

HWZ Hochschule für Wirtschaft Zürich

CAS DISRUPTIVE TECHNOLOGIES

ZERTIFIKATSARBEIT

VON FLORIN JAEGER

**BLOCKCHAIN TECHNOLOGIE UND DIE  
DEZENTRALISIERUNG DER  
STROMVERSORGUNG**

Florin Jaeger  
Untere Gasse 54  
CH - 7012 Felsberg  
Schweiz  
florin.jaeger@yahoo.com

Marcel Blattner  
Studienleiter CAS Disruptive Technologies

Zürich, Dezember 2016

„Die Blockchain-Technologie passt in die Zeit: Die Energiewirtschaft ist geprägt durch eine zunehmend dezentrale Erzeugung und durch die Digitalisierung. Beide Entwicklungen können durch Blockchain verbunden werden“.

*KIRSTEN HASBERG*  
*Blockchain Hub Berlin*

# VORWORT

Ein Referat am Digital Festival in Zürich und verschiedene Beiträge in den Medien haben mich im Herbst 2016 auf die verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten der Blockchain Technologie aufmerksam gemacht. Das grosse Potential der Blockchains im Bereich der Finanzindustrie war mir bereits bekannt, die Anwendung von Peer-to-Peer Transaktionen im Bereich der Energiebranche aber komplett neu und daher nicht bekannt. Die Möglichkeit, dezentral erzeugte Energie direkt an den Nachbarn zu verkaufen und diese Transaktionen ohne Umwege über zentrale Energieversorger mittels Blockchain abzubilden, ist spannend.

Die Begriffe „Blockchain“ und „Smart Contracts“ sind nicht selbsterklärend. Diese Arbeit soll dem Leser / der Leserin einen ersten Zugang zu dieser neuen Technologie bieten und neugierig machen. Im Rahmen dieser Zertifikatsarbeit habe ich mich mit den Einsatzmöglichkeiten von Blockchain Technologie in der Strombranche beschäftigt und bin unter anderem der Frage nachgegangen, inwiefern die Blockchain Technologie als Wegbereiter einer weiteren Dezentralisierung der Stromversorgung wirken könnte.

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>SUMMARY .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>6</b>
2.1	Problemstellung .....	6
2.2	Zielsetzung und Aufbau .....	6
2.3	Abgrenzung .....	7
<b>3</b>	<b>GRUNDLAGEN .....</b>	<b>8</b>
3.1	Blockchain .....	8
3.2	Dezentrales Transaktionsmodell .....	9
3.3	Smart Contracts.....	10
<b>4</b>	<b>BLOCKCHAIN &amp; STROMVERSORGUNG .....</b>	<b>13</b>
4.1	Potentielle Anwendungsfelder.....	13
4.2	Energiehandel .....	14
4.3	Netzmanagement .....	15
4.4	Dezentrale Erzeugung .....	16
<b>5</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNGEN .....</b>	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>FAZIT UND AUSBLICK.....</b>	<b>19</b>
<b>A</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>20</b>
<b>B</b>	<b>QUELLENVERZEICHNIS.....</b>	<b>21</b>
<b>C</b>	<b>WEITERE LITERATUR .....</b>	<b>23</b>

# 1 SUMMARY

Der Ausbau der herkömmlichen Stromnetze zu intelligent gesteuerten Netzen, sogenannte „Smart Grids“ ist in vollem Gange. Der Begriff „Smart Grid“ steht für intelligente Stromnetze, die mittels Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) das Stromangebot aus dezentraler Produktion (Stichwort: Erneuerbare Energie) mit der Nachfrage abgleichen und die Stabilität der Energieversorgung sicherstellen. Bisher sind die Vertriebsstrukturen von der Dezentralisierung der Stromproduktion unberührt geblieben. Stromkonsumenten und „Prosumer“ haben – Stand heute – nur eingeschränkte Möglichkeiten, direkt eine Geschäftsbeziehung einzugehen. Hinzu kommt, dass private Stromkunden und kleine Gewerbebetriebe die finanzielle Hauptlast des Netzausbaus tragen, obwohl sie zum Großteil Strom aus lokaler Erzeugung nutzen.

Die Blockchain Technologie hat nun das Potential, Transaktionen zwischen Produzent und Konsument abzubilden. Die Blockchain eröffnet die Möglichkeit, zu relativ geringen Kosten Transaktionen zu verifizieren und zeitgleich die finanzielle Abwicklung durchzuführen. Es wird bereits an Lösungen gearbeitet, erneuerbare Energie lokal in der Nachbarschaft des Erzeugers mittels „Smart Contracts“ zu verkaufen, die Computer handeln Lieferung und Bezug der Energie aus. Die Ausführung von „Smart Contracts“ über die Blockchain ermöglicht es, Stromkauf bzw. Stromverkauf automatisiert und nachvollziehbar abzubilden. Neben der Nutzung für Energieliefertransaktionen lässt sich die Blockchain Technologie als Grundlage für den Ables- und Abrechnungsprozesse einsetzen.

Die Anwendung von Blockchain Technologie bietet also die Möglichkeit, regional erzeugten Strom zu kaufen bzw. den eigenen Überschuss direkt zu vermarkten. Damit wird die Stellung des Prosumers verbessert. Die vereinfachte Vermarktungsmöglichkeit für dezentrale Energieerzeuger kann zu einem weiteren Ausbau der dezentralen Produktion erneuerbarer Energie führen. Der zukünftige Einsatz der Blockchain Technologie wird den Trend zu mehr Dezentralität weiter beschleunigen.

Blockchain Technologie könnte zudem eine Rolle in der Netzsteuerung wahrnehmen, indem „Smart Contracts“ dem System signalisieren, welche Transaktionen zu welchem Zeitpunkt veranlasst werden sollen. Die Blockchain ermöglicht die Dokumentation aller Energieflüsse und erlaubt den Aufbau eines dezentral gesteuerten Transaktions- und Energieliefersystem. Der Einsatz der Blockchain Technologie bietet damit interessante Lösungsansätze für die bessere Integration der dezentralen Produktion im Smart Grid; kostspielige Anpassungen der Netzinfrastruktur lassen sich so ggf. vermeiden. Der Ausbau der erneuerbaren Energien und die Digitalisierung der Stromversorgung stehen in einem direkten Zusammenhang und stimulieren sich gegenseitig.

## 2 EINLEITUNG

### 2.1 PROBLEMSTELLUNG

Die Beziehung zwischen Energieproduzenten, Stromversorger, Netzbetreiber und Verbraucher verändert sich. Verbraucher können gleichzeitig Erzeuger sein: sogenannte „Prosumer“ produzieren zum Beispiel mit einer eigenen Photovoltaik-Anlage Strom. Die Leistungserbringung durch den lokalen Produzenten ist dezentral, die Transaktion sowie Bezahlung erfolgt aber immer noch zentral; die dezentral erzeugte Energie wird in das zentral gesteuerte Energiesystem eingespeist, die Vertriebsstrukturen sind bisher von dieser Dezentralisierung der Stromproduktion unberührt geblieben. Stromkonsumenten und „Prosumer“ haben – Stand heute – nur eingeschränkte Möglichkeiten, direkt eine Geschäftsbeziehung einzugehen.

Die fortschreitende Digitalisierung unserer Gesellschaft erfasst die Energiebranche. Der verstärkte Einsatz von Informationstechnologie (IT) eröffnet neue Möglichkeiten, Angebot und Nachfrage abzugleichen. Der Einsatz von Smart Meter Systemen (intelligente Stromzähler und Messsysteme) führt zu mehr Transparenz und Flexibilität und die Blockchain Technologie kann die Transaktion zwischen Produzent und Konsument abbilden.

Die Blockchain Technologie ermöglicht direkte Vertragsbeziehungen zwischen Energieverbraucher und Energieerzeuger. Verbraucher, die beispielsweise private Photovoltaik Anlagen betreiben, könnten den Strom an ihre Nachbarn verkaufen. Die Blockchain Technologie und der Einsatz von intelligenten Verträgen ermöglicht dezentrale Transaktionsmodelle und bietet damit neue Möglichkeiten im Stromhandel. Damit stellt sich unter anderem die Frage, ob die Blockchain Technologie als Wegbereiter („Enabler“) oder Treiber einer weiteren Dezentralisierung der Stromversorgung bezeichnet werden kann. Und: Werden die Stromversorger (EVUs, Stadtwerke, usw.) in Zukunft überhaupt noch benötigt, wenn Erzeuger und Verbraucher ihre Geschäfte direkt und dezentral abwickeln?

### 2.2 ZIELSETZUNG UND AUFBAU

Diese Arbeit führt in die Grundlagen der Blockchain Technologie ein und betrachtet die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten im Energiesektor. Das Kapitel 3.1 Blockchain zeigt, wie Datenblöcke eine Datenkette bilden. Grundlage dazu bildet ein dezentrales Transaktionsmodell. Im Kapitel 3.3 Smart Contracts wird der Unterschied zwischen traditionellen und intelligenten Verträgen dargestellt. Im Kapitel 4 erfolgt ein Blick auf die drei Anwendungsfelder Energiehandel, Netzmanagement und Dezentrale Erzeugung. Im Kapitel 5 „Schlussfolgerungen“ werden die Erkenntnisse zusammengefasst. Das Kapitel 6 „Fazit und Ausblick“ rundet die Arbeit ab.

## 2.3 ABGRENZUNG

Diese Arbeit zeigt Anwendungsmöglichkeiten der Blockchain Technologie in der Stromversorgung auf; dabei werden die Anwendungsfelder Peer-to-Peer Handel bzw. Energiehandel, Netzmanagement und der mögliche Einfluss auf die dezentrale Erzeugung speziell betrachtet. Die Anwendung von Blockchain Technologie im Bereich der Wärmeversorgung sind nicht Gegenstand der Arbeit.

Diese Zertifikatsarbeit vermittelt keine technischen Details von Blockchain (z.B. wie genau diese langen Ketten von Datenblöcken gebildet werden, wie die Übermittlung auf viele Computer und die Verschlüsselung technisch funktioniert). Die verschiedenen Varianten der Validierungsprozesse, die Mechanismen der Konsensfindung und das Mining werden nicht im Detail erläutert. Das würde den für diese Arbeit gesteckten Rahmen überschreiten.

Bereits existierende Anwendungen von Blockchain im FinTech Umfeld, die Möglichkeit eines alternativen Währungssystems (Stichwort "Bitcoins") werden nicht betrachtet.

# 3 GRUNDLAGEN

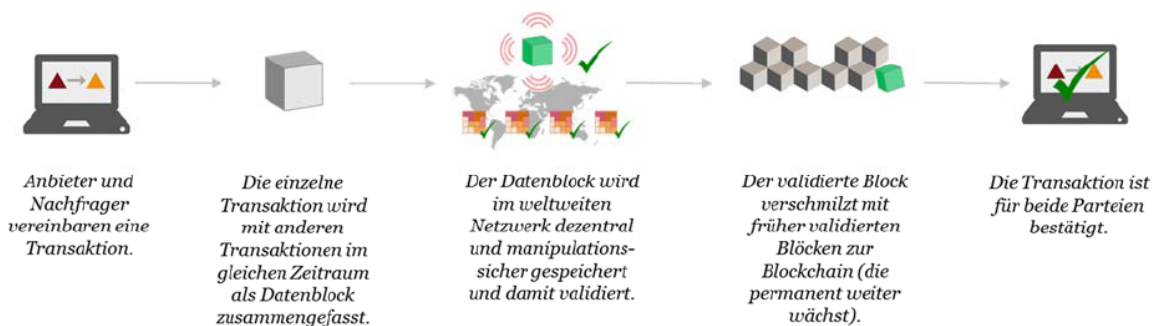
## 3.1 BLOCKCHAIN

Blockchain ist eine dezentral verteilte Datenbank, wobei eine Blockchain aus einer Reihe von Datensätzen besteht. Daten, die in einer Blockchain gespeichert sind, können nicht mehr geändert oder entfernt werden. Mittels dieser Peer-to-Peer Technologie lassen sich geschäftliche Transaktionen realisieren, d.h. die Details der Transaktion werden als Datenblock verschlüsselt auf vielen einzelnen Computern manipulationssicher gespeichert.

In Abbildung 1 wird die Speicherung und Validierung eines neuen Blocks dargestellt. Eine Blockchain besteht also aus einer Reihe von Datenblöcken, in denen jeweils eine oder mehrere Transaktionen zusammengefasst sind, daher der Name „Block Kette“.

Abbildung 1: Funktionsweise Blockchain

### Wie funktioniert die Blockchain?



Quelle: PWC 2016b, S. 4

Die Blöcke erzeugen eine lückenlose Historie aller Transaktionen. Anhand von Prüfsummen in den Blöcken erfolgt eine Kontrolle, diese Prüfsumme wird „Hash“ genannt. Ein „Hash“ ist eine Serie von Buchstaben und Zahlen; verändert sich die im Block gespeicherte Information verändert sich auch der „Hash“.

Die Computer speichern die Transaktionen in laufend erweiterten Blöcken bzw. Datensätzen. Jeder neu entstandene Block ist mit einem vorhergehenden Block verknüpft. Eine Historie mit einer Prüfsumme des vorhergehenden Blockes ist ebenfalls im neuen Block enthalten und zur vollen Kontrolle ist die Prüfsumme der gesamten Blockchain in jedem Block enthalten.

„Unter einer Blockchain wird eine erweiterbare Liste von Datensätzen verstanden, deren Integrität (Sicherung gegen nachträgliche Manipulation) durch Speicherung der (kryptographischen) Prüfsumme, also eines Hashes, des vorangehenden Datensatzes im jeweils nachfolgenden gesichert ist (Wikipedia 2016).“



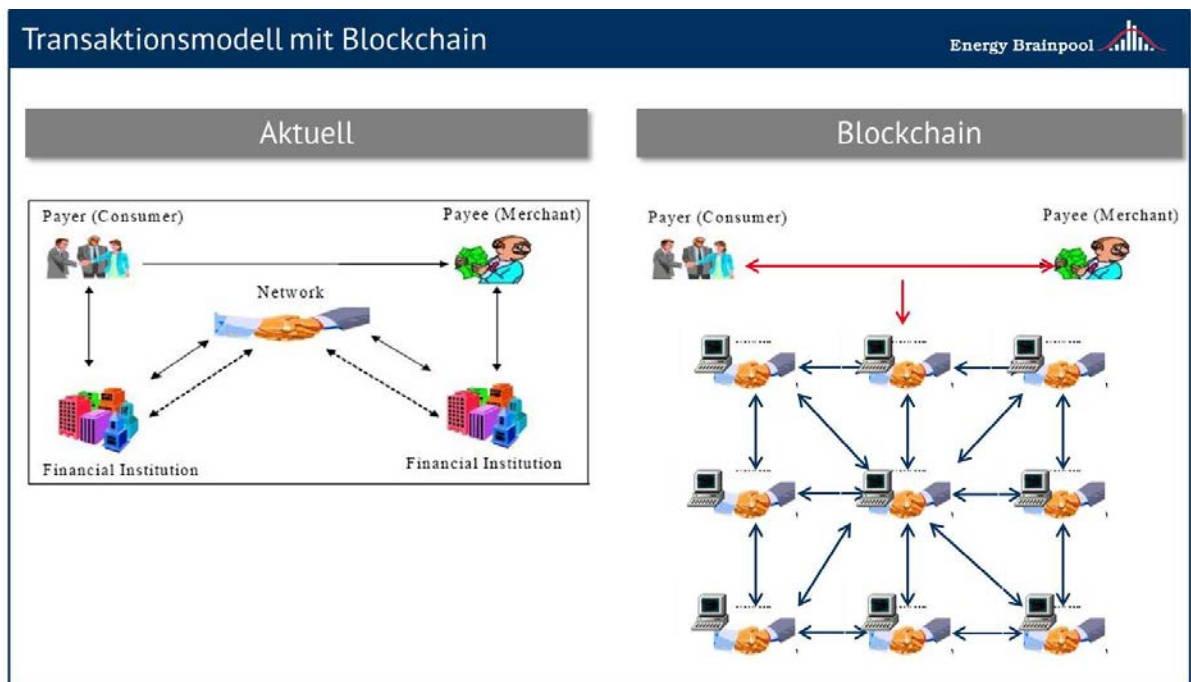
Die Computer der Netzwerkteilnehmer (auch „Nodes“ genannt) verifizieren und verteilen die Transaktionen in kurzen Intervallen. Ein weiteres Element der Blockchain Technologie ist der fortwährende Prüfungsprozess: das sogenannte Mining. „Jeder Block wird durch das Mining validiert, die darin enthaltene Information gespeichert. Die Validierung innerhalb eines Blocks erfolgt durch Algorithmen, die dem Block auf Basis aller in ihm gespeicherten Informationen einen einzigartigen Hash zuweisen“ (PwC 2016b, S. 6).

Fazit: jedes Element des Blockchain Netzwerkes verarbeitet jede Transaktion. Das einzelne Element ist für die Datenbank als Ganzes nicht entscheidend. Die Blockchain Technologie steht für das Vertrauen in die Maschine, weil sie öffentlich einsehbar ist und dezentral auf Tausenden oder sogar Millionen von Computern verarbeitet wird.

### 3.2 DEZENTRALES TRANSAKTIONSMODELL

Die Blockchain stellt ein digitales Transaktionsregister dar. Mit der Blockchain Technologie verschiebt sich das Transaktionsmodell von zentral zu dezentral. Die Transaktionen werden direkt Peer-to-Peer abgewickelt, ohne dass eine zentrale Institution involviert ist. Blockchain als vollständig dezentrales Modell kann massgeblichen Einfluss auf verschiedene Wirtschaftssektoren ausüben. Die Abbildung 2 zeigt die aktuelle Situation mit zentralen (Finanz-) Institutionen auf der linken Seite und die Entwicklung hin zu einem dezentralen Transaktionsmodell auf der rechten Seite der Illustration.

Abbildung 2 Transaktionsmodell mit Blockchain



Quelle: Energy Brainpool 2016

Die Blockchain-Technologie wurde erstmals im größeren Umfang für die Digitalwährung „Bitcoin“ genutzt. Die Nutzung dieser Technologie im Finanzsektor ist relativ weit fortgeschritten und es gibt bereits verschiedene funktionierende Blockchain Anwendungen. Die wichtigsten und weitreichendsten Blockchains basieren auf dem Bitcoin-Modell (Tapscott & Tapscott 2016, S. 23).

Blockchain kann aber als universelles Logbuch für Transaktionen aller Art bezeichnet werden und lässt sich daher in ganz verschiedenen Bereichen anwenden. „Blockchain ist ein System, das kraft seiner lückenlosen und nicht veränderbaren Historie Beweiskraft erlangt, um Eigentumsverhältnisse zu regeln“ (NZZ 2016a).

„The blockchain phenomenon is no longer just about bitcoin or cryptocurrency; it's about removing friction from any transaction-related process, including the process of reaching contractual agreements.“ (PwC 2016a).

Zusammenfassend lässt sich festhalten: Die Anwendungsbereiche der Blockchain Technologie sind vielfältig: sie kann zur Dokumentation von Eigentumsverhältnissen aber auch zur dezentralen Dokumentation und Verifizierung von Transaktionen verwendet werden. Die dezentrale Speicherung der Transaktionsdaten und die Unabhängigkeit von zentralen Instanzen erlaubt den Aufbau neuer dezentraler Geschäftsmodelle ohne Intermediäre.













### 3.3 SMART CONTRACTS

Der Begriff „Smart Contracts“ steht für die Abbildung von Regelwerken. Die Blockchain Technologie selbst legt ja keine Regeln fest, wenn aber die Erbringung von Leistungen an Bedingungen geknüpft werden, deren Erfüllung über die Blockchain verifiziert werden, dann spricht man von „Smart Contracts“. Bei diesen intelligenten Verträgen werden die Rechte der Vertragspartner sozusagen automatisch durchgesetzt. Die Smart Contracts enthalten z.B. Vorgaben über Mengen und Preise und ermöglichen damit das autonome Zusammenfinden dezentraler Anbieter und Konsumenten.

„So what makes smart contracts so innovative? Well, the simple answer is that smart contracts are not very different from traditional contracts, except that they are coded and digitally recorded on the blockchain. And this last quality gives smart contracts a host of significant advantages over traditional contracts — smart contracts are trustless, autonomous, and self-sufficient“ (Bloomberg Law 2015).

Die Vorteile von „Smart Contracts“ gegenüber „Traditional Contracts“ liegen auf der Hand: die Ausführung von Transaktionen erfolgt automatisch und sicher, manuelle Arbeitsschritte entfallen, die Kosten der Transaktion sinken. „Smart Contracts“ in Verbindung mit öffentlichen Blockchains können die Vermittlung von Gütern oder Dienstleistungen revolutionieren. „Smart Contracts“ haben daher „(...) das Potential, einen Quantensprung bei dezentralen Transaktions- und Geschäftsmodellen auszulösen“ (PwC 2016b).

Abbildung 3: „Traditional contracts“ und „Smart contracts“

<i>Traditional contracts</i>	<i>Smart contracts</i>
 1-3 Days	 Minutes
 Manual remittance	 Automatic remittance
 Escrow necessary	 Escrow may not be necessary
 Expensive	 Fraction of the cost
 Physical presence (wet signature)	 Virtual presence (digital signature)
 Lawyers necessary	 Lawyers may not be necessary

Quelle: PWC (2016a)

Abbildung 3 gibt einen Überblick über die Vorteile der intelligenten Verträge. „Smart Contracts“ können daher in naher Zukunft zu grossen Veränderungen im (Digital) Business führen.

“Blockchain ledger technology opens the door not only to decentralized transactions, but also to smart (that is, automated and computable) transactions and smart (computable and self-executing) contracts that can take advantage of smart transactions” (PwC 2016a)

Intelligente Verträge treffen Entscheidungen autonom; sobald die Bedingungen der im Vertrag hinterlegten Regelwerkes erfüllt sind, wird die Transaktion durchgeführt. Die digitalen Verträge können auch das Erreichen von Teil-Zielen kontrollieren, der ganze Prozess läuft automatisiert ab. So lassen sich komplexe Abläufe per Blockchain ausführen und verifizieren.

Smart Contracts versprechen Effizienzgewinne und Unabhängigkeit von menschlicher Entscheidungsgewalt. Automatisiertes Auslösen von Transaktionen erlauben ein autonomes Zusammenfinden von Anbieter und Nachfrager. Die Transaktion wird fälschungssicher registriert. Jede Transaktion kann von jedem der an einer Blockchain beteiligten Rechner verifiziert werden.

Vorteile von Smart Contracts:

- alle Daten sind auf der Blockchain gespeichert
- die Daten sind dezentral gesichert und vollkommen transparent
- die Automatisierung von Transaktionen führt zu Effizienzgewinnen und Kostenvorteilen

Blockchain eignen sich also nicht nur für digitale Währungen und den Transfer von Geld. Als Plattform für Smart Contracts können Blockchains ihr volles Potential entfalten. Computerprogramme sind für die Durchsetzung der intelligenten Verträge verantwortlich. Das Vertrauen in eine zentrale Autorität wird vom Vertrauen in den Code abgelöst.

„(...) Transaktionskosten fallen an, um Vertrauen herzustellen. Was aber, wenn Vertrauen durch die Blockchain ersetzt wird (...)? Neben Märkten und Unternehmen könnten Blockchains als „dritter Weg“, als neue Institutionen funktionieren, die ökonomisches Handeln koordinieren“ (Hasberg 2016b).

Die Blockchain steht für das Vertrauen in die Maschine, weil sie öffentlich einsehbar ist und bereits als „Protokoll des Vertrauen“ bezeichnet wird. Verträge in Form von Software bieten eine Fülle neuer Möglichkeiten: zwei Parteien können eine Vereinbarung treffen und automatisch Bitcoins austauschen, wenn die Bedingungen der Vereinbarung erfüllt sind (Tapscott & Tapscott 2016, S. 141).

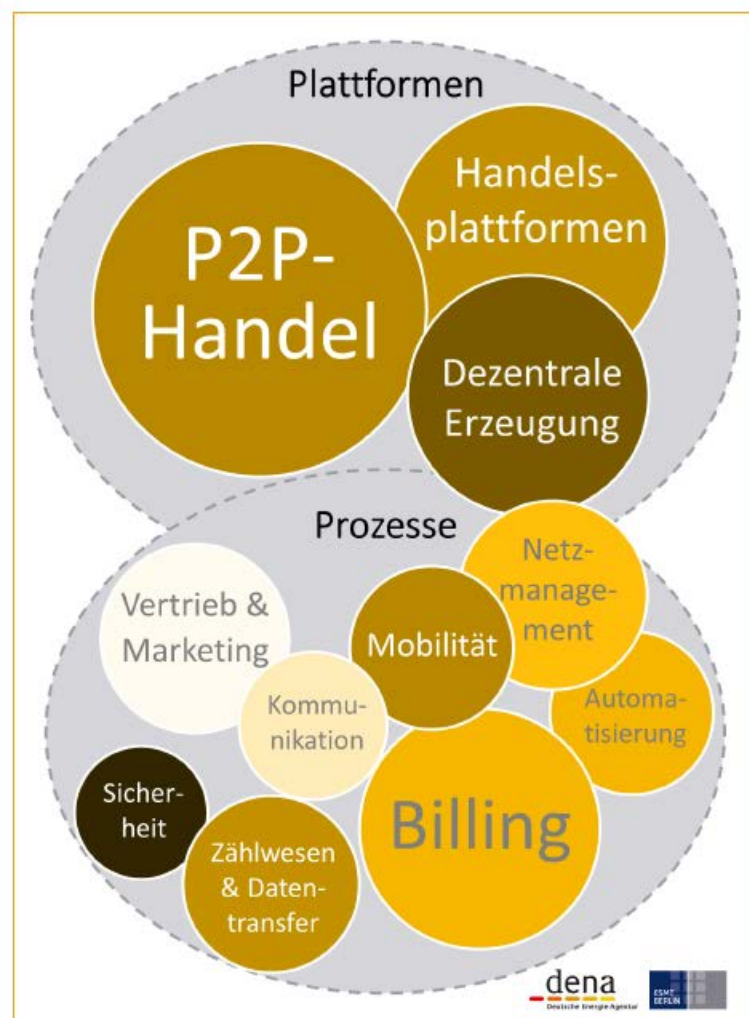
Halten wir fest: der schriftliche Vertrag stellt eine Möglichkeit dar, eine Verpflichtung festzuhalten. Die traditionellen Verträge dienen der Dokumentation der Vereinbarung. Die Blockchain Technologie schafft die Grundlage für intelligente Verträge, die auf Software basieren. Diese Smart Contracts bieten verschiedene Vorteile: so erfolgt die Ausführung von Transaktionen automatisch, manuelle Arbeitsschritte entfallen komplett und die Kosten der Transaktion sinken.

## 4 BLOCKCHAIN & STROMVERSORGUNG

### 4.1 POTENTIELLE ANWENDUNGSFELDER

Die Anwendungsbereiche der Blockchain Technologie sind vielfältig. Im Auftrag der Deutschen Energie Agentur wurden im Juli und August 2016 rund 70 Entscheidungsträger der Energiewirtschaft zu den Einsatzmöglichkeiten der Blockchain Technologie befragt. Die Befragten haben sich unter anderem auch zu konkreten Anwendungsfällen im Energiesektor geäußert und so halten die Autoren fest, dass „(...) die Teilnehmer der Studie das grösste disruptive Potential im Bereich Sicherheit sehen, gefolgt von dezentraler Erzeugung, P2P-Handel, Mobilität, Zählwesen, Datentransfer und Handelsplattformen“ (DENA 2016).

Abbildung 4: Anwendungsfelder im Energiesektor



Quelle: DENA 2016, S. 20

In der Abbildung 4: Anwendungsfelder im Energiesektor wurden die Antworten graphisch dargestellt. Die Antworten der Befragten wurden in die zwei Kategorien „Plattformen“ und „Prozesse“ eingeteilt, die Größe der Kreise entspricht der Anzahl Antworten, die Farbgebung widerspiegelt das Potential

(dunkle Farbe = „Game Changer“). Die Ergebnisse dieser Umfrage erheben keinen Anspruch auf Repräsentativität, aber sie zeigen auf, dass die Blockchain Technologie ein Potential für den Energiehandel (P2P Handel) sowie die dezentrale Erzeugung besitzt.

Die Anwendungsbereiche der Blockchain Technologie im Energiesektor sind vielfältig; das bestätigen auch die Autoren der PwC Studie: „Neben der Nutzung für Energieliefertransaktionen lässt sie sich als Grundlage für Ablese- und Abrechnungsprozesse sowie Clearing einsetzen. Auch bei der Dokumentation von Eigentumsverhältnissen, Anlagenzuständen (Asset Management), Herkunftsnachweisen, CO<sub>2</sub>- und Ökostromzertifikaten sind Einsatzmöglichkeiten denkbar“ (PwC 2016b, S. 2).

Fazit: Der Einsatz der Blockchain Technologie birgt ein disruptives Potential, weil sich die verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten kombinieren lassen. Die Blockchain eröffnet die Möglichkeit, zu relativ geringen Kosten Transaktionen zu verifizieren und zeitgleich die finanzielle Abwicklung durchzuführen.

## 4.2 ENERGIEHANDEL

Die Energie lokal in der Nachbarschaft des Erzeugers mittels Smart Contracts zu vermarkten ist ein spannender Anwendungsfall für Blockchain Technologie. Der Kaufvorgang wird nicht über eine zentrale Plattform abgewickelt, sondern durch die Rechner des Netzwerkes. Die Blockchain Technologie bringt private Stromerzeuger und private Verbraucher zusammen und ermöglicht dem Prosumer, seinen Überschuss direkt ohne Intermediär zu verkaufen.

Die Abwicklung zwischen den Vertragsparteien erfolgt direkt über das Peer-to-Peer Netzwerk, die mit Smart Contracts versehene Computer handeln Lieferung / Bezug der Energie automatisch aus. Vereinfacht gesagt wird zwischen Stromverbraucher und Stromerzeuger ein intelligenter Vertrag geschlossen, der automatisch ausgeführt wird, wenn alle vereinbarten Bedingungen erfüllt sind. Viele Funktionen, die bisher der Energieversorger als dritte Partei übernimmt, erfolgen dabei über die Blockchain.

Ein weiterer Vorteil dieser dezentralen Transaktionen liegt in der klaren Zuordnung des eingespeisten Stroms in kleine Zeiteinheiten. „Es handelt sich hier um eine hochpräzise Verrechnung produzierten und verbrauchten Stroms zu variablen Preisen“ (PwC 2016b, S.30).

„Blockchains haben den Vorteil, dass man die Transaktionen sieht. Wenn du etwas verbrauchst, siehst du in der Blockchain eine Transaktion. Wenn du eine Transaktion im Strommarkt anschaust, siehst du, dass es nur die Berechtigung ist, an zwei Stromzählern zeitgleich zu drehen, am Einspeise- und am Entnahmezähler.“ (BitcoinBlog 2016).

Die Blockchain ermöglicht damit die Dokumentation aller Energieflüsse und erlaubt den Aufbau eines dezentral gesteuerten Transaktions- und Energieliefersystems. So können auch geringe Energiemengen gehandelt werden. Die bekanntesten Beispiele (Stand November 2016) für den Aus-

tausch von Energie zwischen dezentralen Produzenten und Verbrauchern sind das Brooklyn Microgrid in den USA und Power Ledger in Australien. Es ist ein verteiltes Peer-to-Peer Netzwerkmodell mit intelligenten Verträgen und anderen Steuerungsmechanismen (Tapscott & Tapscott, S.197).

„Haushalte könnten sich mithilfe der Blockchain ihren Strom nach Lust und Laune, Preis und Präferenz von unterschiedlichen Erzeugern besorgen - ein paar Wattstunden hier, ein paar Wattstunden da. (...) Die Preise und andere vertragliche Vereinbarungen hinterlegen die Parteien in der Blockchain, die Geschäfte werden automatisch ausgeführt. Stromzähler erfassen den Energiefluss und übertragen die Daten per Funk oder Internet an den Blockchain-Rechner. (Süddeutsche Zeitung 2016)

Die Blockchain Technologie ermöglicht Energie direkt zu kaufen oder zu verkaufen. Dadurch kann die Bedeutung und die Rolle der Energieversorger eingeschränkt werden. Dank der direkten Transaktion zwischen Stromanbieter und Stromverbraucher ist auch eine präzise Bestimmung der Strom Herkunft möglich. Für die Stromversorger ist es teilweise schwierig, mit diesen neuen Möglichkeiten umzugehen. „Manche versuchen noch, die Bürger-Stromproduzenten zu stoppen oder ihnen den Zugang zum Stromnetz zu verweigern“ (Tages-Anzeiger 2016). Andererseits wollen die Energiekonzerne diese neue Technologie auch nutzen oder zumindest verstehen, womit sie es zu tun haben. Die Unternehmen sind auf der Suche nach neuen, digitalen Geschäftsmodellen und prüfen daher, ob sie für die Nutzung von (privaten) Blockchains Gebühren erheben könnten.

### **4.3 NETZMANAGEMENT**

Die Dezentralisierung und Individualisierung der Stromerzeugung führt zu neuen Herausforderungen. Neben einem konventionellen Ausbau der Elektrizitätsnetze steht die Erstellung von einem „Smart Grid“, also einem intelligenten Netz, als Lösungsmöglichkeit für erforderliche Anpassungen und die bessere Integrierbarkeit der dezentralen Produktion im Vordergrund. Unter dem Oberbegriff „Smart Grid“ (Intelligentes Stromnetz) werden verschiedene Ansätze und Technologien verstanden, es geht von „systemweiten Anwendungen über den gezielten regionalen oder lokalen Einsatz zur Behebung von Netzengpässen bis hin zu kundenseitigen Anwendungen im Bereich der Zähltechnik und Gebäudeautomatisierung“ (BFE 2013).

Das „Smart Grid“ soll den „Gegenverkehr im Stromnetz“ bewältigen und dafür sorgen, dass die negativen Auswirkungen auf die Verteilnetze durch die Umkehrung des Energieflusses minimiert wird. Der Ausbau der unteren Verteilnetz Ebene wird in erster Linie wegen der dezentralen Stromproduktion nötig (NZZ 2016). In der Praxis müssen wohl auf verschiedenen Ebenen Massnahmen ergriffen werden, um Stromunterbrüche zu verhindern und die Versorgungssicherheit zu garantieren. Die aktuelle PwC Studie vom Sommer 2016 kommt zum Schluss, dass die Blockchain Technologie in Zukunft durchaus eine wichtige Rolle im Stromnetz wahrnehmen könnte:

„Die Blockchain-Technologie ermöglicht die Steuerung von Energienetzen durch Smart Contracts. Smart Contracts signalisieren dem System, welche Transaktionen zu welchem

Zeitpunkt veranlasst werden sollen. Das geschieht entsprechend fest definierter Regeln, nach denen Energieflüsse und Speicherung automatisch gesteuert werden können, sodass Angebot und Nachfrage ausgeglichen werden. (...) Die Blockchain-Technologie hat somit einen direkten Einfluss auf die Steuerung von Netzen und Speicheranlagen. Auch der Regenergiemarkt und virtuelle Kraftwerke können mithilfe von Smart Contracts gesteuert werden. (PwC 2016b, S. 17).

Blockchain Technologie macht es möglich, geringe Energiemengen zu handeln - ein großer Vorteil in einem System, das nicht mehr von wenigen Großkraftwerken, sondern von unzähligen dezentralen Anlagen mit wetterabhängig stark schwankender Leistung dominiert wird (Süddeutsche Zeitung 2016). Dezentraler Stromhandel von Maschine zu Maschine, Smart Meter messen erzeugte und verbrauchte Energie und alles wird automatisch über Smart Contracts gesteuert; dies könnte ein Zukunftsszenario auf Basis von Blockchain sein.

## 4.4 DEZENTRALE ERZEUGUNG

Das heute mehrstufige System von Stromerzeuger, Netzbetreiber und Energieversorgungsunternehmen lässt sich durch den Einsatz von Blockchain vereinfachen: (dezentrale) Erzeuger setzen sich direkt mit (dezentralen) Verbrauchern in Verbindung, die Transaktionsdaten werden dezentral verarbeitet und in der Blockchain gespeichert. Der Netzbetrieb ist nach wie vor notwendig, aber die Rolle der Intermediäre wird (zumindest teilweise) überflüssig.

„Die Netzbetreiber haben (...) eine neutrale Stellung. Der Netzbetrieb wird nicht überflüssig, die Parteien nutzen das System nur anders. Der physische Stromfluss ist auch heute schon unabhängig davon, wie Transaktionen abgerechnet werden“ (Neue Energie 2016).

Die geringen Transaktionskosten und die (relativ) einfache Abrechnung erlaubt es auch einem kleinen Stromanbieter im Markt als Anbieter zu agieren. Die Anwendung von Blockchain Technologie bietet also die Möglichkeit, regional erzeugten Strom zu kaufen bzw. den eigenen Überschuss direkt zu vermarkten. Die Stellung des Prosumers wird damit verbessert.

„Die vereinfachten Vermarktungsmöglichkeiten für dezentrale Energieerzeuger würden zu einem weiteren Ausbau erneuerbaren Energien führen. (...) Dezentrale Erzeugung kann wirtschaftliche Impulse (...) setzen“ (PwC 2016b, S. 35).

Hinzu kommt, dass diese neuen Vermarktungsmöglichkeiten einem Kundenbedürfnis entsprechen, so das Fazit einer aktuellen Umfrage. Die Erzeuger möchten den Überschuss Strom gerne an die Nachbarn verkaufen und die Endkunden wünschen sich, regional produzierten Strom zu beziehen (Denkzentrale Energie 2016). Auf Basis von Peer-to-Peer Modellen lassen sich neue Modelle der Stromerzeugung und Stromverteilung entwickeln. „Vor Ort erzeugte und verbrauchte Energie ist deutlich effizienter als das öffentliche Versorgungsmodell, das darauf beruht, das Strom über grosse



Entfernung übertragen werden muss und Energie auf der Strecke bleibt“ (Tapscott & Tapscott 2016, S. 198).

Der Zusammenschluss von Bürgern zu einem lokalen oder regionalen Stromanbieter wäre ein weiteres Szenario, wo sich die Nutzung der Blockchain anbietet. Die verschiedenen Stromkunden könnten einen Betrag einzahlen, der aber streng zweckgebunden ist. Die Zweckbindung regelt der Programm-Code der Smart Contracts (Zoerner 2016b). Die Sicherheit und die vollständige Transparenz über alle Transaktionen schafft Vertrauen und ermöglicht damit auch Transaktionen mit anonymen Partnern. Damit können neue, lokale Stromanbieter geschaffen werden, die ohne die übliche Intermediäre auskommen.

Der Verbraucher muss nicht mehr den Umweg über den zentralen Stromversorger machen, sondern bekommt den Strom direkt vom Nachbar geliefert. Unter dem Strich werden Kostensenkungen für den Verbraucher erwartet, schliesslich fallen Personal- und Sachkosten der Intermediäre weg und der Zahlungsverkehr wird direkt über die Blockchain abgewickelt.

„Anwohner können sich auf die Regeln für den Echtzeit-Mikronetz-Markt einigen wie tageszeitbezogene Abrechnung, Preisunter- oder –obergrenzen, Priorität für den nächsten Nachbarn oder andere Parameter, um den Preis zu optimieren und Verluste zu minimieren. (...) Durch die vermehrte Erzeugung erneuerbarer Energie auf kommunaler Ebene stellt das Internet der Dinge das Modell der regulierten Versorgung in Frage – und dafür ist es höchste Zeit“ (Tapscott & Tapscott 2016, S. 198).

Die vereinfachte Vermarktungsmöglichkeit für dezentrale Energieerzeuger kann zu einem weiteren Ausbau der dezentralen Produktion erneuerbarer Energie führen. Das autonome Zusammenfinden von Anbieter und Nachfrager führt zu einer optimalen Auslastung der Energieerzeugungskapazitäten. Die Stellung des Prosumers wird verbessert und „(...) Blockchain kann für private Haushalte zu enormen Kosteneinsparungen und zu einer neuen Souveränität führen. Möglich ist eine Emanzipation von den Energieversorgern, deren finanzieller Effekt mit dem der Einführung des Online-Handels vergleichbar sein dürfte. (...) Die Blockchain Technologie kann den Trend zu mehr Dezentralität anfeuern“ (Energie & Management 2016).

## 5 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Blockchain stellt ein dezentrales, digitales Transaktionsregister dar. Die dezentrale Speicherung der Transaktionsdaten und die Unabhängigkeit von zentralen Instanzen erlaubt den Aufbau neuer dezentraler Geschäftsmodelle ohne Intermediäre. Die Blockchain eignet sich also nicht nur für neue, digitale Währungen – nein – die Blockchain Technologie schafft die Grundlage für intelligente Verträge, die auf Software basieren. Diese „Smart Contracts“ bieten verschiedene Vorteile: die Ausführung von Transaktionen erfolgt automatisch, manuelle Arbeitsschritte entfallen komplett und die Kosten der Transaktion sinken.

Die Blockchain Technologie bietet die Möglichkeit, Transaktionen zwischen Stromproduzent und Stromverbraucher abzubilden. Der Einsatz von Blockchain Technologie ermöglicht es, geringe Energiemengen zu handeln. Die Anwendung von Blockchain Technologie bietet also die Möglichkeit, regional erzeugten Strom zu kaufen bzw. den eigenen Überschuss direkt zu vermarkten. Dank der direkten Transaktion zwischen Stromanbieter und Stromverbraucher ist eine präzise Bestimmung der Stromherkunft möglich. Damit wird die Stellung des Prosumers verbessert. Die vereinfachte Vermarktungsmöglichkeit für dezentrale Energieerzeuger entspricht einem Bedürfnis und der Einsatz der Blockchain Technologie wird damit den Trend zu mehr Dezentralität weiter beschleunigen.

## 6 FAZIT UND AUSBLICK

Für die Blockchain Technologie in der Stromversorgung gibt es verschiedene Anwendungsmöglichkeiten; drei Anwendungsfelder wurden in dieser Arbeit etwas ausführlicher beschrieben:

### (A) Energiehandel

Die Blockchain Technologie bietet die Möglichkeit, regional erzeugten Strom zu kaufen bzw. den eigenen Überschuss direkt zu vermarkten. Der Verbraucher muss nicht mehr den Umweg über den zentralen Stromversorger machen, sondern bekommt den Strom direkt vom Nachbar geliefert.

### (B) Netzmanagement

Blockchain Technologie könnte eine Rolle in der Netzsteuerung wahrnehmen, indem „Smart Contracts“ dem System signalisieren, welche Transaktionen zu welchem Zeitpunkt veranlasst werden sollen. Systemdienstleistungen und die Nutzung von Speicher Kapazität könnten (zumindest teilweise) über „Smart Contracts“ gesteuert werden.

### (C) Dezentrale Erzeugung

Der Einsatz von Blockchain Technologie hat einen positiven Einfluss auf den Trend zur dezentralen Erzeugung. Die dezentrale Produktion lässt sich dank Blockchain Technologie besser in das Stromnetz integrieren. Die vereinfachte Vermarktungsmöglichkeit für dezentrale Energieerzeuger kann zu einem weiteren Ausbau der dezentralen Produktion erneuerbarer Energie führen.

Der Ausbau der erneuerbaren Energien und die Digitalisierung der Stromversorgung stehen in einem direkten Zusammenhang und stimulieren sich gegenseitig. Der Einsatz der Blockchaintechnologie bietet interessante Lösungsansätze für die bessere Integration der dezentralen Produktion im „Smart Grid“. Blockchain Technologie könnte ein (weiterer) Baustein im intelligenten Stromnetz darstellen und marktwirtschaftliche Mechanismen können helfen, den kostspieligen Netzausbau zu reduzieren bzw. zu optimieren.

Die Geschichte der Blockchain Entwicklung steht noch ganz am Anfang. Die damit verbundenen Kosten-, Effizienz-, Sicherheits- und Geschwindigkeitsvorteile sind heute noch gar nicht abschätzbar. Die Etablierung eines komplett dezentralen Energiesystems auf Basis von Blockchain Technologie mag heute als „futuristisch“ bezeichnet werden, aber eines scheint sicher: die Blockchain hat das Potential, die aktuellen Veränderungen in der Energiebranche weiter zu beschleunigen.

# A      **ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

ABBILDUNG 1: FUNKTIONSWEISE BLOCKCHAIN.....	8
ABBILDUNG 2 TRANSAKTIONSMODELL MIT BLOCKCHAIN.....	9
ABBILDUNG 3: „TRADITIONAL CONTRACTS“ UND „SMART CONTRACTS“ .....	11
ABBILDUNG 4: ANWENDUNGSFELDER IM ENERGIESEKTOR.....	13

## B QUELLENVERZEICHNIS

BitcoinBlog (2016). Grünstrom auf Blockchain. Interview mit Thorsten Zoerner. Blogpost vom 28.09.2016. Abgerufen am 06.11.16 von <https://bitcoinblog.de/2016/09/28/gruenstrom-auf-blockchain>

BFE (2013). Zustandsanalyse und Entwicklungsbedarf von Technologien für ein Schweizer Smart Grid. Bern, Schweiz. [http://www.bfe.admin.ch/smartgrids/index.html?lang=de&dossier\\_id=06011](http://www.bfe.admin.ch/smartgrids/index.html?lang=de&dossier_id=06011)

Bloomberg Law (2015, September 24). What is a Smart Contract. Beitrag von Joe Dewey. Abgerufen am 05.11.16 von <https://bol.bna.com/what-is-a-smart-contract>

DENA (Deutsche Energie-Agentur) (2016). Blockchain in der Energiewende. Eine Umfrage unter Führungskräften der deutschen Energiewirtschaft. Studie sowohl in Deutsch als auch in Englisch erhältlich, download unter: <https://www.dena.de/newsroom/meldungen/blockchain-energiewirtschaft-bereitet-sich-auf-neues-digitales-verfahren-fuer-transaktionen-vor>

Denkfabrik Energie (2016). Forum neue Energiewelt – Wie tickt der Prosumer? Vortrag von M. Lohr anlässlich Forum Neue Energiewelt vom 22. November 2016 in Berlin. Abgerufen am 24.11.2016 von <http://www.denkzentrale-energie.de/2016/11/13/spx-forum-dem-prosumer-eine-stimme-geben>

Energie & Management (2016, August 22). Revolution oder Rohrkrepierer. Welches Potenzial hat Blockchain, das heutige Energiesystem zu verändern? Abgerufen am 02.11.2016 von <https://www.energie-und-management.de/nachrichten/alle/detail/revolution-oder-rohrkrepierer-115536>

Energy Brainpool (2016, Oktober 13). Blockchain und ihr Potenzial in der Energiewirtschaft. Abgerufen am 05.11.2016 von <http://www.energybrainpool.com/news-details/datum/2016/10/13/blockchain-und-ihr-potenzial-in-der-energiewirtschaft.html>

Hasberg, K. (2016a) Der disruptive Prosumer auf der Blockchain. Gastbeitrag im Blog Neue Energiewelt. Abgerufen am 20.10.2016 von <http://blog.neue-energiewelt.de/2016/08/17/gastbeitrag-der-disruptive-prosumer-auf-der-blockchain>

Hasberg, K. (2016b). Die neue Ökonomie der Blockchain. Gastbeitrag im Blog Neue Energiewelt. Abgerufen am 22.10.2016 von <http://blog.neue-energiewelt.de/2016/09/29/gastbeitrag-die-neue-%C3%B6konomie-der-blockchain/>

Neue Energie (2016, September 01). Ein neues Geschäftsmodell für Anlagenbetreiber. Interview mit Kirsten Hasberg. Abgerufen am 20.10.2016 von <https://www.neueenergie.net/wirtschaft/markt/ein-neues-geschaeftsmodell-fuer-anlagenbetreiber>

NZZ (2016, Mai 05) Blockchain – der nächste Wohlstandsschock. Abgerufen am 03.11.16 von <http://www.nzz.ch/finanzen/private-finanzen/herausforderung-fuer-banken-und-den-staat-blockchain-der-naechste-wohlstandsschock-ld.17609>

NZZ (2016, Mai 10) Gegenverkehr im Stromnetz. Abgerufen am 03.11.16 von <http://www.nzz.ch/wirtschaft/wirtschaftspolitik/ausbau-der-erneuerbaren-erfordert-neue-infrastruktur-gegenverkehr-im-stromnetz-ld.27914>

PV-Magazine (2016, Oktober 24). Blockchain und die Energiewirtschaft. Interview mit Tobias Federico, Geschäftsführer von Energy Brainpool. Abgerufen am 06.11.16 von [http://www.pv-magazine.de/nachrichten/details/beitrag/blockchain-und-die-energiewirtschaft\\_100024701](http://www.pv-magazine.de/nachrichten/details/beitrag/blockchain-und-die-energiewirtschaft_100024701)

PWC (2016a) Blockchain and smart contract automation: How smart contracts automate digital business. Beitrag von Alan Morrison. Abgerufen am 05.11.16 von <http://www.pwc.com/us/en/technology-forecast/blockchain/digital-business.html>

PWC (2016b) Blockchain – Chance für den Energieverbraucher. Kurzstudie für die Verbraucherzentrale NRW, Düsseldorf. Abgerufen am 20.10.16 von <http://www.pwc.de/de/energiewirtschaft/revolutioniert-blockchain-den-energiesektor.html>

Süddeutsche Zeitung (2016, August 14). Wie Blockchain-Technik das Energiesystem revolutionieren kann. Abgerufen am 04.11.16 von <http://www.sueddeutsche.de/wissen/energie-wie-blockchain-technik-das-energiesystem-revolutionieren-kann-1.3117309>

Tages-Anzeiger (2016, September 10). Sonnenstrom für die Nachbarn. Seite 13 der gedruckten Ausgabe des Tages-Anzeiger vom Samstag 10.09.2016

Tapscott D. & Tapscott A. (2016). Die Blockchain Revolution. Wie die Technologie hinter Bitcoin nicht nur das Finanzsystem sondern die ganze Welt verändert. Kulmbach, Deutschland: Plassen Verlag.

Tapscott D. (2016). Blockchain Revolution. How the Technology Behind Bitcoin is Changing Money, Business and the World. <http://dontapscott.com/books/blockchain-revolution/>

Wikipedia (2016). Blockchain. Abgerufen am 04.11.16 von <https://de.wikipedia.org/wiki/Blockchain>

Zoerner T. (2016a) Einen Stromanbieter aus der Blockchain gründen – Strom DAO. Veröffentlicht im Blog „Stromhaltig“ am 18. Juni 2016 von Thorsten Zoerner. Abgerufen am 05.11.16 von <https://blog.stromhaltig.de/2016/06/einen-stromanbieter-aus-der-blockchain-gruenden-strom-dao>

Zoerner T. (2016b) Strom DAO – Einfach(er) erklärt. Veröffentlicht im Blog „Stromhaltig“ am 19. Juni 2016 von Thorsten Zoerner. Abgerufen am 05.11.16 von <https://blog.stromhaltig.de/2016/06/strom-dao-einfacher-erklart/>

## C WEITERE LITERATUR

- Burgwinkel D. (Hrsg.) (2016) Blockchain Technology: Einführung für Business- und IT Manager. München, Deutschland: DE GRUYTER OLDENBOURG
- ErwinEnergy (2016, November 04). What could an open peer to peer electricity market look like? Abgerufen am 19.11.16, von <https://erwinenergy.wordpress.com/2016/11/04/what-could-an-open-peer-to-peer-electricity-market-look-like>
- EVRY (2016). Whitepaper Blockchain – Powering the Internet of Value. News Meldung der EVRY NORGE SA. Abgerufen am 05.11.2016 von <https://www.evry.com/en/news/articles/banking-on-the-blockchain>  
Download PDF: <https://www.evry.com/globalassets/insight/bank2020/bank-2020---blockchain-powering-the-internet-of-value---whitepaper.pdf>
- Fiechter, O. & Löpfe, Ph. (2016). Aufstieg der digitalen Stammesgesellschaft. Zürich, Schweiz: Verlag Neue Züricher Zeitung (NZZ Libro)
- Frankfurter Allgemeine (2016, August 01) New York probt die Abschaffung der Energieversorger. Abgerufen am 04.11.2016 von <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/energiepolitik/new-york-probt-die-abschaffung-der-energieversorger-14367393.html>
- Gall T. et al. (2016). Unablässig am Puls der Zeit. Echtzeitdaten: das Kapital der Zukunft. VSE Bulletin 9/2016, S. 19 – 22. Download möglich unter <http://www.asgal.ch/dotnetnuke/Portals/0/Downloads/VSE%20Bulletin%20Echtzeitdaten%20201609.pdf>
- Intelligente Welt (2016) Blockchain – Programmirtes Vertrauen. Abgerufen am 19.11.16, von <http://intelligente-welt.de/blockchain-programmiertes-vertrauen>
- Mircogidmedia (2016). LO3 Energy Takes Blockchain Microgrid Energy Trading Platform Down Under. Abgerufen am 22.11.16, von <http://microgridmedia.com/lo3-energy-takes-blockchain-p2p-energy-trading-platform>
- Neef, A. (2016). Wie die Blockchain Wirtschaft und Gesellschaft verändern wird. Abgerufen am 01.11.2016. von <http://www.z-punkt.de/de/themen/artikel/blockchain/472>
- Remmers, K.H. (2016). Blockchain – das erste Stadtwerk startet Anwendung einer „echten“ Blockchain. Abgerufen am 02.11.2016 von <http://blog.neue-energiwelt.de/2016/10/11/blockchain-das-erste-stadtwerk-startet-anwendung-einer-echten-blockchain/>
- Tapscott D. (2016). Blockchain Revolution. How the Technology Behind Bitcoin is Changing Money, Business and the World. <http://dontapscott.com/books/blockchain-revolution>
- World Economic Forum (WEF) (2016). All you need to know about blockchain, explained simply. Abgerufen am 03.11.16 von <https://www.weforum.org/agenda/2016/06/blockchain-explained-simply/>
- Zoerner T. (2016). Blockchain und die Energiewelt – Das SmartMeter Orakel. Veröffentlicht im Blog „Stromhaltig“ am 1. Juni 2016 von Thorsten Zoerner. Abgerufen am 05.11.16 von <https://blog.stromhaltig.de/2016/06/blockchain-und-die-energiwelt-das-smartmeter-orakel>