

525796132fb311bb4128903e0b3b09a8c0fa9a7a589e90c80a10a361762b0800e7bf3d142f2ab5f39dfb76028de56961714d15fcdcd20e6a23a5babe8def4338fd4cef74e6071fcc920ad6329a6d  
f2df99a4e8b29732e25732ca2cc97325c84e90c4ddf812e64bb97302b9810bd5a5d682177c808d347668f9e9784ae3cf7a60533a62788503ba855467e0e1030e4da0758824a6a00394b7439bc  
f8e0b0434bc123c4db4588356961b0011886af2428044627762635f84570fe8f12f2e7b91982bb154f22c3ae1ddb23b54867828591cbec4374aaa48381c951e03156630fd210fd3efdba5ead475b  
48381c951e03156630fd210fd3efdba5ead475b487c448044defb778f33158d8ccf94a20531d600f5afab8077ae174ba7022aba0fbd6720bed9e0d8f109d1b68637616ae8a533727191da  
80087c146ac83727ec872e1daa0d828e2cb8023e8e75607509ad3f8ef19441b95cd6c9383934a4941b0e0d9869d7bc3363bc686471d4c388ad1c312a488ee9e12998f097f2258f8d5e150990  
c01ce3198086c91576d323046d5cd72c3846bb006c96ba4bbb2fea819e0c0be618b54da576daca212f10340c57ab2f09b46666f1e2c15056ae77b22527de90fd24d3c65a6d7674928a3b96adcd6b  
c24bc3a8dcd415a82936650b847787eda27e0d0e84d2e2ca75c996fc888df68b00b428a8ed020f99a2b453bb4f89bd341c8c6c1f9987617385e4753e446bce50318a531cab2c9c  
1225f1dd5671243f6ff11527dc04053a4a05b55f61cb050307e750398c3dda5b2624cba59c869a8665c4036c21d2a19051caef68c32b11905eade32900d44f6dcd1cadf1063fa292fa5fb20981fd  
1c78a9258c9a765e79d2689ccb754e8474bf701ce28af418cd1f846a96786a8e189016c22d19963dae1295227bb1b0cf4c9048a27356bb2f774234e44639cbfbbf9e21b9a8b6e9cd2371920fe046f  
6be1ec838077b1ac440cd5d4cfd114992978534b432e391b4103d76da5d3f6c751c07e32c5e3e1037b78dd4760f817996a23a9ef778a1c156fffa3853e23dc38060d44cf8b80945c61014aa4f  
0d6909742aa27f3316a8d4ac1fa61e36491f1c1194415b7811af16bb0b0b291e27023bf4bcdcc9f9b6c387dc432af57f30888def15929bad876739ec549f8217949c6d8028c08a5692d13d36  
d359d7ab700c945d152f5d382bd98e2a6f15e43ac3373ef34f79738684e5f531fe8c6b334fd9dec17022d2e0e17c0dd0e1f0c05c7ea6b088cad9f25715605feal265357b3eede941907df901fb88  
f43c600ee20ff1ba8c57979d22855693d6673a587993d7c314d0ad417a86bab796f6e46482432217c8215e3e385ba16ce9d219d01ab78a699dd2db9489dd8302b017222153fad6c23432  
b251c8ecc8e8d75d069793449ca203f41546b37c54c0bfaa23e6adbb1c289e12c7f29e16ee9aa8421c2a07d7639191b13dd2fdb582763980f706a28a5d03aa4de3bc06d66bf7d625cd2c6e70fb9f

# BLOCK

525796132fb311bb4128903e0b3b09a8c0fa9a7a589e90c80a10a361762b0800e7bf3d142f2ab5f39dfb76028de56961714d15fcdcd20e6a23a5babe8def4338fd4cef74e6071fcc920ad6329a6d  
f2df99a4e8b29732e25732ca2cc97325c84e90c4ddf812e64bb97302b9810bd5a5d682177c808d347668f9e9784ae3cf7a60533a62788503ba855467e0e1030e4da0758824a6a00394b7439bc  
f8e0b0434bc123c4db4588356961b0011886af2428044627762635f84570fe8f12f2e7b91982bb154f22c3ae1ddb23b54867828591cbec4374aaa48381c951e03156630fd210fd3efdba5ead475b  
48381c951e03156630fd210fd3efdba5ead475b487c448044defb778f33158d8ccf94a20531d600f5afab8077ae174ba7022aba0fbd6720bed9e0d8f109d1b68637616ae8a533727191da  
80087c146ac83727ec872e1daa0d828e2cb8023e8e75607509ad3f8ef19441b95cd6c9383934a4941b0e0d9869d7bc3363bc686471d4c388ad1c312a488ee9e12998f097f2258f8d5e150990  
c01ce3198086c91576d323046d5cd72c3846bb006c96ba4bbb2fea819e0c0be618b54da576daca212f10340c57ab2f09b46666f1e2c15056ae77b22527de90fd24d3c65a6d7674928a3b96adcd6b  
c24bc3a8dcd415a82936650b847787eda27e0d0e84d2e2ca75c996fc888df68b00b428a8ed020f99a2b453bb4f89bd341c8c6c1f9987617385e4753e446bce50318a531cab2c9c  
1225f1dd5671243f6ff11527dc04053a4a05b55f61cb050307e750398c3dda5b2624cba59c869a8665c4036c21d2a19051caef68c32b11905eade32900d44f6dcd1cadf1063fa292fa5fb20981fd  
1c78a9258c9a765e79d2689ccb754e8474bf701ce28af418cd1f846a96786a8e189016c22d19963dae1295227bb1b0cf4c9048a27356bb2f774234e44639cbfbbf9e21b9a8b6e9cd2371920fe046f  
6be1ec838077b1ac440cd5d4cfd114992978534b432e391b4103d76da5d3f6c751c07e32c5e3e1037b78dd4760f817996a23a9ef778a1c156fffa3853e23dc38060d44cf8b80945c61014aa4f  
0d6909742aa27f3316a8d4ac1fa61e36491f1c1194415b7811af16bb0b0b291e27023bf4bcdcc9f9b6c387dc432af57f30888def15929bad876739ec549f8217949c6d8028c08a5692d13d36  
d359d7ab700c945d152f5d382bd98e2a6f15e43ac3373ef34f79738684e5f531fe8c6b334fd9dec17022d2e0e17c0dd0e1f0c05c7ea6b088cad9f25715605feal265357b3eede941907df901fb88  
f43c600ee20ff1ba8c57979d22855693d6673a587993d7c314d0ad417a86bab796f6e46482432217c8215e3e385ba16ce9d219d01ab78a699dd2db9489dd8302b017222153fad6c23432  
b251c8ecc8e8d75d069793449ca203f41546b37c54c0bfaa23e6adbb1c289e12c7f29e16ee9aa8421c2a07d7639191b13dd2fdb582763980f706a28a5d03aa4de3bc06d66bf7d625cd2c6e70fb9f

# CHAIN

525796132fb311bb4128903e0b3b09a8c0fa9a7a589e90c80a10a361762b0800e7bf3d142f2ab5f39dfb76028de56961714d15fcdcd20e6a23a5babe8def4338fd4cef74e6071fcc920ad6329a6d  
f2df99a4e8b29732e25732ca2cc97325c84e90c4ddf812e64bb97302b9810bd5a5d682177c808d347668f9e9784ae3cf7a60533a62788503ba855467e0e1030e4da0758824a6a00394b7439bc  
f8e0b0434bc123c4db4588356961b0011886af2428044627762635f84570fe8f12f2e7b91982bb154f22c3ae1ddb23b54867828591cbec4374aaa48381c951e03156630fd210fd3efdba5ead475b  
48381c951e03156630fd210fd3efdba5ead475b487c448044defb778f33158d8ccf94a20531d600f5afab8077ae174ba7022aba0fbd6720bed9e0d8f109d1b68637616ae8a533727191da  
80087c146ac83727ec872e1daa0d828e2cb8023e8e75607509ad3f8ef19441b95cd6c9383934a4941b0e0d9869d7bc3363bc686471d4c388ad1c312a488ee9e12998f097f2258f8d5e150990  
c01ce3198086c91576d323046d5cd72c3846bb006c96ba4bbb2fea819e0c0be618b54da576daca212f10340c57ab2f09b46666f1e2c15056ae77b22527de90fd24d3c65a6d7674928a3b96adcd6b  
c24bc3a8dcd415a82936650b847787eda27e0d0e84d2e2ca75c996fc888df68b00b428a8ed020f99a2b453bb4f89bd341c8c6c1f9987617385e4753e446bce50318a531cab2c9c  
1225f1dd5671243f6ff11527dc04053a4a05b55f61cb050307e750398c3dda5b2624cba59c869a8665c4036c21d2a19051caef68c32b11905eade32900d44f6dcd1cadf1063fa292fa5fb20981fd  
1c78a9258c9a765e79d2689ccb754e8474bf701ce28af418cd1f846a96786a8e189016c22d19963dae1295227bb1b0cf4c9048a27356bb2f774234e44639cbfbbf9e21b9a8b6e9cd2371920fe046f  
6be1ec838077b1ac440cd5d4cfd114992978534b432e391b4103d76da5d3f6c751c07e32c5e3e1037b78dd4760f817996a23a9ef778a1c156fffa3853e23dc38060d44cf8b80945c61014aa4f  
0d6909742aa27f3316a8d4ac1fa61e36491f1c1194415b7811af16bb0b0b291e27023bf4bcdcc9f9b6c387dc432af57f30888def15929bad876739ec549f8217949c6d8028c08a5692d13d36  
d359d7ab700c945d152f5d382bd98e2a6f15e43ac3373ef34f79738684e5f531fe8c6b334fd9dec17022d2e0e17c0dd0e1f0c05c7ea6b088cad9f25715605feal265357b3eede941907df901fb88  
f43c600ee20ff1ba8c57979d22855693d6673a587993d7c314d0ad417a86bab796f6e46482432217c8215e3e385ba16ce9d219d01ab78a699dd2db9489dd8302b017222153fad6c23432  
b251c8ecc8e8d75d069793449ca203f41546b37c54c0bfaa23e6adbb1c289e12c7f29e16ee9aa8421c2a07d7639191b13dd2fdb582763980f706a28a5d03aa4de3bc06d66bf7d625cd2c6e70fb9f

# IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT

## POTENZIALE FÜR ENERGIEVERSORGER

	Editorial	05
	Executive Summary	06
	Zielstellung	08
<b><u>#K01</u></b>	Das Blockchain-Versprechen	10
<b><u>#K02</u></b>	Blockchain in der Energiewirtschaft	26
<b><u>#K03</u></b>	Was sind vielversprechende Anwendungsbereiche in der Energiewirtschaft?	32
<b><u>#K04</u></b>	Wie reif ist die Blockchain-Technologie?	42
<b><u>#K05</u></b>	Wie sind die rechtlichen Rahmenbedingungen für Blockchain?	48
<b><u>#K06</u></b>	Wie hängen Blockchain und das Internet der Dinge zusammen?	54
<b><u>#K07</u></b>	Wann ist Blockchain?	58
<b><u>#K08</u></b>	Fazit	64
	Begriffsglossar (→)	67
	Interviewpartner	74
	Literaturverzeichnis	76
	Impressum	82

**BLOCK**

**CHAIN**

**IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT**

**EDITORIAL**

**EXECUTIVE SUMMARY**

**ZIELSTELLUNG**



Mit der Blockchain erhält auch die Energiebranche eine neue, hochinteressante Technologie, die zurzeit in aller Munde ist. Experten gehen von einem Innovations- und Veränderungspotenzial aus, das vergleichbar ist mit dem Siegeszug des Internets. Die Entwicklung von immer neuen Anwendungen auf Basis der Blockchain-Technologie sowie zahlreiche Projekte von Energieversorgern unterstreichen die hohe Dynamik und die damit verbundene Erwartungshaltung. Energieversorgungsunternehmen, die sich in dieser frühen Phase aktiv an der Entwicklung beteiligen, können sich neue Rollen und Segmente sichern.

Die Eigenschaften von Blockchains versprechen Lösungen für die modernen Bedürfnisse der Energiebranche und ihrer Kunden. In einer dezentralen Energiewelt ist der reibungslose Transfer von Informationen zwischen Erzeugungsanlagen, Netzen und Speichern entscheidend für das Funktionieren des energiewirtschaftlichen Gesamtsystems. Die Blockchain-Technologie besitzt das Potenzial, hier als Transformator für ein digital vernetztes Ökosystem aus Millionen Geräten zu dienen. Sie ermöglicht einen sicheren, dezentralen und flexiblen Informationsaustausch. Diese Basis ist entscheidend, um perspektivisch einen immer höheren Grad an Vernetzung, Automatisierung, Steuerungsfähigkeit und Resilienz zu ermöglichen.

Neben diesen Chancen ist es ebenso entscheidend zu analysieren, in welchen Bereichen die Technologie noch technische Limitierungen aufweist oder ob bestehende IT-Lösungen ähnliche Vorteile bieten. Auch sind rechtliche Fragestellungen in Hinblick auf die Blockchain-Technologie zu beachten.

Unter Federführung von Prof. Dr. Jens Strüker hat der BDEW mit dieser Studie eine verständliche Einführung mit aktuellen Fallbeispielen aus der Energiewirtschaft, zukünftigen Potenzialen sowie einer rechtlichen Einordnung zur Blockchain-Technologie erarbeitet. Sie soll den Unternehmen der Energiewirtschaft als Orientierung dienen und die Branche ermutigen, sich proaktiv mit dieser revolutionären Entwicklung zu beschäftigen.

Ihr

**Stefan Kapferer**

Vorsitzender der Hauptgeschäftsführung  
BDEW Bundesverband der Energie- und  
Wasserwirtschaft e. V.

## Executive Summary

**Die Digitalisierung der Energiewirtschaft nimmt weiter an Fahrt auf. Als ein neuer Treiber dieser rasanten Entwicklung entpuppt sich aktuell die Blockchain-Technologie, die nach Einschätzung vieler Fachleute tiefgreifende Veränderungen in der Energiebranche herbeiführen kann. Blockchains haben das Potenzial, energiewirtschaftliche Prozesse in nahezu allen Wertschöpfungsstufen zu optimieren und gleichzeitig die steigende Komplexität im zunehmend dezentralen Energiesystem zu bewältigen.**

### Vorteile der Blockchain-Technologie

Bei einer Blockchain handelt es sich um eine stetig wachsende Datei, welche sämtliche Transaktionen aller beteiligten Akteure enthält. Diese Datei ist nicht auf einem zentralen Server gespeichert, sondern jeweils auf den Rechnern aller teilnehmenden Akteure. Neue Transaktionen werden in einem automatisierten Abstimmungsprozess im Konsens hinzugefügt. Aus dieser Funktionsweise leiten sich die zentralen Versprechen der Blockchain-Technologie ab: die Gewährleistung von Datensouveränität (Nutzungskontrolle) und die direkte Interaktion zwischen (sich unbekannt) Akteuren, ohne dass hierfür eine Vermittlung durch zentrale Instanzen notwendig ist. Interaktion beschränkt sich dabei nicht auf Transaktionen, sondern schließt Anwendungen und Prozessabläufe ein, welche durch die Architektur der Blockchain-Technologie manipulationssicher, nachvollziehbar und effizient durchführbar werden.

### Aktuelle Entwicklungen

Den hohen Erwartungen an die Blockchain-Technologie und der entsprechend großen Zahl aktuell laufender Pilotprojekte stehen bisher jedoch wenige marktreife Anwendungen mit entsprechend gesicherten Erkenntnissen gegenüber. Auch existieren sehr unterschiedliche Arten von Blockchains, technologisch wie funktional, deren aller Entwicklung aber rasant vorangeht. Daher ist der Markt an Blockchain-Lösungen mittlerweile vielfältig: Für jede potenzielle Anwendung gibt es die „richtige“ Blockchain.

Die Studie „Blockchain in der Energiewirtschaft“ hat das Ziel, in dieser undurchsichtigen Situation Orientierung über die Potenziale zu geben und dem Leser eine Einschätzung bezüglich des technologischen und wirtschaftlichen Reifegrades zu ermöglichen. Grundlage hierfür sind ausführliche Interviews, insbesondere mit Anbietern und Nutzern von Blockchain-Anwendungen sowie IT- und Rechtsexperten.

### Potenziale für die Energiewirtschaft

Die Digitalisierung und Dezentralisierung verstärkt das Aufbrechen der einst festen System- und Prozessgrenzen der Wertschöpfungsstufen und befördert die Entwicklung von dynamischen Wertschöpfungsnetzwerken. Haushalte und Unternehmen rücken in den Fokus des Energiesystems, da diese zunehmend durch kleinteilige Interaktionen aktiv am Marktgeschehen teilnehmen. Jedoch werden nicht nur Anwender und Verbraucher von der Blockchain-Technologie profitieren können. Volkswirtschaftlich interessant erscheint insbesondere die Möglichkeit, die Auslastung der Netze zu erhöhen sowie die Allokation von Flexibilitäten jeder Größe effizient zu organisieren. Die Fähigkeit einer Blockchain, selbst kleinste Transaktionen wirtschaftlich zu gestalten, bedeutet letztlich neue Freiheitsgrade, beispielsweise für die Bereitstellung von Regelenergie, den direkten Stromhandel zwischen Marktakteuren oder auch sogenannte „Shared Investments“.

In Kombination mit der Digitalisierung des Messwesens unterstützt die Blockchain-Technologie neue

Formen der Produktdifferenzierung, unter anderem hinsichtlich Erzeugungsart, -ort und -zeit. Entsprechend finden sich konkrete aktuelle Pilotprojekte in sämtlichen Wertschöpfungsstufen der Energiewirtschaft. Beispiele sind die Ladeinfrastruktur für E-Mobilität, die Zertifizierung von Grün- und Regionalstrom, Nachbarschafts- und Mieterstromkonzepte, die Bereitstellung von Regelenergie und der Stromgroßhandel. Diese werden in der vorliegenden Studie exemplarisch analysiert.

## Blockchain und das Internet der Dinge

Perspektivisch betrachtet wird die Blockchain-Technologie in einem wesentlichen Bereich Potenziale generieren: Die zunehmende Vernetzung von Millionen intelligenter, autonomer Geräte verspricht eine neue Qualität der intelligenten Laststeuerung. Hier könnte die Blockchain die Technologie sein, welche diese Vernetzung sicherstellt. Die Verknüpfung zwischen Blockchain und dem sogenannten Internet der Dinge (Internet-of-Things, IoT) kann entscheidend dazu beitragen, die Geschwindigkeit und Dynamik dieser Entwicklung voranzutreiben: Eine Blockchain ermöglicht neue Antworten auf die noch offenen Fragen nach einem flexiblen und sicheren Rechtemanagement und der sicheren Authentifizierung von Geräten.

## Limitierungen

Es zeigt sich, dass der realisierbare Nutzen der Blockchain-Technologie für energiewirtschaftliche Prozesse, Anwendungen und Services wesentlich von den technischen Kriterien Geschwindigkeit, Energieverbrauch, Interoperabilität zwischen verschiedenartigen Blockchains sowie IT-Sicherheit und Zuverlässigkeit abhängt. Darüber hinaus werden die Wirtschaftlichkeit, der rechtliche Rahmen und letztendlich die Akzeptanz bei den beteiligten Ak-

teuren entscheidend sein für eine erfolgreiche Umsetzung. Nicht nur Unternehmen, Nutzer oder IT-Infrastrukturen stellt die Blockchain-Technologie vor neue Herausforderungen, auch der Rechtsrahmen muss sich der technologischen Neuerungen annehmen. Hier sind beispielsweise neue Fragen aus dem allgemeinen Vertragsrecht, dem Energierecht oder auch dem Datenschutzrecht zu beantworten. Es ist absehbar, dass der derzeitige regulatorische Rahmen bestimmte Blockchain-Anwendungen nicht vollumfänglich abbilden kann.

## Handlungsmöglichkeiten für Energieversorgungsunternehmen

Die Blockchain-Technologie bietet Energieversorgern zahlreiche Chancen. Die Unternehmen der Branche können die Entwicklung aktiv mitgestalten und sich so neue Rollen sichern. Die Geschwindigkeit der technologischen Entwicklung ist hoch, daher sollten die Fortschritte sowie potenzielle Regulierungsanpassungen konstant und gewissenhaft verfolgt werden.

Um die Potenziale zu nutzen, empfiehlt es sich, in den Unternehmen erste Erfahrungen mit Blockchain-Anwendungen zu sammeln. Hierfür kann es zunächst ausreichend sein, wenig komplexe und gut überschaubare Anwendungen zu erproben. Auf diese Weise können Unternehmen und deren Mitarbeiter Erfahrungen im praktischen Umgang mit dieser neuen Technologie sammeln. Es wird zunehmend entscheidend, firmeninternes Blockchain-Wissen aufzubauen und kontinuierlich weiterzuentwickeln. Dieses Vorgehen ermöglicht eine schnelle und flexible Nutzung der Blockchain-Potenziale und deren erfolgreiche Weiterentwicklung. Deutsche Energieversorgungsunternehmen haben dabei den Vorteil, dass sich der globale Mittelpunkt von Blockchain-Entwicklungen für die Energiewirtschaft in Berlin befindet.

## Zielstellung

**Die digitale Transformation ist zu einer zentralen Herausforderung für Unternehmen in der Energiewirtschaft geworden.<sup>1</sup> Die Blockchain-Technologie verspricht, diese Entwicklung in den nächsten Jahren zu prägen, da sie potenziell einen wesentlichen Beitrag zur nächsten Evolutionsstufe des Internets und für die Entwicklung hin zur Echtzeit-Energiewirtschaft mit Milliarden von vernetzten Geräten leisten wird.<sup>2</sup>**

„We are undergoing a deep energy transition. Digitalisation is the door to new energy realities. Blockchains may well be the key to unlock that door.“

*Christoph Frei  
(World Energy Council, Energy Web Foundation)*

„10 % of global GDP<sup>3</sup> will be stored in Blockchain by 2027.“<sup>4</sup>

*World Economic Forum*

Es besteht aktuell jedoch eine erhebliche Lücke zwischen diesen hohen Erwartungen und der geringen Anzahl an marktreifen Anwendungen und konkreten Erfahrungen zur technischen Machbarkeit sowie zu wirtschaftlichen Mehrwerten. Gleichzeitig bleibt die Entwicklungsgeschwindigkeit der Blockchain-Technologie weiter rasant.

Die Marktkapitalisierung der → *öffentlichen Blockchains*<sup>5</sup> Bitcoin oder Ethereum ist in der Folge immer weiter gestiegen. Abbildung 1 verdeutlicht, dass der schnell steigende finanzielle Wert von Ethereum einhergeht mit einer ebenfalls stark wachsenden Anzahl von Transaktionen. Es ergibt sich insgesamt

ein ambivalentes Bild: sehr hohe Erwartungen der Märkte an die Technologie und stetiges Wachstum bei der Nutzung der Technologie (Transaktionen) einerseits und noch geringe Anzahl an marktreifen und skalierbaren Lösungen andererseits.

Vor diesem Hintergrund ist das Ziel der vorliegenden Studie, eine Einschätzung über die technologische Reife und das wirtschaftliche Potenzial der Blockchain-Technologie für die Energiewirtschaft abzugeben. Grundlage sind Experteninterviews mit Anbietern und Nutzern von konkreten Blockchain-Anwendungen für die Energiewirtschaft. Mittels einer offenen Gesprächsführung wurde dabei sichergestellt, dass nicht nur bisherige Erwartungen und Vermutungen überprüft wurden, sondern vielmehr Raum für differenzierte Betrachtungen und Ausführungen gelassen wurde. Die Inhalte der explorativen Interviews wurden analysiert, zusammengefasst und tragen dazu bei, den „Hype“ um die Blockchain-Technologie von realistischen Potenzialen zu trennen und damit der Branche eine Orientierung zu geben.

1 Eine umfassende Analyse zur Digitalisierung in der Energiewirtschaft hat der BDEW 2016 gemeinsam mit seinen Mitgliedsunternehmen in folgender Publikation erstellt: Die digitale Energiewirtschaft – Agenda für Unternehmen und Politik (BDEW 2016).

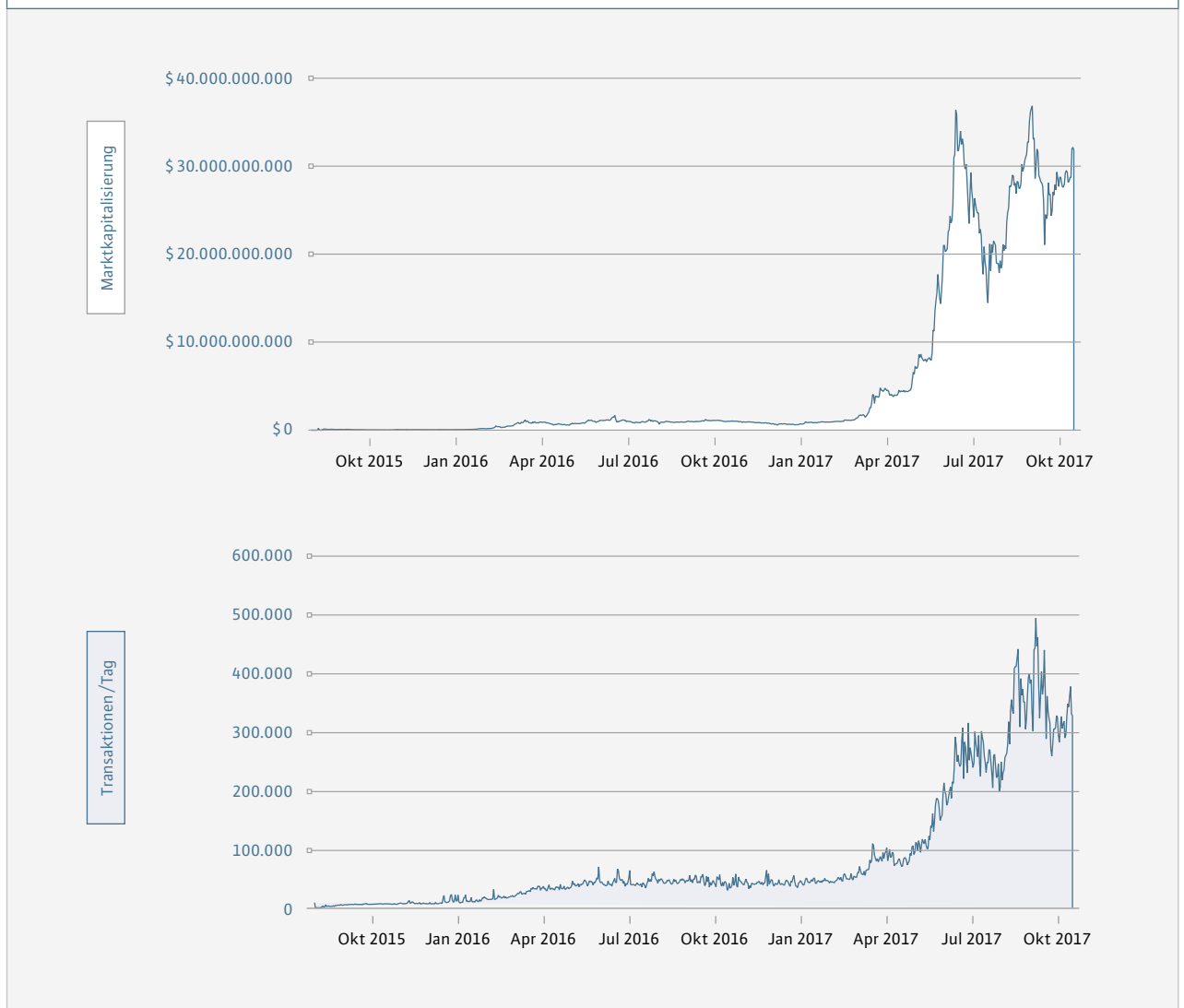
2 Strüker (2017) und Albrecht et al. (2018).

3 GDP: Gross Domestic Product (Bruttoinlandsprodukt).

4 World Economic Forum, Umfrage unter 816 Managern und IT-Experten unterschiedlicher Sektoren (2015), abgedruckt im O A (2016) am 19. Juni 2016.

5 Zentrale Begriffe werden im Glossar ausführlicher erklärt. Im Fließtext wird auf Glossarbegriffe mit einem → verwiesen.



**Abbildung 1: Ethereum Marktkapitalisierung | Transaktionen pro Tag<sup>6</sup>**

<sup>6</sup> etherscan.io.

# KAPITEL

# #K01

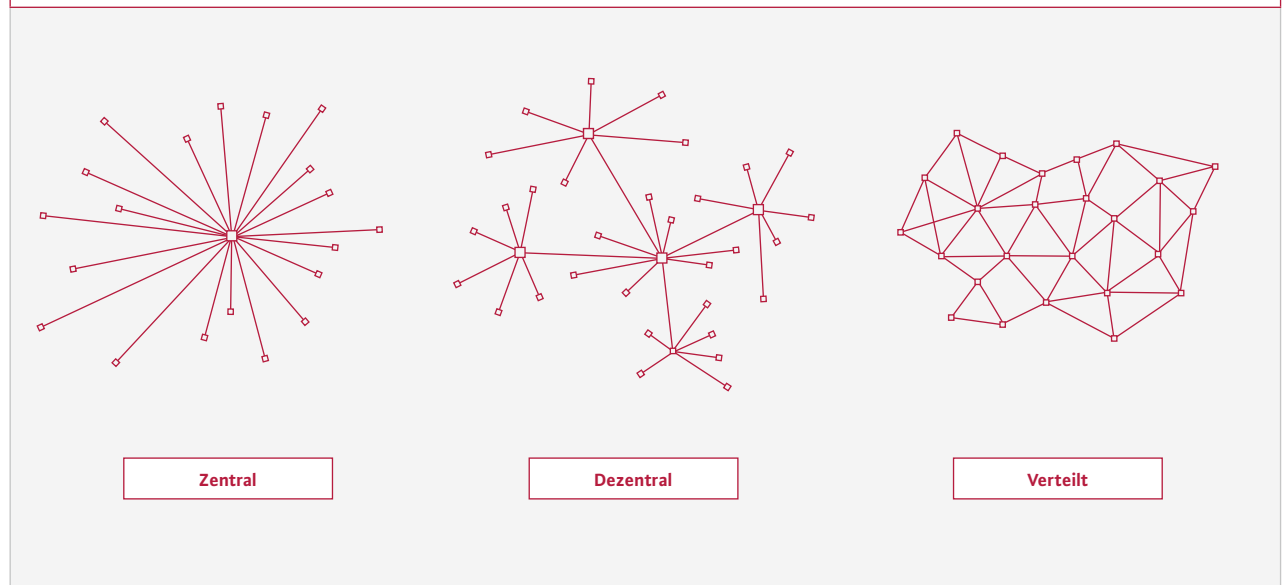
# Das Blockchain-Versprechen

## Was steckt hinter der Entwicklung der Blockchain-Technologie?

Ursprünglich stammt die Idee der Blockchain aus dem Bereich der Kryptowährungen. Der Entwickler<sup>7</sup> der Währung Bitcoin entwarf 2008 ein Konzept für ein verteiltes, autonomes, neutrales und rein digitales Zahlungssystem, welches Privatpersonen erlaubt, Transaktionen ohne Vermittlungsinstanzen vorzunehmen. Blockchain ist der theoretische und technologische Unterbau, in dem existierende Peer-to-Peer-Datenbanken (Gleichwertiger-Nutzer-zu-gleichwertigem-Nutzer-Datenbank; auch als p2p abgekürzt), Verschlüsselungstechnik und Netzwerkeffekte kombiniert werden. Die Digitalwährung Bitcoin wurde 2009 schließlich auf dieser Basis implementiert. Sie nutzt ein verteiltes Rechnernetzwerk (Abbildung 2), um Transaktionen zu verarbeiten und zu speichern.<sup>8</sup>

Um Vertrauen ohne zentrale Instanz innerhalb des Netzwerks zu erzeugen, sind sämtliche Transaktionen innerhalb des Bitcoin-Netzwerks transparent, chronologisch und unabänderlich auf zahlreichen Geräten gespeichert. Die Prüfung und das Festhalten der Transaktionen erfolgt dabei durch das verteilte Computernetzwerk. Die Blockchain fungiert hierbei als eine Art öffentliches, verteiltes Kassenbuch, das allen Beteiligten eine einsehbare Transaktionshistorie liefert. Dabei wird aber nicht jede neue Transaktion einzeln eingefügt, sondern Transaktionen werden gesammelt und anschließend in Blöcken gebündelt. Das Ergebnis: **eine stetig wachsende Kette (Chain) aus Datenblöcken (Blocks).**

Abbildung 2: Grundannahme der Blockchain ist ein verteiltes Netzwerk



<sup>7</sup> Nakamoto (2008).

<sup>8</sup> Verteilte Datenbanken wie die Blockchain speichern an jedem Knotenpunkt den gesamten Datensatz, während dezentrale Datenbanken verschiedene Teile der Daten an einzelnen Knotenpunkten sichern.


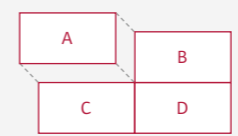
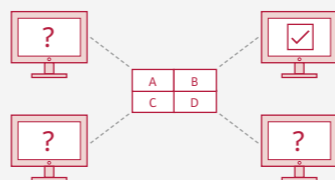
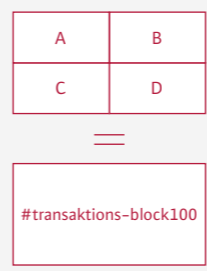
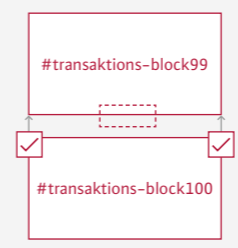

## Was genau macht eine Blockchain?

Die in der Blockchain vernetzten Rechner sammeln zunächst die Transaktionen, welche über das Blockchain-System bestätigt werden sollen. Diese Transaktionen werden in Blöcke gebündelt, die wiederum an die vorherigen Blöcke von Transaktionen angehängt werden. Was so einfach klingt, ist ein hochkomplexer kryptografischer Rechenprozess, der die Sicherheit, Unabänderlichkeit und Transparenz der Blockchain sicherstellen soll.

Die nebenstehende Darstellung soll verdeutlichen, wie eine Transaktion in einer Blockchain abläuft. Die Funktionsweise im Beispiel bezieht sich auf die bekannteste Blockchain, auf welcher die Kryptowährung Bitcoin basiert. Derzeit sind in der Bitcoin-Blockchain fast 480.000 Blöcke aneinander gekettet. In einem Block befinden sich durchschnittlich circa 1.500 Einzeltransaktionen.<sup>9</sup>

<sup>9</sup> Vgl. O.A (2017).

Tabelle 1: Ablauf von Blockchain-Transaktionsprozessen

Vorgang in der Blockchain		Beispiel	
01	Handelspartner einigen sich auf eine Transaktion, beispielsweise über eine Online-Plattform.		Thomas und Andreas einigen sich auf eine Transaktion. Thomas will Andreas 50 Euro zahlen für einen Fernseher, den er von ihm bei eBay ersteigert hat.
02	Die Transaktion wird ins Blockchain-Netzwerk übertragen und dabei mit anderen Transaktionen, welche im gleichen Zeitraum ebenfalls ins Netzwerk gespeist wurden, in einem Block zusammengefasst.		Transaktion A „Thomas zahlt Andreas 50 Euro.“ Transaktion B „Britta zahlt Anton 10 Euro.“ Transaktion C „Horst zahlt Alexander 17,20 Euro.“ Transaktion D „Paul zahlt Fine 85,30 Euro.“
03	Der Block wird ins Blockchain-Netzwerk gegeben und die darin enthaltenen Transaktionen werden durch die Teilnehmer der Blockchain auf ihre Korrektheit geprüft und anschließend bestätigt. Dadurch, dass alle jemals getätigten Transaktionen gespeichert sind, kann man auch beispielsweise den „Konto-stand“ eines Beteiligten ermitteln oder vergangene Transaktionen einsehen.		Es wird geprüft, ob die Angaben in den Transaktionen im neuen Block stimmen: „Hat Thomas überhaupt 50 Euro auf seinem Konto, um sie Andreas zu geben?“ Anschließend werden die Kontostände aktualisiert.
04	Der Block erhält eine einzigartige Bezeichnung (→ Hash). Diese Bezeichnung – eine Mischung aus Zahlen und Buchstaben – referenziert auf vorherige Blöcke und wächst stetig in ihrer Komplexität beziehungsweise dem Schwierigkeitsgrad ihrer Berechnung.		Die Transaktion von Thomas an Andreas wird darauf vorbereitet, an bereits bestehende Blöcke angehängt zu werden. Hierfür wird dem Block, in dem sich Transaktion A befindet, ein einzigartiger Name gegeben (#transaktions-block100). Dieser Name baut auf dem Inhalt dieses Blocks und dem Inhalt aller vorherigen Blöcke auf. So wird gewährleistet, dass kein einzelner Block nachträglich geändert werden kann. Die Ermittlung des Namens wird von Block zu Block komplizierter.
05	Der Block wird an andere Blöcke angehängt. Die Bestätigung übernehmen die angeschlossenen Rechner, die sogenannten → Nodes, welche prüfen, ob die einzigartige Bezeichnung (→ Hash) mit den vorherigen Blocks zusammenpasst. Somit ist der Block nun Teil der Kette.		Die Transaktion von Thomas an Andreas ist nun offiziell bestätigt und unabänderlich in der Blockchain gespeichert.
06	Beide Parteien können sehen, dass ihre Transaktion im Blockchain-System bestätigt ist. Eine Veränderung der Einträge ist nicht mehr möglich.		Andreas sieht die Transaktion transparent in der Blockchain bestätigt und auch in seiner Wallet, also seiner digitalen Geldbörse. Er schickt daraufhin Thomas den Fernseher zu.

Es ist wichtig zu verstehen, dass in diesem Beispiel Thomas und Andreas für die erfolgreiche Durchführung ihrer Transaktion nicht viel zu erledigen haben. Der Prozess läuft vollautomatisch und dezentral durch die in der Blockchain via Internet verbundenen Rechner (sogenannte → *Nodes*) ab und dauert nur wenige Minuten. Es wird auch kein vertrauenswürdiger Mittler wie PayPal, Visa oder eine Bank benötigt, um die Transaktion abzusichern, da diese Funktion durch die Teilnehmer des Blockchain-Netzwerks übernommen wird. Die Blockchain kennt die Besitzstände der Transaktionspartner und kann nur Transaktionen durchführen, die der Datenrealität entsprechen („ausreichende Deckung“). Weiterhin bewahren beide Handelspartner einen hohen Grad an Anonymität, denn zwar steht in der Transaktionshistorie, was Gegenstand der Transaktion war (zum Beispiel Überweisung von Geld), jedoch nicht, wer namentlich daran beteiligt war: Die Wallets (digitale Geldbörsen) der beiden tragen keine Klarnamen, sondern haben nur eine Nummer beziehungsweise ein Pseudonym.

Die Transaktionen in einer Blockchain sind aber bei weitem nicht nur auf den im Beispiel dargestellten Geldaustausch beschränkt. Denn eine Blockchain erlaubt die Kontrolle von Daten aller Art (Fotos, Musikstücke, Dokumente, Zählerstände, Ladestände etc.). Alles, was digital darstellbar ist, kann in einer Blockchain abgebildet werden. Insbesondere moderne Ausprägungen, welche teilweise als Blockchains 2.0 bezeichnet werden, versuchen mit ihren Lösungen, das Grundprinzip der Blockchain zu erweitern und sie dadurch „smart“ zu machen. Eine der wichtigsten Blockchains in diesem Bereich, Ethereum, ermöglicht die automatisierte Ausführung von Wenn-dann-Beziehungen, sogenannten → *Smart Contracts*. Sie sind, vereinfacht ausgedrückt, Zusammenhänge oder Logiken, die verbindlich in Code programmiert wurden. Um auf das obige Beispiel zurückzugreifen, könnte das wie folgt lauten: „Wenn der 29. September 2017 ist, dann zahlt Thomas an Andreas 50 Euro.“ Eine wichtige Rolle dabei spielen die sogenannten → *Orakel*. Sobald die Aus-

lösung einer Transaktion, die in einem → *Smart Contract* hinterlegt ist, von dem Eintritt eines (externen) Ereignisses abhängt, kommen sie ins Spiel. Falls für eine Transaktion eine Information aus der realen Welt benötigt wird, kann im → *Smart Contract* festgehalten werden, welche Quelle man als → *Orakel* verwendet. Zum Beispiel kann bei Temperaturangaben auf den deutschen Wetterdienst als → *Orakel* zugegriffen werden, falls die Vertragspartner das als seriösen Dienst für diese Informationen werten. (Beispiel: „Wenn die Temperatur in Hamburg am 29. September über 25 Grad Celsius steigt, dann wird die Klimaanlage in Zimmer XY angestellt.“)

### War das nicht ein bisschen zu einfach? Ist die Blockchain-Technologie nicht sehr kompliziert?

Die Blockchain an sich beziehungsweise die dahinter stehende Technologie und deren Algorithmen sowie Rechenprozesse sind komplex. Es ist jedoch nicht immer notwendig, eine Technologie bis ins letzte Detail zu kennen, um ihre Vorzüge zu verstehen und zu nutzen. Ansonsten könnten wohl sehr wenige mit dem Auto zur Arbeit fahren oder ein Smartphone verwenden. Um den Nutzen eines Autos oder eines Smartphones zu verstehen, sind nicht zwingend detaillierte Kenntnisse über den Aufbau eines Motors für Fahrzeuge oder über Internetprotokolle für Smartphones nötig. Im Falle des Autos sind die Vorteile schnell erkannt: Mobilität, Individualität und Flexibilität. Im Falle der Blockchain sind die Vorteile beispielsweise Transparenz, Kostenreduktionen, Sicherheit, Unveränderbarkeit und Pseudonymität.

An dieser Stelle soll nun in verständlicher Art und Weise auf die technologische Komponente der Blockchain eingegangen werden, um ein Gesamtbild zu ermöglichen. Die Ausführungen beruhen auf der Bitcoin-Blockchain und dem ihr zugrundeliegenden Konsensmechanismus → *Proof-of-Work* (~Arbeitsnachweis).

## Teilnehmer

Zuerst einmal ist es wichtig zu verstehen, wer in der Bitcoin-Blockchain „tätig“ ist. Hier können drei Akteursgruppen unterschieden werden: Teilnehmer, → *Nodes* und Miner.



*Teilnehmer* bilden hierbei die Gesamtheit der Transaktionsberechtigten. Um eine Transaktion durchzuführen, ist neben Guthaben nur eine Wallet, also eine digitale Geldbörse notwendig. Ein Teilnehmer benötigt auch keine komplette Transaktionshistorie und muss auch keine Transaktionen bestätigen oder irgendetwas berechnen.



Als → *Nodes* werden Computer im Bitcoin-Netzwerk bezeichnet, welche die komplette Transaktionshistorie (derzeit circa 130 Gigabyte<sup>10</sup>) gespeichert haben. Diese → *Nodes* haben die Funktion eines „Wächters“ im Netzwerk. Sie prüfen beispielsweise bei Transaktionen, ob die darin involvierten Parteien eine ausreichende Deckung haben oder ob die jewei-

ligen Signaturen valide sind. Der große Unterschied zu Minern ist, dass → *Nodes* nichts berechnen, sondern nur prüfen, ob die Berechnungen der Miner korrekt sind. Das Ergebnis dieser Berechnung (→ *Hash-Wert*) teilen sie dann im Netzwerk. Die Teilnahme als → *Node* ist nicht rechenintensiv und mit einem handelsüblichen Computer parallel zu einem normalen Betrieb möglich.






*Miner* in der Bitcoin-Blockchain sind mittlerweile spezialisierte Rechner mit sehr leistungsfähiger Hardware. Sie haben die Funktion eines „Arbeiters“ in der Blockchain. Das heißt, sie sind dafür verantwortlich, Blöcke zu erstellen. Für diese Erstellung müssen sie eine komplexe Aufgabe lösen und werden bei Erfolg auch monetär entlohnt (derzeit 12,5 Bitcoins für das erfolgreiche Berechnen eines neuen Blocks). Prinzipiell müssen Miner auch die komplette Transaktionshistorie haben und wären damit „arbeitende“ → *Nodes*. Jedoch sind Miner heutzutage überwiegend in sogenannten → *Mining-Pools* (Zusammenschlüsse zahlreicher Rechner) organisiert. Hier ist es prinzipiell nur notwendig, dass ein Rechner im Pool eine komplette Transaktionshistorie vorrätig hat.

<sup>10</sup> Vgl. O A (2017).

## Die drei Akteursgruppen mit ihrer jeweiligen Rolle

**Tabelle 2: Akteure in der Bitcoin-Blockchain<sup>11</sup>**

	<b>Teilnehmer</b> 	<b>Node</b> 	<b>Miner</b> 
Ausübung durch	<b>jeden</b> , der ein digitales Wallet erstellt	Rechner im Blockchain-Netzwerk, die eine volle <b>Kopie aller Transaktionsdaten</b> halten	Rechner mit spezieller leistungsfähiger Hardware für <b>kryptografische Berechnungen</b>
Anzahl	circa 15 Millionen (Anzahl Wallets)	circa 10.000	circa 100.000
Motivation zur Teilnahme	Transaktionen tätigen	Mitbestimmung an Entwicklung, Datensammlung	monetäre Entlohnung (→ <i>Tokens</i> )
Transaktionen tätigen	<input checked="" type="checkbox"/> (indirekt via → <i>Nodes</i> )	<input checked="" type="checkbox"/> (direkt)	<input checked="" type="checkbox"/> (prinzipiell möglich)
Besitz der kompletten Transaktionshistorie notwendig	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Transaktionen prüfen (Deckung, Signaturen usw.)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Transaktionen in Blöcke zusammenfassen, Prüfsummen (→ <i>Hash-Werte</i> ) der Blöcke berechnen, Blöcke generieren	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

<sup>11</sup> Vgl. O A (2017).

## Technische Funktionsweise in Blockchains

Jeder neue Block in einer Blockchain enthält die durch einen Algorithmus berechnete Prüfsumme aller vorherigen Blöcke in Form eines → *Hash-Wertes*. Hierdurch ist sichergestellt, dass vorherige Blöcke nicht nachträglich verändert werden können, denn dann wäre der dazugehörige → *Hash-Wert* ungültig. Die Ermittlung des passenden → *Hash-Werts* ist mittlerweile in der Bitcoin-Blockchain so aufwendig, dass ein einzelner Computer mehrere Jahre für die Lösung bräuchte. Da jedoch viele, sehr leistungsfähige Computer (oder Computerzusammenschlüsse, sogenannte → *Mining-Pools*) am Blockchain-Netzwerk beteiligt sind, geht das innerhalb weniger Minuten.

Jeder beteiligte → *Node* besitzt eine komplette Transaktionshistorie der Blockchain in seinem Speicher und prüft (nicht berechnet) diese Historie auf Kompatibilität des → *Hash-Wertes* des neuen Blocks mit allen vorherigen Blocks. Durch diesen Mechanismus sind die Daten unabänderlich, da sie sich durch den Konsens aller beteiligten → *Nodes* ergeben. Das ungewollte Kopieren und Verteilen von Geldwerten – oder auch eines Musikstückes oder eines Vertrages – wird verhindert beziehungsweise kann jederzeit aufgedeckt werden. Durch diesen ausgefeilten Konsensmechanismus ist Vertrauen zwischen einzelnen Marktteilnehmern bei einer Transaktion nicht mehr notwendig, da die Mehrheit aller Teilnehmer über die Integrität der Blockchain wacht.

## Wie unterscheiden sich Blockchains?




Wie bereits erwähnt, gibt es nicht die „eine“ Blockchain. Vielmehr existieren zahlreiche Blockchain-Arten nebeneinander mit ihren jeweiligen Charakteristika. Jede Blockchain-Art hat spezifische Vor- und Nachteile und ist daher jeweils für verschiedene Einsatzmöglichkeiten attraktiv.

Anhand des bisher verwendeten Beispiels der Bitcoin-Blockchain kann aufgezeigt werden, was zentral in allen Blockchain-Varianten ist: Ein verteiltes System liefert ein manipulationssicheres Protokoll, das sämtliche Veränderungen festhält.

Ein entscheidender Aspekt zur Kategorisierung von Blockchains ist die Ausgestaltung des Zugriffs. Prinzipiell wird hierbei zwischen → *Öffentlichen (permissionless)* und → *Privaten (permissioned) Blockchains* unterschieden. Als Hybridlösungen kommen auch → *Konsortiale (shared permissioned) Blockchains* zum Einsatz. Eine erste Gegenüberstellung der Blockchain-Varianten samt ihren Eigenschaften liefert die Tabelle auf Seite 18. Die drei Varianten mit ihren jeweiligen Eigenschaften werden anschließend näher betrachtet und in Unterkapiteln erläutert.



Tabelle 3: Unterscheidung → Öffentliche, → Private und → Konsortiale Blockchains

	 <b>Öffentlich</b>	 <b>Privat</b>	 <b>Konsortial</b>
Zugang	Offen zugänglich (permissionless)	Nur zugelassene Teilnehmer (permissioned)	Nur zugelassene Teilnehmer (shared permissioned)
Personenbezug	Identitäten geschützt durch Pseudonym	Bezug herstellbar	Bezug herstellbar
Geräteauthentifizierung	Nicht erforderlich	Erforderlich	Bedingt
Generierung von Datenblöcken	Dezentral durch Ressourceneinsatz	Zentral möglich durch einzelne(n) Computer/Server	Je nach Ausgestaltung: zentral oder dezentral
Konsensmechanismus <sup>12</sup>	→ <i>Proof-of-Work</i> → <i>Proof-of-Stake</i>	→ <i>Proof-of-Stake</i> → <i>Proof-of-Authority</i>	→ <i>Proof-of-Work</i> → <i>Proof-of-Stake</i> → <i>Proof-of-Authority</i>
Manipulierbarkeit/ IT-Sicherheit	Eingriff sehr schwer, dezentrale Kontrolle	Eingriff möglich durch zentralen Provider	Je nach Ausgestaltung
Weiterentwicklung der Blockchain/Spielregeln	Niedrige Flexibilität, Zustimmung von mindestens 50 % Rechenkapazität notwendig für Änderung	Hohe Flexibilität	Konsens in Konsortium notwendig
Geschwindigkeit der Transaktionen	Langsam (auf Basis von → <i>Proof-of-Work</i> )	Tendenziell schnell	Schneller als Öffentliche
Energieverbrauch	Hoch (auf Basis von → <i>Proof-of-Work</i> )	Tendenziell niedrig	Tendenziell niedrig
Betriebskosten des Gesamtsystems	Hoch	Vergleichsweise niedrig	Mittel bis niedrig
Betriebskosten eines einzelnen Knotenbetreibers	Niedrig	Je nach Umfang: mittel bis hoch	Je nach Umfang: mittel bis niedrig
Digitale Währung	Als Anreizmechanismus (in der Regel)	Optional	Optional, aber → <i>Tokens</i> sind hilfreich

<sup>12</sup> Dies ist keine vollständige Übersicht. Andere Konsensmechanismen wie zum Beispiel „Practical Byzantine Fault Tolerance“ wurden aus Gründen des Erklärungsumfangs nicht aufgeführt.

Die heute allgemein bekanntesten Blockchains wie zum Beispiel Ethereum oder Bitcoin sind „permissionless“, also öffentlich. Jeder kann an der Blockchain als Teilnehmer, → *Node* oder Miner teilnehmen. → **Öffentliche Blockchains** beruhen bislang vor allem auf dem → *Proof-of-Work*-Konsensmechanismus für das Erstellen von neuen Datenblöcken (→ *Mining*). Hierbei wird von den beteiligten Rechnern quasi ein Arbeitsnachweis geliefert, sobald eine kritische Masse der beteiligten Rechner zustimmt.

#### **Proof-of-Work:**

„Ich habe gearbeitet, um die Transaktion zu validieren. Dabei war ich schneller und daher besser als meine Konkurrenten. Die Lösung ist richtig und dafür erhalte ich Geld. Wieso sollte ich einen falschen oder manipulierten Block erstellen? Dann würde ich ja nichts an meiner Arbeit verdienen.“

Aktuell wird mit Hochdruck an ressourcenschonenderen Alternativen zum Konsensmechanismus → *Proof-of-Work* gearbeitet. Eine Alternative wie beispielsweise → *Proof-of-Stake* (~Beteiligungsnachweis) soll dabei schneller und mit weniger Ressourcen neue Blöcke generieren. Ressourcenschonender ist das Konzept, weil der Rechenaufwand für das Anhängen eines neuen Blocks vermindert wird. Das liegt daran, dass gezielt (wohlhabende) Teilnehmer angesprochen werden, die Transaktion zu bestätigen.

#### **Proof-of-Stake:**

„Ich habe sehr viel in diese Blockchain investiert, ihr Fortbestand und ihre Funktionsfähigkeit sind mir wichtig, daher kannst du mir vertrauen. Ich baue dir einen neuen Block und bürge mit meinem in dieser Blockchain investierten Vermögen für die Richtigkeit. Sollte der Block falsch oder manipuliert sein, verliere ich mein Vermögen.“

Bei „permissioned“, also → **Privaten Blockchains**, werden die Teilnehmer an der Blockchain von einer zentralen Instanz aufgenommen. Entsprechend kann der Konsensmechanismus anders gestaltet werden: Die Erzeugung neuer Blöcke wird durch das sogenannte ressourcenschonende → *Proof-of-Authority* sichergestellt, bei dem ein einzelner und vorher bestimmter Teilnehmer (Authority) neue Datenblöcke generiert.

„*Proof-of-Authority* basiert auf einem Diktatorknoten, der vorgibt, was richtig ist. Sehr schlicht, sehr einfach, sehr effizient.“

*Christoph Jentzsch (Slock.it)*

#### **Proof-of-Authority:**

„Bei der Konzeption dieser Blockchain wurde ich als Autorität festgelegt. Du kennst mich und vertraust mir. Wieso sollte ich also falsche Blöcke erzeugen?“

→ **Konsortial-Blockchains** (oder auch Special-Purpose-Blockchains) sind als semi-private Blockchains (Shared Permissioned Blockchains) ein Kompromiss zwischen → *Öffentlichen Blockchains* und → *Privaten Blockchains*.

„*Konsortiale Blockchains* sind möglicherweise ein Zwischenschritt. Vielleicht werden die sich auch wieder öffnen müssen.“

*Dr. Carsten Stöcker (innogy)*

## Gegenüberstellung von Öffentlichen, Privaten und Konsortialen Blockchains

Die jeweiligen Blockchainarten bringen entsprechende Vor- und Nachteile mit sich und sind damit für verschiedene Anwendungen in der Energiewirtschaft prädestiniert. Für Energieversorgungsunternehmen gilt es abzuwägen, welche Blockchain-Art zu welchem spezifischen Prozess, Modell oder zu welcher Dienstleistung passt. Entwickler und Anwender schätzen das Potenzial → *Öffentlicher*, → *Privater* und → *Konsortialer Blockchains* entsprechend höchst unterschiedlich ein. Weitgehende Übereinstimmung herrscht derzeit in der Annahme, dass die Wahrscheinlichkeit einer marktbeherrschenden Stellung einer einzelnen Blockchain-Art („one Blockchain to rule them all“) als sehr gering eingeschätzt wird.

→ *Öffentliche Blockchains* weisen aktuell große technische Limitierungen (vor allem Geschwindigkeit) auf. Der unbeschränkte Zugang und die Governance-Problematik (also das Festlegen und Durchsetzen des Regelrahmens) schrecken zudem einige Unternehmen davon ab, auf diese Blockchain-Art zu setzen. → *Öffentliche Blockchains* haben jedoch aufgrund ihrer Architektur und Teilnehmerzahl ein hohes Sicherheitsniveau. Und es ist vergleichsweise leicht und mit geringeren Investitionen verbunden, in eine → *Öffentliche Blockchain* einzusteigen.

→ *Private Blockchains* hingegen sind per Definition in ihrer Ausweitung begrenzt, da Teilnehmer vertrauensvoll sein müssen. Dadurch können in → *Privaten Blockchains* mit bekannten Partnern sehr schnell und flexibel Anwendungen entwickelt und eingesetzt werden. Die hohe Effizienz bei → *Privaten Blockchains* bedeutet allerdings auch, dass hier im Unterschied zu → *Öffentlichen Blockchains* weniger beteiligte Rechner beziehungsweise → *Nodes* verbunden sind und bei Manipulationsversuchen angegriffen werden müssten. Der Aufbau eigener proprietärer → *Privater Blockchains* beziehungsweise Lizenzmodelle und deren Betrieb stellen

zudem spezifische Investitionen mit entsprechend höherem finanziellen Risiko dar als die Verwendung bestehender Lösungen. Bei → *Privaten Blockchains* ist es möglich, die Blockchain „abzuschneiden“ und wieder neu zu beginnen. Das ist zum Beispiel sinnvoll, wenn die Blockchain eine Jahresbilanz oder Ähnliches vorhalten soll: Zu Beginn des neuen Jahres schließt man die alte Blockchain und öffnet eine neue. Diese neue Blockchain ist dann natürlich wieder schneller, da sie weniger Daten vorhalten muss.

**„Irgendwann kosten Rechenleistung und Speicherplatz auch mal Geld.“**

*Dr. Michael Merz (Ponton)*

→ *Private Blockchains* sind beispielsweise gut einsetzbar bei unternehmensinternen Prozessen, welche ausgerichtet sind auf einen hohen Durchlauf an Daten, aber auch bei Anwendungen, die ein hohes Vertrauen voraussetzen, was durch die Blockchain gewährleistet werden kann.

**„Verbraucher wollen einen Verantwortlichen, einen Servicekontakt. Den gibt es bislang vor allem in der Privaten Blockchain, nicht in der Öffentlichen.“**

*Udo Sieverding (Verbraucherzentrale NRW)*

→ *Konsortiale Blockchains* wiederum sind einerseits in ihrer Ausdehnung dadurch begrenzt, dass sowohl die teilnehmenden Rechner als auch die zugelassenen Anwendungen der Zustimmung des gesamten Konsortiums bedürfen. Andererseits liegt in dieser geprüften Zulassung eine hohe Attraktivität für Unternehmen. → *Konsortiale Blockchains* werden zeigen müssen, wie sich die gegenläufigen Begrenzungen in der Ausdehnung durch die Ausrichtung auf spezielle Einzelanwendungen einerseits und das Ziel hoher Attraktivität durch Reichweite des Plattform-Ansatzes andererseits kombinieren las-

sen können. Es gibt zurzeit einige Stimmen, die den hybriden Formen der Blockchain-Arten eine vielversprechende Zukunft vorhersagen. So sagt auch Dr. Michael Merz (Ponton): *„Das Spektrum der Blockchains ist im Prinzip frei, aber beide Enden sind kaum realistisch: Vollkommene Offenheit ist unsicher, aber zu viele Regeln lassen die Grenze zwischen einer Blockchain-Anwendung und einer klassischen Datenbank verschwimmen. Also werden sich Zwischenlösungen durchsetzen.“*

Eine weitere Herausforderung für ein schnelles Wachstum von Anwendungen, die eine → *Öffentliche* oder → *Konsortiale Blockchain* nutzen, ergibt sich durch die Kopierbarkeit des Geschäftsmodells. Das klassische datenbasierte Geschäftsmodell von Internetkonzernen besteht darin, möglichst schnell viele Nutzerdaten zu sammeln und Mehrwerte durch die Auswertung dieser Daten zu erlangen. Bei einer → *Öffentlichen Blockchain* und grundsätzlich ebenso bei einer → *Konsortialen Blockchain* sind die Transaktionsdaten aber öffentlich ersichtlich. Auch wenn die Person oder das Unternehmen hinter einer Transaktion nicht unmittelbar bekannt ist, lassen sich die Transaktionen vollständig und entsprechend eindeutig Pseudonymen zuordnen. In diesem Fall ist es nicht möglich, Wettbewerber von der Analyse der Transaktionsdaten auszuschließen. Die Markteintrittsbarriere ist somit systematisch niedriger als heute. Eine Neubewertung wird notwendig, wenn Durchbrüche bezüglich des Rechnens mit verschlüsselten Daten (zum Beispiel sogenannte → *Zero-Knowledge-Proofs*) erfolgen.

**„Analytics-Firmen werden zu Wertschöpfern.“**

*Kerstin Eichmann (innogy)*

In Zukunft wird die Herstellung der Interoperabilität – also die Fähigkeit unterschiedlicher Systeme zusammenzuarbeiten – zwischen verschiedenen Blockchains (Öffentlich, Privat und Konsortial) immer wichtiger. Auch wird es immer zweckmäßiger, Blockchains aus verschiedenen Branchen zu ver-

knüpfen (Energie-, Banken-, Versicherungs-, Gesundheits- und Automobilbranche). Die zukünftige Herstellung dieser Interoperabilität wird als einer der zentralen Erfolgsfaktoren für die Blockchain-Technologie angesehen (vergleiche Kapitel 04).

## Blockchain-Arten



### Öffentlich (public)

#### Vorteile

- Potenzielle Teilnahme von sich unbekanntem Rechnern ohne Vorabprüfung
- Anonymität beziehungsweise Pseudonymität der Teilnehmer
- Zugänglichkeit:  
Jeder, der möchte, kann teilnehmen.
- Keine Notwendigkeit für zentrale Instanz, die die Blockchain und neue Anwendungen überprüft
- Hohe Innovations- und Weiterentwicklungsgeschwindigkeit bei hoher Teilnehmerzahl
- Hohes Sicherheitslevel

#### Nachteile

- Konsensmechanismus (→ *Proof-of-Work*), ressourcenintensiv
- Große Teilnehmerzahl notwendig, die ausreichend Rechenleistung und Speicherkapazitäten vorhält
- Niedrige Transaktionsgeschwindigkeit im Vergleich zu anderen Konsensmechanismen
- Fehlerhaft getätigte Transaktionen können nicht korrigiert werden.

- Anonymität nur solange gewährleistet, wie der Anmeldeame keinem Nutzer zugeordnet werden kann. Danach sind dessen gesamte Transaktionen öffentlich nachvollziehbar.

- Kein „Verantwortlicher“ im juristischen Sinne für den Betrieb und die Funktionsweise der Blockchain

- Bei Verlust der Zugangsdaten zum Wallet sind Werte, Verträge, Nachweise unumkehrbar verloren.



#### Privat (permissioned)

##### Vorteile

- Beschränkung des Zugangs (je nach Einsatz)/ Betreiber können Zugang beschränken
- Kontrolle durch zentrale Instanz/den Betreiber
- Erhöhung der Transaktionsgeschwindigkeit und Skalierbarkeit der Blockchain
- Deutlich niedrigerer Ressourcenaufwand für Konsensmechanismus (→ *Proof-of-Authority*)
- Möglichkeit der regelmäßigen Archivierung von Daten
- Keine finanziellen Anreize für → *Mining* notwendig
- Verantwortlichkeiten (im juristischen Sinne) leichter zu bestimmen
- Regeln zum Betrieb der Blockchain können jederzeit vom Betreiber angepasst werden.
- Vorgänge in der Blockchain können korrigiert werden.

##### Nachteile

- Beschränkung des Zugangs (je nach Einsatz)/ Betreiber können Zugang beschränken
- Keine Anonymität und Irreversibilität der Transaktionen (abhängig von konkreter Ausgestaltung)
- Erhöhte Vulnerabilität für Angriffe und Manipulationen
- Betreiber können Gebühren für Zugang erheben (Zugangsbeschränkung für andere Wettbewerber)



#### Konsortial (special purpose, semi-private)

##### Vorteile

- Transaktionsgeschwindigkeit deutlich schneller als in → *Öffentlichen Blockchains* durch optimierte Konsensalgorithmen/-mechanismen
- Keine finanziellen Anreize für → *Mining* notwendig
- Ausrichtung auf spezielle Anforderungen des Energiemarktes möglich (Verzicht auf Anonymität, Steigerung des Transaktionsvolumens)
- Regeln zum Betrieb der Blockchain können jederzeit vom Betreiber angepasst werden.

##### Nachteile

- Geringere Innovations- und Weiterentwicklungsgeschwindigkeit
- Geringe Flexibilität bezüglich neuer Anwendungen

- Erhöhte Vulnerabilität für Angriffe und Manipulationen
- Betreiber können Gebühren für Zugang erheben (Zugangsbeschränkung für andere Wettbewerber)

### Was sind die zentralen Versprechen der Blockchain?

Wenn man die Blockchain nüchtern betrachtet, könnte angenommen werden, dass es sich – egal ob öffentlich, privat oder konsortial – nur um eine Datenbank handelt. Nur mit dem Unterschied, dass sie nicht auf einem lokalen Computer oder Server gespeichert ist, sondern auf vielen. Das greift jedoch zu kurz, denn aus der grundsätzlichen Funktionsweise einer Blockchain abgeleitet, ergeben sich unter anderem folgende Vorteile: Datensouveränität, Disintermediation, Prozessautomatisierungen und damit verbundene Kostenreduzierung, Sicherheit, Transparenz und Anonymität.

Das Internet ermöglichte erstmals, Daten weltweit zu geringsten Kosten zu teilen. Es entstanden große Internetkonzerne, deren Geschäftsmodelle bis heute auf der Aggregation und Auswertung von großen Datenmengen beruhen. Mit den derzeitigen Technologien ist es relativ einfach, Daten anonym zu kopieren und zu teilen, aber auch zu manipulieren oder illegal weiterzubreiten. Die Blockchain-Technologie verspricht nun einen entscheidenden Mehrwert, indem sie die beliebige Kopierbarkeit und Weitergabe von Daten beendet beziehungsweise die Datenverwendung im Internet kontrollierbar macht.<sup>13</sup> Für die Energiewirtschaft verspricht diese neue **Datensouveränität**, dass beispielsweise Informationen (Daten) über das Einspeisen und Ausspeisen von Strom, Gas oder Wärme und damit der Fluss von Energie in Netzen kostengünstig, manipulationssicher und flexibel nachgehalten werden können. Auf diese Weise wird Energie durch die Zu-

schreibung von Eigenschaften wie zum Beispiel Herkunft und Zeit dinglicher, das heißt zu einem differenzierbaren Produkt (vergleiche Kapitel 03).

„Wir in der Energiewirtschaft können die Weltmeister in Blockchain werden, aber die Technologie kommt mit oder ohne uns.“

Erwin Smole (GridSingularity)

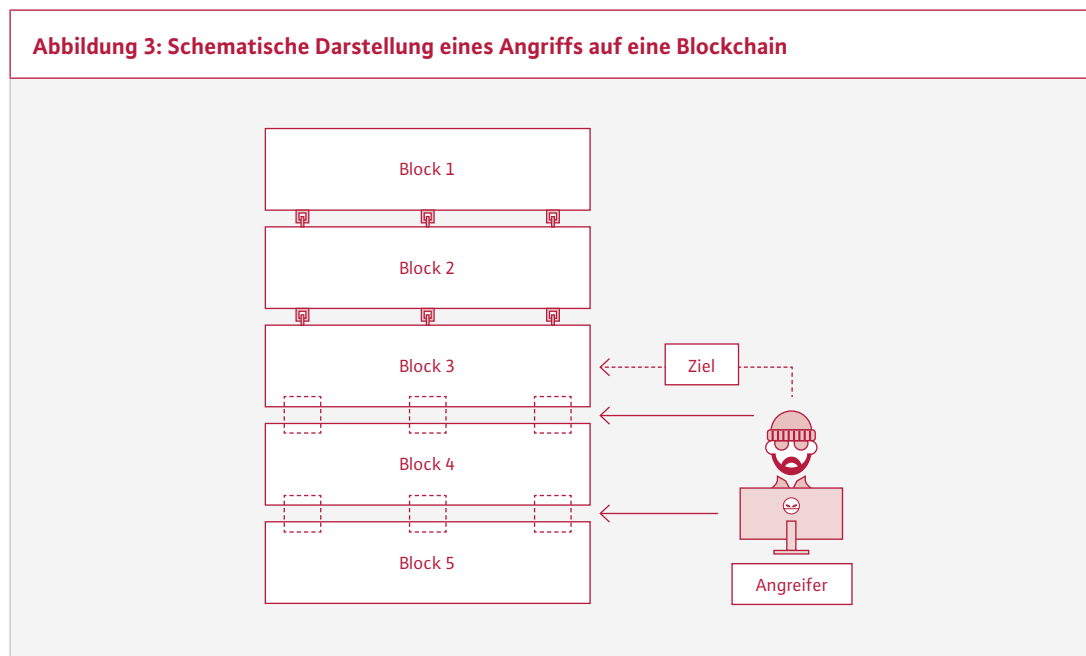
Neben Datensouveränität verspricht die Blockchain-Technologie eine weitere Verbesserung. Die durchgängige Digitalisierung von Prozessen verlangt bislang, dass sich die Akteure kennen und vertrauen beziehungsweise ein Dritter die Haftung übernimmt. So übernimmt beispielsweise ein Kreditkartenunternehmen die Authentifizierung des Nutzers und damit das Ausfallrisiko bei Transaktionen zwischen zwei Parteien. Entsprechend werden nach wie vor Institutionen wie Banken, Anwälte, Regulatoren und Broker als vertrauenswürdige Intermediäre (Trusted Third Party) im Internet benötigt. Eine → *Öffentliche Blockchain* ermöglicht erstmals die direkte und sichere Abwicklung von digitalen Transaktionen inklusive Bezahlungsvorgang zwischen zwei unbekannten Akteuren **ohne die Notwendigkeit einer Vermittlungsfunktion (Disintermediation)**. Bei der → *Öffentlichen Blockchain* wird Vertrauen dadurch generiert, dass alle im Netzwerk beteiligten Computer (beziehungsweise → *Nodes*), Transaktionen auf ihre Korrektheit prüfen und bestätigen. Die dezentrale Gemeinschaft bildet somit die Vertrauensinstanz. Für die Energiewirtschaft ergeben sich hieraus zugleich Chancen und Herausforderungen, die in den folgenden Kapiteln dieser Studie näher untersucht werden.

Das Aufzeichnen von Vorgängen (Transaktionen) ist nicht auf Tauschgeschäfte beschränkt. Sowohl der Ablauf als auch die Ausführung eines Computerprogramms mit Prozesslogiken innerhalb einer Organisation können in einer Blockchain festgehalten werden (Beispiel: „Führe Prozess B aus, wenn Prozess A durchgeführt ist.“). Weitere Gestaltungsoptionen werden durch die Integration von den zuvor erwähnten → *Smart Contracts* möglich. Das sind Wenn-dann-Vertragsbeziehungen, die in Code niedergeschrieben sind und in der Blockchain ausgeführt und überwacht werden. Durch deren **automatisierte Ausführung** sollen Transaktionskosten gesenkt und eine höhere Vertragssicherheit gewährleistet werden, da nachträgliche Handlungsabweichungen nicht möglich oder erschwert sind. So sind gänzlich neue Organisationsformen möglich, die automatisiert Transaktionen ablaufen lassen.<sup>14</sup>

Ein weiterer Vorteil bei auf Blockchain basierten Automatisierungen besteht in einem Zugewinn an Resilienz. Denn im Gegensatz zu zentralen Datenbanken gibt es bei der Blockchain keinen sogenannten „Single-Point-of-Failure“. Das bedeutet, dass die Informationen somit gegen Serverausfälle und Attacken weitreichend geschützt sind.

„The blockchain is an incorruptible digital ledger of economic transactions that can be programmed to record not just financial transactions but virtually everything of value.“

Don Tapscott<sup>15</sup>



<sup>14</sup> Durch → *Smart Contracts* können auch automatisierte Organisationen entstehen, sogenannte Dezentrale Autonome Organisationen, die selbst komplexe Regeln und Interaktionsmuster auf → *Smart Contracts* abbilden und künstliche Intelligenz für Transaktionen zwischen Maschinen nutzen. An dem Punkt, an dem Geräte selbstständig finanzielle Entscheidungen treffen, rückt die Aussage von slock.it-Gründer Stephan Tual näher: „Erst haben wir Arbeiter automatisiert, jetzt automatisieren wir die Bosse.“

<sup>15</sup> Tapscott und Tapscott (2015).

Die Blockchain-Technologie garantiert einerseits **Sicherheit** aufgrund der verteilten Lagerung der Daten: Die Daten gehören allen und jeder (Berechtigte) kann sich die Transaktionshistorie runterladen. Es ist quasi unmöglich, Einträge zu verfälschen, da hierfür die Kontrolle über eine kritische Anzahl an Rechnern (→ *beim Proof-of-Work*) beziehungsweise Vermögensanteilen (→ *beim Proof-of-Stake*) notwendig wäre.

Zusätzlich bietet die kryptografische Verschlüsselung und Verkettung einen Sicherheitsgewinn: Jeder Block wird bildlich gesprochen auf einen anderen Block gesetzt und „angekettet“. Sobald ein Block verankert ist und nachfolgend bereits einige weitere Datenblocks angehängt wurden, gilt der Block als gesichert, da er (und damit die im Block festgehaltenen Transaktionen) nicht mehr verändert oder ausgetauscht werden kann. Hier gilt: Je länger ein Block in einer Blockchain gebunden ist, desto unwahrscheinlicher ist es, dass es ein Angreifer schafft, den gleichen → *Hash-Wert* auf Basis eines manipulierten Transaktionsinhalts zu erzeugen. Das ist faktisch unmöglich. Im Beispiel in Abbildung 3 müsste ein Angreifer somit die → *Hash-Werte* von Block 4 und 5 manipulieren, um zu Block 3 und den darin enthaltenen Transaktionen zu gelangen und sie verfälschen zu können.

Jede Änderung in der Blockchain ist sichtbar, da jede neue Transaktion festgehalten wird und entsprechend verteilt auf vielen Rechnern geprüft und gespeichert wird. Diese **Transparenz** schafft nicht nur Vertrauen, sondern sie ermöglicht es, Prozesse zu dokumentieren und jederzeit einzusehen. Vor allem für unterschiedliche Akteure, die aber eine gemeinsame Datenbasis brauchen, kann dieser Vorteil entscheidend sein.

Der Wert der Transparenz in der Blockchain kann an folgendem Beispiel verdeutlicht werden: Ein Produzent und ein Zulieferer arbeiten zusammen. Mit Hilfe der Blockchain können sie ihre (gemeinsame) Lieferkette gleichberechtigt und in Echtzeit einsehen. Dadurch gewinnen sie Planungssicherheit und können sich auch bezüglich einzuhaltender Fristen (Produzent) und Abnahmevereinbarungen (Zulieferer) absichern.

**Anonymität** ist in → *Öffentlichen Blockchains* ein zentraler Faktor und kann auch bei → *Konsortialen Blockchains* je nach Bedarf implementiert werden. Streng genommen handelt es sich dabei um eine bedingte<sup>16</sup> „Anonymität durch Pseudonymisierung“. Denn die Transaktionen an sich sind nicht anonym, nur die Zuordnung zu realen Entitäten ist nicht ohne Weiteres möglich. Anonyme Transaktionen machen es beispielsweise möglich, Güter zu erwerben, ohne dass konkurrierende Unternehmen das verfolgen können, und das trotz eines transparenten und öffentlichen Systems.

<sup>16</sup> Einerseits werden Rückschlüsse durch wenige Datenpunkte bereits möglich, und in der Praxis verlangen viele Jurisdiktionen die Erfüllung bestimmter „Know your customer“-Anforderungen, um Geldwäsche zu verhindern.



# KAPITEL

# #K02

## Blockchain in der Energiewirtschaft

Die Energieerzeugung der Gegenwart und der Zukunft wird immer mehr bestimmt durch Dezentralisierung, Digitalisierung und Dekarbonisierung. Als Folge wird sie immer kleinteiliger<sup>17</sup>, die Zahl von Prosumern, also Verbrauchern, die gleichzeitig auch Produzenten sind, steigt beständig und verteilte „Energieressourcen“, wie PV-Dachinstallationen, Batterien und Elektrofahrzeuge, werden auch in den kommenden Jahren ihr Wachstum fortsetzen. Sie werden ebenso wie Lasten aller Art in Haushalten und Unternehmen zunehmend über das Internet steuerbar. Der Wandel der Wertschöpfungskette zu einer bidirektionalen Beziehung zwischen Energieerzeugung und Verbraucher schreitet somit weiter voran. Gleichzeitig steigt der ökonomische Druck stetig, verteilte Ressourcen für Netz und Markt (lokal) nutzbar zu machen. Die Blockchain-Technologie verspricht hier, kleinste Energieflüsse und Steuerungssignale zu geringsten Transaktionskosten sehr sicher organisieren und nachhalten zu können. Sie fügt sich damit nahtlos in Strategien ein, die den Kunden in den Mittelpunkt stellen.

Insgesamt werden Prozesse und Geschäftsmodelle zunehmend von den sich wandelnden Bedürfnissen der Kunden bestimmt. In der Folge machen direkte Beteiligungen an Erzeugungsanlagen, der Bezug von Kleinstmengen sowie deren Abwicklung und Abrechnung und die flexible Lieferung das Gesamtenergiesystem insgesamt deutlich komplexer. Die Blockchain-Technologie verspricht, durch die kontrollierte Datenverwendung (Datensouveränität) und die direkte Interaktion zwischen Akteuren (Disintermediation) einen Beitrag zu leisten, um diese entstehende Komplexität handzuhaben.

Mögliche Anwendungsfälle der Blockchain-Technologie im Energiesektor werden intensiv diskutiert. So hat 2016 eine Studie der dena<sup>18</sup> einige Anwendungen auf ihre Potenziale hin abgefragt. Große Potenziale wurden vor allem in direkten Transaktionen zwischen Kunden inklusive finanzieller Abwicklung sowie in den Bereichen Clearing & Settlement sowie Herkunftsnachweisen (vergleiche Kapitel 03) identifiziert. Die Potenziale für Verbraucher hat zudem eine Studie von PwC näher beleuchtet.<sup>19</sup>

Einen aktuellen Marktüberblick über Blockchain-Anwendungen in der Energiewirtschaft und der dahinterstehenden Unternehmen liefert der fortlaufend aktualisierte Blockchain-Radar von BDEW und PwC.<sup>20</sup> Auf der folgenden Seite ist eine aktuelle Übersicht aus dem Radar abgebildet, die verschiedene Unternehmen mit unterschiedlichen Schwerpunkten aufzeigt.

<sup>17</sup> Ende 2016 waren beispielsweise mehr als 1,5 Millionen Photovoltaikanlagen in Deutschland installiert (BDEW 2017c).

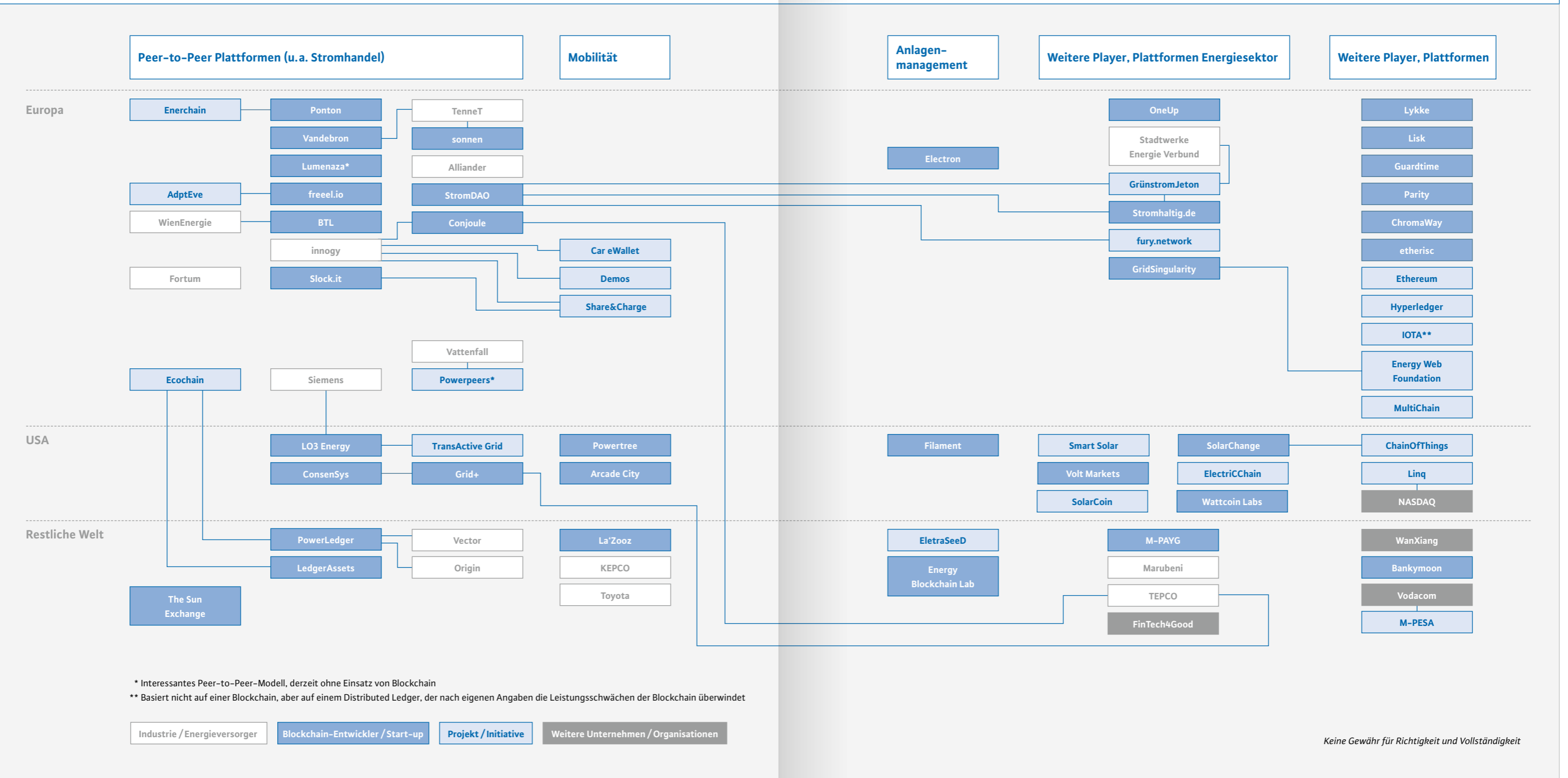
Die Stromerzeugung durch KWK-Anlagen mit einer Größe von unter 1 MW verzeichnet im Zeitraum von 2003 bis 2016 einen Zuwachs von 4 TWh auf 24 TWh (BDEW 2017a).

<sup>18</sup> dena & ESMT (2016).

<sup>19</sup> PwC (2016).

<sup>20</sup> BDEW (2017d).

Abbildung 4: Übersicht zu Blockchain-Unternehmen aus dem Blockchain-Radar von BDEW und PwC

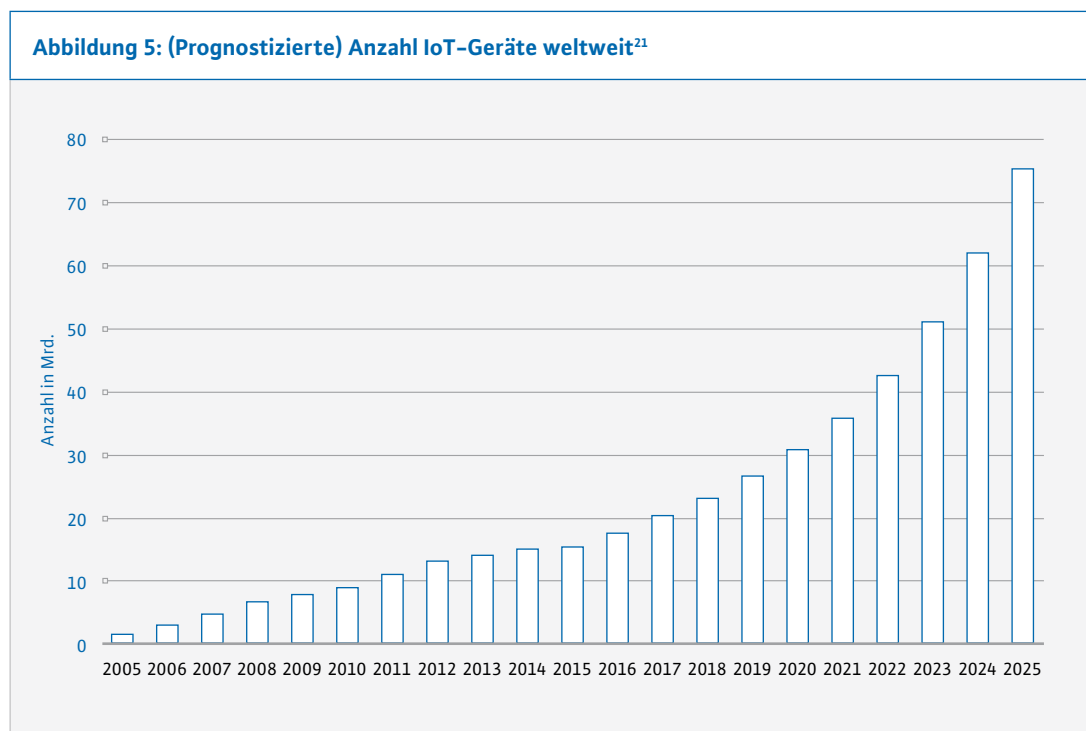


## Mit der Blockchain Dinge effizient machen

Durch die verringerte Notwendigkeit von Intermediären (Disintermediation) können viele Prozesse wie beispielsweise der Stromanbieterwechsel oder aber auch die Organisation von Systemdienstleistungen (vergleiche Kapitel 03) vereinfacht und möglicherweise kostengünstiger organisiert werden. Ebenso realisierbar ist grundsätzlich ein automatisiertes Abführen von Abgaben, Umlagen, Entgelten oder Vergütungen mittels Blockchain. Für alle beteiligten Akteure können aufwendige Dokumentationsprozesse wegfallen oder reduziert werden. So betrachtet zum Beispiel SAP die Möglichkeiten von Blockchain in der Energiewirtschaft als „ähnlich fundamentale Evolu-

*tion wie der Umstieg weg von papierbasierten Prozessen oder auch die kundenspezifische Rechnungslegung durch ERP-Software“, so Henry Bailey (SAP).*

Prozessbeschleunigung führt in der Regel auch zur Senkung von variablen Kosten. Zum Anwendungsfall des Stromhandels sagt Dr. Michael Merz (Ponton): „Gerade für kleine Marktteilnehmer verspricht die Blockchain eine deutliche Reduktion der Kostenbelastung.“ Ein weiteres Beispiel von Prozesskostensenkungen mittels Blockchain-Einsatz ist die Abrechnung im Rahmen einer virtuellen Strom-Community, deren Effekt von Claudia Bächle (sonnen) als erheblich eingeschätzt wird: „In manchen Bereichen könnten so bis zu 80 % der operativen Kosten eingespart werden.“



21. Approximiert auf Basis von Statista (2017).

Zu beachten ist hierbei, dass die Grenzziehung zwischen der Optimierung existierender Prozesse und dem Neugestalten von Prozessen fließend ist. Zusätzlich erfordern diese Veränderungen auch aufwendige organisatorische Anpassungen.

**„Prozesse werden nicht einfach durch ein Medium wie die Blockchain verändert. Schlechte Prozesse bleiben schlechte Prozesse. Dort muss ebenfalls auf Organisationsebene angesetzt werden.“**

*Dr. Matthias Postina (EWE)*

## Mit der Blockchain Dinge anders machen

Neben die verteilte Erzeugung tritt die rasant steigende Zahl von Lasten aller Art, die über das Internet steuerbar werden (Produktionsmaschinen, Beleuchtung, Belüftung, Fahrzeuge, Heizungen etc.).

Unabhängig von der Frage nach einem geeigneten Marktdesign ist die Integration dieser Internet-der-Dinge-Ressourcen (IoT-Ressourcen) in das Stromsystem als aktive Marktteilnehmer aus volkswirtschaftlicher Perspektive dringend geboten: Ungenutzte Kapazitäten und (Langfrist-)Speicher stellen Opportunitätskosten dar. Die direkte Interaktion von Geräten verspricht, die Auslastung von Netzen sowie die Allokation von Flexibilitäten erheblich zu verbessern.

In einer solchen Echtzeit-Energiewirtschaft stimmen Millionen von Geräten ihr Verhalten basierend auf Markt- und Netzsignalen aufeinander ab. Für eine Realisierung ist es allerdings notwendig, jede dieser Mikrotransaktionen sicher und effizient

durchzuführen und nachvollziehbar zu machen. Die Blockchain-Technologie verspricht, genau hier einen zentralen Beitrag zu leisten.

Neue Freiheitsgrade können sich ferner für die Ausgestaltung des Bilanzkreismanagements (vergleiche Kapitel 03) ergeben, wenn ein Fahrplanmanagement in IT-Echtzeit möglich wird.<sup>22</sup> Werden kleinteilige Ein- und Ausspeisungen von Strom kostengünstig nachvollziehbar, dann wird auch Produktdifferenzierung über Art, Ort und Zeit möglich (zum Beispiel der Nachweis von lokalem grünem Windstrom; vergleiche Kapitel 03). Aufgrund zunehmender Eigenversorgung, Nachbarschaftsstrom und Verbreitung von Elektroautos wird der typische 4.000-kWh-Haushalt zukünftig nicht mehr die Mehrheit stellen. Ein daraus resultierender wachsender Anteil von Prosumern sowie die fortschreitende Elektrifizierung des Wärme- und Transportsektors werden voraussichtlich erheblichen Veränderungsdruck auf eine lokale Vernetzung von Angebot und Last generieren.<sup>23</sup> Dies gilt ebenfalls für die erwähnte Ausweitung internetfähiger Verbrauchs- und Erzeugungsanlagen. Die Diskussionen um Nachbarschafts- sowie Mieterstrommodelle weisen hier den Weg (vergleiche Kapitel 03).<sup>24</sup> Letztlich wird die Geschwindigkeit dieser Entwicklungen den Umfang der entstehenden Freiräume für die Blockchain-Technologie maßgeblich beeinflussen.

<sup>22</sup> Vgl. unter anderem das Projekt GridChain von Ponton (2016a).

<sup>23</sup> Agora Energiewende (2017).

<sup>24</sup> Im sogenannten Winterpaket der Europäischen Kommission (2016) ist der „Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rats zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (Neufassung)“ enthalten. Dieser sieht in Abschnitt (53) eine Stärkung von Mietern hinsichtlich kollektivem Eigenverbrauch vor. Eine Gleichstellung mit Verbrauchern in Eigenheimen soll dadurch erreicht werden (Europäische Kommission 2017).

# KAPITEL

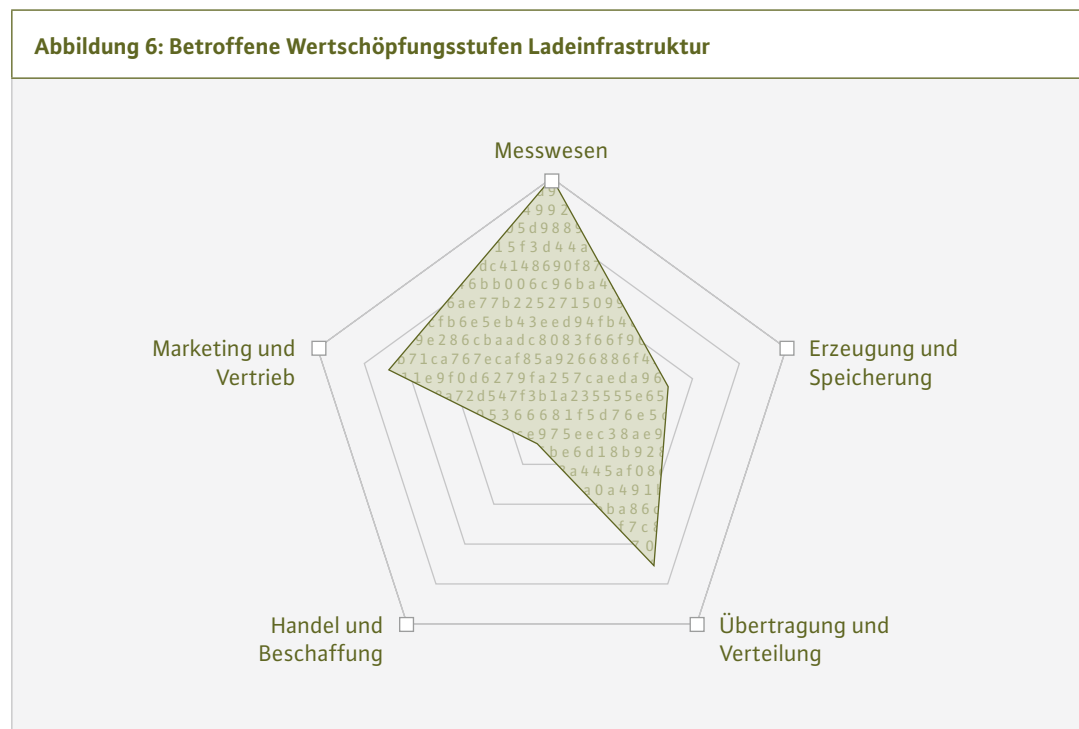
# #K03

# Was sind vielversprechende Anwendungsbereiche in der Energiewirtschaft?

Derzeit arbeiten eine Vielzahl von Energieversorgern und Start-ups an der Erprobung von Blockchain-Lösungen wie beispielsweise Ethereum, Hyperledger, BigChain oder Tendermint. Im Vordergrund steht zu meist die Optimierung energiewirtschaftlicher Prozesse wie Abrechnungen, Verwaltung von Stammdaten oder Prozesse zum Stromversorgerwechsel. Die klassischen Wertschöpfungsstufen der Energiewirt-

schaft vermischen sich dabei zusehends, und neue Anwendungen sind nicht mehr ausschließlich einem Bereich zuzuordnen. Im Folgenden werden ausgewählte Anwendungsfelder aufgezeigt und dabei die Betroffenheit der klassischen Wertschöpfungsstufen skizziert. Die Grafiken geben näherungsweise an, inwiefern die jeweiligen Anwendungen Relevanz für die Wertschöpfungsstufen besitzen.

## Ladeinfrastruktur für Elektromobilität



Für den Einsatz von Elektromobilität bedarf es einer flächendeckenden Ladesäulen-Infrastruktur. Eine sehr dezentrale Verteilung und eine große Anzahl unterschiedlicher Betreiber lässt heutige Abrechnungsverfahren an ihre Grenzen stoßen. So kann sich beispielsweise der Prozess zur Erkennung des Nutzers bei einer Autorisierung an einer Ladesäule derzeit aufgrund einer Vielzahl von Anfragen bei unterschiedlichen Instanzen verzögern.

Durch den Einsatz eines Blockchain-Verfahrens zur Erkennung der Fahrzeuge und zur Kommunikation sowie Abrechnung der bezogenen Strommenge kann die Abwicklungsgeschwindigkeit deutlich erhöht werden. Der Verbraucher an einem öffentlichen Bezugspunkt könnte unmittelbar erkannt und

abgerechnet werden. Dies führt sowohl zu einem Komfortgewinn für den Kunden, zu einer Kostenreduktion für den Anbieter sowie zu einer detaillierten Abrechnung des tatsächlich bezogenen Stroms. Darüber hinaus bleibt der Kunde jederzeit Herr über seine Mobilitätsdaten.

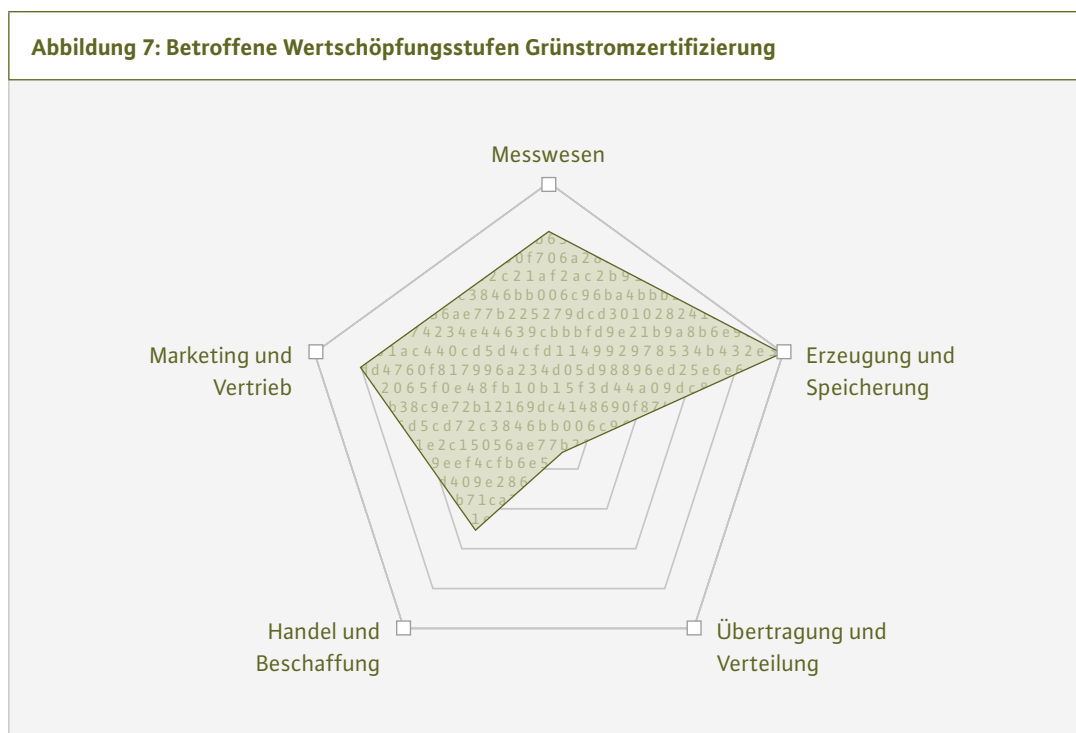
Ein aktuelles Projekt hierzu ist beispielsweise Share & Charge von Innogy und slock.it<sup>25</sup>, bei dem die Abrechnung des bezogenen Stroms für Elektroautos blockchainbasiert nachgehalten und abgerechnet wird. Teilnehmern wird zusätzlich ermöglicht, ihre privaten Ladestationen anderen E-Autofahrern zur Verfügung zu stellen. Bezahlung und Abrechnung erfolgt selbsttätig über blockchainbasierte → *Smart Contracts*.

#### Fallbeispiel Share & Charge

Blockchain	Ziel	Vorteile
Ethereum	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Transaktion zwischen Ladesäule und Kunde via Smart Contract verbessern</li> <li>■ Ausbau der Ladeinfrastruktur vorantreiben</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Automatisierte Abwicklung</li> <li>■ Detaillierte Abrechnung</li> <li>■ Technologische Unterstützung zur Bereitstellung privater Ladesäulen</li> <li>■ Kostenreduktion für Anbieter</li> </ul>



## Zertifizierung von Energieprodukten



Die manipulationssichere verteilte Speicherung von Daten in einer Blockchain ermöglicht eine transparente, für alle Nutzer einsehbare und daher nachvollziehbare Dokumentation von Transaktionen. Dies ist insbesondere im Bereich Zertifizierung vielversprechend. So lassen sich beispielsweise Zertifikate für erneuerbare und regionale Stromproduktion schon bei der Erzeugung in einer Blockchain dokumentieren und handeln. Hierdurch können Produkte wie unter anderem Grün- und Regionalstrom entwickelt werden, welche zweifelsfrei einer Quelle zuschreibbar und nicht duplizierbar sind. Darüber hinaus sind auch Zertifikate für handelbare Emissionsbeziehungsweise CO<sub>2</sub>-Produkte vorstellbar.

Erzeugungsanlagen wie beispielsweise PV-Dachanlagen oder BHKW können über ein mit dem Internet verbundenes Endgerät die eigenen Erzeugungsleistungen direkt in eine Blockchain schreiben. Die Dokumentation der Einspeisung oder auch eines even-

tuellen Verbrauchs ist somit manipulationssicher gewährleistet. Es gilt allerdings sicherzustellen, dass die Anlage vor Ort (Erzeugungsanlage, Messeinrichtung) korrekt authentifiziert ist und somit nicht falsche Werte unveränderlich in eine Blockchain geschrieben werden. So ist beispielsweise nach wie vor zu gewährleisten, dass vor Ort tatsächlich eine PV-Anlage einspeist und die Einspeisung über einen geeichten Zähler abgerechnet wird.

Eine bereits im Markt verfügbare Lösung sind die sogenannten GrünStromJetons des Startups StromDAO.<sup>26</sup> Diese bewerten den aktuellen Stromverbrauch eines Haushalts mit dem im jeweiligen Postleitzahlengebiet zur Verbrauchszeit vorliegenden Grünstromanteil am regionalen Strommix, dem sogenannten Grünstromindex (basiert auf regionaler Erzeugungsstruktur, Netztopografie, Wetterprognose und Lastprofil). Die teilnehmenden Haushalte erhalten abhängig von ihrem Grünstrombezug Ein-

26 GrünStromJetons (2016).

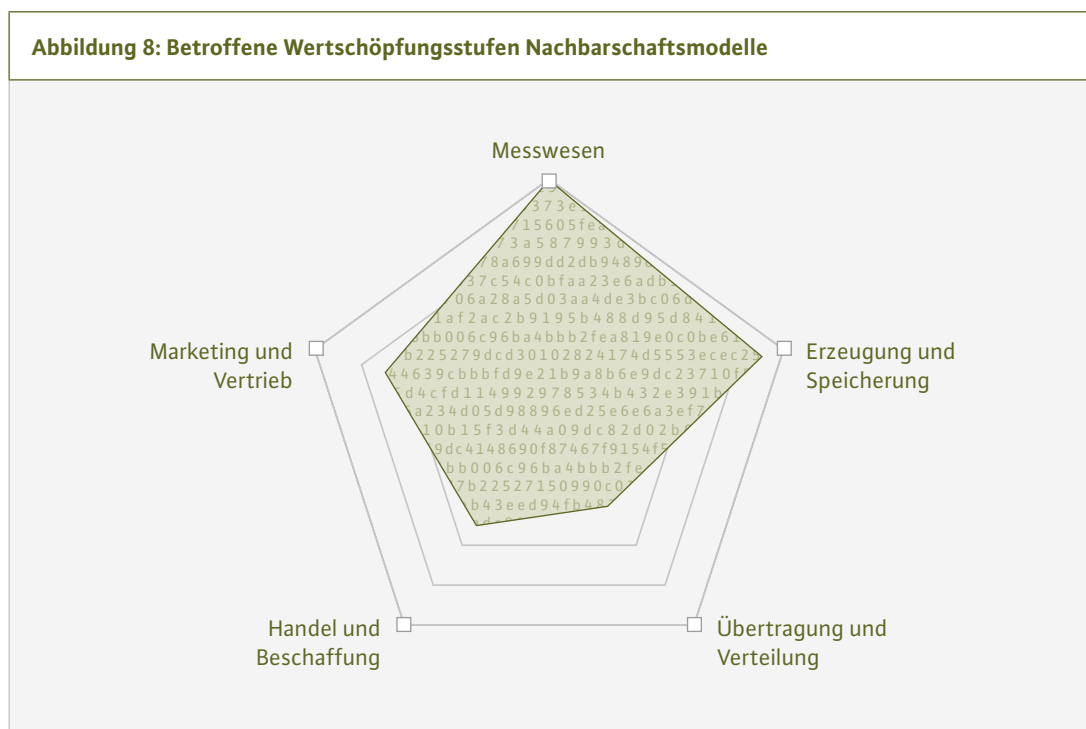
heiten der handelbaren Kryptowährung GrünStrom-Jetons. Es gibt mehr GrünStromJetons für mehr bezogenen Grünstrom. Somit geben die Jetons Auskunft über die Nachhaltigkeit des individuellen Strombezugs oder indirekt über die Netzdienlichkeit des Verbrauchsverhaltens. Darüber hinaus kann neben den Kriterien Zeit und Ort des Stromverbrauchs

beziehungsweise der Stromerzeugung auch durch Kombination mit entsprechender Sensorik nach dem Beitrag zur Spannungshaltung als Kriterium der Netzdienlichkeit differenziert werden und dies als Grundlage für entsprechende Stromtarife dienen. Für den Wärme- und Gasmarkt sind die genannten Beispiele grundsätzlich übertragbar.

### Fallbeispiel GrünStromJetons

Blockchain	Ziel	Vorteile
Ethereum und semi-öffentliche Spezialchain	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Grünstrom- beziehungsweise Regionalzertifizierung von Strom</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Differenzierung von Stromprodukten</li> <li>■ genauer Nachweis des Stromverbrauchs aus erneuerbaren Quellen</li> <li>■ Bewertung von netzdienlichem Verbrauchsverhalten</li> </ul>

### Nachbarschaftsmodelle und Microgrids



Die Fähigkeit, sichere Transaktionen zwischen Akteuren ohne Intermediär durchzuführen, diese exakt abzurechnen sowie über → *Smart Contracts* automatisierte Vertragsbeziehungen zu etablieren, ermöglicht neben neuen Energieprodukten auch neue Optionen für Mieterstrom- und Nachbarschaftsmodelle. Große mediale Aufmerksamkeit hat 2016 das *Brooklyn Microgrid*<sup>27</sup> in New York City erfahren. Das Blockchain-Start-up LO3 Energy realisiert hier eine Peer-to-Peer-Tauschplattform (das heißt Austausch direkt zwischen privaten Teilnehmern ohne dazwischengeschaltete Vermittler) für Strom. Dieses Projekt erfüllt – abgesehen vom regulativen Umfeld – alle relevanten Komponenten eines effizienten Microgrid Energiemarktes (Microgrid, Netzanschluss, Informationssystem, Marktmechanismus, Preismechanismus, Energiemanagementsystem).<sup>28</sup>

LO3 Energy kooperiert mittlerweile eng mit Siemens. Im Fokus des Interesses steht der Markt für Peer-to-Peer-Lösungen insbesondere auch für Unternehmen: „Wir glauben, dass sich insbesondere → *Microgrids* und Verteilnetze mehr und mehr zu sogenannten *Transactive Grids* wandeln, in denen insbesondere netzspezifische Anforderungen und Einschränkungen bereits vor dem Handel Berücksichtigung finden werden. Durch die Verknüpfung mit der Blockchain-Technologie schafft dies gerade in Systemen mit vielen dezentralen Einheiten die Voraussetzungen für einen transparenten und effizienten Energiehandel zwischen einer Vielzahl beteiligter Systeme und unterschiedlichster Akteure. Im Ergebnis kann die Effizienz des Gesamtsystems erhöht

werden und für unsere Kunden ergeben sich ebenso Kostenvorteile wie Chancen für neue Geschäftsmodelle“, so Constantin Ginet von Siemens Digital Grid.

Gemeinsame Grundlage der verschiedenen Mieterstrom- und Nachbarschaftsmodelle ist, dass über intelligente Messsysteme die erzeugten Energiemengen erfasst und in die Blockchain geschrieben werden. Dort werden die Transaktionen automatisiert zwischen den Teilnehmern ausgeführt und dokumentiert. → *Smart Contracts* sorgen dezentral und selbstverwaltend dafür, dass Strom beispielsweise dann nachgefragt wird, wenn eine Preisschwelle unterschritten wird oder Grünstrom beziehungsweise lokaler Strom verfügbar ist. Die Abrechnung erfolgt ebenfalls automatisiert.

Eine Möglichkeit, ein entsprechendes Geschäftsmodell zu etablieren, ist beispielsweise das Betreiben eines lokalen Spendennetzwerks, welches Anbieter dabei unterstützt, regional regenerative Energie zu erzeugen. Bei dem Pilotprojekt von Conjoule<sup>29</sup> werden aus diesem Grund private Photovoltaikanlagen mit lokalen Abnehmern auf Basis der Blockchain in einem eigenen Bilanzkreis zusammengebracht. Darüber hinaus besteht in diesem Rahmen die Chance, Energiemanagement für die Haushalte über die → *Smart Contracts* automatisiert zu betreiben. Flexible Verbraucher ziehen ihre Nachfrage vor, holen sie in der Zukunft nach oder speichern günstigen, lokalen oder grünen Strom. Möglich ist unter Umständen auch eine aktive Teilnahme an weiteren Märkten, wie beispielsweise am Markt für Regelleistung.

**Fallbeispiel Brooklyn Microgrid/TransactiveGrid (LO3 Energy)**

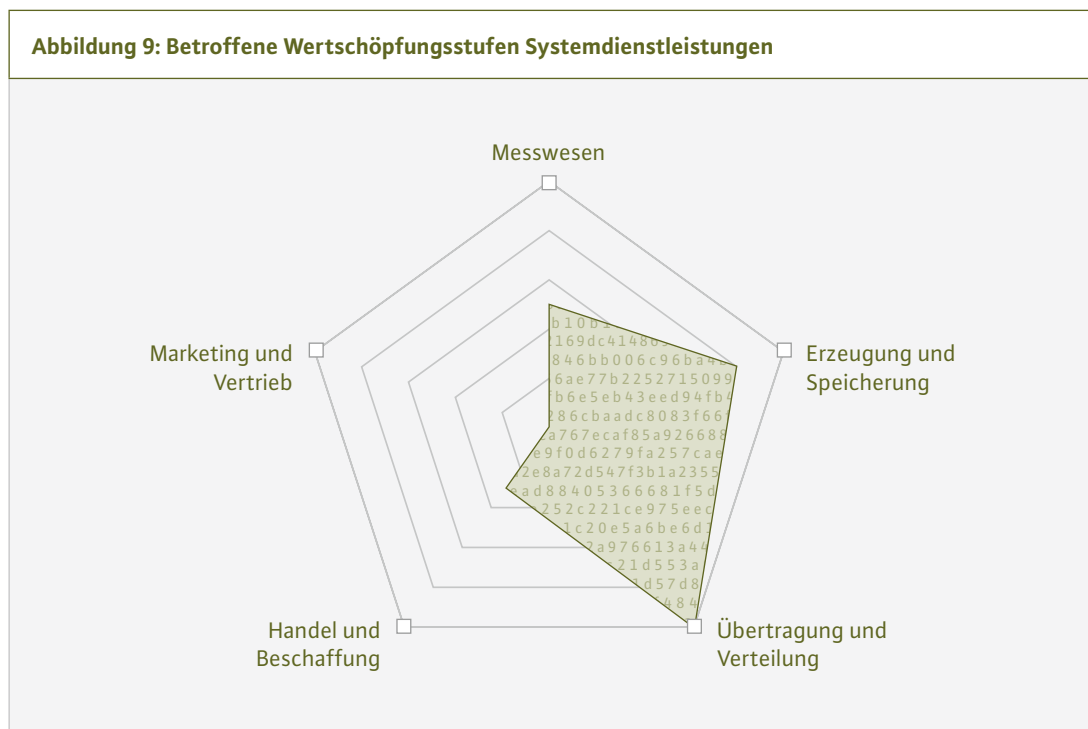
Blockchain	Ziel	Vorteile
Ethereum <sup>30</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Aufbau und Betrieb eines Nachbarschaftsstromnetzes/→ <i>Microgrids</i></li> <li>■ Peer-to-Peer-Stromhandel (von privat zu privat)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Flexibilisierung des Stromverbrauchs gemäß Marktsignalen oder weiteren festgelegten Kriterien</li> <li>■ Strombezug aus dem Quartier</li> <li>■ Stromhandel ohne Intermediär</li> </ul>

27 Der Begriff → *Microgrid* wird sehr unterschiedlich verwendet: In manchem Zusammenhang ist das entscheidende Kriterium die elektrotechnische Abtrennbarkeit vom öffentlichen Netz (sogenannter Inselbetrieb), ein andermal ist es lediglich die topologische Begrenzung von wirtschaftlichen Beziehungen innerhalb eines Verteilnetzes. Bewährt hat sich nachstehende Definition: vgl. Berkeley Labs o.J.  
 28 Mengelkamp et al. (2017).  
 29 Conjoule (2017).  
 30 Seit der Kooperation von LO3 mit Siemens wird eine → *Private Blockchain* genutzt (Mengelkamp et al. 2017).

### Fallbeispiel Conjoule

Blockchain	Ziel	Vorteile
Ethereum	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Aufbau und Betrieb eines → <i>Microgrids</i></li> <li>■ Peer-to-Peer-Stromhandel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Flexibilisierung des Stromverbrauchs gemäß Marktsignalen oder weiteren festgelegten Kriterien</li> <li>■ Strombezug aus der Region</li> <li>■ Stromhandel ohne Intermediär</li> </ul>

### Systemdienstleistungen



Mit dem Ausbau von Erneuerbare-Energien-Anlagen kommt es naturgemäß zu höheren Schwankungen im Stromnetz und einem veränderten Bedarf an Systemdienstleistungen. Die Blockchain-Technologie macht es möglich, eine große Anzahl von dezentralen Kleinanlagen zur Bereitstellung von Systemdienstleistungen zu nutzen. Sie bietet die

Gelegenheit, mit größter Genauigkeit eine Vielzahl von Anlagen in das Engpassmanagement einzubeziehen. Vorteile einer Blockchain-Lösung sind dabei das hohe Sicherheitsniveau sowie die geringen Kosten der Transaktionen. Nur dadurch wird es ermöglicht, auch kleinste Energiemengen zur aktiven Marktteilnahme zu gewinnen.

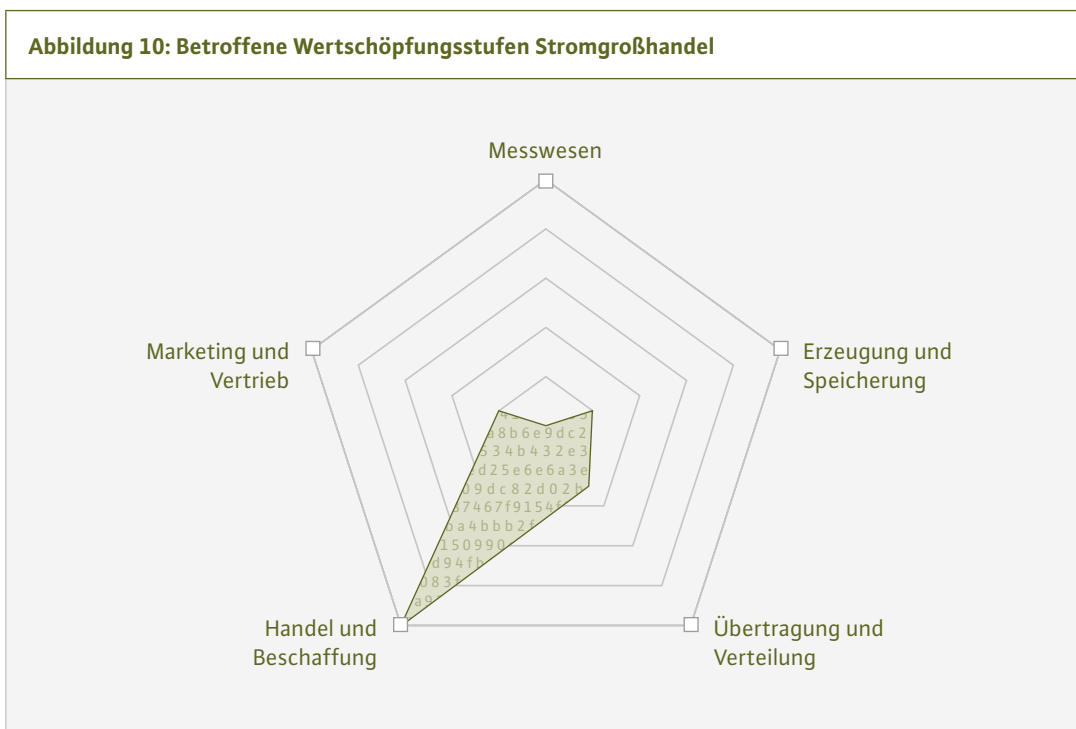
Aktuelle Beispiele hierfür sind das Projekt Gridchain des Unternehmens Ponton<sup>31</sup> sowie die vom Übertragungsnetzbetreiber TenneT und dem Energieunternehmen und Speicherproduzenten sonnen eServices GmbH vorgestellte Lösung zur Verringerung des Bedarfs von Redispatch-Maßnahmen durch Heimbatteriespeicher<sup>32</sup>. Circa 6.000 private Batte-

riespeicher können sekundenschnell überschüssigen Strom aufnehmen beziehungsweise abgeben und somit zur Reduktion von Transportengpässen im Netz und dem Abruf netzstabilisierender Notmaßnahmen beitragen.

**Pilotprojekt von sonnen und TenneT**

Blockchain	Ziel	Vorteile
IBM Hyperledger	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reduktion netzstabilisierender Notmaßnahmen (Redispatch, Netzreserve, Einspeisemanagement)</li> <li>Stabilisierung des Stromnetzbetriebs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Blockchain als Basis für Engpassmanagement-Tools</li> <li>Verknüpfung, Steuerung und Transparenz der dezentralen Batteriespeicher</li> <li>Beteiligung dezentral verteilter Flexibilitäten</li> </ul>

**Stromgroßhandel**



31 Ponton (2016a).  
 32 TenneT (2017).

Im Stromhandel ergeben sich durch die Vorteile der Blockchain große Potenziale. Die Blockchain-Technologie verspricht direkten und anonymen Handel unterschiedlicher Strommarktprodukte, ohne dass dabei die Notwendigkeit besteht, auf einen Marktplatz beziehungsweise Intermediär zurückzugreifen. Hierzu trägt vor allem die Eigenschaft bei, dass die Blockchain vertrauensvolle Transaktionen zwischen sich unbekanntem Akteuren ermöglicht. Eine Umsetzung dieser Idee ist beispielsweise mit der Blockchain-Anwendung Enerchain im November 2016 vorgelegt worden<sup>33</sup> und wird von 33 Unternehmen in einem Pilotprojekt durchgeführt.

„Im Stromgroßhandel ist der Einsatz sinnvoll. So kann die Anzahl der Prüfungen drastisch reduziert werden.“

*Erwin Smole (GridSingularity)*

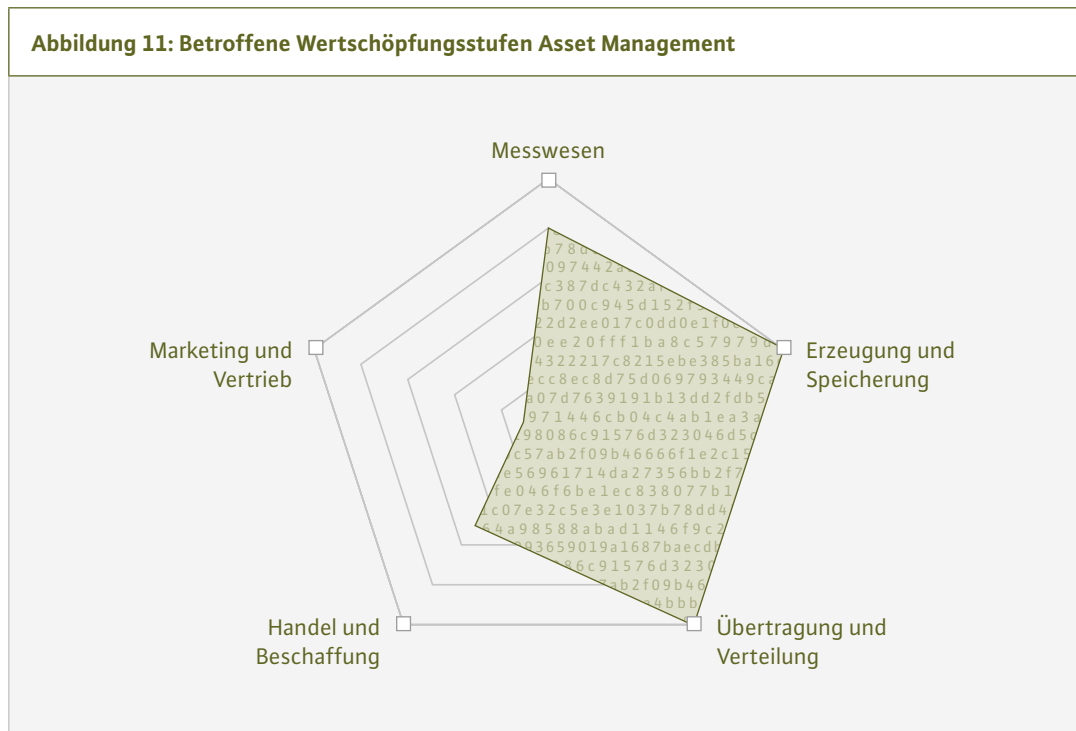
Zukünftig ist auch eine Ausweitung auf das Bilanzkreismanagement denkbar. So lässt sich sowohl die Übermittlung relevanter Informationen effizienter gestalten (vergleiche Abschnitt „Mit der Blockchain Dinge effizient machen“; Kapitel 02) als auch die Last- und Erzeugungsprognose durch Integration einer Vielzahl von Kleinstgeräten verbessern. Die tatsächlichen Verbrauchs- und Produktionswerte können automatisiert erfasst, mit der Prognose verglichen und abgerechnet werden. Während technisch die Bilanzkreisgröße bis auf Letztverbraucher beziehungsweise Endgeräte verkleinert werden kann, wirft unter anderem die Bilanzkreisverantwortung eine Reihe von ungeklärten Fragen auf (zum Beispiel Organisation von Reststromlieferung).

### Fallbeispiel Enerchain

Blockchain	Ziel	Vorteile
Tendermint	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Aufbau und Betrieb einer Plattform für Stromgroßhandel ohne Intermediär</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Handelsdaten (Angebot, Nachfrage, Preis, Mengen, Bezug etc.) werden in der Blockchain festgehalten und führen zu Transparenz, Sicherheit, Effizienz</li> <li>■ Vertrauensvolle Transaktionen</li> <li>■ Ohne Intermediär (Kostenreduktion, Geschwindigkeitsgewinn)</li> </ul>

<sup>33</sup> Ponton (2016b).

## Asset Management



Installierte Messtechnik sowie die Übertragung der Daten in die Blockchain können darüber hinaus für das Asset Management genutzt werden. Die Überwachung und Dokumentation von Anlagenzuständen ermöglicht eine effiziente Verwaltung dieser Anlagen. So erhalten Betreiber, Regulierer wie auch Investoren und Versicherer genaue und sichere Informationen über Anlagenbeschaffenheit und -zustand sowie über deren Eigentumsverhältnisse. Daraus lassen sich Predictive-maintenance-Fälle konstruieren, also Maßnahmen zur vorausschauenden Instandhaltung von Anlagen. Weitere Anwendungen sind unter anderem das Nachweisen der Einsatzfähigkeit beispielsweise von Windenergieanlagen im Fall von netzengpassbedingter Einspeisereduktion, die manipulationssichere und verteilte Speicherung von Eigentumsverhältnissen und deren Transaktion sowie effizientes Auditing. Kostenreduktionen lassen sich hier vor allem durch Disintermediation, also dem Wegfall eines Vermittlers,

und Prozessbeschleunigung sowie durch eine system- und dezentralitätsbedingte erhöhte Resilienz der Anlagenüberwachung und -steuerung realisieren.

Die Überschneidungen zwischen den hier aufgezeigten Anwendungsfällen untermauern die zuvor getätigte Aussage hinsichtlich des Aufbrechens traditioneller Wertschöpfungsstufen durch neue Technologien. Ebenso, wie sich die einzelnen Wirtschaftssektoren Mobilität, Energie und Kommunikation immer weiter annähern, verschwimmen durch Anwendung innovativer Technologien, wie beispielsweise der Blockchain, teilweise die Grenzen zwischen den Teilbereichen der klassischen Energieversorgungsunternehmen. Hierdurch entsteht der Bedarf zur Umgestaltung und zu einem Neudenken von konventionellen Unternehmensstrukturen.

# KAPITEL

# #K04



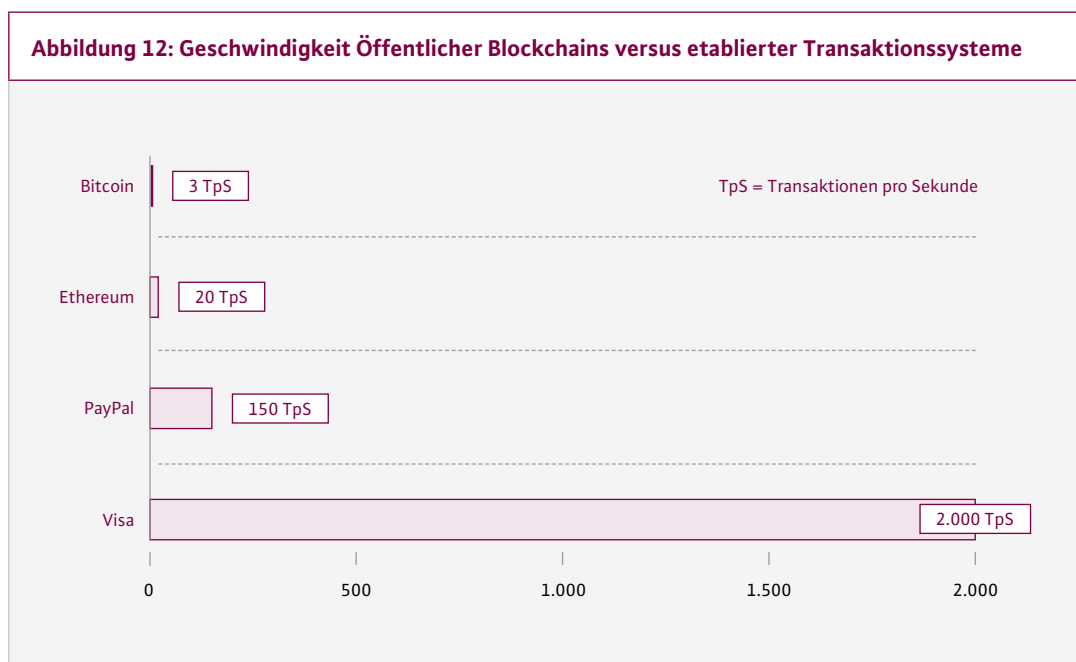
# Wie reif ist die Blockchain-Technologie?

Der Reifegrad der Blockchain-Technologie für energiewirtschaftliche Prozesse ist neben technischen Kriterien wie Geschwindigkeit, Energieverbrauch, IT-Sicherheit und Zuverlässigkeit insbesondere abhängig von ihrer Wirtschaftlichkeit und Akzeptanz.

## Geschwindigkeit

→ *Private Blockchains* weisen grundsätzlich keine technologiespezifischen Restriktionen bezüglich der Transaktionsgeschwindigkeit auf. Da sämtliche Knoten im Netzwerk bekannt und daher vertrauenswürdig sind, können diese unkompliziert die Validierung von Transaktionen durchführen (sogenannte → *Proof-of-Authority*). Für eher zeitunkritische Transaktionen, wie die Erstellung von Herkunftszertifikaten für Energie oder die Abrechnung von

Nachbarschafts- und Mieterstrom, ist die erzielbare Anzahl von Transaktionen pro Sekunde (TpS) → *Öffentlicher Blockchains* bereits heute ausreichend. Für eine breite Verwendung der Technologie ist jedoch die begrenzte Transaktionsgeschwindigkeit → *Öffentlicher Blockchains* ein limitierender Faktor. So erlaubt Ethereum aktuell lediglich circa 10–30 Transaktionen pro Sekunde (TpS).<sup>34</sup> Zum Vergleich hat das Visa-Netzwerk eine Kapazität von 56.000 TpS und fertigt im Durchschnitt 2.000 TpS und im Tagesmaximum 4.000 TpS ab. PayPal bringt es immerhin auf durchschnittlich 155 TpS.<sup>35</sup> Architekturen wie das Testnetzwerk „Tobalaba“ der Energy Web Foundation können bis zu 2.500 TpS erreichen und Raiden, ein Netzwerk von → *State Channels*, soll in den nächsten Jahren Geschwindigkeiten bis zu 1.000.000 TpS erzielen.<sup>36</sup>



<sup>34</sup> Smole (2016), BitcoinBlog (2017).

<sup>35</sup> Mougayar (2016), Visa (2015), Vermeulen (2017).

<sup>36</sup> Rocky Mountain Institute (2017).

Ursache für die geringe Geschwindigkeit ist das verwendete → *Proof-of-Work*-Verfahren, welches zur Validierung der Transaktionen verwendet wird. Die → *Öffentliche Blockchain* Ethereum beabsichtigt mittelfristig<sup>37</sup> (Serenity Release, 2018), auf das weniger rechenintensive und damit schnellere → *Proof-of-Stake*-Verfahren (hier genannt „Casper“) umzustellen. Das Versprechen bei der Umstellung auf → *Proof-of-Stake* ist eine Beschleunigung der Transaktionsgeschwindigkeit bis auf das Zehnfache. Das im August 2017 vom Ethereum-Gründer Vitalik Buterin mitveröffentlichte Whitepaper „Plasma: Scalable Autonomous Smart Contracts“ verspricht die Anwendung des sogenannten „MapReduce-Verfahrens“, das von Big-Data-Berechnungen auf Computerclustern bekannt ist, auf die → *Proof-of-Stake*-Konsensbildung (unter anderem auch zwischen verschiedenen Blockchains). Die Autoren stellen dabei eine verbesserte Skalierung auf potenziell Milliarden von Transaktionen pro Sekunden und zudem ökonomische Anreizkonformität in Aussicht.<sup>38</sup>

Ein weiteres Konzept sind die bereits erwähnten → *State Channels*. Hierbei wird nur das Ergebnis bilateraler Kommunikation in der entsprechenden Blockchain festgehalten. Einzelne Transaktionen finden zwischen den jeweiligen Akteuren statt. Nach Ablauf einer vorab definierten Frist wird die zu diesem Zeitpunkt aktuelle Realisierung in der Blockchain festgehalten. Hiermit verbunden ist neben dem immensen Zuwachs an Transaktionsgeschwindigkeit auch die Eigenschaft, dass die detaillierte Abrechnung nicht mehr öffentlich in der Blockchain einsehbar ist. Das Konzept → *Sharding* stellt ebenfalls in Aussicht, die Ethereum-Blockchain deutlich zu beschleunigen. Eine Variante zu Blockchains ist das verteilte Peer-to-Peer-Netzwerk → *IOTA* (keine Blocks, keine Kette).

„Öffentliche Blockchains sind heute für viele Einsatzfelder durch die Geschwindigkeit und den Energieverbrauch limitiert. Die aktuell beobachtbaren Entwicklungen lassen mich davon ausgehen, dass diese Restriktionen überwunden werden können.“

Dr. Volker Rieger (Detecon)

## Energieverbrauch

Der Energieverbrauch bei → *Öffentlichen Blockchains* ergibt sich aus dem Rechenaufwand zur Durchführung des Konsensmechanismus → *Proof-of-Work*. Die Berechnung des Verbrauchs kann lediglich näherungsweise erfolgen, da die tatsächlichen Angaben aller teilnehmenden Maschinen bei → *Öffentlichen Blockchains* nicht erfasst werden. Als Vergleichswert kann beispielsweise eine Approximation für die Bitcoin-Blockchain dienen. Auch hier ist der tatsächliche Energieverbrauch nur näherungsweise zu bestimmen. Die verschiedenen Ansätze<sup>39</sup> liefern unterschiedliche Ergebnisse zum Gesamtstromverbrauch aller beteiligten Rechner. Jedoch wird die Größenordnung ersichtlich. Diese befindet sich allein für das Bitcoin-Netzwerk für das Jahr 2017 bei circa 15 TWh<sup>40</sup> und entspricht damit dem gesamten Jahresverbrauch von Staaten wie Kroatien oder Jordanien. Zwar hat sich die Leistung und Energieeffizienz der → *Mining*-Hardware in den vergangenen Jahren exponentiell verbessert, jedoch wird ein Abnehmen der Zuwachsraten erwartet.<sup>41</sup>

Hier stellt sich auch die Frage der „Pollution haven“-Hypothese. → *Mining* kann prinzipiell weltweit stattfinden. Das heißt, der hiermit verbundene Energieverbrauch als maßgeblicher Kostenfaktor im → *Mining*(prozess) wird vorwiegend in Gegenden mit preiswerter elektrischer Energie stattfin-

<sup>37</sup> Als voraussichtlicher Termin wird Sommer 2018 diskutiert (BitcoinBlog 2017).

<sup>38</sup> plasma.io (2017).

<sup>39</sup> Der Energieverbrauch kann beispielsweise über die durchschnittlich durchzuführenden Hash-Berechnungen (Prüfsummen-Berechnungen, vgl. Kapitel 01) zum Finden des gesuchten → *Hash-Wertes* sowie ein angenommener durchschnittlicher Energieverbrauch pro → *Hash* geschätzt werden. Durch die Berechnung der Leistung pro Gigahash pro Sekunde multipliziert mit der Anzahl der → *Hashes* erhält man den geschätzten Gesamtstromverbrauch.

<sup>40</sup> Digiconomist (2017).

<sup>41</sup> Vranken (2017).

den.<sup>42</sup> Schätzungen zufolge ist → *Mining* in der Bitcoin-Blockchain derzeit nur profitabel bei Strompreisen bis maximal 6 Cent.<sup>43</sup> Dies ist zumindest teilweise mit der Befürchtung verbunden, dass eine Verlagerung des → *Minings* in Länder mit geringen oder marginalen Umweltstandards stattfinden könnte. So befinden sich derzeit über 80 % der Bitcoin → *Mining*-Pools in China.<sup>44</sup>

„Die dezentrale Rechenleistung birgt ein ethisches Problem: Wir drücken die Transaktionskosten dadurch, dass in China die Kohle verfeuert wird.“

Dr. Matthias Postina (EWE)

Im → *Proof-of-Stake*-Verfahren hingegen ist der Energieverbrauch um ein Vielfaches niedriger, da weniger Teilnehmer nötig sind, um eine Transaktion durchzuführen und zu bestätigen. Bei → *Privaten* und → *Konsortial-Blockchains* ist der Energieverbrauch des Konsensmechanismus nochmals geringer, da die Prozesse auf einer sehr geringen Anzahl an Knoten oder über Cloud-Lösungen durchgeführt werden.

## Wirtschaftlichkeit

Anders als bei einer → *Privaten Blockchain* verursacht die Nutzung einer → *Öffentlichen Blockchain* keine Fixkosten für Anschaffung, Implementierung, Lizenzen oder die Wartung einer Software. Zusätzliche Rechenleistung wird durch teilnehmende → *Nodes* hinzugefügt. Dies kann unter Umständen vorteilhaft für die schnelle Skalierung von Geschäftsmodellen sein. Andererseits fallen bei → *Öffentlichen Blockchains* Gebühren je Transaktion an, die als ein zentrales Hindernis für die weitere Verbreitung der Technologie wahrgenommen werden. Bei → *Privaten* und → *Konsortialen Block-*

*chains* lassen sich die Gesamtkosten über die Dimensionierung der Infrastruktur vergleichbar zu klassischen Datenbank- oder Cloud-Computing-Lösungen steuern. Offen zugängliche → *Konsortiale Blockchains* wie zum Beispiel die der Energy Web Foundation versprechen durch das Validierungsverfahren → *Proof of Authority* die Transaktionskosten zu senken (und die Transaktionsgeschwindigkeit zu erhöhen). Ferner wird in deren Modell über die Wahl der validierenden Knoten eine gezielte Sicherung von Rechenkapazität wie bei Cloud-Computing-Angeboten möglich.

Im Vergleich zu bestehenden Zahlungsdienstleistern (beispielsweise kostet eine Transaktion bei PayPal circa 0,35 Euro<sup>45</sup> plus 1,9 % des Transaktionsvolumens) sind Blockchain-Transaktionen bereits preiswert. Transaktionen sind deshalb schon heute auch mit Hilfe → *Öffentlicher Blockchains* wirtschaftlich darstellbar. Eine einfache Ethereum-Transaktion ohne → *Smart-Contracts*-Option kostet ungefähr 21.000 Gas<sup>46</sup> (circa 1,5 bis 3 Cent). Durch Kombination von Transaktionen lässt sich dieser Wert etwa halbieren. Im Kontext von Mikrotransaktionen sind diese aber immer noch zu hoch. So verbraucht ein neuer Kühlschrank durchschnittlich Strom im Wert von circa 12 Cent pro Tag (150 kWh/a \* 29 Cent/kWh). Kleinteilige flexible Einkäufe von Strom aus unterschiedlichen Quellen (beispielsweise von einem Nachbarn mit PV-Anlage oder einem Nachbarn mit Batterie) sowie mit mehreren Transaktionen pro Tag lassen sich somit aktuell nicht (mit Hilfe → *Öffentlicher Blockchains*) wirtschaftlich realisieren.

Ein pragmatischer Ansatz ist die Nutzung von sogenannten Payment Channels (→ *State Channels*), die Grid+ einsetzt. Hierbei werden ähnlich wie bei einem Barbesuch Bestellungen als Transaktionen zunächst gesammelt und dann lediglich die Endsumme als Transaktion in der Blockchain gespeichert. Vergleichbare Ansätze nutzen zum Beispiel die StromDAO und Powerledger.

<sup>42</sup> Während beim → *Proof-of-Authority* die Governance-Strukturen explizit (also durch die Authority) vorgegeben werden, ist die Governance bei → *Proof-of-Work*-Blockchains implizit (das heißt, in den Ländern mit dem geringsten Preis pro kWh).

<sup>43</sup> Cryptocompare.com (2017).

<sup>44</sup> buybitcoinworldwide.com (2017).

<sup>45</sup> PayPal (2017).

<sup>46</sup> Gas ist die Ethereum-interne Recheneinheit für die Vergütung von Transaktionen.

## Sicherheit

Gemäß aktuellem Erkenntnisstand ist das → *Proof-of-Work*-Verfahren sicher. „Bisher gab es keinen Hack der eigentlichen Blockchain, sondern nur der Anwendungen darauf“, sagt Udo Sieverding (Verbraucherzentrale NRW). Für das → *Proof-of-Stake*-Verfahren steht der Sicherheitsbeweis allerdings noch aus. → *Private* und → *Konsortiale Blockchains* ordnen sich sicherheitstechnisch zwischen → *Öffentlicher Blockchains* und der Verwendung von nicht blockchainbasierten Verfahren ein.

Eine allgemeine Sicherheitslücke könnte die geringe Zahl an Entwicklern sein.

„Nur wenige Entwickler programmieren diese Algorithmen und wiederum sehr wenige überprüfen sie – obwohl alles Open Source ist.“

*Sebnem Rusitschka (freel.io)*

Um Resilienz und somit eine dauerhafte Versorgungssicherheit in der Energiewirtschaft zu garantieren, muss jedoch das Gesamtsystem, also die Blockchain-Anwendung sowie weitere Teile des Systems wie zum Beispiel Smart Meter und Gateway, den Sicherheitsprüfungen standhalten.

„Der DAO Hack hat gezeigt: Es gibt zu wenig strukturiertes Testen von Angriffsszenarien.“

*Jan-Peter Kleinhans (Stiftung NV)*

## Akzeptanz und Qualitätssicherung

Das Thema Akzeptanz ist eng verbunden mit dem Thema Sicherheit, geht aber dennoch darüber hinaus. So hat die Blockchain-Anwendung Bitcoin gezeigt, dass Peer-to-Peer-Transaktionen sicher durchzuführen sind, sie kämpft aber immer noch mit Akzeptanzproblemen. Dabei ist Vertrauen in die Technologie, insbesondere bei den Themen Internet-of-Things und Smart-Home, notwendig. Die Verwendung von Blockchains kann dies gewährleisten. „Derzeit fehlt es aber vor allem an mehr Projekten, um die Möglichkeiten der Anwendung aufzuzeigen und die Technik zu bestätigen“, so Claudia Bächle (sonnen).

Weitere Probleme verursachen das in der Europäischen Datenschutzgrundverordnung gesetzlich verankerte Recht auf Vergessenwerden sowie die Datenportabilität, die laut Oliver Süme (Fieldfisher) in einer → *Öffentlichen Blockchain* schwer umzusetzen sein werden (vergleiche Kapitel 06). Eine zumindest bei → *Privaten* und → *Konsortialen Blockchains* pragmatische mögliche Lösung ist das regelmäßige Abschneiden der Transaktionshistorie, durch das immerhin der aktive Zugriff auf personenbezogene Kundendaten erschwert wird. Ein derartiger Cut muss auch aufgrund der zuvor erwähnten Kosten sowie wegen Geschwindigkeitsproblemen in Erwägung gezogen werden.

Auf der anderen Seite könnten zu dem Zeitpunkt, an dem enorme Transaktionsvolumina von mehreren Terabyte erreicht werden, bereits Verbesserungen der Technologien über innovative → *Mining*- und Validierungskonzepte, wie beispielsweise bei → *IOTA* oder → *Sharding*, geschehen sein. Beim → *Sharding*

werden im Validierungsprozess Blöcke auf unterschiedliche Shards (Scherben) zur parallelisierten Weiterverarbeitung heruntergebrochen. Bei dieser Herangehensweise kann jede Transaktion je nach Anforderung zwischen Sicherheit, Geschwindigkeit und Kosten optimiert werden. So sagt Christoph Jentzsch (slock.it): „Wenn Ethereum das → *Sharding* einführt, dann sind unendlich viele Transaktionen möglich [...] allerdings bewegen wir uns dann auf verschiedenen Sicherheitsleveln“. → *Sharding* werde voraussichtlich erst zwei bis drei Jahre nach der Einführung von → *Proof-of-Stake* umgesetzt.<sup>47</sup>

Ein anderes Verfahren hingegen ist ein blockloses → *Distributed Ledger*-Netzwerk, das beispielsweise bei → *IOTA* eingesetzt wird, in welchem Peer-to-Peer-Transaktionen von Teilnehmern validiert werden, ohne dass diese hierfür durch Auszahlung einer Kryptowährung kompensiert werden. Um eine eigene Transaktion über das Netzwerk durchzuführen, muss jedes teilnehmende Gerät zwei vorhergehende Transaktionen verifizieren. Durch diese Regelung wird gewährleistet, dass jederzeit genügend Ressourcen zur Verifikation von Transaktionen bereitstehen. Auf die blockchaintypische kryptografische Verkettung wird verzichtet, stattdessen wird ein gerichteter azyklischer Graph, hier Tangle genannt, verwendet (siehe → *IOTA*).<sup>48</sup>

## Interoperabilität verschiedener Blockchains als kritischer Erfolgsfaktor

In jüngster Zeit rückt immer mehr die Frage in den Mittelpunkt, wie verschiedene Blockchains miteinander kooperieren können. Ebenso, wie der Anwendernutzen von LinkedIn, Facebook oder WhatsApp von der Anzahl der Teilnehmer in den Netzwerken abhängt (der sogenannte Netzwerkeffekt), ist der Wert einer Blockchain durch die Anzahl der Netzwerknutzer bestimmt: Je mehr Blockchains folglich interagieren können, desto größer der potenzielle Anwendernutzen. Zentrale Herausforderung ist, dass Assets auf einer Blockchain grundsätzlich nicht direkt auf eine andere Blockchain übertragen werden können, sondern ein Austausch bislang über einen Intermediär erfolgen muss. Das Cosmos-Projekt „Internet of Blockchains“<sup>49</sup> in Verbindung mit dem Tendermint consensus protocol<sup>50</sup> strebt an, die → *Tokens* in verbundenen Blockchains zu verfolgen und den direkten Austausch zu ermöglichen. Die Konzepte Polkadot<sup>51</sup>, Plasma<sup>52</sup> und MultiChain<sup>53</sup> streben ähnliche Ziele an. Einen weiteren Beitrag hierzu und zu Interoperabilität und Datenaustausch zwischen unterschiedlichen Benutzern, Anwendungen und Systemen von Blockchain und → *Distributed Ledger*-Technologien geht von der Internationalen Organisation für Normung (ISO) durch die Einrichtung eines Technischen Komitees (ISO/TC 307) 2016 aus.<sup>54</sup>

47 BitcoinBlog (2017).

48 Ein Vergleich zwischen IOTA, Ethereum und Hyperledger wird hier vorgenommen: (Red 2017).

49 Interchain Foundation (2017).

50 Tendermint (2017).

51 Polkadot (2016).

52 plasma.io (2017).

53 Greenspan (2015).

54 International Organization for Standardization (2016).

# KAPITEL

# #K05

# Wie sind die rechtlichen Rahmenbedingungen für Blockchain?

## Allgemeines Vertrags- und Datenschutzrecht

Der Einsatz von Blockchain-Anwendungen wirft eine Vielzahl von Rechtsfragen auf. Zunehmend werden diese in der Literatur aufbereitet und analysiert.<sup>55</sup> Die Rechtsfragen lassen sich in verschiedene Themenfelder clustern, die sich grob dem allgemeinen Vertragsrecht, dem Datenschutz- und IT-Sicherheitsrecht sowie dem Energierecht zuordnen lassen.

Praktisch relevante Einsatzmöglichkeiten für Blockchain-Anwendungen sind sogenannte → *Smart Contracts* (selbstkontrahierende Verträge). Der Begriff umfasst allerdings mehr als nur Verträge im engeren Sinne des Zivilrechts. Er geht darüber hinaus, indem er den Einsatz von Software umfasst, die eine rechtlich relevante Aktivität kontrolliert und/oder dokumentiert oder sogar auslöst, zum Beispiel auch im Rahmen bereits bestehender Vertragsverhältnisse.<sup>56</sup> → *Smart Contracts* können also selbst Verträge oder nur ein funktionaler Annex zu einem Vertrag sein.<sup>57</sup> → *Smart Contracts* sind codebasiert und werden durch Software-Applikationen abgewickelt. Anhand festgesetzter spezifischer Bedingungen prüft die Software automatisiert, ob die vordefinierten Bedingungen vorliegen und führt die rechtlich relevante Aktivität aus (matchmaking).

Dabei wird es Bereiche geben in denen → *Smart Contracts* „vermutlich niemals einen umfassenden

*Vertrag ersetzen*“ können (Oliver Süme, Fieldfisher). Zumindest komplexere Vertragswerke zeichnen sich „durch einen gewissen Grad an Offenheit aus, der von erfahrenen Juristen fallspezifisch interpretiert werden kann“.

Es gibt grundsätzlich verschiedene vertragsrechtliche Grundsätze, die für Geschäfte über → *Smart Contracts* Grenzen setzen. Durch diese Grenzen wird letztlich definiert, welche Eigenschaften Geschäfte haben sollten, die sinnvollerweise über → *Smart Contracts* abgewickelt werden können.

Soweit es um den Vertragsschluss selbst durch Blockchain geht, ist zu berücksichtigen, dass das allgemeine Zivilrecht keine unveränderliche Transaktionshistorie kennt. Zu nennen ist hier etwa die Nichtigkeit von Verträgen, die Anfechtbarkeit von Verträgen, das Rückabwicklungsverhältnis nach Rücktritt oder die schwebende Unwirksamkeit von Verträgen mit Minderjährigen bis zur Genehmigung durch den gesetzlichen Vertreter. Hier müsste gegebenenfalls eine „Reverse Transaction“ stattfinden.<sup>58</sup> Für die damit zusammenhängenden Wertungsfragen ist in der analogen Welt der Einsatz von Juristen und im Streitfall sogar oftmals der Gerichte erforderlich. Daraus resultiert, dass Geschäfte über → *Smart Contracts* so ausgestaltet sein sollten, dass sie möglichst wenig anfällig für derartige Leistungsstörungen sind.<sup>59</sup> Der → *Smart Contract* sollte über die Möglichkeiten verfügen, Schlechtleistungen auf Programmebene abzuwickeln.<sup>60</sup>

<sup>55</sup> Siehe zum Beispiel Scholtka und Martin (2017), Schrey und Thalhofer (2017), Jacobs und Lange-Haustein (2017), Kaulartz und Heckmann (2016).

<sup>56</sup> Schrey und Thalhofer (2017).

<sup>57</sup> Jacobs und Lange-Haustein (2017).

<sup>58</sup> Schrey und Thalhofer (2017).

<sup>59</sup> Jacobs und Lange-Haustein (2017).

<sup>60</sup> Kaulartz und Heckmann (2016).

Es zeigt sich, dass das rechtliche Erfordernis, Werturteile zu treffen und Abwägungen vorzunehmen, mit dem Einsatz von → *Smart Contracts* in Konflikt tritt. Da Wertungen und Abwägungen dem Recht immanent sind, muss der Einsatz von → *Smart Contracts* so erfolgen, dass Räume genutzt werden, die weitgehend wert- und abwägungsfrei sind.<sup>61</sup> Das wiederum erfordert eine möglichst weitgehende Konkretisierung von Leistungsgegenstand und Leistungsmodalitäten.

Mit verbleibenden Defiziten bei der Durchsetzbarkeit des Rechts muss umgegangen werden. Das Problem der Durchsetzbarkeit des Rechts stellt sich am deutlichsten bei der Nutzung einer offenen, anonymen Blockchain.

„Permissionless Blockchains sind Wilder Westen. Für B2B-Prozesse ist der rechtliche Rahmen viel zu unklar.“

Dr. Michael Merz (Ponton)

Da → *Öffentliche Blockchains* Anonymität akzeptieren und auf eine zentrale Instanz verzichten, gibt es keinen systeminhärenten Kontrollmechanismus außer der Blockchain-Struktur mit ihrer Registerfunktion selbst. In diesem Zusammenhang könnte man zwar auch argumentieren, dass ein großes Validierungsnetzwerk den Bedarf nach Rechtsdurchsetzung kompensiert. Dieses Argument wird aber in vielen Bereichen an Grenzen stoßen, zum Beispiel wenn es um Geschäfte größeren Volumens oder den allgemeinen Verbraucherschutz geht. Vereinzelt wird zur Problemlösung auch der Einsatz einer „programmierten Schiedsstelle“ vorgeschlagen.<sup>62</sup>

Ungelöst ist auch die Frage, wer bei einer mangelhaften Leistung oder Nichtleistung haftet, wenn diese aufgrund eines (technischen) Systemfehlers in der Blockchain erfolgt. Für diese Fälle müsste eine Haftungsregelung<sup>63</sup> gefunden werden oder man akzeptiert, dass es keine zuordenbare Haftung gibt.

Beherrschbarer ist die Rechtsdurchsetzung im Rahmen von → *Privaten Blockchains*, da in diesem Fall alle Teilnehmer des Netzwerks bekannt sind. Ein Stadtwerk könnte eine kontrollierte Blockchain aufsetzen und die Verantwortung übernehmen, die darin gespeicherten → *Smart Contracts* juristisch korrekt zu halten. Dies erfordert aber gegebenenfalls auch ein manuelles Eingreifen in die Blockchain.

Eine weitere These ist, dass der Anlass für Rechtsstreitigkeiten bei → *Smart Contracts* generell sinkt. „Ist ein Anbieterwechsel jederzeit möglich und die Rechnung transparent, dann sollte dies nur noch sehr vereinzelt zu Rechtsstreiten führen“, so Jochen Grewe (Stadtwerke Energieverbund). Zumindest bei „einfachen“ Rechtsgeschäften könnte dies zutreffen, wenn der Wechsel des Vertragspartners schneller und effizienter ist als ein Rechtsstreit mit ungewissem Ausgang. Das setzt sehr kurzfristig kündbare Verträge voraus, die in der zunehmend digitalen Welt voraussichtlich an Bedeutung gewinnen werden.

Ein weiteres relevantes Themenfeld, das Grenzen für Blockchain-Anwendungen formuliert, ist das Datenschutzrecht. Es greift dort, wo personenbezogene Daten in der Blockchain verarbeitet und gespeichert werden. Zu nennen sind hier zum Beispiel das ab Mai 2018 auch durch die EU-Datenschutzgrundverordnung<sup>64</sup> vorgegebene „Recht auf Löschung“<sup>65</sup> sowie das „Recht auf Vergessenwerden“<sup>66</sup> und der

61 Jacobs und Lange-Haustein (2017).

62 Kaulartz und Heckmann (2016).

63 Aktuell diskutierte Regulierungskonzepte zur Prävention von nicht-regelkonformem Verhalten reichen von der Verpflichtung zu freiwilliger Kontrolle bis hin zu verschiedenen White- und Blacklisting Ansätzen (Pesch und Böhme 2017).

64 Verordnung 2016/679 vom 27. April 2016 zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten, zum freien Datenverkehr und zur Aufhebung der Richtlinie 95/46/EG – Datenschutz-Grundverordnung (EU-DSGVO 2016).

65 Art. 17 Abs. 1 (EU-DSGVO 2016).

66 Art. 17 Abs. 2 (EU-DSGVO 2016).



Anspruch auf Datenportabilität<sup>67</sup> (sogenannte Betroffenenrechte). In einer Blockchain können Daten einzelner Individuen weder entfernt noch endgültig transferiert werden. Möglich ist unter Umständen bei manchen Blockchains eine regelmäßige komplette Abtrennung der historischen Datensätze.

„Das Recht auf Vergessen gibt es in der Blockchain nicht.“

*Oliver Süme (Fieldfisher)*

Hier bedarf es noch weiterer Überlegungen, wie die datenschutzrechtlichen Anforderungen in Bezug auf personenbezogene Daten in der Blockchain umgesetzt werden können.

Nicht zuletzt sind IT-sicherheitsrechtliche Vorgaben zu beachten. Beim Datenaustausch von personenbezogenen Daten, Netzzustandsdaten und Stammdaten, die aus intelligenten Messsystemen stammen, gelten beispielsweise nach dem Messstellenbetriebsgesetz die hohen technischen und kryptografischen Anforderungen der Smart-Meter-Richtlinien des Bundesamts für Sicherheit in der Informationstechnik<sup>68</sup>. Bei Geschäftsprozessen und in der Marktkommunikation werden entsprechende Vorgaben von der Bundesnetzagentur formuliert. Zuletzt sind auch Betreiber kritischer Infrastrukturen zur Umsetzung von IT-Sicherheitsstandards verpflichtet, die vom Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik im Hinblick auf ihre Relevanz mit Blick auf die Versorgungssicherheit kontrolliert werden.

## Energierrecht

Die Blockchain-Technologie ermöglicht unter anderem die direkte Abwicklung des Handels von kleinsten Mengen Strom (und Wärme) zwischen Haushalten und Unternehmen zu geringen Transaktionskosten. In diesem Bereich gibt es aber verschiedene gesetzliche Anforderungen zu beachten.

Maßgeblich für den Marktzugang und den Austausch von Energie über ein öffentliches Netz sind die Vorgaben des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG), der Stromnetzzugangsverordnung (StromNZV) sowie die dazugehörigen Festlegungen der Bundesnetzagentur. Die StromNZV regelt die Bedingungen für Einspeisungen von elektrischer Energie in Einspeisestellen der Elektrizitätsversorgungsnetze und die damit verbundene zeitgleiche Entnahme von elektrischer Energie an räumlich davon entfernt liegenden Entnahmestellen der Elektrizitätsversorgungsnetze. Für die Nutzung der Netze und den Austausch von Energie sind der Abschluss eines Netznutzungsvertrages und eines Bilanzkreisvertrages und die Einhaltung der darin festgelegten Rechte und Pflichten notwendig. Der Bilanzkreisvertrag muss zwischen den Übertragungsnetzbetreibern und den Bilanzkreisverantwortlichen geschlossen werden und regelt dabei die Rechte, Pflichten, den notwendigen Informations- und Datenaustausch, Haftungsbestimmungen und Regeln zur Stellung von Sicherheiten und Kündigungsregeln.

Diese Pflichten gelten für den Austausch von Energie zwischen Marktparteien, unabhängig davon, mit Hilfe welches Instruments (bilaterales Geschäft, Broker-, Börsengeschäft oder mit Hilfe der Blockchain-Technologie) dieser vereinbart wurde.

<sup>67</sup> Art. 29 (EU-DSGVO 2016).

<sup>68</sup> BSI (2015).

Der Zugang zum Regenergiemarkt ist durch die Vorgaben der StromNZV geregelt, sodass die Nutzung der Blockchain-Technologie ein neues Instrument zur Kontrolle und Abrechnung darstellt. Es bedarf der Präqualifikation der Anlagen für den Regenergiemarkt und der Teilnahme an den Ausschreibungen der Übertragungsnetzbetreiber. Darüber hinaus wird die physikalische Einspeisung und Abrechnung über das Fahrplanmanagement des Bilanzkreisvertrages Strom dargestellt, sodass für die exklusive Bereitstellung von Regenergie an den Übertragungsnetzbetreiber ebenfalls der Abschluss eines Bilanzkreisvertrages notwendig ist. Zusätzlich sind die Regeln der StromNZV zur Erbringung von Regelleistung durch Letztverbraucher (Stichwort Aggregatoren) einzuhalten, wodurch zukünftig Kleinanlagen und Verbraucher am Regenergiemarkt teilnehmen können. Hierzu strebt die Bundesnetzagentur eine Festlegung an, deren Eckpunkte im Frühjahr 2017 konsultiert wurden. So kann die Bereitstellung von Regenergie bis auf Weiteres nur regelzonenscharf über eine Blockchain angeboten werden.

Die Einhaltung der Compliance für Geschäfte am Großhandelsmarkt gilt auch für über die Blockchain-Technologie gehandelte Energiemengen. So besteht die Pflicht zur Meldung von Transaktionsdaten von Energiegroßhandelsgeschäften auf europäischer Ebene über die REMIT-Verordnung.

Mit der Einrichtung eines Handelssystems für Energiemengen mittels Blockchain können neben der REMIT auch die Regeln der Finanzmarktregulierung (MiFID II) zur Anwendung kommen, die in Deutschland im Wesentlichen im Kreditwesengesetz (KWG) und Wertpapierhandelsgesetz (WpHG) umgesetzt sind. Zur Entscheidung, ob man unter die sich daraus

ergebenen Vorgaben fällt, muss geprüft werden, ob Geschäfte, die über eine Blockchain abgeschlossen werden, Finanzinstrumente im Sinne des KWG sind.

Mit einer Energielieferung an Haushaltskunden verbunden besteht nach dem EnWG die Pflicht, diese Tätigkeit bei der Regulierungsbehörde anzuzeigen.<sup>69</sup> Damit die BNetzA ihre gesetzlich zugewiesenen aufsichtsrechtlichen Aufgaben wahrnehmen kann, braucht es bei einem aufsichtsrechtlich relevanten Einsatz von Blockchain eine zustellungsfähige Anschrift für Verwaltungsakte.<sup>70</sup> Im aktuellen Bericht zur Digitalen Transformation positioniert sich die BNetzA zurückhaltend zum Thema Blockchain. Die Entwicklungen hinsichtlich Energiebedarf und Rechenleistung seien vor dem Hintergrund der zu gewährleistenden Versorgungssicherheit abzuwarten und zu prüfen.<sup>71</sup>

Energielieferverträge haben zudem konkrete gesetzliche Anforderungen zu erfüllen. Zu nennen sind nur beispielhaft die Pflicht, Bestimmungen aufzunehmen über die Vertragsdauer, die Preisanpassung, Kündigungstermine und Kündigungsfristen, das Rücktrittsrecht des Kunden, Haftungs- und Entschädigungsregelungen bei Nichteinhaltung vertraglich vereinbarter Leistungen und Informationen über die Rechte der Haushaltskunden im Hinblick auf Streitbeilegungsverfahren, die ihnen im Streitfall zur Verfügung stehen.<sup>72</sup> Diese Anforderungen müssten zumindest über einen Rahmenvertrag abgebildet werden, auf dessen Basis über → *Smart Contracts* einzelne Stromlieferungen abgewickelt werden.<sup>73</sup>

Als problematisch könnten sich außerdem die Vorgaben für den Lieferantenwechsel erweisen<sup>74</sup>, wenn es in der Blockchain zu Wechseln der Vertragspartner kommt. Die Vorgaben für den Lieferantenwechsel

69 § 5 EnWG (2005).

70 Jacobs und Lange-Haustein (2017).

71 BNetzA (2017).

72 § 41 EnWG (2005).

73 Scholtka und Martin (2017).

74 § 41 Abs. 1 Nr. 5 EnWG (2005).

ermöglichen heute den Wechsel innerhalb von Stunden oder Minuten noch nicht. Die Einführung eines solchen kurzfristigen Wechsels setzt die Anpassung der gesetzlichen und regulatorischen Vorgaben für die Marktkommunikation voraus. Dies gilt allerdings unabhängig davon, ob für die Umsetzung die Blockchain oder eine andere Technologie genutzt werden soll. Nach alledem scheint ein vollständig dezentral funktionierendes Modell zum Handel von Strommengen auf Basis der Blockchain-Technologie derzeit ausgeschlossen.

Denkbar ist allerdings die Einbettung eines Peer-to-Peer-Handels unter den Vorgaben des bestehenden Rechtsrahmens in Form eines Dienstleistungsmodells. In diesem Fall stellt der Dienstleister, beispielsweise ein Energieversorgungsunternehmen, den Endkunden technische Anwendungen der Blockchain-Technologie zur Verfügung, die vertraglich festgehaltene regulatorische sowie rechtliche Vorgaben einhalten.<sup>75</sup> Die Mitglieder eines Blockchain-Netzwerks (Haushaltskunden mit oder ohne Erzeugungsanlagen) könnten dann über den Dienstleister miteinander und mit dem öffentlichen Netz verbunden sein und untereinander → *Smart Contracts* abschließen, zum Beispiel durch Matching (Wenn-dann-Einstellung, zum Beispiel mit dem Inhalt, Strom immer dann zu kaufen oder zu verkaufen, wenn ein bestimmtes Preissignal vorliegt). Der Dienstleister könnte dann auch das Bilanzkreismanagement übernehmen. Die Zukunft wird zeigen, ob weitere Modelle entwickelt werden.

Handelt es sich bei den Prosumern um Erzeuger von Strom aus erneuerbaren Energien, die den von ihnen erzeugten Strom im Wege der geförderten Direktvermarktung vermarkten möchten, muss zusätzlich beachtet werden, dass der Anspruch auf die Markt-

prämie verloren geht,<sup>76</sup> wenn in dem betreffenden Bilanzkreis auch Strom bilanziert wird, der nicht über die Marktprämie direkt vermarktet wird. Hier müsste gegebenenfalls ein „Marktprämien-Bilanzkreis“ als Unter-Bilanzkreis geführt werden.<sup>77</sup>

Außerdem verlangt das EEG, dass auch bei Lieferungen an Letztverbraucher im Rahmen von Blockchain-Modellen die volle EEG-Umlage gezahlt<sup>78</sup> und sichergestellt wird, dass die entsprechenden Mengen ordnungsgemäß erfasst und gemeldet werden. Die zur Eigenversorgung verwendeten Strommengen wiederum müssen gesondert erfasst werden.<sup>79</sup>

Soweit die Blockchain eingesetzt werden soll, um unternehmensinterne Prozesse zu vereinfachen, sind die rechtlichen Freiheiten insgesamt größer, da keine Rechtsbeziehungen zu Dritten in Rede stehen. Aber auch hier werden sich Fragen stellen, zum Beispiel wie eine Kontrolle der Prozesse sichergestellt werden kann und wie mit Fehlern umzugehen ist.

Insgesamt ist festzuhalten, dass bestehende rechtliche Vorgaben heute noch teilweise Hindernisse für Blockchain-Anwendungen aufstellen. Eine gezielte Regulierung der Technologie gibt es aber aktuell nicht. Ob der Rechtsrahmen an einzelnen Stellen angepasst werden sollte, um digitale Innovation zuzulassen, sollte behutsam und anwendungsorientiert geprüft werden. Denkbar sind auch rechtliche Innovationszonen, in denen Anwendungen erprobt werden können. Hierfür sind zunächst Anwendungsfelder zu identifizieren, die Gegenstand einer Erprobung unter vereinfachten rechtlichen Bedingungen sein könnten.<sup>80</sup> Zwingend erscheint ein fortlaufender Diskurs zwischen Wirtschaft und Politik zu den aktuellen Entwicklungen.

75 Scholtka und Martin (2017).

76 § 20 Abs. 1 Nr. 4 lit. a) EEG (2017).

77 Scholtka und Martin (2017).

78 § 60 Abs. 1 EEG (2017).

79 § 61h EEG (2017).

80 Professor Lavrijssen von der Tilburg University argumentiert, dass möglicherweise Regulatoren geschaffen werden müssen, die interdisziplinäre Kompetenzen über Wettbewerbsrecht, Verbraucherschutz und Datenschutz haben (Lavrijssen und Carrilo 2017).

# KAPITEL

# #K06

## Wie hängen Blockchain und das Internet der Dinge zusammen?

**Blockchains ermöglichen einen Liefer- und Bezahlvorgang bei digitalen Gütern in IT-Echtzeit, da Transaktionen sofort und transparent für alle Parteien ausgeführt werden können. Seit der Ethereum-Blockchain besteht darüber hinaus die Möglichkeit, mittels → *Smart Contracts* komplexe Regeln und Interaktionsmuster überprüfbar abzubilden und auszuführen.<sup>81</sup>**

Vor dem Hintergrund des entstehenden Internet-der-Dinge-Ökosystems verspricht die Blockchain nun einen erheblichen Mehrwert. Interagieren Sensoren und Geräte über das Internet, gewinnt die Integrität im Sinne von Korrektheit der ausgetauschten Daten an Relevanz für einen reibungslosen Prozessablauf.<sup>82</sup> Die Blockchain leistet diese Dokumentation für eine theoretisch beliebig große Anzahl an Geräten, die sich nicht kennen beziehungsweise denen sie nicht vertrauen müssen, um miteinander zu kommunizieren. Die dazu notwendige Rechenleistung müsste dabei falls möglich von den Geräten selbst (höchste Sicherheit), von lokal verknüpften Geräten oder aber über Cloud-Lösungen bereitgestellt werden.

**„In der Blockchain wird jede Transaktion zwischen Maschinen vollziehbar.“**

*Robert Schwarz (Pöyry)*

Wenn eine Smart-Home-Lösung beispielsweise den Datenfluss zwischen dem Batteriespeicher in der Garage und der PV-Dachanlage eines Nachbarn blockchainbasiert nachhält, auswertet und Opti-

mierungen gemäß vorgegebener Verbrauchs- und Kostenpräferenzen vornimmt, bietet sich die Möglichkeit von selbstausführenden Verträgen (→ *Smart Contracts*).<sup>83</sup> Entscheidend ist hierbei einerseits die Interoperabilität (vergleiche Kapitel 04), also die Kommunikation jeder einzelnen Anlage mit allen anderen. Hinzu kommt die Möglichkeit, vorbehaltlos mit jedem teilnehmendem Akteur – zumindest bei → *Öffentlichen Blockchains* kann potenziell jeder teilnehmen – sichere, verlässliche und nachgehaltene Transaktionen einzugehen. Nur so ist ein integriertes Internet der Dinge überhaupt möglich.<sup>84</sup>

Anlagen und Geräte können in großer Anzahl an eine Blockchain angeschlossen werden und dort jegliche Zugriffs- und Nutzungsrechte selbst verwalten, wenn die notwendige Intelligenz bei den Geräten vorliegt. Wenn eine solche lokale Intelligenz Schreibrechte hat, also beispielsweise ein Gerät auch eigenständig Verträge schließen soll, ist es zudem ratsam, → *Private Keys* in die Geräte zu implementieren.

<sup>81</sup> World Energy Council (2017).

<sup>82</sup> Hwang (2017).

<sup>83</sup> Grid+ entwickelt zum Beispiel Hard- und Software, um IoT-Geräte an die Ethereum-Blockchain und das Raiden-Network anzuschließen. Das Gateway soll hierbei Kryptowährungen und Zahlungsprozesse in Echtzeit registrieren. Die agenten-basierte Software soll Energie für den Haushalt kaufen, verkaufen und die Nutzung von Speichern optimieren (Grid+ Whitepaper 1.6, Gridplus (2017)).

<sup>84</sup> Lewis (2017).

**„Die Blockchain ermöglicht eine Interoperabilität von Assets, die sich nicht kennen und sofort miteinander Transaktionen durchführen können.“**

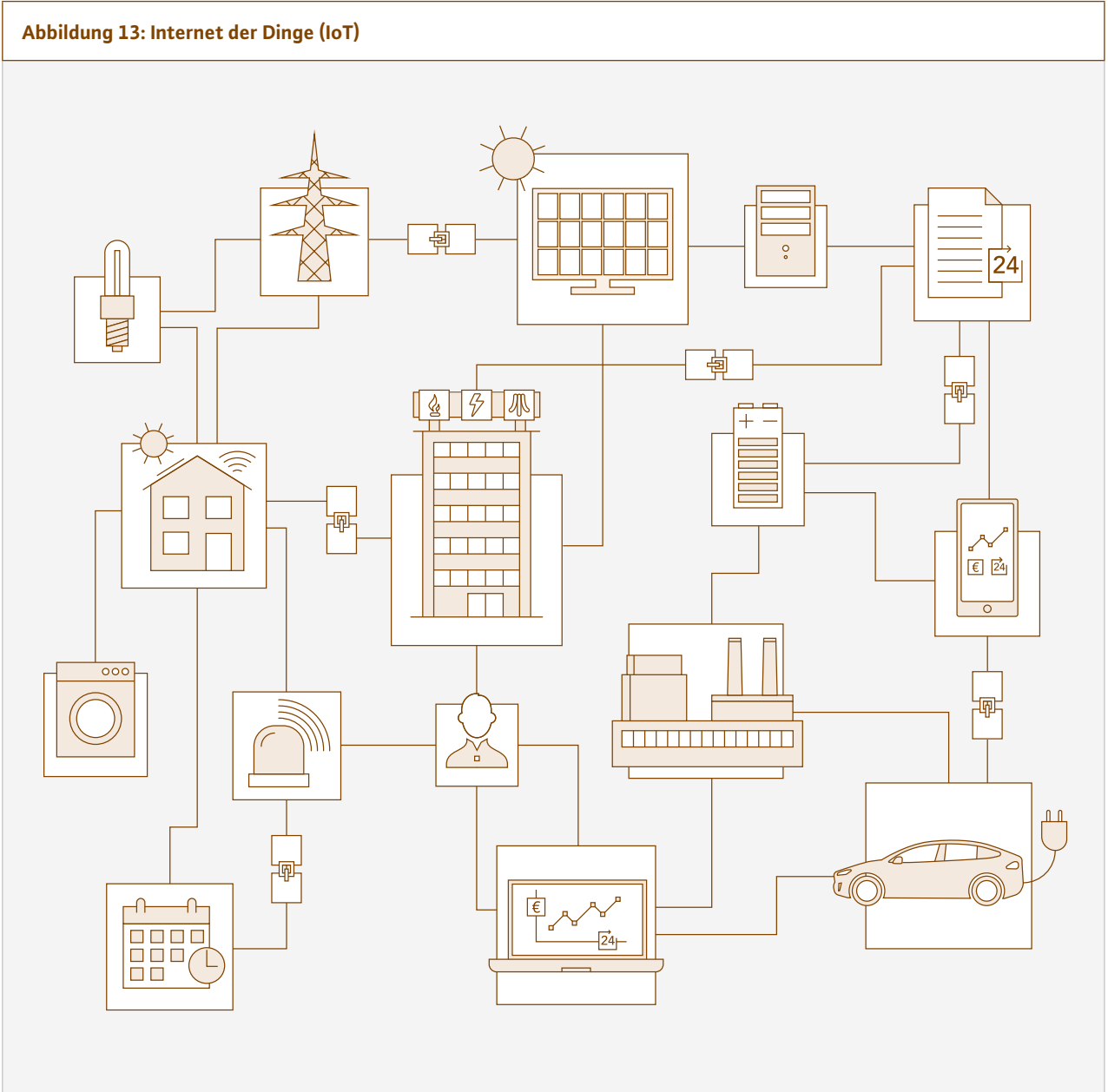
*Dr. Carsten Stöcker (innogy)*

Ist eine (anwendungsabhängige) kritische Masse von Geräten über Blockchains miteinander vernetzt, können die vollen Synergien dezentraler Organisation und künstlicher Intelligenz besser genutzt werden. So können lokal vorhandene Geräte ihre Rechenleistung für das Erkennen von individuellen Verhaltensmustern einsetzen und bereits ausgewertete Daten zur Weiterverarbeitung oder möglicherweise zum Verkauf über die Blockchain senden.

Dies eröffnet neue Möglichkeiten des Demand Side Managements, in dem Verbraucher von der Optimierung des Rahmens eigener Gewohnheiten nichts mitbekommen, da neben der Entscheidungsfindung auch die finanzielle Kompensation ausschließlich über die Kommunikation zwischen den Geräten und einer Instanz beim Energieversorger (oder einer Zahl lokaler Nachbarschaftslieferanten) stattfindet. Die erhobenen Daten müssen nicht notwendigerweise in der Blockchain selbst gespeichert werden, so kann auch lediglich die Rechteverwaltung externer Datenbanken über die Blockchain als Hybridlösung organisiert werden. In diesen Szenarien verhalten sich Geräte zu einem so hohen Grad selbst, dass Assets (wie zum Beispiel eine PV-Anlage) sich wortwörtlich selbst über autonom erwirtschaftete Überschüsse finanzieren.

Eine hohe Anzahl intelligenter autonomer Geräte bedarf zudem entsprechend großer Ressourcen. Hierbei muss laut Dr. Carsten Stöcker (innogy) *„neben lokaler Intelligenz auch Intelligenz auf einer hierarchisch höheren, zentralen Stufe verfügbar sein“*, um das Herdenverhalten einer Masse individuell handelnder Maschinen zu koordinieren. So müssen im Demand Side Management, beispielsweise bei der Ladesäulenkoordinierung von Elektroautomobilen, neue Spitzen in der Stromnachfrage verhindert werden. Derartige Algorithmen können wiederum auch über Applikationen in der Blockchain implementiert werden.

Abbildung 13: Internet der Dinge (IoT)



# KAPITEL

# #K07



## Wann ist Blockchain?

**Die Blockchain-Technologie hat sich seit der Veröffentlichung des Whitepapers „Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System“ im Jahr 2008 rasant entwickelt. Innerhalb nur weniger Jahre hat Bitcoin gezeigt, dass Transaktionen zwischen Unbekannten ohne Vermittler über eine Blockchain automatisiert und zuverlässig durchführbar sind. Die → Öffentliche Blockchain Ethereum hat mit der Erweiterung um automatisiert ausführbare Verträge (→ *Smart Contracts*) belegt, wie Übereinkünfte in komplexen Geschäftsprozesslogiken ohne einen Intermediär ausgeführt werden können.**

Dennoch steht die Blockchain-Technologie technisch und wirtschaftlich immer noch am Anfang. Die bislang in der Energiewirtschaft identifizierten Anwendungen<sup>85</sup> sind aktuell mehrheitlich in der Konzeptphase, die noch entsprechend weit von einem kommerziellen Einsatz entfernt sind. Als Wegbereiter für tragfähige Geschäftsmodelle werden sie jedoch rasch dazu beitragen, das konkrete Kostensenkungs- beziehungsweise Erlöspotenzial greifbarer und quantifizierbarer zu machen. Die Geschäftsmöglichkeiten dieser Anwendungen nehmen stetig zu und haben durch das Aufkommen von → *Initial Coin Offerings (ICO)* als Finanzierungsmöglichkeit<sup>86</sup> einen weiteren Schub bekommen. Allein im Jahr 2016 konnten Blockchain-Organisationen 200 Millionen US-Dollar über → *ICOs* einsammeln.<sup>87</sup>

**„Es gab noch nie eine so hohe Innovationsgeschwindigkeit (wie bei der Blockchain). Daher eher zwei bis fünf Jahre.“**

*Fabian Reetz (Stiftung NV)<sup>88</sup>*

**„Innerhalb dieses Jahres kann die Erprobung der Piloten aufzeigen, welche Einsatzmöglichkeiten sinnvoll erscheinen, somit erwarte ich ab 2018 tragfähige Geschäftsmodelle.“**

*Robert Schwarz (Pöyry)*

In Abbildung 14 sind der Zeithorizont und das erwartete Investitionsrisiko der in Kapitel 03 diskutierten Anwendungsfälle eingetragen.<sup>89</sup> Das Potenzial einiger Anwendungen, wie zum Beispiel Produktdifferenzierung oder das Messwesen, sowie das als gering eingeschätzte Investitionsrisiko erscheinen bereits heute vielversprechend genug, um eine zeitnahe Umsetzung von belastbaren Geschäftsmodellen zu antizipieren. Andere Anwendungen wie die Koordination einer Vielzahl autonomer Künstlicher Intelligenzen (KI) über eine Blockchain zum Beispiel im Mobilitätssektor<sup>90</sup> stehen allerdings noch in weiterer Ferne. Abbildung 14 liefert eine Aufstellung potenzieller zukünftiger Geschäftsfelder, welche durch die Blockchain transformiert werden mit einer Schätzung des aktuellen Investitionsrisikos. Aufgrund der rasanten Entwicklung der Technologie stellen die Prognosen nur den aktuellen Stand dar.

<sup>85</sup> Nachzulesen im Blockchain Radar von BDEW und PwC (BDEW 2017 d).

<sup>86</sup> Die Rechtsprechung beschäftigt sich zunehmend mit Finanzierungsmöglichkeiten im Rahmen von Kryptowährungen. Die US-Börsenaufsicht (US Securities and Exchange Commission) hat zum Beispiel entschieden, dass die *ICOs* der *DAO* regulatorisch wie Wertpapiere einzustufen sind (SEC 2017a) und veröffentlichte zudem einen Ratgeber für Investoren, wie mit *ICOs* umzugehen sei (SEC 2017b).

Eine steuerrechtliche Regulierung von *ICOs* findet aktuell noch nicht statt. Während zum Beispiel der Umtausch von Kryptowährungen in der EU steuerbefreit ist, warnt die Kanzlei Lacore im „European Regulatory Initiative Report – → *Tokens as Novel Asset Class*“ vor Opportunitätskosten und empfiehlt explizit, diesen Ansatz bei *ICOs* nicht anzuwenden (Lacore 2017).

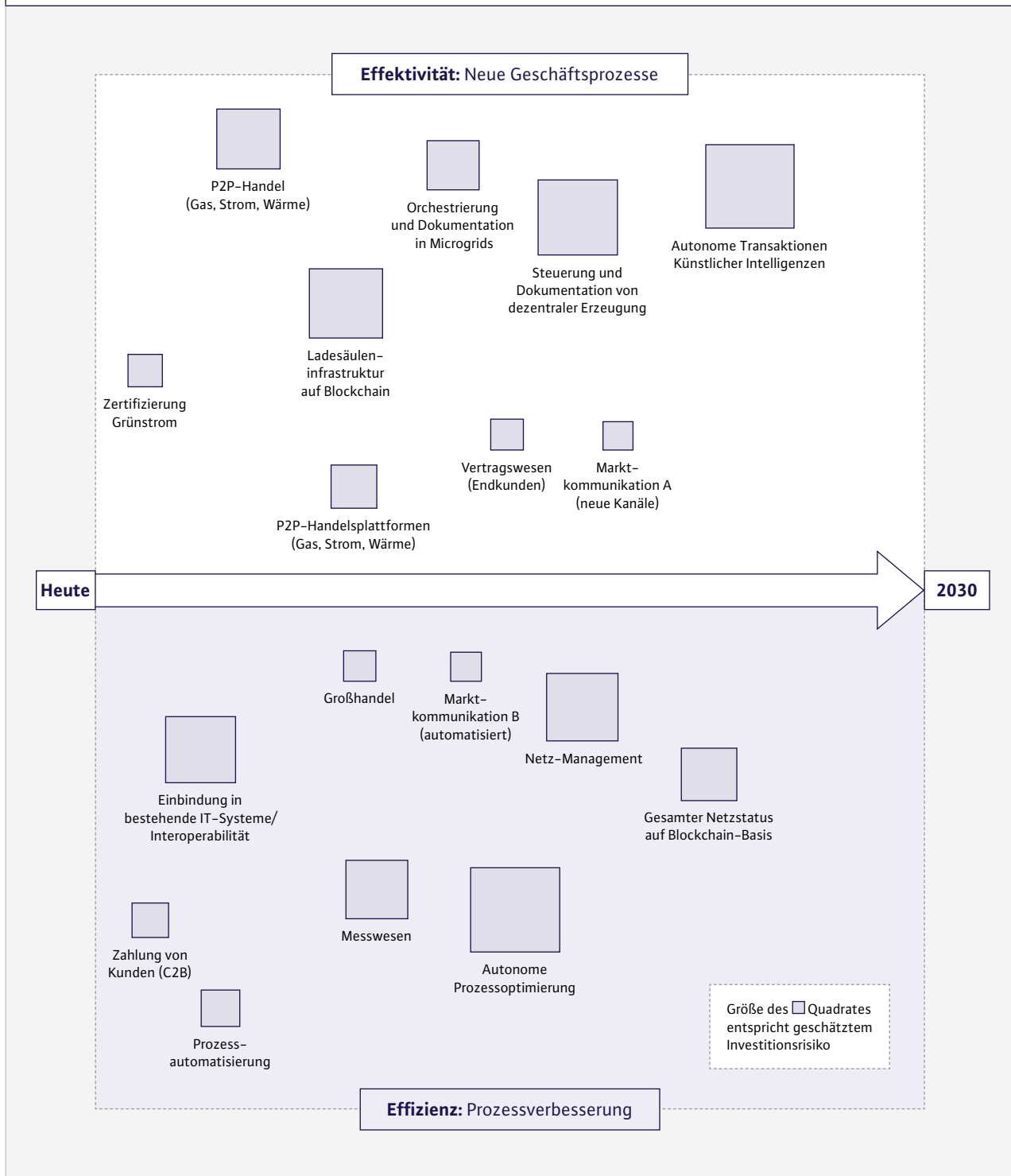
<sup>87</sup> Tapscott und Tapscott (2017).

<sup>88</sup> McKinsey & Company geht von 5 Jahren aus (McKinsey & Company 2017).

<sup>89</sup> Die Gewichtung und Einordnung der Anwendungsfälle basieren auf der Einschätzung der Interviewpartner.

<sup>90</sup> TRI (2017).

Abbildung 14: Zeithorizont und Investitionsrisiko potenzieller Anwendungsfälle



## Was ist zu tun?

Es ist bereits heute möglich, Blockchain-Anwendungen in diversen Anwendungsfällen aufzusetzen. Die konkreten Umsetzungen dürften jedoch stark von der Größe und der Strategie eines jeweiligen Unternehmens abhängen. In jedem Fall ist es wichtig, das firmeninterne Wissen aufzubauen und weiterzuentwickeln. *„Es geht vor allem darum, die Prozesse zu standardisieren, um sie dann aktuell zu halten, und darum, die aktuellen Rahmenbedingungen und Regulierungsänderungen zu kennen“*, erklärt Uwe Metz (Stadtwerke Uelzen).

**„Die Entwicklung von Blockchain-Anwendungen selbst wird wahrscheinlich an externe Unternehmen vergeben.“**

*Claudia Bächle (sonnen)*

Beim firmeninternen Umgang mit Blockchain stellt sich die Frage, ob Anwendungen selbst entwickelt, aufgesetzt oder nur evaluiert werden sollen. Das notwendige Know-how unterscheidet sich durch das Anwendungs- und Aufgabenspektrum, also der Art der verwendeten Blockchain (Öffentlich, Privat, Konsortial) sowie fallspezifischen Fragestellungen. Unabhängig von der Art der Blockchain ist die Integration in industrielle Standardprozesse eine wesentliche Voraussetzung für eine Verbreitung der Blockchain-Technologie. So sagt Henry Bailey (SAP): *„Die Integration in Standard-Geschäftsprozesse ist sehr wichtig. Prozesse mit konventioneller Software, IoT und Öffentlichen Clouds sind als Datenanbieter oder Datennachfrager in → Smart Contracts notwendig. Derartig ausgestaltete → Smart Contracts liefern die notwendige Innovation für eine echte Ende-zu-Ende-Vereinfachung mit der Blockchain-Technologie.“*

## Personalanforderungen und Know-how

Bereits die Nutzung der Kryptowährung Bitcoin im Vertrieb kann für Energieversorgungsunternehmen ein vielversprechender Weg sein, um erste Erfahrungen mit der Blockchain-Technologie zu sammeln.

**„Die Einführung von Bitcoin als zusätzlicher Zahlungsweg hat zu einem entsprechenden Know-how-Aufbau bei den beteiligten Mitarbeitern geführt.“**

*Thomas Schrader (enercity)*

Um Blockchain-Anwendungen jenseits einer reinen Bezahlungsfunktion zu konzipieren, benötigen Mitarbeiter allerdings sowohl ein Grundverständnis von Informationstechnologie als auch von dem Konzept der Blockchain. Darüber hinaus ist insbesondere Wissen über Datenbank-Technologien, Sicherheit und Kryptografie hilfreich. Grundsätzlich ist ökonomisches Verständnis erforderlich, um das wirtschaftliche Potenzial und die Kostenparameter schon bei der Entwicklung einer Anwendung mit einzubeziehen, denn: *„Es gibt zu wenige gute Entwickler“*, so Sebnem Rusitschka (freeel.io).<sup>91</sup> Analog dazu schätzt Brian Behlendorf (Hyperledger) im WEF Whitepaper, dass es lediglich ein- bis zweitausend Entwickler gebe, die es verstehen, Blockchain-Anwendungen zu programmieren.<sup>92</sup>

Für die Umsetzung von Blockchain-Anwendungen werden selbst große Stadtwerke zumeist Experten beauftragen, da hierfür eine langjährige Erfahrung in der Softwareentwicklung nötig ist. Es bedarf eines Wissens darüber, wie Blockchain-Anwendungen in die bestehende IT-Landschaft eingebunden werden und wie sich beispielsweise Daten extrahieren lassen.

<sup>91</sup> Laut Sebnem Rusitschka passen immer mehr Hochschulen ihr Curriculum an und viele der Open-Source-Projekte im Umfeld von Ethereum – zum Beispiel Bug Bounties für White-Hat-Hacker, Smart Contract-Audits durch etablierte Sicherheitsfirmen und Coding Fests für Nachwuchsentwickler – wirken sich positiv auf die Anzahl der Blockchain-Entwickler aus.

<sup>92</sup> Tapscott und Tapscott (2017).

Es ist somit ein Überblick über das gesamte Unternehmen notwendig. Hingegen ist nicht zu erwarten, dass jeder Versorger eine eigene Lösung umsetzen wird. Eher wird es die Möglichkeit geben, aus bestehenden Applikations-Elementen zu wählen und diese in die eigenen Anwendungen zu integrieren.

**„Die Technologie ist so neu, da helfen keine hochspezialisierten, sondern interdisziplinäre Mitarbeiter.“**

*Dr. Carsten Stöcker (innogy)*

Da einseitige Spezialisierungen durch die rasante Entwicklung der Technologie schnell obsolet werden könnten, empfiehlt es sich, Personalweiterbildungsmaßnahmen hinsichtlich der Blockchain eher in der Breite zu tätigen. Hier bedarf es vielseitiger Generalisten, die interdisziplinär arbeiten können. Es wird nötig sein, die Systemintegration von verschiedenen Komponenten (IoT, Systemarchitektur, → *Smart Contracts*) zu gewährleisten und dabei Unternehmertum und Technik zusammen zu denken. Dies gilt insbesondere auch für die Gestaltung neuer interner Prozesse. *„Allzu oft scheitert die Evaluation neuer Technologie für bestehende Geschäftsmodelle schon am Verständnis der Schnittstellen verschiedener Aspekte der neuen Technik“*, erläutert Dr. Carsten Stöcker (innogy).

**„Im Personalbereich haben wir den gordischen Knoten zerschlagen. Wir haben überlegt, wie sich die Rollen im Unternehmen verändern müssen, und das dann in die Köpfe der Mitarbeiter gebracht.“**

*Uwe Metz (Stadtwerke Uelzen)*

Denkbar sind demnach auf der einen Seite IT-Experten und sogenannte Data Scientists, die auch in Geschäftsmodellen und -prozessen denken kön-

nen, und auf der anderen Seite Projektmanager und Business Evangelists, die ein implizites Gespür für technische Zusammenhänge haben. Darüber hinaus ist es für Stadtwerke denkbar, allen voran für kleine und mittlere Versorger, sich zu vernetzen. Beispielsweise können sich verschiedene Unternehmen zu einer Wissens-Community zusammenschließen, um Erfahrungen auszutauschen und dadurch Kosten zu sparen.

### Ist die Energiewirtschaft reif für die Blockchain-Technologie?

Die Anwendung der Blockchain-Technologie ist eine Herausforderung für verschiedene Geschäftsbereiche von Energieversorgern, beispielsweise für den Vertrieb. Im Extremfall könnte dieser durch direkten Stromhandel zwischen Prosumern erodieren beziehungsweise durch automatisierte Prozesse teilweise ersetzt werden. Eine Strategie, um derartigen Entwicklungen entgegenzuwirken, wäre der Versuch, die Blockchain und ihre Eigenschaften für die eigenen Geschäftsprozesse zu nutzen. Laut Robert Schwarz (Pöyry) sollten Unternehmen *„den disruptiven Charakter der Blockchain-Technologie verstehen und antizipieren“*, bevor sie selbst *„disruptiert“* werden.<sup>93</sup> Eine erfolgreiche Zukunftsstrategie geht demnach über die reine Sicherstellung des Tagesgeschäfts hinaus. *„Investieren in die Zukunft bedeutet das Ablösen von alten Lösungen, allen voran im IT-Bereich“*, Uwe Metz (Stadtwerke Uelzen). Bislang ist jedoch noch nicht absehbar, welche konkreten Blockchain-Anwendungen sich gegen etablierte Prozesse durchsetzen werden. *„Uns fehlen noch mehr Use-Cases. Es fehlt die Killerapplikation“*, gibt Oliver Süme (Fieldfisher) zu bedenken.

Wenn man den Blick von Mitteleuropa abwendet, sieht man, dass Blockchain-Anwendungen in Pilotprojekten in Indien und Ländern Afrikas bereits die Funktionen eines Energieversorgers erfüllen. Durch den Einsatz in Entwicklungsländern mit bruch-

<sup>93</sup> World Energy Council (2017).

stückhafter Netzinfrastruktur und ohne vertrauenswürdige staatliche und private Intermediäre, kann die Blockchain-Technologie ihre Anwendbarkeit auch für europäische Märkte beweisen. Während dort vor allem → *Öffentliche Blockchains* einen sinnvollen Einsatz finden, bieten sich in der lokalen Energieversorgung in Deutschland vor allem konsortiale Lösungen an, auf der Versorger eigene Applikationen implementieren können.

Die emanzipierende Wirkung der Technologie kann das Machtverhältnis Richtung Kunden verschieben und so Prosumer in Kooperation zum Beispiel mit beratenden Start-ups zu direkten Konkurrenten etablierter Versorger machen. Ein konsequenter Einsatz der Blockchain-Technologie würde möglicherweise die klassischen Intermediärfunktionen verändern. Diese würden rasch durch neue Intermediäre, zum Beispiel die Betreiber von → *Konsortial-Blockchains*, gefüllt werden. Entsprechend neue Vermarktungsoptionen würden deutlich weniger auf klassischen Geschäftsmodellen beruhen, sondern die „Business-Philosophie“ des 21. Jahrhunderts im Sinne von Sharing Economy (Uber, AirBnB)<sup>94</sup> und Machine Economy (Internet of Things, Künstliche Intelligenz) implementieren.

Die Blockchain kann über Transparenz Vertrauen schaffen. Letztendlich wird der Verbraucher entscheiden, wem er vertraut und somit welche Angebote er annimmt. Energieversorgungsunternehmen haben hier einen Vertrauensvorsprung, der dabei zentral werden könnte.<sup>95</sup> Dabei müssen diese Angebote nicht zwangsläufig aus konventioneller Strom- oder Gaslieferung bestehen, sondern können auch Beratungs- und Zusatzleistungen umfassen.

Der Fokus wird auch darauf liegen, neue Aufgaben für den Kunden zu erledigen, die bis dato unbekannt oder schwer möglich waren. Dazu gehört beispielsweise die umfassende Optimierung eines Kundenhaushalts über Analysesoftware mit anschließender Abrechnung über die Blockchain. Weiter könnte

langfristig der Versorger zum „Data Intelligence Manager“ werden und den Wert der beim Kunden liegenden Daten über Verhalten oder Geräteflexibilitäten bewerten und vermarkten. Dabei ist zu beachten, „*dass die Blockchain selbst wiederum nur ein Tool ist, das die Veränderungen initiiert*“, so Uwe Metz (Stadtwerke Uelzen).

**„Die Chinesen kaufen sich jetzt schon die Technologie der vierten industriellen Revolution zusammen.“**

*Dr. Carsten Stöcker (innogy)*

Neben den beschriebenen vertikalen und horizontalen Elementen der Wettbewerbssteigerung in Deutschland sollte zudem auch eine globale Komponente berücksichtigt werden. So engagieren sich seit einiger Zeit chinesische Industriekonglomerate im Aufkauf und Klonen von Blockchain-Start-ups, um diese vor Ort in Smart-City-Projekten einzusetzen, zu erproben und zu etablieren. So plant die Wanxian Group, 50 Mio. Dollar (sowie Credit China 30 Mio. Dollar und die Huiyin Group 20 Mio. Dollar) in Blockchain-Technologie zu investieren.<sup>96</sup> Vor dem Einsatz des in diesen Projekten gelernten Know-hows auf dem deutschen Markt durch Fremdfirmen ist die Energiebranche nur bedingt geschützt. Gegensteuern kann hier ein aktives Engagement in innovativen Technologien in Kombination mit dem vielleicht wichtigsten Bonus, den regional verwurzelte Versorger aktivieren können: Kundenvertrauen als Zukunftsinvestition.

<sup>94</sup> Löbbe und Hackbarth (2017).

<sup>95</sup> Ergebnisse (BDEW 2017b).

<sup>96</sup> Rizzo (2015), Reuters (2017), Faife (2016).

# KAPITEL

# #K08

## Fazit

**Das Versprechen der Blockchain-Technologie für die Energiewirtschaft ist groß: Erste Anwendungen verdeutlichen das enorme Automatisierungspotenzial für energiewirtschaftliche Prozesse und die entstehenden Freiräume für die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle.**

Die verteilte Systemarchitektur der Blockchain harmonisiert hervorragend mit einer zunehmend dezentralen Energiewirtschaft. Höhere IT-Sicherheit, Effizienzgewinne, potenzielle Kostenreduktionen und Transparenz sind gewichtige Argumente für die Blockchain-Technologie, die Energieversorgungsunternehmen für sich nutzen sollten. Neue blockchainbasierte Geschäftsmodelle und Anwendungen entstehen aktuell mit hoher Dynamik. Auch der Reifegrad der Blockchain-Technologie hinsichtlich der Kriterien Geschwindigkeit, Energieverbrauch, IT-Sicherheit, Zuverlässigkeit, Governance, Interoperabilität und Wirtschaftlichkeit entwickelt sich rasch weiter. Es bleibt aber festzuhalten, dass aktuell nahezu sämtliche Blockchain-Anwendungen und Projekte von einer hohen Marktdurchdringung noch weit entfernt sind.

Im Alltag der Energiewirtschaft wird die Blockchain-Technologie erst vollständig ankommen, wenn auch wichtige regulatorische Rahmenbedingungen geklärt sind. Derzeit sind neben grundsätzlichen Herausforderungen hinsichtlich Datenschutz oder Haftungsrecht auch spezifische energiewirtschaftliche Fragestellungen weiterhin offen. Blockchain-Anwendungen erlauben, bestehende und neue energiewirtschaftliche Prozesse zu automatisieren sowie manipulationssicher und transparent darzustellen. Vor allem in der Einbindung und Orchestrierung von dezentralen Geräten, Anlagen und Speichern kann die Blockchain als Instrument dienen, um Echtzeitkommunikation (beispielsweise Ladestände von Speichern) zu ermöglichen, diese beweissicher zu dokumentieren und als Basis für

weitergehende Anwendungen bereitzustellen. Ein zentrales Erfolgskriterium wird dabei die Integration von Blockchain-Anwendungen in bestehende energiewirtschaftliche Standardprozesse und -software sein. Sobald hier die Interoperabilität verbessert wird, dürfte die Durchdringung rasch zunehmen.

Daneben entstehen in der Energiewirtschaft auch Peer-to-Peer-Modelle (also Nutzer zu Nutzer) auf Basis der Blockchain-Technologie. Hier wird es für Energieversorgungsunternehmen zunehmend wichtiger, sich vom reinen Commodity- zum integrierten Systemdienstleister zu entwickeln. Aktuell sind Peer-to-Peer-Modelle in Deutschland aufgrund von regulatorischen Vorgaben zur Sicherstellung der Versorgungssicherheit schwer umsetzbar. Für Energieversorger bietet sich hier die Chance, als Akteur in neuer Funktion aufzutreten: beispielsweise als Dienstleister, welcher die regelkonforme Einbindung von dezentralen Privatanlagen in das energiewirtschaftliche Gesamtsystem garantiert und weitere Zusatzdienste anbietet. Die Blockchain-Technologie bietet dem Energieversorgungsunternehmen hierbei die Möglichkeit, eine manipulationssichere und transparente Architektur zu verwenden, um diese Einbindung umzusetzen.

Zusätzlich müssen neue, aber auch bestehende Blockchains die derzeitigen Limitierungen der Technologie überwinden. Neben dem Reifegrad bezüglich Geschwindigkeit, Energieverbrauch, IT-Sicherheit, Zuverlässigkeit und Governance ist insbesondere die Interoperabilität von Blockchains untereinander ein Faktor, der die Reichweite und

Bedeutung der Blockchain-Technologie deutlich erweitern kann. Für Energieversorger geht es hierbei auch um die Vernetzung mit Unternehmen aus anderen Branchen, welche beispielsweise andere Blockchain-Systeme verwenden. Denn auch in der branchenübergreifenden Verwendung von Blockchain-Anwendungen liegen Potenziale, welche für alle beteiligten Vorteile versprechen: beispielsweise ein dokumentiertes und über Branchen hinweg organisiertes Supply-Chain-Management mehrerer Akteure auf Blockchain-Basis.

**„Der weltweite Hotspot für Blockchain & Energie ist aktuell ganz klar Berlin: Nirgendwo sonst gibt es so viele Ethereum-Entwickler und die Blockchain-Szene ist dank der vielen Energie-Start-ups, der Energie Web Foundation, dem Blockchain Hub und dem Bundesverband Blockchain extrem lebendig.“**

*Ewald Hesse (Grid Singularity)*

Die Blockchain wird ihren Stellenwert in der Energiewirtschaft zunehmend unter Beweis stellen. Energieversorgungsunternehmen haben dabei prinzipiell alle Möglichkeiten, blockchainbasierte Anwendungen auf ihre Eignung hin zu entwickeln oder zu testen und damit „first-mover“ zu sein. Eine frühzeitige Positionierung hilft dabei, eine gute Marktpositionierung zu erreichen und

einen Vorsprung gegenüber dem Wettbewerb sicherzustellen. Gleichzeitig steigen aber auch die Investitionskosten. Nicht alles, was mit einer Blockchain derzeit möglich ist, ist für jedes Unternehmen der Energiebranche zweckmäßig und erzeugt auch nicht überall einen identischen Mehrwert. Dafür sind derzeit bestehende Systeme, welche nicht auf Blockchain basieren, häufig noch zu überlegen in der Anwenderfreundlichkeit und vor allem in der Einbindung in bestehende Standardsysteme. Das kann sich unter Umständen jedoch schnell ändern. Bei der Implementierung von komplett neuen Prozessen sollten die Vorteile einer blockchainbasierten Systemarchitektur deshalb unbedingt diskutiert werden.

Energieversorgungsunternehmen können auch abwarten, bis marktreife Anwendungen in den kommenden Jahren entstehen. Dann ist es aber gegebenenfalls schwieriger und kostenintensiver, diese Lösungen einzuführen. Daher ist es empfehlenswert, die Entwicklung von Anwendungen und Standards sowie regulatorische Rahmenbedingungen mitzugestalten. Denn die Frage der Rollenverteilung, also welche Akteure letztendlich eine Blockchain beziehungsweise Blockchain-Anwendungen betreiben werden, ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch offen. Formen des Ausprobierens reichen von der Mitarbeit in Verbänden über Kooperationen mit anderen Versorgern oder Start-ups bis hin zu eigenen Projekten und können neue Möglichkeiten aufzeigen.



## Begriffsglossar (→)

Begriff	Bedeutung
DAO	<p>Eine Ausprägungsform von → <i>Smart Contracts</i> sind sogenannte Dezentrale Autonome Organisationen (DAOs)<sup>97</sup>. Diese stellen eine Organisation beziehungsweise Gemeinschaft auf Basis von → <i>Smart Contracts</i> dar, welche sich selbstständig organisiert und somit zunächst einmal keinen menschlichen Eingriff benötigt. Governance-Regeln werden formalisiert, automatisiert und durch Software umgesetzt. Die Geschäftsordnung ist unveränderlich im Code festgelegt. Die Aufgabenstellung beschränkt sich deshalb auf mathematisch klar beschreibbare Anforderungen.<sup>98</sup> Entscheidungen, die über die im Code definierten Abläufe hinausgehen, werden nach vorab bestimmten und im Programmcode festgehaltenen Kriterien von den Stimmrechthealtern beschlossen. Die Stimmrechte ergeben sich proportional zur Anzahl gehaltener → <i>Tokens</i>. Dies ist zumeist der frei handelbare Gegenwert des geleisteten finanziellen Engagements in die jeweilige DAO. Eine DAO hat demzufolge keine physikalische Adresse. Sämtliche Regeln zur Gewährleistung des Betriebs dieser digitalen Organisation sowie deren gesamte finanzielle Transaktionshistorie werden auf einer Blockchain nachgehalten und sind somit verteilt und nicht exakt verortbar.</p>
Distributed Ledger	<p>Ein Distributed Ledger, also verteiltes Kontobuch, ist das übereinstimmende Ergebnis vervielfältigter und geteilter Daten. Es gibt keinen übergeordneten Verwalter und keinen zentralen Datenspeicher; die Daten sind über viele Computer, Länder und Institutionen verteilt. Wenngleich sowohl ein Peer-to-Peer-Netzwerk als auch ein Konsensmechanismus nötig sind, handelt es sich hierbei nicht automatisch um eine Blockchain. Erst wenn die Speicherung der Daten mit verketteten Blöcken realisiert wird, spricht man von einer Blockchain. Eine Blockchain ist deshalb nur eine mögliche Ausgestaltung eines verteilten Kontobuchs.</p>
Hash/Hash-Wert	<p>Ein Hash ist die eindeutige Kennzeichnung eines Blocks, vergleichbar mit einer Prüfsumme oder einem digitalen Fingerabdruck. Er wird durch eine Hash-Funktion gebildet, welche auf Basis unterschiedlicher Eingabedaten eine relativ kurze Zeichenfolge erstellt. Die Korrektheit des Hash-Wertes beziehungsweise der Prüfsumme kann bei bekannten Ausgangswerten einfach überprüft werden, jedoch ist die eindeutige Ermittlung der Ausgangswerte (inverse Abbildung) nicht möglich. Durch Vergleichen der Hash-Werte zweier Blocks kann somit leicht sichergestellt werden, dass die zugrundeliegenden Blöcke ebenfalls identisch sind. Eine beispielhafte Darstellung eines Hash-Wertes ist auf dem Umschlag dieser Publikation zu sehen.</p>

<sup>97</sup> Jentzsch (2016), Buterin (2013).

<sup>98</sup> P2P-Foundation (2016).

Begriff	Bedeutung
Initial Coin Offering (ICO)	<p>Als ICO wird der Vorabverkauf einer projektinternen Kryptowährung beziehungsweise → <i>Tokens</i> zur Finanzierung dieser Projektidee genannt. Die Geldgeber – klassische Investoren und auch kleinteilige Unterstützer (Crowd) – setzen auf einen steigenden Kurs im Falle einer erfolgreichen Umsetzung. Darüber hinaus kann hiermit eine Weitergabe von Stimmrechten verbunden sein. Derzeit sind mit dieser Art der Unternehmensfinanzierung – im Gegensatz zur klassischen Kapitalmarktfinanzierung – noch keinerlei Regulierungsmechanismen verbunden.</p>
IOTA	<p>IOTA ist quasi eine Blockchain ohne Blockgenerierung. In IOTA werden Transaktionen nicht in einer chronologischen Kette abgespeichert, sondern in einer Vielzahl dezentraler Datenbankstränge. Auf die für Blockchains typische kryptografische Verkettung wird verzichtet, stattdessen wird ein gerichteter azyklischer Graph (directed acyclic graph, DAG), hier Tangle genannt, verwendet. Die Transaktionen sind also untereinander verbunden. Jeder Teilnehmer beziehungsweise jedes teilnehmende Gerät, welches eine Transaktion absendet, muss an der Konsensfindung teilnehmen. Durch diese Regelung wird gewährleistet, dass jederzeit genügend Ressourcen zur Verifikation von Transaktionen bereitstehen, ohne dass für externe Ressourcen zur Transaktionsverifikation bezahlt werden muss. Bevor eine Transaktion aufgenommen werden kann, muss der jeweilige Teilnehmer deshalb zwei zufällig ausgewählte vorausgehende Transaktionen verifizieren. Dies geschieht mit einem simplen, das heißt wenig rechenaufwendigen → <i>Proof-of-Work</i>. Es entsteht eine Vernetzung verifizierter Transaktionen. Diese sind dadurch mit der Zeit indirekt auf alle neu hinzukommenden Transaktionen (hier Tips genannt) zurückzuführen. Die Bestätigungsstufe (confirmation level) der eigenen Transaktionen lässt sich festsetzen. Das heißt, eine Transaktion gilt dann als Konsens im Netzwerk, wenn ein vorab von den Transaktionspartnern definierter Anteil der Tips auf die Transaktion zurückzuführen ist. Prinzipiell gilt, ein geringer Anteil Tips sorgt für eine schnellere Umsetzung, ein hoher Anteil transaktionsbestätigender Tips (bis zu 100 % möglich) sorgt für ein hohes Sicherheitsniveau. Obwohl es sich strenggenommen nicht um eine Blockchain (keine Blocks, keine Kette) handelt, soll das dezentrale Peer-to-Peer-Netzwerk IOTA mittelfristig mit allen anderen Blockchain-Technologien kompatibel sein.</p>

Begriff	Bedeutung
Konsortial-Blockchains	Konsortial-Blockchains (oder auch Special Purpose Blockchains) sind als Semi-Private Blockchains (Shared Permissioned Blockchains) ein Kompromiss zwischen → <i>Öffentlichen</i> und → <i>Privaten Blockchains</i> . Hierbei ist es nur verifizierten Teilnehmern erlaubt, Blöcke zu validieren. Optimierte Konsens-Algorithmus lassen deutlich schnellere Transaktionen als → <i>Öffentliche Blockchains</i> zu. Sie benötigen keine digitale Währung, um Transaktionen durchzuführen (aber → <i>Tokens</i> könnten hilfreich zur Anreizsetzung sein). Insgesamt bieten Konsortial-Blockchains die Möglichkeit, auf die spezifischen Anforderungen des Energiemarkts abgestimmt zu werden, wie zum Beispiel durch den Verzicht auf Anonymität oder eine Steigerung des Transaktionsvolumens je nach Anwendung.
Microgrid	Microgrids sind elektrische Verteilnetze, die sowohl (steuerbare) Lasten als auch verteilte Erzeugungskapazitäten beinhalten. Auch Stromspeicher können Teil eines Microgrids sein. Die teilnehmenden Ressourcen lassen sich kontrolliert und koordiniert betreiben. Das System ist sowohl mit einer Verbindung zum regulären Stromnetz als auch im Inselbetrieb möglich. <sup>99</sup>
Mining	Mit Mining wird die von den beteiligten Rechnern im Prozess der Blockbildung geleistete Arbeit bezeichnet. In vorgegebenen Zeitabständen werden alle in diesem Zeitintervall getätigten Transaktionen zu einem Block zusammengefasst und an die bestehende Blockchain angehängt. Hierfür müssen die teilnehmenden Rechner des Netzwerks diese validieren, das heißt die Richtigkeit bestätigen und eintragen. Dies geschieht über den sogenannten → <i>Proof-of-Work</i> -Mechanismus. Die beteiligten Rechner werden hierfür bei erfolgreicher Blockgenerierung in der Blockchain-eigenen Kryptowährung kompensiert.
(Full) Node	Ein Node ist ein teilnehmender Rechner des Peer-to-Peer-Netzwerks, der die gesamte Blockchain-Historie abspeichert. Darüber hinaus prüft (nicht berechnet) er jede Transaktion, die ihn erreicht und leitet sie weiter. Ein Node betreibt kein → <i>Mining</i> , ein Miner ist aber in der Regel auch ein Node. Das Peer-to-Peer-Netzwerk ist trotzdem auf ausreichend Nodes angewiesen. Im Gegensatz zum → <i>Mining</i> gibt es keine Kompensation für diese Tätigkeit. Ein Anreiz, einen Node zu stellen, ist dadurch gegeben, dass dies eine Möglichkeit ist, direkt am Netzwerk teilzunehmen, die Entwicklung des Netzwerks mitzubestimmen sowie Daten aus der Blockchain zu besitzen.

Begriff	Bedeutung
Öffentliche (permissionless) Blockchains	Öffentliche Blockchains sind prinzipiell für jeden zugänglich – eine passende Infrastruktur vorausgesetzt. Teilnehmer werden in der Regel für alle anderen Teilnehmer über eine zufällige ID als persönliche Adresse anonymisiert dargestellt. Es gibt in erster Instanz keinen zentralen Betreiber, der das laufende Geschehen in der Blockchain überwacht. Öffentliche Blockchains beruhen vor allem auf dem → <i>Proof-of-Work</i> -Konsensmechanismus. Durch dieses ausgefeilte Validierungsverfahren ist Vertrauen zwischen einzelnen Marktteilnehmern bei einer Transaktion nicht mehr notwendig, da die Mehrheit aller Teilnehmer über die Richtigkeit der Blockchain wacht. Rechenleistung und Speicherkapazität werden von den Teilnehmern gestellt.
Orakel	Als Orakel werden Informationsquellen bezeichnet, welche in → <i>Smart Contracts</i> festgehalten werden und als Auslöser von Ereignissen gelten. Sie definieren das Wenn in den Wenn-dann-Beziehungen. Orakel können sowohl innerhalb als auch außerhalb der Blockchain festgelegt werden. Während interne Orakel die gleichen Sicherheitsstandards bieten wie Transaktionen in der Blockchain, sind bei der Einbindung externer Orakel deren Vertrauenswürdigkeit und Verlässlichkeit entscheidend. Externe Orakel ermöglichen dadurch, Transaktionen in der Blockchain an den Eintritt vieler Ereignisse aus der realen Welt zu knüpfen. Die Auswahl eines geeigneten Orakels ist dabei zentral. Dadurch existieren auch Orakel-Dienstleister, welche quasi als Notare Informationen aus der realen Welt in die Blockchain bringen und deren Korrektheit bestätigen.
Proof-of-Authority	Im Proof-of-Authority-Verfahren obliegt es einem einzigen zentralen Netzwerkteilnehmer, Transaktionsblöcke zu verifizieren. Dieser ist vorab definiert, ihm untersteht die Verwaltung des Netzwerks.
Proof-of-Stake	Im Proof-of-Stake-Konsensmechanismus muss im Gegensatz zum → <i>Proof-of-Work</i> keine geleistete Arbeit (→ <i>Mining</i> ) nachgewiesen werden, sondern die Vertrauenswürdigkeit des validierenden Knotens entsteht durch die Hinterlegung eines Stakes, also eines monetären Pfands. Aus allen teilnehmenden Rechnern werden zufällig einige zur Validierung des Blocks beziehungsweise der darin enthaltenen Transaktionen ausgewählt. Die Wahrscheinlichkeit, ausgewählt zu werden, steigt mit zunehmendem Besitz der Blockchain-immanenten Währung. Hiermit ist das Versprechen verbunden, die Transaktionsgeschwindigkeit bis auf das Zehnfache zu steigern.

Begriff	Bedeutung
Proof-of-Work	<p>Der Proof-of-Work ist ein Validierungsverfahren, um neue Transaktionen, zusammengefasst innerhalb eines bestimmten Zeitraums, in Form von Blöcken in die Blockchain einzufügen. Hierbei handelt es sich um einen künstlichen Rechenaufwand zur Generierung eines sogenannten → <i>Hash-Wertes</i>. Alle im Netzwerk beteiligten Rechner konkurrieren dabei im Trial-and-Error-Verfahren um die Lösung eines algorithmischen Rätsels, wobei der Gewinner den → <i>Hash-Wert</i> und somit den nächsten Block generiert und dafür eine Belohnung in der zugrundeliegenden digitalen Währung erhält. Die Richtigkeit des gelösten Rätsels sowie die Integrität der gesamten Blockchain werden durch alle beteiligten Server verifiziert. Basis des Rätsels sind der vorausgegangene → <i>Hash-Wert</i> sowie weitere vorgegebene Rahmenbedingungen wie Blockinhalt und Zeitpunkt. Dies sorgt dafür, dass die in der Blockchain gespeicherten Transaktionen unveränderlich sind. Um einen Block zu verändern, müssen alle darauf nachfolgenden Blöcke geändert werden, was einen sehr hohen Rechenaufwand bedeutet. Außerdem muss mit 51 % der im Netzwerk aufgebrauchten Rechenleistungen dem neuen Wert zugestimmt werden. Da die Blöcke immer in etwa den gleichen Zeitabständen generiert werden sollen, muss bei einer Zunahme der Rechenkapazität innerhalb des Netzwerks auch die Schwierigkeit des gestellten Rätsels zunehmen.</p>
Private (permissioned) Blockchains	<p>Bei „permissioned“, also Privaten Blockchains, ist der Zugang nur für im Voraus ausgewählte Teilnehmer möglich, welche je nach Zugriffsrecht die Möglichkeit haben zu lesen und/oder zu schreiben. Die Blockchain unterliegt hier der vollkommenen Kontrolle des Betreibers, diesem sind alle Teilnehmer a priori bekannt. Deshalb fallen im Gegensatz zu → <i>Öffentlichen Blockchains</i> die Eigenschaften der Anonymität und Irreversibilität (nicht zwingend) weg. Dem Betreiber ist es prinzipiell möglich, Vorgänge in der Blockchain zurückzusetzen. Hier kommt es jedoch stark auf das gewählte Design an. Der Verzicht auf den → <i>Proof-of-Work</i> als dezentralen Konsensmechanismus und auf Unabänderlichkeit kann die Geschwindigkeit und Skalierbarkeit der Blockchain drastisch erhöhen. Die Validierung einzelner Blöcke ist so mit einem deutlich niedrigeren Ressourcenaufwand möglich, da nicht alle Teilnehmer um die Lösung eines algorithmischen Puzzles konkurrieren müssen. Die hier genutzte Alternative ist der sogenannte → <i>Proof-of-Authority</i>, bei dem ein einzelner Teilnehmer neue Datenblöcke generiert.</p>

Begriff	Bedeutung
Private Key	<p>Während bei der Durchführung von Transaktionen ein Public Key als Zieladresse verwendet wird, ermöglicht der Private-Key-Zugang zu sowie Kontrolle über die Währungseinheiten und → <i>Smart Contracts</i> des entsprechenden Blockchain-Teilnehmers. Jede Transaktion wird mit Hilfe des Private Keys signiert, sodass Kenntnis über den Key es einer dritten Person ermöglicht, Transaktionen zu tätigen. Der Private Key dient zudem als Grundlage für den Public Key, der sich mathematisch aus Erstgenanntem herleitet. Dies kann sehr schwer nachvollzogen und rückwärtsinduziert werden.</p>
Sharding	<p>Dieses Konzept sieht die Aufteilung des in der Blockchain darstellbaren Raums in „Shards“ (Scherben) vor. Im Rahmen des Konsensmechanismus werden diesen Shards zufällig Knoten des Netzwerks zur Validierung zugewiesen. Die Zuordnung kann beispielsweise über die Anfangsziffern der individuellen Teilnehmeradresse im Netzwerk erfolgen. So können parallele und daher entsprechend schnelle und viele Verifikationen von Transaktionen stattfinden. Dieses Konzept besteht bis dato nur als Whitepaper von Vitalik Buterin, soll aber zusammen mit → <i>Proof-of-Stake</i> als fester Bestandteil in Ethereum eingebunden werden. Lösungsbedarf besteht vor allem noch hinsichtlich Transaktionen zwischen Teilnehmern unterschiedlicher Shards. Hierbei gilt es, ein Verfahren zu finden, welches die Richtigkeit der Transaktionshistorie jedes einzelnen Shards für alle anderen Shards garantiert.</p>
Smart Contracts	<p>Smart Contracts sind selbstkontrahierende Verträge, die als Computerprogramme direkt in der Blockchain abgebildet und überwacht werden. Durch die automatisierte Ausführung sollen Transaktionskosten gesenkt werden, da Mittelsmänner umgangen werden. Eine hohe Vertragssicherheit wird dadurch gewährleistet, dass nachträgliche Handlungsabweichungen nicht möglich oder erschwert sind. Hinzu kommt, dass die Umsetzung von Vertragsinhalten durch die Möglichkeit der Ausführung in nahezu Echtzeit deutlich beschleunigt werden kann. Prinzipiell lassen sich komplexe Regeln und Interaktionsmuster überprüfbar abbilden und ausführen, dabei funktionieren Smart Contracts grundsätzlich nach dem Wenn-dann-Prinzip.</p> <p>Hierdurch sind komplett neue Organisationsformen möglich, um selbst durchsetzbare Transaktionen zu gestalten. Diese können eigenständig zwischen intelligenten Objekten ausgeführt werden und benötigen kein menschliches Zutun. So kann beispielsweise ein direkter Liefervertrag zwischen einer Photovoltaikanlage und benachbartem Kleinstverbraucher geschlossen werden. Bei Stromabnahme wird automatisch überprüft, ob die Anlage im Augenblick Strom erzeugt und ob dieser nicht schon anderweitig vertrieben wird. Bei positiver Rückmeldung wird selbsttätig eine finanzielle Transaktion auf das Verzeichnis der Photovoltaikanlage gutgeschrieben.</p>

Begriff	Bedeutung
State Channel	<p>Bei einem State Channel handelt es sich um ein Konzept, nicht um eine Technik. Die genaue Ausgestaltung hängt demnach von der jeweiligen Umsetzung und der verwendeten Blockchain ab. State Channels sollen die Skalierbarkeit und den Privatsphärenschutz bei gewöhnlichen Blockchain-Transaktionen deutlich erhöhen. Hierfür werden bei Transaktionen zwischen zwei Teilnehmern beziehungsweise zwischen einem Teilnehmer und einem Service (also einer Maschine) die Transaktionen zusammengefasst und nur als Ergebnis in einem → <i>Smart Contract</i> verbucht. Die Buchung findet dann beispielsweise nach einer vorab festgelegten Zeit, nach Erreichen eines definierten Betrags oder nach manueller Bestätigung beider Teilnehmer statt. Um Unstimmigkeiten zu vermeiden, wird jede Kommunikation mit dem → <i>Private Key</i> und einem Zeitstempel signiert. Aufgrund des geringen Aufwands dieser Zwei-Wege-Kommunikation abseits der Blockchain lassen sich die Transaktionen kostengünstig und schnell umsetzen.</p>
Token	<p>Als Tokens versteht man zumeist die einer Kryptowährung zugrundeliegenden Währungseinheiten. Sie sind technisch ein Eintrag in die verteilte Datenbank und praktisch essentiell für den Betrieb → <i>Öffentlicher Blockchains</i>. Sie geben dem einzelnen Teilnehmer Anreiz, an der Validierung teilzunehmen. Die Funktion von Tokens kann aber darüber hinausgehen. So können benutzerdefinierte Daten jeglicher Art, Objekte und Verhältnisse – beispielsweise Stimmrechtsanteile, Besitzverhältnisse, Identitäten – in Blockchain-Tokens gespeichert und in dieser Form transferiert werden.</p>
Zero-Knowledge-Proof	<p>Der Zero-Knowledge-Proof, oder auch kenntnisfreier Beweis, ist ein Verifikationsverfahren, bei dem kein Wissen übertragen wird. Der Beweiser überzeugt dabei den Verifizierer, ohne die Lösung des Rätsels beziehungsweise das Passwort zu nennen. Es ist jedoch ein hohes Maß an Kommunikation notwendig, um mit ausreichend hoher Wahrscheinlichkeit zu verdeutlichen, dass das Geheimnis bekannt ist, ohne es tatsächlich zu nennen. Dies macht es in der Praxis schwierig, dieses Verfahren einzusetzen. Im Gegensatz dazu basieren die meisten kryptografischen Verfahren auf dem Austausch eines symmetrischen (Shared-secret-Verfahren) oder asymmetrischen Schlüssels. Dieser Umstand kann von Dritten ausgenutzt werden, indem der Schlüssel entwendet und missbräuchlich genutzt wird.</p>

## Interviewpartner

Name	Unternehmen	Position	Art des Interviews
Claudia Bächle	Sonnen GmbH	Junior Business Innovation Manager	Telefon
Dr. Martin Berger	ITP Innovative Technologie Projekte GmbH	Leiter Innovation Lab	Telefon
Christoph Burger	ESMT Berlin	Senior Lecturer and Senior Associate, Dean of Executive Education	Telefon
Pekka Dräger	LichtBlick SE	Business Development	Telefon
Daniel Drummer	J.P. Morgan Chase & Co.	Vice President FinTech	E-Mail
Gunther Dütsch	Pricewaterhouse Coopers GmbH	Director	Telefon
Kerstin Eichmann	Conjoule GmbH	Head of Machine Economy Lighthouse, innogy Innovation Hub	Telefon
Tobias Federico	Energy Brainpool GmbH & Co. KG	Managing Director	Telefon
Constantin Ginet	Siemens AG	Leiter Microgrids & Renewable   Integration bei Siemens Digital Grid	E-Mail
Jochen Grewe	Stadtwerke Energie Verbund SEV GmbH	Geschäftsführer	Telefon
Christoph Jentzsch	Slock.it UG	Geschäftsführer	Telefon
Jan-Peter Kleinhans	Stiftung Neue Verantwortung e. V.	Projektleiter „IT-Sicherheit im Internet der Dinge“	Telefon
Dr. Michael Merz	Ponton GmbH	Geschäftsführer	Telefon
Uwe Metz	Stadtwerke Uelzen GmbH	Leiter IT & Kundenservice	Telefon



<b>Name</b>	<b>Unternehmen</b>	<b>Position</b>	<b>Art des Interviews</b>
Dr. Matthias Postina	EWE AG	Projektkoordinator Smart Market	Telefon
Fabin Reetz	Stiftung Neue Verantwortung e. V.	Projektleiter „Digitale Energiewende“	Telefon
Dr. Volker Rieger	Detecon International GmbH	Managing Partner	Telefon
Sebnem Rusitschka	freel.io UG	Gründerin	E-Mail
Thomas Schrader	Stadtwerke Hannover GmbH	Referent für Sonder- aufgaben und IT	Telefon
Robert Schwarz	Pöyry Deutschland GmbH	Principal Consultant	E-Mail
Udo Sieverding	Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen e. V.	Bereichsleiter Energie	Telefon
Erwin Smole	GridSingularity GmbH	Mitgründer und CSO	Telefon
Dr. Michał Sobótkal	GWAdriga GmbH & Co. KG	Geschäftsführer	Telefon
Dr. Carsten Stöcker	innogy SE	Senior Manager ‚Ma- chine Economy‘, innogy Innovation Hub	Telefon
Oliver Süme	Fieldfisher Germany LLP, eco Verband der Internetwirtschaft e. V.	Partner, Technolo- gy, Outsourcing and Privacy	Telefon
Thomas Weisshaupt	Gemalto SA	Director Markets Smart Energy & IoT	Telefon
Thorsten Zoerner	StromDAO UG	Gründer	Telefon

# Literaturverzeichnis

**Alle folgenden URLs werden in der digitalen Fassung als Hyperlinks zur Verfügung gestellt. Die digitale Fassung ist abrufbar unter [www.bdew.de/digitalisierung](http://www.bdew.de/digitalisierung).**

**Agora Energiewende.** 2017. Energiewende und Dezentralität. Zu den Grundlagen einer politisierten Debatte. Berlin.  
<https://www.agora-energiewende.de/de/themen/-agothem-/Produkt/produkt/375/Energiewende+und+Dezentralit%C3%A4t/>

**Albrecht, Simon; Stefan Reichert, Jan Schmid, Jens Strüker, Dirk Neumann & Gilbert Fridgen.** 2018. Dynamics of Blockchain Implementation – A Case Study from the Energy Sector. In: 51st Hawaii International Conference on System Sciences (im Druck).

**BDEW.** 2016. Die digitale Energiewirtschaft – Agenda für Unternehmen und Politik. Berlin.  
<https://www.bdew.de/internet.nsf/id/digitale-agenda-de>

**BDEW.** 2017a. Stromerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung.  
<https://charts.bdew-data.de/uyluj/2/#embed> (zugegriffen: 24. Juli 2017)

**BDEW.** 2017b. Digitalisierung aus Kundensicht.  
<https://www.bdew.de/internet.nsf/id/digitalisierung-aus-kundensicht-de>

**BDEW.** 2017c. Energie-Info: Erneuerbare Energien und das EEG: Zahlen, Fakten, Grafiken  
<https://www.bdew.de/internet.nsf/id/energie-info-erneuerbare-energien-und-das-eeg-zahlen-fakten-grafiken-2017-de?open&ccm=500010045>

**BDEW.** 2017d. BDEW und PwC Blockchain-Radar.  
[https://www.bdew.de/internet.nsf/id/ACB2E2DBE9CCE7FEC12581780052F02E/\\$file/201707\\_PwC\\_BDEW\\_Blockchain-Radar.pdf](https://www.bdew.de/internet.nsf/id/ACB2E2DBE9CCE7FEC12581780052F02E/$file/201707_PwC_BDEW_Blockchain-Radar.pdf)

**Berkeley Labs.** Types of Microgrids.  
<https://building-microgrid.lbl.gov/types-microgrids> (zugegriffen: 24. Juli 2017)

**BitcoinBlog.** 2017. Interview Christoph Jentzsch.  
<https://bitcoinblog.de/2017/06/26/ich-finde-man-sollte-diese-art-stuetzraeder-wiederschritt-fuer-schritt-abbauen/> (zugegriffen: 25. Juli 2017)

**BNetzA.** 2017. Digitale Transformation in den Netzsektoren – Aktuelle Entwicklungen und regulatorische Herausforderungen. Bonn.  
[https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/Berichte/2017/Digitalisierung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/Berichte/2017/Digitalisierung.pdf?__blob=publicationFile&v=1)

- BSI.** 2015. Das Smart-Meter-Gateway: Sicherheit für intelligente Netze. Bonn.  
[https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/Broschueren/Smart-Meter-Gateway.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/Broschueren/Smart-Meter-Gateway.pdf?__blob=publicationFile)
- Buterin, Vitalik.** 2013. Ethereum White Paper – A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform.  
<https://github.com/ethereum/wiki/wiki/White-Paper>
- buybitcoinworldwide.com.** 2017. Bitcoin Mining Pools.  
<http://www.buybitcoinworldwide.com/mining/pools/> (zugegriffen: 24. August 2017)
- Conjoule.** 2017.  
<http://conjoule.de/de/start/> (zugegriffen: 25. Juli 2017)
- Cryptocompare.com.** 2017. Mining Calculator.  
<https://www.cryptocompare.com/mining/calculator/> (zugegriffen: 24. August 2017)
- dena & ESMT.** 2016. Blockchain in der Energiewende – Eine Umfrage unter Führungskräften der deutschen Energiewirtschaft. Berlin.
- Digiconomist.** 2017. Bitcoin Energy Consumption Index.  
<http://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption> (zugegriffen: 25. Juli 2017)
- EEG.** 2017. Erneuerbare-Energien-Gesetz.
- EnWG.** 2005. Energiewirtschaftsgesetz.
- Etherscan.io.** 2017. Etherscan – The Ethereum Block Explorer.  
<http://etherscan.io/> (zugegriffen: 15. Oktober 2017)
- EU-DSGVO.** 2016. Datenschutz-Grundverordnung.
- Europäische Kommission.** 2017. RICHTLINIE DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (Neufassung).  
<https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/DE/COM-2016-767-F1-DE-MAIN-PART-1.PDF>.
- Faife, Corin.** 2016. China's Huiyin Group Launches \$20 Million Bitcoin Fund.  
<https://www.coindesk.com/chinas-huiyin-group-bitcoin-blockchain-venture-fund-20-million/> (zugegriffen: 25. Juli 2017)
- Greenspan, Gideon.** 2015. MultiChain Private Blockchain –White Paper. White Paper.  
<https://www.multichain.com/download/MultiChain-White-Paper.pdf> (zugegriffen: 25. Juli 2017)
- Gridplus.** 2017. Grid+ White Paper.  
<https://gridplus.io/> (zugegriffen: 25. Juli 2017)

**GrünStromJetons.** 2016. GrünStromJetons. Press Release.

<http://jetons.stromstunde.de/pressemitteilung/launch> (zugegriffen: 25. Juli 2017)

**Hwang, Yitaek.** 2017. Blockchain Explained – The Basics of Blockchain and How it Might Affect IoT.

<https://iot-for-all.com/blockchain-explained/> (zugegriffen: 25. Juli 2017)

**Interchain Foundation.** 2017. Cosmos Internet of Blockchains.

<https://cosmos.network/> (zugegriffen: 25. Juli 2017)

**International Organization for Standardization.** 2016. ISO/TC 307 Blockchain and distributed ledger technologies.

<https://www.iso.org/committee/6266604.html> (zugegriffen: 25. Juli 2017)

**Ito, Joi.** 2016. Blockchain: Enabling a Distributed & Connected Energy Future. Cambridge, USA.

**Jacobs, Christoph und Christian Lange-Haustein.** 2017.

Blockchain und Smart Contracts: zivil- und aufsichtsrechtliche Bedingungen. ITRB: 10 ff.

**Jentzsch, Christoph.** 2016. Decentralized Autonomous Organizations to Automate Governance.

<https://download.slock.it/public/DAO/WhitePaper.pdf>

**Kanneberg, Axel.** 2017. E-Autos: Innogy entwickelt Ladestations-Plattform mit Blockchainzahlungen. Heise Online, Mai.

<https://www.heise.de/newsticker/meldung/E-Autos-Innogy-entwickelt-Ladestations-Plattform-mit-Blockchainzahlungen-3702960.html>

**Kaulartz, Markus und Jörn Heckmann.** 2016. Smart-Contracts-Anwendungen der Blockchain-Technologie. CR: 619 ff.

**Lacore.** 2017. European Regulatory Initiative Report – Tokens As Novel Asset Class.

<http://lacore.de/lacore-als-mit-autor-des-berichts-european-regulatory-initiative-report-tokens-as-novel-asset-class-zur-initiative-einer-regulierung-von-blockchain-technologie-und-kryptowaehrung/>

**Lavrijssen, Saskia und Arturo Carrilo.** 2017. Radical Innovation in the Energy Sector and the Impact on Regulation. TILEC Discussion Paper 17.

<https://ssrn.com/abstract=2979206>

**Lewis, Rhian.** 2017. Internet of Things and Blockchain Technology: How Does It Work?

<https://cointelegraph.com/news/internet-of-things-and-blockchain-technology-how-does-it-work> (zugegriffen: 25. Juli 2017)

**Löbbe, Sabine und André Hackbarth.** 2017. The Transformation of the German Electricity Sector and the Emergence of New Business Models in Distributed Energy Systems. *Innovation and Disruption at the Grid's Edge*: 287–318.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811758-3.00015-2>

**Marnay, C.,** S. Chatzivasileiadis, C. Abbey, R. Iravani, G. Joos, Pio Alessandro Lombardi, P. Mancarella und J. von Appen. 2015. Microgrid evolution roadmap. In: Institute of Electrical and Electronics Engineers –IEEE–; Austrian Institute of Technology GmbH –AIT–: International Symposium on Smart Electric Distribution Systems and Technologies, EDST. Wien.

<http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-410854.html>

**McKinsey&Company.** 2017. Blockchain Technology in the Insurance Sector.

[https://www.treasury.gov/initiatives/fio/Documents/McKinsey\\_FACI\\_Blockchain\\_in\\_Insurance.pdf](https://www.treasury.gov/initiatives/fio/Documents/McKinsey_FACI_Blockchain_in_Insurance.pdf)

**Mengelkamp, Esther, Johannes Gärtner, Kerstin Rock, Scott Kessler, Lawrence Orsini und Christof Weinhardt.** 2017. Designing microgrid energy markets. *Applied Energy* (Juni). doi:10.1016/j.apenergy.2017.06.054.

<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030626191730805X> (zugegriffen: 24. Juli 2017)

**Mougayar, William.** 2016. *The Business Blockchain: Promise, Practice, and Application of the Next Internet Technology.*

**Nakamoto, Satoshi.** 2008. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System.

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

**O A.** 2016. World Economic Forum Survey. *Wall Street Journal*.

**O A.** 2017. Blockchain.info.

<https://blockchain.info/>

**P2P-Foundation.** 2016. Decentralized Autonomous Organization. Wiki.

[http://wiki.p2pfoundation.net/Decentralized\\_Autonomous\\_Organization](http://wiki.p2pfoundation.net/Decentralized_Autonomous_Organization)  
(zugegriffen: 24. August 2017)

**PayPal.** 2017.

<https://www.paypal.com/de/webapps/mpp/paypal-fees> (zugegriffen: 25. Juli 2017)

**Pesch, Paulina und Rainer Böhme.** 2017. Datenschutz trotz öffentlicher Blockchain? *Article. Datenschutz und Datensicherheit – DuD* 41, Nr. 2 (Februar):

93–98. doi:10.1007/s11623-017-0735-x.

<https://doi.org/10.1007/s11623-017-0735-x>

**plasma.io.** 2017. Plasma: Scalable Autonomous Smart Contracts.

<https://plasma.io/> (zugegriffen: 24. August 2017)

**Polkadot.** 2016. Polkadot – Connecting Trust.

<https://polkadot.io/> (zugegriffen: 25. Juli 2017)

**Ponton.** 2016a. Blockchain-based Process integration for the Smart Grids of the Future.

<https://enerchain.ponton.de/index.php/16-gridchain-blockchain-based-process-integration-for-the-smart-grids-of-the-future> (zugegriffen: 25. Juli 2017)

**Ponton.** 2016b. First European energy trade over the blockchain.

<https://enerchain.ponton.de/index.php/11-first-european-energy-trade-over-the-blockchain> (zugegriffen: 25. Juli 2017)

**PwC.** 2016. Kurzstudie: Blockchain – Chance für Energieverbraucher.

<http://www.verbraucherzentrale.nrw/blockchain>

**Red, Val A.** 2017. Practical comparison of distributed ledger technologies for IoT.

Proceeding. Proc. SPIE. doi:10.1117/12.2262793.

<http://dx.doi.org/10.1117/12.2262793>.

**Reuters.** 2017. Credit China invests \$30 mln in U.S. blockchain firm Bitfury.

<http://www.reuters.com/article/usa-blockchain-bitfury-idUSL1N1FG1SB> (zugegriffen: 25. Juli 2017).

**Rizzo, Pete.** 2015. Chinese Auto Giant Wanxiang Plans \$50 Million Blockchain Fund.

<https://www.coindesk.com/china-wanxiang-blockchain-50-million-fund/> (zugegriffen: 25. Juli 2017).

**Rocky Mountain Institute.** 2017. Energy companies join forces with Rocky Mountain Institute and Grid Singularity to launch global blockchain initiative for energy. Press Release.

<https://www.rmi.org/about/news-and-press/press-release-energy-web-foundation-launch/> (zugegriffen: 25. Juli 2017).

**Scholtka, Boris und Jule Martin.** 2017. Blockchain – Ein Modell für den Strommarkt der Zukunft? RdE: 113 ff.

**Schrey, Joachim und Thomas Thalhoffer.** 2017. Rechtliche Aspekte der Blockchain. NJW: 1431 ff.

**SEC.** 2017a. SEC Issues Investigative Report Concluding DAO Tokens, a Digital Asset, Were Securities. Press Release.

<https://www.sec.gov/news/press-release/2017-131> (zugegriffen: 24. August 2017).

**SEC.** 2017b. Investor Bulletin: Initial Coin Offerings. investor.gov.

<https://www.investor.gov/additional-resources/news-alerts/alerts-bulletins/investor-bulletin-initial-coin-offerings> (zugegriffen: 24. August 2017).

**Smole, Erwin.** 2016. Blockchain for the energy market.

**Statista.** 2017. Internet of Things (IoT) connected devices installed base worldwide from 2015 to 2025. <https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide/> (zugegriffen: 24. Juli 2017).

**Strüker, Jens.** 2017. Mit Blockchain-Technologie in die Echtzeit-Energiewirtschaft. In: 24. Handelsblatt Jahrestagung Energiewirtschaft. Berlin.

**Tapscott, Don und Alex Tapscott.** 2015. SXSW Preview: What's the Next Generation Internet? Surprise: It's all about the Blockchain! [linkedin.com](https://www.linkedin.com/pulse/whats-next-generation-internet-surprise-its-all-don-tapscott). <https://www.linkedin.com/pulse/whats-next-generation-internet-surprise-its-all-don-tapscott> (zugegriffen: 22. August 2017).

**Tapscott, Don und Alex Tapscott.** 2017. Whitepaper: Realizing the Potential of Blockchain A Multistakeholder Approach to the Stewardship of Blockchain and Cryptocurrencies. Geneva. <https://www.weforum.org/whitepapers/realizing-the-potential-of-blockchain>.

**Tendermint.** 2017. Tendermint – Blockchain Consensus. <https://tendermint.com/> (zugegriffen: 25. Juli 2017).

**TenneT.** 2017. Haushalte stabilisieren das Stromnetz: TenneT und sonnen vernetzen erstmals Stromspeicher mit Blockchain-Technologie. <https://www.tennet.eu/de/news/news/haushalte-stabilisieren-das-stromnetz-tennet-und-sonnen-ernetzen-erstmal-stromspeicher-mit-blockc/> (zugegriffen: 22. Juli 2017)

**TRI.** 2017. Toyota Research Institute Explores Blockchain Technology for Development of New Mobility Ecosystem. Press Release. <http://corporatenews.pressroom.toyota.com/releases/toyota+research+institute+explores+blockchain+technology.htm> (zugegriffen: 24. Juli 2017)

**Vermeulen, Jan.** 2017. Bitcoin and Ethereum vs Visa and PayPal – Transactions per second. <https://mybroadband.co.za/news/banking/206742-bitcoin-and-ethereum-vs-visa-and-paypal-transactions-per-second.html> (zugegriffen: 25. Juli 2017)

**Visa.** 2015. Visa Inc. at a Glance. <https://usa.visa.com/dam/VCOM/download/corporate/media/visa-fact-sheet-Jun2015.pdf> (zugegriffen: 25. Juli 2017)

**Vranken, Harald.** 2017. Sustainability of bitcoin and blockchains. Current Opinion in Environmental Sustainability 28 (Oktober): 1–9. doi:10.1016/j.cosust.2017.04.011. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877343517300015> (zugegriffen: 25. Juli 2017)

**World Energy Council.** 2017. Energie für Deutschland – Fakten, Perspektiven und Positionen im globalen Kontext 2017. [http://www.weltenergieat.de/wp-content/uploads/2014/02/Energie-f%C3%BCr-Deutschland-2017\\_.pdf](http://www.weltenergieat.de/wp-content/uploads/2014/02/Energie-f%C3%BCr-Deutschland-2017_.pdf)

# Impressum

**Herausgeber**

BDEW Bundesverband der  
Energie- und Wasserwirtschaft e. V.  
Reinhardtstraße 32  
10117 Berlin

Telefon: +49 30 300199-0

E-Mail: [info@bdew.de](mailto:info@bdew.de)

[www.bdew.de](http://www.bdew.de)

**Ansprechpartner BDEW**

Dr. Tanja Utescher-Dabitz  
Leiterin Abteilung  
Betriebswirtschaft | Steuern | Digitalisierung  
E-Mail: [tanja.utescher-dabitz@bdew.de](mailto:tanja.utescher-dabitz@bdew.de)

**Redaktion**

Viktor Peter (Leitung),  
Kay Tidten, Dr. Paula Hahn,  
Yassin Bendjebbour, Geertje Stolzenburg

**Durchführung**

Institut für Energiewirtschaft (INEWI)  
Hochschule Fresenius  
Bessie-Coleman-Straße 7  
60549 Frankfurt

Studienleitung: Prof. Dr. Jens Strüker

Mitarbeit: Simon Albrecht, Stefan Reichert,  
Jan Schmid

**Konzeption und Gestaltung**

EKS – DIE AGENTUR  
Energie Kommunikation Services GmbH  
[www.eks-agentur.de](http://www.eks-agentur.de)

**Rahmendaten zur Studie**

Zielsetzung: Einschätzung der Potenziale  
und Risiken der Blockchain-Technologie  
in der deutschen Energiewirtschaft.

Methodik: 27 Experteninterviews  
(März bis August 2017).

**Danksagung**

Wir danken allen Teilnehmern der Experteninter-  
views für die hilfreichen und wertvollen Informati-  
onen, die zum Gelingen dieser Studie beigetragen  
haben.

Stand: Oktober 2017



52796132fb11bb4128903e0b3b09a8c0fa97a589e90c80a10a361762b0800e7bf3d14f2ab5f39dfeb76028de56961714d15fcdcd20e6a23a5babe8def4338fd4cef74e6071fcc920ad6329a6d  
f2d99a4e8b297322e5732ca2cce97325c8a4e90c4ddf812e64bb97302b9810bdf5a6d82177c808d3746687c9784ae3c7f7a60533a62788503ba855467e0e103e4d0f58824a60394b7439bc  
f8e0b043bc123c4d04588356961b0011886af248044627762635f8570fe81f2fe7b91982bb154f22c3ae1ddb23b54867828591cbec437aa4a48381c951e03156630fd210d63af3bd39ad475b  
48387c1c5a1c35156630fd210d63af3bd39ad475b87c448044defb778f33158d8c9f9a20531d600f5afab8077ae174ba7022aba0fbd6720bed9ed0d8f109d1b68637616ae8a80087c146  
80087c146ac8377ec872ed1daa0d32ebc80238e75607509ad3f8ef19441b95c6983934a99410e0c09869d7bc336b3c686471d41c388ad1c312a488ee912988fe097f2258fa85e15990  
c01ce3198086c91576d323046d5cd72c3846bb006c96ba4bbb2feaf819e0c0be18b54da576daca212f10340c57ab2f09b46666f1e2c15056ae77b22527de90fd24d3c65a6d7674928a3b96acdcb  
c24bc3a8dcd415a82936650b847778772da7e0d0e84d2ca75c9966f888de68b00b42888ed020f9942b453bb4f9ba9341c8ce119986717385e0753e446cd6c05318a53d1ac2bc29c  
12251df56712436ff11527dc4035a4a05b5f61cb0503307e750398c3ddae5b262c4ba5988665c4036c21d21a9051caef68c32b11905ead32900d44ff6dc1af063fa292f45b02f981fd  
1c78a9258c9a765e79d2689ccb75e4847bf701ce28af418cd1f8464a96786a8e189016c22d19963dae1295227bb1b0c4c904a27356bb2f774234e44639cbbbf9d21b9a8b6e9dc237192fe046f  
6be1ec838077b1ac440cd54cf1d14992798534b432e391b4103d76da5d3f6751c07e32ce5e1037b78dd4760f817996a23a9e778a1156ff4385323c38060d44c8f880945c61014a4af  
0669097442aa27f3316a8d4caf1a61e3649f1cl194415b7811af16bb0b0b291e27023bf4bcdcf9bc387dc432af57f30888def15929bad876739ae549f8217949cd6802808a85692d13  
d3597ab700c945d15f25d382b98e2a6f15e43ac3373c3f47f9738684e5f53fe18c6b334fd9dec17022d2e017c0d0e1f0c05c7ea6b088cad9f2516505fdea1265357b3eedd941907d901fb88  
f43c600e20ff1ba8c57979d22855693d6673a587993d7c3140dad417a86bab796fba6482432217c8215e385ba16ce9d219d01ab78a699dd2db9489d8302b01722153fadcc23432  
b251c8ecc8ec8d75d069793449ca203f4154b637c54c0bfaa23e6adb1c289e12c7f29e16ecc9a8a421c2a07d7639191b13dd2fdb582763980f706a28a5d03aa4d3e0c6d666f7d625cd2c670fb9f  
0f5ea3971446cb04c4ab1ea3af8ad12c12af2ac2b9195b488d95d841fb66aed3150990c01ce3198086c91576d323046d5cd72c3846bb006c96ba4bbb2feaf819e0c0be18b54da576daca212f  
10340c57ab2f09b46666f1e2c15056ae77b22527d9cd30102824174d553ccec254fd893064554a028de56961714da27356bb2f774234e44639cbbbf9d21b9a8b6e9dc23710f54150c140435845d  
920fe0a46f6be1ec838077b1ac440cd54cf1d14992798534b432e391b4103d76da5d3f6751c07e32ce5e1037b78dd4760f817996a23a9e778a1156ff4385323c38060d44c8f880945c61014a4af  
d0649e858abd1146f9c2065f0e48fb10b15f3d44a09dc82d02b06581e0c069478c9fd2c8f9093659019a1687baecbb38c9e72b12169dc4148690f7467f9154f5931c5df665c4696cbfd5f5f5f  
01ce3198086c91576d323046d5cd72c3846bb006c96ba4bbb2feaf819e0c0be18b54da576daca212f10340c57ab2f09b46666f1e2c15056ae77b22527150990c01ce3198086c91576d323046d5cd  
72c3846bb006c96ba4bbb2feaf819e0c0be18b54da576daca212f10340c57ab2f09b46666f1e2c15056ae77b22527150990c01ce3198086c91576d323046d5cd72c3846bb006c96ba4bbb2feaf819e0c0be18b54da576daca212f  
99cb7e0f059772ec4587e66edf72b130b71ca767ecaf85a9266886f43bc57de82623120f87585fe241d78dcf69c8222c4284c0ba2de37811e9f0d6279fa257caeda96e25c9259efdac93633efb8d  
8c3849a223ed3ba1131de2bb038544c2c2ca2e8a72d547f3b1a23555e65b375f54ac4bbe088112927054ceb0d7a10b1057bd129a533b921978ead8840536681f5d76e5da50537aa7cae662cf96d  
f01364e74d8671ed6bd4669d2afca3e25c221ce975ec38ae901370a98eb2f8ac17edc5fe16edca47bf26c65946e4643321e99a329a1c20e5a6be6d189284d026de0fce69e4079ac91e  
787f41e370f307bafcd4a419e17c3890df09a29766134a45af08cbb1fbbb229c2650e13a986a0050a6e5424f59388995463ca2f3f298b56c21d5530a6f02b78fae4ce542f1e150dacef29bb10b  
5ce79197a3cdf34ec4ec297c7b8a56f13d79350161f1db766e6c3d97fcb838c77e02e8153360a3eb55423856db8b9d637aa5e3cc3e759e9dfb892512880ec67b78214f9e121a91fbce6b1abf0ce  
4729048842e384d4ab355cd3f16722266918ee1d57d8bba86cc2bfff5867bf0cc1507cae1e5d498876180be34ae8a0c6b32626c537849deb4f84447c80066a7837ea0f1eb2867347  
72f461318731494e0b040933a5e84ab98aa29970357a970453b4d33bad38bf9ec797ac174d61137700dd4c93ec9cd42f578d9ec8606206c5a5c729404a9eb1594f0706c3464ebfcd4  
273cd61a5f992ea273def810ddc27fd95a62861ef6f3cbd4c7e31b7fca30b71647afaf9945382066a5764e3ae2805528f4b1523a6e48d7454194e6858194bdc214c7f32be7350f8cd87f8db5ac8  
44880c39f5d2885ce1a60df0d273c9086c8550fb803749a3018f69c77f66204be4293a378df3652f7d8d7ed7c47ab0ec798247f947732cae6295ec08ddca4a1837b16762b0800e7bf3d14f2ab5f39d  
76db7a5582e13a923506ac189d17bf4635f80c79e82298f96fc2900bf4278d2b6429af8f9fae676252796132fb311bb4128903e0b3b09a8c0fa97a589e90c80a10a361762b0800e7bf3d14f2ab5f39d  
f39df676028de56961714d15fcdcd20e6a23a5babe8def4338fd4cef74e6071fcc920ad6329a6d5f2428044627762635f8570fe81f2fe7b91982bb154f22c3ae1ddb23b54867828591cbec437aa4a48381c951e03156630fd210d63af3bd39ad475b  
80087c146ac8377ec872ed1daa0d32ebc80238e75607509ad3f8ef19441b95c6983934a99410e0c09869d7bc336b3c686471d41c388ad1c312a488ee912988fe097f2258fa85e15990  
c01ce3198086c91576d323046d5cd72c3846bb006c96ba4bbb2feaf819e0c0be18b54da576daca212f10340c57ab2f09b46666f1e2c15056ae77b22527de90fd24d3c65a6d7674928a3b96acdcb  
c24bc3a8dcd415a82936650b847778772da7e0d0e84d2ca75c9966f888de68b00b42888ed020f9942b453bb4f9ba9341c8ce119986717385e0753e446cd6c05318a53d1ac2bc29c  
12251df56712436ff11527dc4035a4a05b5f61cb0503307e750398c3ddae5b262c4ba5988665c4036c21d21a9051caef68c32b11905ead32900d44ff6dc1af063fa292f45b02f981fd  
1c78a9258c9a765e79d2689ccb75e4847bf701ce28af418cd1f8464a96786a8e189016c22d19963dae1295227bb1b0c4c904a27356bb2f774234e44639cbbbf9d21b9a8b6e9dc237192fe046f  
6be1ec838077b1ac440cd54cf1d14992798534b432e391b4103d76da5d3f6751c07e32ce5e1037b78dd4760f817996a23a9e778a1156ff4385323c38060d44c8f880945c61014a4af  
0669097442aa27f3316a8d4caf1a61e3649f1cl194415b7811af16bb0b0b291e27023bf4bcdcf9bc387dc432af57f30888def15929bad876739ae549f8217949cd6802808a85692d13  
d3597ab700c945d15f25d382b98e2a6f15e43ac3373c3f47f9738684e5f53fe18c6b334fd9dec17022d2e017c0d0e1f0c05c791cbe43ea6b088cad9f2516505fdea1265357b3eedd941907d901fb88  
f43c600e20ff1ba8c57979d22855693d6673a587993d7c3140dad417a86bab796fba6482432217c8215e385ba16ce9d219d01ab78a699dd2db9489d8302b01722153fadcc23432  
b251c8ecc8ec8d75d069793449ca203f4154b637c54c0bfaa23e6adb1c289e12c7f29e16ecc9a8a421c2a07d7639191b13dd2fdb582763980f706a28a5d03aa4d3e0c6d666f7d625cd2c670fb9f  
0f5ea3971446cb04c4ab1ea3af8ad12c12af2ac2b9195b488d95d841fb66aed3150990c01ce3198086c91576d323046d5cd72c3846bb006c96ba4bbb2feaf819e0c0be18b54da576daca212f  
10340c57ab2f09b46666f1e2c15056ae77b22527d9cd30102824174d553ccec254fd893064554a028de56961714da27356bb2f774234e44639cbbbf9d21b9a8b6e9dc23710f54150c140435845d  
920fe0a46f6be1ec838077b1ac440cd54cf1d14992798534b432e391b4103d76da5d3f6751c07e32ce5e1037b78dd4760f817996a23a9e778a1156ff4385323c38060d44c8f880945c61014a4af  
d0649e858abd1146f9c2065f0e48fb10b15f3d44a09dc82d02b06581e0c069478c9fd2c8f9093659019a1687baecbb38c9e72b12169dc4148690f7467f9154f5931c5df665c4696cbfd5f5f5f  
01ce3198086c91576d323046d5cd72c3846bb006c96ba4bbb2feaf819e0c0be18b54da576daca212f10340c57ab2f09b46666f1e2c15056ae77b22527150990c01ce3198086c91576d323046d5cd  
72c3846bb006c96ba4bbb2feaf819e0c0be18b54da576daca212f10340c57ab2f09b46666f1e2c15056ae77b22527150990c01ce3198086c91576d323046d5cd72c3846bb006c96ba4bbb2feaf819e0c0be18b54da576daca212f  
99cb7e0f059772ec4587e66edf72b130b71ca767ecaf85a9266886f43bc57de82623120f87585fe241d78dcf69c8222c4284c0ba2de37811e9f0d6279fa257caeda96e25c9259efdac93633efb8d  
8c3849a223ed3ba1131de2bb038544c2c2ca2e8a72d547f3b1a23555e65b375f54ac4bbe088112927054ceb0d7a10b1057bd129a533b921978ead8840536681f5d76e5da50537aa7cae662cf96d  
f01364e74d8671ed6bd4669d2afca3e25c221ce975ec38ae901370a98eb2f8ac17edc5fe16edca47bf26c65946e4643321e99a329a1c20e5a6be6d189284d026de0fce69e4079ac91e  
787f41e370f307bafcd4a419e17c3890df09a29766134a45af08cbb1fbbb229c2650e13a986a0050a6e5424f59388995463ca2f3f298b56c21d5530a6f02b78fae4ce542f1e150dacef29bb10b  
5ce79197a3cdf34ec4ec297c7b8a56f13d79350161f1db766e6c3d97fcb838c77e02e8153360a3eb55423856db8b9d637aa5e3cc3e759e9dfb892512880ec67b78214f9e121a91fbce6b1abf0ce  
4729048842e384d4ab355cd3f16722266918ee1d57d8bba86cc2bfff5867bf0cc1507cae1e5d498876180be34ae8a0c6b32626c537849deb4f84447c80066a7837ea0f1eb2867347



www.bdew.de