

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

Dieses Kapitel holt sehr weit aus mit einem Blick auf die Energiebranche, die sicherlich nicht jedem Leser geläufig ist, und vielleicht will sich auch nicht jeder für jedes Detail begeistern. Daher ist dieses Kapitel optional für jeden, der sich eher für technische Fragen interessiert. In diesem Fall wäre es sinnvoller, die folgenden Seiten quer zu lesen und mit Kapitel 5 fortzufahren, wo wir uns dann auf organisatorische Fragen bei der Umsetzung von Blockchain-Projekten konzentrieren.

Dennoch empfehle ich auch dem weniger mit Fragestellungen der Energie bzw. der Energiewirtschaft befassten Leser, die nächsten Seiten zu lesen. Die Art und Weise wie Energie in Zukunft von zig-Millionen Erzeugern zu hunderten Millionen Verbrauchern gelangt, ist aufgrund dieser Teilnehmerzahlen bereits eine Angelegenheit von gesellschaftlicher Bedeutung.

In der nachfolgenden Vision des Energiemarktes im Jahre 2030 soll es keine Subventionen mehr geben, und heute starre Regulierungen sollen einer Systemflexibilität weichen, die es ermöglicht, das Prinzip des Marktes weitgehend für die Erzeugung, die Übertragung und den Verbrauch von Strom zu nutzen – denn bereits Adam Smith hat in seinem Werk „The Wealth of Nations“ in der unsichtbaren Hand des Marktes den Allokationsmechanismus für Angebot und Nachfrage gesehen, der eine großen Anzahl Teilnehmer am effizientesten koordiniert [Smit76].

Das Thema „Blockchain“ tritt auf den folgenden Seiten gegenüber dem Anwendungsfeld der Energiewirtschaft in den Hintergrund. Dies liegt daran, dass dieses Kapitel auch als Anforderungsdefinition verstanden werden kann: Was wird in Zukunft zur Koordinierung der Netze und des Energiemarktes benötigt? Passt „Blockchain“ an jeder Stelle? Oder gibt es Anforderungen, die nach wie vor „klassisch“ besser erfüllt werden können? Wir wollen dabei im Hinblick auf Anwendungsprozesse Blockchain-agnostisch bleiben und auch solche Prozesse beleuchten, bei denen Blockchain weniger Sinn macht.

4.1 Energiehandel und -transport heute

Der Schwerpunkt dieses Kapitels liegt auf dem Einsatz der Blockchain im Bereich Energiewirtschaft, speziell dem Stromhandel. Warum eigentlich? Traditionell gab es vor dem Jahr 2000 kaum Energiehandel, d.h. insbesondere Strom und Gas wurden auf der Seite der Versorger erzeugt und durch die Industrie und Konsumenten verbraucht. Der Bedarf ließ sich aus historischen Kennzahlen ableiten und kurzfristige Anpassungen an unerwartete Abweichungen führten Erzeuger selbst auf Basis

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

von Messungen der Frequenz- und Spannungsabweichungen durch. Im Zuge der Liberalisierung des europäischen Energiemarktes jedoch sollten die am Energiemarkt beteiligten, fest miteinander verbundenen Spieler die Möglichkeit erhalten, Energielieferungen auch von anderen Anbietern zu beziehen. D.h. ein Verbraucher sollte sich seinen Lieferanten aufgrund dessen Konditionen aussuchen können wie auch ein Lieferant wiederum den Erzeuger. Um die dafür erforderliche Transparenz, Austauschbarkeit und Standardisierung von Energielieferungen zu erreichen, wurden die am Energiemarkt teilnehmenden Marktrollen präziser definiert.

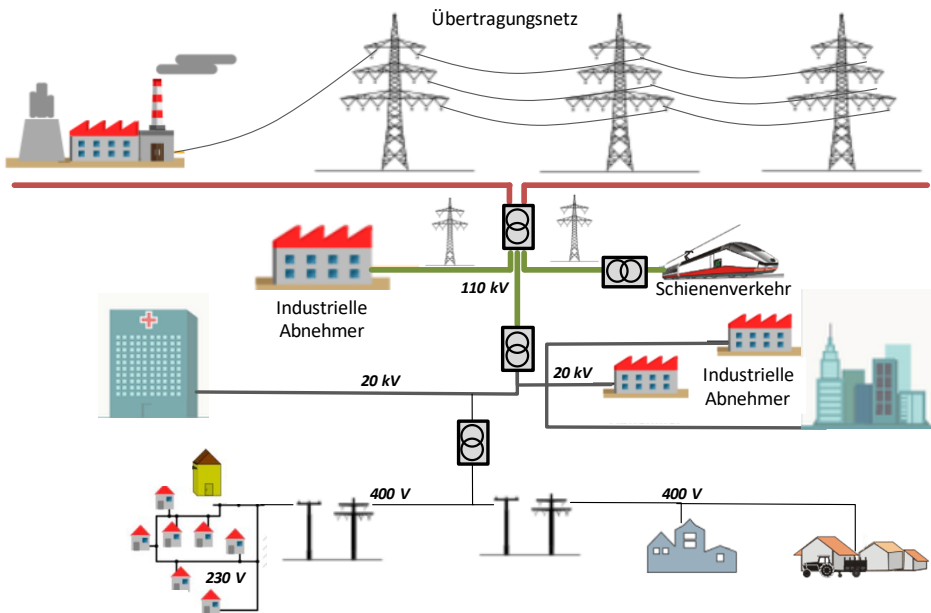


Abbildung 50: Netzebenen, Erzeuger und Verbraucher im klassischen Stromnetz

Durch das vom Gesetzgeber initiierte *Unbundling*⁷¹ stehen sich auf den heutigen Energiemärkten sehr viele Anbieter und Nachfrager gegenüber, die nicht nur eine Vielzahl an Daten austauschen und eine immer weiter steigende Zahl an Transaktionen durchführen, sondern hierfür ein hohes Maß an Standardisierung im Sinne des „Yin-Yang-Yong“ erfordern. Die damit verbundenen B2B-Integrationsprozesse gestalten sich in unterschiedlichster Form, wie später deutlich wird. Einige von ihnen sind und bleiben klassisch organisiert (1:1-Kommunikation), andere passen

⁷¹ „Unbundling“ bedeutet die Zerlegung integrierter Versorger in Richtung spezialisierter Unternehmen. In der Energiebranche sind dies z.B. separate Organisationen als Erzeuger, Lieferanten, Netzbetreiber und Händler, die alle zuvor dem gleichen Unternehmen angehörten.

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

besser zum Prinzip der Blockchain – dem „Publizieren von Daten in die Blockchain-Öffentlichkeit“ bzw. der 1:N-Kommunikation.

Wer sind nun die wesentlichen Akteure im heutigen Energiegroßhandel?

- *Erzeuger* speisen Strom- oder Gasmengen in das Netz ein. Erzeuger können dabei heute auch kleinere Betreiber von PV-Anlagen, Windparks oder Biogasanlagen sein, aber natürlich auch die althergebrachten Betreiber von Kern-, Kohle- oder Gaskraftkraftwerken.
- *Händler* kaufen im Großhandel Energie bei den Erzeugern und verkaufen sie an andere Händler oder Lieferanten weiter. Der Großhandel ist dabei ein europaweiter Marktplatz, auf dem einige Produkte mehrere Male weiterverkauft werden, bis sie schließlich über einen Lieferanten den Verbraucher erreichen. In liquiden Märkten erreicht diese „Churn Rate“ einen Wert von 10-15 Wiederverkäufen.
- *Lieferanten* kaufen meist über Händler große Energiemengen bei den Erzeugern auf dem Großhandelsmarkt ein und bieten Produkte an, die den besonderen Anforderungen der Industrie oder der private Verbraucher gerecht werden.
- *Verbraucher* beziehen entsprechende Produkte von Lieferanten. Dabei können Verbraucher jedoch auch Energie liefern oder speichern, in diesem Fall agieren sie als sog. *Prosumenten*.
- Physisch geliefert werden Strom und Gas über Netze, die von *Übertragungs- und Verteilnetzbetreibern* betrieben werden (ÜNBs bzw. VNBS). Erstere sind miteinander europaweit horizontal verbunden und sichern die Stabilität des Gesamtnetzes durch verschiedene Verfahren ab, insbesondere durch die Regelung der Netzlast. Eine der Hauptaufgaben eines ÜNB ist dabei, die Versorgungssicherheit zu gewähren. Die Verteilernetzbetreiber schaffen und betreiben die Verbindungen zu den Erzeugern und Verbrauchern.
- *Messstellenbetreiber* lesen die Zählerstände bei Verbrauchern und Erzeugern ab und melden diese weiter an die VNBS.
- *Energiebörsen* bieten einen Marktplatz, auf dem Strom- und Gasprodukte gehandelt werden können. Diese Marktplätze sind reguliert, d.h. unter anderem sind sie durch nationale Regulatoren überwacht und haben z.T. einen Sonderstatus, in dem sie bestimmte fachliche Prozesse mit Netzbetreibern durchführen (Fahrplananmeldungen, Marktkopplung, etc.).
- *Clearinghäuser* sind in der Regel einer oder mehreren Börsen angeschlossen und führen die finanzielle und physische Abwicklung von Energiehandelsgeschäften durch. Im Falle des Ausfalls eines Teilnehmers (dies passierte beispielsweise 2008 auch im Zuge der Insolvenz von Lehman Brothers an den europäischen Energiemärkten) nimmt das Clearinghaus am Markt teil

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

und beschafft ausgefallene Energielieferungen bzw. kompensiert Zahlungsausfälle.

- *Broker*: Händler sind nicht gezwungen, nur über Börsen zu handeln, es gibt auch im europäischen Energiemarkt eine große Anzahl Broker, über deren Plattformen Händler Geschäfte außerbörslich (OTC – over the counter) abschließen können. Hier allerdings ist der Broker lediglich der Vermittler eines bilateralen Geschäfts, während Clearinghäuser selbst als Gegenpartei agieren. Letztlich können Händler natürlich auch bilateral Geschäfte direkt miteinander durchführen, Broker und Börsen dienen dabei über ihre veröffentlichten Preise als Signalgeber für die Preisbildung.
- Eine weitere Rolle im Zusammenhang mit dem Energiemarkt ist die der *Indexagentur* bzw. *PRAs* (Price Reporting Agencies), die über Handelsplattformen oder durch Kontaktieren individueller Händler den aktuellen Marktpreis für Energieprodukte ermitteln und gegen Gebühr diesen Händlern wieder zur Verfügung stellen.
- *Standardisierungsgremien* und *Industriekonsortien* legen Prozesse des Energiehandels fest, insbesondere sind hierbei die *EFET* zu erwähnen (European Federation of Energy Traders), sowie die *ENTSO-E* bzw. *ENTSO-G* – beides Vereinigungen von Strom- bzw. Gas-ÜNBs, über die netzrelevante Prozesse vereinheitlicht werden können. Des Weiteren setzt sich diese Liste auf nationaler Ebene mit Verbänden wie z.B. dem BDEW und dem VKU in Deutschland oder Österreichs Energie bzw. dem VÖEW in Österreich fort.
- Schließlich sind *Regulatoren* zu berücksichtigen, die auf nationaler oder europäischer Ebene den Energiemarkt überwachen. Deren technische Anbindung erstreckt sich insbesondere auf das Melden von Handelstransaktionen durch die beteiligten Parteien. EU-Richtlinien wie z.B. REMIT, EMIR und MiFID-II wurden in den letzten Jahren von der EU-Kommission initiiert, damit Händler Daten der unterschiedlichen Handelstransaktionen an die Regulatoren berichten.

Zwischen Erzeugern, Händlern und Lieferanten wird eine Vielzahl an Produkten am Energiemarkt gehandelt: Zum einen gibt es langfristige Geschäfte, bei denen jährliche, Quartals- oder monatliche Grundlast⁷² gehandelt wird (*Terminmarkt*), am kurzfristigen Ende befindet sich der *Spotmarkt*, der vor allem den nächsten Tag (*day ahead*), aber auch einzelne Stunden oder Viertelstunden der nachfolgenden 24 Stunden (*intraday*) abdeckt. Produkte am Terminmarkt unterteilen sich in physische und finanzielle. Bei ersteren besteht eine Lieferverpflichtung, letztere schließen auch derivative Produkte ein wie z.B. Optionen oder Swap-Geschäfte, die von Marktteilnehmern in der Regel zur Absicherung gegen Preisschwankungen abgeschlossen

⁷² Dies sind Energielieferungen in einer im Tagesverlauf unveränderlichen Höhe.

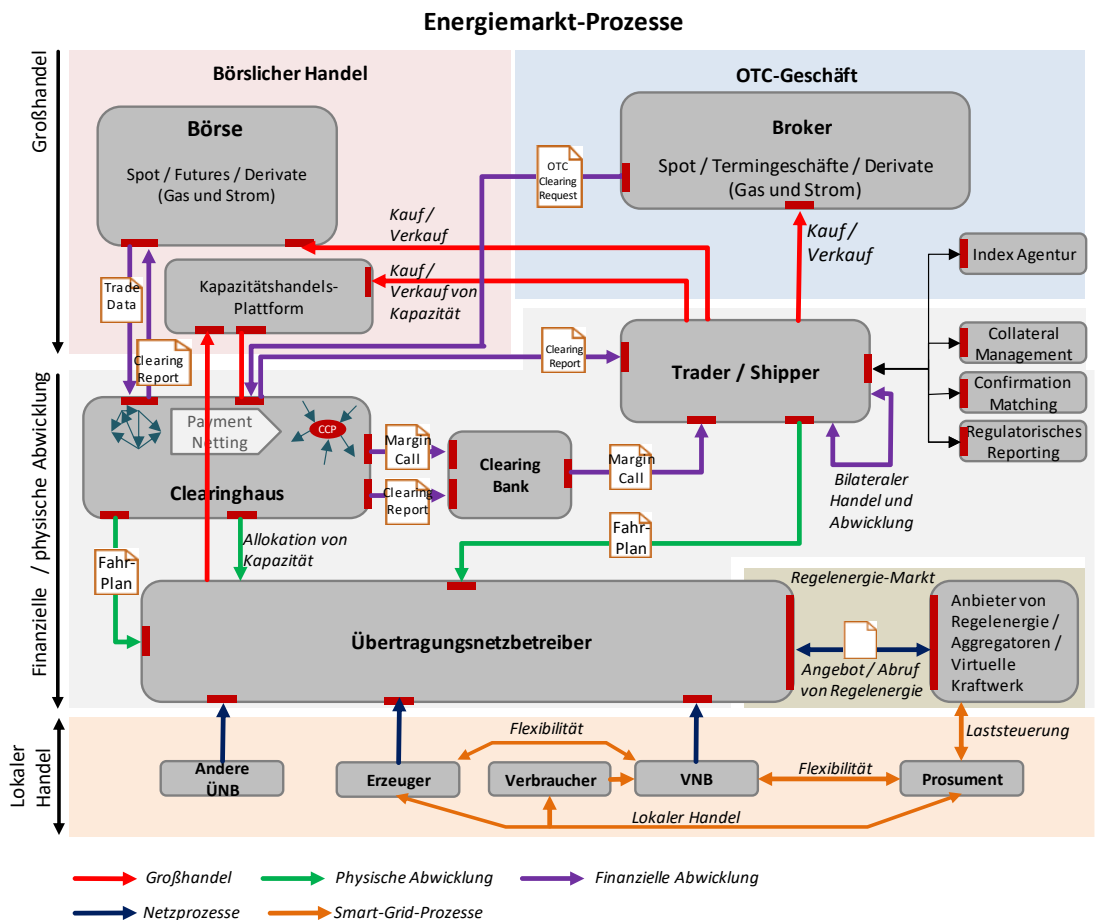
4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

werden. Am ganz kurzfristigen Ende (kürzer als 15 Minuten) besteht noch die Möglichkeit, *Regelenergie* anzubieten, die von ÜNBs ausgeschrieben und von speziell dafür geeigneten Anbietern im Bedarfsfall zur Netzstabilisierung angeboten wird.

Aus etwas Distanz betrachtet unterscheiden sich der Strom- und der Gasmarkt nicht wesentlich, beide sind teilweise sehr liquide, wobei der Strommarkt dem Gasmarkt im Trend zu mehr Kurzfristigkeit vauseilt. Zur Vereinfachung soll daher im Folgenden besonderes Augenmerk auf den Strommarkt gerichtet werden.

Klassische B2B-Prozesse im Strommarkt

Da eine große Zahl an Marktakteuren die oben genannten Rollen ausübt, ist es wichtig, dass Geschäftsprozesse zwischen diesen einheitlich umgesetzt werden. Einige von diesen sind spezifisch für Deutschland, in europäischen Nachbarländern können diese anders umgesetzt sein oder evtl. erst noch folgen.



4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

Abbildung 51: Teilnehmer und Prozesse im Energiemarkt

Entsprechend Abbildung 51 stehen entlang einer Energiehandelstransaktion folgende Prozesse im Vordergrund:

- *Ausführen eines Geschäfts über eine Handelsplattform.* Dies ist der plattformübergreifend noch am wenigsten standardisierte Prozess, da er durch den jeweiligen Plattformbetreiber individuell umgesetzt ist. Als Ergebnis einer Transaktion erhalten beide Parteien separat Handelsdaten über einen plattform-spezifischen Kanal. Diese Daten werden anschließend in die Handelssysteme (auch *ETRM-Systeme* genannt, für „Energy Trading and Risk Management System“) der Transaktionspartner übernommen.
- *Bestätigung von Handelstransaktionen (Trade Confirmation):* Falls eine OTC-Transaktion („over the counter“ – d.h. außerbörslich) zustande gekommen ist, tauschen beide Parteien die Details einer Handelstransaktion bilateral aus, um sicherzustellen, dass sich bei der Speicherung in den jeweiligen ETRM-Systemen keine Fehler einschleichen – es gibt hierzu im Handel kein einzelnes, „führendes“ System, mit dem sich die Marktteilnehmer synchronisieren können. Der Abgleich von Handelsdaten erfolgt zumeist automatisch auf Basis des von der EFET entwickelten eCM-Standards (electronic Confirmation Matching).
- *Börsliches Clearing:* Dies ist die Verarbeitung von Handelsdaten durch das Clearinghaus. Auf der einen Seite ist der Zahlungsausgleich der diversen Transaktionspartner einer Börse zu organisieren. Wenn hunderte Handelsteilnehmer mit einer großen Zahl anderer Marktteilnehmer handeln, dann ergeben sich Zahlungsverpflichtungen „jeder an jeden“. Um die daraus entstehende Vielfalt an Einzelüberweisungen zu beherrschen, zerlegt das Clearinghaus jede Einzeltransaktion in zwei Hälften, wobei es selbst in der Mitte als neutrale, zentrale Gegenpartei agiert (engl. CCP = *Central Counterparty*). Aus dem Geschäft V—K zwischen Verkäufer und Käufer entstehen also die Geschäfte V—CCP und CCP—K. Der CCP ist dabei zum einen Käufer und zum anderen Verkäufer. Topologisch betrachtet, besteht diese Leistung des „Payment Netting“ letztlich in der Transformation eines stark vermaschten Netzes in eine sternförmige Zahlungsbeziehung, bei der die Einzelbeträge mehrerer Zahlungsverpflichtungen zwischen CCP und einem Marktteilnehmer zusätzlich noch saldiert werden. Eine weitere Aufgabe des Clearinghauses ist, kurzfristig Marktteilnehmer zu werden, wenn ein zur Zahlung oder Lieferung verpflichteter Teilnehmer ausfällt. Die entstehenden Kosten werden im Kreise der Clearing-Teilnehmer sozialisiert.
- *OTC-Clearing.* Händler können sich zu einem späteren Zeitpunkt entscheiden, OTC-Transaktionen an ein Clearinghaus zu senden, um diese dort abwickeln zu lassen. Dies erfolgt üblicherweise, um das Risiko mit einer

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

Gegenpartei zu mindern. Klassisch findet dieser Prozess über individuelle, informelle Schnittstellen zwischen Brokern und Clearinghäusern statt, wobei die (Clearing-)Broker von Händlern damit beauftragt werden. Seit einigen Jahren bietet Equias hierfür jedoch einen standardisierten Prozess auf Basis des eXRP-Protokolls⁷³ an, der die Schnittstellen auf beiden Seiten vereinheitlicht. Für Händler selbst war es bisher allerdings zu aufwändig, diesen Prozess direkt zu implementieren.

- *Collateral Management.* „Collateral“ bedeutet „Pfand“ bzw. eine Sicherheit, die von einem Käufer beim Verkäufer hinterlegt wird. Üblicherweise wird bei Termingeschäften ein Teil des Transaktionsvolumens sofort als Sicherheit vom Käufer eingefordert. Ändern sich Marktpreise, erfolgt auf täglicher Basis eine Neubewertung der Risikosituation. Wenn diese sich – je nach Richtung – stark verändert, fordert der Verkäufer vom Käufer eine Nachzahlung bzw. erstattet ihm einen Teil der Sicherheit. Dieser Prozess erfolgt bilateral und wird in täglichen Abstimmungsprozessen zwischen den Marktteilnehmern durchgeführt.
- *Fahrplananmeldung* beim ÜNB. Der finanziellen Abwicklung steht die physische entgegen – also die Lieferung von Strom. „Lieferung“ heißt, dass jeder, der Strom in ein Netz einspeist oder aus ihm bezieht, dem ÜNB anzeigt, in welcher Höhe und in welchem zeitlichen Verlauf dies erfolgen soll. Diese Anzeige nennt sich „Fahrplananmeldung“ und erfolgt zuerst am Ende des Vortages (z.B. um 18:00 Uhr) und im Laufe des Liefertages im 15-Minuten-Takt. Der Liefertag ist dabei selbst in 15-Minuten-Intervalle unterteilt, sodass z.B. am selben Tag („intraday“) noch gehandelte Lieferungen in den nachfolgenden Fahrplänen desselben Tages berücksichtigt werden. Händler am Großhandelsmarkt müssen daher in der Lage sein, diese Fahrpläne aktuell und zuverlässig zu versenden. Für börslich ausgeführte Transaktionen übernimmt in einigen Fällen das Clearinghaus diese Aufgabe, z.B. die ECC (European Commodity Clearing – der CCP der Energiebörse EEX in Leipzig). Ein kleiner Händler könnte also den aufwändigen Prozess der Fahrplananmeldung vermeiden, indem er ausschließlich über die verbundenen Energiebörsen handelt. Andererseits sind die Clearingkosten für Händler verhältnismäßig hoch, sodass ein großer Teil der Handelsgeschäfte trotz eines grundsätzlichen Trends zur Börse immer noch OTC erfolgt.
- *Melden von Handelstransaktionen an den Regulator.* Im Zuge der REMIT-Richtlinie⁷⁴ sind Händler verpflichtet, ihre Orders, Handelsgeschäfte und

⁷³ eXRP – electronic eXchange-Related Processing, siehe auch: <http://www.equias.org/>.

⁷⁴ European Union, EUR-Lex - 32014R1348 - EN - EUR-Lex.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L.2014.363.01.0121.01.ENG>

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

weitere Aspekte von Transaktionen an die zentrale Agentur ACER (Agency for the Cooperation of Energy Regulators)⁷⁵ bis zum Ende des Folgetages zu übermitteln. Hierzu wurde durch ACER festgelegt, in welchem Format, über welche Reportingplattformen und über welches Kommunikationsprotokoll die Meldung zu erfolgen hat. Die bedeutendste Reportingplattform ist hierbei das System eRR (electronic Regulatory Reporting) der Equias⁷⁶.

- *Abrechnung von Lieferungen.* Wenn Händler über die Börse handeln, kümmert sich der CCP um den Einzug bzw. die Auszahlung von Geld gegenüber jedem Marktteilnehmer. Das Hauptvolumen wird am Strommarkt jedoch „OTC“ gehandelt, d.h. nach Lieferung im Rahmen eines bilateralen Vertrags ist diese abzurechnen. Dies erfolgt durch Saldieren aller Lieferungen zwischen zwei Marktteilnehmern und durch Abrechnung im Folgemonat.
- *Abrufen von Regelleistung* durch den ÜNB. Wenn sich kurzfristig, d.h. in einem Zeitraum von 15 Minuten oder weniger herausstellt, dass in einem Netz Angebot und Nachfrage nach Strom auseinanderlaufen, dann ist der ÜNB berechtigt, das kurzfristige Einspeisen von Strom anzufordern – oder eben auch im umgekehrten Fall das Verbrauchen von Strom (positive bzw. negative Regelleistung). Hierbei werden je nach Fristigkeit sogenannte Tertiär-, Sekundär- und Primärregelleistung unterschieden: Tertiärreserve wird für 15 Minuten innerhalb von 15 Minuten abgerufen. Sekundärregelleistung (SRL) ist binnen 5 Minuten abrufbar und bei Primärregelleistung (PRL) wird binnen Sekunden eine abweichende Lastsituation dadurch ausgeglichen, dass Erzeuger zur Frequenzhaltung der 50 Hertz einbezogen werden. Regelleistung wird von den ÜNBs ausgeschrieben und nur qualifizierte Anbieter werden überhaupt zum Verfahren zugelassen⁷⁷. Der ÜNB kauft hierbei auf der einen Seite Regelleistung vom Anbieter ein und stellt sie auf der anderen den sog. *Bilanzkreisverantwortlichen* (BKV, in der Regel sind dies Händler) in Rechnung, die abweichend vom Fahrplan mehr oder weniger Energie geliefert haben. In die Ermittlung dieser Abweichung fließen unter anderem nachträglich die jeweiligen Zählerstände bei Verbrauchern und Erzeugern ein, die über Messstellenbetreiber erfasst werden. Insofern wird auch der ÜNB selbst zum Marktteilnehmer.
- Im Falle starker Erzeugungsleistung durch erneuerbare Energiequellen (vor allem Windenergie) führt der VNB das sog. *Einspeisemanagement* durch (kurz „EinsMan“), bei dem Erzeugungsanlagen abgeregelt werden, um die Netzlast in Grenzen zu halten. Einspeisemanagement ist erforderlich, weil er-

⁷⁵ „Agency for the Cooperation of Energy Regulators“. Verfügbar unter: <http://www.acer.europa.eu/>

⁷⁶ eRR-Plattform für das regulatorische Reporting: <http://www.equias.org/>

⁷⁷ Ausschreibungsplattform der deutschen ÜNBs für Regelleistung: <http://www.regelleistung.net>

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

neuerbare Erzeugungsanlage nach dem EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz) vorrangig gegenüber klassischen Erzeugern behandelt und erst dann abgeschaltet werden, wenn es keine weitere Alternative gibt. Energieverbraucher müssen jedoch in diesem Fall die entfallene Stromproduktion über die EEG-Umlage bezahlen, was ihn im Jahr 2017 1,4 Mrd. Euro kostete. Man erwartet zudem, dass die Kosten für das Einspeisemanagement mit Abschaltung der Kernkraftwerke bis 2022 in Verbindung mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien mittelfristig weiter auf 4 Mrd. ansteigen können.

- Insofern besteht in Deutschland ein besonderer Bedarf an der Vermeidung des Einspeisemanagement durch die Schaffung von *Flexibilitätsmärkten* (auch „Smart Markets“ genannt), auf denen Lastanpassungen der Erzeuger- oder Verbraucherseite gehandelt werden. Während Regelleistung der Netzstabilität dient und Diskrepanzen zwischen Erzeugung und Verbrauch ausgleicht, wird Flexibilität vorwiegend durch VNBs abgerufen, um lokale Engpässe zu lindern: Ist nämlich die Erzeugung in lokalen Netzen zu hoch, um durch Transformatoren oder Leitungen höherer Ebenen abgeleitet zu werden, entsteht ein Engpass, der beispielsweise durch temporär erhöhten lokalen Verbrauch ausgeglichen werden kann.

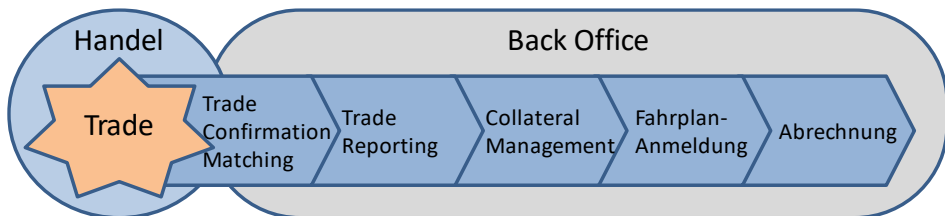


Abbildung 52: Prozessablauf beim Großhandel von Energieprodukten

Aus Sicht des klassischen Großhandels ist der Prozess grob in die Arbeitsschritte aus Abbildung 52 unterteilt. Der Handel (im Front-Office) führt zu einem Trade (Handelsgeschäft) für ein bestimmtes Produkt (Strom oder Gas, Spot- oder Termingeschäft, mit physischer oder finanzieller Abwicklung). Anschließend werden die Trade-Daten von der Handelsplattform in das ETRM-System übernommen. Die zuvor beschriebenen Prozesse laufen Schritt-für-Schritt ab. Zunächst gleichen die Back Offices die Trade-Daten mit der Gegenpartei ab, dann wird die Transaktion an den Regulator berichtet, bis zur Lieferung erfolgt eine regelmäßige Neubewertung der Position, die ggf. zu einem zusätzlichen Austausch von Sicherheiten führt, und kurz vor der Lieferung erfolgt die Versendung von Fahrplänen an die ÜNBs,

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

die sich durch Saldieren sämtlicher Trades für jeden Bilanzkreis⁷⁸ ergeben. Abschließend erfolgt der Zahlungsausgleich mit der Gegenpartei und bei Abweichung der tatsächlichen Produktion bzw. des Verbrauchs vom gemeldeten Plan, rechnen die ÜNBs gegenüber dem Bilanzkreisverantwortlichen (BKV) ggf. Ausgleichsenergie ab.

Diese Liste an Prozessen kann man beliebig fortsetzen, insbesondere, wenn man den Fokus vom Handel auf den Netzbetrieb verschiebt. Die bereits beschriebenen Prozesse reichen aber schon als Grundgesamtheit, um später auf Blockchain-Tauglichkeit untersucht zu werden. Vielleicht möchten Sie sich ja schon einmal Gedanken machen, welche Prozesse tatsächlich Blockchain-affin sind und bei welchen die Blockchain keinen Sinn machen würde? Jeder hat hier natürlich sein eigenes Bewertungsmaß, aber für die nachfolgenden Seiten ist es beim Lesen vielleicht interessanter, seine Pro- oder Contra-Blockchain-Hypothese gegen die weiteren Details zu prüfen?

4.2 Aktuelle und zukünftige Entwicklungen im Strommarkt

Wohin bewegt sich der Strommarkt heute und in Zukunft, und warum ist nun das Thema „Blockchain“ so interessant im Strommarkt?

Über die Jahre der Energiewende in Deutschland haben sich einige Parameter des Stromhandels stark verändert: Zunächst hat sich der Anteil erneuerbarer Energien dramatisch erhöht, Deutschland ist quasi zum Weltlabor für erneuerbare Energien geworden. Am Neujahrstag 2018 hat sich Deutschland zum ersten Mal zu 100 % mit Strom aus erneuerbaren Energiequellen versorgt – dies ist in einem solchen Maßstab noch in keiner anderen Region erreicht worden⁷⁹.

Solche Situationen traten in den letzten Jahren annäherungsweise schon öfter auf. Am Sonntag, den 8. Mai 2016 wurde mit der Deckung von 95 % des deutschen Stromverbrauchs durch erneuerbare Energien ein früherer Weltrekord verzeichnet. Es gab an dem Tag bestes „Segelwetter“ mit blauem Himmel und gutem Wind. Dadurch, dass es sich jeweils um einen Wochenend- bzw. Feiertag handelte, war zudem der industrielle Verbrauch niedrig, sodass die Verbrauchslast mit ca. 53 GW um etwa 12 GW geringer als an einem Wochentag war. Aber noch Weiteres war bezeichnend für den 8. Mai 2016: Strom gab es im Überfluss, daher wurde er „day

⁷⁸ Innerhalb eines Bilanzkreises (z.B. dem eines Stromlieferanten oder eines Großverbrauchers) ist sicherzustellen, dass die erzeugten bzw. verbrauchten Strommengen zu jedem Zeitpunkt den am Markt beschafften entsprechen.

⁷⁹ <http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/oekostrom-an-neujahr-versorgte-sich-deutschland-erstmal-nur-mit-oekostrom-1.3813875>

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

ahead“ zu *minus* 12,89 Euro pro MWh gehandelt, Käufer wurden also belohnt, wenn sie Strom abnahmen, der Preis für Spitzenlast lag an dem Tag bei minus 36,46 Euro pro MWh und ein Stundenkontrakt bei erstaunlichen minus 135 Euro pro MWh! Immer häufiger steht Strom im Großhandel also zu minimalen Preisen zur Verfügung. Dies hat u.a. damit zu tun, dass die industrielle Erzeugung auf Basis von Kernkraft und Kohle nicht in der Lage ist, binnen weniger Stunden die Erzeugungslast entsprechend zu senken und gezwungen ist, einen Abnehmer zu finden – koste es, was es wolle. Am 8. Mai sind daher 13 GW Überschuss erzeugt worden, die teilweise zu negativen Preisen ins benachbarte Ausland strömten.

Nicht immer ist zudem die Erzeugung planbar. Es gab bereits Tage, an denen sich das Wetter so stark gegenüber der Prognose des Vortags geändert hat, dass über 5 GW Differenz in Deutschland entstanden. Dies ist die Leistung von 4-5 Kernkraftwerken und entspricht fast 10 % des Verbrauchs. Aufgrund dieser nicht vollständig prognostizierbaren Volatilität entstehen heute Situationen, bei denen Regenergie einen wachsenden Anteil der Erzeugung einnimmt, dafür war dieser Prozess jedoch volumenmäßig gar nicht geplant. Insofern stellen wir bereits heute folgende Trends im Strommarkt fest:

- *Verschiebung vom Terminmarkt zum Spotmarkt* und weiter zur Regenergie: Warum soll sich ein Händler langfristig mit Energie eindecken, die am Terminmarkt 30 oder 40 Euro pro MWh kostet, wenn es sie kurzfristig (insb. intraday) kostenlos oder noch günstiger gibt? Es kann jedoch andererseits windstille Nächte bzw. Nebeltage (sog. „Dunkelflauten“) geben. Dagegen kann man sich nur absichern, indem man sich seine Versorgung entsprechend langfristig gesichert hat. Aber tendenziell gilt, dass aufgrund der sehr niedrigen Grenzkosten bei PV und Wind im Durchschnitt die Preise durch den hohen Anteil erneuerbarer Energie sinken, sodass sich ein Händler am Spot-Markt kurzfristig sehr günstig eindecken kann. So hat sich z.B. das Volumen des deutschen Intraday-Spotmarktes über die letzten vier Jahre mehr als verdoppelt.
- *Sinkende Erzeugerpreise*: Im Mai 2016 hat ein Anbieter in Dubai eine Ausschreibung für den Betrieb einer 800 MW PV-Anlage gewonnen, der die Lieferung von Strom für 2,99 USD Cent / kWh garantiert.⁸⁰ Und auch bei Ausschreibungen für Windanlagen ist seit 2017 kaum mehr Subventionierung erforderlich.⁸¹ Die bei niedrigen Grenzkosten produzierenden erneu-

⁸⁰ http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/third-phase-of-dubais-dewa-solar-project-attracts-record-low-bid-of-us-299-cents-kwh_100024383

⁸¹ Erstmals wurde im April 2017 der Bau eines offshore-Windparks durch EnBW angeboten, für den keine Subventionierung mehr eingefordert wurde: <https://www.welt.de/wirtschaft/article163681001/Die-brutale-Kostenwahrheit-ueber-die-Windkraft-Branche.html>

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

erbaren Energien verdrängen somit zunehmend die Altanlagen (Kohle, Kernkraft, Gas) auch am Großhandelsmarkt, und sogenannte Aggregatoren bzw. virtuelle Kraftwerke koppeln und bündeln hunderte bis tausende Kleinerzeuger und bieten diese als Regelleistung bzw. am Spotmarkt an.

- *Reduzierte Transaktionsvolumina*: schließlich reduzieren sich die Transaktionsvolumina mit der Verschiebung zu Spot- und Regelernergie. Wurden früher im Großhandel eher 10-100 MW für Monate, Quartale oder Jahre gehandelt, nimmt heute der Anteil kleinerer 15-Minuten-Kontrakte am Spotmarkt der EPEX Spot zu. Dies liegt u.a. auch am Bedarf, kurzfristige Erzeugungsschwankungen auszugleichen. Das Minimum liegt heute bei einem 15-Minuten-Kontrakt über die Lieferung von 0,1 MW Strom.

Abbildung 53 zeigt die Entwicklung der Strompreise seit 2009. Mit zunehmender Nähe des Liefertermins (X-Achse) sinken die Preise für den Jahresgrundlastvertrag eines jeweiligen Jahres. Zudem sinken bei gleicher zeitlicher Distanz zum Liefertermin auch die Preise, die von Jahr zu Jahr jeweils für das Folgejahr zu zahlen sind. Insgesamt haben sich also die Strompreise im Großhandel von über 60 Euro auf teilweise 20 Euro pro MWh reduziert.



Abbildung 53: Sinkende Strompreise am deutschen Terminmarkt, Quelle: ICIS [Kott16]

In der Summe sehen wir also zunehmend kleinere und kurzfristiger gehandelte Mengen zu einem reduzierten Preis. Wenn hier nicht gleichzeitig die Transaktionskosten sinken, dann wird der Handel zu einem defizitären Geschäft – und genau das ist heute der Fall. Einige Handelsunternehmen sind bereits unprofitabel und viele drohen unprofitabel zu werden, da sich diverse Kostenfaktoren nicht grundlegend ändern:

- Die *internen Kosten des Handels* bleiben solange hoch, wie der Faktor „Mensch“ beteiligt ist. Händler selbst sind hochbezahlt, aber auch Rechts- und IT-Abteilungen sowie die gesamte Konstruktion aus Front-Office

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

(Handel), Middle-Office (Risikomanagement) und Backoffice (Abwicklung).

- Auch die *externen Kosten* sind hoch: Clearing- und Börsengebühren, Brokergebühren, Handelslizenzen, Indexagenturen und weitere Dienstleister generieren Kosten, die jeweils bezogen auf eine Spot-Transaktion sehr hoch sein können.

Im Folgenden daher einige Beispiele, die verdeutlichen, mit welchen Transaktionsvolumina und -beträgen wir es in den jeweiligen Märkten heute zu tun haben:

Tabelle 5: Vergleich von Stromprodukten und ihren Preisen

Markt	Produkt	Volumen	Gesamtbetrag
Termin	Jahresgrundlastvertrag, 10 MW, 30 Euro / MWh, 8.760 Stunden	87.600,000 MWh	2.628.000,00 Euro
Termin	Monatsgrundlastvertrag 10 MW, 30 Euro / MWh, 720 Stunden (bei 30 Tagen)	7.200,000 MWh	216.000,00 Euro
Spot	Day-ahead, 1 MW, 30 Euro / MWh	24,000 MWh	720,00 Euro
Spot	Intraday, 1 Stunde, 30 Euro / MWh	1,000 MWh	30,00 Euro
Regelleistung	1 MW, 15 min, 50 Euro / MWh	0,250 MWh	12,50 Euro
Primärregelleistung	Batteriespeicher, 200 KW, 5 Min., 100 Euro / MWh	0,017 MWh	1,7 Euro
Spot	Intraday handelbar an der EPEX Spot, 0,1 MW 15 Minuten, 24 Euro / MWh	0,025 MWh	0,60 Euro

Die Beispiele am unteren Ende der Tabelle 5 zeigen, dass die Volumina der Intraday-Trades häufig Mikrotransaktionen mit Preisen unter 10 Euro entsprechen, und dass daher irgendwann vom „Faktor Mensch“ (Termin und day-ahead) zu automatisierten Handelsprozessen übergegangen werden muss.

Engpässe managen

Zu den oben diskutierten Trends kommt ein weiterer Faktor hinzu: Bisher haben wir von Transaktionen und Preisen auf dem Großhandelsmarkt gesprochen. Hier stellt der ÜNB mit seiner Regelzone den Dreh- und Angelpunkt von Stromlieferungen dar. Erneuerbare Energien werden jedoch regional eingespeist, deren Erzeugungslast kann jedoch nicht immer beliebig verteilt sein, z.B. wenn in Verteil-

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

netz 1 nur erzeugt und im Verteilnetz 2 nur verbraucht wird und keine direkte Verbindung zwischen ihnen besteht. Dies kann – je nach Region – zu Engpassituationen im übergeordneten Übertragungsnetz zwischen den Verteilnetzen führen.

Ein VNB sollte also das Ziel verfolgen, möglichst viel lokalen Verbrauch durch lokale Erzeugung zu decken. Er muss also wie ein ÜNB im Kleinen agieren, d.h. Mechanismen schaffen, mit denen er auf einen Ausgleich zwischen Erzeugung und Verbrauch hinwirken kann. Verkürzt kann man dies als *Smart-Grid-Prozesse* zusammenfassen. Stand der Technik ist dabei, dass sowohl auf der Erzeugerseite (PV, Wind, Biogas) als auch auf der Verbraucherseite (Industrie, Bürohäuser, Hotels, Privathaushalte) in das jeweilige Lastverhalten eingegriffen wird (Supply Side / Demand Side Management, bzw. Lastverschiebung), um Schwankungen auf der Angebots- oder Bedarfsseite auszugleichen, man spricht hier auch vom Anbieten bzw. Abrufen von *Flexibilität*. Erzeugungsanlagen und Verbraucher werden quasi ferngesteuert, um im lokalen Netz für Ausgleich zu sorgen. Kleinerzeuger und -verbraucher sind in der Regel nicht am Großhandel beteiligt. Sie befinden sich vielmehr innerhalb eines Verteilnetzes, das seine eigenen Anforderungen bzgl. der Laststeuerung hat. Aggregatoren dienen hierbei als Mittler zwischen der Flexibilität kleiner Teilnehmer und dem Bedarf an Regelenergie seitens der ÜNBs. Während der Aggregator gegenüber dem ÜNB Regelenergie anbietet, die aus der gesamten Regelzone des ÜNB und sogar auch aus denen benachbarter ÜNBs stammen kann, hat der VNB das Ziel, lokal zu optimieren. Insofern sollte sich der Erzeuger entscheiden können, in wessen Regime er integriert sein will.

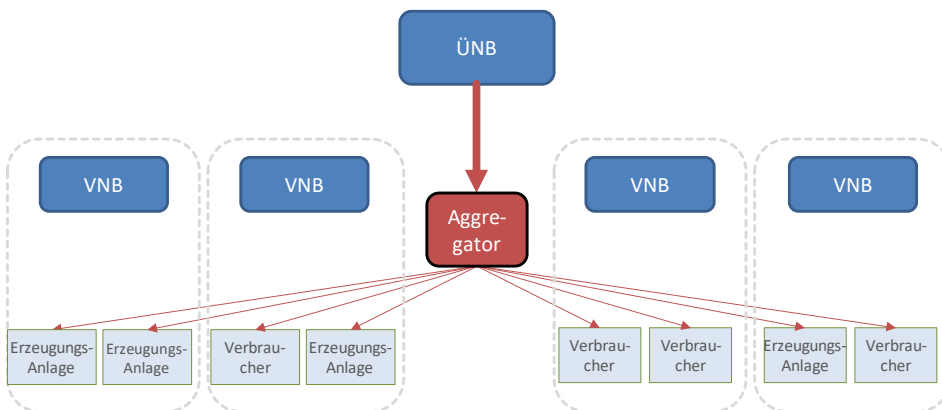


Abbildung 54: Zusammenspiel von ÜNB, VNB, Aggregatoren und Kleinanlagen

Heute ist es für Erzeuger jedoch schwierig, den Aggregator zu wechseln, d.h. frei zu entscheiden, wer sein Transaktionspartner im Netz sein soll. Heute sind auch die

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

Regeln und Protokolle zu Anbindung eines Erzeugers zum Teil noch Aggregatoren-spezifisch. Wenn in Zukunft jedoch – wie heute im Großhandel – auch ein liberalisierter Mikrohandel etabliert ist, dann kann der Kleinerzeuger prinzipiell seine Energie im Verteilnetz darüber hinaus an den Verbraucher verkaufen, mit dem er sich auf einen individuellen Preis einigt.

Dies erfordert also für die noch kleinteiligeren Transaktionen im Verteilnetz eine Infrastruktur mit noch weiter reduzierten Kosten. Flexibilität kann also angeboten oder abgerufen werden, aber wenn das Laden einer Batterie mit 10 kW über 15 Minuten bei 30 Euro / MWh nur noch 7,5 Cent kostet, dann sollten die Transaktionskosten unter einem Cent liegen. Ob dies mit der heutigen Infrastruktur effizient umsetzbar ist, ist fraglich. Es hängt neben dem technischen Fortschritt vor allem von der regulatorischen Vereinfachung der Prozesse ab.

Wenn wir also den Fokus vom ÜNB im Jahr 2018 auf den VNB im Jahr 2030 verschieben und dabei als Szenario annehmen,

- dass die in Deutschland installierte Kapazität zur Stromerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien bei über 300 GW liegt, was mehr als das Dreifache der Verbrauchslast wäre,
- dass ein Teil der Überschussproduktion in Stoßzeiten zwischengespeichert (z.B. mit dann erschwinglichen Batteriespeichersystemen) und als vergleichsweise preiswerte Energie abgegeben werden kann,
- dass dadurch der Spot-Markt zum Hauptumschlagsplatz des Großhandels wird und sich gleichzeitig bis auf wenige Minuten an den Erbringungszeitpunkt herangetastet hat,
- dass im Rahmen des Handelns von Flexibilität auf Smart Markets Mikrotransaktionen in Höhe weniger Cent gang und gäbe sind,

dann können wir uns vorstellen, dass unsere heutigen IT-Systeme und energiewirtschaftlichen Prozesse solchen Anforderungen nicht mehr gewachsen sind. Immer höhere Echtzeitanforderungen, die Notwendigkeit, Softwaresysteme im laufenden Betrieb zu halten und dabei zu aktualisieren, eine Verfügbarkeit von möglichst 100 %, der gleichzeitige Zwang zur Kostensenkung sowie das oberste Ziel der Versorgungssicherheit einzuhalten, erfordert ein Umdenken bei der Planung von IT-Infrastrukturen für den Handel und die Lieferung von Energie.

Wenn auch noch individuelle Prosumenten und Konsumenten Flexibilität anbieten sollen, dann sind auch standardisierte Umsetzungen von Prozessen wie zum Beispiel für den Abruf dieser Flexibilität erforderlich, da jeder Kleinerzeuger bei Abweichung von Standardprozessen nicht zumutbaren Mehraufwand zu tragen hätte. Jeglicher Anpassungsaufwand an regionale Besonderheiten würde nicht nur Kosten

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

bei der Nutzung verursachen, sondern im Zweifelsfall die Versorgungssicherheit gefährden.

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass heute im Energiehandel und bei angrenzenden Prozessen riesige Datenmengen individuell zwischen gewaltigen Datentöpfen hin und her bewegt werden. Viele Datenaustauschbeziehungen zwischen Marktteilnehmern sind immer noch zu stark individualisiert, sodass das Ideal des anfänglich erwähnten Yin-Yang-Yong im europäischen Maßstab bestenfalls teilweise umgesetzt werden kann. Wenn also in Zukunft Mikromengen an Strom zu Mikropreisen echtzeitnah unter Gewährleistung der Versorgungssicherheit gehandelt, ausgetauscht und auch noch bezahlt werden sollen, kann dann die Blockchain eine Rolle spielen?

4.3 Einsatz der Blockchain im Energiehandel

In diesem Abschnitt wollen wir uns nun ansehen, was die Blockchain im Energiehandel verändern kann. Es ist wohl eher eine Frage der Fantasie, vorherzusehen, welchen Verlauf diese Veränderung nehmen wird, aber man kann sich auch vorstellen, dass sich einige Entwicklungen eher kurzfristig einstellen, also in den nächsten 1-2 Jahren, und andere, die eine fundamentale Umstellung bisher praktizierter Prozesse erfordern, eher in 8-10 Jahren zu erwarten sind. Dies hängt zudem sehr stark davon ab, inwieweit auch der Regulator das Thema „Blockchain“ für sich entdeckt und eine Standardisierung seitens der Industrie durchsetzen bzw. beschleunigen kann.

Im Folgenden sollen mögliche Entwicklungen des Blockchain-basierten Energiehandels beschrieben werden, dabei stehen die kurzfristigen am Anfang der Betrachtung und die längerfristigen, spekulativeren am Ende:

- Der *heutige Einsatz der Blockchain* in der Energiebranche besteht noch aus Prototypen und „Proofs of Concept“ – auch wenn die Marketingabteilungen anderes behaupten. Dennoch sind einige Projekte nicht mehr weit von der Produktionsreife entfernt.
- Im *Szenario 2022* steht der klassische Großhandel im Vordergrund. Der Einsatz der Blockchain konzentriert sich hier auf die Optimierung solcher Prozesse, die zum Profil der Blockchain passen. Dies gilt aber möglicherweise nicht für alle Prozesse.
- Das eher visionäre *Szenario 2030* geht unter Preis- und Regulierungsannahmen einen großen Schritt weiter. Die Maxime lautet: „Alles, was automatisierbar ist, ist automatisiert“. Strom wird hier auf allen Netzebenen gehandelt.

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

Diese Szenarien bleiben zunächst abstrakt, im Kapitel 6 folgen dann konkrete Projektbeispiele.

4.3.1 Status quo 2018: Blockchain und Energie

Erste Projekte, bei denen die Blockchain verwendet wird, um Transaktionen in der Energiebranche zu verbuchen, finden sich seit Anfang 2016:

Im März 2016 wurde die Meldung verbreitet, dass die weltweit erste Energiehandelstransaktion über die Blockchain in Brooklyn, New York, stattgefunden hat. Hierbei hat der Besitzer eines Solardaches ein paar Kilowattstunden unter Verwendung eines Smart Contracts auf der Ethereum-Blockchain an einen Nachbarn verkauft. Dies geschah im Rahmen des Brooklyn-Microgrid⁸², welches quasi als Urknall zu einem weltweiten Echo in Form von P2P-Projekten führte, die den Handel zwischen Prosumenten und Konsumenten in der Nachbarschaft fördern wollen. Allein in Deutschland dürften seit 2016 an die 100 solcher Projekte initiiert worden sein.

Das Beispiel „Brooklyn Microgrid“ zeigt exemplarisch, wie ein Smart Contract verwendet wird, um eine Lieferung unter Nachbarn auszulösen, inhaltlich also eher im „Szenario 2030“ zu verorten. Als Einmal-Transaktion ist dies jedoch noch ein etwas beliebiger Prozess, er sollte eher als Marketing-Ereignis des Unternehmens verstanden werden – stellvertretend für viele solcher Projekte, die sich mit dem Einsatz der Blockchain im Energiehandel beschäftigen.

Ein anderes Projekt kommt aus Deutschland: Innogy strebt zusammen mit Partnern aus der Energie- und Automobilbranche eine Standardisierung der Ladeinfrastruktur auf Basis der Blockchain-Technologie an, um im Bereich Elektroautos ein Zahlungsverfahren zu verwenden, das Ladetransaktionen an öffentlichen Ladestationen für Elektrofahrzeuge abrechenbar macht. Hierzu wird eine Recheneinheit verwendet, die verschiedene Anbieter von Ladestrom unterstützen, um Fahrern von Elektroautos eine einheitliche Bezahlung zu ermöglichen. Innogys System basiert zunächst noch auf Ethereum Smart Contracts, mit dem Ausrollen für einen möglichen Massenbetrieb ist jedoch eine performantere Technologie für die B2B-Integration erforderlich, die vor allem bzgl. der Transaktionskosten preiswerter ist.

Der ÜNB TenneT und der Batteriehersteller Sonnen bzw. die Besitzer von PV-Anlagen kooperieren mit dem Ziel, das Übertragungsnetz der TenneT zu entlasten. Dies erfolgt in Engpasssituationen durch gegensätzliches Steuern der Batteriespeicher im Norden und im Süden. Wenn sich auf der Nord-Süd-Trasse des Übertragungsnetzes ein Engpass bildet (hohe Produktion im Norden – hohe Last im Sü-

⁸² www.brooklynmicrogrid.com

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

den), dann sollen die Batterien im Norden Strom absorbieren und die im Süden ihn ausspeisen. Der Effekt ist quasi ein virtuelles „Tunneln“ der Lieferung über die Batterien der jeweiligen Regionen.

Ein weiteres Projekt, das 2019 vor dem Go-Live steht, ist Enerchain, auf das ich natürlich ganz persönlich stolz bin, denn es ist mein persönliches „Brainchild“. Enerchain ist ein dezentraler Marktplatz für den Energiegroßhandel auf Blockchain-Basis. Später mehr dazu im Kapitel 6.1.

4.3.2 Szenario 2022: Evolutionärer Einsatz der Blockchain

Kurzfristig kann man sich vorstellen, dass die aktuellen, eingefahrenen Prozesse im Rahmen des Energiehandels durch die Blockchain eher unterstützt als abgelöst werden (evolutionärer Ansatz). Das Gesamtgefüge des Marktes aus Abbildung 51 ändert sich also zunächst nicht, aber die Silobildung und der individuelle Datenaustausch könnte durch die Blockchain abgelöst oder zumindest durch Datensynchronisierung verbessert werden.

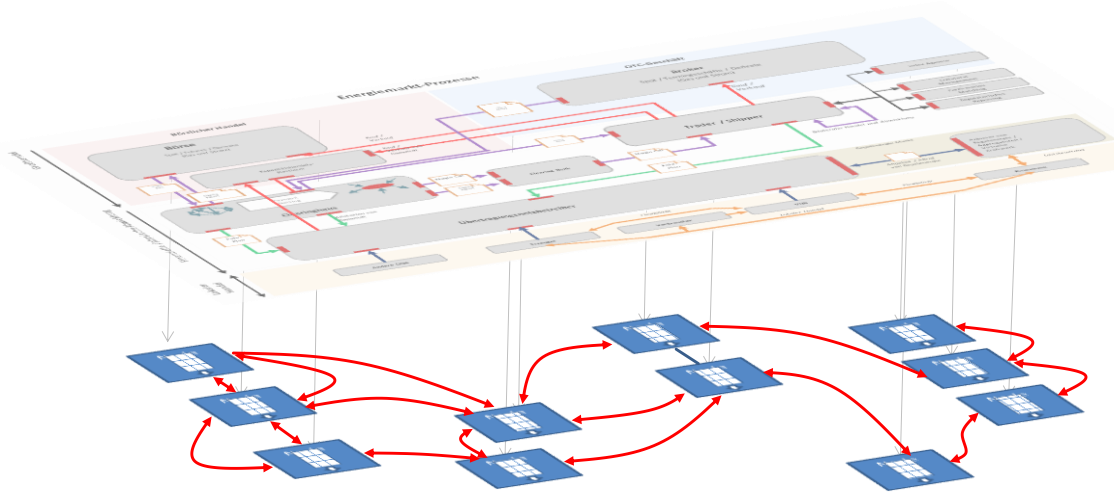


Abbildung 55: Blockchain zur Unterstützung traditioneller Energiehandelsprozesse

Ein erster Schritt kann also die Nutzung der Blockchain als Kommunikationskanal sein. Hier bleiben alle Markttrollen erhalten, Händler handeln mit Händlern, Broker und Börsen stehen als Plattformen zur Verfügung und Netzbetreiber nehmen Fahrplandaten entgegen.

Wesentliche Spieler im System betreiben einen Knoten, dies können Händler, Plattformbetreiber, Netzbetreiber, IT-Dienstleister oder sonstige Dritte sein. Auf jeden Fall dürfte es sich um eine permissioned Blockchain handeln, deren Kommunikati-

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

on zwischen Knoten einerseits (zur Datensynchronisierung, horizontal in Abbildung 55) und zwischen Teilnehmern und Knoten andererseits (vertikal) gesichert ist.

Der wichtigste Effekt der Blockchain ist hier zunächst die Standardisierung. Sollte es nur eine Blockchain auf dem ganzen Kontinent geben, müssten alle Teilnehmer Daten im exakt gleichen Format schreiben oder lesen – eine perfekte Umsetzung des „Yin-Yang-Yong“. Fanden zuvor P2P-Prozesse auf der Anwendungsebene statt, so „reden“ im Blockchain-Zeitalter fachliche Prozesse nicht mehr direkt miteinander, sondern über einen *Client Adapter*, der fachliche Prozesszustände und Daten auf die Blockchain als Transportcontainer abbildet. „Unten“ zur Blockchain hin unterstützt der Adapter eine technische Schnittstelle und nach „oben“ zur Applikation hin eine fachliche. Die Blockchain wird also als Container bzw. Transportvehikel benutzt, um Daten zu verbreiten – ganz im Sinne des Profils der B2B-Integration auf Basis der 1:N-Kommunikation.

Findet ein Trade – z.B. über die Enerchain-Infrastruktur – statt, so sind seine Daten für alle sichtbar in der Blockchain veröffentlicht. Diese „goldene Kopie“ bildet den Ausgangspunkt für eine Vielzahl nachgelagerter Prozesse, die sich nicht mehr untereinander synchronisieren müssen, sondern nur gegenüber der „Datenwahrheit“ in der Blockchain. Dies erspart die Datensynchronisation aller Marktteilnehmer mit allen anderen und reduziert sie auf eine Synchronisation mit der Blockchain.

Fahrplanversand: Entsprechend kann man sich vorstellen, dass z.B. ein Händler, der einen Fahrplan an einen ÜNB schickt, diesen in die Blockchain schreibt und der ÜNB, der selbst einen Knoten betreibt, diese Daten ausliest. Sein Adapter liefert ihm dabei lediglich die Daten, die für ihn auch relevant sind, also Fahrpläne für seine Regelzone.

Ähnlich kann man sich weiterhin vorstellen, dass eine Börse Transaktionsdaten an ein Clearinghaus schickt oder auch ein Broker im Rahmen des weiter oben erwähnten OTC-Clearing.

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

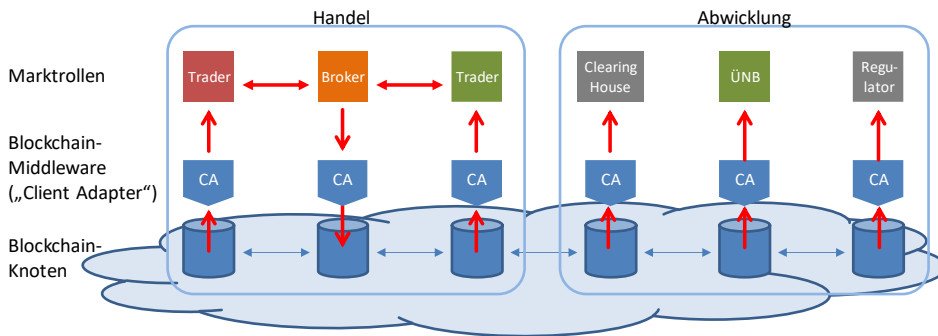


Abbildung 56: Evolutionärer Einsatz der Blockchain

Mit der linken Hälfte der Abbildung 56 ist also „nur“ eine Standardisierung der Datenkommunikation im Rahmen des Handels und die Ablage der goldenen Kopie erreicht. Die rechte Hälfte fügt weitere Prozesse der Abwicklung hinzu, indem zusätzliche Datenempfänger an die Blockchain angebunden werden, ohne dass dies signifikanten Aufwand für die Marktteilnehmer bedeuten würde.

Anfangs wurde erwähnt, dass sich Index-Agenturen darauf spezialisiert haben, Marktpreise für bestimmte gehandelte Produkte zu ermitteln und Händlern zur Verfügung zu stellen. Stellvertreter sind hier Bloomberg und Thomson-Reuters als bekanntere Vertreter bzw. Platts, Heren und Argus als Spezialisten im Energiehandel. Während Preise für liquide Produkte wie z.B. Strom-Grundlast für das Jahr 2020 von vielen Börsen und Brokern veröffentlicht werden, spezialisieren sich die Index-Agenturen auch auf weniger liquide wie z.B. Grundlast in Kroatien. Dazu fragen sie zu bestimmten Uhrzeiten bei Händlern – teilweise telefonisch – ab, zu welchen Preisen Produkte gehandelt wurden. Mit Hilfe von Durchschnittsbildung und Glättungsfunktionen entsteht daraus ein täglicher oder wöchentlicher Indexwert, der allerdings häufig wenig belastbare Stützstellen besitzt. Dieser wird veröffentlicht und steht Händlern und Marktplätzen zur Verfügung, um auf dieser Basis Derivate zu handeln.

Auch hier gilt: Was in der Blockchain steht, kann durch diverse Parteien als Datenbasis für spätere Transformationsschritte verwendet werden. Insofern wird jeder Händler in die Lage versetzt, nach einer Standardformel den Index für bestimmte Produkte aus der für alle Teilnehmer gleichen Datenbasis selbst abzuleiten. Index-Agenturen haben den Ruf, für Händler recht kostspielig zu sein, da sie die Daten, die sie eben noch von den Händlern abgerufen haben, einen Augenblick später für viel Geld an diese wieder zurückverkaufen. In der Blockchain-Welt kann man sich vorstellen, dass Preisindex-Informationen, die in die Blockchain geschrieben wur-

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

den, auch anderen Marktteilnehmern zur Verfügung stehen. Zudem ließe sich so die Immutabilität der Blockchain ideal nutzen.

Auch der Regulator kann als Nutzer der Blockchain einbezogen werden. Er würde lediglich auf einen Knoten zugreifen und quasi in Echtzeit – jedenfalls verglichen mit der heutigen 24-stündigen Verzögerung – Transaktionsdaten erhalten. Dies erfordert keinen Mehraufwand bei den berichtspflichtigen Händlern. Und ein ambitionierter Regulator, der mit Echtzeit-Software zur Börsenüberwachung das Handelsgeschehen verfolgt, kann dies nun tatsächlich in Echtzeit erreichen, und nicht durch Nutzen einer „Replay“-Funktion am Folgetag. Wenn also alle, die heute an den Regulator Transaktionsdaten berichten müssen (Händler, Börsen, Broker), diese in die Blockchain schreiben, dann ist nichts weiter zu unternehmen, als den Regulator an die Blockchain anzubinden.

Was sind bei diesem evolutionären Ansatz nun die spezifischen Anforderungen an die Blockchain?

Tabelle 6: Anforderungen an die Blockchain im evolutionären Szenario

Blockchain-Aspekt	Anforderung
Verfügbarkeit	Im Rahmen der heute üblichen Praxis, sollte ein ausgefallener Knoten binnen weniger Minuten wieder funktionsfähig sein, bzw. es sollte binnen wenigen Sekunden eine Verbindung zu einem Ausweichknoten hergestellt werden können. Eine Konsortial-Blockchain sollte folglich mit 7 oder 10 Knoten auskommen, um sich 100% Verfügbarkeit anzunähern.
Immutabilität	Für einige Prozesse des Handels ist es nützlich, wenn daraus entstehende Trade-Daten unveränderlich in die Blockchain geschrieben werden. Spätere Abwicklungsprozesse leiten sich dann aus diesen Daten ab. Bei anderen Prozessen, wie z.B. der Fahrplananmeldung verlieren die Daten nach einigen Tagen an Bedeutung. Da diese zusätzlich in den Anwendungssystemen gehalten werden, wäre es nützlich, wenn die Historie für diese Daten abgeschnitten werden könnte.
Durchsatz	Das System sollte in der Lage sein, bei Lastschüben einige hundert Transaktionen pro Sekunde durchzusetzen. Hochlast-Szenarien mit weit über 1.000 Transaktionen sollten durch IoT-orientierte oder durch hierarchisierte Blockchains gelöst werden.
Blockzeit	Aufgrund des evolutionären Charakters reicht es für die meisten Prozesse, wenn die Blockzeit bei 5-10 Sekunden liegt, da aktuelle Prozesse heute erheblich langsamer sind. Lediglich beim Energiehandel ist eine Blockzeit von einer Sekunde sinnvoll, um sich dem Echtzeitcharakter des Handels anzunähern.
Trustlessness	Wenn nur ein Teil der Marktteilnehmer Knoten betreibt, dann muss sichergestellt sein, dass diese Marktteilnehmer keine Möglichkeit der

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

Blockchain-Aspekt	Anforderung
	Dateneinsicht und der Manipulation von Prozessen anderer haben.
Datenvolumen	Wenn man das heutige Datenvolumen des REMIT-Reporting als Schätzgrundlage verwendet, dann dürfte das monatliche Datenvolumen in der Größenordnung von Terabytes liegen.
Smart Contracts	Diese sind bei der B2B-Integration angesichts des Datenvolumens und der Standardisierung der Prozesse die falsche Wahl. Außerdem ist ein wohlorganisiertes, effizienteres Update der Softwarelogik erforderlich.
Proof-of-Work	Nicht erforderlich, eher PoA durch die Knotenbetreiber.
Transparenz	Wichtig: Bestimmte Daten einer Transaktion dürfen nur autorisierten Nutzern zugänglich sein. Es ist zu klären, ob dies auf Ebene der Blockchain oder der Anwendungsebene bestimmt werden kann.
Anonymität / Pseudonymität	Da Händler im Wettbewerb stehen, ist gegenseitiger Schutz vor Dateneinsicht und Identifizierung anderer Marktakteure zwingend. Andererseits sind ausgewählte Teilnehmer (ÜNBs, Regulatoren) in die Lage zu versetzen, Teilnehmer zu identifizieren. Es gilt hier die oben beschriebene Anforderung der Anonymisierung mit Möglichkeit der Offenlegung durch autorisierte Teilnehmer.
Token-Währung / Zahlungsverfahren	Bei kleinspreisigen Handelsgeschäften sinnvoll, Nutzung von Guthabenkonten für die instantane Zahlungsabwicklung.

Es muss nicht immer Blockchain sein...

Neben aller Euphorie zur „Blockchainifizierung“ der Energiewelt sollte man im Auge behalten, dass es auch Prozesse gibt, bei denen die Blockchain nicht erforderlich ist, z.B. weil Daten nur bilateral ausgetauscht werden, d.h. bei denen Dritte keinen Zugriff haben sollen. Wenn aber auf diese Weise das Prinzip „Publizieren in die Blockchain“ ad absurdum geführt wird, dann sollte man besser prüfen, ob eine Lösung mit Punkt-zu-Punkt-Kommunikation sinnvoller ist:

OTC-Settlement. Hierbei geht es um das bilaterale Abrechnen von Stromlieferungen. Händler A stellt Händler B eine Liste von Lieferungen in Rechnung, und Händler B erwartet von Händler A genau diese Positionen in der Rechnung, denn B weiß als Gegenpartei bei jedem dieser Handelsgeschäfte, welche Beträge zu Zahlen sind. Im Idealfall passen die Daten beider Parteien exakt zusammen. Im nicht ganz so idealen Fall müssen die Parteien in langwierigen, manuellen Prozessen versuchen, die Fehler und Diskrepanzen aufzustöbern, was diesen Prozess der Abrechnungsvorbereitung äußerst ineffizient macht.

Wie kann hierbei nun die Blockchain helfen? Sicherlich nicht als Datenaustauschkanal, denn dies klappt viel einfacher per 1:1-Kommunikation über eines der gän-

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

gigen Protokolle AS2, AS4, oder ebXML. Könnte aber ein Smart Contract die Rechnungspositionen synchron halten? Dazu müsste diese von beiden Parteien an den Smart Contract geliefert werden, um durch ihn abgeglichen zu werden. Dabei treffen die Positionen von Partei A zuerst ein und werden im Smart Contract zwischengespeichert, bis die von Partei B eintreffen. Anschließend verrichtet der Smart Contract seine Arbeit. Aber halt! Zwischenspeichern? Das kann nur verschlüsselt erfolgen. Ein Ethereum Smart Contract legt jedoch Daten unverschlüsselt in der Blockchain ab, und selbst wenn das realisiert wäre, würden sich die Daten unverschlüsselt im Hauptspeicher befinden – und dieser steht interessierten Parteien wiederum dank der einschlägigen Hardware-Bugs offen wie ein Scheunentor. Wird der Knoten durch einen Dritten (z.B. einen anderen Marktteilnehmer) gehostet, dann könnte dieser also seine Mitbewerber ausspionieren.

Wenn aber als Ergebnis des Energiehandels die Trade-Daten als „goldene Kopie“ bereits auf der Blockchain stehen und sich die Settlement-Daten daraus so ableiten lassen, dass jeder Marktteilnehmer mit dieser goldenen Kopie synchronisiert ist, dann ist er auch automatisch mit jeder Gegenpartei synchronisiert, d.h. er benötigt dafür keine zusätzliche Logik mehr (dabei ist es im Übrigen egal, ob diese in einem Smart Contract gekapselt oder herkömmlich implementiert ist).

Summa Summarum scheint also für die gegenseitige Abrechnung im Kern ein 1:1-Prozess sinnvoller über eine 1:1-Kommunikationsinfrastruktur umgesetzt zu werden als einer 1:N-Kommunikation (Blockchain) künstlich eine weitere Ebene der Bilateralisierung aufzupropfen, die das Prinzip „Blockchain“ obsolet macht. Dennoch müssen die Parteien nicht bilateral prüfen, ob sie über den gleichen Datenbestand verfügen, wenn sie dies unilateral gegenüber der Blockchain feststellen können. *Hierfür* macht die Blockchain wiederum Sinn als Träger der gemeinsamen Wahrheit. Es sind also sehr feine Details, welche die rote Linie zwischen „Blockchain“ oder „nicht Blockchain“ ausmachen.

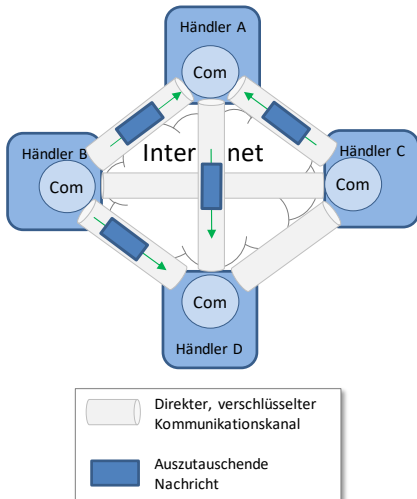
Ähnlich verhält es sich beim *Confirmation Matching*: Früher wurden Handelsbestätigungen 1:1 zwischen Händlern ausgetauscht, die Logik zum Abgleichen befand sich lokal bei jedem Händler – gekapselt in einer sogenannten EFET-Box. Auch diese Daten gehen eine dritte Partei nichts an. Über die Blockchain müssten sie ebenfalls durch einen 1:1-Kanal zwischen den beiden Vertragsparteien getunnelt werden. Wenn aber auch hier nicht einmal ein Teil der Daten an die Öffentlichkeit weitergegeben werden soll – warum dann die Blockchain einsetzen? Tatsächlich war es sogar angesichts einer immer weiter wachsenden Teilnehmerzahl effizienter, den Prozess zu zentralisieren, da der zentrale Betreiber hierbei vertrauenswürdig ist.

Abbildung 57 zeigt die herkömmliche und die Blockchain-basierte Möglichkeit zur 1:1-Kommunikation. Entsprechend der linken Grafik werden einfach Daten über

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

ein klassisches B2B-Protokoll (wie z.B. AS1, AS2, AS4, ebXML) über das Internet gesendet, während rechts eine 1:N-Kommunikation stattfindet, bei der jedoch der Sender die Daten für einen intendierten Empfänger verschlüsselt. Knotenbetreiber bzw. andere Teilnehmer können diese Daten zwar in verschlüsselter Form sehen, sie nützen ihnen jedoch nichts. Da nur die beiden Beteiligten die Daten verarbeiten können, kann man durchaus auf die Nutzung der Blockchain verzichten.

1:1-Kommunikation über das Internet



1:1-Kommunikation über die Blockchain

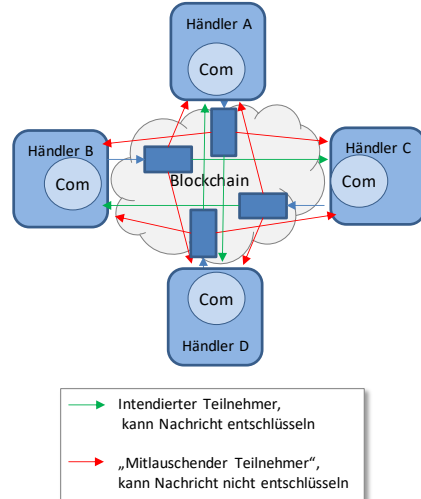


Abbildung 57: Manchmal ist 1:1-Kommunikation die bessere Wahl

Disruptive Auswirkung auf die physische Abwicklung von Handelstransaktionen

Das evolutionäre Szenario geht noch von unveränderten Daten und Prozessen zwischen den Teilnehmern aus – wir verfolgten hier einen Top-down-Ansatz, bei dem die Anwendung den Einsatz der Blockchain dominiert.

Wenn man aber die dargestellten Energiehandelsprozesse aus der Perspektive der Blockchain betrachtet, dann macht es entsprechend der Fahrstuhlfahrt aus Abbildung 1 viel mehr Sinn „bottom-up“ zu denken, d.h. inhärente Eigenschaften der Blockchain zu nutzen, um auf der Anwendungsebene einen Mehrwert zu generieren. Wie in vielen anderen Branchen auch, kann dieser Mehrwert nicht nur quantitativ (z.B. durch die Beschleunigung von Prozessen), sondern auch qualitativ sein (z.B. durch Verzicht auf bestimmte Marktrollen), indem er die Rolle einzelner Teilnehmer in Frage stellt. Doch zunächst eine weniger disruptive Variante:

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

Fahrplananmeldung 2.0?

Die Tatsache, dass alle Nutzer der Blockchain alle Daten erhalten, lässt einen Prozess wie die Fahrplananmeldung im Blockchain-Zeitalter etwas veraltet wirken. Wie funktioniert dies heute genau? Ein Händler, der einen Fahrplan erstellt, greift alle 15 Minuten auf sein Portfolio – also seinen Bestand an Handelstransaktionen – zu und filtert diesen nach Liefertag und ÜNB. So erhält er alle Handelstransaktionen, deren Lieferung sich auf den Tag beziehen, für den ein Fahrplan erstellt werden soll. Aus diesen Transaktionen ermittelt der Händler durch Saldieren der Liefermengen nach 15-Minuten-Intervallen eine Zeitreihe, die seiner Netto-Lieferung in die Regelzone des ÜNBs entspricht. Diesen Fahrplan übermittelt er an den ÜNB, der seinerseits prüft, ob alle Handelspartner aus ihrer Perspektive zu den gleichen Ergebnissen gekommen sind. Wenn dies der Fall ist, bestätigt der ÜNB den Händlern die Korrektheit. Alle 15 Minuten wird dieser Prozess wiederholt. Auch Erzeugungs- oder Verbrauchsprognosen werden im Vorwege in diesem Format versendet.

Aus Blockchain-Sicht gäbe es hier einiges zu vereinfachen: Warum soll der Händler immer wieder mit viel Aufwand alle 15 Minuten einen Selektions-, Saldierungs- und Datenaustausch-Prozess durchführen? Geht es auch anders, also Blockchain-affiner?

Dazu müssen wir nur nach Großbritannien schauen. Der britische Stromnetzbetreiber Elexon hat folgendes Verfahren entwickelt: Sobald zwei Händler eine Transaktion durchgeführt haben, meldet einer der beiden (der sog. ECVNA-Agent, Energy Contract Volume Notification Agent) die Schlüsseldaten der Transaktion an eine Stelle des ÜNB (den ECVA – Energy Contract Volume Aggregation Agent). Gleiches gilt für alle Modifikationen oder Stornierungen von Lieferungen. Dieses Melden beginnt mit Termin- und endet mit Spotgeschäften. Der ECVA hat auf diese Weise bereits zum frühestmöglichen Zeitpunkt alle Informationen über die erwartete Last auf der Erzeugungs- und Verbrauchsseite verfügbar. Mit jeder gemeldeten Transaktion verändert sich dieses Bild und präzisiert sich angesichts der neuen Liefermenge. Der ÜNB führt selbst das Saldieren durch und kann sich die Liefermengen der Marktteilnehmer eines Tages, verteilt über die 15-Minutenintervalle, somit selbst ableiten.

Wenn nun aber Händler ihre Trade-Daten in der Blockchain speichern, und der ÜNB ebenfalls auf der Blockchain lauscht, dann ist der Nominierungsprozess hiermit bereits erledigt. Die Blockchain würde hier helfen, einen Prozess zu entschlacken, der heute mit einem hohen Aufwand an Sorgfalt und Kosten die IT-Budgets diverser Händler und ÜNBs belastet.

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

Disruptive Auswirkung auf die finanzielle Abwicklung

Viele Blockchain-Projekte im Fintech-Bereich beschäftigen sich mit den Auswirkungen der Blockchain auf Clearinghäuser. Es gibt inzwischen diverse Clearinghäuser, die sich mit dem Thema befassen, um besser zu verstehen, ob und wie genau ihre Existenz bedroht ist.

Lesenswert ist hier das Papier der Unternehmensberatung Oliver Wyman und der Euroclear [Euro16]. Durch die Einführung von dedizierten Blockchains für die Asset-Seite (hier: Lieferverpflichtung für Strom) und für das Zahlungsmittel (Euro bzw. eine spezielle Handelswährung) lassen sich aus dem komplexen Geflecht im Finanzhandel diverse Dienstleister herauskürzen, insbesondere kommen die Autoren zu dem Ergebnis, dass „no central clearing for real-time cash transactions“ erforderlich sei. Insbesondere zur Rolle des CCP bei Spot-Transaktionen schreiben die Autoren:

„In a near real-time asset transaction settled for cash, there is no longer a need to clear the transaction centrally (as both sides have pre-trade transparency that their counterpart will be able to meet the terms of the transaction, and settlement happens almost instantly). However, transactions with a longer lifecycle (such as derivatives) still need the advantages of CCP novation to achieve netting benefits and reduced future counterparty credit risk (replacement risk)“
[Euro16, S. 13].

Die Rolle des Clearinghauses im Energiehandel wurde bereits beschrieben, ebenso der Einfluss der Blockchain auf die physische Abwicklung von Geschäften. Wenn also eine Börse, wie oben beschrieben, ihre Transaktionsdaten bereits aus Gründen des regulatorischen Berichtswesens in die Blockchain schreibt, dann stehen sie auch gleichzeitig dem ÜNB zur Verfügung. Dieser Teil der Aufgaben eines Clearinghauses (physische Abwicklung) ist also bereits anderweitig optimiert.

Was die finanzielle Seite der Abwicklung – das Payment Netting – betrifft, ist die sternförmige Abrechnung zwischen CCP und Händlern ja gerade das Ergebnis einer Optimierung – wie lässt sich hier also die Blockchain einsetzen?

Da sich die meisten Blockchains mit einer Token-Währung ausstatten lassen, ist es kein großer Schritt, diese auch in die Abwicklung von Handelstransaktionen einzu beziehen. Oder man könnte alternativ die Kopie einer bestehenden Kryptowährung wie Bitcoin exklusiv für den Energiehandel nutzen, aber ist es wirklich erforderlich, eine Währung mit freiem Wechselkurs zu nutzen? Solange der Energiehandel in

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

Euro denominiert ist, reicht folglich ein Kontensystem, bei dem mit einer Handels- transaktion implizit auch ein Zahlungsbetrag gebucht wird – ähnlich einer Bitcoin- Transaktion. Marktteilnehmer müssen sich dazu mit einer entsprechenden Liquidität (zur Transaktionskassenhaltung) eindecken, sodass sie anschließend ihre Handels- geschäfte durchführen können.

Wenn also eine Spot-Energielieferung sofort verrechnet wird, und diese Verrechnung maximal Cent-Beträge kostet, dann dreht sich der Vorteil des Payment Netting wieder um: Für einen Händler ist die Nutzung der Blockchain mit Kontensystem günstiger und zuverlässiger aufgrund der sofortigen Buchung („instantaneous settlement“) – Bezahlen ist quasi ein Seiteneffekt.

Allerdings besteht auch ein großer Nachteil in dieser Lösung: Die Transaktionskassen eines jeden Händlers muss für unerwartet große Geschäfte ausreichen, der Worst Case definiert also die erforderliche Liquidität. Würden nämlich im Falle eines solchen Geschäfts zunächst Euros aus der klassischen Bankenwelt auf das Transaktionskonto transferiert werden müssen, ist der Liefertag für die Energie möglicherweise schon verstrichen – es dauert einfach zu lange. Es ist aber genauso wenig effizient, ständig einen zu hohen Betrag auf dem Guthabenkonto der Blockchain zu parken, denn diese Liquidität stünde für andere Transaktionen des Unternehmens nicht mehr zur Verfügung – der Händler könnte das Geld viel sinnvoller für andere Zwecke verwenden.

An dieser Stelle kann man sich vorstellen, dass die Dienstleistung einer Bank zur Handelsfinanzierung durch die Hintertür wieder ins Spiel kommt (das Clearinghaus ist im Übrigen selbst eine Bank). Während Händler heute Sicherheiten beim Clearinghaus hinterlegen, um sich gegenseitig gegen ausfallende Handelspartner zu schützen, so würden sie im Szenario der P2P-Bezahlung eine Kreditlinie der Bank in Anspruch nehmen, die ebenfalls durch Anlagegüter besichert ist. Dennoch wären seitens der Bank nicht Abwicklungsgebühren für jede einzelne Handelstransaktion abzurechnen, sondern für die Bereitstellung liquider Mittel. Außerdem wäre dieses Geschäft ein ganz normales Geschäftsmodell für Banken, d.h. eine Branchenspezialisierung wäre möglicherweise nicht mehr erforderlich.

Entsprechend sieht das etwas disruptivere Bild der beteiligten Markttrollen aus: Neben Händlern und Marktplätzen bleiben noch ÜNBs und Regulatoren als natürliche Monopole, die faktisch oder qua Gesetz nicht wegoptimiert werden können.

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

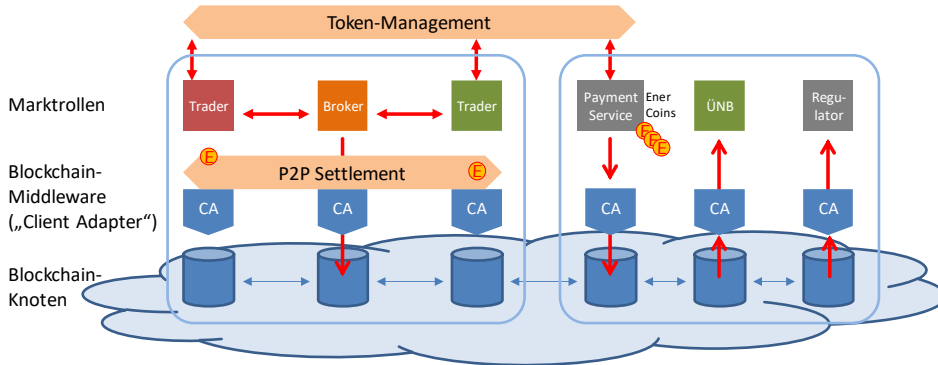


Abbildung 58: Vom Clearinghaus zum Finanzier

Eine offene Frage bleibt jedoch: Wie können sich die Marktteilnehmer gegen den Ausfall von Handelspartnern absichern? Wenn das Clearinghaus nicht mehr als Marktteilnehmer einspringen kann, werden dann alle Gegenparteien, die Forderungen gegenüber der Ausgefallenen haben, ebenfalls in den Orkus gezogen? Oder greift hier eine Versicherungslösung? Dies sind Aspekte, für die die Blockchain-Community in Zukunft noch eine Lösung finden muss, die mindestens so effizient ist wie die aktuelle.

Disruptive Auswirkung auf den Handel: Peer-to-Peer Trading ohne Broker

Man könnte schließlich einwenden, dass ein P2P-Marktplatz niemals die Geschwindigkeit und Transaktionsrate eines zentralisierten Brokersystems erreichen kann. Dies ist richtig, da beispielsweise im Hochfrequenzhandel Transaktionen im Takt weniger Mikrosekunden zustande kommen. Aber ist dies denn wirklich erforderlich im Energiehandel? Solange ein paar Sekunden ausreichen, um eine Order einzustellen, auf der Trading-Screen eines Händlers anzuzeigen und durch Klicken das Geschäft zu bestätigen, befinden wir uns noch auf sicherem Terrain für den Blockchain-basierten Handel, z.B. mit einer Blockzeit von einer Sekunde.

Vergleicht man die Marktliquidität des Energiehandels mit den Hochfrequenzbörsen anderer Asset-Klassen wie Aktien, Zinsprodukte, Währungsgeschäften und die entsprechenden Derivate, dann liegen wir dort bei tausenden von Transaktionen pro Sekunde, während wir bei den liquideren Marktplätzen im Spothandel für Stromprodukte eher bei 30.000 bis 50.000 Transaktionen am Tag liegen. Wenn jede Sekunde ein Trade durchgeführt wird, dann sind nach acht bis vierzehn Stunden alle Trades ausgeführt und die Börse kann sich für den Rest des Tages wieder schlafen legen. Für ein einzelnes Produkt wie z.B. „15 Min von 18:00 bis 18:15 mit Lieferung in die Regelzone 50Hertz“ kann es vielleicht nur zehn bis hundert Trades

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

geben – in der Regel in einem Zeitraum von 15 Minuten – also eigentlich eine recht entspannte Veranstaltung. Und dann sind da noch die wirklich schwach liquiden Produkte wie z.B. ein Grundlastvertrag für Gas mit Lieferung drei Jahren in der Zukunft auf dem belgischen Markt. Hier gibt es möglicherweise nur maximal 10 Transaktionen am Tag.

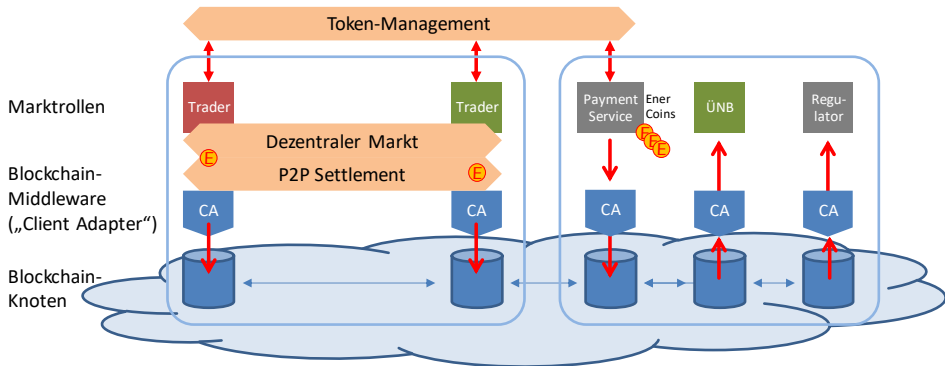


Abbildung 59: OTC-Energiehandel ohne Broker

4.4 Szenario 2030: Ein perfekter Energiemarkt?

Wenn wir den Blick auf das Jahr 2030 richten, was wäre dann das Maximum an Optimierung, das wir uns vorstellen können? Wie sich gleich zeigen wird, beschäftigen wir uns aus zwei Gründen dabei nur peripher mit der Blockchain-Technologie: Erstens, weil der Begriff „Blockchain“ im Jahr 2030 wohl nicht mehr verwendet wird – ähnlich wie wir heute Begriffe wie z.B. „Datenkommunikation“ gerade wegen der Omnipräsenz dieser Netze nicht mehr verwenden – und zweitens, weil das Szenario im Kern eine Anforderungsanalyse ist, aus der später abgeleitet werden kann, wie denn die Blockchain für den Energiehandel der Zukunft gestaltet sein sollte. Das Szenario dient hier im Buch ebenfalls auch als Anforderungsanalyse für das Kapitel 6, in dem Projektbeispiele beschrieben werden.

Das Szenario 2030 ist zugegebenermaßen sehr visionär, aber das Schöne hierbei ist, dass über einen absehbaren Zeitraum niemand den Gegenbeweis antreten kann. Also wird an dieser Stelle einmal den Gedanken freier Lauf gelassen – daher bitte nicht Anstoß nehmen an Preisen, Mengen und anderen Quantisierungen, die sich sicherlich in der Realität etwas anders materialisieren könnten als hier beschrieben.

Bisher ist man bei der Stromlieferung davon ausgegangen, dass seine Verteilung wie auf einer Kupferplatte stattfindet – ohne Kapazitätseinschränkung. Es können von jedem Ort der Platte an jeden anderen so viele Elektronen fließen, wie erzeugt bzw.

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

verbraucht werden. Der Handel nimmt dabei nur die Lieferung zwischen Quellen und Senken planerisch vorweg.

Wenn jedoch die Erzeugungsleistung stark schwankt, z.B. durch einen hohen Solaranteil in süddeutschen Verteilnetzen oder durch einen ebenfalls volatilen, hohen Windanteil in den norddeutschen Netzen, dann tritt neben der dem Handel entsprechenden, vorhergesehenen Produktion eine nicht vorhergesehene hinzu. In der Summe führen diese Schwankungen die Netze an ihre Kapazitätsgrenzen.

Historisch ist man bei privaten oder auch typischen industriellen Verbrauchern von sog. Standardlastprofilen ausgegangen, die einen Durchschnittshaushalt modellierten, und hat entsprechende Kapazitätsreserven für Ausreißer im Verbrauch vorgesehen. Historisch war also die Versorgung von Regionen planbar, die Erzeugung fand in den Hoch- und Höchstspannungsnetzen statt, und der Verbrauch in den Ebenen darunter. Historisch hat der Handel einfach nur das Liefervolumen vorweggenommen, das am Ende dem physischen Fluss zwischen Kraftwerken und Verbrauchern fließt – was also keine substantielle Anpassung von Teilnehmern und Netzen erfordert.

Was ist heute – und noch viel mehr in Zukunft – anders als in der alten Zeit der einseitigen Versorgung? Wofür bezahlen wir heute in Deutschland 10-12 Cent mehr pro kWh als in unseren Nachbarländern (dies sind immerhin über 50 Mrd. Euro im Jahr!)?

Das Netz der Zukunft stellt diverse historische Prozesse auf den Kopf, wir nehmen dazu für das Jahr 2030 in Deutschland an:

- *Die Erzeugung findet in den unteren Netzebenen statt*, hierbei handelt es sich um erneuerbare Energiequellen wie Wind, PV und Biogas. 50 % der Erzeugung stammt 2030 aus diesen Quellen, im Jahr 2050 sollen es in Deutschland sogar 80 % sein. Österreich tritt sogar noch stärker aufs Gaspedal: Schon bis 2030 sollen 100 % erreicht werden⁸³.
- *Die Erzeugung ist nicht planbar*. Sie ist im Wesentlichen wetterabhängig und dadurch Einflussfaktoren ausgesetzt, die aufgrund der hohen Erzeugungsvolatilität eine ständige Feinjustierung erforderlich macht. Dies beginnt mit unerwarteter lokaler Verschattung oder schwer prognostizierbaren Tiefausläufern, über Wetterprognosen des Vortags, die sich als falsch erweisen für eine Region bis hin zu warmen oder kalten Wintern mit längeren oder kürzeren Flaute-Wochen.

⁸³ Studie Stromzukunft:

<https://www.igwindkraft.at/mmedia/download/2017.07.10/1499698755049626.pdf>

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

- *Der Verbrauch folgt der Erzeugung:* Wenn die Erzeugung hochvolatil ist, muss sich die Abnahme von Strom entsprechend flexibilisieren. Dies muss nicht nur zu verbrauchsseitiger Flexibilität führen, sondern auch zur Möglichkeit, Strom zu speichern – kurzfristig in Batterien und längerfristig z.B. in Form von Gasspeichern („Power-to-Gas“).
- *Der Verbrauch ist in Zukunft höher und ebenfalls nicht mehr planbar.* Die Annahme ist hier, dass mit zunehmendem Anteil an EVs (Electric Vehicles) der zusätzliche Verbrauch extremen Schwankungen unterliegen wird, da die Fahrer von EVs diese z.B. nach 17:00 Uhr gleichzeitig zum Laden anschließen (oder tagsüber ihre Autos wie z.B. 75XBOBBY99----6 im Prolog nach Wacken schicken). Bereits heute stünden einige Großstädte vor einem Problem, wenn sie ihre Busflotte auf Strom umstellen wollten – die lokalen Netze wären nicht in der Lage, die Last der Depots auszuhalten, würden alle Busse dort über Nacht aufgeladen werden.

Diese Entwicklungen führen nicht nur zu einem permanenten Regelungsbedarf, sondern auch zur Überlastung der Netze, da diese nicht für die Einspeisung größerer Mengen ausgelegt sind. Nun könnte man diese Netze (Übertragungs- und Verteilnetze) für ca. 50 Milliarden Euro ausbauen⁸⁴ – oder versuchen, einen Teil davon zu sparen, indem sie effizienter genutzt werden und Erzeugungsspitzen oder -ausfälle so lokal wie möglich abgedämpft werden.

In den nachfolgenden Szenarien werden heutige regulatorische Einschränkungen nicht berücksichtigt. Dies ist eine starke Annahme, denn fast alles ist in der Energiebranche reguliert: Die Zusammensetzung der Strompreise, die Anforderungen an Stromhändler, das Reporting von Transaktionen an den Regulator, sowie unendlich viele Prozesse, Datenformate und Protokolle zwischen den unterschiedlichen Marktrollen – also das gesamte branchenweite „Yin/Yang/Yong“. Dies alles ignorieren wir jetzt einfach einmal, um zu sehen, ob die Energiewende nicht auch effizienter durchgeführt werden kann, wenn Regulierungen die Marktteilnehmer nicht zu Fehlallokationen zwingen.

Die grobe Annahme ist, dass der Stromhandel die Topologie von Verteilnetzen berücksichtigen muss (wir gehen hier von 4-5 Ebenen aus), um eben nicht der Illusion der Kupferplatte zu verfallen. Wer dies nicht mag, der möge sonst die europäische Netzinfrastruktur für ein Vielfaches der oben genannten 50 Mrd. zur (dann immer noch löchrigen) Kupferplatte ausbauen – denn auch für andere Teile Europa ist ein Anteil von 50 % erneuerbarer Erzeugung langfristig geplant.

⁸⁴<http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/energiepolitik/netzbetreiber-50-milliarden-euro-fuer-stromleitungsausbau-bis-2030-14808264.html>

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

In diesem Sinne soll ein Anreiz geschaffen werden, besonders in Engpasssituationen Strom, der lokal erzeugt wird, auch lokal zu verbrauchen. Im Idealfall wäre jedes Ortsnetz dann autark. Dies wäre allerdings äußerst ineffizient, da in diesem Extremfall jede Form von Austausch mit dem Rest der Netzwelt nicht vorgesehen wäre. Stattdessen wird Strom dort verbraucht, wo er erzeugt wird, nämlich im Haushalt. Dies klappt nur im Sommer und bei Sonnenschein. Aber immerhin, für inzwischen wenige Cent pro Kilowattstunde lohnt sich der Eigenverbrauch, denn der heute extern bezogene Strom kostet inzwischen bis zu 30 Cent inklusive aller Umlagen und Steuern. Der Eigenverbrauch kann durch Installation einer Batterie noch erweitert werden, und aufgrund des Mieterstromgesetzes ist auch die Versorgung von Haus- oder Anlagenbewohnern zu privat gestalteten Konditionen möglich – eine Win/Win/Loose-Situation für Vermieter/Mieter/die Steuereinnahmen des Staates.

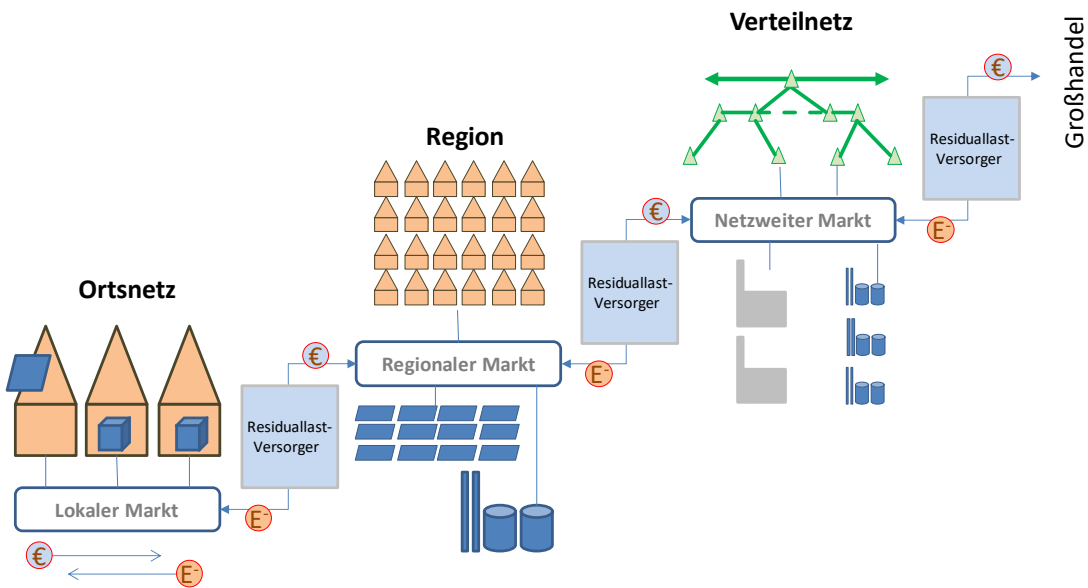


Abbildung 60: Bottom-up-Stromversorgung als gekoppelte, marktgetriebene Regelkreise

Überschüssiger Strom wird in das Ortsnetz eingespeist und findet hier Verbraucher, die nicht über PV-Anlagen verfügen, oder aber Dritte, die den Strom abnehmen, wenn er günstig ist, um ihn zu speichern. Oder der Überschuss wird in die nächsthöhere Netzebene eingespeist, wo sich das Spiel fortsetzt. Die große Frage ist also: Kann „Stromversorgung“ als Regelkreis verstanden werden, bei dem wenige Signa-

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

le ausreichen, um die Allokation von Erzeugung und Verbrauch räumlich und zeitlich sinnvoll zu gestalten?

Aus der Abbildung 60 ergeben sich unterschiedliche Schwerpunkte, bei denen man einen dezentralen, Blockchain-basierten Marktplatz für den Handel von Strom schaffen kann:

- Auf der Ebene des *Großhandels* ist das Projekt „Enerchain“ weltweit führend. Hier hat sich ein Konsortium aus namhaften Energieunternehmen zusammengeschlossen, um in Zukunft Energie auch dezentral über die Blockchain zu handeln. Ausführliche Informationen finden sich in Kapitel 6.1.
- Auf mittlerer Ebene geht es bereits heute um den Handel von Flexibilität über einen Smart Market. Dieses Thema ist ausführlich in der Agora Smart-Market-Studie behandelt worden⁸⁵. In Kapitel 6.2 finden sich weitere Informationen zu Blockchain-basierten Ansätzen von Smart Markets im Rahmen des Projekts NEW 4.0.
- Auf unterster Ebene liegt die *P2P-Lieferung* zwischen Prosumenten und Konsumenten im lokalen Netz. In diesem Bereich tummeln sich heute wahrscheinlich europaweit hunderte von Startups, Forschungsprojekten sowie interne Vorhaben von Stadtwerken und Versorgern. Kapitel 6.3 erörtert dieses Szenario etwas detaillierter und beschreibt ein Blockchain-basiertes P2P-Projekt.

Macht es nun Sinn, dass jeder Erzeuger, Verbraucher und Netzbetreiber Marktteilnehmer ist? Kann man es dem Markt überlassen, die Stromversorgung zu regeln? Dies ist eine recht weitreichende Annahme und es erfordert noch eine Menge Forschungs- und Simulationsprojekte, bis man hier eine tatsächlich belastbare Aussage treffen kann – aber eines ist sicher: Mit oder ohne „Markt“ ist das auf allen Ebenen auszutauschende Datenvolumen ein Vielfaches des heutigen. Bevor wir das Modell weiterverfolgen, sollen die zu erwarteten Kosten für die Marktbeteiligten im Szenario 2030 genauer verstanden werden.

Annahmen zur Kostengefüge im Jahr 2030

Die Investition pro Kilowatt Erzeugungskapazität liegt 2030 bei weniger als 500 Euro (größere Windanlagen lassen sich heute bereits bei einer Investition von unter 1.000 Euro/kW installieren), langfristig bieten große und kleine Anlagenbetreiber ihren Strom am Großhandel für 4-6 Cent/kWh an – dies liegt im Bereich des

⁸⁵ Agora Studie “Smart-Market-Design in deutschen Verteilnetzen”, https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2016/Smart_Markets/Agora_Smart-Market-Design_WEB.pdf

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

Großhandelspreises des Jahres 2014 aus Abbildung 53. Auf Seiten der Photovoltaik sind in den Vereinten Arabischen Emiraten und in anderen Staaten der Region bereits heute Großkraftwerke im Einsatz. Dubai führt hier mit 800 MW Erzeugungsleistung im Jahr 2018 und einem Ausbau bis 5 GW im Jahr 2030⁸⁶. Der Betreiber sichert hierbei Einspeisepreise von 2,99 US Cent zu. Nun leben wir zwar nicht in Dubai mit über 2000 kWh/kWp im Jahr, aber dafür sollte man den mehr als doppelten Preis von 6 Cent / kWh also Basis für 2030 kalkulieren können.

Batteriespeicher kosten den Endverbraucher im Jahr 2030 nur noch 200 Euro/kWh.⁸⁷ Da Tesla bereits Batterien für unter 300 USD/kWh produziert, ist die Annahme für das Jahr 2030 nicht unrealistisch. In Deutschland liegt die aggregierte erneuerbare Erzeugungskapazität möglicherweise bei 300 GW, von denen in der Regel nur ein geringer Teil tatsächlich selbst genutzt wird. Der Rest steht direkt oder indirekt zur Verfügung, um Langzeitspeicher mit Gas zu befüllen oder um per Elektrolyse Wasserstoff zu erzeugen. Dieser steht dann für Ausnahmesituationen und Wintermonate als Reservekapazität zur Verfügung.

Den Anreiz zur lokalen Versorgung schaffen im Jahr 2030 dynamisierte Netznutzungsentgelte der Netzbetreiber, welche heute landesweit einheitlich ca. 6-7 Cent netto pro kWh auf den Erzeugungspreis aufschlagen. Jedoch könnte sich dies in Zukunft nach Netzstufe differenzieren: Eine Stromlieferung im Ortsnetz mag dann nur noch 2 Cent kosten, eine innerhalb des VNB 6 Cent und eine über dessen Grenzen hinweg vielleicht sogar 10 Cent. Der Preisanreiz ist dann also, lokale Erzeugung auch lokal zu verbrauchen und langfristig sich mit seiner Erzeugungsanlage da anzusiedeln, wo auch tatsächlich Verbraucher sitzen. Oder umgekehrt sich als Verbraucher dort anzusiedeln, wo der Strom günstig ist – man denke an die Blechlawine im Prolog...

Die Netzbetreiber als besonders stark regulierte Organisationen sind nur bedingt in der Lage, beliebige Gewinne zu erzielen, umgekehrt ist es für sie nötig, ihre Kosten in Form von Netznutzungsentgelten auf die Stromverbraucher umzulegen. D.h. die heutigen 7 Cent müssten auch im Szenario 2030 eingenommen werden, nur eben nicht in gleicher Höhe pro kWh.

⁸⁶ <https://www.dewa.gov.ae/en/about-dewa/news-and-media/press-and-news/latest-news/2016/06/dewa-announces-selected-bidder>

⁸⁷ Bloomberg, „Electric vehicles to be 35% of global new car sales by 2040 - Bloomberg New Energy Finance“. <http://about.bnef.com/press-releases/electric-vehicles-to-be-35-of-global-new-car-sales-by-2040/>.

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

4.4.1 Nutzung eines Smart Market

Die folgende Grafik zeigt ein Verteilnetz im Normalzustand, im Jargon nennt man dies die grüne Ampelphase. Die Netzlandschaft gleicht einer Kupferplatte, bei der unabhängig von der Richtung und Distanz einer Lieferung immer genug Leitungskapazität vorhanden ist. An keiner Stelle kommt es zu einem Engpass. Insofern ist es dem Markt überlassen, den Bezug von Strom zwischen Anbietern und Nachfragern zu regeln.

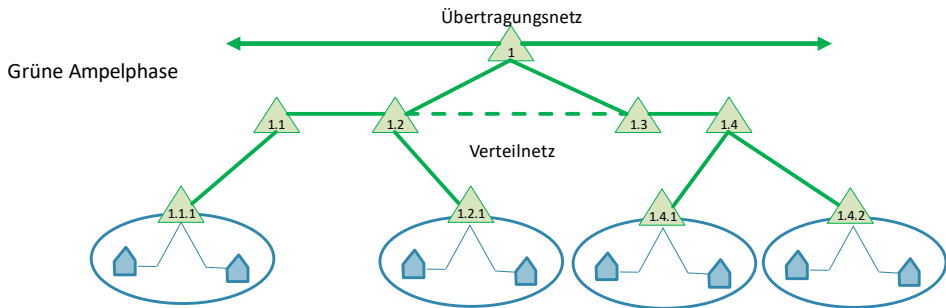


Abbildung 61: Grüne Ampelphase im Verteilnetz

Wie bei einer Ampel springt jedoch der Netzzustand auf gelb, wenn Obacht geboten ist: Jetzt machen sich Engpässe bemerkbar und nicht jede ursprünglich geplante Stromlieferung kann mehr vollständig über das Netz transportiert werden, da Erzeugungsspitzen beginnen, dessen Kapazitätsgrenze zu erreichen. Abbildung 62 zeigt dazu einen Engpass auf der mittleren Ebene des Netzes. Jetzt ist es Sache des Verteilnetzbetreibers, netzdienlich einzuschreiten. „Netzdienlich“ heißt hier, dass sich der Markt nicht mehr ganz frei entfalten kann. Es hängt jedoch von der Ausgestaltung des Marktmodells ab, wie stark der Markt eingeschränkt werden soll. Im Zweifelsfall steuert der VNB nach netzdienlichen Kriterien solche Verbraucher und Erzeuger, die Flexibilität bereitstellen. Dies nennt man dann *Demand-side Management* bzw. *Supply-side Management*. Der Markt kommt nun dadurch zum Tragen, dass sich Anbieter von Flexibilität in einer vorgeschalteten Gebotsphase (z.B. am Vortag) mit ihren jeweiligen Preisen beim VNB andienen und dieser die günstigsten in die enge Wahl nimmt.

Zum Zeitpunkt des Engpasses werden dann, beginnend mit den günstigsten, die Flexibilitätsanbieter in ihrer Produktion oder ihrem Verbrauch hoch- oder runtergeregelt.

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

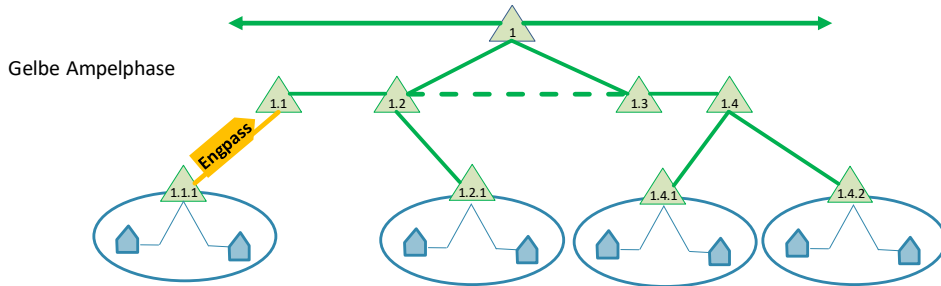


Abbildung 62: Gelbe Ampelphase im Übertragungs- und Verteilnetz

Zudem ist jedoch auch denkbar, dass bei Engpasssituationen mehr Anreize für einen lokalen Verbrauch oder das Abschalten von Erzeugungsanlagen geschaffen werden, wenn das Netznutzungsentgelt ebenfalls zeitlich schwanken kann. Dann würde sich der lokale Markt aus Angebots- und Nachfragepreis zusammensetzen – und einem netzdienlich angepassten „Wegzoll“. Im Normalfall würde dieser im Ortsnetz vielleicht bei 2 Cent liegen. Wenn allerdings in Engpasssituationen über dieses hinweg geliefert werden soll, könnte der Preis bei 10 Cent und mehr liegen. D.h. Strom über das lokale Netz hinaus zu liefern, macht dann praktisch keinen Sinn. Umgekehrt dürfte sich der lokale Preis stark reduzieren, denn bevor der Erzeuger seine Anlage abschaltet, wird er den Strom vielleicht auch für nur einen Cent an seine Nachbarn verkaufen oder sogar verschenken, da variable Kosten kaum existieren. Umgekehrt kann Strom, wenn das Netz „im grünen Bereich“ gefahren wird, auch für nur einen Cent Wegzoll an höhere Netzebenen geliefert werden, wenn er denn dort einen Beitrag leisten kann, andere Engpässe zu lindern.

Man kann sich also Transformatoren zwischen Netzebenen und auch Leitungen als Zollgebiete vorstellen, die für die Übertragung von Strom jeweils einen eigenen Wegzoll erheben. Wer mag, könnte also eine kWh von Norden des Landes an den Süden liefern, der dort dann 2 Cent Erzeugungspreis plus 12 Cent Netz-Wegzoll kostet – zuzüglich weiterer Abgaben, Steuern, Umlagen etc. Attraktiv wäre dies im Jahr 2030 offensichtlich nicht.

Abbildung 63 zeigt dieses Wegzollmodell in der entspannten und in der Engpassphase. Im ersten Fall liegt das Netznutzungsentgelt innerhalb des Ortsnetzes bei zwei Cent, sodass Stromlieferungen in der Nachbarschaft für den Konsumenten sehr günstig sind. Lieferungen über höhere Netzebenen werden mit entsprechend mehr Wegzoll besteuert, sodass es zwar möglich, aber weniger attraktiv ist, innerhalb eines Verteilnetzes über längere Streckenabschnitte zu liefern. In der gelben Ampelphase hingegen ist ein Engpass in einer höheren Netzebene entstanden, der Wegzoll hat sich hier um weitere 9 Cent erhöht. Eine Lieferung muss nun diese

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

stark erhöhten Transportkosten einpreisen. Attraktiver ist es daher, unterhalb oder oberhalb des Engpasses zu liefern oder auch in der umgekehrten Richtung (Engpässe sind asymmetrisch).

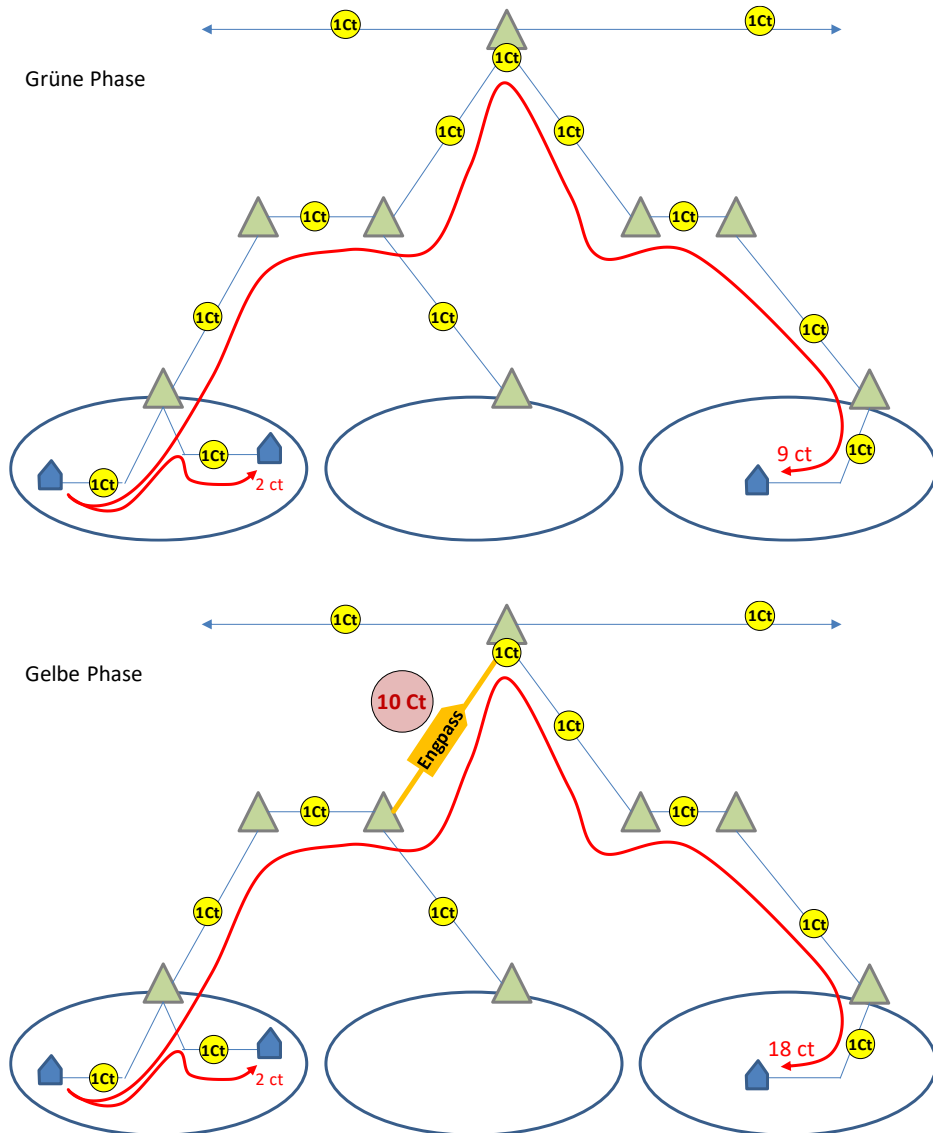


Abbildung 63: Wegzollmodell in der grünen und in der gelben Ampelphase

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

4.4.2 Die unsichtbare Hand des Netzbetreibers

Wenn es in der dargestellten Engpasssituation nicht mehr attraktiv ist, Strom überregional zu liefern, dann bleibt dem Erzeuger nur die Wahl, seine Anlage abzuschalten oder den Strom sehr viel günstiger lokal zu verkaufen. Ein Kühlhaus in der Nähe wird ihn dankbar abnehmen, wenn er z.B. nur noch die Hälfte kostet (incl. aller Steuern/Umlagen/Entgelte).

Anstelle also nun den Verteilnetzbetreiber entscheiden zu lassen, zu welchen Konditionen er von welchem Teilnehmer positive oder negative Flexibilität abrufen soll, würde er sich bei einem stärker marktorientierten Modell auf die Rolle des Moderators reduzieren, der dem Markt Engpasssignale gibt, welche zu entlastendem Handeln führen.

Diese Gedanken machen nur Sinn, wenn sich das Engpasssignal auch signifikant auf die Umsätze bzw. Kosten der Teilnehmer auswirken. Heute liegt der Großhandelspreis inkl. Stromvertrieb bei ca. 6 Cent, die Differenz zu den Bruttostromkosten von über 30 Cent sind Steuern/Umlagen/Entgelte ist viel zu hoch. Eine Veränderung des Netznutzungsentgelts (heute: 7 Cent) hat also kaum Einfluss auf den Bruttopreis. Das Szenario 2030⁸⁸ würde also ideal funktionieren, wenn

- die variablen Kosten der Stromerzeugung gegen Null gehen (ist bei PV und Wind der Fall),
- die Nettopreise pro kWh zwischen 0 und 10 Cent schwanken können – je nach Wetter-, Nachfrage- und Lastsituation,
- und die EEG-Umlage weggefallen ist, Netznutzungsentgelte dynamisiert sind, und KWK-Umlage und Stromsteuer den 19 % MwSt. subsumiert würden. Die Hebelwirkung bei der Schwankung von Nettopreisen wäre so hoch, dass es Sinn macht, lokal zu handeln und sich sogar als Erzeuger bei Verbrauchern anzusiedeln oder andersherum.

Dann könnte Nachbarschaftsstrom wenige Cent kosten und zum heutigen Preis auch überregional geliefert werden. Der Anreiz liegt zudem in der Selbstversorgung und erhöhten Resilienz von Regionen. Die Fähigkeit, Engpasssituationen lokal zu entlasten wäre erheblich höher als heute, und der Anreiz, Erzeugung und Verbrauch einander lokal anzunähern wäre ökonomisch tragfähig.

4.4.3 Handelnde Parteien am Strommarkt im Jahre 2030

Handelnde Akteure seitens der Prosumenten und Konsumenten sind nicht Personen, sondern Algorithmen in den Steueranlagen der jeweiligen Erzeuger und Verbraucher. So wie heute bei einem Hybridauto ein Steueralgorithmus entscheidet, ob

⁸⁸ Eigentlich eher 2040 wegen der erst dann vollständig auslaufenden EEG-Umlage.

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

mit erzeugtem Strom die Batterie geladen wird, oder ob er abgerufen werden soll, um den Motor zu unterstützen, so trifft die Software der Anlagensteuerung auf Minutenbasis Entscheidungen, ob Strom gespeichert oder über das Netz verkauft werden soll. Ist dies der Fall, wird ein Angebot auf dem Smart Market angeboten, einem regionalen Markt für Stromlieferungen.

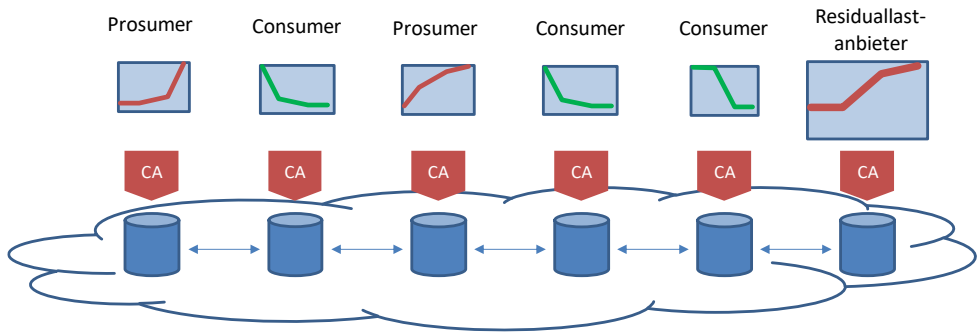


Abbildung 64: Unterschiedliches Angebots- und Nachfrageverhalten am Smart Market

Jeder Prosumert wird durch einen Energieagenten repräsentiert. Der Agent entscheidet, ob es sinnvoller ist, erzeugte überschüssige Energie zu verkaufen, zu speichern, lokal zu verbrauchen oder zusätzliche Energie aus dem Netz zu beziehen. Das Optimierungsziel kann sich durch interne oder externe Zustände bzw. Prognosen jederzeit ändern: So kann es z.B. sein, dass das Elektro-Auto gerade angeschlossen oder dass der Herd eingeschaltet wurde. Dies wäre eine neue Situation, auf die sich der Handelsagent des Prosumers kurzfristig einstellt, indem er sein Verhalten entsprechend einer vom Prosumerten bevorzugten Policy anpasst – genauso wie beim Gasgeben oder Bremsen im Hybridauto (siehe hierzu auch das Projekt ETIBLOGG im Kapitel 6.3).

Die entscheidende Frage ist aber, woher das Signal für den Agenten kommt, ob und zu welchem Preis er kaufen oder verkaufen soll? Hierfür ist wieder ein Markt- platz erforderlich, wie bereits oben im Zusammenhang mit dem Großhandel beschrieben, jedoch sehr viel kurzfristiger und vollautomatisch. Auf diesem Markt handeln lokale Energieagenten aus der Region des VNB, aber auch überregionale Händler. Durch Wind und Sonne beeinflusst, sind die Verkaufsangebote der Agenten innerhalb einer Region immer nur wenig differenziert, außerdem sind die gehandelten Mengen dort eher klein. Die überregionalen Händler können jedoch sehr viel größere Mengen nachfragen oder anbieten, da der Bedarf in unterschiedlichen Regionen stark abweichen kann. Diese können beispielsweise mehr oder weniger windig sein oder eine höhere industrielle Nachfrage haben.

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

Im Gegensatz zu heute gibt es im Szenario 2030 keine Aggregatoren mehr, die hierarchisch Kleinerzeuger bündeln, letztere haben sich stattdessen am regionalen Markt als selbständige Akteure emanzipiert. Aggregatoren werden ersetzt durch Händler, die Angebot und Nachfrage regional vs. überregional ausgleichen. Sie stehen im regionalen Markt quasi neben den Kleinerzeugern und nicht mehr über ihnen.

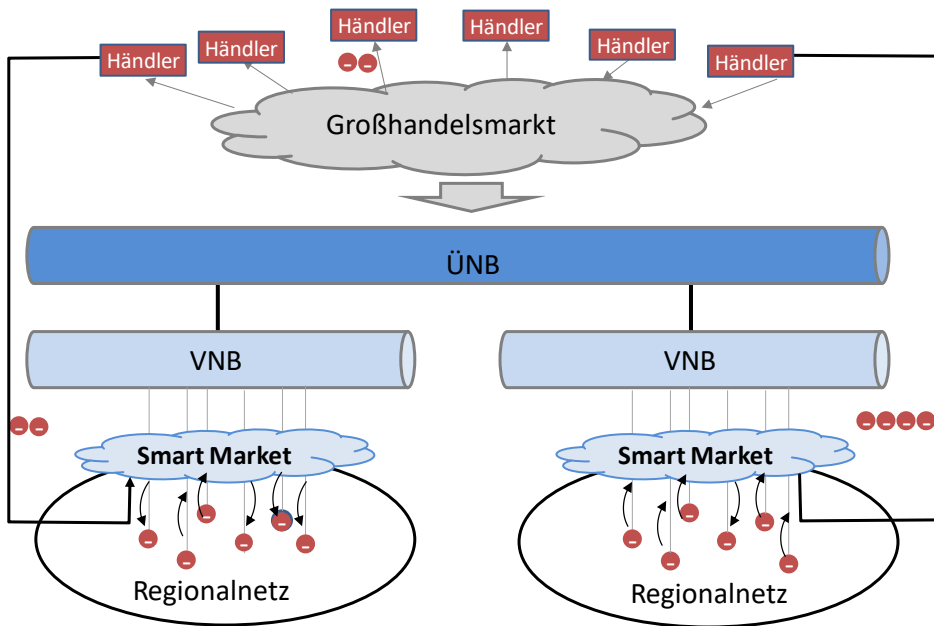


Abbildung 65: Regionale Smart Markets vs. Großhandelsmarkt

Situationen mit hoher Erzeugung führen automatisch zu Strompreisen nahe Null Cent / kWh, negative Preise wird es 2030 möglicherweise nicht mehr geben, da Erzeuger im Zweifelsfall ihre Anlagen selbst abregeln. Null Cent ist aber realistisch, da der Betrieb der Anlage nur vernachlässigbare laufende Kosten verursacht. Abgaben zu minimalen Preisen sind aber wiederum attraktiv für Gaserzeuger („Power-to-Gas“), die in Überschussphasen quasi kostenlos Wasserstoff oder Methan produzieren. Man denke an die anfangs erwähnte Situation am Sonntag, den 8. Mai 2016: Hier wurden bis zu 13 GW überschüssiger Strom über mehrere Stunden erzeugt. Wenn diese in Methan umgesetzt und gespeichert werden können, dann lässt sich daraus die entsprechende Kapazität von Gaskraftwerken speisen, die für dunkle, windstille Winterstunden und andere Dunkelflauten zur Verfügung steht.

Abbildung 66 zeigt das Zusammenspiel automatisierter Marktakteure, die jeder für sich ein Optimierungsziel verfolgen, Informationen über ihren geplanten Ver-

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

brauch bzw. geplante Erzeugung besitzen, sowie über Prognosen zu Preisen und dem Wetter. Die Information zu aktuellen Marktpreisen wird in der Abbildung noch von der Börse EPEX Spot bezogen, im Szenario 2030 dürfte sich aber der Preis aus regionalen Parametern ergeben, vom allem aus der lokalen Wetterprognose.

Die erste Kennlinie aus Abbildung 66 zeigt die tatsächliche Preisprognose für den 23. September 2016:

- Nachts sind die Preise niedrig, da auch der Verbrauch niedrig ist.
- Auch mittags sind die Preise niedrig, da die PV-Produktion hier ein Maximum an Strom liefert.
- Morgens und abends hingegen ist die PV-Produktion niedrig bei gleichzeitig erhöhtem Verbrauch.

Man bedenke: Es ist ein Herbst- und kein Sommertag, an dem die Ausprägung schwächer wäre. Ein Aspekt fehlt in der Kurve für das Szenario 2030: Man müsste natürlich noch das über Nacht stattfindende Aufladen der Elektroautos einkalkulieren.

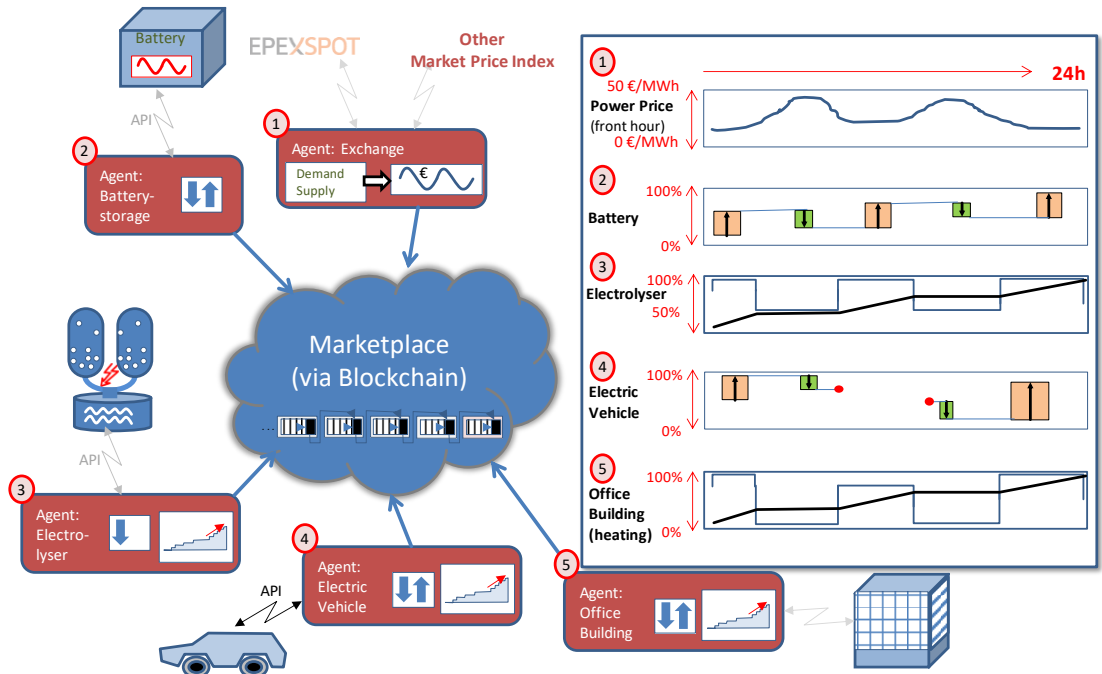


Abbildung 66: Agenten handeln auf einem lokalen Flexibilitätsmarkt

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

Einige Marktakteure, wie beispielsweise der Batteriespeicher, verhalten sich auf dem lokalen Markt eher schlicht: Bei niedrigen Preisen lädt er sich auf, bei hohen gibt er seine Ladung wieder ab. Andere, wie der Elektrolyseur, sind cleverer: Sie haben einen Auftrag (z.B. eine MWh Strom in Gas zu verwandeln), können sich aber an der Prognose orientieren und Lastverschiebungen vornehmen. D.h. sie versuchen, ihre Arbeit so in den 24 Stunden eines Tages zu platzieren, dass sie deren Hauptteil bei möglichst niedrigen Preisen leisten können. Auch von einem Bürogebäude kann man erwarten, dass es sein Nutzungsprofil kennt und daher intelligent den Verbrauch über den Tag plant.

Für den Handel von Strom verfügt jeder Teilnehmer über ein Enercoin-Konto, dies ist die Token-Währung für Strom. Wer Strom kaufen will, muss über einen Service Euros in Enercoins wechseln. Dies sollte, wie schon oben erwähnt, ohne großen Transaktionskostenaufwand möglich sein. Den Tausch kann ein Zahlungsdienstleister oder eine Bank durchführen durch Buchen vom Euro- auf das Enercoin-Konto des Teilnehmers oder auch durch Börsen, über die Enercoins direkt gegen andere Währungen als den Euro getauscht werden. Die 1:1-Bindung an den Euro mag libertäre Verfechter freier Kryptowährungen enttäuschen, jedoch ist es einfacher, den schwankenden Preis des Rohstoffs „Strom“ in einer gegenüber dem Euro fest verankerten Währung zu bewerten als zwei Wechselkurse im Auge behalten zu müssen (Enercoins gegenüber dem Euro und den kWh-Preis gegenüber dem Enercoin). Vielleicht ist es sogar ratsam, jegliche Bezeichnung, die von „Euro“ abweicht, zu vermeiden, denn faktisch sind es ja digitale Entsprechungen der beim Zahlungsdienstleister „eingefrorenen“ Euro.

Da die Herausgabe von Enercoins damit einhergeht, dass ein entsprechender Euro-Betrag quasi aus dem Verkehr gezogen wird, erfolgt hierdurch auch keine Geldschöpfung. Dennoch kann man sich vorstellen, dass die Zentralbank eine komplexe Kalkulation durchführt, um zu errechnen, welche „Geldmenge“ an Enercoins erforderlich ist, um für den Kreislauf aus Stromproduktion, Handel und Verbrauch die nötige Liquidität bereitzustellen. Banken können sich Enercoins bei der Zentralbank bis in Höhe der Enercoin-Geldmenge beschaffen.

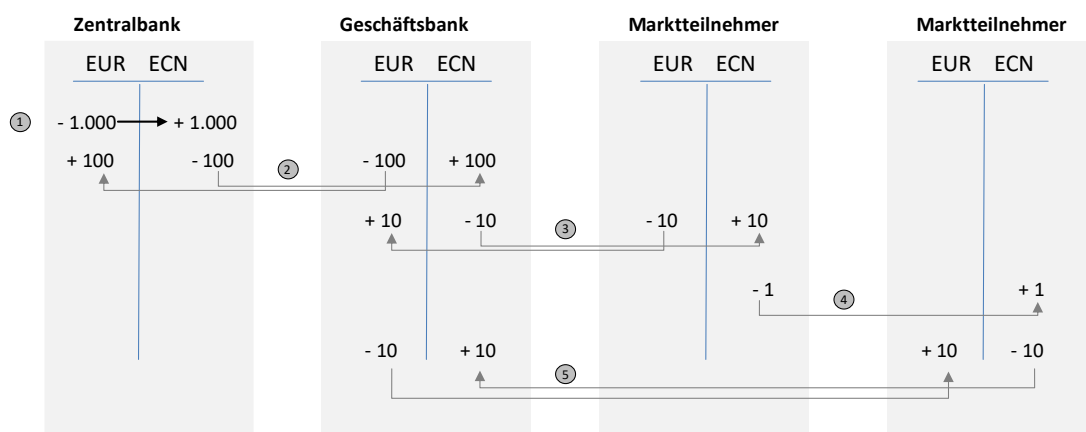
Falls die Nachfrage nach Enercoins steigt, kann die Zentralbank durch Umbuchen von Eurokonten auf ihr Enercoin-Konto eine Verschiebung zwischen Euro und Enercoin vornehmen. Die Zentralbank wäre somit die einzige Instanz, die also innerhalb der Enercoin-Welt das Aggregat aller Enercoin-Guthaben verändern kann. Als Teilnehmer am Markt für Enercoins bieten Banken den Umtausch „Euro gegen Enercoins“ ihren Kunden gegen Gebühr an. Dies ist ein automatisierter Prozess, der im Wettbewerb zu geringen Gebühren abläuft. Hat ein Teilnehmer

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

sich einmal mit Enercoins eingedeckt, kann sein Energieagent ohne bedeutende Transaktionskosten Strom in kleinsten Einheiten handeln und bezahlen.

Die Übertragung eines Enercoin-Betrags erfolgt durch das Eintragen signierter Buchungen zwischen Käufer und Verkäufer in der Blockchain. Die Gesamtgeldmenge teilt sich auf in Konten der Notenbank, der Geschäftsbanken sowie der Teilnehmer am Energiemarkt.

Die Transaktionsnachfrage nach Enercoins mag zunächst seitens der Verbraucher entstehen und anschließend im Zuge des Handels auf Erzeuger übergehen. Diese wechseln dann Enercoins wieder über ihre Bank in Euro zurück. Man kann sich jedoch auch vorstellen, dass die Rollen „Bank“ und „Großhändler“ verschmelzen, d.h. die von Stromkunden erhaltenen Enercoins werden von diesen wieder in Euro zurückgetauscht.



1. Initiale Erzeugung der Enercoin-Geldmenge (ggf. sporadische Anpassung der Geldmenge an die Nachfrage nach Enercoins)
2. Geschäftsbanken tauschen Euro gegen Enercoins bei der Zentralbank
3. Marktteilnehmer tauschen Euro gegen Enercoins bei den Geschäftsbanken zur Transaktionskassenhaltung
4. Marktteilnehmer setzen Enercoins ein, um Strom zu kaufen bzw. erhalten Enercoins von Stromkunden
5. Marktteilnehmer lösen bei Bedarf Enercoins bei einer Bank wieder gegen Euro ein

Abbildung 67: Der Kreislauf von Enercoins

Im Szenario 2030 kann man davon ausgehen, dass der oben skizzierte Energiemarkt nahezu perfekt ist, d.h. es besteht Transparenz über Angebot und Nachfrage und das Verhalten beider Seiten ist grundsätzlich den anderen Teilnehmern bekannt. Da die Akteure auf einem lokalen Markt ähnlichen Rahmenbedingungen

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

ausgesetzt sind (Preise für Erzeugungs- und Speichertechnologie, gleiche Wetter-situation), bestimmen lokale und überregionale Parameter den lokalen Marktpreis.

Dazu ein Beispiel: Unter normalen Umständen würden PV-Prosumenten in der Region Brandenburg ihren Nachbarn Strom zu einem Preis von brutto 5 Cent/kWh am Tag und zu 8 Cent in der Nacht verkaufen. Nun ergibt sich jedoch überregional eine stark erhöhte Nachfrage, weil im Norden Deutschlands Flaute herrscht und dadurch der Verbrauch aus dem Süden nicht mehr gedeckt werden kann. Plötzlich erhöhen die Brandenburger Handelsagenten der dortigen PV-Anlagen ihre Preise kurzfristig auf 15 Cent brutto, da sie – statt ihren Sonnenstrom in Akkus oder Power-to-Gas-Anlagen einzuspeisen – diesen jetzt überregional liefern können. Diese Erhöhung zeigt sich bei allen Brandenburger Anbietern gleichzeitig, da alle mehr oder weniger gleiche Preiskurven für ihr Angebot verwenden. Zudem entstehen weitere 10 Cent Netznutzungsentgelt aufgrund der überregionalen Lieferung. Nachdem sich auf diese Weise der Marktpreis im Süden bei 25 Cent eingespielt hat, wird es auch für Betreiber von Gaskraftwerken in höheren Netzebenen profitabel, ebenfalls Strom zu produzieren. Wenn sich die Windstille dann noch über die Nacht weiter fortsetzt, dann führt dies zu einer weiteren Erhöhung des Marktpreises auf 55 Cent/kWh. Jetzt nimmt auch das letzte Blockheizkraftwerk am Markt teil und generiert seinem Besitzer möglicherweise 30 Cent Deckungsbeitrag pro erzeugter kWh. Im Zweifelsfall liefern norwegische Betreiber von Wasserkraftwerken ebenfalls zusätzlichen Strom. Bei 55 Cent/kWh (also 550 Euro/MWh) dürfte sogar der Betrieb eines modernen Gaskraftwerkes profitabel sein, selbst wenn es nur einen Monat im Jahr läuft.

Für den Konsumenten bedeutet dies im Durchschnitt etwa, dass er über das Jahr 6 sonnige Monate lang seinen Strom zu minimalen Kosten aus dem lokalen Netz in seiner Nachbarschaft bezieht (z.B. für 5-10 Cent brutto) – dies sind hauptsächlich Netznutzungsgebühren und Abgaben. 5 Monate kostet der Strom 10-20 Cent (vor allen durch überregionalen Bezug) und einen Monat lang bezahlt er einen Knappheitspreis von durchschnittlich 50 Cent (Gaskraftwerke, BHKW, etc.). Im Jahresdurchschnitt sind dies dann 10-17 Cent/kWh – ein Wert, mit dem Erzeuger und Verbraucher im Jahr 2030 wahrscheinlich gut leben könnten.

Wichtig ist noch anzumerken, dass der klassische Stromvertrieb natürlich weiterhin besteht, d.h. ein Verbraucher schließt einen Versorgungsvertrag mit einem Lieferanten, um z.B. für ein Jahr zu einem festen Preis pro kWh beliefert zu werden. Dies mag sogar für 90 % der privaten und industriellen Kunden gelten, da diese keinen Strom einspeisen können. Der Lieferant wird dabei zum „Residuallast-Anbieter“, da er immer nur für die Differenz zwischen lokal erzeugtem oder bezogenem Strom einspringt. Dies erfordert von ihm eine sehr viel flexiblere Erzeu-

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

gungskapazität. Insofern kann es sein, dass der Preis für seinen Strom, den er immer liefern können muss, etwas höher liegt als die heutigen Erzeugungskosten. Das oben skizzierte Bild dürfte sich dadurch aber nicht dramatisch verändern.

Die Trennung des Energiehandels in regionale Märkte geht einher mit der Bildung von Preiszonen, in denen der Marktpreis voneinander abweichen kann. So könnte im mit Windkraftwerken übermäßig ausgestatteten Norddeutschland der Preis niedriger sein als in Süddeutschland, wo der Verbrauch und damit der Preis höher ist. Diese Trennung könnte auch weiter unterteilt werden, sodass beispielsweise hunderte Preiszonen entstehen, für die eine Lieferung intern günstiger ist als extern. Durch flexible Netznutzungsentgelte entsteht dann der Anreiz, langfristig dort in die Energieerzeugung zu investieren, wo Verbrauch und Preise höher sind. Dies ist im Übrigen ein historisch ganz normales Verhalten, haben sich doch die energieintensiven Industrien im 19. Jahrhundert vor allem deswegen im Ruhrgebiet angesiedelt, weil sie sich dort dichter am dem Energieträger „Kohle“ befanden.

4.5 Nutzung der Blockchain in Energiemärkten

Warum aber diese ausführliche Betrachtung der Preisbildung in regionalen Stromnetzen? In Bezug auf die Nutzung der Blockchain stellt sich die Frage, ob beim skizzierten Szenario der regionalen Erzeugung erzeugte Mengen und deren Preise überhaupt ein Geheimnis sein müssen? Wenn im Dorf bekannt ist, über wie viele kW PV-Erzeugungskapazität bzw. Batterie-Speicher ein Solaranlagenbesitzer verfügt, und wenn die Verhaltensweisen der Stromagenten (aufgrund gleicher variabler und Investitionskosten) fast identisch sind, dann ist der Gewinn aus der Abgabe von Strom kein Geheimnis mehr. Wenn also der Solaranlagenbesitzer im Schnitt 10 Kilowatt aus seiner Produktion für 6 Cent abgibt, dann sind dies vielleicht 600 Euro Umsatz (mehr als 1000 kWh/kWp sind in unseren Breiten nicht realisierbar). Selbst bei der zehnfachen Menge handelt es sich immer noch um einen Nebenerwerb, um den kein Geheimnis gemacht werden müsste. Kann damit die Blockchain des Jahres 2030 eventuell sehr schlank ausgelegt werden, da sie auf Eigenschaften wie Anonymität und Zugriffsschutz auf Transaktionsdetails verzichtet? Dies käme dem Anwendungsprofil der B2B-Integration sehr nahe.⁸⁹

Neben dem Kerngeschäft des Energiehandels können Schritt für Schritt weitere Dienstleistungen entstehen, die alle im Rahmen der Enercoin-Welt gehandelt werden, sodass es für Nutzer ganz normal ist, nicht nur seinen Euro- sondern auch

⁸⁹ Auf der Verbraucherseite sieht es hingegen sehr viel schwieriger aus, da aufgrund der Datenschutz-Gesetzgebung, insb. nach Inkrafttreten der DSGVO in 2018, Verbraucherdaten noch viel stärker geschützt sind.

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

seinen Enercoin-Kontostand zu überwachen. Durch die 1:1-Kopplung an den Euro sind Einnahmen und Ausgaben auf für buchhalterische und steuerliche Zwecke direkt in die entsprechende Software übernehmbar. Dieses sehr weitreichende „Szenario 2030“ kann noch in verschiedene Richtungen weitergedacht werden:

- *Brauchen wir wirklich eine Zentralbank*, um Enercoins in Umlauf zu bringen? Wohl nicht. Die Aufgabe, eine Enercoin-Geldmenge zu verwalten, könnte auch ein Privatunternehmen als Herausgeber der Währung erfüllen. Dieses würde die Rolle der Zentralbank und der Geschäftsbank kombinieren. Es würde einen größeren Betrag an Euro für die Herausgabe eines entsprechenden Betrags an Enercoins anhäufen. Die Enercoin-Geldmenge würde sich aus den Wechseltransaktionen zwischen dem Herausgeber und den Marktteilnehmern ergeben, eine Kontrolle der Geldmenge im Hinblick auf eine Zielgröße wäre nicht erforderlich. Der Herausgeber müsste allerdings ein vertrauenswürdiger Dritter sein, damit Marktteilnehmer sich auf die Nutzung von Enercoins einlassen. Im Szenario der Mikromärkte gibt es neben Banken und Großhändlern z.B. noch Lieferanten und VNBs als die wenigen größeren Spieler, die am Energiehandelsgeschehen beteiligt sind. Vielleicht kommt diesen in Zukunft also eine zusätzliche Bedeutung neben der physischen Übertragung und Verteilung von Strom zu?
- *Sind mehrere Herausgeber von Enercoins denkbar?* Dies hängt stark von der Ausgestaltung der Blockchain ab. Während bei Bitcoin das Mining – also die Geldschöpfung – durch aufwändige PoW-Mechanismen eingeschränkt ist, könnte man bei kollektivem Vertrauen die Herausgabe von Enercoins auch einer Gruppe von Organisationen in die Hände legen, die die Blockchain als Konsortium betreiben.
- *Brauchen wir den Euro als Referenzwährung?* Theoretisch könnte eine private Währung „Enercoin“ vom Euro entkoppelt sein. Dann käme beim Umtausch zusätzlich ein Wechselkurs-Risiko ins Spiel. Es gibt zudem hinreichend Literatur aus dem Bereich der österreichischen Schule der Volkswirtschaft, der zu Folge eine private Währung im Wettbewerb mit Währungen der Notenbanken stehen sollte, um im Zuge eines Qualitätswettbewerbs letztere zu disziplinieren. Näheres hierzu findet sich beispielsweise bei Hayeks „Entnationalisierung des Geldes“ [Haye77]. Denkbar wäre auch ein Wettbewerb privater Währungen, aus denen sich die Transaktionspartner eine aussuchen, über die sie ihre Zahlungen buchen. Obwohl dies gesamtwirtschaftlich realistisch und sinnvoll sein mag, könnte aber die Kontrolle von Budgets und Absicherung von Wechselkursen die am Energiehandel beteiligten Menschen bzw. Agenten überfordern. Fazit: Besser keine frei schwankende Kryptowährung verwenden.
- *Warum nicht gleich die Referenzwährung auf die Blockchain übertragen?* Dies wäre die radikalste Variante, bei der der Euro (oder CHF, GBP, USD) selbst

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

einfach „blockchainisiert“ wird, dann wäre der Handel von Gütern aller Art so effizient wie oben für den Handel von Strom beschrieben⁹⁰. Vermutlich würde dies aber nur akzeptiert werden, wenn die Blockchain ein Maß an Pseudonymität sicherstellt, wie wir es heute von Bitcoin kennen. Und es ist zu bezweifeln, ob eine Blockchain-Technologie in absehbarer Zeit so leistungsfähig sein kann, dass sie die Last verträgt, jegliche Transaktion der kombinierten europäischen Volkswirtschaften mit über 500 Mio. Einwohnern zuverlässig und zeitnah zu verbuchen – spätestens hier wird die in Kapitel 3.4 dargestellte Hierarchisierung von Blockchains erforderlich.

Es gibt noch viele weitere Aspekte zu klären, bis sich das Szenario 2030 verwirklichen lässt. In der Diskussion mit Volkswirten ergab sich beispielsweise die Frage, wie mit einem Marktcrash bzw. einem Marktversagen im Smart Market umgegangen werden soll? Wenn in solchen Phasen kein definierter Marktpreis zur Verfügung steht und kurzfristig kein Strom handelbar ist – wie kommen dann noch Lieferungen zustande? Fragen über Fragen, die wir heute weder beantworten können noch in ihrer Gesamtheit überhaupt kennen.

Eine Blockchain-Infrastruktur für den Energiehandel der Zukunft, welche die oben skizzierten Anforderungen erfüllen soll, muss Massendaten in ganz andere Größenordnungen verarbeiten können. Vermutlich sind es einige 10.000 Transaktionen pro Sekunde, die europaweit zu verbuchen wären. Wenn allerdings der größte Teil der Transaktionen in Teilnetzen stattfindet, dann sind die in Kapitel 3.4 beschriebenen Maßnahmen des „Teilen und Herrschens“ dringend erforderlich. Solche Blockchains müssten sich dann entlang der Netz- und Markthierarchien organisieren. Auf diese Weise wären in der Region die Transaktionen einiger Millionen Netzanschlüssen eines VNBs sicherlich verarbeitbar. Der ÜNB würde dann die Daten der VNBs in seiner Regelzone sowie die übergreifenden auslesen, um sich ein Echtzeitbild über den Netzzustand und die erwarteten Lieferungen zu machen. Denkbar wäre auch, dass der VNB diese Details lokal filtert und nur saldierte Volumina an den ÜNB meldet.

Das oben Beschriebene ist, wie gesagt, ein Szenario. Bis zum Jahr 2030 sind es noch einige Jahre, aber es kann durchaus hilfreich sein, zukünftige Nutzungsmöglichkeiten zu erörtern, sodass man bei der Verfeinerung von Blockchain-

⁹⁰ In der Tat experimentieren einige Zentralbanken mit dieser Idee, z.B. die Bank of England: <http://www.telegraph.co.uk/news/2017/12/30/bank-england-plots-bitcoin-style-digital-currency/>.

Und auch Dubai will für die Vereinigten Arabischen Emirate eine Kryptowährung in Umlauf bringen: <https://cointelegraph.com/news/dubai-will-issue-first-ever-state-cryptocurrency>.

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft

Technologien eine Vision hat, auf welche die Entwickler in den betroffenen Unternehmen hinarbeiten können.

Als Vorstufe des Szenarios 2030 wäre es daher interessant, quasi auf halbem Wege ein Inselmodell zu entwickeln, bei dem ein Blockchain-basierter Strommarktplatz mit einer überschaubaren Anzahl an Teilnehmern getestet werden kann. Wörtlich genommen, bieten sich hierzu tatsächlich einige Inseln an: Die Isle of Man hat beispielsweise 80.000 Einwohner, Ibiza 135.000, Mallorca 900.000 und Zypern 1,1 Mio. (beide Teile). Wenn dort einige tausend Prosumenten als Marktteilnehmer auftreten, dann könnte sich das skizzierte Szenario 2030 vielleicht in 5 Jahren im Kleinen vorwegnehmen lassen. Auch die Bewegungsmuster vollautomatisierter Märkte ließen sich bei dieser Grundgesamtheit an Teilnehmern gut beobachten. Anbieter können im Rahmen von Modellprojekten die Entwicklung von Peer-to-Peer-Marktplätzen und von darauf handelnden Agenten ausprobieren.

4 Einsatzpotenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft