

# BLOCKCHAIN ALS LÖSUNGSANSATZ FÜR DIE ZUKÜNFTIGE STROMVERSORGUNG?

**Eva Götz (\*), Alfons Haber, Sascha Hauke**

Hochschule Landshut, Am Lurzenhof 1, D-84036 Landshut, s-egoetz@haw-landshut.de,  
www.haw-landshut.de

Hochschule Landshut, Am Lurzenhof 1, D-84036 Landshut, www.haw-landshut.de,  
+49 (0)871 506 230, alfons.haber@haw-landshut.de,  
+49 (0)871 506 778, sascha.hauke@haw-landshut.de

**Kurzfassung:** Mit dem allgemein zunehmenden Interesse an der Blockchain stellt sich die Frage, welche Möglichkeiten diese Technologie für die Stromwirtschaft bietet und mit welchen Chancen und Risiken dies verbunden ist. Dazu werden zunächst die Funktionsweise und die Eigenschaften von Blockchains dargestellt. Darüber hinaus werden Beispiele für den Einsatz in ausgewählten Bereichen mit den damit verknüpften Chancen und Risiken erläutert. Des Weiteren werden für den Anwendungsfall eines Peer-to-Peer-Handels die Auswirkungen auf die Marktrollen und Prozesse dargelegt. Durch den Einsatz der Blockchain können Prozessschritte automatisiert und das Weiterleiten von Informationen vermieden werden. Zudem wird eine Vernetzung von vielen kleinen Erzeugungsanlagen, Verbrauchern und Akkumulatoren sowie Speichern ermöglicht, wodurch sich neue Anwendungsmöglichkeiten ergeben. Neben der energiewirtschaftlichen Umsetzung, welche durch entsprechende Änderungen ermöglicht werden kann, gilt es die Frage der technischen Realisierbarkeit weiterführend zu behandeln.

**Keywords:** Blockchain, Energiewirtschaft, zukünftige Stromversorgung, Peer-to-Peer, Stromhandel, Systemdienstleistungen, Abrechnung

## 1 Motivation und Zielsetzung

Nachdem die Blockchain seit einigen Jahren vor allem in der Finanzbranche für Aufsehen sorgt, beschäftigen sich nun auch andere Branchen immer intensiver mit ihr [1]. Sie stellt eine Technologie dar, der disruptives Potential zugeschrieben und die oftmals mit der Erfindung des Internets gleichgesetzt wird [2]. Gerade in der Energiewirtschaft wird Hoffnung in die Blockchain gesetzt. Insbesondere durch die Veränderung und zunehmende Heterogenität der Erzeugungs- und Laststruktur im letzten Jahrzehnt steigt zunehmend die Komplexität in der Stromwirtschaft. Einerseits gilt es dabei die unterschiedlichen Marktakteure im Stromnetz so abzustimmen, dass eine sichere Stromversorgung gewährleistet ist und andererseits müssen die mit der physikalischen Stromversorgung verbundenen Marktprozesse und die Marktkommunikation abgewickelt werden. Der Einsatz der Blockchain verspricht nun beispielsweise Vorgänge zu vereinfachen und zu automatisieren, wodurch unter anderem Einsparungen und eine erhöhte Datensicherheit erreicht werden können [3]. Nicht zuletzt können mit der Blockchain neue Geschäftsmodelle ermöglicht werden, womit beispielsweise Strom aus Erneuerbaren Energien zukünftig ohne staatliche Förderung wirtschaftlich erzeugt

und vermarktet werden kann. Aber ist die Blockchain tatsächlich ein realistischer Lösungsansatz für die zukünftige Stromversorgung oder handelt es sich lediglich um einen Hype, hinter dem unrealistische Erwartungen stecken?

Ziel dieser Publikation ist es, sowohl die Einsatzmöglichkeiten in der Stromwirtschaft als auch potentielle Auswirkungen der Blockchain aufzuzeigen. In diesem Zusammenhang sollen auch die Chancen und Risiken, die mit dem Einsatz dieser Technologie verbunden sind, erörtert werden. Die Ausführungen dazu beziehen sich beispiel- und modellhaft auf die zukünftige Stromversorgung.

## 2 Methodik und Vorgehensweise

Basierend auf bisherigen Ansätzen der Blockchain-Technologie wird zunächst allgemein die Funktionsweise mit dem Aufbau eines Blockchain-Netzwerks und dessen Weiterentwicklungen erläutert sowie die Eigenschaften verschiedener Typen von Blockchains im Überblick gegenübergestellt. Darauf aufbauend und unter Einbezug aktueller Blockchain-Projekte mit Bezug zur Energiewirtschaft wird eine Auswahl möglicher Einsatzbereiche in der Stromwirtschaft betrachtet. Dazu gehören auszugsweise folgende Bereiche:

- Stromhandel
- Systemdienstleistungen
- Abrechnung

Vertiefend dazu wird ein Modell für die Umsetzung eines Peer-to-Peer-Handels aufgestellt und die verschiedenen Marktrollen definiert. Die sich daraus ergebenden Änderungen der einzelnen Marktrollen und ausgewählte Prozesse sowie Mechanismen werden aufgezeigt. Dabei wird unterstellt, dass die rechtliche und regulatorische Zulässigkeit des Einsatzes gegeben ist und die Blockchain als neue IT-Infrastruktur mit der dazugehörigen Software und Hardware genutzt werden kann, siehe [4].

## 3 Definition Blockchain

Mit dem Begriff Blockchain wird im Allgemeinen ein technisches Konzept beschrieben, welches eine verteilte Netzwerkstruktur beinhaltet. Charakteristisch für diese verteilte Struktur ist ein durch das Netzwerk hergestellter Konsensmechanismus. Mit einem Blockchain-Einsatz kann im Wesentlichen der Nachweis der Integrität von Daten, die Registrierung und Beurkundung von Sachverhalten sowie die Abwicklung von Transaktionen erbracht werden [2].

Für die Umsetzung einer Blockchain gibt es bereits heute zahlreiche Gestaltungsmöglichkeiten, wie die Grundformen einer öffentlichen oder privaten Blockchain (siehe Abbildung 1), welche unterschiedliche Eigenschaften aufweisen. Darüber hinaus sind Weiterentwicklungen, wie Smart Contracts (Programmcode der beim Vorliegen eines Trigger-Events automatisiert ausgeführt wird) und dezentrale Anwendungen (dApp) von großer Bedeutung.

	Öffentliche Blockchain	Private Blockchain
<b>Identität der Teilnehmer</b>	anonym	bekannt
<b>Zugang</b>	offen (permissionless)	autorisiert (permissioned)
<b>Lesen</b>	jeder	nicht zwingend jeder alles
<b>Schreiben</b>	jeder	jeder
<b>Validieren</b>	jeder	meist bestimmte Teilnehmer
<b>Geschwindigkeit</b>	langsam	schneller
<b>Assets</b>	on-chain Assets	alle Assets möglich

Abbildung 1: Vergleich von öffentlicher und privater Blockchain (in Anlehnung an [5], [6])

Aufgrund verschiedener Eigenschaften, wie ein höherer Datenschutz durch die Autorisierung der Teilnehmer und einer schnelleren, weniger aufwendigeren Validierung der Transaktionen ist eine private Blockchain für den Einsatz in der Stromwirtschaft grundsätzlich zu bevorzugen. Deshalb wird in der folgenden Betrachtung stets eine private Blockchain angenommen, in deren Netzwerk prinzipiell folgende Teilnehmer eingebunden sind:

- Plattformbetreiber
- Aktive Teilnehmer (abhängig vom konkreten Anwendungsfall)
- Vertrauensteilnehmer (Beteiligung an Validierung)

## 4 Ausgewählte Einsatzbereiche

Grundsätzlich ist ein Einsatz der Blockchain-Technologie in vielen Bereichen der Stromwirtschaft denkbar. Der Fokus liegt dabei auf der Abwicklung von Transaktionen und Smart Contracts. Darüber hinaus kann die Blockchain beim Informationsaustausch und der Dokumentation von Sachverhalten bzw. Eigentumsverhältnissen Anwendung finden. Nachfolgend werden dazu exemplarisch für die Bereiche Stromhandel, Systemdienstleistungen und Abrechnung die Chancen und Risiken aufgezeigt.

### 4.1 Stromhandel

Im Bereich des Stromhandels kann die Blockchain sowohl im klassischen Stromhandel (Großhandel) als auch im dezentralen Peer-to-Peer-Handel eingesetzt werden. Durch den Einsatz der Blockchain können verschiedene Prozessschritte, wie die Ausführung von Handelstransaktionen und die Verrechnung automatisiert werden. Unabhängig davon, ob es sich um einen kontinuierlichen Handel oder eine Auktion handelt, können durch die Blockchain bei übereinstimmenden Geboten die zugehörige Transaktion automatisiert ausgeführt werden. Dadurch kann zugleich der finanzielle Ausgleich mit abgewickelt werden. Besonders von Vorteil ist eine Automatisierung der Verrechnung bei Terminmarktprodukte, welche nicht mehr von den Clearingstellen durchgeführt werden muss, wodurch die Transaktionskosten gesenkt und zugleich die Verrechnungsintervalle verkürzt werden können. Darüber hinaus besteht die Chance, Verbraucher und Erzeugungsanlagen zu vernetzen. Durch diese Vernetzung können die eingebundenen Teilnehmer direkt untereinander Strom handeln, ohne

dass es eines Händlers o. Ä. bedarf. Dies wird unterstützt durch die Gegebenheit, dass die Transaktionen in der Blockchain gespeichert werden, wodurch die einzelnen Handelstransaktionen nachvollziehbar sind und zusätzlich durch die Verkettung eine hohe Integrität sichergestellt ist. Sofern die entsprechenden Marktteilnehmer bzw. Aufsichtsbehörden in das Netzwerk mit eingebunden sind, kann die Informationsweiterleitung an andere Marktteilnehmer, wie die Fahrplananmeldung bei physischen Produkten und die Berichtspflicht über vergangene Handelsvorgänge, verringert oder gänzlich weggelassen werden.

Allerdings sind mit dem Einsatz der Blockchain auch Nachteile bzw. Risiken verbunden, wie der Steigerung der Komplexität des Systems, wodurch die Fehlergefahr (z. B. Programmierfehler) zunimmt. Des Weiteren sind, bedingt durch den Prepaid-Charakter der Blockchain Umbuchung zwischen einem Bankkonto und einem Blockchain-Konto notwendig, was mit zusätzlichem Aufwand einhergeht. Zudem ist der OTC-Handel aufgrund der individuellen Produkte nur bedingt abbildbar, da die Produktmerkmale stets neu hinterlegt werden müssen, vgl. [4].

## **4.2 Systemdienstleistungen**

Ein weiterer Einsatz der Blockchain-Technologie bietet sich insbesondere im Rahmen der Frequenzhaltung und Betriebsführung mit dem dazugehörigen Engpassmanagement und Einspeisemanagement an.

Durch die Vernetzung von Erzeugungs- und Verbrauchseinheiten (inkl. Akkumulatoren) können diese zur Erbringung von Systemdienstleistungen im Bedarfsfall durch den Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) angesteuert werden. In diesem Zusammenhang wird die Möglichkeit geschaffen, das Potential von kleinen Akkumulatoren zu nutzen. Dazu zählt beispielsweise die Reduzierung traditioneller Redispatch-Maßnahmen und die Verringerung der Abregelung von volatilen Erzeugungsanlagen. Ebenso wie beim Stromhandel kann auch in diesem Anwendungsfall die Verrechnung von Vergütungen für die erbrachte Systemdienstleistung automatisiert werden. Allerdings sind auch hier Umbuchung zwischen Bankkonto und Blockchain-Konto erforderlich.

Insbesondere durch die Einbindung vieler Erzeugungsanlagen, welche für Systemdienstleistungen genutzt werden können, steigt mit der Anzahl zugleich die Komplexität des Systems. Weiter ist mit einer Vielzahl an Beteiligten auch der Aufwand für die Präqualifikation deutlich höher, welche zudem für kleine Anlagen gegebenenfalls in veränderter Form erfolgen sollte. Zusätzlich sind im Zusammenhang mit Systemdienstleistungen die Schnittstellen zu bestehenden Systemen, wie z. B. SCADA-Systemen und Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) von besonderer Bedeutung. Ein zuverlässiger Datenaustausch zwischen den Systemen ist essentiell für einen sicheren Netzbetrieb. [4]

## **4.3 Abrechnung**

Wie bereits in den beiden vorangegangenen Anwendungsbereichen vorgestellt wurde, bietet die Blockchain-Technologie die Möglichkeit, Transaktionen, welche mit der Verrechnung von Vorgängen zusammenhängen zu automatisieren. Dabei steckt insbesondere in der Abrechnung von Verbrauchern und Besitzern von Erneuerbaren-Energien-Anlagen, welche (noch) eine feste Einspeisevergütung erhalten, ein Rationalisierungspotential.

Im Idealfall werden für die Messung Smart Meter mit Kommunikationsmöglichkeit (z.B. IKT) eingesetzt, welche die Verbindung zur Blockchain darstellen. Dadurch wird eine detaillierte Abrechnung der gemessenen Energie- sowie Leistungswerte (alle vier Quadranten) möglich. Neben den heute üblichen monatlichen Zahlungen sind auch kürzere Abrechnungsintervalle denkbar.

Vor dem Hintergrund dessen, dass mechanische Zähler bis zu einem hundertprozentigen Austausch weiterhin verbaut sein werden, ist eine Nutzung der Blockchain zur Abrechnung dieser Kunden ebenso relevant. Um den Einsatz zweier Systeme für die verschiedenen Zähler zu vermeiden, ist es wichtig, dass die Blockchain zur Abrechnung beider Zähler genutzt werden kann. Die prinzipielle Abrechnungslogik mit den Abschlagszahlungen und einer Jahresrechnung ändert sich durch den Blockchain-Einsatz nicht, allerdings kann alternativ zur heutigen Zahlungslastschrift eine automatisierte Verrechnung mit dem Blockchain-Konto erfolgen.

Unabhängig von der Art des Zählers gibt es allgemein die Möglichkeit, dass die einzelnen Strompreisbestandteile automatisiert auf die jeweiligen Begünstigten aufgeteilt werden kann. Das heißt, dass beispielsweise das Netzentgelt unmittelbar auf das Blockchain-Konto des zugehörigen Netzbetreibers transferiert wird. Andererseits sind auch in diesem Fall Umbuchungen auf das Blockchain-Konto notwendig, damit die Abrechnung erfolgreich durchgeführt werden kann. Insbesondere im Bereich der Privatkunden kann es dadurch zu einem erhöhten Aufwand im Forderungsmanagement kommen, wenn Kunden vergessen umzubuchen und die Forderungen folglich erneut angestoßen werden müssen. [4]

## 5 Peer-to-Peer-Handel

Für die Realisierung eines nationalen Peer-to-Peer-Handels wurde ein Blockchain-Netzwerk in Form einer privaten Blockchain gewählt. Zu den Teilnehmern des Netzwerks gehören der Plattformbetreiber selbst, welcher die Blockchain verwaltet, und die Produzenten sowie Verbraucher, welche an dem P2P-Handel teilnehmen (siehe Abbildung 2). Darüber hinaus werden die Netzbetreiber, Stromlieferanten und Messstellenbetreiber, welche die Produzenten und Verbraucher betreuen, als auch mindestens eine Aufsichtsbehörde in das Netzwerk als Vertrauensteilnehmer miteingebunden (siehe Abbildung 2) und nachfolgend beschrieben.

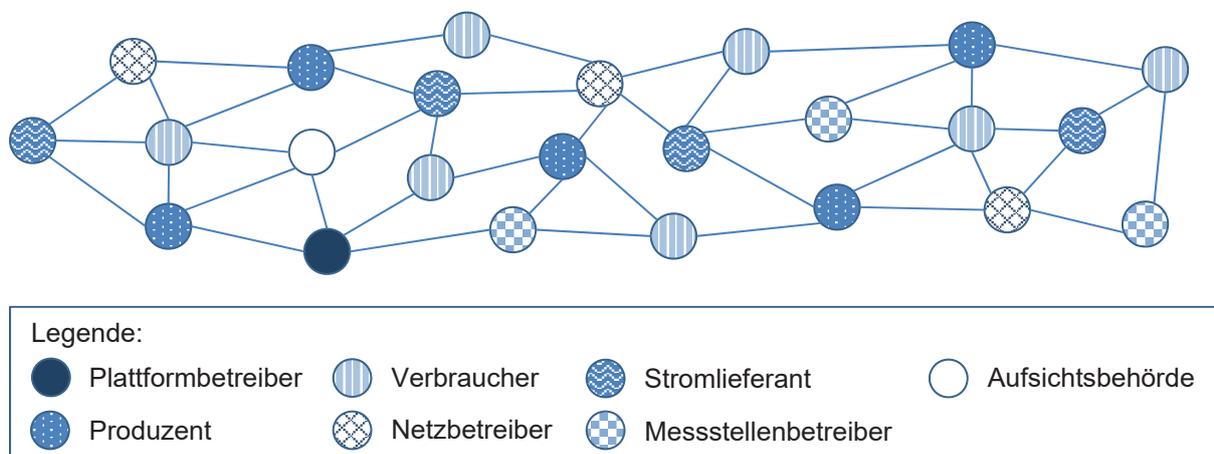


Abbildung 2: Zusammensetzung Blockchain-Netzwerk für die Umsetzung eines P2P-Handels [eigene Darstellung]

Energiespeicher werden in dieser Betrachtung nicht explizit aufgeführt, sondern sind stets sinngemäß als Kombination aus Verbraucher und Produzent zu sehen. Eine Umsetzung eines solchen P2P-Handels bringt verschiedene Änderungen für die einzelnen Beteiligten mit sich, welche nachfolgend erläutert werden.

### **Plattformbetreiber**

Durch den Einsatz der Blockchain ergibt sich die neue Rolle des Blockchain-Plattformbetreibers. Die Aufgabe des Betreibers ist das Bereitstellen, die Sicherstellung eines zuverlässigen Betriebs und gegebenenfalls die Weiterentwicklung der Plattform. Zudem soll vom Plattformbetreiber die Aufgabe der Verwaltung der privaten Blockchain mit der Aufnahme neuer Netzwerkteilnehmer übernommen werden. In diesem Zusammenhang gilt es in Zusammenarbeit mit dem Messstellenbetreiber sicherzustellen, dass die intelligenten Messsysteme die Anforderungen erfüllen und eine gültige Eichung haben. Darüber hinaus stellt der Betreiber eine der Vertrauensstellen in dem privaten Blockchain-Netzwerk dar und beteiligt sich an der Validierung von Transaktionen.

Da der Betreiber aufgrund seiner Stellung im Blockchain-Netzwerk Einsicht zu sämtlichen Informationen der Teilnehmer hat, ist es gerade im Hinblick auf das Unbundling notwendig, dass der Plattformbetreiber unabhängig von Unternehmen ist, welche an der Stromversorgung beteiligt sind. [4]

### **Stromlieferant**

Durch den P2P-Handel ergibt sich für die Stromlieferanten eine neue Konkurrenz, welche ihren Kunden zu bestimmten Zeiten Strom anbieten kann. Dessen ungeachtet kann ein Verbraucher nicht auf einen Liefervertrag mit einem Energieversorger verzichten, der für die restlichen Zeiten, in denen kein oder zu wenig Strom über die P2P-Plattform zur Verfügung steht, die Stromlieferung übernimmt. Durch diese Backup-Funktion ergeben sich für Stromlieferanten zum einen ein geringeres Absatzvolumen und zum anderen eine schlechtere Planbarkeit des Strombedarfs seiner Kunden, was sich in höheren Verbraucherpreisen für den Strombezug widerspiegeln kann.

Andererseits können durch den Einsatz von Smart Meter variable Stromtarife für Verbraucher angeboten werden. Durch die Dokumentation der Verbrauchsdaten in Kombination mit einem Zeitstempel in der Blockchain, können diese kleinen Strommengen mit jeweils unterschiedlichen Preisen mit Hilfe von Smart Contracts automatisiert abgerechnet werden. [4]

### **Netzbetreiber (Verteil- und Übertragungsnetzbetreiber)**

Durch den Einsatz der Blockchain zur Realisierung eines P2P-Handels ändert sich die physikalische Stromversorgung zunächst nicht unmittelbar. Allerdings können sich die Lastflüsse im Netz durchaus ändern, sofern sich die Anzahl der Anlagen erhöht und zusätzlich Erzeugungsanlagen und/oder Verbraucher im Hintergrund der Flexibilisierung zukünftig verstärkt geregelt werden. In diesem Fall ist es von besonderer Bedeutung, dass die Verteilnetzbetreiber (VNB) Zugriff auf die in der Blockchain gespeicherten Verbrauchs- und Erzeugungswerte erhalten, um diese für die Betriebsführung nutzen zu können (z.B. in Anlehnung an das Erzeugungsmanagement).

Prinzipiell wäre eine Anmeldung der Handelsmengen an den jeweiligen Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) notwendig (analog dem heutigen Spotmarkt). Diese kann insofern entfallen, als

dass die ÜNB für ihre Regelzonen sämtliche Handelstransaktionen einsehen und beispielsweise für die Netzberechnungen nutzen können.

Durch die Blockchain wird es nun möglich, dass das fällige Netzentgelt von den Verbrauchern automatisiert und direkt an den Netzbetreiber transferiert wird. Dadurch entfällt die Rechnungsstellung an die Stromlieferanten, welche die Netzentgelte bisher von den Verbrauchern einfordern. [4]

### **Messstellenbetreiber**

Da die intelligenten Messsysteme, für deren Einbau, Betrieb und Wartung der Messstellenbetreiber verantwortlich ist, die Verbindung der physikalischen Stromversorgung mit der Blockchain darstellt, ist ein zuverlässiger, störungsfreier Betrieb dieser Systeme die Grundvoraussetzung für den erfolgreichen Einsatz der Blockchain mit den damit verbundenen Anwendungen.

Dennoch wird die heute wichtige Aufgabe der Erhebung, Verarbeitung und Weiterleitung von Daten an Stromlieferanten, Netzbetreiber, Bilanzkreisverantwortliche und den Anschlussnutzer durch den Messstellenbetreiber weitgehend obsolet (vgl. §49 ff MsbG [7]). Durch den Einsatz der Blockchain entfallen sämtliche Aufgaben, die mit der Weiterleitung von Daten zusammenhängen, da diese Informationen in der Blockchain gespeichert sind und die jeweiligen Datenempfänger direkt darauf zugreifen können. [4]

### **P2P-Produzent**

Für kleine Erzeugungsanlagen ergeben sich durch den P2P-Handel neue Möglichkeiten. Es besteht nun die Option, auch kleine Strommengen selbst an einem Handelsplatz anzubieten, wobei ähnlich wie beim Großhandel ein eigens bestimmter Preis pro Kilowattstunde angeboten werden kann. Bei einer konsequenten Umsetzung der gleichen Bedingungen für alle Produzenten würde das allerdings auch bedeuten, dass die Betreiber von kleinen Anlagen ebenso wie Kraftwerksbetreiber je nach Angebotssituation ihren Strom nicht verkaufen können. Daraus folgt auch, dass die dezentralen kleinen Erneuerbaren-Energien-Anlagen in diesem Fall abgeregelt werden können und zu diesen Zeiten nicht in das Netz einspeisen. Da dies dem allgemeinen Interesse widerspricht, vorrangig Strom aus Erneuerbaren Energien (EE) zu nutzen, ist dieser Fall möglichst zu vermeiden. Denkbar wäre, dass EE-Strom weiterhin vorrangig eingespeist wird, allerdings sollen die Betreiber auch einen kleinen Obolus pro Kilowattstunde erhalten, auch wenn sie ihren Strom nicht verkaufen konnten. Damit wird zusätzlich das Investitionsrisiko vermindert, da für jede Kilowattstunde eine Vergütung gewährt wird und zudem bleibt der Anreiz erhalten, den Strom im P2P-Handel zu einem „marktauglichen“ Preis anzubieten, um die Wirtschaftlichkeit der Erzeugungsanlagen zu erhöhen.

Dadurch, dass nun die P2P-Produzenten zu Stromlieferanten werden, entfallen folglich auch sämtliche Verpflichtungen, die sich aus dieser Rolle ergeben, auf diese. Dazu gehört unter anderem das Führen eines Bilanzkreises bzw. das Benennen eines Bilanzkreisverantwortlichen (§4 StromNZV [8]) inklusive der Fahrplananmeldung beim Netzbetreiber. Eine Erfüllung dieser Verpflichtungen ist für Privatpersonen nicht bzw. nur mit entsprechend hohem Aufwand möglich. Der Rechtsrahmen in Bezug auf diese „besonderen“ Stromlieferanten ist folglich so anzupassen, dass sämtliche Pflichten, die normalerweise auf den Stromlieferanten

fallen, nicht in gleicher Weise auf die P2P-Produzenten entfallen, sondern von anderen Marktrollen mit übernommen werden. [4]

### **Verbraucher**

Verbraucher mit mechanischen Zählern können aufgrund der fehlenden Möglichkeit einer detaillierten Verbrauchsabrechnung nicht am P2P-Handel teilnehmen. Für alle Verbraucher, bei denen ein Smart Meter installiert ist, besteht allerdings grundsätzlich die Möglichkeit, über die neu entstandene P2P-Handelsplattform Strom zu beziehen. Eine Wahlmöglichkeit, ob und bis zu welchem Preis ein Verbraucher Strom von einem P2P-Produzenten bezieht, muss in jedem Fall geschaffen werden. Daraus ergibt sich für den Verbraucher ein schwankender Strompreis pro Kilowattstunde, je nachdem zu welchem Zeitpunkt und von welchem Anbieter er bezieht. Zusätzlich muss weiterhin jeder Verbraucher einen Stromliefervertrag mit einem Stromlieferanten abschließen, da nicht sichergestellt werden kann, dass der gesamte Strombedarf eines Verbrauchers über das P2P-Netzwerk gedeckt werden kann.

Dadurch, dass die Versorgung folglich auf mehrere Stromlieferanten verteilt ist, wird auch die Abrechnung des Verbrauchs deutlich komplexer und für den Endverbraucher schwer nachvollziehbar. Da nun die einzelnen Strompreisbestandteile automatisiert an die jeweiligen Empfänger abgeführt werden, ist es von besonderer Bedeutung, dass dem Verbraucher verdeutlicht wird, wie viel für den tatsächlichen Stromverbrauch, für den Netzbetrieb und die Abgaben zu bezahlen ist. Dies kann beispielsweise durch separate Rechnungen von zumindest Netzbetreiber und Stromlieferant geschehen. Ziel sollte es sein, dass der Verbraucher ein Bewusstsein für die Strompreisbestandteile entwickelt und so die angebotenen P2P-Strompreise besser bewerten kann. Eine Weiterführung von All-inklusive-Preisen, wie sie heute üblich sind, hätte für die Realisierung eines P2P-Handels aus Verbrauchersicht eine eher hemmende Wirkung. [4]

### **Aufsichtsbehörde**

Im Rahmen des P2P-Handels bieten sich als geeignete Aufsichtsbehörden beispielsweise die Agentur ACER (Agency for the Cooperation of Energy Regulators), die Kartellbehörde oder die Bundesnetzagentur (BNetzA) an. Diese sollen neben dem Plattformbetreiber die Vertrauenssteilnehmer des Blockchain-Netzwerks sein und beteiligen sich an der Validierung der Transaktionen. Durch die Einbindung von Aufsichtsbehörden sind Berichte an diese wohlmöglich nicht mehr notwendig bzw. lässt sich zumindest der Aufwand der Berichterstellung deutlich reduzieren.

Neben den Auswirkungen auf die einzelnen Marktrollen, ergibt sich auch für sämtliche Prozesse und Marktmechanismen in der Stromwirtschaft ein Anpassungsbedarf. Im Folgenden wird beispielhaft an dem Bilanzkreissystem aufgezeigt, welche Änderungen sich durch einen P2P-Handel ergeben.

Nachdem eine eigene Bilanzkreisverantwortung für einen P2P-Produzenten, wie bereits erläutert, nicht praktikabel ist, sollte diese Verantwortung abgegeben werden. Dabei bietet es sich an, dass die Erzeugungsanlage des Verbrauchers in den Bilanzkreis des zugehörigen Stromlieferanten aufgenommen wird, wodurch zugleich sichergestellt ist, dass die Erzeugungsanlage genau einem Bilanzkreis zugeordnet ist. Für den Stromlieferanten ergibt sich in seiner Rolle als Bilanzkreisverantwortlicher eine neue Zusammensetzung seines Bilanzkreiskontos. Anders als bisher ist es nun nicht mehr ausreichend, die anhand von Prognosen

ermittelten Verbrauchsmengen über den Großhandel zu beschaffen. Nachdem die P2P-Erzeugungseinheiten als nicht durch den Bilanzkreisverantwortlichen beeinflussbare Erzeugungseinheiten einen Teil des Verbrauchs decken können, erhöht sich die Komplexität bei der Ermittlung des zu beschaffenden Stroms über den Großhandel. Dies hat zur Folge, dass das Bilanzkreiskonto zunehmend Differenzen zwischen Eingangs- und Ausgangsmengen aufweisen wird, welche durch teure Ausgleichsenergie auszugleichen sind. [4]

## 6 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Allgemein gilt, dass unabhängig von einem konkreten Anwendungsfall durch den Einsatz der Blockchain Prozessschritte automatisiert und das ungewollte Weiterleiten von Informationen an andere Marktteilnehmer vermieden werden können. Des Weiteren wird eine Vernetzung von vielen kleinen Erzeugungsanlagen, Verbrauchern und Akkumulatoren sowie Speichern ermöglicht, wodurch neue Möglichkeiten, wie beispielsweise das Handeln von kleinen Strommengen und der Einsatz von kleinen Akkumulatoren für Systemdienstleistungen, geschaffen werden.

Durch den Einsatz der Blockchain zur Realisierung eines Peer-to-Peer-Stromhandels kann ein neuer Stromhandelsplatz geschaffen werden, an dem Strom von dezentralen Erzeugungsanlagen direkt vermarktet werden kann. Dadurch ergibt sich ebenfalls die Chance, dass Strom aus Erneuerbaren Energien ohne Festvergütung auskommen und der erzeugte Strom über diesen Marktplatz gehandelt werden kann. Somit kann die Blockchain-Technologie einen zentralen Bestandteil der dezentralen Stromerzeugung in Smart Grids darstellen. Dies hat weitreichende Auswirkungen auf sämtliche Marktrollen. Für eine Umsetzung des Peer-to-Peer-Handels ist es unerlässlich, dass zahlreiche Anpassungen von Prozessen und Mechanismen sowie Änderungen der Gesetze vorgenommen werden.

Als eine Einsatzmöglichkeit der Blockchain in der Stromversorgung wurden am Beispiel des Peer-to-Peer-Handels exemplarisch die Anforderungen, Möglichkeiten, Chancen und Herausforderungen dargestellt.

Neben der energiewirtschaftlichen Umsetzung, welche durch entsprechende Änderungen ermöglicht werden kann, gilt es die Frage der technischen Realisierbarkeit weiterführend zu behandeln. Insbesondere sind in diesem Zusammenhang die Skalierbarkeit, Zuverlässigkeit, Sicherheit und das Verarbeiten von sehr großen Datenmengen ausschlaggebend dafür, ob und wie die Blockchain-Technologie in der Stromwirtschaft eingesetzt werden kann. Zudem gilt es immer die Vor- und Nachteile sowie die Anforderungen der einzelnen Anwendungsfälle zu berücksichtigen, die zu einer erfolgreichen Implementierung einer Blockchain in der Stromwirtschaft führen können.

## 7 Literaturverzeichnis

- [1] Crosby, Michael; Pattanayak, Pradan; Verma, Sanjeev und Kalyanaraman, Vignesh. "Blockchain technology: Beyond bitcoin." Applied Innovation 2 (2016): 6-10.
- [2] Nofer, Michael; Gomber, Peter; Hinz, Oliver und Schiereck, Dirk. "Blockchain." Business & Information Systems Engineering 59, no. 3 (2017): 183-187.
- [3] Dütsch, Günther und Steinecke, Neon: Use Cases for Blockchain Technology in Energy & Commodity Trading, PricewaterhouseCoopers, 2017
- [4] Götz, Eva: Blockchain als Lösungsansatz für die zukünftige Stromversorgung. Hochschule für angewandte Wissenschaften Landshut. Masterarbeit. Landshut 2018
- [5] Froystad, Peter und Holm, Jarle: Blockchain: Powering the Internet of Value. 2015. <https://www.evry.com/globalassets/insight/bank2020/blockchain---powering-the-internet-of-value.pdf> (letzter Zugriff am: 10.12.2017)
- [6] Buterin, Vitalik: On Public and Private Blockchains - Ethereum Blog. 2015. <https://blog.ethereum.org/2015/08/07/on-public-and-private-blockchains/> (letzter Zugriff am: 10.12.2017)
- [7] Gesetz über den Messstellenbetrieb und die Datenkommunikation in intelligenten Energienetzen (Messstellenbetriebsgesetz - MsbG). Fassung vom Dezember 2016
- [8] Verordnung über den Zugang zu Elektrizitätsversorgungsnetzen (Stromnetzzugangsverordnung - StromNZV). Fassung vom August 2016