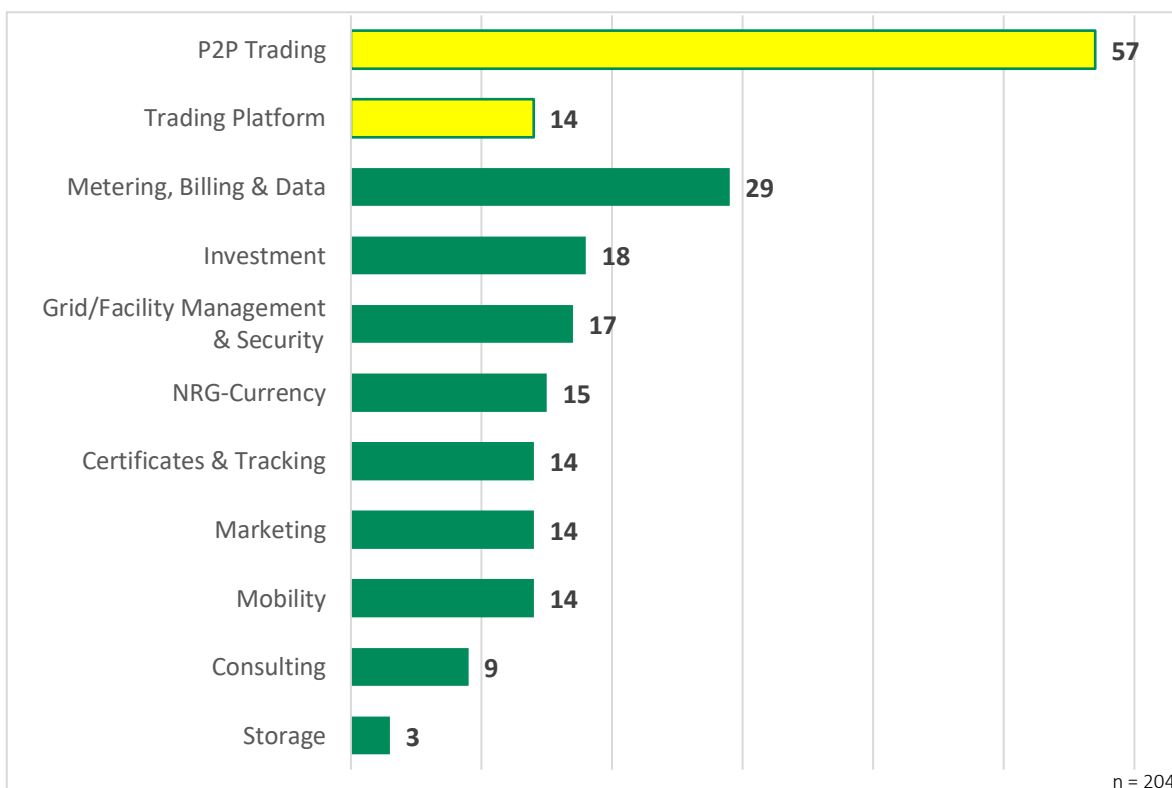


Abb. 20: Art und Anzahl der Blockchain-Produkte / -Services im Energiesektor

Diese Segmente sind für Start-ups ein sinnvoller Einstiegsbereich in den Energiemarkt, denn laut RICHARD wird es die Blockchain-Technologie mittelfristig schwer haben etablierte IT-Systeme zu verdrängen^[111]. Möglicherweise sind deshalb Handelsplattformen (B2B) mit

²⁸ Prozentangaben auf ganze Zahlen gerundet.

nur knapp 7 % vertreten. Die Kategorie „Investment“ (9 %) ist einer der stärksten Treiber für die dezentrale Energiewende. Darunter fallen Blockchain-basierte Plattformen, die Token verkaufen und dass damit generierte Kapital weltweit in Sonnen- oder Windparks investieren. Die Erträge aus dem Verkauf der Energie werden anteilig an die Token-Besitzer ausgeschüttet. Nicht nur der Verkauf der Token, sondern auch die Energie, wird komplett über die Blockchain abgewickelt.

Anbieter aus der Kategorie „NRG Currency“ (7 %), offerieren ein nahezu vergleichbares Angebot wie Bitcoin (Zahlungsmittel), jedoch wird der Preis eines NRG Coins nicht von Angebot und Nachfrage bestimmt, sondern bildet z.B. den lokalen Strompreis für eine kWh ab. Durch die Koppelung an den Strompreis ist das Zahlungsmittel weitaus weniger volatil als der Archetyp. Häufig sind die Coins mit marketingwirksamen Belohnungsprogrammen verknüpft. Kauft der Konsument mit den Coins regelmäßig Grünstrom oder andere ökologischen Produkte, erhält er einen Bonus. Auch „Zertifikate“ (7 %) sind häufig mit Bonusprogrammen verbunden und dienen als Herkunftsnachweis für Grünstrom dessen Weg über die Blockchain vom Erzeuger bis zum Verbraucher nachvollziehbar wird.

Die Kategorie „Marketing“ (7 %) ist keine Kategorie die für sich alle steht, sondern immer mit einem anderen Blockchain-Produkt verknüpft. Häufig als Belohnung für die Nutzung von EE-Energien, ggf. auch um das eigentliche Blockchain-Produkt trendgerecht zu vermarkten. Elektroautos und Ladestationen (z.B. Share & Charge von Motion Werk) oder mobile Apps zur Steuerung von Haushaltsgeräten, sind in der Kategorie „Mobilität“ (7 %) eingeordnet. Bei einer öffentlichen Ladeinfrastruktur für Elektroautos kann prinzipiell bei jedem teilnehmenden Hausbesitzer geparkt und das Auto geladen werden. Alle Prozesse werden dabei über ein Blockchain-System abgewickelt (Zahlung, Freischaltung der Ladestation)[329].

Die Kategorie „Consulting“ (5 %) repräsentiert typische Blockchain-Beratungsdienstleistungen, für Prosumer und/ oder Netz- resp. Kraftwerksbetreiber. Die kleinste Kategorie „Storage“ (1,5%) bezieht sich auf Energiespeicher-Hersteller, welche die Blockchain mit ihrem

Produkt kombinieren. Ein typisches Beispiel ist der Batteriespeicher-Produzent Sonnen, der gemeinsam mit Tennet und IBM einen Pool von dezentralen Heimspeichern, über ein Blockchain-System vernetzt, um Netzengpässe sowie die Abschaltung von Anlagen zu reduzieren[92].

Auch Investoren sehen im P2P Trading das größte Potenzial in der Energiewirtschaft (s. Abb. 21). Aber im Gegensatz zu den Gründern, von denen die zweithäufigste Gruppe in der Kategorie „Metering“ Produkte offeriert, präferieren die Risikokapitalgeber Produkte die zur Optimierung bestehender Prozesse eingesetzt werden können. Die hohen Investitionen in NRG Coins können auch darauf zurückgeführt werden, dass 2/3 der Start-ups die NRG-Coin-Produkte anbieten ein ICO durchgeführt haben und diese Art der Geldanlage zur Zeit auch bei Anlegern sehr beliebt ist.

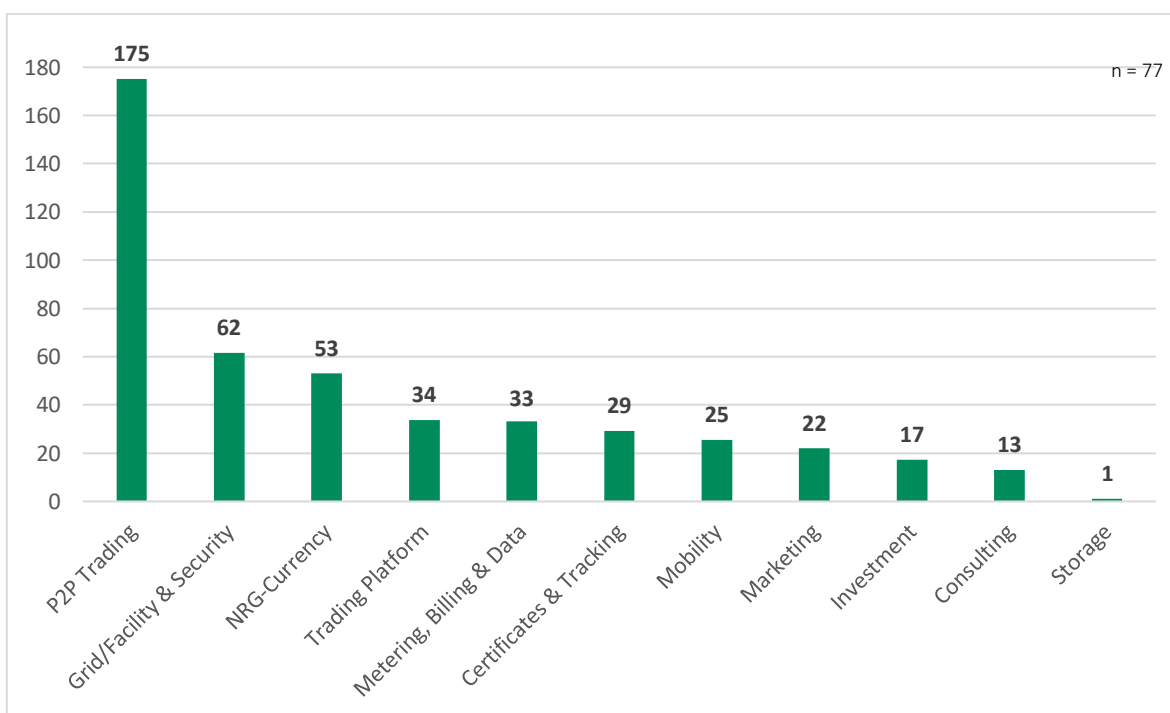


Abb. 21: Investitionen in Blockchain-Produktkategorien

Auch in B2B-Handelsplattformen sehen die Investoren ein großes Potenzial für die Energiewirtschaft, obwohl relativ wenige Start-ups in der Kategorie aktiv sind. Dabei stellt sich grundsätzlich die Frage welchen Mehrwert eine Blockchain in ohnehin geschlossenen und

relativ sicheren Systemen wie beispielsweise der Leipziger EXX bietet. Sowohl die Angebots- als auch die Investorenergebnisse zeigen, dass in der Blockchain-Zusammenarbeit mit den Bereichen „Mobility“ und „Storage“ noch Nachholbedarf besteht, da beide Kategorien als wichtige Bausteine der Energiewende anzusehen sind. Zudem wurden auch in dieser Auswertung die Sonnen GmbH und Filament nicht berücksichtigt, weil das Risikokapital keinem Blockchain-spezifischen Zweck zugeordnet werden konnte bzw. das Risikokapital bereits vor den Blockchain-Aktivitäten den Unternehmen zugeflossen ist.

Im Gegensatz zur Standort-Analyse besteht bei der Investitionsneigung mit $r = 0,89$ eine sehr starke Abhängigkeit zum Produkt repr. zur Produktkategorie. Zudem kann in diesem Fall knapp 80 % der Variation einer Investition durch das Produkt erklärt werden.

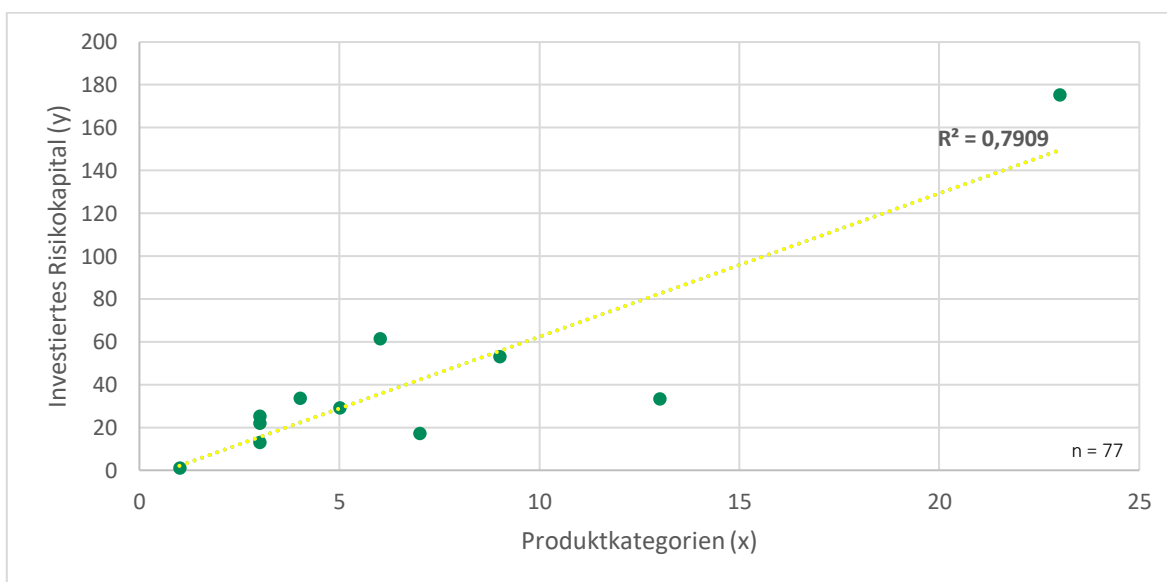


Abb. 22: Investitionen in Abhängigkeit der Produkte

Daraus ist abzuleiten, dass dem P2P Trading das größte Potenzial inhärent ist weil Start-ups aufgrund der höheren Investitionsneigung auch ein höheres Wachstumspotenzial haben. Jedoch bleibt abzuwarten, ob sich die zwischen 2015 und 2017 gegründeten Unternehmen im Energiesektor etablieren können, da die meisten Start-ups innerhalb der ersten drei Jahre scheitern[330]. Allein im Jahr 2016 mussten in Deutschland über 3000 Start-ups, deren Gründungsdatum nach dem 01.01.2013 erfolgte, Insolvenz anmelden[331].

5 Applikationspotenziale und Handlungsempfehlungen

AICHELE konstatiert zwei Szenarien für die digitale Energiewende. aus Perspektive der Konsumenten, die entweder aktiv partizipieren oder weiterhin die tradierten Player agieren lassen, wobei er der zweiten Variante die weitaus höhere Probabilität zuspricht. Daraus würde ein kostspieliger Netzausbau resultieren und, die etablierten EVU diktieren dabei sowohl das Tempo als auch den Umfang der Dezentralisierung[332]. Durch das Blockchain-Versprechen muss die Gewichtung dieser Wahrscheinlichkeitsverteilung jedoch neu diskutiert werden.

Das folgende Beispiel anhand des Geschäftsmodells von Grid+ zeigt einen Ansatz bei dem Konsumenten, Prosumer sowie Grid+, als Intermediär und Anbieter einer innovativen Blockchain-basierten Infrastruktur (s. Abb. 22 S. 61) [333| 334| 335| 336| 337], gemeinsam monetäre Mehrwerte generieren und mit etablierten Marktakteuren konkurrieren.

5.1 Fallbeispiel: Business-to-Prosumer-to-Prosumer-Applikation

Das 2017 in Brooklyn New York gegründete Start-up Grid+ verwendet für seine Plattform die öffentliche Ethereum-Blockchain, welche zur Zeit zwar noch den PoW implementiert hat, aber in Kürze mit „Capser“ ein PoS-basiertes Protokoll anbietet[338]. Die Plattform des Start-ups ermöglicht nicht nur P2P-Trading, sondern verbindet die Konsumenten und Prosumen auch mit dem Stromgroßhandel.

Ein wesentliches Element des Systems ist der „Grid+ Smart Agent“, den jeder Teilnehmer erwerben muss, um sich im Grid+ System registrieren zu können. Der Smart Agent ist im Prinzip ein Computer der die Blockchain, den Smart Meter, und die Teilnehmer untereinander sowie mit Grid+ vernetzt. Über den Smart Agent kaufen die Teilnehmer Token, die als Zahlungsmittel und Smart Contract fungieren. Dabei offeriert Grid+ mit dem „BOLT“ und dem „GRID“ zwei unterschiedliche Token. Der BOLT Token ist das grundsätzliche Zahlungsmittel, das Kunden mit klassischen (USD; EUR) oder digitalen Währungseinheiten

(Bitcoin, Ether) kaufen. Der BOLT ist an den Dollar gekoppelt und hat einen festen Umtauschkurs von 1:1. Der reale Gegenwert zu den erworbenen BOLTs wird in risikoarme Vermögenswerte (z. B. Staatsanleihen) investiert, da der Kunde jederzeit seine BOLTs wieder in Dollar eintauschen kann[335].

Der Smart Agent speichert das virtuelle Guthaben und rechnet über den Smart Meter den Stromverbrauch des Kunden automatisiert in Echtzeit ab. Der Smart Agent ist dabei so konzipiert, dass er immer das kostengünstigste Stromangebot erwirbt. Zudem führt der Agent alle kryptografischen Signaturen in einer separaten Umgebung aus, die in seiner sicheren Enklave gespeichert sind. Als Teilnehmer am Stromgroßhandel kauf Grid+ im Namen seiner Kunden größere Strommengen in 15-Minuten Zeitintervall, die in Echtzeit fakturiert werden[336].

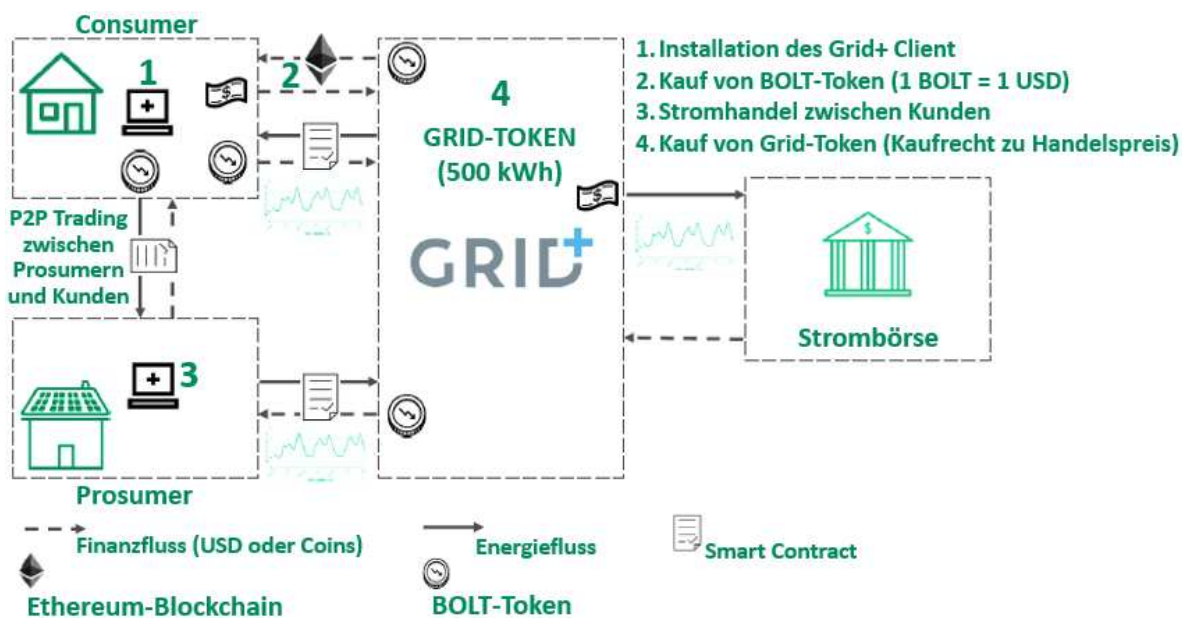


Abb. 23: Vereinfachte Darstellung des Grid+ Geschäftsmodells

Der GRID-Token ist eine Art Kaufrecht für 500 kWh Strom zum Großhandelspreis. Dabei erwirbt der Kunde im Prinzip eine Kaufoption auf die 500 kWh ohne Ablaufdatum, die bei

Einlösung zum Rücknahmezeitpunkt abgerechnet wird. Damit hat der Kunde nicht nur Zugang zu günstigen Handelspreisen, sondern kann auf einen Zeitpunkt abwarten an dem er besonders günstig Strom vom Großhandel bezieht[334].

5.1.1 Potenzieller Mehrwert

- Einfachheit: Durch den Smart Agent bleibt der Kunde von der Komplexität der Strommarktpreisschwankungen befreit. Zudem baut das System auf einer sicheren Blockchain-Infrastruktur auf. Im Gegensatz zur öffentlichen Blockchain-Systemen liegt das Risiko des Schlüsselverlusts nicht beim User, sondern auch hier regelt der Smart Agent alles automatisiert.
- Lokalität: Die Nutzer können auch direkt von ihrem Nachbarn Strom beziehen, wodurch Übertragungsverluste vermieden und das Netz entlastet wird[336].
- Transparenz: Die Marge und die Marktpreise sind allen Teilnehmern bekannt[333].
- Effizienz: Durch die Abwicklung über Blockchain und Smart Contracts, reduziert Grid+ die Verwaltungskosten und muss sich nicht mit Zahlungsrückständen befassen, weil das System auf Token-Guthaben basiert. Die Abrechnung erfolgt in Echtzeit.
- Wahlfreiheit: Der Kunde entscheidet ob Strom vom Großhandel oder Nachbarn bezogen wird. Zudem kann der Kunde auf Wunsch ausschließlich Grünstrom beziehen.
- Alle Transaktionen werden dauerhaft in der Ethereum-Blockchain transparent dokumentiert[334].

5.1.2 Nachteile

- Grid+ muss zunächst eine kritische Masse erreichen, damit auch große Einkaufsmengen an der Börse realisierbar sind.
- Die Plattform wurde noch nicht in der Praxis getestet. Wie sicher der Smart Agent tatsächlich ist wird sich erst noch herausstellen[334].

- Im Gegensatz zu einer öffentlichen Blockchain ohne Intermediär, rechnet Grid+ mit einer Marge von 20 % [333].
- Aus der Perspektive etablierter EVU stellt das System, aufgrund des Automatisierungsgrads sowie der multiplen Vernetzung, eine Bedrohung dar, weil im Grunde keine Services mehr benötigt werden und ein Zugang zum Großhandel geschaffen ist, der prinzipiell auch Grid+ überflüssig macht, da auch der Betreiber nicht in das System eingreift resp. nur zu Wartungszwecken.

5.2 Handlungsempfehlungen

Der Energiesektor steht vor schwierigen Herausforderungen, bei denen die Blockchain-Technologie als ein Lösungsweg in Betracht zu ziehen ist. Das Grid+ Modell hat verdeutlicht, dass mit der Blockchain, im Rahmen von Smart Contracts, nicht nur ein hoher Automatisierungsgrad, sondern auch eine umfassende Vernetzung der Marktteilnehmer erfolgen kann, die ihre Kontrakte sicher über die Blockchain abwickeln. Vor allem in Verbindung mit intelligenten Verträgen und dem Internet der Dinge, kann die Blockchain als Enabler dienen und zahlreiche Prozesse beschleunigen. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Blockchain-Technologie nicht in allen Bereichen die optimale Lösung darstellen wird. In bereits relativ sicheren geschlossenen Systemen ist es fraglich, ob eine noch weitgehend unerforschte Technologie zum jetzigen Zeitpunkt sinnvoll ist. Wie in allen Bereichen sind von der Technologie vor allem Intermediäre betroffen, weshalb das Grid+ Beispiel ausgewählt wurde. Denn auch Grid+ tritt am Markt als klassischer Intermediär in Erscheinung. Dadurch wird deutlich, dass die Technologie nicht als Bedrohung sondern als potenzieller Unterstützung anzusehen ist. Letztendlich ist nicht nur entscheidend, dass man die Blockchain einsetzt, sondern vielmehr wie.

6 Konklusion

6.1 Zusammenfassung und Kritische Würdigung

Blockchain-Systeme sind im Prinzip mit technischen Geräten vergleichbar, deren technische Spezifikationen die meisten nicht verstehen, aber trotzdem nutzen. Während es für den privaten Nutzer regelmäßig. ausreicht, dass ein Computer oder ein Smartphone bestimmte präferierte Funktionen erfüllt, ist für unternehmerische Entscheidungsträger i. d. R. eine tiefgreifender Sichtweise erforderlich. Zwar muss auch ein Entscheidungsträger nicht bis ins kleinste Detail mit einer Technologie vertraut sein, aber sich der damit verbundenen Vorteile und Risiken bewusst sein. Dies kann auch für Prosumenten relevant sein, die im Kollektiv ein Microgrid betreiben und ggf. das unternehmerische Risiko tragen müssen. Daher wurden in Kapitel zwei die wesentlichen Spezifika generischer Blockchain-Systeme sowie die damit jeweils verbundenen Vor- und Nachteile aufgezeigt. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Technologie noch in einem relativ frühen Entwicklungsstadium ist und, abgesehen von der Bitcoin-Blockchain, bisher keine Erfahrungswerte über langfristige Auswirkungen in der Praxis vorliegen.

Im dritten Kapitel wurde das Analyseverfahren vorgestellt. Die acht analysierten Datenbanken lieferten aus über einer Millionen Start-up-Nennungen 348 Energy-Blockchain-Startups, die nach Ausschluss von Mehrfachnennungen noch 120 Merkmalsträger ergaben. In Bezug auf die Merkmale wurden aber auch die Schwächen der Datenbankerhebung deutlich, da viel der Datensätze unvollständig vorlagen. Die Unternehmenswebseiten und das soziale Netzwerk LinkedIn lieferten weitere Datensätze, wodurch es möglich war, einige der Merkmale zu vervollständigen. Einige der Interessantesten Merkmale wie beispielsweise das bereits in die Start-ups investierte Risikokapital konnten nur bei knapp 37 % der Unternehmen ermittelt werden. Zudem liegt es in der Natur einer Stichprobe, dass auch der Zufall eine Rolle spielt und die Grundgesamtheit nicht exakt ermittelbar ist. Aus der Erkenntnis, dass nicht jedes Energie-Start-up in allen Datenbanken vertreten ist resp. manche Merkmalsträger

lediglich in einer Datenbank aufgeführt wurden, geht hervor, dass die Studie keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben kann.

Die Analyse in Kapitel vier hat gezeigt, dass in der Energiewirtschaft ein reichhaltiges Ökosystem aus Start-ups entstanden ist, die zahlreiche sektorspezifische Produkte bereithalten. Von den 120 Unternehmen wurden 88 % in den letzten vier Jahren gegründet, jedoch mit 32 % der größte Anteil im Jahr 2017. Daher bleibt noch abzuwarten, ob sich die „Newcomer“ erfolgreich am Markt etablieren können. Der Hauptsitz von mehr als der Hälfte der Start-ups befindet sich auf dem europäischen Kontinent gefolgt von der USA mit 24 % und Asien mit 17 %. Der hohe Anteil in Europa und der eher ungewöhnliche geringe Start-up-Anteil der USA könnte unter Umständen auf die Erhebungsmethode zurückzuführen sein. Weitere Studien, die sich mit den gleichen Merkmalsträgern beschäftigen könnten zur Klärung der Frage beitragen.

Auf nationaler Ebene sind die mit Abstand meisten Start-ups (18 %) in den USA beheimatet, gefolgt von Deutschland mit immerhin noch 10 %, wobei London die beliebteste Stadt unter den Start-up Metropolen ist in der 5,8 % der Unternehmen ihren Hauptsitz haben. In die Londoner Start-ups wurde bisher auch der größte Anteil an sektorspezifischem Blockchain-Risikokapitals (20 %) investiert, der auf globaler Ebene ein Gesamtvolumen von knapp 467 Millionen US-Dollar erreicht hat. Ein Zusammenhang von Risikokapital und Standortwahl konnte jedoch nicht festgestellt werden.

Die Analyse der Blockchain-Produktpalette führte zu dem Ergebnis, dass die meisten Start-ups Produkte aus den Kategorien P2P Trading (28 %) und „Metering, Billing & Security“ (14 %) anbieten. Auch die Investoren sehen in der „P2P Trading“-Kategorie das größte Potenzial, die mit knapp 38 % (175 Mio. USD) das meiste Risikokapital auf sich vereint. Zudem konnte gezeigt werden, dass eine starke Abhängigkeit zwischen einer Produktkategorie und der Investitionsneigung besteht. Anhand der Analysen wird das größte Blockchain-Potenzial kurz- bis mittelfristig in den Bereichen P2P Trading, Handelsplattformen, E-Kryptowährungen und Metering gesehen. Langfristig, einhergehend mit der flächendeckenden Diffusion

von Smarter-Metern, wird sich die Blockchain-Kategorie Metering, Billing & Data durchsetzen, bei der die Investoren zur Zeit noch vergleichsweise zurückhalten sind.

In Kapitel fünf wurde anhand eines Use Case das Einsatzpotenzial sowie damit verbundene Mehrwerte und Herausforderungen aufgezeigt. Die Implikationen für die Energiewirtschaft im Allgemeinen sowie für tradierte Energieversorger im Speziellen, zeigen sich künftig insbesondere in einem aktiveren Wettbewerb bei dem Blockchain-Start-ups eine Rolle spielen, in welchem Umfang ist aber noch ungewiss.

6.2 Forschungsdesiderate und Prognosen

Die aus den Datenbanken generierten Datensätze enthielten keine inaktiven Start-ups. Bei künftige Studien wäre es wünschenswert, die bisherige Anzahl an Start-up-Gründungen zu erfassen und die bereits gescheiterten Unternehmen resp. Projekte für Prognosen aufzubereiten. Da mehr als 80 % der Start-ups relativ schnell wieder ihr Geschäft aufgeben und im Schnitt über 1,3 Millionen Euro in die gescheiterten Projekte investiert wird, sind vor allem Analysen von Interesse mit denen Entscheidungsträger das Investitionsrisiko reduzieren können.

Im Vergleich mit der branchenübergreifenden Blockchain-Start-up-Analyse aus dem Jahr 2016 hat sich ein hoch dynamische Blockchain-Entwicklungsumfeld in der Energiebranche gezeigt. Während 2016 nur 13 energiespezifische Blockchain-Start-ups erfasst wurden, waren es Anfang 2018 bereits 120, wobei die Anzahl der Datenbank zwar erhöht wurde, aber der größte Teil der Datensätze aus den in beiden Studien verwendeten Datenbanken stammt. Derartige Analysen liefern immer nur eine Momentaufnahme, die bereits heute wieder veraltet sein kann. Daher würde sich eine kontinuierliche Datenerfassung anbieten, die dauerhaft aktuelle Informationen über das Blockchain-Start-up-Ökosystem im Energiesektor liefert. Eine konsensspezifische Analyse wurde nicht vorgenommen. Daher sollte der Fokus von künftigen Studien, vor allem auf die Konsensmechanismen ausgerichtet sein, um zu prüfen welches System am Markt erfolgreich ist, und aus ökonomischer Perspektive die sicherste,

aber auch kostensparendste Alternative darstellt. Dafür müssen jedoch die System erst einige Zeit im Praxisbetrieb sein.

Auch wenn zur Zeit intensiv in die Blockchain-Technologie investiert und zunehmend damit experimentiert wird, ist bisher noch nicht absehbar, ob sich die Blockchain-Systeme in der energiewirtschaftlichen Praxis bewährt. Jeder Konsensmechanismus hat seine Vor- und Nachteile. Der Proof-of-Work ist zur Zeit als sicherste und am längsten bewährte Alternative einzustufen. Aufgrund der hohen Energie- und Hardwarekosten ist ein Einsatz als öffentliche Blockchain, unter ökonomischen Gesichtspunkten unrentabel. Es ist davon auszugehen, dass Blockchain-Systeme die auf dem Proof-of-Work-Konsens basieren, sich nicht am Markt etablieren.

Andere Variationen werden in Kürze auf den Energiemärkten erscheinen und mehr Wettbewerb in das tradierte Geschäft bringen. Damit die P2P-Anwendungen in der Energiewirtschaft eine Chance haben, muss jedoch eine kritische Kundenmasse erreicht werden. Dies ist vor allem vom Konsumenten- resp. Prosumentenverhalten abhängig, die ggf. die neue Technologie ablehnen oder bei ihren derzeitigen Anbietern bleiben. Wenn ein Blockchain-System aber monetäre Mehrwerte, im Sinne von günstigeren Stromangeboten ermöglicht, dann werden sich preisbewusste Kunden für den Blockchain-Anbieter entscheiden.

Grid+ integriert zwar die Blockchain in ihr System, schöpft aber das Potenzial der Technologie nicht gänzlich im eigentlichen dezentralen Sinne aus. Jedoch ist zu vermuten, dass zu Beginn vor allem Anwendungen in dieser Form – mit zentraler Instanz – die besten Chancen am Markt haben und künftig insbesondere das IoT und Smart Contracts ein wesentlicher Treiber sind.

7 Literaturverzeichnis

- [1] LUHMANN, N. (2014): UTB. Bd. 20185: Vertrauen: Ein Mechanismus der Reduktion sozialer Komplexität. 5. Aufl. Konstanz: UKV-Verlagsgesellschaft. ISBN 3825240045.
- [2] CLASES, C.; WEHNER, T.(2000): Vertrauen. <URL: <http://www.spektrum.de/lexikon/psychologie/vertrauen/16374>> Heidelberg: Spektrum.de. (Retrieved: 2017-12-05)
- [3] KOHRING, M. (2001): Arbeitsbericht/Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden Württemberg. Bd. Nr. 196: Vertrauen in Medien – Vertrauen in Technologie. Stuttgart: Akademie für Technikfolgeabschätzung in BW. ISBN 9783934629493.
- [4] RIPPERGER, T.: Die Einheit der Gesellschaftswissenschaften. Bd. 101: Ökonomik des Vertrauens: Analyse eines Organisationsprinzips. 2. Aufl., Studienausg., Nachdr. Tübingen: Mohr Siebeck. ISBN 978-3-161480669.
- [5] BECKERT; J. (2011): Die Finanzkrise ist auch eine Vertrauenskrise. <URL: http://www.mpifg.de/pu/ueber_mpifg/mpifg_jb/JB1112/MPIfG_11-12_06_Beckert_Vertrauen.pdf> (Retrieved: 2017-12-05).
- [6] HAGER, A. (2012): Bankenkrise als Vertrauenskrise: Die Wirkung von Trust Repair Maßnahmen auf unterschiedliche Stakeholder untersucht am Beispiel der UBS. Saarbrücken, AV-Akademikerverlag. ISBN: 978-3-639-44915-0.
- [7] Stray, K. (2017): Who Created Bitcoin: Long Story Short.<URL: <https://cointelegraph.com/news/who-created-bitcoin-long-story-short> > (Retrieved: 2018-03-17).
- [8] NAKAMOTO, S. (2009): Bitcoin open source implementation of P2P currency. <URL: <http://p2pfoundation.ning.com/forum/topics/bitcoin-open-source>> (Retrieved 2017-12-05)
- [9] DITTLI, M. (2013): Die Altmeister der Ökonomie: Der Prophet der Instabilität. <URL: <https://www.fuw.ch/article/der-prophet-der-instabilitat/>> (Retrieved: 2017-12-05)
- [10] TASCA, P. (201): The Dual Nature of Bitcoin as Payment Network and Money. <URL: https://www.suerf.org/docx/SUERF_Conference_Proceedings_2016_1.pdf#page=72> (Retrieved: 2018-01-05).
- [11] BADEV, A.; CHEN, M. (2014) Bitcoin: Technical Background and Data Analysis. <URL: <https://www.federalreserve.gov/econresdata/feds/2014/files/2014104pap.pdf>> (Retrieved: 2018-01-05).
- [12] SIXT, E. (2017): Bitcoin und andere dezentrale Transaktionssysteme. Wiesbaden, Springer Fachmedien. ISBN: 978-3-658-02843-5.

-
- [13] HOCK, M. (2018): Kryptowährungen: Ist Bitcoin am Ende? <URL: http://www.faz.net/aktuell/finanzen/finanzmarkt/bitcoin-abgesang-auf-die-kryptowaehrung-verfrueht-15404801.html?printPagedArticle=true#pageIndex_0> (Retrieved: 2018-03-14):
- [14] COINMARKETCAP (2018): Cryptocurrency Market Capitalizations. <URL: <https://coinmarketcap.com/>> (Retrieved: 2018-03-14).
- [15] HILEMAN, G.; RAUCHS, M. (2017): GLOBAL CRYPTOCURRENCY BENCHMARKING STUDY. <URL: https://www.jbs.cam.ac.uk/fileadmin/user_upload/research/centres/alternative-finance/downloads/2017-global-cryptocurrency-benchmarking-study.pdf> (Stand: 2017-11-04).
- [16] STEEMIT (2017): 2017 List of Big Companies that Accept Bitcoin & Cryptocurrencies. <URL: <https://steemit.com/bitcoin/@steemitguide/2017-top-list-of-big-companies-that-accept-bitcoin-and-cryptocurrencies>> (Retrieved: 2018-03-14).
- [17] SCHLATT, V.; SCHWEIZER, A.; URBACH, N.; AND FRIDGEN, G. (2016): Blockchain: Grundlagen, Anwendungen und Potenziale. <URL: https://www.fit.fraunhofer.de/content/dam/fit/de/documents/Blockchain_WhitePaper_Grundlagen-Anwendungen-Potentiale.pdf> (Retrieved: 2018-03-14).
- [18] ECO - VERBAND DER INTERNETWIRTSCHAFT E.V. (2017): Podcast: „Die Blockchain wird die Gesellschaft ein Stück weit verändern.“ <URL: <https://web.eco.de/presse/podcast-die-blockchain-wird-die-gesellschaft-ein-stueck-weit-veraendern/>> (Retrieved: 2018-03-14).
- [19] Deloitte (2017): Die Blockchain (R)evolution – Die Schweizer Perspektive: <URL: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/innovation/ch-de-innovation-blockchain-revolution.pdf>> (Retrieved: 2018-03-15).
- [20] WATTENDRUP, C. (2016): Alltagstaugliche Energiewende <URL: <https://blog.vattenfall.de/alltagstaugliche-energiewende/>> (Retrieved: 2018-03-15).
- [21] JÄHNICHEN, S. (2017): Die Blockchain – Hoffnungsvolle Allzwecktechnologie für die Gesellschaft 4.0? <URL: <https://gi.de/themen/beitrag/die-blockchain-hoffnungsvolle-allzwecktechnologie-fuer-die-gesellschaft-40/>> (Retrieved: 2018-03-15).
- [22] RINN, L. (2017): Blockchain in der Energiewirtschaft - Hype oder Zukunft? <URL: <https://node.energy/blockchain-in-der-energiewirtschaft-hype-oder-zukunft/>> (Retrieved: 2018-03-15).
- [23] BOLLINGER-KANNE, J. (2017): Energiewirtschaft: Digitaler Energiewendeschub. <URL: <https://node.energy/blockchain-in-der-energiewirtschaft-hype-oder-zukunft/>> (Retrieved: 2018-03-15).
- [24] SCHWARZ, R.; LINDWEDEL, E. (2017): Schwerpunktthema: Blockchain – digitaler Treiber für die Energiewende*. In: World Energy Council (Hrsg.): Energie für Deutschland Fakten, Perspektiven und Positionen im globalen Kontext | 2017 <URL: <https://www.erneuerbareenergien.de/effiziente-integration-erneuerbarer-energien-durch-blockchain/150/437/105893/>> (Retrieved: 2018-01-18).

-
- [25] STRÜKER, J.; ALBRECHT, S.; REICHERT, S.; SCHMID, J. (2017): Blockchain in der Energiewirtschaft: Potenziale für Energieversorger. <URL: https://www.bdew.de/media/documents/BDEW_Blockchain_Energiewirtschaft_10_2017.pdf> (Retrieved: 2018-03-06).
- [26] STRÜKER, J. (2017): Blockchain: (R-)Evolution der Energiewirtschaft. <URL: http://www.stadt-und-werk.de/druck/meldung_26802_%28R-%29Evolution+der+Energiewirtschaft.html> (Retrieved: 2018-03-06).
- [27] RÜCKESHÄUSER, N.; BRENIG, C.; MÜLLER, G. (2017): Blockchains als Grundlage digitaler Geschäftsmodelle. <URL: <https://doi.org/10.1007/s11623-017-0818-8>> (Retrieved: 2018-03-06).
- [28] APPELRATH, H.-J.; FELDEN, C. (2010): IT in der Energiewirtschaft. In: Schuhmann, M. et al. (Hrsg.): Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2010. Göttingen, Universitätsverlag. ISBN: 978-3-941875-31-9.
- [29] BECKER, S. (2016): Digitalisierung ist ein nötiger Innovationstreiber. In: Forum für Zukunftsenergien (Hrsg.): Chancen und Herausforderungen durch die Digitalisierung der Wirtschaft. <URL: http://www.zukunftsenergien.de/fileadmin/user_upload/zukunftsenergien/Dokumente/FfZ_KuratSchri_Band9_Digitalisierung.pdf> (Retrieved: 2017-12-30).
- [30] CAMPUS FÜR ENERGIE UND WIRTSCHAFT (2017): Liberalisierung | Energiewende | Digitalisierung. <URL: <http://www.campus-ew.de/liberalisierung-energiewende-digitalisierung/>> (Retrieved: 2018-01-11).
- [31] BUNDESANZEIGER VERLAG (1990): Gesetz über die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien in das öffentliche Netz (Stromeinspeisungsgesetz) <URL: https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?start=//*%5B@attr_id=%27bgbl190s2633b.pdf%27%5D#__bgbl__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl190s2633b.pdf%27%5D__1515705360542> (Retrieved: 2018-01-11).
- [32] BONTRUP, H.-J. (2017): Digitalisierte Ambivalenz – Auswirkungen auf die Elektrizitätswirtschaft. <URL: <http://www2.alternative-wirtschaftspolitik.de/uploads/m0317.pdf>> (Retrieved: 2018-01-03).
- [33] BMWi (2017): Das Erneuerbare-Energien-Gesetz. <URL: https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Dossier/eeg.html?cms_docId=72462> (Retrieved: 2017-12-31).
- [34] BUNDESANZEIGER VERLAG GMBH (2000): Gesetz über den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz EEG) sowie zur Änderung des Energiewirtschaftsgesetzes und des Mineralölsteuergesetzes. <URL: https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?start=%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl100s0301.pdf%27%5D#__bgbl__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl100s0301.pdf%27%5D__1514738493624> (Retrieved: 2017-12-31).

-
- [35] BMWi (2015): Erneuerbare Energien in Zahlen: Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2015. <URL: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/erneuerbare-energien-in-zahlen-2015-09.pdf?__blob=publicationFile&v=14> (Retrieved: 2017-12-30).
- [36] FRAUENHOFER ISE (2018): Stromerzeugung in Deutschland in 2017<URL: https://www.energy-charts.de/energy_pie_de.htm?year=2017> (Retrieved: 2018-01-11).
- [37] BNetzA (2017): Stromnetze zukunftssicher gestalten: Leitungsvorhaben. <URL: <https://www.netzausbau.de/leitungsvorhaben/de.html>> (Retrieved: 2017-12-30).
- [38] BNetzA (o.A.): Was kostet der Netzausbau?. <URL: https://www.netzausbau.de/SharedDocs/FAQs/DE/Allgemeines/05_Kosten.html> (Retrieved: 2017-12-30).
- [39] BMWi (2014): Forschungsprojekt Nr. 44/12 „Moderne Verteilernetze für Deutschland“ (Verteilernetzstudie). <URL: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/verteilernetzstudie.pdf?__blob=publicationFile&v=5> (Retrieved: 2017-12-30).
- [40] DIHK (2015): Faktenpapier Ausbau der Stromnetze Grundlagen | Planungen | Alternativen. <URL: <https://www.dihk.de/ressourcen/downloads/faktenpapier-stromnetze-2015/>> (Retrieved: 2017-12-30).
- [41] STATISTA (2015): Stromerzeugung in privat betriebenen Anlagen in Deutschland in den Jahren 1991 bis 2015 (in Terawattstunden). <URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/253279/umfrage/stromerzeugung-in-privat-betriebenen-anlagen-in-deutschland/>> (Retrieved: 2018-01-02).
- STATISTA (2016): Stromerzeugung in Deutschland in den Jahren 1991 bis 2016 (in Terawattstunden). <URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/153267/umfrage/bruttostromerzeugung-in-deutschland-seit-1990/>> (Retrieved: 2018-01-02)
- [42] 1-STROMVERGLEICH.COM (2017): Strom Report - Zahlen Daten Fakten: PHOTOVOLTAIK. <URL: <https://1-stromvergleich.com/strom-report/photovoltaik/#poster>> (Retrieved: 2018-01-02).
- [43] BUNDESVERBAND WINDENERGIE - BWE (2017): Windenergie Factsheet Deutschland 2017. <URL: https://www.wind-energie.de/sites/default/files/download/publication/windenergie-factsheet-2016/wind-factsheet_deutsch_2016.jpg> Retrieved: 2018-01-02).
- [44] 1-STROMVERGLEICH.COM (2018): DER DEUTSCHE STROMMIX: STROMERZEUGUNG IN DEUTSCHLAND <URL: <https://1-stromvergleich.com/strom-report/strommix/#strommix-2017-deutschland>> (Retrieved: 2018-01-02).
- [45] APPELRATH, H.-J. (2012): Future Energy Grid: Migrationspfade in das Internet der Energie (arcatech Studie) Berlin Heidelberg: Springer Verlag. ISBN: 978-3-642-27864-8.

-
- [46] FRANKFURTER ALLGEMEINE ZEITUNG(2018): Stromnetz unter Druck :Rekordkosten wegen Noteingriffen. <URL: <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/mehr-wirtschaft/stromnetz-unter-druck-tennet-meldet-rekordkosten-fuer-noteingriffe-15368759.html>> (Retrieved: 2018-01-13):
- [47] SCHRAA, R. (2016): Energiewende setzt Stromnetz massiv unter Druck – immer mehr teure Eingriffe. <URL: <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Energiewende-setzt-Stromnetz-massiv-unter-Druck-immer-mehr-teure-Eingriffe-3518063.html>> (Retrieved: 2018-01-13).
- [48] ENER|GATE MESSENGER (2017): JAHRESBERICHT 2016: ein viertel weniger eingriffe in den Netzbetrieb. <URL: <http://www.energate-messenger.de/news/174515/2016-ein-viertel-weniger-eingriffe-in-den-netzbetrieb>> (Retrieved: 2018-01-13).
- [49] STOERRING, D.; HORL, S. (2017): Kurzdarstellung zur Europäischen Union: Energiebinnenmarkt. <URL: http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/de/display-ftu.html?ftuId=FTU_2.1.9.html> (Retrieved: 2018-01-11).
- [50] BUNDESANZEIGER VERLAG GMBH (1998): Gesetz zur Neuregelung des Energiewirtschaftsrechts*. <URL https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?start=//%5B@attr_id=%27bgbl198023.pdf%27%5D#__bgbl__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl198023.pdf%27%5D__1514727419385> (Retrieved: 2017-12-31).
- [51] BMJV (2005): Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz - EnWG)<URL: https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/EnWG.pdf> (Retrieved: 2017-12-31).
- [52] Bundesanzeiger Verlag (2008): Gesetz zur Öffnung des Messwesens bei Strom und Gas für Wettbewerb. <URL: https://netzplusservice.de/fileadmin/dokumente/Netztransparenz/Messdienstleistung/Gesetz_Oeffnung_Messwesen.pdf> (Retrieved: 2018-01-13).
- [53] DBEW (2011): Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz – EnWG): Inoffizielle konsolidierte Fassung nach Verabschiedung durch Bundestag und Bundesrat. <URL: <http://www.ifed.de/downloader.php?id=19>> (Retrieved: 2018-01-13).
- [54] HOCHSCHULE SMALKALDEN (2016): Entflechtung der Netzbetreiber: Vorgaben des Unbundling in der Energiewirtschaft. <URL: <http://wdb.fh-sm.de/EnergieRUnbundling>> (Retrieved: 2018-01-13).
- [55] BUNDESVERBAND NEUE ENERGIEWIRTSCHAFT E.V. (2017): Chronik der Energiemarktöffnung – 1998 bis 2012. <URL: <http://www.bne-online.de/de/content/die-%C3%B6ffnung-der-energiemarkt-eine-chronik>> (Retrieved: 2018-01-13).
- [56] BDEW (2017): Wechselverhalten im Energiemarkt 2017.<URL: https://www.bdew.de/media/documents/20170815_Aktuelle_Wechselquote_36._Welle.pdf> (Retrieved: 2018-01-13).
- [57] BNetzA; BKartA (2017): Bericht Monitoringbericht 2017. <URL: https://www.bundeskartellamt.de/SharedDocs/Publikation/DE/Berichte/Energie-Monitoring-2017.pdf?__blob=publicationFile&v=5> (Retrieved: 2018-01-13).

-
- [58] DIECKHÖNER, C. (2015): Mehr Europa! Auf dem Weg zur Energieunion. <URL: <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzerntemen/Research/PDF-Dokumente-Volkswirtschaft-Kompakt/VK-Nr.-80-August-2015-EU-Energieunion.pdf>> (Retrieved: 2018-01-14).
- [59] ECKE, J.; HERRMANN, N. (2017): Perspektiven einer europäischen Energieunion für Verbraucherinnen und Verbraucher. <URL: <http://library.fes.de/pdf-files/wiso/12340.pdf>> (Retrieved: 2018-01-14).
- [60] MONOPOLKOMMISSION (2017): Energie 2017:Gezielt vorgehen, Stückwerk vermeiden. <URL: http://www.monopolkommission.de/images/PDF/SG/s77_volltext.pdf> (Retrieved: 2018-01-15).
- [61] BNetzA (2016): Daten zu Marktakteuren< https://www.clearingstelle-eeg-kwkg.de/files/MaStR_Daten_Marktakteure_11_2016_0.pdf>BNetzA> (Retrieved: 2018-01-15).
- [62] BNetzA (2017): Bericht: Monitoringbericht 2017.< https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/Berichte/2017/Monitoringbericht_2017.pdf?__blob=publicationFile&v=4> (Retrieved: 2018-01-14).
- [63] BEW (2016): Rollenmodell für die Marktkommunikation im deutschen Energiemarkt: Strom und Gas.<URL: https://www.bdew.de/media/documents/Awh_20160823_Anwendungshilfe-Rollenmodell-MAK-v1.1.pdf> (Retrieved: 2018-01-14).
- [64] BWE (2016): Anzahl der Windenergieanlagen in Deutschland.<URL: <https://www.windenergie.de/infocenter/statistiken/deutschland/windenergieanlagen-deutschland>> (Retrieved: 2018-01-14).
- [65] DEW (2017): Vielfalt im Energiemarkt. <URL: https://www.bdew.de/media/documents/Marktteilnehmer-Energie-aktuell_online_o_halfjaehrlich_Ki_29112017.pdf> (Retrieved: 2018-01-14).
- [66] STATISTA (2016): Anzahl der Kunden* von Stromanbietern in Deutschland in den Jahren 1991 bis 2016 (in Millionen). <URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/164153/umfrage/anzahl-der-kunden-von-stromanbietern-seit-1999/>> (Retrieved: 2018-01-14).
- [67] PRICEWATERHOUSE COOPER (2017): Regulierung in der deutschen Energiewirtschaft: Band II Strommarkt. Freiburg: Haufe Lexare. ISBN: 978-3648096314.
- [68] BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN INDUSTRIE E.V. (BDI): Internet der Energie: IKT für Energiemärkte der Zukunft: Die Energiewirtschaft auf dem Weg ins Internetzeitalter. <URL: https://www.iese.fraunhofer.de/content/dam/iese/de/documents/Internet_der_Energie_tcm122-45131.pdf> (Retrieved: 2018-01-15).

- [69] BUNDESANZEIGER VERLAG GMBH (2016): Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende. <URL: [https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&start=//*\[@attr_id=%27bgbl116s2034.pdf%27\]#__bgbl__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl116s2034.pdf%27%5D__1514904435157](https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&start=//*[@attr_id=%27bgbl116s2034.pdf%27]#__bgbl__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl116s2034.pdf%27%5D__1514904435157)> ((Retrieved: 2018-01-02).
- [70] PT-MAGAZIN (2016): Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende verabschiedet – Smart Meter kommen. <URL: <https://www.pt-magazin.de/de/specials/energie/gesetz-zur-digitalisierung-der-energie-wende-verabs-iqrot5bn.html>> ((Retrieved: 2018-01-15).
- [71] BUNDESAMT FÜR SICHERHEIT IN DER INFORMATIONSTECHNIK – BSI (2017): Digitale Gesellschaft: Smart Meter Gateway. <URL: https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/DigitaleGesellschaft/SmartMeter/SmartMeterGateway/smartmetergateway_node.html> ((Retrieved: 2018-01-15).
- [72] BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN INDUSTRIE E.V. (BDI): Internet der Energie: IKT für Energiemärkte der Zukunft: Die Energiewirtschaft auf dem Weg ins Internetzeitalter. <URL: https://www.iese.fraunhofer.de/content/dam/iese/de/documents/Internet_der_Energie_tcm122-45131.pdf> ((Retrieved: 2018-01-15).
- [73] FLAUGER, J.; HUBIK, F. (2017): Revolution in der Energiewirtschaft: Angriff aus der digitalen Welt. <URL: <http://www.handelsblatt.com/my/unternehmen/energie/revolution-in-der-energie-wirtschaft-angriff-aus-der-digitalen-welt/20132784.html?ticket=ST-2245954-cl4AUemlB35yk9Qoipab-ap3>> ((Retrieved: 2018-01-15).
- [74] URBANSKY, F. (2016): Stadtwerke brauchen neue Geschäftsmodelle. <URL: <https://www.springerprofessional.de/energie/energieverteilung/stadtwerke-brauchen-neue-geschaeftsmodelle/11070276>> (Retrieved: 2018-01-16).
- [75] BONTRUP, H.-J.; MARQUARDT, R.-M. (2015): Die Zukunft der großen Energieversorger. <URL: <https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/zukunft-energieversorgung-studie-20150309.pdf>> (Retrieved: 2018-01-16).
- [76] BEARINGPOINT (2017): Kundenanforderungen an das Stadtwerk der Zukunft: Ergebnisse der Online-Umfrage. <URL: <https://www.bearingpoint.com/de-de/unsere-expertise/insights/stadtwerk-der-zukunft/>> (Retrieved: 2018-01-16).
- [77] KOSTA, G.; MAYER, M.; PICHLER, A.; SCHICK, A.; SPONRING, M.; STEFFEN, F. (2016): Österreichs Energiewirtschaft im Fokus: Die Branche im Umbruch. <URL: <https://www.pwc.at/de/energy-barometer/energie-studie.pdf>> (Retrieved: 2018-01-17).
- [78] HASSE, F.; VON PERFALL, A.; HILLEBRAND, T.; SMOLE, E. LAY, L.; CHARLET, M. (2016): Blockchain – Chance für Energieverbraucher? <URL: https://www.verbraucherzentrale.nrw/sites/default/files/migration_files/media242404A.pdf> (Retrieved: 2018-01-17).
- [79] TREND:RESEARCH GMBH (2017): Blockchain in der Energiewirtschaft: Geschäftsmodelle, Potenziale, Chancen und Risiken. <URL: <http://www.trendresearch.de/studien/20-0481.pdf?3f06440523f72492f4e8024a82aba921>> (Retrieved: 2018-01-17).

- [80] AUER, M. (2017): Der Code, der die Welt verändert. <URL: <https://enorm-magazin.de/der-Code-der-die-Welt-veraendert/>> (Retrieved: 2018-01-17).
- [81] GLOBAL AGENDA COUNCIL ON THE FUTURE OF SOFTWARE & SOCIETY (2015): Deep Shift: Technology Tipping Points and Societal Impact. <URL: http://www3.weforum.org/docs/WEF_GAC15_Technological_Tipping_Points_report_2015.pdf> (Retrieved: 2017-11-05)
- [82] HOPKINS, B. (2017): MAXIMIZE VALUE OF TECH: The Top Technology Trends To Watch: 2018-2020 <URL <https://go.forrester.com/blogs/top-technology-trends-2018-2020/>> (Retrieved: 2017-12-11)
- [83] PANETTA, K. (2017): Gartner's Top 10 Strategic Technology Trends for 2018. <URL: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2018/>> (Retrieved: 2017-11-05)
- [84] PANETTA, K. (2017): Top Trends in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017. <URL: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017/>> Retrieved: 2017-11-05)
- [85] KPMG (2017): The Pulse of Fintech Q4 2016: Global analysis of investment in fintech. <URL: <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/xx/pdf/2017/02/pulse-of-fintech-q4-2016.pdf>> (Retrieved: 2017-11-05)
- [86] MORRIS, E.; APPLE, H. (2017): PitchBook 3Q 2017 Fintech Analyst Note: Blockchain An update on ICOs and VC investment in the blockchain. <URL: https://files.pitchbook.com/website/files/pdf/PitchBook_3Q_2017_Fintech_Analyst_Note_Blockchain_ICOs.pdf> (Retrieved: 2018:01-18).
- [87] COINDESK, INC. (2017): Blockchain Venture Capital. <URL: <https://www.coindesk.com/bitcoin-venture-capital/>> (Retrieved: 2018-01-17).
- [88] FRIEDLMAIER, M.; TUMASJAN, A.; WELPE, I. (2016): Disrupting Industries with Blockchain: The Industry, Venture Capital Funding, and Regional Distribution of Blockchain Ventures. < URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2854756> (Retrieved: 2017-11-06).
- [89] SANTANDER INNO VENTURES, ANTHEMIS GROUP, OLIVER WYMANN (2015): The Fintech 2.0 Paper: rebooting financial services. <URL: <https://www.finextra.com/finextra-downloads/newsdocs/the%20fintech%20%200%20paper.pdf>> (Retrieved: 2017-11-05)
- [90] HAEFELE, M. (2017): UBS House View. <URL: <https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjQpqHNkr7YAhVBy6QKHVGH-DzwQFggxMAE&url=https%3A%2F%2Fwww.ubs.com%2Fcio%2Freports%3Farticle%3DaFABIr%252FuyCX7Iknpf7rIbg%253D%253D&usq=AOvVaw3tbahdtnZDUa-qrdf7r1axX>> (Retrieved: 2018-01-04).

- [91] BURGER, C.; KUHLMANN, A.; RICHARD, P.; WEINMANN, J. (2016): Blockchain in der Energiewende. Eine Umfrage unter Führungskräften der deutschen Energiewirtschaft. <URL: <https://www.dena.de/newsroom/revolutioniert-blockchain-die-energiewirtschaft/>> (Retrieved: 2018-01-20).
- [92] TENNET (2017): Haushalte stabilisieren das Stromnetz: TenneT und sonnen vernetzen erstmals Stromspeicher mit Blockchain-Technologie. <URL: <https://www.tennet.eu/de/news/news/haushalte-stabilisieren-das-stromnetz-tennet-und-sonnen-vernetzen-erst-mals-stromspeicher-mit-blockc/>> (Retrieved: 2018-01-18).
- [93] VDE (2015): VDE-Studie zeigt, wie Stromnetzausbau reduziert werden kann. <URL: <https://www.vde.com/de/presse/pressemitteilungen/38-15/>> (Retrieved: 2018-01-18).
- [94] ENTRUP, H. (2017): Mit datengetriebenen Geschäftsmodellen neue Kunden erreichen. <URL: https://projekte.fir.de/flaixenergy/sites/projekte.fir.de/flaixenergy/files/e21digital_20171116.pdf> (Retrieved: 2018-03-06).
- [95] PROJECT PROVENCE LTD. (2017): Blockchain: the solution for transparency in product supply chains. <URL: <https://www.provenance.org/whitepaper>> (Retrieved: 2018-03-06).
- [96] METELISTA, C. (2018): Blockchain for Energy 2018: Companies & Applications for Distributed Ledger Technologies on the Grid. <URL: <https://www.greentechmedia.com/research/report/blockchain-for-energy-2018#gs.GzUBqLw>> (Retrieved: 2018-03-05).
- [97] METELISTA, C. (2018): 4 Predictions for Blockchain in Energy in 2018: It's going to be an exciting year for blockchain in energy. <URL: <https://www.greentechmedia.com/articles/read/four-predictions-for-blockchain-in-energy-in-2018#gs.l=hKAZ0>> (Retrieved: 2018-03-05).
- [98] STAHL, C. (2017): Digitaltechnik: Blockchain etabliert sich in der Energiewirtschaft. <URL: <http://www.energate-messenger.de/news/177046/blockchain-etabliert-sich-in-der-energiewirtschaft>> (Retrieved: 2018-03-05).
- [99] GLASER, F.; BEZZENBERGER, L. (2015): Beyond Cryptocurrencies - A Taxonomy Of Decentralized Consensus Systems. <URL: <https://balsa.man.poznan.pl/indico/event/44/material/paper/0?contribId=237>> S. 13. (Retrieved: 2017-12-15).
- [100] SCHÜTTE, J.; FRIDGEN, G.; PRINZ, W.; ROSE, T. URBACH, N.; HOEREN, T. GUGGENBERGER, N.; WELZEL, C.; HOLLY, S.; SCHULTE, A. SPRENGER, P.; SCHWERDE, C.; WEIMERT, B. OTTO, B. DALHEIMER, M.; HARZ, M. KREUTZER, M. (2017): Blockchain: Technologien, Forschungsfragen und Anwendungen. <URL: https://www.aisec.fraunhofer.de/content/dam/aisec/Dokumente/Publikationen/Studien_TechReports/deutsch/FhG-Positionspapier-Blockchain.pdf>, S. 37. (Retrieved: 2017-12-13).
- [101] BRANDAU, C. (2017): Wurde Bitcoin Schon Einmal Gehackt? <URL: <http://coinwelt.de/2017/02/wurde-bitcoin-schon-mal-gehackt/>> (Retrieved: 2018-01-19).

-
- [102] POWER COMPARE (2017): Bitcoin Mining Now Consuming More Electricity Than 159 Countries Including Ireland & Most Countries In Africa. <URL: <https://powercompare.co.uk/bitcoin/>> (Retrieved: 2017-12-15).
- [103] PREUSS, M. (2017): Bitcoin erhöht Transaktionsgebühren: Was bedeutet das für Startups? <URL: <https://www.btc-echo.de/bitcoin-erhoeht-transaktionsgebuehren-was-bedeutet-das-fuer-startups/>>(Retrieved: 2017-12-15).
- [104] BECKEL, C. (2017): Skalieren Blockchains? Sorgen und Lösungsansätze. <URL: <http://site.blocklab.de/2017/Skalierung/>> (Retrieved: 2017-12-15).
- [105] BURGWINDEL, D. (2016): Blockchain-Technologie und deren Funktionsweise verstehen. In: Burgwinkel, D. (Hrsg.): Blockchain Technologie: Einführung für Business- und IT-Manager. Oldenburg: De Gruyter Verlag. ISBN: 978-3-11-048731-2.
- [106] WALPORT, M. (2015): Distributed Ledger Technology: beyond block chain. <URL: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/492972/gsl-16-1-distributed-ledger-technology.pdf. (Retrieved: 2018-01-19).
- [107] MATILLA, J. (2016): THE BLOCKCHAIN PHENOMENON: The Disruptive Potential of Distributed Consensus Architectures. <URL: <http://www.brie.berkeley.edu/wp-content/uploads/2015/02/Juri-Mattila-.pdf>> (Retrieved: 2018-01-20).
- [108] LIESENJOHANN, M.; MATTEN, B.; TERLAU, M. (2016): Blockchain #Banking: Ein Leitfaden zum Ansatz des Distributed Ledger und Anwendungsszenarien. <URL: <https://www.bitkom.org/noindex/Publikationen/2016/Leitfaden/Blockchain/161104-LF-Blockchain-final-2.pdf>> (Retrieved: 2018-01-20).
- [109] WELZEL, C.; ECKERT, K.-P.; KIRSTEIN, F.; JACUMEIT, V. (2017): Mythos Blockchain: Herausforderung für den öffentlichen Sektor. <URL: <https://www.oeffentliche-it.de/documents/10181/14412/Mythos+Blockchain+-+Herausforderung+%C3%BCr+den+%C3%96ffentlichen+Sektor>> (Retrieved: 2018-01-20).
- [110] MILLER, D. (2017): The Energy Web Foundation: Accelerating the development and deployment of Blockchain technology in the energy sector. <URL: <http://resource-solutions.org/images/events/rem/presentations/2017/Miller.pdf>> (Retrieved: 2018-01-20).
- [111] RICHARD, P. (n.d.): Digitale Energiewende: Revolutioniert Blockchain die Energiewirtschaft?. <URL: <https://www.dena.de/newsroom/revolutioniert-blockchain-die-energiewirtschaft/>> (Retrieved: 2018-01-20).
- [112] ZHAO, J.; FAN, S.; YAN, J. (2016): Overview of business innovations and research opportunities in blockchain and introduction to the special issue. <URL: <https://jfin-swufe.springeropen.com/track/pdf/10.1186/s40854-016-0049-2?site=jfin-swufe.springeropen.com>> (Retrieved: 2018-01-27).
- [113] MENGELKAMP, E.; NOTHEISEN, B.; BEER, C.; DAUER, D.; WEINHARDT, C. (2017): A blockchain-based smart grid: towards sustainable local energy markets. <URL:

- <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00450-017-0360-9.pdf> (Retrieved: 2018-01-22).
- [114] PWC; BDEW (2017): Blockchain Radar: Energie & Mobilität. <URL: <http://www.pwc-energiwirtschaft.de/de/wp-content/uploads/2017/08/pwc-bdew-blockchain-radar-juli-2017.pdf>> (Retrieved: 2018-01-27).
- [115] MÜNZER, J. (2013): Bitcoins: Aufsichtliche Bewertung und Risiken für Nutzer. <URL: https://www.bafin.de/SharedDocs/Veroeffentlichungen/DE/Fachartikel/2014/fa_bj_1401_bitcoins.html> (Retrieved: 2018-01-27).
- [116] WRIGHT, A.; DE FILIPPI, P. (2015): Decentralized Blockchain Technology and the Rise of Lex Cryptographia. <URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2580664> (Retrieved: 2018-01-27).
- [117] BÖHME, R.; PESCH, P. (2017): Technische Grundlagen und datenschutzrechtliche Fragen der Blockchain-Technologie. <URL: http://informationsecurity.uibk.ac.at/pdfs/BP2017_Blockchain_Datenschutz_DuD.pdf> (Retrieved: 2018-01-27).
- [118] PESCH, P.; BÖHME, R. (2017): Datenschutz trotz öffentlicher Blockchain? Chancen und Risiken bei der Verfolgung und Prävention Bitcoin-bezogener Straftaten. <URL: https://www.bitcrime.de/presse-publikationen/pdf/PeschBoehme_DuD2017_93ff.pdf> (Retrieved: 2018-01-27).
- [119] NAKAMOTO, S. (2008): Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. <URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>> (Retrieved: 2018-01-27).
- [120] ANTONOPOLOUS, A. (2010): Mastering Bitcoin: Unlocking Digital Crypto-Currencies. <<https://unglueit-files.s3.amazonaws.com/ebf/05db7df4f31840f0a873d6ea14dcc28d.pdf#>>(Retrieved: 2018-01-27).
- [121] FRANCO, P. (2014): Understanding Bitcoin: Cryptography, Engineering and Economics. Chichester: Wiley. ISBN: 978-1119019169.
- [122] PLATZER, J. (2014): Bitcoin - kurz & gut. Köln: O`Reilly. ISBN: 978-3955616502.
- [123] STRAUSS, A.; CORBIN, J. (1996): Grounded Theory: Grundlagen Qualitativer Sozialforschung. Weinheim: Beltz. ISBN: 978-3-621-27265-0.
- [124] GLÄSER, J.; LAUDEL, G. (2010): Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen. <URL: https://bildungsportal.sachsen.de/opal/auth/RepositoryEntry/10283810816/CourseNode/92942450257848/Glaeser__Laudel__2010__Experteninterviews_und_qualitative_Inhaltsanalyse.pdf> (Retrieved: 2018-01-28).
- [125] WYTRZENS, H. K.; SCHAUPPENLEHNER-KLYBER, E. SIEGHARDT, M.; GRATZER, G. (2014): Wissenschaftliches Arbeiten: Eine Einführung. 4., aktualisierte Auflage. Wien, Facultas Verlags- und Buchhandels AG. ISBN: 978-3-7089-1120-5.

-
- [126] SCHWEITZER, M. (1978): Wissenschaftsziele und Auffassungen in der Betriebswirtschaftslehre. (= Wege der Forschung Band 502). Darmstadt, Wissenschaftliche Burggesellschaft. ISBN: 978-3-534071609.
- [127] CHMIELEWICZ, K. (1994): Forschungskonzeptionen der Wirtschaftswissenschaften. 3. Auflage. Stuttgart, Schäffer-Poeschel Verlag. ISBN: 978-3-791091976.
- [128] PÜTZ, J.; FICHELDICK, P. (2015): Innovationswirkung der Energiewende: Herausforderungen für Politik und Unternehmen. <URL: https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/6155/file/6155_Puetz.pdf> (Retrieved: 2018-03-16).
- [129] FICHTER, K.; CLAUSEN, J. (2013): Erfolg und Scheitern „grüner“ Innovationen: Warum einige Nachhaltigkeitsinnovationen am Markt erfolgreich sind und andere nicht. Marburg, Metropolis. ISBN: 978-3-89518-944-9.
- [130] LEHMANN, G. (2008): Wissenschaftliches Arbeiten: Zielwirksam verfassen und präsentieren; mit Layout-Vorschlägen auf CD-Rom. Reiningen: expert-Verlag. ISBN: 9783816928348.
- [131] KARALL, P.; WEIKERT, A. (2006): Das Verfassen wissenschaftlicher Arbeiten. <URL: <https://www.univie.ac.at/ksa/elearning/cp/schreiben/schreiben.pdf>> (Retrieved: 2018-02-01).
- [132] SCHIPPAN, T. (2002): Lexikon der deutschen Gegenwartssprache. 2. unveränd. Auflage. Tübingen: Max Niemeyer Verlag. ISBN 3110965879.
- [133] MATTILA, J. (2016): The Blockchain Phenomenon: The Disruptive Potential of Distributed Consensus Architectures. <URL: <http://www.brie.berkeley.edu/wp-content/uploads/2015/02/Juri-Mattila-.pdf>> Retrieved: 2018-01-29)
- [134] CHUEN, D.; DENG, R. (2017): Handbook of Blockchain, Digital Finance, and Inclusion, Volume 2: ChinaTech, Mobile Security, and Distributed Ledger. London: Academic Press. ISBN: 978-0128122822.
- [135] WINKLER, J.; SCHWARZ, R.; GARTNER, T.; NACH, D.; SCHWARZ, M. (2017): Blockchain: Die Demokratisierung des Gesundheitswesens? White Paper zur Funktionsweise und den Erfolgsfaktoren für eine Anwendung der Blockchain im Gesundheitswesen. <URL: https://www.wig2.de/fileadmin/content_uploads/PDF_Dateien/White_Paper_Blockchain_-_Demokratisierung_des_Gesundheitswesens.pdf> (Retrieved: 2018-02-03).
- [136] BLOCKCHAINHUB (2017): Blockchain: A Beginners Guide. <URL: <https://s3.eu-west-2.amazonaws.com/blockchainhub.media/Blockchain+Technology+Intro.pdf>> (Retrieved: 2018-02-03)
- [137] DRESCHER, D. (2017): Blockchain Grundlagen: Eine Einführung in die elementaren Konzepte in 25 Schritten. Frechen: mitp Verlag. ISBN 978-3958456532.
- [138] CHUEN, D.; DENG, R. (2017): Handbook of Blockchain, Digital Finance, and Inclusion, Volume 2: ChinaTech, Mobile Security, and Distributed Ledger. London: Academic Press. ISBN: 978-0128122822.

-
- [139] HOFMANN, E.; STREWE, U.; BOSIA, N. (2018): Supply Chain Finance and Blockchain Technology: The Case of Reverse Securitisation. Cham: Springer International Publishing. ISBN: 978-3-319-62370-2.
- [140] COSERIU, E. (2002): Sprache: Strukturen und Funktionen; XII Aufsätze zur allgemeinen und romanischen Sprachwissenschaft. 3., durchgesehene und verbesserte Auflage. Tübingen: Gunter Narr Verlag. ISBN 3-87808-513-3.
- [141] OXFORD UNIVERSITY PRESS (2018): Definition of Blockchain in Englisch: blockchain. <URL: <https://en.oxforddictionaries.com/definition/blockchain>> (Retrieved: 2018-02-07).
- [142] NAKAMOTO, S. (2008): Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. <URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>> (Retrieved: 2018-02-07).
- [143] SKINNER, C. (2018): What is and what isn't a 'blockchain'? <URL: <https://the-finanser.com/2016/02/what-is-and-what-isnt-a-blockchain.html/>> (Retrieved: 2018-02-07).
- [144] NAKAMOTO, S. (2008): Bitcoin P2P e-cash paper. <URL: <http://www.metzdowd.com/pipermail/cryptography/2008-October/014810.html>> (Retrieved: 2018-02-08).
- [145] NARAYANAN, A. (2016): Bitcoin and Cryptocurrency Technologies: A Comprehensive Introduction. Princeton: Princeton University Press. SBN: 978-0-691-17169-2.
- [146] EISENBERG, P. (2013): Grundriss der deutschen Grammatik: Band 2: Der Satz. 4., aktualisierte und überarbeitete Auflage. Stuttgart - Weimar: J. B. Metzler Verlag. ISBN: 978-3-476-02424-4.
- [147] JUDMAYER, A.; STIFTER, N.; KROMBHOLZ, K.; WEIPPL, E. (2017): Blocks and Chains: Introduction to Bitcoin, Cryptocurrencies, and Their Consensus Mechanisms (Synthesis Lectures on Information Security, Privacy, and Trust). Williston: Morgan & Claypool Publishers. ISBN: 9781627057165.
- [148] FINNEY, H. (2013): Bitcoin and me (Hal Finney). <URL: <https://bitcointalk.org/index.php?topic=155054.0>> (Retrieved: 2018-02-10).
- [149] NOLAN, A. (2016): Grammar and Punctuation for Key Stages 3 & 4. Corby: First & Best in Education Ltd. ISBN: 978-1-326-88972-2.
- [150] FINNEY, H. (2008): Re: Bitcoin P2P e-cash paper. <URL: <https://www.mail-archive.com/cryptography@metzdowd.com/msg09975.html>> (Retrieved: 2018-02-10).
- [151] NAKAMOTO, S. (2011): Bitcoin v0.1.0 <URL: <http://satoshi.nakamotoinstitute.org/code/>> (Retrieved: 2018-02-13).
- [152] NAKAMOTO, S. (2010): Checking the block chain on load. <URL: <https://bitcointalk.org/index.php?topic=841.0>> (Retrieved: 2018-02-13).

- [153] THE ECONOMIST (2015): The promise of the Blockchain. The trust machine. <URL: <https://www.economist.com/news/leaders/21677198-technology-behind-bitcoin-could-transform-how-economy-works-trust-machine>> (Retrieved: 2018-02-13).
- [154] DUDENREDAKTION (o.J.): Die amtliche Regelung der deutschen Rechtschreibung. <URL: https://www.duden.de/sites/default/files/downloads/amtliche_Regelungen.pdf> (Retrieved: 2018-02-10).
- [155] DIN (2018): Technische Regel: DIN SPEC 16597:2018-02 [NEU]: Titel (Deutsch): Terminologie für Blockchains; Text Englisch. <URL: <https://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-16597/281677808>> (Retrieved: 2018-02-14).
- [156] ISO (2016): ISO/TC 307 Blockchain and distributed ledger technologies. <URL: <https://www.iso.org/committee/6266604.html>> (Retrieved: 2018-02-14).
- [157] GESELLSCHAFT FÜR QUALITÄTSPRÜFUNG MBH (2018): DIN, DIN NORM, DIN SPEC – Was verbirgt sich hinter diesen Kürzeln? <URL: <http://gesellschaft-fuer-qualitaetspruefung.de/din-din-norm-din-spec-was-verbirgt-sich-hinter-diesen-kuerzeln/>> (Retrieved: 2018-02-15).
- [158] GEHRKE, N.; NÜTTGEN, G. (o.J.): Outsourcing technologieorientierter wissensintensiver Dienstleistungen (T-KIBS) - DIN SPEC 1041: PSA-Verfahrensregeln. <URL: http://www.dinspec1041.de/index.php?option=com_content&view=article&id=60%3Astandardisierungsverfahren&catid=43%3Astandardisierungsverfahren&Itemid=53> (Retrieved: 2018-02-15).
- [159] Swan, M. (2015): Blockchain: Blueprint for a new Economy. Sebastopol, O'Reilly Media Inc.. ISBN: 978-1-491-92049-7.
- [160] International Bank for Reconstruction and Development / the World Bank (2017): Distributed Ledger Technology (DLT) and Blockchain. <URL: <http://documents.worldbank.org/curated/en/177911513714062215/pdf/122140-WP-PUBLIC-Distributed-Ledger-Technology-and-Blockchain-Fintech-Notes.pdf>>.
- [161] International Bank for Reconstruction and Development / the World Bank (2017): Distributed Ledger Technology (DLT) and Blockchain. <URL: <http://documents.worldbank.org/curated/en/177911513714062215/pdf/122140-WP-PUBLIC-Distributed-Ledger-Technology-and-Blockchain-Fintech-Notes.pdf>>.
- [162] CONDOS, J.; SCORELL, W.; DONEGAN, S. (2016): Blockchain Technology: Opportunities and Risks. <URL: <https://legislature.vermont.gov/assets/Legislative-Reports/blockchain-technology-report-final.pdf>> (Retrieved: 2017-12-15).
- [163] CROSBY, M.; NACHIAPPAN, N., PATTANAYAK, P.; VERMA, S.; KALYANARAMAN, V. (2015): BlockChain Technology: Beyond Bitcoin. <URL: <http://scet.berkeley.edu/wp-content/uploads/BlockchainPaper.pdf>> (Retrieved: 2018-03-18).

- [164] ROßBACH, P. (2016): Blockchain-Technologien und ihre Implikationen. <URL: <http://blog.frankfurt-school.de/blockchain-technologien-konsens-mechanismen/?lang=de>> (Retrieved: 2018-03-19).
- [165] URBACH, N. (2017): Blockchain. <URL: <http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/lexikon/daten-wissen/Datenmanagement/Datenbanksystem/blockchain>> (Retrieved: 2018-03-19).
- [166] PRPIĆ, J. (2017): Unpacking Blockchains. <URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2932485> (Retrieved: 2018-03-19).
- [167] BIRKENHOFER, H.; WAELDELE, M. (2008): Properties and Characteristics and Attributes and... - An Approach On Structuring The Description Of Technical Systems. <URL: https://www.designsociety.org/download-publication/27800/properties_and_characteristics_and_attributes_and> (Retrieved: 2018-03-18).
- [168] Hubka, V.; Eder, W. (2008): Design Science: Introduction to the Needs, Scope and Organization of Engineering Design Knowledge. London, Springer-Verlag Ltd. ISBN: 978-3-540-19997-7.
- [169] DAVIDSON, P. (2006): Keynes and money. In: Arestis, P.; Sawyer, M. (Hrsg.): A Handbook of Alternative Monetary Economics. Cheltenham – Northampton, Edward Elgar Publishing Limited. ISBN: 978-1-84376-915-6.
- [170] SILLITTO, H.; DORI, D.; GRIEGO, R. M.; JACKSON, S.; KROB, D.; GODFREY, P.; ARNOLD, E.; MARTIN, J.; MCKINNEY, D. (2017), Defining “System”: a Comprehensive Approach. INCOSE International Symposium. <URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/j.2334-5837.2017.00352.x>> (Retrieved: 2018-03-20).
- [171] DIN (2011): DIN 2342:2011-08: Begriffe der Terminologielehre. In: ARNTZ, R.; PICHT, H.; SCHMITZ, H.-D. (2014): Einführung in die Terminologiearbeit. Hildesheim, Olms. ISBN: 978-3-48715056-7.
- [172] KRISHNAN, M. (2017): Why 2018 Belong to Blockchain? <URL: <https://www.openxcell.com/why-2018-belong-to-blockchain>> (Retrieved: 2018-03-19).
- [173] COINDESK (2017): How Does Blockchain Technology Work?. <URL: <https://www.coindesk.com/information/how-does-blockchain-technology-work/>> (Retrieved: 2018-03-19).
- [174] BAMBERGER, B. (2017): FSBC Working Paper Blockchain-Technologie: Vom Hype zur Wirklichkeit. <URL http://explore-ip.com/2017_Blockchain-Technologie-vom-Hype-zur-Wirklichkeit.pdf> (Retrieved: 2018-03-19).
- [175] TALHAMMER, K. (2018): Der Blockchain Kompass. Blockchain – eine Technologie die alles verändert? <URL: <https://paymentandbanking.com/der-blockchain-kompass/>> (Retrieved: 2018-03-19).

-
- [176] PLATZIBAT, A. (2016): Blockchain, mehr als nur ein Hype? – Eine Einführung in die Blockchain. <URL: <http://www.ccsourcing.news/blockchain-mehr-als-nur-ein-hype-eine-einfuehrung-in-die-blockchain/>> (Retrieved: 2018-03-19).
- [177] BERGMANN, C. (2017): Adressen bei Kryptowährungen: eine Einführung. <URL: <https://bitcoinblog.de/2017/06/12/adressen-bei-kryptowaehrungen-eine-einfuehrung/>> (Retrieved: 2018-03-19).
- [178] LUHMANN, N. (1991): Soziale Systeme: Grundriß einer allgemeinen Theorie. Frankfurt a. M., Suhrkamp. ISBN: 978-3-518-28266-2.
- [179] TANNENBAUM (2003): Computernetzwerke. 4., überarbeitete Auflage. München et al., Pearson Studium. ISBN: 978-3-8273-7046-4.
- [180] BARAN, P. (1964): On Distributed Communications Networks. <URL: <http://pages.cs.wisc.edu/~suman/courses/740/papers/baran.pdf>> (Retrieved: 2018-03-21).
- [181] SHUKLAAB, N.; DASHORA, Y.; TIWARI, M.; SHANKAR, R. (2016): Design of computer network topologies: A Vroom Inspired Psychoclonal Algorithm. <URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0307904X12001904#>> (Retrieved: 2018-03-21).
- [182] MANDL, P. (2009): Masterkurs Verteilte betriebliche Informationssysteme: Prinzipien, Architekturen und Technologien – Mit 196 Abbildungen. Wiesbaden, Vieweg+Teubner. ISBN: 978-3-8348-0518-8.
- [183] THE GOVERNMENT OF THE HONG KONG SPECIAL ADMINISTRATIVE REGION. (2008): Peer-to-Peer Network. <URL: <https://www.infosec.gov.hk/english/technical/files/peer.pdf>> (Retrieved: .2018-03-23).
- [184] ORAM, A. (2001): Peer-to-Peer. <URL: <https://www.safaribooksonline.com/library/view/peer-to-peer/059600110X/ch01.html>> (Retrieved: .2018-03-23).
- [185] HEPP, B. (2011): Effizientes Routing in strukturierten P2P Overlays. Karlsruhe, KIT Scientific Publishing. ISBN: 978-3-86644-787-5.
- [186] SWAN, M. (2016): Blockchain Smartnetworks: Bitcoin and Blockchain Explained - Part of a Series on Cryptophilosophy. <URL: <https://de.slideshare.net/lablogga/blockchain-smartnetworks-bitcoin-and-blockchain-explained>> (Retrieved: 2018-03-23).
- [187] BLOCKCHAIN HUB (n.d.): What is a DAO?<URL <https://blockchainhub.net/dao-decentralized-autonomous-organization/>> (Retrieved: 2018-03-19).
- [188] DEVAN, A. (2017): The Blockchain Technology Stack.<URL: <https://steemit.com/blockchain/@acdevan/the-blockchain-technology-stack>> (Retrieved: 2018-03-19).
- [189] BADR, B. (2017): Blockchain demystification.<URL: <https://www.slideshare.net/badros/blockchain-desmystification>> (Retrieved: 2018-03-19).

-
- [190] BITCOIN.ORG (n.d.): Running A Full Node: Support the Bitcoin network by running your own full node. <URL: <https://bitcoin.org/en/full-node#minimum-requirements>> (Retrieved: 2018-03-24).
- [191] WOJCIESZAK, M. (2015): Internet-Protokolle, Teil 1: TCP/IP, der Grundstein für Anwendungsprotokolle. <URL: <https://www.heise.de/developer/artikel/Internet-Protokolle-Teil-1-TCP-IP-der-Grundstein-fuer-Anwendungsprotokolle-2548919.html?seite=all>> (Retrieved: 2018-03-24).
- [192] LITTLE, W. (2017): A Primer on Blockchains, Protocols, and Token Sales. <URL: <https://hackernoon.com/a-primer-on-blockchains-protocols-and-token-sales-9ebe117b5759>> (Retrieved: 2018-03-24).
- [193] BITCOIN.COM (2017): How Bitcoin Transactions Work. <URL: <https://www.bitcoin.com/info/how-bitcoin-transactions-work>> (Retrieved: 2018-03-24).
- [194] METZGER, J. (2018): Konsensmechanismus. <URL: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/konsensmechanismus-54411/version-277445>> (Retrieved: 2018-03-24).
- [195] Yin, S.; Bao, J.; Zhang, Y.; Huang, X. (2017): M2M Security Technology of CPS Based on Blockchains. <URL: www.mdpi.com/2073-8994/9/9/193/pdf> (Retrieved: 2018-03-24).
- [196] BENDEL, O. (2018): Mensch-Maschine-Interaktion: Definition. <URL: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/mensch-maschine-interaktion-54079/version-277133>> (Retrieved: 2018-03-24).
- [197] BITCOIN.ORG (n.d.): SPV, Simplified Payment Verification. <URL: <https://bitcoin.org/en/glossary/simplified-payment-verification>> (Retrieved: 2018-03-24).
- [198] CARWEY, D. (2014): What Are Bitcoin Nodes and Why Do We Need Them?. <URL: <https://www.coindesk.com/bitcoin-nodes-need/>> (Retrieved: 2018-03-24).
- [199] SHEINIX (2017): The Bitcoin Network. <URL: <https://medium.com/@sheinix/the-bitcoin-network-6713cb8713d>> (Retrieved: 2018-03-24).
- [200] ECURRENCYHOLDER. (2017): Let's Talk About Bitcoin Nodes. <URL: <https://hackernoon.com/lets-talk-about-bitcoin-nodes-e9502193198c/>> (Retrieved: 2018-03-24).
- [201] METZGER, J. (2018): Konsensmechanismus. <URL: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/konsensmechanismus-54411/version-277445>> (Retrieved: 2018-03-24).
- [202] HUANG, J. (2017): Bitcoin and Blockchain part IV: The Blockchain. <URL: <https://www.linkedin.com/pulse/bitcoin-blockchain-part-iv-junbang-huang/>> (Retrieved: 2018-03-24).
- [203] LEONARDOS, N. (2017): The Bitcoin Backbone Protocol: Analysis and Applications* <URL: <https://eprint.iacr.org/2014/765.pdf>> (Retrieved: 2018-03-24).

-
- [204] BITCOINWIKI (n.d.): Lightweight node. <URL: https://en.bitcoin.it/wiki/Lightweight_node> (Retrieved: 2018-03-24).
- [205] BITINFOCHARTS (2018.): Cryptocurrency statistics: Prices | Charts | Correlations. <URL: <https://bitinfocharts.com/>> (Retrieved: 2018-03-26).
- [206] STATISTA (2018.): Durchschnittliche Verbindungsgeschwindigkeit der Internetanschlüsse in den führenden Ländern weltweit im 1. Quartal 2017 (in Mbit/s). <URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/224924/umfrage/internet-verbindungsgeschwindigkeit-in-ausgewaehlten-weltweiten-laendern/>> (Retrieved: 2018-03-26).
- [207] KARAME, G.; ANDROULAKI, E. (2016): Bitcoin and Blockchain Security. Boston-London, Artech House. ISBN: 978-1-63081-9.
- [208] BITNODES (2018): Global Bitcoin Nodes Distribution. <URL: <https://bitnodes.earn.com/>> (Retrieved: 2018-03-28).
- [209] BITCOINWIKI (2016): Clearing Up Misconceptions About Full Nodes. <URL: https://en.bitcoin.it/wiki/Clearing_Up_Misconceptions_About_Full_Nodes> (Retrieved: 2018-03-28).
- [210] MILLER, A.; LITTON, J.; PACHULSKI, A.; GUPTA, N.; SPRING, N.; BHATTACHARJEE, B. (2015): Discovering Bitcoin's Public Topology and Influential Nodes. <URL: <http://www.cs.umd.edu/projects/coinscope/coinscope.pdf>> (Retrieved: 2018-03-24).
- [211] MILLER, A.; LITTON, J.; PACHULSKI, A.; GUPTA, N.; SPRING, N.; BHATTACHARJEE, B. (2015): Discovering Bitcoin's Public Topology and Influential Nodes. <URL: <http://www.cs.umd.edu/projects/coinscope/coinscope.pdf>> (Retrieved: 2018-03-24).
- [212] KROMBHOLZ, K.; JUDMAYER, A.; GUSENBAUER, M.; WEIPPL, E. (201): The Other Side of the Coin: User Experiences with Bitcoin Security and Privacy. In: Grossklags, J. Preneel, G. (Eds.): Financial Cryptography and Data Security: 20th International Conference, FC 2016, Christ Church, Barbados, February 22–26, 2016, Revised Selected Papers. ISBN: 978-3-662-54970-4.
- [213] KOENIG, A. (2015.): Bitcoin – Geld ohne Staat: Die digitale Währung aus Sicht der Wiener Schule der Volkswirtschaft. München, FinanzBuch Verlag. ISBN: 978-3-89879-911-9.
- [214] COIN-REPORT.NET (2018): Lexikon » Bitcoin Adresse. <URL: <https://www.coin-report.net/de/bitcoin-adresse/>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [215] BELMOND, S. (2014): Graphical Address Generator. <URL: <http://royalfork-blog.github.io/2014/08/11/graphical-address-generator/>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [216] BERGMANN, C. (2014): Die Bitcoin Technologie – eine Einführung. <URL: <https://bitcoinblog.de/2014/05/08/die-bitcoin-technologie-eine-einfuehrung/>> (Retrieved: 2018-03-29).

-
- [217] BITCOINWIKI (2018): Transaction. <URL: <https://en.bitcoin.it/wiki/Transaction>> (Retrieved: 2018-03-30).
- [218] BTC-ECHO (n.d.): Wie funktioniert eine Transaktion?. <URL: <https://www.btc-echo.de/tutorial/wie-funktioniert-eine-bitcoin-transaktion/>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [219] BITCOIN.ORG (n.d.): Input, Transaction Input, TxIn. <URL: <https://bitcoin.org/en/glossary/input>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [220] BITCOIN-FÜR-ANFÄNGER.DE (2018): Die Bitcoin Gebühren. <URL: <http://xn--bitcoin-fr-anfanger-ytb88b.de/infos-und-anleitungen/bitcoin-im-detail/bitcoin-geb%C3%BChren/>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [221] BITCOIN.ORG (n.d.): Signature Script, ScriptSig. <URL: <https://bitcoin.org/en/glossary/signature-script>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [222] BERGMANN, C. (2013): Kryptografie des Bitcoins für Anfänger. <URL: <https://bitcoinblog.de/2013/12/22/kryptografie-des-bitcoins-fuer-anfaenger/>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [223] MADEIRA, A. (2017) Bitcoin Transaction Inputs and Outputs?. <URL: <https://www.crypto-compare.com/mining/guides/bitcoin-transaction-inputs-and-outputs/>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [224] BITCOINWIKI (n.d.): Protocol documentation. <URL: https://en.bitcoin.it/wiki/Protocol_documentation#mempool> (Retrieved: 2018-03-29).
- [225] BASHIR, I. (2017.): Mastering Blockchain: Distributed ledgers, decentralization and smart contracts explained. Birmingham, Packt Publishing Ltd. ISBN: 978-1-78712-544-5.
- [226] MORABITO, V. (2017): Business Innovation Through Blockchain: The B3 Perspective. Cham, Springer International Publishing. ISBN: 978-3-319-48478-5.
- [227] WIKIPEDIA (2018): Blockchain. <URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Blockchain>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [228] RUEß, S. (2017.): Einmal Blockchain zum Mitreden, bitte!. <URL: <https://blog.doubleslash.de/einmal-blockchain-zum-mitreden/>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [229] BITCOINWIKI (n.d.): Bitcoin Developer Reference: Find technical details and API documentation.. <URL: <https://bitcoin.org/en/developer-reference#block-chain>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [230] BITCOINWIKI (n.d.): Coinbase / Generation Transaction. <URL: <https://bitcoin.org/en/glossary/coinbase-transaction>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [231] MA, J.; GANS, J.; TOURKY, R. (2018.): Market Structure in Bitcoin Mining. <URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3103104> (Retrieved: 2018-03-29).

-
- [232] DRAUPNIR, M. (2016): What is the Bitcoin Mining Block Reward?. <URL: <https://www.bitcoinmining.com/what-is-the-bitcoin-block-reward/>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [233] STEIN, K.; RICHTER, B. (2017): Blockchain – Basisinfos für Einsteiger. <URL: <https://www.kryptologen.de/2017/08/18/blockchain-basisinfos-fuer-einsteiger/>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [234] DECKER, C.; WATTENHOFER, R. (2013): Information Propagation in the Bitcoin Network. <URL: https://www.tik.ee.ethz.ch/file/49318d3f56c1d525aabf7fda78b23fc0/P2P2013_041.pdf> (Retrieved: 2018-03-29).
- [235] BITCOINWIKI (n.d.): Confirmation. <URL: <https://en.bitcoin.it/wiki/Confirmation>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [236] HORCH, P. (2018): Difficulty: Warum ist Bitcoin-Mining so kompliziert?. <URL: <https://www.btc-echo.de/difficulty-warum-ist-bitcoin-mining-so-kompliziert/>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [237] MEINEL, C.; GAYVORONSKAYA, T.; SCHJAKIN, M. (2018): Blockchain: Hype oder Innovation. Potsdam, Universitätsverlag Potsdam. ISSN: 2191-1665
- [238] THUM, M. (2018): Die ökonomischen Kosten des Bitcoin-Mining. <URL: <https://www.ce-sifo-group.de/DocDL/sd-2018-02-thum-bitcoin-2018-01-25.pdf>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [239] BTC-ECHO (2017.): Wie funktioniert Bitcoin-Mining?. <URL: <https://www.btc-echo.de/tutorial/wie-kann-ich-bitcoins-minen/>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [240] BITCOINMINING.COM (n.d.): Die besten Bitcoin Cloud Mining Verträge: Bewertungen und Vergleiche. <URL: <https://www.bitcoinmining.com/translations/cloud/de-cloud/>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [241] GOLEM.DE (2014): GHash: 51 Prozent der Rechenleistung für Bitcoin in einer Hand. <URL: <https://www.golem.de/news/ghash-51-prozent-der-rechenleistung-fuer-bitcoin-in-einer-hand-1406-107217.html>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [242] BTC-ECHO (2014): Was ist eine 51%-Attacke und wie funktioniert sie?. <URL: <https://www.btc-echo.de/tutorial/bitcoin-51-attacke/>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [243] ZHENG, Z.; DAI, H. (2018): Blockchain Challenges and Opportunities: A Survey. <URL: https://www.researchgate.net/publication/319058582_Blockchain_Challenges_and_Opportunities_A_Survey> (Retrieved: 2018-03-29).
- [244] BALIGA, A. (2017): Understanding Blockchain Consensus Models. <URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/da8a/37b10bc1521a4d3de925d7ebc44bb606d740.pdf>> (Retrieved: 2018-03-29).

-
- [245] BENRATH, B. (2014): Google, Facebook, Amazon: Die neuen Monopolisten <URL: <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/it-medien/google-facebook-amazon-die-neuen-monopolisten/9918744.html>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [246] BITCOIN.ORG (n.d.): Schützen Sie ihre Privatsphäre. <URL: <https://bitcoin.org/de/schuetzen-sie-ihre-privatsphaere>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [247] SPIEGEL ONLINE (2017): Kryptowährung Nordkorea soll wichtige Bitcoin-Börse gehackt haben. <URL: <http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/bitcoin-nordkorea-soll-wichtige-krypto-boerse-gehackt-haben-a-1183702.html>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [248] FAZ (2017): Nice Hash : Hacker erbeuten fast 70 Millionen Dollar in Bitcoin. <URL: <http://www.faz.net/aktuell/finanzen/finanzmarkt/bitcoins-hacker-erbeuten-fast-70-millionen-dollar-der-kryptowaehrung-15329097.html>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [249] BANO, S.; SONNINO, A.; AL-BASSAM, M.; AZOUVI, S. MCCORRY, P. MEIKLEJOHN, S. DANEZIS, G. (2017): SoK: Consensus in the Age of Blockchains. <URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/71c5/bc722f575665878dc3ca47953f384426899a.pdf>> (Retrieved: 2018-03-24).
- [250] Lang, M. (2017): Konsens in der Blockchain Consensus-Modelle in der Übersicht. <URL: <https://www.dev-insider.de/consensus-modelle-in-der-uebersicht-a-631671/>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [251] VERHOELEN, J. (2017): blockcentric #1: Konsens-Mechanismen der Blockchain. <URL: <https://blog.codecentric.de/2017/10/konsens-mechanismen-blockchain/>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [252] CASTRO, M.; LISKOV, B. (1999): Practical Byzantine Fault Tolerance. <URL: <http://pmg.csail.mit.edu/papers/osdi99.pdf>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [253] Franke, J. (2018): Understanding Hyperledger Fabric — Gossip. <URL: <https://medium.com/kokster/understanding-hyperledger-fabric-gossip-512a217d5d1e>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [254] RILEE, K.. (2017): Blockchain Consensus Algorithms – Proof of Anything?. <URL: <https://jornfranke.wordpress.com/2017/11/18/blockchain-consensus-algorithms-proof-of-anything/>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [255] DOUCEUR, J. (2002): The Sybil Attack. <URL: <http://www.divms.uiowa.edu/~ghosh/sybil.pdf>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [256] SEREDINSCHI, A. (2017): Byzantine Fault Tolerance and Consensus. <URL: https://lpd.epfl.ch/site/_media/education/pbft.pdf> (Retrieved: 2018-03-29).
- [257] FRANKE, J. (2017): Blockchain Consensus Algorithms – Proof of Anything?. <URL: <https://jornfranke.wordpress.com/2017/11/18/blockchain-consensus-algorithms-proof-of-anything/>> (Retrieved: 2018-03-29).

-
- [258] GAULT, L. (2018): PBFT algorithm in hyperledger. <URL: <https://stackoverflow.com/questions/41710738/pbft-algorithm-in-hyperledger?noredirect=1&lq=1>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [259] WÜST, K.; GERVAIS, A. (2017): Do you need a Blockchain?. <URL: <https://eprint.iacr.org/2017/375.pdf>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [260] GERARD, D. (2017): Attack of the 50 Foot Blockchain: Bitcoin, Blockchain, Ethereum & Smart Contracts. ISBN: 978-1-974-00006-7.
- [261] DAVIES, T. (2017): So, You Wanna Use a Blockchain, Huh?<URL: <https://blogs.cisco.com/developer/so-you-wanna-use-a-blockchain-huh>> (Retrieved: 2018-04-01).
- [262] BRENNEIS, F. (2017): Aktuelles, Bitcoin, Blockchain, Grundlagen: Warum „Private Blockchains“ Unfug sind. <URL: <https://coinspondent.de/2017/07/13/warum-private-blockchains-unfug-sind/>> (Retrieved: 2018-04-01).
- [263] BMWI (2014): Energiepreise und Transparenz für Verbraucher: Markttransparenz und-aufsicht. <URL: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Energie/markttransparenz.html>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [264] LOOP, J. (2014): Bitcoin Nodes: How Many is Enough? Should we be worried about the declining number of nodes?. <URL: <https://medium.com/@lopp/bitcoin-nodes-how-many-is-enough-9b8e8f6fd2cf>> (Retrieved: 2018-03-29).
- [265] EPEX SPOT (2018): Teilnehmer des Strommarkts. <URL: <https://www.epex-spot.com/de/mitglied-werden>> (Retrieved: 2018-04-01).
- [266] KRUIJFF, J.; WEIGAND, H. (2017): Understanding the Blockchain Using Enterprise Ontology. In: Pohl, K.; Dubois, E. (Eds.): Advanced Information Systems Engineering: 29th International Conference, CAiSE 2017, Germany, June 12-16, 2017: Proceedings. Cham, Springer. ISBN: 978-3-319-5935-1.
- [267] ENERGY ECO CHAIN FOUNDATION (2017): Hybrid Blockchain Technology that Will Revolutionize Energy Capitalization and Finance?. <URL: http://www.energyeco-chain.com/assets/EnergyEcoChain_en.pdf> (Retrieved: 2018-03-29).
- [268] DIVESTEIN, S.; VAN DOORN, M.; VAN MANEN, T.; BLOEM, J.; OMMEREN, E. (2015): ESIGN TO DISRUPT Blockchain: cryptoplatform for a frictionless economy. <URL: <https://www.weusecoins.com/assets/pdf/library/Blockchain%20Cryptoplatform%20for%20a%20Frictionless%20%20Economy.pdf>> (Retrieved: 2018-03-30).
- [269] MUKHOPADHYAY, M. (2018): Ethereum Smart Contract Development: Build blockchain-based decentralized applications using solidity. Birmingham, Packt Publishing Ltd. ISBN: 978-1-78847-304-0.

- [270] CAVUS; M. (2016): Die Blockchain Evolution. <URL: <https://www.digitalexzellenz.de/die-blockchain-evolution/>>(Retrieved: 2018-03-30).
- [271] NAKAMOTO; S. (2010): Re: A proposal for a semi-automated Escrow mechanism. <URL: <https://bitcointalk.org/index.php?topic=645.msg7712#msg7712>> (Retrieved: 2018-03-30).
- [272] ETSI (n.d.): Smart Grids. <URL: <http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/internet-of-things/smart-grids>> (Retrieved: 2018-04-01).
- [273] BNetzA (2010): “Smart Grid” und “Smart Market”: Eckpuntepapier der Bundesnetzagentur zu den Aspekten des sich veränderten Energieversorgungssystem. <URL: https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/NetzzugangUndMesswesen/SmartGridEckpuntepapier/SmartGridPapierpdf.pdf?__blob=publicationFile> (Retrieved: 2018-03-30).
- [274] Szabo, N. (1996): “ Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets. <URL: http://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart_contracts_2.html> (Retrieved: 2018-03-30).
- [275] SCHÜTTE, J.; FRIDGEN; G.; PRINZ, W.; ROSE, T.; URBACH, N. HOEREN, T.; GUGGENBERGER, N.; WELZEL, C.; HOLLY, S.; SCHULTE, A.; SPRENGER, P.; SCHWEDE, C.; WEINMERT, B.; OTTO, B.; DALHEIMER, M.; WENZEL, M.; KREUTZER, M.; FRITZ, M.; LEINER, U.; NOUAK, A. (2017): Blockchain und Smart Contracts: Technologien, Forschungsfragen und Anwendungen. <URL: https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/de/forschung/artikel/2017/Fraunhofer-Positionspapier_Blockchain-und-Smart-Contracts_v151.pdf> (Retrieved: 2018-03-30).
- [276] Cong, L. (2010): Blockchain Disruption and Smart Contracts. <URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2985764> (Retrieved: 2018-03-30).
- [277] DÖRING, N.; BORTZ; J. (2016): Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. 5. vollständig überarbeitete, aktualisierte und erweiterte Auflage. Berlin-Heidelberg. Springer-Verlag. ISBN: 978-3-642-41089-5.
- [278] OLBRICH, R.; BATTENFELD; D.; BUHR, C. (2012): Marktforschung: Ein einführendes Lehr- und Übungsbuch. Berlin-Heidelberg, Springer Gabler. ISBN: 978-3-612-24344-8.
- [279] SANDBERG, B. (2016): Wissenschaftliches Arbeiten von Abbildung bis Zitat: lehr- und Übungsbuch für Bachelor, Master, Promotion. 2., aktualisierte München, Oldenburg Verlag. ISBN: 978-3-486-74186-5.
- [280] WÜBBENHORST, K. (2018): Marktforschung. <URL: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/marktforschung-39843/version-263243>> (Retrieved: 2018-03-25).
- [281] WEHRLI, H. (2016): Marketing 3: Marktforschung. <URL: <http://docplayer.org/46211627-Marketing-3-marktforschung.html>> (Retrieved: 2018-03-25).

-
- [282] MEDJEDOVIĆ, I. (2014): Qualitative Sekundäranalyse: Zum Potenzial einer neuen Forschungsstrategie in der empirischen Sozialforschung. Wiesbaden, Springer Fachmedien. ISBN: 978-3-658-05487-8.
- [283] FRIEDRICH, J. (1990): Methoden empirischer Sozialforschung. Wiesbaden, VS Verlag. ISBN: 978-3-531-90173-2.
- [284] WIRTSCHAFTSLEXIKON24.COM (n.d.): Sekundärforschung. <URL: <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/sekundaerforschung/sekundaerforschung.htm>> (Retrieved: 2018-03-25).
- [285] MOCHMANN, E. (2014): Quantitative Daten für die Sekundäranalyse. <URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-531-18939-0_14> (Retrieved: 2018-03-25).
- [286] GERTLER, M. (n.d.): Was unterscheidet qualitative und quantitative Methoden? <URL: <https://forschenlernen.jetzt/faq/entries/1045.php>> (Retrieved: 2018-03-26).
- [287] I-LITERACY (n.d.): 1. Quantitative und qualitative Methoden. <URL: <http://i-literacy.e-learning.imb-uni-augsburg.de/node/664>> (Retrieved: 2018-03-26).
- [288] PESCHER, J. (2010): Change Management: Taxonomie und Erfolgsauswirkungen. Wiesbaden, Springer Fachmedien. ISBN: 978-3-8349-2244-1.
- [289] KELLE, U.; REITH, F.; METJE, B. (2010): Empirische Forschungsmethoden. <URL: https://www.springer.com/cda/content/document/cda_downloaddocument/9783658150822-c2.pdf?SGWID=0-0-45-1596292-p180271635> (Retrieved: 2018-03-26).
- [290] GOLSCH, K. (2002): Querschnitt-, Trend- und Paneldesign. <URL: <http://eswf.uni-koeln.de/lehre/0203/ws0203/V32.html>> (Retrieved: 2018-03-26).
- [291] DIEKMANN, A. (1995): Empirische Sozialforschung: Grundlagen, Methoden, Anwendungen. Reinbek, Rowohlt Taschenbuch Verlag. ISBN: 978-3-49955551-0.
- [292] CORNELL UNIVERSITY LIBRARY (2018): arXiv.org. <URL: <https://arxiv.org/>> (Retrieved: 2018-01-15).
- [293] SPRINGER INTERNATIONAL PUBLISHING AG (2018): Providing researchers with access to millions of scientific documents from journals, books, series, protocols and reference works. <URL: <https://link.springer.com/>> (Retrieved: 2018-01-15).
- [294] SOCIAL SCIENCE RESEARCH NETWORK – SSRN (2018): Tomorrow’s Research Today. <URL: <https://ssrn.com/en/>> (Retrieved: 2018-01-15).
- [295] RESEARCHGATE GMBH (2018): Search. <URL: <https://www.researchgate.net/search.Search.html?type=researcher&query>> (Retrieved: 2018-01-15).
- [296] MAIER, G. (2018.): Testgütekriterien. <URL: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/testguetekriterien-49637>> (Retrieved: 2018-03-26).

-
- [297] NÖLL, F. (2015.): Was ist ein Startup? <URL: <https://floriannoell.de/2015/03/02/ist-ein-startup/>> (Retrieved: 2018-03-26).
- [298] ACHLEITNER, A.-K. (2018): Start-up-Unternehmen. <URL: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/start-unternehmen-42136/version-265490>> (Retrieved: 2018-03-26).
- [299] BUNDESVERBAND DEUTSCHE STARTUPS e.V.(2016): Satzung Bundesverband Deutsche Startups e.V.<URL: <https://deutschestartups.org/der-verband/satzung/>> (Retrieved: 2018-03-26).
- [300] KOLLMANN; T.; STÖCKMANN, C.; HENSLLEK, S.; KENSBOCK, J. (2017): Deutscher Startup Monitor 2017. <URL: http://deutscherstartupmonitor.de/fileadmin/dsm/dsm-17/daten/dsm_2017.pdf> (Retrieved: 2018-03-26).
- [301] GRÜNDERPILOT (2017): Wie viele Startups scheitern. <URL: <http://www.gruenderpilot.com/wie-viele-startups-scheitern/>> (Retrieved: 2018-03-26).
- [302] COINDESK (2018): Blockchain Venture Capital. < <https://www.coindesk.com/bitcoin-venture-capital/>>(Retrieved: 2017-12-31).
- [303] CRUNCHBASE (2018): Discover innovative companies and the people behind them. <URL: <https://www.crunchbase.com/>>(Retrieved: 2018-02-01).
- [304] OUTLIER VENTURES (2018): Startup Tracker curated by Outlier Ventures>URL: <https://outlierventures.io/startups/browse/>>(Retrieved: 2018-02-01).
- [305] VENTURERADAR (2018): . <URL: <https://www.ventureradar.com/search>> (Retrieved: 2018-02-01).
- [306] ANGELLIST (2018): Where the world meets startups. <URL: <https://angel.co/companies>> (Retrieved: 2018-02-01).
- [307] F6S (2018): #1 for startup founder deals, accelerators & funding. <URL: <https://www.f6s.com/startups>> (Retrieved: 2018-02-01).
- [308] GUST INC. (2018): Startup Funding & Investing. <URL: https://gust.com/search/new?accepting_applications=true&category=accelerators>(Retrieved: 2018-02-01).
- [309] STARTUPXPLORE (2018): Startupxplore, the startup funding community. <URL: <https://startupxplore.com/en>> (Retrieved: 2018-02-01).
- [310] LINKEDIN (2018): Bringen Sie Ihre Karriere voran. <URL: <https://www.linkedin.com/>> (Retrieved: 2018-02-01).
- [311] UNIVERSITÄT ZÜRICH (2016): Deskriptive, univariate Analyse (Verteilungen). <URL: <http://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse/deskuniv.html>> (Retrieved: 2018-02-29).

-
- [312] GRÜNWALD, R. (n.d.): Univariate Statistik in SPSS. <URL: <https://novostat.com/statistik-glossar/univariate-statistik-in-spss.html>> (Retrieved: 2018-02-29).
- [313] GUARDTIME LTD. (2017): Guardtime, EDF and Industry Partners Sign Agreement for €26 Million Project Targeting Smart Energy Transmission Grid. <URL: <https://guardtime.com/blog/guardtime-edf-and-industry-partners-sign-agreement-for-eu26-million-project-targeting-smart-energy-t/>> (Retrieved: 2018-02-29).
- [314] TICTOC PLATFORMS LTD. (n.d.): About us. <URL: <https://www.linkedin.com/company/tictoc-platforms/>> (Retrieved: 2018-02-29).
- [315] StartupBlink. (2018): Global Map of Startup Ecosystems - StartupBlink. <URL: <https://www.startupblink.com/>> (Retrieved: 2018-02-29).
- [316] RocketSpace (2017): Where to Build Tech Startups: San Francisco vs. New York vs. London. <URL: <https://www.rocketpace.com/tech-startups/where-to-build-tech-startups-san-francisco-vs.-new-york-vs.-london>> (Retrieved: 2018-02-29).
- [317] DEMLING, A.; KERKMANN, C.; RICKENS, C.; WEDDELING, B. (2018.): Google, Apple, Facebook, Amazon: Was wir von den Herrschern des Silicon Valley lernen können. <URL: <http://www.handelsblatt.com/my/unternehmen/it-medien/google-apple-facebook-amazon-was-wir-von-den-herrschern-des-silicon-valley-lernen-koennen/20055770.html?ticket=ST-3576023-SPWlsW3ODd9UjgxLMcwh-ap2>> (Retrieved: 2018-02-29).
- [318] FORTUNE (n.d.): The Unicorn List 2016. <URL: <http://fortune.com/unicorns/>> (Retrieved: 2018-02-29).
- [319] STARTUP GENOME (2017): 2017 Global Startup Ecosystem Report. <URL: <http://fortune.com/unicorns/>> (Retrieved: 2018-02-29).
- [320] BITKOM (2015): Start-ups: Persönliche Gründe sind bei der Standortwahl entscheidend. <URL: <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Start-ups-Persoelliche-Gruende-sind-bei-der-Standortwahl-entscheidend.html>> (Retrieved: 2018-02-29).
- [321] VERTICAL MEDIA GMBH (n.d.): Lexikon: Startup. <URL: <https://www.gruenderszene.de/lexikon/begriffe/startup>> (Retrieved: 2018-02-29).
- [322] VERTICAL MEDIA GMBH (n.d.): Lexikon: Startup. <URL: <https://www.gruenderszene.de/lexikon/begriffe/startup>> (Retrieved: 2018-02-29).
- [323] BITKOM (2016): Im Schnitt braucht jedes Start-up 2,4 Millionen Euro frisches Kapital. <URL: <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Im-Schnitt-braucht-jedes-Start-up-24-Millionen-Euro-frisches-Kapital.html>> (Retrieved: 2018-02-29).
- [324] SAMIOS, N.; ARNOLD, A. (2018) Warum der deutsche Venture-Capital-Markt unterentwickelt ist. <URL: <https://www.gruenderszene.de/allgemein/buchauszug-dealterms-vc-venture-capital-deutschland/21>> (Retrieved: 2018-02-29).

-
- [325] FLORIDA, R. (2017): Venture Capital Remains Highly Concentrated in Just a Few Cities. <URL: <https://www.citylab.com/life/2017/10/venture-capital-concentration/539775/>> (Retrieved: 2018-02-29).
- [326] CB Insights (2017): The Top 20 Reasons Startups Fail. <URL: <https://www.cbinsights.com/research/startup-failure-reasons-top/>> (Retrieved: 2018-02-29).
- [327] KIRSCHBAUM, B.; FÖRSTE, S. (n.d.): Initial Coin Offering (ICO). <URL: <https://www.win heller.com/bankrecht-finanzrecht/bitcointrading/ico-initial-coin-offering.html>> (Retrieved: 2018-04-02).
- [328] SCHUEFFEL, P. (2017): The Concise Fintech Compendium. <URL: <http://schueffel.biz/wp-content/uploads/2017/09/Schueffel-2017-The-Concise-FINTECH-COMPENDIUM.pdf>> (Retrieved: 2018-04-02).
- [329] SHARE & CHARGE (n.d.): The Concise Fintech Compendium. <URL: <https://shareandcharge.com/>> (Retrieved: 2018-04-02).
- [330] TOENNESMANN, J. (2013): Die Gründerszene in Zahlen.. <URL: <http://gruender.wiwo.de/scheitern-gruenderszene/>> (Retrieved: 2018-04-02).
- [331] GOLEM.DE (2017): Jungunternehmer: Über 3.000 deutsche Startups gingen 2016 pleite<URL: <https://www.golem.de/news/creditsafe-ueber-3-000-deutsche-startups-gingen-2016-pleite-1703-126627.html>> (Retrieved: 2018-04-02).
- [332] AICHELE, C.(2017): Die digitale Energiewirtschaft –Implikationen der Digitalisierung der Energiewirtschaft für den Endkunden. In: Holstenkamp, L.; Radtke, J. (Eds.) Handbuch Energiewende und Partizipation. ISBN: 978-3-658-09416-4.
- [333] E-CUBE STRATEGY CONSULTING (2017): e-can.ch, Powerpeers, Grid+ Blockchain: Drei neue Modelle zur Annäherung von Verbrauchern und Stromerzeugern. <URL: http://www.e-cube.com/download/171107_E-CUBE_NeueModelleAnn%C3%A4herungVerbrauchernStromerzeugern_v10_DE.PDF> (Retrieved: 2018-04-03).
- [334] GRID+ (2018): Grid+ is giving you the energy grid of the future, today. <URL: <https://gridplus.io/technology>> (Retrieved: 2018-04-03).
- [335] GRID+ (2018): Welcome To The Future of Energy. <URL: <https://gridplus.io/assets/Gridwhitepaper.pdf>> (Retrieved: 2018-04-03).
- [336] BITCOINEXCHANGEGUIDE (n.d.): Grid+ – Ethereum Blockchain Clean Energy Market Management? <URL: <https://bitcoinexchangeguide.com/grid-plus/>> (Retrieved: 2018-04-03).

-
- [337] GTM (2017): Grid+ Raises \$29 Million as Blockchain Fever GrowsThe startup is using blockchain to cut out the middleman in electricity sales. <URL: <https://www.greentechmedia.com/articles/read/grid-raises-40-million-as-blockchain-fever-grows#gs.Q7=ORao>> (Retrieved: 2018-04-03).
- [338] BLOCKONOMI (2017): Beginner's Guide to Ethereum Casper Hardfork: What You Need to Know. <<https://blockonomi.com/ethereum-casper/>> (Retrieved: 2018-04-03).

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre hiermit ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt habe. Aus fremden Quellen entlehnte direkt Zitate und indirekt übernommenes Gedankengut sind als solche gekennzeichnet.

Mir ist bewusst, dass die Master-Thesis in digitalisierter Form daraufhin überprüft wird, ob unerlaubte Hilfsmittel verwendet wurden und ob es sich um ein Plagiat handelt. Zum Vergleich meiner Arbeit mit existierenden Quellen, erteile ich die Erlaubnis zur Erfassung und Speicherung der Arbeit in der Hochschuldatenbank, zum Vergleich mit künftig eingehenden Arbeiten. Weitere Vervielfältigungs- und Verwertungsrechte werden dadurch nicht eingeräumt.

Die Arbeit wurde weder einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt noch veröffentlicht.

Zweibrücken, den 3. April 2018

Thorsten Heck

