

Einsatzpotenziale der Blockchain im Energiehandel

Erscheint als Buchkapitel in: Daniel Burgwinkel et al.: „Blockchain Technology Einführung für Business- und IT Manager“, de Gruyter, 2016

Kontakt: merz@ponton.de

Inhalt

1.1	Einleitung	3
1.2	Wertschöpfungsnetzwerke im B2B-Commerce	4
1.3	B2B-Netzwerke im Energiehandel	11
1.3.1	Klassische B2B-Prozesse im Strommarkt	13
1.3.2	Aktuelle und zukünftige Entwicklungen im Strommarkt	16
1.4	Einsatzszenarien im Energiehandel	21
1.4.1	Die Blockchain im Energiesektor heute	21
1.4.2	Szenario 2020: Evolutionärer Einsatz der Blockchain	22
1.4.3	Disruptive Auswirkung auf die physische Abwicklung von Handelstransaktionen	25
1.4.4	Disruptive Auswirkung auf die finanzielle Abwicklung	26
1.4.5	Disruptive Auswirkung auf den Handel: Peer-to-Peer Trading ohne Broker	28
1.4.6	Szenario 2030: Ein perfekter Energiemarkt	32
1.4.7	Welche Blockchain-Technologie eignet sich für den Energiehandel?	40
1.4.8	Abschließende Betrachtungen	41
1.5	Das Projekt EnerChain	43
1.6	Ausblick	44
	Referenzen	46

1.1 Prolog im Tennisclub, 10. August 2030

Sophie und Liz sitzen im Café ihres Tennisclubs. „Hallo Sophie, nun schau doch nicht immer auf Deinen Agenten, genieße doch mal das herrliche Wetter!“. „Entschuldige, mein Freund hat ihn mir umprogrammiert, und nun verkauft er seit einer Woche ganz viel Strom nach Schweden. Bei uns im Dorf stehen wir schon auf Platz zwei mit 230 EnerCoins in der letzten Woche“. „Was?“ Liz war überwältigt „wie habt Ihr das denn hinbekommen?“. Sophie: „Er hat festgestellt dass wir vorher zu teuer angeboten haben! Unser Preis war für Schweden zu hoch wegen der ganzen Roaming-Gebühren, die ja unseren Strom noch verteuern. Jetzt hat er den Preis etwas gesenkt und plötzlich ist unser Akku immer fast leer, soviel verkauft unser George. Hoffentlich bleibt das Wetter noch einige Zeit so gut...“. „Ja, bei uns ist es herrlich – und seit Wochen Windstille in Schweden!“ meinte Liz „Wir haben uns auch schon überlegt, noch ein paar Panels und einen Akku dazu zu nehmen, die Preise schwanken in letzter Zeit so stark, dass sich das lohnt. An der Börse nennen wir es Arbitragegeschäfte: hier billig einkaufen – dort teuer verkaufen. Aber warum hast Du deinen Agenten ‚George‘ genannt?“. Sophie: „Das war früher ein berühmter Spekulant – George Soros – der hatte sogar einmal versucht gegen das britische Pfund zu spekulieren. Mein George macht das auch, zusammen mit Millionen anderer seiner Art, aber er spekuliert nur gegen das Wetter...“

1.2 Einleitung

Wir haben es der über siebenjährigen Existenz von Bitcoin zu verdanken, das uns den Beweis liefert, dass das Prinzip Blockchain für Ausfallsicherheit über genau diese sieben Jahre gesorgt hat. Da sich heutige IT-Systeme exponentiell verteuern, wenn wir versuchen, uns der 100% Verfügbarkeit immer weiter anzunähern, macht es aktuell für viele Menschen Sinn, sich einmal zurück zu lehnen und sich zu überlegen, ob ein radikaler Schnitt der Softwarearchitektur nicht die zukunftsweisendere Lösung sein kann.

Aktuell wird der Markt an Blockchain-Lösungen und Start-ups, die damit Probleme unterschiedlichster Art lösen wollen, immer unübersichtlicher. Nahezu täglich lesen wir über neue Entwicklungen und unerwartete Einsatzbereiche. Vielleicht dauert es andererseits aber noch einige Jahre, bis eine Blockchain-Architektur entwickelt wird, die die in diesem Kapitel beschriebenen Entwicklungen dienlich ist. Aber sicherlich wird eine solche Variante der Blockchain irgendwann in verschiedenen Branchen übernommen werden als Koordinationsmechanismus, der in die alltägliche Benutzung übergegangen ist, ohne ständig über sein disruptives Potenzial nachzudenken. Man kann heute mit der Blockchain eine neue Welle der „Disruption“ spüren: Während normalerweise geschäftliche Anforderungen den Ausgangspunkt für das Design der IT-Infrastruktur bilden – also die Entwicklung „top-down“ erfolgt –, so kehrt sich diese Richtung bei der Blockchain um: Man kann sie zwar ergänzend zu bestehenden Geschäftsprozessen einsetzen, aber wenn diese umgekehrt dem Potenzial der Blockchain folgen, dann erschließen sich neue Möglichkeiten, von denen später im Buch anhand des Energiehandels berichtet wird. Nach einiger Zeit hat sich dann aber das neue Geschäftsmodell dem Potenzial der Blockchain soweit angenähert, dass die Technologie nicht mehr im Vordergrund steht und ihr Einsatz selbstverständlich ist.

Eine ähnliche „bottom-up“ Entwicklung nahm der Standard XML (eXtensible Markup Language) in den Jahren nach 1998: Nachdem diese Dokumentenauszeichnungssprache von Visionären der IT-Branche als zukünftige Lösung der B2B-Integration überhört wurde und nachdem es jedes Jahr eine wachsende Anzahl an XML-Konferenzen gab, hat man nach einigen Jahren aufgehört, darüber nachzudenken, ob man für einen neuen Dokumentenstandard eine neue Syntax einführen sollte. Stattdessen benutzt man einfach XML, ohne es grundsätzlich zu hinterfragen. Konsequenterweise sind XML-zentrierte Konferenzen heute selten geworden.

Die Einsatzpotenziale der Blockchain im Energiehandel lassen sich heute nur ansatzweise beschreiben. Die seltene Symmetrie des Energiehandels, bei der heute Händler mit anderen Händlern handeln und morgen Prosumenten mit anderen Prosumenten zeigt sich auch bei der Lieferung von Strom: alle Marktteilnehmer sitzen auf einer Kupferplatte in der Form des Stromnetzes für den europäischen Kontinent und speisen Strom in diese Platte ein oder aus. Diese geschäftliche und physische Symmetrie kann mit Hilfe der Blockchain auf der Handelsseite durch Transaktionen auf einem nahezu perfekten Markt gespiegelt werden.

Wie bereits erwähnt, gibt es eine Vielzahl an Einsatzmöglichkeiten der Blockchain in der Industrie. Dennoch bin ich überzeugt, dass – neben der ebenfalls sehr symmet-

rischen Finanzbranche – vor allem auch der Energiehandel speziell profitieren kann. Wir haben also noch viele Jahre interessanter Entwicklungen vor uns. Wenn mich vor 20 Jahren ein 18-Jähriger gefragt hätte, was er studieren soll, hätte ich gesagt „irgendetwas mit dem Internet“. Heute würde ich sagen: „Irgendetwas an der Schnittstelle zwischen Energie und IT“ – ich hoffe, dass am Ende dieses Kapitel nachvollziehbar ist, dass dies in Zukunft auch „irgendetwas mit der Blockchain“ bedeuten kann.

In diesem Kapitel steht der Einsatz der Blockchain in der Wirtschaft im Vordergrund. Hierzu lassen sich in aller Breite zahlreiche Einsatzmöglichkeiten aufzählen, dazu sei aber auf Bücher verwiesen, die sich mit diesem Thema generell beschäftigen [1] und [2]. Interessant ist es vermutlich aber auch, eine spezifische Branche mit ihren besonderen Marktrollen und Prozessen zu verstehen, um danach zu prüfen, in welcher Form die Blockchain dafür eingesetzt werden kann, ihre Prozesse völlig neu zu gestalten.

Einem solchen Vorgehen folgt die Struktur dieses Kapitels: zunächst stehen grundsätzliche Fragestellungen der Blockchain mit einigen Anwendungsbeispielen im Vordergrund, dann wird die Energiebranche mit ihren heutigen Prozessen des Handels und der Geschäftsabwicklung vorgestellt, um diese anschließend in Gedankenexperimenten schrittweise auf die Blockchain zu übertragen. Die näher liegenden Ergebnisse dürften sich dabei in wenigen Jahren einstellen, die eher ambitionierten wohl eher in 10 bis 15 Jahren.

1.3 Wertschöpfungsnetzwerke im B2B-Commerce

Kein Unternehmen kann isoliert am Markt agieren: Im Gegenteil, es unterhält unzählige Schnittstellen zu Kunden, Zulieferern, Partnern, Dienstleistern, Behörden, Verbänden, Verbrauchern und der allgemeinen Öffentlichkeit. Über die letzten Jahrzehnte hat sich die Kommunikationsintensität über diese Schnittstellen vervielfacht, insbesondere seit der Jahrtausendwende, als Unternehmen begannen, das Internet zur Ausweitung, Standardisierung und Beschleunigung der Kommunikation zu nutzen. Um die Jahrtausendwende entstanden folglich Begriffe wie B2B-Commerce, B2B-Integration, Supply-Chain-Integration, etc. [3].

Heute findet ununterbrochen Kommunikation, Koordination und Kooperation online statt. Während der Hersteller früher monatlich eine Bestellung seines industriellen Kunden erhielt, kann dies heute eher täglich erfolgen mit stündlichen Anpassungen. Veröffentlichte Brancheninformationen entstehen dabei als „Abfallprodukt“ und werden Dritten zur Verfügung gestellt, wie auch eben diese Daten vom Unternehmen selbst wieder verarbeitet und ausgewertet werden.

Die B2B-Integration erfordert vor allem Standardisierung: Wenn die Unternehmen einer Branche Daten auszutauschen haben, dann wäre es sehr ineffizient, wenn der Austausch von Daten mit jedem Kommunikationspartner immer wieder neu vereinbart werden müsste: Welches Datenformat soll verwendet werden? Welche Regeln und Rollen bestehen für den Geschäftsprozess? Welches Kommunikationsprotokoll ver-

wenden die Partner, welche Aspekte der Datenkommunikation deckt das Protokoll ab und was ist dabei von den Partnern noch lokal zu leisten?

Vor über zehn Jahren habe ich dies einmal das „Yin-Yang-Yong“ der B2B-Integration genannt. Die Idee ist hierbei, dass eine effiziente branchenweite Integration nur dann möglich ist, wenn alle Parteien, die miteinander Daten auszutauschen haben es schaffen, die Aspekte

- Datenformat (Yin),
- Geschäftsprozess (Yang) und
- Kommunikationsprotokoll (Yong)

so weit wie möglich untereinander zu standardisieren.

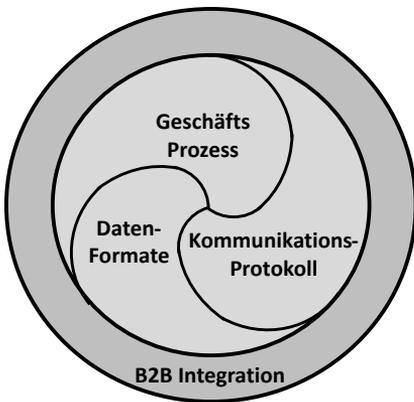


Abb. 1: Das Yin-Yang-Yong der Datenkommunikation

Der Normalfall ist bei B2B-Integrationsprojekten allerdings eher, dass sich ein Konsortium auf das „Yin“, also ein einheitliches Datenformat einigt, zumeist ist dies ein XML-Schema mit detailliert dokumentierten Regeln. Auch das „Yang“, also der Geschäftsprozess, ist detailliert spezifiziert einschließlich aller Prozessregeln und –rollen. Daraus ergibt sich dann ein 700-seitiges Dokument, das sich auf Seite 699 in einem Satz auf das „Yong“ bezieht: „Als Kommunikationsprotokoll ist ‘FTP’ oder ‘E-Mail’ zu verwenden.“ Ein Standard ohne „Yong“ ist allerdings wie ein dreibeiniger Hocker, bei dem das dritte Bein fehlt! Denn wenn Fragen der Verschlüsselung, der Authentifizierung, der Identifikation von Teilnehmern, der Verhaltensweise bei Nichtzustellbarkeit von Nachrichten, der Bedeutung von technischen und fachlichen Bestätigungen, der Kompatibilität elektronischer Zertifikate, und sehr vieler weiterer Anforderungen nicht eindeutig für alle Teilnehmer festgelegt sind, dann wird eine branchenweite Integration zu einem kostspieligen Vorhaben, bei dem jede individuell hergestellte Verbindung ein eigenes Projekt bedeutet.

Meine persönlichen Erfahrung mit der B2B-Integration sammelte ich bei Projekten mit unterschiedlichen Branchen wie Papierindustrie (Projekt papiNet), der Anbindung von Dienstleistern an Krankenkassen sowie auch bei den vielfältigen Kommunikati-

onsprozessen in der Energiebranche (OTC- und börsliche Abwicklung von Handelsgeschäften, Lieferantenwechselprozesse, etc.). In allen dieser Projekte hat sich bestätigt, dass die B2B-Integration dann besonders erfolgreich ist, wenn die Standardisierungsdisziplin nicht nur während der initialen Phase des Aufbaus eines Branchennetzwerks, sondern über Jahre der Anpassung und Evolution weiterhin von den Teilnehmern aufrechterhalten wird. Förderlich ist hier insbesondere der disziplinierende Einfluss einer Kommunikationsinfrastruktur, welche die Teilnehmer zur Einhaltung von Formaten, Prozessen und Protokollen „zwingt“. Ansonsten sind die Zentrifugalkräfte, die Teilnehmer dazu verleiten, individuelle Sonderwünsche durchzusetzen, so groß, dass die Kooperation „Vieler mit Vielen“ bald gefährdet ist.

Damit nähern wir uns der Blockchain-Technologie von einer weniger technischen Seite als es in vielen Artikeln der Fall ist: Die Blockchain als Infrastruktur der Kommunikation und Datenspeicherung lässt über alle ihre Knoten hinweg nur ein Format für Prozessteilnehmer zu und zwingt sie auf diese Weise, das „Yin-Yang-Yong“ einzuhalten. Allein dies ist ein Wert, der vielen Branchen enorme Kosten der Integration sparen hilft, denn schließlich steigt die Anzahl der Kommunikationsbeziehungen quadratisch mit der Zahl der Teilnehmer (genau genommen sind dies $N*(N-1)/2$ Verbindungen bei N Teilnehmern). Außerdem würde dies die Notwendigkeit zentraler Datendreh scheiben aufheben, so dass Teilnehmer direkt – also Peer-to-Peer – Daten austauschen können. Ein sehr gelungenes Beispiel für eine solche Peer-to-Peer-Architektur ist der EDA-Standard in Österreich (Energiewirtschaftlicher Datenaustausch, [4]). Hier ersparen sich die Marktteilnehmer (Netzbetreiber und Lieferanten von Strom und Gas) einen zentralen Koordinations-Hub durch konsequente Standardisierung des Yin-Yang-Yong.

Wenn auf diese Weise Daten nur zwischen Teilnehmern zweier Marktrollen auszutauschen sind, also z.B. Kunden und Lieferanten, dann ist bereits ein hohes Maß an Standardisierung erforderlich. Sollen allerdings weitere Rollen dazu stoßen, dann wird die dafür erforderliche multilaterale Interoperabilität zwischen allen Marktrollen mit herkömmlichen Mitteln nur meist erst nach vielen Jahren und einem steinigem Weg erreichbar.

Mit der Blockchain allerdings ergeben sich mehrere Vorteile gleichzeitig für solche multilaterale Interoperabilität:

Alle können schreiben – alle können lesen: Die Blockchain ist grundsätzlich öffentlich, daher ist eine Multicast-Kommunikation, also jeweils von einem Sender an viele Empfänger, die am besten mit der Blockchain verträglich. Hierbei kann wiederum jeder Teilnehmer Sender sein. Wetterdaten von einer Messstation an hunderte Empfänger zu übertragen passt also zur Blockchain genauso wie eine Kauforder in einem B2B-Netzwerk an mögliche Interessenten zu verbreiten.

„Always on“: Die Blockchain fällt nicht aus, all die dramatischen Meldungen, die aus der Bitcoin-Welt an die Öffentlichkeit drangen, bezogen sich auf die Anwendungsebene der Blockchain, also den Diebstahl oder Verlust von Bitcoins (präzise: der für das Signieren einer Transaktion erforderlichen privaten Schlüssel) oder allgemein

Dateninhalten. Dass aber die Blockchain als logisch zentralisierter, physisch verteilter Persistenzmechanismus auch nur für kurze Zeit versagt hätte, ist nicht bekannt – und dies über immerhin sieben Jahre!

Immutabilität – was geschrieben steht, ist in Stein gemeißelt. Kryptographische Mechanismen helfen, Aussagen mit einem Zeitstempel und einer Signatur zu versehen. Diese Aussagen können sich auf Besitzverhältnisse, Verträge, Kontobuchungen oder sonstige Daten beziehen. In jedem Fall ist kein Teilnehmer in der Lage, die in die Blockchain geschriebene Geschichte zu fälschen.

Echtzeit: Aktuelle Blockchain-Entwicklungen wie BigchainDB [5] oder SETL [6], sind in der Lage, Transaktionen binnen einer bzw. fünf Sekunde zu bestätigen. Damit lassen sich Prozesse, die heute über klassische Kanäle wie Banken oder z.B. das SWIFT-Netz abgewickelt werden, um mehrere Größenordnungen beschleunigen.

Massendaten: Niemanden stört es heutzutage, einer Datei, die einige hundert Gigabytes umfasst, auf der Festplatte beim Wachsen zuzusehen. Datenbank-Images komplexer Anwendungen können dies noch um 1-2 Größenordnungen übertreffen. Dabei ist dies ist nicht der Fußabdruck einer klassischen Datenbank, auf der laufend Abfragen unterschiedlichster Art ausgeführt werden. Die Blockchain ist vielmehr ein Korallenriff, bei dem nur die letzten Millimeter aktive Biomasse darstellen, der Rest ist tote, Kalk gewordene Vergangenheit, auf die man äußerst selten zugreift, um historische Daten zu verifizieren. Bei der industriellen Nutzung dürfte sich der aktive Teil genutzter Daten zusätzlich jenseits der Blockchain in den Datenbanksystemen der Anwender befinden. Die Blockchain ist hingegen immer dann erforderlich, wenn Daten zwischen Organisationen verteilt, synchronisiert und archiviert werden sollen.

Bezahlen als Abfallprodukt: Der Austausch von Gütern und Dienstleistung und deren Bezahlung klafften bisher weit auseinander. Da das Bezahlen nicht in den handels- bzw. Lieferprozess eingebettet und an sich unter Einbindung von Banken ein recht träger Prozess ist, hat man sich bisher damit abgefunden, dass eine ganz eigene Branche zur Abwicklung von Zahlungstransaktionen entstanden ist. Wenn aber neben Lieferinformationen auch der Zahlungsbetrag durch einen Eintrag in der Blockchain dokumentiert ist, dann impliziert dies eine entsprechende Buchung auf den Konten der Teilnehmer. Wichtig ist hierbei, dass diese Teilnehmer Blockchain-spezifische Verrechnungseinheiten erwerben und dass es Mechanismen gibt, die sicherstellen, dass das Verrechnungskonto nicht überzogen wird. Bei Bitcoin ist es die Währungseinheit „Bitcoin“ in Verbindung mit dem Proof-of-Work-Prozess zur Bestätigung von Transaktionen. Auf diese Weise erreichen die Teilnehmer einen Konsens über die als „offiziell“ anerkannten Kontobuchungen.

Bei Betrachtung dieser unten skizzierten industriellen Anwendungsfälle wird deutlich, dass es Bedarf an unterschiedlich ausgestalteten Blockchains gibt: einige sind öffentlich, andere privat. Einige erfordern die Identifizierung von Teilnehmern, bei anderen ist dies nicht gewollt. Daher erfolgen an dieser Stelle zunächst noch weitere Begriffsklärungen:

- **Permissioned Blockchain:** Hier besteht grundsätzliches Vertrauen zwischen Teilnehmern und Knotenbetreibern bzw. „Minern“. Daher wird es auch den Betreibern überlassen, die Nutzer der Blockchain zu administrieren, so dass diese quasi eine geschlossene Benutzergruppe bilden. Bei einer **permissionless Blockchain** besteht dieses Vertrauen nicht (z.B. Bitcoin und Ethereum). Sie ist dennoch jederzeit offen für unbekannte, neue Teilnehmer, da hier das Vertrauen in den gemeinsamen Algorithmus besteht.
- **Public / Private Blockchains:** Eine private Blockchain wird von einer Organisation betrieben, die nur selbst Daten schreibt, andere haben maximal Leserechte. Eine Private Blockchain eignet sich zum Publizieren von Information, d.h. zu einer unidirektionalen Kommunikation „einer an viele“. Eine Public Blockchain steht hingegen vielen zu Verfügung, die schreibend oder lesend auf sie zugreifen. Diese können ein Konsortium sein oder auch die Öffentlichkeit, d.h., anonyme bzw. pseudonyme Teilnehmer.
- Häufig ist bei Public Blockchains eine **Zugriffskontrolle** (schreibend oder lesend) auf Daten der Teilnehmer essentiell, denn sonst könnten Unternehmen jederzeit die intimsten Transaktionsdetails ihrer Wettbewerber einsehen. Damit eng verbunden ist die...
- **Offenlegung von Identitäten und Inhalten:** Von Bitcoin ist bekannt, dass Teilnehmer pseudonym identifiziert werden. Dies ist in vielerlei Hinsicht bei industriell eingesetzten Blockchains nicht sinnvoll: Teilnehmer sind heute sogar gezwungen, aus Compliance-Gründen Informationen über ihre Handelspartner einzuholen (zum Beispiel aufgrund von Compliance-Anforderungen wie „KYC – Know Your Customer“). Zudem möchte man Geschäfte nach Kunden selektieren oder gruppieren. Andererseits liegt es nicht im Interesse der Teilnehmer, mit ihrem Transaktionsprofil öffentlich (oder auch innerhalb der Nutzergruppe) sichtbar zu sein. Selbst, wenn Identitäten pseudonym wären, ließe sich anhand einer hinreichenden Anzahl an Transaktionen durch Branchenkenner leicht ermitteln, um welchen Teilnehmer es sich handelt. Schließlich ist es auch für Regulatoren wichtig, Transaktionen mit den tatsächlichen Teilnehmern in Verbindung zu bringen. Das MIT-Projekt ChainAnchor [7] beschäftigt sich zwar mit der Lösung dieses Problems, indem Teilnehmer eine Vielzahl anonymer öffentlicher Schlüssel für Transaktionen verwenden, die aber gleichzeitig von einem zentralen Identitäts- und Zugriffsrechte-Manager verwaltet werden. Dennoch sind bzgl. dieses „Identity Managements“ noch sehr viele offene Ende zu klären, bevor es zu einem allgemein akzeptierten Einsatz kommen kann.
- **Verwaltungs-Blockchains:** Eine aktuell in vielen Projekten angedachte Lösung ist, eine zusätzliche Blockchain einzusetzen, um Identitäten und Zugriffsrechte der operativen Blockchain zu verwalten. Dies umfasst die Eintragung berechtigter Teilnehmer mit entsprechender Identitätsvergabe sowie die Weitergabe von Einmalidentitäten, die von Teilnehmer für Transaktionen verwendet wurden. Nur Nutzer der operativen Blockchain greifen auf die Verwaltungs-Blockchain lesend zu bzw. sind in der Lage diese zu entschlüsseln, Knotenbetreiber bzw. Verwalter sind

berechtigt in diese Blockchain zu schreiben, z.B., um Identitäten zu vergeben. Bei der Auswahl einer Blockchain-Lösung ist daher darauf zu achten, ob eine derartige Verwaltung bereits vorgesehen ist oder ob das System grundsätzlich in der Lage ist, mehrere Blockchains separat zu nutzen, so dass eine davon für Verwaltungszwecke eingesetzt werden kann. Eine solche Verwaltungs-Blockchain wäre dann eine Private Blockchain, die der Administrator pflegt aus der und die Nutzer der operativen Blockchain lesen.

- **Smart Contracts.** Das Konzept der Smart Contracts ist bereits an anderer Stelle im Buch ausführlich beschrieben worden. Smart Contracts erlauben das automatische Ausführen von Code durch die Blockchain mit dem Ziel, im Zuge einer Transaktion zumeist eine externe Wirkung zu verursachen. Dies können externe Aufrufe bei Softwareapplikationen sein, die Durchführung weiterer Buchungen oder auch die Ausführung weiterer Smart Contracts. Die Mächtigkeit des Programmcodes eines Smart Contracts kann sehr unterschiedlich sein: Bei Bitcoin handelt es sich um eine einfache „Stack-orientierte“ Programmiersprache, die keine Schleifen im Programmcode zulässt, so dass Deadlocks im System vermieden werden. Andere Systeme wie z.B. Ethereum verbrauchen bei der Ausführung von Smart Contracts Geld (hier: Ether), so dass im Falle einer Totschleife die Ausführung nach Aufbrauchen des Ether-Kontos zum Stillstand kommt.

Eine andere Frage, welche die Auswahl einer Blockchain betrifft, ist der Integrationsgrad mit einem **Mechanismus für die Zahlungsabwicklung**. Dient die Blockchain bloß der Datenkommunikation oder der Synchronisation von Teilnehmeranwendungen, besteht diesbezüglich keine besondere Anforderung. Sollen jedoch Teilnehmerkonten für Verrechnungseinheiten verwendet werden, so kann dies auf zwei Weisen erfolgen:

- **Explizit:** Hier definieren die Teilnehmer einen Transaktionstyp „Zahlung“, der beispielsweise die Datenfelder „PayorID“, „PayeeID“, und „Amount“ umfasst, und nutzen diesen immer dann wenn ein Transfer zwischen diesen Konten stattfinden soll. Die Validierung der Buchung und die Kontrolle, ob ein Budget überschritten ist, findet jedoch auf Anwendungsebene der Teilnehmer statt.
- **Implizit:** Hier bietet die Blockchain einen nativen Buchungsmechanismus an, der von Teilnehmern bei Handelstransaktionen genutzt werden kann. Identitäten sind damit bereits bekannt, lediglich der Betrag ist festzulegen. Die Betreiber der Blockchain würden im Rahmen der Proof-of-Work-Mechanismen dann die Validierung der Zahlung auf Systemebene vornehmen und damit auch die Kontostände pflegen.

Aus diesen Perspektiven kann man sich nun einige industrielle Prozesse ansehen, bei denen multilaterale Interoperabilität erforderlich ist, und diese auf Blockchain-Affinität prüfen. Beispiele wären hier:

- **Chargenrückverfolgbarkeit im Lebensmittelhandel.** Hier ist denkbar, dass jeder, der Lebensmittel herstellt, importiert oder mit ihnen handelt, für jede Liefe-

- nung eine Chargennummer in die Blockchain einträgt. Die wesentliche Eigenschaft ist hierbei die der Urkundenrolle: Es besteht auf diese Weise für alle Interessierten (Hersteller, Lieferanten, Konsumenten, Überwachungsstellen bzw. die Öffentlichkeit), die Möglichkeit nachzuweisen, dass Charge X als Eingangsprodukt für Lieferung Y verwendet wurde, nachträgliche Manipulationen gilt es dabei zu verhindern. Hier dominiert folglich der Aspekt der Immutabilität im Rahmen einer öffentlichen Blockchain. Wichtig ist aber auch, dass ein Unternehmen seine Geschäftsgeheimnisse nicht offenlegen muss, indem seine Kundenbeziehungen hinsichtlich Mengen, Termine und Preise transparent gemacht werden. Ein entsprechender Zugriffsschutz ist essentiell.
- Beim **Handel von Gebrauchtwagen** sind verschiedene Portale und Auktionshäuser vorstellbar, über die Gebrauchtwagen veräußert werden können. Wenn nun ein Fahrzeug auf mehreren Portalen angeboten wird, wie weiß dann ein Käufer, ob das Fahrzeug nicht bereits auf einem anderen Portal verkauft wurde? Hier könnten die Portale den Verkauf z.B. unter der eindeutigen Fahrgestellnummer (engl. VIN = Vehicle Identification Number), in der Blockchain eintragen. Spätere Käufer auf anderen angebotenen Portalen würden dann rasch erkennen, ob der Wagen wirklich noch verfügbar ist. Auch hier dient die Blockchain quasi als „Urkundenrolle“. Auf diese Weise so könnte man im Übrigen auch manipulationssicher den Kilometerstand festhalten. Und schließlich lassen sich Zulassungsstellen anbinden, um ausgestellte Fahrzeugbriefe auf Basis der Verkaufstransaktion in der Blockchain abzulegen. Es lassen sich durch Dritte z.B. auch Statistiken erstellen, welche Fahrzeuge wann und zu welchem Preis gehandelt wurden. Hier lässt sich gut erkennen, wie die Blockchain branchenweit die Kooperation Vieler mit Vielen befördert, erforderlich ist jedoch eine Menge Arbeit bei der Standardisierung des „Yin-Yang-Yong“, um multilaterale Interoperabilität zu erreichen.
 - **Die Blockchain im Internet der Dinge.** Auch andere gehandelte, physische Gegenstände lassen sich im Internet der Dinge als direkte Mitspieler der Blockchain repräsentieren. Eine Wohnung, die für eine Woche gemietet wird, kann die Freischaltung für einen Zugangscode über die Blockchain erhalten, wenn Mieter und Vermieter über die Blockchain einen Mietvertrag geschlossen haben. Die Freischaltung kann auch erst bei Bezahlung erfolgen – ein häufiges Beispiel für den Einsatz von Smart Contracts. Dieses Prinzip der „Smart Locks“ lässt sich verallgemeinern für viele weitere erdenkliche Produkte: Maschinen, Hotelzimmer Tresore, etc. Auch hier sind mehrere Rollen beteiligt: Käufer, Verkäufer und das „Ding“. Die herausragende Eigenschaft der hierfür erforderlichen Blockchain ist die Nutzung von Smart Contracts als Koordinationsmechanismus.
 - **Unternehmensinterne Verwendung.** Ein Unternehmen könnte sämtliche Transaktionen seines Buchungsjournals in eine private Blockchain schreiben und Mitarbeitern selektiv Zugang gewähren. Dies gilt auch für externe Nutzer wie Steuerberater, Wirtschaftsprüfer oder Betriebsprüfern des Finanzamts. Auch hier besteht

ein zusätzlicher „Kollateralnutzen“ durch die Anbindung berechtigter Dritter. Hier haben wir es mit einem typischen Fall einer „Closed Blockchain“ zu tun.

- Die **Börse** NASDAQ verwendet ihr Blockchain-basiertes System „Linq“, um Aktien von Unternehmen herauszugeben und ihren Handel zu organisieren. Das erste Unternehmen „Chain.com“, dessen Aktien auf diese Weise handelbar waren, war wiederum genau das, welches die Blockchain „Linq“ dafür lieferte [8].

Bevor an dieser Stelle aber zu tief in der technischen Ausgestaltung von Blockchains beliebiger Einsatzszenarien eingegangen wird, geht es erstmal wieder zurück in die Anwendungsebene der Energiebranche, die nachfolgend ausführlicher beleuchtet werden soll.

1.4 B2B-Netzwerke im Energiehandel

Der Schwerpunkt dieses Kapitels liegt auf dem Einsatz der Blockchain im Bereich Energiehandel. 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 Anpassung an unerwartete Abweichungen führten Erzeuger selbst auf Basis von Messungen der Frequenz- und der 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.

Durch den vom Gesetzgeber initiierten Übergang vertikal integrierter Versorger in Richtung Marktmechanismen stehen sich heute 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. Hier scheint also ein gewisser Grundbedarf für die Blockchain zu bestehen. Wenn dann auch noch berücksichtigt wird, dass der Handel in hohem Maße symmetrisch ist und eine MWh Strom im Zweifelsfall zehnmal europaweit weiterverkauft wird, bevor die Lieferung an den Verbraucher erfolgt, dann scheint dies ein Markt zu sein, bei dem die Blockchain einige Unterstützung leisten kann.

Wer sind nun die Akteure am Energiemarkt?

- **Erzeuger** speisen Strom- oder Gasmengen in das Netz ein. Erzeuger können dabei heute auch kleinere Betreiber von PV-Anlagen oder Windparks sein.

- **Lieferanten** kaufen große Energiemengen bei den Erzeugern ein und bieten „Preis-Produkte“ an, die den besonderen Anforderungen der Industrie oder der Verbraucher gerecht werden.
- **Verbraucher** kaufen entsprechende „Preis-Produkte“ von Lieferanten ein. Dabei können Verbraucher jedoch auch Energie liefern, in diesem Fall agieren sie als **Prosumenten**, die nicht nur Strom einspeisen, sondern sich auch in gewissem Rahmen an der Netzregelung beteiligen können.
- **Händler** kaufen am Großmarkt 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.
- 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 Verfügbarkeit im Gesamtnetz durch verschiedene Verfahren, insbesondere durch die Regelung der Netzlast. Eine der Hauptaufgaben eines ÜNB ist, die Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Die Verteilnetzbetreiber schaffen und betreiben die Verbindungen zu den Erzeugern und Verbrauchern.
- **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 indem sie bestimmte fachliche Prozesse mit Netzbetreibern durchführen.
- **Clearinghäuser** sind in der Regel einer oder mehreren Börsen angeschlossen und führen die finanzielle und physische Abwicklung von Energiegeschäften durch. Im Falle des Ausfalls eines Teilnehmers (dies passierte beispielsweise 2008 auch im Falle von Lehman Brothers an den europäischen Energiemärkten) tritt das Clearinghaus als Marktteilnehmer ein und beschafft ausgefallene Lieferungen bzw. kompensiert Zahlungsausfälle.
- **Broker:** Händler sind jedoch nicht gezwungen nur über Börsen zu handeln, es gibt auch im europäischen Energiemarkt eine große Anzahl Broker, über deren Plattformen Händler Geschäfte abschließen können. Hier allerdings ist der Broker lediglich der Vermittler eines bilateralen Geschäfts, während Clearinghäuser als Gegenpartei agieren. Letztlich können Händler natürlich auch bilateral Geschäfte direkt miteinander durchführen, Broker und Börsen dienen über ihre veröffentlichten Preise jedoch als Signalgeber für die Preisbildung.

- Eine weitere Rolle im Zusammenhang mit dem Energiemarkt ist die der **Indexagentur**, die über Handelsplattformen oder durch Kontaktieren individueller Händler den aktuellen Marktpreis für Energieprodukte ermitteln und gegen Gebühr diesen Händlern wieder zur Verfügung stellen.
- **Standardisierungsgremien** 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 vereinbart werden.
- 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 REMIT und EMIR wurden in den letzten Jahren von der EU initiiert, um Daten der unterschiedlichen Handelstransaktionen an die Regulatoren zu 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 Grundlast gehandelt wird (*Terminmarkt*), am kurzfristigen Ende befindet sich der *Spotmarkt*, der vor allem den nächsten Tag (*day ahead*) aber auch einzelne Stunden desselben Tages (*intraday*) abdeckt. Produkte am Terminmarkt unterteilen sich in physische und finanzielle. Bei ersteren besteht eine Lieferverpflichtung, letztere sind derivative Produkte wie z.B. Optionen oder Swap-Geschäfte, die von Marktteilnehmern in der Regel zur Absicherung gegen Preisschwankungen abgeschlossen werden. Am ganz kurzfristigen Ende (kürzer als 15 Minuten) besteht auf einigen Marktplätzen noch die Möglichkeit, *Regelenergie* zu handeln, die von ÜNBs ausgeschrieben und von speziell dafür geeigneten Anbietern im Bedarfsfall 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 vorseilt. Zur Vereinfachung soll daher im Folgenden besonderes Augenmerk auf den Strommarkt gerichtet werden.

1.4.1 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.

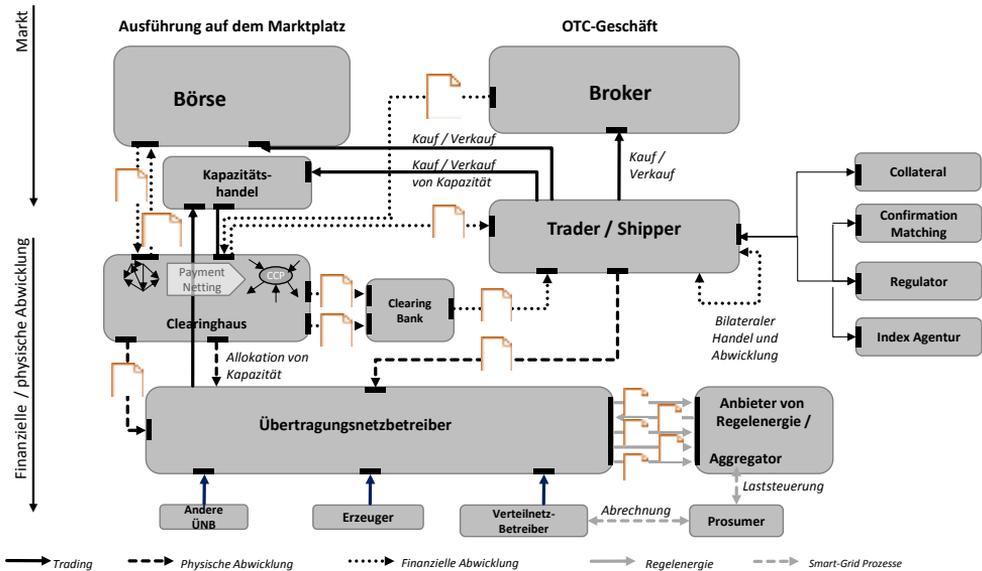


Abb. 2: Prozesse im Energiemarkt

Entsprechend Abbildung 2 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 Transaktion „OTC“ („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. Der Abgleich von Handelsdaten erfolgt 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 von 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 Einzeltrans-

aktion in zwei Hälften, wobei es selbst in der Mitte als neutrale, zentrale Gegenpartie 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 einmal Käufer und auf der anderen Seite 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 Gegenpartei zu mindern. Klassisch findet dieser Prozess über individuell programmierte Schnittstellen zwischen Brokern und Clearinghäusern statt, wobei die (Clearing-)Broker von Händlern dazu beauftragt werden. Für Händler selbst wäre es zu aufwändig, diesen Prozess selbst zu implementieren.
- **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 im Falle von Stromlieferungen. Der Liefertag ist dabei selbst in 15-Minuten-Intervalle unterteilt, so dass z.B. 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, so dass 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-Richtlinie [9] sind Händler verpflichtet, ihre Orders, Handelsgeschäfte und weitere Aspekte von Transaktionen an die zentrale Agentur ACER (Agency for the Cooperation of Energy Regulators [10]) bis zum Ende des Folgetages zu übermitteln. Hierzu wurde durch ACER festgelegt, in welchem Format, über welche Reportin-

gplattformen und über welches Kommunikationsprotokoll die Meldung zu erfolgen hat. Die bedeutendste Reportingplattform ist hierbei das System eRR (electronic Regulatory Reporting) der EFETnet [11].

- **Abrufen von Regelenergie** 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 Regelenergie). Hierbei werden je nach Fristigkeit sogenannte Tertiär-, Sekundär- und Primärreserve unterschieden: Tertiärreserve wird für 15 Minuten innerhalb von 5 Minuten abgerufen. Sekundärreserve ist noch kurzfristiger und bei Primärreserve wird binnen Sekunden eine abweichende Lastsituation dadurch ausgeglichen, dass Erzeuger zur Frequenzhaltung der 50 Hertz einbezogen werden. Regelenergie wird von den ÜNBs ausgeschrieben und nur qualifizierte Anbieter werden überhaupt zum Verfahren zugelassen. Der ÜNB kauft hierbei auf der einen Seite Regelenergie vom Anbieter ein und stellt sie auf der anderen Händlern in Rechnung, die abweichend vom Fahrplan mehr oder weniger Energie geliefert haben. Diese Abweichung wird nachträglich anhand der jeweiligen Zählerstände bei Verbrauchern und Erzeugern ermittelt. Insofern wird auch der ÜNB selbst zum Marktteilnehmer und hat das Risiko zu tragen, dass seine Gegenpartei ausfällt, da die Abrechnung solcher Mehrkosten häufig nach Monatsabschluss erfolgt.

1.4.2 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 Sonntag, den 8. Mai 2016 wurde daher ein neuer Weltrekord verzeichnet: über 95% des nationalen Stromverbrauchs wurde in Deutschland durch erneuerbare Energien gedeckt. Es war also „Segelwetter“ mit blauem Himmel und gutem Wind. Dadurch, dass es sich um einen Wochenendtag handelte, war zudem der industrielle Verbrauch niedrig, so dass die Verbrauchslast mit ca. 53 GW um etwa 12 GW geringer als an einem Wochentag. Aber noch Weiteres war bezeichnend für diesen Tag: Strom gab es im Überfluss, daher wurde er „Day Ahead“ zu minus 12,89 EUR pro MWh gehandelt, Käufer wurden also belohnt, wenn sie Strom abnahmen, der Preis für Spitzenlast lag an dem Tag bei minus 36,46 EUR und ein Stundenkontrakt bei erstaunlichen minus 135 EUR pro MWh! Immer häufiger steht Strom 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 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 Regelenergie einen wesentlichen 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 Regelenergie: Warum soll sich ein Händler langfristig mit Energie eindecken, die am Terminmarkt 25 oder 30 Euro kostet, wenn es sie kurzfristig (insb. intraday) kostenlos oder noch günstiger gibt? Es kann jedoch auch windstille Nächte 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 sinken, so dass sich ein Händler am Spot-Markt kurzfristig sehr günstig eindecken kann. So ist z.B. das Volumen des deutschen Intraday-Spotmarktes um über 40% von 2014 auf 2015 gewachsen [12].
- **Sinkende Preise:** Im Mai 2016 hat ein Anbieter in Dubai eine Ausschreibung für den Betrieb einer PV-Anlage gewonnen, der die Lieferung von Strom für 2,99 USD Cent / kWh garantiert [13]. Die bei niedrigen Grenzkosten produzierenden erneuerbaren Energien verdrängen zunehmend die Altanlagen (Kohle, Kernkraft, Gas) auch am Großhandelsmarkt, da sogenannte Aggregatoren bzw. virtuelle Kraftwerke hunderte bis tausende Kleinerzeuger koppeln und gebündelt als Reserveenergie anbieten.
- **Reduzierte Transaktionsvolumina:** schließlich reduzieren sich die Transaktionsvolumina mit der Verschiebung zu Spot- und Regelenergie. Würden 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 [12]. Dies liegt u.a. auch am Bedarf, kurzfristige Erzeugungsschwankungen auszugleichen. Das Minimum liegt heute bei einem 15-Minuten-Kontrakt über die Lieferung von 0,2 MW Strom.

Abbildung 3 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 reduziert – und diese Entwicklung könnte noch einige Zeit weiterlaufen.



Abb. 3: Sinkende Strompreise am deutschen Terminmarkt, Quelle: ICIS [14]

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 (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:

Tab. 1: Vergleich von Stromprodukten

Markt	Produkt	Volumen	Gesamtbetrag
Termin	Jahresgrundlastvertrag, 10 MW, 30 EUR / MWh, 8.760 Stunden	87.600,000 MWh	2.628.000,00 EUR
Termin	Monatsgrundlastvertrag 10 MW, 30 EUR / MWh, 720 Stunden	7.200,000 MWh	216.000,00 EUR
Spot	Day-ahead, 1 MW, 30 EUR	24.000 MWh	720,00 EUR
Spot	Intraday, 1 Stunde, 30 EUR	1,000 MWh	30,00 EUR
Regelenergie	1 MW, 15 min, 100 EUR	0,250 MWh	25,00 EUR
Primärregelenergie	Batteriespeicher, 200 KW, 5 Min., 300 EUR / MWh	0,040 MWh	5,00 EUR
Spot	Intraday handelbar an der EPEX Spot, 15 Minuten, 24 EUR / MWh	0,1 MWh	0,60 EUR

Die Beispiele oben zeigen, wie Transaktionsvolumina sinken, und dass irgendwann vom „Faktor Mensch“ (Termin und Day-ahead) zu automatisierten Prozessen übergegangen wird (Intraday).

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 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 Verteilnetz 1 nur erzeugt und im Verteilnetz 2 nur verbraucht wird. Dies kann – je nach Region – zu Überlastsituationen im 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. Heute werden Kleinerzeuger in

ihrer Produktion über Aggregatoren „ferngesteuert“ und sind in der Regel nicht am Großhandel beteiligt. Sie befinden sich vielmehr innerhalb eines Verteilnetzes, das seine eigenen Anforderungen bzgl. Laststeuerung hat. 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.

Heute ist es für Erzeuger jedoch schwierig, den Aggregator zu wechseln, d.h., frei zu entscheiden, wer sein Transaktionspartner im Netz ist. Heute sind auch die 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 prinzipiell der Kleinerzeuger seine Energie im Verteilnetz darüber hinaus an den Verbraucher verkaufen, mit dem er sich auf einen Preis einigen kann.

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 eines Akkus mit 10 kWh über 15 Minuten bei 30 EUR / MWh nur noch 7,5 Cent kostet, dann sollten die Transaktionskosten unter einem Cent liegen. Ob dies mit heutiger Infrastruktur effizient umsetzbar ist, ist fraglich.

Wenn wir also den Fokus vom ÜNB im Jahr 2016 auf den VNB im Jahr 2030 verschieben und dabei als Szenario annehmen,

- dass die deutsche installierte Leistung zur Stromerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien bei 200 MW liegt, was mehr als das Dreifache der Verbrauchskapazität wäre,
- dass ein Teil der Überschussproduktion zwischengespeichert (z.B. mit erschwinglichen Batteriespeichersystemen) und als dann vergleichsweise preiswerte Regelenergie abgegeben werden kann,
- dass dadurch der Spot-Markt zum Hauptumschlagsplatz des Großhandels wird und sich gleichzeitig bis auf 15 Minuten an den Liefertermin herangetastet hat,
- dass im Rahmen des Handelns von Flexibilität Mikrotransaktionen in Höhe weniger Cent gang und gäbe sind,

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

Wenn Prosumenten grenzübergreifend Flexibilität anbieten können sollen, dann sind auch national unterschiedliche Umsetzungen von Prozessen wie zum Beispiel der Fahrplananmeldung nicht durchführbar, da jeder Kleinerzeuger bei Abweichung von Standardprozessen nicht zumutbaren Mehraufwand zu tragen hätte. Jeglicher Anpas-

sungsaufwand an regionale Besonderheiten würde nicht nur Kosten 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. Jede Anbindung ist individuell, das Ideal des anfänglich erwähnten Yin-Yang-Yong ist im europäischen Maßstab bestenfalls teilweise umgesetzt. Wenn also in Zukunft Mikromengen an Strom zu Mikropreisen echtzeitnah unter Gewährleistung der Versorgungssicherheit gehandelt, ausgetauscht und auch noch bezahlt werden sollen, dann ist dies eigentlich nur durch Nutzung der Blockchain möglich.

1.5 Einsatzszenarien 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 2-5 Jahren, und andere, die eine fundamentale Umstellung bisher praktizierter Prozesse erfordern, eher in 10-15 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.

1.5.1 Die Blockchain im Energiesektor heute

Erste Projekte finden sich bereits heute, bei denen die Blockchain verwendet wird, um Transaktionen in der Energiebranche zu verbuchen.

Im April 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 an einen Nachbarn verkauft unter Verwendung eines Smart Contracts der Ethereum-Blockchain. Dies geschah im Rahmen des Brooklyn-Microgrid (www.brooklynmicrogrid.com), welches vom Start-up Unternehmen LO3 betreut wird [15].

Das Beispiel 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 – generell all derer, die sich mit dem Einsatz der Blockchain im Energiehandel beschäftigen.

Ein anderes Projekt kommt aus Deutschland: RWE setzt zusammen mit dem sächsischen Unternehmen Slock.it die Blockchain ein, 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. RWE's System basiert auf dem Produkt BigchainDB von Ascribe aus Berlin [5]. Inwieweit hierbei Smart Contracts für das Freischalten von Ladestationen verwendet werden, ist noch nicht erkennbar.

1.5.2 Szenario 2020: Evolutionärer Einsatz der Blockchain

Eher kurzfristig kann man sich vorstellen, dass die aktuellen, eingefahrenen Prozesse im Rahmen des Energiehandels durch die Blockchain eher unterstützt als abgelöst werden (Top-Down-Ansatz). Das Gesamtbild aus Abbildung 2 ändert sich also zunächst nicht, aber die Silobildung und der individuelle Datenaustausch könnte durch die Blockchain abgelöst oder zumindest durch Datensynchronisation verbessert werden, siehe hierzu Abbildung 4.

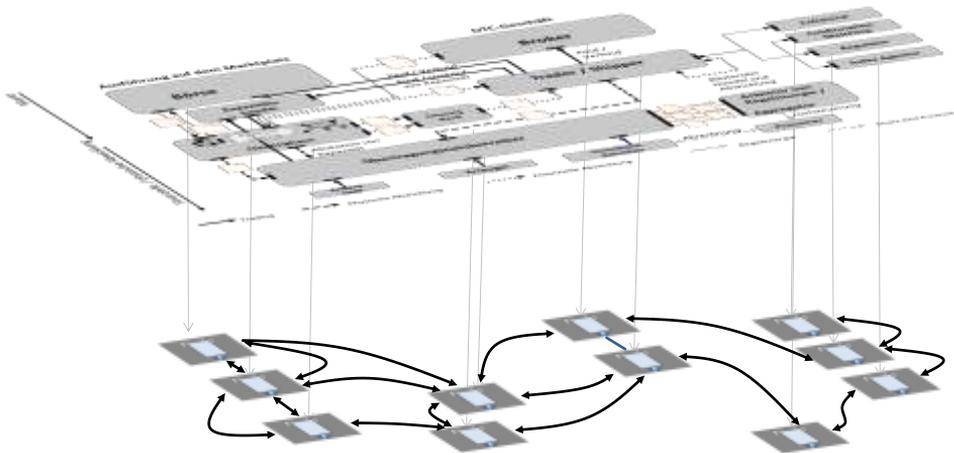


Abb. 4: Blockchain zur Unterstützung traditioneller Energiehandelsprozesse

Ein erster Schritt kann also die Nutzung der Blockchain als Kommunikationskanal sein: Hier bleiben alle Marktrollen erhalten, Händler handeln mit Händlern, Broker und Börsen stehen als Plattformen zu 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 Kommunikation zwischen Knoten einerseits (zur Datensynchronisation, horizontal in Abb. 4) und zwischen Teilnehmern und Knoten andererseits (vertikal) gesichert ist.

Der wichtigste Effekt der Blockchain ist hier die Standardisierung. Sollte es nur eine Blockchain auf dem ganzen Kontinent geben, müssten alle Teilnehmer Daten im exakt selben 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 Adapter, der fachliche Prozesszustände und Daten auf die Blockchain als Transportcontainer abbilden. „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.

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 vorstellen, dass eine Börse Transaktionsdaten an ein Clearinghouse schickt oder auch ein Broker im Rahmen des weiter oben erwähnten OTC-Clearing.

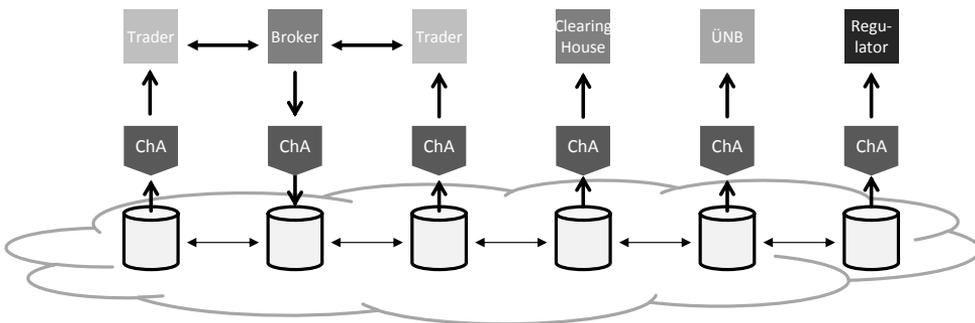


Abb. 5: Evolutionärer Einsatz der Blockchain

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 und Heren als Spezialisten im Energiehandel. Während Preise für liquide Produkte wie z.B. Strom-Grundlast für das Jahr 2018 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 zurück verkaufen. In der Blockchain-Welt kann man sich vorstellen, dass auch Index-Daten, die in die Blockchain geschrieben wurden, 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 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?

Tab. 2: 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. sollte binnen wenigen Sekunden eine Verbindung zu einem Ausweichknoten hergestellt werden können.
Immutabilität	Für einige Prozesse des Handels ist es nützlich, wenn daraus entstehende, langfristige Lieferverpflichtungen unveränderlich in die Blockchain geschrieben werden. Bei anderen Prozessen, wie z.B. der Fahrplananmeldung verlieren die Daten nach einigen Tagen an Wert. Da diese zusätzlich in den Anwendungssystemen gehalten werden, entsteht ein hohes Volumen an „toten“ Daten. Hier wäre eine Blockchain nützlich, die es erlaubt, historische Blöcke abzutrennen und zu löschen.
Durchsatz	Das System sollte in der Lage sein, bei Lastschüben einige 100 Transaktionen pro Sekunde, einschließlich der dafür erforderlichen Daten durchzusetzen.
Block Time	Aufgrund des evolutionären Charakters reicht es, wenn ein Block erst nach 30-60 Sekunden abgeschlossen wird, da aktuelle Prozesse heute erheblich langsamer sind.
Trustlessness	Nicht erforderlich, da Knotenbetreiber vertrauenswürdig sind.

Blockchain-Aspekt	Anforderung
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	Nicht erforderlich, da Datenaustausch und -synchronisation im Vordergrund stehen.
Proof-of-Work	Nicht erforderlich, eher Proof-of-Stake durch die Knotenbetreiber
Zugriffsschutz	Wichtig: Transaktionsdaten von Händlern oder bestimmte Daten einer Transaktion dürfen nur autorisierten Nutzern zugänglich sein.
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.
Zahlungsverfahren	Nicht erforderlich
Währung	Nicht erforderlich

1.5.3 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 Welt aus der Perspektive der Blockchain betrachtet, dann macht es 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 Teilnehmerrollen in Frage stellt. Doch zunächst eine weniger disruptive Variante:

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, Gegenpartei 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 der Handelspartner aus seiner Perspektive zu dem gleichen Ergebnissen gekommen ist. Wenn dies der Fall ist, bestätigt der ÜNB beiden 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 brauchen wir nur nach Großbritannien schauen: Der britische Stromnetzbetreiber National Grid 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 ECVAA – Energy Contract Volume Aggregation Agent). Gleiches gilt für alle Modifikationen oder Stornierungen von Lieferungen. Dieses Melden beginnt mit Termin- und endet mit Spotgeschäften. Der ECVAA hat auf diese Weise bereits zum frühestmöglichen Zeitpunkt alle Informationen verfügbar über die erwartete Last auf der Erzeugungs- und Verbrauchsseite. 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 Handelsdaten in die 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-Infrastruktur diverser Händler belastet.

1.5.4 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 denn ihre Existenz bedroht ist.

Lesenswert ist hier das Papier der Unternehmensberatung Oliver Wyman und der Euroclear [16]: 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)“ [16, S. 13].

Die Rolle des Clearinghouse 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 viele Blockchain-Lösungen (z.B. Ethereum) mit einer Verrechnungseinheit ausgestattet sind (bei Ethereum ist dies „Ether“), ist es kein großer Schritt, diese auch in die Abwicklung von Handelstransaktionen einzubeziehen. Man könnte theoretisch eine Kopie der Währung „Bitcoin“ exklusiv für den Energiehandel nutzen, aber ist es wirklich erforderlich, eine Währung mit freiem Wechselkurs zu nutzen? Solange der Energiehandel in Euro denominiert ist, reicht folglich ein Kontensystem, bei dem mit einer Handelstransaktion implizit auch ein Zahlungsbetrag gebucht wird – ähnlich einer Bitcoin-Transaktion. Marktteilnehmer müssen sich dazu mit einer entsprechenden Liquidität (der Transaktionskasse) eindecken, so dass sie anschließend ihre Handelsgeschäfte durchführen können. Da aber die Nutzung des Kontensystems erheblich günstiger ist als die Konvertierung zwischen Fiat-Währungen wie Euro oder englisches Pfund und ihm selbst, dürfte insbesondere der Spotmarkt von diesem Zahlungsmechanismus profitieren.

Wenn also eine Energielieferung spätestens für den Folgetag 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.

Allerdings besteht auch ein großer Nachteil in dieser Lösung: Die Transaktionskasse 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 Transaktionskonto 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 abzusichern, 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 eine 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 Marktrollen aus: Neben Händlern und Marktplätzen bleiben noch ÜNBs und Regulatoren als natürliche Monopole, die faktisch oder qua Gesetz nicht auch noch wegoptimiert werden können.

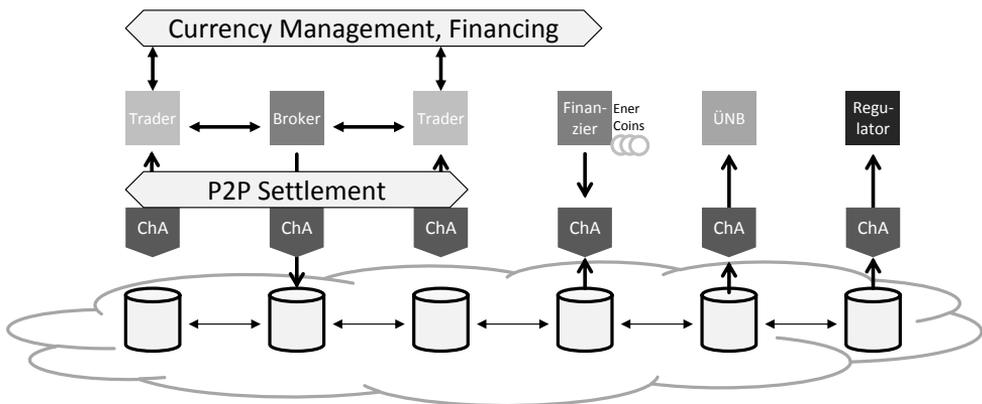


Abb. 6: Vom Clearinghaus zum Finanzier

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.

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

Bisher sind wir davon ausgegangen, dass eine Börse oder die Handelsplattform eines Brokers naturgemäß eine zentralisierte Rolle spielt, d.h., es war intuitiv klar, dass der Handel auf Börsenplattformen ein inhärent zentralisierter Prozess sein muss. Dies ist jedoch inzwischen widerlegt! Denn seit April 2016 gibt es als Gegenbeweis OpenBazaar (www.openbazaar.org), eine Open-Source-basierte Erweiterung von Bitcoin, die – genauso wie Bitcoin – auf alles Zentrale verzichtet. Jeder kann hier Händler sein

und seine Produkte selbst anbieten. Falls es zu Disputen zwischen den Transaktionspartnern kommt, lassen sich Dritte als Schiedsstelle einbinden. Die Bezahlung von Gütern und Dienstleistungen erfolgt über Bitcoin. Dies bedeutet aber auch, dass sich die Nachteile von Bitcoin (lange Block Time, begrenzte Transaktionsrate) auf OpenBazaar-Geschäfte auswirken.

Da OpenBazaar konsequent die Pseudonymität von Bitcoin fortsetzt, waren unbekannte Händler aller Art in den ersten Tagen nach dem Go-Live bei OpenBazaar zu finden – unter anderem auch Anbieter illegaler Drogen und von Nazi-Musik. Die OpenBazaar-Architektur aus Abbildung 7 sollte daher als prototypisch für zukünftige P2P-Marktplätze betrachtet werden:

- Ganz unten im Stack dient **Bitcoin** als gemeinsame Basis für Zahlungstransaktionen mit seinen Eigenschaften wie Persistenz, Kontenverwaltung, Datenkonsistenz zwischen Knoten, transiente Wiederanlauffähigkeit von Knoten, etc. Man kann sich aber alternativ auch vorstellen, dass die Marktplatzarchitektur gar nicht zwingend mit einer speziellen Blockchain bzw. Blockchain-Technologie gekoppelt sein muss, ihre technische API könnte beispielsweise voreingestellt auf Bitcoin abbilden, aber bei anderen Anforderungen (gegenseitiges Vertrauen, niedrigere Block Time) wäre es sicherlich sinnvoller, eine andere Blockchain-Implementierung einzusetzen.
- **Peer-to-Peer-Kommunikation:** Das OpenBazaar Network wird genutzt, um Angebote im Netz direkt auszutauschen. Hier wird das P2P-Protokoll „Kademlia“ verwendet, das Knoten transient synchronisiert, d.h., ohne die Persistenz der Blockchain zu nutzen [17]. Der Vorteil liegt in der raschen Synchronisierung der Knoten, jedoch würden Angebote eines Teilnehmers verlorengehen, wenn ein OpenBazaar-Knoten abgeschaltet werden würde.
- **Chain Adapter:** Oberhalb der technischen API befindet sich die Verbindungsschicht zwischen der technischen und der fachlichen Ebene. Die vom Chain Adapter angebotene Schnittstelle ist vertikal, hier wird im Kontext des jeweiligen Marktes (Finanzhandel, Versicherungen, physische Güter, Crowd Funding) eine entsprechende Terminologie verwendet. Im Energiekontext wären dies beispielsweise Produktattribute wie „Grundlast“, „Lieferzeitraum“ und „MWh“. Bei OpenBazaar sind es diese vertikalen Bausteile, die branchenspezifische Logik implementieren. Ein Chain Adapter würde im Sinne von OpenBazaar eine vertikale API anbieten, die wiederum von Marktteilnehmern genutzt werden.
- **Applikationen der Marktteilnehmer** würden auf die Commercial API aufsetzen. Typische Anwendungen sind hier ETRM-Systeme und Trading-Front-Ends der Händler, bei anderen Teilnehmern sind es die jeweiligen Applikationen der Clearinghäuser, ÜNBs, Regulatoren, etc.

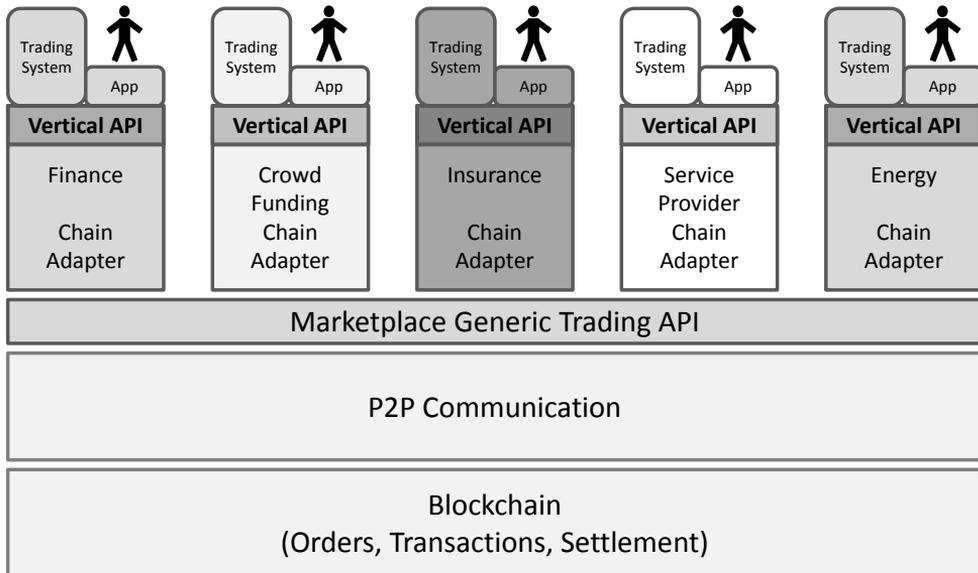


Abb. 7: Architekturmodell in Anlehnung an OpenBazaar

Dem Chain Adapter kommt eine marktspezifische Rolle zu, da auf seiner Ebene definiert wird, wie fachliche Datenformate und Prozesse in die Blockchain eingebettet sind – es gilt also eine Vielzahl an Details zwischen den Marktteilnehmern zu verabreden, bevor sich alle Beteiligten technisch verständigen können. Im Rahmen einer umfassenden Standardisierung ist also bei der Entwicklung vertikaler Chain Adapters das anfangs erwähnte Yin-Yang-Yong umzusetzen.

Die Bitcoin-Anbindung von OpenBazaar dürfte sich zudem im Kontext des Energiehandels als zu langsam erweisen. Während bei privaten Angeboten, die sich auch bei eBay finden, sicherlich eine Verzögerung bis zu einigen Stunden bis zur sicheren Inklusion der Transaktion in einen Block tolerabel ist, wäre diese Zeitspanne beim Energiehandel zu lang. Für den Energiehandel müsste das Einstellen einer Order in Sekundenbruchteilen an die anderen Knoten weitergeleitet werden, um zu verhindern, dass es zu Begünstigungen schnell angebundener Händler kommt. Auch das Zustandekommen einer Transaktion muss entsprechend schnell die anderen Knoten erreichen, so dass Doppelbuchungen vermieden werden. Das Protokoll muss dies sicherstellen, denn nur einer kann den Zuschlag für eine Transaktion erhalten.

Insofern soll OpenBazaar hier als Prinzip vorgestellt und nicht als virtueller Ort für Energiehandelstransaktionen empfohlen werden.

Die Community der Energiehändler steht beim Festlegen von Datenformaten allerdings nicht ganz am Anfang, da in der Branche bereits diverse Standards existieren. Insbesondere sei hier CPML (Commodities Products Markup Language [18]) erwähnt, ein XML-Standard für die Datenstrukturierung von Energiehandelstransaktionen. CPML entstand ursprünglich im Rahmen des eCM-Prozesses (electronic Confirmation Matching), bei dem Händler gegenseitig prüfen, ob die Daten eines OTC-Geschäfts

der anderen Partei mit den im eigenen ETRM-System geführten Transaktionsdaten entsprechen. Ist dies gegenseitig der Fall, spricht man von einem „Match“ – und alles ist in Ordnung. Nur wenn die Daten beider Parteien nicht matchen, könnte sich ein Fehler eingeschlichen haben. Im Zuge der Standardisierung dieses eCM-Prozesses hat sich ein Fundus an Standardbausteinen zur Modellierung von Handelsgeschäften ergeben, dieser wäre „nur“ noch auf die Blockchain abzubilden.

Aufgrund der seit über zehn Jahren gelebten Praxis beim Einsatz des CPML-Standards besteht also eine gewisse Chance, dass die Standardisierung des Chain Adapters in kurzer Zeit übernommen werden kann. Insofern ist es nicht unrealistisch, dass recht bald erste Marktplatz-Projekte in diesem Umfeld starten.

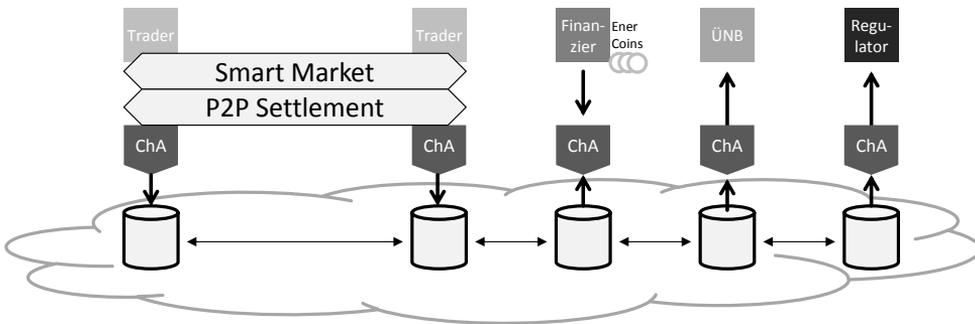


Abb. 8: OTC-Energiehandel ohne Broker

Man könnte schließlich einwenden, dass ein P2P-Marktplatz niemals die Geschwindigkeit und Transaktionsrate eines zentralisierten Brokersystems erreichen könne. 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. Es ist jedoch längerfristig zu erwarten, dass – wie in den oben erwähnten Smart-Grid-Szenarien – Software die Transaktionsentscheidung trifft. Wenn hier aber eher Millisekunden als Sekunden zählen, dann könnte ein Händler begünstigt sein, der auf dem gleichen Knoten der Blockchain sitzt, da hier die Übertragungszeit verzögern wirkt.

Wenn nicht die Transaktionsrate fortgeschrittener Börsensystemen erreicht werden muss, so ist es aus Sicht des Energiehandels doch ein Optimierungsziel, diese aus Gründen der Diskriminierungsfreiheit zu erhöhen. Interessant wäre es also, wenn ein Blockchain-Produkt das Feature „Nicht-Diskriminierung“ bieten würde, das Händler nicht aufgrund eines topologisch benachteiligten Knotens schlechter stellt. Man könnte z.B. im Falle einer gehosteten Blockchain erzwingen, dass sich die Systeme der Händler immer wieder mit anderen Knoten verbinden, so dass es dem Zufall überlassen ist, ob ein Ereignis (z.B. eine Order) auf demselben Knoten oder einem anderen auftritt.

1.5.6 Szenario 2030: Ein perfekter Energiemarkt

Wenn wir das abschließende Szenario auf das Jahr 2030 ausrichten, 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 „Funktelefonnetz“ 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 den die Blockchain des Energiehandels der Zukunft gestaltet sein sollte.

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

Auch ist die Annahme der „Kupferplatte“ eine eigentlich nicht zulässige Abstraktion, denn der Lieferfähigkeit von Strom in oder aus einem Verteilnetz ist durch die Kirchhofschen Gesetze begrenzt – der Markt muss sich der Physik fügen. Aber dennoch kann für die Standortwahl zukünftiger Erzeuger das Anreizsystem so gestaltet sein, dass diese sich der Nähe von Großverbrauchern ansiedeln.

Wir nehmen daher an, dass es eine einheitliche Netz- und Handelsinfrastruktur gibt, die sich über den gesamten Kontinent erstreckt. Teilnehmer sind Anbieter großer und kleiner Kraftwerke sowie große und kleine Anbieter von Energiespeichern, die mehr oder weniger sicher den Strom in Abhängigkeit von Wetterlagen liefern bzw. an Dritte abgeben können. Auch wird es Anbieter geben, welche die flexibel nach Markt- oder Transporterfordernissen die Energieformen umwandeln, Zum Beispiel: Strom zu Gas und Gas zu Strom. Marktverzerrende Subventionen wie z.B. die im Rahmen des deutschen EEG (Erneuerbare Energien Gesetz) spielen 2030 keine Rolle mehr, da die Stromproduktion nicht mehr förderungsbedürftig ist und die letzten geförderten Anlagen am Ende ihrer Subventionsperiode stehen.

Die Investition pro Kilowatt Erzeugungskapazität kostet nur noch 500 Euro (größere Windanlagen lassen sich heute bereits bei einer Investition von unter 1000 Euro / KW installieren), langfristig bieten große und kleine Anlagenbetreiber ihren Strom am Großhandel für durchschnittlich 2-4 Cent / KWh an – dies liegt unter dem historischen Großhandelspreis aus Abbildung 3. Batteriespeicher kostet nur noch 100 Euro / KWh [19]. Da das Unternehmen Tesla ab 2017 bereits Batterien für 300 USD / KWh produzieren wird, ist die Annahme für das Jahr 2030 nicht unrealistisch. In Deutschland liegt die aggregierte Erzeugungskapazität möglicherweise bei 200 GW, von denen in der Regel nur ein geringer Teil tatsächlich genutzt wird, der Rest steht direkt oder indirekt als Reservekapazität zur Verfügung für Ausnahmesituationen.

Das primäre Ziel ist jedoch auch 2030 nicht, den Strom für das Aufheizen einer Sauna in Finnland beim Besitzer eines Solardaches in Südtalien zu kaufen, es be-

steht vielmehr der Anreiz, den größten Teil der Erzeugung lokal im Orts- oder regionalen Verteilnetz zu verbrauchen. Dies wäre z.B. möglich durch dynamisierte Netznutzungsentgelte der Übertragungsnetzbetreiber, welche auf die 2-4 Cent / kWh einen Aufschlag als „Wegzoll“ erheben, sobald die Übertragung über ein Ortsnetz, Verteilnetz oder die Zone eines ÜNBs hinweg erfolgt. Heute sind dies durchschnittlich etwa 6 Cent / kWh. Jedoch kann sich dies in Zukunft nach Netzstufe differenzieren: Eine Lieferung im Ortsnetz mag dann 3 Cent kosten, eine innerhalb des VNB 5 Cent und eine über dessen Grenzen hinweg vielleicht 8 Cent. Der Preisreiz ist also, lokale Erzeugung auch lokal zu verbrauchen.

Handelnde Teilnehmer seitens der Prosumenten sind nicht Personen, sondern Algorithmen in den Steueranlagen der jeweiligen Erzeuger und Verbraucher (man denke an den „Energieagenten“ im Prolog). So wie heute bei einem Hybridauto ein Steueralgorithmus entscheidet, ob 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.

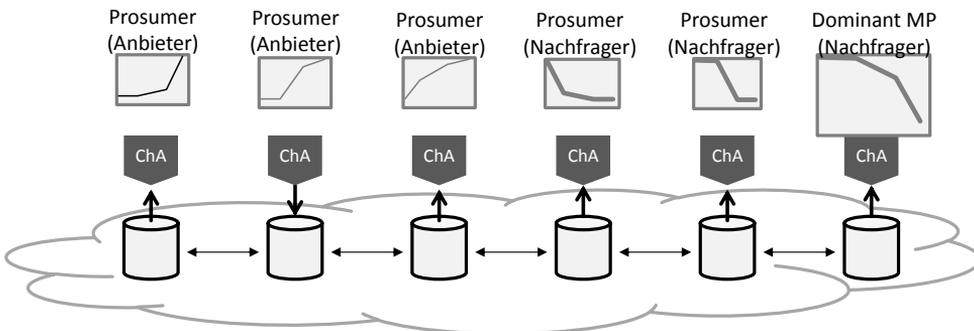


Abb. 9: Unterschiedliches Angebots- und Nachfrageverhalten auf dem Smart Market

Jeder Prosument 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 Prosumenten bevorzugten Policy anpasst – genauso wie beim Gas geben oder Bremsen im Hybridauto.

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 Marktplatz 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 immer nur wenig differenziert, außerdem sind die gehandelten Mengen in der Region 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.

Im Gegensatz zu heute gibt es im Szenario 2030 keine Aggregatoren mehr, die hierarchisch Kleinerzeuger bündeln, diese 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.

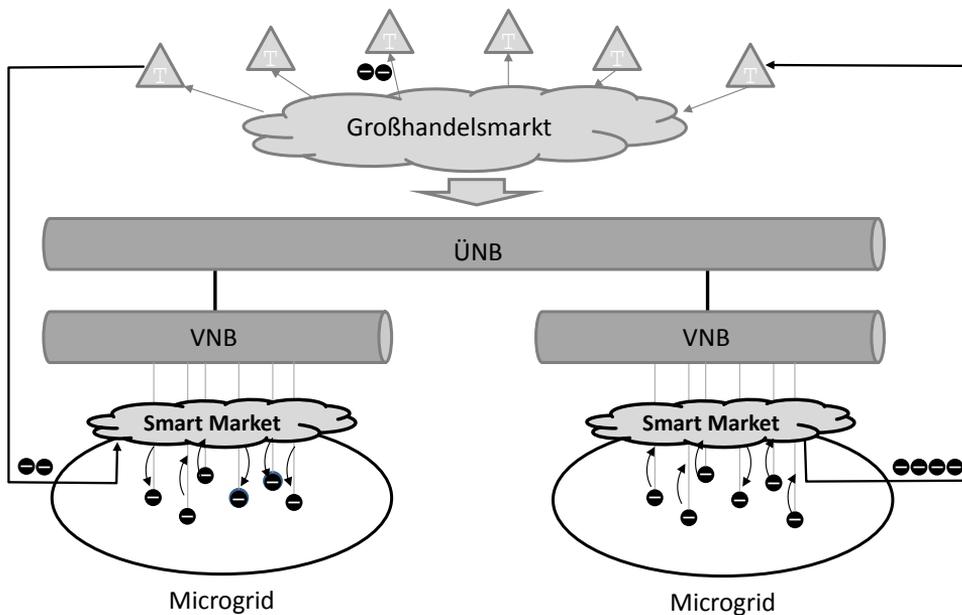


Abb. 10: Regionale Smart Markets vs. Großhandelsmarkt

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 Me-

than umgesetzt und gespeichert werden können, dann lässt sich daraus die entsprechende Reservekapazität von Gaskraftwerken speisen, die für finstere, windstille Stunden zur Verfügung steht.

Für den Handel von Strom verfügt jeder Teilnehmer über ein EnerCoin-Konto, dies ist die Handelswährung 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 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 Cryptocurrencies enttäuschen, jedoch ist es einfacher, den schwankenden Preis eines Rohstoffs „Strom“ in einer gegenüber dem Euro fest verankerten Währung zu bewerten, als zwei Preise bewerten zu müssen (EnerCoins gegenüber dem Euro und den Preis pro kWh gegenüber EnerCoin). 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 durchgeführt, um zu errechnen, welche „Geldmenge“ an EnerCoins erforderlich ist, um für den Kreislauf aus Stromproduktion, Handel und Verbrauch die nötige Liquidität bereit zu stellen. 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 diese gegen Gebühr ihren Kunden an. Dies ist ein automatisierter Prozess, der im Wettbewerb zu geringen Gebühren abläuft. Hat ein Teilnehmer 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 Euros 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 zurück getauscht.

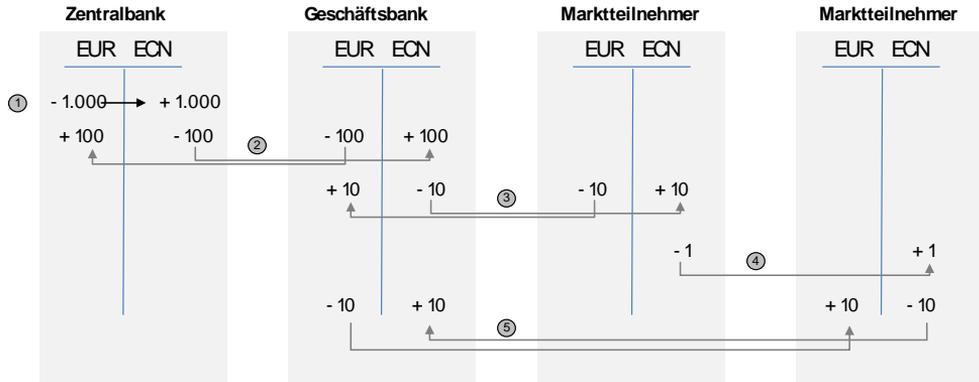


Abb. 11: Der Kreislauf von EnerCoins

1. Initiale Erzeugung der EnerCoin-Geldmenge (ggf. sporadische Anpassung der Geldmenge an die Nachfrage nach EnerCoins)
2. Geschäftsbanken tauschen Euros gegen EnerCoins bei der Zentralbank
3. Marktteilnehmer tauschen Euros 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 ein gegen Euro

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 ausgesetzt sind (Preise für Erzeugungs- und Speichertechnologie, gleiche Wettersituation), bestimmen überregionale Parameter den lokalen Marktpreis. Dazu ein Beispiel: unter normalen Umständen würden Prosumenten in der Region Tirol ihren Nachbarn Strom zu einem Preis von 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 ein Nachfragesog entsteht. Plötzlich erhöhen die Tiroler Agenten der dortigen PV-Anlagen ihre Preise kurzfristig auf 25 Cent, da sie – statt ihren Sonnenstrom in Akkus einzuspeisen – diesen jetzt nach Deutschland liefern. Diese Erhöhung zeigt sich bei allen Tiroler Anbietern gleichzeitig, da alle mehr oder weniger gleiche Preiskurven für ihr Angebot verwenden. Nachdem sich auf diese Weise der Marktpreis bei 15 Cent eingespielt hat, wird es für Betreiber von Gaskraftwerken profitabel, mittelfristig – also binnen einer Stunde – ebenfalls Strom zu produzieren. Wenn sich die Windstille dann noch über die Nacht weiter fortsetzt, dann führt dies zu einer weiteren Preiserhöhung auf 55 Cent / KWh. Jetzt schaltet sich auch das letzte Blockheizkraftwerk hinzu und generiert seinem Besitzer möglicherweise 30 Cent Deckungsbeitrag pro erzeugter KWh. Im Zweifelsfall liefern norwegi-

sche Betreiber von Wasserkraftwerken und deutsche Betreiber von Gaskraftwerken ebenfalls zusätzlichen Strom. Bei letzteren ist dies besonders attraktiv, wenn sie selbst in der Region mit hoher Nachfrage sitzen, da hier nur minimale Netznutzungsgebühren anfallen. Bei 55 Cent / KWh (also 550 Euro / MWh) könnte der Betrieb eines modernen Gaskraftwerkes sogar profitabel sein, wenn es nur einen Monat im Jahr läuft.

Für den Konsumenten bedeutet dies im Durchschnitt etwa, dass er über das Jahr 6 Monate seinen Strom zu minimalen Kosten aus der Nachbarschaft bezieht (5-8 Cent) – dies sind hauptsächlich Netznutzungsgebühren und Abgaben. 5 Monate kostet der Strom 10-15 Cent und einen Monat lang bezahlt er einen Knappheitspreis von 50 Cent. Im Durchschnitt sind dies dann weniger als 15 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.

Die Trennung des Energiehandels in regionale Märkte geht einher mit der Bildung von Preiszonen, zwischen 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, so dass beispielsweise 30 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.

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, wieviele KW PV-Erzeugungskapazität Liz und Sophie besitzen und wieviel Akku-Speicher und wenn die Liefer-Policies der Stromagenten fast identisch sind, dann ist der Gewinn aus der Abgabe von Strom kein Geheimnis mehr. Wenn also Sophie im Schnitt ein Kilowatt das ganze Jahr hindurch für 6 Cent abgibt, dann sind dies gut 500 Euro Umsatz. Selbst bei der 10fachen Menge wäre es immer noch ein 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 Pseudonymität und Zugriffsschutz auf Transaktionsdetails verzichtet?

Neben dem Kerngeschäft des Energiehandels können Schritt für Schritt weitere Dienstleistungen entstehen, die alle im Rahmen der EnerCoin-Welt gehandelt werden, so dass es für Nutzer ganz normal ist, nicht nur seinen Euro- sondern auch 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 weiter gedacht 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 Riesenbetrag Euros anhäufen für die Herausgabe eines entsprechenden Betrags an EnerCoins. 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 Netzbetreiber als die wenigen größeren Unternehmen, 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 EnerCoin denkbar?** Dies hängt stark von der Ausgestaltung der Blockchain ab. Während bei Bitcoin das Mining – also die Geldschöpfung – durch kryptografische Proof-of-Work-Mechanismen eingeschränkt ist, könnte man bei kollektivem Vertrauen die Herausgabe von EnerCoin auch einer Gruppe von Organisationen in die Hände legen. Zu klären wäre hier, wie die Bedingung sind für den Betrieb eines solchen Gewerbes. Die genutzte Blockchain müsste dazu anstelle des „Mining“ eine Technik vorsehen, bei der Geldmengenveränderungen kontrolliert und nachvollziehbar durchgeführt werden.
- **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“ [20]. 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 Anwendungen bzw. Agenten überfordern.
- **Warum nicht gleich die Referenzwährung auf die Blockchain übertragen?** Dies wäre die radikalste Variante, bei der der Euro (oder CHF, GBP, USD) selbst einfach „blockchainisiert“ wird, dann wäre der Handel von Gütern aller Art so effizient wie oben für den Handel von Strom beschrieben. Vermut-

lich 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 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.

Es gibt noch viele weitere Aspekte zu klären, bis das Szenario 2030 sich materialisieren kann. In der Diskussion mit Volkswirten ergab sich beispielsweise die Frage, wie mit einem Marktcrash 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 der Zukunft, welche die oben skizzierten Anforderungen erfüllen soll, muss Massendaten in ganz andere Größenordnungen verarbeiten können: vermutlich sind es einige tausend Transaktionen pro Sekunde, die europaweit zu verbuchen wären. Wenn allerdings der größte Teil der Transaktionen in Teilnetzen stattfindet, dann ergibt sich eine neue Anforderung: Die Blockchain sollte regionalisierbar bzw. hierarchisierbar sein, d.h. Lieferungen innerhalb eines Teilnetzen finden sich in einer regionalen Blockchain, während übergreifende in einer übergeordneten gebucht werden. Auf diese Weise wären die Transaktionen von 100.000 Netzanschlüssen eines VNBs sicherlich verarbeitbar. Der TSO würde dann die Daten der VNBs in seiner Regelzone sowie die übergreifenden auslesen, um sich ein Echtzeitbild über die erwarteten Lieferungen zu machen. Denkbar wäre auch, dass der VNB diese Details lokal filtert und nur saldierte Volumina an den ÜNB meldet. Möglicherweise handelt der VNB in zwei Währungen – seiner eigenen und dies des ÜNB?

Während die Regionalisierung bei der physischen Lieferung nützlich sein kann, würde sie beim Zahlungstransfer jedoch zum „double spending“ einladen. Möglicherweise kann die Auftrennung in zwei Blockchains (physische Lieferung und Zahlung) hier Abhilfe schaffen.

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, so dass man bei der Verfeinerung von Blockchain-Technologien eine Vision hat, auf welche die Entwickler in den betroffenen Unternehmen hin arbeiten können.

Als Vorstufe des Szenarios 2030 wäre es daher interessant, quasi auf halbem Wege ein Inselmodell zu entwickeln, bei dem ein Blockchain-basierter Strommarkt 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.

1.5.7 Welche Blockchain-Technologie eignet sich für den Energiehandel?

Nachdem wir nun einige mehr oder weniger ambitionierte Einsatzszenarien der Blockchain im Energiehandel betrachtet haben, stellt sich die Frage, welche der vielen Eigenschaften einer Blockchain dafür essentiell sind, welche nützlich und welche gar nicht erforderlich sind. Dazu sind in folgender Tabelle alle erdenklichen Eigenschaften zusammen mit ihrer jeweiligen Bedeutung aufgeführt:

Tab. 3: Erforderliche Eigenschaften der Blockchain für den Energiehandel

Eigenschaft	Bedeutung für den Energiehandel
Persistenz	Essenziell zur Sicherung von Transaktionsdaten.
Datenaustausch / Datensynchronisation	Essenziell für Prozesse wie den Austausch von Orders und Transaktionen, Nominierungen, nützlich für das regulatorische Reporting.
Immutabilität	Essenziell, wenn Transaktionsdaten kryptografisch gesichert zu speichern sind. Nützlich für das regulatorische Reporting und die im Zusammenhang ungeplanter Ausfälle.
Permissioned Blockchain	Die Blockchain ist grundsätzlich „Closed“, d.h., beschränkt auf die Teilnehmer des klassischen Energie-Großhandels. Im Szenario 2030, bei dem jeder am Energiemarkt teilnehmen kann, wäre eine öffentliche Blockchain vorzuziehen.
Proof of work / proof of stake, Blockbildung	Essenziell, da Voraussetzung für Immutabilität, Im Falle einer Permissioned Blockchain ist auch ein „Proof of Stake“ ausreichend, hier erfolgt die Berechtigung zur Blockbildung durch Authentifizierung der Knotenbetreiber.
Verfügbarkeit	Dies ist essenziell, sobald Prozesse wie Nominierung und Abruf von Regelenergie enthalten sind und erst recht im Falle des „Szenario 2030“. Die Versorgungssicherheit bleibt auch 2030 höchstes Ziel.
Block Time	Essenziell wären folgende Merkmale: Der gegenseitige Austausch von Transaktionen sollte weniger als einer Sekunde erfolgen, die Blocktime sollte 10 – 30 Sekunden sein.
Durchsatz	Mittelfristig (Handel, Fahrplananmeldung) wäre ein Durchsatz von 500 bis 1.000 Transaktionen pro Sekunde ist erforderlich, der für das Szenario 2030 erforderliche Durchsatz lässt sich wohl nur durch eine hierarchisierte Blockchain erreichen.
Anonymität / Pseudonymität	Im mittelfristigen Szenario essenziell, aber mit Mechanismen zur Aufhebung durch berechtigte Dritte. Im Szenario 2030 besteht möglicherweise kein Bedarf mehr für Anonymisierung.
Trustlessness	Nicht erforderlich, da unter der Annahme vertrauenswürdiger Knotenbetreiber Betrug durch diese selbst ausgeschlossen wird.

Eigenschaft	Bedeutung für den Energiehandel
Knotenbetreiber = Nutzer?	Nützlich: Mit zunehmender Anzahl an Teilnehmern ist es immer weniger erforderlich, dass Teilnehmer selbst einen vollwertigen Knoten betreiben. Es reicht wahrscheinlich ein „harter Kern“ von 20-50 Betreibern, während der Rest eher ein Handels-Front-End nutzt und entfernt auf die Knoten zugreift. Im Szenario 2030 könnte sich jedoch die Anzahl Knoten auf einige Tausend erhöhen, die jedoch hierarchisch organisiert sind.
Smart Contracts	Nicht erforderlich: Vermutlich sind Smart Contracts bei Massentransaktionen in geschlossenen Systemen weniger notwendig als bei öffentlichen, multi-purpose Blockchains, die individuelle Transaktionen ihrer Nutzer unterstützen.
Integriertes Zahlungsverfahren	Nützlich: Die 1:1-Kopplung an eine Abrechnungswährung würde einen zentralisierten finanziellen Abwicklungsprozess überflüssig machen.
Währung	Nicht erforderlich: Die 1:1-Bindung an eine Referenzwährung wie den Euro würde die Abrechnung erleichtern. Eine freie Währung, deren Wechselkurs schwanken kann (so wie Bitcoin), wäre möglicherweise für Teilnehmer schwer handhabbar.
Geldschöpfung	Nicht erforderlich für Marktteilnehmer selbst (im Sinne des Mining), dies erfolgt im Szenario 2030 durch dafür vorgesehene Banken bzw. Betreiber.

1.5.8 Abschließende Betrachtungen

Eine Frage, die sich an dieser Stelle ergeben kann ist, warum dem Thema „Smart Contracts“ hier so wenig Aufmerksamkeit geschenkt wurde.

Smart Contracts sind ein brillantes Konzept für „Multi-Purpose-Blockchains“, die Nutzern mit unterschiedlichsten Aktivitäten zur Verfügung stehen – also hier ein Automietvertrag mit Bereitstellung eines elektronischen Schlüssels bei Bezahlung, dort der Kauf eines T-Shirts in einem Online-Shop mit automatischer Auslösung der Lieferung. Bitcoin als Urmutter aller Multi-Purpose Blockchains und beispielsweise auch Ethereum aufgrund seiner Vereinfachungen und Erweiterungen dienen heute beide als Versuchslabor, in dem mit Smart Contracts experimentiert werden kann.

Es ist jedoch schwer nachvollziehbar, warum Smart Contracts in den dargestellten Szenarien des Energiehandels Sinn machen. Wenn man bedenkt, dass ein Vertrag eine individuelle Vereinbarung zwischen zwei oder mehreren Parteien ist, dann ist mit diesem Vertrag ein gewisser Transaktionsaufwand verbunden. Wenn die gleichen Parteien öfter miteinander Handel treiben, dann werden sie versuchen, sich das Leben zu vereinfachen. Dies könnte z.B. in der Verwendung von AGBs oder Rahmenverträgen stattfinden. Tatsächlich ist eine der ersten erfolgreichen Standardisierungen der EFET die Formulierung von Standardrahmenverträgen für unterschiedliche Produkte im Strom- und Gashandel, was den OTC-Handel dieser Produkte erheblich

effizienter machte. Und wenn eine Gesellschaft der Meinung ist, dass gewisse Regeln, die man vertraglich ausbedingen könnte, von solcher Allgemeingültigkeit sind, dass sie alle Bürger betreffen, dann werden sie in den gesetzlichen Rahmen aufgenommen und brauchen weder in Rahmenverträgen noch in den Verträge von Einzelgeschäften selbst explizit gemacht werden.

Gleiches gilt für Verpflichtungen, die sich aus dem Vertragsschluss ergeben: Man könnte in jeden abgeschlossenen Vertrag immer wieder die gleiche Prozessbeschreibung aufnehmen und automatisiert ausführen. Eine Blockchain wie z.B. Ethereum erlaubt zudem als Optimierungsmaßnahme eine Speicherung des Smart Contracts „off-chain“, d.h., seine Daten würden nicht einmal die Blockchain belasten. Wenn wir uns aber auf eine Domäne wie den „Energiehandel“ beschränken, dann sind Rollen und Prozesse bereits langfristig und für eine riesige Zahl Teilnehmer sehr präzise festgelegt, das Handelsgeschäft stellt damit nur noch einen Satz von Transaktionsdaten dar, für den die erforderliche Logik in den beteiligten Anwendungen verankert ist.

In diesem Abschnitt ist deutlich geworden, für welche mehr oder weniger gewichtigen Mitspieler des Energiemarkt die Rolle neu definiert werden kann. Alle, die nicht originär – also physisch – Energie anzubieten haben oder sie letztendlich verbrauchen, müssen sich folgende Frage stellen: Bin ich Mittler? Können die von mir Vermittelten auch direkt interagieren? Lebe ich möglicherweise von der Aufbereitung einer nicht-standardisierten, intransparenten Datenvielfalt? Oder lebe ich vom Konvertieren oder Bewegen von Daten? Was wird meine Rolle sein, wenn Transparenz und Standardisierung durch die Blockchain zur Normalität werden?

Das Schlüsselwort lautet hier „Disintermediation“. Interessanterweise war es auch schon ein Schlüsselwort in einem Buch über „Electronic Commerce“, das ich im Jahr 1999 geschrieben hatte [3]. Grundsätzlich besagt Disintermediation, dass in einer Wertschöpfungskette Zwischenhändler ausgeschlossen werden. Dies galt bisher vor allem für lokale Händler in Zeiten von Amazon und Ebay, Uber und Airbnb. Aber bei der Blockchain und den oben beschriebenen Szenarien geht Disintermediation noch viel weiter: Auch Vermittler und Dienstleister müssen ihre Rolle hinterfragen (Broker, Börsen, Clearinghäuser). Dies hat eine ganz neue Qualität: Während Uber und Airbnb als Vermittler noch ihre stattliche Marge erzielen können, bleibt bei OpenBazaar nichts mehr übrig für diejenigen, die nicht Käufer oder Verkäufer sind. Andererseits verschieben sich häufig die Rollen: der Mittler zwischen EnerCoin und Euro wird genauso erforderlich sein wie die neue Form des Clearinghauses, das als Finanzier des Energiehandels agiert und einen vertrauenswürdigen Dritten verkörpert. Und wenn im Endstadium hunderttausende Prosumenten in standardisierter Form Energie handeln, das ist dies wiederum eine Plattform für hunderte neuer Dienstleistungen, von denen wir uns heute noch keine Vorstellung machen können.

1.6 Das Projekt EnerChain

Für mein Unternehmen PONTON, das seit vielen Jahren Integrationsprojekte im Energiehandel durchführt und diverse Applikationen für Abwicklungsprozesse entwickelt und betreibt, ist klar, dass die Blockchain einer der Treiber ist für zukünftige Prozesse sein wird.

Da aber die Schnittstelle zwischen dem Energiehandel und der Blockchain-Technologie noch nicht im Detail erforscht ist und – wie ja ausführlich beschrieben – noch etliches an Standardisierungsarbeit erforderlich ist, haben wir uns entschlossen hierzu eine Keimzelle zu bilden: Wir haben in unserem täglichen Geschäft nicht nur mit nahezu allen Händlern von Strom und Gas zu tun, sondern auch mit Marktplatzbetreibern unterschiedlicher Spezialisierung sowie mit Netzbetreibern. Und bei allen sind wir in Standardisierungsthemen involviert.

Diese Keimzelle „EnerChain“ besteht heute in einem ersten Projekt, bei dem der außerbörsliche P2P-Handel von Energie unterstützt werden soll, also quasi einem OpenBazaar, jedoch optimiert für Energiehändler.

Hierbei installieren sich Händler einen Knoten der Blockchain sowie die erforderliche Trading-Screen, über die Orders übermittelt und Handelsgeschäfte abgeschlossen werden können. Beides wird über die Blockchain direkt zwischen den Teilnehmern ausgetauscht – statt zum Telefonhörer zu greifen, kommen bilaterale Geschäfte online zu Stande. Über ihre Trading Screen können Händler das Marktgeschehen in der Blockchain verfolgen, d.h., Orders werden nahezu in Echtzeit übertragen und angezeigt und die Gegenseite kann durch Klicken auf eine in der Screen angezeigte Order eine Handelstransaktion abschließen.

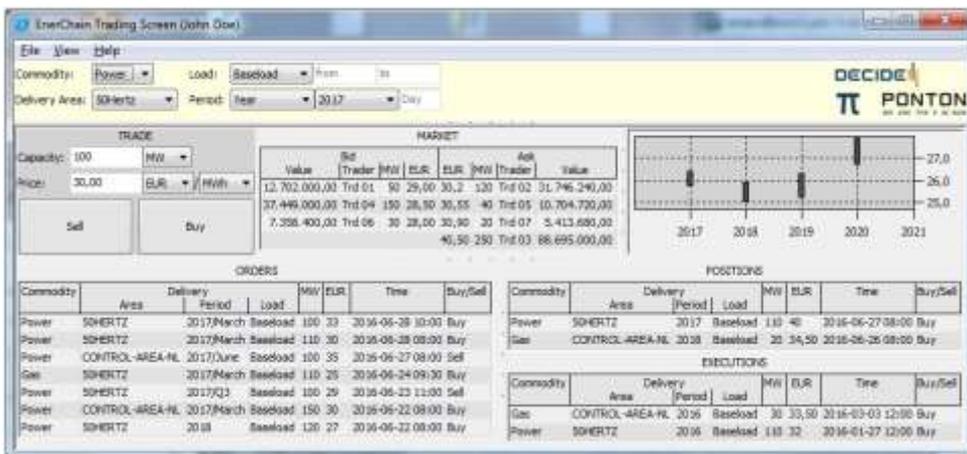


Abb. 12: Blockchain-basierte Trading Screen

Im weiteren Verlauf konzentriert sich das Projekt dann auf die Exploration von Technologien, die Analyse von Branchenentwicklungen und die Entwicklung neuer Geschäftsprozesse. Dies erfolgt in enger Zusammenarbeit mit Unternehmen, welche die

jeweiligen Markttrollen zukünftiger Prozesse einnehmen. Das Projekt EnerChain hilft damit, die Dynamik im Blockchain-Umfeld zu nutzen und auf Energieprozesse der Zukunft zu übertragen.

EnerChain geht als „Blockchain Think Tank“ so vor, dass PONTON Entwicklungen auf geschäftlicher und technischer Ebene analysiert, mögliche Prozesse näher spezifiziert und durch Prototypen validiert. In der Folge werden Teilnehmer in die Lage versetzt, spezifische Prozesse ihrer Branche umzusetzen.

Weitere Informationen hierzu finden sich auf der Website enerchain.ponton.de.

1.7 Ausblick

Zum heutigen Zeitpunkt ist die Blockchain eine Technologie mit Potenzial für den Energiehandel: Weder wurde der Beweis durch weitreichende Nutzung angetreten, dass diese Technologie ihr Versprechen hält, noch gibt es prinzipielle Gründe, warum sie es nicht tun sollte. Es werden ökonomische, rechtliche und regulatorische Parameter sein, die bestimmen, ob der Handel und die Verteilung von Energie auf Basis der Blockchain Sinn machen oder nicht.

Wenn die Kosten einer Energiehandelstransaktion signifikant unter den internen Koordinationskosten heutiger Akteure liegen, wenn es marktbasierende Allokationstechniken gibt, die einem Schwarm von Kleinerzeugern richtige Verhaltenssignale geben kann, wenn sichergestellt werden kann, dass die Anforderung der Versorgungssicherheit „trotz“ Blockchain erfüllt bleibt und wenn Fehlverhalten von Marktteilnehmern, Betrug oder andere Formen krimineller Gewalt ausgeschlossen, vorgebeugt und zumindest unrentabel gemacht werden kann, dann hat die Blockchain eine Chance.

Am Ende spielt sich hier der alte Wettbewerb ab zwischen „Markt“ und „Hierarchie“ bzw. zwischen „Bazar“ und „Kathedrale“ (wie von Eric Raymond 2001 beschrieben [21]), der über die Durchdringung der Welt durch die Blockchain entscheidet: wenn die Kostensenkung durch die Blockchain die der internen Organisation heutiger Marktteilnehmer übersteigt, dann gewinnt der Markt. Aber auch im Unternehmen oder in der Koordination der „Incumbents“ – also der traditionellen „Amtsinhabern“ von Markttrollen im Energiemarkt – kann die Blockchain neben anderen Technologien die Koordinationseffizienz steigern. Auch eine Börse kann heute eine große Zahl an Transaktionen zu jeweils minimalen Kosten durchsetzen wie auch viele klassische Prozesse des Energiemarkts noch ein erhebliches Leistungssteigerungspotenzial haben. Der Zugang zu diesem Markt ist jedoch heute regulatorisch und ökonomisch für einen Großteil der Bevölkerung ausgeschlossen oder zumindest unrentabel.

All diese Betrachtungen wurden bereits angestellt, als Ende der 90er Jahre das Internet populär wurde. Die gleichen Übertreibungen von damals („Information Super-Highway“, „Datenautobahn“) finden sich heute („Blockchain of Things“, „Internet of Payment“). Es hat schließlich 10-15 Jahre gedauert, bis die alten Versprechen eingelöst und die innovativen Geschäftsmodelle der New Economy umgesetzt werden konnten: Erst mit einer ökonomisch attraktiven Infrastruktur (Smartphones, preiswerter Zugang, hohe Durchdringung bei der Bevölkerung) und mit einer Einbindung in den

rechtlichen Rahmen (z.B. beim Verbraucherschutz) konnten wir über die letzten Jahre als Privatpersonen bzw. als Unternehmen die zunehmenden Effizienzvorteile des Internet nutzen.

Da aber weder Amazon, Ebay, Zalando, oder der online-Reservierungsservice der Deutschen Bahn „mission critical“ fürs Gemeinwesen sind, konnten diese Services sich recht individuell etablieren. Was die Stromversorgung betrifft, gelten andere Regeln. Hier gelten maximale Anforderungen an Sorgfalt, Qualitätssicherung, Redundanz, Sicherheit und Verfügbarkeit. Nicht ohne Grund stehen Systeme der Energieversorgung in der Liste kritischer Infrastrukturen beim Bundesministerium des Inneren an erster Stelle. Um sich über die Auswirkungen eines längeren, flächendeckenden Stromausfalls zu informieren, reicht es das Buch „Blackout“ von Marc Elsberg [22] zu lesen.

Das heißt, wenn es vom allgemein verfügbaren „Internet“ zur „Bahn-App“ vielleicht 15 Jahre brauchte, kann es bis zum Szenario 2030 durchaus weitere 15 Jahre brauchen, vielleicht auch 30, sicherlich aber nicht wesentlich weniger. Lokaler Handel im Microgrid mag heute zwischen Personen genauso möglich sein, wie man sich ein Solar-Panel über eine eigene Steckdose anschließen und vielleicht 10% seines Stromverbrauchs elegant sparen kann. Aber ein übergreifender Marktplatz, der bei einer Flaute in Norddeutschland Strom von Tiroler Solardächern liefert, erfordert nicht nur das Yin-Yang-Yong der Standardisierung kollaborativer Geschäftsprozesse, sondern eben auch eine internationale Abstimmung der Gesetzgebung und Regulierung.

Im Zusammenhang damit besteht auch die Gefahr, dass sich Blockchain-basierte Geschäftsmodelle eher evolutionär und nicht disruptiv entwickeln. Als Beispiel sei hier nur der Zugriffsschutz auf Transaktionsdaten genannt: Wenn das Verbergen von Transaktionsdaten die Grundfunktion der Blockchain zu sehr einschränkt, dann kann auch ihr Effizienzpotenzial nicht mehr ausgeschöpft werden. Konkret wurde dies schon beschrieben: Wenn es für die Nutzer der Blockchain in Ordnung ist, dass Mengen, Preise und Teilnehmer einer Transaktion einsehbar sind, weil sie angesichts eines transparenten Marktes keine Geheimnisse darstellen, dann verschlankt sich die Infrastruktur automatisch. Im anderen Fall erstickt sie an zu komplexen Einflussfaktoren der „alten Welt“. Also ist es wahrscheinlich besser, sich passende Nischen für den Einsatz der Blockchain zu suchen, als zu erwarten, dass alle hier beschriebenen Entwicklungen mit gleicher Wahrscheinlichkeit eintreten.

Uns, die sich an der Schnittstelle zwischen dem Energiehandel und der IT befinden, können noch mindestens zwanzig sehr spannende Jahre bevorstehen, die wahrscheinlich auch von der Blockchain – oder wie auch immer man diese Technologie später dann nennen wird – beeinflusst werden. Erste Umsetzungen werden sich in wenigen Jahren manifestieren, andere brauchen den vollen Zeitraum – also krempeln wir die Ärmel hoch und schauen wir, wo wir anfangen können!

Referenzen

- [1] Don Tapscott, Alex Tapscott: "Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin Is Changing Money, Business and the World", Portfolio Penguin, 2016
- [2] Melanie Swan: "Blockchain: Blueprint for a New Economy", O'Reilly, 2015
- [3] M. Merz, *E-Commerce und E-Business: Marktmodelle, Anwendungen und Technologien*, 2., aktualisierte und erw. Aufl. Heidelberg: dpunkt-Verl, 2002.
- [4] EDA - Energiewirtschaftlicher Datenaustausch, <http://ebutilities.at/energiewirtschaftlicher-datenaustausch.html>
- [5] www.bigchaindb.com
- [6] Projekt SETL, www.setl.io
- [7] „Projects MIT Internet Trust Consortium“. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.mit-trust.org/projects/>. [Zugegriffen: 22-Mai-2016].
- [8] B. Hope, „Visa, Nasdaq, Others Invest \$30 Million in Bitcoin-Related Startup“, *Wall Street Journal*, 09-Sep-2015.
- [9] European Union, *EUR-Lex - 32014R1348 - EN - EUR-Lex*. .
- [10] Acer, „Agency for the Cooperation of Energy Regulators“. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.acer.europa.eu/de/Seiten/default.aspx>. [Zugegriffen: 22-Mai-2016].
- [11] Electronic Regulatory Reporting: <http://www.efetnet.org/Products/Electronic-Regulatory-Reporting>
- [12] Europäische Strombörse EPEX SPOT SE, „EPEX SPOT erreicht 2015 höchstes je an einer Strombörse gehandeltes Volumen“, *EPEX SPOT erreicht 2015 höchstes je an einer Strombörse gehandeltes Volumen*. [Online]. Verfügbar unter: https://www.epexspot.com/de/presse/presse-archiv/details/presse/EPEX_SPOT_erreicht_2015_hoehchstes_je_an_einer_Stromboerse_gehandeltes_Volumen. [Zugegriffen: 22-Mai-2016].
- [13] http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/third-phase-of-dubais-dewasolar-project-attracts-record-low-bid-of-us-299-cents-kwh_100024383
- [14] Ann-Kathrin Kotte: "In depth German power analysis – behavioural drivers behind the shape of the forward curve", <http://www.icis.com/resources/news/2016/05/19/9998374/in-depth-german-power-analysis-behavioural-drivers-behind-the-shape-of-the-forward-curve/>
- [15] Homepage des Startups LO3: <http://lo3energy.com/>
- [16] Euroclear, „Blockchain in Capital Markets“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.euroclear.com/dam/Brochures/BlockchainInCapitalMarkets-ThePrizeAndTheJourney.pdf>.
- [17] Kademila Protokoll: <https://pdos.csail.mit.edu/~petar/papers/maymounkov-kademlia-lncs.pdf>
- [18] Commodity Product Marktup Language: www.cpml.org
- [19] Bloomberg, „Electric vehicles to be 35% of global new car sales by 2040 - Bloomberg New Energy Finance“. [Online]. Verfügbar unter: <http://about.bnef.com/press-releases/electric-vehicles-to-be-35-of-global-new-car-sales-by-2040/>. [Zugegriffen: 22-Mai-2016].

- [20] Friedrich A. von Hayek: "Gesammelte Schriften in deutscher Sprache: Abt. A Band 3: Entnationalisierung des Geldes. Schriften zur Währungspolitik und Währungsordnung", Mohr Siebeck, 2011.
- [21] Eric S. Raymond: "The Cathedral & the Bazaar – Musings on Linux and Open Source by an Accidental Revolutionary", O'Reilly, February 2001
- [22] Marc Elsberg: "BLACKOUT - Morgen ist es zu spät", Blanvalet, 2013