

Arbeitspapier

Blockchain in der Energiewirtschaft

Stand April 2018

Weitere Informationen:

E-Control

Rudolfsplatz 13a, 1010 Wien

Tel.: 01 24 7 24-0

Mail: clemens.wagner-bruschek@e-control.at

www.e-control.at

Twitter: www.twitter.com/energiecontrol

Facebook: www.facebook.com/energie.control

Wie Blockchain die Energiewirtschaft verändern kann

In den letzten Jahren wurden die verschiedensten Wirtschaftszweige mit Innovationen konfrontiert, die bestehende und vielfach über lange Zeit erfolgreiche Technologien oder Dienstleistungen ersetzt haben. Diese „disruptiven“ Entwicklungen haben die unterschiedlichsten Wirtschaftssektoren getroffen, von der Finanzbranche über die Industrie bis zur Energiewirtschaft. Die Finanzbranche beispielsweise kämpft nach einer Erholungspause im Nachgang zur Finanzkrise von 2007 derzeit mit neuen Geschäftsmodellen der jungen Startup-Konkurrenz, sogenannten Fintechs, in der industriellen Produktion soll die gesamte Wertschöpfungskette durch untereinander vernetzte und automatisierte Prozesse optimiert werden, und die Energiebranche muss sich nach den massiven Umwälzungen im Energiesystem auch mit der zunehmenden Dezentralisierung in der Produktion im Zuge der Energiewende auseinandersetzen.

Die Entwicklung geht in Richtung dezentral

Eine alle Branchen umspannende Gemeinsamkeit dieser disruptiven Veränderungen ist die Entwicklung in Richtung dezentralisiert organisierter und teilautonomer Prozesse. Die Gründe für diesen Trend sind vielfältig. Das Vertrauen in hierarchische Strukturen bei der Prozessabwicklung wurde durch deren Ausfallanfälligkeit stark erschüttert – auf technologischer Ebene zum Beispiel durch Hacker-Angriffe und auf wirtschaftlicher Ebene vor allem durch Firmenpleiten. Zudem erlauben lokale Strukturen etwa durch den Wegfall massiver Infrastrukturinvestments Kostenersparnisse, die für zentralisierte Prozesse nötig sind. Eine der größten Herausforderungen bei der Gestaltung von verteilten, dezentralen und teilautonomen Prozessen besteht darin, eine geeignete Organisationsstruktur zu implementieren. Sie soll lokalen Prozessen zwar weitgehende Selbstständigkeit ermöglichen, aber diese zugleich zur Einhaltung globaler Regeln zwingen und in Hinblick auf globale Ziele integrieren. Voraussetzung für diese Integration sind allerdings entsprechend gestaltete standardisierte Kommunikationswege. Eine Standardisierung muss dabei Datenformate, Geschäftsprozesse und auch Kommunikationsprotokolle berücksichtigen.

Blockchain als technologische Basis?

Eine mögliche technologische Grundlage für solch eine standardisierte Kommunikations- und Datenspeicherungsstruktur findet sich in der sogenannten „Distributed Ledger Tech-

nologie“ (DLT) mit ihrem prominentesten Vertreter, der Blockchain. Unter Blockchain versteht man die Technologie, die einer speziellen Form von sicherer, verteilter und dezentraler Datenhaltung und den dafür nötigen Datenaustauschen zugrunde liegt. Blockchains sind stetig wachsende Aufzeichnungen von Dateneinträgen – sogenannten „Transaktionen“ –, die auf einer Vielzahl von Computern in öffentlichen oder privaten Netzwerken fälschungssicher abgelegt und synchron gehalten werden.

Erste und bislang bedeutendste Anwendung der Technologie ist die „digitale Währung“ Bitcoin, durch die eine sichere und kostengünstige Abwicklung von Finanztransaktionen in einem dezentralen Netz von Systemnutzern ermöglicht werden soll. Viele der bestehenden und getesteten Anwendungen der Blockchain-Technologie beschäftigen sich allerdings nicht mit neuen – und wie im Fall von Bitcoin eher visionären und stark „gehypten“ – Geschäftsmodellen, sondern mit einer sichereren und kostengünstigeren Abwicklung von Ist-Prozessen, unter anderem auch in der Energiewirtschaft.

Blockchains werfen eine Fülle von Fragen auf, mit denen sich auch die Regulierungsbehörde auseinandersetzt und setzen muss. Im vorliegenden Arbeitspapier nähert sich die E-Control den potentiellen Anwendungen dieser Technologie und einer Interpretation dieser im bestehenden regulatorischen Rahmen anhand einiger Fragen.

Folgende Fragen werden behandelt:

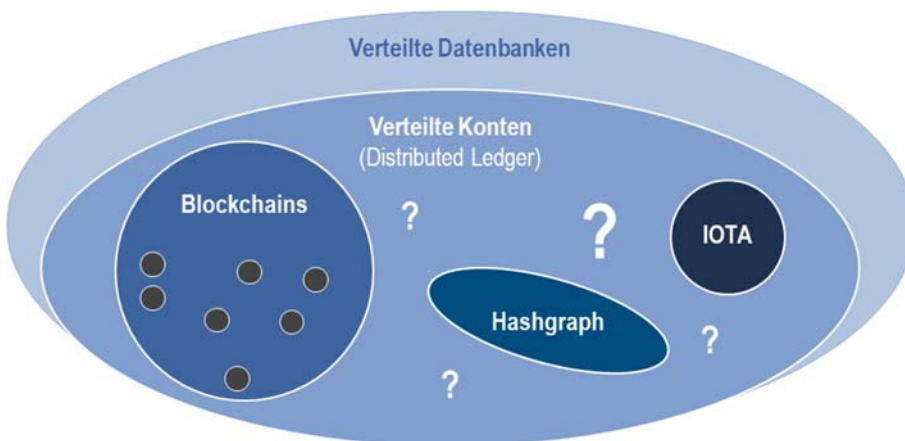
- Was sind Blockchains?
- ... und was sind sie nicht?
- Welche Rolle können Blockchains/DLT in der Energiewirtschaft spielen?
- In wie weit muss/darf sich die E-Control mit dem Thema auseinandersetzen?
- Wie passen Anwendungen der Blockchain/DLT in den aktuellen Regelungsrahmen?
- Welche Bedeutung misst die E-Control den auch im Regierungsprogramm geforderten „Sandboxen“ bei?
- Wie beurteilt die E-Control die Entwicklungen neuer Technologien wie Blockchain/DLT?¹

¹ Die gegenständliche Unterlage soll ein Grundverständnis für Konzepte, Anwendungsmöglichkeiten und Herausforderungen im Rahmen der DLT/Blockchain erzeugen. Im Sinne einer einführenden Darstellung zu

Was sind Blockchains?

Blockchains sind die derzeit prominenteste Form von sogenannter Distributed Ledger Technologie (DLT). Darunter sind Systeme verteilter und dezentralisierter Datenstrukturen zu verstehen, die aufgrund ausgeklügelter Kommunikationsprotokolle eine hohe Resistenz gegenüber technischen Netzausfällen und bösartigen Netzwerknutzern („Hacker“) aufweisen. In der Welt der DLT zeichnen sich Blockchains insbesondere durch die spezielle Datenstruktur von rückwärts-verlinkten Datenblöcken (eben der „block chain“) aus (Abbildung 1).

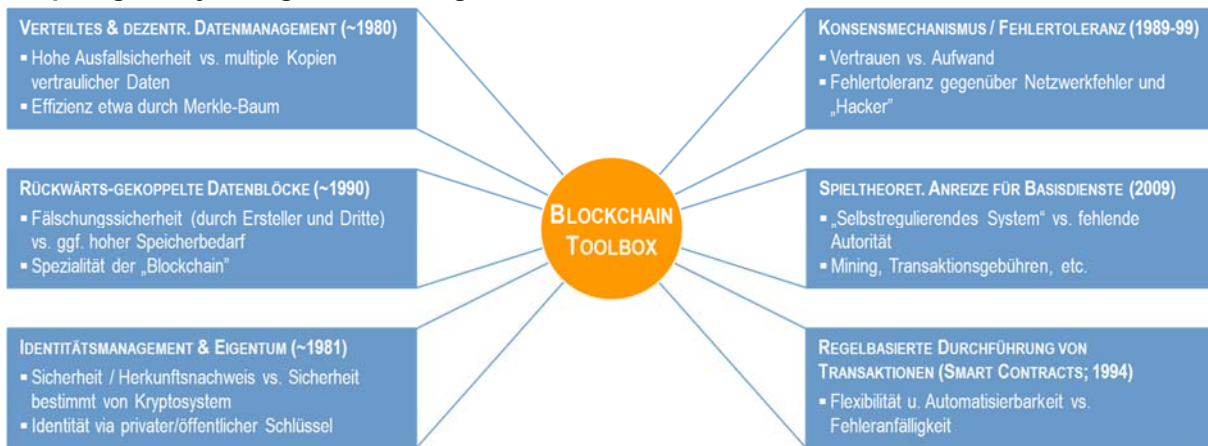
Abbildung 1: Blockchains sind ein Beispiel für „Verteilte Konten“ (distributed ledger). Die Entwicklung dieser Technologie schreitet aktuell schnell voran und bringt zahlreiche konkurrierende Systeme hervor



Je nach Architektur einer Blockchain – die sich vor allem in der konkreten Implementierung der in Abbildung 2 aufgezeigten Kernbausteine unterscheiden – erlaubt das Zusammenspiel komplexer Algorithmen und spieltheoretischer Anreize ein sich in weiten Teilen (technisch) selbst regulierendes System zur Speicherung und Verarbeitung von Daten. Die technologischen Grundlagen für Blockchain sind teils Jahrzehnte alt, das erfolgreiche Zusammenspiel wurde aber erst mit dem Jahr 2009 entwickelt.

dieser komplexen Thematik wurden Vereinfachungen gewählt und auf zu hohe technische Genauigkeit verzichtet.

Abbildung 2: Kernbestandteile der Blockchain Toolbox; die angeführten Jahreszahlen weisen auf die Ursprünge der jeweiligen Technologie hin



Verschiedene Blockchain-Systeme unterscheiden sich in der konkreten Implementierung der einzelnen Kernbausteine, z.B. in der konkreten Ausgestaltung des Konsensmechanismus („Mining“).

Unter Bezugnahme auf die aktuellen Diskussionen rund um Kryptowährungen wie Bitcoin ist festzustellen: Bitcoin ist ein Beispiel einer Blockchain. Keineswegs darf man von (positiven wie negativen) Eigenschaften der Bitcoin-Blockchain ohne weiteres auf die entsprechenden Eigenschaften anderer Blockchains schließen.

Die grundsätzliche Wirkungsweise einer Blockchain wird im nachfolgenden Exkurs skizziert.

Exkurs: Eine Motivation der grundlegenden Blockchain-Mechanismen am Beispiel eines alternativen Finanztransaktionssystems?

Nach der Finanzkrise 2007 war das Vertrauen zwischen Finanzintermediären und der breiten Masse in Finanzinstitute auf einem Tiefpunkt. Dies verschaffte der Suche nach alternativen Transaktionssystemen, die ohne zentrale Finanzintermediäre als Vermittler auskommen (und zudem Transaktionskosten und –zeit sparen), neuen Auftrieb.

Wie lässt sich also eine Überweisung zwischen zwei Parteien A und B sicher und kostengünstig durchführen, ohne von dazwischen geschalteten Finanzinstituten abhängig zu sein?

Eine Antwort auf diese Fragen wurde 2009 in Form des Bitcoin-Systems gefunden. Deswegen zugrundeliegendes Transaktionssystem auf Basis der Blockchain-Technologie lässt sich anhand einiger Punkte rekonstruieren. So stellt eine Überweisung zwischen zwei Parteien A und B im Prinzip nichts anderes als eine Nachricht von A an B dar, mit der B das

Verfügungsrecht über den Überweisungsbetrag erhält und somit eine Verbindlichkeit von A gegenüber B.

Mindestanforderungen an solche eine Nachricht aus Sicht des Empfängers umfassen:

- (A1) *Herkunftsnachweis*. Partei B muss sich sicher sein können, dass die Überweisung von Partei A initiiert wurde;
- (A2) *Deckungsnachweis*. Partei B muss sich sicher sein können, dass Partei A der Überweisungsbetrag zur Verfügung steht;
- (A3) *Verwendungsnachweis*. Partei B muss sich sicher sein können, dass das ihr überwiesene Geld von Partei A nicht mehrfach verwendet wird („double spending problem“).

Der in (A1) geforderte Herkunftsnachweis lässt sich mit Hilfe digitaler Signaturen lösen. Sendet Partei A eine Überweisungsnachricht an Partei B, dann signiert Partei A die Nachricht mit Hilfe ihres privaten Schlüssels. Partei B kann dann unter Verwendung des öffentlichen Schlüssels von Partei A überprüfen, dass es tatsächlich Partei A war, die die Nachricht verschickt hat.

Der Deckungsnachweis (A2) lässt sich nur aufwendiger erbringen. Dazu muss Partei B darüber Bescheid wissen, ob Partei A über hinreichend Zahlungsmittel verfügt, um die Überweisung decken zu können. Im klassischen Transaktionssystem übernimmt diese Aufgabe die Kette an Finanzintermediären, die sich jeweils wechselseitig die Kontodeckung garantieren. In einem bilateralen Transaktionssystem lässt sich das durch wechselseitigen Austausch der relevanten Finanzdaten zwischen den Parteien A und B realisieren: Partei B bekommt damit die Möglichkeit zu überprüfen, ob das Konto von Partei A gedeckt ist.

In der praktischen Umsetzung zieht der Austausch der Finanzdaten aber Zusatzanforderungen nach sich: Parteien A und B müssen sich über den aktuellen Status der ausgetauschten Finanzdaten („Kontostand“) einig sein und keiner der beteiligten Parteien (oder Dritten) darf es möglich sein, die Finanzdaten nachträglich zu fälschen. Dies führt zu den zusätzlichen Anforderungen:

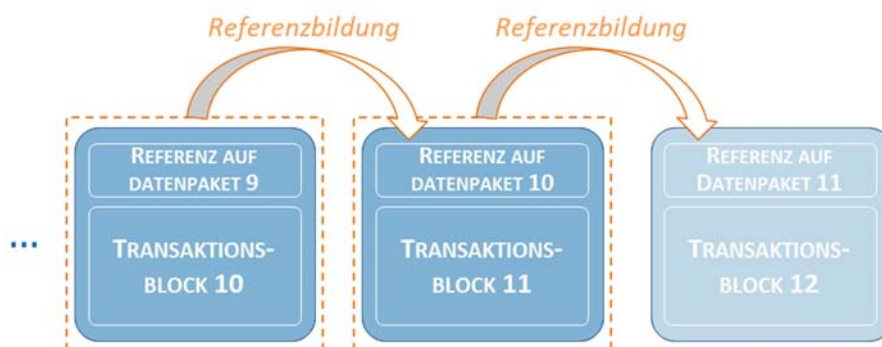
- (A4) *Fälschungssicherheit*. Die ausgetauschten relevanten Finanzdaten müssen fälschungssicher abgespeichert sein (keine nachträgliche Veränderung von Transaktionsdaten möglich);

(A5) *Konsens*. Die beteiligten Parteien müssen sich über den Status ihrer wechselseitig ausgetauschten relevanten Finanzdaten einig sein („Synchronisierung der Daten“).

Die Fälschungssicherheit (A4) wird durch die besondere Datenstruktur der ausgetauschten Finanzdaten gewährleistet: Transaktionsdaten werden in Paketen von (zeitlich nah beieinanderliegenden) Einzeltransaktionen gespeichert. Das zuletzt hinzugefügte solche Transaktionspaket erhält eine Referenz auf das zuvor erstellte Paket.

Abbildung 3 zeigt die Datenstruktur von rückwärts verlinkten Transaktionspaketen. Hier würde die Kette von Transaktionsdaten mit Transaktionspaket (Block) Nr. 0 beginnen und bei Transaktionspaket 12 enden.

Abbildung 3: Datenstruktur von rückwärts verlinkten Transaktionspaketen



Die beispielsweise im Transaktionsblock Nr. 12 angeführte Referenz auf das Paket Nr. 11 hat die Eigenschaft, dass jedwede Veränderung einer Transaktion in einem der Blöcke Nr. 0 bis Nr. 11 auch diese (in Paket Nr. 12 angegebene) Referenz ändern würde. Damit lässt sich leicht eine Manipulation der Pakete Nr. 0 bis Nr. 11 erkennen.

Die hier beschriebene Datenstruktur von verketteten Datenblöcken ist auch namensgebend für die „Blockchain“.

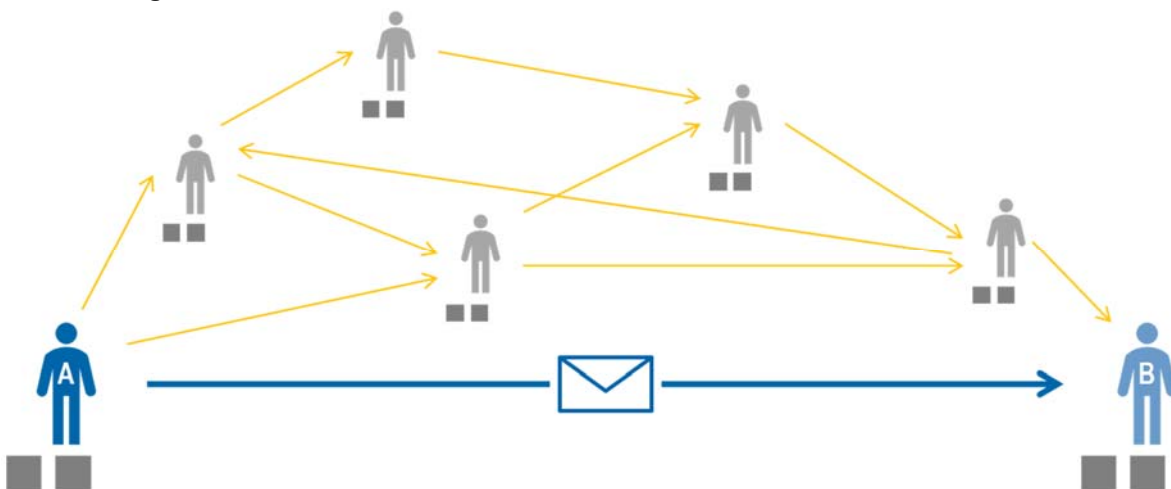
Die Anforderung an einen Konsens (A5) wird gemeinsam mit dem Verwendungsnachweis (A3) über einen besonderen Mechanismus erfüllt. Ein notwendiger technischer Schritt für den (A3) Verwendungsnachweis ist das Einführen von Kennungen für die überwiesenen Geldeinheiten. Hat jede Geldeinheit von Partei A eine eindeutige ID, und wird diese bei Verwendung in der Überweisung mit angegeben, so besteht für Partei B grundsätzlich die Möglichkeit, die Herkunft und Verwendung des überwiesenen Geldes nachzuvollziehen. Das Problem der Doppelverwendung ist mit der Einführung von Kennzahlen für die Geldeinheiten noch nicht gelöst. Partei A könnte etwa zeitnah zwei Überweisungen an die Partei B und eine weitere Partei C schicken und dabei die gleichen Geldeinheiten verwenden. Auf Basis der bilateral geteilten Finanzdaten würden sowohl B als auch C jeweils für sich

die an sie gerichtete Überweisung als korrekt ansehen, obwohl das offensichtlich ein Fehlschluss wäre.

Dieser Fehler lässt sich dadurch vermeiden, dass die Transaktionsnachrichten nicht nur der jeweilige Empfänger B oder C überprüft, sondern sie sich die Nachrichten auch gegenseitig überprüfen. Die Situation verbessert sich nochmals, wenn jede Überweisung von allen (oder zumindest sehr vielen) anderen Mitgliedern im Transaktionssystem auf ihre Richtigkeit überprüft wird. Dazu würden alle am Transaktionssystem teilnehmenden Parteien die relevanten Finanzdaten austauschen („shared distributed ledger“), siehe Abbildung 4. Im obigen Beispiel würden Parteien B und C die Transaktionsdaten der jeweiligen Überweisungen von A an das gesamte Netzwerk zur Prüfung übermitteln. Falls genügend viele Teilnehmer melden, dass die Transaktionen eine Doppelverwendung darstellen, dann können B und C die Überweisung als ungültig verwerfen.

Leider löst sich damit das Problem der Doppelverwendung nicht zur Gänze: Partei A könnte versuchen, eine große Zahl von virtuellen Systemteilnehmern zu erzeugen, um so eine falsche Verifikation von Zahlungsanweisungen zu erzwingen („Sybil attack“).

Abbildung 4: Schematische Darstellung der verteilten Verifikation von Transaktionen im „shared distributed ledger“

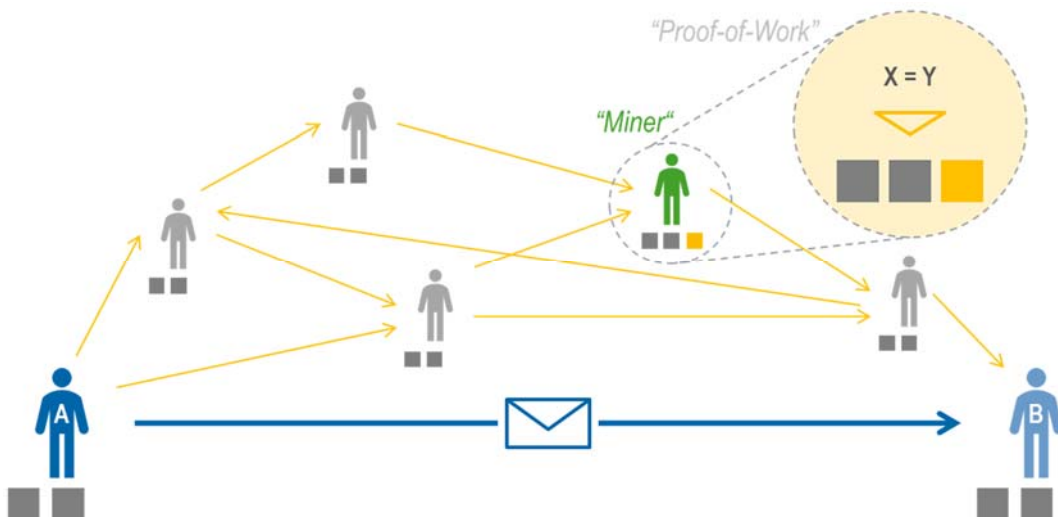


Diese Form eines Angriffs auf die Sicherheit des Transaktionssystems lässt sich gemeinsam mit der Anforderung (A5) durch Einführung eines klug gewählten sogenannten Konsensmechanismus, etwa in Form des Proof-of-Work (PoW), vermeiden: Wurde eine Transaktion von den Systemmitgliedern verifiziert (d.h. als formal korrekt anerkannt), ist sie nicht ohne weiteres gültig. Vielmehr muss die Transaktion (mit vielen anderen) erst durch spezielle Systemmitglieder, sogenannte „Miner“, dem Verzeichnis geteilter Finanz-

daten (als neuer „Block“) hinzugefügt werden. Dazu muss dieser Miner unter hohen Anforderungen an technische Ressourcen (Rechenleistung und Energiekosten) eine komplexe mathematische Aufgabe lösen (Abbildung 5).

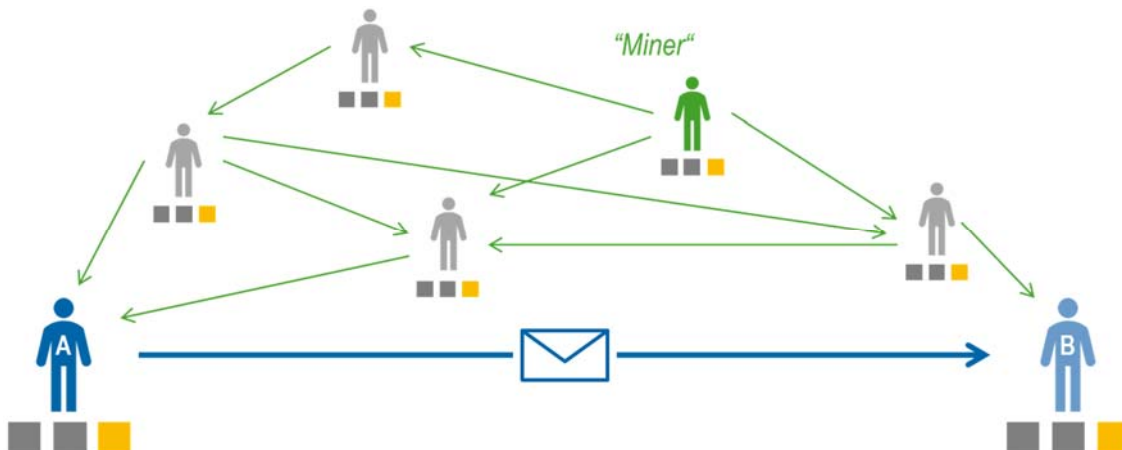
Durch diesen Mechanismus wird die Validierung von Transaktionen kostspielig gemacht. Für den oben beschriebenen Angriff in Form einer Sybil-Attacke genügt es dann nicht, eine Mehrheit der Systemmitglieder zu kontrollieren. Vielmehr benötigt eine Manipulation der Transaktionsdaten die Kontrolle über einen sehr großen Anteil der Rechenkraft in diesem System. Für das Bitcoin-Netzwerk wäre für eine erfolgreiche Manipulation derzeit in etwa Rechenpower von mehr als der Hälfte aller Supercomputer der Welt nötig. Damit ist diese Form des Angriffs auf das verteilte System praktisch nicht möglich.

Abbildung 5: Schematische Darstellung des Mining-Prozesses (im Proof-of-Work durch Lösen einer komplexen mathematischen Aufgabe)



Hat ein Miner erfolgreich als erster die ihm gestellte Rechenaufgabe bewältigt, überträgt er den neu gebildeten Block wie in Abbildung 6 dargestellt an die restlichen Systemmitglieder zur Verifikation (zusätzlicher Sicherheitsmechanismus) und Aufnahme in die Blockchain.

Abbildung 6: Verteilung des neu erstellten Blocks durch den Miner über das Transaktionssystem



Damit ist die Überweisung vom gesamten Netzwerk als gültig durchgeführt anerkannt und somit die Transaktion abgeschlossen².

Für seinen Service an der Blockchain erhält der Miner auch ein Entgelt. Dabei ist zu beachten, dass im Gegensatz zum klassischen Transaktionssystem kein Vertrauen zwischen den einzelnen Teilnehmern des alternativen Transaktionssystems nötig ist.

... und was sind Blockchains nicht?

Der sich rasant entwickelnde Hype rund um Blockchain hat zu zahlreichen medienwirksamen Verkürzungen in der Darstellung der komplexen Blockchain-Technologie geführt. Viele Aussagen über Bitcoin und Co sind allerdings eher als Mythen oder Halbwahrheiten denn als pauschal gültige Aussagen über die sich entwickelnde DLT zu beurteilen.

- *Blockchains lösen das Vertrauensproblem.* Die Frage hier ist, von welchem der Vertrauensprobleme die Rede ist. In der Tat können Blockchain-basierte Systeme so aufgebaut werden, dass für eine sichere Abwicklung von Transaktionen kein Vertrauen der Netzwerkteilnehmer in einen oder wenige andere Netzwerkteilnehmer nötig ist. Sehr wohl ist aber Vertrauen in die zugrunde gelegte Systemarchitektur nötig. Zudem beschränkt sich die Lösung des Vertrauensproblems auf Blockchain-interne Prozesse. Wann immer Schnittstellen zwischen der Blockchain und anderen Systemen (z.B. einem Smart-Meter) auftreten, ist nach wie vor Vertrauen in eine korrekte Umsetzung der Schnittstellen gefordert.
- *Blockchains erfordern einen hohen Energieeinsatz.* Wesentliches Mittel zur Dezentralisierung und Absicherung einer Blockchain ist die zufällige Vergabe des Rechts, einen neuen Datenblock in der Blockchain vorzuschlagen (wichtiger Bestandteil des sogenannten Konsensmechanismus). In vielen, aber nicht allen (!), Blockchains wird dies durch einen sogenannten Proof-of-Work erreicht: Wer als erster ein mathematisches Puzzle löst, darf einen neuen Block vorschlagen. Das Lösen der mathematischen Aufgabe erfordert die Möglichkeit, in kurzer Zeit eine große Anzahl von Rechenoperationen durchzuführen. Dieser Prozess ist energieintensiv, insbesondere deshalb, weil von allen Teilnehmern, die Energie aufbringen müssen, um

² Der Algorithmus erhält zusätzliche Komplexität für den Fall, dass mehrere Miner gleichzeitig oder sehr zeitnah erfolgreich das mathematische Problem gelöst haben. Dann kann es passieren, dass unterschiedliche Netzwerkteilnehmer zunächst unterschiedliche Blöcke als Erweiterung der Blockchain akzeptieren. Aber auch dafür gibt es eine Lösung ...

das Problem zu lösen, letztlich nur einer – eben der Schnellste³ – die Möglichkeit bekommt, einen Block zu schreiben.

Der Energieverbrauch in diesem Netzwerk lässt sich nicht vollständig erfassen. Abschätzungen ergeben, dass der Energieverbrauch im Jahr 2018 für das Bitcoin-Netzwerk in der Größenordnung des Stromverbrauchs von Ländern wie Slowakei, Portugal oder Griechenland liegt (und weiter steigen wird).

Das bedeutet aber nicht, dass der Energieverbrauch für alle Blockchains so hoch ist. Vielmehr gibt es Alternativen zum Proof-of-Work, die weit weniger energieintensiv ausfallen.

- *Blockchains sind unveränderbar und sicher.* Der Ruf von Blockchains als unveränderbare Datenbanken ergibt sich primär aus der Struktur rückwärts-verlinkter Blöcke in Kombination mit dem Konsensmechanismus. In Blockchains, die jener von Bitcoin ähneln, würden Änderungen von Blöcken, die hinreichend in der Vergangenheit liegen, Rechenkapazitäten verlangen, die von keinem Netzwerkteilnehmer aufgebracht werden können (oder nur unter einem enormen Kostenaufwand).

In anderen (z.B. konsortialen) Blockchains, in denen nicht jeder am Mining teilnehmen kann, ließen sich vergangene Blockchain-Einträge abhängig von der Systemarchitektur sehr wohl modifizieren.

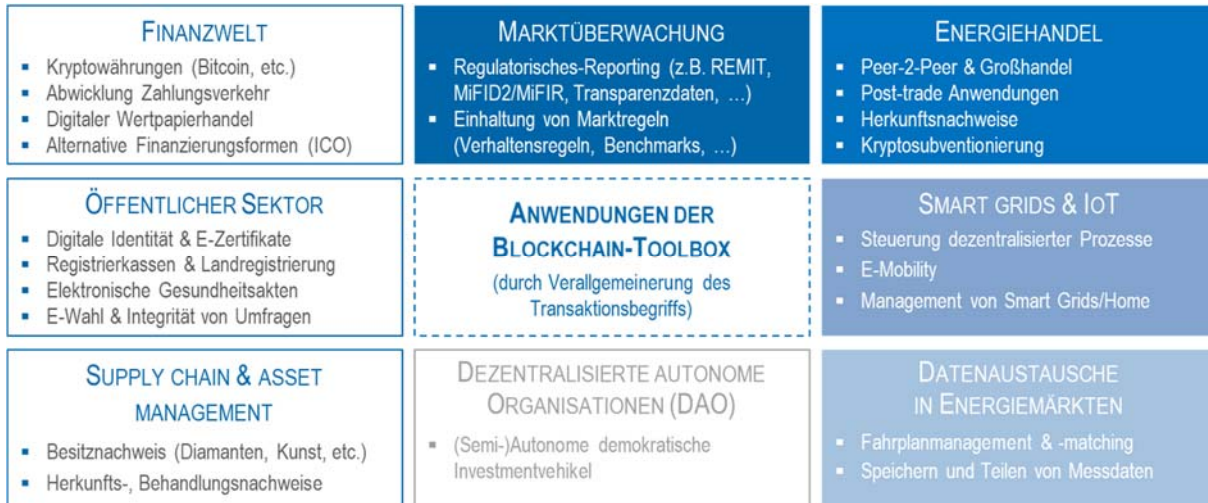
Die Sicherheit von Blockchains wird durch systematischen Einsatz kryptographischer Verfahren und ausgeklügelter Konsensmechanismen generiert. Aber: jede Blockchain ist auch nur so sicher, wie es verwendete kryptographische Verfahren und das Nutzerverhalten zulassen. Beispielsweise droht ein Konsequenzen reicher Sicherheitsverlust bei fehlender Sicherung privater Schlüssel für die Blockchain.

Welche Rolle können Blockchains/DLT in der Energiewirtschaft spielen?

Die erste Anwendung der Blockchain-Technologie war die 2009 geschaffene Kryptowährung Bitcoin. Seitdem haben sich zahlreiche weitere Anwendungen gefunden, die vom Finanzsektor über den öffentlichen Bereich und Internet-of-Things (IoT) bis hin zu Energiemärkten ein breites Feld von Einsatzmöglichkeiten abdecken (Abbildung 7).

³ Vgl. dazu die letzte Fußnote

Abbildung 7: Überblick zu wichtigen potentiellen Anwendungsfeldern der Blockchain-Technologie



Die meisten der heute verfügbaren Anwendungen der Blockchain-Technologie – insbesondere in den Energiemärkten – sind derzeit noch im Prototypenstadium bzw. werden im Rahmen von eingegrenzten Pilotprojekten getestet.

Derzeit getestete oder konzipierte Anwendungen in der Energiewirtschaft umfassen unter anderem:

- *Strom- und Gasgroßhandel.* Hierbei wird versucht, Handelsgeschäfte zwischen teilnehmenden Energiehändlern über Blockchain-Technologie abzuwickeln. Dazu gehört die eigentliche Transaktion ebenso wie die finanzielle Abwicklung und ggf. das regulatorische Reporting. Letzteres, indem etwa ein betroffener Regulator direkten Zugriff auf die ihm zustehenden Informationen erhält (ein separates Reporting durch die Marktteilnehmer entfällt).
- *Peer-2-peer Handel.* Eine der wohl medienwirksamsten potentiellen Anwendungen der DLT in der Energiewirtschaft ist der Peer-2-peer Handel. Darunter ist ein Energiemarkt zu verstehen, in dem Produzenten (große Kraftwerke aber auch der Hausbesitzer mit PV-Panel am Dach) und Verbraucher (Industrie aber auch der Haushaltskunde) direkt, d.h. ohne Vermittler in Form von Börsen, Energieversorgungsunternehmen oder Energiehändlern, aufeinandertreffen und miteinander handeln können.
- *E-Mobility.* Blockchains und sogenannte „smart contracts“ erlauben eine automatisierte und dezentralisierte Abwicklung wichtiger Prozesse im Bereich der E-Mobility: E-Autos laden automatisch, sobald sie mit einer Steckdose verbunden werden und der Strom wird z.B. mittels Kryptowährung bezahlt.

- *Datenaustausche.* Bestehende Prozesse in der Energiewirtschaft beruhen wesentlich auf dem Austausch von Daten zwischen den einzelnen Marktakteuren (Messwerte, Fahrpläne, Leistungsverfügbarkeiten, etc.). Anstelle separater Meldesysteme und Datenbanken kann es aus Gründen der Effizienz und der Datensicherheit sinnvoll sein, diese Datenaustausche auf Basis eines DLT-Systems abzubilden.
- *Kryptosubventionierung.* DLT erlaubt die Digitalisierung kleinteiliger und langfristiger Stromlieferverträge („power purchase agreements“), wie sie zur Finanzierung neuer Kraftwerksprojekte verwendet werden können. Auch ein Sekundärhandel mit eben diesen Verträgen soll so ermöglicht werden.
- *Herkunftsnachweise.* Verbunden mit entsprechend smarten Messgeräten können Blockchains als Aufzeichnungs- und Handelsplattform für Herkunftszertifikate genutzt werden. Beispielsweise würde dem Besitzer für jede ins Netz eingespeiste kWh PV-Strom automatisch ein „Herkunftsnachweis PV“ in der Höhe von 1 kWh gutgeschrieben, die dann als entsprechender Nachweis oder als Handelsobjekt dienen kann. Anwendungen in diesem Bereich bieten neben dem Nachweis eines Erzeugungstyps (PV, Wind, etc.) auch einen Nachweis der Herkunftsregion („Lokalität als handelbares Gut“).

In wie weit muss/darf sich die E-Control mit dem Thema auseinandersetzen?

Wie bei allen Innovationsthemen nimmt auch im Falle der DLT/Blockchain die E-Control grundsätzlich drei Rollen ein (siehe Abbildung 8). Die E-Control als

- *Unternehmen.* Hier ist die E-Control gefordert, ihre (gesetzlich vorgegebenen) Ziele unter Einhaltung gesetzlicher und betriebswirtschaftlicher Rahmenbedingungen zu erreichen. Bei der Erfüllung dieser Vorgaben könnten in der Zukunft Lösungen auf DLT-Basis Effizienzvorteile, eine erhöhte Sicherheit oder Transparenz bringen.
- *Beobachter.* Bereiche, die außerhalb des unmittelbaren regulatorischen Wirkungsbereichs liegen, sind von der Regulierungsbehörde zu beobachten. Es gilt, Entwicklungen wahrzunehmen und Zusammenhänge zu erkennen, um in der weiteren Rolle als „Regelmacher“ (s.u.) Implikationen auf die regulierten Felder identifizieren zu können. Im Zusammenhang mit Blockchain sind hier insbesondere die Entwicklungen im Finanz- und öffentlichen Sektor zu beobachten.

- *Regelmacher.* In jenen Anwendungsgebieten, die in den unmittelbaren Wirkungsbereich der E-Control als Behörde für die Regulierung für die Elektrizitäts- und Erdgaswirtschaft fallen, tritt die E-Control in einer aktiven Rolle auf. Es gilt, die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften zu überprüfen und Auswirkungen auf regulatorische Ziele (wie Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit, Energieeffizienz, Leistbarkeit, Nachhaltigkeit) zu bewerten. Wenn es möglich und sinnvoll ist, kann es dann auch zu einer technologieneutralen Anpassung der regulatorischen Rahmenbedingungen kommen.

Abbildung 8: Die Rollen des Regulators in der Welt der Blockchain



Wie passen Anwendungen der Blockchain/DLT in den aktuellen Regulierungsrahmen und welche Bedeutung misst die E-Control den auch im Regierungsprogramm geforderten „Sandboxen“ bei?

Grundsätzlich lassen sich die derzeit angedachten Anwendungen von DLT in der Energiewirtschaft in zwei Gruppen trennen:

- *A. DLT vereinfacht bestehende Prozesse.* Zahlreiche Projekte versuchen mit DLT Kosten zu reduzieren, den Automatisierungsgrad und die Prozessautonomie zu steigern, oder auch die Datenintegrität zu erhöhen. Ein typisches Beispiel dafür ist der Versuch, das aktuell bestehende System des Energiegroßhandels auf DLT-Basis zu implementieren.
- *B. DLT ermöglicht/initiiert (neue) Geschäftsmodelle.* Die technologischen Eigenschaften der DLT (insbesondere die Möglichkeit eines Konsenses ohne Intermediäre) lassen neue Geschäftsmodelle und Organisationsstrukturen entstehen. Ein Vertreter dieser Gruppe findet sich in den Versuchen, Peer-2-peer Handelsmärkte im Energiemarkt zu implementieren.

Aus regulatorischer Sicht ist zwischen diesen beiden Gruppen insofern zu unterscheiden, als es den Regulator vor unterschiedliche Herausforderungen stellt.

In beiden Anwendungsgruppen ist es erforderlich zu prüfen, in wie weit eine DLT-basierte Lösung in den bestehenden Regulierungsrahmen passt. Sollten Anpassungsbedürfnisse bestehen, so steht eine sorgfältige Prüfung positiver und negativer Auswirkungen auf die Energiemärkte an. Je nach Ergebnis gilt es dann, das Regelwerk entsprechend anzupassen.

Für Anwendungen aus Gruppe A scheinen Anpassungen des Regulierungsrahmens (sofern überhaupt nötig) rasch machbar. Meist werden eher technische Marktregeln betroffen sein. Im Gegensatz dazu ist bei Anwendungen vom Typ B zu erwarten, dass sich die Auswirkungen entsprechender Anwendungen viel schwerer evaluieren lassen werden, da sie fundamentale Regeln der Energiemärkte berühren. Entsprechend umfangreich würden wahrscheinlich potentielle Regeländerungen ausfallen müssen.

Für eine effiziente Umsetzung des so oft angedachten Peer-2-peer Handels etwa, wären das bestehende Bilanzgruppensystem und das Tarifmodell zu hinterfragen. Diese stellen schließlich in ihrer derzeitigen Ausgestaltung noch auf ein klassisches, zentralisiert organisiertes Erzeugungssystem ab, das über ein weitreichendes Netzwerk mit verteilten Endverbrauchern verbunden ist, und können vermutlich das Potential einer dezentralen Erzeugungsstruktur nicht heben.

Zur bestehenden Diskussion hinsichtlich der Einrichtung von „Sandboxen“ (vgl. hierzu auch das aktuelle Regierungsprogramm) ist festzuhalten, dass:

- aufgrund weitläufiger und detaillierter Regeln für den Energiemarkt auf europäischer Ebene eine Einführung solcher Sandboxen auf EU-Ebene zu diskutieren wäre und
- in einigen Projekten Simulationen als Ersatz für Sandboxen erfolgreich eingesetzt werden.

Gerade der Einsatz von Simulationen ist – selbst, wenn sie nur ein vereinfachtes Bild der Wirklichkeit widerspiegeln – aus Sicht eines Regulators wünschenswert. Schließlich erlauben diese eine effiziente und risikolose Erstbeurteilung eines Projektes.

Wie beurteilt die E-Control die Entwicklungen neuer Technologien wie Blockchain/DLT?

Die Entwicklung der Blockchain-Technologie hat ein Stadium erreicht, in dem konkrete Anwendungen bereitstehen und in Pilotprojekten hinsichtlich ihrer Marktreife getestet werden. Sofern für ihren gesetzlichen Auftrag relevant, werden sich in naher Zukunft auch die Energieregulatoren vermehrt der Frage stellen müssen, ob – und wenn ja in wie weit – Blockchain-Technologie für energiemarktspezifische Aufgaben genutzt werden darf oder soll bzw. welche Änderungen am bestehenden Regulierungsrahmen nötig und sinnvoll sind.

Eine Beurteilung von Blockchain/DLT wird durch die Vielfalt der konkreten Implementierungen mit ihren unterschiedlichen technologischen und organisatorischen Eigenschaften erschwert. Aus heutiger Sicht sind aber zumindest die nachfolgenden Prinzipien zu berücksichtigen:

- Technologieneutralität
- Sektor- und Ländergrenzen-übergreifende Harmonisierung und Standardisierung
- Einhaltung regulatorischer Grundziele (Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit, Energieeffizienz, Leistbarkeit, Nachhaltigkeit)
- Klarer und stabiler Regulierungsrahmen
- Geschäftsmodell-Neutralität

Wie wird die E-Control mit dem Thema weiter umgehen? Was sind die nächsten Schritte?

- Fortlaufendes Monitoring der Entwicklung in DLT und entsprechender Wissensmanagement
- Beiträge zu nationalen und internationalen Arbeitsgruppen für eine korrekte und anwendungsorientierte Interpretation der DTL im regulatorischen Rahmen
- Identifikation potentieller Reibungspunkte zwischen DLT und Energiemarktregulierung
- Intensivierung des Kontakts mit Marktteilnehmern und Entwicklern