Die Blockchain-Technologie

Chance zur Transformation der Energiewirtschaft?

Berichtsteil Anwendungsfälle

Die Blockchain-Technologie

Chance zur Transformation der Energiewirtschaft?

Berichtsteil: Anwendungsfälle

Studie im Auftrag von:

Impressum

Bericht zum Projekt:

Die Blockchain-Technologie

Chance zur Transformation der Energiewirtschaft?

Veröffentlicht am:

26.11.2018

Autoren:

Alexander Bogensperger

Andreas Zeiselmair

Michael Hinterstocker

Christa Dufter

FfE-Auftragsnummer:

B10X-01

Herausgeber:

Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V.
Forschungsgesellschaft für Energiewirtschat mbH

Wissenschaftlicher Leiter:
Prof. Dr.-Ing. U. Wagner

Geschäftsführer:
Prof. Dr.-Ing. W. Mauch (FfE e.V.)
Dr.-Ing. Serafin von Roon (FfE GmbH)

Projekt-Manager:
Dr.-Ing. Dipl.-Phys. R. Corradini

Projektpartner:

Innogy SE

SMA Solar Technology AG

Stadtwerke Augsburg Energie GmbH

Thüga AG

TransnetBW GmbH

VBEW Dienstleistungsgesellschaft mbH

Verbund AG

Vorarlberger Kraftwerke AG

ISBN:

987-3-941802-42-1

Kontakt:

Am Blütenanger 71
80995 München
Tel.: +49 (0) 89 158121-0
Fax: +49 (0) 89 158121-10
E-Mail: info@ffe.de
Internet: www.ffe.de

Inhalt

Management Summary 7
1 | Einleitung 13
2 | Die Blockchain-Technologie und ihre Stärken für die Energiewirtschaft 15
3 | Methodisches Vorgehen 18
3.1 Innovationsworkshops 18
3.1.1 Gemeinsame Innovationsworkshops mit den Projektverantwortlichen 19
3.1.2 Individuelle Innovationsworkshops 20
3.1.3 An Workshops beteiligte Experten 20
3.2 Methode zur Potenzialbewertung von Blockchain-Anwendungsfällen 22
3.2.1 Schritt 1: Kriterien-Set und Flowchart "Ist eine Blockchain-Lösung sinnvoll?" 22
3.2.2 Schritt 2: Visualisierung des Prozesses mittels vereinfachter e3-value Methode 27
3.2.3 Schritt 3: Vergleich des Anwendungsfalls mit und ohne Blockchain 28
3.2.4 Schritt 4: Visualisierung der Blockchain-Lösung mittels Business / Platform Business Model Canvas 28
3.2.5 Schritt 5: Abschätzung des Marktpotenzials 30
3.2.6 Schritt 6: Identifikation regulatorischer Hemmnisse 31
4 | Anwendungsfälle der Blockchain-Technologie 32
4.1 Labeling 32
4.1.1 Labeling von Ökostrom 32
4.1.2 EE-Zertifikathandel 33
4.1.3 Regionalstromkonzepte 34
4.1.4 P2P-Stromhandel (C2C) 35
4.1.5 P2P-Stromhandel (B2B) 35
4.1.6 Netzverluste als variabler Bestandteil von NNE 36
4.1.7 Mieterstrommodelle 37
4.1.8 Speicher-Labeling 38
4.1.9 Regionale Direktvermarktung 39
4.1.10 Steuern und Abgaben von P2X 40
4.1.11 Distanzabhängige Netzentgelte 40
4.1.12 Verwendungsbindung von Strom 41
4.1.13 Herkunftsabhängige CO_2-Abgabe 42

4.1.14 Erneuerbare Wärme in Fernwärmenetzen ... 43
4.1.15 Eigenverbrauch durch Elektrofahrzeuge auf Distanz ... 43
4.1.16 Supply Chain Management & Supervision ... 45
4.2 Sharing Economy ... 45
4.2.1 Asset Sharing ... 45
4.2.2 Carsharing mit Privatfahrzeugen ... 46
4.2.3 Nutzen statt Besitzen ... 47
4.2.4 Sharing von Wallboxen ... 48
4.2.5 Energie-Community ... 49
4.3 Systemdienstleistung & Flexibilität ... 50
4.3.1 Optimierung von Regelleistungsvorhaltung ... 50
4.3.2 Bilanzkreisoptimierung ... 51
4.3.3 Optimierung der Bilanzkreisabrechnung ... 51
4.3.4 Abrechnung von Systemdienstleistungen ... 53
4.3.5 Präqualifikation für Systemdienstleistungen ... 53
4.3.6 Grenzübergreifende Dienstleistungen für Elektrofahrzeuge ... 54
4.3.7 Dezentrale Flexibilitätsmärkte ... 55
4.3.8 Flexibilität in der Industrie ... 56
4.3.9 Abrechnung steuerbarer Verbraucher (DSM) ... 56
4.3.10 Handel von EFZ-Ladeleistung ... 57
4.3.11 Handel von Leistung im Quartier ... 58
4.4 Partizipation ... 58
4.4.1 DAO für Leitungsvorhaben ... 58
4.4.2 ICO als Instrument zur Markteinführung ... 59
4.4.3 Prediction Markets ... 60
4.4.4 Anreizmodell für Energieeffizienzmaßnahmen ... 60
4.5 Kryptowährungen ... 61
4.5.1 Whitehacking-Anreiz mit Preisgeld ... 61
4.5.2 Kommunalwährungen ... 62
4.5.3 Mining von Kryptowährungen mit Überschüssen ... 62
4.5.4 Mining mit vor Ort erzeugtem Strom ... 63
4.5.5 Kryptowährungen als Zahlungsmittel ... 64
4.6 Finanzierung ... 65
4.6.1 ICO für Forschungsförderung ... 65

4.6.2 Crowdfunding in der Energiewirtschaft ... 66
4.6.3 Anti-Kohle-Coin/ICO ... 67
4.7 Asset Management ... 67
4.8 Prozessautomatisierung & Optimierung ... 70
4.8.1 Einheitliche Abrechnung von Elektrofahrzeugen ... 70
4.8.2 Revenue Sharing ... 71
4.8.3 CO_2-Handel ... 71
4.8.4 Marktstammdatenregister ... 72
4.8.5 Automatisierte Netzzugangsbeantragung ... 73
4.8.6 Abrechnung von Meterdaten ... 74
4.8.7 Untertägiger Lieferantenwechsel ... 75
4.8.8 Asset-basierte Stromverträge ... 75
4.8.9 Rechnungszusammenführung ... 76
4.8.10 Prozessoptimierung bei Interaktion mit Endkunden ... 76
4.8.11 Prozessoptimierung bei internen Unternehmensvorgängen (branchenunabhängig) ... 77
4.9 Sonstige ... 79
4.9.1 Sichere IoT-Kommunikation ... 79
4.9.2 Roaming des Energievertrages ... 80
4.9.3 Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung (CDM) ... 81
4.9.4 Verbrauchsverhalten von Elektrofahrzeugen ... 82
4.10 Überblick der Anwendungsfälle ... 82
4.10.1 Sinnvoller Einsatz der Blockchain-Technologie ... 83
4.10.2 Potenzialbewertung und energierechtliche Umsetzbarkeit ... 84
4.10.3 Use Cases je Wertschöpfungsstufe ... 85
4.10.4 Bedeutung von iMSys für die Anwendungen der Blockchain-Technologie ... 91
5 | Bewertung und Beschreibung ausgewählter Anwendungsfälle ... 93
5.1 Anwendungsfall: Labeling-Plattform ... 93
5.1.1 Beschreibung des Referenzprozesses ... 95
5.1.2 Einsatz der Blockchain-Technologie ... 107
5.1.3 Business Model Canvas ... 109
5.1.4 Detailbewertung ... 111
5.1.5 Fazit und Handlungsempfehlungen ... 116
5.2 Anwendungsfall: Peer-to-Peer Energiehandel ... 118
5.2.1 Beschreibung des Referenzprozesses ... 118

5.2.2 Einsatz der Blockchain-Technologie 120
5.2.3 Detailbewertung 121
5.2.4 Business-Model-Canvas (Dienstleistungsmodell) 131
5.2.5 Fazit und Handlungsoptionen 133
5.3 Anwendungsfall: Distributed Asset Management Platform 134
5.3.1 Beschreibung des Referenzprozesses 135
5.3.2 Plattform-Anwendungen und Einsatz der Blockchain-Technologie 136
5.3.3 Business-Model-Canvas 142
5.3.4 Detailbewertung 144
5.3.5 Fazit und Handlungsoptionen 149
5.4 Anwendungsfall: Vereinfachter Lieferantenwechsel 151
5.4.1 Beschreibung des Referenzprozesses 151
5.4.2 Einsatz der Blockchain-Technologie 154
5.4.3 Detailbewertung 157
5.4.4 Fazit und Handlungsoptionen 160
5.5 Anwendungsfall: Nachweis von Regelleistungserbringung 161
5.5.1 Beschreibung des Referenzprozesses 161
5.5.2 Einsatz der Blockchain-Technologie 163
5.5.3 Detailbewertung 167
5.5.4 Fazit und Handlungsoptionen 169
6 | Einbindung der Blockchain-Technologie in die digitale Infrastruktur 170
6.1 Mögliche Signalwege 170
6.2 Datenerfassung und -verarbeitung 172
6.2.1 Smart Meter Infrastruktur 172
6.2.2 Neue Parallelinfrastruktur 175
6.2.3 Vorhandene Parallelinfrastruktur 176
6.2.4 Randbedingungen der heutigen digitalen Infrastruktur 177
6.3 Datenübertragung 178
6.4 Datenintegration in die Blockchain 179
6.5 Zwischenfazit digitale Infrastruktur 181
7 | Übergeordnete rechtliche Herausforderungen 183
7.1 IT-Sicherheit und kritische Infrastruktur 183
7.2 Datenschutzrechtliche Einordnung 185
7.3 Smart Contracts – weder „smart“ noch Verträge? 186

7.4 Allgemeines Vertragsrecht 187
7.5 Zwischenfazit 188
8 | Die Blockchain-Technologie als Chance für die Transformation der Energiewirtschaft 190
8.1 Fazit: Chance zur Transformation der Energiewirtschaft? 190
8.2 Zusammenfassung und Ausblick 192
9 | Referenzen 199
9.1 Abbildungsverzeichnis 199
9.2 Tabellenverzeichnis 202
9.3 Literaturverzeichnis 202

Management Summary

Im Rahmen des Projektes B10X der FfE in Kooperation mit Innogy SE, SMA Solar Technology AG, Stadtwerke Augsburg Energie GmbH, Thüga AG, TransnetBW GmbH, VBEW Dienstleistungsgesellschaft mbH, Verbund AG und Vorarlberger Kraftwerke AG wurden unterschiedliche Aspekte der Blockchain-Technologie thematisiert und Anwendungsfälle identifiziert.

Bereits im „Teilbericht Technologiebeschreibung" /FFE-04 18/ wurden die technischen Grundlagen der Blockchain-Technologie, Vor- und Nachteile, Weiterentwicklungen und typische Anwendungsbereiche aufgezeigt. Darauf aufbauend veranstaltete die FfE in Kooperation mit den Projektpartnern insgesamt drei gemeinsame und acht individuelle Workshops. Gemeinsam mit insgesamt 161 Expertinnen und Experten (darunter 50 Führungskräfte) aus dem operativen und strategischen Bereich entlang der gesamten energiewirtschaftlichen Wertschöpfungskette konnten 91 Anwendungsfälle der Blockchain-Technologie identifiziert werden. Die Anwendungsfälle können in die nachfolgenden Kategorien eingeteilt werden:

- Labeling beschreibt die digitale Abbildung physikalischer Ressourcen (v. a. Strom, Gas, Wärme) z. B. in Form sog. Tokens auf einer Blockchain. Auf diese Weise können die unterschiedlichsten Nachweise erbracht werden. Dies beinhaltet den Nachweis des Produktionsortes, der Erzeugungs- und Verbrauchsart sowie diverser aktiver Nutzungsweisen wie dem P2P-Handel oder der regionalen Direktvermarktung. Auch können Energieströme sektorübergreifend abgebildet werden und so langfristig z. B. die Doppelbelastungen von Speichersystemen und P2X durch transparenten Verwendungsnachweis reduziert werden.

- Sharing Economy umfasst alle Anwendungsfälle, welche die gemeinsame Nutzung von Ressourcen erfordern. Die Anwendungsfälle gehen von energiewirtschaftlichem Asset Sharing (z. B. Quartierspeicher, EE-Anlagen) über das Car-Sharing bis hin zum Sharing von Ladesäulen und Wallboxen. Die Blockchain dient in diesen Fällen als transparente Plattform zur Abwicklung, Dokumentation und Abrechnung.

- Die Blockchain-Technologie kann auch im Kontext von Systemdienstleistungen und Flexibilität eingesetzt werden. Dabei kann die Erbringung von Systemdienstleistungen nachgewiesen und abgerechnet werden. Um Netzengpässe zu reduzieren, können dezentrale Flexibilitätsmärkte installiert und Leistungen z. B. innerhalb eines begrenzten Raumes zwischen leistungsstarken Verbrauchern gehandelt werden. Die besonders vorteilhaften Attribute der Technologie in diesem Bereich sind die Transparenz und die manipulationssichere Dokumentation.

- Eine Stärke der Blockchain-Technologie ist auch die Möglichkeit zur Partizipation. Dabei wurden Anwendungsfälle wie die transparente Trassenwahl des Übertragungsnetzausbaus durch DAO oder die Anwendung von Prediction

Markets zur Vorhersage energiewirtschaftlichen Ereignissen identifiziert. Dabei wird vor allem der dezentrale Charakter sowie die basisdemokratische Governance-Struktur und die Transparenz der Technologie genutzt.

- Partizipation kann auch über Finanzierung erfolgen. So können Initial Coin Offerings (ICO) eingesetzt werden, um Crowdfunding durchzuführen, z. B. für erneuerbare Energien, oder Forschungsförderung dezentral zu ermöglichen.

- Auch Kryptowährungen können im Rahmen der Energiewirtschaft zum Einsatz kommen. Dabei können diese generell als Zahlungsmittel anstatt bekannter Zahlungswege eingesetzt oder als digitale Kommunalwährung an regionale Energiedienstleistungen gekoppelt werden. Auch ein Einsatz als Anreiz für White-Hacking oder die Nutzung von Mining als Maßnahme zur Reduktion von Lastspitzen bzw. Erlösquelle für EE-Anlagen ist eine Möglichkeit.

- Die Anwendungsfälle rund um das Asset Management nutzen primär die manipulationssichere Dokumentation von energiewirtschaftlichen Daten für unterschiedliche Zwecke. Diese beinhalten regulatorische Nachweispflichten, die Abwicklung von Versicherungen, das Garantiemanagement oder diverse unternehmensinterne Zwecke bzw. erleichtern Konzessionsvergaben, die technische Due-Diligence-Prüfung oder den Weiterverkauf von Anlagen auf Resell- und 2nd-Life-Märkten.

- Die Blockchain-Technologie kann auch eingesetzt werden, um Prozesse (v. a. mit vielen Beteiligten) zu optimieren. Dies umfasst die einheitliche Abrechnung von Ladesäulen, das Revenue-Sharing von Geschäftsmodellen mit komplexen Vertragsbeziehungen, die Übermittlung und Abrechnung von Zählerdaten (v. a. in Ländern ohne eigene PKI) sowie den untertägigen bzw. instantanen Lieferantenwechsel. Auch in der Interaktion mit Endkunden oder bei internen Unternehmensvorgängen kann die Technologie einen Mehrwert bieten.

Die Blockchain-Technologie kann jedoch nur dann einen Mehrwert innerhalb der aufgeführten Bereiche leisten, wenn sie sowohl aus der Sicht einzelner beteiligter Akteure sowie dem Gesamtsystem einen Mehrwert bietet. Dies betrifft neben wirtschaftlichen Aspekten v. a. die in §1 EnWG festgesetzten Ziele einer sicheren, preisgünstigen, verbraucherfreundlichen, effizienten und umweltverträglichen Versorgung, denen die Technologie im Rahmen des Anwendungsfalls zuträglich sein muss. Vor allem heute prominente „public" Blockchains, die auf Proof-of-Work zurückgreifen sind hier v. a. aus Effizienz- und Umweltaspekten nicht geeignet. Andere Ausgestaltungsformen (z. B. konsortiale Formen), innovative Technologien und Konzepte (state channels, sharding etc.) oder alternative Konsens-Mechanismen (wie Proof-of-Authority) bieten hier jedoch bereits heute eine Auswahl an Möglichkeiten, diese Ziele zu erreichen (wie in /FFE-04 18/ beschrieben). Dies ist jedoch für jeden Anwendungsfall individuell zu bewerten.

Die im Rahmen der Studie aufgezeigten Anwendungsfälle wurden in einem ersten Schritt bezüglich ihres theoretischen Potenzials bewertet und auf erste energierechtliche Hürden hin untersucht. Die Auswertung zeigt, dass die theoretischen Potenziale grundsätzlich relativ hoch sind, jedoch bezüglich der energierechtlichen Umsetzbarkeit einige Hürden vorliegen. Dies umfasst u. a. standardisierte Marktprozesse (vgl. Mabis, GPKE) oder Herausforderungen bzgl. des Doppelvermarktungsverbotes nach § 80 EEG. Die Herausforderungen im Energierecht sind grundlegend vom betrachteten Anwendungsfall

abhängig. Oftmals bestehen Lösungsmöglichkeiten, die allerdings einen Mehraufwand und somit betriebswirtschaftliche Nachteile mit sich bringen (vgl. Abschnitt 5.2.3.2). Das Energierecht ist somit nicht als Hürde für die Technologie selbst zu verstehen, sondern eher für die wirtschaftliche Realisierbarkeit der Use Cases. Grundlegende rechtliche Herausforderungen, die den Einsatz der Blockchain-Technologie erschweren bzw. zu denen noch keine Rechtssicherheit besteht, liegen hingegen vor allem im Bereich des Vertragsrechts und Datenschutzes.

Durch die Blockchain-Technologie werden neue Dienstleistungen (vgl. P2P-Handel, Labeling, Sharing…) vor allem für private Letztverbraucher und verteilte Energieressourcen möglich. Der verteilte Charakter der Blockchain-Technologie erschwert jedoch v. a. klassische Vertriebsmodelle und stellt so sowohl eine Chance für neue Wege als auch ein Risiko für etablierte Vertriebsstrategien dar (vgl. Abschnitt 5.1.3 und Abschnitt 5.2.4).

Die entwickelte Methodik zur Bewertung der Blockchain zeigt auf, dass eine Vielzahl der Anwendungsfälle vor allem bestehende Prozesse grundsätzlich optimieren können. Dabei wurde an vielen heute existierenden, jedoch nicht oder nur unzureichend digitalisierten Prozessen deutlich, dass ein Vergleich mit der Blockchain-Lösung eine Herausforderung darstellt. Ein Vergleich ist nur dann sinnvoll, wenn der Referenzprozess als Benchmark bereits sinnvoll im digitalisierten Umfeld etabliert ist. Dass die Blockchain in der entwickelten Methodik als Alternative Vorteile zeigt, liegt häufig auch an ineffizienten oder nicht digitalisierten Prozessen.

Die Studie zeigt, dass die Digitalisierung eine Grundlage für alle Anwendungen der Blockchain darstellt. Während viele Geschäftsprozesse innerhalb von Unternehmen mittlerweile digitalisiert sind, verhindert der sich verzögernde Smart Meter Rollout die Erschließung des optionalen Segments (v. a. Haushalte < 6.000 kWh/a) und der ungenügende Breitbandausbau (v. a. in ländlichen Regionen) einen kurz- und mittelfristigen Einsatz der Technologie in den Wertschöpfungsstufen mit großem Potenzial (v. a. Prosumer und verteilte Energieressourcen). Durch überzeugende Anwendungsfälle kann die Technologie hier jedoch auch als Enabler wirken und den Rollout beschleunigen.

In Abschnitt 6 | Einbindung der Blockchain-Technologie in die digitale Infrastruktur wurde aufgezeigt, dass verschiedene Digitalisierungspfade existieren, um energiewirtschaftliche Messwerte in eine Blockchain zu übertragen. So konnte identifiziert werden, dass die kommende Smart Meter Infrastruktur aufgrund ihrer geeichten, standardisierten, abrechnungsrelevanten und manipulationssicheren Datenerfassung eine Stärke der Energiebranche darstellt. Der verzögerte Rollout und die schwierige Anbindung an die Blockchain (über Parallelinfrastruktur oder externe Marktteilnehmer) zeigen sich jedoch als Risiko für die Technologie (v. a. bzgl. Kosten und Vertrauen). Unternehmen mit bereits existierender Infrastruktur hinter dem Zähler (vgl. Wechselrichter, Speicher, Smart Home Systeme) haben hier derzeit einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil, da sie schnell und kostengünstig Anwendungsfälle etablieren können, ohne auf den Rollout warten oder Parallelinfrastruktur installieren zu müssen.

Die Analyse von Synergieeffekten der Anwendungsfälle ergab, dass die Blockchain-Technologie ihre Stärke vor allem im Kontext von „Plattformen“ aufweist. Diese stellen die Basis für viele Anwendungsfälle und ermöglichen somit Anwendungsfallpluralismus.

Aus den insgesamt 91 identifizierten Anwendungsfällen wurden die folgenden sechs Gruppen von Anwendungsfällen ausgewählt und näher untersucht.

Labeling-Plattform

Die detaillierte Bewertung des Anwendungsfalles „Labeling-Plattform" ergab, dass eine Blockchain unterschiedliche Aufgaben erfüllen und u. a. auch die Herkunft kleinster Energiemengen hinsichtlich Erzeugungsart, regionaler Verortung und hoher zeitlicher Auflösung mit direkter Kopplung an physikalische Randbedingungen ermöglichen kann. Der Einsatz einer Labeling-Plattform reicht dementsprechend von der Weiterentwicklung des bestehenden Systems der Ökostrom-Zertifizierung über Energiespeicher-Labeling bis hin zu Regionalstromangeboten und regionaler Direktvermarktung. Der Fokus der Bewertungen lag v. a. auf den existierenden Mechanismen des Herkunftsnachweises.

Das theoretische Potenzial der Anwendungsfälle ist sehr groß und umfasst alle Erzeuger und Verbraucher. Aufgrund der Einspeisevergütung und dem Doppelvermarktungsverbot nach § 80 EEG verringert sich das Potenzial von Labeling und P2P-Handel jedoch auf Anlagen ohne bestehende Förderung. Dabei handelt es sich heute vorrangig um Wasserkraftwerke. Der Großteil der EE-Anlagen mit Förderung wurde in den Jahren 2009 bis 2012 errichtet und ist dementsprechend für die Laufzeit der EEG-Vergütung von 20 Jahren nicht für diese Anwendungsfälle geeignet.

P2P-Handelsplattform

Ein Anwendungsfall der Blockchain-Technologie umfasst den P2P-Handel sowohl im B2B (Börse, OTC) als auch im C2C-Bereich. Die Potenziale im C2C-Bereich decken sich mit denen des Labelings erneuerbarer Energien und sind ebenfalls durch § 80 EEG limitiert. Eine Analyse der rechtlichen Rahmenbedingungen zeigt auf, dass für Prosumer ein direkter P2P-Handel möglich, jedoch aufgrund vieler energiewirtschaftlicher und sonstiger bürokratischer Hürden erschwert ist. So sind diese unter anderem Lieferanten nach § 41 EnWG und daher dazu verpflichtet, sowohl Vertragsdauer, Preisanpassungen, Kündigungstermine und Kündigungsfristen, das Rücktrittsrecht des Kunden, zu erbringende Leistungen, Zahlungsweisen, Haftungs- und Entschädigungsregelungen bei Nichteinhaltung vertraglich vereinbarter Leistungen als auch den unentgeltlichen und zügigen Lieferantenwechsel vertraglich festzuhalten. Ein rechtskonformer Lösungsansatz ist es, den P2P-Handel im Rahmen eines Dienstleistungsmodells abzuwickeln und Bilanzkreismanagement, Prognosen sowie regulatorische und bürokratische Pflichten über einen Dienstleister abzuwickeln. Solche Lösungen existieren bereits ohne die Blockchain-Technologie. Aufgrund des erhöhten bürokratischen Aufwands ist der finanzielle Mehrwert für den Endkunden gering. Dieser Anwendungsfall der Blockchain ist jedoch v. a. für Post-EEG-Anlagen eine mögliche Vermarktungsoption.

Asset Management Plattform

Mittels der beschriebenen und analysierten Distributed Asset Management Plattform auf Blockchain-Basis ist es möglich, Daten zur Dokumentation verschiedenster Anlagentypen einheitlich und transparent abzubilden und allen relevanten Stakeholdern zur Verfügung zu stellen. Als Eingangsdaten können Messdaten, Protokolle, Zugriffsdokumentation oder Anlagen-/Fehlermeldungen hinterlegt werden. Diese können dabei auf unterschiedliche Art erfasst werden: direkt über ein Trusted Metering System oder indirekt durch Prüforgane. Bei der Speicherung gibt es zudem die Möglichkeit, diese offen und on-chain,

als Hash zum nachträglichen Nachweis oder in einer externen Datenbank mit der Blockchain als Rechte- und Zugriffsverwaltung abzulegen.

Der Anwendungsbereich ist dabei explizit nicht auf die Energiewirtschaft beschränkt, zeigt dort auf Grund der Anlagenintensität allerdings hohes Potenzial. Mittels einer solchen Plattform ist es schließlich möglich, Contracting- oder Leasing-Modelle effizient abzuwickeln und auch allgemein durch die Blockchain als dezentrale Vertrauensinstanz ggf. Rechtsstreitigkeiten zu vermeiden. Da die relevanten Daten prinzipiell allen berechtigten Teilnehmern zur Verfügung stehen, bietet die Blockchain-Technologie die Möglichkeit, den asymmetrischen Informationszugang zumindest teilweise aufzuheben und so einen deutlich faireren und transparenteren Handel zu etablieren. Eine einheitlich definierte Asset Management Plattform könnte perspektivisch als eine Art Branchen-Standard die Dokumentation von Zustandsdaten vereinheitlichen und somit große Effizienzzugewinne ermöglichen.

Vereinfachter Lieferantenwechsel

Der aktuelle Prozess des Lieferantenwechsels im deutschen Strommarkt weist eine Reihe von Nachteilen auf, die mit einer optimierten IT-Infrastruktur zur Marktkommunikation behoben werden können. Eine Möglichkeit dazu ist eine Umsetzung auf Blockchain-Basis, welche wesentlich von den Eigenschaften der Unveränderbarkeit, der Dezentralität und der Transparenz profitiert. Diese ermöglichen allen relevanten Akteuren den Zugriff auf eine einheitliche und verlässliche Datenbasis und steigern so die Effizienz und die Geschwindigkeit des Prozesses.

Die Analyse verschiedener konkreter Implementierungsvarianten zeigt, dass der Anwendungsfall mit vergleichsweise geringem Aufwand auf einer Blockchain-Plattform umsetzbar ist. Da von einer allgemeinen Anwendung alle Netzbetreiber, Lieferanten sowie Letztverbraucher betroffen sind, ist das Potenzial als hoch zu bewerten. Die dabei installierte Infrastruktur bietet darüber hinaus die Möglichkeit zur Verbesserung weiterer Prozesse der Marktkommunikation, wie beispielsweise einen vereinfachten Messstellenbetreiberwechsel oder die Etablierung einer Roamingfunktionalität. Der Anwendungsfall erweist sich also als vielversprechend, für eine abschließende Bewertung sind jedoch noch Tests im realen Maßstab sowie Vergleiche mit alternativen konventionellen Systemen notwendig.

Nachweis von Regelleistungserbringung

Die Analyse des Anwendungsfalls ergab, dass die Blockchain sowohl für den Nachweis der ordnungsgemäßen Regelleistungserbringung als auch im Rahmen des Präqualifikationsverfahrens eingesetzt werden kann. In beiden Fällen beruht die Funktionalität auf einem Vergleich der Verläufe von Baseline und Wirkleistung. Zu berücksichtigen ist, dass diese Funktionalität auch ohne Blockchain zur Verfügung gestellt werden kann. Entscheidend sind hierbei letztendlich die jeweiligen Implementierungskosten. Gemäß dem Transmission Code der ÜNB schließen ÜNB und Anbieter einen Rahmenvertrag. Hier müsste der Erbringungsnachweis über die Blockchain aufgenommen werden. Ob und in welchem Umfang der Transmission Code selbst angepasst werden müsste, ist zu prüfen.

Großes Potenzial kann sich künftig ergeben, wenn die Technologie auch auf regionalen Flexibilitätsmärkten eingesetzt wird. Typischerweise wird hier eine große Anzahl kleiner

Flexibilitätsoptionen angeboten werden, wodurch die Zahl der Abrufe steigt. Der damit verbundene Aufwand der Netzbetreiber für die Überprüfung der Regelleistungserbringung könnte durch die Implementierung einer Blockchain reduziert werden.

Die Studie zeigt, dass die Blockchain-Technologie vor allem als verteilte und manipulationssichere Plattform für unterschiedliche Anwendungsfälle mit gemeinsamer Datenbasis und einer Vielzahl an Akteuren großes Potenzial aufweist. Bezüglich einzelner Anwendungsfälle kann sie vor allem Prozessverbesserungen (bzgl. Kosten, Zeit und Sicherheit) durch Disintermediation bewirken. Um die Technologie langfristig etablieren zu können, muss die Digitalisierung als Grundlage weitestgehend abgeschlossen (vgl. Smart-Meter-Rollout und Breitbandausbau) und die Schnittstellen ebenso wie die notwendige Funktionalität angemessen und standardisiert sein. Alles in allem ist daher entscheidend, dass sämtliche beschriebenen Anwendungsfälle nur auf Basis bereits digitalisierter Eingangsdaten umgesetzt werden können. Gerade in den Segmenten mit den größten Potenzialen, wie bei der Anbindung verteilter Erzeuger und Verbraucher, zeigt sich dies besonders. So tritt die häufig geführte Diskussion der aktuellen technischen Herausforderungen der Blockchain-Technologie (z. B. fehlende Skalierbarkeit oder der hohe Energieverbrauch, vgl. /FFE-04 18/) im Vergleich zur fehlenden Digitalisierung für eine zeitnahe skalierbare Umsetzung eher in den Hintergrund.

1 | Einleitung

Die Energiewirtschaft steht vor einer Reihe von Herausforderungen. Einerseits sind diese technisch durch die Energiewende, eine zunehmende Elektrifizierung, die Sektorkopplung und Digitalisierung bedingt. Andererseits sieht sie sich mit einem steigenden Wettbewerb, sinkenden Umsätzen und Deckungsbeiträgen im Vertrieb bis hin zur sinkenden Eigenkapitalverzinsung auf Netzbetriebsmittel und steigenden Effizienzdruck entlang der gesamten Wertschöpfungskette konfrontiert.

Die Blockchain-Technologie als verteilte Datenbank mit Konsens-Mechanismus zur Absicherung des Systems gegen Manipulation und Missbrauch weist eine Reihe von Eigenschaften auf, die im Energiesystem einen Mehrwert generieren können. Aufgrund ihrer Manipulationssicherheit, Verfügbarkeit und der Möglichkeit zur Disintermediation erlaubt die Technologie eine Vielzahl von Anwendungsfällen, die im Rahmen dieser Studie identifiziert werden.

Im Rahmen der Studie wird untersucht, wie potenzielle Anwendungsfälle mit Hilfe von modernen Messeinrichtungen, Smart Meter Gateways oder Parallelinfrastruktur (vgl. Einplatinencomputer, Wechselrichter, Smart Home Systeme oder Batteriespeichern) realisiert werden können. Dabei beleuchtet die Studie den aktuellen Stand der Digitalisierung und die Implikationen des Smart Meter Rollouts auf die Blockchain-Technologie.

Im Rahmen einer qualitativen Analyse werden die identifizierten Anwendungsfälle näher beschrieben sowie bezüglich ihrer Potenziale und rechtlich-regulatorischen Hürden hin bewertet, so dass allgemeine Aussagen über die Summe aller Anwendungsfälle getroffen werden können. Zudem werden die Anwendungsfälle auf ihre Synergieeffekte hin untersucht und deren Bedeutung für die Technologie abgeleitet.

Im Anschluss erfolgt eine Bewertung einzelner ausgewählter Anwendungsfälle. Diese werden detaillierter betrachtet und bezüglich ihrer Prozesse, dem grundsätzlichen theoretischen Potenzial und den rechtlichen Hürden im Detail bewertet. Die dabei detailliert betrachteten Anwendungsfälle umfassen das Labeling von Energiemengen, Peer-to-Peer-Handel, Distributed Asset Management, vereinfachter Lieferantenwechsel und die Abrechnung von Regelleistung.

Ferner werden übergeordnete rechtliche Herausforderungen aufgezeigt, die den Einsatz der Blockchain-Technologie teils erschweren oder legitimieren. Im Fokus stehen hier das Vertragsrecht und der Datenschutz. Die Studie zeigt überdies technische Lösungen (näher erläutert in /FFE-04 18/) auf, die eine Datenschutzkonformität herstellen können.

Diese Studie beleuchtet außerdem die Chancen und Risiken der Blockchain-Technologie für die verschiedenen Herausforderungen in der Energiewirtschaft anhand der identifizierten Anwendungsfälle und schließt mit einer Einschätzung bezüglich ihrer langfristigen Bedeutung in der Energiewirtschaft.

Der Aufbau der Studie folgt dabei der Struktur in Abbildung 1-1.

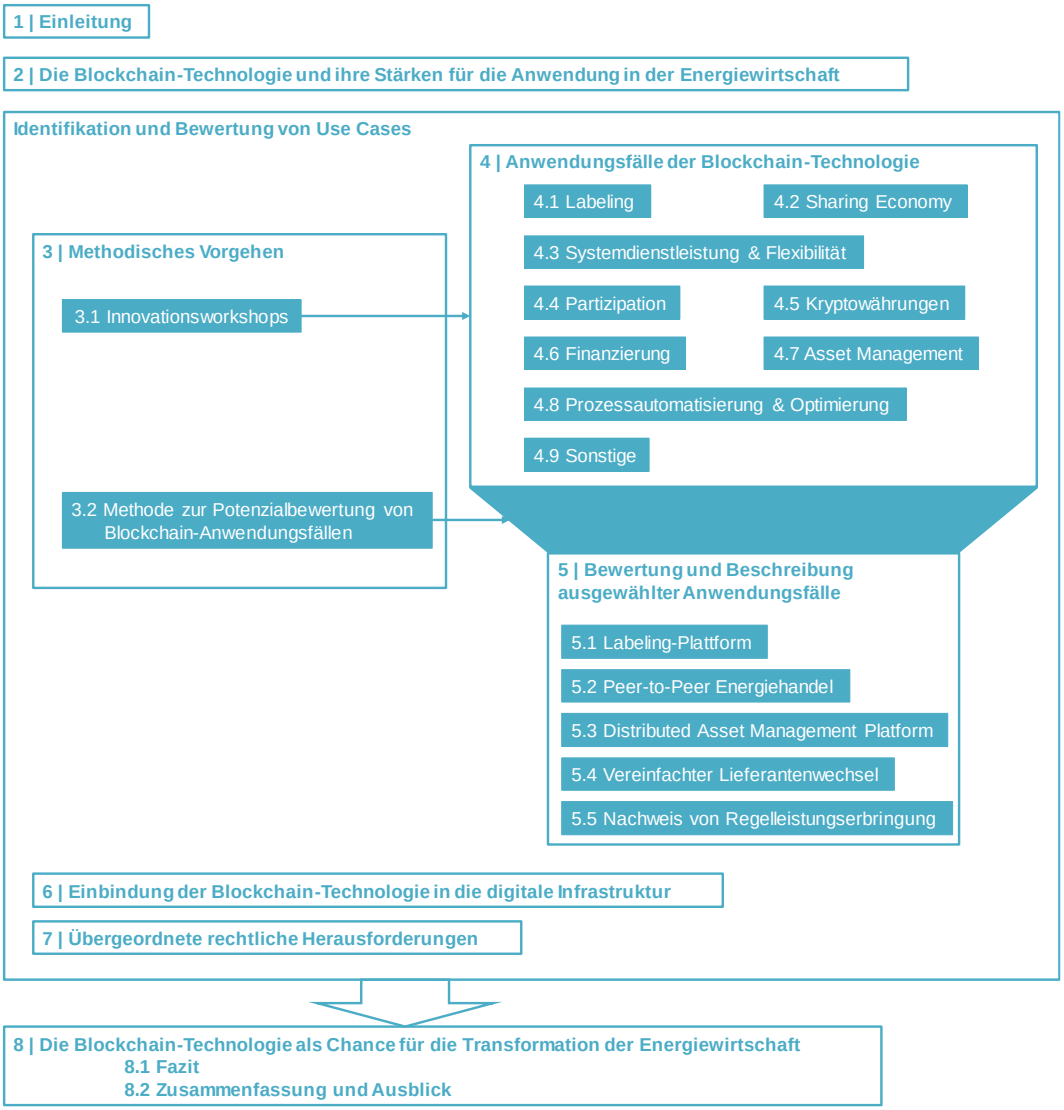


Abbildung 1-1: Struktureller Aufbau der vorliegenden Studie

2 | Die Blockchain-Technologie und ihre Stärken für die Energiewirtschaft

Bei der Blockchain-Technologie handelt es sich um eine verteilte Datenbank („distributed ledger"). Im Gegensatz zu herkömmlichen Datenbankstrukturen sind alle im Blockchain-Netzwerk beteiligten Akteure (= Knoten) an der Datenhaltung beteiligt und sichern gleichzeitig die Datenintegrität anstatt die Daten in der Hand einzelner zu halten. Um trotz dieser verteilten Struktur Einigkeit über die Reihenfolge und die Inhalte vergangener Änderungen im System zu schaffen, kommt ein sog. Konsens-Mechanismus zum Einsatz. Dieser schafft in diskreten Zeitschritten Einigkeit im Netzwerk über vergangene Transaktionen sowie deren Richtigkeit im Sinne definierter und überprüfbarer Regeln. Mittels dieser Eigenschaften ist es möglich, trotz des verteilten Charakters Missbrauch im Netzwerk z. B. durch manipulierte Transaktionen oder sogenanntes „double spending" zu verhindern. Durch die Verbindung der durch den Konsens-Mechanismus validierten Blöcke (= Vorgänge in der Blockchain innerhalb des diskreten Zeitraums) mittels Hash-Werten des jeweils voranstehenden Blockes, ist es zudem schnell, effizient und einfach möglich, Manipulationen vergangener Blöcke einzelner Netzwerkteilnehmer zu identifizieren. Auf Basis dieser Möglichkeiten schafft die Technologie Vertrauen ohne die Notwendigkeit einer vertrauenswürdigen Instanz zwischen Unbekannten. Dadurch ist u. a. in gewissen Bereichen eine Disintermediation möglich, wodurch klassische Intermediäre (z. B. Zahlungsdienstleister) ggf. durch die Technologie ersetzt werden können.

Die Blockchain-Technologie wird in /FFE-04 18/ ausführlich beschrieben.

Die Block-Kette (Blockchain) ist für jeden Teilnehmer im Netzwerk zu jeder Zeit einsehbar und ermöglicht das transparente Monitoring stattfindender Interaktionen. Um trotz dieser Transparenz hinsichtlich des Transaktionsverkehrs die Anonymität der im System Agierenden gewährleisten zu können, sind die Nutzer mittels eines öffentlichen Schlüssels („public key") pseudonymisiert. Die Tätigkeiten von Nutzern sind somit zu jeder Zeit nachvollziehbar, ohne deren Identität direkt offen zu legen. Der Zugriff auf diese öffentlichen Schlüssel erfolgt mittels individuellen privaten Schlüsseln („private keys"). Diese Form der asymmetrischen Verschlüsselung bietet ein hohes Maß an Sicherheit.

Die Blockchain bietet pseudonymisierte Transparenz.

Ein weiterer Bestandteil der Blockchain-Technologie ist die Option, Programme auf der Blockchain zu hinterlegen und diese automatisiert Tätigkeiten abwickeln zu lassen. Diese sogenannten Smart Contracts ermöglichen einen hohen Grad der Automatisierung, da z. B. Geschäftsprozesse durch sie abgebildet werden können.

Smart Contracts sind „Computer-programme" auf der Blockchain.

Ein bekannter Anwendungsfall der Technologie sind sog. Kryptowährungen (= digitale Zahlungsmittel), welche digital Werte schaffen, ohne dafür eine Zentralbank als Emittent für die jeweilige Währung zu benötigen. Die meisten der derzeit renommierteren Blockchains aus der Welt der Kryptowährungen (beispielsweise Bitcoin und Ethereum) werden als Open-Source-Software zur Verfügung gestellt, um Transparenz zu schaffen und das kollektive Wissen der Community zu nutzen /CUB-101 15/. Die so verfügbaren Blockchain-Technologien sind für Anwender frei nutzbar und können für individuelle Zwecke genutzt und bis zu einem gewissen Grad angepasst werden.

Der Quelltext von Blockchains ist in der Regel Open Source.

Um mögliche Einsatzbereiche zu identifizieren ist es notwendig, die Eigenschaften und Wertversprechen der Blockchain-Technologie genau zu analysieren und zu untersuchen, welche technischen Weiterentwicklungen zu erwarten sind. Der „Berichtsteil Technologiebeschreibung“ /FFE-04 18/ zeigt, dass Blockchain-Technologien sehr hohe Sicherheitsstandards erfüllen können, sobald die Anzahl der Akteure und die Art des Konsens-Mechanismus auf den jeweiligen Anwendungsfall angepasst sind. Die Vorteile der Blockchain umfassen nach heutigem Stand unter anderem:

- Datenintegrität und Manipulationssicherheit aufgrund des Konsens-Mechanismus
- Zuverlässigkeit mangels eines „single point of failure“ sowie hohe Verfügbarkeit aufgrund der vielen partizipierenden Akteure
- Transparenz durch den manipulationssicheren und öffentlich einsehbaren Distributed Ledger (vgl. Kassenbuch)
- Pseudonymität durch das eingesetzte public-/private-Schlüsselpaar statt Benutzernamen
- hoher Grad der Automatisierung durch Smart Contracts und die Einbindung externer Events mittels Smart Contract Oracles
- Möglichkeiten zur Individualisierung der Blockchain durch ihre Eigenschaft als Open-Source-Software,
- dApps als Benutzerschnittstelle zu Smart Contracts, um Programme und Funktionen zugänglich zu machen

Die heutigen Vorteile der Technologie liegen vor allem in der Bereitstellung von Sicherheit, ohne eine zentrale Rolle im Sinne eines Intermediärs einsetzen zu müssen. Gerade im Kontext der Energiewirtschaft, in der meist eine Vielzahl von Akteuren an Prozessen beteiligt und hohe Sicherheitsanforderungen gefordert sind, kann die Technologie einen Mehrwert gegenüber herkömmlichen IT-Lösungen bieten. So können grundsätzlich sehr sichere Applikationen über Blockchain-Lösungen abgebildet werden und aufgrund ihrer Manipulationssicherheit und wahlweise Transparenz als eindeutiger Nachweis gegenüber Regulierungsorganen genutzt werden. Ein weiterer Vorteil gegenüber herkömmlichen IT-Lösungen ist die kostenlose Verfügbarkeit der meisten Blockchain-Lösungen, welche „Open Source“ entwickelt werden und somit jedem Teilnehmer kostenlos zur Verfügung stehen. Dies ist ein Vorteil gegenüber kostenpflichtiger Whitelabel-Lösungen oder proprietärer („Closed Source“) Software. Auch viele Smart Contracts – gerade im Kontext der Energiewirtschaft – sind öffentlich einsehbar und somit eine gute Grundlage zur Entwicklung eigener Applikationen.

Die Blockchain-Technologie unterliegt einem sehr dynamischen Entwicklungsprozess.

Durch die in Kapitel 3.4 in /FFE-04 18/ dargestellten Weiterentwicklungen der Technologie lassen sich zusätzlich die folgenden Eigenschaften perspektivisch erkennen, die bislang noch als Hemmnis der Technologie gelten:

- hohe Transaktionsgeschwindigkeiten und niedrige Transaktionskosten u. a. durch alternative Konsens-Mechanismen, State Channels, Sharding oder alternative DLT
- verbesserte Sicherheit bei Smart Contracts durch Sicherheitsstandards, Review Prozesse und ggf. funktionale Programmiersprachen
- Anonymität und Datenschutz aufgrund von Weiterentwicklungen rund um Zero-Knowledge-Proofs und Ring-Signaturen bzw. Ring-Confidential-Transactions
- Interoperabilität zwischen verschiedenen Blockchain-Protokollen durch zunehmende Standardisierung (vgl. ISO/TC 307 /ISO-01 17/) und technologische Fortschritte wie Sidechains und Atomic Swaps

- verringerter Energieverbrauch durch alternative Konsens-Mechanismen,
- Skalierbarkeit durch DAG-Lösungen (vgl. Tangle, Hashgraph)
- wertstabile Kryptowährungen durch Stablecoin-Mechanismen
- verbesserte Nutzerfreundlichkeit durch neue Systemarchitekturen und Programmierschnittstellen (API)

Die Fortschritte sind für die Energiewirtschaft dringend nötig, da viele Blockchain-basierte Geschäftsmodelle v. a. aufgrund der mangelnden Skalierbarkeit im großen Stil heute noch nicht kundennah realisierbar sind. So sind zwar eine Vielzahl an Blockchain-Lösungen bereits in der Lage, bis zu tausende Transaktionen pro Sekunde durchzuführen, dies ist jedoch häufig noch nicht auf Smart-Contract-fähigen Plattformen (wie Ethereum) der Fall. Gerade im Falle von Applikationen in der Energiewirtschaft ist es daher notwendig, dass Transaktionen und Smart Contracts mit großer Geschwindigkeit und Frequenz abgewickelt werden können. Während die Blockchain-Architektur einen sehr hohen Sicherheitsstandard aufweist, sind Smart Contracts oft Einfallstore für Angreifer. Funktionale Programmiersprachen und ein besserer Review-Prozess können hier eine deutliche Steigerung von Sicherheit v. a. in öffentlichen Blockchains liefern. Dies ist für alle Arten von Anwendungen eine wichtige Neuerung. Das Thema Datenschutz spielt in der Energiewirtschaft eine zentrale Rolle. So ist eine Public-Blockchain häufig aufgrund personenbezogener Daten nicht realisierbar (vgl. Kapitel 7.2). Neue kryptographiegestützte Lösungsansätze können hier helfen, um die Wahrung der Privatsphäre und personenbezogener Daten zu gewährleisten. Zur Abwicklung energiebezogener Geschäftsmodelle mittels Kryptowährungen ist eine gewisse Wertstabilität unerlässlich. Während die heute noch größtenteils unregulierten digitalen Zahlungsmittel (vgl. Bitcoin, Ethereum, Ripple, IOTA) große Wertschwankungen aufweisen, ist dies mittels neuer Mechanismen (vgl. DAI Stablecoin) eine in Zukunft lösbare Aufgabe.

Abschließend lässt sich konstatieren, dass die Technologie heute noch viele Limitationen aufweist, Lösungsmöglichkeiten jedoch bereits an vielen Stellen entwickelt werden. Es ist erst in wenigen Jahren mit skalierbaren, interoperablen, nutzerfreundlichen, ggf. anonymen Blockchain-Lösungen für großflächige Geschäftsmodelle zu rechnen. Nichtsdestotrotz können bereits heute Geschäftsmodelle entwickelt, analysiert und erprobt werden, die mittelfristig eingesetzt werden können.

Der kurze Abriss der Kernherausforderung in der Energieversorgung zeigt, dass viele Ansatzpunkte für den Einsatz der Blockchain-Technologie existieren. In einem nächsten Schritt müssen die hier und in /FFE-04 18/ vorgestellten Vorteile der Blockchain-Technologie mit den Herausforderungen der Energieversorgung abgeglichen werden, um potenzielle Anwendungsfälle zu identifizieren.

3 | Methodisches Vorgehen

Das nachfolgende Kapitel beschreibt das methodische Vorgehen im Projekt. Einen besonderen Schwerpunkt bilden hierbei die gemeinsamen Workshops.

3.1 Innovationsworkshops

Die Innovations-workshops waren immer ganztägig.

Im Zuge des Projektes B10X wurden Innovationsworkshops mit den Projektpartnern durchgeführt, um potenzielle und praxisnahe Anwendungsbereiche der Blockchain-Technologie zu identifizieren. Diese Innovationsworkshops wurden mehrfach mit unterschiedlichen Methoden und in unterschiedlichen Settings mit verschiedenen Fachleuten durchgeführt:

1. Es wurden drei gemeinsame Innovationsworkshops mit den Projektverantwortlichen aller beteiligten Unternehmen unter Leitung der Forschungsstelle für Energiewirtschaft durchgeführt.

2. Zudem wurden acht individuelle Innovationsworkshops bei einzelnen Projektpartnern mit interdisziplinären Angehörigen der jeweiligen Unternehmen unter Leitung der Forschungsstelle für Energiewirtschaft durchgeführt.

Im Zuge aller Workshops wurden die Grundlagen der Technologie vorgestellt und allen beteiligten Akteuren beispielhafte Anwendungsfälle aus anderen Branchen aufgezeigt.

Grundlage der Workshops war ein ausreichendes Technologie-verständnis.

Ziel der Workshops war es, auf Basis einer Grundlagenvermittlung mit unterschiedlichen Kreativmethoden Anwendungsfälle der Blockchain-Technologie direkt bzw. relevante Prozesse für einen Einsatz der Technologie zu identifizieren. Für die Prozesse wurden spezifische Fragen entwickelt, die die Teilnehmer im Vorhinein dazu anregten, sich Gedanken über ihre Prozesse zu machen.

Die identifizierten Anwendungsfälle wurden im Anschluss in Steckbriefform ausformuliert und näher beschrieben. Dabei wurden vor allem das Potenzial sowie regulatorische Hürden thematisiert. Zudem erfolgte eine Analyse, ob die identifizierten Anwendungsfälle bereits mit/ohne Blockchain realisiert werden, um den Innovationsgrad eines Anwendungsfalles zu bestimmen.

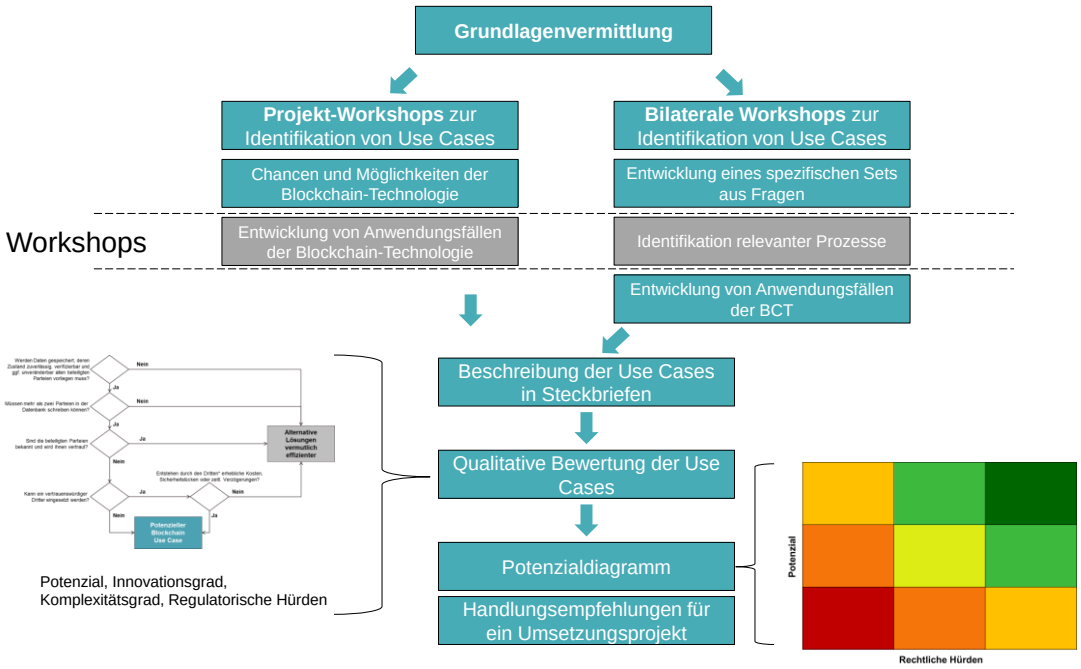


Abbildung 3-1: Methodik zur Ermittlung und Bewertung von Blockchain Use Cases in der Energiewirtschaft

Im Nachfolgenden werden die unterschiedlichen Workshop-Formate näher beschrieben.

3.1.1 Gemeinsame Innovationsworkshops mit den Projektverantwortlichen

Es wurden insgesamt drei gemeinsame Innovationsworkshops mit den Projektverantwortlichen aller beteiligten Unternehmen unter Leitung der Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE) durchgeführt.

Im ersten gemeinsamen Workshop aller Projektpartner und der FfE wurden einerseits die Grundlagen der Technologie durch die FfE vorgestellt und die heterogenen Wissensstände der Beteiligten ausnivelliert. Andererseits wurde das Suchfeld für Innovationen abgesteckt und eine Suchfeldmatrix als Randbedingung aufgestellt. Mit Hilfe eines „Brainstorming" konnten ca. 40 Anwendungsfälle durch die Beteiligten identifiziert und im Anschluss in der Gruppe diskutiert und weiterentwickelt werden.

Die Grundlagen wurden speziell für Teilnehmer ohne IT-Kenntnisse zugeschnitten.

Im zweiten gemeinsamen Workshop aller Projektpartner und der FfE wurde aufbauend auf den Grundlagen der Blockchain-Technologie weiterführendes Wissen zur Technologie sowie deren Implikationen für die Energiewirtschaft vermittelt. Auch wurden die bisher identifizierten und von der FfE ausgearbeiteten Anwendungsfälle vorgestellt und diskutiert. Im Anschluss wurden mittels der Methode „Brainwriting" durch alle Partner präferierte Anwendungsfälle ausgewählt, skizziert und reihum ergänzt. Ziel war dabei, für die Partner interessante Anwendungsfälle weiterzudenken sowie mögliche Partner, Umsetzungsmodalitäten und Lösungsansätze für bestehende Herausforderungen zu entwickeln.

Weiterführendes Wissen umfasst u.a. Tangles, Sharding und State Channels.

Im dritten gemeinsamen Workshop wurden Umsetzungsmodalitäten und Ziele definiert und abgestimmt. Dafür wurde die Methode des „Imaginären Brainstormings" angewandt. Ziel war es, eine mögliche Umsetzung im Anschluss an das Projekt unabhängig von

technischen und finanziellen Randbedingungen so zu skizzieren, dass jeder Partner die individuellen Ziele erreicht und alle Aspekte der Blockchain-Technologie und ihrer Implikationen auf die Energiewirtschaft ausreichend analysiert werden.

3.1.2 Individuelle Innovationsworkshops

Die Workshop-Teilnehmer kamen aus allen Unternehmensbereichen.

In den individuellen Innovationsworkshops wurden für alle beteiligten Partner individuelle Veranstaltungen geplant und in den jeweiligen Konzernzentralen im Rahmen einer ganztägigen Veranstaltung durchgeführt. Dabei variierten die Gruppengrößen zwischen 6 und 37 Personen. Die fachliche Zusammensetzung der Beteiligten war sehr heterogen. So waren z. B. Fach- und Führungskräfte aus Innovations-, Strategie und F&E- als auch aus operativen Abteilungen vertreten. Insgesamt nahmen 126 Personen an den bilateralen Workshops in den Unternehmen teil. Die Workshops waren modular aufgebaut und konnten auf die individuellen Wünsche der Unternehmen abgestimmt werden. Ziele der Workshops war es, für die Unternehmen passende Anwendungsfälle und Prozesse zu identifizieren sowie zu analysieren.

Der Fragenbogen vor den Workshops diente der Vorbereitung.

Den Teilnehmern wurde einige Tage vor Beginn des Workshops ein Fragebogen zugesandt, in welchem potenzielle Einsatzfelder der Blockchain-Technologie anhand ihrer Stärken abgefragt wurden. Hierzu war keinerlei Vorwissen notwendig; Prozesswissen aus dem individuellen Unternehmen war für die Bearbeitung ausreichend. Ziel des Fragebogens war es, die Teilnehmer anzuregen, über passende und mögliche Prozesse nachzudenken und sich so auf den Workshop vorzubereiten. Die Antworten wiederum wurden genutzt, um die Workshop-Inhalte für jedes Unternehmen zuzüglich zum Ablauf zu individualisieren.

Das e^3-value-Modell ermöglicht schnelles Prozessverständnis in Workshops.

In den Workshops selbst wurde den Teilnehmern die Blockchain-Technologie sowie Anwendungsbereiche aus anderen Branchen nähergebracht und ein Verständnis für die Technologie vermittelt. In anschließenden interaktiven Elementen (v. a. Brainstormings und gruppenbasierte Diskussionsrunden) wurden auf Basis der Fragebögen weitere Anwendungsfälle ermittelt und schließlich aus der Sammlung eine Ideenauswahl getroffen. Gruppenweise wurden die ausgewählten Konzepte vertieft. Dafür wurden mittels eines vereinfachten e^3-value-Modells die Akteure, Informationsflüsse, Dienstleistungen und Finanzströme im Rahmen des Blockchain-Anwendungsfalles durch die Teilnehmer visualisiert und falls möglich mit dem ebenfalls visualisierten Referenzprozess verglichen. Auf Basis dieser Ausarbeitung konnten Vor- und Nachteile der Blockchain-Lösung sowie Potenziale und ggf. vorhandene rechtliche Hürden abgeleitet werden. Im Anschluss erfolgte ein Pitch der jeweiligen Anwendungsfälle vor allen Teilnehmern des Workshops inklusive gemeinsamer Diskussionsrunde.

Die in den Workshops ermittelten Anwendungsfälle wurden auf ihre Blockchain-Tauglichkeit hin geprüft und von der FfE detaillierter ausgearbeitet.

3.1.3 An Workshops beteiligte Experten

Insgesamt wurden über die verschiedenen interaktiven Workshops 161 Personen aus der Energiewirtschaft eingebunden. Diese untergliederten sich in folgende Kategorien:

- 50 Führungskräfte: in allen Workshops waren insgesamt 50 Führungskräfte vertreten über verschiedenen Management-Ebenen hinweg vertreten (u. a. Vorstände, CEO, CFO, CTO, Managing Director, Abteilungsleitung, Bereichsleitung, Teamleitung und Werkstättenleitung). Je nach Art der Führungskraft konnten diese eine oder mehreren der nachfolgenden Tätigkeitsbereiche zugeordnet werden.
- 74 Personen mit operativen Tätigkeiten: 74 an den Workshops beteiligte Personen waren zum Zeitpunkt des Workshops im operativen Betrieb des jeweiligen Unternehmens tätig. Die Tätigkeiten sind vielschichtig und umfassen u. a. die Abteilungen/Bereiche Leitwarte, Dienstleistungen und IT-Systeme, Energiebeschaffung, Controlling, Unternehmenskommunikation, Vertrieb und Marketing, Software-Entwicklung, Produkt-Management, Asset & Portfolio Management, Buchhaltung, Einkauf, Werkstätten, Regelenergie und PQ, Sachbearbeitung, SAP, Key Account Management und Messdienstmanagement.
- 58 Personen mit strategischen Tätigkeiten: 58 teilnehmende Personen lassen sich in die Kategorie „Unternehmensstrategie" einordnen. Darunter fallen u. a. alle Personen mit einem Tätigkeitsschwerpunkt in Forschung- und Entwicklung, Innovation und Zukunftsprojekte, Technologieentwicklung und Services, Unternehmensstrategie, -planung- und -entwicklung sowie Unternehmensberatung mit dem Fokus auf einen oder mehrere der genannten Bereiche.
- 25 Personen mit Tätigkeiten im operativen und strategischen Bereich[1]:
  25 Personen konnten sowohl operativen als auch strategischen Tätigkeiten zugeordnet werden. Dies betrifft v. a. das Produktmanagement und die Projektleitung, die einerseits mit der Planung und Umsetzung innovativer Technologie betraut sind und andererseits in strategische Fragestellungen eingebunden sind.

Insgesamt 161 Personen nahmen an den FfE-Workshops teil.

Im Rahmen der Workshops waren nicht alleine die direkten Partnerunternehmen Innogy SE, SMA AG, SWA Holding GmbH, thüga AG, TransnetBW GmbH, VBEW e. V., Verbund AG, VKW AG beteiligt, sondern auch deren Tochter-, Mitglieds- und Beteiligungsgesellschaften bzw. ein Corporate Start-Up. Durch Vorträge im Rahmen eines VBEW-Workshops und vor Beteiligungsunternehmen der thüga AG konnten auch die Aspekte vieler kleinerer und mittlerer Stadt- und Gemeindewerke in das Projekt integriert werden. Insgesamt waren so die Expertinnen und Experten aus 29 verschiedenen Unternehmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette an den bilateralen Workshops beteiligt.

Insgesamt waren 29 Unternehmen in den Workshops vertreten.

[1] Vier der an den Workshops teilnehmenden Personen konnten keiner der Tätigkeiten zugeordnet werden.

3.2 Methode zur Potenzialbewertung von Blockchain-Anwendungsfällen

Auf Basis eines sechsstufigen Prozesses können Blockchain-Anwendungsfälle bewertet werden.

Für die Bewertung von Anwendungsfällen im Rahmen des Projektes wurde eine Methodik entwickelt, welche auf Basis der vermittelten Grundlagen und der gemeinsam identifizierten Anwendungsfälle, diese auf Blockchain-Tauglichkeit überprüft, prozessual visualisiert, mit Referenzprozessen vergleicht sowie das Marktpotenzial und rechtliche Hürden bewertet.

Die Methodik kann mit Hilfe des folgenden mehrstufigen Prozesses zur Bewertung der Anwendungsfälle dargestellt werden (siehe Abbildung 3-2):

1. Erster Test des Nutzens einer Blockchain-Lösung
   → **Kriterien-Set und Flowchart „Ist eine Blockchain-Lösung sinnvoll?“**
2. Detailliertes Verständnis des Anwendungsfalls als Ausgangspunkt für weitere Analyse
   → **Visualisierung des Prozesses mittels e3-value Methode**
3. Untersuchung des Mehrwerts durch die Blockchain
   → **Vergleich des Anwendungsfalls mit und ohne Blockchain**
4. Identifikation aller Komponenten (insb. Akteure, Kosten, Erlöse) des Geschäftsmodells
   → **Visualisierung der Blockchain-Lösung mit Business/Platform Model Canvas**
5. Quantifizierung des Mehrwerts anhand Indikatoren (Anwendbarkeit, potenz. Kunden, etc.)
   → **Abschätzung des Marktpotenzials**
6. Untersuchung relevanter gesetzlichen Vorschriften für den Anwendungsfall
   → **Identifikation regulatorischer Hemmnisse**

Abbildung 3-2: Mehrstufiger Prozess zur Bewertung der identifizierten Anwendungsfälle

3.2.1 Schritt 1: Kriterien-Set und Flowchart “Ist eine Blockchain-Lösung sinnvoll?“

In einem ersten Schritt der Bewertung erfolgt ein Abgleich des potenziellen Anwendungsfalles hinsichtlich eines Mehrwerts durch die Blockchain-Technologie. Dabei werden die heute bestehenden Limitationen zunächst ausgeblendet. Abbildung 3-3 zeigt die Kriterien der Technologie auf, die sukzessive überprüft werden. Dabei handelt es sich nicht um harte Ausschlusskriterien, sondern um eine Indikation, ob die Technologie für einen ausgewählten Anwendungsfall einen Mehrwert liefern kann.

	Use Case 1	Use Case 2	Use Case 3	...
Transparenz vorteilhaft?	✓	-	-	
Intermediär beteiligt?	-	-	-	
kleinteilige Transaktionen?	-	-	-	
fälschungssichere Dokumentation notwendig?	✓	-	-	
Anonymität / Pseudonymität vorteilhaft?	-	-	-	
Prozessautomatisierung?	-	✓	✓	

Abbildung 3-3: Bewertung einzelner Use Cases bzgl. verschiedener Kriterien

Die dargestellten Argumente leiten sich aus den technischen Aspekten der Blockchain-Technologie (vgl. Technologie-Bericht /FFE-04 18/) sowie deren Implikationen für Anwendungsfälle ab. Im Folgenden werden die einzelnen Kriterien aus Abbildung 3-3 genauer erläutert:

- Die Blockchain-Technologie ist transparent hinsichtlich stattfindender Transaktionen und Prozesse („Open-Execute-Charakter" von Smart Contracts). Gerade in Anwendungsfällen mit vielen unterschiedlichen Beteiligten kommt es häufig zu Herausforderungen bzgl. der Nachvollziehbarkeit von Vorgängen einzelner Partner. So muss die Blockchain nicht in jedem Fall mit Intermediären diese auch ersetzen. Oft ist es für andere Prozessteilnehmer vollkommen ausreichend, gewisse Prozesse transparent nachvollziehen zu können, um Vertrauen zu schaffen. So zeigt u. a. ein Projekt des World-Food-Programs mit dem Münchner Unternehmen Datarella, dass durch nachvollziehbare Prozesse die Kosten für Nachweis und Prüfung von Transaktionen und Prozessen durch Wirtschaftsprüfer und weitere Kontrollorgane (vgl. Regulierungsbehörden) nachhaltig gesenkt werden können. Statt viele verschiedene Kassenbücher prüfen zu müssen, ermöglicht die Blockchain eine automatisierte Prüfung einzelner, transparenter Vorgänge. Wirtschaftsprüfer haben dieses Potenzial bereits erkannt, was u. a. Projekte der „großen Fünf" zeigen. Diese Branche erwartet diesbezüglich einige Veränderungen, sodass bereits davon gesprochen wird, dass das neue Berufsbild des „Blockchain Prüfers" entstehen könnte. /RÖDL-01 18/
- Ein Wertversprechen der Technologie stellt die Möglichkeit dar, direkte Interaktionen zwischen Gleichgestellten (sog. „Peers") zu ermöglichen. Dies ist i. d. R. der Fall, wenn ein Intermediär durch die Blockchain substituiert wird und bisher nicht direkt kommunizierenden Parteien eine direkte Interaktion ermöglicht wird.

www.everledger.io bietet u. a. die Nachverfolgung von Diamanten an.

- Die Blockchain-Technologie ermöglicht die manipulationssichere Dokumentation von Eigentumsverhältnissen. Da die Technologie sogenanntes „double spending“ unterbindet, kann so auch verhindert werden, dass Transaktionsobjekte doppelt verkauft oder vermarktet werden. Diverse Skandale z. B. um doppelt verkaufte Grundstücke in Spanien zeigen die damit einhergehenden Herausforderungen. /MALL-01 13/ Gerade im Kontext transparenter Dokumentation von vergangenen Eigentumsübergängen kann so auch Diebstahl oder das in Umlauf bringen illegaler Güter (vgl. Blutdiamanten) verhindert werden. Diese Eigenschaften spielen v. a. im Supply Chain Management eine tragende Rolle.
- Aufgrund der Tatsache, dass die Blockchain-Technologie – je nach Art der Ausgestaltung – Pseudonymität oder Anonymität der Teilnehmer gewährleisten kann, können so ggf. neue Zielgruppen erschlossen werden. So verhindert die Nachvollziehbarkeit gewisser Stamm- oder Bewegungsdaten aus Geheimhaltungs- und Datenschutzgründen in manchen Fällen die Teilnahme gewisser Zielgruppen. Industrieunternehmen könnten potenziell große Mengen an Flexibilität für die elektrische Energieversorgung bereit stellen /GRUB-01 17/, sehen jedoch v. a. im Datenschutz ein großes Hemmnis, da durch die direkte Nachvollziehbarkeit der Bewegungsdaten zu den individuellen Prozessen des Unternehmens z. B. Rückschlüsse auf Produktionsmengen, Absatz und wirtschaftlichem Zustand gezogen werden können. Diese Hürden könnten ggf. durch eine vollständige Anonymisierung abgebaut werden.
- Die Blockchain-Technologie ist eine Public-Key-Infrastruktur „by design“. Durch die Nutzung von private keys und den daraus berechneten public keys (vgl. Technologie-Bericht /FFE-04 18/) ist die Blockchain-Technologie auf die Nutzung digitaler Signatur Algorithmen angewiesen, um u. a. die Manipulationssicherheit und Authentizität nachzuprüfen. Diese Eigenschaften können genutzt werden, um die Sicherheit digitaler Transaktionen zu gewährleisten. Dabei kann die Blockchain einen Teil der IT-Schutzziele erfüllen. Diese umfassen je nach Ausgestaltung des Blockchain-Netzwerkes (public/private) vor allem die Authentizität, Verbindlichkeit und Zurechenbarkeit. Diese Eigenschaft ist u. a. Ziel des US-Militärs, welches die Blockchain-Technologie für eine sichere, verfügbare und nachvollziehbare Messaging-App einsetzen möchte. /CBS-02 16/
- Die Blockchain-Technologie erlaubt Mikrotransaktionen mit sehr geringen Transaktionskosten. Mikrotransaktionen umfassen den Austausch von Transaktionsobjekten mit sehr geringem Wert oder Wertschöpfung. Mikrotransaktionen liegen dann vor, wenn die Transaktionskosten im Verhältnis zur Wertschöpfung bzw. des Wertes eines Transaktionsobjektes sehr groß sind. Häufig werden diese zudem in sehr kurzen Zeitintervallen bzw. mit hoher Frequenz durchgeführt. Der Begriff stammt aus der Finanzwirtschaft und beschreibt bisher v. a. digital ausgeführte Finanztransaktionen mit individuell geringen Volumina. Es kann sich dabei jedoch auch um den Datenaustausch, Verträge oder andere Transaktionsobjekte handeln.
- Die Blockchain erlaubt mittels Smart Contracts die Automatisierung und Optimierung digitaler Prozesse. Automatisierung ist immer dann möglich, wenn Prozesse heute durch menschliche Interaktion abgewickelt werden. Eine Optimierung ist entsprechend dann möglich, wenn lange Prozessketten mit vielen Interaktionen, hohen Transaktionskosten, langen Dauern bzw. mit hohen „Reibungsverlusten“ vorliegen.

- Die Blockchain in ihrer Form als verteilte Datenbank erlaubt eine beschleunigte Abrechnung und automatisierten Datenaustausch, da Transaktionsobjekte nicht zwischen verschiedenen Akteuren bilateral ausgetauscht werden müssen, sondern diese im gesamten Netzwerk geteilt werden können.
- In Ihrer Funktion als Kryptowährung kann die Blockchain-Technologie für den Austausch digitaler Währungen genutzt werden. Dies ist eine Zahlungsalternative zu z. B. SEPA oder SWIFT.

Trifft mindestens eines der aufgeführten Argumente auf die Technologie zu, kann mit Schritt zwei fortgefahren werden. Trifft kein Argument zu, so bietet die Blockchain-Technologie voraussichtlich keinen wesentlichen Mehrwert.

Technische Eignung der Blockchain-Technologie

Als weitere Methodik wurde ein Entscheidungsbaum für die technische Bewertung des Use Cases entwickelt (vgl. Abbildung 3-4), mit dessen Hilfe der sinnvolle Einsatz einer Blockchain-Lösung geprüft werden soll.

So ist eine Blockchain erst dann sinnvoll, wenn (1) eine Datenbank benötigt wird, deren Daten und Zustand (ggf. auch deren zeitliche Änderungen) zuverlässig, verifizierbar und ggf. unveränderbar allen beteiligten Parteien vorliegen müssen.

Ein weiteres Bewertungskriterium umfasst die Anzahl der Parteien (2), welche Schreibrechte auf die Daten benötigen. Zudem ist entscheidend, ob andere Parteien Leserecht zu diesen Daten benötigen. Ist dies der Fall, bietet eine Blockchain einen Vorteil bzgl. der Datentransparenz. Dies kann ggf. auch innerhalb von Unternehmen der Fall sein, wenn beispielsweise Wirtschaftsprüfer oder die Controlling-Abteilung Einsicht in die Vorgänge benötigen.

Im dritten Schritt ist entscheidend, ob sich die beteiligten Parteien bekannt sind und sich gegenseitig vertrauen (3). Letzteres muss auch bejaht werden, wenn einseitig kein klares Vertrauensverhältnis gegeben ist oder eine Partei große Vorteile aus einem Missbrauch ziehen könnte. Dies kann vorliegen, wenn die beteiligten Parteien in Konkurrenz zueinander stehen oder die Absichten Einzelner nicht erkenntlich sind.

Das Vertrauensverhältnis kann z. B. mittels Stakeholder-Analyse ermittelt werden.

Exkurs: Vertrauen

Sowohl „Vertrauen schaffen“ als auch die „Disintermediation“ sind schwer quantifizierbare Begriffe, wenn bezüglich einzelner Akteure keine repräsentativen Umfragen vorliegen. Da dies i. d. R. der Fall ist, wurden die nachfolgenden Annahmen getroffen. Generell beziehen sich die Annahmen auf die deutschen bzw. europäischen Randbedingungen und Marktsituationen.

Disintermediation bezeichnet den Wegfall von Vermittlern in der Wertschöpfungskette.

- Zwischen sich unbekannten Parteien existiert grundsätzlich kein Vertrauen.
- Anderen Institutionen wird vertraut, wenn…
  - …strenge regulatorische Vorgaben gelten, die deren Handeln gesetzlich regeln.
  - …diese nicht mittelbar oder unmittelbar in die primäre Wertschöpfung des Anwendungsfalles involviert ist und das Geschäftsmodell des Intermediärs auf einem vertrauensvollen Umgang mit allen Kunden gleichermaßen fußt.
- Staatlichen Institutionen wird vertraut.

Mangelndes Vertrauen ist in Geschäftsprozessen v. a. zwischen Wettbewerbern der Fall bzw. in Prozessen mit intransparenten Vorgängen oder unbekannten Teilnehmern, die durch die Manipulation einen geldwerten oder wettbewerblichen Vorteil erreichen können. Die Blockchain kann durch Transparenz und die im Code festgesetzten Regeln an diesen Stellen Vertrauen schaffen.

Vertrauen wird von Fachfremden oft unterschiedlich bewertet.

Vertrauen wird heute i. d. R. über nicht direkt am Wertschöpfungsprozess beteiligte Parteien geschaffen, die grundsätzlich gegenüber allen an einer Transaktion beteiligten Akteuren eine neutrale Haltung einnehmen sollten (vgl. PayPal, Ebay, AirBnB, Banken etc.). Diese sog. Intermediäre können zumindest teilweise durch eine Blockchain-Lösung substituiert werden. Im Projekt B10X hat sich bewährt, Geschäftsprozesse mittels der e^3-value-Methode zu skizzieren und aus diesem übersichtlichen Prozessschaubild abzuleiten, ob Prozesse zwischen zwei Akteuren durch einen Dritten Akteur „geroutet" werden (vgl. „Bezahlung" in Abbildung 3-5).

Ist dies der Fall, stellt sich die Frage nach einem Intermediär (4), welcher als neutraler Dritter Vertrauen schaffen kann. Dabei ist zu beachten, dass das Vertrauen auf Seiten aller Parteien gegeben sein muss. In Frage kommen hier zwei mögliche Entscheidungskriterien:

1. Der Dritte ist streng reguliert und aufgrund rechtlicher Vorschriften (und ggf. durch Überwachung) zur Neutralität verpflichtet.
2. Der Dritte ist aufgrund fehlender wirtschaftlicher Eigeninteressen neutral und hätte keinerlei Vorteile durch Manipulationen oder Parteiergreifung.

Im Kontext dieser Frage ist zu beachten, dass alle beteiligten Parteien die Einschätzung bezüglich der Neutralität des Dritten teilen sollten. So ist beispielsweise die Bundesnetzagentur aufgrund rechtlicher Vorgaben und fehlender wirtschaftlicher Eigeninteressen grundsätzlich als neutral zu bezeichnen – Studien zeigen jedoch auch, dass Fachfremden die Rollen in der Energiewirtschaft häufig nicht ausreichend geläufig sind und – wenn meist auch unbegründet – eine Verflechtung unterstellt wird. /KRACK-01 16/, /KÄF-01 17/ Aus Endkundensicht kann dies zu allgemeinem Misstrauen führen.

In der Energiewirtschaft sind v. a. Kosten, Zeitverzug und Sicherheitsrisiken durch Dritte relevant.

Ist es möglich, einen Dritten einzusetzen (5), stellt sich die Frage nach den dadurch auftretenden Zusatzkosten, möglichem Zeitverzug oder zusätzlich entstehenden Sicherheitsrisiken. Dabei ist es entscheidend, auch indirekte Kosten in die Bewertung mit einfließen zu lassen. So können beispielsweise zusätzliche Transaktionskosten, rechtliche Unsicherheiten, Streitfälle oder zusätzlicher Aufwand für Datenschutz potenzielle Gründe für eine Blockchain-Lösung sein. Auch die Überprüfung, Kontrolle oder Kosten für Wirtschaftsprüfung, Steuerberater oder andere Organe müssen an dieser Stelle berücksichtigt werden. Es empfiehlt sich, hier die Prozesse ganzheitlich zu untersuchen und mögliche Kosten, Ineffizienzen und „Reibungsverluste" zu identifizieren. Im Nachgang kann auch eine Analyse einzelner Prozesskomponenten zielführend sein, da auch hier Potenziale gehoben werden können. Punkt (5) erfordert ein tiefes Prozessverständnis und Fachkenntnis im zu betrachtenden Anwendungsfall. Gerade im streng regulierten energiewirtschaftlichen Umfeld mit vielen regulierten und damit potenziell vertrauenswürdigen Dritten ist dieses Kriterium von besonderer Bedeutung.

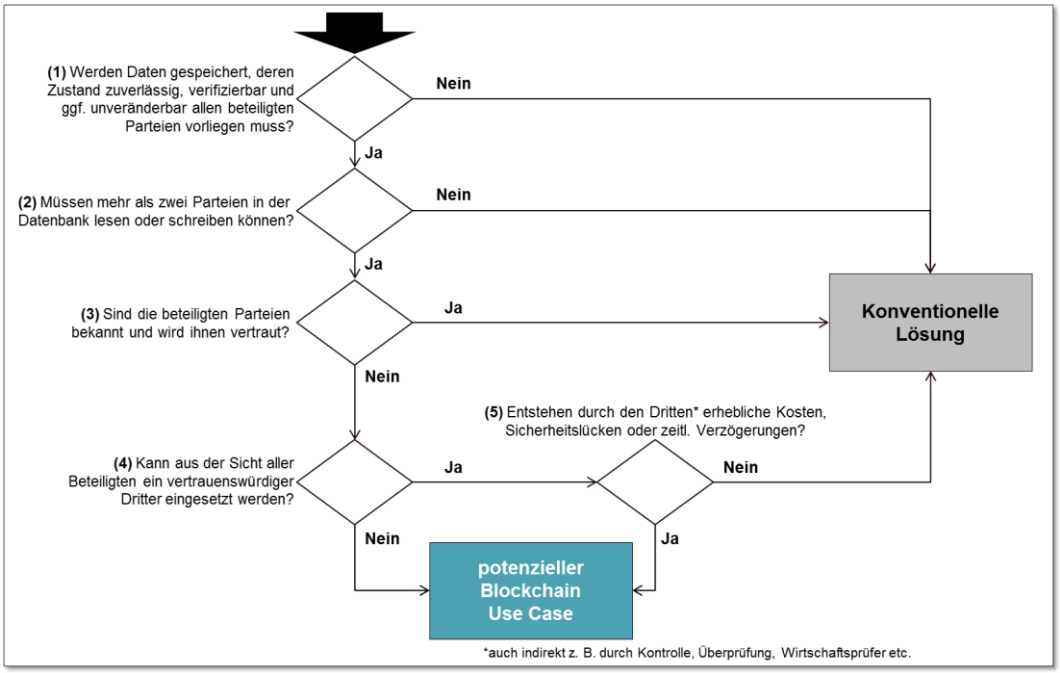


Abbildung 3-4: Flowchart zur Bewertung der technischen Eignung der Blockchain-Technologie für einen potenziellen Anwendungsfall

Nach Ausführen des Flowcharts sollte dem Anwender klar sein, ob der identifizierte Anwendungsfall grundsätzlich für die Umsetzung mittels Blockchain geeignet ist oder nicht. Aussagen über potenzielle Wirtschaftlichkeit oder tragfähige Geschäftsmodelle können durch diese Methodik nicht abgebildet werden. Dafür sind nachgelagerte detaillierte Analysen erforderlich.

Die Methodik lässt keine Rückschlüsse auf die Wirtschaftlichkeit zu.

3.2.2 Schritt 2: Visualisierung des Prozesses mittels vereinfachter e3-value Methode

In Schritt 2 wird zunächst ein tiefergehendes Verständnis der vorherrschenden Prozesse des in Schritt 1 identifizierten potenziellen Blockchain-Anwendungsfalls aufgebaut. Dies dient als Ausgangspunkt für weiterführende Analysen. Dafür werden Akteure und deren Beziehungen in Form von Produkt- / Dienstleistungs-, Informations- und Geldflüssen identifiziert und mittels des e^3-value Models dargestellt. Dieses Model wurde 2002 von Jaap Gordijn entwickelt, um die Lücke zwischen Business und IT-Gruppen zu schließen, insbesondere für die Entwicklung von E-Business-Systemen. Es beschreibt Prozesse u. a. als eine Menge von Akteuren und deren Austauschbeziehungen. Den Akteuren und Austauschbeziehungen ist eine graphische Notation zugeordnet, sodass die Prozesse als Netzwerk visualisiert werden können. /VUA-01 02/ Die folgende Abbildung 3-5 zeigt exemplarisch eine solche vereinfachte Prozessdarstellung für eine fiktive Abrechnung einer Ladesäule für Elektrofahrzeuge mittels Zahlungsdienstleister.

Schritt 2 dient der übersichtlichen Darstellung der gegebenen Prozesse.

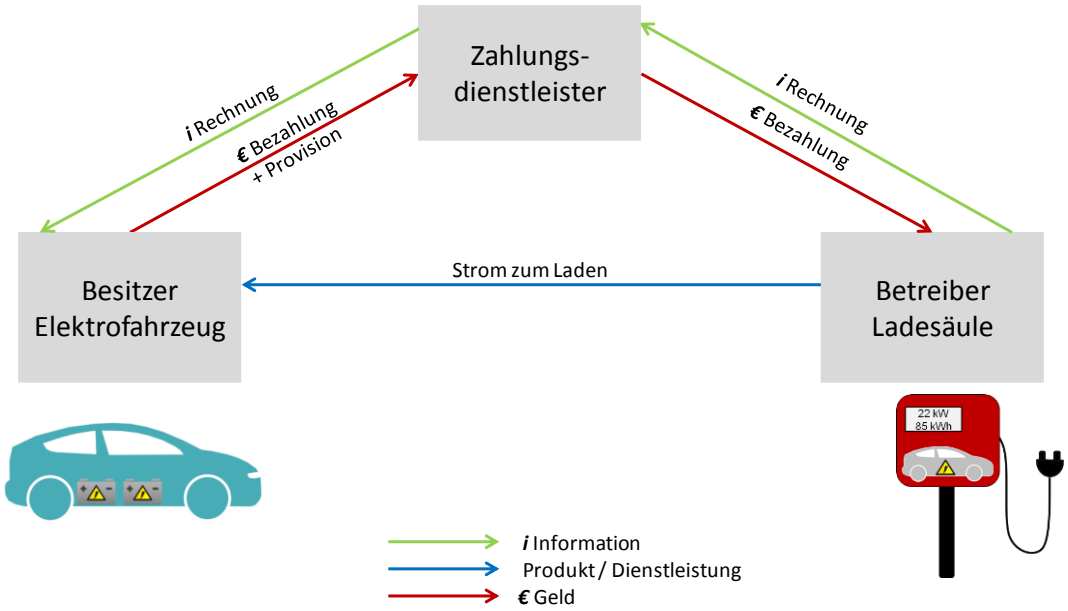


Abbildung 3-5: Exemplarisches vereinfachtes e³-value Modell für eine fiktive Abrechnung einer Ladesäule mittels Zahlungsdienstleister (=Intermediär)

3.2.3 Schritt 3: Vergleich des Anwendungsfalls mit und ohne Blockchain

Schritt 3 zeigt an welchen Prozess-schritten die Blockchain-Lösung ansetzt.

Aufbauend auf Schritt 2 wird der betrachtete Anwendungsfall nun inklusive der Blockchain-Technologie mit der vereinfachten e3-value Methode abgebildet. Durch einen Vergleich der beiden Visualisierungen, wird ersichtlich, ob durch die Blockchain die Anzahl einzelner Prozessschritte oder beteiligter Akteure reduziert werden kann. So kann der Mehrwert durch die Blockchain bestimmt werden.

3.2.4 Schritt 4: Visualisierung der Blockchain-Lösung mittels Business / Platform Business Model Canvas

Das Business Model Canvas dient als Werkzeug zur übersichtlichen Beschreibung von Geschäftsmodellen.

Zur Visualisierung eines möglichen Geschäftsmodells auf Basis des untersuchten Anwendungsfalls wird das Business Model Canvas verwendet. Das Business Model Canvas ist das bekannteste und weltweit meistgenutzte Konzept zur Visualisierung von Geschäftsmodellen. Ziel dabei ist es, ein Geschäftsmodell mittels vier Bereichen, aus denen sich neun Bausteine ergeben, in seine Komponenten zu zerlegen und zu visualisieren. Die Bereiche sind gegliedert in das Wertangebot, die Kosten und Einnahmen, die Infrastruktur und die Kundenschnittstelle /OST-01 04/. Hierzu gilt es die neben den Akteuren insbesondere die Kosten- und Erlösstrukturen zu identifizieren.

Abbildung 3-6 zeigt die neun Komponenten des Business Model Canvas. Als zentraler Punkt ist das Wertangebot (Value Proposition) in der Mitte des Canvas abgebildet. Es beschreibt welchen Mehrwert in Form von neuen Produkten / Dienstleitungen oder Kostenreduktionen der Anwendungsfall für die Kunden bietet. Rechts werden die verschiedenen Kundensegmente (Customer Segments) eingetragen. Die Kunden werden über verschiedene Kanäle (Channels) – beispielsweise Website, App oder Ladengeschäft

– erreicht. Kundenbeziehungen (Customer Relationships) können persönlicher Natur sein – insbesondere bei individuellen und teuren Produkten – oder im Falle von Massenprodukten standardisiert und ohne persönliche Bindung gestaltet sein. Links im Canvas befindet sich die interne Perspektive des anbietenden Unternehmens. Schlüsselpartner (Key Partners) umfasst Lieferanten und Partner, die an der Umsetzung des Anwendungsfalls beteiligt sind. Schlüsselressourcen (Key Resources) und Schlüsselaktivitäten (Key Activities) umfassen alle Wirtschaftsgüter und Aktivitäten, die für die Umsetzung des Anwendungsfalls notwendig sind. Im klassischen Sinne wären dies Rohstoffe und entsprechende Produktionsvorgänge, um diese in ein vermarktbares Produkt umzuwandeln. Kosten (Cost Structure) und Erlöse (Revenue Streams) bilden schließlich das Fundament des Business Model Canvas.

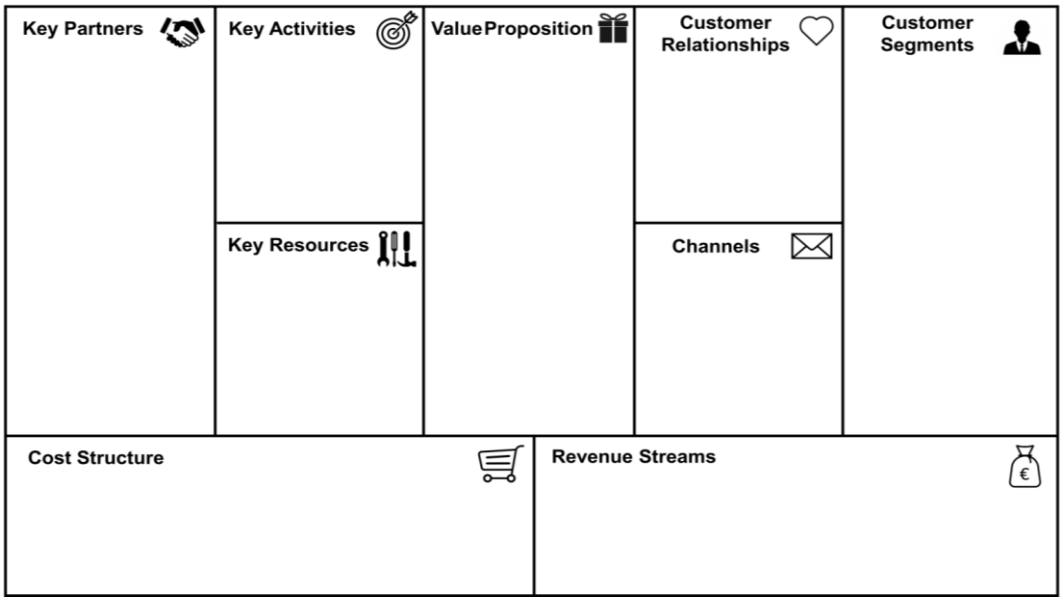


Abbildung 3-6: Business Model Canvas nach Osterwalder /OST-01 04/

Das Platform Business Model Canvas wurde speziell für Plattform-Anwendungen entwickelt.

Für Anwendungsfälle, welche auf einer Plattform basieren, bietet sich auch das Platform Business Model Canvas an. Eine Plattform ist hierbei ein Handelsplatz, über den verschiedene Akteure Produkte oder Dienstleistungen austauschen. Je mehr Akteure über diese Plattform handeln, desto größer ist der Wert der Plattform. Das Platform Business Model Canvas (siehe Abbildung 3-7) ist eine Modifikation des Business Model Canvas speziell für diese Art von Geschäftsmodellen bzw. Anwendungsfälle /DSU-01 16/, /WLT-01 16/. Es besteht aus drei Kreisen, welche jeweils in vier Segmente (Eigentümer der Plattform, Hersteller, Verbraucher und Partner) unterteilt werden. Der äußerste Kreis stellt den Wert (Value Proposition) dar, den die beteiligten Akteure durch die Teilnahme an der Plattform erhalten. Der Kreis Werttransaktionen (Value Transactions) illustriert Wert- bzw. finanzielle Flüsse zwischen den Beteiligten. Im inneren Kreis werden die Schlüsselkomponenten zusammengefasst, die durch die Plattform bereitgestellt werden (Key Plattform Components).

Abbildung 3-7: Platform Business Model Canvas /WLT-02 16/

3.2.5 Schritt 5: Abschätzung des Marktpotenzials

Auf Basis des Business Model Canvas wird eine erste Abschätzung des Marktpotenzials unternommen und dabei eine Quantifizierung des Mehrwerts anhand von Indikatoren, wie der Anwendbarkeit, potenzielle Kundengruppen, etc. unternommen. Dazu wird die Entwicklung von Vergleichsmärkten zu Rate gezogen.

Exkurs: Potenzialbewertung

Es können fünf verschiedene Potenzialarten unterschieden werden.

Eine Potenzialbewertung ist grundsätzlich auf verschiedene Arten möglich, wie in Abbildung 3-8 dargestellt. Das theoretische Potenzial beschreibt die maximal mögliche Umsetzung einer Technologie, die sich aus dem gesamten Angebot bzw. der gesamten Nachfrage ergibt. Dies wird in der Praxis jedoch aufgrund technischer Randbedingungen deutlich reduziert. Unter anderem fehlende Digitalisierung, Skalierbarkeit der Blockchain-Technologie, Gleichzeitigkeit und Wechselwirkungen spielen hier eine Rolle. Dieses Potenzial wird wiederum aufgrund wirtschaftlicher Aspekte deutlich eingegrenzt. So entstehen Kosten, Erlösflüsse und die kundenseitige Zahlungsbereitschaft für eine spezifische Dienstleistung. Weitere Einschränkungen ergeben sich durch rechtliche und administrative Hemmnisse sowie mangelnde Investitionsmittel oder Risikokapital. All diese Überlegungen lassen das realisierbare Potenzial abschätzen.

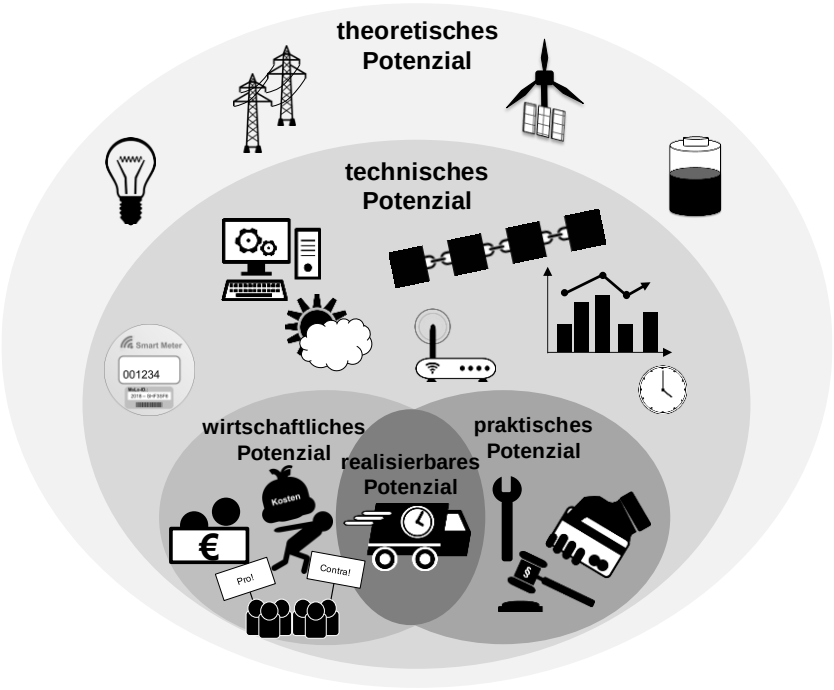


Abbildung 3-8: Potenzialarten

Im Rahmen der Use Case Kurzbeschreibungen in den Kapiteln 4.1 bis 4.9 ist aufgrund der großen Anzahl keine detaillierte Potenzialabschätzung möglich. Stattdessen wird qualitativ auf potenzialspezifische Aspekte eingegangen und im Anschluss bei der Bewertung spezifischer Anwendungsfälle einzelne Aspekte quantifiziert (vgl. Kapitel 5.1 bis 5.5).

3.2.6 Schritt 6: Identifikation regulatorischer Hemmnisse

Der gesetzliche Rahmen kann zuweilen die größte Hürde für einen potenziellen Anwendungsfall darstellen. Es ist essenziell die betreffenden vorherrschenden Regularien zu konsultieren und eventuelle Konfliktpunkte zu identifizieren. Auf Basis dessen kann ggf. eine Analyse hinsichtlich eines notwendigen regulatorischen Anpassungsbedarf erfolgen.

Regulatorische Kompatibilität entscheidet über die Umsetzbarkeit eines Anwendungsfalls.

4 | Anwendungsfälle der Blockchain-Technologie

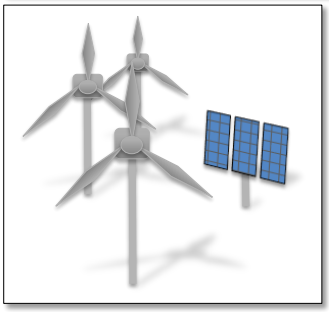
Das nachfolgende Kapitel bietet eine Übersicht über die im Projekt ermittelten Anwendungsfälle. Dabei wird aus Gründen der Umfänglichkeit hier auf eine detaillierte Analyse der Anwendungsfälle verzichtet. Es werden lediglich mögliche Anwendungsfälle kurz in Steckbrief-Form beschrieben sowie deren Potenzial und rechtliche Hürden qualitativ aufgezeigt. Dabei handelt es sich aufgrund der Fülle der Anwendungsfälle lediglich um eine erste pseudo-juristische Einschätzung. Eine detailliertere Bewertung war im Rahmen dieser Studie nicht möglich. Für ausgewählte Anwendungsfälle erfolgt im Anschluss noch eine detailliertere Analyse inklusive detaillierterer rechtlicher Einordnung.

4.1 Labeling

Im Kapitel „Labeling" erfolgt eine Beschreibung aller möglichen Anwendungsfälle der Kennzeichnung von Energien. Dabei steht ein „follow-the-money"-Ansatz im Vordergrund, der aufgrund gesteigerter Transparenz entlang der gesamten Wertschöpfungskette möglich wird.

4.1.1 Labeling von Ökostrom

Anwendungsfall: Labeling von Ökostrom



Beschreibung

Mit der Blockchain-Technologie kann die Herkunft der gelieferten Energie manipulationssicher und transparent (auch P2P) dargestellt werden – nicht nur über Zertifikate sondern in relativer Echtzeit und gekoppelt an die physikalische Lieferung. Dies geschieht durch ein digitales Abbild einer Energiemenge sowie zusätzlicher Qualität auf der Blockchain (z. B. Erzeugungsart und -ort).

Potenzial

Die BCT ermöglicht den Herkunfts-nachweis in Echtzeit auch für kleine Energiemengen.

Bereits 69,3 % der Haushaltskunden beziehen Ökostrom oder es kommt für sie ein Wechsel in Frage /UBA-15 17/. Die Regulatorik zur Zertifizierung und Ausweisung von Strom aus erneuerbaren Energien erschwert es dem Letztverbraucher aktuell jedoch, tatsächlich nachzuvollziehen, woher der bezogene Strom stammt. Ein regionaler Bezug ist selten gegeben. Der Großteil der Zertifikate stammt heute aus skandinavischer Wasserkraft. Der Zertifikatshandel und die Vergabe von Ökostrom-Siegeln sind aktuell tendenziell intransparent, umständlich und durch viele Akteure gekennzeichnet. Ausgestaltungsmöglichkeiten können daher in Form einer Prozessoptimierung (vgl. Abschnitt 4.1.2) als auch im P2P-Bereich liegen. In Frage für eine Teilnahme im Rahmen eines solchen Systems kommen erzeugungsseitig grundsätzlich alle EE-Anlagen und

verbrauchsseitig alle privaten und gewerblichen Letztverbraucher. Das theoretische Potenzial ist daher als „hoch“ einzustufen.

Energierechtliche Hürden

Die Möglichkeiten für das Labeling von Ökostrom beschränken sich heute nach § 78 EEG auf Anlagen, die keine Förderung nach § 19 oder § 50 EEG in Anspruch genommen haben /BMWI-23 14/. Der Anteil der ungeförderten Strommengen steigt durch das sukzessive Auslaufen der für 20 Jahre garantierten Einspeisevergütung stetig an /EEG-01 17/. Das Umweltbundesamt ist heute mit der Verwaltung und dem Betrieb des Herkunftsnachweisregisters beauftragt /UMWE-01 14/. Das Labeling von Ökostrom ist aus regulatorischer Sicht für nicht-EEG-Anlagen möglich, da eine direkte Ausweisung von geförderten Strommengen aus erneuerbaren Energien unter das Doppelvermarktungsverbot nach § 80 EEG fällt.

4.1.2 EE-Zertifikathandel

Anwendungsfall: EE-Zertifikathandel

Beschreibung

Mittels Blockchain kann Letztverbrauchern ein unmittelbarer Nachweis über die zeitaufgelöste Herkunft ihres Verbrauchs angeboten werden. Durch die Optimierung bestehender Prozesse wie dem Herkunftsnachweisregister kann so der Handel von Zertifikaten deutlich transparenter gestaltet werden. Dies ermöglicht zudem einen einheitlichen europaweiten Handel über eine Plattform zu oder die Abbildung physikalischer Restriktionen.

Potenzial

Seit 2001 wurden im europäischen Handelsraum mehr als drei Milliarden (3.232 Millionen) 1 MWh Zertifikate erstellt, von denen 2.859 Millionen bereits genutzt (entwertet) wurden. Im Jahr 2016 wurden mehr als 470 Millionen Zertifikate (entspricht 470 TWh) erstellt, von denen knapp 350 Millionen und somit 74 % mindestens einmal international gehandelt wurden. /AIB-01 17/. In Deutschland wurden 2016 insgesamt 92,2 TWh /UMWE-01 17/ erzeugter Strom mittels Zertifikaten als Ökostrom an Letztverbraucher weitergegeben. Die Anzahl der registrierten Teilnehmer im Herkunftsnachweisregister lag im Jahr 2016 bei etwas über 1.830 Akteuren. Die Anzahl der registrierten Erzeugungsanlagen in Deutschland lag bei 751 mit insgesamt 13.375 MW installierter Leistung. /AIB-01 17/ Es ist jedoch zu erwarten, dass mit zunehmendem Auslaufen der EEG Förderungen vieler Erzeugungsanlagen sich diese Zahl merklich nach oben bewegen wird.

Die BCT ermöglicht eine gemeinsame Handelsplattform unter der Berücksichtigung physikalischer Randbedingungen.

Energierechtliche Hürden

In der Erneuerbare-Energien-Verordnung (EEV) § 7 Abs. 1 wird explizit geregelt: „Das Umweltbundesamt betreibt das Herkunftsnachweisregister nach § 79 Absatz 4 des Erneuerbare-Energien-Gesetzes“. Dies schließt den Betrieb durch mehrere Akteure (Knoten im Netzwerk) aus. Dem UBA unterliegt zudem nach § 7 Abs. 4 bei Einrichtung

und Betrieb die Sicherstellung der erforderlichen technischen und organisatorischen Maßnahmen bzgl. Sicherheit und Datenschutz unter Berücksichtigung von BSI Vorgaben.

Nach § 7 Abs 3 muss das UBA u. a. Konten sperren können. Dies wäre in einer privaten Blockchain-Lösung realisierbar und ist demzufolge keine Hürde für die Technologie.

Ein Hemmnis ist die Ausstellung, Anerkennung, Übertragung und Entwertung von Herkunftsnachweisen, die nach EEV auf eine juristische Person des Privatrechtes übertragen werden kann, solange diese gewissen Anforderungen entsprechen (u. a. fachliche Eignung, notwendige Ausstattung). In einem verteilten Netzwerk mit mehreren Akteuren, welche diese Aufgaben erfüllen würden, wäre dies ergo nicht umsetzbar, da es sich um mehrere statt nur eine juristische Person handeln würde.

4.1.3 Regionalstromkonzepte

Anwendungsfall: Regionalstromkonzepte

Beschreibung

Mit der Blockchain-Technologie kann ein Energieversorger seinen Kunden anbieten, die Herkunft der gelieferten Energie manipulationssicher und transparent darzustellen – ohne eine Zertifizierungsstelle. Dadurch wird es u. a. möglich, die genaue Herkunft (auf PLZ- oder Anlagen-Ebene) darzustellen.

Potenzial

Mit der BCT kann ein fälschungssicherer Nachweis über die regionale Erzeugung auch für kleine Energiemengen erfolgen.

Die Auszeichnung von „Regionalstrom“ bietet die Möglichkeit, die Akzeptanz für eine Energiewende vor Ort zu steigern /UBA-16 17/.

Die potenzielle Zielgruppe eines solchen Angebots ist als Teilmenge der Interessenten für „klassischen“ Ökostrom zu bezeichnen. Tendenziell bietet es die Möglichkeit zum Nachweis von 100 % EE Strom (inkl. EEG-geförderter Anlagen).

Energierechtliche Hürden

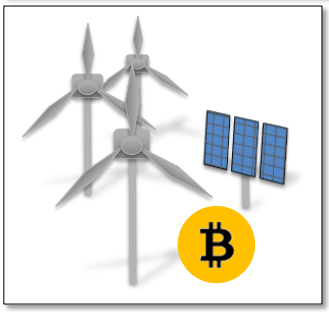
Eine Hürde im bestehenden System ist das Regionalnachweisregister. Durch die Herkunfts- und Regionalnachweis-Durchführungsverordnung (HkRNDV) ist bereits ein System vorbereitet worden, welches das Umweltbundesamt für EEG-finanzierte Anlagen betreiben soll. Der Nachweis kann hier nach heutigem Stand jedoch nur für einen Umkreis von 50 km entwertet werden. Für alle Anlagen außerhalb der EEG-Förderung ist dies nicht anwendbar. /UBA-16 17/ Hier ist derzeit kein System vorhanden, welches einen regionalen Nachweis erbringt. Über eine Blockchain-Lösung ist dies ergo möglich.

Prinzipiell könnten durch die genaue Regionalisierung von Erzeugungs- und Verbrauchsdaten im Rahmen einer Blockchain Herausforderungen beim Datenschutz bestehen, da die anlagenscharfe Erfassung der Erzeugungsleistung auf den wirtschaftlichen Betrieb rückschließen lassen könnte und es sich damit um schützenswerte Daten handelt.

Nach EEV „errichtet und betreibt (das Umweltbundesamt) das Regionalnachweisregister nach § 79a Absatz 4 des Erneuerbare-Energien-Gesetzes“. Auch die weiteren in Abschnitt 4.1.2 dargestellten Anforderung in § 7 gelten für das Regionalnachweisregister.

4.1.4 P2P-Stromhandel (C2C)

Anwendungsfall: P2P-Stromhandel (C2C)



Beschreibung

Mittels der Blockchain-Technologie wird es möglich, dass Erzeuger und Letztverbraucher direkt miteinander Energiemengen handeln. Dabei ist eine Umsetzung für das gesamte Energiesystem eine Herausforderung, da die rechtlichen Rahmenbedingungen in Deutschland dies nicht zulassen. Ein Handel innerhalb eines Bilanzkreises im Rahmen einer Mehrwertdienstleistung ist jedoch möglich. Der Energieversorger spielt hier die Rolle eines Dienstleisters und übernimmt u.a. die Rolle des BKV und die Beschaffung von gesicherter Leistung.

Potenzial

Das Potenzial für P2P-Stromhandel kann grundsätzlich als groß betrachtet werden. Die Ausgestaltungsformen sind vielfältig und ermöglichen (theoretisch) eine Disintermediation von Börsen, Brokern oder sogar Energieversorgern. Eine detaillierte Analyse erfolgt im Kapitel 5.2.

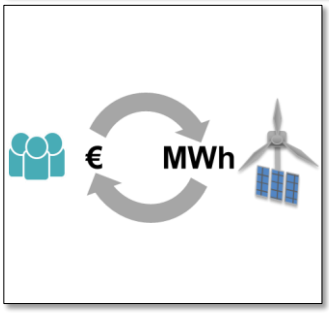
Die BCT ermöglicht P2P-Interaktion, Mikrotransaktionen und ein mögliches Marktsystem für post-EEG-Anlagen.

Energierechtliche Hürden

P2P-Handel steht vor einer Reihe rechtlicher Herausforderungen. Diese sind als sehr hoch anzusehen. Eine detaillierte Analyse erfolgt im Kapitel 5.2.3.2.

4.1.5 P2P-Stromhandel (B2B)

Anwendungsfall: P2P-Stromhandel (B2B)



Beschreibung

Mittels der Blockchain-Technologie wird es möglich, dass Erzeuger und Verbraucher direkt miteinander Energiemengen handeln. Dies erfolgt heute im Business-to-Business-Bereich über Börsen (EEX, EPEX) oder Over-the-Counter (OTC). Die Blockchain-Technologie kann sowohl den bilateralen Austausch im OTC-Handel verbessern als auch grundsätzlich Börsensysteme unterstützen oder ganz substituieren.

Potenzial

Die Prozesse bei Börsen sind bereits stark digitalisiert. Die Anteile an Transaktionskosten sind verhältnismäßig gering. Im OTC-Handel hingegen führen geringe Standardisierung und viele verschiedene Akteure zu Inkonsistenzen und Herausforderungen in der

Mittels der BCT kann im B2B-Handel eine transparente, sichere und konsistente Abwicklung ermöglicht werden.

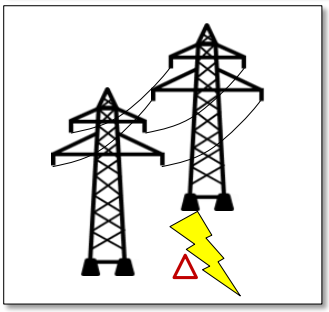
Abwicklung. Das Potenzial im OTC-Bereich kann daher als groß erachtet werden (Details siehe Kapitel 5.2).

Energierechtliche Hürden

Vor allem im OTC-Handel sind Prozesse nur teilweise durch sog. EFET-Rahmenverträge standarisiert. Eine Umsetzung ist daher grundsätzlich möglich.

4.1.6 Netzverluste als variabler Bestandteil von NNE

Anwendungsfall: Netzverluste als variabler Bestandteil von NNE



Beschreibung

Anstatt Netzverluste pauschal auf alle angeschlossenen Nutzer und deren Energieverbrauch ex ante aufzuteilen, könnten diese mittels eines Blockchain-basierten zeitlich aufgelösten Nachweis auf den aktuellen Verbrauch je nach Netzbelastungssituation umgelegt werden.

Potenzial

Die BCT könnte die Netzauslastungen manipulationssicher dokumentieren.

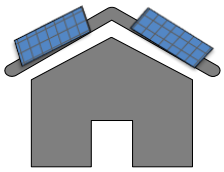
Die Verlustleistung entsteht durch strom- und spannungsabhängige (= lastunabhängige) Verluste. Erstere berechnen sich mit $P = R*I^2$ und sind dementsprechend quadratisch zur Stromstärke zunehmend. Die Netzverluste betragen ca. 5,5 - 6 % des Nettostromverbrauchs bzw. 26 TWh/a und entstehen v. a. durch den Ohm'schen Widerstand /BNETZA-01 17/. Der Referenzpreis für Verlustenergie beträgt 30,33 €/MWh im Jahr 2018. Somit entsprechen die Gesamtkosten für Verlustenergie aktuell ca. 789 Mio. €. Bei Netzkosten von ca. 19 Mrd. €/Jahr /TUD-01 14/ entspricht dies ca. 4 % der Gesamtkosten. Aufgrund des geringen Anteils an den Gesamtkosten und der Notwendigkeit zur Überarbeitung der gesamten Netzentgeltsystematik ist das Potenzial eher als gering einzustufen.

Energierechtliche Hürden

Verlustenergie wird über die Erlösobergrenze (EOG) auf Netznutzungsentgelte (NNE) umgelegt (BK8-12-011). Es besteht hierfür kein separater Kostenanteil. Verlustenergie ist Teil der volatilen Kosten nach § 11 Abs. 5 ARegV (jährliche Anpassung). Eine untertägige Anpassung ist heute aufgrund der Anreizregulierung nicht möglich, da Netzentgelte für ein Jahr ex ante festgelegt werden und Schwankungen in den Erlösen jahres- und periodenübergreifend saldiert werden.

4.1.7 Mieterstrommodelle

Anwendungsfall: Mieterstrommodelle



Beschreibung

Die Blockchain-Technolgie ermöglicht im Rahmen eines Mieterstromkonzepts eine transparentere Aufschlüsselung der Verbrauchsmengen inklusive diskretem Zeitstempel. Dies vereinfacht die Abrechnung. Auch kann eine hausinterne Handelsplattform für den Handel mit zugewiesenen EE-Anteilen P2P-Interaktion ermöglichen. Die Blockchain schafft zudem Transparenz über die Stromflüsse in Echtzeit.

Potenzial

Ausgehend von den günstigsten wirtschaftlichen Bedingungen könnten dem Maximalpotenzial nach 1,5 Mio. Mieter in Mehrfamilienhäusern vom Mieterstrommodell profitieren /PROG-101 17/. Insgesamt könnten somit 10,3 TWh PV-Strom jährlich zusätzlich erzeugt werden /PROG-101 17/. Während das Potenzial für Mieterstrom grundsätzlich als sehr groß zu bewerten ist, ist für eine Durchführung keine Blockchain notwendig. Mieterstrommodelle sind bereits heute durch verschiedene Systeme umsetzbar. Diese umfassen:

- Abrechnung über einen Summenzähler
- Summenzähler mit registrierender Lastgangmessung (RLM)
- Sammelschienenmodell
- intelligente Messsysteme

Eine Blockchain-Lösung kann ggf. jedoch den Abrechnungsaufwand durch Automatisierung reduzieren und allen Parteien diesen in Echtzeit transparent nachweisen. Der Anwendungsfall alleine weist somit aus Sicht der Blockchain-Technologie nur bedingtes Potenzial auf.

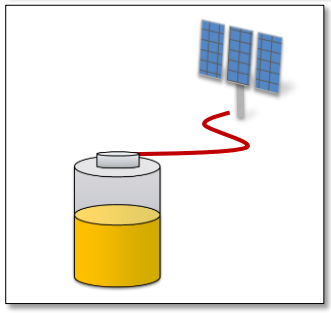
Der Mehrwert der Blockchain in diesem Use Case ist als eher gering zu bewerten.

Energierechtliche Hürden

Für die Abrechnung über iMSys ist keine Blockchain notwendig. Durch den transparenten Charakter der Blockchain-Technologie können jedoch – je nach Ausgestaltung – Herausforderungen im Bereich des Datenschutzes entstehen.

4.1.8 Speicher-Labeling

Anwendungsfall: Speicher-Labeling



Beschreibung

Durch ein Blockchain-basiertes Labeling von ein- und ausgespeicherten kWh, wird eine gemeinschaftliche Nutzung eines Groß-/Quartierspeichers ermöglicht. Da der Speicherinhalt nicht mehr als "Graustrom" gekennzeichnet werden muss, könnte ein solches Modell Einfluss auf Umlagen und Abgaben haben. Somit wären Quartierkonzepte (ähnlich einer "Strombank") wirtschaftlicher umsetzbar.

Potenzial

Mittels BCT kann der Speicherbetrieb und -zustand manipulationssicher und transparent dokumentiert werden.

Ein Hemmnis für den wirtschaftlichen Einsatz von Speichertechnologien sind sogenannte Doppelbelastungen, die Speichersysteme aufgrund ihrer regulatorischen Einordnung als Erzeuger bei Ausspeicherung bzw. Letztverbraucher bei Einspeicherung betrifft. Diese wurden bereits sukzessive abgebaut und z. B. Befreiungstatbestände für Netzentgelte (§ 118 Absatz 6 EnWG) bzw. für die EEG-Umlage (§ 61k Abs. 1 EEG 2017) geschaffen. /EEG-01 17/ Dennoch sind Doppelbelastungen weiterhin ein Hemmnis für den Speicherausbau (v. a. P2X).

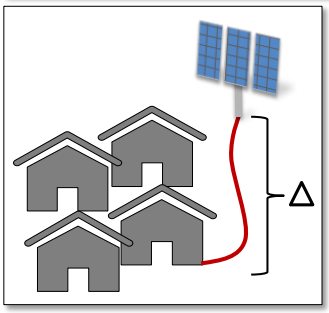
Ob sich Speichersysteme durchsetzen werden, hängt maßgeblich davon ab, ob regulatorische Anpassungen und weitere Kostensenkungen einen wirtschaftlichen Betrieb gewährleisten. Durch eine mögliche Mehrfachnutzung (z. B. in Form einer Strombank) von Speichern ergibt sich ein relativ hohes wirtschaftliches Potenzial, da sowohl Stillstandszeiten als auch Vermarktungspotenziale optimal ausgenutzt werden.

Energierechtliche Hürden

Voraussetzung für die Anwendung ist die regulatorische Anerkennung des Stromnachweises und regulatorische Anpassungen bzgl. der heute anfallenden Doppelbelastungen. Zudem ist die gemeinsame Nutzung von Quartierspeichern bei der Nutzung des öffentlichen Netzes weiterhin nicht wirtschaftlich konkurrenzfähig, da Netzentgelte bei der Durchleitung anfallen. Die rechtlichen Randbedingungen stellen sowohl eine Hürde als auch die Chance für den Anwendungsfall dar, da das geltende Recht auf die Existenz eines manipulationssicheren Nachweises angepasst werden kann.

4.1.9 Regionale Direktvermarktung

Anwendungsfall: Regionale Direktvermarktung



Beschreibung

Regionale Direktvermarktung ist unter Vorgaben des StromStG von der Stromsteuer befreit. Mittels der Blockchain-Technologie kann lokal produzierter Strom nachgewiesen und Steuern vermieden bzw. regionale Direktvermarktung einfacher abgewickelt werden. So können kleinere Anlagen bzw. private Endkunden kostengünstiger in dieses Konzept integriert und deren Erzeugung auf einer regionalen Plattform an beliebige Verbraucher in räumlicher Nähe angeboten werden.

Potenzial

Zur Quantifizierung des Potenzials sind weitreichende Systembetrachtungen notwendig, inwiefern regional erzeugter Strom im Umkreis von 4,5 km direkt vermarktet werden kann. Grundsätzlich ist das Potenzial jedoch als sehr hoch einzustufen, da durch den weiteren Ausbau dezentraler erneuerbarer Energien die räumliche Nähe von Erzeugung und Verbrauch stetig sinkt. Durch die Möglichkeit, Stromsteuerbefreiung für regionale Direktvermarktung zu erhalten, ist das Potenzial für kostengünstigere Stromtarife sehr hoch. Es steigt mit zunehmender Anzahl an Anlagen die aus dem EEG herausfallen.

Die BCT kann den Nachweis über regionale Direkt-vermarktung automatisiert darstellen.

Energierechtliche Hürden

Die Regionale Direktvermarktung ermöglicht eine Steuerbefreiung für Anlagen < 2 MW nach § 9 StromStG. Die Anwendung der regionalen Direktvermarktung erfolgt nur auf nicht durch das EEG geförderte EE-Anlagen (seit EEG 2017), deren Storm in räumlicher Nähe (< 4,5 km) erzeugt und verbraucht wird. Im Jahr 2015 wurden die Hürden zur Anwendung der regionalen Direktvermarktung durch das Bundesfinanzministerium (BMF) stark angehoben. /BMF-01 15/. So sind dezentrale Anlagen, die zentral gesteuert werden (vgl. virtuelles Kraftwerk), nach § 12b Abs. 2 StromStV als eine technische Einheit zu sehen. Dies kann zu einer Überschreitung der 2 MW-Grenze führen. Ob die Blockchain-Technologie als Interaktionsplattform diesen Tatbestand erfüllt wurde im Rahmen dieser Studie nicht ermittelt.

Eine weitere rechtliche Hürde, die die Blockchain-Technologie überwinden kann, ist die Tatsache, dass die Steuerbefreiung bei einer vollständigen Übertragung der regionalen Direktvermarktung auf einen Dritten nicht gewährt wird. Im Falle einer Blockchain-Lösung kann diese den Dritten substituieren und so eine Steuerbefreiung erleichtern. Eine rechtlich juristische Anerkennung ist noch nicht abschließend geklärt.

4.1.10 Steuern und Abgaben von P2X

Anwendungsfall: Labeling von P2X		
P2X	Beschreibung	Die Nutzung von Anlagen zur Umwandlung und Speicherung elektrischer Energie in eine andere Energieform (Gas, Wärme, Treibstoff, Chemikalien) wird durch die hohe Last von Steuern und Abgaben erschwert. Dies liegt u. a. an der intransparenten Weiterverwendung der erzeugten Energieträger. Durch die Blockchain-Technologie können Energieträger entlang aller Wertschöpfungsstufen weiter verfolgt und entsprechend Steuern und Abgaben angepasst werden, um deren Anwendung attraktiver zu gestalten.

Potenzial

Durch die BCT können Energie- und Stoffströme sektorübergreifend nachgewiesen werden.

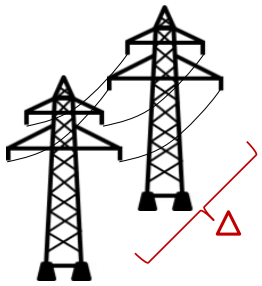
Grundsätzlich steigt die Zahl der installierten P2X-Anlagen mit steigendem Ausbau der erneuerbaren Energien. Im Jahr 2030 wird z. B. ein Elektrolysebedarf von 330 GW /DLR-01 17/ prognostiziert und ein Überschuss von 10-20 TWh/a aus Erneuerbaren Energien erwartet /BTU-01 16/, welche aufgrund der Steuern und Umlagen jedoch häufig nicht wirtschaftlich sind (vgl Abschnitt 4.1.8). Die Blockchain-Technologie kann hier den Nachweis über die Verwendung auch energieträgerübergreifend ermöglichen. Das Potenzial ist heute aufgrund der fehlenden P2X-Anlagen eher gering, soll jedoch im Laufe der kommenden Jahre sehr stark ansteigen.

Energierechtliche Hürden

Bislang sind P2X-Anlagen aufgrund von Steuern und Umlagen stark belastet. Eine Regelung zur Reduktion der Steuer- und Umlagenlast ist notwendig, um ein solches Konzept zu ermöglichen. Dies ist ein langwieriger vor allem politisch geprägter Prozess, welcher unabhängig von der Blockchain-Technologie ablaufen muss, um diese Technik zu ermöglichen.

Ein Nachweis über die Verwendung von Energie über die Sektoren hinweg kann im Rahmen eines Labeling-Konzeptes mittels der Blockchain-Technologie jedoch grundsätzlich umgesetzt werden. Aufgrund der fehlenden Rechtslage ist hier derzeit keine spezifische Einschränkung vorhanden (außer ggf. Datenschutz etc.).

4.1.11 Distanzabhängige Netzentgelte

Anwendungsfall: Distanzabhängige Netzentgelte		
	Beschreibung	Nach Stromnetzentgeltverordnung werden Netzentgelte zwar nach Netzgebiet und Spannungsebene der Abnahme differenziert, nicht jedoch nach tatsächlich genutzten Spannungsebenen oder Entfernung. Durch die Blockchain-Technologie kann es möglich werden, distanzabhängige Netzentgelte zu erheben und so lokale Erzeugung sowie lokalen Verbrauch zu fördern.

Potenzial

Potenziell sind für diesen Anwendungsfall alle Energieflüsse in Deutschland betroffen. Die Gesamtkosten von ÜN und VN betragen aktuell ca. 20 Mrd. € pro Jahr /TUD-01 14/. Hiervon verursacht das Übertragungsnetz ca. 20 % und das Verteilnetz ca. 80 % der Gesamtkosten. Die Netzkosten müssen weiterhin gedeckt werden; faktisch kommt es lediglich bei distanzabhängigen Netzentgelten zu einer Kostenumverteilung. Das Potenzial ist daher als gering einzustufen. Positiv wären gewisse Pull-Effekte für Verbraucher, in relative Nähe zu Erzeugungsanlagen zu ziehen, um teure Netzentgelte zu vermeiden.

Der Nachweis der Distanz einer Lieferung kann durch die Blockchain nur bilanziell abgebildet werden.

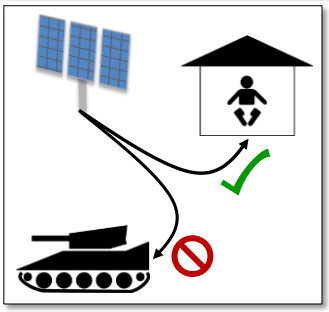
Energierechtliche Hürden

Eine Herausforderung ist die Diskriminierungsfreiheit eines solchen Systems. Regionen mit geringer Eigenerzeugung oder geringem Potenzial für erneuerbare Energien werden durch distanzabhängige Netzentgelte grundsätzlich benachteiligt. Vorgaben von StromNEV und StromNZV verhindern heute eine Umsetzung. Eine vollständige Novellierung der Netzentgeltberechnung wäre für die Einführung erforderlich.

Eine weitere Herausforderung ist, dass die Blockchain physikalische Lastflüsse nicht abbildet. Eine direkte Korrelation zwischen realen Lastflüssen und digitalen, in der Blockchain gehandelten Energiemengen, ist somit nicht gegeben. Der Nutzen einer solchen Lösung ist somit eher als gering einzustufen, da nur der bilanzielle Stromfluss abgebildet wird.

4.1.12 Verwendungsbindung von Strom

Anwendungsfall: Verwendungsbindung von Strom



Beschreibung

Die Blockchain bietet eine transparente Lösung, um Energieerzeugern zu ermöglichen, den von ihnen erzeugten Strom mit einer Verwendungsbindung zu versehen. So können beispielsweise Privatpersonen verhindern, dass die Waffenindustrie ihren Strom bezieht oder dieser günstiger an soziale Einrichtungen (z. B. Kindergärten) oder gemeinnützige Institutionen vergeben wird.

Potenzial

Dieses Modell betrifft v. a. privat betriebene Erzeugungsanlagen und ermöglicht „Solidarstromprodukte“. Finanzielle Vorteile entstehen nur für die Empfänger von günstigem Strom (vgl. soz. Einrichtungen), nicht jedoch für die Erzeuger. Daher handelt es sich um einen Anwendungsfall, dessen wirtschaftliches Potenzial eher gering ist, dem jedoch großes PR-Potenzial innewohnt. Gerade Prosumenten mit starkem sozialen Engagement könnten Interesse an einem solchen Produkt zeigen und so ihr politisches Engagement auch auf ihre Energieproduktion ausweiten.

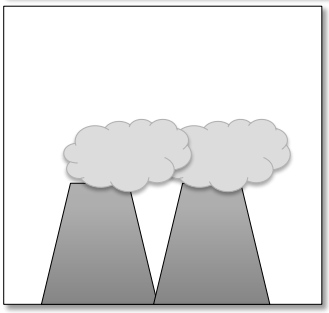
Die BCT ermöglicht den transparenten Nachweis über die korrekte Abwicklung der Verwendungs-bindung.

Energierechtliche Hürden

Während die Schaffung günstiger Stromtarife für soziale Einrichtungen grundsätzlich möglich ist (auch ohne Blockchain) ist eine Diskriminierung z. B. von gewissen Branchen oder Privatpersonen grundsätzlich schwierig umsetzbar (Verwendungsbindung: „Strom darf nicht an die Waffenindustrie geliefert werden"). Auch ein Nachweis im Sinne des Datenschutzes ist in einem solchen Modell schwierig. Nichtsdestotrotz ist es grundsätzlich denkbar, einen Tarif dieser Art anzubieten und z. B. die Belieferung von Regionen oder Kundengruppen im Sinne des Erzeugers zu unterlassen. Aufgrund des Tarifpluralismus haben alle Parteien weiterhin die Möglichkeit, sich Tarife ohne diese Einschränkungen zu suchen. Eine juristische Bewertung eines solchen Systems wird daher vor einer Umsetzung empfohlen.

4.1.13 Herkunftsabhängige CO_2-Abgabe

Anwendungsfall: Herkunftsabhängige CO_2-Abgabe



Beschreibung

Im heutigen Energiesystem wird die EEG-Umlage nach § 60 Abs. 1 EEG erhoben und somit die fixe Vergütung erneuerbarer Energien gewährleistet. Die EEG-Umlage ist im Jahr 2018 pauschal mit 6,79 ct/kWh angesetzt und beträgt ca. 23 % des Haushaltskundenpreises.
Mittels Blockchain-basierten Herkunftsnachweisen von Energiemengen kann Endkunden eine individuelle CO_2-Umlage berechnet werden, womit z. B. Verbraucher von erneuerbaren Energien einen Vorteil erhalten.

Potenzial

Mittels BCT wäre dies prinzipiell abbildbar, allerdings mit grundlegenden regulatorischen Umstellungen verbunden.

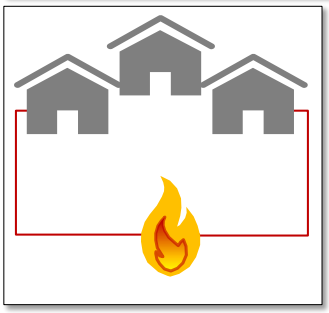
Das Potenzial dieses Anwendungsfalles ist schwer quantifizierbar. Grundsätzlich wären alle Erzeuger und Verbraucher von einer weitreichenden Umstellung des heutigen EEG-Systems betroffen. Dies würde zu einer gezielteren Förderung von EE-Anlagen führen und die Verringerung von CO_2-Emissionen unterstützen.

Energierechtliche Hürden

Die regulatorischen und rechtlichen Hürden bzgl. einer Umsetzung sind als sehr hoch zu bewerten, da die gesamte EEG-Systematik im Falle einer CO_2-Abgabe geändert werden müsste.

4.1.14 Erneuerbare Wärme in Fernwärmenetzen

Anwendungsfall: Erneuerbare Wärme in Fernwärmenetzen



Beschreibung

Das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) verpflichtet Neubauten zur Nutzung von Erneuerbaren Energien. Dies kann auch durch Fernwärme- oder Fernkälte-Netze erfolgen, solange diese einen Mindestanteil aus erneuerbaren Energien (z. B. 15 % PV, 30 % Biogas), Abwärme oder hocheffizienten KWK-Anlagen aufweisen. Dafür ist ein Nachweis über Ursprung und Qualität der Energie gegenüber den Behörden zu erbringen. Dies könnte über ein (Blockchain)-Labeling-System erfolgen, welches auch andere Sektoren abbildet.

Der Nachweis von EE in Wärmenetzen kann durch die BCT transparent und manipulationssicher in nahezu Echtzeit erfolgen.

Potenzial

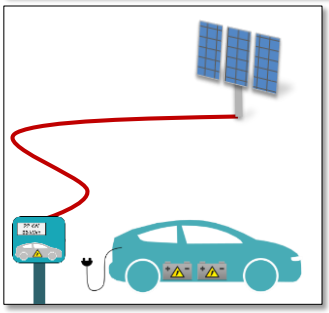
Für den Nachweis von Erneuerbaren Energien in Fernwärmenetzen ist keine Blockchain erforderlich. Sie kann jedoch den Nachweis aufgrund gesteigerter Transparenz günstiger gestalten. Bei einer Integration in ein Blockchain-Labeling-System im elektrischen Energiesystem kann jedoch der Nachweis von in KWK-Anlagen verbrauchter Energien sowie Power-to-Heat-Energieflüssen über die Sektorgrenzen hinweg erfolgen. Auch können über die Blockchain etwaige Sensoren miteinander sicher kommunizieren und der Erzeugungs- und Verbrauchsmix direkt (in Echtzeit) und automatisiert ausgewiesen werden.

Energierechtliche Hürden

Ob ein Nachweis mit Hilfe der Blockchain-Technologie über ein sektorenübergreifendes Labeling-System anerkannt wird, ist bisher nicht ersichtlich.

4.1.15 Eigenverbrauch durch Elektrofahrzeuge auf Distanz

Anwendungsfall: Eigenverbrauch durch Elektrofahrzeuge auf Distanz



Beschreibung

Durch das Blockchain-basierte Labeling von Energiemengen in Echtzeit ist der Verbrauch von selbst erzeugter elektrischer Energie durch Elektrofahrzeuge auch auf Distanz möglich und somit ggf. auch an öffentlichen Ladesäulen nachweisbar. Findet der Verbrauch in relativer räumlicher Nähe zur PV-Anlage (s. § 9 StromStG), wie beispielsweise in einer Tiefgarage oder Parkplätzen eines Quartiers statt, kann so auch die Steuerbefreiung nachgewiesen und geltend gemacht werden.

Potenzial

Das Potenzial steigt mit dem Durchdringungsgrad von Elektrofahrzeugen und PV-Anlagen. Das Konzept ist nicht alleine auf private Ladesäulen in räumlicher Nähe, sondern auch auf öffentliche Ladesäulen anwendbar. Eine Analyse von 16.080 Discountern und 15.281 Supermärkten zeigt, dass die Entfernung zum nächsten Supermarkt/Discounter selbst in ländlichen Gemeinden unterhalb der gesetzlich definierten 4,5 km (vgl.

Die BCT kann einwandfrei und manipulationssicher ohne „double spending“ den Eigenverbrauch nachweisen.

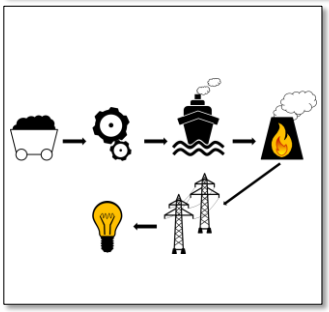
Stromsteuer) liegt /BBSR-05 15/. Im Falle von Berufspendlern steigen die durchschnittlichen Distanzen zum Arbeitsplatz und lagen 2016 bei ca. 17 km /ZEIT-01 17/. In letzteren Fällen kann jedoch trotzdem durch die Nutzung des Eigenverbrauchs auf die Anteile von „Erzeugung, Vertrieb und Marge“ (ca. 21,5 %) im Strompreis verzichtet werden. Zudem bietet ein erzeugungsorientierter Verbrauch zur Abschöpfung dieser Preisvorteile auch Vorteile für das Stromnetz (abhängig von der Distanz und der dazugehörigen Netztopolgie). Neben dem rein informatorischen und emotionalen Mehrwert kann so auch ggf. ein wirtschaftlicher Vorteil entstehen (v. a. nach dem Auslaufen der EEG-Vergütung).

Energierechtliche Hürden

Herausforderungen bestehen neben der Anerkennung der Blockchain-Daten auch im Doppelvermarktungsverbot. Heute wird im Falle der EEG-Förderung die Rückspeisung (Erzeugung – Eigenverbrauch) bei privaten PV-Anlagen mit einem festen Betrag vergütet. Wenn dieses System nicht über die in der Blockchain vorhandenen Daten erweitert wird, (Rückspeisung – Eigenverbrauch auf Distanz) liegt eine Doppelvermarktung vor. Dies ist nicht zulässig.

4.1.16 Supply Chain Management & Supervision

Anwendungsfall: Supply Chain Management & Supervision



Beschreibung

Die Blockchain-Technologie kann einerseits dazu eingesetzt werden, lange Lieferketten und Verarbeitungsprozesse entlang des gesamten Produktlebenszyklus zu überwachen und auch beim Eigentums- oder Besitzübergang die Dokumentation manipulationssicher abzuspeichern. So kann beispielsweise der Weg von Gas, Kohle, LNG oder Biofuels verfolgt werden. Andererseits kann durch die Kopplung an Sensoren und Messwerte gewährleistet werden, dass gewisse Kriterien während der Nutzung oder des Transportes eingehalten wurden.

Potenzial

Das Potenzial ist branchenübergreifend als hoch einzustufen. In der Energiewirtschaft spielen physikalische Lieferketten jedoch bisher eine eher untergeordnete Rolle. Durch den steigenden Einsatz von Biokraftstoffen oder LNG kann der Bedarf jedoch langfristig steigen. Auch eine Anwendung auf Ersatzteile ist möglich. Die Kombination der Kenntnis über den Lieferzeitpunkt einzelner Ersatzteile sowie „predictive maintenance“ (vgl. Abschnitt 4.7) ermöglicht ein besseres Workforce-Management.

Die BCT verbessert durch Transparenz und Manipulationssicherheit den Nachweis über lange Lieferketten.

Energierechtliche Hürden

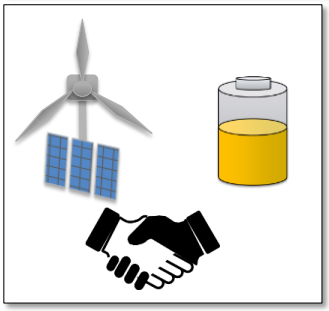
Rechtliche Hürden sind nicht zu erkennen.

4.2 Sharing Economy

Im Nachfolgenden werden mögliche Blockchain-Anwendungsfälle im Kontext der Sharing Economy näher beschrieben.

4.2.1 Asset Sharing

Anwendungsfall: Asset Sharing



Beschreibung

Die Blockchain ermöglicht einen klaren Nachweis von ggf. wechselnden Eigentumsverhältnissen. So können Nutzer Anteile an Batteriespeichern oder PV-Anlagen erwerben und auf die so generierte / gespeicherte Energiemenge Vorteile durch Subventionen, bei Netzentgelten, Steuern und Umlagen erhalten. Dies steigert die Möglichkeiten, auch kleine Anteile zu erwerben und den lokalen Ausbau Erneuerbarer Energien zu erleichtern. Durch eine breite Bürgerbeteiligung kann zudem die Akzeptanz von Neubauprojekten gesteigert werden.

Potenzial

Die BCT könnte heutige notwendige Intermediäre wie AirBnB oder Uber ersetzen.

Umfragen in Deutschland zeigen eine sehr große Zustimmung zu Sharing Modellen /PWC-03 15/. Etwa 80 % der Deutschen schließen eine Investition in erneuerbare Energien nicht aus /KORC-101 14/ und bereits 47 % der regenerativen Energieerzeugung sind heute bereits in privater Hand /TEC-01 16/. Private Investitionen fußen oft nicht rein auf wirtschaftlichen, sondern auf ökologischen und sozialen Aspekten /KORC-101 14/. Das Potenzial von Asset Sharing ist somit im Energiesystem als hoch zu bewerten. Die Blockchain kann zur Finanzierung, Abwicklung, Nachweis und Zusatzdienstleistungen (wie Versicherungen) genutzt werden.

Energierechtliche Hürden

Das Teilen von Erzeugungsanlagen oder anderen technischen Einheiten (Elektrofahrzeuge) ist grundsätzlich umsetzbar und wird heute bereits genutzt (vgl. Bürgerwindparks als Form der Finanzierung). Aktuell gibt es jedoch keine Gesetzesgrundlage für Vorteile bei Steuern und Abgaben für Strom aus „geteilten Anlagen". Im Falle der räumlichen Nähe (< 4,5 km) gilt hier jedoch § 9 StromStG, wodurch eine Befreiung von der Stromsteuer möglich ist. Ob hier Anteile an der Erzeugungsanlage bereits als Eigenerzeugung gelten und inwiefern ein Besitzübergang (regelmäßiger Wechsel von Eigentumsverhältnissen durch Sharing), welcher mit einer Blockchain manipulationssicher dokumentiert wird, als Grundlage für die Reduktion der Steuer anrechenbar ist, kann in dieser Studie nicht bewertet werden.

Ein typischer Einsatz von Sharing ist der Einsatz z. B. geteilter Energiespeichersysteme. Dies ist grundsätzlich möglich, wie die „Strombank" der MVV zeigt. Die Wirtschaftlichkeit ist jedoch aufgrund der Steuer- und Umlagenlast sowie der Netzentgelte heute nicht erreichbar. /MVV-02 15/

Crowdfunding z. B. für Bürgerwindparks ist bereits heute möglich. Eine Herausforderung ist jedoch die Anerkennung von Kryptowährungen für das Crowdfunding sowie der steuerliche Umgang mit diesen digitalen Währungen.

4.2.2 Carsharing mit Privatfahrzeugen

Anwendungsfall: Carsharing mit Privatfahrzeugen

Beschreibung

Die Blockchain ermöglicht eine Zustandsdokumentation, Verwaltung von Kautionen, Versicherungen, Tankkosten sowie das Zusammenbringen von Angebot und Nachfrage auf einer verteilten Plattform. So können bestehende Herausforderungen bei privatem Carsharing gelöst werden.

Potenzial

Im Jahr 2016 gab es bereits eine Million Nutzer von Car Sharing in Deutschland (= 50 % aller Carsharing-Fahrzeuge in Europa) /NTV-02 16/. Im Jahr 2021 werden ca. 2 Millionen

Nutzer von Car Sharing in Deutschland erwartet /NTV-02 16/. Nach aktuellen Studien lohnt sich Car Sharing bei einer Fahrleistung von < 7.500 km/Jahr /NTV-02 16/. In Deutschland gibt es heute ca. 45,8 Mio. PKW /KBA-02 18/. Grundsätzlich ist das Potenzial für privates Carsharing als hoch zu bewerten.

Die BCT könnte aktuelle Anbieter wie drivy, tamyca und drivemycar obsolet machen.

Energierechtliche Hürden

Privates Carsharing ist grundsätzlich zulässig. Eine Herausforderung stellt jedoch dar, dass bei häufigem Verleihen des privaten KFZ schnell eine gewerbliche Nutzung vorliegt und eine Anzeige des KFZ als „Selbstfahrervermietfahrzeug" nach § 13 Fahrzeug-Zulassungsverordnung notwendig ist.

4.2.3 Nutzen statt Besitzen

Anwendungsfall: Nutzen statt Besitzen

Beschreibung

Das Konzept „Nutzen statt Besitzen" kann durch die Blockchain transparent abgewickelt werden. Einerseits können Mikrotransaktionen einzelner Anwendungen direkt abgewickelt werden, andererseits können z. B. der Ressourcenverbrauch der Anlagen transparent und manipulationssicher dokumentiert werden.
Beispiel: Verkauf von Waschgängen statt einer Wasch-maschine

Potenzial

Potenziale im Bereich von Solaranlagen, Hausspeichersystemen, Elektrofahrzeugen, Wallboxen und Haushaltsgeräten (vgl. Wasch-, Trocken-, Kaffeemaschinen) sind grundsätzlich gegeben. Hausspeicher und Elektrofahrzeuge sind große Wachstumsmärkte. Grundsätzlich gibt es bereits viele Ansätze für diese Form der Geschäftsmodelle.

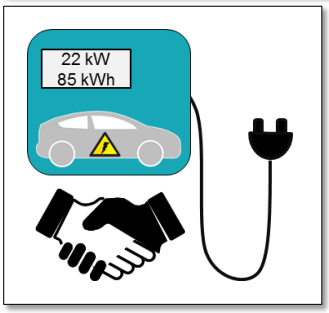
Die BCT kann die Organisation von „collaborative consumption" (Nutzen statt Besitzen) ermöglichen.

Energierechtliche Hürden

Grundsätzlich sind die Konzepte rund um die „Collaborative Consumption" bereits in einigen Bereichen etabliert. Herausforderungen bestehen v. a. im Kontext der Messung und direkten Abrechnung sehr kleiner Energiemengen mittels eichrechtlich zulässiger Geräte. Während hierfür im Bereich der Elektromobilität bereits spezielle Vorgaben der Konformitätsbewertungsstellen existieren, ist dies für andere Bereiche (z. B. Weißware) noch nicht der Fall.

4.2.4 Sharing von Wallboxen

Anwendungsfall: Sharing von Wallboxen



Beschreibung

Um Privatpersonen die Möglichkeit zu bieten, ihre Wallboxen öffentlich anzubieten, ist ein einheitliches Abrechnungssystem und eine Plattform für P2P-Interaktion mit hohen Sicherheitsanforderungen notwendig. Beides kann durch die Blockchain-Technologie bereitgestellt werden. So kann die auch mittelfristig noch überschaubare Anzahl an öffentlichen Ladesäulen schnell erweitert werden.

Potenzial

Die BCT ermöglicht die transparente Abrechnung geteilter Ladeinfrastruktur.

Potenziell ist jeder Haushalt mit SchuKo-Stecker als private Ladesäule geeignet. Die Nachfrage ist heute jedoch noch sehr gering (ca. 34.000 Elektrofahrzeuge 2017) /KBA-04 17/. Das Unternehmen Motionwerk entwickelte bereits eine Lösung (Share & Charge) für das Sharing und die Abrechnung von Wallboxen /GARC-01 18/. Das Geschäftsmodell war jedoch nicht tragfähig und musste u. a. aufgrund technischer und wirtschaftlicher Gründe vorerst eingestellt werden. Nach eigenen Angaben waren 1.500 Ladesäulen und über 1.000 Nutzer auf der Plattform registriert. Zahlen zur tatsächlichen Nutzung durch aktive Nutzer liegen nicht öffentlich vor.

Share & Charge musste u. a. aufgrund der Nachteile der public Blockchain den Betrieb auf die EWF-BCT „Tobalaba“ umstellen.

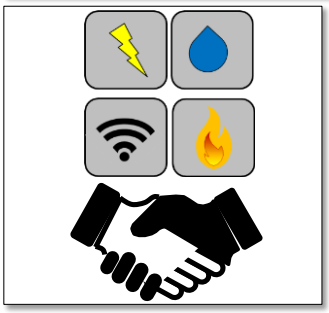
Das Potenzial für diese Anwendung steigt jedoch mit zunehmender Durchdringung von Elektrofahrzeugen. Das Marktpotenzial für Elektromobilität wird auf ca. 1/3 aller KFZ in der EU im Jahr 2030 geschätzt /SOMM-01 17/, /UB-173918/.

Energierechtliche Hürden

Aus rechtlicher Sicht ist, wie das Geschäftsmodell von Motionwerk zeigt, eine Umsetzung möglich.

4.2.5 Energie-Community

Blockchain-Plattform: Energie-Community



Beschreibung

Unter dem Begriff „Energie-Community“ können (je nach Anwender) alle Anwendungsfälle der Kennzeichnung und des P2P-Handels zusammengefasst werden. Ziel ist dabei, dem Kunden einen finanziellen oder rein informatorischen Mehrwert zu bieten. Im Sinne einer Plattform können die verschiedenen Anwendungsfälle verfügbar sein und vom jeweiligen Anwender (Endkunde bzw. Kunde der Whitelabel-Lösung) individuell zusammengestellt werden.

Die BCT ermöglicht die transparente Organisation von Energieaustausch und –handel.

Der Begriff Energie-Community umfasst eine Reihe an Konzepten, v. a. aus dem Kapitel 4.1. So kann eine Energie-Community das Labeling von erzeugtem und verbrauchtem Strom innerhalb einer „Community“ sein. Auch ein P2P-Handel kann dementsprechend darin beinhaltet sein. Je nach Ausgestaltungsform kann der P2P-Handel demnach mit dem Potenzial und den rechtlichen Hürden der jeweils implementierten Anwendungsfälle verglichen werden.

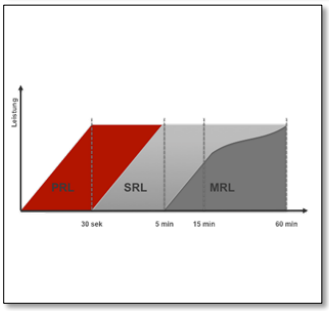
Bereits heute bieten Anbieter wie sonnen und buzzn unterschiedliche Communities an.

4.3 Systemdienstleistung & Flexibilität

Nachfolgend werden Anwendungsfälle im Kontext von Systemdienstleistungen und Flexibilität näher beschrieben.

4.3.1 Optimierung von Regelleistungsvorhaltung

Anwendungsfall: Optimierung von Regelleistung



Beschreibung

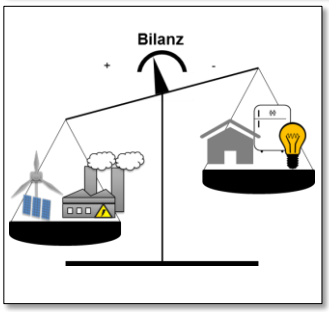
Durch größere Transparenz in Erzeugung/Verbrauch auf einer Blockchain-Plattform (in relativer Echtzeit) kann die Vorhaltung von Regelleistung ggf. optimiert und dadurch können Kosten gespart werden.

Die BCT kann in diesem Anwendungsfall keinen echten Mehrwert generieren.

Die Dimensionierung der vorzuhaltenden Primärregelreserve für die Übertragungsnetzbetreiber erfolgt durch den Verband Europäischer Übertragungsnetzbetreiber (ENTSO-E) und ist im Continental Europe Operation Handbook geregelt. Darin ist die im gesamten Gebiet vorzuhaltende Primärregelreserve mit 3.000 MW festgelegt. Dieser Wert resultiert aus der maximalen Größe von Kraftwerksblöcken im Gesamtgebiet von ca. 1.500 MW, da die ENTSO-E ein Ausregeln eines zeitlich sehr nah beieinanderliegenden Ausfalls zweier solcher Kraftwerksblöcke vorschreibt. Die vorzuhaltende Primärregelreserve von 3.000 MW wird anteilig auf die ÜNB der Länder, entsprechend dem Verhältnis der Erzeugung in deren Regelzone zur Gesamterzeugung im ENTSO-E Verbund, verteilt und jeweils für das Folgejahr festgelegt. Die PRL wird somit solidarisch erbracht und Regeln hierzu können nicht von einzelnen ÜNB verändert oder missachtet werden. /CONSENTEC-02 08/ Dadurch wird schnell ersichtlich, dass eine Optimierung bei der Vorhaltung der Primärregelreserve durch Echtzeitdaten mittels einer Blockchain nicht möglich ist, da in Zukunft beispielsweise in Frankreich weiterhin große Kraftwerksblöcke am Netz hängen und somit eine Dimensionierung der PRL von 3.000 MW bestehen bleiben wird /DENA-02 14/. Das Potenzial des Anwendungsfalles ist sehr gering bei sehr großen regulatorischen Hürden.

4.3.2 Bilanzkreisoptimierung

Anwendungsfall: Bilanzkreisoptimierung



Beschreibung

Die auf einer Blockchain verfügbaren Live-Daten von (kleinteiligen) Erzeugungs- und Verbrauchsanlagen ermöglicht es Bilanzkreisverantwortlichen (BKV), ihre Bilanzkreisneutralität zu optimieren und dies gegenüber dem Bilanzkoordinator (BIKO) nachzuweisen. Etwaig anfallende Ausgleichsenergiezahlungen (reBAP) können so eingespart werden. Das System kann auch direkt mit Flexibilitätsmärkten gekoppelt werden oder die Bilanzkreise unterschiedlicher BKV direkt auf der gemeinsamen Blockchain konsolidieren (heute durch den BIKO).

Potenzial

Durch Echtzeitdaten können Bilanzkreisverantwortliche bei Abweichungen Gegenmaßnahmen einleiten und die Bilanzkreistreue einhalten. Da durch Ausgleichsenergie jedoch auch Gewinne erzielt werden können und Bilanzabweichungen nicht pauschal pönalisiert sind ist das Potenzial eher gering. Für die Optimierung anhand von Live-Daten ist zudem keine Blockchain-Lösung notwendig. Durch die entstehende Transparenz kann jedoch grundsätzlich Aufwand im Nachweis gegenüber dem BIKO eingespart werden (siehe Abschnitt 4.3.3).

Die Transparenz der BCT vereinfacht die MaKo. Echtzeitdaten zur Optimierung sind ein positiver Nebeneffekt der Technologie.

Energierechtliche Hürden

Eine rechtliche Hürde sind die heute in den Marktregeln für die Durchführung der Bilanzkreisabrechnung Strom (MaBiS) festgelegten Regeln sowie datenschutzrechtliche Herausforderungen.

4.3.3 Optimierung der Bilanzkreisabrechnung

Anwendungsfall: Optimierung der Bilanzkreisabrechnung

Ausgleichsenergie

Beschreibung

Der Ausgleich und die Abrechnung von Bilanzkreisen ist ein langwieriger Prozess, der in der Regel 8 Wochen in Anspruch nimmt. Mittels Blockchain könnte dieser Prozess optimiert werden. So könnten Bilanzkreisabweichungen einheitlich dokumentiert, konsolidiert, saldiert und schlussendlich mit der erbrachten Regelleistung verrechnet werden.

Potenzial

Das Potenzial liegt vor allem in der möglichen Reduktion der Zeitverzögerung des Abrechnungsprozesses (vgl. Abbildung 4-1) von 8 Wochen.

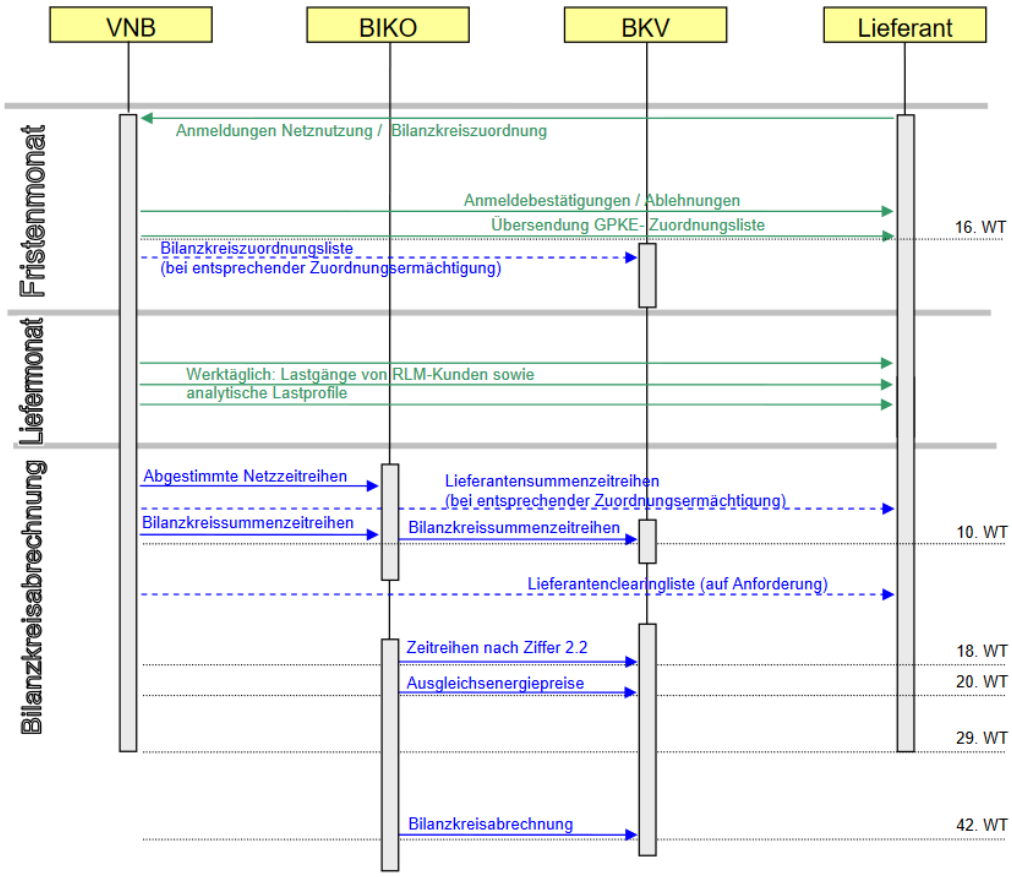


Abbildung 4-1: Fristen Bilanzkreisabrechnung (Quelle: /BNETZA-01 09/)

Die BCT kann die komplexen Prozesse der Bilanzkreis-abrechnung vereinfachen und automatisieren.

Damit der Bilanzkoordinator (BIKO) die Abrechnung erstellen kann, bekommt er von den Netzbetreibern die Bilanzkreissummenzeitreihen übermittelt, welche er zur Überprüfung und Abgleich an die Bilanzkreisverantwortlichen weiterleitet. Demnach sammelt der BIKO alle Bilanzkreisdaten der unterschiedlichen Marktpartner ein und stützt auf diesen Daten, welche zu 95 % Fremddaten sind, seine Abrechnung /TEN-02 15/. Einige dieser Daten benötigen einen Konsens und haben damit den Anspruch, dass sie von mehreren Parteien nach spezifizierten Regeln überprüft werden können. Insgesamt umfassen die vier Regelzonen in Deutschland mehr als 8.000 Bilanzkreise. /ÜNB-06 18/

Die Datenflüsse und Clearingphasen könnten über Smart Contracts automatisiert vollzogen werden und somit die einzelnen Prozesse optimieren und den Datenaustausch sowie die Abrechnung beschleunigen. Jedoch muss hier erwähnt werden, dass der Abrechnungsprozess bereits hochautomatisiert ist und alle Datenflüsse elektronisch und automatisch erfasst werden. Für den Datenaustausch wird das standardisierte Format EDIFACT verwendet /BDEW-20 13/.

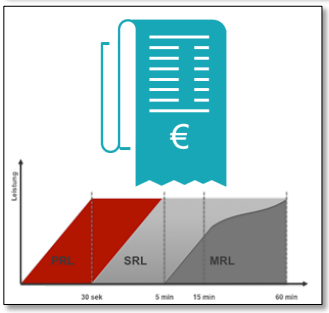
Auf Basis dieser Bewertung wird ersichtlich, dass das Potenzial v. a. in der zeitlichen Abwicklung liegt und aufgrund der bereits hohen Automatisierung im heutigen System eher überschaubar ist.

Energierechtliche Hürden

Eine rechtliche Hürde sind die heute in den Marktregeln für die Durchführung der Bilanzkreisabrechnung Strom (MaBiS) festgelegten Regeln sowie datenschutzrechtliche Herausforderungen.

4.3.4 Abrechnung von Systemdienstleistungen

Anwendungsfall: Abrechnung von Systemdienstleistungen



Beschreibung

Heute werden Systemdienstleistungen i. d. R. nicht auf ihre Qualität hin überprüft. Durch die Blockchain-Technologie können sowohl Abrufe dokumentiert als auch auf ihre Qualität hin überprüft werden. Die Abrechnung erfolgt sofort über eine ggf. gekoppelte Kryptowährung. So könnten auch Einzelabrufe oder kleinere Anlagen direkt abgerechnet werden.

Potenzial

Durch den Einsatz der Blockchain-Technologie kann der Aufwand auf Seiten der ÜNB für die Überprüfung der ordnungsgemäßen Regelleistungserbringung und die Erstellung der Abrechnung reduziert werden. Die daraus resultierenden Kosteneinsparungen lassen sich nicht quantifizieren. Die Häufigkeit von Regelleistungsabrufen sowie die Anzahl von Anbietern lassen dennoch auf erhebliches Potenzial schließen. Primär- und Sekundärregelleistung werden nahezu ständig abgerufen, die Minutenreserve kam 2016 ca. 5.300-mal zum Einsatz /BNETZA-01 17/. Aktuell sind 49 Anbieter für mindestens eine der drei Regelleistungsarten präqualifiziert /ÜNB-13 18/.

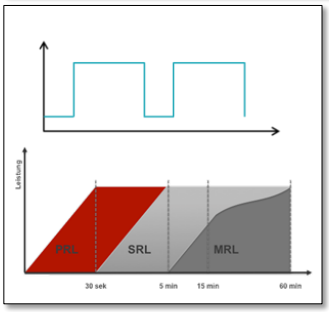
Mittels BCT können Abruf und Erbringung von Regelleistung automatisiert nachgewiesen werden.

Energierechtliche Hürden

Die Vorschriften zur Regelleistungsvermarktung finden sich im Transmission Code der ÜNB /VDN-01 07/ sowie in den Rahmenverträgen, die ÜNB und Anbieter abschließen. Die Blockchain-Lösung muss in jedem Fall in die Rahmenverträge aufgenommen werden. Inwiefern Anpassungen des Transmission Codes notwendig sind, ist zu prüfen. Darüber hinaus muss die regulatorische Anerkennung von Kryptowährungen als Zahlungsmittel und die Rückabwicklung von Verträgen bei Fehlern (vgl. die falsche Auslösung einer Zahlung durch einen Smart Contract) geklärt werden.

4.3.5 Präqualifikation für Systemdienstleistungen

Anwendungsfall: Präqualifikation für Systemdienstleistungen



Beschreibung

Für die Teilnahme z. B. am Regelleistungsmarkt müssen Anlagen Mindestanforderungen erfüllen. U. a. muss ein Beweis erbracht werden, dass den hohen Qualitätsanforderungen der Leistungserbringung entsprochen werden kann (Doppelhöcker). Der Prozess der Anmeldung, Prüfung und Zulassung ist zeitintensiv. Wird er automatisiert über die Blockchain abgewickelt, kann er direkt erfolgen und ggf. auch kleinere Anlagen einbinden.

PQ durch BCT kann interessant werden, wenn diese auf unterschiedlichen Märkten notwendig ist (vgl. regionale Flex-Märkte).

Potenzial

Durch den automatisierten Vergleich von geplantem (sog. Baseline) und tatsächlichem Arbeitspunkt über eine Blockchain kann der Aufwand auf Seiten der ÜNB reduziert und somit die Präqualifikation beschleunigt werden. Allerdings wurde vor einigen Monaten das PQ-Portal (https://pq-portal.energy/) eingerichtet, welches bereits zu einer Verbesserung des Prozesses führte. Das Potenzial für weitere Verbesserungen durch eine Blockchain-Lösung wird daher als gering eingeschätzt. Zwar soll die Gültigkeit der Präqualifikation in Zukunft auf fünf Jahre beschränkt werden, ein erneuter Nachweis der Doppelhöckerkurve ist dann jedoch nicht zwingend notwendig /ÜNB-10 18/.

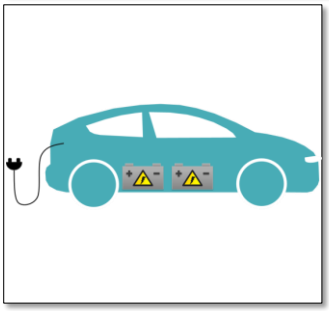
Zusätzliches Potenzial kann sich ergeben, wenn zukünftig weitere Flexibilitätsmärkte entstehen. Denkbar wäre z. B. eine erfolgreiche Präqualifikation am Regelleistungsmarkt auch für die Teilnahme an dezentralen Flexibilitätsmärkten anzuerkennen. Über eine Blockchain-Lösung können die erforderlichen Daten den Beteiligten transparent und manipulationssicher zur Verfügung gestellt werden. Da diese Märkte jedoch bisher nur im Rahmen von Forschungsprojekten entwickelt werden ist das Potenzial heute noch gering.

Energierechtliche Hürden

Die gemeinsamen verbindlichen Anforderungen für die Präqualifikation sind im Transmission Code der ÜNB beschrieben. Darüber hinaus sind auf den Internetseiten der jeweiligen ÜNB deren spezifische Anforderungen veröffentlicht. Zusätzlich gibt die Bundesnetzagentur Marktregeln für die verschiedenen Regelleistungssegmente vor. In der Regel wird über die Bilanzkreisführung des BKV sichergestellt, dass ein Abruf von Regelleistung keinen Einfluss auf die Systembilanz zu einem späteren Zeitpunkt hat. Des Weiteren hat der Präqualifikant eine Bestätigungserklärung des Anschlussnetzbetreibers vorzulegen, mit der dieser bestätigt, dass die Regelleistung in seinem Netz transportiert werden kann. Um nun endgültig an den Ausschreibungen teilnehmen zu können, müssen die Anbieter mit den jeweiligen Bezieher-ÜNB einen Rahmenvertrag zur Vorhaltung und Erbringung von Regelenergie abschließen. Darin verpflichtet sich der Präqualifikant, alle im Zuge der Präqualifikation zugesicherten Leistungen zu erbringen. Ergänzend werden alle technischen, administrativen und operativen Randbedingungen in einem Rahmenvertrag geregelt. /BNE-01 16/ Eine Umsetzung mittels der Blockchain-Technologie hätte in diesen Regelwerken weitreichende Änderungen zur Folge.

4.3.6 Grenzübergreifende Dienstleistungen für Elektrofahrzeuge

Anwendungsfall: Grenzübergreifende Dienstleistungen für Elektrofahrzeuge



Beschreibung

Durch die fehlende Standortbindung von Elektrofahrzeugen ergibt sich prinzipiell auch die Möglichkeit, dass diese im Fall von Grenzgängern Netz- und Systemdienstleistungen in unterschiedlichen Ländern anbieten bzw. einen Energietransport durchführen. Dabei wäre es durch eine Blockchain-Umsetzung möglich, dass Elektrofahrzeuge mittels virtueller Zählpunkte ihren Energieversorger / Aggregator auch bspw. im Ausland als Anbieter nutzen.

Potenzial

Das Potenzial ist auf Grund der relativ geringen Anzahl an Grenzgängern sowie des geringen Anteils an Elektrofahrzeugen als gering einzustufen. /APG-01 18/, /UENB-04 16/ Der Use Case kann jedoch auch bei der Überschreitung von Netzgrenzen einen Mehrwert bieten. Dafür ist jedoch ein Roaming des Energievertrages notwendig (vgl. Abschnitt 4.9.2).

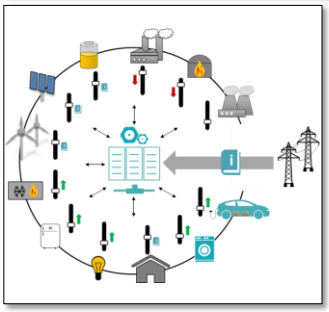
Die BCT kann diese Prozesse manipulationssicher und transparent abbilden.

Energierechtliche Hürden

In der Regelzone angebotene RL muss prinzipiell auch dort erbracht werden /HERTZ-04 18/, es bestehen aber Kooperationen u. a. mit Belgien, Dänemark, den Niederlanden, Österreich, Frankreich und der Schweiz für die regelzonenübergreifende Erbringung von Regelleistung.

4.3.7 Dezentrale Flexibilitätsmärkte

Anwendungsfall: Dezentrale Flexibilitätsmärkte



Beschreibung

In einem Energiesystem mit steigender Durchdringung erneuerbarer Energien steigen auch die Netzbelastungen. Diese können durch Flexibilitäten ausgeglichen werden, welche ihre Erzeugung/Verbrauch adaptiv an die Netzsituation anpassen.
Die Blockchain kann eine transparente, aber anonymisierte Plattform darstellen, auf der die notwendigen Prozesse abgebildet werden. Dies kann von der Datenerhebung, Matching von Angebot und Nachfrage bis hin zur Abrechnung, Dokumentation und Reporting erfolgen.

Potenzial

Als Flexibilität kommt angebotsseitig jede technische Einheit in Frage, die an das Netz der öffentlichen Versorgung angeschlossen ist und entweder aktiv oder passiv den Wirk- oder Blindleistungsbezug im Sinne des aktuellen Netzzustandes ändern kann. In Frage kommen Elektrofahrzeuge, Wärmepumpen, Speicher, KWK-Anlagen, Industrie, GHD und erneuerbare Energien. Auf der Nachfrageseite sind Übertragungs- und Verteilnetzbetreiber ebenso langfristig aufgrund steigender Netzbelastungen an der Akquise von Flexibilität interessiert wie auch Bilanzkreisverantwortliche aufgrund der Bilanzkreistreue. Aufgrund der mangelnden Transparenz hinsichtlich des regelzonenübergreifenden einheitlichen Bilanzausgleichsenergiepreises (reBAP), welcher auch Erlöse ermöglicht, ist eine Nutzung durch BKV jedoch tendenziell unwahrscheinlich.

Der Einsatz der BCT bietet die transparente Darstellung einzelner Plattform-Prozesse und wird bereits diskutiert.

Energierechtliche Hürden

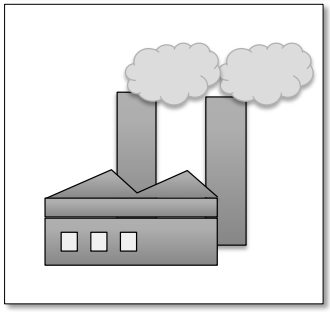
Die Akquise von nicht frequenzgebundenen Hilfsdienstleistungen über Flexibilitätsplattformen ist bisher auf Verteilnetzebene nicht verfügbar, aus rechtlicher Sicht jedoch umsetzbar. Hürden entstehen v. a. in der Anreizregulierung und der fehlenden Incentivierung für Netzbetreiber, operative Kosten zu nutzen. Diese sind nach ARegV aufwandsgleiche Kosten, welche nach StromNEV jedoch noch keine Kostenstelle im heutigen System haben. Diesbezüglich sind Anpassungen im Regulierungsrahmen notwendig.

Wie viele Plattformen es geben wird und wer diese betreibt ist bis heute nicht abschließend geklärt.

Die SINTEG-Projekte (u. a. C/sells und enera) beschäftigen sich mit dem Design solcher Plattformen ohne Blockchain /BMWI-119 17/, /FFE-32 18/, /EPEX-01 18/. Sicherheit, Datenschutz, Prozesse und Verantwortliche sind in den bisherigen Konzepten noch nicht abschließend definiert.

4.3.8 Flexibilität in der Industrie

Anwendungsfall: Flexibilität in der Industrie



Beschreibung

Sowohl in Querschnittstechnologien (z.B. Pumpen, Kompressoren, Belüftung, Beleuchtung) als auch in stromintensiven Prozessen in der Industrie liegen große Flexibilitätspotenziale. Das Anbieten dieser Potenziale ist jedoch mit dem Offenlegen von Informationen verbunden, welche häufig auf Produktionsmengen und Auftragslage rückschließen lassen. Diese sensiblen Informationen können durch die Blockchain anonymisiert abgebildet werden.

Potenzial

Der USP der BCT hierbei ist primär die anonymisierte Angebotserstellung.

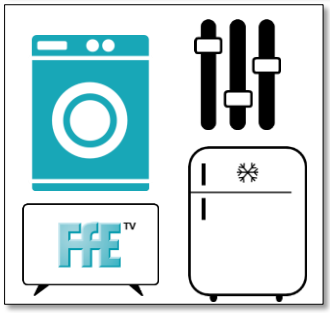
Das Potenzial für Lastverschiebung liegt in stromintensiven Verfahren bei + 2.400 MW sowie - 530 MW (bei Abruf von 1h). Im Falle von Querschnittsprozessen liegt das Verschiebepotenzial bei + 1.180 MW und - 630 MW (bei Abruf von 1 h) /GRUB-01 17/. Jedoch korrelieren Netzengpässe und Industrieschwerpunkte heute nicht. Die Abrufdauer und –Häufigkeit sind sehr stark limitiert. Ein Hemmnis für viele Unternehmen ist das Offenlegen von Informationen, die Rückschlüsse auf Produktionsmengen etc. geben. Eine Blockchain mit den notwendigen technischen Eigenschaften (vgl. Ring-Signaturen oder zk-Proofs) kann hier die notwendige Anonymisierung bieten, um die Einstiegshürde zu senken.

Energierechtliche Hürden

Die Beschaffung von nicht frequenzgebundenen Hilfsdienstleistungen (= Flexibilität) auf Verteilnetzebene ist grundsätzlich möglich (vgl. 4.3.7) und wird in Zukunft gestärkt. Derzeit fehlen jedoch u. a. Regelungen bzgl. der Kostenanerkennung.

4.3.9 Abrechnung steuerbarer Verbraucher (DSM)

Anwendungsfall: Abrechnung steuerbarer Verbraucher (DSM)



Beschreibung

Die Steuerung flexibler, steuerbarer Verbraucher z.B. in Haushalten oder Industriebetrieben kann statt über Rundsteuertechnik oder intelligente Messsysteme mit Steuerbox/CLS auch über die Blockchain erfolgen. Diese kann einerseits als Steuerungselement für Demand Side Management und andererseits für die Abrechnung eingesetzt werden.

Potenzial

Das Potenzial von Demand Side Management in Haushalten (Kühlschränke, Waschmaschinen etc.) ist in der Regel eher gering und nur stochastisch.

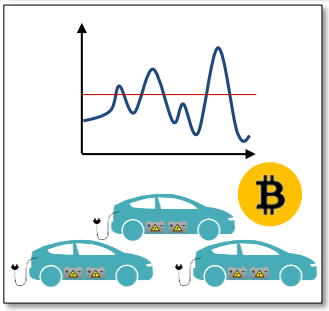
Die BCT ermöglicht die Übertragung und Dokumentation von Steuerbefehlen.

Energierechtliche Hürden

Herausforderungen bestehen v. a. im Kontext der Messung und direkten Abrechnung sehr kleiner Energiemengen mittels eichrechtlich zulässiger Geräte. Während hierfür im Bereich der Elektromobilität bereits spezielle Vorgaben der Konformitätsbewertungsstellen existieren, ist dies für andere Bereiche (z. B. Weißware) noch nicht der Fall. Eine exakte Bestimmung der tatsächlich erbrachten Flexibilität ist daher grundsätzlich eine Herausforderung.

4.3.10 Handel von EFZ-Ladeleistung

Anwendungsfall: Handel von Elektrofahrzeug-Ladeleistung



Beschreibung

Die Ladeleistungen von Elektromobilen können sehr hoch sein und stellen gerade bei räumlicher Nähe (vgl. Wohnquartiere, Parkhäuser oder Parkplätze) von Ladepunkten zueinander ein erhebliches Problem für die lokale Netzinfrastruktur dar. Dies kann zu Netzengpässen auf Seiten der Verteilnetzbetreiber führen oder zu sehr hohen Leistungspreisen auf Seiten der Anschlussnehmer. Eine Lösung ist der automatisierte Handel der verfügbaren Ladeleistung zwischen den Fahrzeugen zum besseren Spitzenlastmanagement mittels der Blockchain.

Potenzial

Das Potenzial ist heute aufgrund geringer EFZ-Durchdringungen eher gering. In den kommenden Jahren werden jedoch sowohl die Zahl der Elektrofahrzeuge als auch deren Ladeleistung und Kapazitäten steigen. Gerade an öffentlichen Parkplätzen mit vielen Ladesäulen werden in Zukunft Engpässe durch die Ladeleistung von Elektromobilen erwartet. Dies kann zu hohen Leistungspreisen für den Anschlussnehmer oder zu Netzengpässen für Verteilnetzbetreiber führen. Das EU-Winterpaket sieht mind. 1 Parkplatz mit Ladepunkt und jeden 5. Parkplatz mit Leerverrohrung für Nichtwohngebäude (> 10 Parkplätzen) vor (Anpassung Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (2010/31/EU)) /BSGU-01 15/, /EU-07 10/.

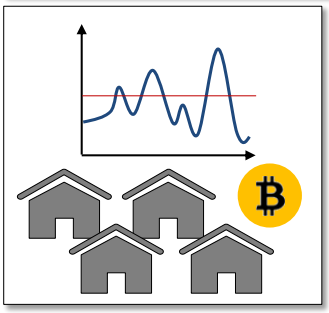
Der USP der BCT ist die direkte, P2P-Interaktion und ggf. die direkte Abrechnung.

Energierechtliche Hürden

Eine Umsetzung hinter dem Netzverknüpfungspunkt zur Reduktion der Betriebsmittelauslastung eigener Betriebsmittel des Anschlussnehmers ist möglich. Dies ist v. a. in Parkplätzen, Parkhäusern oder Wohnquartieren eine Option. Ladesäulen mit hoher Gleichzeitigkeit im Verteilnetz (direkt angeschlossen) stehen vor den Herausforderungen des regulierten Umfeldes. Hier werden Lösungen wie eine Quote bereits politisch diskutiert, wenngleich noch keine klare Lösung regulatorisch definiert ist. Anreize für Netzbetreiber zur Nutzung dieser technischen Lösungen sind derzeit in der Anreizregulierung nicht gegeben. /STROMNEV-01 07/

4.3.11 Handel von Leistung im Quartier

Anwendungsfall: Handel von Leistung im Quartier



Beschreibung

Quartierslösungen v. a. mit hohem Eigenversorgungsgrad leiden häufig an starken Schwankungen von Erzeugung und Verbrauch. Häufig ist das Quartier der Netzanschlusspunkt, sodass die Residuallast aus dem Netz der öffentlichen Versorgung bezogen werden muss. Dies kann zu Netzengpässen auf Seiten der Verteilnetzbetreiber führen oder zu sehr hohen Leistungspreisen auf Seiten der Anschlussnehmer. Eine Lösung ist der automatisierte Handel der verfügbaren Leistung im Quartier zum besseren Spitzenlastmanagement mittels Blockchain.

Potenzial

Die BCT kann eine Plattform für den transparenten Handel von Leistung bieten.

Heute ist das Potenzial aufgrund geringer Durchdringungen steuerbarer Erzeuger/Verbraucher eher gering. Gerade in Kombination mit Elektrofahrzeugen, Wärmepumpen, BHKW, Photovoltaik und Speichersystemen im privaten Sektor (Wohnquartier) zur Reduktion der Spitzenlast ist Potenzial vorhanden.

Energierechtliche Hürden

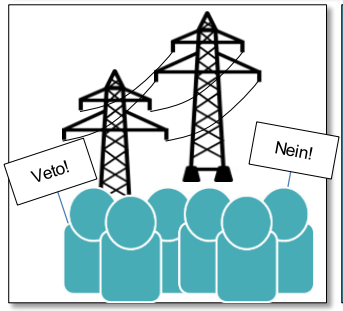
Im privaten Sektor hinter dem Netzverknüpfungspunkt ist dieser Anwendungsfall grundsätzlich möglich. Dies gilt allerdings nur, falls dies außerhalb des öffentlichen Netzes geschieht.

4.4 Partizipation

Im Nachfolgenden werden Anwendungsfälle der Blockchain-Technologie skizziert, deren Anwendung die Möglichkeiten zur Partizipation am Energiesystem aktiv steigern können.

4.4.1 DAO für Leitungsvorhaben

Anwendungsfall: DAO für Leitungsvorhaben



Beschreibung

Der Ausbau des (Übertragungs-)Netzes stößt häufig auf Widerstand in der Bevölkerung. Übertragungsnetzbetreiber setzen daher vor allem auf Transparenz und Partizipation, um Widerständen zu begegnen. Es wäre denkbar, Infrastrukturvorhaben mit Hilfe der Blockchain in Form einer Decentralised Autonomous Organizations (DAO) basisdemokratisch zu organisieren und gleichzeitig weitere Finanzierungsmöglichkeiten zu bieten.

Die FfE führte in /FFE-09 17/ bereits ausführliche Untersuchungen zur Akzeptanz von Netzausbau durch.

Potenzial

Die Diskussion um die Notwendigkeit und den Verlauf von Trassen erzeugen Mehrkosten bei den Großbauvorhaben. Dabei beträgt die Kommunikation jedoch lediglich wenige

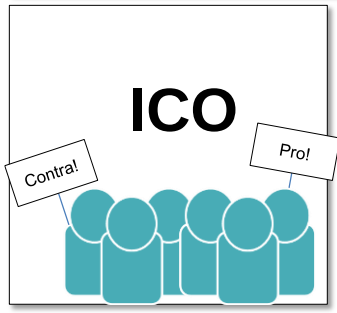
Prozentpunkte der Gesamtkosten. In früheren Projekten führte mangelnde Transparenz bei der Korridorfindung zu Widerstand in der Bevölkerung. Die Blockchain-Technologie kann hier ansetzen, um dezentral, mehrheitsbasiert und basisdemokratisch gewisse Trassenkorridore festzulegen oder Entscheidungen diesbezüglich zu treffen. Dies kann die Akzeptanz steigern und Kosteneinsparungen durch Transparenz und gesteigertes Vertrauen zur Folge haben. Denkbar ist zudem eine transparente Organisation von Ausgleichszahlungen zu integrieren. Mehr Mitbestimmung durch DAO verlängert jedoch die Abstimmungsprozesse. Das Potenzial ist daher eher gering.

Energierechtliche Hürden

Bisher gibt es keine Regelungen bzgl. des Einsatzes von Blockchain als basisdemokratische Plattform. Zur Steigerung der Transparenz werden bereits Web-Plattformen eingesetzt, um die Akzeptanz zu steigern.

4.4.2 ICO als Instrument zur Markteinführung

Anwendungsfall: ICO als Instrument zur Markteinführung



Beschreibung

Die Bewertung von neuen und innovativen (häufig riskanten) Geschäftsmodellen ist ein langwieriger Prozess. Häufig ist dieser mit Marktforschung und Umfragen verbunden. Stattdessen kann der Kurs bzw. der Erfolg einer ICO als Gradmesser genutzt werden, ob ein potenzielles Geschäftsmodell auf Interesse stößt oder nicht.

Potenzial

Weltweit wurden ca. 3,2 Mrd. US $ durch ICO emittiert (Stand November 2017). Prinzipiell kann durch einen ICO-Ansatz der Verwaltungsaufwand reduziert sowie durch geringere Einstiegshürden und einen durchgehenden Zugang (24/7) die Teilnahmebereitschaft erhöht werden. Die Teilnahme beschränkt sich bei derzeitigen ICOs allerdings v. a. auf sog. „early adopter" von Kryptowährungen und keine repräsentative Bevölkerungsschicht. Die Teilnahme an ICO begründet sich häufig durch „Fear of missing out" (FOMO) statt Interesse an den Projekten. Im Gegensatz zur klassischen Marktforschung ist keine spezifische Zielgruppe wählbar. Das Potenzial ist daher eher gering.

Nur wenige ICO sind tatsächlich erfolgreich.

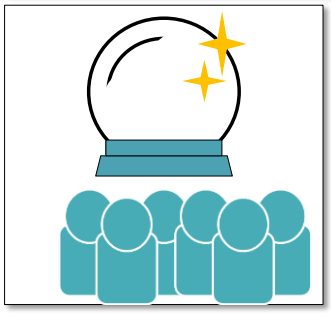
Mittels BCT steht ein neues Finanzierungs-werkzeug zur Verfügung.

Energierechtliche Hürden

Die Durchführung von Initial Coin Offerings in Deutschland ist rechtmäßig möglich, aber steuerlich relativ herausfordernd /CMS-01 17/. Grundsätzlich ist der Umgang mit ICO in Deutschland noch nicht klar geregelt. Nach /BFRF-01 17/ sind je nach Ausgestaltung der ICO ggf. Genehmigungen nach KWG, KAGB, ZAG oder VAG notwendig, die eine Durchführung erschweren.

4.4.3 Prediction Markets

Anwendungsfall: Prediction Markets



Beschreibung

Die Prognose zukünftiger Ereignisse ist häufig nur mittels komplexer Modelle oder großangelegen Umfragen möglich. Studien zeigen, dass Umfrageergebnisse besser sind, wenn die Personen auf das Ergebnis eine Art „Wette“ eingehen. Diese Prediction Markets können auf Blockchain-Basis funktionieren und eine Vielzahl an energiewirtschaftlichen Prognosen verbessern. Zur Anwendung kommen Prediction Markets schon bei der Vorhersage von Wahlen, Börsenwerten, Umsatzzahlen oder Gesetzgebungsverfahren.

Potenzial

Die Blockchain-Plattform Augur kann für Prediciton Markets genutzt werden.

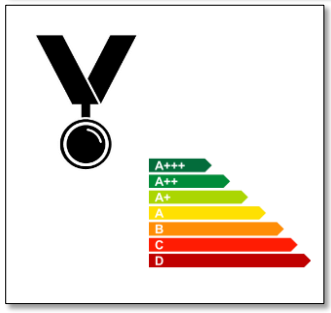
Das Potenzial ist nicht quantifizierbar, da dies vom jeweiligen Anwendungsfall dieser speziellen Form der Prognose abhängt. Eine Steigerung von Prognosegüten durch „prediction markets“ ist teils signifikant /HEDT-01 11/. Der Einsatz ist v. a. auch betriebsintern sinnvoll, wobei hier keine Blockchain notwendig ist.

Energierechtliche Hürden

Prognosemärkte werden bereits ohne Blockchain in anderen Branchen eingesetzt. Der Umgang mit Kryptowährungen in Deutschland ist jedoch grundsätzlich möglich.

4.4.4 Anreizmodell für Energieeffizienzmaßnahmen

Anwendungsfall: Anreizmodell für Energieeffizienzmaßnahmen



Beschreibung

Um Anreize zur Energieeinsparung und Effizienz zu bieten, können über Online-Portale sowohl Informationen zu Energieverbrauch und möglichen Energieeffizienzmaßnahmen präsentiert als auch ein direktes Belohnungssystem für Energiekunden angeboten werden.
Ein Portal mit Belohnungssystem auf Blockchain-Basis ermöglicht eine transparente Erfassung und Allokation von Effizienzsteigerungen und zugehörigen Prämien. Dies kann herstellerübergreifend auch als staatliches Anreizprogramm angelegt und ggf. automatisiert werden.

Potenzial

Durch die BCT können Regeln und die Abwicklung transparent hinterlegt und automatisiert ausgeführt werden.

Das Potenzial ist nach aktuellen Rahmenbedingungen relativ begrenzt, da es sich in erster Linie um eine freiwillige Mehrwertdienstleistung von Seiten des Energieversorgers handelt. Ähnliche Konzepte ohne Blockchain werden bereits vereinzelt durchgeführt. Im Falle einer rechtlichen Verpflichtung oder einheitlichen, standardisierten Vorgaben könnte eine dezentral organisierte Plattform auf Blockchain-Basis sinnvoll sein, dies läge allerdings nicht unbedingt im Verantwortungsbereich einzelner Versorger.

Energierechtliche Hürden

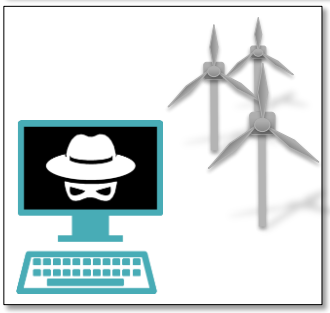
Da es bereits vergleichbare, bestehende Plattformen gibt, stehen einer Umsetzung mittels Blockchain, insofern die Anforderungen aus dem Datenschutz eingehalten werden, keine wesentlichen rechtlichen Hürden entgegen.

4.5 Kryptowährungen

Im Nachfolgenden werden potenzielle Anwendungsfälle der Blockchain-Technologie diskutiert, welche primär auf der Nutzung von Kryptowährungen aufbauen.

4.5.1 Whitehacking-Anreiz mit Preisgeld

Anwendungsfall: Whitehacking-Anreiz mit Preisgeld



Beschreibung

Die für die Steuerung und Überwachung von Kraftwerksanlagen und Netzbetriebsmitteln eingesetzte Software weist häufig Schwachstellen und Sicherheitslücken auf, die oftmals nicht oder zu spät erkannt werden. Mittels Kryptowährungen können anonyme Preisgelder auf das Finden solcher Sicherheitslücken ausgelobt werden. Somit kann ein Anreiz für sog. „Whitehacker“ geschaffen werden, diese Lücken zu finden und zu melden. Die Abrechnung erfolgt anonym.

Potenzial

Vor allem dezentrale Anlagen (vgl. Windenergie) weisen teils signifikante Sicherheitslücken auf. Häufig sind Anlagen unter Shodan.io zu finden und nicht durch Passwörter oder durch Standard-Passwörter gesichert /NEEF-01 17/. Das Auslesen von Daten v. a. aus alten Anlagen ist sehr einfach möglich /NEEF-01 17/. Es existieren ca. 28.000 Windenergieanlagen in Deutschland (2017) mit 48 GW Leistung /BMWI-04 18/. Der Anteil EE in Deutschland soll auf 80 % im Jahr 2050 steigen /BMWI-04 18/. Prinzipiell ist der Einsatz eines Whitehacking-Anreizes für alle Anlagen möglich. Das Potenzial ist grundsätzlich gegeben.

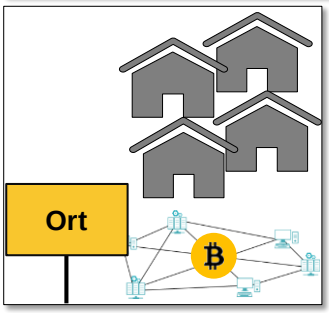
Die BCT bietet hier insbesondere Anonymität der Zahlungsempfänger.

Energierechtliche Hürden

Bisher existieren keine Vorschriften bzgl. Absicherung von Webportalen von einzelnen Anlagen. Erst Anlagen zur Energieerzeugung ab 420 MW sind kritische Infrastruktur und müssen nach den Vorgaben des BSI abgesichert werden /NEEF-01 17/. Ein Whitehacking-Anreiz ist prinzipiell möglich, wenngleich der steuerliche Umgang nicht abschließend geregelt ist.

4.5.2 Kommunalwährungen

Anwendungsfall: Kommunalwährungen



Beschreibung

Bereits heute werden kommunale Währungen eingesetzt, um die lokale Wertschöpfung zu steigern. In Zukunft können diese Währungen auch digital als Kryptowährungen ausgegeben und somit mit Energiedienstleistungen verknüpft werden. Dies steigert z. B. die Bereitschaft, lokal Energiedienstleistungen anzubieten (z. B. mittels Elektrofahrzeug an einer öffentlichen Ladesäule). Als Anreiz kann eine Kommunalwährung dienen, die später in lokalen Geschäften z. B. als Zahlungsmittel akzeptiert werden.

Potenzial

Die kostengünstige und open-source BCT ermöglicht den einfachen Einsatz im kommunalen Umfeld als digitale Währung.

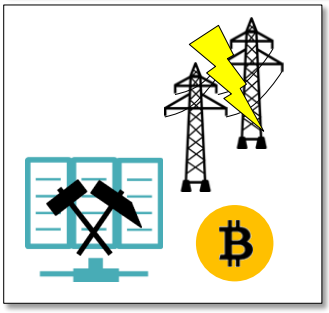
Nach /SACK-01 16/ existieren bereits in 46 deutschen Regionen Regionalwährungen. Zentralbanken unterstützen den Ansatz und die Anzahl dieser Systeme ist grundsätzlich steigend. Beispiel Chiemgau: 3,1 Mio. € wurden in Form der Regionalwährung für Waren und Dienstleistungen (2014) bezahlt. Die Währung wird von ca. 3.000 Kunden und 600 Geschäften genutzt. Das Potenzial ist demnach grundsätzlich groß, da viele Gemeinden durch Kommunale Währungen die regionale Wertschöpfung und Identität steigern können. Eine Kopplung zu vielen Anwendungsfällen mit Kryptowährungs-Bezug oder bezüglich regionaler Energiedienstleistungen ist zudem auch möglich. So können beispielsweise regionale Tokens für die Nutzung von regionalem Ökostrom ausgegeben werden, die wiederum Vorteile im Einzelhandel oder in öffentlichen Einrichtungen bringen.

Rechtliche Hürden

Grundsätzlich sind Regionalwährungen einsetzbar. Inwiefern dies auch auf Kryptowährungen zutrifft ist nicht abschließend geklärt.

4.5.3 Mining von Kryptowährungen mit Überschüssen

Anwendungsfall: Mining von Kryptowährungen mit Überschüssen



Beschreibung

Der Zubau Erneuerbarer Energien führt zu einer steigenden Netzbelastung in allen Netzebenen. Während herkömmlich u. a. mittels Einspeisemanagement bzw. § 14a EnWG Maßnahmen diese Engpässe behoben werden, könnte dies auch mit Serveranlagen vor Ort passieren, die statt der Abregelung von EE-Anlagen, diese für das Mining von Kryptowährungen nutzen.

Die Vergütung von Mining kann als alternative Erlös-möglichkeit nach Auslaufen der EEG-Förderung genutzt werden.

Potenzial

Abgeregelte Energiemengen entstehen heute v. a. in Schleswig-Holstein durch Engpässe im Übertragungsnetz. Aktuelle Mining Farmern (die meist in China oder Island sitzen)

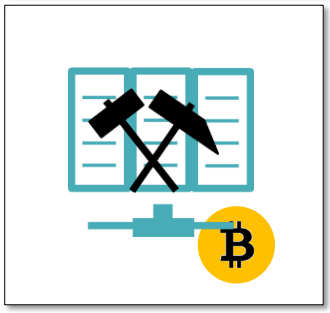
rechnen bei Strompreisen zwischen 0,02 - 0,05 US$/kWh. Bei durchschnittlichen Stromkosten von 0,27 €/kWh in Deutschland müsste für die Konkurrenzfähigkeit ca. ¾ der Zeit Strom kostenlos zur Verfügung stehen. Dies zeigt, dass aus Kostengründen ein Mining mit Überschüssen nicht mit internationalen Wettbewerbern konkurrieren kann, positive Deckungsbeiträge jedoch prinzipiell möglich sind.

Rechtliche Hürden

Mining ist grundsätzlich in Deutschland möglich.

4.5.4 Mining mit vor Ort erzeugtem Strom

Anwendungsfall: Mining mit vor Ort erzeugtem Strom



Beschreibung

Für erzeugten Strom, der auf einem Kraftwerksgelände eigenverbraucht wird, fallen keine bzw. geringere Steuern und Umlagen an. Durch diese günstigen Stromkosten kann Mining auch in Mitteleuropa lukrativ sein. Zudem könnte dies speziell zu Zeiten mit besonders niedrigen Börsenpreisen durchgeführt werden.

Potenzial

Es existieren bereits Anbieter für das Mining von vor Ort erzeugtem Strom (vgl. Blockchain Power Unit). Diese werben u. a. damit, dass „Erzeugungsanlagen durch den Verkauf von Strom und zusätzlicher Rechenleistung der BPU weiterhin profitabel betrieben werden" können /BPU-01 18/.

Unternehmen wie die Windkraftmining und BPU bieten diesen Use Case bereits an.

Für erzeugten Strom, der auf einem Kraftwerksgelände eigenverbraucht wird, fallen keine bzw. geringere Steuern und Umlagen an. Durch diese günstigen Stromkosten kann Mining auch in Mitteleuropa lukrativ sein. Zudem könnte dies speziell zu Zeiten mit besonders niedrigen Börsenpreisen durchgeführt werden. Das System funktioniert nur, solange Proof-of-Work der eingesetzte Konsens-Mechanismus ist.

Rechtliche Hürden

Mining ist grundsätzlich in Deutschland möglich.

4.5.5 Kryptowährungen als Zahlungsmittel

Anwendungsfall: Kryptowährungen als Zahlungsmittel

Beschreibung

Es ist möglich, Kryptowährungen als alternatives Zahlungsmittel für Energie-Anwendungen zu verwenden. Dies beinhaltet Strom- und Gasrechnungen, Ladevorgänge von Elektromobilität oder energienahe Dienstleistungen.

Potenzial

BCT bietet die Basis für Kryptowährungen, die der Abwicklung von Finanztrans-aktionen dienen.

Während die technische Umsetzung häufig noch an Grenzen der Kompatibilität z. B. zu SAP-Systemen stößt und die Wertschwankungen eine Herausforderung darstellen, ist kundenseitig erst eine relativ kleine Zahl an Verbrauchern mit Kryptowährungen vertraut. So haben zwar ca. 64 % der Befragten einer Studie in Deutschland schon einmal etwas von Bitcoin gehört, jedoch nur ca. 4 % bereits Bitcoin erworben oder genutzt /IDG-01 18/. Das Potenzial ist daher zumindest heute noch gering.

Rechtliche Hürden

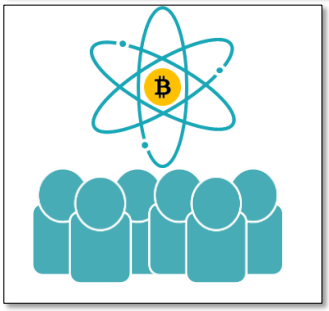
Wie das Beispiel enercity zeigt, sind Kryptowährungen als Zahlungsmittel einsetzbar. Ggf. ist ein zusätzlicher Zahlungsdienstleister notwendig, der den Währungswechsel durchführt und die Kompatibilität zu vorhandenen Abrechnungssystemen herstellt.

4.6 Finanzierung

Die Anwendungsfälle im Kontext von „Finanzierung“ beschäftigen sich ebenso mit Kryptowährungen, jedoch mit dem Fokus auf ICO.

4.6.1 ICO für Forschungsförderung

Anwendungsfall: ICO für Forschungsförderung



Beschreibung

Zukünftig könnte die Vergabe von Forschungsgeldern für F&E-Projekte neben den bestehenden Mechanismen über eine neutrale Plattform durch ICOs mittels Crowdfunding erfolgen. Dies gewährleistet Unabhängigkeit und ermöglicht eine basisdemokratische Partizipation kleinerer und privater Akteure an Forschungsprojekten, auch mit geringen finanziellen Anteilen.

Potenzial

Das Ziel für die Förderung von Forschung und Entwicklung liegt von Seiten der Europäischen Union bei 3 % des BIP, wobei davon 1 % durch öffentliche Mittel und 2 % durch Investitionen des Privatsektors getragen werden sollen. /EU-15 16/

Crowdfunding für Forschungsprojekte ist bereits über diverse Web-Portale ohne Blockchain möglich.

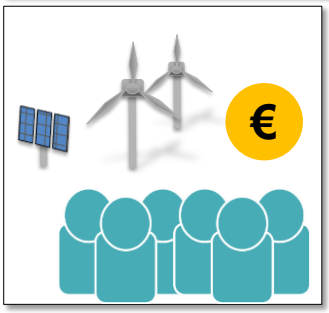
Gelder für „kritische Forschung“ mit potenziellen Risiken für die Geschäfte von großen Unternehmen oder Staaten werden oft nicht vergeben. Hier besteht grundsätzlich ein gewisses Potenzial für die Finanzierung unabhängiger Studien. Die Blockchain kann sowohl für die Abwicklung als auch die Zahlung eingesetzt werden und ggf. weltweit Zugang ermöglichen. Falls die Zahlung über Kryptowährungen erfolgt ist das Potenzial aufgrund geringer weltweiter Nutzung analog zu Abschnitt 4.5.5 gering.

Rechtliche Hürden

ICO in Deutschland sind rechtmäßig. Der grundsätzliche Umgang mit ICO in Deutschland ist jedoch noch nicht klar geregelt. Nach /BFRF-01 17/ sind je nach Ausgestaltung der ICO ggf. Genehmigungen nach KWG, KAGB, ZAG oder VAG notwendig (siehe /FFE-04 18/). Dieser Anwendungsfall ist energierechtlich realisierbar.

4.6.2 Crowdfunding in der Energiewirtschaft

Anwendungsfall: Crowdfunding in der Energiewirtschaft



Beschreibung

Zur besseren Beteiligung von Bürgern am Ausbau erneuerbarer Energien kann mittels Initial Coin Offerings (ICO) ein Crowdfunding durchgeführt werden. Die Rendite kann u. a. in Form von Kilowattstunden oder den jeweiligen Coins ausgezahlt werden. Dies verbessert die Partizipationsmöglichkeiten von Bürgern an EE-Projekten oder dem Netzausbau.

Potenzial

The Sun Exchange ist eine von vielen Plattformen, die das Leasing von PV-Anlagen anbieten.

Bereits 47 % der regenerativen Energieerzeugung ist heute in privater Hand /TEC-01 16 /. Ca. 80 % der Deutschen schließen eine Investition in erneuerbare Energien nicht aus /KORC-101 14/ und EE-Projekte mit Bürgerbeteiligung erfreuen sich höherer Akzeptanz u. a. durch regionale Wertschöpfung und Mitbestimmung /NATW-01 12/. Dies zeigt, dass auf Seiten der Erneuerbaren Energien bereits ein Großteil der Investitionen über Bürgerbeteiligungen abgewickelt werden. Diese könnten auch über Crowdfunding und mittels der Blockchain-Technologie abgewickelt werden.

Nichtsdestotrotz sind die Anteile der Bevölkerung noch sehr gering, die tatsächlich über Kryptowährungen verfügen /IDG-01 18/. Dies stellt den limitierenden Faktor für den Anwendungsfall dar.

Bis Juni 2018 wurden in Deutschland insgesamt 500 Mio.€ über Crowdfunding eingesammelt.

Das Potenzial für Crowdfunding ist prinzipiell hoch; bis Juni 2018 wurden in Deutschland in Summe 500 Mio. € über Crowdfunding eingesammelt /HARMS-01 18/. Dabei muss zwischen vier verschiedenen Varianten des Crowdfundings unterschieden werden, die sowohl unterschiedliche Ziele verfolgen, aber auch rechtlich unterschiedlich zu bewerten sind: „Donation-Based Crowdfunding“ im Sinne einer Spendenplattform, „Reward-Based Crowdfunding“, bei der eine Gegenleistung für den geleisteten Beitrag gegeben wird (häufig auch im Sinne eines Vorverkaufs), „Lending-Based Crowdfunding“ als Darlehen oder „Equity-Based Crowdfunding“, auch Crowdinvesting genannt, bei dem z. B. Unternehmensanteile erworben werden können.

Dies kann auch in der Energiewirtschaft eingesetzt werden. So können erneuerbare Energien (v. a. Onshore-Windenergie) darüber finanziert oder finanzielle Bürgerbeteiligungen am Netzausbau realisiert werden. Sowohl das Crowdfunding selbst als auch das Veräußern von Anteilen kann über die Blockchain abgewickelt werden.

Rechtliche Hürden

ICOs und Crowdfunding sind in Deutschland rechtmäßig. Finanzielle Beteiligung findet heute jedoch v. a. über „Bürgerbeteiligungen“ statt und werden oft von zentralen Instanzen als vertrauensschaffende Maßnahme genutzt.

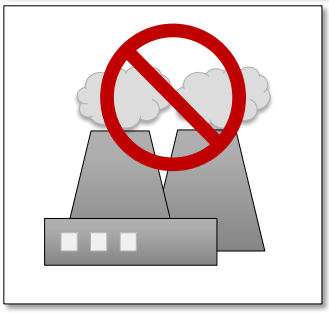
Beteiligungsmodelle für den Netzausbau finden sich auch im Koalitionsvertrag.

Der grundsätzliche Umgang mit ICO in Deutschland ist noch nicht klar geregelt (siehe Kapitel 4.6.1). Nach /KORC-101 14/ sind je nach Ausgestaltung der ICO ggf. Genehmigungen nach KWG, KAGB, ZAG oder VAG notwendig.

Die Bundesregierung prüft zum Zeitpunkt des Erstellens dieser Studie die Möglichkeiten zur Bürgerbeteiligung am Netzausbau sowie ggf. notwendige Änderungen im Rechtsrahmen. /ENERGA-03 18/ Dabei wird unter anderem ermittelt, wie verschiedene Beteiligungsmodelle ausgestaltet sein können, wie mit den entstehenden Kosten umgegangen wird, wer das Risiko trägt und ob diese Beteiligungen veräußert werden dürfen.

4.6.3 Anti-Kohle-Coin/ICO

Anwendungsfall: Anti-Kohle-Coin/ICO



Beschreibung

Umweltorganisationen könnten durch ICO-Gelder z. B. Kohle- oder Atomkraftwerke erwerben und stillzulegen. Dies könnte neben der Finanzierungsmöglichkeit neuer Projekte (z. B. EE-Anlagen) ein weiterer Anwendungsfall von Initial Coin Offerings in der Energiewirtschaft sein.

Potenzial

Atomausstieg findet bereits statt. Umfragen von November 2017 zeigen, dass sich ca. 64 % der Befragten für einen Kohleausstieg aussprechen /ZDF-01 17/. Nach Umweltbundesamt /UBA-10 18/ sind noch ca. 100 (Stein-/Braun-) Kohlekraftwerke (> 100 MW) in Deutschland (46,34 GW) installiert /BNETZA-01 17/. Die Organisation Greenpeace hatte bereits in der Vergangenheit versucht, Braunkohlekraftwerke zu erwerben, um diese stillzulegen. Auch der Kauf von Äckern, über die Autobahnen verlaufen sollten, wurde bereits durchgeführt.

Die BCT ermöglicht u. a. die Sammlung kleiner finanzieller Beiträge aus anonymen Quellen.

Rechtliche Hürden

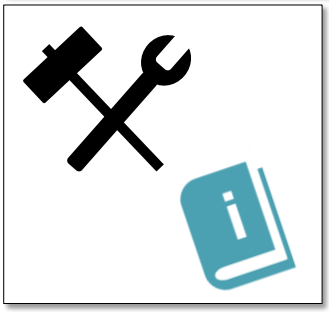
ICO in Deutschland sind rechtmäßig. Der grundsätzliche Umgang mit ICO in Deutschland ist jedoch noch nicht klar geregelt. Nach /BAUCH-01 15/ sind je nach Ausgestaltung der ICO ggf. Genehmigungen nach KWG, KAGB, ZAG oder VAG notwendig.

4.7 Asset Management

Im Nachfolgenden sind alle zehn Anwendungsfälle im Kontext des Asset Managements dargestellt. In diesen Fällen sind rechtliche Hürden und Potenziale grundsätzlich nur schwer quantifizierbar, da sich diese Anwendungsfälle nicht alleine auf die Energiewirtschaft beschränken. Die Potenziale sind grundsätzlich als sehr hoch einzuschätzen. Die regulatorischen Hürden werden tendenziell als gering eingestuft, da sich ein Großteil der Anwendungen außerhalb des regulierten Betriebs befindet. Dies muss jedoch im Einzelfall je Branche detailliert analysiert werden. Der Mehrwert der Blockchain ist hier primär die Manipulationssicherheit und Transparenz.

Die BCT bietet durch manipulationssichere Dokumentation die Grundlage für den Nachweis von Anlagendaten.

Anwendungsfall: Zustandsdokumentation von Assets (Asset Logging)



Beschreibung

Eine große Herausforderung im Service-Bereich ist es, festzustellen, ob es sich bei Ausfällen, technischen Störungen oder Unfällen um Garantiefälle oder Selbstverschulden handelt. Die Blockchain kann fälschungssicher die Wartungszyklen, Instandhaltung und Nutzung dokumentieren und weist so einwandfrei nach, ob Wartungsintervalle eingehalten wurden bzw. eine korrekte Nutzung stattgefunden hat. Auch energiewirtschaftliche Kennwerte (Messwerte, Speicherzustände etc.) können neben Wartungs- und Instandhaltungsprotokollen gespeichert werden.

Anwendungsfall: Contracting

Beschreibung

Contracting bezeichnet die Kooperationsform eines Dienstleistungsunternehmens und eines Contractingnehmers. Ein großes Feld des Contractings umfasst Energiespar- oder Performance-Contracting mit dem Ziel, vertraglich fixierte Einsparziele zu erreichen.
Die Dokumentation des richtigen Betriebs technischer Anlagen bzw. die automatisierte Berechnung von Einsparzielen auf Basis von Smart Contracts kann durch eine Blockchain gewährleistet werden.

Anwendungsfall: Interner/Externer Nachweis

Beschreibung

Üblicherweise werden Instandhaltungsmaßnahmen durch SAP angestoßen. Anschließend erfolgt die Abrechnung und das Controlling. Im Nachhinein ist allerdings häufig der Grund für die Maßnahme nicht mehr eindeutig nachvollziehbar. Instandhaltungsstrategien und die Durchführung von Instandhaltungsmaßnahmen können mittels Blockchain transparent und unveränderbar festgehalten werden, um sowohl intern als auch extern eine angemessene Wartungs- und Instandhaltungspraxis gegenüber prüfenden Parteien nachweisen zu können.

Anwendungsfall: Regulatorische Nachweispflichten

Beschreibung

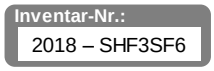
Gewisse Branchen sind aufgrund starker regulatorischer Vorgaben dazu verpflichtet, bei der Wartung-/Instandhaltung bzw. im Falle von 2nd-Life-Anwendungen die Qualität von Assets nachzuweisen. Dies betrifft u. a. die Weiterverwendung und den Verkauf von Komponenten in Geschäftsbereichen mit hohen Sicherheitsanforderungen (z. B. Luftfahrt). Durch eine lückenlose und manipulationssichere Dokumentation von Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen kann dies gewährleistet werden.

Anwendungsfall: Versicherungen

Beschreibung

Durch eine lückenlose und manipulationssichere Dokumentation von Nutzung, Wartung, Instandhaltung und Vorbesitzern auf Basis einer Blockchain-Plattform kann eine maßgeschneiderte und ggf. automatisierte Versicherung von Assets erfolgen.

Anwendungsfall: Inventarmanagement



Beschreibung

Durch den Nachweis von Besitzzugehörigkeiten und der Nutzung von Assets kann auch ein internes Inventarmanagement gewährleistet werden. Diese inventarisierten Gegenstände können im Falle eines Weiterverkaufs genauer bzgl. ihres Wiederverkaufswerts (Resell-Value) bewertet werden.

Anwendungsfall: Asset Valuation

Beschreibung

Durch eine lückenlose und manipulationssichere Dokumentation von Nutzung, Wartung, Instandhaltung und Vorbesitzern auf Basis einer Blockchain-Plattform kann der Wiederverkaufswert von Assets transparent bestimmt und so der Kauf (v. a. mit großem Wert) deutlich transparenter für den Käufer gestalten werden.

Anwendungsfall: Garantiemanagement

Beschreibung

Während manche Schäden (z. B. Wasserschäden bei Smartphones) durch klare Indikatoren am Gerät oder in der Software erkennbar sind, ist dies bei unsachgemäßer Benutzung meist schwierig nachzuweisen. Durch eine dezentrale Speicherung von Nutzungsdaten (z. B. Speicherzyklen von Batteriespeichern) kann eine unsachgemäße Nutzung festgestellt und die Frage bzgl. eines Garantie/Gewährleistungsfalls klar geregelt werden.

Anwendungsfall: LCA

Beschreibung

Durch eine lückenlose und manipulationssichere Dokumentation der Lieferkette, Erstellung, Nutzung, Wartung, Instandhaltung und der Vorbesitzer kann transparent eine LCA von komplexen Produkten erstellt werden. Eine Blockchain-Lösung kann hier eine transparente Grundlage liefern, LCA durchzuführen (vgl. Automobilindustrie).

Anwendungsfall: Total Cost of Ownership

Beschreibung

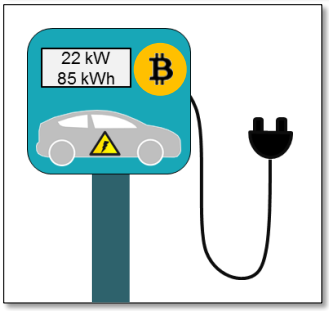
In Analogie zur transparenten LCA kann aus der Dokumentation von Wartungs-, Instandhaltungs- und Nutzungshistorie die TCO oder andere Vollkostenrechnungen abgeleitet werden.

4.8 Prozessautomatisierung & Optimierung

Die Blockchain-Technologie kann neben manipulationssicherer Dokumentation auch Prozesse automatisieren und ggf. optimieren. Dies ist insbesondere der Fall, wenn viele verschiedene Akteure Zugriff auf Prozesse oder Datenbanken benötigen oder Prozesse zwischen vielen Beteiligten abgewickelt werden müssen.

4.8.1 Einheitliche Abrechnung von Elektrofahrzeugen

Anwendungsfall: Einheitliche Abrechnung von Elektrofahrzeugen



Beschreibung

Mittels Blockchain-Technologie als gemeinsame Plattform für die Abrechnung, Datenhaltung und Vertragsverwaltung kann eine standardisierte Abwicklung von Ladevorgängen an öffentlichen und privaten Ladesäulen umgesetzt werden.

Potenzial

Der USP der BCT ist vor allem die einheitliche Datenhaltung, Vertragsabwicklung und Standardisierung.

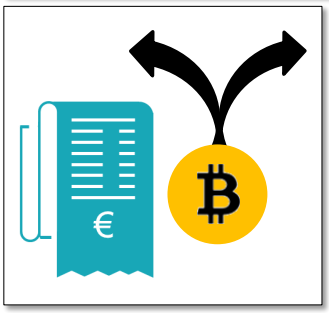
Die einheitliche Abrechnung von Ladesäulen ist heute oftmals nicht gegeben, bietet aber großes Potenzial, um v. a. die Akzeptanz und Standardisierung zu steigern. Doch die Standardisierung ist auch heute bereits ohne Blockchain weiter fortgeschritten als noch vor wenigen Jahren. So bietet ein Autohersteller bereits über einen Service an, an ca. 80 % aller öffentlichen Ladestationen (ca. 72.000 Ladepunkte) in 16 EU-Ländern zu laden. Die Abrechnung erfolgt jedoch noch zentralisiert über nur einen Vertrag mit einheitlichen Preismodellen. /ECOM-01 18/ Die Blockchain könnte dies anbieterübergreifend ermöglichen, durch ihre Sicherheitsaspekte Anmeldung und Registrierung europaweit erleichtern und so die Akzeptanz weiter steigern. Die Abrechnung muss dafür nicht über Kryptowährungen erfolgen.

Energierechtliche Hürden

Die Nutzung von Kryptowährungen als Ersatz für Bargeld ist nicht erlaubnispflichtig /SOMM-01 17/. Der gewerbliche Handel mit Kryptowährungen bedarf ggf. einer Erlaubnis der BaFin nach KWG /SOMM-01 17/. Kryptowährungen sind Rechnungseinheiten nach § 1 Abs. 11 Satz 1 KWG /EBA-01 14/.

4.8.2 Revenue Sharing

Anwendungsfall: Revenue Sharing



Beschreibung

In vielen (v.a. plattformbasierten) Geschäftsmodellen sind unterschiedliche Parteien und Akteure an der Wertschöpfung beteiligt. Dies beinhaltet Dienstleister, Hardware-Hersteller, Plattformbetreiber und oft mehrere Endkunden (vgl. Sharing Economy). Mittels Smart Contracts kann transparent die Aufteilung von Erlösen an den Geschäftsmodellen zwischen den Parteien vertraglich festgelegt und automatisiert ausgeführt werden. So kann eine klar geregelte Erlösaufteilung gewährleistet werden.

Potenzial

Die Anzahl pluralistischer Geschäftsmodelle mit vielen Partnern unterschiedlicher Wertschöpfungsstufen steigt durch die Möglichkeiten des digitalen Umfelds. Diesbezüglich muss es im Rahmen neuer Geschäftsmodelle zwischen den unterschiedlichen Akteuren klare Geschäftsbeziehungen geben. Das Potenzial für diesen Anwendungsfall ist branchenübergreifend und v. a. in Anwendungsfällen mit Mikrotransaktionen mit großem Potenzial behaftet.

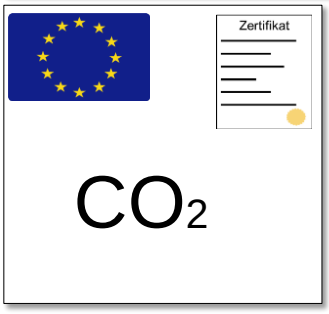
Die Blockchain zur Verteilung von Erlösen ist in vielen Branchen nutzbar.

Rechtliche Hürden

Hier stehen vor allem vertragliche Aspekte von Smart Contracts im Vordergrund – mehr dazu in Kapitel 7.3. Dieser Anwendungsfall ist energierechtlich realisierbar.

4.8.3 CO_2-Handel

Anwendungsfall: CO_2-Handel



Beschreibung

Emissionshandelssysteme können auf einer Blockchain abgebildet werden. In „cap-and-trade“ Systemen können so Zertifikate nach transparenten Kriterien ausgegeben und nachträglich gehandelt werden. In „baseline-and-credit“ Systemen können transparent einzelne CO_2-Produzenten automatisiert für ihre Emissionsreduktionen belohnt werden. Die Blockchain kann einen direkten Zusammenhang zwischen Energieerzeugung, -verbrauch und zugehörigen CO_2-Zertifikaten herstellen.

Potenzial

Das aktuelle EU-Emissionshandelssystem (European Union Emissions Trading System, EU ETS) umfasst 31 Länder (alle 28 EU-Länder sowie Island, Liechtenstein und Norwegen). Es begrenzt die Emissionen von mehr als 11.000 energieintensiven Anlagen und Luftfahrzeugbetreibern und deckt somit rund 45 % der Treibhausgasemissionen in der Europäischen Union ab. /EU-04 18/

Die BCT kann die Dokumentation der Zertifikatsnutzung transparent abbilden.

Die Verbuchung der Zertifikate läuft über ein rein elektronisches, einheitliches europäisches Register (Unionsregister) unter strengen Sicherheitsvorkehrungen. Im Register werden Zertifikate in elektronischen Konten erfasst. Der Handel der Zertifikate erfolgt wiederum über Börsen, Makler oder Over-the-Counter (OTC). Die Versteigerung kann dabei entweder auf einer gemeinsamen oder auch separaten nationalen Auktionsplattform erfolgen. Dabei existieren mehrere Marktplätze, an denen die Zertifikate bezogen bzw. veräußert werden können (z. B. European Energy Exchange (EEX), European Climate Exchange (ECX) oder Energy Exchange Austria (EXAA)). /EC-05 15/

Im Jahr 2015 betrug das durchschnittliche Handelsvolumen von Zertifikaten bzw. deren Derivaten ca. 26 Mio. Einheiten pro Tag. In Summe wurden demnach 6,6 Mrd. Zertifikate und deren Derivate im Gesamtwert von 49 Mrd. € gehandelt. /EU-03 13/

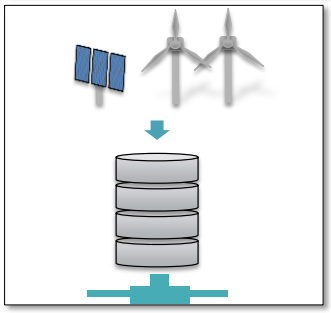
Das Potenzial ist aufgrund der großen Handelsvolumina und den Vor- und Nachteilen von Börsen und OTC-Handel grundsätzlich vergleichbar mit Abschnitt 5.2.3.1 und damit als hoch zu bewerten.

Rechtliche Hürden

Da es sich bei dem aktuellen EU-Emissionshandel um einen bereits streng definierten Prozess handelt, ist eine Umstellung auf ein neues technisches System mit entsprechenden Herausforderungen und Abstimmungsbedarf verbunden. Als europäische Rechtsgrundlage dient die Emissionshandelsrichtlinie (Richtlinie 2003/87/EG) /EU-01 03/, welche von den EU-Mitgliedstaaten wiederum in nationale Gesetze umgesetzt werden musste (in Deutschland im sog. Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz, TEHG /TEHG-01 08/).

4.8.4 Marktstammdatenregister

Anwendungsfall: Marktstammdatenregister



Beschreibung

Mit dem Marktstammdatenregister existiert ein umfassendes behördliches Register des Strom- und Gasmarktes, das von den Behörden und den Marktakteuren des Energiebereichs (Strom und Gas) genutzt werden kann. Dieses ist heute als normale Datenbank konzipiert. Nutzer tragen die Daten von Anlagen über ein Webportal ein. Dieses Register könnte auch transparent über die Blockchain verwaltet werden.

Potenzial

Die BCT kann als sichere und gemeinsame Datengrundlage dienen.

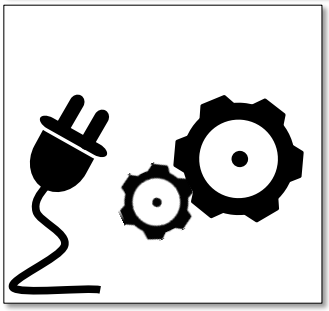
Mit der Bundesnetzagentur existiert eine vertrauenswürdige Partei (vgl. Abschnitt 3.2.1), die die Daten im offiziellen Marktstammdatenregister (MaStR) pflegt und die Datenhaltung betreibt. Eine Blockchain ist hier nur sinnvoll, wenn die Referenzprozesse des Marktstammdatenregisters etabliert sind und sich im Vergleich Vorteile z. B. bei Kosten, Sicherheit oder zeitlichen Verzögerungen ergeben. Dies ist heute noch nicht ersichtlich.

Energierechtliche Hürden

Die Verordnung über das zentrale elektronische Verzeichnis energiewirtschaftlicher Daten (Marktstammdatenregisterverordnung - MaStRV) ist am 1. Juli 2017 in Kraft getreten und beschreibt die Anforderungen und Ausgestaltung des Marktstammdatenregisters nach den Vorgaben in § 111e EnWG. Dort wird explizit die Bundesnetzagentur als Betreiber der elektronischen Plattform genannt. Eine dezentrale Umsetzung mittels Blockchain-Technologie würde rechtliche Anpassungen verlangen.

4.8.5 Automatisierte Netzzugangsbeantragung

Anwendungsfall: Automatisierte Netzzugangsbeantragung



Beschreibung

Der Antrag auf Netzzugang erfolgt anhand von Formularen beim zuständigen Anschlussnetzbetreiber. Das händische Ausfüllen der Unterlagen und die darauffolgende Verarbeitung der Daten führt oft zu Fehlern. Zudem liegt die Datenhoheit bei sehr vielen unterschiedlichen Akteuren, was zu Inkonsistenzen führen kann. Mittels eines Endgeräts, das automatisch alle notwendigen Daten ausliest, prüft und direkt auf eine einheitliche Blockchain-Plattform übermittelt, könnten die Prozesse transparent, standardisiert und automatisiert durchgeführt werden.

Potenzial

Für die Registrierung und den Netzzugang Strom gegen Entgelt werden üblicherweise definierte Bedingungen und Musterverträge von Seiten des Anschlussnetzbetreibers zur Verfügung gestellt. Teilweise ist die Anmeldung auch online möglich.

Mittels einer BCT-Plattform können die Prozesse standardisiert und automatisiert abgebildet werden.

Zudem besteht für Erzeugungsanlagen eine Meldepflicht im Marktstammdatenregister (MaStR), welches von der Bundesnetzagentur (BNetzA) gepflegt und betreut wird. Dieses öffentlich zugängliche Register wird in allen Meldeprozessen und Dokumentationspflichten Verwendung finden. Als zentraler Speicherort löst das MaStR insbesondere das seit 2009 geführte PV-Melderegister und das seit August 2014 geführte EE-Anlagenregister ab.

In Deutschland existieren aktuell 889 Stromnetzbetreiber und 731 Gasnetzbetreiber /BNETZA-17 18/ (Stand Mai 2018). Zwar ist der Prozess vereinheitlicht, allerdings könnte durch eine weitere Automatisierung (z. B. durch technische Hilfsmittel im Sinne eines einheitlichen Endgeräts) der Bedarf von Formularen bzw. händischer Eintragung obsolet werden.

Energierechtliche Hürden

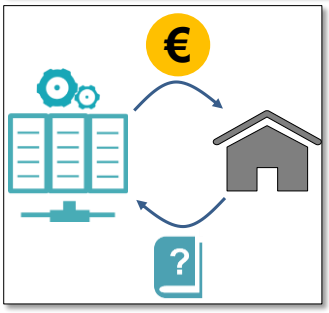
Betreiber von Energieversorgungsnetzen müssen gem. § 20 Abs. 1 EnWG „jedermann nach sachlich gerechtfertigten Kriterien diskriminierungsfrei Netzzugang (...) gewähren sowie (...) möglichst bundesweit einheitlicher Musterverträge (...) veröffentlichen. (...) Sie haben in dem Umfang zusammenzuarbeiten, der erforderlich ist, um einen effizienten Netzzugang zu gewährleisten. Sie haben ferner den Netznutzern „die für einen effizienten Netzzugang erforderlichen Informationen zur Verfügung zu stellen. Die

Netzzugangsregelung soll massengeschäftstauglich sein." Die förmliche Festlegung ist durch die Bundesnetzagentur vorgegeben (Az. BK6-13-042, Beschluss vom 16.04.2015).

Die Meldepflicht im Marktstammdatenregister ist in § 111e und § 111f EnWG definiert. Die genaue Ausgestaltung des Inhaltes der zu übermittelnden Daten und Verfahren der Datenübermittlung wird dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie übertragen.

4.8.6 Abrechnung von Meterdaten

Anwendungsfall: Abrechnung von Meterdaten



Beschreibung

Das Abrechnen von Meterdaten erfolgt heute über speziell entwickelte und vom BSI (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik) zertifizierte und komplexe Verfahren. Dies könnte auch mittels der Blockchain erfolgen und so ggf. vereinfacht werden.

Potenzial

Die Blockchain kann in Ländern ohne existierende Abrechnungslösung eine kostengünstige Alternative sein.

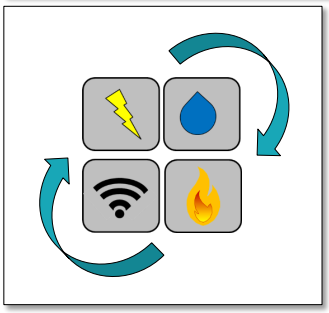
Grundsätzlich ist das Potenzial in Deutschland null, da die vom BSI entwickelte PKI die Grundlage für die Abrechnung darstellt. Die Entwicklung dieses Systems war sehr zeit- und kostenaufwendig und ist zum Zeitpunkt des Erstellens dieser Studie noch nicht abgeschlossen. In anderen Ländern ohne eine existierende PKI kann jedoch eine Blockchain eine günstige Lösung darstellen, Meterdaten abzurechnen. Speziell in Schwellen- und Entwicklungsländern kann dies im Falle einer Digitalisierung in Betracht gezogen werden.

Energierechtliche Hürden

Die BSI-Standards für die Abrechnung von Meterdaten sind sehr hoch. Die Standardisierung und Normung für Kommunikationsinfrastruktur ist grundsätzlich sehr langwierig und zum heutigen Zeitpunkt nicht abgeschlossen. Die rechtlichen Hürden in Deutschland sind somit sehr hoch, dies statt der PKI über eine Blockchain abzuwickeln. In anderen Ländern existieren andere oder keine Vorgaben. Hier kann vor Beginn der Planungen eine Blockchain durch ihre Eigenschaft „securtiy-by-design" Vorteile bringen.

4.8.7 Untertägiger Lieferantenwechsel

Anwendungsfall: Untertägiger Lieferantenwechsel



Beschreibung

Der Wechsel von Strom-/Gas-/Wasser-/Wärmeversorgern wurde in den letzten Jahren bereits durch Vergleichsportale sowohl übersichtlicher als auch automatisierter durchführbar. Da hoher Abstimmungsbedarf notwendig ist, dauert der Lieferantenwechsel allerdings üblicherweise bis zu 15 Arbeitstage. Mittels Blockchain-Technologie können die Wechselprozesse automatisiert und so auch in kürzeren Zeitintervallen (z. B. untertägig) ermöglicht werden. Dies ermöglicht neben individuellen Stromlieferverträgen und somit Kostenersparnis oder neue Dienstleistungen.

Potenzial

Der Lieferantenwechsel in Deutschland darf nach EnWG § 20a bis zu 3 Wochen in Anspruch nehmen und reizt diese Maximaldauer auch meist aus. Laut einer GfK-Umfrage ist die Bereitschaft, jährlich den Stromanbieter zu wechseln, mit ca. 20 % deutlich höher als die reale jährliche Wechselquote /BNETZA-122 17/. Diese liegt bei knapp 2 % /VUMA-01 17/. Durch einen optimierten Wechselprozess kann dieses Potenzial genutzt werden und mittels der Blockchain-Technologie der Prozess weiter verbessert werden.

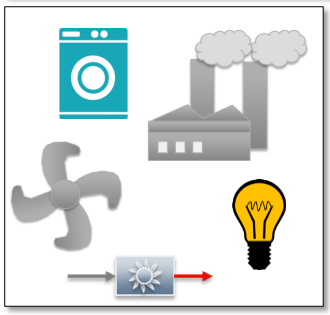
Die BCT bietet durch eine gemeinsame Datengrundlage Optimierung bei der Marktkommunikation.

Energierechtliche Hürden

Im Legislativpaket „Clean Energy for all Europeans“ des Europäischen Parlaments wird eine Handlungsempfehlung für politische Entscheidungsträger gegeben, wonach explizit ein täglicher Wechsel des Stromanbieters gefordert wird /EC-11 16/. Eine Novellierung der aktuellen Gesetzeslage ist daher sehr wahrscheinlich. Weitaus problematischer ist die grundsätzliche Vereinbarkeit von rechtsgültigen Verträgen im Allgemeinen (vgl. §§145 ff. BGB) und im Speziellen deren energiewirtschaftliche Anforderungen (§§ 40, 41 EnWG) mit der technischen Funktionalität der Blockchain-Technologie.

4.8.8 Asset-basierte Stromverträge

Anwendungsfall: Asset-basierte Stromverträge



Beschreibung

Stromlieferverträge sind im heutigen System i.d.R. an den Gesamtstromverbrauch eines Abnehmers gekoppelt. Stattdessen wäre es auch möglich, mittels der Blockchain-Technologie einzelnen Assets (z.B. Belüftungssystem, Druckluftsystem, Kühlsystem) mit eigenen, auf die Anlagen zugeschnittenen Stromverträgen auszustatten. Dies ermöglicht auch einen gezielteren Einsatz von Effizienz-Maßnahmen und Incentives zur Lastflexibilisierung.

Potenzial

Der Anwendungsfall hat grundsätzlich großes Potenzial, da v. a. in der Industrie einzelne Anlagen sehr unterschiedliche Lastkurven aufweisen und in unterschiedlichen Tarifen

Die BCT ermöglicht es, kleinteilige Vertragskonstrukte automatisiert abzubilden.

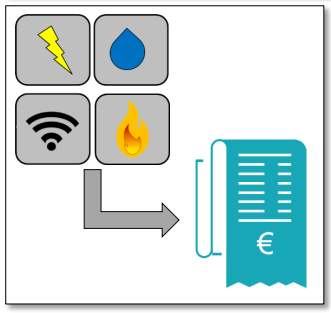
bessere Konditionen erhalten können. Grundlastfähige Anlagen bzw. diejenigen, die einer atypischen Netznutzung (§ 19 StromNEV) gerecht werden oder nach § 14a EnWG ein verringertes Netzentgelt erhalten, könnten so zusätzlich Strombezugskosten sparen. Dies ist jedoch nicht an die Blockchain-Technologie gekoppelt. Durch separate Marktlokationen und die notwendigen iMSys in Kombination mit einer Steuerbox oder CLS-fähigen Geräten sind auch heute bereits Asset-basierte Stromverträge möglich. Dieser Anwendungsfall wird v. a. dann interessant, wenn er mit untertägigem Lieferantenwechsel kombiniert wird und so untertägig je nach Auslastung für jedes Asset der beste Stromvertrag ausgewählt werden kann.

Rechtliche Hürden

Heute ist der untertägige Lieferantenwechsel aufgrund der definierten Prozesse und Formate noch nicht möglich. Asset-basierte Stromverträge sind jedoch bereits heute mit eigenem Zähler (MeLo) realisierbar.

4.8.9 Rechnungszusammenführung

Anwendungsfall: Rechnungszusammenführung



Beschreibung

Stadtwerke bieten häufig eine Reihe von Services, welche bisher getrennt voneinander aufgeschlüsselt werden. Um dies zu vereinfachen, kann die Blockchain-Technologie eine gesammelte Rechnung aller verbrauchten Güter und genutzten Services bereitstellen. Diese kann der Kunde im Sinne von „Einzelverbindungsnachweisen“ wie auf heutigen Telefonrechnungen über die Blockchain nachvollziehen.

Während dieser Dienst für Kunden grundsätzlich eine bessere Übersichtlichkeit gewährleistet, handelt es sich hier um keinen Anwendungsfall der Blockchain-Technologie, da die Rechnungen unternehmensintern auch ohne eine Blockchain zusammengestellt werden können.

4.8.10 Prozessoptimierung bei Interaktion mit Endkunden

Die BCT bietet eine Vielzahl an Anwendungsfälle, die branchen-übergreifend angewendet werden können.

Nachfolgend werden Anwendungsfälle beschrieben, die nicht direkt in der Energiewirtschaft einsetzbar sind. Daher wurde auf eine Darstellung in Steckbrief-Form verzichtet.

4.8.10.1 Qualitätssicherung Endkundenabrechnung

Durch die direkte Erfassung und Abrechnung des Verbrauchs von Endkunden werden nachträgliche Korrekturen vermieden. Dies führt zu reduziertem Aufwand und damit geringeren Kosten bei den beteiligten Akteuren.

4.8.10.2 Dokumentation von Energieeffizienz

Durch den Vergleich optimierter bzw. angepasster Lastgänge mit Referenzlastgängen können Energieeffizienzmaßnahmen erfasst und (gegenüber den Behörden) manipulationssicher dokumentiert werden, um erreichte Effizienzziele einwandfrei nachzuweisen.

4.8.10.3 Fördergelder für Energieeffizienz

Ist eine sichere und automatisierte Dokumentation mittels Blockchain realisiert (vgl. 4.8.10.2), kann ein automatisierter Nachweis der quantifizierten Einspareffekte zum Abruf von Fördermitteln gegeben werden.

4.8.10.4 Einspar-Contracting

Im Falle von Contracting kommt es zu Herausforderung bzgl. der Berechnungslogik, da sich ändernde Absatzzahlen, Temperaturverhältnisse oder weitere externe Faktoren in die Rechnung mit einbezogen werden können. Diese Berechnung kann über eine vorher vertraglich und über Smart Contracts festgelegte Berechnungslogik definiert werden und so Abstimmungsschwierigkeiten vorbeugen.

4.8.10.5 ÖPNV-Tarifierung

Die elektronische Abrechnung von Fahrkarten für öffentliche Verkehrsmittel kann mittels Blockchain potenziell einfacher und preisgünstiger umgesetzt werden. Dies ist gerade dann vorteilhaft, wenn unterschiedliche Anbieter unterschiedliche Tarifstrukturen anbieten. Die Blockchain kann eine einheitliche Basis darstellen, dies abzuwickeln oder zu standardisieren.

4.8.10.6 Anonyme Befragungen/Umfragen

Umfragen unter Kunden oder Mitarbeitern können über eine Blockchain-Lösung anonymisiert und sicher abgewickelt werden. Dadurch entfällt die Notwendigkeit, ein externes Unternehmen für die Durchführung einzubinden.

4.8.11 Prozessoptimierung bei internen Unternehmensvorgängen (branchenunabhängig)

Nachfolgend werden Anwendungsfälle beschrieben, die nicht direkt in der Energiewirtschaft einsetzbar sind. Daher wurde auf eine Darstellung in Steckbrief-Form verzichtet.

4.8.11.1 Kommunikation zwischen verschiedenen GmbHs der Stadtwerke

Diesem Anwendungsfall liegt der Gedanke zugrunde, gemeinsam genutzte Dokumente und Informationen sowie die zugehörigen Zugriffsrechte in einer Blockchain abzulegen. Im Idealfall verringert sich dadurch der Aufwand hinsichtlich IT-Administration bei gleichzeitig verbesserter Kommunikation.

4.8.11.2 Zugriffs- und Versionsdokumentation interner Dokumente

Die Dokumentation von Zugriffen und Änderungen ist auch im Rahmen der DSGVO notwendig.

Interne Dokumente, beispielsweise in Planungsprozessen, liegen häufig in verschiedenen Versionen vor und müssen von verschiedenen Personen bearbeitet werden. Mittels Blockchain kann fälschungssicher nachvollzogen werden, welche Änderungen zu welcher Zeit von wem durchgeführt wurden und welche Version des Dokuments draus entstanden ist.

4.8.11.3 Prozessdokumentation (Instandhaltung)

Instandhaltungsmaßnahmen werden u. a. durch SAP angestoßen. Dann erfolgt die Abrechnung und das Controlling. Im Nachhinein ist oft nicht mehr nachvollziehbar, warum welche Instandhaltungsmaßnahme durchgeführt wurde. Instandhaltungsstrategien und die Durchführung von Instandhaltungsmaßnahmen können in der Blockchain festgehalten werden, um nachträglich gegenüber mehrerer Beteiligter (Regulierer, Unterauftragnehmer, Controlling etc.) nachweisbar zu sein.

4.8.11.4 Interner Bestellprozess

Durch eine Blockchain kann ein interner Bestellprozess (Angebot → BANF → Bestellung → Auftragsbestätigung → Rechnungsstellung) verschlankt und transparenter gegenüber unterschiedlicher Beteiligter gestaltet werden. Auch können hier Entscheidungsprozesse verschiedener Verantwortlicher festgehalten bzw. deren Freigabe als automatisierter Anstoß für die Bestellung eingesetzt werden (vgl. MultiSig).

4.8.11.5 Speicherung von Kundendaten / Netzdaten

Eine dezentrale Speicherung von Kunden- und Netzdaten in einer Blockchain ermöglicht es potenziell, Änderungen nur einmal zentral durchzuführen und anschließend nachvollziehbar zu dokumentieren. Dies ist gerade dann sinnvoll, wenn bereits heute Kundendaten dezentral gehalten werden, jedoch unabhängig voneinander gepflegt werden.

4.8.11.6 Betriebsfahrten und Dienstreiseabrechnung

In größeren Unternehmen ist die Abrechnung von Betriebsfahrten und Dienstreisen teils umständlich. Die automatische Überprüfung der angegebenen Daten und digitalen Rechnungen ist je nach vorhandenem System zeitintensiv. Die Blockchain kann genutzt werden, um automatisiert und durch verschiedene Prüfungsstellen bestätigt, die Erstattung der entstandenen Kosten abzuwickeln.

4.8.11.7 Zutrittsberechtigung für Gebäude

Die Vergabe von Zutrittsberechtigungen für Gebäude kann mittels der Blockchain gespeichert werden, so dass nicht jedes Mal eine erneute Prüfung vor der Vergabe nötig ist. Dies ist vor allem in großen Unternehmen mit vielen verschiedenen externen Dienstleistern, Beratern oder Unterauftragnehmern geeignet, um durch unterschiedliche Stellen Zutrittsrechte zu gewähren. Dieser Anwendungsfall benötigt eine vollständige Digitalisierung der Eingänge betroffener Objekte.

4.8.11.8 Ideenmanagement

Durch eine Blockchain-Plattform könnte die transparente Erfassung von Ideen, Status und Gründen für eine Ablehnung durchgeführt und einheitlich den beteiligten Akteuren zur Verfügung gestellt werden. Auch Ideen für Patente oder schützenswertes geistiges Eigentum können über eine öffentliche Blockchain als Hash gespeichert werden, um langfristig die Urheberschaft nachweisen zu können. Dies kann u. a. gegen Industriespionage eingesetzt werden.

4.8.11.9 Inventarmanagement

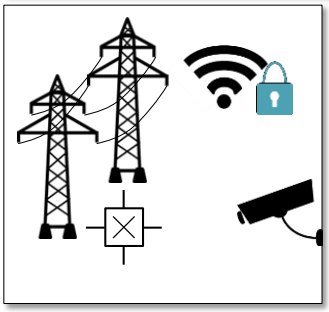
Auf einer Blockchain-Plattform könnte einheitlich erfasst werden, wo sich Inventar befindet, wer hierfür zuständig ist und von wo nach wo es ggf. transportiert wird. Die Blockchain dezentralisiert die Verwaltung.

4.9 Sonstige

Neben den Anwendungsfällen in den zuvor genannten Kategorien bestehen noch einige spezielle Use Cases, die nicht direkt in die gewählte Kategorisierung passen und deshalb im Folgenden beschrieben werden.

4.9.1 Sichere IoT-Kommunikation

Anwendungsfall: Sichere IoT-Kommunikation



Beschreibung

Die zunehmende Digitalisierung schließt auch die sichere Datenintegration aus dezentralen Sensoren und anderen IoT-Geräten mit ein. Diese können genutzt werden, um Messwerte (z. B. Spannung, Strombelastung, Witterungsbedingungen) auch von abgelegenen Regionen manipulationssicher und zuverlässig zu übertragen. In großen Flächennetzen mit geringer Mobilfunk-Abdeckung können mittels Blockchain auch Mesh-Netzwerke von Sensoren abgesichert und so die Fehlersuche erleichtert sowie Zeitsynchronität und Datenkonsistenz gewährleistet werden.

Potenzial

Mit zunehmender Digitalisierung und vermehrtem Einsatz von Sensorik steigt auch das Potenzial für die Absicherung von IoT-Geräten.

Das Internet der Dinge wird als breiter Anwendungsfall der BCT gehandelt.

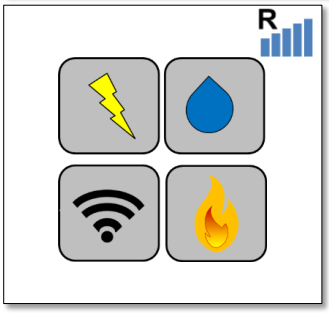
So ist das Freileitungsmonitoring bereits eine vielfach genutzte und kostengünstige Alternative zum Netzausbau. Bisher wurde der Durchhang von Freileitungen auf spezielle Witterungsverhältnisse dimensioniert, die so jedoch nie oder nur sehr selten auftreten. Durch bessere Belüftung oder geringere Temperaturen entlang der gesamten Freileitung kann mehr Energie über die vorhandenen Betriebsmittel geleitet werden. Dafür werden jedoch zuverlässige Witterungsbedingungen aus Sensoren entlang der gesamten Freileitung benötigt, um nicht in einzelnen Abschnitten Sicherheitsvorschriften zu verletzen. /FFE-15 17/, /FFE-74 17/

Rechtliche Hürden

Diese können je nach Einsatzart variieren. Vor allem in Bezug auf kritische Infrastrukturen oder schützenswerte Daten gelten die Vorschriften des BSI. /BSI-01 17/

4.9.2 Roaming des Energievertrages

Anwendungsfall: Roaming des Energievertrages



Beschreibung

Während Energieverträge heute an den jeweiligen Zählpunkt gekoppelt sind, könnten diese mittels Blockchain auch über virtuelle Zählpunkte abgewickelt oder in Echtzeit der Lieferant an der jeweiligen Marktlokation gewechselt werden. Kunden können so ihren Energieversorger auch bspw. mit in den Urlaubsort nehmen. Dies ist v. a. im Kontext von Elektromobilität für Kunden interessant, da hier häufig an fremden Ladesäulen geladen wird. Der Kunde behält durch diese Lösung immer den eigenen Tarif zu den bekannten Konditionen (z. B. auch Ökostrom).

Potenzial

Virtuelle Zählpunkte können eine Alternative zum Energievertrag-Roaming sein.

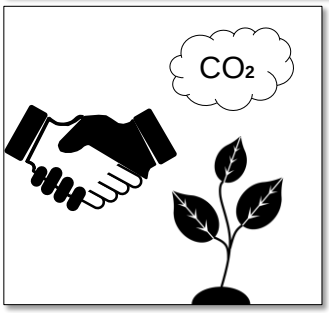
Durch ein zunehmend mobiles Leben muss auch die Stromversorgung mit dieser Entwicklung Schritt halten. Eine flächendeckende Ladesäuleninfrastruktur ist ein potenzieller und stetig wachsender Markt für ein sog. „Energy Roaming“. Aufbauend auf der identischen Wechselarchitektur wie der Use Case „untertägiger Lieferantenwechsel“ ist das Vertragsroaming eine Erweiterung des Lieferantenwechsels. Prinzipiell wird zwei Konzepten ein hohes Potenzial attestiert. Dabei kann, direkt dem Beispiel des untertägigen Lieferantenwechsels folgend, ein Vertrag für ein einmaliges Event (Ladevorgang Elektroauto) geschlossen werden oder rein bilanziell der bestehende Vertrag zu einer MeLo „mitgenommen“ und im Nachgang abgerechnet werden.

Energierechtliche Hürden

Die derzeitige Vertragslage sieht den Vertragsschluss zwischen Stromanbieter und Anschlussnutzer vor. Für einmalige Ereignisse oder die Einführung virtueller Zählpunkte müsste zudem das aktuelle Vertragsrecht hinsichtlich Kündigungsfrist und Vertragsdauer novelliert werden. Eine weitere zu betrachtende rechtliche Einschränkung ist die korrekte Abrechnung des Netznutzungsentgelts, das beim jeweiligen Netzbetreiber, in dessen Netzgebiet die Entnahmestelle liegt, erfolgt.

4.9.3 Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung (CDM)

Anwendungsfall: Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung (CDM)



Beschreibung

Im Rahmen des Clean Development Mechanism (CDM) können in Entwicklungsländern Maßnahmen zur Emissionsminderung umgesetzt werden. Die so generierten Einsparungen werden zertifiziert und können auf Reduktionsziele in Industrieländern angerechnet werden. Eine Hürde für die Teilnahme sind heute v. a. die hohen Transaktionskosten, die kleine Projekte wirtschaftlich ausschließen. Die Blockchain kann eine Lösung bieten, auch kleine Projekte durch reduzierte Transaktionskosten und geringeren Prüfungsaufwand zu realisieren.

Potenzial

Clean Development Mechanism (Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung, CDM) sind in Art. 12 des Kyoto-Protokolls definiert. /UN-01 98/ Die durch ein CDM-Projekt erzielten Emissionseinsparungen werden zertifiziert und können anschließend als Minderungszertifikaten „Certified Emission Reductions" (CER) von Industriestaaten zur Zielerreichung genutzt werden. Die genauen Bedingungen des CDM legte das Übereinkommen von Marrakesch fest.

BCT kann einen Mehrwehrt bei länderübergreifenden Prozessen bieten.

Eine Herausforderung stellen hohe spezifische Transaktionskosten für die Projektvorbereitung, Validierung und Registrierung dar. Dies führte bislang dazu, dass CDM hauptsächlich Anwendung bei Großprojekten fand. /UNF-02 18/ Seit 2007 können sog. Programmes of Activities (PoAs) registriert werden. Unter diesen versteht man eine Vielzahl von Einzelmaßnahmen, die in einem übergeordneten Programm zusammengefasst werden. Da die Einzelmaßnahmen relativ kleinteilig sind gibt es kaum wirtschaftliche Möglichkeiten sie in ein klassisches CDM-Projekt einzubeziehen. /BMU-02 18/, /UNF-02 18/ Auch deshalb ist die Bilanzierung der Einsparungen bei diesen Prozessen aufgrund mangelndem Nachweis einer Referenz relativ fehleranfällig. Zum aktuellen Stand (6.7.2018) wurden über den Anpassungsfonds der Clean Development Mechanisms 38.271.844 CER erstellt und gehandelt /UNF-02 18/. Da die Preise derzeit relativ niedrig sind, entwickeln sich die CDM-Aktivitäten unter aktuellen Rahmenbedingungen rückläufig. /EEX-04 17/, /UNF-02 18/

Regulatorische Hürden

CDM-Projekte müssen durch ein Gremium geprüft und zugelassen werden, um angerechnet werden zu können. Der Rechtsrahmen des EU Emissionshandelssystems wurde Anfang 2018 für seinen nächsten Handelszeitraum (Phase 4) überarbeitet. Daher besteht voraussichtlich wenig Spielraum für eine weitere Anpassung zur Umsetzung mittels einer Blockchain-Lösung, falls diese konkrete regulatorische Anpassungen verlangt. Nichtsdestotrotz werden aktuell Ansätze einer Blockchain-Umsetzung diskutiert. /RIT-01 18/

4.9.4 Verbrauchsverhalten von Elektrofahrzeugen

Anwendungsfall: Verbrauchsverhalten von Elektrofahrzeugen

Beschreibung

Der Dieselskandal im Jahr 2017 hat aufgezeigt, dass Verbrauchsanzeigen und Stickoxidwerte von Autoherstellern nicht der Praxis entsprechen. Die Blockchain-Technologie könnte z. B. bei Elektrofahrzeugen eingesetzt werden, um deren Laufleistung sowie Energieverbrauch zu dokumentieren. So kann eine aussagekräftige Energieverbrauchsprognose erstellt werden bzw. durch neutrale Dritte reale Verbräuche manipulationssicher ausgewiesen werden.

Potenzial

Das Potenzial dieses Anwendungsfalles ist prinzipiell gering, da kaum Mehrwert durch die Blockchain geschaffen werden kann. Bessere Verbrauchswerte können auch durch verbesserte Tests und Prüfungen der dafür zuständigen Institutionen geschaffen werden.

4.10 Überblick der Anwendungsfälle

Insgesamt wurden 91 Anwendungsfälle im Rahmen des Projektes identifiziert.

Insgesamt konnten im Rahmen des Projektes 91 Anwendungsfälle der Blockchain-Technologie identifiziert werden. Im Anschluss an die Workshops wurden alle gesammelten Anwendungsfälle näher durch die Autoren betrachtet und diejenigen ohne direkten oder indirekten Bezug zur Energiewirtschaft verworfen. Des Weiteren wurden zu unternehmensspezifische bzw. diejenigen Anwendungsfälle, die der Geheimhaltung unterliegen, nicht weiterverfolgt.

Die im vorhergehenden Kapitel dargestellten 82 Anwendungsfälle stellen die Grundlage der nachfolgend betrachteten Auswertungen dar. Diese Anwendungsfälle waren jedoch teilweise nicht bzgl. ihrer Blockchain-Tauglichkeit bzw. bzgl. ihres Potenzials zu bewerten (vgl. Kapitel 4.8.10 und Kapitel 4.8.11), da den Autoren dieser Studie keine weiterführenden Informationen zu den jeweiligen Anwendungsfällen vorlagen oder die Anwendungsfälle zwar Relevanz für energiewirtschaftliche Akteure aufweisen, diese jedoch nur indirekt mit Energiewirtschaft zu tun haben (vgl. Prozessdokumentation, Kommunikation und ÖPNV-Tarifierung). Abzüglich dieser Anwendungsfälle konnten insgesamt 76 Anwendungsfälle näher betrachtet werden.

Im nachfolgenden Kapitel sollen die dargestellten Anwendungsfälle ausgewertet werden, um auf Implikationen für die Energiewirtschaft rückschließen zu können.

4.10.1 Sinnvoller Einsatz der Blockchain-Technologie

Die identifizierten Use Cases wurden anhand der skizzierten Methode individuell bewertet. Abbildung 4-2 ist zu entnehmen, wie die Zusammensetzung der analysierten Anwendungsfälle durch die Autoren und in den Workshops bewertet wurden.

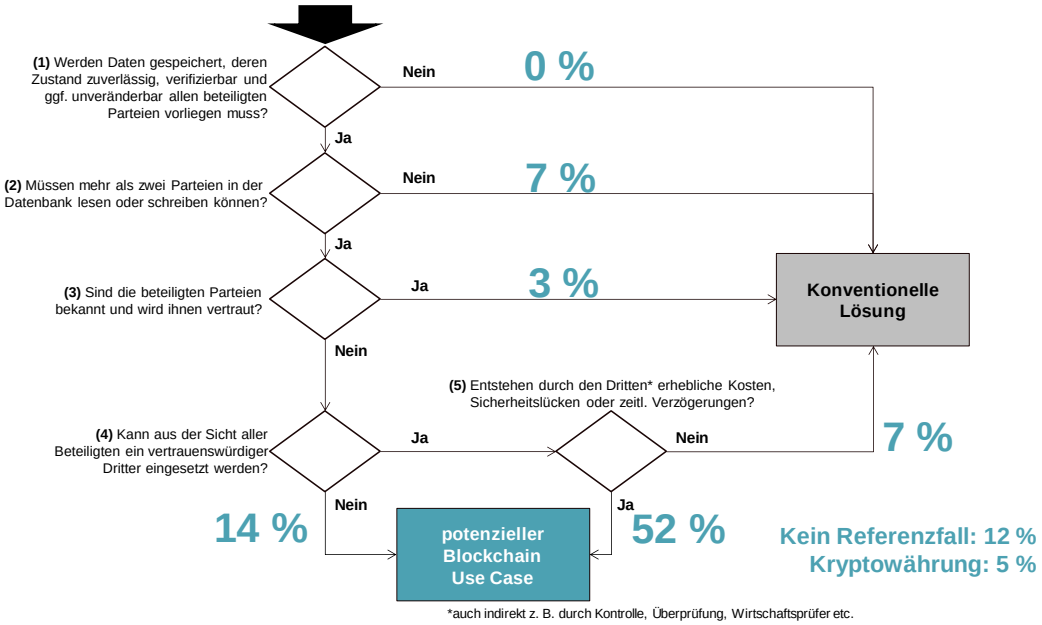


Abbildung 4-2: Zusammensetzung der Anwendungsfälle im Projekt

Grundsätzlich lässt sich konstatieren, dass lediglich 17 % der betrachteten Anwendungsfälle eindeutig für eine konventionelle Lösung statt einer Blockchain-Lösung sprechen. Dies liegt u. a. daran, dass im Rahmen der Workshops immer die Grundlagen der Blockchain-Technologie sowie ihre Stärken und Schwächen aufgezeigt wurden. Diese Use Cases umfassen u. a. das Inventarmanagement, TCO und LCA-Berechnungen, die im Rahmen des Asset Managements eingesetzt werden können.

Eine Herausforderung im Projekt bestand in der Bewertung von Schritt 4. Hier wurden alle Anwendungsfälle, die heute bereits ohne Blockchain nutzbar sind, mit „Ja" beantwortet. V. a. Anwendungsfälle im Rahmen des Asset Managements (vgl. manipulationssichere und unabhängige Dokumentation von Assets) wurden hier als Bereiche identifiziert, in denen kein vertrauenswürdiger Dritter eingesetzt werden kann. Vor allem im Falle von Prozessverbesserungen oder durch die Blockchain neu geschaffene Möglichkeiten im Rahmen eines bereits bestehenden Systems (vgl. Herkunftsnachweisregister) sind Anwendungsfälle bereits heute ohne Blockchain in ähnlicher Form realisiert. Dies impliziert, dass es bereits vertrauenswürdige Dritte geben muss. Beispiele hierfür sind:

- Labeling von Öko-und Regionalstrom durch das Umweltbundesamt (geregelt durch das HkRNDV)
- Car-Sharing mit Privatfahrzeugen (z. B. durch den Anbieter drivy)
- P2P-Stromhandel (als Dienstleistungsmodell, vgl. Kapitel 5.2.3.2) durch Anbieter wie enyway und buzzn

- Asset-Sharing-Plattformen wie AirBnB (Wohnraum), RelayRides (Privatfahrzeuge), Liquid (Fahrräder), Fon (Wifi)

Im Schritt 5 (Kosten, Sicherheitslücken, zeitliche Verzögerungen) konnten häufig Prozessineffizienzen identifiziert werden. Dies ist u. a. im Bereich des HKNR der Fall, in dem Kleinstanlagen aufgrund der Limitierung eines Nachweises auf 1 MWh nicht partizipieren können und Abstimmungsprozesse großen bürokratischen Aufwand nach sich ziehen. Auch im Bereich des Lieferantenwechsels sind heute zeitliche Verzögerungen aufgrund existierender Prozesse gegeben (Details siehe Abschnitt 5.4.1). Hier sind auch Anwendungsfälle vorhanden, die vor allem von der gesteigerten Transparenz profitieren. Dies kann ggf. Reportingpflichten und Transaktionskosten zwischen unterschiedlichen Akteuren direkt oder indirekt reduzieren.

Eine grundsätzliche Herausforderung bestand jedoch häufig darin, dass heutige Referenzprozesse noch nicht oder nur ungenügend effizient digitalisiert sind. Die Methodik weist dahingehend Schwächen auf, da sie nicht klar zwischen fehlender Digitalisierung oder ineffizient realisierten Prozessen und den Wertversprechen der Blockchain differenziert. Die Auswertung zeigt demzufolge eher auf, dass in der Prozessdigitalisierung grundsätzlich noch Effizienzpotenziale zu heben sind. Losgelöst von der Blockchain-Technologie.

Eine klare Aussage zur Eignung der Blockchain-Technologie kann nur erfolgen, wenn die Referenzprozesse ausreichend effizient digitalisiert sind und die Blockchain aufgrund ihrer individuellen Wertversprechen noch weitere Vorteile bringt. Hierzu sind weiterführende Detailbetrachtungen nötig, die große Prozesskenntnis erfordern und aufgrund des Umfangs der Anwendungsfälle im Rahmen dieser Studie nicht durchgeführt werden konnten.

In 5 % der Fälle war eine Bewertung mittels der Methodik nicht notwendig, da die Blockchain nicht zur Datenhaltung, sondern alleine in ihrer Funktion als Kryptowährung genutzt wird.

In 12 % der Anwendungsfälle handelt es sich um neue Ansätze, für die kein Referenzprozess analysiert werden konnte. Ob in diesem Fall ein vertrauenswürdiger Intermediär die Prozesse effizient, sicher und kostengünstig abwickeln kann war hier nicht zu bewerten. In diesen Fällen ist im Rahmen einer möglichen Umsetzung eine Blockchain als Alternative im Zuge des Entwicklungsprozesses zu prüfen.

4.10.2 Potenzialbewertung und energierechtliche Umsetzbarkeit

Das theoretische Potenzial der identifizierten Anwendungsfälle ist relativ hoch.

Im Rahmen der Use Cases Bewertung wurde im Anschluss an die Bewertung des sinnvollen Einsatzes eine erste qualitative Einordnung des theoretischen Potenzials der Blockchain-Technologie im jeweiligen Anwendungsfall vorgenommen. Diese graphische Auswertung in Abbildung 4-3 zeigt, dass das theoretische Potenzial in einem ersten Schritt in der Regel als „Mittel“ und „Hoch“ zu bewerten ist. Dies lässt jedoch keinerlei Rückschlüsse auf das technische, wirtschaftliche oder praktische Potenzial zu, die je nach Regulatorik oder Kosten der Infrastruktur bzw. der Blockchain-Technologie auch vernachlässigbar gering sein können. Zudem lässt sich daraus nicht ableiten, ob die potenziellen Wertversprechen des jeweiligen Anwendungsfalls tragfähige

Geschäftsmodelle ermöglichen. Diese Bewertung ist im Rahmen dieser Studie nicht erfolgt. Ein Ausblick diesbezüglich anhand des Smart Meter Rollouts erfolgt in Kapitel 6.2.

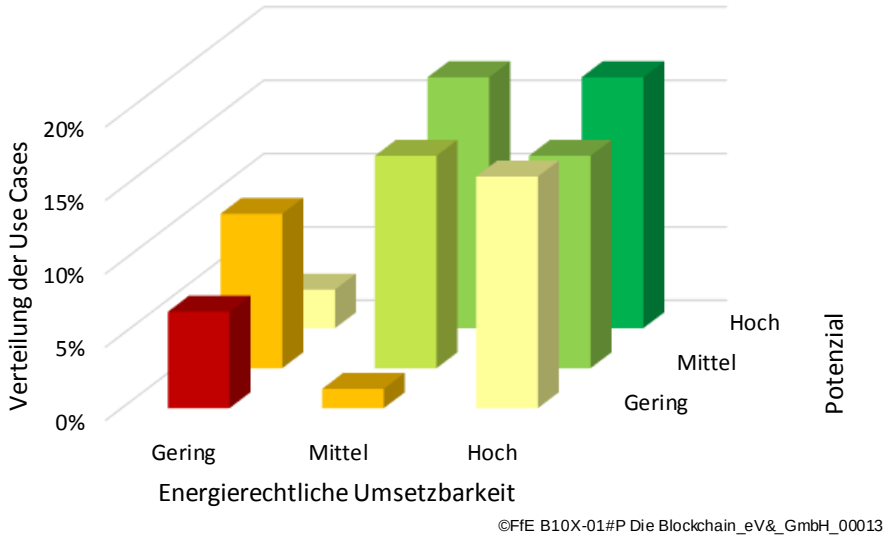


Abbildung 4-3: Rechtliche Umsetzbarkeit und Abschätzung des Potenzials der identifizierten Anwendungsfälle

Rechtliche Hürden erschweren den Einsatz vieler Anwendungsfälle, machen dies jedoch nicht unmöglich.

Eine erste energierechtliche Einordnung zeigt, dass nur wenige Anwendungsfälle (ca. 20 %) aus Sicht des Energierechts nicht realisierbar sind, das realisierbare Potenzial eines Großteils von Anwendungsfällen jedoch aufgrund rechtlicher Hürden erschwert ist. Dies ist beispielsweise im Falle des Labelings von Energiemengen der Fall. Während das theoretische Potenzial alle Erzeugungs- und Verbrauchsanlagen umfasst, engen Energierechtliche Hürden (vgl. u. a. das Doppelvermarkungsverbot) und technische Restriktionen (vgl. fehlender Smart Meter Rollout) dieses sehr stark ein. Dies gilt u. a. auch für den P2P-Handel, der aufgrund starker regulatorischer Vorgaben nur schwer ohne einen Dienstleister realisierbar ist (vgl. Kapitel 6.2).

Zudem bestehen zu den hier betrachteten energiewirtschaftlichen Hürden allgemeine und Use Case-übergreifende Hürden (z. B. Datenschutz) der Blockchain-Technologie, die im Rahmen des Abschnitts 7 |Übergeordnete rechtliche Herausforderungen zusätzlich betrachtet werden, in Abbildung 4-3 jedoch keine gesonderte Betrachtung fanden.

4.10.3 Use Cases je Wertschöpfungsstufe

Bei der Bewertung der Use Cases ist nicht nur entscheidend, welche Potenziale und rechtlichen Hürden diese aufweisen, sondern auch deren Einordnung in die Wertschöpfungskette. Diese gibt eine erste Indikation, für welche Unternehmen die Blockchain-Technologie besondere Bedeutung z. B. im Wettbewerb haben kann. Im Zuge dieser Bewertung wurden alle Anwendungsfälle bzgl. ihres Einflusses auf die in der Standardisierung nach /CENE-01 14/ verwendeten Domains zugeordnet. Diese umfassen „Generation, Transmission, Distribution, Distributed Energy Ressource (DER) und Customer Premises“. Letztere wurde noch unterteilt in “Private Customers” und “Commercial Customers”, um Haushaltskunden von gewerblichen Kunden unterscheiden zu können. Zusätzlich wurde die Wertschöpfungsstufe „Sales/Trade“ hinzugefügt

Beispiel: Der Anwendungsfall „Labeling von Ökostrom“ umfasst erzeugungsseitig die Domänen „Generation“ und „DER“, da sowohl große Erzeugungsanlagen (ggf. Kohle- oder Atomkraftwerke) als auch kleine Erzeugungsanlagen an diesem System teilnehmen können. Darüber hinaus können alle Verbrauchsanlagen (privat/gewerblich) an einem solchen System partizipieren. Je nach Ausgestaltung des Systems (vgl. Mehrwertdienstleistung eines EVU) betrifft dieser Use Case entweder direkt oder indirekt auch den Handel/Vertrieb.

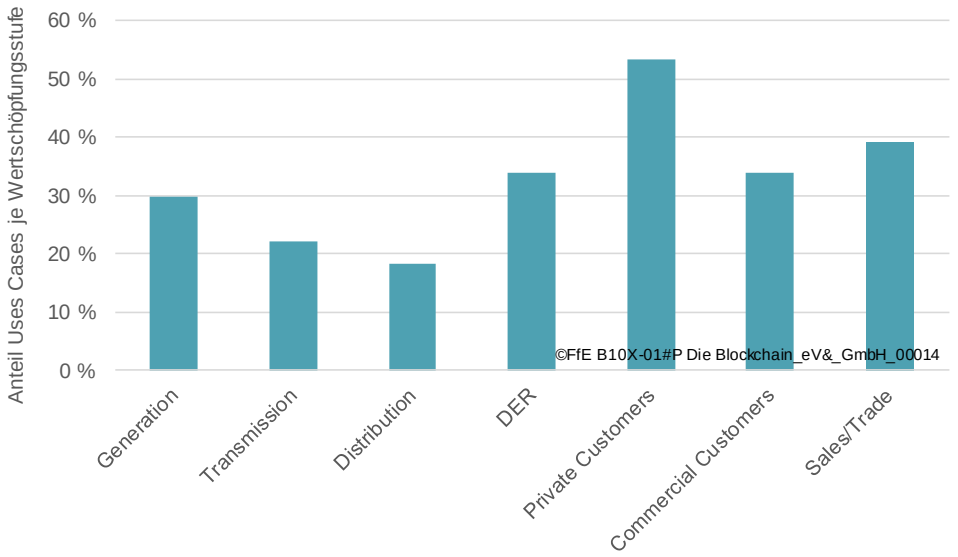


Abbildung 4-4: Use Cases je Wertschöpfungsstufe

Das Potenzial der BCT liegt v. a. im Bereich dezentraler Erzeuger und Verbraucher.

Abbildung 4-4 zeigt, dass die Stärke der Blockchain-Technologie vor allem im Bereich kleinteiliger Erzeuger und Verbraucher liegt. Hier insbesondere im Kontext der privaten Letztverbraucher. Dies spiegelt auch die Fähigkeiten der Technologie wieder, in einem verteilten Systemkontext eine gemeinsame Datengrundlage für vielfältige Anwendung zu bieten.

Die Relevanz der Blockchain für einzelne Wertschöpfungsstufen wird im nachfolgenden kurz anhand der relevanten Anwendungsfälle dargestellt. Dabei handelt es sich um eine Zusammenfassung der identifizierten Use Cases. Nicht alle dieser Use Cases können alleine durch die Blockchain-Technologie gewährleistet werden, die Anwendungsfälle profitieren jedoch stark von den Wertversprechen der Technologie und konnten im vorangehenden Kapitel als potenzielle Anwendungsfälle der Blockchain identifiziert werden.

Generation

Bei großen Erzeugern entfaltet die Blockchain ihr Potenzial im Zusammenhang mit dem Labeling und dem Asset Management. Bezogen alleine auf große Kraftwerke (v. a. Wasserkraft) ist eine Blockchain-Lösung für Labeling v. a. eine Alternative zum Herkunftsnachweisregister des Umweltbundesamtes und bringt vor allem Steigerung der Transparenz und Effizienz (siehe Abschnitt 5.1.2). Die großen Potenziale für neue Geschäftsmodelle/Mehrwertdienste liegen hier erst in der Erschließung kleiner Erzeuger und Verbraucher.

Die Blockchain-Technologie kann auch bei großen Pumpspeichern oder Batteriespeichern eingesetzt werden, um Anteile an der Speicherkapazität an Endkunden zu vermieten und so virtuell deren Eigenverbrauch zu erhöhen (vgl. Asset Sharing).

Stromify bietet am Silvretta-Speicher ein System des „Speicher-Sharings" bereits ohne BCT an.

Im Zusammenhang mit dem Asset Management ist vor allem bei großen Kraftwerken eine lückenlose Dokumentation elementar. Dies kann vor allem in Atomkraftwerken eine große Rolle spielen, da hier oft Intransparenz unterstellt wird. Die technischen und messbaren Ereignisse und Meldefristen sind hier klar geregelt und umfassen neben der Freisetzung radioaktiver Stoffe, Schäden am Primärkreis, Kühlmittelleckagen, Funktionsstörungen oder Ausfälle während des Betriebes auch Schäden an druckführenden Elementen, Ausfälle der Überwachungs- und Kühleinrichtungen bzw. Lücken bei Prüfvorschriften und ähnlichem. /ATSMV-01 10/ Die Blockchain kann hier einen Mehrwert bzgl. der lückenlosen Dokumentation und der umgehenden Meldung von Ereignissen liefern.

Des Weiteren spielen Kraftwerksdaten generell eine große Rolle bei „technischen due-dilligence-Prüfungen" im Rahmen von Konzernübernahmen oder Eigentumsübergängen im Zuge des Verkaufes einzelner Assets oder Sparten. Die Blockchain-Technologie kann hier potenziellen Käufern schnell, einfach und lückenlos die notwendigen Daten für eine Überprüfung bereitstellen.

Großkraftwerke können zudem im Kontext von Zertifikaten (vgl. EU ETS) in Echtzeit Zertifikate über ihre erzeugte Energiemenge auf einer Blockchain-Plattform handeln. Bezogen auf die gesamte europäische Union kann auch hier eine Blockchain-Lösung eine gemeinsame Grundlage für die Zusammenarbeit bieten und die Integrität und Transparenz des Systems gesteigert werden.

Transmission/ Distribution

Die Netzbetreiber spielen in Anwendungsfällen in vielen Fällen eine untergeordnete, wie die Auswertung in Abbildung 4-4 zeigt. Die Stärke für die Netzbetreiber liegt einerseits in einer Prozessoptimierung (vgl. Lieferantenwechsel oder die Abrechnung von Systemdienstleistungen) oder der Transparenz bzgl. Regelleistungserbringung auch durch Aggregatoren. Sie können die Daten auf einer Blockchain-Plattform aktiv nutzen, um Prognosen oder die Abrechnung von EE-Anlagen zu verbessern.

Dezentrale Flexibilitätsmärkte bieten vor allem einen Vorteil für Verteilnetzbetreiber, da sie hier – analog zu den Regelleistungsmärkten der ÜNB – die Möglichkeit erhalten, Netzengpässe im Verteilnetz zu lösen. Für Übertragungsnetzbetreiber bieten Flexibilitätsmärkte die Möglichkeit, marktbasierten Redispatch zu betreiben oder das Angebot für Systemdienstleistungen zu erhöhen, um so langfristig die Kosten zu senken.

Systeme zur Erschließung dezentraler Flexibilität werden u. a. im Projekt C/sells entwickelt.

DAO für Leitungsvorhaben bieten eine Möglichkeit zur Steigerung der Partizipation beim Ausbau der Netzkapazitäten und steigern die Transparenz für die Wahl eines Korridors v. a. beim Übertragungsnetzausbau.

Im Zusammenhang mit Herkunftsnachweisen oder Labeling können die Stromflüsse an Netzgrenzkuppelstellen digital eingesetzt werden, um in einem Echtzeithandel von Zertifikaten bzw. Herkunftsnachweisen Limits bezüglich des Im-/Exports zu setzen. Dies ist vor allem deswegen wichtig, da hier eine deutliche Diskrepanz zwischen physikalisch und zertifikatsbasiertem Stromimport besteht und so die Realität nicht ausreichend abgebildet wird.

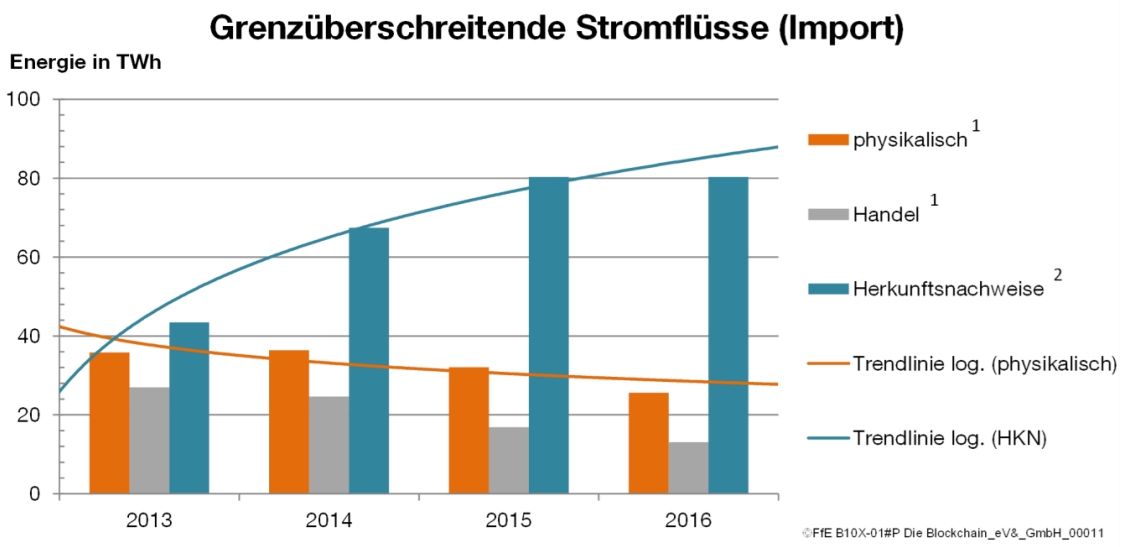


Abbildung 4-5: Grenzüberschreitende Stromflüsse, Import. [1] /BNETZA-19 14/, /BNETZA-18 14/, /BNETZA-01 15/, /BNETZA-01 16/, /BNETZA-01 17/; [2] /UMWE-01 17/

Auch Netzbetreiber können die Anwendungsfälle des Asset Managements nutzen und beispielsweise Assets versichern oder Wartung und Instandhaltung gegenüber dem Regulator nachweisen und so gewisse regulatorische Nachweispflichten einhalten. Durch die Abbildung von Netzdaten in einer Blockchain kann zudem die automatisierte Berechnung von Netzparametern erfolgen (vgl. SAIDI/SAIFI) und das „principal-agent Problem" in der Regulierung reduziert werden. Die Informationsasymmetrie zwischen Monopolisten und Regulierer ist ein Nachteil bei kostenbasierten Regulierungsansätzen, da der Regulierer über eine unvollständige Kenntnis der Kostenstruktur des Monopolisten verfügt. Dieser kann theoretisch seinen Informationsvorsprung ausnutzen, um Gewinne zu maximieren. /BOET-01 14/ Durch eine transparente Abbildung der Geschäftsprozesse und Strukturdaten von Monopolisten kann dieser Informationsvorsprung reduziert und die Regulierung transparenter gestaltet werden. Auch können so die Kostenprüfung in der Anreizregulierung und die Kosten für Wirtschaftsprüfung potenziell reduziert werden. Detailliertere Untersuchungen sind im Rahmen dieser Studie diesbezüglich nicht durchgeführt worden.

Distributed Energy Resources (DER)

Die Stärke der Blockchain-Technologie entfaltet sich vor allem im Zuge einer zunehmend dezentralen Erzeugungslandschaft. Während das bisherige System der Energieversorgung auf die Erzeugung durch Großkraftwerke in hohen Spannungsebenen ausgelegt war, spiegeln eine Vielzahl an Prozessen und regulatorischen Vorgaben die evolutionäre Änderung des Energiesystems noch nicht in effizienter Form wider. Dies ist u. a. im Herkunftsnachweisregister zu erkennen, welches einen Herkunftsnachweis auf eine Megawattstunde limitiert hat. Für kleine, dezentrale Erzeugungseinheiten, die ggf. primär für Eigenverbrauch genutzt werden, ist dies faktisch ein Ausschlusskriterium, obwohl diese Gruppe einen großen und nachhaltigen Beitrag zur erneuerbaren Erzeugung leisten.

Auch stellt sich im Rahmen des Ausbaus erneuerbarer Energien die Frage nach dem Umgang mit Kleinstanlagen nach dem Auslaufen der Förderung durch das EEG.

Die Blockchain kann vor allem im Rahmen des P2P-Handels eine Lösung bieten, direkt zwischen kleinteiligen Erzeugern und Verbrauchern Energiemengen zu handeln und so Börsen und Energieversorger handelsseitig zu umgehen. Das Labeling von Energiemengen bietet zudem die Möglichkeit, weitere Informationen mit der physikalischen Lieferung zu koppeln und Letztverbrauchern einen informatorischen Mehrwert zu bieten. Für die Betreiber und Einsatzverantwortlichen von DER bedeutet dies potenziell neue Vermarktungsmöglichkeiten. Im Gegensatz zu Verbrauchern, die ihren Strommix über Blockchain-basierte Labeling-Portale frei wählen können, entsteht für DER die Möglichkeit der Verwendungsbindung. Dies ermöglicht z. B. Solidarstromprodukte oder die kostengünstige Belieferung von gezielten Verbrauchern (vgl. Freunde, Bekannte oder das eigene, entfernt stehende Elektrofahrzeug).

Durch die Möglichkeiten zum Crowdfunding und Sharing dieser Anlagen über Blockchain-Plattformen können zudem die Partizipationsmöglichkeiten auch für kleine finanzielle Beiträge geschaffen werden und anteilig der Eigenverbrauch an gemeinsam finanzierten Anlagen genutzt werden. So kann beispielsweise ein in der Umgebung (< 4,5 km) ansässiger Verbraucher einen Teil einer Solar-Anlage käuflich erwerben und den so erzeugten Strom stromsteuerbefreit verbrauchen. Den manipulationssicheren und zeitdiskreten Nachweis liefert die Blockchain-Technologie.

Ein weiterer, bereits praktizierter Anwendungsfall ist die Nutzung von vor Ort produziertem Strom für das Mining von Kryptowährungen (vgl. BPU - Blockchain Power Unit). Dieser energieintensive Prozess erfordert günstige Strompreise, um im internationalen Wettbewerb bestehen zu können. Dies kann entweder eine Lösung statt der Abregelung von EE-Anlagen durch Netzengpässe im Rahmen des Einspeisemanagements sein oder eine wirtschaftliche Lösung für den Weiterbetrieb von Anlagen nach dem Auslaufen des EEG darstellen. Obwohl derzeit noch keine breite Adaption von alternativen Konsensmechanismen in bestehenden Kryptowährungen zu sehen ist, gibt es aktuell durchaus starke Signale aus der Entwickler-Community, die darauf zielen den energieintensiven Proof-of-Work perspektivisch zu ersetzen. Eine belastbare Investitionsrechnung ist daher aktuell nur schwer möglich. /FFE-04 18/, /ETHN-01 16/, /BITF-01 15/

Das Thema Asset Management ist eine Gruppe von Anwendungsfällen, die auch im Rahmen von DER zum Einsatz kommen kann. Hier steht vor allem der Nachweis bzgl. des Herstellers im Vordergrund, um etwaige Garantiefälle vom Eigenverschulden des Betreibers unterscheiden zu können und den Weiterverkauf der Anlage durch die lückenlose Dokumentation von Wartung und Instandhaltung zu verbessern. Auch können durch die so generierten Daten auch Kleinstanlagen gegen Ausfälle oder Schäden versichert werden.

Customer Premise

Private Letztverbraucher sind, bezogen auf die im Projekt ermittelten Anwendungsfälle, die größte Zielgruppe. Aufgrund des basisdemokratischen Gedankens und der Eigenschaft der Blockchain-Technologie P2P-Interaktionen zu ermöglichen, entstehen hier eine Reihe von neuen Möglichkeiten, die Rolle der Letztverbraucher zu stärken.

Die Anwendungsfälle umfassen sowohl den direkten Handel zwischen dezentralen Erzeugern und Letztverbrauchern (P2P-Handel) als auch größere Wahlfreiheit und Mitbestimmung im Zuge der Energiewende. Dies kann durch das Crowdfunding

erneuerbarer Energien ebenso erfolgen wie die gemeinsame Nutzung von Ressourcen oder das Konzept „Nutzen statt besitzen“ im Rahmen der Sharing Economy und der Collaborative Consumption.

Eine große Gruppe von Anwendungsfällen stellt das sog. „Labeling“ von Energiemengen dar. Hier werden Energiemengen mit zusätzlichen Informationen (z. B. Erzeugungsart, -ort) in relativer Echtzeit auf einer Blockchain abgebildet und bieten so Endkunden einen Informationsgewinn und eine Möglichkeit zur Willensbekundung hinsichtlich ihres Strommixes oder bzgl. der Verwendungsbindung ihres selbst erzeugten Stromes. Daraus können neue Formen des Miteinanders entstehen und sog. Energie-Communities das „Miteinander“ fördern. Durch die so gewonnenen Daten und Präferenzen der Kunden können neue Zubauregionen für erneuerbare Energien identifiziert und so der Ausbau der erneuerbaren Energien bottom-up gestärkt werden.

Prozesse der Marktkommunikation können durch die Blockchain-Technologie verändert werden und so beispielsweise auch den untertägigen oder sogar augenblicklichen Lieferantenwechsel ermöglichen. Dies schafft neue Möglichkeiten z. B. für das Roaming des Energievertrages im Rahmen von Elektromobilität und ermöglicht mehr Freiheiten und Selbstbestimmung für diejenigen Kunden, die diese wahrnehmen möchten.

Private Letztverbraucher bekommen zudem die Möglichkeit, durch die Teilnahme an DAO oder ICO aktiv Produkte oder Entscheidungen mitzubestimmen und so einen Beitrag zur Energieversorgung zu leisten.

Viele dieser Konzepte sind nicht alleine für den Strommarkt denkbar, sondern können teils analog auf den Gas- und Wärmemarkt übertragen werden.

Die Blockchain kann einen Beitrag dazu leisten, Flexibilität, die durch Elektromobilität, Wärmepumpen, Speicher und Nutzerverhalten einen wertvollen Beitrag zur Energiewende leisten kann, zu erschließen. Auf Flexibilitätsmärkten eingesetzt kann sie als Produkt gehandelt und z. B. von Netzbetreibern zur Lösung von Netzengpässen kontrahiert werden. Des Weiteren kann durch diese Technologie in Parkhäusern, Parkplätzen oder Quartieren eine dezentrale Lösung zum Handel von Ladeleistungen geschaffen werden, die die Kosten des Netzausbaus langfristig innerhalb gesetzter Grenzen hält.

Eine große Zahl von Anwendungsfällen bezieht sich auch auf die Elektromobilität. Diese können einerseits im Rahmen von Carsharing oder dem Teilen von Ladeinfrastruktur im Zusammenhang mit der Sharing Economy genutzt werden oder durch den sofortigen Lieferantenwechsel den eigenerzeugten Strom bzw. den individuellen Lieferanten an jeder Ladesäule nutzen. Letzteres Konzept ermöglicht die Entkoppelung von Ladeinfrastruktur und Energieversorgung und ermöglicht theoretisch den Ausbau dieser durch Netzbetreiber. Dies wäre eine Lösung um den Ausbau der Ladeinfrastruktur voran zu treiben und die Assets (Ladesäule) unabhängig vom Vertrieb (Stromlieferung)

Im Rahmen einer neutralen und manipulationssicheren Dokumentation der Nutzung sowie Wartung und Instandhaltung von Assets (z. B. Elektrofahrzeuge und Batteriespeicher) kann die Blockchain zudem im Falle der Beweislastumkehr (i. d. R. 6 Monate nach Kauf eines Assets) die Rolle des Käufers stärken.

Dieser Anwendungsfall ist vor allem auch für gewerbliche und industrielle Verbraucher von Interesse. Diese können nicht nur energiewirtschaftliche Daten ihrer Assets in einer

Blockchain hinterlegen, sondern das Asset Management auch z. B. auf ihre übrigen Produktionsanlagen ausweiten.

Im Rahmen des „Labelings" von Energieflüssen wäre es für Gewerbe und Industrie von Interesse, Stoffströme über die Sektorgrenzen hinweg zu überwachen. So kann beispielsweise lückenlos dokumentiert werden, dass erzeugte Produkte gewisse Anforderungen bzgl. der Nachhaltigkeit einhalten. Auch der Ankauf regional erzeugter Energie oder die Vermietung von Kapazitäten eigener Speichersysteme z. B. an Wochenenden kann sowohl aus Kosten- als auch aus Sicht der Akzeptanz einen Vorteil generieren.

Durch den untertägigen Lieferantenwechsel können Unternehmen ihren Energielieferanten je nach Auslastung und konjunktureller Lage frei wählen und entsprechend ihrem prognostizierten Energieverbrauch anpassen. Auch ist es denkbar, statt eines EVU als Lieferanten eine Erzeugungsanlage direkt auszuwählen, um Kostenvorteile der P2P-Interaktion zu nutzen.

Auch der Kauf und Verkauf von Zertifikaten (EU ETS) kann über eine Blockchain-Lösung (ggf. automatisiert) abgewickelt werden.

Sales/Trade

Vertrieb und Handel stehen in einem ambivalenten Verhältnis zur Blockchain-Technologie. Einerseits sind viele Anwendungsfälle eine potenzielle Gefahr für heutige Handelsaktivitäten, da z. B. ein P2P-Handel die klassischen Kernkompetenzen im Handel substituieren könnte. Andererseits stellt die Blockchain auch eine Chance dar, Kunden echte Mehrwertdienste und Zusatzservices anzubieten. Dies kann unternehmensindividuell erfolgen, in Form von White-Label-Lösungen oder in Kooperation verschiedenster Akteure auf einer gemeinsamen Plattform.

Eine Identifikation potenzieller Geschäftsmodelle ist im Rahmen dieser Studie nicht vorgesehen, wird jedoch in den Bewertung ausgewählter Anwendungsfälle (Kapitel 5.1 und Kapitel 5.2) näher beschrieben.

4.10.4 Bedeutung von iMSys für die Anwendungen der Blockchain-Technologie

Die Datenintegration von energiewirtschaftlich relevanten Daten wird näher in Kapitel 6.1 beschrieben. Dabei ist jedoch entscheidend, dass die geeichten modernen Messeinrichtungen und BSI-konformen Smart Meter Gateways eine sichere und abrechnungsrelevante Grundlage für die Blockchain darstellen. /BSI-04 18/

Auch wenn neben iMSys weitere Möglichkeiten existieren, die Daten in eine Blockchain zu übertragen und die iMSys-Architektur durch ihren grundlegenden Aufbau gewisse Hürden für eine Blockchain-Implementation aufweist, ist sie doch eine geeignete Lösung für die Datenintegration. Dies liegt vor allem daran, dass es sich um standardisierte, geschützte, geeichte und abrechnungsrelevante Daten, Geräte und Schnittstellen handelt, die im besten Fall (in Zukunft) bereits beim Kunden installiert sind. Die Entwicklung und Installation von Parallelinfrastruktur ist in der Regel deutlich teurer und ineffizienter als die Nutzung vorhandener Geräte.

Mehr als die Hälfte der identifizierten Anwendungsfälle würde von einer iMSys-Anbindung profitieren.

Die Auswertung der Anwendungsfälle in Abbildung 4-6 zeigt, dass in allen Bereichen der energiewirtschaftlichen Wertschöpfungskette die Digitalisierung von Erzeugungs- und Verbrauchswerten mittels iMSys eine Grundlage darstellt. Der Anteil der Anwendungsfälle mit iMSys als Grundlage (in der jeweiligen Wertschöpfungsstufe) ist vor allem im Bereich der Distributed Energy Resources (DER) und der privaten Letztverbraucher groß, da dies auch die Gruppen sind, auf die der Großteil der Anwendungsfälle abzielt (vgl. Kapitel 4.10.3). Der geplante Rollout von iMSys ist jedoch gerade im letzteren Kundensegment optional und somit ein Hemmnis für ca. 2/3 aller Blockchain-Anwendungsfälle im Endkundensegment.

In anderen Bereichen ist keine Digitalisierung von Messwerten notwendig, so dass hier keine iMSys notwendig sind (vgl. alle Use Cases mit Kryptowährungen, Asset Sharing, Crowdfunding).

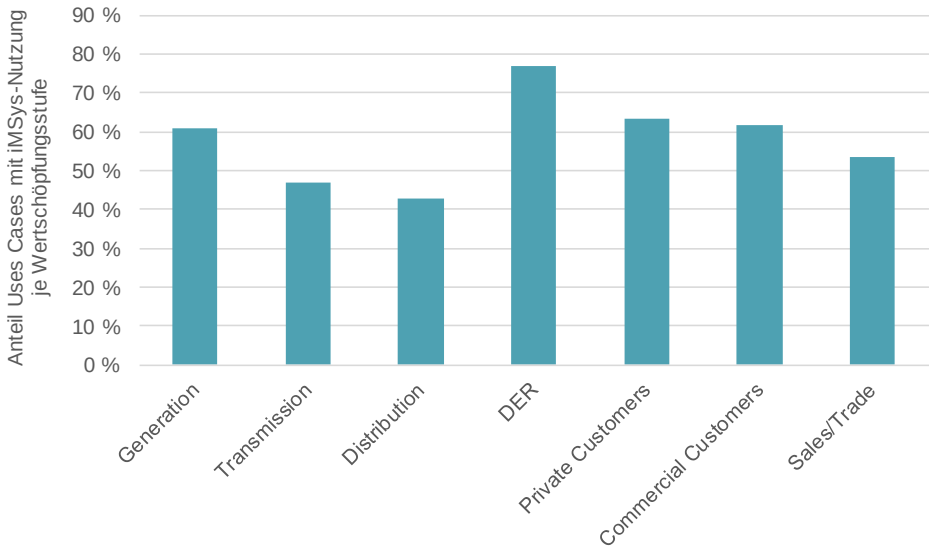


Abbildung 4-6: Anteil der Use Cases je Wertschöpfungsstufe, die iMSys nutzen können

5 | Bewertung und Beschreibung ausgewählter Anwendungsfälle

Im nachfolgenden Kapitel werden ausgewählte Anwendungsfälle detaillierter beschrieben. Die Auswahl der Use Cases wurde auf Basis der Analysekriterien „Potenzial“ und „rechtliche Umsetzbarkeit“ (vgl. Kapitel 4.10) im gemeinsamen Workshop zusammen mit den Projektpartnern getroffen. Besonderer Wert wurde dabei auf die Nutzung von Synergieeffekten gelegt.

Dabei wird für jeden Anwendungsfall ein Überblick über die Referenzprozesse gegeben, der Einsatz der Blockchain-Technologie beschrieben und der Geschäfts- und Handlungsnutzen übersichtlich dargestellt. In einer individuellen Detailbewertung erfolgen spezifische Bewertungen u. a. einer potenziellen technischen Umsetzung, des Potenzials und rechtlicher Herausforderungen.

5.1 Anwendungsfall: Labeling-Plattform

Der Anwendungsfall des Labelings von Energie auf Basis der Blockchain-Technologie hat viele Ausgestaltungsmöglichkeiten. Die Grundidee ist gleich: Eine lückenlose Dokumentation garantiert die Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Stromherkunft. Besonders vor dem Hintergrund der Integration erneuerbarer Energien ist ein hoch auflösendes und transparentes Nachweissystem sinnvoll, da Verbrauchern transparent dargestellt werden kann, woher ihre Energiemengen stammen.

Die aktuelle Stromkennzeichnung mittels Herkunftsnachweisen legt zugrunde, dass Erzeugungsgänge weitestgehend repetitiv und prognostizierbar sind. So bilden aktuell lange Bilanzierungszeiträume die Grundlage für die Ausweisung von Energieträgern und Erzeugungsarten /BMWI-03 05/, /BMWI-23 14/ und stehen damit einer Abbildung volatiler Energiemengen entgegen. Das System gibt dem Letztverbraucher keine Information über räumliche oder zeitliche Disparitäten von Erzeugung und Verbrauch im jeweiligen Zeitschritt. Aufgrund dieser geringen Auflösung und des geschlossenen Systems der Herkunftsnachweise ist es nicht möglich, Mehrwertdienste oder zusätzliche Dienstleistungen diesbezüglich anzubieten.

Das derzeit verwendete System der Herkunftsnachweise ermöglicht nur eine sehr geringe Auflösung.

Die Konzeptionierung neuer Produkte auf Basis eines Nachweises via Blockchain verspricht daher nicht nur vermarktungsrelevantes Potenzial. Auf dieser Basis können zeitliche Abläufe hochauflösend dokumentiert, Transaktionen auf Basis von Smart Contracts automatisiert, Lieferketten und Erzeugungswege transparent dargestellt und Vertrauen geschaffen werden. Zudem kann jeder Akteur auf einer Plattform für die Stromkennzeichnung eigene Dienstleistungen entwickeln und individuell der jeweiligen Kundengruppe anbieten. Dabei kann die Blockchain als grundlegende Infrastruktur disintermediär wirken und Systemschnittstellen minimieren. Auch die Position des Letztverbrauchers kann dadurch gestärkt werden und es ihm ermöglichen, durch Kaufentscheidung und Konsumverhalten einen positiven Einfluss auf die (Entwicklung der) Stromerzeugung auszuüben.

Die transparente Vermarktung von Ökostrom ist eine mögliche Anwendung der Labeling-Plattform.

Eine Labeling-Plattform könnte die Grundlage für eine Mehrzahl spezifischer Tarife sein: energieträgerspezifisch, auf Basis einer regionalen Vermarktung, unter Berücksichtigung von Energiespeichern und für den Ökostromnachweis. Für eine Ausgestaltung eines ex-post-Nachweises, d. h. einer Zuordnung „im Nachhinein" übermitteln die teilnehmenden Akteure ihre tatsächlichen Daten über verbrauchte, erzeugte und gespeicherte Energiemengen pro Zeiteinheit, welche via Blockchain eindeutig und unmittelbar einander zugeordnet werden. Akteure können dabei einzelne Erzeugungsanlagen (z. B. PV-Anlagen, Windparks, Biomasse-Kraftwerke etc.) sowie auch Verbraucher (z. B. Haushalts-, Industriekunden) oder Speicher sein.

Im Nachfolgenden wird die Vermarktung von Ökostrom exemplarisch für die Vielzahl der Ausgestaltungsmöglichkeiten auf Blockchain-Basis untersucht. In Deutschland besteht bereits ein breites Angebot von Ökostromprodukten. Durch die aktuelle Systematik der Stromkennzeichnung und den entkoppelten Handel von Herkunftsnachweisen ist jedoch keine direkte zeitliche und regionale Zuordnung von Erzeugung und Verbrauch möglich. Mit der Blockchain-Technologie ist ein anlagenscharfer Nachweis nicht nur ex post über Zertifikate, sondern auch in relativer Echtzeit möglich. Energieversorger können ihren Kunden so einen individuellen Nachweis über die gelieferte Energiemenge manipulationssicher und transparent bieten. Die Ausgestaltungsmöglichkeiten sind vielfältig und können z. B. zur Vermarktung von erneuerbarem Strom, zur Kennzeichnung von Speicherinhalten oder auch für eine explizit regionale Vermarktung herangezogen werden.

5.1.1 Beschreibung des Referenzprozesses

Der Prozess der Ökostrom-Zertifizierung ist nach aktueller Regulatorik komplex. Der tatsächliche Weg von der Stromerzeugung bis zu einem zertifizierten Stromtarif beim Endkunden involviert unterschiedliche Parteien und Prozessschritte. Dadurch entstehen viele Schnittstellen zwischen den Akteuren und ein erhöhter bürokratischer Aufwand zieht lange Bilanzierungszeiträume und Mehrkostenaufwand nach sich.

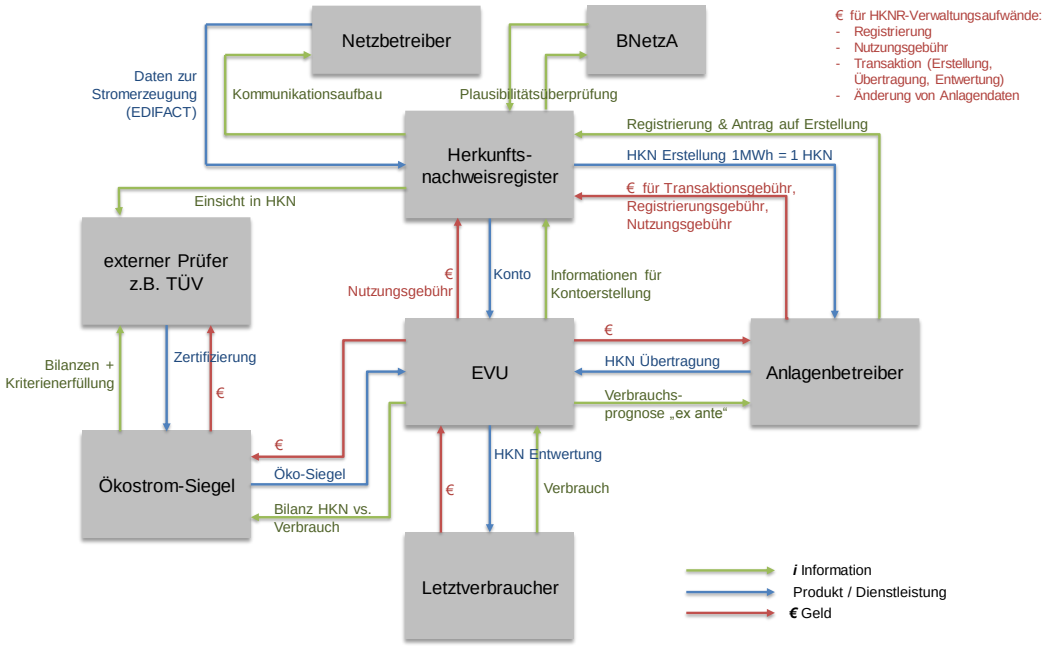


Abbildung 5-1: e³-value-Modell der Zertifizierung von Ökostrom

Abbildung 5-1 zeigt anhand des e³-value-Modells eine Unterteilung der Prozesse in drei Ebenen:

1. Erzeuger – EVU – Verbraucher
2. Behördlich geführtes Herkunftsnachweisregister
3. Ökostrom-Gütesiegel externer Vergabestellen

Die Stromkennzeichnung ist europaweit geregelt.

Grundsätzlich ist die Stromkennzeichnung seit 2003 europaweit gesetzlich vorgeschrieben. In Deutschland ist sie maßgeblich in § 42 EnWG definiert. Demnach ist ein Elektrizitätsversorgungsunternehmen dazu verpflichtet, dem Letztverbraucher einmal im Jahr den Anteil der einzelnen Energieträger an dem Gesamtenergieträgermix, den der Lieferant im letzten oder vorletzten Jahr verwendet hat, anzugeben. Die Energieträger werden unterschieden nach: „Kernkraft, Kohle, Erdgas und sonstige fossile Energieträger, erneuerbare Energien, finanziert aus der EEG-Umlage [...], sonstige erneuerbare Energien." /BMWI-03 05/

Daraus sind drei entscheidende Faktoren für die Kennzeichnung von Strom aus erneuerbaren Energien abzuleiten:

1. Die Bilanzierung bzw. der Nachweis wird über die gesamte Gruppe der Letztverbraucher eines jeweiligen Lieferanten (ggf. je Tarifgruppe) abgewickelt.
2. Der Nachweis ist nicht zeitscharf, sondern entspricht einem Bilanzzeitraum von 12 Monaten.
3. Der Strom aus erneuerbaren Energien wird wie nachfolgend erklärt in zwei Kategorien unterschieden.

EE-Strom wird nach Vermarktungsweg unterschieden.

Die Stromkennzeichnung des erneuerbaren Stroms im speziellen wird in § 78 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) geregelt. Dort wird dieser differenziert nach Strom aus „Erneuerbaren Energien, finanziert aus der EEG-Umlage" und „Strom aus Erneuerbaren Energien nach sonstiger Vermarktung". Ersterer wird auf der Stromrechnung mit dem entsprechenden Hinweis auf das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) eines jeden EEG-Umlage zahlenden Endverbrauchers anteilig ausgewiesen. Das erfolgt unabhängig von dem gewählten Stromtarif des Letztverbrauchers und dem Strombezug des Lieferanten. Gemäß § 78 Absatz 1 EEG ist dieser unmittelbarer Bestandteil der ausgewiesenen Strommenge. Der tatsächliche Strombezug des Lieferanten bildet den übrigen Anteil der Stromkennzeichnung. In diesen fällt der Nachweis über den Bezug von Erneuerbaren Energien nach sonstiger Vermarktung. /BMWI-23 14/ Für die Kennzeichnung von regenerativ erzeugtem Strom, der keine Förderung nach dem EEG erhält, ist die Entwertung von Herkunftsnachweisen im Herkunftsnachweisregister erforderlich. Für geförderte Strommengen hingegen werden keine Herkunftsnachweise ausgestellt.

5.1.1.1 Herkunftsnachweisregister

Das nationale Herkunftsnachweisregister, betrieben durch das Umweltbundesamt, führt Buch über die erzeugten und entwerteten Herkunftsnachweise (HKN) und registriert bzw. aktualisiert die Besitzverhältnisse. Ein Herkunftsnachweis wird auf Antrag erstellt und entspricht dabei stets einer Megawattstunde. Zur Nutzung des Registers ist die Registrierung aller Nutzer obligatorisch. Für die Registrierung und Nutzung des Registers werden Gebühren erhoben, die maßgeblich von der Aktivität des Nutzers abhängen.

Ist ein Anlagenbetreiber erfolgreich registriert, werden HKN mit spezifischen Informationen erstellt. Als Datenlieferant für die Erstellung dienen die Netzbetreiber. Nach Kommunikationsaufbau durch das HKNR werden die Daten im Standard-Marktformat EDIFACT dem Registerführer übermittelt. Der Anlagenbetreiber kann nun die an ihn ausgestellten HKN an einen anderen registrierten Marktteilnehmer (z. B. Elektrizitätsversorgungsunternehmen) weiterveräußern. Dies geschieht entkoppelt von einem Liefervertrag. Die Übertragung muss dem Register für eine Validierung gemeldet werden (nicht in Abbildung 5-1 dargestellt). Auf Beantragung kann das EVU die HKN im Sinne der Stromkennzeichnung für Letztverbraucher entwerten lassen. Jeder dieser Schritte stellt einen Verwaltungsaufwand dar, für den Gebühren beim Registerführer zu entrichten sind. /UMWE-01 14/

Das Herkunftsnachweisregister ist zwar ein ausschließlich national geführtes Register, der Handel mit HKN ist jedoch lediglich an den europäischen Handelsraum gebunden. Somit kann ein EVU Nachweise im europäischen Ausland beziehen, muss diese jedoch für die Nutzung zur Stromkennzeichnung in das nationale Register aufnehmen lassen. /UMWE-01 14/ Die Schnittstelle zwischen zwei unterschiedlichen nationalen Registern wurde zur besseren Übersicht nicht in die Darstellungen nach e^3-Value-Modell in Abbildung 5-1 mit aufgenommen.

Das Register und damit der Handelsweg der Herkunftsnachweise sind für Außenstehende nicht einsehbar. Grundsätzlich steht das Umweltbundesamt für die Überprüfung und Richtigkeit des Herkunftsnachweisregisters ein. Dazu werden mit Hilfe von Daten der Bundesnetzagentur (BNetzA) unregelmäßige und punktuelle Plausibilitätsprüfungen getätigt. /UBA-03 18/ Das bedeutet jedoch, dass die Tätigkeiten der Lieferanten im Register für den Letztverbraucher grundlegend intransparent sind. Aufgrund dessen gibt es eine zusätzliche Zertifizierungsebene in Form von Gütesiegeln. Diese dienen als vertrauensschaffende Instanz und werden von externen Dritten vergeben. Sie überprüfen die Tätigkeiten und Bilanzen der EVUs auf Grundlage selbstdefinierter Kriterienkataloge. Einige Siegelvergabestellen lassen dabei die von ihnen definierten Kriterien wiederum von externen Prüfern validieren. Sie haben über Sondernutzerkonten Einsicht in das Herkunftsnachweisregister /UMWE-01 14/. Die Zertifizierung mit einem Ökostrom-Siegel wird dem EVU nach Prüfung in der Regel für 12 Monate ausgestellt und kann in Kombination mit einem Ökostrom-Tarif gemeinsam vermarktet werden. Dafür entrichtet das EVU eine jährliche Gebühr, welche degressiv mit der zertifizierten Strommenge gestaltet ist.

Für den Letzverbraucher ist der aktuelle Prozess nicht transparent.

5.1.1.2 Ökostrom-Gütesiegel

Die Anbieter von Ökostrom-Siegeln treten als unabhängige Dritte auf, die durch Prüfung der Elektrizitätsversorgungsunternehmen und durch die Vergabe eines Siegels Vertrauen schaffen sollen.

Neben der bloßen bilanziellen Überprüfung der beworbenen Tarife setzen die verschiedenen Siegel Standards und Kriterien für dessen Vergabe, um einen ökologischen Mehrwert zu garantieren /VZN-01 16/. Die Situation auf dem europäischen Zertifikatmarkt zeigt, dass mehr Strom aus erneuerbaren Energien erzeugt als explizit nachgefragt wird. /KÖP-01 17/, /UBA-11 14/, /VZN-01 16/ Eine bloße bilanzielle Umverteilung ohnehin vorhandener Anlagen ist damit nicht auszuschließen. An dieser Stelle kommen die etablierten Ökostrom-Siegel zum Einsatz, in denen überprüft wird, ob neben der Stromkennzeichnung mit HKN weitere Kriterien, wie z. B. ein Mindestanteil von Neuanlagen erfüllt wird.

Ökostrom-Siegel können eine Entscheidungshilfe für den Letztverbraucher bei der Auswahl des Energieversorgers und des Stromtarifes geben. Indem Ökostrom-Label von unabhängigen Organisationen vergeben werden, erhält der Verbraucher eine größere Sicherheit über den angebotenen Stromtarif des Energieversorgers. Anders als beispielsweise bei Bio-Lebensmitteln gibt es auf dem Ökostrom-Markt jedoch kein staatliches Label mit klaren Kriterien. Somit definiert jeder Herausgeber selbst, was aus seiner Sicht einen „Ökostrom“ ausmacht. Die Kriterien für die Label-Vergabe sind daher sehr unterschiedlich und werden immer wieder überarbeitet. Einige Auswahlkriterien werden innerhalb der Branche seit Jahren kontrovers diskutiert. Für Verbraucher ergibt sich somit ein sehr unübersichtliches Bild: Einerseits gibt es Ökostrom-Label, um die Orientierung zu erleichtern, andererseits droht die Vielzahl der unterschiedlichen Zertifikate genau dieses Ziel wieder zu konterkarieren. Für einen Laien ist es kaum möglich, die unterschiedlichen Label zu vergleichen und letztendlich eine fundierte, den eigenen Ansprüchen genügende Kaufentscheidung treffen zu können. /KÖP-01 17/

Ökostromsiegel definieren zusätzliche Anforderungen.

Ein Siegel kann stets nur den Mindeststandard des Zertifizierten wiedergeben /UBA-11 14/. Ein Engagement eines EVUs über die definierten Kriterien hinaus wird durch ein Siegel nicht abgebildet. Verbraucherseitig sind somit zwei Marktakteure, die mit dem

Ökostrom-Siegel konkurrieren untereinander.

gleichen Siegel zertifiziert sind, auf Basis des Siegels nicht zu unterscheiden. Ein erhöhtes ökologisches Engagement erzeugt Mehrkosten bei einem der Akteure und würde daher einen wirtschaftlichen Nachteil ohne vorzeigbaren Mehrwert liefern. Die Akteure haben daher einen wirtschaftlichen Anreiz, die Mindeststandards mit möglichst geringem Kostenaufwand zu erreichen und jeden Mehraufwand darüber hinaus zu minimieren. Auf der anderen Seite stehen dem die Siegel-Vergabestellen gegenüber, die als Marktakteure ebenfalls in Konkurrenz zueinander um Reputation und Marktdurchdringung wetteifern. Aus wirtschaftlicher Sicht wäre eine transparente und einheitliche Auslegung der Kriterien von Vorteil, so dass möglichst viele EVUs ohne großen Kostenaufwand in der Lage sind, diese einzuhalten. Die nachfolgende Abbildung 5-2 zeigt die Verteilung der zertifizierten Tarife je Ökostrom-Siegel. Dabei wird die Tendenz aufgewiesen, dass Label mit strengeren Kriterien weniger Tarife zertifizieren.

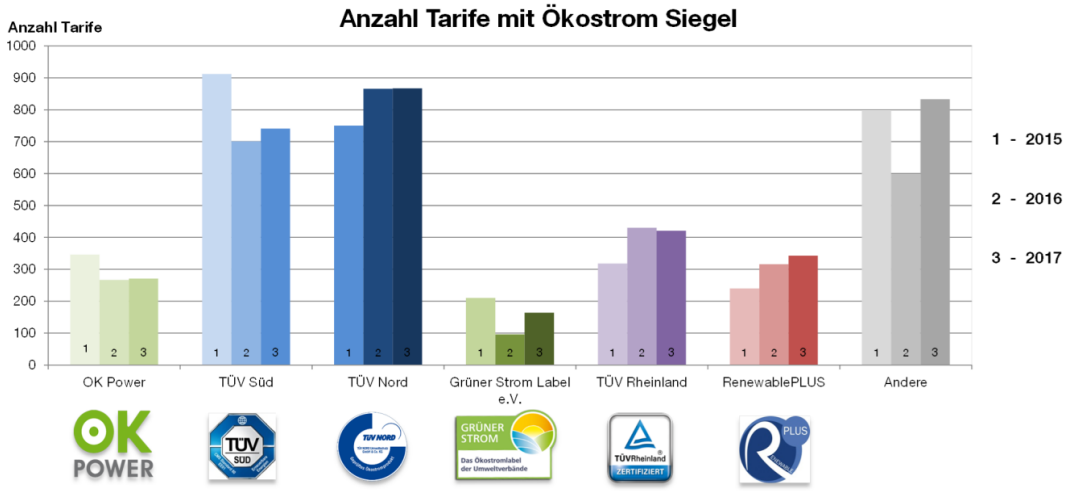


Abbildung 5-2: Verteilung der Ökostrom-Siegel nach der Anzahl der zertifizierten Tarife /GET-01 18/

Das Ökostrom-Siegel „Grüner-Strom Label“ hat die strengsten Auflagen in diesem Vergleich. Hauptaspekt ist die Pflicht zur Kopplung des Herkunftsnachweises mit einem Liefervertrag. Die Einhaltung dieses Mindeststandards ist für ein EVU deutlich kostenintensiver als ein rein bilanzieller Nachweis mit entkoppelten HKN, wie dieser bei den anderen Siegeln verlangt wird. Die Anzahl der zertifizierten Tarife nach höherem Standard ist deutlich geringer als die nach einem weniger strengen Standard. Die Wahl eines Ökostrom-Siegels hängt neben den Aufwandskosten darüber hinaus von der Reputation und Strahlkraft ab, die ein Siegel mit sich bringt. Doch besonders das besagte Gütesiegel mit strengeren Standards wird Marktanalysen und Verbraucherschutzberichten zufolge als „besonders empfehlenswert“ dargestellt. /VZN-01 16/, /UBA-11 14/

Ökostrom-Siegel bieten keinen Anreiz über ihre Mindest-anforderungen hinaus.

Somit lässt sich für den Einfluss von Ökostrom-Siegeln auf EVUs schlussfolgern, dass das Engagement von einem EVU nach marktorientiertem Verhalten eine Abwägung aus den Kosten für die Einhaltung der Mindeststandards gegenüber der erhofften Reichweitenerhöhung und Reputationssteigerung durch das Siegel darstellt. Anreiz ist es dabei, die Mindeststandards mit einem Minimalaufwand einzuhalten. Für einen Mehraufwand über die Mindeststandards hinaus bietet das Wesen des Gütesiegels keine Anreize. Ein Mehraufwand, sei es z. B. für einen größeren Anteil an Neuanlagen oder bestimmter Energieträger, stellt gegebenenfalls eher einen wirtschaftlichen Nachteil dar. Ein Nachweis via Blockchain hingegen ist höchst individuell und damit in der Lage,

Engagement über einen Standard hinaus abzubilden. Hierbei sind vielmehr die Rahmenbedingungen und die Plattform des Nachweises standardisiert und gesichert, der Inhalt ist jedoch abhängig von den Tätigkeiten des Versorgungsunternehmens und gleichzeitig ein Differenzierungsmerkmal für die Letztverbraucher.

5.1.1.3 Marktaktivitäten

Der Markt für Ökostrom in Deutschland befindet sich seit 2010 kontinuierlich im Wachstum. Entsprechend weist die Anzahl der mit Ökostrom belieferten Zählpunkte eine stetige Zuwachsrate auf. Im Jahr 2016 wurden knapp 22 % der Zählpunkte von Haushaltskunden (10 Mio. von 45 Mio.) mit einem Ökostrom-Tarif beliefert.

Etwa 22 % der deutschen Haushalte werden mit einem Ökostrom-Tarif beliefert.

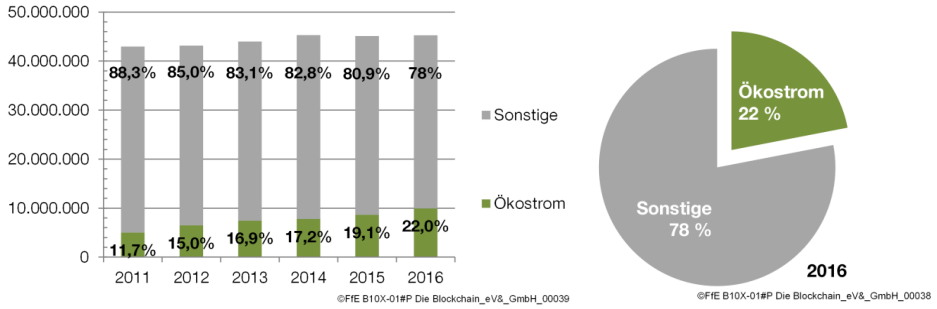


Abbildung 5-3: Anzahl Zählpunkte von Haushaltskunden mit Ökostrombezug. /BNETZA-23 12/, /BNETZA-27 13/, /BNETZA-19 14/, /BNETZA-18 14/, /BNETZA-01 15/, /BNETZA-01 16/, /BNETZA-01 17/

Laut Umweltbundesamt hat sich die Nachfrage nach Ökostrom zwischen 2008 und 2015 mehr als vervierfacht. Auch wenn das Wachstum in den letzten zwei Jahren etwas

abgeflacht ist, ist das Wachstumspotenzial von Ökostromtarifen laut Einschätzung der Behörde noch lang nicht ausgeschöpft. Circa 46 % der Verbraucherinnen und Verbraucher hatten bis im Jahr 2016 noch nie Ökostrom bezogen. Von dieser Gruppe können es sich immerhin 64 % vorstellen, künftig Ökostrom zu beziehen. /UBA-15 17/ Das zeigt, dass die grundsätzliche Kaufbereitschaft für Ökostrom vorhanden ist und weitere Konsumentengruppen mit entsprechenden Marktaktivitäten zum Umstieg auf Ökostrom bewegt werden könnten.

Potenzial für einen weiteren Anstieg dieses Anteils ist vorhanden.

Die Anzahl der Kunden, für die Ökostrom nicht in Frage kommt oder diesen aus anderen Gründen ablehnt, wächst ebenfalls an und liegt 2017 bei ca. 30,7 %. Für die übrigen 45 % kommt ein Ökostrom-Wechsel in Frage, wovon 27 % angeben, dies auch konkret vorzuhaben. Bei einer Preisumfrage geben nur 33 % an, für den Bezug von Ökostrom keine Preissteigerung zu akzeptieren. Dies entspricht in etwa dem Anteil an Endkunden, für die der Bezug von Ökostrom generell nicht in Frage kommt (siehe auch Abbildung 5-4). Somit lässt sich schlussfolgern, dass alle Endkunden, für die der Bezug von Ökostrom generell in Frage kommt, erwarten, mehr Kosten aufwenden zu müssen und bereit sind, einen höheren Preis dafür zu zahlen. /UBA-15 17/

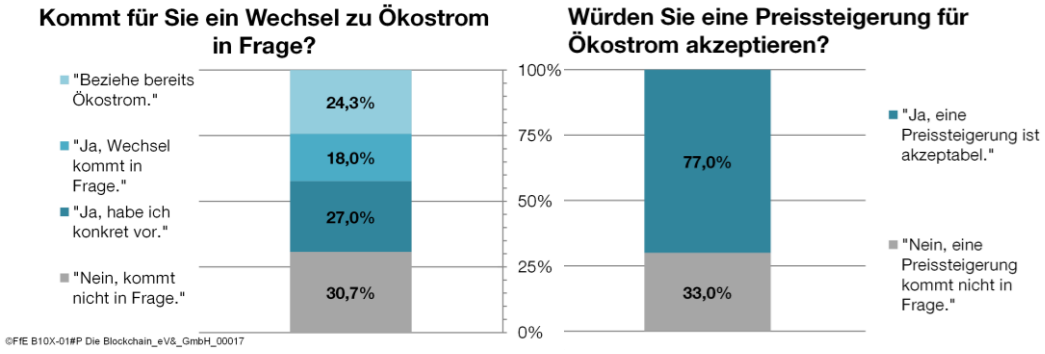


Abbildung 5-4: Umfrage zur Bereitschaft des Bezugs von Ökostrom. /UBA-15 17/

Um versorgerseitig der steigenden Nachfrage nachzukommen, bieten 67 % der EVUs (839 von 1260) entsprechend mindestens einen Ökostrom-Tarif in ihrem Portfolio an /GET-01 18/. Pro PLZ-Gebiet können Kunden meistens aus ca. 30–40 verschiedenen Ökotarifen wählen. Der Anteil der Tarife, die durch eines der etablierten Gütesiegel zertifiziert sind, liegt bei 53 % /KÖP-01 17/.

In Deutschland werden überwiegend HKN aus Wasserkraft genutzt.

Die in Deutschland entwerteten Herkunftsnachweise im Jahr 2016 stammten dem Umweltbundesamt zufolge zu über 95 % aus Wasserkraftwerken /UMWE-01 17/. Diese Tatsache unterliegt dem Umstand, dass überwiegend alte Wasserkraftwerke keinen Förderanspruch geltend machen können. /EEG-01 17/

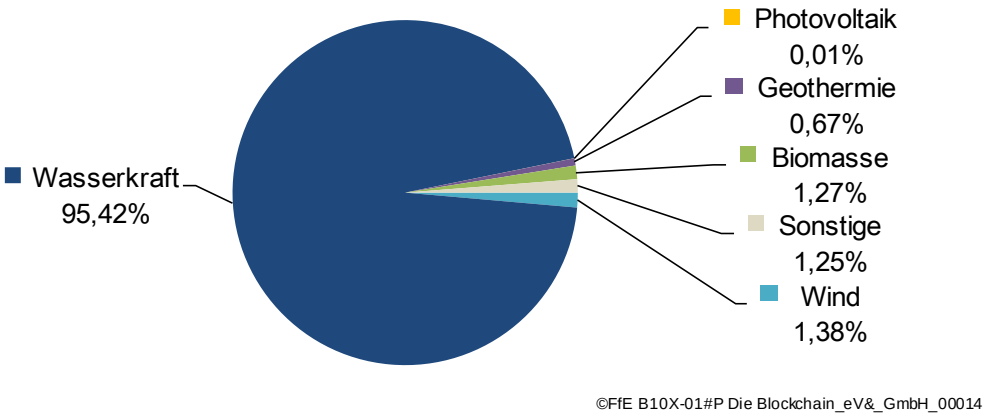


Abbildung 5-5: Entwertete Herkunftsnachweise in Deutschland nach Erzeugungsart 2016. /UMWE-01 17/

Gemäß den Informationen des Herkunftsnachweisregisters und dem Zertifikat-Monitoringbericht von RECS-International stammen die Herkunftsnachweise des in Deutschland vertriebenen Ökostroms überwiegend aus skandinavischen Wasserkraftwerken. /UBA-15 17/, /GSL-01 17/ Wie die folgende Abbildung 5-6 zeigt, liegt der Anteil der importierten Herkunftsnachweise gegenüber denen aus Stromproduktion in Deutschland bei ca. 87 %.

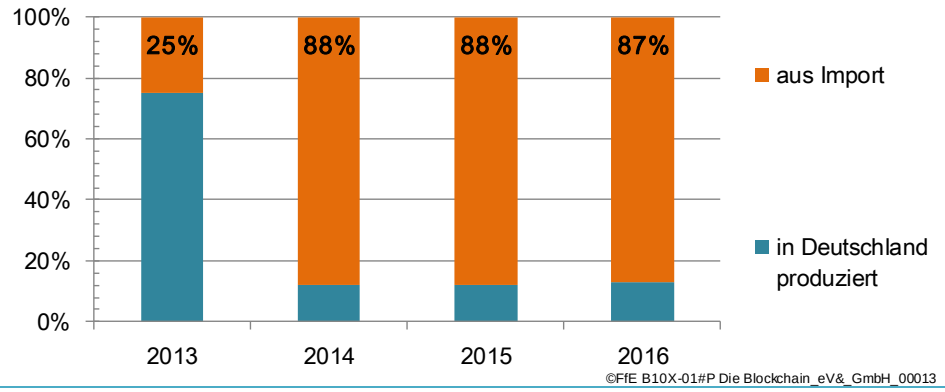


Abbildung 5-6: Anteil der entwerteten Herkunftsnachweise aus Import /UMWE-01 17/

Diese Informationen decken sich jedoch nicht mit den beworbenen Produkten der Ökostromanbieter. Hier sind Aussagen zur Stromherkunft insgesamt nur selten zu finden. Dagegen werben zahlreiche Anbieter mit einer deutschen Herkunft des Ökostroms, wie die Ergebnisse der Branchenumfrage des Magazins *Energie & Management* in der folgenden Tabelle 5-1 zeigen. /KÖP-01 17/

Die Herkunft des Stroms scheint ein weiteres Verkaufsargument zu sein.

Tabelle 5-1: Herkunftsländer des deutschen Ökostroms laut Anbieterwebsites /KÖP-01 17/

Land	Anteil der Stromprodukte je Herkunftsland
Nicht genannt	38,0 %
Deutschland	31,3 %
Norwegen	14,8 %
Österreich	7,3 %
Schweiz	5,8 %
Andere	2,8 %

5.1.1.4 Herausforderungen in der aktuellen Herkunftsnachweis-Systematik

Die Stromkennzeichnung dient dazu, das physikalisch homogene Handelsprodukt Strom differenzierbar zu machen und mit einer Erzeugungsart bzw. einem Energieträger in Verbindung zu bringen. Ziel ist es, anhand der Stromkennzeichnung Aussagen über Umweltauswirkungen treffen zu können. Sie soll die Position des Letztverbrauchers stärken und ihm eine fundierte Kaufentscheidung und damit eine gezielte Förderung bevorzugter Energieträger ermöglichen. Um dies zu erreichen, sollte die Stromkennzeichnung ein Werkzeug sein, das eine lückenlose Dokumentation von der physikalischen Erzeugung bis hin zum Verbrauchsnachweis gewährleisten kann. Die nachfolgende Abbildung zeigt jedoch, dass aktuell von der Bruttostromerzeugung bis zum Nettostromverbrauch keine lückenlose Verbindung besteht, da für die Ausweisung von Erneuerbaren Energien unter anderem Netzverluste gänzlich vernachlässigt werden.

Aktuell ist keine Abbildung des Zusammenhangs zwischen Erzeugung und Verbrauch möglich.

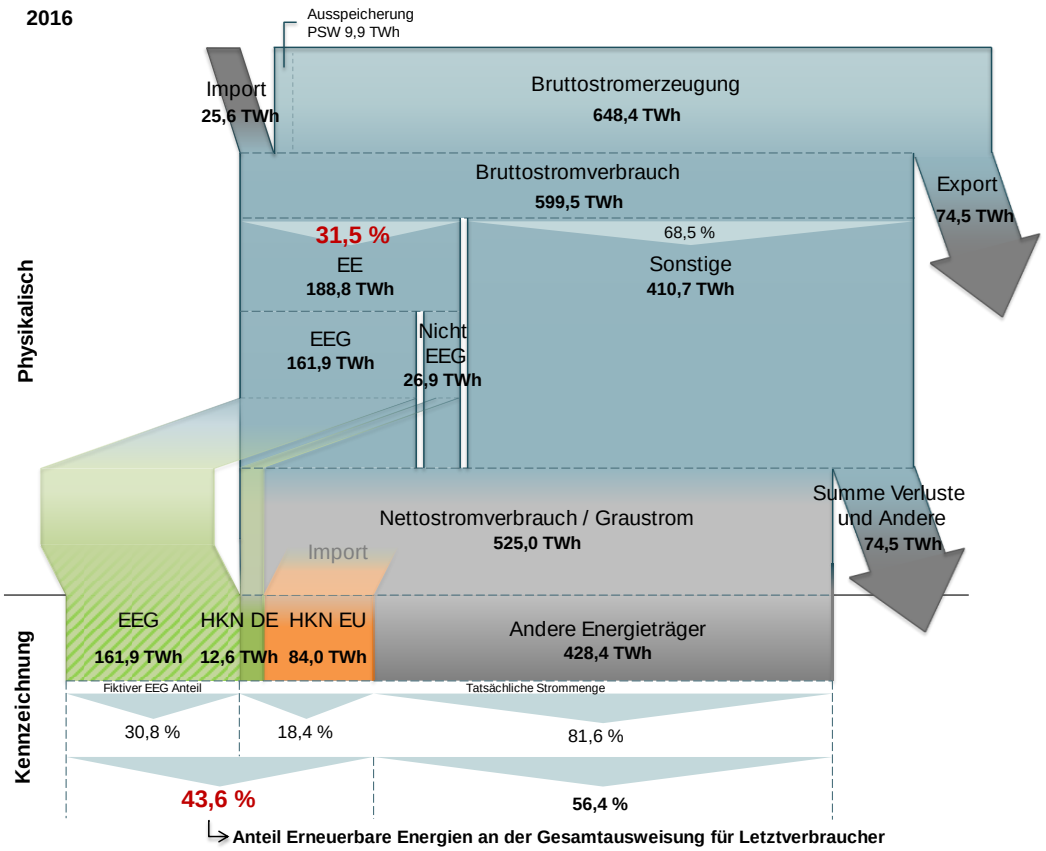


Abbildung 5-7: Energieflussbild Strom von physikalischer Erzeugung bis zur fiktiven Stromkennzeichnung für Deutschland 2016

Netzverluste sind in HKN nicht repräsentiert.

Aus einer Vernachlässigung der Netzverluste resultieren theoretische Mehrmengen von Herkunftsnachweisen in Höhe der Netzverluste. Dies sorgt ebenso für eine Verzerrung bei der Ausweisung von Herkunftsnachweisen, wie von EEG-geförderten Mengen, welche ebenso auf Basis der Bruttostromerzeugung für den Nettostromverbrauch in die Aufstellung der Stromkennzeichnung einbezogen werden. Abbildung 5-8 zeigt das theoretische Gesamtaufkommen Erneuerbarer Energien in der Stromkennzeichnung unter ausschließlicher Berücksichtigung deutscher Erzeugung. Nach aktueller Methodik der Stromkennzeichnung weist diese nach wie vor eine Diskrepanz gegenüber dem EE-Anteil auf Basis des Bruttostromverbrauchs von 3,1 % auf.

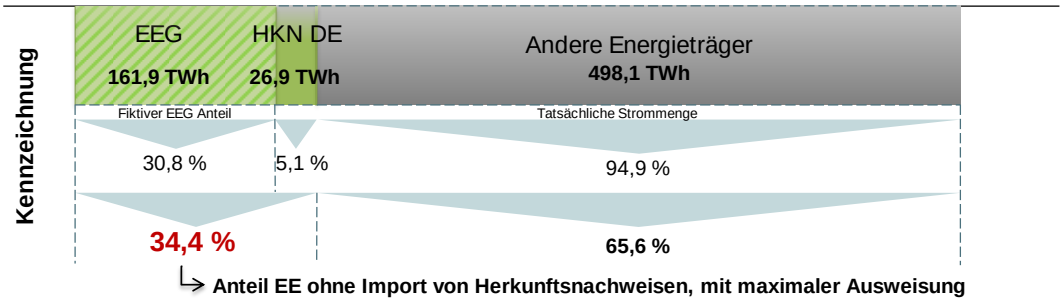


Abbildung 5-8: Stromkennzeichnung für Deutschland 2016 mit Einbezug des vollen Potenzials inländischer Erzeugung, ohne Import von Herkunftsnachweisen

Diese Abweichungen sind eine Folge der Systematik der Stromkennzeichnung. Daraus resultiert gewissermaßen ein „Blinder Fleck" in Höhe der Netzverluste, der nicht in der Stromkennzeichnung abgebildet werden kann und daher mit keinem Verbrauch in Verbindung gebracht werden muss.

Aus Abbildung 5-7 und Abbildung 5-8 ist ebenfalls abzuleiten, dass die Nachfrage nach Strom aus Erneuerbaren Energien in Deutschland aktuell nicht durch das inländische Aufkommen von Herkunftsnachweisen befriedigt werden kann. Eine Sättigung der Nachfrage wird erst durch den Import von Herkunftsnachweisen aus dem europäischen Ausland ermöglicht. Die Entkopplung von Herkunftsnachweisen und Lieferverträgen ermöglicht in einem vernetzten europäischen Markt eine Umverteilung durch regionale Überangebote und damit eine künstliche Sättigung der Nachfrage, ohne dass daraus Handlungsbedarf in anderen regionalen Märkten zum Ausbau der EE-Leistung resultiert. Die untenstehende Abbildung 5-9 zeigt, dass das Gesamtaufkommen von Erneuerbaren Energien in der Stromkennzeichnung in Deutschland bereits 2015 erstmals die gesetzlich definierten Ziele eines Anteils von 40 % nach dem EEG überschritten hat:

Der Import von HKN ist notwendig zur Deckung der Nachfrage.

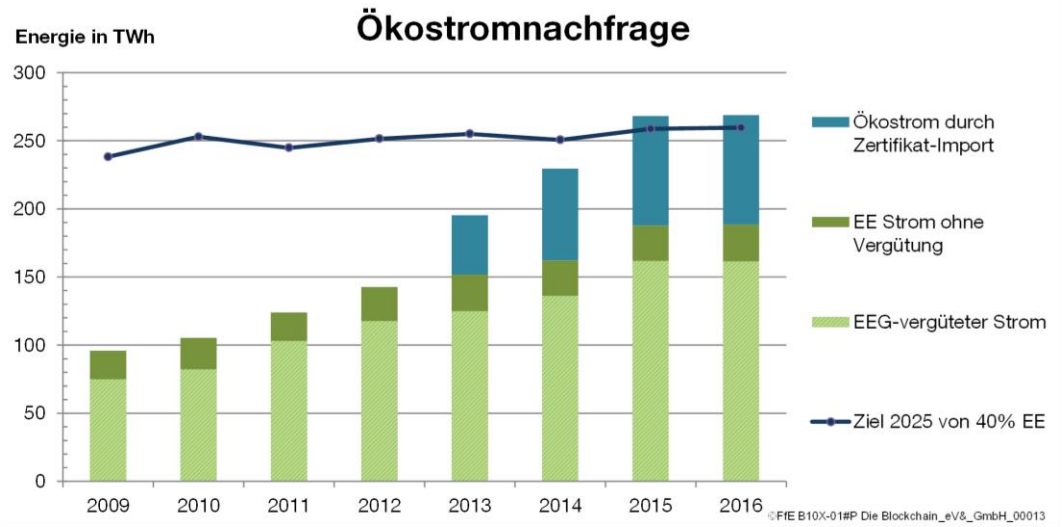


Abbildung 5-9: Gesamtaufkommen EE in der Stromkennzeichnung in Relation zur Zielvorgabe nach dem EEG

§ 80 EEG verbietet es, EEG-geförderten Strom zusätzlich als Ökostrom zu vermarkten, um eine Doppelvermarktung zu unterbinden, da Betreiber bereits eine auskömmliche Finanzierung für den erzeugten Strom erhalten. Da allerdings der Großteil der erneuerbaren Anlagen in Deutschland EEG-gefördert ist, stehen am Markt nur wenige Herkunftsnachweise aus deutschen Anlagen zur Verfügung. Ökostrom-Anbieter sind daher gezwungen, die Mehrzahl der Nachweise aus dem Ausland zu beziehen, um ein reines Ökostrom-Produkt anbieten zu können. Laut Umweltbundesamt geben rund 26 % der Versorger an, dass „ohne HKN aus dem Ausland nicht genügend Mengen auf dem deutschen Markt [verfügbar sind]". /UBA-11 14/

Dabei ist jedoch zu beachten, dass zwischen physikalischen und gehandelten Stromflüssen sowie Herkunftsnachweisen unterschieden werden muss. Diese sind für Deutschland in Abbildung 5-10 und Abbildung 5-11 zusammengefasst:

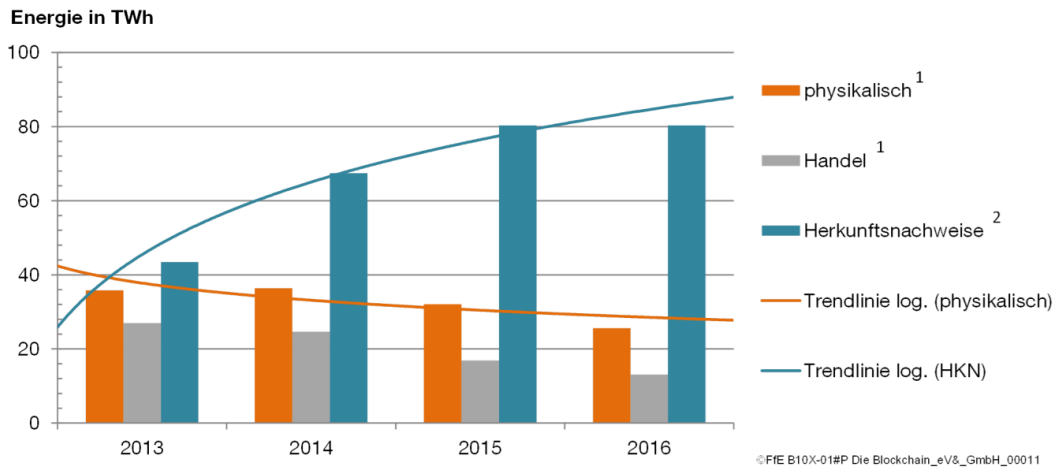


Abbildung 5-10: Grenzüberschreitende Stromflüsse, Import. [1] /BNETZA-19 14/, /BNETZA-18 14/, /BNETZA-01 15/, /BNETZA-01 16/, /BNETZA-01 17/; [2] /UMWE-01 17/

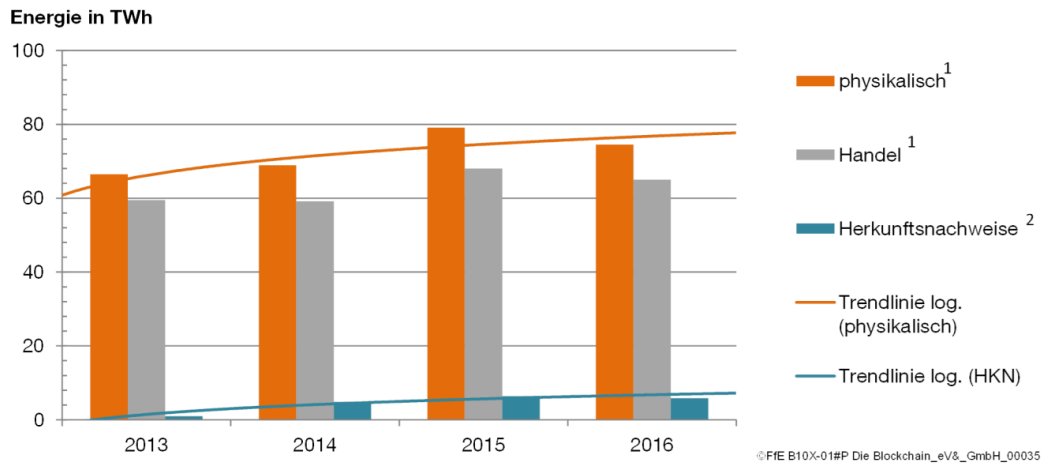


Abbildung 5-11: Grenzüberschreitende Stromflüsse, Export. [1] /BNETZA-19 14/, /BNETZA-18 14/, /BNETZA-01 15/, /BNETZA-01 16/, /BNETZA-01 17/; [2] /UMWE-01 17/

Zwischen tatsächlichem Stromfluss und HKN treten große Diskrepanzen auf.

Ein Import von 80,3 TWh in Form von Herkunftsnachweisen (2016) steht einem physikalischen Import von 25,6 TWh, also lediglich einem Anteil von knapp 30 %, gegenüber. Die Exportseite zeigt, dass überwiegend physikalische Stromflüsse exportiert werden, während das Prädikat der erneuerbaren Energie in Form von Herkunftsnachweisen jedoch im Land verbleibt. Die zunehmende Divergenz zwischen physikalischen- und HKN-Stromflüssen seit der Einführung des HKNR im Jahr 2013 impliziert, dass die Kennzeichnung via HKN hauptsächlich ein Marketing-Instrument ist, welches wenig zu den in den Grundsätzen der EU-Verordnung definierten Zielen des Ausbaus der Erneuerbaren Energien beiträgt.

Eine Betrachtung der Länder mit überwiegendem Export von Herkunftsnachweisen ergibt im Umkehrschluss, dass dort hauptsächlich „Strom unbekannter Herkunft" gehandelt und verbraucht wird. Durch die Regelungen der Stromkennzeichnung wäre Norwegen demnach mit knapp über 22 %-Anteil erneuerbarer Energien weit entfernt von einer Zielerreichung (des Anteils der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch) wie die folgende Grafik (Abbildung 5-12) zeigt.

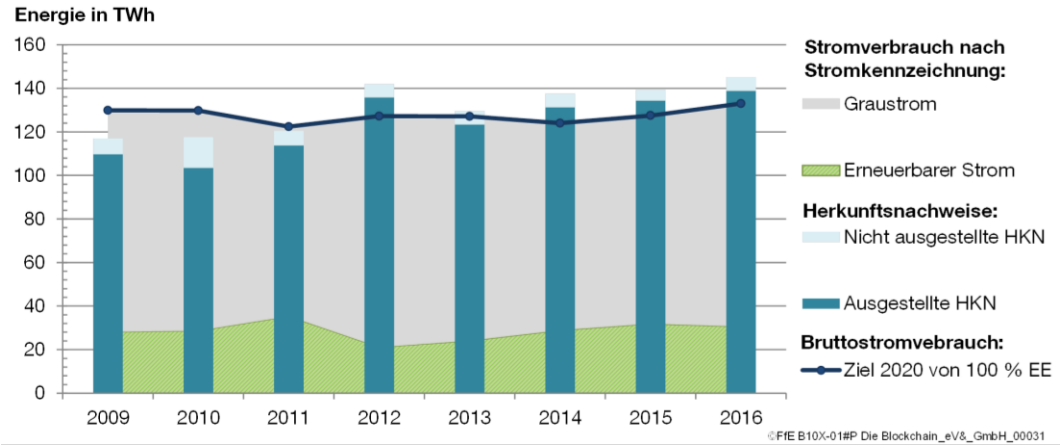


Abbildung 5-12: Stromverbrauch und Stromkennzeichnung Norwegen /GSL-01 17/

Eine politische Relevanz hat diese Zahl jedoch nicht. Die norwegischen Behörden betrachten und bewerten das Engagement gänzlich auf Basis der Stromerzeugung und den damit verbundenen Energieträgern. Das Government Administration Services of Norway stellt hierzu fest: „In Norwegen stammen 98 % der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen." /SNO-01 17/

Der Bilanzierungszeitraum entkoppelt Erzeugung und Verbrauch.

Eine weitere Herausforderung, die sich nach Status quo der Stromkennzeichnung ergibt, ist der zeitliche Rahmen eines Bilanzausgleichs. Dieser liegt dem Gesetz nach bei 12 Monaten /EEG-01 17/. Ein Versorgungsunternehmen muss demnach innerhalb eines Jahres so viele Herkunftsnachweise entwertet haben, wie dessen Kunden Strom verbraucht haben. Dadurch entsteht eine zeitliche Trennung von Verbrauch und Erzeugung. Volatile Energiemengen können folglich nicht abgebildet werden. Die Entkoppelung von Verbrauchslastprofilen und Erzeugungsgängen ist dabei keiner flächendeckenden Versorgung aus erneuerbaren Energien zuträglich, denn ein Anreiz für einen verbrauchsorientierten Ausbau ist für die beteiligten Akteure nicht gegeben.

Aus Sicht des Letztverbrauchers

Für den Nachweis von Strom aus erneuerbaren Energien, die keine EEG-Förderung erhalten, werden Herkunftsnachweise im Herkunftsnachweisregister des Umweltbundesamtes entwertet. Für die Vermarktung eines Tarifs mit Ausweisung von 100 % erneuerbarer Energien bedarf es lediglich eines Zukaufs von Herkunftsnachweisen. Der gesetzlich regulierte Anteil „gefördert nach dem EEG" reduziert darüber hinaus bilanziell den Anteil des tatsächlichen Strombezugs des Lieferanten. Die Auskunft über den tatsächlichen Strombezug gerät dabei mit steigendem EEG-Anteil weiter in den Hintergrund. Aktuell wird durch die zusätzliche Zertifizierung in Form von Ökostrom-Siegeln eine vertrauensschaffende Maßnahme praktiziert. Mit Hilfe der Ökostrom-Siegel werden die EVUs ob ihrer Tätigkeiten überprüft und sollen dem Verbraucher Übersicht über den Markt ermöglichen.

Insgesamt ist der Zertifizierungsmechanismus in Deutschland nach Status quo komplex und relativ intransparent. Ein Verbraucher ist heute nicht in der Lage, den gewählten Tarif oder den dahinterstehenden Versorger nach seinen Präferenzen zu bewerten. Darüber hinaus ist durch die Wahl eines Ökostrom-Produkts nicht gewährleistet, dass dadurch tatsächlich eine Förderung von erneuerbaren Energien stattfindet. So stellt bereits das FAQ des Umweltbundesamts zum Herkunftsnachweisregister klar: „Herkunftsnachweise und ihre Nutzungsmöglichkeit können nicht verhindern, dass Elektrizitätsversorger

behaupten, Ökostrom an ihre Kunden zu liefern, obwohl sie lediglich Strom aus Atomkraft- oder Kohlekraftwerken liefern und diesen mit Hilfe von zusätzlich eingekauften Herkunftsnachweisen als „Grünstrom" deklarieren." /UBA-08 12/

Übersicht der aktuellen Herausforderungen

Stromkennzeichnung:

- Lange Bilanzierungszeiträume
- zeitliche Trennung von Erzeugung und Verbrauch in der Stromkennzeichnung
- Abbildung volatiler Energiemengen nicht möglich
- keinen Anreiz für einen verbrauchsorientierten Ausbau
- viele involvierte Akteure und damit verbundene Kommunikationsschnittstellen
- keine gemeinsame Datengrundlage
- Kleinanlagen benachteiligt

Ökostrom-Zertifizierung:

- intransparentes Herkunftsnachweisregister
- schwindende Repräsentation des Lieferantenanteils aus Sicht des Letztverbrauchers durch gesetzlichen EEG-Anteil
- Vielzahl unterschiedlicher Gütesiegel

Europa:

- keine einheitlichen Regelungen in einem vernetzten europäischen Markt
- künstliche Sättigung eines regionalen Markts durch Umverteilung auf europäischer Ebene
- Hemmnis für den Ausbau der Erneuerbaren Energien auf regionaler Ebene

Die Herausforderungen, die das aktuelle System aufwirft, scheinen auf den ersten Blick prädestiniert für eine Implementierung der Blockchain-Technologie zu sein, der viele Grundeigenschaften inhärent sind, die zur Verbesserung der Prozesse beitragen können: Vertrauen, Transparenz, Abspeicherung einer zeitlichen Historie, die Interaktion einer Vielzahl sich unbekannter Akteure und die Automatisierung von (bürokratischen) Prozessen.

5.1.2 Einsatz der Blockchain-Technologie

Auf Basis des in Kapitel 3.2.1 beschriebenen Vorgehens wird im Folgenden der sinnvolle Einsatz einer Blockchain-Lösung im Detail analysiert und bewertet.

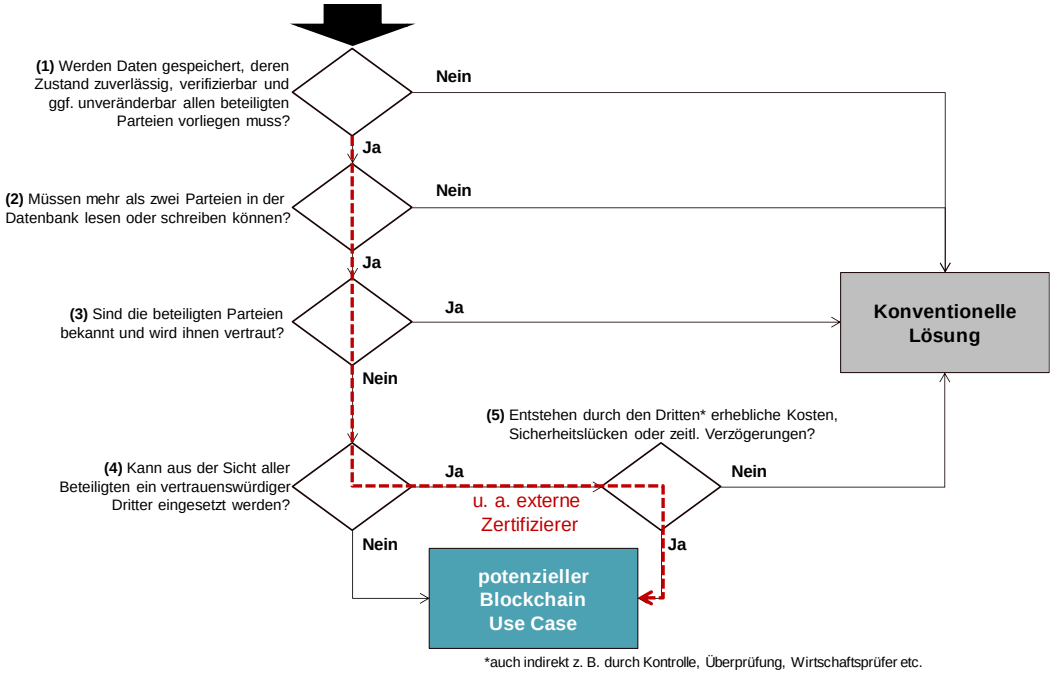


Abbildung 5-13: Ist eine Blockchain sinnvoll für die Anwendung Labeling?

Die Beantwortung des Kriteriensets ergibt:

1. Transparenz vorteilhaft? Ja, eine direkte Einsicht für den Verbraucher in die ihm zugeordneten Erzeugungsanlagen und damit in die tatsächlichen Marktaktivitäten seines Lieferanten sind die Hauptaspekte für eine fundierte Kaufentscheidung für ein Ökostrom-Produkt.
2. Intermediär beteiligt? Ja, an dem heutigen Prozess sind mehrere Intermediäre mit unterschiedlichen Aufgaben involviert: Siegelvergabestellen, Registerführer, Broker / Trader, Dienstleister.
3. Kleinteilige Transaktionen? Ja, die Möglichkeit der Abbildung auch von Kleinstenergiemengen würde die Eintrittsbarriere für unzählige Kleinanlagen senken.
4. Fälschungssichere Dokumentation notwendig? Ja, eine Doppel- oder Falschvermarktung ist zu unterbinden.
5. Anonymität / Pseudonymität vorteilhaft? Ja, die Informationen enthalten private, personenbezogene Daten (Verbrauchsverhalten), die unter das Datenschutzrecht fallen (vgl. Kapitel 7.2).
6. Prozessautomatisierung? Ja, heutige Prozesse sind mit Verwaltungsaufwand verbunden, bestehen aus aufwendigen (Jahres-)Bilanzierungen und ziehen eine Zeitverzögerung nach sich, die es nicht ermöglicht, zeit- und verbrauchsscharfe Nachweise zu liefern.

Die Labeling-Plattform erfüllt alle Kriterien für einen potenziellen Blockchain-Anwendungsfall.

Es bestehen drei Möglichkeiten für eine Neugestaltung des Prozesses.

An der Forschungsstelle für Energiewirtschaft wurden drei Konzeptansätze entwickelt, welche an verschiedenen Prozessebenen der bestehenden Stromkennzeichnung ansetzen (vgl. Abbildung 5-14):

1. Nachgelagerte Prüf-Ebene: Qualitätssteigerung durch Einführung eines Blockchain-Siegels.
2. Kommunikations und Datenmanagement Ebene: Prozessoptimierung durch behördlich moderiertes Blockchain-Register
3. Plattform Ebene: Neukonzeption der Stromkennzeichnung durch Peer-to-Peer Herkunftsnachweise

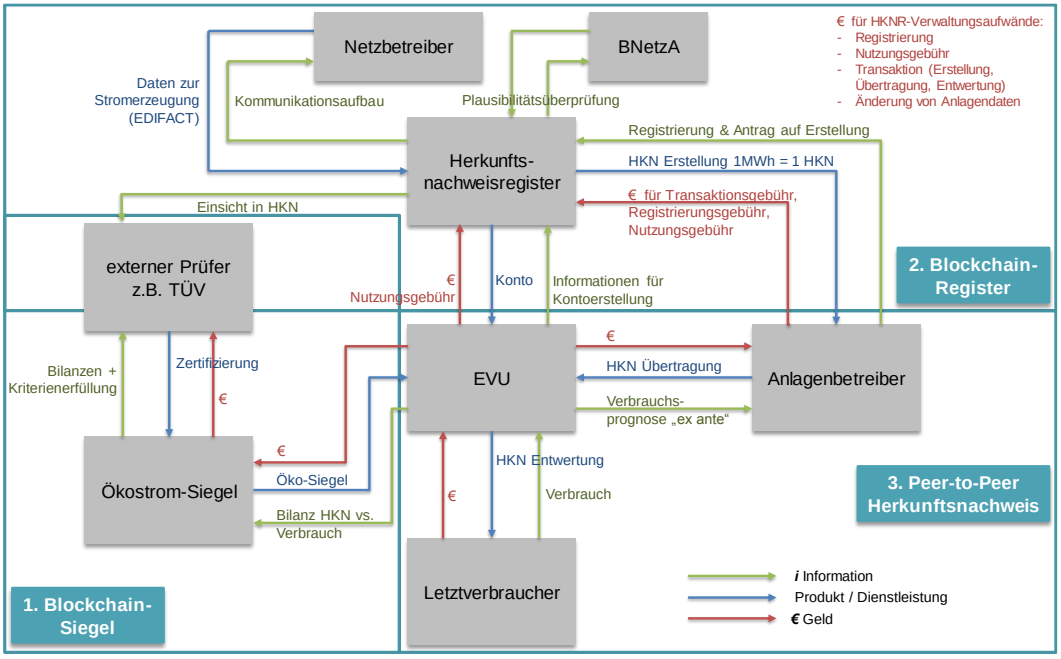


Abbildung 5-14: Mögliche Konzeptansätze einer Blockchain-Umsetzung

Blockchain-Siegel

Das erste Konzept, ausgehend vom Status quo der Zertifizierung (in Deutschland), setzt auf der Ebene der unregulierten nachgeordneten Zertifizierung durch Siegelvergabestellen an. Innerhalb der nachgelagerten Ebene der Stromkennzeichnung, kann der Konzeptansatz des Blockchain-Siegels eine transparente und verbraucherfreundliche Bewertungsübersicht der verschiedenen Stromlieferanten geben. Das Konzept ist im derzeit geltenden Rechtsrahmen und damit parallel zu bestehenden Prozessen umsetzbar. Der Blockchain kommt dabei die Rolle einer manipulationssicheren Siegelvergabe zu, wobei die Prüf- und Bewertungskriterien transparent sind Die Blockchain hätte hierbei Zugriff auf das HKNR und würde zudem über eine Schnittstelle zum Lieferanten verfügen, über welche sie Informationen zur Stromlieferung erhalten könnte. Über einen Smart Contract werden diese Informationen gegenübergestellt und geprüft. Wenn die verkaufte, als regenerativ erzeugter Strom deklarierte Strommenge identisch der beim Umweltbundesamt erworbenen HKN ist, wird über die Blockchain öffentlich einsehbar ein Siegel für den Lieferanten ausgestellt. Dieser Nachweis stellt somit eine Alternative zu bestehenden Ökostrom-Siegeln dar. Ferner erlaubt es dieses Konzept, ebenso wie bisher, lediglich 1 HKN für 1 MWh zuzuordnen und kann somit die gewünschte

hochauflösende Dokumentation nicht gewährleisten. Der Mehrwert liegt somit lediglich in der automatisierten Überbrückung externen Prüfern. Dieses Nachweissystem kann ohne notwendige vorausgehende regulatorische Anpassungen des Gesetzgebers implementiert werden.

Blockchain-Register

Der zweite Ansatz setzt an der Kommunikations- und Datenmanagement-Ebene an, mit dem Ziel einer zeitlich und bilanziell hochauflösenden transparenten Dokumentation von HKN. Das Blockchain-Register würde demnach an die Stelle des aktuellen HKNR treten. Die Marktkommunikation würde sich dadurch jedoch verbessern lassen, da durch den direkten Handel von HKN auf der Blockchain, Verwaltungsaufwände durch Prozessautomatisierung verringert und Ineffizienzen durch einheitliche Systemschnittstellen zur Blockchain vermieden werden können. Eine unmittelbare Information des Stromerzeugers, der für jede erzeugte kWh erneuerbaren Stroms einen HKN auf der Blockchain erzeugt, garantiert den nachvollziehbaren und gekoppelten Verbrauch von physikalischer Strommenge und bilanziellen HKN in beliebiger zeitlicher Auflösung. Der derzeitige Zusammenhang 1 MWh = 1 HKN kann somit aufgelöst werden, was perspektivisch zudem die Integration beliebig kleiner Erzeugungsanlagen ermöglicht. Eine Prozessoptimierung auf behördlicher Seite könnte durch eine Novellierung des Herkunftsnachweisregisters auf Basis der Blockchain-Technologie erfolgen. Dabei ist eine Standardisierung und Zusammenlegung der unterschiedlichen nationalen Register im europäischen Elektrizitätsbinnenmarkt nach EU-Richtlinie 2009/72/EG möglich.

Die Umsetzung des HKN-Registers auf Blockchain-Basis erlaubt eine höhere Auflösung.

Peer-to-Peer

Setzt man bei der Neukonzeption der Stromkennzeichnung noch eine Prozessebene höher an, kann die Zertifizierung von Ökostrom auf Basis eines Peer-to-Peer Herkunftsnachweises entwickelt werden. Die Kennzeichnung von Strom ist demnach kein singuläres Ereignis, sondern ein dynamischer Prozess, der Erzeugung und Verbrauch in kurzen Zeitintervallen einander zuordnet. So wird eine anlagenscharfe Zuordnung gewährleistet und weiter ein regionaler Nachweis der Erzeugung ermöglicht. Im Rahmen des Projekts wurde an der FfE ein Proof-of-Concept für diese Umsetzungsvariante auf Basis der Blockchain-Plattform Ethereum umgesetzt.

5.1.3 Business Model Canvas

Im Nachfolgenden wird eine mögliche Geschäftsmodellierung des Konzepts „Peer-to-Peer“ mit Hilfe des Business-Model-Canvas (BMC) dargestellt. Eine Geschäftsmodellauslegung für die Konzepte „Blockchain-Siegel“ und „Blockchain-Register“ werden nicht weiter betrachtet, da es sich bei diesen Konzepten nur um eine Weiternutzung bzw. -entwicklung des amtlich geführten Register handelt

Die Einbettung des „Peer-to-Peer Herkunftsnachweises“ unter Achtung des bestehenden Rechtsrahmens ist in Form eines Dienstleistungsmodells denkbar. In diesem Fall stellt ein Dienstleister den Kunden (eines EVUs) technische Anwendungen der Blockchain-Technologie zur Verfügung, die vertraglich festgehaltene regulatorische sowie rechtliche Vorgaben einhalten. Die Mitglieder des bereitgestellten Blockchain-Netzwerks (Letztverbraucher und Erzeugungsanlagen) könnten dann über die Blockchain miteinander verbunden sein

Die Plattform des Blockchain-Siegels wird von einem Dienstleister zur Verfügung gestellt.

Die Implementierung des „Peer-to-Peer Konzepts“ wird hier als Plattform-Modell betrachtet, welches von einem Dienstleister aufgesetzt und gepflegt wird (Abbildung 5-15):

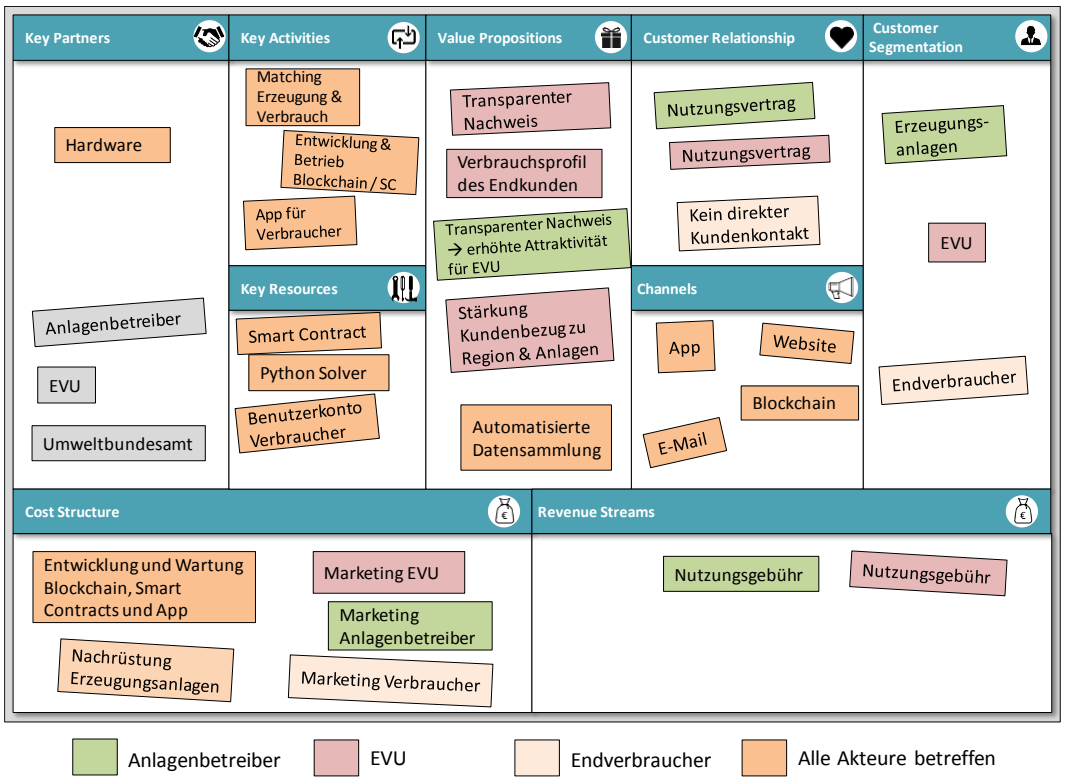


Abbildung 5-15: Konzept „Peer-to-Peer“ Herkunftsnachweis als Dienstleistung nach Business Model Canvas

Die vier Bereiche nach Business Model Canvas (Abbildung 5-15) lassen sich hier wie folgt definieren:

Im Business Model Canvas wird die Struktur des konzipierten Geschäftsmodells dargestellt.

1. Wertangebot – erhöhte Attraktivität des EVUs durch innovativen Nachweis und erhöhte Transparenz für den Endverbraucher; Stärkung der Kundenbeziehung zu EE-Anlagen; automatisierte Datensammlung als Grundlage für weitere Geschäftsprozesse; erhöhte Attraktivität von EE-Anlagen gegenüber nicht-teilnehmenden Erzeugungsanlagen
2. Kosten und Einnahmen – Nutzungsgebühr in Abhängigkeit von Nutzerkonten, für das EVU in Abhängigkeit der Anzahl der registrierten Endverbraucher, für Anlagenbetreiber pro registrierte Erzeugungsanlage in Abhängigkeit von der Leistung (um eine diskriminierungsfreie Teilnahme aller Anlagengrößen zu gewährleisten)
3. Infrastruktur – Hardware-Nachrüstung der Erzeuger und Verbraucher (z. B. mittels SmartPi® oder SMGW); Blockchain und Smart Contracts; Validating-Full-Nodes; App und Website; Matching Algorithmus; Nutzerdaten
4. Kundenschnittstelle – Die direkten Kunden sind Anlagenbetreiber und Elektrizitätsversorgungsunternehmen, mit denen Nutzungsverträge abgeschlossen werden. Der Endverbraucher ist ein indirekter Nutzer der Plattform, es besteht keine direkte Geschäftsbeziehung zum Plattformbetreiber, jedoch ein Support für App und Website. Hauptkanäle bilden App, Website, E-Mail und Blockchain.

5.1.4 Detailbewertung

5.1.4.1 Technischer Aufbau des Proof-of-Concepts

Im Rahmen des getätigten Proof-of-Concepts (PoC) an der Forschungsstelle für Energiewirtschaft wurde auf die Ethereum-Blockchain als zugrundeliegende Infrastruktur zurückgegriffen. In diesem Zusammenhang wurde die „Handelsware" Strom nicht mit einer kryptografischen Währung oder Token verknüpft (vgl. 1 kWh = 1 Token), sondern die öffentlich verfügbare Blockchain als neutraler und vertrauenswürdiger Speicherort für die Daten verwendet. Bei einem Rollout des Konzeptes ist die Verwendung der Ethereum-Public-Blockchain nach dem derzeitigen Stand aus mehreren Gründen jedoch nicht empfehlenswert. Darunter fallen unter anderem die Transaktionsgebühren zum Ausführen der Smart Contracts, die aktuelle Limitierung der maximalen Transaktionsbandbreite und die nicht ausreichende Möglichkeit der Anonymisierung und Verschlüsselung der Daten (z. B. durch sog. „zero knowledge proofs") aus datenschutzrechtlicher Sicht. Hierzu eignen sich besonders konsortial geführte Blockchains (mehr dazu in Abschnitt 7.2).

Die Daten werden im PoC auf einer öffentlichen Blockchain gespeichert.

In Abbildung 5-16 ist die technische Funktionsweise des Ethereum-basierten Herkunftsnachweises konzeptionell dargestellt. Für einen verbrauchsscharfen Nachweis müssen zunächst Verbraucher und Erzeuger mit einer Hardwareschnittstelle ausgerüstet werden, die Verbrauchs- und Erzeugungsdaten in einem festen Takt von einer Minute ex post an einen Smart Contract überträgt. Dafür ist ein Dienstprogramm (Python Skript) als Kommunikator zwischen Schnittstelle (z. B. SmartPi) und dem Node zwischengeschaltet. Die auf der Blockchain abgelegten Daten werden von einem zentralen Dienstprogramm aus der Blockchain gelesen, in ein numerisches Optimierungsproblem formuliert und extern (offchain) mittels NumPy[2] gelöst. Die Lösung enthält die Zuordnung von Verbraucher und Erzeuger auf Grundlage mehrerer Parameter und wird zurück an den Smart Contract übergeben. /SCHNO-01 18/ Während theoretisch diese Funktion auch über Smart Contracts ausgeführt werden könnte, besteht derzeit noch die Herausforderung, dass die Rechenleistung für komplexere Optimierungsmodelle nicht ausreicht. Daher wurde die Berechnung „offchain" ausgelagert, jedoch „onchain" nach Ausführung der Berechnung auf Korrektheit geprüft.

Die Optimierung wird außerhalb der Blockchain durchgeführt.

[2] NumPy ist eine Programmbibliothek für die Programmiersprache Python, die eine einfache Handhabung von Vektoren, Matrizen oder generell großen mehrdimensionalen Arrays ermöglicht. Neben den Datenstrukturen bietet NumPy auch effizient implementierte Funktionen für numerische Berechnungen an.

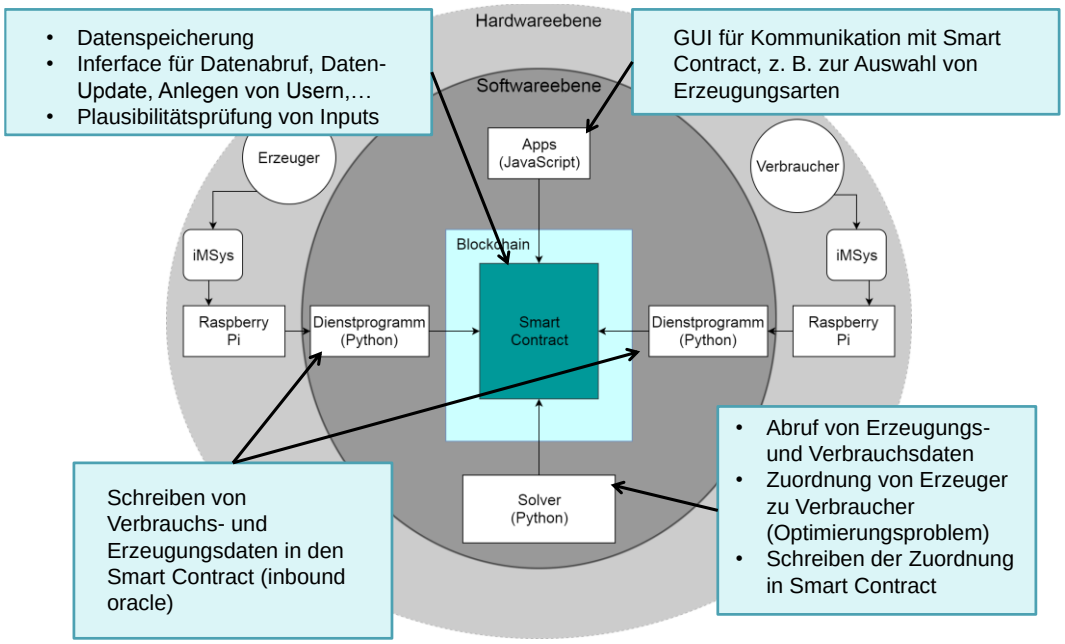


Abbildung 5-16: Funktionsweise des Herkunftsnachweises via Ethereum-Blockchain

In das Optimierungsproblem gehen, neben den Verbrauchs- und Erzeugungsdaten, die GPS-Koordinaten bzw. die Entfernungen zwischen den Einspeise- und den Entnahmepunkten ein. Somit wird sichergestellt, dass eine regionale Zuordnung priorisiert stattfindet. Befinden sich Einspeise- und Entnahmepunkt am selben Ort, wird dieser (immer) zugeordnet und somit ein möglichst hoher Eigenverbrauch angestrebt. Als weitere Parameter werden die Präferenzen des Verbrauchers in Betracht gezogen. Dabei geht es darum, Kunden individuelle Stromlieferungen nach deren Vorgaben zu ermöglichen, z. B. durch die Wahl der Präferenzen auf bestimmte Anlagentypen oder nach Regionalität. Die Präferenzen werden in geografische Entfernungen übersetzt und an das Optimierungsproblem übergeben. Als Hauptparameter des Matchings dient demnach die geografische Entfernung. Lehnt ein Verbraucher einen Anlagentyp ab, werden die Entfernungen rechnerisch erhöht und es kommt nur zu einer Zuordnung im Fall, dass keine Energie aus anderen Anlagen verfügbar ist.

In einem Beispiel von drei Verbrauchern und drei Erzeugern würde die von NumPy an die Blockchain zurück gegebene Lösung nach folgendem Schema übermittelt werden:

$$\begin{array}{cc} & Verbraucher \\ Erzeuger & \begin{pmatrix} 0{,}2 & 0{,}4 & 0{,}4 \\ 0{,}8 & 0{,}0 & 0{,}2 \\ 0{,}0 & 0{,}8 & 0{,}2 \end{pmatrix} \end{array}$$

Kunden können ihre zugeordneten Anlagen einsehen und ihre Präferenzen anpassen.

Mit Hilfe einer Applikation kann der Kunde sich mit seinem Public Key anmelden und bekommt seine Verbrauchsdaten und die ihm zugeordneten Anlagen entsprechend visualisiert aufbereitet. Darüber hinaus bekommt der Kunde in der App die Möglichkeit, seine Präferenzen für den Strombezug anzupassen. Dafür ist die Authentifizierung mit einem Private Key notwendig, denn für das Anpassen von Peripheriedaten ist das Auslösen einer Transaktion notwendig. Die Nutzer- und Anlagedatensätze sind in der Ethereum Virtual Machine (EVM) hinterlegt. Dies sind Informationen bezüglich der

einzelnen Anlagen, Standortdaten, Präferenzen der Kunden etc. Für die Verwaltung dieser Daten wird eine weitere Schnittstelle eingerichtet: die Administrator-Applikation. Neue Nutzer müssen hierzu anfangs von dem Administrator angelegt und in die EVM aufgenommen werden. Die EVM ist eine Turing-vollständige Entwicklungsumgebung und bildet damit die Grundlage für die Ausführung des Smart Contracts und dezentraler Apps (dApps).

5.1.4.2 Energierechtliche Einordnung

Entscheidend für das Labeling von Strom ist die Regelung der Stromkennzeichnung nach § 42 EnWG und § 78 EEG. Hier ist festgelegt, wie der gelieferte Strom an Letztverbraucher ausgewiesen wird und welchen Erfüllungspflichten die EVUs nachkommen müssen. Demnach wird Strom aus erneuerbaren Energiequellen in zwei Kategorien unterschieden: Zum einen Strom, gefördert durch das EEG durch Bezug einer Einspeisevergütung oder nach dem Marktprämienmodell und zum anderen Strom aus erneuerbaren Anlagen, der nicht EEG-gefördert wird. Für geförderten EEG-Strom wird bereits eine finanzielle Entschädigung gezahlt. Daher darf dieser gemäß dem Doppelvermarktungsverbot (§ 80 EEG) nicht gesondert ausgewiesen werden und muss als Graustrom vermarktet werden. Demnach dürfen für geförderten Strom „Herkunftsnachweise oder sonstige Nachweise, die die Herkunft des Stroms belegen, für diesen Strom nicht weitergegeben werden." /EEG-01 17/ EEG-geförderte Strommengen sind damit über einen Blockchain-Nachweis nach aktueller Regulatorik nicht verfügbar und dürfen nicht als „Strom aus erneuerbaren Energien" gekennzeichnet an Letztverbraucher ausgewiesen werden.

Das dargestellte Konzept ist derzeit nicht für EEG-Strom anwendbar.

Nur nicht-geförderte Strommengen sind demnach für eine unmittelbare Ausweisung per Blockchain-Nachweis verfügbar. Gemäß § 79 EEG müssen diese Herkunftsnachweise beim Herkunftsnachweisregister des Umweltbundesamtes entwertet werden. Die Teilnahme an diesem Register ist verpflichtend und kann aktuell nicht durch ein anderes Nachweissystem ersetzt werden. /EEG-01 17/, /UMWE-01 14/ Ein Nachweis via Blockchain muss somit zunächst parallel zum HKNR genutzt werden.

Die Vergabe und Zertifizierung durch Gütesiegel ist jedoch weder gesetzlich vorgegeben noch staatlich reguliert /VZN-01 16/. Ein Nachweis per Blockchain-Siegel kann daher alternativ zu einem Ökostrom-Siegel genutzt werden, indem dem Verbraucher direkte selbstbestimmte Einsicht in die Herkunft seines Strombezugs ermöglicht wird.

Das Herkunftsnachweisregister wird rechtlich legitimiert durch § EEG im Rahmen des Energiewirtschaftsgesetzes und organisiert durch die Herkunftsnachweisregister-Durchführungsverordnung (HkRNDV) und die Herkunftsnachweisregister-Gebührenverordnung (HkRNGebV). Gemäß § 92 EEG wird das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) ermächtigt, im Einvernehmen mit dem Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz durch Rechtsverordnung ohne Zustimmung des Bundesrates die Ausgestaltung des Nachweisregisters durchzuführen. Als verwaltendes und ausführendes Organ handelt das Umweltbundesamt. /UMWE-01 14/, /EEG-01 17/ Für eine Anpassung oder Neuaufsetzung des Registers auf Basis einer Blockchain, sowohl als Register als auch als Handelsplattform, bedarf es einer Novellierung der Verordnungen HkRNDV und HkRNGebV. Die Ermächtigung nach § 92 EEG bliebe bestehen.

Der Peer-to-Peer Herkunftsnachweis auf Basis der Blockchain-Technologie ist letztliche als Parallelsystem zum bestehenden Herkunftsnachweisregister und demnach als Mehrwertdienstleistung zu verstehen. Eine allgemeine Anerkennung und mögliche Konflikte mit dem bestehenden System des HKNR sind noch zu prüfen.

Analog zum P2P-Handel im C2C-Bereich kann auch der P2P-Handel im Bereich des Labelings erfolgen. So kann beispielsweise im Rahmen einer Blockchain-Lösung ein Nachweis der Herkunft direkt zwischen Peers erfolgen, während ein Dienstleister die energiewirtschaftliche Abwicklung im Hintergrund übernimmt (analog zu Abschnitt 5.2.4).

5.1.4.3 Potenzial

Der rechtliche Rahmen wurde seit 2005 nicht aktualisiert.

Die Gesetzesgrundlage zur Stromkennzeichnung wurde im Jahr 2005 verabschiedet und prägt diese bis heute maßgeblich. Sie stammt aus der Zeit einer Energieversorgung, in der Erzeugungslastgänge weitestgehend repetitiv und prognostizierbar waren. So bilden lange Bilanzierungszeiträume die Grundlage für die Ausweisung von Energieträgern und Erzeugungsarten. Lange Bilanzierungszeiträume führen gleichzeitig zu einer gänzlichen Entkopplung von Verbrauch und Erzeugung.

Die Förderung nach dem EEG hat eine feste Vergütungslaufzeit von 20 Jahren und wurde geschaffen, um eine hohe Investitionssicherheit und einen sicheren regulatorischen Rahmen für den Ausbau der Erneuerbaren Energien zu schaffen. Davon ausgehend ist für eine mittelfristige Implementierung der Blockchain-Technologie nicht zu erwarten, dass das Doppelvermarktungsverbot eine Novellierung erfährt. Das bedeutet, dass EEG-geförderte Anlagen für einen Herkunftsnachweis via Blockchain kurz- und auch mittelfristig nicht verfügbar sind.

Das Potenzial einer Massenadaption des Blockchain-Nachweises ist demnach vorerst auf EE-Anlagen ohne Förderungsanspruch limitiert. Die zukünftige Entwicklung der resultierenden Energiemenge ist daher abhängig von zwei Faktoren: Die Wahl der Vermarktungsstrategie von Neuanlagen zum einen und zum anderen das Auslaufen der Förderungsdauer von Bestandsanlagen. Während aktuell noch nahezu alle Neuanlagen über das EEG vermarktet werden, ist eine Verschiebung dieser Tendenz nur bei gesteigerter Wettbewerbsfähigkeit der erneuerbaren Energien zu erwarten. Ein anlagen- und zeitscharfer Herkunftsnachweis birgt Potenzial, hierzu beizutragen. Allerdings ist eine genaue Quantifizierung nur schwer möglich. Eine transparente Speicherung der Herkunftsnachweise würde den Wert von regionalen Herkunftsnachweisen bspw. gegenüber solchen aus skandinavischer Wasserkraft steigern. Darüber hinaus würden HKN Preisunterschiede nach zeitlicher Auflösung erfahren und somit Marktanreize hin zu einem verbrauchsorientierten Ausbau der erneuerbaren Energien fördern. Die Integration von Stromspeichern würde dadurch ebenfalls einen deutlichen Mehrwert erfahren, da die ein- und ausgespeicherte Kilowattstunde differenziert werden und zur Stromkennzeichnung hinzugezogen werden kann.

Durch Auslaufen der Förderungsdauer von EEG-Anlagen ist steigendes Potenzial zu erwarten.

Bereits jetzt verfügbare Strommengen sind durch das Auslaufen der Förderung der EE-Anlagen maßgeblich bestimmt. Dies ist abhängig vom Baujahr und der Förderungsdauer einer Anlage. Die Förderungsdauer ist auf 20 Jahre Laufzeit festgeschrieben /EEG-01 17/. Eine heute gebaute Anlage ist daher erst in 20 Jahren für einen Nachweis via Blockchain nach jetziger Regulatorik verfügbar. Die maximale Zubaurate von Anlagen (hauptsächlich Wind und PV) wurde in den Jahren zwischen 2009 – 2012 erreicht (siehe auch Abbildung 5-17). Diese Anlagen stehen etwa ab dem Jahr 2030 für einen Blockchain-Nachweis bereit. Für eine Betrachtung der Entwicklung der verfügbaren Strommenge werden daher die Jahre 2030 und 2035 als Manteljahre betrachtet, zwischen denen die Förderung nach dem EEG für einen Großteil der erneuerbaren Anlagen ausläuft und alternative Vermarktungskonzepte gefunden werden müssen.

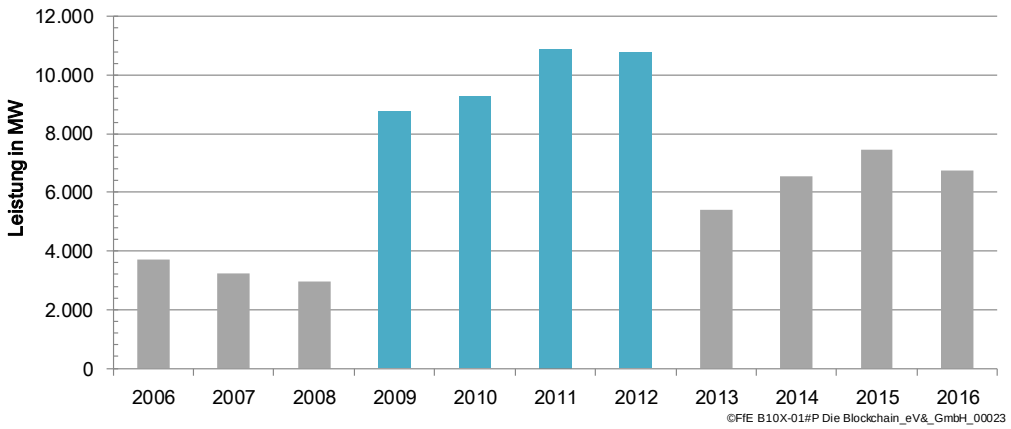


Abbildung 5-17: Jährlicher Zubau von Erneuerbaren Energien in Leistung /BMWI-114 17/

Zur Ermittlung der verfügbaren installierten Leistung der Manteljahre 2030 und 2035 wurde auf Basis der von den ÜNB bereitgestellten Anlagenstammdaten /ÜNB-03 16/ der Stand der installierten Leistung der einzelnen EE-Technologien zum 31. Dezember 2016 ermittelt (vgl. Abbildung 5-18). Für das Jahr 2030 wurden somit alle Anlagen mit einem Baujahr bis 2010 in Betracht gezogen. Analog wurden für 2035 die Baujahre bis 2015 einbezogen. Bzgl. der Stilllegung von Anlagen während ihrer Förderdauer wurden die zur Verfügung gestellten Anlagenstammdaten der ÜNB ausgewertet und die beobachteten Anteile vorzeitig stillgelegter Anlagen für die Zukunft weitergeschrieben. Es ist davon auszugehen, dass viele der Anlagen nach Ende der Förderung weiter betrieben werden. Dies ist u. a. jedoch hauptsächlich von der Wirtschaftlichkeit der Anlage sowie von behördlichen Genehmigungen für den Weiterbetrieb abhängig. Ohne einen Weiterbetrieb würde das bedeuten, dass ein eventueller Rückbau durch den festgelegten Ausbaukorridor nicht ausgeglichen wird, folglich ab 2020 quasi kein Netto-Zubau von Windenergie an Land mehr erfolgen würde und somit nicht für einen Herkunftsnachweis verfügbar wäre. /EEG-01 17/, /ÜNB-03 16/

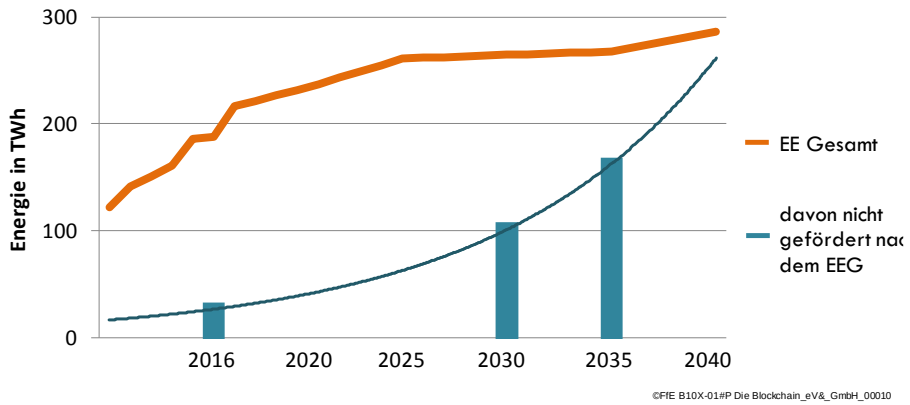


Abbildung 5-18: Entwicklung der Bruttostromerzeugung EE, sowie ungeförderte Strommengen nach EEG /BMWI-01 14/

Eine Analyse der Kostenstrukturen nach Status quo ergab, dass für eine Ausweisung und Zertifizierung von Ökostrom nur sehr geringe Kosten für ein Versorgungsunternehmen aufzuwenden sind. Mit Aufwendungen zwischen 0,062 bis 0,131 ct/kWh wirken sich diese

Die Auswirkungen auf Kosten sind als sehr gering einzuschätzen.

nicht spürbar auf den an den Letztverbraucher weitergegeben Strompreis aus. Eine Blockchain-Implementierung würde zwar u. a. reduzierte Betriebskapital-anforderungen mit sich bringen. Das Potenzial zu einer signifikanten Absenkung der Gesamtkosten nur für den Herkunftsnachweis scheint jedoch von vorneherein nur begrenzt vorhanden zu sein.

5.1.5 Fazit und Handlungsempfehlungen

Aktuell bieten bereits 67 % der Lieferanten (839 von 1.260) mindestens einen Ökostromtarif an. Knapp 11 Mio. und somit 22 % aller Zählpunkte in Deutschland beziehen Ökostrom. Über 23 % der an Haushaltskunden abgegebenen Strommenge wurde als Ökostrom gekennzeichnet. Die Nachfrage nach Ökostrom in Deutschland übersteigt bereits heute die Zielquote von 40 % Erneuerbarer Energien Anteil für 2025. /ZAR-01 18/ Diese Zahlen geben bereits einen Hinweis bzgl. des Potenzials.

Abbildung 5-19 bietet einen Überblick der drei vorgestellten Konzepte, die im Folgenden zusammengefasst werden.

	1. Blockchain-Siegel	2. Blockchain-Register	3. Peer-to-Peer Herkunftsnachweis
Zusammenfassung	**Bilanzielles Nachweis von erzeugter und verbrauchter Energiemenge** • Überbrückung von Prüfinstanzen für Ökostrom-Siegel • Schnittstelle für Verbraucher zur Einsicht denkbar	**Herkunftsnachweisregister auf der Blockchain** • Prozessoptimierung und Schnittstellenminimierung • Hochauflösende Bilanzierungszeiträume möglich (1 HKN ≠ 1 MWh) • EU-weite Standardisierung möglich	**Direkte Verbindung von Verbraucher und Erzeugungsanlage** • Überbrückung von sämtlichen Intermediären • Direkte Messung und Zuordnung von erzeugter und verbrauchter Energie
Notwendige Schnittstellen	Herkunftsnachweis-register, EVU	Anlagenbetreiber, EVU	Anlagenbetreiber, Letztverbraucher
Labeling Zeitpunkt	Jährlich (ex-post)	Kurzfristig möglich (ex-post)	Kurzfristig möglich (ex-post)
verbrauchsscharf	✓	✓	✓
zeitscharf		✓	✓
anlagenscharf		✓	✓
verbraucherscharf			✓
Einsicht für Verbraucher	(✓)	(✓)	✓

Abbildung 5-19: Konzeptioneller Vergleich der drei unterschiedlichen Implementierungsmöglichkeiten für den Herkunftsnachweis mittels Blockchain

Das Blockchain Siegel als Konzept mit dem kürzesten Umsetzungshorizont nutzt die Blockchain bedingten technischen Eigenschaften der Transparenz und Manipulationssicherheit, um den Letztverbraucher die korrekte bilanzielle Verknüpfung von verkaufter Strommenge und gekaufter HKN des EVU zu garantieren. Es setzt somit an der nachgelagerten Zertifizierungsebene an, welche heute von verschiedenen Zertifizierungsstellen übernommen wird. Zwar ist eine anlagenscharfe Zuordnung theoretisch möglich, doch kann weiterhin nur eine retrospektive, zeitlich und bilanziell niedrigauflösende Zuordnung vorgenommen werden (1 HKN = 1 MWh).

Das zweite Konzept des Blockchain-Registers optimiert den Handel und die Zuordnung der HKN, indem sie das HKNR des UBA ersetzt und eine einheitliche Systemschnittstelle garantiert. Durch die Integration der Blockchain in die Kommunikations- und Datenmanagement-Ebene kann eine anlagenscharfe, zeitlich und bilanziell hochauflösende Zertifizierung erfolgen (1HKN ≠ 1 MWh). Eine direkte Zuordnung zum einzelnen Verbraucher ist allerdings nur über Umwege möglich. Eine zeitnahe Umsetzung ist technisch möglich, auch wenn durch folgende Pilotprojekte Fragen bzgl. der Skalierbarkeit beantwortet werden müssen.

Die Neukonzeption der Stromzertifizierung auf Basis eines Peer-to-Peer Herkunftsnachweises bietet neben hoher zeitlicher und bilanzieller Auflösung auch eine eindeutige Zuordnung von Erzeugungsanlage zu Letztverbraucher. Im Rahmen des Projekts wurde hierzu bereits ein Proof-of-Concept umgesetzt und die Machbarkeit demonstriert. Denkbar wäre es diesen Ansatz als Mehrwertdienstleistung für Letztverbraucher zur Verfügung zu stellen und somit eine deutlich verbesserte Transparenz hinsichtlich Herkunft und zeitlicher Verfügbarkeit erneuerbarer Erzeugung zu erlauben. Eine regionale Zuordnung von Erzeugung und Verbrauch ist immanenter Teil des Konzepts und kann ohne Mehraufwand integriert werden.

Da Anlagen, für die eine Förderung nach dem EEG in Anspruch genommen wird, keine Teilnahme am Herkunftsnachweisregister möglich ist (vgl. § 78 EEG), stellt dies den wesentlichen limitierenden Faktor hinsichtlich der Reichweite der beschriebenen Konzepte dar. Es dürfen somit ausschließlich ungeförderte Strommengen (außerhalb des EEG) abgebildet werden, welche aktuell ca. 14 % der gesamten regenerativen Erzeugung in Deutschland ausmachen. Allerdings ist absehbar, dass gegen Ende der 2020er Jahre ein Großteil der bestehenden Anlagen auf den freien Markt drängen wird, und somit für einen Nachweis per Blockchain potenziell verfügbar werden.

Zwar müsste der regulatorische Rahmen für eine flächendeckende (europaweite) Umsetzung angepasst werden, doch lohnt es sich bereits jetzt entsprechende Umsetzungs- und Pilotprojekte zu initiieren. Die Forschungsstelle für Energiewirtschaft plant derzeit gemeinsam mit ihren Projektpartnern ein Umsetzungsprojekt, welches wichtige Erkenntnisse zu Skalierung und technischer Umsetzung liefern soll.

5.2 Anwendungsfall: Peer-to-Peer Energiehandel

peer = ebenbürtig, gleichrangig

Im folgenden Abschnitt wird der Anwendungsfall „Peer-to-Peer Energiehandel" näher beschrieben und sowohl aus technischer als auch systemischer Sicht näher erörtert. Dabei kann grundsätzlich in B2B- und C2C-Bereiche unterteilt werden. Während der B2B-Bereich den Großhandel auf Börsen oder „over-the-counter" beschreibt und der Einsatz der Blockchain-Technologie eine Prozessoptimierung darstellen kann, ist eine P2P-Beziehung im C2C-Bereich im heutigen Energiesystem bisher nur mit Hindernissen umsetzbar. Der Fokus dieser Betrachtungen liegt daher auf letzteren Aspekten.

5.2.1 Beschreibung des Referenzprozesses

Da es für C2C-Energiehandel aktuell keinen vergleichbaren Referenzprozess gibt, bezieht sich die Referenz auf das heutige Handelssystem. Abbildung 5-20 stellt dieses vereinfacht mit dem Fokus auf Prosumenten dar.

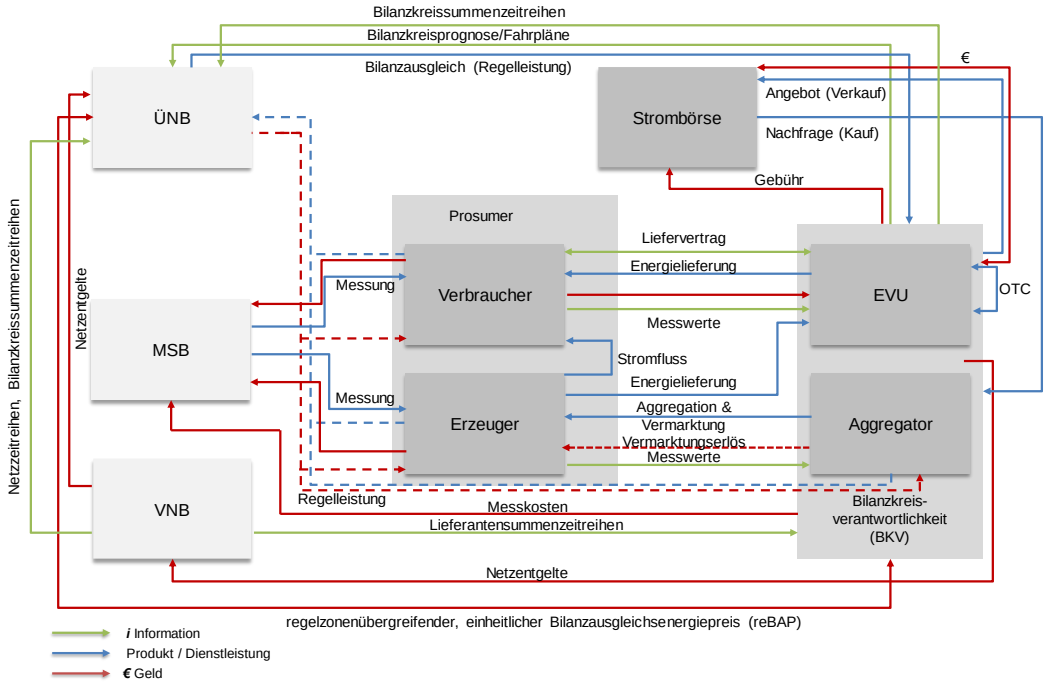


Abbildung 5-20: e^3-value-Modell des heutigen Strommarktdesigns (vereinfachtes Zielmodell mit Fokus auf die Wertschöpfungsstufen Erzeugung und Handel/Beschaffung im Kontext von Prosumenten)

Energiehandel ist an physikalische Restriktionen geknüpft.

Das Referenzmodell zeigt, dass der Energiehandel im Energiesystem an viele Aufgaben geknüpft ist. Diese umfassen unter anderem den Ausgleich von Erzeugung und Verbrauch im Rahmen eines virtuellen Energiemengenkontos, dem sogenannten Bilanzkreis. Durch diesen Mechanismus wird sichergestellt, dass die Marktakteure innerhalb eines vorgegebenen Rahmens Über- sowie Unterproduktion weitestgehend vermeiden. Dies ist die Basis für ein stabiles Energiesystem. Das System des heutigen Bilanzkreismanagements ist in Abbildung 5-21 abgebildet.

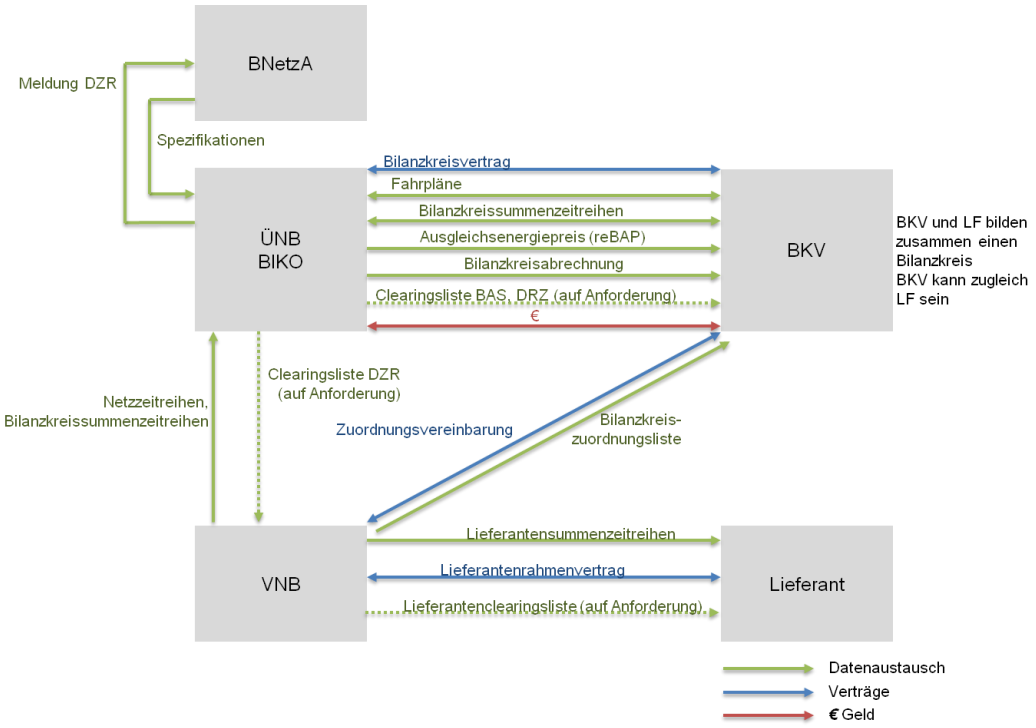


Abbildung 5-21: e³-value-Modell des heutigen Bilanzkreismanagements nach /GEI-01 18/

Starke zeitliche Erzeugungs- und Verbrauchsdisparitäten führen zu Schwankungen in der Netzfrequenz.

Neben den Verpflichtungen zur Bilanzneutralität sind Energielieferanten u. a. durch Lieferverträge an die Stromlieferung an Endkunden verpflichtet. So wird sichergestellt, dass zu jeder Zeit ausreichend elektrische Energie für Verbraucher bereitgestellt wird.

Exkurs: Kurzer Überblick über das heutige Energiesystem

Der Handel von Energiemengen ist im heutigen Energiesystem immer ex ante. So wird eine Über- oder Unterproduktion durch die Abstimmung von Erzeugung und Verbrauch innerhalb des Kontrahierungszeitraums verhindert. Dies wird durch Bilanzkreise gewährleistet. Ein Bilanzkreisverantwortlicher ist dazu verpflichtet, die von ihm belieferten Letztverbraucher durch genauso viel Energie zu versorgen wie diese innerhalb eines Kontrahierungszeitraums (aktuell 15 Minuten) benötigen. So wird sichergestellt, dass Letztverbraucher immer versorgt werden können und das Energiesystem nicht mit zu starken Ungleichgewichten und damit entstehenden Frequenzänderungen durch unausgeglichene Saldi des Netzregelverbunds (NRV) zu kämpfen hat.

Bilanzkreise sorgen v. a. für geringe Abweichungen zw. Erzeugung und Verbrauch.

Etwaig auftretende Abweichungen aller Bilanzkreise (z. B. durch Kraftwerksausfälle oder Fehlprognosen) werden durch die Übertragungsnetzbetreiber mittels Regelleistung ausgeglichen. Die so entstehenden Kosten werden verursachergerecht auf die abweichenden Bilanzkreise umgelegt. Auf diese Weise kann gewährleistet werden, dass der ansonsten vom Netz unabhängig agierende Markt über Anreize verfügt, das Energiesystem nicht unnötig durch Über-/Unterproduktion zu belasten.

Zu starke Abweichungen der Netzfrequenz können einen Blackout auslösen.

5.2.2 Einsatz der Blockchain-Technologie

Auf Basis der vorgestellten theoretischen Konstrukte werden im Nachfolgenden mögliche Konzepte für eine Umsetzung mittels der Blockchain-Technologie erörtert.

P2P-Handel umfasst sowohl das C2C- als auch das B2B-Segment

Abbildung 5-22 zeigt die grundsätzlichen Einsatzformen der Blockchain-Technologie. Dabei wird deutlich, dass Aufgaben der Börse (1) sowie der „over-the-counter"-Handel (2) im B2B-Bereich durch die Technologie abgebildet werden können. Zudem können grundsätzlich Börsen und die Rolle des Lieferanten in Form des „Energieversorgungsunternehmens" und „Aggregatoren" (3) substituiert werden, indem direkt zwischen Prosumenten in einem Peer-to-Peer-Modell mittels Blockchain gehandelt wird (C2C). Die Darstellung zeigt jedoch auch, dass u. a. die Aufgaben bzgl. der Bilanzkreisprognose, Bilanzausgleich sowie Lieferverträge durch ein Blockchain-Ökosystem weiterhin in einem solchen System gewährleistet werden müssen.

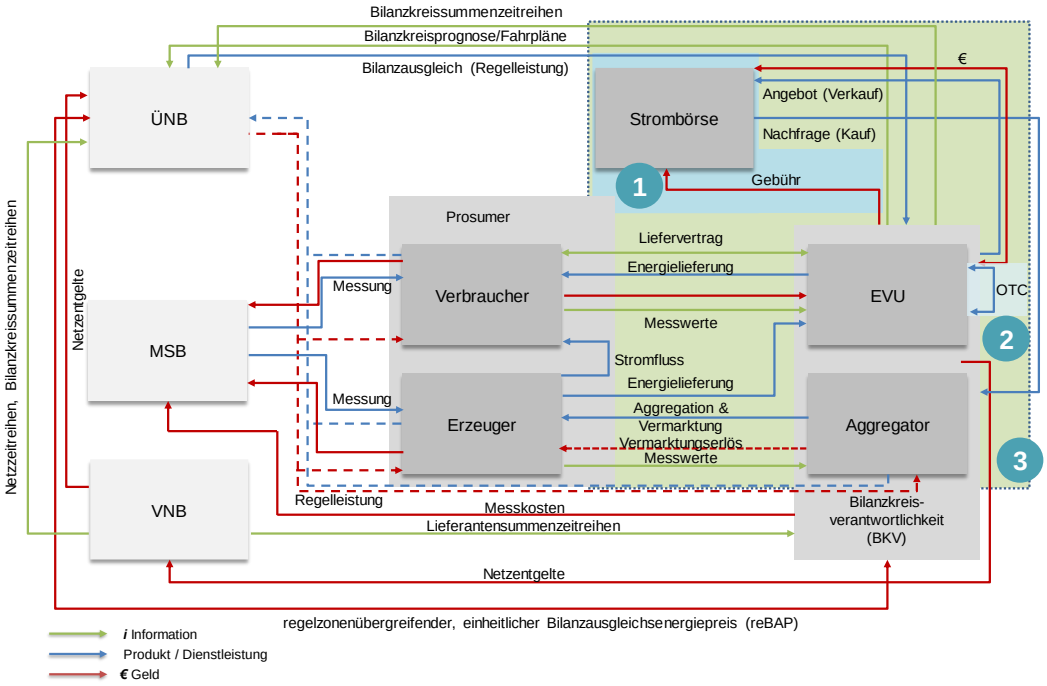


Abbildung 5-22: Einsatzmöglichkeiten der Blockchain-Technologie

P2P-Handel im B2B-Segment erfolgt heute auf Börsen oder OTC.

Aus Abbildung 5-22 ergeben sich die folgenden Anwendungsfälle im Zusammenhang mit dem Energiehandel mittels der Blockchain-Technologie

1. Abbildung von Börsenprozessen auf einer Blockchain (B2B)
2. OTC-Handel mittels Blockchain (B2B)
3. dezentralisierter P2P-Handel mittels Blockchain (C2C)

Der Fokus in den nachfolgenden Betrachtungen wird auf Option 3 gelegt, da es sich hierbei nicht um eine reine Prozessoptimierung handelt, sondern um eine neue Form der Interaktion.

5.2.3 Detailbewertung

In den nachfolgenden Kapiteln erfolgt eine Bewertung des Potenzials und der energierechtlichen Hürden.

5.2.3.1 Potenzial

Das Potenzial wird für alle drei identifizierten Segmente (Börse, OTC, C2C) analysiert.

P2P-Handel (C2C)

Aufgrund des Doppelvermarktungsverbotes nach § 80 EEG verhält sich das Erzeugungsanlagen-seitige Potenzial (= Angebot) für den anlagenscharfen Handel von Erzeugungsleistung im C2C-Segment analog zum Labeling erneuerbarer Energien (vgl. Kapitel 5.1).

Das Doppel-vermarktungsverbot betrifft auch den C2C-Bereich.

Wird auf einer P2P-Plattform „Graustrom" gehandelt, also keine spezifische Anlage oder eine regionale Verortung ausgewiesen, gelten analog die Regeln für heutige Börsensysteme.

Die Nachfrage-Seite eines P2P-Stromhandels ist nicht alleine durch ideelle Beweggründe getrieben, sondern auch durch ggf. vorhandene finanzielle Vorteile. Der durchschnittliche Haushaltsstrompreis setzt sich aus insgesamt 12 Bestandteilen zusammen, die in Abbildung 5-23 dargestellt sind[3].

Der Haushaltsstrom-preis besteht aus 12 Komponenten.

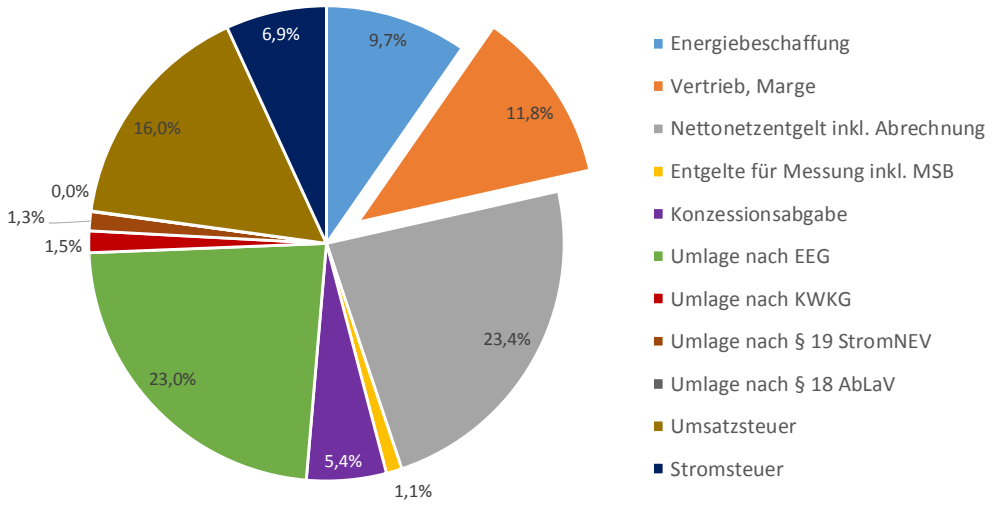


Abbildung 5-23: Bestandteile des Haushaltsstrompreises

Unter der Berücksichtigung von Strompreisbestandteilen wird deutlich, dass die Kosten des Handels, Vertriebs, der Erzeugung und jeweiligen Margen am Haushaltsstrompreis in Summe nur etwa 6,42 ct/kWh (im April 2017) im Abnahmefall von 3.500 kWh betragen /BNETZA-01 17/. Abzüglich des Day-Ahead-Preises im April von durchschnittlich

Nur ca. 12 % des Haushaltsstrom-preises entfallen auf Vertrieb und Marge.

[3] Die Umlage nach Offshore-Haftung war im Jahr 2017 negativ (-0,03 ct/kWh) und ist in der Abbildung 5-23 nicht dargestellt

28,87 €/MWh /EPEX-01 17/ für die Energiebeschaffung ergeben sich so Anteile von Vertrieb und Marge in Höhe von ca. 3,53 ct/kWh. Bezogen auf den durchschnittlichen Haushaltsstrompreis von 29,86 ct/kW entspricht dies 11,8 % /BNETZA-01 17/.

Der Haushaltsstromverbrauch beträgt in Deutschland ca. 530 Mrd. kWh.

Nach /BDEW-08 18/ beträgt der Haushaltsverbrauch in Deutschland ca. 24,3 % des Gesamtverbrauchs von 530 Mrd. kWh. Die Blockchain-Technologie kann maximal die Kostenbestandteile „Vertrieb und Marge" reduzieren. Ob dies tatsächlich möglich ist und in welchem Umfang, ist jedoch fragwürdig, da im nachfolgenden Kapitel die damit verbundenen Herausforderungen beschrieben werden.

Das absolute theoretische Potenzial ist nichtdestotrotz die maximal mögliche Kostenersparnis aller Haushalte. Diese entspricht 4,55 Mrd. € pro Jahr.

Ein Vierpersonen-Haushalt entrichtet ca. 124 €/Jahr für Vertrieb und Marge an den Lieferanten.

Aus Sicht eines Haushaltes mit 3.500 kWh pro Jahr entspricht dies einer maximal möglichen Kostenersparnis von 123,65 €/Jahr.

Das theoretische nachfrageseitige Marktpotenzial ist somit als sehr groß zu bewerten, wird aus regulatorischer Sicht angebotsseitig jedoch stark eingeschränkt.

P2P-Energiehandel (B2B)

Die B2B-Prozesse im heutigen System sind in Abbildung 5-24 dargestellt. Die Abbildung zeigt, dass es eine Reihe von Prozessen gibt, die v. a. auch gegenüber Regulierungsbehörden dokumentiert und übermittelt werden müssen (vgl. REMIT). Eine Blockchain-Lösung ist insofern vorteilhaft, weil nicht mehr jeder einzelne Teilnehmer am System den Reporting-Pflichten der Regulierungsbehörde nachkommen muss, sondern diese Behörden entweder zu jeder Zeit als „Silent-Observer" die Prozesse überwachen können oder regelmäßige „Snapshots" erhalten, um diese zu prüfen.

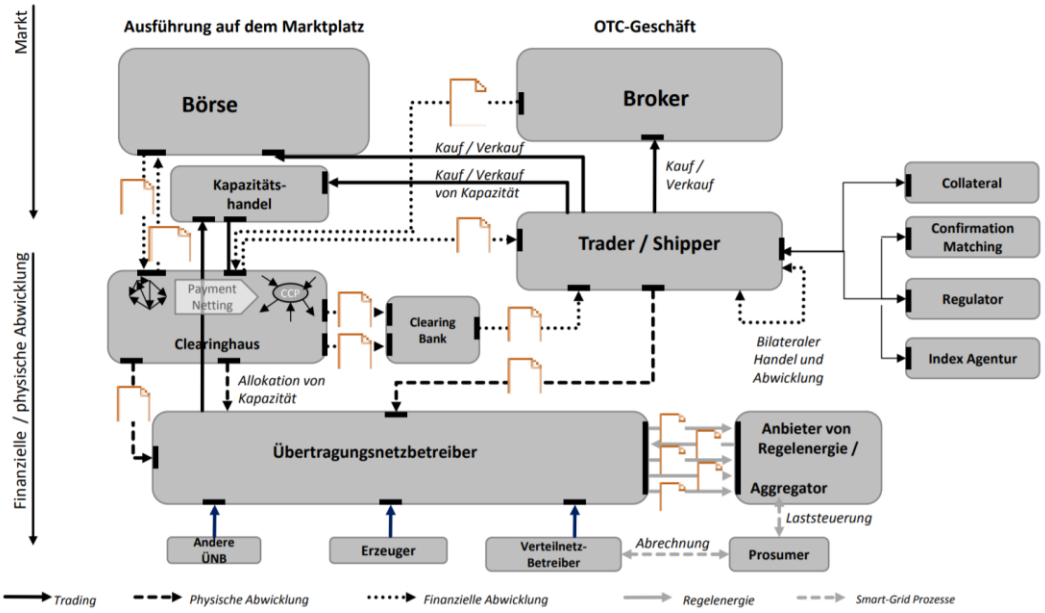


Abbildung 5-24: Die verschiedenen Prozesse im Energiemarkt /BWKL-01 16/

Nachfrageseitig ist der P2P-Handel im Kontext von B2B-Handelsplattformen wie Börsen oder OTC-Handel auf Blockchain-Plattformen eine wirtschaftliche Fragestellung. Sind die

durch Blockchain offerierten Kosteneinsparungen durch die Nutzung eines solchen Systems im Vergleich zu heutigen Lösungen überzeugend, kann eine Blockchain-Lösung langfristig fester Bestandteil des Energiesystems werden.

Börsenhandel (B2B)

Transaktionskosten im Börsenhandel sind sehr gering.

Preisblätter und Kostenpositionen bestehender Börsen (EPEX, EEX) zeigen, dass die Transaktionskosten für den Handel einer Megawattstunde mit 0,04 €/MWh (Day-Ahead-Auktion) bzw. 0,07 €/MWh (Intraday Auktion, EPEX) im Promille-Bereich im Verhältnis zu den aktuellen Handelspreisen liegen. /EEX-01 18/, /EPEX-06 18/ Im Falle der EEX und einem stetig steigenden Handelsvolumen (543 TWh im Jahr 2017) wird im Spotmarkt vor allem Energie in Day-Ahead-Auktionen erworben (472 TWh) und nur ein geringer Anteil untertägig gehandelt (71 TWh). Die so entstehenden Transaktionskosten von 23,85 Mio. € im Jahr 2017 betragen im Verhältnis zu den in diesem Jahr gehandelten Energiemengen im Gesamtwert von 18,6 Milliarden Euro[4] lediglich einen Anteil von 0,13 %. Selbst unter der Annahme, eine Blockchain könnte die Transaktionsgebühren gegenüber dem heutigen System deutlich reduzieren, sind die finanziellen Effizienzverbesserungen bzgl. der Transaktionsgebühren marginal und rechtfertigen keine Umstellung des Systems.

Transaktionskosten sind kein Argument für eine Blockchain-Lösung.

Die Teilnahme an Energiehandels-plätzen ist relativ aufwendig.

Die Kosten für Nutzer der Börsen-Plattformen entstehen jedoch nicht alleine durch die Transaktionskosten, sondern durch jährliche Entgelte oder Beitrittsgebühren. So liegen die jährlichen Kosten für eine „Full membership" bei EPEX SPOT bei 10.000 € und im Falle der EEX bei 15.000 €. In Anbetracht der insgesamt 204 EEX und 221 EPEX-Spot registrierten Stromhandelsteilnehmer lässt sich zudem nach /BNETZA-01 17/ ableiten, dass nur relativ wenige Stadtwerke und Regionalversorger tatsächlich selbst aktiv auf der Börse handeln (vgl. Abbildung 5-25). Deren jährliche Kosten für die Nutzung summieren sich auf max. 5,3 Mio. €[5] auf. Neben diesen Gebühren sind die Gründe gegen eine Teilnahme nach /BORGM-01 04/ vor allem das Risikomanagement, die entstehenden Kosten und Aufwendungen für qualifiziertes Personal sowie die geeignete Informationstechnologie. Laut Aussagen einzelner Projektpartner belaufen sich die Kosten hierfür in Summe auf einen niedrigen sechsstelligen Betrag pro Jahr.

[4] Durchschnittliche Preise 2017: 34,29 €/MWh (ID) und 34,22 €/MWh (DA)

[5] Unter der Annahme, es handle sich dabei um „full memberships"

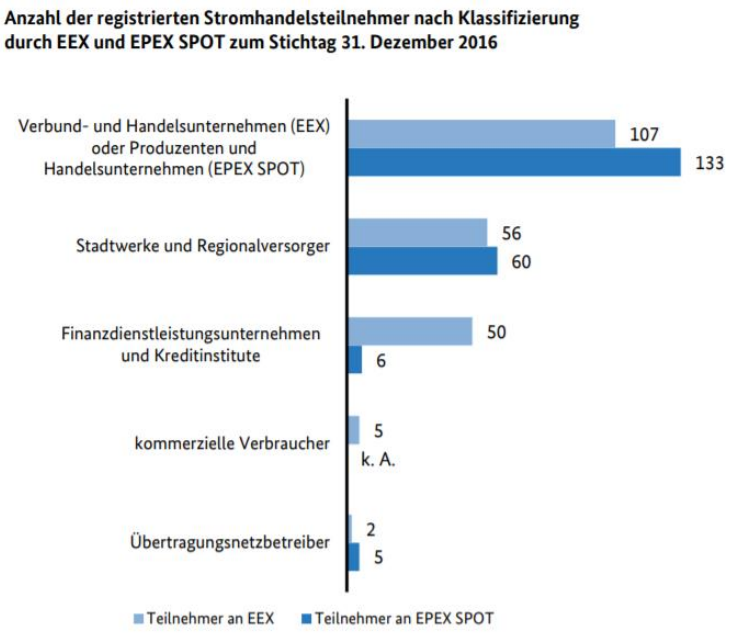


Abbildung 5-25: Registrierte Teilnehmer am Stromhandel nach /BNETZA-01 17/

Diese Anforderungen können je nach Ausgestaltung des Systems auch durch den Einsatz der Blockchain-Technologie nur geringfügig verändert werden, da diese lediglich börsenseitige Prozesse substituiert, nicht jedoch das Risiko von Differenzmengen.

Die Zugangshürden zum Börsenhandel könnten durch eine Blockchain reduziert werden.

Einher mit den einmaligen Registrierungsgebühren und den damit verbundenen Aufwänden des Nachweises müssen einige Zulassungsvoraussetzungen erbracht werden. Diese umfassen u. a. den Nachweis über haftendes Eigenkapital /EEX-01 18/, die Benennung eines Bilanzkreises /EPEX-06 18/ und eine Zulassung durch die European Commodity Clearing AG. Auch für letztere müssen Gebühren für eine Teilnahme (jährlich) und Clearing-Entgelte (je Transaktion) erbracht werden /ECC-01 18/. Zudem müssen Händler eine Zulassung vorweisen. Während eine Blockchain zwar gewisse Escrow-Services (Haftungsgebühr, Kautionen und Garantien) über Smart Contracts abwickeln kann, so lassen sich dennoch nicht alle dieser Dienste und die damit entstehenden Kosten vollständig substituieren. Ein Einsatz der Technologie könnte mit den betroffenen Akteuren in bestimmten Bereichen ggf. eine Verbesserung bedeuten. Eine detaillierte Analyse wurde im Rahmen dieser Studie jedoch nicht durchgeführt.

Die Blockchain kann das Clearing vereinfachen.

Die Analyse der entstehenden Kosten zeigt, dass grundsätzlich gewisse Kostenpositionen (v. a. im Falle von Clearing- und Escrow-Prozessen) durch eine Blockchain-Lösung reduziert werden könnten. /OW-01 16/ kommt zu dem Schluss, es könne kein zentrales Clearing im Falle von Echtzeit-Finanztransaktionen geben („no central clearing for real-time cash transactions"). Insbesondere in der Abwicklung nach erfolgreichem Handel könnten so notwendige Sicherheiten durch eine Blockchain reduziert, die Abwicklung effizienter prozessiert und automatisch ausgeführt werden. Dies zeigt, dass kann zumindest davon ausgegangen werden kann, dass die Clearing-Kosten mittels eines Blockchain-Systems reduziert werden könnten.

Mit der Blockchain könnte der C2C- und der B2B-Handel auf einer Plattform stattfinden.

Sollte der politische Wille hin zu kleineren Transaktionsvolumina, steigender Akteurszahl und zunehmenden Intra-Day-Handelsaktivitäten (bis hin zu einem integrierten P2P-Handel im C2C-Segent) kommen, könnte die Blockchain-Technologie langfristig eine Möglichkeit darstellen, das System stellenweise sinnvoll zu ergänzen. Weitere

Untersuchungen v. a. bezüglich der Wirtschaftlichkeit (inkl. der Kosten einer Umstellung) sollten im Zuge dieser Überlegungen in weiterführenden Projekten eruiert werden.

OTC-Handel (B2B)

OTC-Geschäfte werden oft ähnlich wie auf der Börse gecleared.

OTC-Handel beschreibt die Abwicklung von Handelsgeschäften außerhalb börslicher Geschäfte. *„Beim OTC-Clearing wird die Börse bzw. deren Clearing-Haus zum Vertragspartner der Handelsteilnehmer, so dass die Börse das Kontrahenten-Ausfallrisiko (Counterpart-Risiko) trägt"* /BNETZA-01 17/. Durch eine börsliche Registrierung können die Vertragspartner zudem sicherstellen, dass ihr Geschäft wie ein an der Börse zustande gekommenes Geschäft behandelt wird. Das OTC Clearing ist demnach die Schnittstelle zwischen börslichem und nichtbörslichem Stromgroßhandel. /BNETZA-01 17/

OTC-Handel ist intransparent und schwer zu kontrollieren.

Der außerbörsliche Handel ermöglicht individuellere Produkte, spart grundsätzlich die Zulassung und Transaktionskosten auf Börsen, substituiert den Intermediär Börse und dadurch ggf. entstehende Transaktionsgebühren und Zeitverzögerungen. Eine Schwäche dieses Systems ist jedoch die fehlende Transparenz, mangelnde Kontrolle und die Kosten für Broker.

Die Abwicklung erfolgt zumeist über EFET-Verträge.

Zur Abwicklung von Geschäften existieren Standardverträge, die statt individuellen Verträgen genutzt werden können. Diese EFET-Verträge (European Federation of Energy Traders) sind als Rahmenverträge ausgestaltet, so dass der Verhandlungsspielraum auf wenige Seiten (Anpassungsvereinbarung) reduziert wird. Während der allgemeine Teil („General Agreement") u. a. dauerhaft geltende Regelungen beinhaltet (z. B. Vertragsgegenstand, Leistungspflichten, Kündigungsrechte, Sicherheiten und mögliche Nachforderungen) sind individuelle Vertragstexte und Inhalte Bestandteil der Anpassungsvereinbarung (Election Sheet). /BBH-01 13/ Die Vertragsabschlüsse für die jeweiligen Einzeltransaktionen erfolgen jedoch durch Einzelverträge, die nach erfolgreichem Handel zwischen zwei Parteien in einem bilateralen Abgleich von Handelsdaten im Back-Office kontrolliert, bestätigt und abgewickelt („confirmation") werden /BORGM-01 04/. Diese beziehen sich auf wesentliche Elemente der Transaktionsobjekte (Produkt, Zeitpunkt, Liefermenge und Preis) Der Vorteil dieser Verträge ist, dass diese standardisiert sind und so der Prüf- und Abstimmungsaufwand gegenüber individuellen Verträgen bereits deutlich reduziert ist. Eine regelmäßige juristische Prüfung oder Verhandlung der Einzelverträge zu den jeweiligen Transaktionen ist nicht mehr nötig. /BBH-01 13/

Das Volumen des OTC-Clearings ist seit dem Jahr 2014 stark steigend, wie Abbildung 5-26 zeigt.

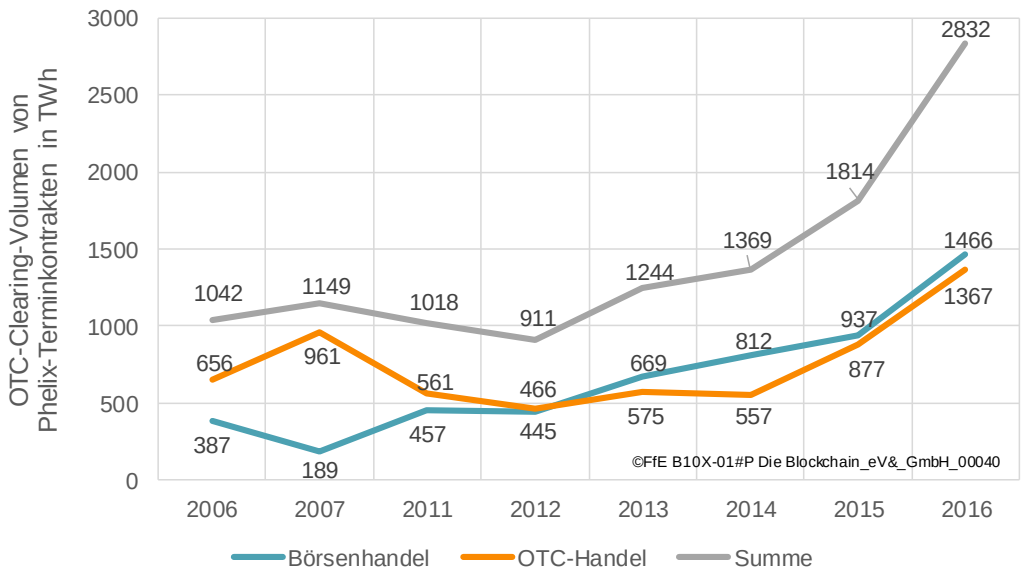


Abbildung 5-26: Volumen des OTC-Clearing von Phelix-Terminkontrakten an der EEX nach /BNETZA-01 17/

OTC-Handel erfolgt häufig über Broker (-Plattformen).

Der größte Anteil (62 %) des OTC-Clearing-Volumens an der EEX entfällt dabei auf nur fünf Broker-Plattformen /BNETZA-01 17/. Zudem führen Brokerfirmen im Namen ihrer Kunden Geschäfte durch, so dass diese nicht in IT und Personal investieren müssen. /NEX-01 18/

Die Kommunikation erfolgt oft über Email, Telefon oder instant Messaging.

Der OTC-Handel (solange nicht über Plattformen abgewickelt) geschieht neben Standards wie EDIFACT u. a. noch direkt telefonisch, per Email oder über öffentlich zugängliche Instant-Messaging-Kanäle. Die Telefonate bzw. Absprachen werden aufgezeichnet und der Vertrag (trading agreements) „mündlich" abgeschlossen. Zusätzlich kommt es im Anschluss an das Gespräch noch zu einer „confirmation" über die jeweiligen Back-Offices. Gehandelt werden dabei vor allem längerfristige Tages- und Wochenprodukte für Baseload oder Peakload. /NEX-01 18/ Beim OTC-Handel ist bei jedem Handelspartner eine Sicherheit individuell zu hinterlegen; nicht nur einmal wie bei der Börse. Dies wirkt sich v. a. hemmend auf kleinere Akteure aus. Diese Flexibilität wirkt sich deutlich auf das Risiko aus.

Die Ausfall- und Verlustrisiken durch Missverständnisse sind groß.

Die Art und Weise wie Verträge und Lieferungen abgeschlossen werden legt nahe, dass *„Ausfall- und Verlustrisiken durch Fehlentscheidungen und Missverständnisse bei der Geschäftsanbahnung (...) schlechte, folgenschwere Vertragsabschlüsse möglich"* machen. /NEX-01 18/

Aufgrund der Intransparenz können Strombörsenpreise mit den OTC-Handelsplattformen verknüpft und durch gezielte Käufe „hohe und illegale Gewinne" in OTC-Geschäften eingestrichen werden. Diese Manipulation kann heute aufgrund mangelnder Transparenz nur schwer nachgewiesen werden. Die Bundesnetzagentur überwacht die Einhaltung der REMIT-Verordnung, welche Manipulationen und Insiderhandel durch gesetzliche Meldepflichten verhindern soll. /NEX-01 18/

Aufgrund der intransparenten Ausgestaltung des Systems sind die Strompreise für die gehandelten bilateralen Kontrakte ebenso unbekannt wie etwaige Abstimmungsprobleme oder entstehende Komplikationen. Erstere sind jedoch in der Regel aufgrund der freien Wahl des Handelsplatzes den Preisen an den Börsen ähnlich, da Strom immer dort gekauft wird, wo er günstiger ist. Preisdifferenzen gleichen sich demnach meist schnell wieder an. /NEX-01 18/

Die Blockchain weist im OTC-Handel große Potenziale an unterschiedlichen Stellen auf.

Eine detaillierte Betrachtung der Potenziale der Blockchain-Technologie im Rahmen des OTC-Handels ist im Rahmen dieser Studie nicht möglich. Der intransparente Charakter, die Herausforderungen in der Vertragsanbahnung und –abwicklung, Missverständnisse, Fehlentscheidungen, zu hinterlegende Sicherheiten, das hohe Risiko, die Meldepflichten, Broker-Kosten sowie die potenziell großen Schäden legen jedoch nahe, dass die Blockchain-Technologie eine Vielzahl dieser Probleme durch ihre Wertversprechen beheben kann. Die Technologie könnte z. B. eingesetzt werden, um Handelsprozesse weiter zu standardisieren, Broker oder deren Plattformen zu substituieren, manipulationssicher Vertragsausgestaltungen anzubahnen und abzuwickeln, Interaktionen rechtssicher zu dokumentieren und digital referenzierendes Material (vgl. Chat-Protokolle, Emails, Lastkurven oder Audio-Aufzeichnungen von Gesprächen) zu speichern (direkt oder als Hash). Selbst als Grundlage für ein sicheres, manipulationssicheres und dokumentiertes Chat-Programm zur Abwicklung von Handelsgeschäften ist die Technologie grundsätzlich einsetzbar. Zudem birgt eine transparente Abwicklung über die Blockchain-Technologie den Vorteil, dass regulatorische Institutionen in Echtzeit oder in Form von Snapshots die stattfindenden Prozesse überprüfen können und so die Aufwände z. B. für REMIT (Regulation on Wholesale Energy Market Integrity and Transparency) oder EMIR (European Market Infrastructure Regulation) für alle Beteiligten (Meldung und Prüfung) reduziert werden.

Transparente Abwicklung über eine Blockchain vereinfacht die Prüfung (vgl. REMIT).

Auch wenn die identifizierten Herausforderungen im heutigen OTC-Bereich im Rahmen dieser Studie nicht quantifiziert werden können, weisen viele Anwendungsfälle im OTC-Bereich grundsätzlich großes Potenzial auf.

5.2.3.2 Energierechtliche Einordnung von P2P-Handel (C2C)

Der Handel von Energiemengen P2P ist grundsätzlich in Deutschland möglich. Das Energierecht setzt jedoch eine Reihe von Hürden, welche den Einsatz im Privatkundenbereich stark erschwert. Im Nachfolgenden erfolgt ein Überblick über rechtliche Restriktionen des P2P-Handels aufgrund energierechtlicher Hürden.

Energiewirtschaftliches Rollenmodell und Prosumenten im P2P-Handel (C2C)

Grundsätzlich sind die Parteien, Akteure, Rollen und Verantwortlichkeiten im Energiesystem vielschichtig. So umfasst die Partei des „Energieversorgers“ eine Vielzahl an Rollen, welche von den unterschiedlichsten Akteuren innerhalb eines Unternehmens wahrgenommen werden. Eine Übersicht darüber ist in Abbildung 5-27 dargestellt.

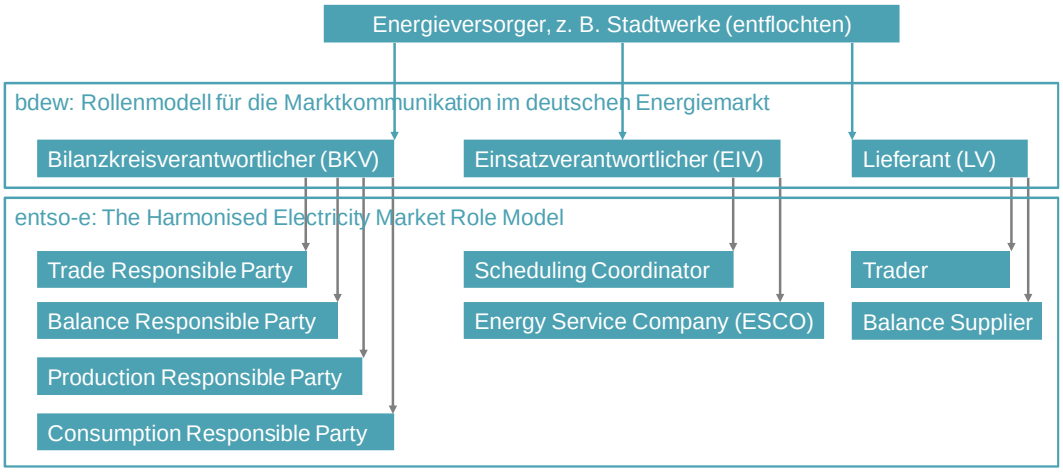


Abbildung 5-27: Die Rollen und Verantwortlichkeiten entflochtener Energieversorger

Energieversorger erfüllen viele Aufgaben im Energiesystem.

Abbildung 5-27 verdeutlicht, dass der Stromhandel lediglich einen kleinen Teil des klassischen Aufgabenfeldes darstellt. Auch die Einsatz- und die Bilanzkreisverantwortung werden in der Regel von dieser Partei wahrgenommen. Zur vollständigen Substitution des Intermediärs „Energieversorger" durch die Blockchain-Technologie – wie häufig in Blockchain-Kreisen als Vision skizziert – ist somit nur möglich, wenn alle Rollen und Verantwortlichkeiten durch die Technologie abgedeckt werden können.

Welche Rollen könnten durch die Blockchain (technisch) wahrgenommen werden?

Die Blockchain vermittelt als Plattform für P2P-Handel zwischen Erzeugern und Verbrauchern.

Stromverkäufer im P2P-Handel sind Lieferanten nach § 41 EnWG.

De lege lata handelt es sich bei Prosumenten, welche an einem P2P-Handel teilnehmen möchten, zumindest um Lieferanten nach § 41 EnWG. Sie sind daher dazu verpflichtet, sowohl Vertragsdauer, Preisanpassungen, Kündigungstermine und Kündigungsfristen, das Rücktrittsrecht des Kunden, zu erbringende Leistungen, Zahlungsweisen, Haftungs- und Entschädigungsregelungen bei Nichteinhaltung vertraglich vereinbarter Leistungen als auch den unentgeltlichen und zügigen Lieferantenwechsel vertraglich festzuhalten.

Private Strom-verkäufer müssen viele bürokratische Hürden überwinden.

Als Lieferant ist der an einer P2P-Lösung teilnehmende Prosument zudem ein Energieversorgungsunternehmen nach § 3 Abs. 18 EnWG und somit zur Anzeige der personellen, technischen und wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit beim Regulator verpflichtet (§ 5 EnWG). Darüber hinaus ist er verpflichtet, einen Bilanzkreisverantwortlichen nach § 4 StromNZV zu benennen und Lastprognosen an Netzbetreiber zu melden. Die geltenden Regeln der MaBis (Marktregeln für die Durchführung der Bilanzkreisabrechnung Strom) oder GaBiGas sind zudem einzuhalten. Zudem sind Lieferanten stromsteuerpflichtig (§ 5 StromStG) und nach § 60 EnWG zur Zahlung der EEG-Umlage an den ÜNB verpflichtet.

Diese rechtlichen Einschränkungen zeigen, dass die Hürden und Auflagen zur Teilnahme für Privatpersonen zu hoch sind.

Prosumer müssten nach geltendem Recht im P2P-Handel viele aufwändige Aufgaben erfüllen.

Folgender Überblick zeigt mögliche Schwierigkeiten bzw. Konflikte, die sich aus einem unverhältnismäßigen Erfüllungsaufwand ergeben:

- § 3 Nr. 18 EnWG: Als Lieferant ist der Prosumer auch ein EVU im Sinne des EnWG, daraus ergeben sich weitere Pflichten.

- § 5 EnWG: Meldepflicht für Lieferanten in der (dauerhaften) Haushaltskundenversorgung (personelle, technische und wirtschaftliche Leistungsfähigkeit) ggü. Regulierungsbehörde
- § 4 StromNZV: Benennung eines Bilanzkreisverantwortlichen, welcher Meldungen über Lastprognosen an Netzbetreiber macht
- § 60 EEG: EVU ist zur Zahlung der EEG-Umlage an ÜNB verpflichtet.
- StromNZV § 1 Satz 1 regelt die Bedingung für eine Stromeinspeisung. Die vertragliche Ausgestaltung des Nutzzugangs muss den Voraussetzungen der §§ 23 ff. entsprechen.
- § 41 EnWG: Mindestanforderungen an vertragliche Ausgestaltung von Energieliefer-verträgen

Zudem zeigt sich, dass über die aufgeführten rechtlichen Pflichten hinaus weitere Herausforderungen im Energiesystem entstehen, wenn P2P-Handel im C2C-Segment großflächig realisiert wird. Dies beinhaltet oft praktische Hemmnisse wie die Prozesse für die Meldung als Lieferant, die Vergabe von bdew-Codes zur eindeutigen Identifikation sowie die zunehmend komplexere Datenhaltung, für die heutige Systeme aufgrund weniger Teilnehmer nicht ausgelegt sind.

Rechtskonforme Lösungsansätze

Energieversorger können als Dienstleister für die Bürokratie auftreten.

Grundsätzlich ist bei Einhaltung der im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Rechte und Pflichten von Prosumenten in P2P-Märkten eine Umsetzung möglich. Die bürokratischen und rechtlichen Hürden sind jedoch für einzelne Teilnehmer (Prosumenten) nicht leistbar. Aus diesem Grund können die Aufgaben und Verpflichtungen von Dienstleistern (wie Energieversorgern) übernommen werden. Dieser Dienstleister übernimmt dementsprechend das Bilanzkreismanagement, die Beschaffung von Ersatz- und Überschussmengen, Prognosen („Bilanzkreismanagement-as-a-Service“) sowie bürokratische Verpflichtungen (Anzeige des Prosumers als EVU, Zahlung der EEG-Umlage, stromsteuerliche Verpflichtungen usw.) während die Teilnehmer innerhalb des Bilanzkreises frei untereinander handeln können. Da in diesem Fall die energiewirtschaftlichen Pflichten „off-chain“ durch den Dienstleister erfüllt werden, kann ein ex-post P2P-Handel auf der Blockchain realisiert werden. Ein solches Konstrukt ist in Abbildung 5-28 dargestellt.

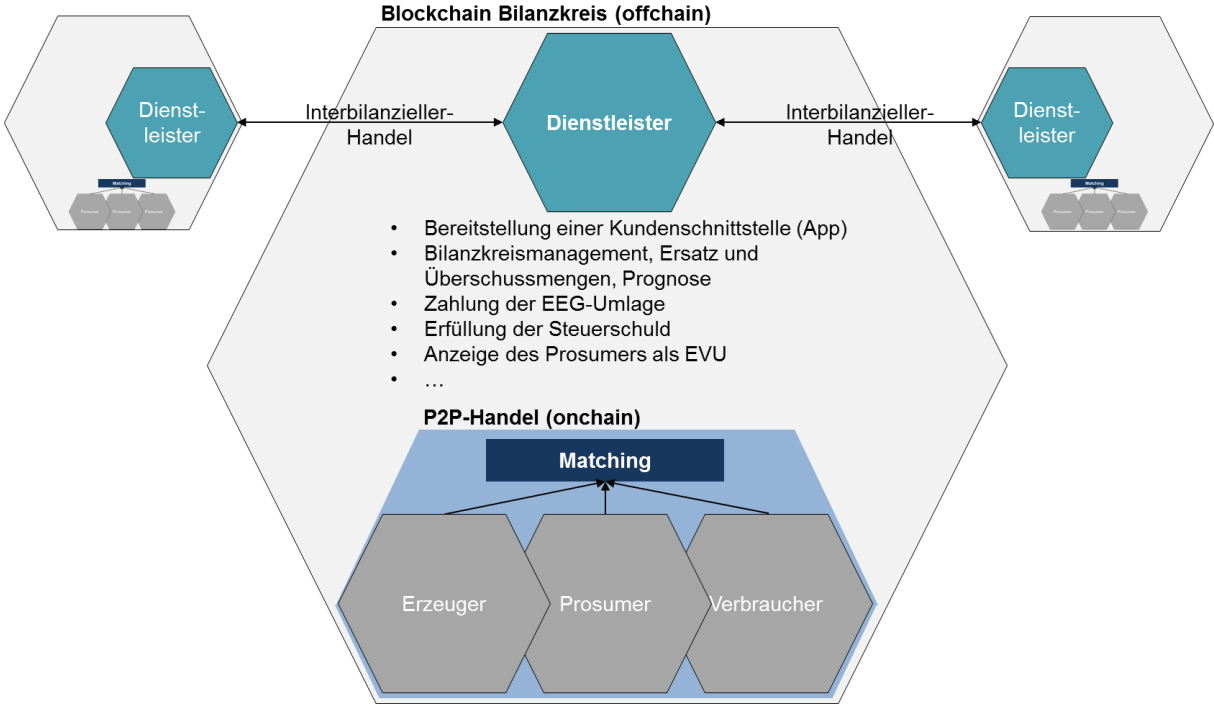


Abbildung 5-28: Schematische Darstellung des Dienstleistungsmodells nach /ZFK-01 18/, /SCHOL-01 18/

Es ist fraglich, ob durch die neuen Aufgaben des EVU Kosten eingespart werden können.

Eine genaue Betrachtung der Prozesse des Dienstleisters mit und ohne P2P-Handel zeigt, dass die bisherigen Lieferantenpflichten durch weitreichende bürokratische Aufgaben ersetzt werden. Denkbar ist, dass prinzipiell variable Kostenbausteine reduziert werden können, Fixkosten, die mit bürokratischen Aufwand zusammenhängen, fallen jedoch dennoch an. Das eingangs identifizierte theoretische Kostensenkungspotenzial von ca. 3,53 ct/kWh (Vertrieb und Marge) scheint so kaum bis gar nicht realisierbar. Dieses Konstrukt ist somit als Mehrwertdienstleistung zu betrachten. Ein großer finanzieller Vorteil kann hierdurch kaum entstehen.

Konflikt mit der gesetzlichen Stromkennzeichnung

Das Prinzip der dezentralen Handelsplattform richtet sich in erster Linie an Prosumenten, d. h. Wohneinheiten in Kombination mit einer erneuerbaren Erzeugungsanlage. Darunter fällt fast ausnahmslos die Photovoltaikanlage auf dem Dach. Dieses Muster zeigt sich auch in laufenden Pilotprojekten. Nahezu 100 % der PV-Anlagen werden dabei jedoch nach wie vor im Rahmen der Förderung durch das EEG gebaut und betrieben. Aus diesem Umstand ergeben sich in Zukunft große Herausforderungen im Zusammenhang mit dem Doppelvermarktungsverbot gemäß § 80 EEG. Demnach dürfen diese Energiemengen nur als Graustrom bzw. „Strom unbekannter Herkunft" gehandelt und schließlich ausgewiesen werden. Bei einem P2P-Handel ist jedoch bereits ein anlagenscharfer Nachweis in den Handel integriert und der Bedarf einer Ausweisung gemäß Stromkennzeichnung wird ausgehebelt. Eine Entkopplung von Herkunftsnachweis und Liefervertrag kommt bei einem anlagenscharfen Energiehandel einer Doppelvermarktung gleich. Denn miteinander handelnde Prosumenten mögen aufgrund der Stromkennzeichnungsrestriktionen, durch Bezug der EEG-Förderung, auf dem Papier lediglich Graustrom austauschen und verbrauchen. Das Bedürfnis nach erneuerbarem Strom wird dabei dennoch hinreichend bedient, da der Vertragspartner und folglich die Art der Erzeugung bekannt sind. Über die gesetzliche Kennzeichnung wird derselbe

P2P-Handel ist eine Erlösquelle für Anlagen, die keine EEG-Vergütung (mehr) erhalten.

Strom zusätzlich allen EEG-Umlagepflichtigen ausgewiesen. Ob dies juristisch zulässig ist, konnte im Rahmen dieser Studie nicht abschließend geklärt werden.

5.2.4 Business-Model-Canvas (Dienstleistungsmodell)

Für die Beschreibung des P2P-Handels im C2C-Bereich im Rahmen eines Dienstleistungsmodells wurde auf ein Plattform-Canvas zurückgegriffen, da verschiedene Akteure und Rollen im Rahmen eines solchen Modells identifiziert werden konnten. Der Fokus liegt dabei auf einer Ausgestaltung des P2P-Handels im heutigen energiewirtschaftlichen Umfeld und regulatorischen Rahmen mit einem möglichen Geschäftsmodell für Energieversorgungsunternehmen (siehe Abbildung 5-28). Im Falle einer regulatorischen Weiterentwicklung und der Nutzung einer öffentlichen Blockchain entfallen die Rollen des Plattform-Anbieters.

Plattform-Anbieter sind u. a. für Wartung- und Support zuständig.

- Der Plattform-Anbieter ist für die Entwicklung und Weiterentwicklung der Plattform verantwortlich. Dies beinhaltet v. a. die Bereitstellung der Blockchain-Technologie, die im Rahmen eines solchen Modells als konsortiale PoA-Blockchain ausgestaltet ist, um den Zugang zu limitieren und den Datenschutz einhalten zu können. Der Plattform-Anbieter vermarktet die Plattform an Unternehmen (= Plattform-Anwender) welche die gemeinsame Datenbankstruktur für ihr individuelles Wertangebot nutzen. Der Anbieter erhält im Gegenzug für die Aufwendungen im Bereich Wartung & Support, Datenaufbereitung und die Entwicklung von Smart Contracts eine Provision. Typische Plattform-Anbieter können IT-Unternehmen, Stadtwerk-Netzwerke oder Verbünde bzw. Unternehmen mit Blockchain-Kompetenzen sein.

Plattform-Anwender nutzen die Smart-Contract-Funktionalität der Blockchain.

- Der Plattform-Anwender nutzt das White Label Produkt „Blockchain-Plattform" mit Lese und Schreibzugriff für P2P-Handel für eine Provision an den Plattform-Anbieter. Dafür erhält er eine Vielzahl an existierenden Smart Contracts und eine funktionierende und gewartete Blockchain-Lösung. Zudem erhält der Anwender durch seine Teilnahme ein Stimmrecht im Rahmen des PoA-Konsens-Mechanismus. Er kann die Plattform nutzen, um eigene Anlagen (für die er einsatzverantwortlich ist) zu vermarkten (B2C). Außerdem kann er die Anlagen seiner Endkunden (Erzeuger, Verbraucher, Prosumer) mit der Plattform verbinden und ihnen so ein individuelles Produkt bieten. Die Aufgabenfelder des Anwenders liegen v. a. in den energiewirtschaftlichen Tätigkeiten (u. a. Bilanzkreismanagement, Lieferantenwechsel, regulatorische Anzeigepflichten) die er auch für die Datenlieferanten als Dienstleister übernimmt. Er kann die Plattform nutzen, um seinen Kunden verschiedene Mehrwertdienste anzubieten. Diese umfassen neben P2P-Handel auch die Anwendungsfälle des Labelings (siehe Kapitel 5.1). Plattform-Anwender sind v. a. Stadtwerke und Energieversorgungsunternehmen mit direkter Kundenbindung.

Der Datenlieferant ist mittels iMSys oder anderer Lösung mit der Blockchain verbunden.

- Der Daten-Lieferant ist vor allem der Endkunde des Plattform-Anwenders. Dabei handelt es sich um Erzeugungs- oder Verbrauchsanlagen bzw. Letztverbraucher oder Prosumenten, die über die Plattform eine neue Möglichkeit bekommen, Energiemengen zu erwerben oder an andere Letztverbraucher zu verkaufen. Sie liefern die Daten über ihre Erzeugung oder Verbrauch in die Blockchain und erhalten im Gegenzug die angebotenen Mehrwertdienste (wie P2P-Handel oder Labeling). Neben einer größeren Mitbestimmung und einer freien Wahl des Lieferanten erhalten sie die energiewirtschaftliche Abwicklung aller regulatorisch notwendigen Prozesse durch den Plattform-Anwender (i. d. R. ihr ehemaliger Lieferant). Eine notwendige Voraussetzung zur Teilnahme am System ist die sichere Hardware zur Digitalisierung der Erzeugungs- und Verbrauchsdaten. Dafür erhält der Daten-Lieferant Zugang zu einer individuellen Visualisierungs-Oberfläche des Anbieters und Schreiberechte für seine individuellen Lastgänge in der Blockchain. Eine Teilnahme am Konsens ist nicht vorgesehen. Diese Hardware kann u. a. vom Plattform-Anwender bezogen werden, der als wettbewerblicher Messstellenbetreiber (wMSB) auftreten kann und so einen Vertriebskanal zum Endkunden aufbauen kann.

Daten-Nutzer haben einen Mehrwert durch die Daten auf der Plattform. Sie verfügen über keine Schreibrechte.

- Der Daten-Nutzer erhält lediglich Leserechte auf der (konsortialen) Blockchain, um die Daten in der verteilten Datenbank auszuwerten. Ggf. erfolgt dies auch ohne Leserechte, sondern auf Basis von aufbereiteten Daten durch den Plattform-Anbieter. Die Daten, welche gegen eine Provision zur Verfügung gestellt werden, können für eine Vielzahl an datenbasierten Geschäftsmodellen genutzt werden. Diese beinhalten ggf. das Portfolio-Management, Prognosen, Benchmarking von Anlagen oder die Datenbasis für regionale Investitionsvorhaben oder Crowdfunding von erneuerbaren Energien. Letzteres wird möglich, da in der Blockchain die Präferenzen der Letztverbraucher regional hinterlegt sind und sich aus den lokal verfügbaren Erzeugern ableiten lässt, welche Nachfrage nicht gedeckt werden kann.

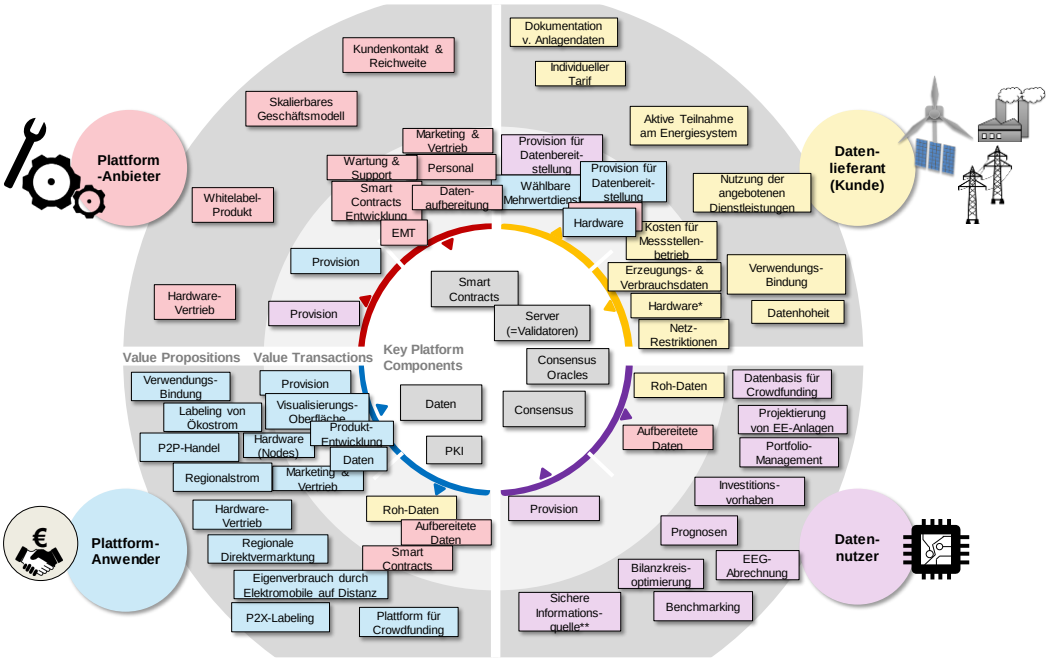


Abbildung 5-29: Platform Business Model Canvas für P2P-Handel im C2C-Bereich

5.2.5 Fazit und Handlungsoptionen

Die Auswertung zeigt, dass P2P-Handel mehr ist, als lediglich der Handel im Customer-Segment. Die Blockchain-Technologie kann an verschiedenen Stellen zu unterschiedlichen Zwecken eingesetzt werden, um Gleichgestellte (Peers) miteinander zu verbinden und einen Handel zu ermöglichen. Das kann mit der Substitution der Strombörsen, unterstützenden Funktionen im OTC-Handel oder auch dem Handel direkt zwischen Erzeugern und Verbrauchern ohne Intermediär zwischen Letztverbrauchern und Erzeugern verbunden sein. Die Analyse des theoretischen Potenzials zeigt auf, dass die Potenziale vor allem im Bereich des C2C und OTC-Handels (B2B) sehr groß sind und die Blockchain-Technologie hier aufgrund ihrer Wertversprechen wie Dezentralität, Akteursvielfalt, Manipulationssicherheit und die Möglichkeit zur Durchführung von Mikrotransaktionen einen echten Mehrwert bieten kann. Mangelnde Standardisierung auf der einen Seite (vgl. OTC-Handel) und sehr weitreichende regulatorische Vorgaben auf der anderen Seite (vgl. Prosument im P2P-Handel) erschweren jedoch einen kurzfristigen Einsatz der Technologie. Ein Einsatz in Form einer Mehrwertdienstleistung ist jedoch möglich.

Das Potenzial im C2C und OTC-Handel (B2B) ist groß.

Die Regulierung erschwert den Blockchain-Einsatz.

5.3 Anwendungsfall: Distributed Asset Management Platform

Die Blockchain im Sinne einer Plattform-Technologie bietet die Grundlage für eine Vielzahl von Anwendungsfällen. Ein aussichtsreicher Themenbereich stellt das Asset Management dar. Im Gegensatz zum Anwendungsfall Labeling (vgl. Kapitel 5.1) ist hierbei in erster Linie nicht das Ziel, Energieflüsse zu dokumentieren, sondern den Zustand und Einsatz von Anlagen für mehrere beteiligte Akteure transparent, nachvollziehbar und manipulationssicher zu dokumentieren. Eine breite Datenbasis anlagenspezifischer Informationen bietet dabei die Möglichkeit, eine Vielzahl von Anwendungsfällen zu realisieren und Prozesse zu optimieren. Dabei sind die Möglichkeiten bei weitem nicht nur auf energiewirtschaftliche Anwendungen beschränkt; in nahezu allen Branchen, in denen eine hohe Anlagenintensität gegeben ist, d. h. der Umsatz wesentlich vom Betrieb der Assets abhängt. Spezifische Anwendungsfälle reichen von z. B. Contracting-Modellen über Garantie- und Versicherungsabwicklung bis hin zu Predictive Maintenance Ansätzen. Letztlich könnte sich der Nachweis über eine dezentrale Plattform perspektivisch zum Branchenstandard entwickeln.

Eine Blockchain-Plattform bietet die Möglichkeit der Dokumentation von Anlagenzustands-daten.

Aktuelle Herausforderungen im Asset Management

Betrachtet man die aktuellen Herausforderungen im Asset Management bzw. speziell beim Nachweis und der Dokumentation von Anlagen-Daten und -Prozessen sowie Asset-bezogenen Vorgängen (z. B. Reparatur, Wartung), ergeben sich insbesondere folgende Aspekte /BAL-01 14/:

- Für einen sicheren und nachvollziehbaren Nachweis von Wartungs- und Reparatur-Dokumentation bestehen aktuell keine allgemeinen, einheitlichen Standards, deren Erstellungszeitpunkt manipulationssicher im Nachhinein nachgewiesen werden kann.
- Durch den allgemein steigenden Kostendruck wird eine Kostenreduktion insbesondere bei der effizienten Wartung und folglich Störungsprävention durch detaillierte Kenntnis des aktuellen Zustands angestrebt.
- Die Erfüllung von Nachweispflichten aufgrund von Auflagen durch Regulierung stellen häufig komplexe Prozesse dar.
- Häufig fehlt eine einheitliche, standardisierte Datenbasis, die Analysen zu Anlagen-Auslastung und effizientem Betrieb erschwert.
- Durch die zunehmende Relevanz von Geschäftsmodellen auf Basis von Asset-Sharing und Dienstleistungs-Anwendungen fehlt häufig eine unabhängige Instanz, die insbesondere im Falle von Gewährleistungs- oder Haftungsansprüchen vermittelt.

Konkrete Beispiele aus der Praxis reichen dabei von erst auf Nachfrage rückwirkend erstellten Wartungsprotokollen über Manipulation von Anlagen-Daten bis hin zu Gewährleistungsfällen in Leasing- und Contracting-Modellen. Letztere resultieren häufig in Rechtsstreitigkeiten über angeblich falsche Nutzung oder auch höhere Ausgaben durch Kulanz. Öffentlich gewordene Beispiele sind dabei vielfältig: So wurde Tepco, der Betreibergesellschaft des 2011 havarierten japanischen Kernkraftwerks Fukushima Daiichi nachgewiesen, Wartungsprotokolle von Kühlpumpen und Generatoren jahrelang gefälscht zu haben. /NEID-01 11/ Ähnliche Vorfälle, wenn auch mit deutliche geringerem Schadensmaß, wurden 2009 Mitarbeitern der Berliner S-Bahn nachgewiesen, die bewusst systematische Dokumentenfälschung betrieben haben. So hatten Mitarbeiter die Bremswartung bescheinigt, ohne sie tatsächlich erledigt zu haben. Dies führte letztlich zu

Durch manipulierte Wartungsprotokolle ist in der Vergangenheit bereits erheblichen Schaden entstanden.

massiven Ausfällen und Betriebsstörungen, die in Summe bis zu 200 Mio. € Schaden verursacht haben. /FRS-01 09/ Ein weiteres, weit verbreitetes Feld liegt im Bereich der Tachometer-Manipulation. Auf dem Zweitmarkt schätzen Experten, dass bis zu einem Drittel der Gebrauchtfahrzeuge mit falschem Kilometerstand zum Verkauf angeboten werden. Der geschätzte Schaden pro Jahr wird mit ca. 6 Mrd. € beziffert. /FROMM-01 17/

Ein Ansatz zur Nutzung der Blockchain für den Nachweis kritischer Komponenten wird aktuell in der Luftfahrt diskutiert. Bei Lufthansa Industry Solutions wird untersucht, wie mittels Blockchain die Transparenz in der Flugzeugwartung durch externe Dienstleister und der Verwendung von Ersatzteilen erhöht werden könnte. /ZEIT-01 17/

5.3.1 Beschreibung des Referenzprozesses

Aufgrund mangelnder Standardisierung und sehr unternehmensspezifischer Ausgestaltung der Asset Management Praxis kann kein pauschaler Referenzprozess abgebildet werden. In Abbildung 5-30 sollen allerdings anhand eines e^3-value-Modells die grundsätzlichen Zusammenhänge, wie externe und interne Prozesse, aufgezeigt werden. Diese Prozesse beziehen sich dabei nicht exklusiv auf die Energiewirtschaft, sondern laufen in anderen Branchen, in denen Anlagen einen wesentlichen Beitrag zur Wertschöpfung haben, ähnlich ab.

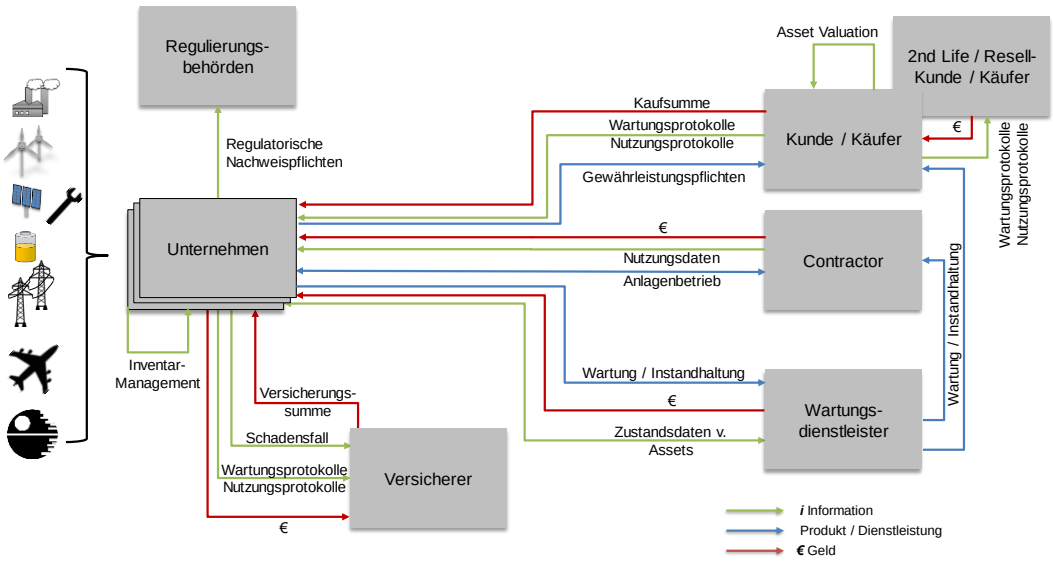


Abbildung 5-30: e^3-value-Modell von internen und externen Prozessen im Kontext von Asset Management

Im Zentrum der Darstellung steht das zu betrachtende Unternehmen selbst, das zum einen Assets selbst betreibt, zum anderen aber auch Hersteller von Anlagen und Komponenten sein kann. Das Inventar-Management im Sinne der Verwaltung der Anlagen stellt den wichtigsten internen Prozess dar. Nach außen hin ist die Interaktion mit externen Marktteilnehmern in erster Linie vom Geschäftsmodell des Unternehmens abhängig. Als externe Dienstleister spielen Versicherungen und Service- bzw. Wartungs-Dienstleister eine gewichtige Rolle. Mit ihnen ist auch ein Großteil der fixen, laufenden Kosten verbunden.

Im Kontext des Assetmanagements bestehen einige Interaktionen mit externen Dienstleistern.

Falls das Unternehmen als Hersteller direkt Käufer beliefert, beinhaltet das Kaufvertrags-Verhältnis besondere Pflichten die u. a. während der Gewährleistungszeit erfüllt werden müssen. In diesem Fall können Nachweise über Nutzung und Zustand ggf. erforderlich werden. In einem nächsten Schritt, kann der ursprüngliche Kunde bzw. Käufer am Beispiel von Resell- oder 2nd Life-Märkten hingegen wiederum zum Verkäufer werden.

Im Falle von Contracting-Modellen wird der Anlagenbetrieb vom Unternehmen als Contractingnehmer an den Contractinggeber (Dienstleister) übergeben.

Zudem kommen ggf. regulatorische Nachweispflichten, die das Unternehmen gegenüber einer Regulierungsbehörde erfüllen muss.

5.3.2 Plattform-Anwendungen und Einsatz der Blockchain-Technologie

Wie dargelegt bestehen im Zusammenhang mit Asset Management kaum branchenübergreifende standardisierte Prozesse. Diese Lücke könnte eine Blockchain-Plattform durch eine umfangreiche Erfassung, Haltung und Bereitstellung einheitlicher Datensätze ermöglichen. Abbildung 5-31 zeigt analog zu Abbildung 5-30 die Prozesse, die mit Datenaustausch verbunden sind und somit potenziell in einer dezentralen, manipulationssicheren und nachvollziehbaren Datenhaltung abgelegt werden können.

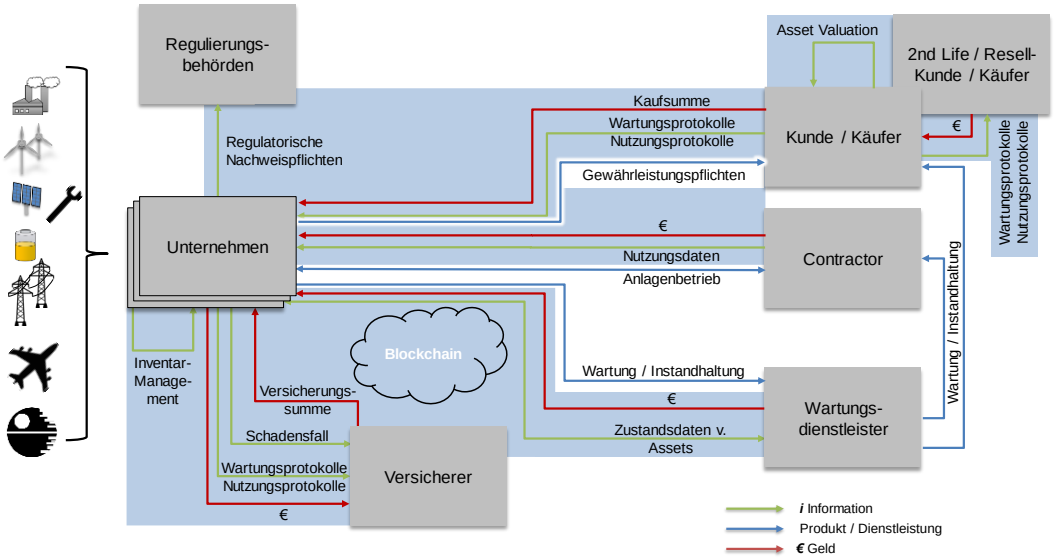


Abbildung 5-31: e^3-value-Modell von internen und externen Prozessen, die mittels einer Blockchain-basierten Asset Management Plattform abgewickelt werden können

Mittels einer Distributed Asset Management Plattform können verschiedenste Anwendungen und Geschäftsmodelle realisiert werden.

Der grundsätzliche Aufbau einer solchen Plattform inkl. einer Auswahl möglicher Assets und dem Pfad der Daten in die verteilte Datenhaltung (vgl. „Blockchain-Layer“) über „Prüforgane / Wartungsleistungen“ oder ein „Trusted Metering“ System sowie darauf aufbauende Anwendungen bzw. Business Cases und daran beteiligte Firmen wird in Abbildung 5-32 gezeigt.

Auf Basis einer Distributed Asset Management Plattform kann folglich eine Vielzahl von Anwendungen und Geschäftsmodellen aufgebaut werden. Diese kategorisieren sich prinzipiell in folgende drei Felder:

1. Dienstleistungsmodelle

   - Eine transparente Abwicklung und Nachvollziehbarkeit stellt eines der größten Optimierungspotenziale von anlagenbezogenen Versicherungsleistungen dar. Die Stärke der Blockchain ist es zudem durch die ermöglichten Mikrotransaktionen erhöhte Automatisierung zu ermöglichen. Dies kann letztlich in vollkommen neuen Versicherungsprodukten münden, bei denen z. B. kleinteilige Aktionen und Prozesse versichert werden können.
   - Die steigende Relevanz von Leasing- und Contracting-Modellen spielt auch in energiewirtschaftlichen Anwendungen eine immer größere Rolle. Contracting kann nach DIN 8930-5 als „zeitlich und räumlich abgegrenzte Übertragung von Aufgaben der Energiebereitstellung und Energielieferung auf einen Dritten, der im eigenen Namen und auf eigene Rechnung handelt" verstanden werden. /DIN-02 05/ Gerade hier ist eine gemeinsame Datenbasis nicht nur für Abrechnungszwecke, sondern auch bzgl. Erbringungs- oder Effizienz-Nachweisen von besonderem Interesse. Spezifisch unterteilt werden können die verschiedenen Contracting-Modelle nach /DIN-02 05/ in:

     - Energieliefer- bzw. Anlagen-Contracting, also das „Errichten oder Übernehmen und Betreiben einer Energieerzeugungsanlage zur Nutzenergielieferung durch einen Contractor auf Basis von Langzeitverträgen"
     - Energie-Einspar- bzw. Performance-Contracting hinsichtlich der „gewerkeübergreifende(n) Optimierung der Gebäudetechnik und des Gebäudebetriebs durch einen Contractor auf Basis einer partnerschaftlich gestalteten Zusammenarbeit"
     - Finanzierungs-Contracting bzw. Anlagenbau-Leasing als „Bereitstellung einer abgegrenzten technischen Einrichtung oder Anlage zum Zwecke der Ermöglichung eines sicheren, wirtschaftlichen und umweltschonenden Betriebs"
     - technisches Anlagenmanagement bzw. Betriebsführungscontracting, also die „Umsetzung technischer Dienstleistungen durch einen Contractor, um einen sicheren, wirtschaftlichen und umweltschonenden Betrieb von technischen Anlagen sicherzustellen und zu erhalten"

   - Garantiemanagement ist in allen anlagenintensiven Branchen ein gewichtiger Aufgabenbereich. Bei der Bewertung von Garantieansprüchen ist die Beweislast (vgl. §§ 476f BGB) bzw. der Kulanzwille von Seiten des Herstellers entscheidend. Eine gemeinsame vertrauenswürdige Datenbasis könnte hier einen Mehrwert liefern.
   - Service und Wartungs-Modelle sind sehr häufige Vertragsbeziehungen zwischen energiewirtschaftlichen Unternehmen und Dienstleistern. Sie beziehen sich sowohl auf Kontrollen, Entstörungsdienste als auch regelmäßige Instandhaltungsmaßnahmen. Die Möglichkeit einer einheitlichen Datenbasis mit digitalisierten Kontrollprozessen ermöglicht eine einheitliche Nachvollziehbarkeit.

Contracting bezeichnet die Beauftragung der Energiebereit-stellung und -lieferung durch einen Dritten.

2. Austausch mit anderen Marktteilnehmern / Regulatoren

- Der Nachweis und die Zustandsdokumentation über eine Asset Management Plattform könnte ein geforderter Bestandteil bei Ausschreibungen sein. Die Nutzung könnte sich bei flächendeckender Anwendung als Quasi-Branchenstandard entwickeln.
- In Resell- und 2nd-Life-Märkten ist, neben dem aktuellen Zustand, die Betriebshistorie entscheidend für eine objektive Bewertung des Anlagenwerts. Kann man hier auf eine manipulationssichere Datengrundlage zurückgreifen, könnte die Informationsasymmetrie entsprechend aufgehoben und eine vergleichbare Bewertung von Anbieter- und Käufer-Seite ermöglicht werden.
- Regulatorische Nachweispflichten sind in einem stark regulierten Marktumfeld wie in der Energiewirtschaft oft komplexe Prozesse, die mehrfach geprüft und zertifiziert werden müssen. Eine dauerhafte, zeitdiskrete Protokollierung von Anlagen-Informationen inklusive direktem Austausch mit den Regulierungsbehörden könnte diese Prozesse wesentlich vereinfachen. Durch die Abbildung von Netzdaten in einer Blockchain könnte z. B. die automatisierte Berechnung von Netzparametern erfolgen (vgl. SAIDI/SAIFI) und das „principal-agent Problem" in der Regulierung reduziert werden. Die Informationsasymmetrie zwischen Monopolisten und Regulierer ist ein Nachteil bei kostenbasierten Regulierungsansätzen, da der Regulierer über eine unvollständige Kenntnis der Kostenstruktur des Monopolisten verfügt. Dieser kann theoretische seinen Informationsvorsprung ausnutzen, um Gewinne zu maximieren. /BOET-01 14/ Durch eine transparente Abbildung der Geschäftsprozesse und Strukturdaten von Monopolisten kann dieser Informationsvorsprung reduziert und die Regulierung transparenter gestaltet werden. Auch können so die Kostenprüfung in der Anreizregulierung und die Kosten für Wirtschaftsprüfung potenziell reduziert werden. Detailliertere Untersuchungen sind im Rahmen dieser Studie diesbezüglich nicht durchgeführt worden.

Eine dezentrale Plattform ermöglicht den vereinfachten Austausch mit anderen Markt-teilnehmern oder Regulierungs-behörden.

- Due Diligence bezeichnet die „sorgfältige Prüfung und Analyse eines Unternehmens, insbesondere im Hinblick auf seine wirtschaftlichen, rechtlichen, steuerlichen und finanziellen Verhältnisse, die durch einen potenziellen Käufer eines Unternehmens vorgenommen wird." /ACHL-01 18/ Neben der üblicherweise durchgeführten Prüfung der finanziellen Lage, der Marktanalyse bzw. Analyse des Geschäftsmodells sowie der Prüfung rechtlicher und steuerlicher Aspekte wird auch die technische Due Diligence („Technical-Due-Diligence") von immer größerer Bedeutung. Hierunter versteht man die Überprüfung der technischen Qualität der Anlage. Sie wird meist durch Spezialisten durchgeführt und legt einen Fokus auf Instandhaltung und Instandsetzungsbedarf. Besonders relevant sind hierzu folglich alle Informationen zu Auslastung und Betrieb, die in die Bewertung eingehen. /VMG-03 18/
- Benchmarking bezieht sich in erster Linie auf die Vergleichbarkeit von Energieeffizienzmaßnahmen oder Unternehmen (vgl. ARegV bei Netzbetreibern). Letztlich handelt es sich dabei um einen Kennzahlenvergleich, aus dem man schließlich Optimierungsmaßnahmen ableiten kann. Grundlage hierfür sind demnach verfügbare, digitalisierte Datensätze, die unter vergleichbaren Bedingungen erfasst und abgelegt wurden.

3. Interne Prozesse

Bei den folgenden internen Prozessen handelt es sich per se nicht um spezifische Prozesse, die auf eine Blockchain-Umsetzung angewiesen sind, da meist nur ein Akteur beteiligt ist. Ist allerdings eine Asset Management Plattform zum Zwecke der zuvor genannten Anwendungen verfügbar, kann es durchaus Sinn machen, die dort hinterlegten Informationen auch für interne Prozesse zu verwenden.

- Im internen Inventar- und somit operativen Asset Management sind insbesondere die Anlagen-Zustandsbewertung und basierend darauf mit entsprechender Maßnahmen-Priorisierung die Investitions-Planung erfasst. Weiter können daraus das technische Risikomanagement sowie Instandhaltungsstrategien und -methoden abgeleitet werden. /BAL-01 14/, /PWC-04 17/
- Die Informationen stellen gleichzeitig eine Grundlage für das unternehmensinterne Controlling dar.
- Asset Valuation bezeichnet die technische und ökonomische Bewertung der Assets eines Unternehmens. Die daraus erzeugten Werte sind zum einen für das strategische Asset Management, u. a. zur Ermittlung des Investitionsbedarfs, zum anderen auch für regulatorische Nachweispflichten notwendig. /PWC-04 17/
- Abgeleitet von der Anlagenbewertung kann auch ein Total Cost of Ownership ausgewiesen werden. Diese dient als Abrechnungsverfahren dazu, die Gesamtheit aller anfallenden Kosten von Investitionsgütern zu erfassen. So werden nicht nur die Anschaffungskosten, sondern auch alle mit dem Betrieb verbundenen Ausgaben der Anlage berücksichtigt. Auf Basis dessen können Kosten besser prognostiziert und der Betriebsmitteleinsatz optimiert werden. /GART-01 05/
- Life Cycle Assessment (LCA) bezeichnet die Ökobilanz und Ressourcenbewertung von Anlagen und ist in DIN EN ISO 14040/44 genormt. Die Umweltbewertung von Produkten und Dienstleistungen kann unter anderem zur Schwachstellenanalyse und Prozessoptimierung genutzt werden, schafft aber auch die Grundlage für Öko-Labeling und Marketing und wird nicht zuletzt in Nachhaltigkeitsberichten oder für Marketingzwecke genutzt.
- Benchmarking, speziell bezüglich Energieeffizienz, bietet die Möglichkeit, ähnliche Prozesse, Anlagen oder auch Dienstleistungen anhand von Kennzahlen zu vergleichen. Oftmals fehlt hierzu eine einheitliche Datenbasis bzw. die transparente Erfassung von Betriebsbedingungen. /WEKA-01 18/
- Predictive Maintenance, also vorausschauende Wartung auf Basis von Datenanalyse hinsichtlich Betriebs- und Zustandsdaten technischer Einheiten bietet auch in der energiewirtschaftlichen Anwendung Potenzial. Aktuell wird ein Großteil der Anlagen entweder in fixen Intervallen, auf Basis von Erfahrungen oder erst nach Störung gewartet. Allerdings hängt der tatsächliche Servicebedarf dynamisch vom Betrieb und der Auslastung der technischen Anlage ab. /PWC-05 17/ Der Netzbetreiber Hansewerk AG konnte z. B. mit einem entsprechenden Ansatz nach eigenen Angaben eine Verbesserung von 30 % bei der Planung von Ersatzmaßnahmen nachweisen /EON-01 18/. Entscheidend ist dabei eine Vernetzung der erfassten Daten in einer sog. „Datensystemlandschaft“. /VORN-01 15/

Die Abbildung interner Prozesse auf einer dezentralen Plattform kann als Mehrwert genutzt werden.

Die Auswertung dokumentierter Daten kann für Nachweise oder Reporting-pflichten genutzt werden.

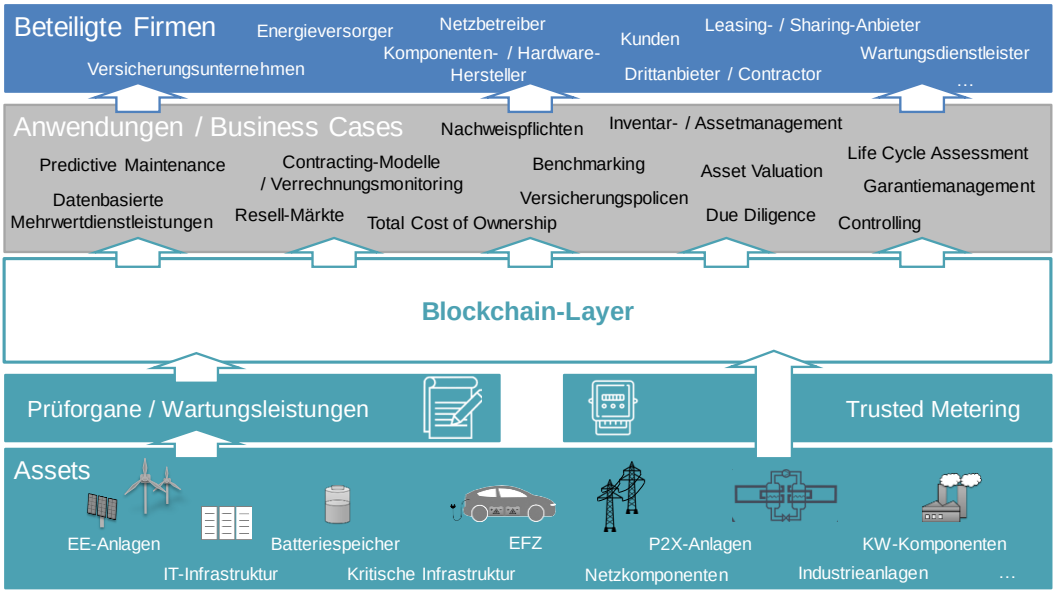


Abbildung 5-32: Aufbau einer Blockchain-basierten Distributed Asset Management Plattform

Der Anwendungsfall einer Distributed Asset Management Plattform wird im Gegensatz zu den weiteren betrachteten Anwendungsfällen erst durch die Blockchain-Technologie möglich. Wie anhand der Bewertungsmethodik (vgl. Kapitel 3.2) in Abbildung 5-33 dargestellt, zeigt sich so bei der Bewertung der Eignung, dass vor dem Hintergrund einer gemeinsamen Datenhaltung und der Beteiligung von sich nicht vertrauenden Akteuren kein Intermediär im Sinne eines vertrauenswürdigen Dritten eingesetzt werden kann. Der letzte Punkt begründet sich insbesondere in der Vielzahl und Offenheit für sämtliche Daten, die unabhängig von der betrachteten Technologie und Datenverwertung gehalten werden.

Die vorgeschlagene Distributed Asset Management Platform ist in der Form nur durch BCT realisierbar.

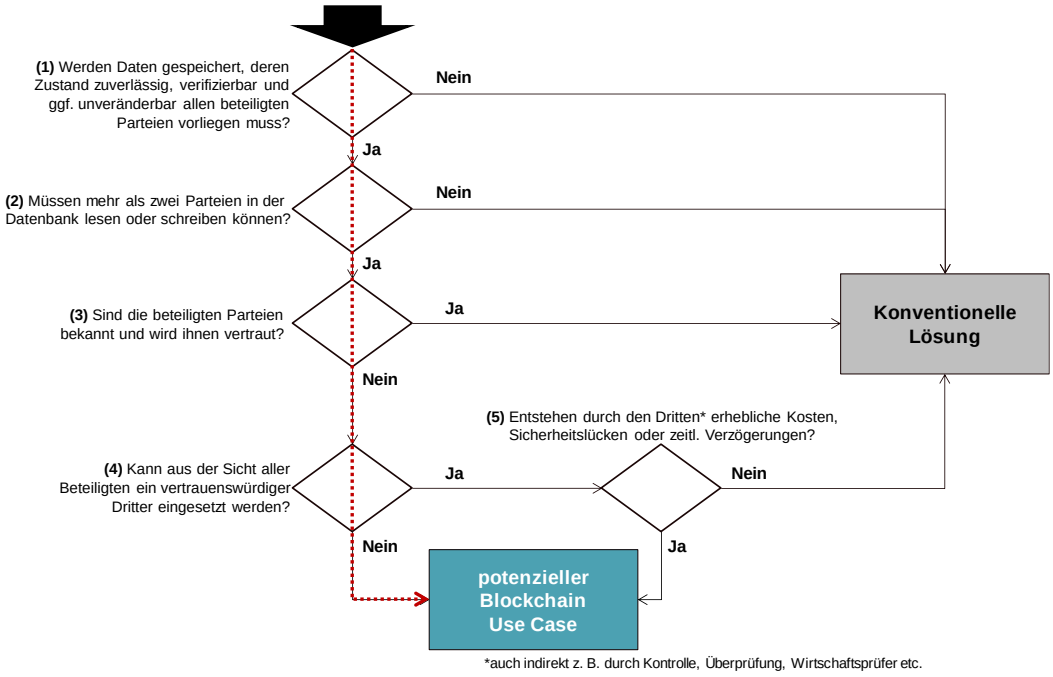


Abbildung 5-33: Flowchart zur Bewertung der technischen Eignung der Blockchain-Technologie für eine Distributed Asset Management Platform

5.3.3 Business-Model-Canvas

Wie bereits beim Anwendungsfall des Peer-to-Peer Energiehandels, werden im Folgenden auch die Geschäftsmodelle auf Basis der Distributed Asset Management Plattform anhand des Platform Model Canvas beschrieben (vgl. Abbildung 5-34).

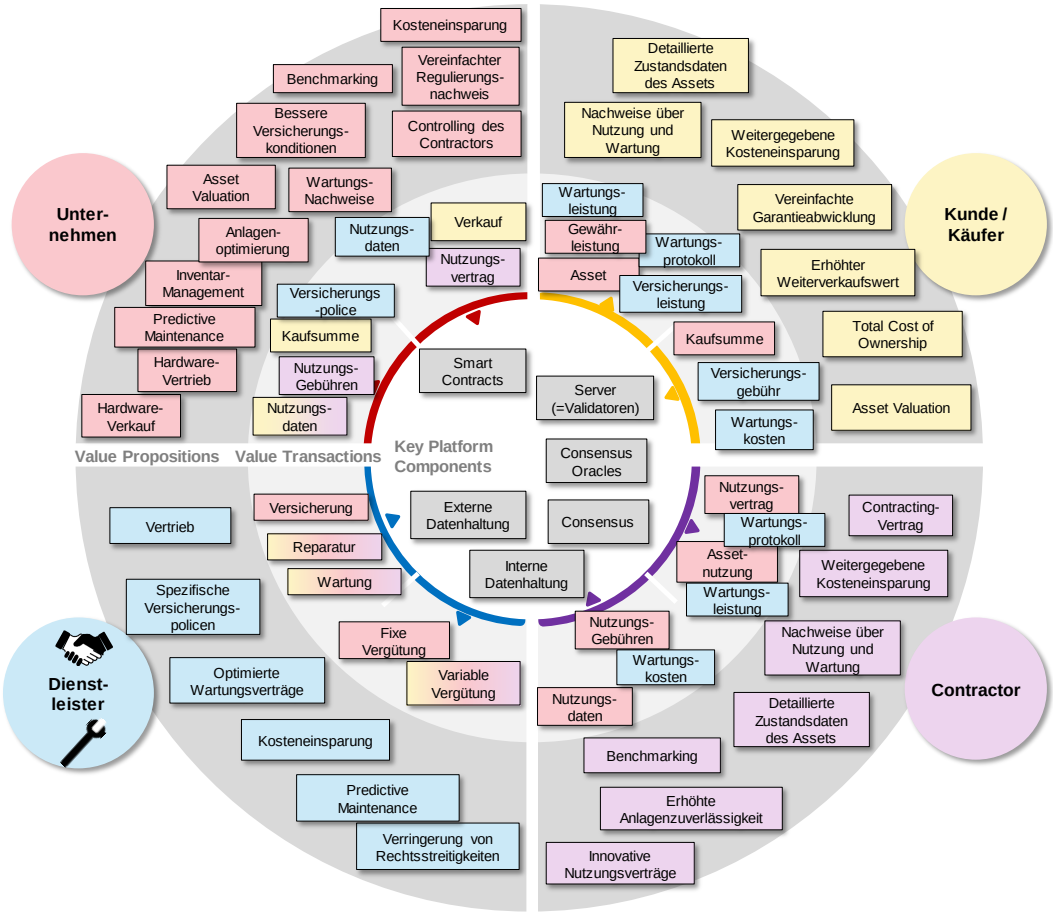


Abbildung 5-34: Platform Business Model Canvas einer Distributed Asset Management Platform

Entsprechend Abbildung 5-31 wurden die wesentlichen identifizierten Rollen, die direkt an möglichen Geschäftsprozessen beteiligt sind, anhand des mit der Plattform verbundenen Wertversprechens, der Transaktionsobjekte und ihrer Schlüsselaktivitäten beschrieben. Im Zentrum stehen die Kernfunktionalitäten der Plattform selbst, zu der sowohl die Smart Contracts und Oracles zählen als auch die Infrastruktur der am Konsens beteiligten Knoten. Je nach Ausgestaltung kann neben der internen (on-chain) Datenhaltung zusätzlich auf externe (off-chain) Datenbanken zurückgegriffen werden.

- Das Unternehmen im Sinne des Anlagenherstellers aber auch als Anlagenbetreiber profitiert von einer Distributed Asset Management Plattform zum einen von direkt anlagenbezogenen Mehrwerten wie verbesserte Vertriebsargumente oder Optimierung der Anlagenparameter auf Basis einer breiten gesicherten Datenbasis. Zum anderen kann eine verbesserte Anlagenauslegung und -steuerung finanziellen Mehrwert u. a. hinsichtlich optimierter Wartungsprozesse und datenbasiertem Inventarmanagement bedeuten. Letztlich bietet die verbesserte Kenntnis der Anlage und ihres Einsatzes unter Realbedingungen auch die Möglichkeit, neue Geschäftsmodelle oder zusätzliche Dienstleistungen rund um das eigentliche Asset zu entwickeln und schließlich den Kunden anzubieten. Vereinfachte Erfüllung von Nachweispflichten und regulatorischen Meldepflichten kann zusätzliche Kosten einsparen.
  In Interaktion mit den anderen beteiligten Marktteilnehmern kann das Unternehmen von verbesserten Versicherungsbedingungen sowie spezifischeren Wartungs- und Service-Dienstleistungen profitieren. Die damit verbundenen Transaktionsobjekte sind somit neben dem Kauf- / Leasing-Betrag und weiteren (laufenden) Einnahmen und Kosten zusätzliche Nutzungsdaten.

- Der Kunde bzw. Käufer des Produkts, das das Unternehmens verkauft, profitiert sowohl von den Vorteilen bei der Produktentwicklung und –optimierung des Herstellers als auch beim Nachweis des Zustands, was u. a. in Garantiefällen von besonderer Relevanz sein kann. Eine detailliertere Kenntnis über den Zustand führt schließlich auch zu einer besseren Bestimmung der Wertentwicklung der Assets, was nicht zuletzt bei einem Weiterverkauf entscheidend ist.
  Die verbundenen Transaktionsobjekte sind somit neben der Kaufsumme als Gegenleistung für den Eigentumsübergang des Assets insbesondere Zusatzleistungen wie Gewährleistung, Wartung und Versicherungsschutz, die mit den anderen Marktteilnehmern vereinbart werden.

- Dem Dienstleister im Sinne von Wartungs- und Service-Dienstleistungen als auch als Versicherungsgeber dient eine solche Plattform zuallererst zur Optimierung von Prozessen und angebotenen (Dienstleistungs-) Produkten. So können die Wartung und Reparatur genau an den realen Bedarf angepasst, Versicherungen nicht rein auf Erfahrungs- und Statistikwerten aufgebaut und somit letztlich auch Rechtsstreitigkeiten vermieden werden.
  Die Austauschobjekte sind folglich die fixen wie variablen Vergütungen im Gegenzug zu den entsprechenden Leistungen.

- Der Contractor als eigene Rolle und Lieferant des vereinbarten Contracting-Produkts kann durch die einheitliche Verfügbarkeit der Anlagendaten den Nachweis der Erbringung seiner Leistung als auch notwendige Wartung einfach nachweisen, die Anlagenzuverlässigkeit erhöhen und somit letztlich Kosten einsparen. Weiter bietet die breite Datenbasis die Möglichkeit, innovative und bedarfsgerechtere Contracting-Produkte sowie neue Geschäftsmodelle zu entwickeln und somit neue Zielgruppen zu erreichen.
  Als Transaktionsobjekte fallen neben den bereits beschriebenen Nutzungsdaten sowohl alle Vertragsinhalte zwischen Contractingnehmer und -geber als auch der Austausch mit weiteren Dienstleistern an.

Tabelle 5-2 stellt in der Übersicht eine Auswahl an Aufgaben, Dienstleistungen und potenziellen Assets dar, die verschiedene Rollen bei der Nutzung und Anwendung einer Distributed Asset Management Platform einbringen können.

Tabelle 5-2: Mögliche Rollen und Aufgaben energiewirtschaftlicher Akteure auf einer Distributed Asset Management Plattform

Rolle	Potenzielle Assets / Dienstleistungen
Energieversorger	Erzeugungsanlagen, Batteriespeicher, E-Fahrzeuge, Vertrieb, etc.
Netzbetreiber	Netz-Komponenten, Übergabepunkte, etc.
Leasing- / Sharing-Anbieter	Erzeugungsanlagen, Netz-Komponenten, Batteriespeicher, E-Fahrzeuge etc.
Kunden	Industrie, GHD, kommunale Unternehmen, etc.
Wartungsdienstleister	Wartung und Reparatur
Komponenten- / Hardware-Hersteller	Wechselrichter, Batteriespeicher, Erzeugungsanlagen, Kommunikations-Infrastruktur, etc.
Versicherungsunternehmen	Versicherungspolicen
Drittanbieter / Contractor	Ergänzende Geschäftsmodelle auf Basis der vorhandenen Daten

5.3.4 Detailbewertung

Im Folgenden wird auf Basis der Funktion und der beschriebenen möglichen Anwendungsszenarien einer verteilten Asset Management Plattform auf eine mögliche technische Umsetzung und Anbindung von Anlagen näher eingegangen.

5.3.4.1 Grundsätzlicher technischer Aufbau

Prinzipiell kommen für die Anwendung sämtliche Anlagen im energie-wirtschaftlichen Kontext in Frage.

Zur Beschreibung einer möglichen Realisierung müssen zunächst die Anforderungen an die Plattform aus technischer Sicht berücksichtigt werden. Zum einen ist entscheidend, dass der Zugang zur Plattform möglichst diskriminierungsfrei, also technologieneutral erfolgt, um eine breite Anwendbarkeit zu ermöglichen. Als nächstes stellt sich die Frage nach den zu erfassenden Datentypen, der Datengranularität bzw. Auflösung und v. a. auch Datenmenge, die je nach Anwendungszweck sehr unterschiedlich sein können. Hieraus entwickelt sich als Konsequenz die Frage nach der Datenablage und -speicherung, die je nach Transparenz- oder Datenschutzanforderung ausgestaltet sein muss.

Erfassbare Anlagen und relevante energiewirtschaftliche Assets

Wie bereits erläutert, kommt die Anwendung einer verteilten Asset Management Plattform prinzipiell in allen Branchen mit wesentlichem Anteil an Anlageninvestitionen und –betrieb in Frage. Da sich die vorliegende Studie allerdings mit den Anwendungsbereichen in der Energiewirtschaft beschäftigt, sind hier insbesondere Anlagenhersteller und –betreiber von Erzeugungs- und Verbrauchsanlagen, Speichern,

Energie-Umwandlungsanlagen (P2X) sowie Netzinfrastruktur zu betrachten. Explizit konnten folgende Bereiche identifiziert werden:

- Erzeugungsanlagen, also alle Anlagen, die der Energiebereitstellung dienen. Die zugrundeliegende Technologie ist für die Datenerfassung zunächst irrelevant. So können sowohl konventionelle Kraftwerke als auch dezentrale regenerative Energieanlagen in das Blockchain-System eingebunden werden. In speziellen Fällen kann es zudem Sinn machen, nur spezifische (kritische) Kraftwerkskomponenten mit einer Messdatenerfassung auszustatten.
- Speichersysteme, begonnen bei Hausspeichersystemen, Quartier- oder Großspeicher als auch Pumpspeicherkraftwerken
- P2X-Anlagen, Assets, die sektorübergreifende Energieumwandlung ermöglichen, wie Power2Heat (z. B. Wärmepumpen), Power2Gas oder Power2Liquid
- (Elektro-) Fahrzeuge, insbesondere im Kontext von Fuhrparkmanagement, Dienstfahrzeugen oder Leasing-Modellen
- Netzkomponenten bzw. Netz-Betriebsmittel in Verteil- und Übertragungsnetzen der Strom- Gasversorgung
- Industrieanlagen im Sinne von Großverbrauchern von Strom, Wärme oder Gas
- Komponenten der kritischen Infrastruktur der Energieversorgung wie z. B. Leitwartentechnik oder Notstrom- bzw. USV-Anlagen /BSI-05 18/
- IT-Infrastruktur, also die Server- und Kommunikationsstruktur, welche zum Betrieb einer digitalisierten Energiewirtschaft notwendig sind

Zu erfassende Daten

Nach Identifikation der relevanten Anlagentypen ist es notwendig, die zu speichernden Datentypen mit ihren Eigenschaften und Formaten zu definieren. Diese unterscheiden sich folglich sowohl hinsichtlich technischer Möglichkeiten, dem bestehenden Digitalisierungsgrad als auch dem verfolgten Anwendungsziel. Diese Aspekte bestimmen wiederum den möglichen Automatisierungsgrad bei der Datenerfassung. Prinzipiell können folgende Daten erfasst werden.

Bei der technischen Ausgestaltung müssen die Form der Verfügbarkeit und Erfassbarkeit der Daten berücksichtigt werden.

- Messdaten, welche durch integrierte oder separate Messtechnik direkt an der Anlage erfasst werden. Hierzu gehören beispielsweise
  - Leistung
  - Speicher-Zyklen
  - Temperatur (-Verlauf)
  - Fahrprofile
- Protokolle, die von verantwortlichen Instanzen bereits sowohl digital oder auch analog angefertigt werden. Hierzu zählen
  - Kontroll-Inspektionen
  - Wartung
  - Reparatur
- Zugriffsdokumentation, also der Nachweis von Lesen, Verändern oder Löschen von Daten. Die Daten können entweder in der Anlage oder an der Kommunikationsschnittstelle erfasst werden. Relevante Aktionen können sein
  - Nachweispflichten (ggf. nach DSGVO)
  - Steuersignale (inkl. Herkunft, Berechtigung, Inhalt)
  - Physische Öffnung / Anlagenzugriff

- Anlagen- bzw. Fehlermeldungen, welche direkt von der Anlagensteuerung ausgegeben werden.

Zusammenfassend können die möglichen Pfade der erfassten Daten in die drei Varianten, die in Abbildung 5-35 gezeigt werden, zusammengefasst werden.

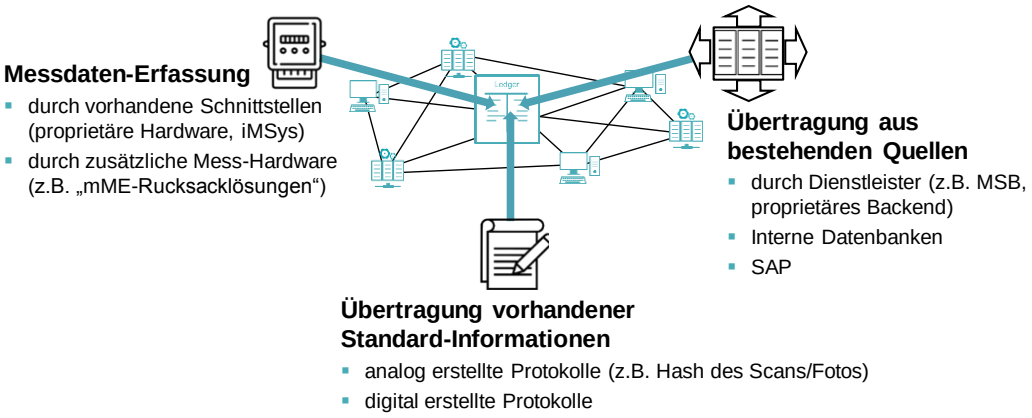


Abbildung 5-35: Mögliche Pfade für die vertrauenswürdige Erfassung von relevanten Daten

Es bestehen drei verschiedene Pfade zur vertrauens-würdigen Erfassung von Anlagendaten.

Neben den in Abbildung 5-35 beschriebenen Pfaden für die Erfassung von Daten kann eine zusätzliche Validierungslogik, z. B. mittels Consensus Oracles implementiert werden, welche die Datenintegrität weiter erhöhen können (vgl. /FFE-04 18/).

Spezifische, mögliche Übertragungswege in der Energiewirtschaft werden ausführlich in Kapitel 6.1 beschrieben.

Datenspeicherung

Die Speicherung der erfassten Daten kann je nach Relevanz sowohl on-chain als auch off-chain erfolgen.

Wurden die Daten entsprechend der beschriebenen Möglichkeiten erfasst und übertragen, ist es notwendig, die bedarfsgerechte Datenhaltung zu beschreiben. Hierzu bestehen prinzipiell drei verschiedene Möglichkeiten der Speicherung:

- direkt auf der Blockchain (on-chain und offen zugänglich)
- als Hash zur Dokumentation der Erstellung und des Erstellungsdatums (zum nachträglichem Nachweis)
- in einer externen (verteilten) Datenbank und Nutzung der Blockchain für Rechtemanagement und Zugriffsdokumentation[6]

Um eine zusätzliche Absicherung der Integrität der Messdaten zu gewährleisten, kann z. B. die Integration des Firmware- & Programmcodes (als Hash) erfolgen.

5.3.4.2 Anwendungsszenarien einer Distributed Asset Management Platform

Im Folgenden sollen beispielhaft Anwendungsszenarien einer Blockchain-basierten Asset Management Platform dargestellt werden.

[6] vgl. BigchainDB, www.bigchaindb.com /PON-01 18/

Externer Speicherbetrieb

Ein Energieversorger beauftragt eine externe Firma mit dem Betrieb eines Speichers zur Reduktion von Lastspitzen an einem Pendlerparkplatz mit Ladesäulen für Elektrofahrzeuge. Die Daten von Lade- und Entladevorgängen, SOC und Speicherzyklen des Speichers sowie der Lastgang des Netzbezugs werden auf der Blockchain-Plattform gespeichert. Zusätzlich werden Protokolle der regelmäßigen Wartungsvorgänge dokumentiert. Über die detaillierte Kenntnis zu Betriebszustand und Auslastung können Speicherbetreiber und Auftraggeber transparent auf Basis eines gleichen Kenntnisstands faire Betreiberkonzepte ausarbeiten. Weiter kann im Falle eines Speicherausfalles oder einer ineffizienten Speicherbewirtschaftung der Energieversorger den Betreiber mit möglichen Mehrausgaben konfrontieren.

Im Falle eines Speicherdefekts kann der Betreiber zudem sämtliche Betriebs- und Anlagenzustände dem Hersteller bzw. der Versicherung für etwaige Haftungs- oder Versicherungsansprüche vorlegen.

Fuhrparkmanagement

Um Effizienzsteigerungen im Fuhrparkmanagement (insb. durch einen externen Dienstleister) zu erzielen, bietet die nachhaltige Fahrweise der Fahrzeugnutzer erhebliche Einsparpotenziale. Über eine dezentrale Plattform können Fahrzeugdaten wie auch Fahrprofile abgelegt und ausgewertet werden. Letztlich könnte ein Scoring-System, das für jeden transparent einsehbar ist, einen zusätzlichen Anreiz für umweltfreundliche Fahrzeugnutzung schaffen. Der Mehrwert durch den Einsatz der Blockchain ergibt sich dabei durch eine manipulationssichere Datengrundlage, die bei Bedarf von einer Vielzahl beteiligter Akteure erstellt und eingesehen werden können. Je nach Ausgestaltung kann sich die Übertragung bzw. der Zugriff nur fest definierte Informationen bzw. Kennzahlen beschränken

Die genaue Kenntnis über die Nutzung (und somit detaillierter als der reine Kilometerstand) lässt auch eine deutlich bessere Verschleißprognose zu und kann somit zu weiteren Einsparungen führen.

Inventarmanagement und Asset Valuation

Für das Inventar- und Assetmanagement eines Netzbetreibers werden Zustandsdaten sowie Wartungs- und Reparaturprotokolle der Anlagen auf der Plattform hinterlegt. Im Falle eines neuen Konzessionsverfahrens kann der genaue Wert der Assets deutlich detaillierter bestimmt werden und somit höhere Transparenz sowohl für den Konzessionsgeber als auch die beteiligten Bewerber geschaffen werden. Des Weiteren können die Daten für Nachweispflichten gegenüber der Regulierungsbehörde einfach, transparent und nachweisbar offengelegt werden. Gegebenenfalls kann dies zu einer Erleichterung von unregelmäßigen Abfragen von Informationen durch die BNetzA genutzt werden und auch Vorteile beim informatorischen Unbundling bieten.

5.3.4.3 Potenzial

Es gibt bereits einige Anbieter von digitalen Asset Management Plattformen; allerdings ohne BCT.

Aufgrund der prinzipiell sehr breiten Anwendbarkeit ist das Potenzial schwer zu quantifizieren. Zum einen geht der Anwendungsfall über Branchengrenzen hinweg, deutlich über den Einflussbereich der klassischen energiewirtschaftlichen Akteure und Rollen. Zum anderen ist der ökonomische Mehrwert aufgrund fehlender Referenzprozesse nicht pauschal zu bestimmen. Im Folgenden soll das Potenzial ausgewählter Anwendungsfelder anhand wirtschaftlicher Größenordnungen abgeschätzt werden.

Mit einem Marktvolumen von ca. 7,7 Mrd. € stellt das Contracting nach Aussagen der Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE) mit einem Umsatzanteil von über 86 % den deutlich größten Teilmarkt des Energiedienstleistungsmarkts in Deutschland dar /BFEE-01 15/. In Deutschland sind dabei ca. 560 Anbieter von Contracting-Produkten aktiv. /BAFA-02 18/ Die Marktentwicklung zeigt, bezogen auf die Contracting-Verträge, in den letzten Jahren eine stetig steigende Nachfrage und haben sich zwischen 2005 und 2016 mehr als verdoppelt. Auch für die Zukunft wird in der BfEE Marktstudie davon ausgegangen, dass sich der deutsche Contracting-Markt weiterhin positiv entwickelt – rund 75 % der Anbieter gehen in den folgenden drei Jahren von einem weiteren Wachstum aus.

Die jährlichen Ausgaben für Instandhaltungsmaßnahmen summieren sich in Deutschland branchenübergreifend auf ca. 250 Mrd. € (ca. 10 % des deutschen Bruttoinlandprodukts). Diesen Ausgaben steht allerdings ein wertschöpfendes Potenzial durch vermiedene Folgekosten die drei- bis fünfmal höher wären. Somit ist davon auszugehen, dass die Instandhaltung Anlagen- und Produktivitätswerte in Höhe von rund einer Billion Euro jährlich für die deutsche Industrie erwirtschaftet. /VORN-01 15/ Gerade im Kontext von Entwicklungen hin zu einer Industrie 4.0 werden sich die Instandhaltungsprozesse in Richtung eines deutlich mehr datengetriebenen Smart Maintenance Ansatz weiterentwickeln. Wie in der Studie /UB-01 00/ analysiert wurde, lässt sich aus dem relativ hohen Anteil an Arbeitsvorbereitungsaufgaben von über 10 % im Bereich Infrastruktur darauf schließen, dass die „Instandhaltung als eher koordinationsintensive Funktion mit erhöhtem Informationsbedarf einzustufen ist". Aufgrund mangelnder weiterer Angaben und einer nicht möglichen Pauschalisierung ergeben diese Mantelzahlen lediglich einen Hinweis auf die Größenordnung des Marktpotenzials.

Die Wertermittlung von Energieverteilnetzen stellt einen Sonderfall der Unternehmensbewertung dar und wird beispielsweise beim Konzessionsvergabeprozess oder bei Unternehmensübernahme relevant. Für die Wertermittlung von Energienetzen können grundsätzlich alle betriebswirtschaftlich anerkannten Verfahren der Unternehmensbewertung herangezogen werden. In der aktuellen Rechtsprechung zur angemessenen Vergütung für Energienetze werden drei Wertkonzepte diskutiert: Der Ertragswert, der kalkulatorische Restwert sowie der Substanzwert /MEIE-01 14/. Während der Ertragswert zukünftige Unternehmenserträge als Grundlage der Bewertung heranzieht, hat der aktuelle Anlagenzustand nur wenig Einfluss. Für den kalkulatorischen Restwert ist v. a. Anlagenalter, -preis und –typ entscheidend. Der Substanzwert wird in der Energiewirtschaft häufig auch als Sachzeitwert bezeichnet. Der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (VDEW) definiert diesen wie folgt: „Der Sachzeitwert ist der auf der Grundlage des Tagesneuwertes unter Berücksichtigung seines Alters und seines Zustandes ermittelte Restwert eines Wirtschaftsgutes" /MEIE-01 14/. Somit tragen Informationen zum Anlagenzustand einen wesentlichen Anteil zur Bewertung bei, die

letztlich über eine Asset Management Plattform bereitgestellt und automatisiert ausgewertet werden könnten. /BAL-01 14/

Am Beispiel des Asset Managements in Versorgungsnetzen wurde in einer aktuellen Studie von PwC im Rahmen einer Branchenumfrage die Frage nach der Erfassung anlagenbezogener Kennzahlen für das Controlling gestellt /PWC-04 17/. Das Ergebnis zeigte zwar, dass bereits einige anlagenbezogene Kennzahlen wie das Durchschnittsalter (von 92 % der Befragten genannt), der Erneuerungsstau (81 %), der Anlagenverbrauch (70 %), Ausfallhäufigkeiten (57 %) oder der Netzzustandsindex (43 %) erhoben werden. Die Anwendung beschränkt sich allerdings bislang in erster Linie auf interne Prozesse und dient der Bewertung von Instandhaltung oder Erneuerungsbedarf. Weiter wurde nach der Praxis bei der Zustandsbewertung von Betriebsmitteln gefragt. Für die meisten Betriebsmittel geben 70 % bis 80 % der Unternehmen an, eine Zustandsbewertung durchzuführen, entscheidend ist allerdings, dass eine relativ hohe Datenqualität lediglich bei Baujahr sowie Störhäufigkeit und –ursachen gegeben ist. Bei Zustandsdaten sinkt die Datenqualität insbesondere in den unteren Spannungsebenen. Wie in der Studie genannt, ist die Qualität der Asset Management-Instrumente signifikant von der Qualität der Input-Daten abhängig. Gekoppelt ist dies mit der Empfehlung, Qualitätslücken der Daten kurz- bis mittelfristig zu schließen, soweit dies hinsichtlich Aufwand zumutbar ist. Die aus den Daten ableitbare Konsequenz ist schließlich, dass sich im Netz Asset Management bereits eine steigende Tendenz zur Digitalisierung der Anlagen-Zustandsdaten ausmachen lässt. Auf Seiten der Betreiber von Erzeugungsanlagen ist die Erfassung von Zustandsdaten bereits Standard. Und auch bei (großen bzw. neuen) Verbrauchern ist das Monitoring des Anlagenbetriebs üblich. Kombiniert man diese zukünftige Voraussetzung mit den Wertversprechen einer verteilten Plattform, auf der die erfassten Daten mehr oder weniger transparent weiteren berechtigten Stakeholdern zur Verfügung stehen, lässt sich zumindest qualitativ ein erhebliches und relativ einfach zu erschließendes Potenzial ausweisen.

5.3.4.4 Rechtliche Einordnung

Da sich die Anwendung einer Asset Management Platform per se nicht im direkt regulierten Bereich der Energiewirtschaft, sondern im privatwirtschaftlichen bewegt, sollte eine Umsetzung aus energierechtlich-regulatorischer Perspektive möglich sein. Zivilrechtliche Vorgaben sind selbstverständlich einzuhalten (vgl. Kapitel 7.4). Die Abwicklung regulatorischer Aufgaben selbst über die Plattform ist hingegen deutlich mehr in Frage zu stellen, da es hierfür keine Referenz oder vergleichbaren Prozesse gibt.

5.3.5 Fazit und Handlungsoptionen

Eine Distributed Asset Management Plattform bietet über Branchengrenzen hinaus die Möglichkeit Dokumentationsdaten sicher zu speichern und relevanten Stakeholdern nachvollziehbar und manipulationssicher zur Verfügung zu stellen. Das Wertversprechen der Anwendungsszenarien einer solchen Plattform lässt sich in folgenden Punkten zusammenfassen:

Die Anwendbarkeit einer Distributed Asset Management Platform geht weit über die Energiewirtschaft hinaus.

- Eine verteilte Asset Management Plattform bietet das Potenzial, sich als (Quasi-Branchen-) Standard zur einheitlichen Dokumentation von Assets zu entwickeln.
- Die Plattform ermöglicht die vereinfachte Abwicklung von Contracting- bzw. Leasing-Modellen.

- Die damit verbundene dezentrale Vertrauensinstanz kann potenziell den Bedarf an Rechtsstreitigkeiten reduzieren.
- Sie ermöglicht eine (teilweise) Aufhebung von asymmetrischem Informationszugang hinsichtlich technischer Daten, die die Grundlage für eine Bewertung sein können, falls dies gewünscht ist.
- Eine Manipulation der erfassten Daten durch den Anlagen-Hersteller würde mit einem Wertverlust aller Assets des Herstellers einhergehen. Dies schafft einen intrinsischen Anreiz zur korrekten Teilnahme an der Plattform.

Die Kombination mit einer Labeling-Plattform ist einfach möglich und bietet Synergieeffekte.

Mit der Umsetzung und schließlich breiten Akzeptanz und Nutzung der Plattform sind allerdings auch Herausforderungen von technischer wie auch anwendungsspezifischer Seite verbunden:

- Eine vertrauenswürdige Messdatenerfassung und -übertragung ist die Grundlage für die vertrauenswürdige Datenhaltung
- Die Validierung der Daten bzw. der Umgang mit Messfehlern (z. B. durch fehlerhafte Sensoren) muss technisch gelöst werden.
- Für eine möglichst breite Anwendung ist eine einheitliche Definition der Schnittstellen (APIs) und damit verbundene Technologieoffenheit entscheidend.

Letztlich wird die Akzeptanz der Nutzer gegenüber der entwickelten Plattform über deren Verbreitung und Erfolg entscheiden.

5.4 Anwendungsfall: Vereinfachter Lieferantenwechsel

Im Folgenden wird der derzeitige, zum Teil langwierige Prozess eines Stromanbieterwechsels beleuchtet und auf Schwachstellen und Optimierungspotenziale eingegangen. Die Relevanz und Motivation dieses Use Cases ist u. a. durch ein Arbeitspapier gegeben, das dem Legislativpaket *„Clean Energy for all Europeans" (48)* des Europäischen Parlaments beiliegt („improving the customer experience around day-to-day operations such as billing and switching"), sowie der möglichen weiteren Einbindung von Letztverbrauchern in den bisherigen Marktprozess. Diese zeigen zwar ein hohes Potenzial für einen häufigeren Stromanbieterwechsel, es kann von den Stromlieferanten jedoch nicht bedient werden, da der aktuelle Prozess an verschiedenen Stellen nicht effizient gestaltet ist. Die Entwicklung eines Konzepts, das mittels des Einsatzes der Blockchain-Technologie eine Verbesserung in Richtung eines effizienten und verbraucherfreundlicheren Prozesses verspricht, wird im Folgenden dargestellt und analysiert.

5.4.1 Beschreibung des Referenzprozesses

Als Referenz bei der Untersuchung möglicher Verbesserungen dient der aktuell definierte Prozess des Lieferantenwechsels von Letztverbrauchern. Dieser dauert 10 bis 15 Tage und ist dabei nach /ENWG-02 05/ auf maximal drei Wochen beschränkt. Eine Vielzahl von teils manuellen Prüfungen machen den Prozess wenig flexibel und lassen zudem keine direkte Kommunikation der Marktakteure zu, da der Verteilnetzbetreiber als Intermediär innerhalb der Marktkommunikation fungiert.

Der aktuelle Prozess des Lieferanten-wechsels dauert aufgrund ineffizienter Abläufe bis zu drei Wochen.

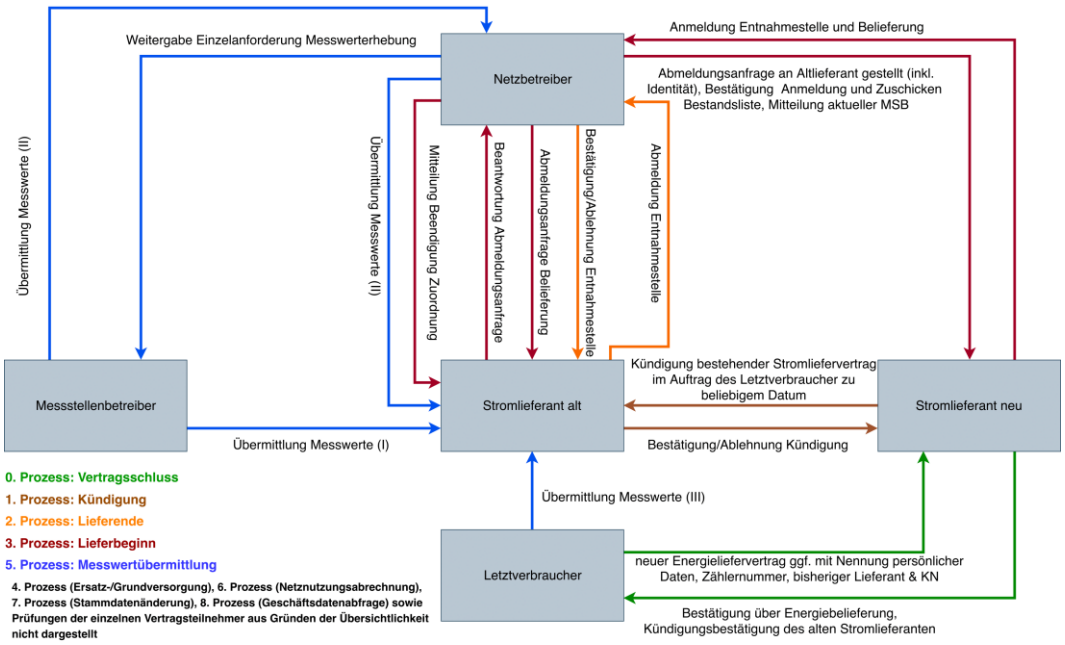


Abbildung 5-36: Hauptprozessschritte des aktuellen Stromanbieterwechsels

Abbildung 5-36 zeigt, dass im aktuellen Prozess Redundanzen vorliegen. Gerade das Datenmanagement der einzelnen Akteure bietet hohes Optimierungspotenzial, da das Gros der Kommunikation am Markt Informationen über eine Änderung von Zuordnungen bzw. eine triviale Weitergabe von Daten aus der Datenbank beinhaltet.

Aktuell werden 80 % aller Stromverträge über Plattformen wie „check24“ oder „verivox“ abgewickelt. Das bedeutet, dass diese den neuen (zumeist über die Vergleichsportale ausgewählten) Stromlieferanten (LFN) beauftragen, im Namen des Letztverbrauchers (LV) beim alten Stromlieferanten (LFA) zu kündigen. Diese Kündigung wird erfasst und beim zuständigen VNB die Belieferung mit Strom durch den LFA und die gesamte Entnahmestelle vom LFA abgemeldet. Der VNB registriert dies und erhält vom LFN eine Belieferungsanmeldung. Wenn diese beiden Prozesse vom VNB bestätigt und die Stammdaten in allen Datenbanken entsprechend geändert wurden, wird der LV benachrichtigt, dass die Kündigung erfolgreich war. Eine detailliertere Beschreibung, analog zu den regulatorischen Rahmenbedingungen, kann den Geschäftsprozessen für die Kundenbelieferung mit Energie (GPKE) entnommen werden. Die zwar automatisierte, doch bei fehlerhaften Eingaben des Letztverbrauchers manuell zu prüfende, Kommunikation zwischen den Marktrollen ist der limitierende Faktor des Wechselprozesses. Ein einheitlicher Kommunikationsstandard ist nicht bei allen Akteuren vollständig umgesetzt. Dies erschwert zum Teil den reibungslosen Ablauf des Wechselprozesses.

Der detaillierte Ablauf ist in den GPKE definiert.

5.4.1.1 Regulatorische Betrachtung

Die rechtlichen Grundlagen des Stromlieferantenwechsels, der Rechnungslegung und des eigentlichen Vertrags sind hauptsächlich in §§ 20a, 40 und 41 EnWG verankert. Die wichtigsten Vorgaben für den Wechselvorgang sind:

- Die unverzügliche Bestätigung des neuen Lieferanten ob und zu welchem Termin eine Belieferung grundsätzlich möglich ist, ist notwendig.
- Das Verfahren muss zügig abgeschlossen werden und darf drei Wochen ab Anmeldung zur Netznutzung nicht überschreiten, wenn der Belieferungsstart innerhalb von drei Wochen erfolgen wird.
- Ein Lieferantenwechsel muss für den Letztverbraucher kostenlos sein.

Bei der Erarbeitung des Konzepts zur Umsetzung des Stromanbieterwechsels mit Hilfe der Blockchain-Technologie spielen zudem die Anforderungen an die Rechnungsstellung eine Rolle, da die Abrechnung potenziell auch integriert werden kann. Derzeit muss eine Rechnung eines Lieferanten an den Endkunden neben anderen Punkten folgende Informationen beinhalten:

Rechtliche Anforderungen an eine Rechnung sind zu berücksichtigen.

- Verbrauch im Abrechnungszeitraum sowie im vergleichbaren Vorjahreszeitraum
- einfach und verständlich
- Name und Anschrift des Lieferanten
- Vertragsdauer, Preise
- nächstmöglicher Kündigungstermin und –frist
- Messstellenbetreiber, Zählpunktbezeichnung und Codenummer des Netzbetreibers
- Möglichkeit zur unterjährigen Abrechnung und Bereitstellung eines last- und tageszeitvariablen Tarifs

5.4.1.2 Status quo Wechsel des Stromlieferanten

Im Jahr 2016 wurde laut Monitoringbericht der BNetzA insgesamt ca. 4,7 Millionen mal der Stromanbieter gewechselt, etwa ein Viertel der Wechsel erfolgten beim Umzug. Seit Aufzeichnungsbeginn im Jahr 2006 ist in Abbildung 5-37 eine klar steigende Tendenz erkennbar. /BNETZA-01 17/

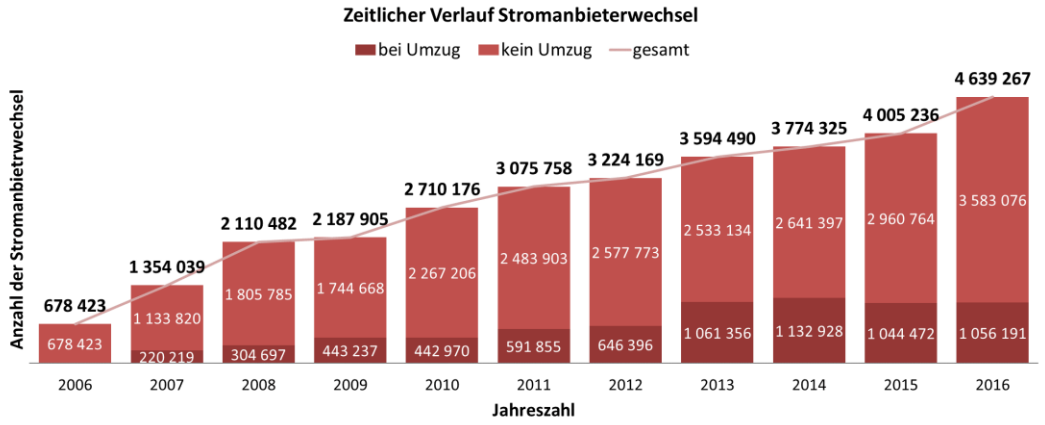


Abbildung 5-37: Zeitliche Entwicklung der Stromanbieterwechsel in Deutschland nach /BNETZA-01 17/

Trotz der deutlichen Zunahme an Wechseln, welche eine vermehrte Akzeptanz des Verfahrens erkennen lässt, ist der derzeitige Wechselprozess langwierig und fehleranfällig und reizt mit einer durchschnittlichen Dauer von 10 bis 15 Werktagen die gesetzliche Maximalfrist fast vollständig aus.

Die Anzahl der Stromanbieter-wechsel nimmt in den letzten Jahren deutlich zu.

5.4.1.3 Entwicklung des Stromlieferantenmarkts

Derzeit sind in Deutschland etwas mehr als 1.400 wettbewerbliche Lieferanten am Markt. Diese Zahl ist seit der Verabschiedung des 3. Energiepakets der EU um ca. 50 % gestiegen (vgl. Abbildung 5-38).

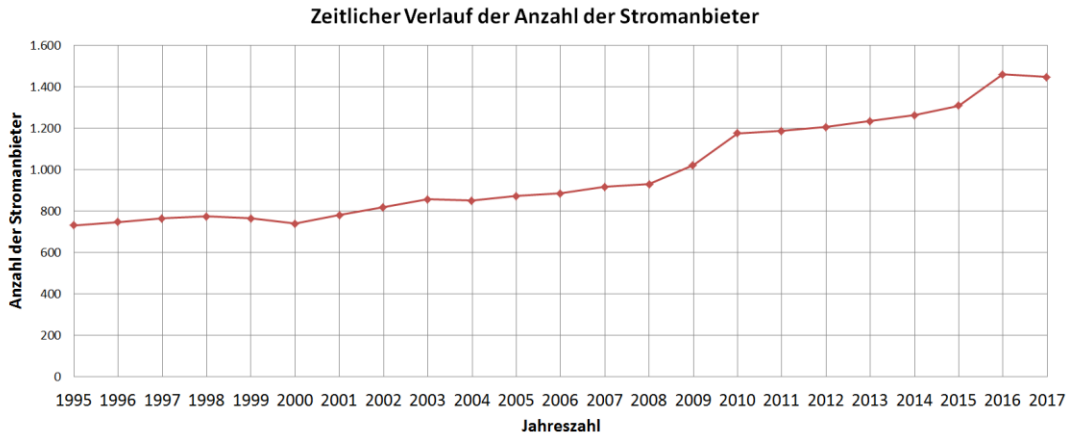


Abbildung 5-38: Anzahl der Stromanbieter in Deutschland

Im Mittel besteht in Deutschland die Auswahl zwischen 112 Lieferanten mit steigender Tendenz /BNETZA-01 17/. Trotzdem bleibt es das Bestreben der Politik und ist auch aus Verbrauchersicht wünschenswert, diese Zahl zu erhöhen, um durch erhöhten Wettbewerbsdruck verbesserte Angebote für die betroffenen Kunden zu erhalten.

5.4.1.4 Wechselpotenzial Haushaltskunde

Umfragen lassen auf ein hohes ungenutztes Wechselpotenzial schließen.

Aus einer Untersuchung der GfK Media and Communication Research (vgl. Abbildung 5-39) geht hervor, dass die Bereitschaft, jährlich den Stromanbieter zu wechseln, mit ca. 20 % deutlich über der tatsächlichen jährlichen Wechselquote liegt (ca. 2 %). Dies führt zum Schluss, dass eine verbesserte Kommunikation innerhalb des Wechselprozesses durch die gesteigerte Effizienz eine vermehrte Ausnutzung des Potenzials ermöglicht. Beseitigung der vorhandenen Asymmetrie bezüglich Information und Kommunikation trägt dabei auch zu einem diskriminierungsfreien Zugang zum Markt bei.

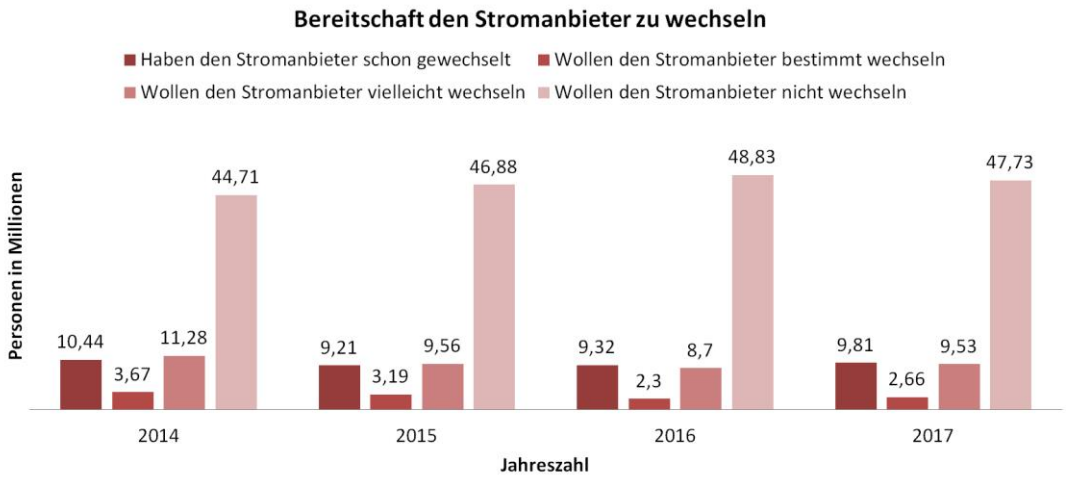


Abbildung 5-39: Bereitschaft zum Anbieterwechsel

5.4.2 Einsatz der Blockchain-Technologie

Der Use Case *„untertägiger Lieferantenwechsel"* wurde analog der *„Best Practice"* Methode, wie im Projekt erarbeitet, auf die Eignung einer Umsetzung mithilfe der Blockchain-Technologie untersucht.

Grundsätzlich ist der eigentliche Wechselprozess relativ einfach: Die Zuordnung einer Marktlokation zu einem Lieferanten wird geändert und die aktualisierte Information muss allen Akteuren bekannt sein. Bevor jedoch das Konzept der Integration der Blockchain-Technologie in die Prozessschritte des Lieferantenwechsels erläutert werden, soll im Folgenden aufgezeigt werden, wieso eine Blockchain-Lösung für diesen Anwendungsfall als potenziell sinnvoll bewertet wird.

1. Transparenz vorteilhaft? Ja, eine direkte Einsicht für alle Prozessakteure ist nicht nur sinnvoll, sondern ein immanenter Bestandteil der Prozessoptimierung. Durch die Transparenz ist allen Akteuren, also Lieferanten, Netzbetreibern und Messstellenbetreibern, der Status quo der Lieferverhältnisse bekannt.
2. Intermediär beteiligt? Ja, im heutigen Prozess agiert der Verteilnetzbetreiber als Intermediär. Beispielhaft wird im 3. Prozessschritt „Lieferbeginn" die Abmeldung der Belieferung über den VNB kommuniziert, wohingegen bei gemeinsamem Datenmanagement über eine Blockchain die Akteure diese Informationen direkt kommunizieren können.

3. Kleinteilige Transaktionen? Ja, die Möglichkeit eines täglichen Wechsels, mitunter auch mehrmals am Tag, sind bei konservativ angenommener Bereitschaft von einem Wechsel pro Monat von ca. 20 % der Haushaltskunden etwa 120 Millionen Transaktionen pro Jahr. Darüber hinaus ist eine noch deutlich größere Zahl an Lesezugriffen durch alle Marktakteure zu erwarten.
4. Fälschungssichere Dokumentation notwendig? Ja, eine Doppelbelieferung oder unrechtmäßige Rechnungsstellung ist durch eine fälschungssichere Dokumentation nahezu ausgeschlossen. Ferner besteht die Möglichkeit, Zählerstände fälschungssicher in der Blockchain zu hinterlegen. Dadurch ist eine nachträgliche Manipulation nicht möglich.
5. Anonymität / Pseudonymität vorteilhaft? Ja, gleichzeitig soll es nicht allen Parteien möglich sein, Verbraucherwerte wie etwa Zählerstände den jeweiligen Haushalten oder Unternehmen zuordnen zu können.
6. Prozessautomatisierung? Ja, heutige Prozesse sind teilweise sehr verwaltungsintensiv, unflexibel in der Kommunikation und ziehen eine Zeitverzögerung nach sich. Da es das Bestreben ist, möglichst vielen Letztverbrauchern diese Dienste zu ermöglichen, ist eine weitere Prozessautomatisierung, wie sie die Blockchain bieten kann, sinnvoll.

Die erarbeiteten Kriterien lassen auf eine geeignete Anwendung für ein Blockchain-basiertes System schließen.

Entscheidend für die Integration in den Wechselprozess ist die Position der Blockchain in der Marktkommunikation. Dabei sind drei mögliche Anordnungen einer näheren Betrachtung zu unterziehen

1. Peer-to-Peer Wechsel: Die Blockchain ist „vor“ dem Letztverbraucher und damit öffentlich. Das bedeutet, dass der Letztverbraucher direkten Zugriff auf die Blockchain hat.
2. MaKo-Chain: Die Blockchain ist „nach“ dem Letztverbraucher und damit privat. Das bedeutet, dass die Blockchain als „Backbone“ der bisherigen Akteure dient.
3. Tokenkonzept: Eine direkte Zuordnung von Lieferrechten und Assets wird über einen unterscheidbaren Token („non-fungible token: ERC 721“) dargestellt.

Den Konzepten ist allen gemein, dass sie spezifische Informationen enthalten und wiedergeben müssen, um einen automatisierten Wechsel zu ermöglichen. Diese Verbraucherattribute sind

1. aktueller Lieferant (public address des Lieferanten)
2. MaLo-ID
3. MeLo-ID
4. VNB-ID
5. Grund-/Ersatzversorger-ID
6. Kündigungsfrist
7. Vertragsbeginn
8. Vertragsende
9. Zählerstand
10. Status

Alle relevanten Metadaten sind in der Blockchain abzubilden.

Die MaLo-ID bestimmt eindeutig den Punkt, an dem Strom dem Netz entnommen wurde. Sie ist Grundlage für den aktuellen Liefervertrag. Die MeLo-ID ist für die Bilanzierung, die die entnommene Strommenge erfasst, von Bedeutung. Über die VNB-ID ist jede Entnahmestelle einem zuständigen Netzbetreiber zugeordnet. Dies ist für die Abrechnung des Netznutzungsentgelts durch den Netzbetreiber eine erforderliche

Information. Ebenso verhält es sich mit der Grund-/Ersatzversorger-ID, die, wenn kein aktiver Vertrag des Letztverbrauchers vorhanden ist, die Entnahmestelle automatisch dem zuständigen Versorger zuordnet. Das Feld Status kann für eine ergänzende oder beschreibende Information über die Entnahmestelle oder den Letztverbraucher verwendet werden. Das Status-Feld ist im Normalfall auf „aktiv" gesetzt, kann aber beispielsweise bei einer Abmeldung der MaLo auf inaktiv gesetzt werden, was zur Folge hat, dass eine nicht autorisierte Lieferzuordnung durch Dritte verhindert wird. Mit Hilfe dieser Informationen ist der Letztverbraucher eindeutig beschrieben. Der tatsächliche Wechsel wird dann durch eine Funktion im Smart Contract ausgelöst, die den zuvor bestimmten neuen Lieferanten als aktuellen Lieferanten setzt. Diese Funktionsweise gilt sowohl für den Peer-to-Peer Wechsel als auch für die MaKo-Chain.

5.4.2.1 Peer-to-Peer-Wechsel

Direkte Interaktion des Letztverbrauchers mit weiteren Markt-akteuren wird ermöglicht.

Beim Peer-to-Peer-Wechsel wird eine direkte Kommunikation der Letztverbraucher mit den involvierten Akteuren angestrebt. Alle für den Wechselprozess relevanten Informationen sind dabei auf der Blockchain transparent und fälschungssicher hinterlegt. Der eigentliche Wechsel des Stromanbieters wird vom Letztverbraucher angestoßen. Dieser hat des Weiteren die Möglichkeit, auaf Daten wie Zählerstand und Lieferverhältnisse uneingeschränkt zuzugreifen. Ein Wechselprozess, der den untertägigen, mehrmaligen Wechsel des Stromlieferanten abbilden kann, ist somit möglich. Die deutliche schnellere Prozessabwicklung ist durch eine verschlankte Kommunikation möglich, welche durch die inhärente Funktionalität der Blockchain-Architektur (Transparenz, Manipulationssicherheit) weitere Effizienzen heben kann. Abbildung 5-40 zeigt den Aufbau dieses Konzepts in schematischer Form.

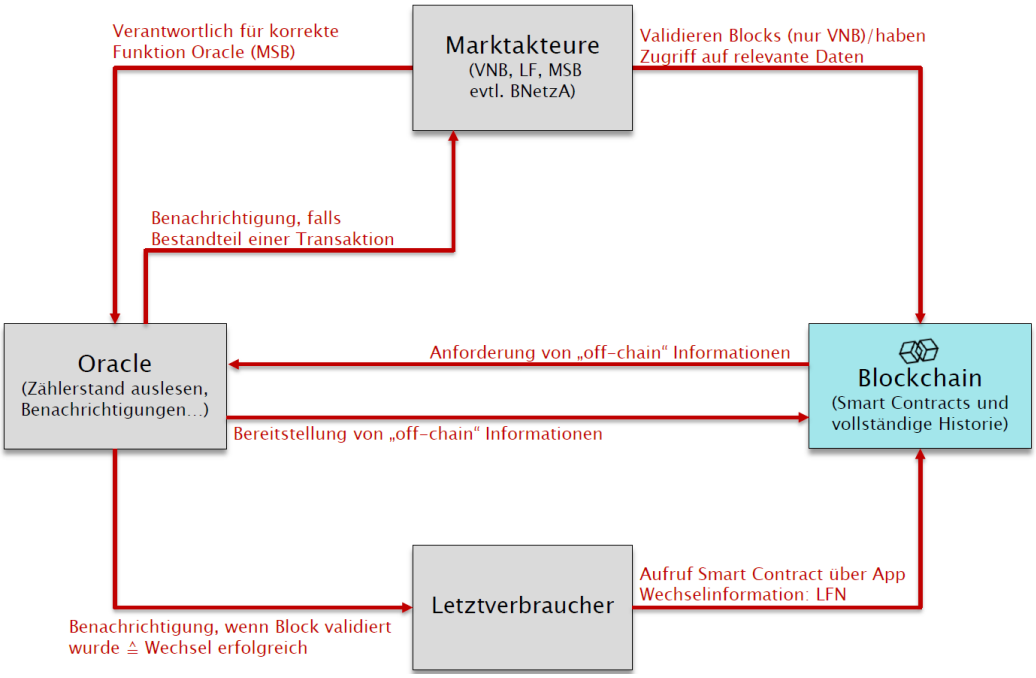


Abbildung 5-40: Schematische Darstellung des Konzepts P2P-Wechsel

5.4.2.2 MaKo-Chain

Die Blockchain dient bei diesem Ansatz als Kommunikationsplattform des Wechselprozesses. Dabei hat der Letztverbraucher keinen direkten Zugang zur Blockchain. Vielmehr dient die Blockchain der Kommunikation und als Datenbasis („Backbone“) zwischen VNB, Lieferanten und MSB. Der Letztverbraucher kann dabei über eine regulierte Schnittstelle (z. B. BNetzA) Zugriff erhalten. Der rechtliche bindende Vertrag wird außerhalb der Blockchain geschlossen. Lediglich die Ausführung kann über den Einsatz von Smart Contracts geschehen. Diese Anordnung umgeht dabei Hürden in Bezug auf Performance und Regulierung, die an die Teilnehmer des Blockchain-Netzwerks gestellt werden.

Zur konkreten Implementierung sind verschiedene Varianten denkbar.

5.4.2.3 Tokenkonzept

Bisher sind Token v. a. als Zahlungsmittel in Zusammenhang mit einer Kryptowährung bekannt, doch können sie auch als digitales Asset oder als der Besitz eines bestimmten Rechts angesehen werden. Der Grundgedanke des folgenden Konzepts ist, die Funktionalität eines unterscheidbaren Tokens (non-fungible Token: ERC 721) zu nutzen. Dieser Token kann als Transaktionsobjekt über das Wallet des Marktlokationsinhabers ähnlich einer Kryptowährung zu jedem Prozessteilnehmer übertragen werden. Der Token spiegelt dabei die Pflicht des Lieferanten wider, den MaLo Inhaber mit Strom zu versorgen und gleichzeitig dessen Recht, für den Zeitraum des Besitzes mit dem Letztverbraucher abzurechnen. Beim Wechsel wird stets ein neuer, unterscheidbarer Token erstellt. Der alte Token wird dem Letztverbraucher nach Bezahlung zurücküberwiesen und kann auf ein inaktives Konto gesendet werden, was einer Vernichtung des Tokens entspricht.

5.4.3 Detailbewertung

Für die Detailbewertung wird die Implementierung ohne Token herangezogen. Obwohl eine Token-basierte Umsetzung intuitiver erscheint, ist diese relativ komplex und vergleichsweise unflexibel. Auch zukünftige Erweiterungen und neue Anwendungen der entwickelten Kommunikationsinfrastruktur sind mit dem im Folgenden dargestellten Ansatz mit geringerem Aufwand integrierbar.

5.4.3.1 Grundsätzlicher technischer Aufbau

Das Konzept basiert technologisch auf der Zuordnung („mapping“) eines *structs* (ein Datentyp, welcher mehrere Variablen unterschiedlichen Typs, hier die genannten Verbraucherattribute, zu einer logischen Einheit zusammenfasst) zur *public address* des Letztverbrauchers. Im Zuge eines Proof-of-Concepts wurde auf die Ethereum-Blockchain als zugrundeliegende Infrastruktur zurückgegriffen und eine solche Zuordnung exemplarisch implementiert. Um eine schnelle Abwicklung des Prozesses sowie möglichst geringe Transaktionsgebühren zu garantieren, ist eine permissioned Blockchain mit einem Proof-of-Authority Konsensverfahren sinnvoll. Einen weiteren Vorteil einer permissioned Blockchain ist eine höhere Konformität mit datenschutzrechtlichen Bestimmungen. Die Blockchain ist hierbei also lediglich Teil eines neutralen und vertrauenswürdigen Datenmanagements und ist nicht mit der Erstellung und Transaktion von Token verknüpft. Für eine private permissioned Blockchain spricht zudem die mögliche Limitierung der Transaktionsgebühren zum Ausführen der Smart Contracts sowie eine ausreichende maximale Transaktionsbandbreite.

Als Konsensalgorithmus wird Proof of Authority gewählt.

Für einen Wechsel in sinnvollen Zeitschritten muss die Blockzeit kleiner als das verwendete Abrechnungsintervall sein. Dieses beträgt 15 Minuten, es werden also in viertelstündlicher Auflösung Verbrauchswerte der iMSyS übertragen. Um eine unnötige Datenlast der Blockchain zu vermeiden, werden Verbrauchsdaten nur durch Aufruf des entsprechenden Smart Contracts in der Blockchain gespeichert. Der MSB hat dabei die Aufgabe, die korrekte Inbetriebnahme des iMSys beim Kunden vorzunehmen. Des Weiteren garantiert er für die fehlerfreie Funktion und Datenübertragung des *Oracles*, das die Zählerstände, also Verbrauchsdaten des Kunden, dem Smart Contract übergibt. Durch ein dezentral organisiertes Oracle kann der korrekte und fälschungssichere Zählerstand übergeben werden.

Eine Blockzeit von 15 Minuten ermöglicht zukünftig auch entsprechende Wechselintervalle.

Wie dargestellt, wird im derzeitigen Marktumfeld sinnvollerweise eine Blockzeit von 15 Minuten gewählt. Innerhalb dieser 15 Minuten kann nun durch Mehrheitsentscheid der korrekte Zählerstand durch mehrmaliges Aufrufen des Oracles von verschiedenen MSB ermittelt werden (da sich in dieser Zeitspanne der Wert nicht ändern darf durch die technische Zeitlimitierung des iMSys). Sollte ein MSB einen fehlerhaften Wert zurückgeben, wird er zukünftig nicht mehr zur Validierung herangezogen.

Der Wechsel des Stromanbieters geschieht dann durch Aufruf der Wechselfunktion im Smart Contract. Effektiv wird der aktuelle Lieferant durch den neuen Lieferanten ersetzt, nachdem automatisiert Vertragsdauer und Kündigungsfrist überprüft wurden (vgl. Verbraucherattribute in Abschnitt 5.4.2).

Das System bietet dem Endkunden direkten Zugriff auf seine Daten.

Der Letztverbraucher hat bei beiden Konzepten *Peer-to-Peer Wechsel* und *MaKo-Chain* die Möglichkeit, Nutzerdaten wie Zählerstände, Lieferverhältnisse oder andere nutzerbezogene Informationen transparent, fälschungssicher und schnell auslesen zu können. Beim *Peer-to-Peer-Wechsel* geschieht dies direkt als Netzwerkteilnehmer, bei der *MaKo-Chain* über eine vorherige Anmeldung beim Administrator. Dieser Administrator kann diese Daten verwalten und gegebenenfalls neue Teilnehmer aufnehmen.

5.4.3.2 Potenzial

Eine Umsetzung wie sie oben beschrieben wurde, kann parallel zur aktuellen Prozessabwicklung erfolgen und sukzessive ausgerollt werden. Neben der verschlankten Kommunikation durch ein auf die Anforderungen des Grundprozesses angepasstes Datenmanagement (gemeinsame Datengrundlage der Kommunikation) ist die Information eines Wechsels deutlich schneller bei den entsprechenden Akteuren. Eine erheblich flexiblere Ausführung ist somit möglich, da die einzige Beschränkung durch die Blockzeit und ggf. die Messwertübermittlung mittels SMGW gegeben ist. Ein Wechsel kann damit theoretisch im 15-Minuten-Takt erfolgen, was eine deutliche Verbesserung im Vergleich zu den bisher üblichen 10–15 Tagen darstellt.

Transparenz und Fälschungssicherheit sind die wesentlichen Vorteile einer Blockchain für diese Anwendung.

Durch lückenlose Transparenz ist das Risiko einer Doppelbelieferung und damit einer Doppelabrechnung nicht vorhanden, ebenso fällt, sobald ein Sonderkundenvertrag ausgelaufen ist, der Letztverbraucher wieder auf die Grundversorgung zurück, was eine durchgehende Energiebelieferung weiterhin garantiert. Beim Ansatz der *MaKo-Chain* können die Transaktionskosten erheblich reduziert werden, da nur die tatsächlich involvierten Parteien kommunizieren und Informationen statt über den Umweg eines Intermediärs direkt der Blockchain entnommen werden können.

In Anlehnung an das eingangs erwähnte Legislativpaket können verbraucherfreundliche Services einfach etabliert und integriert werden, da alle relevanten Informationen frei zugänglich sind.

Wie bereits erwähnt, ist durch vereinfachte Wechselprozesse ein erhöhter Wettbewerb zwischen Lieferanten zu erwarten. Aktuell beträgt die vom Lieferanten beeinflussbare Preiskomponente am Endkundenstrompreis in Deutschland 6,18 cent/kWh, davon sind im Mittel 2,90 cent/kWh auf Einkauf und/oder Erzeugung zurückzuführen. Es verbleiben also 3,28 cent/kWh, welche durch den entstehenden Preisdruck maximal reduziert werden können. Insgesamt werden in Deutschland 129 TWh elektrischer Energie in privaten Haushalten verbraucht. Insgesamt entspricht dies also einem potenziell betroffenen Volumen von 4.2 Milliarden €.

Bei dieser Bewertung sind allerdings zwei wesentliche Punkte zu berücksichtigen. Erstens sind die dargestellten Verbesserungen hinsichtlich Effizienz, Datenqualität, Transparenz und Manipulationssicherheit gegebenenfalls auch mit alternativen IT-Strukturen möglich, so dass dies ohne konkreten Vergleich nicht als USP einer Blockchain-Lösung betrachtet werden kann. Zweitens ist eine reine technische Veränderung der Kommunikationsinfrastruktur keine Garantie für beschleunigte Wechselprozesse, da Kunden selbstverständlich weiterhin durch entsprechende Vertragslaufzeiten über Monate oder Jahre an ihren Lieferanten gebunden sein können. Um also die damit technisch möglichen täglichen oder untertägigen Wechselintervalle tatsächlich zu erreichen, sind voraussichtlich auch entsprechende regulatorische Vorgaben notwendig.

Um häufigere und kurzfristigere Wechsel zu ermöglichen, sind auch angepasste Vertragsbedingungen nötig.

Mittelfristig kann die Umsetzung eines derartigen Konzepts aber auch den gegenteiligen Effekt hervorrufen. Auch wenn auf den ersten Blick der Markteintritt für neue Teilnehmer erleichtert wird, entsteht durch den erhöhten Kostendruck wiederum die Gefahr, dass sich die Anzahl der Lieferanten wieder reduziert, da die notwendige Effizienz der internen Prozesse nicht gewährleistet werden kann. Es besteht also die Möglichkeit, dass bei umfassender Anwendung der dargestellten Verfahren die Kosten für den Letztverbraucher in letzter Konsequenz steigen, was durch die erhöhte Flexibilität nicht aufgewogen wird.

5.4.3.3 Rechtliche Einordnung

Für die Einordnung des *untertägigen Lieferantenwechsels* in einen rechtlichen Kontext ist u. a. die Vereinbarkeit mit der DSGVO und Konformität mit vertragsrechtlichen Bestimmungen entscheidend. Da private Blockchains unter die DSGVO fallen, ist im Einzelfall zu prüfen, wie eine rechtskonforme Einwilligung zur Verarbeitung der Daten zu garantieren ist.

Der rechtliche Rahmen ist bei einer umfassenden Anwendung noch detailliert zu prüfen.

Das kann beispielsweise über die Pflicht zur Zustimmung der Allgemeinen Geschäftsbedingungen bei der Anmeldung beim Netzwerkadministrator sein (BNetzA), sodass innerhalb des Netzwerks zur Marktkommunikation, das von Lieferanten, Verteilnetzbetreibern und Messstellenbetreibern gebildet wird und damit den eigentlichen Lieferantenwechsel abbildet, kein Rückschluss auf die Identität des Letztverbrauchers möglich ist und dieser als anonym angesehen werden kann. Dies würde den Anforderungen der DSGVO im Sinne des Erwägungsgrunds 26: „Keine Anwendung auf anonymisierte Daten“ genügen. Die Einwilligungserklärung zu den AGBs kann jederzeit bei der BNetzA widerrufen werden, was einer Löschung aller persönlichen Stammdaten zugleich kommt.

Empfehlenswert ist ferner ein Vertragsschluss außerhalb des Blockchain-Netzwerks, der mittels des Smart Contracts umgesetzt wird und somit lediglich den Vertragsschluss dokumentiert. Damit ist ein Konflikt mit §§145 ff. vermieden und ein Rücktritt vom eigentlichen Vertrag kann analog zu den geforderten Richtlinien prozessiert und durch eine Leerbuchung auf der Blockchain umgesetzt werden (beispielsweise über das Feld Status = Leerbuchung des Verbraucherattributs). Dadurch wird sichergestellt, dass sowohl der juristisch anfechtbare Vertrag, als auch die Umsetzung mithilfe des Smart Contracts widerrufen werden kann. Juristisch von Belang ist somit nicht das eigentliche Programm, also der Smart Contract, sondern die durch den Smart Contract ausgedrückte Intention bzw. Willenserklärung eines Angebots. Bezugnehmend auf Art. 17 EU-DSGVO, dem „Recht auf Vergessenwerden", ist hier auch noch keine Klarheit geschaffen. De jure und de facto ist eine Löschung nicht mit einer sofortigen Löschung gleichzusetzen, sondern kann im Einzelfall auf unbestimmte Zeit hinausgezögert werden. Besteht zum Beispiel eine Zahlungsverpflichtung eines Letztverbrauchers gegenüber dem Stromanbieter, ist eine Löschung der Stammdaten des Letztverbrauchers nicht rechtens, da dadurch eine Zahlung faktisch nur mit großem Aufwand möglich ist.

5.4.4 Fazit und Handlungsoptionen

Der aktuelle Prozess des Lieferantenwechsels ist teilweise ineffizient und fehleranfällig, was zu einer Dauer von bis zu 15 Tagen führt. Eine Möglichkeit zur Optimierung dieses Prozesses ist eine dezentralisierte Kommunikationsinfrastruktur auf Blockchain-Basis. Aufgrund der systemimmanenten Transparenz und Unveränderbarkeit der Daten ist somit für alle relevanten Akteure der Zugriff auf eine verlässliche und einheitliche Datenbasis möglich. Auch eine weitgehende Automatisierung des gesamten Prozesses ist auf dieser Basis zu erreichen. Dies ermöglicht perspektivisch eine Reduktion der Dauer eines Wechselprozesses von 15 Tagen auf unter einen Tag, ggf. auch auf das energiewirtschaftliche Abrechnungsintervall von 15 Minuten.

Zur abschließenden Bewertung des Potenzials sind Tests unter Realbedingungen notwendig.

Die Analyse verschiedener Implementierungsvarianten zeigt, dass eine Umsetzung auf Basis des Mapping-Konzepts aufgrund einfacherem Aufbau und damit einhergehend höherer Flexibilität zu bevorzugen ist. Da mit Netzbetreibern, Lieferanten und Letztverbrauchern eine sehr hohe Anzahl an Akteuren beteiligt ist, ist das Potenzial zur Effizienzsteigerung im Vergleich zum derzeitigen System hoch. Darüber hinaus bietet die beschriebene Kommunikationsinfrastruktur die Möglichkeit, weitere Prozesse wie beispielsweise Messstellenbetreiberwechsel oder ein Roamingkonzept abzubilden. Zur abschließenden Bewertung sind allerdings weitere Tests unter Realbedingungen sowie Vergleiche zu alternativen Implementierungen ohne Blockchain notwendig.

5.5 Anwendungsfall: Nachweis von Regelleistungserbringung

In diesem Kapitel werden die Einsatzmöglichkeiten der Blockchain-Technologie für den Nachweis der Erbringung von Regelleistung untersucht. Im Wesentlichen bestehen dabei die folgenden beiden Möglichkeiten:

- Nachweis der Erbringung von Regelleistung bei Abruf im Rahmen der Vermarktung
- Nachweis der Erbringung von Regelleistung für das Präqualifikationsverfahren

5.5.1 Beschreibung des Referenzprozesses

Nachfolgend werden die Referenzprozesse der beiden Einsatzmöglichkeiten dargestellt.

Nachweis der Erbringung von Regelleistung

Die drei Regelleistungsprodukte Primär-, Sekundärregelleistung und Minutenreserve werden auf der gemeinsamen Plattform der vier Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) regelleistung.net ausgeschrieben. Dort geben die Anbieter ihre Gebote bestehend aus der angebotenen Leistung sowie dem zugehörigen Leistungspreis und im Falle von Sekundärregelleistung und Minutenreserve dem zugehörigen Arbeitspreis ab.

Zunächst findet eine Leistungspreisauktion statt, bei der Gebote bis zum Erreichen der ausgeschriebenen Leistung bezuschlagt werden.[7] Die Vergütung ergibt sich direkt aus der bezuschlagten vorgehaltenen Leistung und dem entsprechenden Leistungspreis, unabhängig davon, ob es zu einem Abruf kommt. Bei Sekundärregelleistung und Minutenreserve werden anschließend alle bezuschlagten Gebote aufsteigend nach den gebotenen Arbeitspreisen sortiert (sog. Merit-Order-Liste). Abrufe durch den ÜNB erfolgen dann anhand dieser Sortierung und somit kostenminimierend. Der ÜNB sendet das Signal zum Abruf an Anbieter, welcher diese an entsprechenden Einheiten im Pool weiterleitet. Die Vergütung der erbrachten Arbeit wird basierend auf der abgerufenen Regelenergie und dem jeweiligen Arbeitspreis berechnet. Zu diesem Zweck muss zunächst die ordnungsgemäße Erbringung der angeforderten Regelleistung nachgewiesen werden. Hier könnten durch den Einsatz der Blockchain-Technologie Effizienzgewinne erzielt werden. Bisher erfolgt dieser Erbringungsnachweis durch einen Vergleich des geplanten Arbeitspunkts ohne Regelleistungserbringung – Baseline genannt – mit dem tatsächlichen gemessenen Arbeitspunkt, der sich durch die Regelleistungsaktivierung ergibt. Die Zeitreihen dieser beiden Arbeitspunkte werden in Betriebsprotokollen aufgezeichnet und müssen mindestens zwei Monate gespeichert werden. Findet kein Abruf statt, so sollten sich die beiden Zeitreihen nicht wesentlich unterscheiden /CON-01 14/, /ÜNB-10 18/, /VDN-01 07/.

Die ordnungsgemäße Erbringung der Regelleistung muss nachgewiesen werden.

Der Abruf der Primärregelleistung erfolgt hingegen nicht durch den ÜNB, sondern dezentral in Abhängigkeit der Netzfrequenz. Zu diesem Zweck misst der Anbieter selbstständig die Netzfrequenz und reagiert direkt auf Änderungen durch die Erbringung der notwendigen Primärregelleistung. Die Erbringung erfolgt dabei proportional zur

[7] Ab dem 16. Oktober 2018 erfolgt der Zuschlag auf Basis eines Mischpreisverfahrens, d. h. neben dem Leistungspreis wird auch der Arbeitspreis anteilig mitberücksichtigt /ÜNB-14 18/. Der hier beschriebene Anwendungsfall ändert sich hierdurch jedoch nicht.

Frequenzabweichung. Da in diesem Fall kein Arbeitspreis ausbezahlt wird, ist die Bestimmung der erbrachten Regelenergie nicht notwendig. Nichtsdestotrotz muss auch hier die ordnungsgemäße Erbringung auf Verlangen des ÜNB nachgewiesen werden, und zwar über den Verlauf der Frequenz und des tatsächlichen Arbeitspunkts /CON-01 14/, /ÜNB-10 18/, /VDN-01 07/.

Für alle drei Regelleistungsarten gilt: Welche Daten genau an den ÜNB der jeweiligen Regelzone gemeldet werden müssen sowie deren Vorlauf und zeitliche Auflösung wird zwischen Anbieter und ÜNB abgestimmt. In der Regel werden nur die Pool-Daten an das Leitsystem des ÜNB übertragen. Gemäß dem Transmission Code /VDN-01 07/ muss die Regelleistungserbringung nur auf Verlangen des ÜNB durch Übermittlung der entsprechenden Betriebsprotokolle und Nachweise von einzelnen Technischen Einheiten nachgewiesen werden. Für die Bestimmung der Baseline wird in der Regel die Methode „vorauseilender Arbeitspunkt" angewandt. Hierbei wird die geplante Fahrweise ohne Bereitstellung von Regelleistung mit einer Vorlaufzeit von fünf Minuten gemeldet. Die zeitliche Auflösung beträgt dabei eine Sekunde. Eine Ausnahme bilden Anlagen, die lediglich Minutenreserve anbieten und nicht für die Primär- oder Sekundärregelleistung präqualifiziert sind. Hier ist eine minütliche Auflösung ausreichend. Der tatsächliche Arbeitspunkt, sprich die Wirkleistung, ist in jedem Fall in Echtzeit (als Summenwert eines Pools) an das Leitsystem des ÜNB zu übermitteln. Die abgerufene Regelleistung ergibt sich dann als Differenz von Wirkleistung und Baseline /ÜNB-11 18/.

Die erbrachte Regelleistung ergibt sich aus dem Vergleich von Baseline und Wirkleistung.

Während die Wirkleistung einer gemessenen Zeitreihe entspricht, bietet die Festlegung der Baseline Ansatzpunkte für eine Verbesserung. Darüber hinaus kann die Prüfung der ordnungsgemäßen Erbringung, also der Vergleich von Baseline und Wirkleistung, automatisiert werden, um den Aufwand seitens des ÜNB zu reduzieren. Auch im Falle der Primärregelleistung kann der Nachweis der Erbringung über den Verlauf der Frequenz in einer Blockchain umgesetzt werden.

Präqualifikationsverfahren

Aus dem Vergleich von Baseline und Wirkleistung ergibt sich eine weitere Einsatzmöglichkeit für die Blockchain-Technologie, und zwar im Rahmen des Präqualifikationsverfahrens.

Potenzielle Anbieter für die verschiedenen Regelleistungsarten müssen nachweisen, dass sie die Anforderungen für die Erbringung der jeweiligen Regelleistungsart erfüllen. Dies geschieht im Rahmen des Präqualifikationsverfahrens beim ÜNB der jeweiligen Regelzone. Die Anforderungen unterscheiden sich dabei je nach Regelleistungsart[8]. Ein wesentlicher Bestandteil ist jedoch immer eine Betriebsfahrt, bei der die ordnungsgemäße Erbringung der Regelleistung geprüft und die präqualifizierte Leistung bestimmt wird. Die Betriebsfahrt besteht aus zwei aufeinanderfolgenden Vorhalte- und Erbringungsphasen und wird aufgrund des charakteristischen Leistungsverlaufs auch als „Doppelhöckerkurve" bezeichnet. Die bei der Betriebsfahrt erhobenen Daten müssen in einem Betriebsprotokoll aufgezeichnet und dem ÜNB zur Verfügung gestellt werden. Dieser wertet die Daten im Nachgang aus und überprüft so die ordnungsgemäße Erbringung der Regelleistung. Die Betriebsfahrt wird in der Regel vom Anbieter selbst und ohne Beteiligung des ÜNB durchgeführt. Allerdings kann der ÜNB bei nicht ausreichender

[8] Die spezifischen Vorschriften für die drei Regelleistungsarten können den jeweiligen Dokumenten des Anhang D des Transmission Code /VDN-01 07/ entnommen werden.

Erbringungsqualität oder Manipulationsverdacht eine erneute Betriebsfahrt unter seiner Beteiligung fordern. Es ist zu beachten, dass die Präqualifikation für jede technische Einheit einzeln durchgeführt werden muss, auch wenn die Vermarktung über den Pool eines Aggregators erfolgen soll. Lediglich die vorgeschriebene Mindestleistung je Regelleistungsart muss nicht für die Einzelanlage erfüllt werden. Zukünftig soll die Gültigkeit der Präqualifikation auf fünf Jahre begrenzt werden. Ob hier eine erneute Betriebsfahrt notwendig ist oder auf vergangene reale Abruf- bzw. Erbringungsdaten zurückgegriffen wird, liegt im Ermessen des ÜNB. Neben dem Betriebsprotokoll zur Betriebsfahrt umfassen die erforderlichen Unterlagen u. a. Bestätigungen des Netzbetreibers, des Bilanzkreisverantwortlichen sowie des Lieferanten. Sobald alle Unterlagen vorliegen und die präqualifizierte Leistung die erforderliche Mindestangebotsgröße überschreitet, schließen ÜNB und Anbieter einen Rahmenvertrag /ÜNB-10 18/, /VDN-01 07/.

Die Durchführung einer Präqualifikation ist jederzeit möglich und dauert in der Regel mindestens zwei Monate /CON-01 14/. Zwar ist das Präqualifikationsverfahren an sich kostenfrei, allerdings kann es durch die zeitliche Verzögerung von zwei Monaten zu entgangenen Erlösen kommen, da die zu präqualifizierende Regelleistung noch nicht vermarktet werden kann.

Um das Präqualifikationsverfahren zu beschleunigen, wurde u.a. das PQ-Portal (https://pq-portal.energy/) eingerichtet. Hier können potenzielle Anbieter die erforderlichen Zeitreihen der Baseline und Wirkleistung hochladen. Diese beiden Zeitreihen werden dann vom System geprüft. So kann die Erbringung der Regelleistung für die Präqualifikation nachgewiesen werden.

Das PQ-Portal führte u.a. zu einer Beschleunigung der Präqualifikation.

Prinzipiell könnte die Blockchain-Technologie eingesetzt werden, um Baseline und Wirkleistung manipulationssicher zu speichern und so die Prüfung im Rahmen der Betriebsfahrt zu beschleunigen. Der Nutzen dieser Anwendung wird im folgenden Kapitel diskutiert.

5.5.2 Einsatz der Blockchain-Technologie

Den oben beschriebenen Einsatzmöglichkeiten ist gemein, dass jeweils der Verlauf der Baseline und der Wirkleistung in die Blockchain übermittelt werden (im Falle der Primärregelleistung der Verlauf von Netzfrequenz und Wirkleistung). So kann die ordnungsgemäße Regelleistungserbringung durch einen automatisierten Vergleich der beiden Zeitreihen nachgewiesen werden.

Nachweis der Erbringung von Regelleistung

Der Test anhand des definierten Kriterien-Sets für den Anwendungsfall „Nachweis der Erbringung von Regelleistung“[9] liefert folgendes Ergebnis:

Der Test des Kriterien-Sets spricht für den Einsatz einer Blockchain.

1. Transparenz vorteilhaft? Ja, die in der Blockchain gespeicherten Daten bilden die Grundlage für die Beurteilung der ordnungsgemäßen Regelleistungserbringung sowie der Abrechnung. ÜNB und der betroffene Anbieter können die Daten

[9] Aufgrund der besseren Lesbarkeit wird im Folgenden nur auf die Sekundärregelleistung und Minutenreserve eingegangen. Die Ausführungen gelten jedoch analog für den Erbringungsnachweis anhand des Verlaufs der Netzfrequenz für die Primärregelleistung.

einsehen und so die ordnungsgemäße Erbringung prüfen bzw. die ausbezahlte Vergütung nachvollziehen.

2. Intermediär beteiligt? Nein, es gibt keinen Intermediär. Am Prozess sind lediglich ÜNB und Anbieter beteiligt.

3. Kleinteilige Transaktionen? Ja, Baseline und Wirkleistung müssen in sekündlicher (bzw. bei Anlagen, die lediglich für die Minutenreserve präqualifiziert sind in minütlicher) Auflösung übermittelt werden.

Die Baseline könnte fälschungssicher in der Blockchain gespeichert werden.

4. Fälschungssichere Dokumentation notwendig? Ja, die fälschungssichere Dokumentation der Baseline ist die Basis für die Prüfung der ordnungsgemäßen Regelleistungserbringung und der entsprechenden Vergütung.

5. Anonymität / Pseudonymität vorteilhaft? Ja, Anbieter sollen keine Einsicht in die Daten anderer Anbieter haben, da hierdurch beispielsweise insbesondere bei Industriekunden Rückschlüsse auf die Auftragslage und weitere sensible Informationen möglich wären.

6. Prozessautomatisierung? Ja, derzeit prüft der jeweilige ÜNB die ordnungsgemäße Regelleistungserbringung und berechnet die entsprechende Vergütung. Dieser Prozess kann durch eine weitere Automatisierung beschleunigt werden.

Lediglich die Frage nach dem Intermediär wird verneint, alle übrigen Fragen des Kriterien-Sets können bejaht werden. Der erste Teil des Tests spricht somit für den Einsatz einer Blockchain zum Nachweis der Regelleistungserbringung.

Im zweiten Schritt wird eine zusätzliche Bewertung anhand des entwickelten Entscheidungsbaums vorgenommen. Das Ergebnis spricht auch hier für den Einsatz der Blockchain-Technologie (siehe Abbildung 5-41).

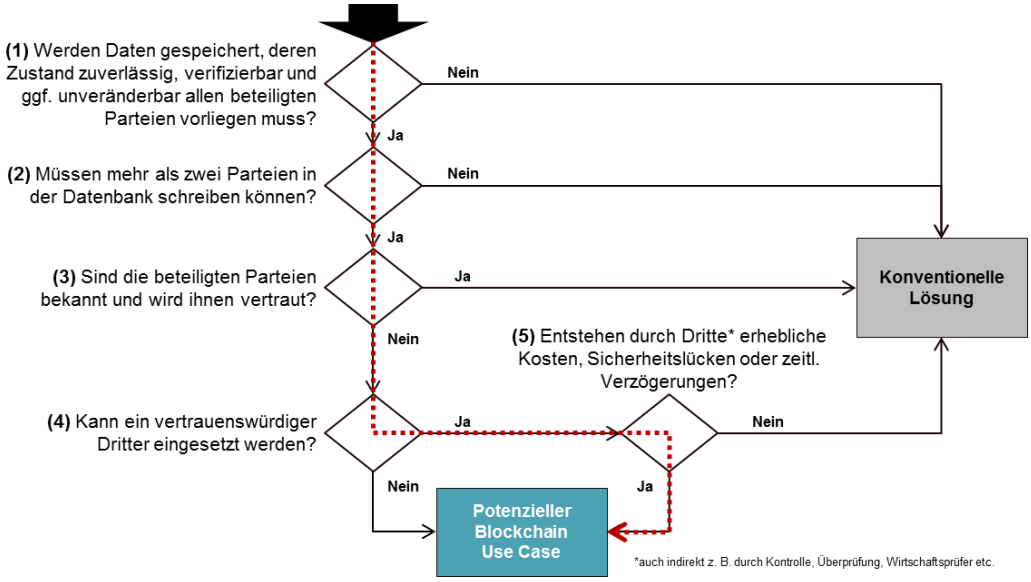


Abbildung 5-41. Ist eine Blockchain sinnvoll für die Anwendung „Nachweis der Erbringung von Regelleistung“?

1. Ja, die Baseline sowie der Verlauf der Wirkleistung, der sich durch den Regelleistungsabruf ergibt, müssen sowohl für ÜNB als auch Anbieter einsehbar sein und dürfen nicht nachträglich verändert werden.

2. Ja, es existiert eine Vielzahl von Anbietern, die alle ihre Daten an die Datenbank übertragen.

3. Nein, dem ÜNB sind zwar vermutlich alle Anbieter bekannt, allerdings kann er ihnen nicht uneingeschränkt vertrauen.

4. Ja, es könnte eine staatliche Institution, beispielsweise die Bundesnetzagentur, als vertrauenswürdiger Dritter eingesetzt werden. Bisher übernimmt der ÜNB die Überprüfung der ordnungsgemäßen Regelleistungserbringung und die Berechnung der entsprechenden Vergütung. Der ÜNB nimmt hier also zwei Rollen ein, zum einen die des Nachfragers nach Regelleistung und zum anderen die des Überprüfers. Zusätzlich hat der ÜNB keinen wirtschaftlichen Vorteil durch einen „Betrug", da die Kosten lediglich durchgereicht werden und den Bilanzkreisverantwortlichen vollumfänglich in Form der Ausgleichsenergiepreise in Rechnung gestellt werden. Folglich kann auch der ÜNB als „vertrauenswürdiger Dritter" betrachtet werden, obwohl er direkt am beschriebenen Prozess beteiligt ist.

Der ÜNB übernimmt zwei Rollen – Nachfrager nach Regelleistung und Überprüfer.

5. Ja, die Überprüfung der ordnungsgemäßen Regelleistungserbringung bedeutet zusätzlichen Aufwand und somit Kosten für den ÜNB.

Im Wesentlichen kann eine Blockchain die Überprüfung der ordnungsgemäßen Erbringung effizienter gestalten. Bei der Sekundärregelleistung und Minutenreserve werden zu diesem Zweck Baseline und Wirkleistung statt an den ÜNB an die Blockchain übermittelt. Der ÜNB trifft weiterhin auf Basis der Merit-Order-Liste die Entscheidung, welche Anbieter abgerufen werden. Das Ergebnis dieser Entscheidung muss nun auch in die Blockchain übertragen werden, denn nur wenn ein Abruf erfolgt, ist die Überprüfung der Erbringung – also der Vergleich der beiden Zeitreihen – überhaupt notwendig. Kommt es nun zu einem Abruf, wird die ordnungsgemäße Erbringung automatisch mittels der vorliegenden Daten geprüft und die erbrachte Regelenergie bestimmt. Anschließend berechnet der ÜNB die entsprechende Vergütung. Auch dieser Teil des Prozesses könnte über Smart Contracts in die Blockchain integriert werden. Hierfür müssen zusätzlich die Arbeitspreise der bezuschlagten Anbieter an die Blockchain übermittelt werden. Für die Primärregelleistung werden der Verlauf von Frequenz und Wirkleistung übermittelt. Die Blockchain übernimmt dann die Überprüfung der Erbringung anhand dieser beiden Zeitreihen. Auch hier bleibt die Aktivierung unverändert, sie erfolgt weiterhin in Abhängigkeit der Netzfrequenz. Für alle drei Regelleistungsarten wird im Falle eines Pools der Datentransfer weiterhin zwischen ÜNB und Aggregator realisiert. Die Blockchain-Lösung zielt an dieser Stelle nicht darauf ab, die Regelleistungsmärkte für die direkte Teilnahme kleinerer Anbieter zu öffnen. Abbildung 5-42 veranschaulicht den Prozess beispielhaft für die Sekundärregelleistung und Minutenreserve mit Hilfe der vereinfachten e3-value-Methode. Details zur technischen Ausgestaltung finden sich im folgenden Kapitel.

Die Blockchain übernimmt den Vergleich von Baseline und Wirkleistung.

Bei der Vermarktung über einen Pool kommunizieren weiterhin ÜNB und Aggregator.

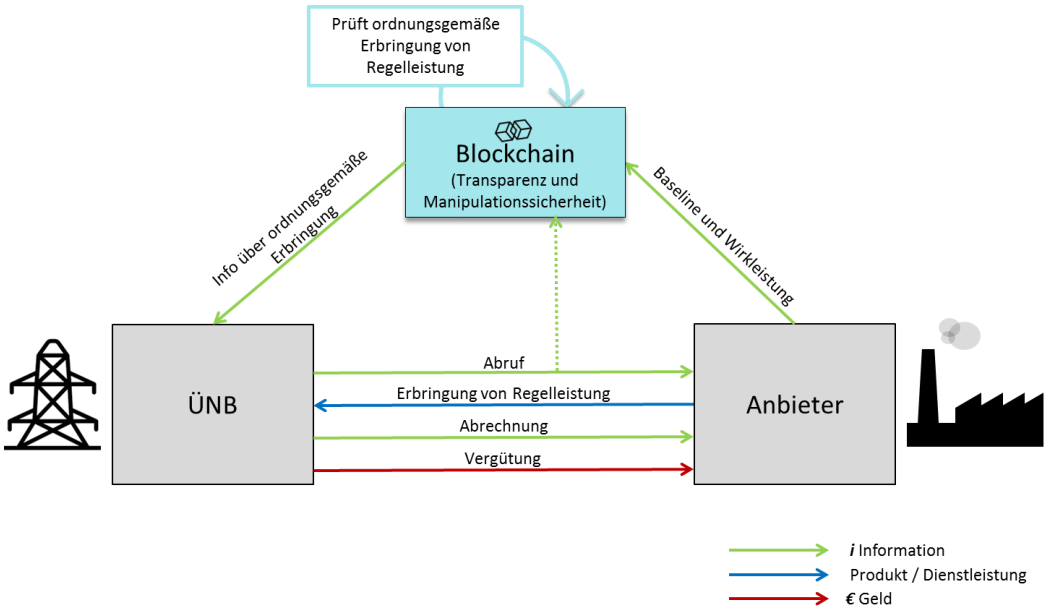


Abbildung 5-42. Einsatz der Blockchain für den Erbringungsnachweis am Beispiel von Sekundärregelleistung und Minutenreserve

Die Blockchain-Lösung ermöglicht eine eindeutige Rollentrennung.

Durch die Implementierung einer Blockchain-Lösung ergibt sich ein weiterer Vorteil. Wie unter Punkt 4 des Entscheidungsbaums erläutert, hat der ÜNB zwei Rollen inne, da er sowohl als Nachfrager als auch als Intermediär, der die Prüfung der Regelleistungserbringung übernimmt, agiert. Die Blockchain-Lösung ermöglicht nun eine eindeutige Trennung zwischen diesen beiden Rollen. Die Überprüfung erfolgt über die Blockchain, so dass der ÜNB nur noch als Nachfrager auftritt.

Präqualifikationsverfahren

Wie in Kapitel 5.5.1 erläutert, erfolgt auch im Rahmen des Präqualifikationsverfahrens ein Vergleich von Baseline und Wirkleistung bei Regelleistungserbringung, der durch den Einsatz der Blockchain-Technologie verbessert werden kann. Auch in diesem Fall können alle Fragen des Kriterien-Sets mit Ausnahme des Intermediärs mit ja beantwortet werden. Da die beiden Anwendungsfälle und damit ebenfalls die entsprechenden Antworten sehr ähnlich sind, wird an dieser Stelle auf einzelne Begründungen verzichtet.

Die Blockchain-Lösung kann für das Präqualifikationsverfahren erweitert werden.

Wird der Test anhand des Entscheidungsbaums nur für das Präqualifikationsverfahren alleine durchgeführt, ergibt sich zunächst ein anderes Ergebnis. Zwar können auch hier die Fragen (1) bis (4) zugunsten der Blockchain-Technologie beantwortet werden, Frage (5) ist jedoch zu verneinen. Wie eingangs erwähnt, dauert das Präqualifikationsverfahren in der Regel zwei Monate. Während dieser Zeit kann es zu entgangenen Erlösen seitens des Anbieters kommen, da die zu präqualifizierende Leistung noch nicht vermarktet werden kann. Es kommt also zu zeitlichen Verzögerungen und Kosten. Aus den folgenden Gründen wird Frage (5) dennoch zugunsten einer konventionellen Lösung beantwortet: Zum einen ist die zeitliche Verzögerung vorrangig auf die Erstellung und Überprüfung der einzureichenden Unterlagen durch den ÜNB zurückzuführen. Dieser Teil des Präqualifikationsverfahrens kann nicht vollständig automatisiert werden. Ferner wurde bereits durch die Einführung des PQ-Portals eine Beschleunigung des Prozesses erreicht. Eine weitere Verbesserung und folglich Kostenreduktion durch eine Blockchain-Lösung ist daher als gering einzuschätzen. Zum anderen muss die Präqualifikation nur einmal durchgeführt werden. So stehen auch hier die Kosten, welche potenziell eingespart

werden können, nicht in einem angemessenen Verhältnis zu den Implementierungskosten einer Blockchain-Lösung. Künftig soll die Gültigkeit der Präqualifikation auf fünf Jahre beschränkt werden, eine erneute Betriebsfahrt ist dann jedoch nicht zwingend notwendig /ÜNB-10 18/. Denkbar wäre in diesem Zusammenhang jedoch, die Gültigkeit der Präqualifikation mit jeder ordnungsgemäßen Erbringung automatisch um fünf Jahre zu verlängern. Diese Verlängerung könnte dann über eine Blockchain umgesetzt werden. Die Frage, ob der der Einsatz der Blockchain-Technologie lediglich für das Präqualifikationsverfahren letztendlich einen ausreichenden Mehrwert liefert, ist nicht einfach zu beantworten. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass die beiden beschriebenen Einsatzmöglichkeiten am gleichen Punkt – dem Vergleich von Baseline und Wirkleistung – ansetzen. Wie im vorangegangenen Abschnitt erläutert, spricht das Testergebnis eindeutig für den Einsatz einer Blockchain zum Nachweis der Regelleistungserbringung. Wird also eine Blockchain für diesen Anwendungsfall implementiert, so bietet sich auch eine Erweiterung auf das Präqualifikationsverfahren an. Der damit verbundene Mehraufwand ist zu prüfen, wird jedoch als gering eingeschätzt, da die gleiche Funktionalität der Blockchain-Lösung genutzt wird.

5.5.3 Detailbewertung

5.5.3.1 Grundsätzlicher technischer Aufbau

Die Abrufinformationen müssen in die Blockchain übertragen werden.

Wie oben für die Sekundärregelleistung und Minutenreserve erläutert, stellt der Vergleich von Baseline und Wirkleistung im Falle eines Abrufs die wesentliche Funktionalität der Blockchain-Lösung dar. Zu diesem Zweck übermittelt der Anbieter diese beiden Zeitreihen an die Blockchain. Umgesetzt wird dies über Smart Contract Oracles, die die Blockchain mit der Außenwelt verbinden. Zusätzlich werden Informationen benötigt, welche Anbieter abgerufen werden. Bisher entscheidet der ÜNB auf Basis der Merit-Order-Liste, welche Anbieter abgerufen werden und ruft diese über eine leittechnische Verbindung ab. Dieser Teil des Prozesses bleibt auch bei Implementierung einer Blockchain-Lösung unverändert. Allerdings müssen die Abrufinformationen auch in die Blockchain übertragen werden, denn nur bei Abruf ist ein Vergleich der beiden Zeitreihen notwendig. Diese Informationen können über eine Zeitreihe je Regelleistungsart und Anbieter umgesetzt werden. In Zeitpunkten, in denen kein Abruf stattfindet, wird standardmäßig der Wert 0 eingetragen. Im Falle eines Abrufs wird in den entsprechenden Zeitpunkten der Wert mit der abzurufenden Leistung in MW eingetragen. Die zeitliche Auflösung dieser Zeitreihe muss mit der Auflösung von Baseline und Wirkleistung übereinstimmen. Im Falle eines Abrufs werden Baseline und Wirkleistung verglichen und der ÜNB erhält eine automatische Information über die ordnungsgemäße Erbringung. Auch hier gilt, ist ein Anbieter Teil eines Pools, so erfolgt die Kommunikation weiterhin direkt zwischen ÜNB und Aggregator. Auch die erforderlichen Zeitreihen – Baseline, Wirkleistung und Abrufzeitreihe – werden auf Ebene des Pools aggregiert an die Blockchain übermittelt.

Für die Primärregelleistung übermitteln Anbieter den Verlauf von Netzfrequenz und Wirkleistung an die Blockchain. Eine Abrufzeitreihe ist in diesem Fall nicht notwendig, da die erforderliche Regelleistung dezentral aktiviert und nicht durch den ÜNB abgerufen wird. Wird die Frequenz von 50 Hz um mehr als 0,02 % über- bzw. unterschritten, so wird die Erbringung der Regelleistung anhand der übermittelten Wirkleistung in der Blockchain geprüft.

Für die Umsetzung wird eine konsortiale Blockchain gewählt.

Für die Umsetzung wird eine konsortiale Blockchain vorgeschlagen. Dies ist eine Sonderform der privaten Blockchain. Sie ist ebenfalls nicht öffentlich zugänglich, allerdings ist die Validierung von Transaktionen im Gegensatz zur privaten Blockchain nicht auf ausgewählte Teilnehmer begrenzt /FFE-01 18/. Für die beschriebenen Einsatzmöglichkeiten wird dies folgendermaßen umgesetzt: Es werden für die drei Regelleistungsarten getrennte Systeme aufgesetzt. Für den Nachweis der Regelleistungserbringung ist der Teilnehmerkreis auf ÜNB und präqualifizierte Anbieter je Regelleistungsart beschränkt. Zur Validierung sind alle Teilnehmer berechtigt. Für die Anwendung im Rahmen des Präqualifikationsverfahrens muss die Berechtigung zur Teilnahme auf Anbieter mit Präqualifikationsabsicht beschränkt werden. Dies kann beispielweise über die Vorabeinreichung relevanter Unterlagen umgesetzt werden.

5.5.3.2 Potenzial

Durch die beschriebenen Einsatzmöglichkeiten der Blockchain-Technologie im Rahmen der Regelleistungsvermarktung eröffnen sich keine neuen Geschäftsmodelle oder Märkte. Der Regelleistungsbedarf ergibt sich weiterhin aus den Systemanforderungen bzw. den Vorschriften des Transmission Codes /VDN-01 07/. Auch auf die Angebotsseite hat der Einsatz einer Blockchain vermutlich keinen maßgeblichen Einfluss, so lange die Präqualifikationsbedingungen nicht grundsätzlich geändert – z. B. die Mindestangebotsgrößen reduziert – werden. Der Vorteil der Blockchain-Technologie liegt vorrangig in den Möglichkeiten zur Prozessoptimierung. Durch den automatisierten Vergleich von Baseline und Wirkleistung können der Aufwand und die damit verbundenen Kosten auf Seiten der ÜNB reduziert werden. Eine exakte Quantifizierung dieser Einsparungen ist allerdings nicht möglich. Über die Anzahl von Regelleistungsabrufen und Anbietern lässt sich dennoch eine Größenordnung für das Potenzial ableiten. Primär- und Sekundärregelleistung werden nahezu ständig abgerufen. Bei der Minutenreserve kommt es jährlich zu mehreren tausend Abrufen, ca. 5.300 im Jahr 2016 /BNETZA-01 17/. Derzeit sind 49 Anbieter für die Vermarktung von mindestens einer der drei Regelleistungsarten präqualifiziert /ÜNB-13 18/.

Die Möglichkeit zur Prozessoptimierung ist der entscheidende Vorteil.

Der Einsatz der Technologie auf regionalen Flexibilitätsmärkten bietet zusätzliches Potenzial.

Zukünftig kann die Funktionalität der beschriebenen Blockchain-Lösung auch für regionale Flexibilitätsmärkte eingesetzt werden. Typischerweise wird dort eine große Anzahl kleiner Flexibilitätsoptionen angeboten werden. Dadurch steigt die Anzahl an Abrufen und der damit verbundene Aufwand der Netzbetreiber für die Überprüfung der ordnungsgemäßen Erbringung. Werden auch hier Blockchain-Lösungen implementiert, wird das Potenzial noch einmal deutlich größer.

Letztendlich muss allerdings berücksichtigt werden, dass die beschriebene Prozessautomatisierung in beiden Fällen auch ohne Blockchain möglich wäre. Die Entscheidung für ein System mit oder ohne Blockchain hängt im Wesentlichen von den jeweiligen Implementierungskosten ab.

5.5.3.3 Rechtliche Einordnung

Die Blockchain-Lösung muss in den Rahmenvertrag zwischen ÜNB und Anbieter aufgenommen werden.

Der Transmission Code der ÜNB /VDN-01 07/ setzt den rechtlichen Rahmen für die Vermarktung von Regelleistung. Spezifische Anforderungen je Regelleistungsart finden sich in Anhang D. Zusätzliche Vereinbarungen treffen ÜNB und Anbieter im gemeinsamen Rahmenvertrag. Die Umsetzung des Erbringungsnachweises mittels der Blockchain-Technologie muss also in jedem Fall in die Rahmenverträge aufgenommen werden. Ob und in welchem Umfang eine Anpassung des Transmission Codes erforderlich ist, ist zu prüfen.

Vielfach diskutiert wird die Vereinbarkeit der Blockchain-Technologie mit der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO). Da an den Regelleistungsmärkten jedoch nur juristische und keine Privatpersonen teilnehmen, greifen die Vorschriften der DSGVO hier nicht. Wird die Blockchain zukünftig auch für regionale Flexibilitätsmärkte eingesetzt, könnte sich dies ändern. Falls Privatpersonen dort direkt ohne zwischengeschalteten Aggregator ihre Flexibilität vermarkten können, so werden ggf. auch personenbezogene Daten gespeichert und die Vorschriften der DSGVO müssen beachtet werden.

Die Vorschriften der DSGVO spielen hier keine Rolle.

5.5.4 Fazit und Handlungsoptionen

Die Blockchain-Technologie kann eingesetzt werden, um die Überprüfung der ordnungsgemäßen Regelleistungserbringung manipulationssicher und effizient durchzuführen. Ferner bietet sich eine Erweiterung auf die Prüfung der Betriebsfahrt im Rahmen der das Präqualifikationsverfahrens an. Große Potenziale können sich zukünftig durch den Einsatz auf regionalen Flexibilitätsmärkten ergeben.

Für die Umsetzung bestehen im Wesentlichen zwei Herausforderungen. Zum einen ist zu berücksichtigen, dass der beschriebene Anwendungsfall auch ohne Blockchain möglich wäre. Die Entscheidung für bzw. gegen die Blockchain-Lösung hängt letztendlich von den jeweiligen Implementierungskosten ab. Zum anderen wären regulatorische Anpassungen notwendig, welche die Unterstützung verschiedener Akteure des Regelleistungsmarkts erfordert.

6 | Einbindung der Blockchain-Technologie in die digitale Infrastruktur

Das nachfolgende Kapitel beleuchtet verschiedene Szenarien zur Einbindung von Blockchain-Lösungen in die digitale Infrastruktur. Dabei steht die Erfassung von energiewirtschaftlichen Messwerten im Vordergrund. Diese umfassen Wirkarbeit, Wirkleistung und Leiterspannung und können i. d. R. durch die im Zuge des Smart Meter Rollouts eingebauten modernen Messeinrichtungen erfasst und durch die in gewissen Segmenten zu installierenden Smart Meter Gateways übertragen werden. Im Folgenden werden verschiedene Möglichkeiten, deren technischer Aufbau sowie Vor- und Nachteile kurz skizziert. Der Fokus liegt dabei auf der Datenerfassung und Verarbeitung durch die digitale Infrastruktur in der Energiewirtschaft.

6.1 Mögliche Signalwege

Die möglichen Signalwege umfassen die in Abbildung 6-3 nachfolgenden Schritte. Dabei spielt der Datentransport in dieser Studie eine nachgeordnete Rolle. Der Fokus liegt auf der Erfassung, Verarbeitung und Integration.

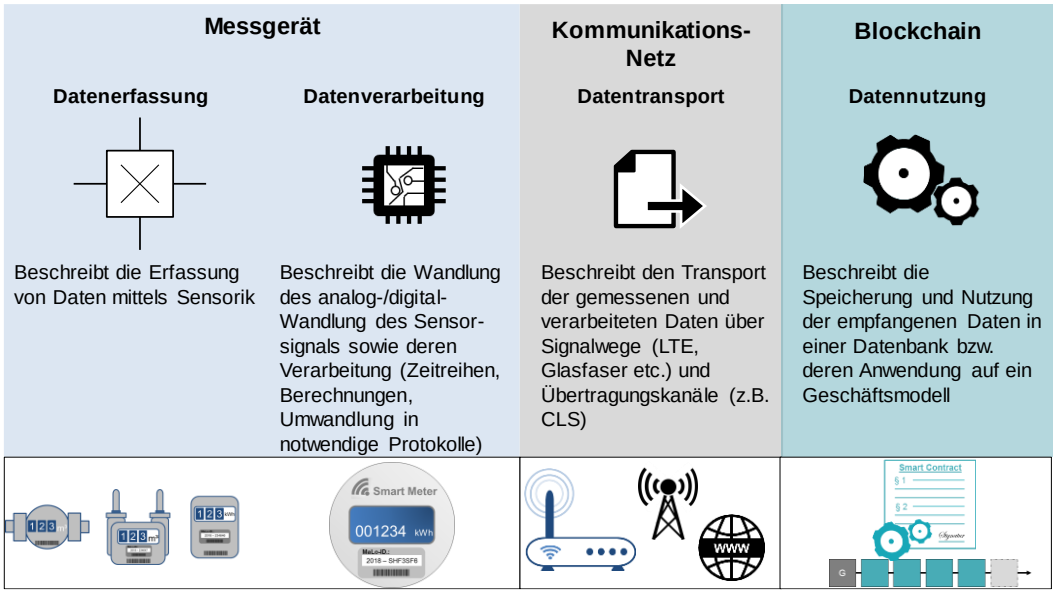


Abbildung 6-1: Signalkette

Es existieren viele Wege Messwerte in eine Blockchain zu übertragen.

Die Möglichkeiten, Daten zu erfassen, zu verarbeiten, zu übertragen und in die Blockchain zu schreiben sind vielfältig (vgl. Abbildung 6-3). So können Daten über moderne Messeinrichtungen oder separate Messgeräte erfasst werden. Diese Daten wiederum können im besten Fall über ein Smart Meter Gateway verarbeitet werden. Alternativ ist dies auch über Parallelinfrastruktur im Sinne von neu zu installierenden Recheneinheiten (vgl. Raspberry Pi bzw. SmartPi) oder über herstellerspezifische Hard- und Software (z. B. in Wechselrichtern oder Hausspeichersystemen) möglich. Der Datentransport kann über

verschiedene Übertragungstechnologien (vgl. Glasfaser, LTE, GPRS, PLC) und über verschiedene Kanäle etc. erfolgen. Auf eine nähere Beschreibung wird in dieser Studie verzichtet. Im Kontext des OSI-Schichtenmodells handelt es sich hierbei um die Schichten 0 bis 4 (siehe Abbildung 6-2).

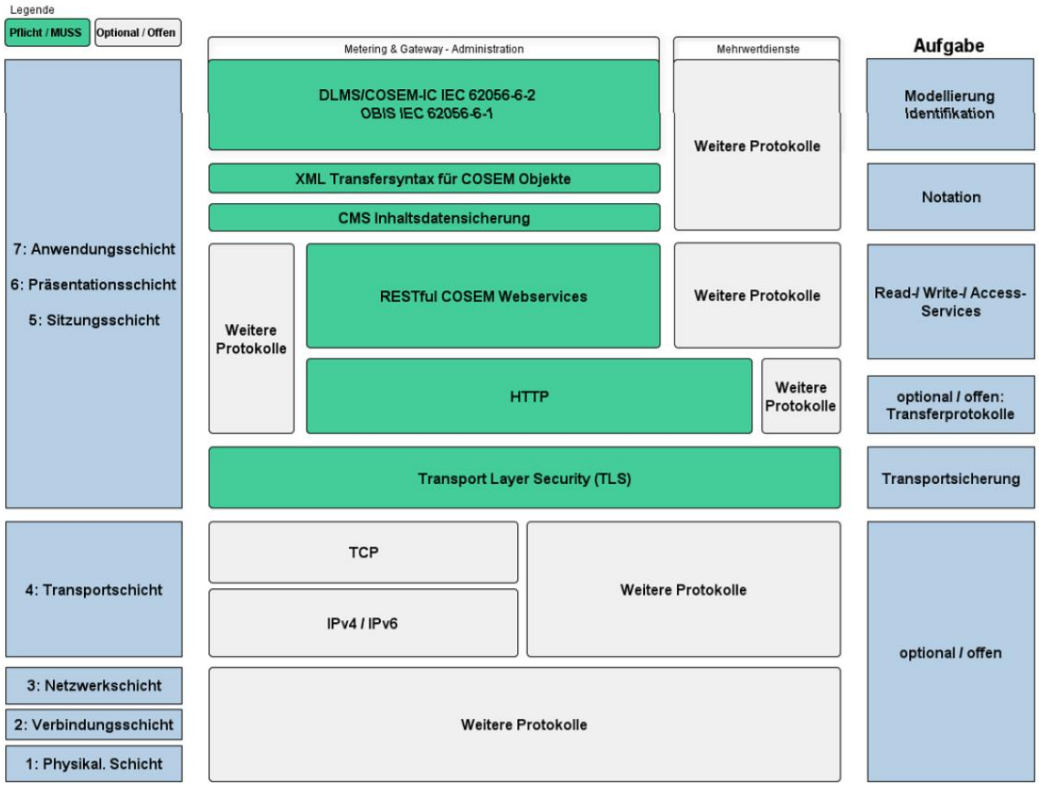


Abbildung 6-2: Darstellung der Protokolle im OSI-Schichtenmodell für die WAN-Kommunikation des SMGW nach /OHW-01 13/

Auf der Integration der Daten in die Blockchain liegt u. a. der Fokus dieser Studie. Hierbei geht es um die Möglichkeiten, die digital übermittelten Messwerte manipulationssicher und zuverlässig auf die Blockchain zu schreiben. Die in dieser Studie skizzierten Wege sind in Abbildung 6-3 dargestellt.

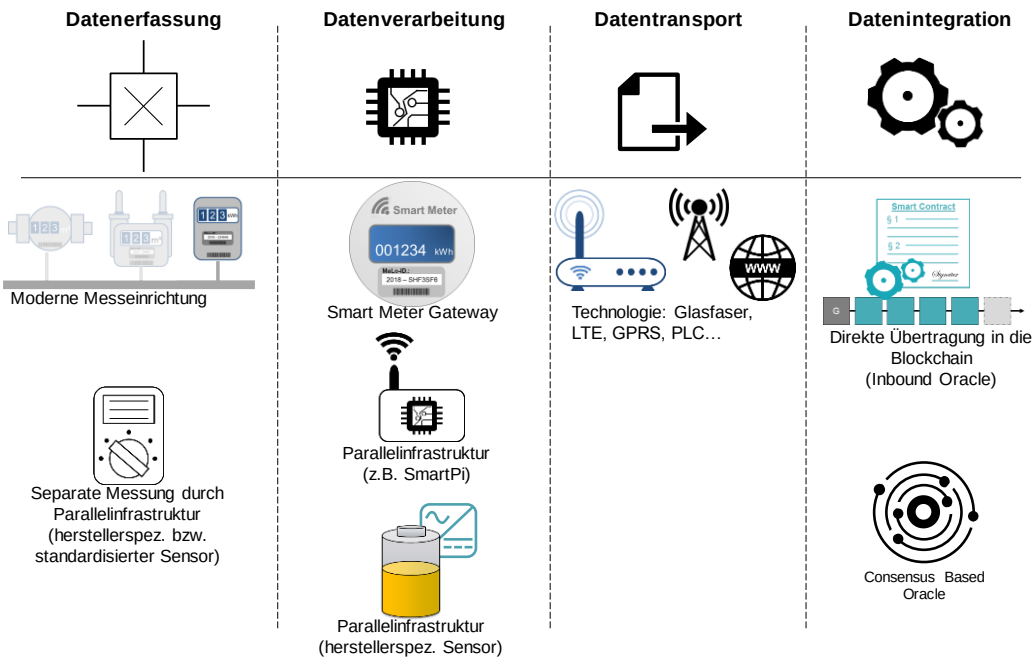


Abbildung 6-3: Verschiedene Optionen im Zuge der Datenintegration

6.2 Datenerfassung und -verarbeitung

In der Praxis können verschiedene Wege gewählt werden, um physikalische Messwerte zu erfassen und in die Blockchain zu schreiben. Diese werden nachfolgend beschrieben.

6.2.1 Smart Meter Infrastruktur

Das „Smart Meter" besteht in Deutschland aus der modernen Mess-einrichtung und dem Smart Meter Gateway.

Eine Lösung zur Übertragung von Messwerten ist die Nutzung der Smart Meter Infrastruktur. Dabei dienen moderne Messeinrichtungen (mME) als Sensor für die Datenerfassung und (falls vorhanden) Smart Meter Gateways (SMGW) zur Übertragung der Daten über die vom BSI zertifizierte Public-Key-Infrastruktur (PKI). Die Kombination aus mME und SMGW stellt ein intelligentes Messsystem (iMSys) dar und wird umgangssprachlich auch als „Smart Meter" bezeichnet. Ein großer Vorteil der deutschen Energiewirtschaft ist es, dass eine geeichte und sichere Infrastruktur geschaffen wird, die Messwerte einheitlich digitalisiert. Im Gegensatz zu anderen Branchen muss hier – sollte die neue Infrastruktur zur Blockchain-Technologie kompatibel sein – kein zusätzlicher Aufwand bzgl. der Standardisierung erfolgen. Im besten Fall ist die notwendige Infrastruktur schon vorhanden, so dass hier deutlich geringere Investitionen anfallen.

Auch können neue Angebote für Endkunden (ggf. auf Blockchain-Basis) die Akzeptanz für den Einbau von intelligenten Messsystemen fördern und so auch im Segment des optionalen Rollouts eine aktive Nachfrage entstehen.

Der Smart Meter Rollout verzögert sich in Deutschland.

Während grundsätzlich alle heute verbauten Ferrariszähler im Zuge des Smart Meter Rollouts gegen digitale Zähler (= mME) getauscht werden sollen, erhalten jedoch nur ausgewählte Verbrauchergruppen auch SMGW. Der Rollout von iMSys verzögert sich allerdings aufgrund fehlender zertifizierter Gateways bis dato (September 2018). Wann

mit dem Ausbringen begonnen wird, ist zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Studie nicht erkennbar.

Langfristig ist damit zu rechnen, dass alle Verbraucher und Erzeuger über nicht kommunikationsfähige mME verfügen, jedoch nur große Erzeuger und Verbraucher auch über iMSys. Private Letztverbraucher mit einem Jahresverbrauch < 6.000 kWh werden nur optional mit iMSys ausgestattet, wenn die Preisobergrenze eingehalten werden kann. Dies betrifft zahlenmäßig die größten Anteile der Zählpunkte, wie Tabelle 6-1 zeigt.

Jeder Erzeuger und Verbraucher erhält eine moderne Messeinrichtung.

Tabelle 6-1: Anzahl der Zählpunkte je Segment nach /RICH-01 17/ (V: Verbraucher, E: Erzeuger)

Kategorie	Segment	Anzahl Zählpunkte
V: > 100.000 kWh	Pflicht	300.000
V: > 50.000 - 100.000 kWh	Pflicht	700.000
V: > 20.000 - 50.000 kWh	Pflicht	100.000
V: > 10.0000 - 20.000 kWh	Pflicht	1.200.000
V: > 6.000 -10.000 kWh	Pflicht	2.400.000
V: > 4.000 - 6.000 kWh	**Optional**	**5.200.000**
V: > 3.000 - 4.000 kWh	**Optional**	**10.000.000**
V: > 2.000 - 3.000 kWh	**Optional**	**11.000.000**
E: > 100 kW	Pflicht	69.000
E: > 30 - 100 kW	Pflicht	148.000
E: > 15 - 30 kW	Pflicht	300.000
E: > 7 - 15 kW	Pflicht	481.000
E: 1 - 7 kW	Optional	518.000

Die großflächige Integration dieser Gruppen in ein potenzielles Blockchain-Ökosystem werden im nachfolgenden übersichtlich qualitativ diskutiert.

Vorhandenes Smart Meter Gateway

Während es technisch möglich wäre, direkt auf dem Smart Meter Gateway einen Blockchain-Node (zumindest als Light-Node) einzurichten, verhindern strikte regulatorische Vorgaben durch das BSI diese Lösung ebenso wie praktische Aspekte. Letztere umfassen u. a. die Übertragungswege als auch die möglichen Datenmengen und die Verfügbarkeit. Dabei handelt es sich grundsätzlich um lösbare Herausforderungen, wenngleich dies mit höheren Kosten verbunden ist.

Auf SMGW lassen sich heute keine Blockchain-Nodes einrichten.

Externe Markt-teilnehmer (EMT) erhalten Zertifikate zur Teilnahme an der PKI.

Die Integration von Blockchain in die Smart Meter Infrastruktur ist neben der direkten Installation eines Nodes auf dem SMGW auf weitere Arten auch praktisch möglich. Diese umfassen:

1. Die Nutzung eines oder mehrerer Externer Marktteilnehmer (EMT) als Dienstleister zur Übertragung der im Rahmen der PKI erfassten Messwerte in die Blockchain. Hier wäre es möglich, die Daten entweder direkt auf die Blockchain zu schreiben oder mittels Consensus Oracle zuvor zu validieren. Diese Lösung würde allerdings die Einbindung eines EMT im Sinne eines Intermediärs bedeuten.
2. Die Blockchain als passiver EMT baut über einen oder mehrere Knoten einen Kanal zum SMGW auf und extrahiert mittels der passenden Tarifanwendungsfälle (TAF) die benötigten Daten. Auch hier kann dies über mehrere Knoten erfolgen, um die Daten mittels Consensus Oracle Blockchain-seitig zu validieren.

Beide Lösungen benötigen ein SMGW und nutzen die Vorzüge der BSI-PKI. Dies gewährleistet Sicherheit und liefert abrechnungsrelevante Daten, die auch für Anwendungsfälle mit direktem Abrechnungsbezug nutzbar sind.

HAN = Home Area Network

Eine weitere Lösung zur Nutzung von SMGW ist die Verwendung der HAN-Schnittstelle und die Übertragung der Daten auf Blockchain-fähige Devices. Da es sich hierbei jedoch um einen Weg handelt, der trotz der Verfügbarkeit von SMGW nicht die BSI-PKI nutzt und somit auch nicht für abrechnungsrelevante Anwendungen zertifiziert bzw. geeicht ist, wird dieser Weg nicht weiter in dieser Studie beschrieben.

Moderne Messeinrichtung

LMN = Local Meteorological Network

Im Falle des Vorhandenseins einer modernen Messeinrichtung (ohne SMGW) ist es möglich, die dort erfassten Messdaten auszulesen. Die Schnittstellen des Basiszählers umfassen neben einer verplombten bidirektionalen LMN-Schnittstelle für das SMGW auch eine…

DSS = Datenschnittstelle

- …INFO-Schnittstelle (optische DSS für Endkunden) zur permanenten Ausgabe der abrechnungsrelevanten Messwerte (Impulsersatz) und der Momentanleistung und

MSB = Messstellenbetreiber

- … eine MSB-Schnittstelle (DSS für Messbetrieb) u. a. zur permanenten Ausgabe der abrechnungsrelevanten Messwerte (Impulsersatz) und aller Zusatzmesswerte, Ansteuerung der Tarifregister des Zählers, zur Fernabfrage sowie zur Prüfung des Zählers. /FNN-01 10/

PKI = Public Key Infrastruktur

Eine Parallelinfrastruktur kann z. B. angeschlossen werden, um an der Infrarot-Impuls-Schnittstelle mit 10.000 Imp./kWh die aktuelle Wirkenergie mittels optischem Sensor auszulesen. Dafür ist keine elektrische Fachkraft nötig, da hier kein Kontakt zu stromführenden Bauteilen notwendig ist. /FNN-01 10/

Die beschriebenen Ansätze nutzen zwar die geeichten Zähler, aufgrund der Übertragung außerhalb der PKI sind die so erfassten Messwerte jedoch nicht als abrechnungsrelevant zu betrachten.

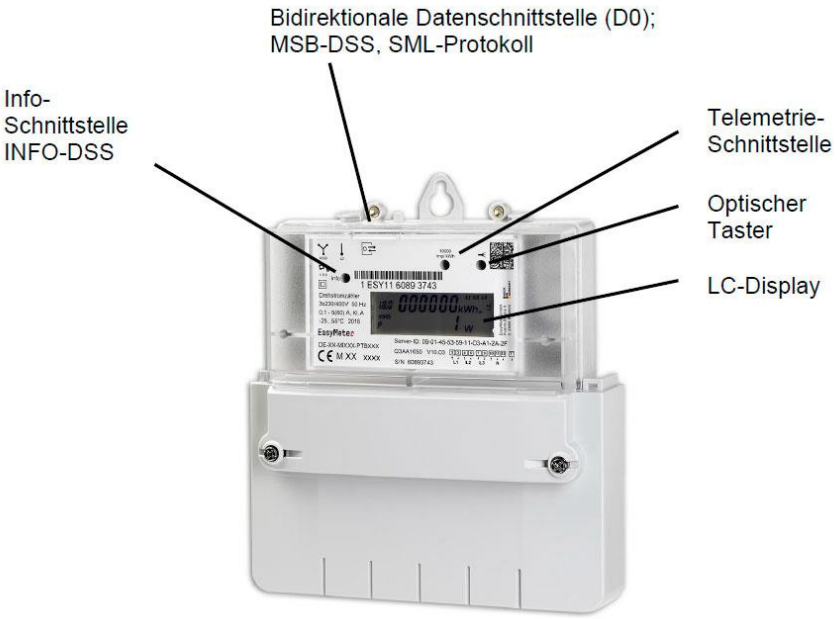


Abbildung 6-4: Schnittstellen des Basiszählers Q3M nach EDL V1.2, Hersteller EasyMeter GmbH (mME)

Es wird demnach ersichtlich, dass Kunden, welche keine SMGW aber eine mME installiert haben (im Haushaltskunden-Segment die Mehrzahl) zwar grundsätzlich an einer Blockchain-Lösung teilnehmen können, dies jedoch mit Aufwendungen bzgl. Installation und Betrieb einer Parallelinfrastruktur verbunden ist. Zudem sind die Daten nicht abrechnungsfähig (nicht über die PKI übertragen), sodass an die direkte Zahlung gekoppelte Dienstleistungen über solche Systeme schwer regulatorisch durchführbar sind.

mME sind eine wichtige Grundlage für die Blockchain; alleine aber nicht nutzbar.

Vorhandener Ferraris Zähler

Jeder Zählpunkt ist mindestens mit einem analogen Ferraris Zähler ausgestattet. Diese Zähler können keine Daten nach außen kommunizieren und sind somit nicht Blockchain-kompatibel. Es existieren zwar Lösungen, um die analogen Messwerte über sog. Zählersensoren oder sogar per Smartphone-App (z. B. Pixometer-App) zu digitalisieren, einfach, praktikabel und sicher ist dieser Weg jedoch nicht. Daher muss in einem solchen Fall über den Einbau einer iMSys oder neuer Parallelinfrastruktur nachgedacht werden.

Heute verbaute Ferraris-Zähler können nicht für die Blockchain genutzt werden.

6.2.2 Neue Parallelinfrastruktur

Da nicht alle Kundensegmente über moderne Messeinrichtungen oder SMGW verfügen, kommt der Einsatz dieser Technologien nicht überall in Frage. Daher müssen weitere Lösungen genutzt werden, um diese Daten in eine Blockchain zu überführen, sollte dies im Rahmen eines Anwendungsfalles gewünscht sein.

Ein häufig genutzter Weg ist eine separate Messung (Datenerfassung) mittels Parallelinfrastruktur. Dabei werden auf eigenen Recheneinheiten (meist Raspberry Pi oder ähnliche Einplatinencomputer) Blockchain-Nodes installiert. Das Raspberry Pi mit Erweiterungsmodul zur Strommessung mittels Stromklemmen schreibt die gemessenen Messwerte dann direkt auf die Blockchain. Für dieses System ist keine moderne

Für Parallel-infrastruktur gibt es keine standardisierten Sicherheits-anforderungen.

Messeinrichtung notwendig. Dies ist jedoch insofern nachteilig, da aufgrund der Notwendigkeit zur Installation des Messgerätes (Datenerfassung) an möglicherweise stromführenden Bauteilen ggf. eine elektrische Fachkraft zur Installation notwendig ist. Bei der Nutzung von modernen Messeinrichtungen ist dies nicht notwendig, da lediglich ein optischer Sensor an nicht stromführenden Bauteilen aufgesetzt werden muss.

Messwerte aus Parallelinfrastruktur können nicht für die Abrechnung genutzt werden.

Wird ein solches System inklusive eigener Datenerfassung installiert, handelt es sich jedoch hinsichtlich der Datensicherheit um eine sehr unsichere Lösung, da die Messgeräte leicht kompromittiert werden können und so schnell manipulierte Werte auf die Blockchain gelangen. Auch findet keinerlei Validierung der Messwerte (oder Ersatzwertbildung) statt. Bei den Messwerten handelt es sich zudem um nicht abrechnungsrelevante Daten. Dieses Setup (vgl. Abbildung 6-5) ist v. a. für die Nutzung in Testumgebungen sinnvoll, um die Funktionsfähigkeit der Blockchain und der Smart Contracts zu erproben. Der Vorteil eines solchen Setups ist, dass keinerlei zertifizierte Geräte benötigt werden und die PKI der Smart Meter Infrastruktur nicht beachtet werden muss.

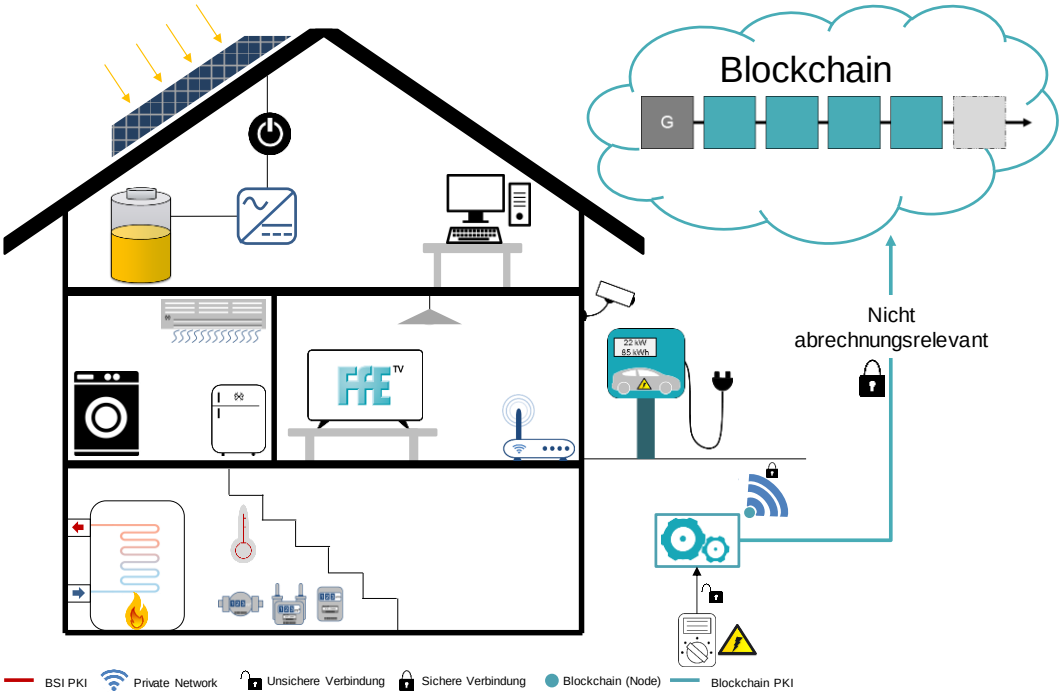


Abbildung 6-5: Lösung mittels Parallelinfrastruktur

6.2.3 Vorhandene Parallelinfrastruktur

Vorhandene Systeme (vgl. Wechselrichter, Speicher) können Blockchain-fähig gemacht werden.

In vielen Haushalten existieren bereits Geräte, die Messwerte erfassen und dokumentieren. Diese können von Smart Home Energy Management Systemen über Wechselrichter bis hin zu Heimspeichersystemen reichen und bzgl. ihrer Schnittstellen (meist proprietär) und ihrer Funktionalität sehr vielfältig ausgestattet sein. Auch diese (vorhandene) Infrastruktur kann grundsätzlich genutzt werden, um die ohnehin vorhanden Messwerte auf eine Blockchain zu übertragen. Da es sich hierbei jedoch um ein sehr breites Feld mit wenigen einheitlichen Standards handelt, wird in dieser Studie nicht weiter darauf eingegangen. Grundsätzlich haben Hersteller bei proprietärer Software häufig mehr Möglichkeiten, nachträgliche Anpassungen durchzuführen und so

kann relativ einfach weitere Funktionalität (wie Blockchain-Kompatibilität) ergänzt werden.

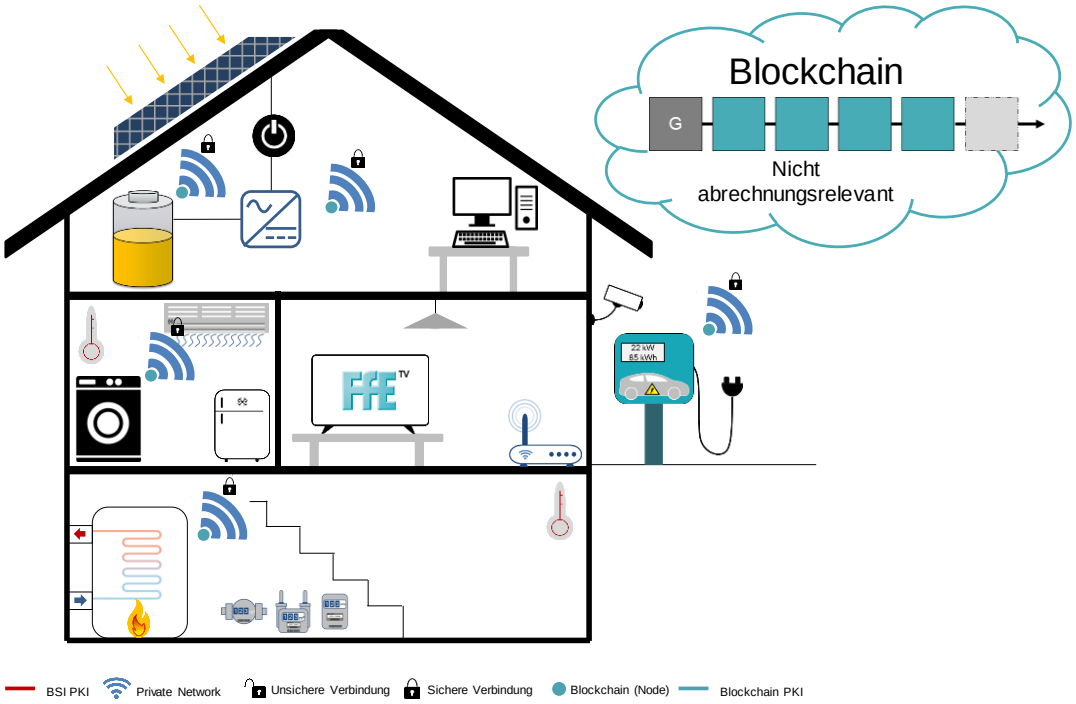


Abbildung 6-6: Einbindung von vorhandener Parallelinfrastruktur

Aus den Überlegungen des vorangehenden Kapitels zeigt sich, dass vielfältige Lösungswege existieren, energiewirtschaftliche Messwerte zu erfassen und zu übertragen. Dabei ist jedoch entscheidend, dass eine manipulationssichere und geeichte Erfassung stattfindet, um die so erfassten Werte für abrechnungsrelevante Anwendungsfälle nutzen zu können und die Wertversprechen der Blockchain für einen Anwendungsfall zu nutzen. Aus den im Projekt erfassten Anwendungsfällen sind ca. 1/3 notwendigerweise direkt an den Handel bzw. die Abrechnung (ggf. mittels Kryptowährungen) gebunden (vgl. Kapitel 4.10). Bei etwa einem weiteren Drittel ist eine Abrechnung prinzipiell in den Anwendungsfall integrierbar. Dies zeigt, dass Abrechnungsrelevanz im Grunde in allen Anwendungsfällen, außer reinen Mehrwertdienstleistungen, ohne finanzielle Komponente wichtig sein kann.

Die Sicherheit der Blockchain ist sinnlos, wenn die Digitalisierung der Messwerte unsicher ist.

Aus diesem Grund wird nachfolgend aufgezeigt, welche Randbedingungen die auszurollende Infrastruktur einschränken und welche Implikationen diese Restriktionen für Blockchain-Anwendungsfälle haben.

6.2.4 Randbedingungen der heutigen digitalen Infrastruktur

Die Signallaufzeit zur Erfassung von Messwerten und auch das damit verbundene Datenaufkommen muss bei der Wahl der verwendeten Kommunikationsinfrastruktur berücksichtigt werden. Auswertung aus dem Projekt C/sells zeigten, dass die heutige Infrastruktur zwar innerhalb weniger Sekunden in der Lage ist, Befehle zu übertragen und auszuführen, jedoch nur, wenn bereits ein Kanal aufgebaut ist. Der Kanalaufbau selbst ist nach heutigen Auswertungen sehr zeitintensiv. Im Falle einer Messung in Kombination mit einem Kanalaufbau sind Signallaufzeiten von bis zu 85 Sekunden möglich. Jede

Die zeitliche Auflösung von Messwerten über das SMGW ist auf 15 Minuten limitiert.

technische Anbindung, die auf Echtzeit-Kommunikation setzt, ist somit nur mit durchgehend aufgebautem Kanal möglich. /FFE-01 18/

Eine weitere Restriktion besteht in der zeitlichen Auflösung, die nach Messstellenbetriebsgesetz mindestens vom SMGW geliefert werden muss. Diese beträgt nach § 35 und § 60 MsBG 15 Minuten. Auch wenn die Geräte in der Praxis mehr leisten können, werden gerade grundzuständige Messstellenbetreiber (gMSB) die (kostenintensive) Datenkommunikation auf das gesetzliche Minimum reduzieren, um trotz der Preisobergrenzen einen Rollout wirtschaftlich darstellen zu können. Zusätzliche Abrufe entsprechen nach § 35 Abs. 2 Satz 4 einer Zusatzleistung. Diese sind nach § 35 Abs. 3 diskriminierungsfrei gegen angemessenes Entgelt anzubieten. Die dafür erhobenen Kosten müssen nach § 37 Abs. 1 MsBG veröffentlicht werden. Aufgrund des noch nicht begonnenen Smart Meter Rollouts sind bisher noch keine Preise veröffentlicht.

Im Falle eines wettbewerblichen Messstellenbetreibers (wMSB) sind die Leistungen individuell wählbar und die jeweiligen Kosten und zeitlichen Auflösungen können je nach Tarif und wMSB stark variieren.

Das Eichrecht ist eine Hürde für Messwerte in höherer Auflösung.

Eine weitere Restriktion stellt das Eichrecht dar. Nach geltendem Recht sind nur viertelstündliche Messwerte eichrechtlich und abrechnungstechnisch verwendbar. Auch wenn technisch geringere Auflösungen möglich sind, sind diese Messwerte eichrechtlich nicht verwendbar. /MESSEV-01 14/

Exkurs: aktiver Externer Marktteilnehmer (aEMT)

Die Anforderungen an aktive EMT sind ein Hemmnis für viele Unternehmen.

Um Schaltbefehle über die Smart Meter Infrastruktur durchführen zu können, ist es notwendig, die Rolle des aktiven EMT einzunehmen /BSI-01 08/. Um diesen Status zu erhalten ist es jedoch notwendig, eine Zertifizierung nach ISO 27001 vorzuweisen und Teil der PKI zu sein. Passive EMT dürfen hingegen nur Daten empfangen, wenn sie ein Sicherheitskonzept vorweisen können. /BSI-01 08/ Datenabfrage bzw. Steuerungshandlungen sind jedoch nur möglich, wenn der Anschlussnutzer bzw. der Anschlussnehmer den Zugriff zuvor autorisiert und der Gateway-Administrator diesen berechtigt hat. Diese Anforderungen, die Kosten und Dauer der Zertifizierung sind für viele Unternehmen eine Herausforderung.

6.3 Datenübertragung

Der langsame Breitbandausbau in Deutschland limitiert vielerorts die Datenübertragung.

Die Datenübertragung kann über verschiedene Übertragungsmedien erfolgen. In Abbildung 6-7 sind die Übertragungswege Breitband-Powerline (BB-PLC), Schmalband-Powerline (NB-PLC), Glasfaser (Ethernet) und LTE (Mobilfunk) dargestellt und qualitativ bewertet /RICH-01 17/.

	BB-PLC	NB-PLC	Glasfaserkabel	LTE
Verfügbarkeit	●	◔	◔	◕
Bidirektionalität	✓	✓	✓	✓
Datenübertragungsrate	▂▃▅▇	▂▃▅▇	▂▃▅▇	▂▃▅▇
Echtzeitfähigkeit	✓	✗	✓	✓
Investitionsbedarf Infrastruktur	●	●	●	●

Legende: ● sehr gut ◕ gut ◑ mittel ◔ schlecht ○ sehr schlecht
✓ erfüllt ✗ nicht erfüllt
▂▃▅▇ sehr hoch ▂▃▅▇ hoch ▂▃▅▇ gering ▂▃▅▇ sehr gering
● gering ● mittel ● hoch

Abbildung 6-7: Qualitative Gegenüberstellung von ausgewählten IKT-Varianten, nach /RICH-01 17/ und /EY-01 13/

Neben diesen Übertragungsmedien gibt es noch Weitere wie GPRS und CDMA 450 (450 MHz Betriebsfunknetz) bzw. Kupferkabel. Diese Technologien sind bzgl. ihrer Verfügbarkeit höher als Glasfaser und LTE, weisen jedoch geringere Datenübertragungsraten auf.

Diese Übertagungsmedien können genutzt werden, um entweder als EMT mittels Tarifanwendungsfällen (TAF) Messwerte aus dem iMSys zu erhalten oder einen gesicherten CLS-Kanal zu einem CLS- und Blockchain-fähigen Gerät aufzubauen.

CLS = Controllable Local System

6.4 Datenintegration in die Blockchain

Die Integration von Messdaten – unabhängig von deren Datenerfassung und Übertragung –kann auf der Blockchain auf unterschiedlichen Wegen erfolgen.

1. Daten werden direkt in die Blockchain geschrieben. Dies ist jedoch nur möglich, wenn eine manipulationssichere Verbindung zwischen Datenerfassung und -verarbeitung existiert und letztere direkt einen Blockchain-Knoten beinhaltet. Dies ist mit den in Deutschland vorgesehenen Smart Meter Gateways aus rechtlicher Sicht derzeit nicht möglich. Ist eine solche Umsetzung möglich, wird das Vertrauen bis auf die Ebene des Sensors (Datenerfassung) und des Blockchain-Knotens (Datenverarbeitung) reduziert, da es sich hierbei um die „manipulierbare“ Stelle in der Signalkette handelt. Erhöhte Sicherheit kann nur durch die Nutzung zusätzlicher physikalisch und logisch getrennter Datenerfassungen und –verarbeitungen geschaffen werden, um den Aufwand für eine Manipulation zu erhöhen.

Bei direkter Datenintegration muss den Messwerten vertraut werden können.

Datenintegration über einen EMT widerspricht dem dezentralen Charakter der Blockchain.

2. Daten werden indirekt über einen externen Marktteilnehmer (EMT) in die Blockchain geschrieben. Für dieses Verfahren ist jedoch Vertrauen in den jeweils schreibenden Knoten bzw. Intermediär notwendig. Da heute Smart Meter Gateways nicht direkt Blockchain-fähig sind, muss immer mindestens ein EMT zwischengeschaltet werden. Dies konterkariert jedoch den Disintermediations-gedanken der Blockchain-Technologie. Im Falle von energiewirtschaftlichen Anwendungsfällen wäre es jedoch denkbar, durch strenge regulatorische Vorgaben (Aufgaben und Pflichten) die Rolle eines neutralen EMT zu definieren und so eine manipulationssichere Schnittstelle zur BSI-PKI zu schaffen. Alternativ ist es möglich, die vom EMT in die Blockchain geschriebenen Daten mittels zusätzlicher Datenverarbeitung zu überprüfen. Zusätzlich zum SMGW könnte Parallelinfrastruktur installiert werden, welche Messdaten direkt von der mME (über die optische Schnittstelle) oder dem SMGW (HAN) abgreift und direkt in die Blockchain schreibt. Ein Oracle könnte die Daten in einem on-chain-System für ungültig erklären, wenn diese signifikant voneinander abweichen. Eine Verknüpfung mit Weg 1 (SMGW als Blockchain-Node) ist ebenso möglich, um die Daten des EMT zusätzlich zu prüfen.

Digitale Signaturen verhindern die Manipulation von Daten.

3. Die Daten werden über einen externen Marktteilnehmer (EMT) in die Blockchain geschrieben, jedoch individuell vom SMGW signiert. Die vom SMGW an den EMT übermittelten Daten werden durch einen private key verschlüsselt und signiert /BSI-102 17/. Dieser ist in einem integrierten Sicherheitsmodul gespeicherten und von außen nicht zugänglich. Die gesamte Sicherheit ist von diesem Sicherheitsmodul und dem darin gespeicherten privaten Schlüsselmaterial abhängig, so dass dieser nach /BSI-04 18/ den „Vertrauensanker" im Gateway darstellt und nicht für externe Zwecke (wie eine Blockchain) genutzt werden sollte, um die Sicherheit des SMGW nicht zu kompromittieren. Es wäre jedoch denkbar, einen zusätzlichen (ggf. vom Anschlussnehmer frei wählbaren) private key auf dem Smart Meter Gateway zu hinterlegen. Dieser wird separat gespeichert und kann aktiv von außen z. B. mit dem notwendigen Gerätepasswort durch den Anschlussnehmer bei Bedarf geändert werden. Mittels dieses private keys wird eine zusätzliche digitale Signatur erzeugt, die gemeinsam mit den übermittelten Daten in der Blockchain gespeichert wird. Dies verhindert eine Manipulation der Daten durch den EMT. Dieser kann lediglich das Schreiben von Daten verhindern oder hinauszögern, diese jedoch nicht manipulieren.

Consensus Oracles können Vertrauen und Verfügbarkeit gewährleisten.

4. Daten können indirekt aber über mehrere EMT und ein Consensus-Oracle in die Blockchain überführt werden. So kann sichergestellt werden, dass ein Manipulationsversuch durch einen einzelnen EMT nicht erfolgreich ist. Dies funktioniert, solange es kein kollusives Verhalten der EMT gibt. In /FFE-04 18/ werden verschiedene Oracles sowie deren Funktion näher beschrieben. Dies kann durch die gegenseitige Kontrolle mit weniger regulatorischem Aufwand verbunden sein.

Um zusätzliche Sicherheit zu gewährleisten, gibt es zudem noch die Möglichkeit, statt einer Datenerfassung mehrere Geräte getrennt voneinander einzubauen, um die Messwerte in einem Consensus Oracle zu validieren. Die dadurch entstehenden Kosten stehen jedoch v. a. im Falle kleinerer Erzeuger und Verbraucher in keinem Verhältnis zum möglichen Schaden.

Übermittelte Daten können auf der Blockchain überprüft werden.

Zudem ist es möglich, on-chain zu überprüfen, ob die übermittelten Lastgänge valide sind. Dies kann z. B. mit einem Vergleich zur Sicherung am Netzanschlusspunkt oder zur

Anlagenleistung bzw. durch einen Abgleich mit Prognosen erfolgen. Im Falle großer Erzeuger und Verbraucher ist eine redundante Messwertübermittlung ggf. sinnvoll.

Die große Stärke der Smart-Meter PKI liegt in der Gewährleistung von Authentizität, Integrität, Vertraulichkeit, Verfügbarkeit und Verbindlichkeit (vgl. Kapitel 7.1). Durch die hohen Sicherheitsanforderungen und eine angemessen geschützte Schnittstelle (vgl. digitale Signaturen) der PKI und der Blockchain-Technologie könnten so im Falle von SMGW abrechnungsrelevante Daten auch direkt auf die Blockchain geschrieben werden, ohne ein Consensus Oracle zu verwenden, solange die Schnittstelle abgesichert werden kann. Dies stellt derzeit eine Herausforderung dar, sollte jedoch im Rahmen der Weiterentwicklung der Smart Meter Gateways (2. Generation) berücksichtigt werden, um Anwendungsfälle auf Blockchain-Basis zu ermöglichen und diese ggf. als Enabler für den Rollout zu nutzen.

Bei der Entwicklung der nächsten SMGW-Generation sollte die Blockchain berücksichtigt werden.

Die aufgeführten Optionen zeigen, dass viele verschiedene Lösungswege existieren, energiewirtschaftliche Messwerte sicher auf eine Blockchain zu überführen. Je größer die Sicherheitsvorkehrungen und beteiligten Parteien, desto größer jedoch auch die entstehenden Kosten. Eine Analyse dieser Kosten in weiterführenden Projekten wird daher empfohlen.

6.5 Zwischenfazit digitale Infrastruktur

Die Blockchain-Technologie benötigt Digitalisierung. Ohne digital verfügbare Messwerte und die Übermittlung dieser über schnelle Übertragungsmedien (z B. BB-PLC, Glasfaser oder LTE) ist der energiewirtschaftliche Einsatz der Blockchain nur sehr eingeschränkt möglich.

Digitalisierung ist die Grundlage für die Blockchain-Technologie.

Die Energiewirtschaft verfügt über die (theoretisch) optimale Ausgangssituation, da einheitliche Standards verfügbar sind, die gesetzlich geregelt und eichrechtlich abgenommen sind. Die Praxis zeigt jedoch auch, dass aufgrund des sich verzögernden Smart Meter Rollouts sowie die Begrenzung verpflichtender Einbaufälle die Datenerfassung v. a. auf Haushaltsebene (Kunden mit Jahresverbrauch < 6.000 kWh/a) nicht abgedeckt ist. Das optionale Segment betrifft jedoch einen Großteil der Kunden, die für Mehrwertdienstleistungen (vgl. P2P-Handel, Labeling) auf Blockchain-Basis in Frage kommen. Ein weiteres praktisches Hindernis ist – falls SMGW verbaut sind – die Auflösung der Datenerfassung und die Übertragungskapazitäten. Zwar sind heute noch keine Preise für Zusatzabrufe veröffentlicht, die gesetzlich verpflichtende Auflösung von 15 Minuten ist jedoch für viele der in dieser Studie betrachteten Anwendungsfälle nur unzureichend. Entstehen hier deutliche Mehrkosten für den regelmäßigen Abruf (ggf. hochaufgelöster Messwerte) sind einige Anwendungsfälle nicht auf diesem Wege wirtschaftlich umsetzbar.

Der heutige Stand der Digitalisierung in Deutschland erschwert den Einsatz digitaler Technologien.

Für wMSB können Blockchain-Anwendungsfälle allerdings auch eine Chance darstellen, die Funktionalitäten ihrer Geräte zu erweitern und beispielsweise ein „Blockchain-Ready" Siegel zu etablieren. Dies ermöglicht die Teilnahme an definierten Anwendungsfällen, die allerdings auch unabhängig von der verwendeten Infrastruktur (Blockchain) verwendet werden können. Dies kann letztlich neue Mehrwertdienstleistungen für Endkunden bedeuten und erschließt so ggf. weitere Nutzer. Für gMSB kann das Angebot von zusätzlichen Dienstleistungen auf Blockchain-Basis eine Chance sein, die Akzeptanz für den Smart Meter Rollout zu steigern, um so ggf. auch in den optionalen Segmenten

Für wettbewerbliche Messstellenbetreiber kann die Blockchain-Technologie eine Chance sein.

Kunden zu gewinnen, wenn eine vertrauenswürdige und sichere Schnittstelle zu den zertifizierten und ausgerollten Geräten hergestellt werden kann.

Der verzögerte Rollout ist ein Vorteil für Unternehmen, die bereits Soft- und Hardware bei ihren Kunden haben.

Da die staatlich regulierte BSI-PKI viele Hürden (vgl. Zertifizierungen etc.) für die Anwendung der Blockchain-Technologie aufweist, entsteht zudem ein weiteres Risiko. Da Anbieter von Smart Home Geräten, Wechselrichtern oder Speichern längst über digitale Daten verfügen und hinter dem Zähler mit Hard- und Software verortet sind, können diese agiler und ohne den Einbau separater Infrastruktur bereits heute Blockchain-Anwendungsfälle realisieren. Es entsteht so für alle energiewirtschaftlichen Unternehmen ohne eigene Hardware das Risiko, dass diese Unternehmen auf dem freien Markt und unabhängig von der BSI-PKI schnell kundennahe Anwendungsfälle realisieren und den etablierten Unternehmen zuvorkommen.

Die fehlende Überwachung und Bewertung von Marktfunktionalitäten der Smart Meter Gateways, sehr hohe (Sicherheits-)Anforderungen an den Rollout sowie der stockende Zertifizierungsprozess und die vollkommen offene Frage des Rolloutbeginns sind demzufolge ein großes Risiko für die Branche, dass andere Wege der Messwertübertragung eingesetzt werden und viele Akteure (v. a. EVU) im Blockchain-Kontext das Nachsehen haben. /BBH-01 18/

7 | Übergeordnete rechtliche Herausforderungen

Im folgenden Abschnitt soll auf allgemeine rechtliche Herausforderung beim Einsatz der Blockchain-Technologie in energiewirtschaftlichen Anwendungen hingewiesen werden. Die Aussagen sollen explizit nicht als juristische Bewertung verstanden werden, sondern in erster Linie als Auswertung von Sekundärliteratur, die sich mit dem Thema en détail beschäftigt. Ziel ist schließlich eine Einordnung der aktuellen Hürden und möglichen Lösungsansätzen für die praktische Implementierung zu geben.

7.1 IT-Sicherheit und kritische Infrastruktur

Bei der Gestaltung von sicheren und rechtskonformen IT-Systemen sind gewisse bereits beschriebene Anforderungen einzuhalten. Im Falle der Energiewirtschaft kommen zudem besondere Auflagen bezüglich kritischer Infrastruktur hinzu. Unter kritischer Infrastruktur werden Einrichtungen, Anlagen oder Teile davon verstanden, die den in § 2 Abs. 10 Nr. 1 BSIG genannten Sektoren, wie zum Beispiel Energie, Finanz- und Versicherungswesen angehören.

Als kritische Infrastruktur zählen z. B. Einrichtungen und Anlagen aus den Bereichen Energie, Finanz- und Versicherungswesen.

Im IT-Sicherheitskatalog der Bundesnetzagentur werden Strom- und Gasnetzbetreiber zur Umsetzung IT-sicherheitstechnischer Mindeststandards verpflichtet. Kernforderung ist die Etablierung eines Informationssicherheits-Managementsystems (ISMS) gemäß DIN ISO/IEC 27001 sowie dessen Zertifizierung.

Die Ziele des IT-Sicherheitskatalog für Strom- und Gasnetzen gemäß § 11 Abs. 1a EnWG /BNETZA-102 15/ sind es, durch die Auswahl geeigneter, angemessener und dem allgemein anerkannten Stand der Technik entsprechender Maßnahmen die Realisierung der folgenden IT-Schutzziele zu erreichen:

- Sicherstellung der Verfügbarkeit (engl. availability) der zu schützenden Systeme und Daten, d. h. dass diese auf Verlangen eines berechtigten Akteurs zugänglich und nutzbar sind. Authentifizierte und autorisierte Subjekte sollten somit in der Wahrnehmung ihrer Berechtigungen nicht unautorisiert beeinträchtigt werden können.
- Sicherstellung der Integrität (engl. integrity) der verarbeiteten Informationen und Systeme im Sinne der Richtigkeit und Vollständigkeit der verarbeiteten Daten sowie die korrekte Funktionsweise der Systeme. D. h. Subjekten ist es nicht möglich, die zu schützenden Daten unautorisiert und unbemerkt zu manipulieren.
- Gewährleistung der Vertraulichkeit (engl. confidentiality) der verarbeiteten Informationen, also der Schutz der Systeme und Daten vor unberechtigtem Zugriff durch Personen oder Prozesse. Dies beinhaltet auch, dass keine unautorisierte Informationsgewinnung ermöglicht wird, verbunden mit der Festlegung von Berechtigungen und Kontrollen.

Neben Verfügbarkeit, Integrität und Vertraulichkeit werden Authentizität und Verbindlichkeit als IT-Schutzziele genannt.

In der Literatur werden als weitere IT-Schutzziele zudem genannt /SCHEIB-01 13/:

- Authentizität im Sinne der Echtheit und Glaubwürdigkeit des Objekts bzw. Subjekts, die anhand einer eindeutigen Identität und charakteristischen Eigenschaften überprüfbar sind.
- Verbindlichkeit bzw. Zuordenbarkeit oder Nichtabstreitbarkeit (engl. non repudiation), anhand derer sichergestellt wird, dass ein Subjekt im Nachhinein die Durchführung einer Aktion nicht abstreiten kann. Verbindlichkeitseigenschaften sind besonders im Bereich des elektronischen Handels und elektronischer Geschäfte relevant, um Rechtsverbindlichkeit zu schaffen.

Bezieht man die Vorgaben der IT-Schutzziele auf die Eigenschaften der Blockchain, lässt sich zeigen, dass zumindest bezogen auf das damit verbundene Wertversprechen die Ziele der Verfügbarkeit, Integrität, Verbindlichkeit und Authentizität systemimmanent adressiert werden.

- Die Blockchain gewährleistet Verfügbarkeit durch ihren verteilten Charakter. Das Netzwerk ist immer aktiv und auch der Ausfall einzelner Knoten oder ganzer Knotengruppen (z. B. durch Stromausfall oder Verbindungsausfall) kann durch das verteilte Netzwerk bei ausreichender Größe und Verteilung kompensiert werden.
- Die Richtigkeit und Vollständigkeit (Integrität) der verarbeiteten Daten sowie die Manipulationssicherheit werden durch den Konsens-Mechanismus gewährleistet. Dieser überprüft die Datenintegrität und die Einhaltung netzwerkspezifischer Regeln. Voneinander unabhängige Prüfinstanzen (= Validatoren) prüfen jede Transaktion auf Richtigkeit und verhindern so (soweit durch zuvor festgelegte Regeln überprüfbar) den Eintrag falscher Daten in das Netzwerk. Die Manipulation von bereits gespeicherten Daten ist in der Blockchain aufgrund der Blockstruktur und verteilten Datenhaltung nicht möglich.
- Durch die sichere Speicherung und Unveränderbarkeit der hinterlegten Objekte ermöglicht die Blockchain insofern Authentizität, dass durch eine definierte Instanz hinterlegte Daten dieser zugeordnet werden können. Ein Nachweis der Korrektheit bei der Datenerfassung außerhalb der Blockchain-Umgebung ist allerdings nicht möglich.
- Die Blockchain gewährleistet Verbindlichkeit, da jedes Transaktionsobjekt eindeutig dem Ersteller, Sender bzw. Empfänger anhand seiner Public Address zugeordnet werden kann. Diese Zurechenbarkeit, wenn auch nur auf pseudonymisierte Adressen ist wesentlich um Transaktionen durchzuführen. Nichtsdestotrotz bestehen technische Ansätze, die diese Eigenschaft perspektivisch obsolet machen könnten (vgl. Ring Signaturen wie in /FFE-04 18/ beschrieben).

Vertraulichkeit ist bei einer Blockchain-Lösung nicht pauschal gegeben.

Die Transparenz jeder Transaktion im Blockchain-Netzwerk führt allerdings zu Herausforderungen der Vertraulichkeit, da jeder im Netzwerk diese erfassen und verarbeiten kann, falls Transaktionsinformationen nicht anonymisiert (oder anonymisierbar) sind. Dies führt wiederum direkt zu den damit verbundenen gesetzlichen Vorgaben des Datenschutzes, die im Folgenden betrachtet werden.

7.2 Datenschutzrechtliche Einordnung

Bereits auf den ersten Blick scheint es eine grundsätzliche Diskrepanz zwischen den Eigenschaften der Blockchain als öffentlich einsehbares Register und den Grundsätzen des Datenschutzes (u. a. dem Schutz vor ungewollten Einblicken) zu geben. So sind in einem Blockchain-Netzwerk zunächst alle (Vertrags- oder Transaktions-) Inhalte allen Teilnehmern des Netzwerks zugänglich, sofern diese nicht zusätzlich verschlüsselt wurden. Eine Verschlüsselung von Daten ist nicht möglich, solange diese vom Netzwerk überprüft oder ausgeführt werden müssen (z. B. Smart Contracts). Weitere bislang unbeantwortete Fragen im Zusammenhang mit den Grundprinzipien des deutschen und europäischen Datenschutzrechts stellen sich durch die dezentrale Verwaltung (vgl. u. a. Haftungsfragen), die Pseudonymität (vgl. „Gelten Pseudonyme als personenbezogene Daten?“[10]) und die Unveränderbarkeit (vgl. „Recht auf Löschung“). /VDI-01 18/

Der EuGH hat entschieden, dass IP-Adressen als personenbezogene Daten gelten.

Die geforderten Grundsätze von Datensparsamkeit und –vermeidung bzw. die Zweckbindung sowie eine begründete Erforderlichkeit der Datenverarbeitung (vgl. Art. 5 Abs. 1 EU-DSGVO) sind zudem oftmals nicht direkt vereinbar mit der Ablage auf einer (öffentlichen) Blockchain-Plattform, in der die Daten zunächst jedem Teilnehmer offen zugänglich sind. /VBW-01 17/

Seit dem 25. Mai 2018 bildet die Datenschutzgrundverordnung (EU-DSGVO) einen einheitlichen Rahmen in der Europäischen Union /EU-11 16/. Einige der dort geforderten Rechte und Pflichten (vgl. „Recht auf Vergessenwerden“ nach Art. 17 EU-DSGVO) stellen durchaus Herausforderungen bei der Implementierung der Blockchain-Technologie dar, da Daten nicht nachträglich gelöscht oder verändert werden können. Auf der anderen Seite schafft die Technologie auch Chancen für den Datenschutz, da das Prinzip „Privacy-by-Design“ im Sinne des Art. 25 Abs. 1 EU-DSGVO umgesetzt werden kann; u. a. durch die Möglichkeit einer pseudo- bis anonymisierten Teilnahme am Netzwerk. So ist z. B. für die Nutzung einer öffentlichen Blockchain keine Anmeldung (mit Benutzername, Passwort und Email-Adresse) erforderlich. (Details hierzu siehe /FFE-04 18/)

Die EU-DSGVO bietet einen europaweiten Standard für den Datenschutz.

Bei der Interpretation der Datenschutzkonformität muss prinzipiell zwischen öffentlichen und privaten Blockchains unterschieden werden.

In einer Public Blockchain sind die Teilnehmer anhand ihrer Public Address pseudonymisiert. Gemäß EU-DSGVO Erwägungsgrund 26, gilt per Definition „keine Anwendung (der Datenschutzgrundverordnung) auf anonymisierte Daten“. So wird die Anwendbarkeit von Seiten der Rechtswissenschaften teilweise abgelehnt. /VBW-01 17/ Pseudonymisierte Daten gelten jedoch per se nicht automatisch als anonymisiert, da eine Zuordnung (zumindest außerhalb des betrachteten Systems) dennoch möglich sein könnte. Grund ist, dass die hinterlegten Informationen (z. B. Transaktionsdaten) Angaben über wirtschaftliche bzw. geschäftliche Verhältnisse der Nutzer enthalten und somit personenbeziehbar sind. Konkret geschieht dies z. B. beim Erwerb von Kryptowährungen über eine Handelsplattform, bei der sich der Nutzer mit seinen realen Daten registriert. Gleiches gilt, wenn z. B. auf anderen öffentlichen Internetseiten persönliche

[10] vgl. Entscheidung des Europäische Gerichtshof (EuGH) vom 19. Oktober 2016, C-582/14, nachdem IP-Adressen in Sachen Datenschutz als personenbezogene Daten gelten und somit besonders geschützt werden müssen. Inwiefern dies auch auf Public Addresses auf einer Blockchain anzuwenden ist, ist noch nicht abschließend geklärt.

Informationen in Zusammenhang mit der Public Address hinterlegt werden, wie in /QU-01 18/ gezeigt wurde. /BEUTH-01 18/

Eine abschließende rechtliche Bewertung, ob die Anwendung des Bundesdatenschutzgesetzes (BDSG) bzw. der EU-Datenschutzgrundverordnung (EU-DSGVO) sowie des Telemediengesetzes (TMG) möglich ist, ist allerdings noch nicht durchgeführt worden. Falls in einer Public Blockchain jedoch personenbezogene Daten europäischer Teilnehmer offen verarbeitet werden, muss davon ausgegangen werden, dass eine Anwendung unmöglich ist. /VDI-01 18/

Bei private Blockchains ist der den Zugang regelnde Intermediär datenschutz-verantwortlich.

Im Falle einer Private (permissioned) Blockchain ist die Sachlage etwas klarer. Nutzer sind in solchen Netzwerken üblicherweise bekannt, da sie zur Registrierung vorher identifiziert wurden. Dementsprechend finden TMG, BDSG bzw. EU-DSGVO in vollem Umfang Anwendung. Nach Datenschutzrecht ist der den Zugang regelnde Intermediär entsprechend die verantwortliche Stelle im Sinne der Autorität, „die personenbezogene Daten für sich selbst erhebt, verarbeitet, nutzt oder dies durch andere im Auftrag vornehmen lässt" /VDI-01 18/.

Weitere Informationen inkl. einer vertieften Analyse der Thematik findet sich u. a. in /MARN-01 17/ und /ISLER-01 17/.

Wie in /FFE-04 18/ dargestellt, existieren bereits verschiedene technische Lösungsansätze, die auch datenschutzrechtliche Herausforderungen lösen können. Diese umfassen beispielsweise State Channels zum bilateralen Austausch sensibler Transaktionen, Ring Signaturen, bei denen die direkten Vertragspartner nicht identifizierbar sind oder Zero-Knowledge-Proofs zur Ausführung von Smart Contracts ohne Kenntnis des Transaktionsinhalts.

Am 25.05.2018 wurde zudem von Seiten des Blockchain Bundesverbands (Bundesblock) ein Positionspapier zum Thema „Blockchain, data protection, and the GDPR" veröffentlicht /BBEV-01 18/. Die Kernaussagen waren unter anderem, dass die Datenschutzgrundverordnung bereits vor der Entwicklung der Blockchain-Technologie stattfand und sie somit nicht mit einer solch dezentralisierten Technologie kompatibel ist. Insbesondere die folgenden drei Fragen zur Anwendung der DSGVO werden dort diskutiert:

- Werden persönliche Daten verarbeitet?
- Welche Stakeholder sind für den Datenschutz verantwortlich?
- Wie können die Rechte des Einzelnen garantiert werden?

In diesem Kontext soll ein Verhaltenskodex („Code of Conduct") für die Nutzung der Blockchain-Technologie gemäß Art. 40 EU-DSGVO von Seiten des Bundesblocks erarbeitet werden.

7.3 Smart Contracts – weder „smart" noch Verträge?

Die rechtliche Einordnung von Smart Contracts ist nach wie vor nicht eindeutig geklärt.

Wie bereits im Teilbericht Technologiebeschreibung /FFE-04 18/ ausführlich erläutert, sind Smart Contracts auf der Blockchain ausführbare Programme. Aus rechtlicher Sicht sind sie allerdings nicht – wie die deutsche Übersetzung vermuten lässt – als Vertrag im eigentlichen Sinne des BGB zu verstehen. Stattdessen können Sie als eine neue Form der Aufzeichnung bekannter Vertragstypen verstanden werden, die unter bestimmten

Bedingungen eine automatisierte Ausführung von Programmcode auslöst. /VDI-01 18/ Ein rechtsgültiger Vertragsschluss nach §§ 145 ff. BGB erfordert Angebot und Willenserklärung (Annahme). Smart Contracts können dabei lediglich der Dokumentation des Vertragsschlusses und unter Umständen der (automatisierten) Durchführung eines Vertrages dienen. Zur Anbahnung eines Vertrags ist die Technologie allerdings nicht geeignet. So liegt der Anlass bzw. die „Vorgeschichte" für den Vertragsschluss nach wie vor außerhalb der Blockchain, wo die allgemeinen Regeln des Vertragsrechts anzuwenden sind. Dies bezieht sich sowohl auf das Recht der Willenserklärungen sowie auch die besonderen Randbedingungen im elektronischen Geschäftsverkehr. Die Willenserklärung der beteiligten Geschäftspartner kann hingegen durchaus über die Blockchain abgebildet werden, wo sich der Vertrag letztlich manifestiert. Nach aktuellem Recht müssen wirksame Willenserklärungen „jedoch zwingend auf der Willensbetätigung eines Menschen beruhen"; eine vollständige Automatisierung hin zu einem reinen Machine2Machine-Handel birgt dementsprechend noch rechtliche Hürden. /VBW-01 17/

7.4 Allgemeines Vertragsrecht

Die Blockchain ist als „neutrale" Technologie zur Abbildung digitaler Datensätze anzusehen. Gleichzeitig bietet sie den beteiligten Vertragsparteien eine hohe Gestaltungsfreiheit. Bei der Gestaltung von Smart Contracts sind jedoch einige Besonderheiten bzw. Herausforderungen zu beachten. Sie bieten sich nur für Ereignisse und Bedingungen an, die sich in den Kategorien wie wahr oder falsch bzw. „wenn – dann" ausdrücken lassen. Unbestimmte Rechtsbegriffe wie etwa „angemessen" eignen sich nicht, da diese nicht pauschal in Programmcode abgebildet werden können. /VBW-01 17/

Bei der Ausübung von Gestaltungsrechten stellt sich so bei der Anfechtung folgende Frage: Wie können sich die Vertragspartner – im Falle von beachtlichen Irrtümern – wieder von dem Vertrag lösen, wenn dieser unveränderbar in der Blockchain hinterlegt ist? Verstöße gegen gesetzliche Verbote bzw. eine Sittenwidrigkeit des Vertrages sehen die Rechtsfolge einer anfänglichen Unwirksamkeit vor. Wie bereits erläutert, werden auch hier Wertungsfragen aufgeworfen, die nicht pauschal durch eine in Programmcode beschriebene Bedingung umsetzbar sind. /VDI-01 18/

Unbestimmte Rechtsbegriffe sind bislang ungelöste Herausforderungen für Smart Contracts.

Eine ähnliche Problematik zeigt sich beim Rücktritts- bzw. Widerrufsrecht, das vertraglich oder gesetzlich geregelt ist. Rein rechtlich darf dieser Rechtsanspruch auch bei einem Smart Contract nicht unmöglich sein. Eine einwandfreie Rückabwicklung ist allerdings problematisch, da dies den Grundsätzen der Blockchain-Technologie widerspricht. Da sich Transaktionen nicht rückgängig machen lassen, ist die einzige Alternative eine weitere, auf Wiederherstellung der Ausgangslage gerichtete Transaktion.

Auf der anderen Seite ermöglichen Smart Contracts durchaus, potenzielle Gewährleistungsfälle zu reduzieren. Bei der Frage nach rechtzeitiger oder vollständiger Leistungserbringung können typische Störpotenziale der Leistungsabwicklung bereits durch die Gestaltung des Smart Contracts und der damit verbundenen sicheren und nachvollziehbaren Ausführung über die Blockchain ausgeschlossen werden. /VDI-01 18/

Weiter können in Smart Contracts geregelte Bedingungen dem AGB-Recht unterliegen. Dort ist allerdings geregelt, dass eine Bestimmung in Allgemeinen Geschäftsbedingungen unwirksam ist, falls diese nicht klar und verständlich ist (vgl. § 307 Abs. 1 BGB). Eine ausschließlich in Programmiersprache geschriebene Klausel ist dementsprechend

unwirksam, sofern der Verbraucher nicht in der Lage ist, ihren Inhalt nachzuvollziehen. Folglich kann ein Vertrag im Sinne eines Smart Contracts den Transparenzanforderungen nicht genügen, wenn nicht jeder Nutzer Programmierkenntnisse besitzen sollte.

Da in einem öffentlichen P2P-Netzwerk niemand für die ordnungsgemäße Durchführung von Transaktionen verantwortlich ist, kann auch kein spezifischer Betreiber dafür haftbar gemacht werden. Bei Haftungsfällen ist dementsprechend zumindest bei der Public Blockchain die Bestimmung des richtigen Anspruchsgegners, z. B. bei Defekten oder Manipulationen, nicht möglich.

Da das derzeitige Regulierungsrecht von einem identifizierbaren organisatorischen und rechtlichen Verantwortlichen ausgeht, kann nach /VBW 01 17/ bezweifelt werden, ob sich eine dezentrale Rechnerstruktur nach aktuellen Maßstäben sinnvoll regulieren lässt.

7.5 Zwischenfazit

Das unter anderem in diesem Bericht beschriebene Potenzial der Blockchain-Technologie wird sich bei einigen Anwendungsfällen nur entfalten können, wenn der Gesetzgeber entsprechende rechtlich-regulatorische Spielräume schafft. Es lässt sich hierzu aber bereits ein großes Interesse von Seiten der deutschen Politik und regulierenden Behörden feststellen. So wird im aktuellen Koalitionsvertrag an sechs verschiedenen Stellen auf die Relevanz der Blockchain-Technologie verwiesen und u. a. von einer „umfassenden Blockchain-Strategie“ gesprochen. /BREG-01 18/

Hinsichtlich der IT-Sicherheit fasst das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik die wesentlichen Kernaussagen in folgenden Punkten zusammen /BSI-03 18/:

- Blockchain allein löst keine IT-Sicherheitsprobleme.
- Die Wahl des passenden Blockchain-Modells ist wichtig.
- Bei der Konstruktion von Blockchains müssen Sicherheitsaspekte frühzeitig berücksichtigt werden.
- Sensible Daten mit langfristigem Schutzbedarf müssen in einer Blockchain besonders geschützt werden.
- Einheitliche Sicherheitsniveaus für Blockchains müssen definiert und durchgesetzt werden.
- Technologische Lösungen zur Verbesserung des Datenschutzes sollten frühzeitig berücksichtigt werden.

Die rechtliche Bewertung von Blockchain-Anwendungsfällen bedarf meist einer Einzelfallbewertung.

Hinsichtlich der allgemeinen rechtlich-regulatorischen Herausforderungen zeigen sich Diskrepanzen zwischen technologischen Möglichkeiten und rechtlicher Anwendbarkeit. So geht die allgemeine Rechtsordnung aktuell z. B. nicht von Anonymität bzw. Pseudonymität der Rechtssubjekte aus. Insbesondere bei der Herausforderung der datenschutzrechtlichen Verantwortlichkeit und Anwendbarkeit besteht juristischer Klärungs- bzw. Anpassungsbedarf.

Die Neuartigkeit des Themas führt zu einer intensiven juristischen Auseinandersetzung mit dem Thema Blockchain und Smart Contracts und ist aktuell bereits Gegenstand der Rechtswissenschaften und Rechtsprechung. Gerade um die Attraktivität des Standorts

Deutschland für Blockchain-Anwendungen zu fördern, ist es wichtig, entsprechende Rechtssicherheit und regulatorische Rahmenbedingungen zu schaffen /VDI-01 18/.

8 | Die Blockchain-Technologie als Chance für die Transformation der Energiewirtschaft

8.1 Fazit: Chance zur Transformation der Energiewirtschaft?

Wie Abschnitt 4.10 zeigt, kann die Blockchain-Technologie in vielen Bereichen eingesetzt werden. Ihre Anwendungsfälle erstrecken sich dabei entlang der gesamten Wertschöpfungskette (siehe Abschnitt 4.10.3).

Der Titel des Forschungsprojektes wirft die Frage auf, ob die Blockchain-Technologie eine Chance für die Transformation der Energiewirtschaft darstellt. Im Nachfolgenden werden einzelne Bereiche aufgezeigt, in denen potenziell Einfluss durch die Blockchain-Technologie auf Transformationsprozesse der Branche zu erwarten ist.

Energiewende und Elektrifizierung

P2P-Handel ist u. a. eine Möglichkeit zum Weiterbetrieb von post-EEG-Anlagen.

Die Blockchain-Technologie und die Anwendungsfälle rund um das Labeling von Energiemengen sowie der P2P-Handel stellen eine mögliche Vermarktungsoption für Neu- und Post-EEG-Anlagen dar und können die Wirtschaftlichkeit dieser Anlagen langfristig verbessern. Durch P2P-Handel können diese Anlagen aus dem börslichen Handel herausgehalten und so die Notwendigkeit reduziert werden, langfristig das Marktdesign auf diese Anlagen anzupassen.

Durch neue Beteiligungsmodelle (Crowdfunding, Sharing), die über die Blockchain abgewickelt werden können, kann der dezentrale Ausbau erneuerbarer Energien gestärkt und durch Energy-Communities, Labeling, Verwendungsbindung das Produkt „Energie" emotionalisiert werden.

Auch die vertrauenswürdige Speicherung von Anlagendaten weist Potenzial auf.

Neben neuer Vermarktungsmöglichkeiten bietet die Blockchain vor allem Vorteile für die Dokumentation von Anlagendaten und erhöht dadurch ggf. den Wiederverkaufswert oder vereinfacht einen längerfristigen Betrieb durch den Nachweis einer angemessenen Wartung und Instandhaltungshistorie.

Übertragung/Verteilung (Netze)

ÜNB profizieren v. a. von den Daten in BC-Systemen sowie den Möglichkeiten der BCT für die Markt-Kommunikation.

Die primären Anwendungsfälle der Technologie umfassen v. a. Prozessverbesserungen für Netzbetreiber (vgl. Marktkommunikation). So dienen viele Blockchain-Anwendungen indirekt auch den Netzbetreibern, da Sie die Daten für eigene Zwecke nutzen können. So bietet eine generell verbesserte Datengrundlage (z. B. Erzeugungs- und Verbrauchsdaten) u. a. Vorteile für Prognosen, Netzführung und Netzplanung.

Die Anwendungen der Blockchain haben voraussichtlich keine bis geringfügige Auswirkungen auf den Ausbau der Infrastruktur selbst oder die steigenden Betriebskosten in der Netzführung (u. a. durch Einspeisemanagement und Redispatch). Zwar kann die Blockchain dafür eingesetzt werden, die durch dezentrale Verbraucher und Erzeuger

entstehenden Netzengpässe mittels Flexibilität zu beheben oder die Prozesse diesbezüglich zu optimieren, der notwendige Netzausbau v. a. im Übertragungsnetz kann so jedoch im besten Falle hinausgezögert werden.

Durch kurzfristigen Lieferantenwechsel (ggf. auf Blockchain-Basis) wäre es möglich, bei Ladesäulen von Elektrofahrzeugen die Infrastruktur in den Aufgabenbereich der Netzbetreiber zu legen (heute regulatorisch ausgeschlossen). Da die Ladung der Fahrzeuge (Vertrieb) somit nicht mehr an die Infrastruktur gekoppelt ist, wäre auch hier die Entflechtung grundsätzlich umsetzbar. Rechtliche Anpassungen wären hierfür jedoch notwendig.

Digitalisierung

Die Blockchain-Technologie ist auf eine erfolgreiche Digitalisierung angewiesen. Dies beinhaltet einerseits den Breitbandausbau und andererseits den erfolgreichen Smart Meter Rollout. Gleichzeitig konnte in Abschnitt 6 |Einbindung der Blockchain-Technologie in die digitale Infrastruktur aufgezeigt werden, dass die Verbindung der Blockchain-Technologie mit den geplanten Smart Meter Gateways über Umwege (externe Marktteilnehmer) möglich ist, aber ggf. in der Weiterentwicklung für die zweite oder dritte Gateway-Generation eine Blockchain-Kompatibilität berücksichtigt werden sollte. Die Kompatibilität ist generell eine Herausforderung im Blockchain-Bereich. Aufgrund fehlender Standardisierung sind Anbindungen an bestehende Systeme (z. B. SAP) derzeit nur individuell und teilweise über neue Intermediäre lösbar und nicht standardmäßig möglich. Dies erschwert einen Einsatz.

Smart Meter Gateways der 1. Gen. sind noch nicht direkt mit der Blockchain kompatibel.

Die Anwendungsfälle der Blockchain-Technologie betreffen vor allem das Segment der privaten Letztverbraucher, Prosumer und kleinen Erzeugungsanlagen. Der Smart Meter Rollout deckt diese Gruppen jedoch nur optional ab, wodurch die Blockchain auch zum Enabler für den Smart Meter Rollout werden kann, wenn ihre Anwendungsfälle überzeugen.

Durch sinnvolle und wirtschaftlich vorteilhafte Anwendungsfälle (ggf. auf Blockchain-Basis) kann eine Freiwilligkeit zur Installation eines SMGW entstehen oder die im Gesetz geforderte Wirtschaftlichkeit als solches hergestellt und so auch das optionale Segment sukzessive mit SMGW versehen werden.

Die Blockchain-Technologie kann aufgrund ihrer Zuverlässigkeit und Manipulationssicherheit Vorteile im Bereich der IT-Sicherheit bringen. So kann sie in Ländern ohne eigenes entwickelte bzw. regulatorische Vorgaben zu einer Public-Key-Infrastruktur (PKI) zur Abrechnung von Smart Meter Daten eingesetzt oder für die vertrauenswürdige Einbindung von Sensoren und IoT-Geräten unabhängig von staatlicher Infrastruktur verwendet werden.

PKI = durch digitale Zertifikate abgesichertes IT-System in welchem eine Certificate Authority die Vertrauenswürdigkeit garantiert.

Im Rahmen von Abschnitt 3.2 konnte identifiziert werden, dass die Bewertung der Blockchain aufgrund nicht oder nur unzureichend effizient digitalisierter Prozesse eine Herausforderung darstellt. In vielen Prozessen ist noch Optimierungspotenzial vorhanden. Dieses kann auch ohne die Blockchain-Technologie gehoben werden. Erst wenn die Technologie im Vergleich zu einem guten Referenzprozess durch ihre Wertversprechen überzeugt, ist sie tatsächlich eine sinnvolle Alternative.

Die Blockchain kann als Chance verstanden werden, über die Prozessdigitalisierung und Effizienz von Prozessen nachzudenken und diese zu verbessern.

Märkte, Handel und Vertrieb

Distributed Ledger Technologien können grundsätzlich dafür eingesetzt werden, P2P-Interaktion zu ermöglichen oder zu verbessern. Dies kann sowohl im Handel von Energiemengen als auch im Labeling, Sharing und vielen weiteren Anwendungen erfolgen. Scheint dies auf den ersten Blick klassische Stakeholder wie den Energielieferanten zu substituieren, zeigen detailliertere Analysen (vgl. Abschnitt 5.2.3.2), dass aufgrund der komplexen Verantwortlichkeiten und regulatorischer Vorgaben im Energiesystem, die bestehenden Stakeholder eher ihre Aufgabenbereiche weiterhin als Dienstleistung anbieten würden.

Einige Anwendungsfälle (wie P2P-Handel) sind aufgrund hoher bürokratischer Hürden ohne Dienstleister heute nicht realisierbar. Für Akteure, die trotz des Plattform-Charakters der Blockchain neue Geschäftsmodelle entwickeln (z. B. als Dienstleister oder White Label Anbieter) können neue Kundenbeziehungen und dadurch auch ein langfristiger Wettbewerbsvorteil entstehen.

Mit der BCT können grundsätzlich neue Mehrwertdienste & Geschäftsmodelle entwickelt werden.

Die Technologie stellt dementsprechend für den klassischen Handel und Vertrieb eine Herausforderung dar, neue Geschäftsmodelle wirtschaftlich zu etablieren, kann jedoch auch in vorhandenen Prozessen zu Effizienzsteigerungen (vgl. P2P-Handel im B2B-Bereich) beitragen. Die Vorteile liegen jedoch eher in innovativen neuen Geschäftsmodellen und der Erschließung neuer Mehrwertdienste mit einem Wandel des klassischen Energielieferanten und Energieversorgers hin zu einem Dienstleister mit langfristiger Kundenbindung.

Zukunft der Blockchain-Technologie in der Energiewirtschaft

Die Blockchain wird die Energiewirtschaft nicht revolutionieren.

Die Blockchain-Technologie wird die Energiewirtschaft kurzfristig nicht revolutionieren. Die mangelnde Digitalisierung stellt hierbei das größte Hemmnis dar, wohingegen Blockchain-inhärente Probleme (z. B. Skalierbarkeit, Energieverbrauch) schneller lösbar sind bzw. Lösungsmöglichkeiten bereits existieren.

Die BCT kann jedoch durch überzeugende Anwendungsfälle ein fester Bestandteil der Branche werden.

Aufgrund überzeugender Anwendungsfälle und ihrer Alleinstellungsmerkmale ist jedoch davon auszugehen, dass sich die Blockchain mittel- bis langfristig als fester Teil der Energiewirtschaft etablieren kann. Überzeugen wird jedoch letztendlich nie die Technologie selbst, sondern die normative Kraft veritabler Anwendungsfälle und Geschäftsmodelle.

8.2 Zusammenfassung und Ausblick

Die Stärke der BCT ist v. a. ihr Plattform-Charakter und den Synergien vieler Akteure und Anwendungsfälle.

Die Blockchain-Technologie dient als manipulationssichere, transparente, verfügbare und verteilte Plattform für die gemeinsame Datenhaltung bei Integration verschiedenster Akteure. Der erste Projektbericht zur Technologiebeschreibung /FFE-04 18/ liefert hierzu bereits die technische Grundlage und beschreibt die verschiedenen Bestandteile sowie deren Zusammenhänge. Dabei zeigt sich die Stärke der Blockchain bereits als digitale Infrastruktur und Plattformtechnologie, die Grundlage verschiedenster energiewirtschaftliche Anwendungsfälle sein kann.

Insgesamt 161 Experten aus den beteiligten Unternehmen nahmen an den Workshops teil.

Im Rahmen dieser Studie wurden spezifische Anwendungsfälle anhand eines einheitlichen methodischen Vorgehens identifiziert (Kapitel 3.1). Hierzu wurden gemeinsam mit den acht Projektpartnern (Innogy SE, SMA Solar Technology AG, Stadtwerke Augsburg

Energie GmbH, Thüga AG, TransnetBW GmbH, VBEW Dienstleistungsgesellschaft mbH, Verbund AG, Vorarlberger Kraftwerke AG) aus den Bereichen Energieversorgung, Netzbetrieb, Technologie und Branchenverband 11 gemeinsame Workshops mit 161 beteiligten Experten aus den Unternehmen durchgeführt. Das Ergebnis waren über 90 potenzielle Anwendungsfälle aus den Bereichen Labeling (Kapitel 4.1), Sharing Economy (Kapitel 4.2), Systemdienstleistungen & Flexibilität (Kapitel 4.3), Partizipation (Kapitel 4.4), Kryptowährungen (Kapitel 4.5), Finanzierung (Kapitel 4.6), Asset Management (Kapitel 4.7), Prozessoptimierung & Optimierung (Kapitel 4.8) sowie Sonstige (Kapitel 4.9). Die meisten Use Cases betreffen private Letztverbraucher, verteilte Erzeugungs- und Verbrauchsanlagen, sowie den Handel und Vertrieb.

Rechtliche Rahmenbedingungen schränken v. a. das Potenzial möglicher Anwendungsfälle ein.

Mittels der entwickelten Bewertungsmethodik, die sich in der Anwendung bewährt hat, wurde anhand von sechs Schritten das Potenzial der Blockchain-Technologie für die Anwendungsfälle analysiert (Kapitel 3.2). Beginnend mit einem Kriterien-Set und Entscheidungsbaum wurden im nächsten Schritt die Prozesse des Anwendungsfalls visualisiert. Im Folgenden wurde der Ausgangsprozess (falls vorhanden) mit der potenziellen Blockchain-Umsetzung verglichen, um ggf. Optimierungspotenziale auszuweisen. Anschließend wurden mittels Business bzw. Platform Model Canvas die Geschäftsbeziehungen dargestellt. Abschließend wurde auf Basis einer Potenzialabschätzung und der Identifikation regulatorischer Hemmnisse die energiewirtschaftliche Umsetzbarkeit des Use Cases bestimmt. Es zeigte sich, dass das theoretische Potenzial grundsätzlich sehr groß ist. Rechtliche und technische Restriktionen (v. a. fehlende Digitalisierung) reduzieren das Potenzial jedoch signifikant.

Aus den umfassenden Analysen dieses Berichts stellt sich heraus, dass eine Reihe von Anwendungsfällen große Potenziale für eine langfristige Integration in das Energiesystem aufweisen (Kapitel 5 | Bewertung und Beschreibung ausgewählter Anwendungsfälle). Die folgenden, nach der Voranalyse als vielversprechend ausgewählten, Anwendungsfälle wurden daraufhin beschrieben und im Detail auf Umsetzbarkeit und Potenzial hin untersucht:

- Labeling-Plattform (Kapitel 5.1): Das beschriebene Konzept zeigt als Basis für eine Kombination verschiedener Use Cases, wie die Herkunft kleinster Energiemengen hinsichtlich Erzeugungsart, regionaler Verortung und hoher zeitlicher Auflösung mit direkter Kopplung an physikalische Randbedingungen über eine Blockchain abgebildet werden können. Der Einsatz einer Labeling-Plattform reicht dementsprechend von der Weiterentwicklung des bestehenden Systems der Ökostrom-Zertifizierung über Energiespeicher-Labeling bis hin zu Regionalstromangeboten und regionaler Direktvermarktung. Der Fokus der Bewertungen lag v. a. auf den existierenden Mechanismen des Herkunftsnachweises. Das theoretische Potenzial der Anwendungsfälle ist sehr groß und umfasst alle Erzeuger und Verbraucher. Aufgrund der Einspeisevergütung und dem Doppelvermarktungsverbot nach § 80 EEG verringert sich das Potenzial von Labeling und P2P-Handel jedoch auf Anlagen ohne bestehende Förderung. Dabei handelt es sich heute vorrangig um Wasserkraftwerke. Der Großteil der EE-Anlagen mit Förderung wurden in den Jahren 2009 bis 2012 errichtet und sind dementsprechend für die Laufzeit der EEG-Vergütung von 20 Jahren nicht für diese Anwendungsfälle geeignet.

Die BCT kann sowohl im C2C als auch im B2B Bereich eingesetzt werden.

- Peer-to-Peer Energiehandel (Kapitel 5.2): Ein Blockchain-basierter P2P-Handel kann sowohl im B2B (Börse, OTC) als auch im C2C-Bereich umgesetzt werden. Die Potenziale im C2C-Bereich decken sich mit denen des Labelings erneuerbarer Energien und sind ebenfalls durch § 80 EEG limitiert. Eine Analyse der rechtlichen Rahmenbedingungen zeigt auf, dass für Prosumer ein direkter P2P-Handel möglich, jedoch aufgrund vieler energiewirtschaftlicher und sonstiger bürokratischer Hürden erschwert ist. So sind diese unter anderem Lieferanten nach § 41 EnWG und daher dazu verpflichtet, sowohl Vertragsdauer, Preisanpassungen, Kündigungstermine und Kündigungsfristen, das Rücktrittsrecht des Kunden, zu erbringende Leistungen, Zahlungsweisen, Haftungs- und Entschädigungsregelungen bei Nichteinhaltung vertraglich vereinbarter Leistungen als auch den unentgeltlichen und zügigen Lieferantenwechsel vertraglich festzuhalten. Ein rechtskonformer Lösungsansatz ist es, den P2P-Handel im Rahmen eines Dienstleistungsmodells abzuwickeln und Bilanzkreismanagement, Prognosen sowie regulatorische und bürokratische Pflichten über einen Dienstleister abzuwickeln. Solche Lösungen existieren bereits ohne die Blockchain-Technologie. Aufgrund des erhöhten bürokratischen Aufwands ist der finanzielle Mehrwert für den Endkunden gering. Die Lösung ist jedoch v. a. für Post-EEG-Anlagen eine mögliche Vermarktungsoption und Anreiz für den Weiterbetrieb.

Distributed Asset Management kann in vielen Branchen zum Einsatz kommen.

- Distributed Asset Management Platform (Kapitel 5.3): Eine Plattform, die einheitlich und transparent die Dokumentation verschiedenster Anlageninformationen ermöglicht und diese relevanten Stakeholdern zur Verfügung stellt, bietet eine Vielzahl an Anwendungsszenarien. Die hinterlegten Daten (Messdaten, Protokolle, Zugriffsdokumentation oder Anlagen-/Fehlermeldungen) können dabei in verschiedenster Art erfasst (direkt über eine Trusted Metering System oder indirekt durch Prüforgane), und gespeichert (offen und on-chain, als Hash zum nachträglichen Nachweis oder in einer externen Datenbank mit der Blockchain als Rechte- und Zugriffsverwaltung) werden. Der Anwendungsbereich ist dabei explizit nicht auf die Energiewirtschaft beschränkt, zeigt dort auf Grund der Anlagenintensität allerdings hohes Potenzial. Mittels einer solchen Plattform ist es schließlich möglich Contracting- oder Leasing-Modelle effizient abzuwickeln und auch allgemein durch die Blockchain als dezentrale Vertrauensinstanz ggf. Rechtsstreitigkeiten zu vermeiden. Da die relevanten Daten prinzipiell allen berechtigten Teilnehmern zur Verfügung stehen bietet es die Möglichkeit den asymmetrischen Informationszugang zumindest teilweise aufzuheben und so einen deutlich faireren und transparenteren Handel zu etablieren. Eine einheitlich definierte Asset Management Plattform könnte perspektivisch als eine Art Branchen-Standard die Dokumentation von Zustandsdaten vereinheitlichen und somit große Effizienzzugewinne ermöglichen.

- Vereinfachter Lieferantenwechsel (Kapitel 5.4): Eine Umsetzung der Prozesse des Lieferantenwechsels auf Blockchain-Basis bietet die Möglichkeit eine Reihe von bestehenden Nachteilen, mit einer optimierten IT-Infrastruktur zur Marktkommunikation zu lösen. Diese profitiert dabei wesentlich von den Eigenschaften der Unveränderbarkeit, der Dezentralität und der Transparenz. So wird allen relevanten Akteuren der Zugriff auf eine einheitliche und verlässliche Datenbasis ermöglicht und die Effizienz und Geschwindigkeit des Prozesses gesteigert. Die Analyse verschiedener konkreter Implementierungsvarianten zeigt, dass der Anwendungsfall mit vergleichsweise geringem Aufwand auf einer Blockchain-Plattform umsetzbar ist. Da von einer allgemeinen Anwendung alle Netzbetreiber, Lieferanten sowie Letztverbraucher betroffen sind, ist das Potenzial als hoch zu bewerten. Die dabei installierte Infrastruktur bietet darüber hinaus die Möglichkeit zur Verbesserung weiterer Prozesse der Marktkommunikation, wie beispielsweise einen vereinfachten Messstellenbetreiberwechsel oder die Etablierung einer Roamingfunktionalität. Der Anwendungsfall erweist sich also als vielversprechend, für eine abschließende Bewertung sind jedoch noch Tests im realen Maßstab sowie Vergleiche mit alternativen konventionellen Systemen notwendig.

Ein untertägiger oder instantaner Liefe-rantenwechsel ermöglicht viele neue Anwendungsfälle wie Roaming des Energievertrages.

- Nachweis von Regelleistungserbringung (Kapitel 5.5): Die Blockchain kann sowohl für den Nachweis der ordnungsgemäßen Regelleistungserbringung als auch im Rahmen des Präqualifikationsverfahrens eingesetzt werden. In beiden Fällen beruht die Funktionalität auf einem Vergleich der Verläufe von Baseline und Wirkleistung. Zu berücksichtigen ist, dass diese Funktionalität auch ohne Blockchain zur Verfügung gestellt werden kann. Entscheidend sind hierbei letztendlich die jeweiligen Implementierungskosten. Gemäß dem Transmission Code der ÜNB schließen ÜNB und Anbieter einen Rahmenvertrag. Hier müsste der Erbringungsnachweis über die Blockchain aufgenommen werden. Ob und in welchem Umfang der Transmission Code selbst angepasst werden müsste, ist zu prüfen. Großes Potenzial kann sich künftig ergeben, wenn die Technologie auch auf regionalen Flexibilitätsmärkten eingesetzt wird. Typischerweise wird hier eine große Anzahl kleiner Flexibilitätsoptionen angeboten werden, wodurch die Zahl der Abrufe steigt. Der damit verbundene Aufwand der Netzbetreiber für die Überprüfung der Regelleistungserbringung könnte durch die Implementierung einer Blockchain reduziert werden.

Auffällig ist, dass viele der betrachteten Use Cases gegenseitige Wechselwirkungen aufweisen. So können Daten, die ihm Rahmen des Labelings erhoben werden für das Asset Management eingesetzt werden und vice versa. Ein vollautomatisierter und instantaner Lieferantenwechsel kann beispielsweise für P2P-Handelsplattformen genutzt werden, um untertägig zwischen einzelnen Erzeugern (automatisiert) zu wechseln und so den jeweils günstigsten Erzeuger zu wählen. Hier zeigt sich die Stärke der Technologie mit ihrem Plattform-Charakter. So können Synergien und sekundäre Mehrwerte zwischen verschiedenen Anwendungsfällen gehoben und Interaktionen zwischen oder mit vielen Beteiligten optimiert werden.

Die Synergien der Anwendungsfälle sowie sekundäre Mehrwerte von BCT-Systemen sind sehr hoch.

Anschließend wurden Anbindungsvarianten (Kapitel 6 |Einbindung der Blockchain-Technologie in die digitale Infrastruktur) in die digitale Infrastruktur untersucht. Die Grundlage für die Anwendung der Blockchain-Technologie ist die Digitalisierung. Es wurde klar, dass prinzipiell eine Vielzahl an Signalwegen besteht. So kann die Datenerfassung und –verarbeitung sowohl über die bestehende bzw. in Zukunft

Die vertrauens-würdige, abrech-nungsrelevante und geeichte SMGW wären eine sehr gute Grundlage für die BCT.

verfügbare iMSys-Infrastruktur oder mittels Parallelinfrastruktur abgewickelt werden. Eine mögliche Schnittstelle der Smart Meter Infrastruktur zur Blockchain-Technologie ist eine große Chance, da vertrauenswürdige, abrechnungsrelevante und geeichte Messwerte erfasst werden. Sie stellt aktuell allerdings auch eine Herausforderung dar, da diese hochsichere Dateninfrastruktur sehr restriktiv gegenüber technischen Anpassungen und Weiterentwicklungen ist. Parallelinfrastruktur von Herstellern, die bereits beim Kunden verortet sind, kann sehr schnell und unkompliziert in die Blockchain integriert werden (vgl. Wechselrichter, Speichersysteme, Smart Home System).

Entscheidend ist bei der Wahl der Kommunikationswege die Frage nach der Abrechenbarkeit der erfassten Messdaten, die letztlich nur durch zertifizierte Geräte und definierte Übertragungswege gegeben ist. Schließlich ist es notwendig, je nach Anwendungsfall verschiedene Integrationspfade zu berücksichtigen.

Die BCT kann die IT-Schutzziele bis auf die Vertraulichkeit „by design" erfüllen.

Weiter wurden übergeordnete rechtliche Herausforderungen (Abschnitt 7 | Übergeordnete rechtliche Herausforderungen) beschrieben, die die Nutzung der Blockchain-Technologie im Allgemeinen betrifft. Es wurde klar, dass das Wertversprechen der Blockchain-Technologie bereits einige Aspekte der IT-Schutzziele abdeckt. Einen Spezialfall stellt dabei die geforderte Vertraulichkeit dar. Spätestens seit der EU-Datenschutzgrundverordnung ergeben sich Anforderungen hinsichtlich des Schutzes personenbezogener Daten. Je nach Ausgestaltung einer Blockchain und der Art der zu verarbeitenden Daten bestehen hierbei rechtliche Verpflichtungen bezüglich des Datenschutzes. Weiter wird auf die allgemeine Abwicklung von Verträgen eingegangen und die Rolle von Smart Contracts, die letztlich nur als Mittel zur Automatisierung und Ausführung von bereits angebahnten Verträgen dienen können. Weiter weisen sie noch Schwächen auf, die mit dem aktuellen Vertragsrecht noch nicht konformgehen. Hierzu werden derzeit bereits technische Lösung entwickelt und auch auf Seiten der Rechtswissenschaften und Gesetzgebung findet die Thematik zunehmend Aufmerksamkeit.

Ausblick

Die BCT kann bisher passiven Letzt-verbrauchern mehr Mitbestimmung und Transparenz bieten.

Die Blockchain-Technologie wird die Energiewelt nicht komplett revolutionär verändern. Regularien und etablierte Systeme, wie noch bestehende technische Herausforderungen zu überkommen ist ein langwieriger Prozess, der in einer langsamen evolutionären Art die Technologie als Infrastruktur-Komponente langfristig zu einem festen Bestandteil der Branche machen wird. Sie ermöglicht nicht nur verbesserte Prozesse in der Abstimmung in einem Akteurspluralismus (vgl. OTC-Handel, MAKO), sondern bietet darüber hinaus eine Grundlage für plattformbasierte Mehrwertdienstleistungen, wie das Labeling von erneuerbaren Energie und den P2P-Handel. Diese geben den bisher passiven Letztverbrauchern mehr Mitbestimmung, Transparenz und so einen echten Mehrwert.

Viele innovative Technologien werden in Zukunft auch in der Energiewirtschaft Einzug halten.

Die Blockchain-Technologie hat überdies aufgezeigt, dass die schnellen Innovationszyklen der IT-Branche durch die voranschreitende Digitalisierung auch in der Energiewirtschaft Einzug gehalten haben. Die Blockchain-Technologie ist nur eine von vielen technologischen Neuerungen die kurz- bis mittelfristig ihren Weg in die Energiebranche finden werden. Im Zuge dessen wird es interessant zu untersuchen sein, wie sich die Branche im Rahmen dieser Herausforderungen langfristig anpassen wird und ob durch die Implikationen der Digitalisierung ähnliche Verwerfungen zu erwarten sind wie durch die Liberalisierung und die Energiewende.

Die FfE und ihre Partner streben an, viele dieser Fragen in einem Folgeprojekt (geplant für 2019) zu beantworten und die Chancen der Blockchain für die Transformation der Energiewirtschaft weiter zu untersuchen.

Geplanter Feldversuch als Proof-of-Concept in einem Reallabor

Wie beschrieben zeigte sich nach den durchgeführten Analysen, das hinsichtlich kurz- bis mittelfristiger Umsetzbarkeit, wirtschaftlicher Verwertbarkeit und Relevanz für das Energiesystem bereits eine Auswahl vielversprechender Gruppen von Anwendungsfällen. Entscheidend für die Auswahl ist die Tatsache, dass sie ohne Blockchain nicht möglich sind bzw. signifikant vom Wertversprechen der Technologie profitieren. Es zeigt sich als sinnvoll, Ergebnisse dieser Projektstudie in einem nächsten Schritt zu einem Proof-of-Concept weiterzuentwickeln und im Rahmen eines Feldversuchs praktische Erfahrungen zu den bereits genannten Herausforderungen und Hemmnissen zu sammeln.

Die FfE ist hierzu bereits in einzelnen Umsetzungsprojekten und Ansätzen beteiligt und aktiv. So läuft in Zusammenarbeit mit der „Blockchain-Initiative Energie" (BCI-E) im EDNA-Bundesverband Energiemarkt & Kommunikation e.V. die Entwicklung einer Blockchain-basierten Umsetzung des Lieferantenwechsels.

Da unter aktuellen Rahmenbedingungen das Anwendungspotenzial eines „Nachweises von Regelleistungserbringung" nur begrenzt ist, ist die Umsetzung dieses Anwendungsfalls trotz des potenziellen Mehrwerts eine Blockchain-Implementierung kurz- bis mittelfristig nur begrenzt sinnvoll. Weiter wäre eine Umsetzung mit regulatorischen Anpassungen und der Umgestaltung des bestehenden Regelleistungsmarkts verbunden, was eine Realisierung erschwert.

Im Kontext von „Labeling von Energieflüssen", „P2P-Energiehandel" und „Asset Management" stellt sich die Situation etwas anders dar. Gerade eine potenzielle Kombination der Anwendungsfälle und die, bei passender Ausgestaltung, mögliche kurz- bis mittelfristige Umsetzbarkeit und kommerzielle Verwertbarkeit macht es bei diesen Use Cases möglich, einen expliziten Mehrwert durch einen konsortialen Feldversuch zu generieren. Gerade einzelne Anwendungsfälle werden heute bereits untersucht. Der eigentliche Mehrwert der Technologie (Anwendungs- und Akteurspluralismus) ist dort jedoch zumeist nur untergeordnet untersucht.

Vor allem der Plattform-Charakter der Technologie soll im Folgeprojekt der FfE erprobt werden.

Der Plattform-Charakter der Blockchain-Technologie wird in den genannten Fällen besonders deutlich. Auf der gemeinsamen Plattform erhobenen Datenbasis (Erzeugung, Verbrauch, regionale Verortung, Betriebsmittelzustände, Kundenpräferenzen u. v. m.) können spezifische Anwendungsfälle der beschriebenen Use Cases, wie den Nachweis von Ökostrom, Regionalstrom, regionale Direktvermarktung, Eigenverbrauch auf Distanz mit Elektrofahrzeugen, Speicherlabeling oder P2P-Handel (ex post) realisiert werden. Ein anwendungsbezogener Nachweis der Energieflüsse (ggf. auch sektorübergreifend) bietet weiter die Möglichkeit, Einfluss auf den regulatorischen Rahmen zu nehmen. So kann die Abgaben- und Umlagenlast sowohl anhand der Herkunft als auch bezogen auf die Verwendung spezifischer gestaltet werden und somit z. B. etwaige Doppelbelastungen bei Speicherung oder Umwandlung von Energieträgern vermieden werden. Dies kann langfristig eine Option bieten, systemisch vorteilhafte Technologien auch aus Akteurssicht attraktiver zu gestalten. Weiter ermöglicht die Plattform so den Marktzugang für kleine Akteure mit geringen Einstiegshürden unter Berücksichtigung der Technologieoffenheit. Im Themenbereich Asset Management bietet eine gemeinsam nutzbare Plattform die

Möglichkeit Zustandsdaten von Anlagen, die von mehreren Akteuren genutzt werden transparent zu dokumentieren. Spezifische Anwendungsfälle auf Basis dieser Daten sind vielfältig und reichen von z. B. Contracting-Modellen über Garantie- und Versicherungsabwicklung bis hin zu Predictive Maintenance Ansätzen. Letztlich könnte sich der Nachweis über eine dezentrale Plattform perspektivisch zum Branchenstandard entwickeln. Durch eine transparente Datenbasis kann der Aufbau von Parallelsystemen vermieden und gleichzeitig eine Grundlage für weiterführende Analysen aufgebaut werden.

Vor allem die Ermittlung des technischen, wirtschaftlichen und regulatorischen Potenzials soll in einem Nachfolge-projekt erfolgen.

Anhand von Feldversuch-Ergebnissen können Methoden und Modelle zur Simulation und Bewertung energiewirtschaftlicher Rückwirkungen aus Akteurs- und Systemsicht entwickelt werden. Auf Grundlage des theoretischen Potenzials soll das technische, wirtschaftliche, regulatorische sowie praktische und realisierbare Potenzial abgeleitet werden. Durch die Identifikation von "bottlenecks" in der Blockchain-Umgebung, die eine großflächige Umsetzung erschweren, soll der Mehrwert technischer Innovationen im Umfeld der Blockchain bewertet werden. Ergebnis ist eine Analyse der Skalierbarkeit aus energiewirtschaftlicher und Blockchain-Perspektive und daraus resultierende Handlungsoptionen. Neben den genannten Aspekten ist aus Forschungssicht besonders die Einbindung in die digitale Energie-Infrastruktur von Interesse.

9 | Referenzen

9.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Struktureller Aufbau der vorliegenden Studie 14
Abbildung 3-1: Methodik zur Ermittlung und Bewertung von Blockchain Use Cases in der Energiewirtschaft 19
Abbildung 3-2: Mehrstufiger Prozess zur Bewertung der identifizierten Anwendungsfälle 22
Abbildung 3-3: Bewertung einzelner Use Cases bzgl. verschiedener Kriterien 23
Abbildung 3-4: Flowchart zur Bewertung der technischen Eignung der Blockchain-Technologie für einen potenziellen Anwendungsfall 27
Abbildung 3-5: Exemplarisches vereinfachtes e³-value Modell für eine fiktive Abrechnung einer Ladesäule mittels Zahlungsdienstleister (=Intermediär) 28
Abbildung 3-6: Business Model Canvas nach Osterwalder /OST-01 04/ 29
Abbildung 3-7: Platform Business Model Canvas /WLT-02 16/ 30
Abbildung 3-8: Potenzialarten 31
Abbildung 4-1: Fristen Bilanzkreisabrechnung (Quelle: /BNETZA-01 09/) 52
Abbildung 4-2: Zusammensetzung der Anwendungsfälle im Projekt 83
Abbildung 4-3: Rechtliche Umsetzbarkeit und Abschätzung des Potenzials der identifizierten Anwendungsfälle 85
Abbildung 4-4: Use Cases je Wertschöpfungsstufe 86
Abbildung 4-5: Grenzüberschreitende Stromflüsse, Import. [1] /BNETZA-19 14/, /BNETZA-18 14/, /BNETZA-01 15/, /BNETZA-01 16/, /BNETZA-01 17/; [2] /UMWE-01 17/ 88
Abbildung 4-6: Anteil der Use Cases je Wertschöpfungsstufe, die iMSys nutzen können 92
Abbildung 5-1: e³-value-Modell der Zertifizierung von Ökostrom 95
Abbildung 5-2: Verteilung der Ökostrom-Siegel nach der Anzahl der zertifizierten Tarife /GET-01 18/ .98
Abbildung 5-3: Anzahl Zählpunkte von Haushaltskunden mit Ökostrombezug. /BNETZA-23 12/, /BNETZA-27 13/, /BNETZA-19 14/, /BNETZA-18 14/, /BNETZA-01 15/, /BNETZA-01 16/, /BNETZA-01 17/ 99
Abbildung 5-4: Umfrage zur Bereitschaft des Bezugs von Ökostrom. /UBA-15 17/ 100
Abbildung 5-5: Entwertete Herkunftsnachweise in Deutschland nach Erzeugungsart 2016. /UMWE-01 17/ 100
Abbildung 5-6: Anteil der entwerteten Herkunftsnachweise aus Import /UMWE-01 17/ 101
Abbildung 5-7: Energieflussbild Strom von physikalischer Erzeugung bis zur fiktiven Stromkennzeichnung für Deutschland 2016 102
Abbildung 5-8: Stromkennzeichnung für Deutschland 2016 mit Einbezug des vollen Potenzials inländischer Erzeugung, ohne Import von Herkunftsnachweisen 102
Abbildung 5-9: Gesamtaufkommen EE in der Stromkennzeichnung in Relation zur Zielvorgabe nach dem EEG 103
Abbildung 5-10: Grenzüberschreitende Stromflüsse, Import. [1] /BNETZA-19 14/, /BNETZA-18 14/, /BNETZA-01 15/, /BNETZA-01 16/, /BNETZA-01 17/; [2] /UMWE-01 17/ 104
Abbildung 5-11: Grenzüberschreitende Stromflüsse, Export. [1] /BNETZA-19 14/, /BNETZA-18 14/, /BNETZA-01 15/, /BNETZA-01 16/, /BNETZA-01 17/; [2] /UMWE-01 17/ 104
Abbildung 5-12: Stromverbrauch und Stromkennzeichnung Norwegen /GSL-01 17/ 105
Abbildung 5-13: Ist eine Blockchain sinnvoll für die Anwendung Labeling? 107
Abbildung 5-14: Mögliche Konzeptansätze einer Blockchain-Umsetzung 108
Abbildung 5-15: Konzept „Peer-to-Peer“ Herkunftsnachweis als Dienstleistung nach Business Model Canvas 110
Abbildung 5-16: Funktionsweise des Herkunftsnachweises via Ethereum-Blockchain 112

Abbildung 5-17: Jährlicher Zubau von Erneuerbaren Energien in Leistung /BMWI-114 17/ 115
Abbildung 5-18: Entwicklung der Bruttostromerzeugung EE, sowie ungeförderte Strommengen nach EEG /BMWI-01 14/ 115
Abbildung 5-19: Konzeptioneller Vergleich der drei unterschiedlichen Implementierungsmöglichkeiten für den Herkunftsnachweis mittels Blockchain 116
Abbildung 5-20: e^3-value-Modell des heutigen Strommarktdesigns (vereinfachtes Zielmodell mit Fokus auf die Wertschöpfungsstufen Erzeugung und Handel/Beschaffung im Kontext von Prosumenten) 118
Abbildung 5-21: e^3-value-Modell des heutigen Bilanzkreismanagements nach /GEI-01 18/ 119
Abbildung 5-22: Einsatzmöglichkeiten der Blockchain-Technologie.....120
Abbildung 5-23: Bestandteile des Haushaltsstrompreises.....121
Abbildung 5-24: Die verschiedenen Prozesse im Energiemarkt /BWKL-01 16/.....122
Abbildung 5-25: Registrierte Teilnehmer am Stromhandel nach /BNETZA-01 17/.....124
Abbildung 5-26: Volumen des OTC-Clearing von Phelix-Terminkontrakten an der EEX nach /BNETZA-01 17/ 126
Abbildung 5-27: Die Rollen und Verantwortlichkeiten entflochtener Energieversorger 128
Abbildung 5-28: Schematische Darstellung des Dienstleistungsmodells nach /ZFK-01 18/, /SCHOL-01 18/ 130
Abbildung 5-29: Platform Business Model Canvas für P2P-Handel im C2C-Bereich 132
Abbildung 5-30: e^3-value-Modell von internen und externen Prozessen im Kontext von Asset Management 135
Abbildung 5-31: e^3-value-Modell von internen und externen Prozessen, die mittels einer Blockchain-basierten Asset Management Plattform abgewickelt werden können 136
Abbildung 5-32: Aufbau einer Blockchain-basierten Distributed Asset Management Plattform.140
Abbildung 5-33: Flowchart zur Bewertung der technischen Eignung der Blockchain-Technologie für eine Distributed Asset Management Platform.....141
Abbildung 5-34: Platform Business Model Canvas einer Distributed Asset Management Platform.. 142
Abbildung 5-35: Mögliche Pfade für die vertrauenswürdige Erfassung von relevanten Daten....146
Abbildung 5-36: Hauptprozessschritte des aktuellen Stromanbieterwechsels 151
Abbildung 5-37: Zeitliche Entwicklung der Stromanbieterwechsel in Deutschland nach /BNETZA-01 17/ 153
Abbildung 5-38: Anzahl der Stromanbieter in Deutschland 153
Abbildung 5-39: Bereitschaft zum Anbieterwechsel 154
Abbildung 5-40: Schematische Darstellung des Konzepts P2P-Wechsel.....156
Abbildung 5-41. Ist eine Blockchain sinnvoll für die Anwendung „Nachweis der Erbringung von Regelleistung“? 164
Abbildung 5-42. Einsatz der Blockchain für den Erbringungsnachweis am Beispiel von Sekundärregelleistung und Minutenreserve 166
Abbildung 6-1: Signalkette 170
Abbildung 6-2: Darstellung der Protokolle im OSI-Schichtenmodell für die WAN-Kommunikation des SMGW nach /OHW-01 13/.....171
Abbildung 6-3: Verschiedene Optionen im Zuge der Datenintegration 172
Abbildung 6-4: Schnittstellen des Basiszählers Q3M nach EDL V1.2, Hersteller EasyMeter GmbH (mME) 175
Abbildung 6-5: Lösung mittels Parallelinfrastruktur 176
Abbildung 6-6: Einbindung von vorhandener Parallelinfrastruktur 177
Abbildung 6-7: Qualitative Gegenüberstellung von ausgewählten IKT-Varianten, nach /RICH-01 17/ und /EY-01 13/ 179

9.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 5-1: Herkunftsländer des deutschen Ökostroms laut Anbieterwebsites /KÖP-01 17/ 101
Tabelle 5-2: Mögliche Rollen und Aufgaben energiewirtschaftlicher Akteure auf einer Distributed Asset Management Plattform 144
Tabelle 6-1: Anzahl der Zählpunkte je Segment nach /RICH-01 17/ (V: Verbraucher, E: Erzeuger) 173

9.3 Literaturverzeichnis

ACHL-01 18 Achleitner, Ann-Kristin et al.: Definition: Due Diligence - Gabler Wirtschaftslexikon. In: https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/due-diligence-35668/version-327337. (Abruf am 2018-09-26); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/72iRXbHDy); Wiesbaden: Springer Gabler | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2018.

AIB-01 17 Association of Issuing Bodies: Certificate of Origin Annual Report 2016. Brüssel, Belgien: Association of Issuing Bodies, 2017.

APG-01 18 Austrian Power Grid AG: Regelzonenüberschreitende Kooperation bei der Primärregelung. In: https://www.apg.at/de/markt/netzregelung/primaerregelung/kooperation. (Abruf am 2018-08-17); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/71odkMhyX); Wien: Austrian Power Grid AG, 2018.

ATSMV-01 10 Verordnung über den kerntechnischen Sicherheitsbeauftragten und über die Meldung von Störfällen und sonstigen Ereignissen (AtSMV). Ausgefertigt am 1992-10-14, Version vom 2010-06-08; Berlin: Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz, 2010.

BAFA-02 18 Energiedienstleistungen, Contracting - Marktentwicklung. In: http://www.bafa.de/BfEE/DE/Energiedienstleistungen/Contracting/Marktentwicklung/marktentwicklung_node.html. (Abruf am 2018-09-26); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/72ijbbtMN); Eschborn: Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2018.

BAL-01 14 Balzer, Gerd; Schorn, Christian: Asset Management für Infrastrukturanlagen - Energie und Wasser. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2014

BAUCH-01 15 Bauchmüller, Michael: Greenpeace will Kraftwerke kaufen - http://www.webcitation.org/71oqX3vQa. In: https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/vattenfall-greenpeace-braunkohle-ag-1.2679608. (Abruf am 2018-08-17); Berlin: Süddeutscher Verlag, 2015.

BBEV-01 18 Eichler, Natalie et al.: Blockchain, data protection, and the GDPR - Positionspapier. Berlin: Blockchain Bundesverband e. V., 2018.

BBH-01 13 Zenke, Ines et al.: Der EFET-Rahmenvertrag – das unbekannte Wesen?. In: http://www.derenergieblog.de/alle-themen/energie/der-efet-rahmenvertrag-das-unbekannte-wesen/. (Abruf am 2018-06-08); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/72iNIjEUe); München: Becker Büttner Held PartGmbB, 2013.

BBH-01 18 Wenn der Roll-Out nicht rollt: Der Digitalisierung fehlen die intelligenten Messsysteme. In: www.derenergieblog.de/. (Abruf am 2018-09-25); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/72lXbLO3o); München: Becker Büttner Held PartGmbB, 2018.

BBSR-05 15 Burgdorf, Markus et al.: Indikatoren zur Nahversorgung - Erreichbarkeit von Gütern und Dienstleistungen des erweiterten täglichen Bedarfs. Bonn: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), 2015.

BDEW-20 13 Marktprozesse für die Bilanzkreisabrechnung Strom V 2.0 (MaBiS). Berlin: BDEW, 2013.

BDEW-08 18 Industrie nutzt die Hälfte des Stroms - Stromverbrauch in Deutschland nach Verbrauchergruppen 2017 (Stand 02/2018). Berlin: BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., 2018.

BEUTH-01 18 Beuth, Patrick: Die Blockchain ist auch ein Trottel-Archiv. In: http://www.spiegel.de/netzwelt/web/bitcoin-und-das-darknet-forscher-enttarnen-drogenkaeufer-a-1190942.html. (Abruf am 2018-09-25); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/72kJXWk28); Hamburg: SPIEGEL ONLINE GmbH & Co. KG, 2018.

BFEE-01 15 Flegel, Tina et al.: Untersuchung des Marktes für Energiedienstleistungen, Energieaudits und andere Energieeffizienzmaßnahmen - Endbericht. Eschborn: Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE), 2015.

BFRF-01 17 BaFin: Initial Coin Offerings - Hohe Risiken für Verbraucher. In: https://www.bafin.de/SharedDocs/Veroeffentlichungen/DE/Fachartikel/2017/fa_bj_1711_ICO.html. (Abruf am 2018-02-22); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/6xQDERaAs); Bonn: Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht, 2017.

BITF-01 15 Vavilov, Valery et al.: Proof of Stake versus Proof of Work - White Paper. Amsterdam, Niederlande: BitFury Group, 2015.

BMF-01 15 Budde, Andreas: Stromsteuerbefreiung nach § 9 Abs. 1 Nr. 3 StromStG - Anlagenbegriff nach § 12b Abs. 2 StromStV. Bonn: Bundesministerium der Finanzen, 2015.

BMU-02 18 Kyoto-Mechanismen. In: https://www.bmu.de/themen/klima-energie/klimaschutz/internationale-klimapolitik/kyoto-protokoll/kyoto-mechanismen/#c9038. (Abruf am 2018-05-18); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/6zVAXRUwa); Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, 2018.

BMWI-03 05 Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz - EnWG) § 42 Stromkennzeichnung, Transparenz der Stromrechnungen, Verordnungsermächtigung (EnWG §42). Ausgefertigt am 2005-07-07, Version vom 2017-07-20; Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2017.

BMWI-01 14 Schlesinger, Michael; Lindenberger, Dietmar; Lutz, Christian: Entwicklung der Energiemärkte - Energiereferenzprognose - Projekt Nr. 57/12 - Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), 2014.

BMWI-23 14 Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2017) § 78 Stromkennzeichnung entsprechend der EEG-Umlage (EEG §78). Ausgefertigt am 2014-07-21, Version vom 2017-07-17; Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2017.

BMWI-114 17 Erneuerbare Energien in Zahlen - Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2016. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2017.

BMWI-119 17 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): Schaufenster intelligente Energie - Digitale Agenda für die Energiewende - Informationen zum SINTEG-Programm. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2017.

BMWI-04 18 Sechster Monitoring-Bericht zur Energiewende - Berichtsjahr 2016. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2018.

BNE-01 16 Branchenleitfaden - Regelleistungserbringung durch Drittpartei-Aggregatoren gem. § 26a StromNZV. Berlin: Bundesverband Neue Energiewirtschaft (bne), 2016.

BNETZA-01 09 Monitoringbericht 2009 - Monitoringbericht gemäß § 63 Abs. 4 EnWG i.V.m. § 35 EnWG. Bonn: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen Monitoring, Marktbeobachtung (BNetzA), 2009

BNETZA-23 12 Monitoringbericht 2011. Berlin: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telemunikation, Post und Eisenbahnen, 2012

BNETZA-27 13 Monitoringbericht 2012. Berlin: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telemunikation, Post und Eisenbahnen, 2013

BNETZA-18 14 Monitoringbericht 2014. Berlin: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telemunikation, Post und Eisenbahnen, 2014

BNETZA-19 14 Monitoringbericht 2013. Berlin: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telemunikation, Post und Eisenbahnen, 2014

BNETZA-01 15 Monitoringbericht 2015. Bonn: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (BNetzA), 2015.

BNETZA-102 15 IT-Sicherheitskatalog gemäß § 11 Absatz 1a Energiewirtschaftsgesetz. Bonn: Bundesnetzagentur, 2015.

BNETZA-01 16 Monitoringbericht 2016. Bonn: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (BNetzA), 2016.

BNETZA-01 16 Szenariorahmen für die Netzentwicklungspläne Strom 2030 - Entwurf der Übertragungsnetzbetreiber. Bonn: Bundesnetzagentur (BNetzA), 2016

BNETZA-01 17 Monitoringbericht 2017. Bonn: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (BNetzA), 2017.

BNETZA-122 17 Anzahl der Lieferantenwechsel auf dem Strommarkt in Deutschland nach Verbrauchergruppe in den Jahren 2007 bis 2016 (in 1.000): https://de.statista.com/statistik/daten/studie/154894/umfrage/anzahl-der-lieferantenwechsel-auf-dem-strommarkt-seit-2006/; Berlin: Bundesnetzagentur, 2017.

BNETZA-17 18 Über-sicht Strom- und Gas-netz-be-trei-ber: https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/DatenaustauschundMonitoring/UnternehmensStammdaten/Uebersicht_Netzbetreiber/UebersichtStromUndGasnetzbetreiber_node.html; Bonn: Bundesnetzagentur, 2018 (überarbeitet: 9.5.2018).

BOET-01 14 Böttcher, Jörg (Hrsg.): Stromleitungsnetze - Rechtliche und wirtschaftliche Aspekte. Kiel: De Gruyter Verlag Oldenburg, 2014

BORGM-01 04 Borgmann, Eberhard: Preisrisikomanagement im liberalisierten deutschen Strommarkt. Dissertation. Herausgegeben durch Technische Universität Bergakademie Freiberg - Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, geprüft von Lohmann, Karl und Horst, Brezinski: Freiberg, 2004.

BPU-01 18 BPU Blockchain Power Unit GmbH i.G.: Ökostrom 2020+ Die Lösung zum Weiterbetrieb ihrer Anlage. In: https://blockchainpowerunit.de/. (Abruf am 2018-08-17); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/71ojGE1mt); Altenstadt: BPU Blockchain Power Unit GmbH i.G., 2018.

BREG-01 18 Ein neuer Aufbruch für Europa Eine neue Dynamik für Deutschland Ein neuer Zusammenhalt für unser Land - Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD 19. Legislaturperiode. 2018.

BSGU-01 15 EU-Gebäuderichtlinie in: http://www.haeuser-fuer-heute.de/eu-gebaeuderichtlinie. Accessed: 2016-10-11. Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/6lBBIPP9S. Berlin: Beratungs- und Service-Gesellschaft Umwelt mbH, 2015

BSI-01 08 BSI-Standard 100-2 - IT-Grundschutz-Vorgehensweise. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), 2008.

BSI-01 17 Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI): Technische Richtlinie TR-02102-2 - Kryptographische Verfahren: Empfehlungen und Schlüssellängen. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), 2017

BSI-102 17 Technische Richtlinie BSI TR-03109-2 - Anhang B: Smart Meter Mini-HSM – Anforderungen an die Funktionalität und Interoperabilität des Sicherheitsmoduls. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), 2017.

BSI-03 18 Blockchain sicher gestalten - Eckpunkte des BSI. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), 2018.

BSI-04 18 Das Smart-Meter-Gateway - Cyber-Sicherheit für die Digitalisierung der Energiewende (BSI-Bro18/332). Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), 2018.

BSI-05 18 John-Koch, Monika et al.: Sektor: Energie - Kritische Infrastruktur. In: https://www.kritis.bund.de/SubSites/Kritis/DE/Einfuehrung/Sektoren/Energie/Energie_node.html. (Abruf am 2018-09-26), (http://www.webcitation.org/72iVX5fiS); Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, 2018.

BTU-01 16 Plenz, Maik: Potenzialanalyse Überschussstrom für Power-to-Heat und Power-to-Gas - Gebäude-Energiewende Arbeitspapier 5. Senftenberg: BTU Cottbus-Senftenberg, 2016.

BWKL-01 16 Burgwinkel, Daniel et al.: Blockchain Technology: Einführung für Business- und IT Manager. Oldenbourg: Daniel Burgwinkel, 2016.

CBS-02 16 Ranger, Steve: The US military wants its own encrypted messaging app built on blockchain. In: https://www.zdnet.com/article/the-us-military-wants-its-own-encrypted-messaging-app-that-uses-blockchain/. (Abruf am 2018-09-07); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/72laPh6Cq); San Francisco, USA: CBS Interactive Inc., 2016.

CENE-01 14 CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group: SG-CG/ M490/F_ Overview of SG-CG Methodologies. Brüssel, Belgien: CENELEC, 2014.

CMS-01 17 Kaulartz, Markus et al.: BaFin: rechtmäßige ICOs sind in Deutschland möglich, aber… In: https://www.cmshs-bloggt.de/banking-finance/bafin-rechtmaessige-initial-coin-offering-icos-in-deutschland-moeglich/. (Abruf am 2018-02-22); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/6xQDoWK0o); Köln: CMS Hasche Sigle, 2017.

CON-01 14 Consentec GmbH: Beschreibung von Regelleistungskonzepten und Regelleistungsmarkt. Aachen: 50Hertz Transmission GmbH, 2014

CONSENTEC-02 08 Haubrich, Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hans-Jürgen: Gutachten zur Höhe des Regelenergiebedarfs. Aachen: CONSENTEC Consulting für Energiewirtschaft und -technik GmbH, 2008

CUB-101 15 Pilkington, Marc: Blockchain Technology: Principles and Applications - Research Handbook on Digital Transformations. Bourgogne: COMUE Université Bourgogne Franche-Comté, 2015.

DENA-02 14 Deutsche Energie-Agentur (dena): dena-Studie Systemdienstleistungen 2030 - Voraussetzungen für eine sichere und zuverlässige Stromversorgung mit hohem Anteil erneuerbarer Energien. Berlin: dena, 2014

DIN-02 05 Kälteanlagen und Wärmepumpen: Terminologie (Teil 5: Contracting). Ausgefertigt am 2003-11, Version vom 2005-03; Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2005.

DLR-01 17 Dietrich, Ralph-Uwe et al.: Sektorkopplung: Welche Chancen und Herausforderungen für die Energiewende? - Technologies and Energy Carriers for an Integrated Energy System. Berlin: German Aerospace Center (DLR), 2017.

DSU-01 16 Endlich ein Canvas für Plattform-Geschäftsmodelle in: https://www.deutsche-startups.de/2016/04/05/endlich-ein-canvas-fuer-plattform-geschaeftsmodelle/ Abruf: 16.08.2017 Archived by WebCite http://www.webcitation.org/6skqkc6Pt. Köln: DS Media GmbH, 2016

EBA-01 14 EBA Opinion on 'virtual currencies' - EBA/Op/2014/08. London: European Banking Authority, 2014.

EC-05 15 EU ETS Handbook. Brüssel, Belgien: European Comission, 2015.

EC-11 16 Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on common rules for the internal market in electricity - Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on the electricity market. Brüssel: Europäische Kommission, 2016.

ECC-01 18 ECC Preisverzeichnis. Leipzig: European Commodity Clearing AG, 2018.

ECOM-01 18 Vor Elektroauto-Premiere: Audi stellt "e-tron Charging Service" vor. In: https://ecomento.de/2018/09/12/audi-stellt-elektroauto-service-e-tron-charging-vor/. (Abruf am 2018-09-24); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/72iRhHYXC); Stuttgart: ecomento UG, 2018.

EEG-01 17 Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2017). Berlin: Bundesregierung Deutschland, 2017

EEX-04 17 Martkdaten der EEX AG in https://www.eex.com. Leipzig: EEX (European Energy Exchange), 2017

EEX-01 18 Leistungs- und Preisverzeichnis der EEX AG. Leipzig: EEX AG, 2018.

ENERGA-03 18 Hanke, Steven: Netzausbau: Bund prüft finanzielle Bürgerbeteiligungen. In: https://www.energate-messenger.de/news/185925/netzausbau-bund-prueft-finanzielle-buergerbeteiligung. (Abruf am 2018-09-07); Essen: energate gmbh, 2018.

ENWG-02 05 Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz - EnWG) (EnWG). Ausgefertigt am 2005-07-07, Version vom 2017-08-31; Berlin: Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, 2017.

EON-01 18 Predictive Maintenance - Künstlicher Intelligenz-Algorithmus zur Priorisierung von Ersatzmaßnahmen. In: https://www.eon.com/de/neue-energie/digitalisierung/predictive-maintenance.html. (Abruf am 2018-09-26); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/72iToHtnn); Essen: E.ON SE, 2018.

EPEX-01 17 Marktdaten der EPEX-Spot SE in: ftp-Server der EPEX-Spot SE. Leipzig: EPEX-Spot SE, 2017

EPEX-01 18 Schubotz, Maria et al.: Projekt enera: EWE und EPEX SPOT schaffen lokale Marktplattform zur Vermeidung von Netzengpässen. Essen / Oldenburg / Paris: EPEX SPOT SE, 2018.

EPEX-06 18 EPEX SPOT Price List. Paris: EPEX SPOT SE, 2018.

ETHN-01 16 Manning, Jim: Proof-of-Work Vs. Proof-of-Stake Explained. In: https://www.ethnews.com/proof-of-work-vs-proof-of-stake-explained. (Abruf am 2018-01-29); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/6wpR55B4M); Los Angeles, USA: ETHNews, 2016.

EU-01 03 Richtlinie 2003/87/EG des Europäischen Parlaments und Rates über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der Gemeinschaft und zur Änderung der Richtlinie 96/61/EG des Rates in: Amtsblatt der Europäischen Union. Brüssel: Europäische Kommission, 2003

EU-07 10 Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. Ausgefertigt am 2010-05-19; Brüssel: Europäische Union, 2010.

EU-03 13 The EU Emissions Trading System (EU ETS). Brüssel: Europäische Kommission, 2013

EU-11 16 EU-Datenschutz-Grundverordnung (EU-DSGVO). Ausgefertigt am 2016-04-14; Brüssel: Europäisches Parlament, 2016.

EU-15 16 Die Europäische Union erklärt Forschung und Innovation. Brüssel, Belgien: Europäische Kommission, 2016.

EU-04 18 Emissionshandelssystem der EU. In: https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_de. (Abruf am 2018-05-18); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/6zV85HKZr); Brüssel: Europäische Komission, 2018.

EY-01 13 Kosten-Nutzen-Analyse für einen flächendeckenden Einsatz intelligenter Zähler - Endbericht zur Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Stuttgart: Ernst & Young GmbH, 2013

FFE-15 17 Samweber, Florian; Köppl, Simon; Bogensperger, Alexander: Projekt Merit Order Netz-Ausbau 2030 - Teilbericht Maßnahmenklassifizierung. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE), 2017

FFE-74 17 Samweber, Florian; Köppl, Simon; et al.: Projekt MONA 2030: Bewertung Netzoptimierender Maßnahmen gemäß technischer, ökonomischer, ökologischer, gesellschaftlicher und rechtlicher Kriterien - Teilbericht Einsatzreihenfolgen. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE), 2017

FFE-01 18 Estermann, Thomas et al.: Steuerbox im Feldversuch - Umsetzung von Schalthandlungen mit der zukünftigen Smart-Grid-Infrastruktur bestehend aus intelligentem Messsystem und Steuerbox. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V., 2018.

FFE-04 18 Bogensperger, Alexander; Zeiselmair, Andreas, Hinterstocker, Michael: Die Blockchain-Technologie - Chance zur Transformation der Energieversorgung? - Berichtsteil Technologiebeschreibung. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE), 2018.

FFE-32 18 Köppl, Simon et al.: C/sells – Großflächiges Schaufenster im Solarbogen Süddeutschlands. In: https://www.ffe.de/themen-und-methoden/digitalisierung/688-c-sells-das-energiesystem-der-zukunft-im-solarbogen-sueddeutschlands. (Abruf am 2018-09-11); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/72LkM0abb); München: FFE, 2018.

FNN-01 10 Lastenheft EDL Elektronische Haushaltszähler. Berlin: Forum Netztechnik / Netzbetrieb im VDE (FNN), 2010.

FROMM-01 17 Fromm, Thomas: Das Milliardengeschäft mit der Tachomanipulation - Gebrauchtwagen-Handel. In: https://www.sueddeutsche.de/auto/gebrauchtwagen-handel-das-milliardengeschaeft-mit-der-tachomanipulation-1.3457525. (Abruf am 2018-09-26); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/72iP03Hvl); München: Süddeutsche Zeitung GmbH, 2017.

FRS-01 09 Berliner S-Bahnen: Wartungsprotokolle gefälscht?. In: http://www.fr.de/wirtschaft/berliner-s-bahnen-wartungsprotokolle-gefaelscht-a-1081268. (Abruf am 2018-09-26); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/72iOnTxO7); Frankfurt am Main: Frankfurter Rundschau GmbH, 2009.

GARC-01 18 Garcia, Hector: The next Share&Charge. In: https://medium.com/share-charge/the-next-share-charge-bc5f6807ddd6. (Abruf am 2018-04-17); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/71obRuA2v); San Francisco, USA: Medium, 2018.

GART-01 05 Mieritz, Lars et al.: Defining Gartner Total Cost of Ownership. Stamford, USA: Gartner, Inc., 2005.

GEI-01 18 Geitner, Sebastian: Einsatzmöglichkeiten der Blockchain-Technologie in der Energiewirtschaft . Bachelorarbeit. Herausgegeben durch Hochschule für Angewandte Wissenschaften Landshut - Fakultät Elektrotechnik und Wirtschaftsingenieurwesen, betreut durch die Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V.; Landshut, 2018.

GET-01 18 Statistik Ökostromtarife 2015-2017; Leipzig: GET AG, 2018.

GRUB-01 17 Gruber, Anna-Maria: Zeitlich und regional aufgelöstes industrielles Lastflexibilisierungspotenzial als Beitrag zur Integration Erneuerbarer Energien – Dissertation, eingereicht an der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der TU München, durchgeführt an der Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mBH: München, 2017

GSL-01 17 Kuronen, Antti et al.: Development of the Guarantees of Origin Market. Helsinki, Finnland: Grexel Systems Ltd., 2017.

HARMS-01 18 Harms, Michel: Crowdinvest Insight - 500 Mio. Euro | Juni 2018. Berlin: crowdfunding.de, 2018.

HEDT-01 11 Hedtrich, Friedrich: Prediction Markets als Instrument zur Prognose auf Agrarmärkten. Dissertation. Herausgegeben durch die Christian-Albrechts-Universität zu Kiel: Kiel, 2011.

HERTZ-04 18 50Hertz Transmission GmbH: Internationale PRL-Kooperation: Kopplung der Märkte von Deutschland, Belgien, Niederlande, Frankreich, Schweiz und Österreich. In: https://www.regelleistung.net/ext/static/prl. (Abruf am 2018-08-17); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/71ocqgdnq); Berlin: 50Hertz Transmission GmbH, 2018.

IDG-01 18 IDG Business Media GmbH: Vier Prozent der Deutschen haben bereits Bitcoins genutzt. In: https://www.cio.de/a/vier-prozent-der-deutschen-haben-bereits-bitcoins-genutzt,3575825. (Abruf am 2018-08-17); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/71onk0G3h); München: IDG Business Media GmbH, 2018.

ISLER-01 17 Isler, Michael: Datenschutz auf der Blockchain. in: Jusletter 4. Zürich, 2017.

ISO-01 17 Dunn, Craig: ISO/TC 307 - Blockchain and distributed ledger technologies. In: https://www.iso.org/committee/6266604.html. (Abruf am 2018-01-05); Sydney, Australien: International Organization for Standardization, 2017.

KÄF-01 17 Käfer, Simone: Smart-Meter-Rollout - Wie sag ich's meinem Kunden?. In: ew - Das Magazin für die Energie Wirtschaft 05/2017. Offenbach: EW Medien und Kongresse GmbH, 2017.

KBA-04 17 Fahrzeugzulassungen (FZ) - Bestand an Kraftfahrzeugen nach Umwelt-Merkmalen 1. Januar 2017. Flensburg: Kraftfahrt-Bundesamt, 2017

KBA-02 18 Kraftfahrt Bundesamt: Personenkraftwagen am 1. Januar 2018 nach ausgewählten Merkmalen - Bestandsbarometer Personenkraftwagen am 1. Januar 2018 nach ausgewählten Kraftstoffarten. In: https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Ueberblick/2018_b_barometer.html?nn=1133288. (Abruf am 2018-04-27); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/6yzJ6nXze); Flensburg: Kraftfahrt Bundesamt, 2018.

KÖP-01 17 Köpke, Ralf et al.: E&M-Ökostrom-Branchenumfrage 2017. Hamburg: Energie & Management Verlagsgesellschaft mbH, 2017.

KORC-101 14 Korcaj, Liridon et al.: Private Investitionen in erneuerbare Energiesysteme - Bürger als Investoren. In: Ökologisches Wirtschaften (29) 01.2014. Berlin: Ökologisches Wirtschaften, 2014.

KRACK-01 16 Krack, Juri: Die gesellschaftliche Akzeptanz des Netzausbaus in Deutschland - Eine vergleichende Analyse. Masterarbeit. Herausgegeben durch die Eberhard Karls Universität Tübingen, betreut durch die Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V.: München, 2016

MALL-01 13 Jonas, Martiny: Skandal um doppelt verkaufte Grundstücke - Betrüger müssen sich verantworten, Prozessauftakt vorläufig verschoben. In: https://mallorcamagazin.com/nachrichten/lokales/2013/09/07/38573/skandal-mehrfach-grundstucksverkaufe-auf-mallorca.html. (Abruf am 2018-08-23); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/72la0zj2M); Palma de Mallorca, Spanien: Mallorca Magazin, 2013.

MARN-01 17 Marnau, Ninja: Die Blockchain im Spannungsfeld der Grundsätze der Datenschutzgrundverordnung. In: INFORMATIK 2017; Bonn: Gesellschaft für Informatik, 2017.

MEIE-01 14 Meier, Jens: Bewertung von Energieverteilnetzen im Falle eines Konzessionsübergangs - Identifikation eines normzweckadäquaten Bewertungsansatzes. Wiesbaden: Springer Gabler, 2014

MESSEV-01 14 Bundesrepublik Deutschland: Verordnung über das Inverkehrbringen und die Bereitstellung von Messgeräten auf dem Markt sowie über ihre Verwendung und Eichung (Mess- und Eichverordnung - MessEV). Berlin: Bundesrepublik Deutschland, 2014

MVV-02 15 Thomann, Robert; Schubert, Markus; Pickford, Gordon; Natour, Ali: Strombank - Innovatives Betreibermodell für Quartierspeicher. Mannheim: MVV Energie AG, 2015

NATW-01 12 naturwind schwerin gmbh: windenergie weil sie wirtschaftlich, umweltverträglich und sozial ist. Schwerin: naturwind schwerin gmbh, 2012.

NEEF-01 17 Neef, Sebastian et al.: Windparks sind schlechter gesichert als E-Mail-Konten. In: https://www.golem.de/news/energieversorgung-e-mail-konten-sind-besser-gesichert-als-windparks-1709-129868.html. (Abruf am 2018-08-17); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/71ohkkAEQ); Berlin: Golem Media GmbH, 2017.

NEID-01 11 Neidhart, Christoph: Betreiber Tepco fälschte Reparatur-Protokolle. In: https://www.sueddeutsche.de/politik/mangelhafte-kontrollen-in-fukushima-betreiber-tepco-faelschte-reparatur-protokolle-1.1075242. (Abruf am 2018-09-25); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/72iOQGDJD); München: Süddeutsche Zeitung GmbH, 2011.

NEX-01 18 Was ist der OTC-Handel?. Köln: Next Kraftwerke GmbH, 2018.

NTV-02 16 n-tv Nachrichtenfernsehen GmbH: Studie: Carsharing hat gigantisches Potential - Größter Markt ist Europa. In: https://www.n-tv.de/wirtschaft/Studie-Carsharing-hat-gigantisches-Potential-article17056621.html. (Abruf am 2018-08-17); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/71oYZG6sr); Köln: n-tv Nachrichtenfernsehen GmbH, 2016.

OHW-01 13 Bermbach, Rainer: Kommunikation im Smart Grid - Kommunikationsbedarf eines MUC Controllers. Wolfenbüttel: Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften Fakultät Elektrotechnik, 2013.

OST-01 04 Osterwalder, Alexander: The Business Model Ontology - A Proposition in a Design Science Approach. Lausanne: Université de Lausanne, 2004

OW-01 16 Van de Velde, Jo et al.: Blockchain in Capital Markets - The Prize and the Journey. Brüssel, Belgien: Oliver Wyman, 2016.

PROG-101 17 Koepp, Marcus et al.: Mieterstrom - Rechtliche Einordnung, Organisationsformen, Potenziale und Wirtschaftlichkeit von Mieterstrommodellen (MSM). Berlin: Prognos AG, 2017.

PWC-03 15 The Sharing Economy - Consumer Intelligence Series. Delaware, USA: PricewaterhouseCoopers LLP, 2015.

PWC-04 17 Schattner, Steffen: Asset Management von Versorgungsnetzen - Eine Studie zum Reifegrad unter Netzbetreibern der D-A-CH Region - Best-Practice-Empfehlungen zur Ausgestaltung eines Asset-Management-Systems. Frankfurt am Main: PricewaterhouseCoopers GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft, 2017.

PWC-05 17 Bruns, Michael: Predictive Maintenance in der Energiewirtschaft - Versorgungssicherheit durch vorausschauende Wartung. In: https://www.pwc.de/de/energiewirtschaft/digitalisierung-in-der-energiewirtschaft/predictive-maintenance-in-der-energiewirtschaft.html. (Abruf am 2018-09-26); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/72iTaQlnC); Frankfurt am Main: PricewaterhouseCoopers GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft, 2017.

QU-01 18 Al Jawaheri, Husam et al.: When A Small Leak Sinks A Great Ship: Deanonymizing Tor Hidden Service Users Through Bitcoin Transactions Analysis. Doha, Qatar: Qatar University, 2018.

RICH-01 17 Richter, Thomas: Entwicklung einer Bewertungsmethodik für Rollout-Strategien von intelligenten Messsystemen in der digitalisierten Energiewirtschaft . Masterarbeit. Herausgegeben durch Hochschule Ansbach, betreut durch Forschungsstelle für Energiewirtschaft: Ansbach, 2017.

RIT-01 18 Rochester, Steven: How a Blockchain Network Can Ensure Compliance With Clean Development Mechanism Methodology and Reduce Uncertainty About Achieving Intended Nationally Determined Contributions. Rochester, NY, USA: Rochester Institute of Technology, 2018.

RÖDL-01 18 Wilting, Armin: Wird die Blockchain bald Ihren Wirtschaftsprüfer ersetzen?. In: https://www.roedl.de/themen/blockchain-technologie-wirtschaftspruefung-chancen. (Abruf am 2018-09-28); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/72lZWvvSf); Nürnberg: Rödl & Partner GmbH, 2018.

SACK-01 16 Sackmann, Christoph: Euro, nein danke! 46 deutsche Regionen setzen auf ihre eigene Währung - Chiemgauer, Elbtaler, Carlo. In: https://www.focus.de/finanzen/clever-einkaufen/chiemgauer-elbtaler-carlo-wer-braucht-schon-den-euro-warum-46-deutsche-regionen-auf-ihre-eigene-waehrung-setzen_id_6377437.html. (Abruf am 2018-08-17); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/71oilvQ8Z); München: FOCUS Online, 2016.

SCHEIB-01 13 Scheible, Tobias: IT-Sicherheit Grundlagen: Schutzziele. In: http://cyber-security-center.de/it-sicherheit-grundlagen-schutzziele/. (Abruf am 2018-09-26); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/72in5Cyzb); Albstadt-Sigmaringen: Hochschule Albstadt-Sigmaringen, Cyber Security Center Kompetenzzentrum für Informationssicherheit, 2013.

SCHNO-01 18 Schnoor, Jonathan: Entwicklung einer Plattform für die Kennzeichnung elektrischer Energie durch die Blockchain-Technologie und Smart Contracts - Development of a Platform for the Labeling of Electrical Energy using Blockchain Technology and Smart Contracts. Masterarbeit. Herausgegeben durch die Technische Universität München - Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik, betreut durch die Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V.: München, 2018.

SCHOL-01 18 Scholtka, Boris et al.: Blockchain in der Energiewirtschaft - Rechtsfragen bei Blockchain und Smart Contracts. In: EWeRK Fachseminar; Berlin: PwC Legal, 2018.

SNO-01 17 Electricity balance Norway 2016: https://www.ssb.no/eksport/excel?key=330187; Oslo, Norwegen: Statistics Norway, 2017 (überarbeitet: 2017).

SOMM-01 17 Sommer, Marcel: Wo steht Deutschland im globalen Vergleich? - E-Mobilität im Promillebereich. In: https://www.t-online.de/auto/elektromobilitaet/id_80969476/elektromobilitaet-so-steht-deutschland-im-globalen-vergleich-da.html. (Abruf am 2018-08-17); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/71oappdTK); Frankfurt am Main: Ströer Digital Publishing GmbH, 2017.

STROMNEV-01 07 Verordnung über die Entgelte für den Zugang zu Elektrizitätsversorgungsnetzen (Stromnetzentgeltverordnung – StromNEV). Berlin: Bundesministerium der Justiz, 2007

TEC-01 16 Voshmgir, Shermin: Blockchains, Smart Contracts und das Dezentrale Web. Berlin: Technologiestiftung Berlin, 2016.

TEHG-01 08 Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz (TEHG) - Gesetz über den Handel mit Berechtigungen zur Emission von Treibhausgasen. Berlin: Bundesrepublik Deutschland, 2008

TEN-02 15 Bauernschmitt, Svetlana: Marktprozesse für die Bilanzkreisabrechnung (Strom). Nürnberg: TenneT TSO GmbH, 2015.

TUD-01 14 Hinz, Fabian; Iglhaut, Daniel; Frevel, Tobias; Möst, Dominik: Abschätzung der Entwicklung der Netznutzungsentgelte in Deutschland - Im Auftrag der Sächsischen Staatskanzlei. Dresden: Technische Universität Dresden, 2014

UB-01 00 Becker, Wolfgang et al.: Kostenrechnung für die Instandhaltung - Ergebnisse einer empirischen Untersuchung. Bamberg: Universität Bamberg, 2000.

UBA-08 12 FAQ Herkunftsnachweisregister. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, 2012.

UBA-11 14 Marktanalyse Ökostrom - Endbericht. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, 2014.

UBA-15 17 Steinemann, Myriam et al.: Marktbeobachtungen für die Umweltpolitik - Grüne Produkte in Deutschland 2017. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, 2017.

UBA-16 17 Umweltbundesamt: Das Regionalnachweisregister im Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, 2017.

UBA-03 18 Marty, Michael: Telefonat - Fragen zu Stromkennzeichnung und Herkunftsnachweisregister; Interview, geführt von Zarth, Jonte; Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, 2018

UBA-10 18 Kraftwerke in Deutschland (ab 100 Megawatt elektrischer Leistung): https://www.umweltbundesamt.de/dokument/datenbank-kraftwerke-in-deutschland; Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, 2018.

UENB-04 16 Information zur SRL-Kooperation Deutschland/Österreich - Gemeinsamer Einsatz von Sekundärregelleistung in Deutschland und Österreich in: www.regelleistung.net: 2016

UMWE-01 14 Durchführungsverordnung über Herkunftsnachweise für Strom aus erneuerbaren Energien (HkNDV). Ausgefertigt am 2014-07-14, Version vom 2015-12-21; Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, 2015.

UMWE-01 17 Statistik des deutschen Herkunftsnachweisregisters 2016: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/372/dokumente/2016_statistik_des_deutschen_herkunftsnachweisregisters_fuer_strom_aus_erneuerbaren_energien_0.pdf; Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, 2017.

UN-01 98 The Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Kyoto: United Nations, 1998

ÜNB-03 16 EEG-Anlagenstammdaten zur Jahresabrechnung 2015 in: https://www.netztransparenz.de/EEG/Anlagenstammdaten (Abruf 27.12.2016). Berlin, Dortmund, Bayreuth, Stuttgart: Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB), 2016

ÜNB-06 18 Minutenreserveleistung 50 Hertz 2016: https://www.regelleistung.net/ext/data/; Berlin: https://www.regelleistung.net/ext/data/50 Hertz, 2018.

ÜNB-10 18 Präqualifikationsverfahren für Reservenanbieter (FCR, aFRR, mFRR) in Deutschland - Entwurf zur Konsultation - Stand: 10.04.2018. Berlin: Übertragungsnetzbetreiber, 2018.

ÜNB-11 18 Leitfaden zur Bestimmung von Regelleistungsistwerten. Berlin: Übertragungsnetzbetreiber, 2018.

ÜNB-13 18 Präqualifizierte Anbieter je Regelenergieart - Stand 30.07.2018. Berlin, Pulheim, Bayreuth, Stuttgart: 50Hertz Transmission GmbH, Amprion GmbH, TenneT TSO GmbH, TransnetBW GmbH, 2018.

UNF-02 18 Clean Development Mechanism (CDM). In: http://cdm.unfccc.int/. (Abruf am 2018-09-25); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/72ln04jYw); Bonn: United Nations Framework Convention on Climate Change, 2018.

VBW-01 17 Heckmann, Dirk et al.: Blockchain und Smart Contracts - Recht und Technik im Überblick. München: vbw - Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e.V., 2017.

VDI-01 18 Hermann, Sascha et al.: Blockchain - Eine Technologie mit disruptivem Charakter - Potenziale und Herausforderungen. Düsseldorf: VDI Technologiezentrum GmbH, 2018.

VDN-01 07 TransmissionCode 2007 - Netz- und Systemregeln der deutschen Übertragungsnetzbetreiber. Berlin: Verband der Netzbetreiber e.V. (VDN) beim VDEW, 2007

VMG-03 18 Technical-Due-Diligence - Definition. In: https://www.gruenderszene.de/lexikon/begriffe/technical-due-diligence. (Abruf am 2018-09-26); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/72iS9BGin); Berlin: Vertical Media GmbH, Gründerszene, 2018.

VORN-01 15 Vornholt, Christoph: Smart Maintenance für Smart Factories - Mit intelligenter Instandhaltung die Industrie 4.0 vorantreiben. München: acatech - DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN, 2015.

VUA-01 02 Gordijn, Jaap: Value-based Requirements Engineering - Exploring Innovative e-Commerce Ideas. Amsterdam: Vrije Universiteit Amsterdam, 2002

VUMA-01 17 Bevölkerung in Deutschland nach Bereitschaft, den Stromanbieter zu wechseln, von 2014 bis 2017 (in Millionen): https://de.statista.com/statistik/daten/studie/181625/umfrage/absicht-den-stromanbieter-zu-wechseln/; Hamburg: VuMA (Arbeitsgemeinschaft Verbrauchs- und Medienanalyse), 2017.

VZN-01 16 Kalinka, Claudia et al.: Ökostrom: Labels und Tarife - Marktuntersuchung zu niedersächsischen Tarifen und Bewertung gängiger Labels. Hannover: Verbraucherzentrale Niedersachsen e.V., 2016.

WEKA-01 18 Benchmarking - Definition. In: http://www.energiemanagement-und-energieeffizienz.de/energie-lexikon/benchmarking/. (Abruf am 2018-09-26); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/72iTGn5Ap); Augsburg: WEKA MEDIA GmbH & Co. KG, 2018.

WLT-01 16 Walter, Matthias: Intro to the Platform Business Model Canvas in: https://www.linkedin.com/pulse/intro-platform-business-model-canvas-matthias-walter Abruf: 16.08.2017 Archived by WebCite at http://www.webcitation.org/6sl2tm9J9. Dresden: Matthias Walter, 2016

WLT-02 16 Walter, Matthias: Platform Business Model Canvas Template in: https://www.creatlr.com/template/um2yxrXADndCd8ftsGgY2/platform-business-model-canvas/ (Abruf: 07.09.2017) (Archived by WebCite at http://www.webcitation.org/6tIKR4K2d). Amsterdam, NL: Creatlr, 2016

ZAR-01 18 Zarth, Jonte: Stromkennzeichnung mittels Blockchain-Technologie zur Integration erneuerbarer Energien - Vergleich verschiedener Implementierungskonzepte und energiewirtschaftliche Potenzialanalyse. Masterarbeit. Herausgegeben durch die Technische Universität München, betreut durch die Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V.: München, 2018.

ZDF-01 17 Befürworten Sie die Abschaltung von Kohlekraftwerken auch bei negativen Folgen für Stromkosten und Arbeitsplätze?: https://de.statista.com/statistik/daten/studie/784427/umfrage/umfrage-zur-abschaltung-von-kohlekraftwerken-in-deutschland/; Mainz: ZDF Politbarometer, 2017.

ZEIT-01 17 Götz, Sören: Deutsche pendeln im Schnitt rund 17 Kilometer zur Arbeit. In: https://www.zeit.de/mobilitaet/2017-09/pendler-berufspendler-arbeit-zahl-des-tages. (Abruf am 2018-07-13); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/72iQk5A8o); Hamburg: ZEIT ONLINE GmbH, 2017.

ZFK-01 18 Chance Blockchain für Stadtwerke. In: https://www.zfk.de/digitalisierung/smart-energy/artikel/chance-blockchain-fuer-stadtwerke-2018-02-18/. (Abruf am 2018-06-11); (Archived by WebCite® at http://www.webcitation.org/72iOKRMTF); München: Zeitung für kommunale Wirtschaft (ZfK), 2018.