dena
Deutsche Energie-Agentur

dena-MULTI-STAKEHOLDER-STUDIE

Blockchain in der integrierten Energiewende

Teil A Studienergebnisse (dena)
Teil B.1 Technisches und ökonomisches Gutachten (INEWI)
Teil B.2 Regulatorisches Gutachten (Deloitte)

Impressum

Herausgeber:
Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
Chausseestraße 128 a
10115 Berlin
Tel.: +49 (0)30 66 777-0
Fax: +49 (0)30 66 777-699
www.dena.de

Autoren:
Philipp Richard (dena)
Sara Mamel (dena)
Lukas Vogel (dena)

Gutachter:
Prof. Dr. Jens Strüker (INEWI)
Dr. Ludwig Einhellig (Deloitte)

Stand:
02/2019

Bildnachweis:
Vorwort – dena/Christian Schlüter

Konzeption & Gestaltung:
Heimrich & Hannot GmbH

Die vorliegende dena-Multi-Stakeholder-Studie „Blockchain in der integrierten Energiewende“ ist gegliedert in zwei inhaltliche Teile:

Teil A:
Studienergebnisse (dena)

ab Seite 6

Teil B:
1 Technisches und ökonomisches Gutachten (INEWI)
2 Regulatorisches Gutachten (Deloitte)

ab Seite 86

Inhalt

Teil A 6

Teil B 86

Teil A:

Studienergebnisse (dena)

Vorwort

Eines ist gewiss: Mit der Blockchain-Technologie entwickelt sich eine neue Form des digitalen Informationsaustausches und damit eine innovative Art der Datenspeicherung und Transaktionsabbildung. Viele sprechen gar von einer digitalen Revolution, von einem globalen Phänomen, das das Zusammenleben der Menschen verändern wird – so wie einst Dampfmaschine, Elektrizität, Automobil und Internet.

Bei allem berechtigten Optimismus über die Zukunft der Blockchain: Sie ist im breiten Kontext der Digitalisierung zu betrachten – und es gibt daneben auch andere Technologien, die für bestimmte Anwendungen erfolgreich im Markt verankert sind.

Daher ist es umso wichtiger, exakt zu verstehen, was genau die Vorteile der Blockchain sind und vor allem, wie diese für die Transformation des Energiesystems genutzt werden können. Wir müssen dazu die Eigenschaften der Technologie in ihrer Tiefe ansehen und ihre Praxistauglichkeit im Umfeld der Gegenwart und Zukunft überprüfen, um daraus valide Ableitungen treffen zu können.

Genau diesen Ansatz verfolgt die Ihnen vorliegende Multi-Stakeholder-Studie. Sie ist zum einen ein „Deep Dive“ in die integrierte Energiewende mit ihren multiplen Assets und Akteuren und zum anderen einen Realitäts-Check für die Blockchain in klar definierten Anwendungsfällen.

Eine solche Studie, die sich zum Ziel gesetzt hat, tief in aktuelle und kommende Anwendungsfälle der Blockchain – und damit in Geschäftsmöglichkeiten – einzusteigen, kann nur gelingen, wenn sie das bestehende geballte Know-how vereint. Und genau das hat sie erreicht. Wir sind daher an allererster Stelle unseren Studienpartnern zu Dank verpflichtet, die durch ihr Engagement, ihre Kompetenz und ihre Erfahrungen den Entstehungsprozess der Studie von Anfang an intensiv begleitet haben. Ihre wertvollen Diskussionsbeiträge in vielen Sitzungen und im individuellen Austausch haben einen größtmöglichen Praxisbezug ermöglicht und die Studie geerdet.

Unser besonderer Dank gilt auch der wissenschaftlichen Begleitung und dabei speziell unseren beiden Gutachtern, Prof. Dr. Jens Strüker und Dr. Ludwig Einhellig, ohne die eine fundierte technische, ökonomische und regulatorische Bewertung der Anwendungsfälle der Blockchain nicht möglich gewesen wäre.

Für uns als Deutsche Energie-Agentur verdeutlicht diese Studie: Die integrierte Energiewende ist ein Innovationsbeschleuniger, der jungen Technologien zum Durchbruch verhelfen kann. Gleichzeitig ist die Innovationsdynamik jedoch kein Selbstläufer – sie wird erst dann nachhaltig, wenn das geeignete Fundament gelegt ist. Dazu gehören auch der Abbau regulatorischer Beschränkungen und ein positives Klima gegenüber Neuem.

Wir wollen dazu beitragen, den gesellschaftlichen Diskurs anzuregen, um die für die Energiewende dringend erforderlichen Innovationspotenziale zu heben. Dafür ist die Blockchain ein gutes Beispiel. Denn bei der integrierten Energiewende geht es um das komplexe Zusammenspiel von Assets und Märkten, von neuen und alten Akteuren, von bewährten Technologien und Innovationen. Wollen wir diese Bereiche erfolgreich verknüpfen, kann und wird die Blockchain als sichere und dezentrale Technologie einen wichtigen Beitrag leisten. Davon sind wir überzeugt.

Wenn diese Studie ein Stück weit Inspiration für die integrierte Energiewende bietet, ist schon einiges erreicht. Ob sie auch zum echten Innovationsbeschleuniger werden wird, das entscheiden letztendlich Sie, liebe Leserinnen und Leser.

Herzlichst, Ihr

Andreas Kuhlmann
Vorsitzender der Geschäftsführung
der Deutschen Energie-Agentur (dena)

Executive Summary

Die dena-Multi-Stakeholder-Studie „Blockchain in der integrierten Energiewende“

„Human activities are estimated to have caused approximately 1.0 °C of global warming above preindustrial levels“[1] – von Zeit zu Zeit sollte man sich diese Erkenntnis, die bekannten Symptome des fortschreitenden Klimawandels[2] und deren globale Folgen[3] vor Augen führen, um sich die wichtigste Motivation für die Energiewende zu vergegenwärtigen. Die Energiewende ist kein Selbstzweck. Vielmehr ist die Lösung der mit ihr verbundenen Herausforderungen eine gleichermaßen ökologische, ökonomische und soziale Notwendigkeit mit dem dringenden Bedarf zu handeln.

Die Herausforderungen, aber auch die Chancen der Energiewende sind vielfältig: eine zunehmend dezentrale Erzeugungsstruktur; eine umfassende Integration der Sektoren (Strom, Wärme, Gas, Verkehr); der Ausbau der Elektromobilität sowie alternativer Energieträger, sogenannter synthetischer Kraftstoffe; der notwendige Netzaus- und -umbau sowie eine intelligente Nutzung der Bestandsnetze; die Nutzung bestehender Flexibilitätspotenziale; ein neuer Umgang mit digitalem Informationsaustausch; eine Neuordnung von Kundenbeziehungen u. v. m.

Ohne Dezentralisierung und Digitalisierung ist die Transformation des Energiesystems dabei nicht denkbar: Die schiere Menge an Erzeugungs- und Verbrauchseinheiten und deren intelligenter Abgleich sowie die zunehmende Anzahl von Prosumern, die selbstbestimmt im Energiesystem (inter-)agieren, machen die Notwendigkeit des Einsatzes digitaler Technologien offensichtlich. Zugleich entwickeln sich mit der digitalen Energiewende neue Herausforderungen wie die – gerade für die gesellschaftliche Akzeptanz der Energiewende wichtige – sichere und geschützte Erhebung, Aufbewahrung, Weitergabe und Verarbeitung von (Energie-)Daten, aber auch die Frage nach der sozialen Gerechtigkeit.

Vor diesem Hintergrund ist die Blockchain-Technologie zu sehen. Als Informationssystem mit dezentralen Wesensmerkmalen ist sie eine technologische Ausprägung der Digitalisierung, ein Informationsprotokoll und dezentral organisiertes Datenregister, das durch seine spezifischen Eigenschaften Sicherheit, Unveränderlichkeit, Transparenz, Robustheit und Multi-Stakeholder-Partizipation geprägt ist.

Welchen Beitrag kann die Blockchain also zur Energiewende leisten? Und wo bietet sich ein Einsatz der Technologie konkret an? Gemeinsam mit 16 Partnerunternehmen aus der Energiewelt und unter Einbindung zweier wissenschaftlicher Gutachter sowie von vier wissenschaftlichen Advisors und fünf Advisors aus der Blockchain-Szene geht die dena diesen Fragestellungen mit der vorliegenden Studie systematisch nach. Die Studie konzentriert sich auf 11 ausgewählte Anwendungsfälle (Use Cases) aus den fünf übergreifenden Anwendungsfeldern Asset Management, Datenmanagement, Marktkommunikation (Strom), Handel (Strom) sowie Finanzierung & Tokenization. Damit beleuchtet sie die verschiedenen Winkel einer Anwendung der Technologie im Energiesystem von morgen. Alle Use Cases werden hinsichtlich ihrer technologischen Reife, der Wettbewerbssituation bezüglich anderer Technologien, des mikroökonomischen (betriebswirtschaftlichen) sowie makroökonomischen (volkswirtschaftlichen) Nutzens, ihres strategischen Mehrwerts und ihres regulatorischen Umfelds analysiert und bewertet. Die Ergebnisse dieser fallbezogenen Analysen (vgl. Kapitel 3) unterstützen Unternehmen sowie Politik bei der Einordnung und Entscheidung des Einsatzes der Blockchain-Technologie in der integrierten Energiewende. Zugleich liefern die Ergebnisse dem Entwicklungsstadium dieser noch sehr jungen Technologie entsprechend bereits jetzt eine Reihe an Ansatzpunkten für weitere Untersuchungen. Ein besonderes Augenmerk sollte dabei auf systemische Effizienzgewinne gerichtet werden, die sich insbesondere aus Synergien durch die gleichzeitige Erprobung und Umsetzung einzelner Use Cases ergeben können.

[1] IPCC (2018).
[2] U. a. Anstieg des Meeresspiegels, Häufung extremer Wetterereignisse, Reduktion der Biodiversität etc.
[3] U. a. Hunger, Wassermangel, erzwungene Migration, zwischen- und innerstaatliche Krisen, wirtschaftliche Schwächung etc.

Der Einsatz und die Weiterentwicklung der Blockchain-Technologie bieten spannende Ansätze für die Energiewirtschaft und können als wichtige Treiber für die Entwicklung neuer digitaler Geschäftsmodelle zur erfolgreichen Transformation des Energiesystems beitragen. Für Akteure der Energiewirtschaft eröffnet dies die Chance, einzelne technologische Entwicklungsstufen zu überspringen und sich als innovatives Vorbild für andere Branchen zu positionieren.

Die Blockchain-Technologie macht die Digitalisierung greifbarer und öffnet den Raum für wirtschaftlichen Mehrwert im Umgang mit digitalen Informationen. Gleichzeitig handelt es sich dabei um eine digitale Grundlagentechnologie, die mit hoher Wahrscheinlichkeit erheblichen Einfluss auf den digitalen Informationsfluss von morgen haben wird. In der Blockchain-Szene ist schon seit Längerem der Begriff „Web 3.0“ im Umlauf. Im Web 3.0 können Informationen mit einem Wert versehen und nachvollziehbar, unverfälscht, automatisiert sowie selbstausführend übertragen und verwertet werden. Die Blockchain-Technologie kann das Rückgrat eines solchen Internets der Werte darstellen. Dieses bietet zudem die Diskussionsgrundlage für spieltheoretische Anreizsysteme, um auch damit unmittelbar zusammenhängende Fragen der nachhaltigen, nachvollziehbaren und (teil-)automatischen Wertverteilung zu beantworten.

Je früher die regulatorischen und technischen Voraussetzungen für die Nutzung der Blockchain im Energiesektor identifiziert und erfüllt werden, desto konsequenter lassen sich diese Mehrwerte erproben und heben.

Dabei gilt es zu beachten, dass die Blockchain nicht zwangsläufig der „missing key“ der Energiewelt ist, welcher gleichsam die Lösung aller Herausforderungen der Energiewende verspricht. Eine solche Zuschreibung würde die Erwartungen an die Technologie übersteigern und daher drohen, die Verbreitung in den spezifischen Anwendungsfeldern der Energiewirtschaft, in denen ein Einsatz dieser Technologie tatsächlichen Mehrwert und Sinn bietet, zu verlangsamen. Vielmehr sollte die Blockchain, so viel sei einleitend gesagt, pragmatisch in den Bereichen, in denen ihre Kerneigenschaften zum Tragen kommen, erprobt, eingesetzt und weiterentwickelt werden. Nach dem Abkühlen des Hypes um Kryptowährungen muss jetzt der Übergang in die seriöse Testphase erfolgen. Die regelmäßig erscheinenden Meldungen neuer Kooperationen von Energieversorgern, Netzbetreibern, Energiehändlern, Geräteherstellern und Technologielieferanten mit Start-ups aus der Blockchain-Szene verdeutlichen, dass sich eine entsprechende Dynamik bereits entwickelt.

Handlungsempfehlungen

Im Folgenden sind die wichtigsten Handlungsempfehlungen für Politik, Energiewirtschaft und Blockchain-Szene aufgeführt:

Studienergebnisse in der Blockchain-Strategie der Bundesregierung berücksichtigen

Das Potenzial der Blockchain-Technologie wurde auch auf politischer Ebene mit der Aufnahme an verschiedenen Stellen im Koalitionsvertrag dokumentiert. In der Umsetzungsstrategie der Bundesregierung „Digitalisierung gestalten" wird zum Beispiel eine umfassende Blockchain-Strategie bis zum Sommer 2019 angekündigt. Ziel ist, geeignete Rahmenbedingungen für die Technologie und für Krypto-Assets zu definieren, um die entsprechenden Potenziale zu heben und Missbrauch zu vermeiden.[4] Zur Erörterung eines weiteren Vorgehens für Anwendungen im Energiebereich bieten das Partnernetzwerk des vorliegenden Studienvorhabens und die Ergebnisse der Studie umfassende Expertise, die substanziell in die Planung der nächsten Schritte eingebunden werden sollte.

Arbeitsgruppe mit Übersetzungsfunktion für politische Entscheider einrichten

Die Blockchain entwickelt sich rasant und steht für eine neue Form digitaler Datendienste, die in den kommenden Dekaden sukzessive an Bedeutung gewinnen wird. Weltweit wird an der Verbesserung der Technologie gearbeitet und Veränderungen stehen an der Tagesordnung. Spezielle Ausgestaltungen beispielsweise mit Blick auf die kryptologischen Verfahren zur Gewährleistung eines sicheren und dezentralen Umgangs mit Daten, spieltheoretische Aufbauten zur nachhaltigen Entwicklung für den dezentralen Betrieb der Blockchain oder auch Fragen der Interoperabilität verschiedener Blockchains sind hoch kompliziert und bedürfen einer Übersetzungsfunktion für politische Entscheider. Mit diesem Ziel sollte eine Arbeitsgruppe konstituiert werden, die mit Blick auf mögliche Anwendungen in der Energiewirtschaft regelmäßig Bericht erstattet und über den aktuellen Fortschritt der Blockchain-Technologie Auskunft gibt.

Dialog um hard- und softwareseitige Datensicherheit und Datenschutz stärken

Die technischen Fähigkeiten der Blockchain-Technologie können softwareseitig zur Förderung eines verlässlichen und geschützten Umgangs mit Daten beitragen. Entsprechend gilt es zu prüfen, inwieweit die Technologie und der sichere Aufbau digitaler Messinfrastruktur (Hardware) gut genug zueinander passen, um eine Ende-zu-Ende-Informationskette zu realisieren. Diesbezüglich sind Machbarkeitsstudien und Austauschdialoge zwischen den Experten der jeweiligen Domänen politisch zu unterstützen, um Parallelentwicklungen zusammenzuführen und Mehrwert zu heben. Mit Blick auf die Energiewirtschaft gilt dies zuvorderst für die Vereinbarkeit der Technologie mit den Entwicklungen rund um den Smart-Meter-Rollout. Ebenso sind die Entwicklungen der Technologie im Hinblick auf die Diskussionen zum Datenschutz eng zu verfolgen. Neben einer rechtlichen Klärung, welche Daten noch als personenbezogen zu bewerten sind[5], sind auch die technologischen Weiterentwicklungen im Bereich der Pseudonymisierung und Anonymisierung regelmäßig in Erfahrung zu bringen und zu bewerten (Stichwort: Datensouveränität).

Register für Smart Contracts für die Energiewirtschaft aufsetzen

Die Bedeutung von Smart Contracts nimmt im Zuge der Digitalisierung auch für die Energiebranche zu. Dabei ist die Übersetzung vertraglicher Beziehungen in digitale Sprache grundsätzlich nicht ausschließlich der Blockchain-Technologie zuzuordnen. Ein Register, das vertragliche Sachverhalte der Energiewirtschaft aufnimmt und damit gleichzeitig als Ansatzpunkt für eine Ordnung derselben dient, ist ein erster Schritt, um einen Austausch darüber zu führen, welche Sachverhalte in einen automatisierten, sich selbst ausführenden Vertrag überführt werden können. Das Aufsetzen einer solchen Plattform sollte durch eine unabhängige Institution vollzogen werden, sie sollte frei zugänglich sein und die Einträge sollten permanent gesichtet, bewertet, diskutiert und kommentiert werden.

[4] Die Bundesregierung (2018).
[5] Deutscher Bundestag (2018).

Bedeutung der Technologie für die Akzeptanz der Energiewende erforschen

Mit der Blockchain-Technologie gewinnt eine dezentrale Form digitaler Dienstleistungen mit der Möglichkeit, Werte im digitalen Raum zu übertragen, an Bedeutung. Die dezentral organisierte, technisch-mathematische Vertrauensfunktion ersetzt dabei zentrale Vertrauens- und Steuerungsinstanzen und unterstützt somit grundsätzlich den Gedanken von Partizipation, ein wesentliches Erfolgskriterium der Energiewende. Die übergeordnete Bedeutung dezentraler Vertrauens- und Steuerungsinstrumente für die Akzeptanz der Energiewende sollte daher in einem Studienvorhaben oder einem Markttest in Erfahrung gebracht werden, um auch mögliche volkswirtschaftliche Effekte der Technologie zu adressieren.

„Blockchain-Lab“ für Pilotprojekte etablieren

Zu den Kernergebnissen dieser Studie zählt, dass der nächste Schritt verstärkt in die tatsächliche Umsetzung der Blockchain-Technologie führen sollte. Die Politik sollte in Kooperation mit Akteuren der Energiewirtschaft eine breit angelegte Erprobung der noch jungen Technologie für Anwendungen im Energiebereich fördern, um deren Potenzial unter realen Bedingungen zu testen. Hierzu sollten die Ergebnisse dieser Studie als Ausgangspunkt dienen, auf dessen Basis einige ausgewählte und besonders vielversprechende Use Cases in einem „Blockchain-Lab“ umgesetzt und insbesondere auch die systemischen Effizienzgewinne, die sich aus einer Kombination unterschiedlicher Use Cases ergeben, erforscht werden könnten. Ein derartiges Pilotierungslabor ließe sich parallel auch für weitere digitale Kernthemen der Energiewirtschaft wie z. B. künstliche Intelligenz nutzen.

Checkliste für Blockchain in der integrierten Energiewende

Die folgende Checkliste soll Anwendern der Blockchain-Technologie im Energiesektor aufzeigen, welche Schritte anzugehen sind, um die Technologie mehrwertbringend einzusetzen und das Potenzial der Anwendungsfälle auch operativ zu erproben. Die einzelnen Punkte sollten dabei nicht als lineare Abfolge betrachtet werden, da die Durchführung von Pilotprojekten einen stets rekursiven und explorativen Charakter hat.

Mehrwert und Alleinstellungsmerkmal eines Blockchain-Einsatzes validieren

Viele Anwendungen bedingen heutzutage einen multiplen digitalen Informationsaustausch. In einer global vernetzten Welt, in der teilweise unbekannte Identitäten bzw. automatisierte Einheiten miteinander kommunizieren, gewinnt ein Informationsprotokoll wie die Blockchain-Technologie mit seinen Kerneigenschaften der Sicherheit, Unveränderlichkeit, Transparenz, Robustheit und Multi-Stakeholder-Partizipation zunehmend an Bedeutung.

Dabei gilt es zunächst in unterschiedlichen Varianten und unter Nutzung von Business-Entwicklungstools zu prüfen, ob die Anforderungen des speziellen Anwendungsfalls den Kerneigenschaften der Blockchain-Technologie entsprechen und sich daraus ein konkreter Mehrwert bzw. ein darauf aufbauendes Business-Modell begründen lässt. Ist dies nicht der Fall, sollten Alternativtechnologien in Betracht gezogen werden.

Pilotprojekte definieren und Interessensgemeinschaften gründen

Pilotprojekte für die Anwendung der Blockchain-Technologie im Energiesektor sind besonders dann Erfolg versprechend, wenn sich strategische Partnerschaften aus den drei Sektoren Politik, Wirtschaft (Technikunternehmen, Unternehmen aus der Energiewirtschaft, Industrieunternehmen) und Wissenschaft bilden. Nachdem in einer eingehenden Prüfung von Alternativtechnologien festgestellt wurde, dass die Blockchain-Technologie die optimale Lösung für den angestrebten Anwendungsfall ist, gilt es jeweils, Konsortien mit gleichen Vorstellungen und ähnlichen Interessen zu bilden und den Rahmen für das Pilotprojekt zu definieren (Anwendungsfall, Zielsetzung, Dauer, Finanzierung, Rollenverteilung, Beteiligung etc.). Da die Blockchain-Technologie zumeist über Wertschöpfungsstufen hinweg agiert, sind offene Ansätze bei der Konstituierung der Konsortien zu empfehlen. Bei Anwendungsfällen, die für den Betrieb auf nur wenige hauptverantwortliche Akteure angewiesen sind (wie z. B. „Engpassmanagement in Elektrizitätsverteilernetzen [e-Mobilität]“ [Use Case 1], bei dem die Hauptaufgabe beim Verteilnetzbetreiber liegt), dürfte sich die Bildung eines Konsortiums zudem einfacher gestalten als bei Use Cases, bei denen eine Vielzahl von Akteuren aus unterschiedlichen Wertschöpfungsstufen der Energiewirtschaft integriert werden muss (wie z. B. „Handel und Allokation von Netzkapazitäten [Strom]“ [Use Case 9] oder „Kündigung und Lieferantenwechsel [Strom]“ [Use Case 6]).

Feinplanungen ausarbeiten und technische Anforderungen klären

Weiterhin gilt es, die technologischen Anforderungen der geplanten Anwendung im Detail zu klären, um eine Kostenschätzung für das Vorhaben durchführen zu können. Hier sollte in einem holistischen Verfahren die gesamte Informationskette „Ende-zu-Ende“ abgebildet werden. Diese beinhaltet alle Hardware- und Softwarekomponenten wie Krypto-Chips, Oracle-Dienste, Datenbanksysteme etc., die zur Gewährleistung einer sicheren Datenübertragung zwischen der physischen und der virtuellen Welt notwendig sind. Daneben sind blockchainspezifische technische Anforderungen wie die benötigte Transaktionsgeschwindigkeit, das Sicherheitsniveau, die Wahl des Node-Verfahrens etc. für den gewählten Anwendungsfall detailliert zu beschreiben. Insbesondere Use Cases mit einer obligatorischen Hardwarekomponente (wie der Anwendungsfall „Anmeldung von Anlagen im Marktstammdatenregister [MaStR]“ [Use Case 3], in dem Krypto-Chips verwendet werden), können den Anwender vor technische Herausforderungen stellen. In den Use Cases „Energiedienstleistungen für Gebäude & Industrieprozesse (Wartung)“ (Use Case 2), „P2P-Handel zwischen Kunden eines Stromlieferanten“ (Use Case 8) und „Mieterstrom“ (Use Case 10) sind hingegen z. B. die technologische Reife sowie die Anzahl geeigneter Blockchain-Lösungen sehr groß, wodurch für diese Anwendungsfälle die technischen Anforderungen bei Pilotierungen in besonderem Maße erfüllt werden.

Governance, Konsensmechanismus und Anreizsystem festlegen

Wichtige Aspekte, die frühzeitig vom Konsortium festgelegt werden sollten, betreffen die Governance-Struktur, den Konsensmechanismus sowie das Anreizsystem der gewählten Blockchain-Lösung. Gerade auch mit Bezug zum Energieverbrauch und der damit verbundenen nachhaltigen Akzeptanz des Anwendungsfalls ist die Wahl eines passenden Anreizsystems und Konsensmechanismus (Proof of Work, Proof of Stake, Proof of Authority) entscheidend. Governance-Strukturen sollten frühzeitig und möglichst detailliert im Konsens mit allen Beteiligten eines Konsortiums bestimmt werden, da sie für den reibungslosen Ablauf der Blockchain-Anwendung unverzichtbar sind und nachträgliche Anpassungen je nach Art der gewählten Blockchain problematisch sein kön-

nen. Insbesondere für Anwendungsfälle mit einer Vielzahl an Akteuren aus unterschiedlichen Wertschöpfungsstufen der Energiewirtschaft und einer unterschiedlichen Interessenlage ist es wichtig, die Governance-Strukturen frühzeitig zu definieren. Die Identifikation eines geeigneten Anreizsystems betrifft größtenteils Anwendungsfälle mit einem starken Marktelement sowie einer Einbindung der Letztverbraucher über Token-Systeme, wie in den Use Cases „Engpassmanagement in Elektrizitätsverteilernetzen (e-Mobilität)“ (Use Case 1) und „Shared Investments bei externem Mieterstrom“ (Use Case 11) dargestellt.

Regulatorisches Umfeld prüfen und mitbedenken
Um das Ausrollen und Skalieren des gewählten Anwendungsfalls nicht zu gefährden, sollte sein regulatorisches Umfeld sorgfältig durchleuchtet werden. Blockchain-Anwendungen für die Energiewirtschaft werden von mehreren regulatorischen Aspekten tangiert: dem Datenschutzrecht, dem Datensicherheitsrecht sowie dem Energierecht. Ebenso spielt in vielen Anwendungen im Umgang mit Token-Lösungen das Finanzrecht eine wichtige Rolle. Auf allen Ebenen sollte hier präventiv agiert werden, da im Regelfall viele für die Umsetzung des Anwendungsfalls maßgebliche Aspekte mit aktuellen Bestimmungen abzugleichen sind. Von den untersuchten Use Cases stellen die beiden Fälle der Anwendungsgruppe Datenmanagement („Anmeldung von Anlagen im Marktstammdatenregister [MaStR]“ [Use Case 3] sowie „Zertifizierung von Herkunftsnachweisen“ [Use Case 4]) den Anwender vor die größten regulatorischen Herausforderungen, da sie von diversen Rechtsvorschriften betroffen sind und nationale Normen erheblich angepasst werden müssten, um eine Inbetriebnahme dieser Use Cases mithilfe der Blockchain-Technologie durchführen zu können. Hingegen ist der Use Case „Energiedienstleistungen für Gebäude & Industrieprozesse (Wartung)“ (Use Case 2) unter regulatorischen Gesichtspunkten eher unbedenklich.

Ausführungsplanung aufsetzen und Ressourcen sichern
Dieser Schritt umfasst alle Aufgaben, die für die tatsächliche Umsetzung der geplanten Blockchain-Anwendung zu erfüllen sind. Auf Basis der zuvor geklärten technischen Anforderungen sowie der ökonomischen und regulatorischen Prüfung wird eine detaillierte Auflistung der für eine erfolgreiche Umsetzung des Projekts erforderlichen Arbeitsschritte sowie der dafür benötigten Technik generiert. Von großer Bedeutung sind auch das rechtzeitige Kalkulieren und Sichern von Personal mit den Fähigkeiten, das Projekt blockchainseitig umzusetzen, und die Bereitstellung von Programmierkapazitäten für den Aufbau von Smart Contracts.

Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass pauschale Aussagen zur Sinnhaftigkeit der Blockchain-Technologie im Energiebereich nicht zielführend sind. Die in dieser Studie ausgewählten Use Cases zeigen beispielhafte Anwendungsfälle, anhand derer die technischen, ökonomischen und regulatorischen Aspekte der Blockchain-Technologie näher erörtert werden. Potenzielle Anwender erhalten so die Möglichkeit, sich je nach eigenem Bedarf den für sie geeigneten Anwendungsfall (oder eine Variante desselben) herauszusuchen bzw. sich über die Zusammenstellung einer Kombination unterschiedlicher Anwendungsfälle dem eigenen Bedarf anzunähern.

Technische Ergebnisse

Die nachfolgende Abbildung zeigt die überwiegend positive technische Bewertung der 11 Use Cases. Die Einschätzung der Eignung der Blockchain-Technolgie anhand einer Vielzahl von Kriterien (Alleinstellung, technologische Reife, Anzahl geeigneter Lösungen, Status der Erprobung, Wechselkosten und Erfüllung der Verantwortlichkeitsanforderungen) verdeutlicht aber auch, dass die technischen Anforderungen der jeweiligen Use Cases durch die Blockchain in teils recht unterschiedlichem Maße erfüllt werden. Eine detaillierte Betrachtung jedes einzelnen Use Cases ist daher von eminenter Bedeutung (vgl. auch Kapitel 3 sowie das technische Gutachten in Teil B).

Die dargestellte Stern-Bewertung je Use Case beschreibt den Grad der Erfüllung technischer Anforderungen auf einer Skala von 1 (sehr gering) bis 5 (sehr hoch), basierend auf der gewichteten Bewertung der sechs im Zentrum der Abbildung genannten Kriterien.

Skalierbare, massenkompatible Blockchains im Aufbau

Ein breiter Einsatz der Blockchain-Technologie wird derzeit durch verschiedene Umstände erschwert: Zum einen ist die Technologie noch vergleichsweise komplex und zum anderen liegen bislang kaum gute Dokumentationen vor. Dementsprechend besitzt die Blockchain-Technologie heutzutage immer noch überwiegend den Status einer „Experten-Technologie“ in früher Entwicklungsphase. Ausgereifte und standardisierte Produkte, die direkt von Nutzern eingesetzt werden können, fehlen weitgehend. Für Entwickler und programmieraffine Mitarbeiter gestaltet sich der Einstieg in die Blockchain-Technologie jedoch ausgesprochen einfach, schnell und unproblematisch. Bei den öffentlichen bzw. den Open-Source-Blockchains wird dieser Umstand zusätzlich dadurch begünstigt, dass keine Lizenzkosten anfallen.

Die Technologie befindet sich derzeit in der Entwicklungsphase hin zur technischen Reife. Schnittstellen zu anderen Informationssystemen werden deutlich besser und auch erste Tendenzen in Richtung Standardisierung lassen sich beobachten: Ein Beispiel hierfür ist die Zusammenarbeit zwischen der Enterprise Ethereum Alliance und Hyperledger, die einen deutlichen Schub für Blockchain-Anwendungen in der Unternehmenswelt verspricht. Auch „Blockchain as a Service"– Angebote etablierter Unternehmen wie Amazon, IBM oder SAP fördern die weitere Entwicklung der Technologie sowie ihre Adaption in der Energiewirtschaft. Mit der Energy Web Foundation und ihren Technologiepartnern Parity Technologies und Slock.it, dem Energy Blockchain Consortium sowie den Standardisierungsaktivitäten der IEEE wird ebenfalls an einer massenkompatiblen Lösung für die Energiewirtschaft gearbeitet. Alles in allem sind branchenübergreifend zahlreiche Aktivitäten festzustellen.

Hardware-Basis für flächendeckenden Blockchain-Einsatz notwendig

Die in der vorliegenden Studie untersuchten Use Cases zeigen, dass Anwendungen bisher nur selten durch die technologische Reife und damit verbundene Anforderungen an Geschwindigkeit, Skalierbarkeit etc. ausgebremst werden. Vielmehr spielt eine entscheidende Rolle, dass notwendige Hardware zur Datenaufnahme in der Fläche vielfach noch nicht vorhanden bzw. nicht so konfiguriert ist, dass die Daten direkt auf die Blockchain übertragen werden, weswegen nicht der gesamte Mehrwert des Technologieeinsatzes zum Tragen kommen kann. Bei der Mehrheit der untersuchten Anwendungsfälle sind digitale Stromzähler und die damit einhergehenden Datenbasen eine wesentliche Voraussetzung für die Umsetzung.[6] Auch der in Deutschland verzögerte Smart-Meter-Rollout erweist sich damit als ein Hemmnis für die kurzfristige Ausbreitung der Technologie.

Künftig starker Fokus auf Hintergrunddienste

Viele „Verbindungsstücke" zwischen Blockchains und traditionellen Informationssystemen fehlen heute noch. Datenbank-Anwendungen wie beispielsweise Oracle-Dienste[7] sind hierfür ein prägnantes Beispiel, da z. B. das Auslösen eines Smart Contracts durch eine Lastgangmessung auch die sichere Herkunft, Übertragung und Unveränderlichkeit des Messwertes erfordert. Viele dieser noch nicht existenten Dienste (Business-to-Business [B2B] ebenso wie Business-to-Consumer [B2B]) versprechen einen hohen prozessualen Mehrwert gegenüber typischen Endnutzer-Anwendungen, welche ihrerseits weniger Domänenwissen verlangen und daher auf den ersten Blick leichter umsetzbar erscheinen. Einige technische Probleme und regulatorische Herausforderungen entfallen zudem bei Hintergrunddiensten.

Große Angebotsvielfalt – rasante Technologieentwicklung erwartet

Die Kernelemente der Blockchain-Technologie selbst weisen eine hohe Weiterentwicklungsgeschwindigkeit auf. Dies gilt insbesondere für Konsensmechanismen, Governance-Strukturen, Transaktionsverarbeitungszeiten sowie die Interaktion mit anderen Informationssystemen und z. B. mittels Oracle-Diensten mit der physikalischen Welt. Doch auch technologische Anpassungen an regulatorische Anforderungen wie die EU-DSGVO oder das Territorialrecht in der EU schreiten in rasantem Tempo voran.

Steigen die Anforderungen des Use Cases an den zunächst gewählten Technologiepartner und seine Blockchain-Lösung bzw. sollen weitere Use Cases erschlossen werden, kann ein Wechsel der Blockchain vorteilhaft sein. Das parallele Aufkommen einer Vielzahl an Blockchains kann den Wechsel erleichtern und so Wechselkosten senken. Grundsätzlich gilt, dass die Wechselkosten bei Open-Source-Blockchains vergleichsweise gering sind, zumal sich die Kerntechnologie stetig weiterentwickelt. Kritisch in diesem Zusammenhang bzw. aktuell noch ungelöst sind Herausforderungen, die sich auf die Migration von Datensätzen bei einem Blockchain-Wechsel beziehen. Helfen könnte die Entwicklung von Standards, wobei in diesem Zuge unbedingt darauf geachtet werden sollte, notwendige Innovationen nicht zu bremsen oder gar zu verhindern. Die mit Standards verbundenen Netzwerkeffekte kann ein privates bzw. zugangsbeschränktes Kryptonetzwerk mit einer fixen Anzahl von wenigen Anwendungen per se nicht leisten.

Kryptonetzwerke differenzieren sich aus

Aktuelle Piloten und Demonstrationsprojekte in der Energiebranche nutzen zumeist entweder die öffentliche Smart-Contract-Plattform Ethereum oder das Hyperledger Fabric Framework. Die Hauptvorteile von Ethereum bestehen darin, dass es sich dabei um ein großes Ökosystem handelt, welches stabil, offen und open-source ist. Dies birgt jedoch die Nachteile einer relativ geringen Transaktionsgeschwindigkeit und einer unvollständigen Dokumentation. Das Hyperledger Fabric Framework bietet den Vorteil, Unternehmen u. a. durch gute Dokumentation einen relativ einfachen Einstieg zu ermöglichen. Die Energy Web Foundation verspricht einen möglichen dritten Weg für die Energiebranche: Ihre Blockchain ist grundsätzlich zugangsfrei; gleichzeitig löst sie das für offene Blockchains typische Governance-Problem, indem die Validierung über sogenannte „Authority Nodes" nach von der Stiftung gesetzten und damit überprüfbaren Regeln erfolgt. Auf diese Art fließen einerseits Erfahrungen technischer und regulatorischer Art von Versorgern aus der ganzen Welt in das Netzwerk ein, während andererseits generische Apps wie z. B. für Herkunftsnachweise frei verfügbar sind.

Die technische Entwicklung liefert aktuell eine ganze Reihe von weiteren Smart-Contract-Plattformen, die die bisherigen Nachteile von Ethereum zu überwinden versprechen. Die Anzahl der Transaktionen pro Sekunde soll erhöht, Skalierbarkeit ermöglicht, Kosten und Energieverbrauch gesenkt und der Datenschutz gewährleistet werden (vgl. auch die Übersicht in Kapitel 2).

[6] Hier gilt es zu differenzieren zwischen dem deutschen iMSys und allgemeinen AMI-Systemen sowie alternativen Zählern und Gateway-Lösungen.

[7] Ein Orakel im Kontext der Blockchain-Technologie und dem Einsatz von Smart Contracts ist ein Agent, der Vorkommnisse in der realen Welt findet und überprüft und diese sicher auf die Blockchain überträgt, um sie für Smart Contracts nutzbar zu machen (Datenintegrität).

Ökonomische Ergebnisse

Der ökonomische Nutzen der Blockchain (mikroökonomisch/betriebswirtschaftlich und makroökonomisch/volkswirtschaftlich) fällt je Use Case sehr unterschiedlich aus. Wie die nachfolgende Abbildung aufzeigt, birgt die Anwendung von Blockchain in einigen Fällen durchaus ökonomisches Potenzial, während anderen Use Cases ein eher geringer ökonomischer Nutzen zu attestieren ist. Es lohnt sich entsprechend die Lektüre der detaillierten Analysen in Kapitel 3 und insbesondere auch im ökonomischen Gutachten in Teil B.

Die dargestellte Stern-Bewertung je Use Case beschreibt den ökonomischen Nutzen auf einer Skala von 1 (sehr gering) bis 5 (sehr hoch), basierend auf der gewichteten Bewertung der drei im Zentrum der Abbildung genannten betriebs- und volkswirtschaftlichen Kriterien.

Für Unternehmen ein guter Zeitpunkt zum Einstieg
Für Unternehmen der Energiewirtschaft, die erste Erfahrungen mit der Blockchain-Technologie sammeln oder Pilotprojekte initiieren möchten, ist der aktuelle Zeitpunkt günstig. Da für die Nutzung offener Blockchains keine Lizenzgebühren anfallen, sind die Erprobungskosten bei heute anzusetzenden Personalkosten verhältnismäßig niedrig. Die für die Validierung von Informationen auf der Blockchain anzusetzenden Transaktionskosten hingegen sind bei öffentlichen Blockchains und transaktionsintensiven Anwendungsfällen hingegen nicht unerheblich. Hier bieten sich Testnetzwerke für die Erprobung der Anwendung an.

Die Ausgangslage bezüglich verfügbarer Kooperationspartner aus der Blockchain-Szene ist aktuell ebenfalls noch als günstig einzustufen. Auch wenn der Wettbewerb um geeignete Fachkräfte aus der IT-Branche inzwischen ein kritischer Faktor für die erfolgreiche Unternehmensentwicklung in den meisten Branchen geworden ist, kann die Energiewirtschaft aktuell auf eine nicht ungünstige Ausgangssituation blicken, wie sich u. a. an der Vielzahl der europäischen Start-ups in diesem Bereich zeigt.

Effizienz und Effektivität steigt, Mehrwert-Ansätze nehmen zu
Die Blockchain-Technologie hat das Potenzial, über Automatisierungseffekte und Prozessoptimierungen Betriebskosten in Unternehmen sowie u. a. durch Netzwerkeffekte auch Transaktionskosten, d. h. die Kosten für die Nutzung des Marktes, zu senken. Da Kryptonetzwerke genuine Vernetzungstechnologien sind, deutet aktuell einiges auf die verstärkte Nutzung des Marktes hin. Hierbei werden nicht einfach nur Dienstleistungen über den Markt bezogen, die zuvor selbst erstellt wurden. Vielmehr versprechen gerade die entstehenden Peer-to-Peer-Marktplätze, mit bestehenden Plattformstrategien der großen Internet-Unternehmen in Konkurrenz zu treten sowie Güter in veränderter Form im Rahmen von Unternehmensstrategien zu kombinieren und so Netzwerkeffekte zu schaffen. So wächst der Wert von Herkunftsnachweisen über Blockchains durch eine steigende Anzahl von Teilnehmern eines Kryptonetzwerks. Gleichzeitig ist jedoch kein zentraler Plattform-Betreiber notwendig, der den Dienst „Herkunftsnachweis“ quasi-monopolistisch anbietet.

Die Energiewirtschaft weist heutzutage an vielen Stellen weiteres Automatisierungspotenzial sowie Raum für vertrauensbildende Lösungen auf. Wo diese Potenziale noch nicht gehoben sind, führt dies zu Friktionen und unnötigen Kosten, wie am Beispiel des Lieferantenwechsels (Use Case 6) deutlich wird, in dem 900 Verteilnetzbetreiber mit potenziell knapp 1.000 Stromanbietern kommunizieren, wobei nahezu jeder Akteur ein eigenes System verwendet. Gesetzlich notwendige Anpassungen führen in der Folge zu hohen Kosten und fehlerhafte Wechselprozesse zu arbeitsintensiven Nachbearbeitungen. Durch das Speichern der Daten in einem dezentralen Informationssystem lassen sich die vertrauensbedingten Kosten signifikant reduzieren, wobei auch alternative Technologien für diesen Zweck zum Einsatz kommen können.

Dabei ist das „Automatisierungs- und Vertrauensversprechen“ nur ein erster Schritt. Deutlicher Mehrwert entsteht bei der Mehrzahl der betrachteten Anwendungsfälle vor allem durch das Zusammenspiel bzw. die Realisierung weiterer Blockchain-Anwendungsfälle.

Strategischer Nutzen steigt
Der Einsatz der Blockchain-Technologie bietet überdies strategische Vorteile für Unternehmen. Vielfach spielt die Blockchain-Technologie die Rolle eines „Enablers“, indem sie den Nutzen von Smart Metering und anderen IT-Innovationen für Unternehmen potenziert. Wenn ein Unternehmen mit der Blockchain-Technologie experimentiert, werden unterschiedliche zukunftsweisende Aspekte parallel adressiert. So werden mit dem Erlernen und Erproben der Blockchain-Technologie Know-how aufgebaut und Denkansätze vermittelt, die völlig andere Geschäftsweltebenen eröffnen, als sie heute im digitalen Raum Anwendung finden. Neben mittelfristig zu erzielenden erheblichen Prozessoptimierungen, die mikroökonomische finanzielle Netto-Effekte versprechen, werden auch sicherheitstechnologische Grundprinzipien entwickelt, verstanden und umgesetzt, die insbesondere in der Energiewirtschaft eine wichtige Funktion haben. Der Umgang mit Datenströmen, unabhängig davon, ob im Business-to-Business- oder im Business-to-Consumer-Bereich, wird durch den dokumentationsfähigen Charakter der Technologie völlig neu bewertet, während zusätzlich eine massive Wertschöpfung im „Informationsmanagement“ freigesetzt wird.

Anstatt einer Fokussierung auf reine Kostensenkung sollte von Beginn an das Augenmerk auch auf die Fähigkeit der Technologie gerichtet werden, die Informationsqualität zu erhöhen, wie das Beispiel der Herkunftsnachweise (Use Case 4) illustriert.

Auch für die Energiewirtschaft wird der Wert von Zustands- und Steuerungsinformationen in den kommenden Jahren stark zunehmen und für erfolgreiche Geschäftsmodelle eine bedeutende Rolle einnehmen. Dass dabei die Blockchain-Technologie das einzige Informationsprotokoll sein wird, das sinnvoll, kostengünstig und sicher als digitales Nachweisregister fungiert, ist unwahrscheinlich. Wahrscheinlich ist jedoch, dass Blockchain eine bedeutende Rolle spielen und als Prinzip starken Einfluss nehmen wird.

Sinkende Markteintrittsbarrieren

Für die Energiewende und die Entwicklung hin zur hochfrequenten Echtzeit-Energiewirtschaft zeigt sich immer mehr, wie die Grundlagentechnologie Blockchain mit ihren Charakteristika mit anderen Technologien und IT-Innovationen zusammenwirkt und wie diese voneinander abhängen. Hier bestehen hohe Synergieeffekte.

Generell gilt, dass durch die Senkung der Transaktionskosten, die in allen untersuchten Anwendungsfällen zu verzeichnen ist, der Markteintritt für kleine Erneuerbare-Energien-Erzeuger sowie für Verbraucher tendenziell erheblich erleichtert wird. Hierdurch kann zum einen mit einer Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien im Energiemix gerechnet werden. Mit der Erhöhung der Anzahl der Marktteilnehmer geht zum anderen eine steigende Handelsaktivität einher, da der Markt kleinteiliger wird und mit einer höheren Frequenz agiert. Hierdurch ist ein Anstieg der Gesamteffizienz des Systems zu erwarten. Beides kann wiederum zu einer Reduktion von Emissionen führen.

Der Einsatz der Blockchain-Technologie kann neben niedriger ökonomischer Markteintrittsbarrieren und einer erhöhten Wettbewerbsintensität auch entscheidende neue Freiheitsgrade für das Marktdesign mit sich bringen. Das Beispiel des Anwendungsfalls Marktstammdatenregister (Use Case 3) illustriert, dass die Verantwortlichkeit beim Ein- und Ausspeisen von EEG-Anlagen ins Verteilnetz über die Auslastung abgebildet werden kann. Über die Verknüpfung mit der Blockchain-Technologie könnte ein solches Register über Nutzung eines Krypto-Chips die Existenz einer Anlage nachweisen und diese in einem automatisierten Prozess registrieren. Auch ein spontaner Wechsel zwischen Marktsegmenten, z. B. von Eigenverbrauch zu Spotmarkt, der heute mehrere Wochen dauern kann, wäre möglich. In der Folge ließen sich auch Bilanzkreise kleiner gestalten, Handelsfristen deutlich reduzieren sowie die Auslastung des Netzes unter Nutzung von Echtzeitdaten planen. All diese Schritte würden zu einer höheren wirtschaftlichen Effizienz sowie einer höheren Effizienz des Gesamtsystems führen.

Für öffentliche Güter wie Strom- oder Gasnetze können mithilfe der Blockchain-Technologie neue Finanzierungsformen geschaffen werden. Infrastrukturausbau könnte in Zukunft über Tokenization finanziert und anschließend über die Nutzung direkt umgelegt werden, indem Nutzung und Erzeugung einander über Work-Tokens direkt gegenübergelegt würden.

Hohe Nachweisgenauigkeit und steigende Teilhabe an der Energiewende

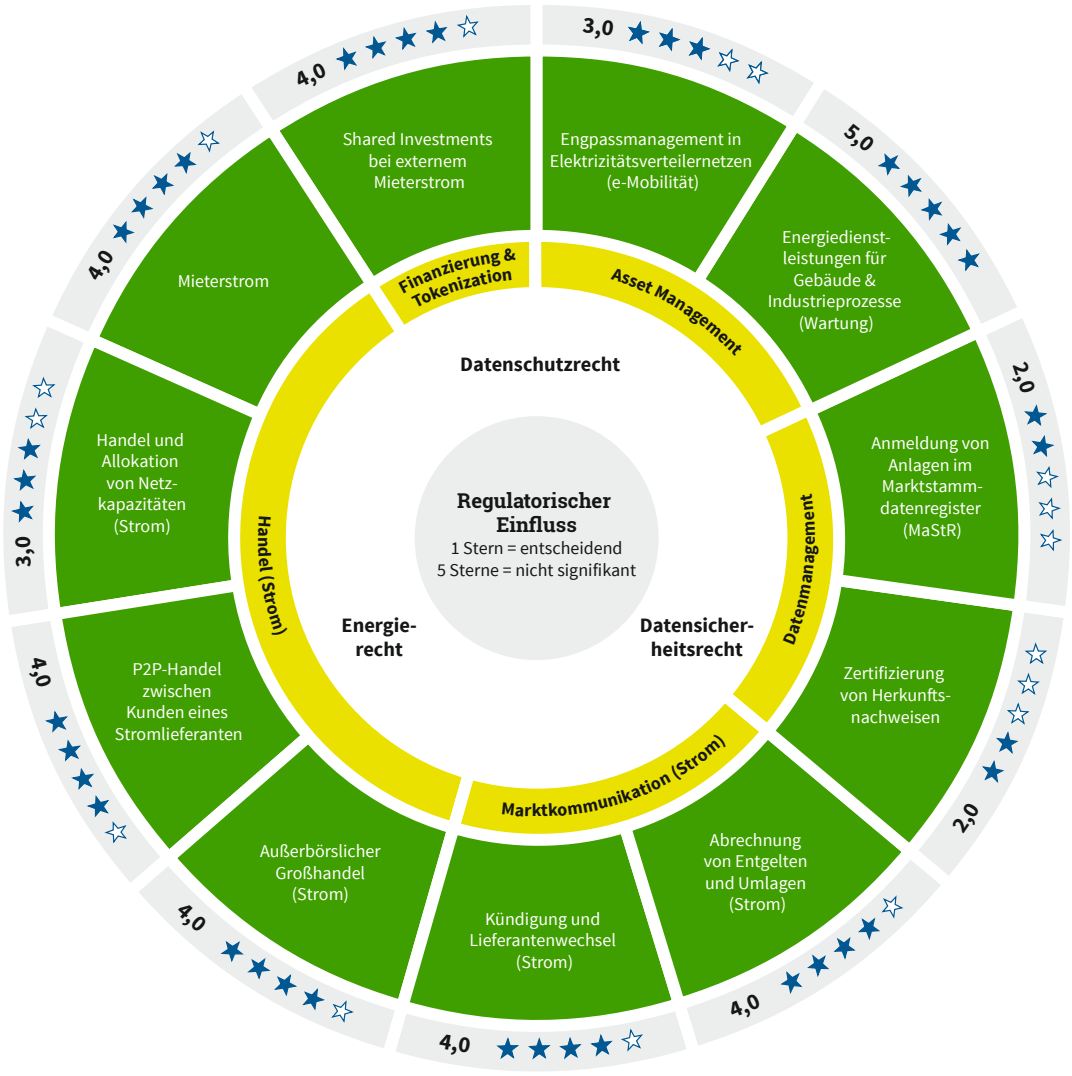
Der Status quo der energiepolitischen Umlagesysteme wird bereits diskutiert: Netzentgelte und Strombezugspreise spiegeln heute nur unzureichend Engpässe in Netzen oder die Knappheit am Großhandelsmarktplatz wider. Über eine exakte Dokumentation der orts- und zeitgenauen Erzeugungs- und Verbrauchsinformationen mithilfe der Blockchain-Technologie können diese Systeme effektiver gestaltet werden. Anschließend obliegt es der Politik zu entscheiden, welche die Effizienz des gesamten Energiesystems steigernden Instrumente eingesetzt werden können. Diese Instrumente könnten ebenfalls mithilfe von Tokenization ausgestaltet werden.

Niedrigere Markteintrittsbarrieren wirken sich auch positiv auf die Teilhabe der Bürger bezüglich der Energiewende generell aus. So kann der sogenannte „Trust Layer“ der Blockchain-Technologie z. B. bei Herkunftsnachweisen die Akzeptanz der Energiewende deutlich erhöhen, indem einfach und sicher nachgewiesen wird, wie hoch die Bruttowertschöpfung des in EE-Anlagen erzeugten Stroms vor Ort ist – d. h., wie viel Wertschöpfung in Euro nicht abfließt, sondern in der Kommune bleibt. Auch die generelle Möglichkeit der Erhöhung der Datensouveränität wirkt in diesem Sinne.

Regulatorische Ergebnisse

Auch die regulatorische Bewertung, die insbesondere auf der ausführlichen Analyse des Datensicherheits-, Datenschutz- und Energierechts fußt, fällt je Use Case recht unterschiedlich aus.

Dies hängt einerseits damit zusammen, dass unterschiedliche Rechtsfelder und Regularien betroffen sind. Andererseits nehmen die Regularien – ob positiv oder negativ – in unterschiedlichem Umfang Einfluss auf den jeweiligen Use Case (für Details vgl. auch Kapitel 3 und das regulatorische Gutachten in Teil B).



Die dargestellte Stern-Bewertung je Use Case beschreibt den regulatorischen Einfluss auf einer Skala von 1 (entscheidend) bis 5 (nicht signifikant). Ein entscheidender Einfluss ist hierbei nicht unmittelbar mit einem negativen regulatorischen Umfeld gleichzusetzen. Die Stern-Bewertung basiert auf einer Analyse der drei im Zentrum der Abbildung genannten Rechtsfelder.

Regulatorische Einzelfallbewertung erforderlich
Um die Technologie als Innovationsmotor in Deutschland und Europa nutzen zu können, bedarf es für die betroffenen Unternehmen insbesondere mehr Rechtssicherheit und -klarheit. Da die Blockchain-Technologie in der Energiewirtschaft erst am Anfang steht, führt die Anwendung des aktuellen Regelungsrahmens zu zahlreichen Auslegungsfragen. Grundsätzlich gilt: Der Einsatz der Blockchain-Technologie ist auch im Energiebereich durchaus möglich, solange diese nach den Regeln des Energierechts arbeitet. Darüber hinaus gilt aber auch: Die rechtliche Beurteilung des Einsatzes der Blockchain-Technologie bedarf einer Einzelfallbewertung.

Datenschutzgrundsätze weiterentwickeln in Hinblick auf Dezentralität und digitalen Binnenmarkt
Bei der Interpretation der Datenschutzkonformität muss prinzipiell zwischen öffentlichen und privaten Blockchains unterschieden werden. Im Falle einer privaten Blockchain sind die Nutzer üblicherweise bekannt, da sie zur Registrierung vorher identifiziert wurden. Dementsprechend finden Telemediengesetz (TMG), Bundesdatenschutzgesetz (BDSG) bzw. Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) in vollem Umfang Anwendung.

Die Blockchain-Technologie und das Recht auf Vergessenwerden sind Antagonisten. Nimmt man das Recht auf Löschung in seiner gegenwärtigen Ausformung ernst, ist der Einsatz der Blockchain-Technologie in weiten Bereichen nur in einer Weise vorstellbar, die an ihren Grundsäulen rüttelt: Gestaltungen, die die nachträgliche Löschung von Daten ermöglichen, schränken die besondere Vertrauenswürdigkeit und Vollständigkeit der via Blockchain abgewickelten Transaktionen empfindlich ein. Zwar lässt sich eine bestehende Löschungspflicht bei abgeschlossenen Transaktionen an sich funktionswahrend umsetzen (sogenanntes Pruning). Der Betroffene hat jedoch wenig Aussicht, sein Recht auch effektiv durchzusetzen. Dies gilt insbesondere in zulassungsfreien Blockchains mit dezentraler Verantwortlichkeit.

Dreh- und Angelpunkt einer potenziellen Datenerfassung auf Blockchainbasis in der Energiewirtschaft wird künftig das Smart-Meter-Gateway sein, da über dieses eine sichere Abbildung bzw. auch Verifizierung von Assets stattfinden kann. Für Unternehmen der Energiewirtschaft bedingt eine Umsetzung von Blockchain den Aufbau eines wirksamen Datenschutzmanagements und eine Evaluation der bestehenden Datenverarbeitungsprozesse. Darüber hinaus ist die Entwicklung unternehmensinterner Richtlinien und Konzepte, die den Umgang mit Daten nach Maßgabe der Vorgaben der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) unternehmensweit festlegen und als Nachweis zur Einhaltung der Anforderungen dienen, zu empfehlen.

Um das Innovationspotenzial der Blockchain-Technologie nicht grundsätzlich zu gefährden, ist der Gesetzgeber gefordert, das Recht auf Löschung für komplexe und dezentral organisierte IT-Architekturen zugunsten eines Rechts auf hinreichende Schutzmaßnahmen, insbesondere Pseudonymisierung, zu reduzieren. Dabei zielt die Blockchain-Technologie grundsätzlich darauf ab, den Verbraucher als Souverän seiner Daten zu stärken. Die Datenschutzgrundsätze entsprechen jedoch bis dato nicht der Idee einer dezentralen Datenhaltung.

Im Falle von nicht-personenbezogenen Daten geht die Europäische Union bereits ein Stück weiter in Richtung eines digitalen Binnenmarkts. Allerdings wird der Rechtsrahmen der Bedeutung dezentraler Datenhaltung noch nicht vollends gerecht.

Anwendungsbreite von Smart Contracts wird durch den Sachverhalt bestimmt
Die reine Nutzung einer Plattform zur Datenablage begründet keinen Vertrag mit anderen gleichrangigen Nutzern auf horizontaler Ebene. Dieser Grundsatz gilt für alle möglichen Blockchain-Grundmodelle. Smart Contracts können bei Anwendungen in der Energiewirtschaft zum Einsatz kommen, wo klassische Verträge zu träge und zu teuer sind. Wo sich Formerfordernisse nicht in der Blockchain abbilden lassen, wäre ein entsprechender Smart Contract gem. § 125 BGB zwar nichtig. Dies verhindert jedoch nicht den Einsatz von Smart Contracts in der Energiewirtschaft, da klassische formgebundene Verträge durch Smart Contracts in die Blockchain gespiegelt werden können.

Ein dezentraler und blockchain-basierter Stromhandel ist stark abhängig von Metering-Infrastruktur
Eine vollständig dezentrale Anwendung von Handelsmodellen auf Basis der Blockchain erscheint mit Blick auf den bestehenden Rechtsrahmen derzeit noch ausgeschlossen. Hierzu müsste den Blockchain-Netzwerkkunden gem. § 12 Abs. 4 StromNZV eine Bilanzierung und Abrechnung auf Basis von Zählerstandsgängen ermöglicht werden, wie das für „variable Tarife“ ohnehin vorgesehen ist. Hierfür wäre die Ermittlung des Einspeise- und Entnahmeverhaltens mit intelligenten Messsystemen im Sinne des Messstellenbetriebsgesetzes (MsbG) Voraussetzung. Insofern bedingen sich Smart-Meter-Rollout und eine Anwendung von Blockchain teilweise.

Finanzregulierung als weiteres notwendiges Entwicklungsfeld

Obwohl Blockchains im Finanzbereich deutlich etablierter als im Energiebereich sind, besteht hier dennoch eine große Unklarheit hinsichtlich der rechtlichen und regulatorischen Einordnung. Dies zeigt sich schon daran, dass derzeit noch ungeklärt ist, ob es sich bei Kryptowährungen oder Anteilstokens handelsrechtlich überhaupt um Finanzinstrumente handelt.

- **Kryptowährungen als Zahlungsmittel oder Währungseinheit**
  Eine Einordnung von Kryptowährungen als Zahlungsmittel oder Währungseinheit kommt aktuell nicht in Betracht. Blockchain-basierte Zahlungsmittel sind zudem nicht als Geld zu bezeichnen, da es sich bei ihnen weder um gegenständliches Bargeld noch um forderungsbasiertes Buchgeld handelt, und auch nicht als E-Geld im Sinne des Art. 2 Nr. 2 E-Geld-Richtlinie. Die einschlägigen regulatorischen Vorschriften finden folglich keine Anwendung. Auch eine Beurteilung als (sonstiges) Finanzinstrument scheidet (noch) aus. Abweichendes kann sich bei zentral administrierten virtuellen Währungen ergeben (die aber zum Teil „immaterielle Vermögenswerte“ sein können).
- **Tokens als Wertpapiere**
  Es ist davon auszugehen, dass die Digitalisierung bald auch Wertpapieremissionen erreichen und das Merkmal der Verbriefung an Bedeutung verlieren wird bzw. die Verbriefung künftig keiner Ausfertigung auf Papier mehr bedarf. Auch hier ist aber der Gesetzgeber gefragt. Das hierfür noch zu schaffende Regelungsregime sollte dann ebenso auf digitalisierte Wertpapiere wie auf tokenisierte Rechte und Forderungen Anwendung finden.
- **Zahlungsverkehrsrecht**
  Der Rechtsrahmen für den heutigen Zahlungsverkehr ist komplett auf die Rechtsbeziehungen zwischen den klassischen Akteuren (Absender, Empfänger und Intermediäre wie z. B. Banken) ausgerichtet. Um Transaktionsabwicklungen mittels der Blockchain-Technologie zu ermöglichen, bedarf es folglich einer fundamentalen Anpassung der Grundlagen des Zahlungsverkehrssystems durch den Gesetzgeber.
- **Geldwäsche**
  Vor dem Hintergrund der Empfehlung des Europäischen Bankenverbands von 2014, Handelsplattformen nach der EU-Geldwäsche-Richtlinie zu verpflichten, sind die damit verbundenen Vorschriften auch für entsprechende Anwendungen der Blockchain im Energiebereich zu beachten.

1

Blockchain in der integrierten Energiewende

Today the world's leading scientific experts collectively reinforced what Mother Nature has made clear – that we need to undergo an urgent and rapid transformation to a global clean energy economy. The Paris Agreement was monumental, but we must now go further, ratchet up commitments and develop solutions that meet the scale of the climate crisis.

Al Gore zum Sonderbericht des IPCC zur globalen Erwärmung

Weltweite Klimaziele

Dieses Zitat aus dem Herbst 2018 entstammt der Reaktion Al Gores auf den zuvor erschienenen Sonderbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), in dem Empfehlungen aller weltweit im Bereich Klimatologie führenden Wissenschaftler zum Kampf gegen die Erderwärmung zusammengefasst wurden.[8] Der von 195 Mitgliedsstaaten verabschiedete Sonderbericht kommt zu dem Ergebnis, dass ein rascher und sektorenübergreifender Umbau der Weltwirtschaft zum Erreichen des 1,5-Grad-Ziels nötig und sowohl technisch als auch wirtschaftlich umsetzbar ist. Die weltweiten Kosten für diesen Umbau bis zum Jahr 2035 werden auf 2,1 Billionen Euro geschätzt.[9] Eine enorme Herausforderung, die in ihrer gesamten Breite unmittelbar und konsequent anzugehen ist – auch und insbesondere in der Energiewirtschaft.

Die Energiewende ist kein Selbstzweck

Die Energiewende in Deutschland und auch weltweit ist somit ein Erfordernis, das vorrangig aus der Notwendigkeit getrieben wird, den Klimawandel aufzuhalten und zugleich nach Lösungen zu suchen, die auf atomare Energieerzeugung verzichten und die damit verbundenen Risiken für die Mensch-

[8] Deutsche Koordinierungsstelle des IPCC (2018).
[9] Die Zeit (2018).

heit aufheben. Begleitet werden diese zwei Zielsetzungen von grundsätzlichen sozialen und wirtschaftlichen Motiven: 1. den Fortschritt voranzutreiben, 2. Wachstum zu generieren und 3. Versorgungssicherheit und soziale Gerechtigkeit auch für zukünftige Generationen aufrechtzuerhalten. Diese unterschiedlichen Dimensionen werden von verschiedenen Akteuren und Ländern abweichend gewichtet, jedoch grundsätzlich anerkannt, womit weniger Uneinigkeit über die eigentliche Zielsetzung des Klimaerhalts besteht als über die zur Verfügung stehenden Instrumente, Zeiten und Wege.[10]

Zur Energiewende in Deutschland, initiiert im Jahr 2000 mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), zählen seit vielen Jahren auch der atomare Rückbau und eine Dekarbonisierungsstrategie. Während der 2011 eingeleitete Atomausstieg bis zum Jahr 2022 beschlossene Sache ist, wurde zuletzt in der Kohlekommission intensiv um den Kohleausstieg gerungen. Daneben hat die Energiewende auch mit anderen Großbaustellen zu kämpfen: Netzaus- und -umbau, die Integration der einzelnen Sektoren (Energie, Gebäude, Verkehr, Industrie), die Verkehrswende sowie der verstärkte Einsatz alternativer Energieträger, sogenannter synthetischer Kraftstoffe oder Power Fuels, verdeutlichen die Komplexität der notwendigen Transformation des Energiesystems.

Digitalisierung hilft der Energiewirtschaft, sich zu verändern

Als ein globaler Hoffnungsträger des 21. Jahrhunderts im Kampf gegen den Klimawandel wird die Digitalisierung gesehen, da sie neue technische Möglichkeiten offeriert, um dem Klimawandel zu begegnen. Insgesamt entwickelt sich die Energiewelt von einem vordergründig stark Commodity-geprägten Geschäft hin zu einer kunden- und serviceorientierten Rundumwirtschaft. Daten sind ubiquitär und spielen somit auch hier eine immer bedeutendere Rolle. Egal ob in Zukunftsmodellen für eine bessere Auslastung der Bestandsnetze, für die Anlagensteuerung und Fernwartung im Erzeugungs- und Verbrauchsbereich oder für die Entwicklung der E-Mobilität und die damit einhergehenden Ladekonzepte, beim Energiehandel oder im Servicebereich für Endkunden – ohne digitalen Informationsaustausch wird die Transformation des Energiesystems ins Stocken geraten und ist daher nicht denkbar.

Da Informationen und ihre Nutzbarmachung die Basis aller wirtschaftlichen Entwicklungen und jeglichen wissenschaftlichen Fortschritts sind, ist der teilweise disruptive Umbruch einzelner Branchen in den vergangenen 10 bis 20 Jahren in großen Teilen auf die Digitalisierung zurückzuführen. Die Energiewirtschaft schien in der Vergangenheit aus verschiedenen Gründen weitestgehend vor einem ähnlich radikalen Umbruch geschützt zu sein. Inzwischen sind jedoch auch in dieser Branche starke Veränderungen zu beobachten. Sektoren wachsen auf Basis der Digitalisierung zusammen, Geschäftsmodelle werden über Wertschöpfungsstufen hinweg entwickelt und das Interesse branchenfremder Akteure an der Energiewirtschaft steigt.

Für die erfolgreiche Transformation des weltweiten Energiesystems ergeben sich vor dem Hintergrund der großen Komplexität des sich wandelnden Systems zunächst vielfältige Chancen. Das einzelne im Energiebereich tätige Unternehmen kann dann gestärkt hervorgehen, wenn es die daraus erwachsenden Aufgaben konsequent und mutig angeht.

[10] Stern, N. (2007).

Anforderungen an die Digitalisierung steigen

Daten nehmen in der digitalen Energiewelt folglich eine immens wichtige Rolle ein, bringen jedoch selbstverständlich auch neue Herausforderungen mit sich. Um die digital gestützte Energieversorgung von morgen auch künftig sicher zu gestalten, müssen von der Erhebung der Daten über deren Nutzung und Aufbewahrung bis hin zu ihrer Weitergabe und Verarbeitung zwingend die Anforderungen des Datenschutzes und der Datensicherheit erfüllt werden.

Während sich global agierende Internetkonzerne in den letzten 10 bis 15 Jahren stark entwickelt haben – nicht zuletzt, weil der Umgang mit personenbezogenen Daten international recht ungeregelt war –, zeichnen sich inzwischen auch hier neue Rahmenbedingungen ab. Bereits die am 25.05.2018 in Kraft getretene und für die gesamte EU geltende Datenschutzgrundverordnung (EU-DSGVO) sowie die Diskussionen über eine Digitalsteuer könnten darauf hinweisen, dass der Datenfluss unter den wirtschaftlich tätigen Akteuren zukünftig besser dokumentiert werden muss und die Wertschöpfung auf Basis von ungeklärter Datennutzung erschwert werden wird.

Diese Entwicklungen weisen darauf hin, dass die Digitalisierung ihre erste Phase hinter sich lässt. Neue Begriffe wie Plattformökonomie, Datensouveränität, digitaler Twin, Blockchain und künstliche Intelligenz prägen die Berichterstattung. Von Suchmaschinen, Online-Shops und Big Data hingegen ist inzwischen immer seltener die Rede.

Mit dem beschriebenen Wandel nehmen die Anforderungen an die Qualität des Datenaustausches stark zu. Datenmengen und -geschwindigkeiten stellen große Herausforderungen an die Infrastrukturbetreiber. Vor dem Hintergrund des gerade im internationalen Vergleich mangelhaften Ausbaus schneller Internetverbindungen in Deutschland sieht nicht nur die digitale Szene schwerwiegende Auswirkungen für die gesamte Volkswirtschaft.[11] Hinzu kommt, dass sich durch die zunehmende Verknüpfung aller Bereiche der Energiewirtschaft Anforderungen ergeben, die neue Sicherheitsniveaus im Datentransfer adressieren. Um das integrierte Energieversorgungssystem zukünftig auf gleichbleibend hohem Niveau zu betreiben, sind neue Konzepte zur Gewährleistung von Daten- und IT-Sicherheit für die Energiebranche von großer Bedeutung. Hier kommt die noch junge Blockchain-Technologie zum Tragen.

Die Energiewirtschaft als Testfeld für die Blockchain-Technologie

Distributed Ledger Technologies (DLT) im Allgemeinen oder die Blockchain-Technologie im Speziellen könnten als Informationssysteme mit dezentralen Wesensmerkmalen zukünftig eine wichtige Rolle in allen Wirtschaftszweigen einnehmen. Der Grund dafür liegt auf der Hand: Um der Dokumentation werthaltiger Daten in einer zunehmend dezentralen Energiewelt ein Rückgrat zu geben, bedarf es Technologien, die in der Lage sind, deren Erfordernisse technisch zu unterstützen. Neben existierenden zentralen Systemen gewinnen somit Alternativen an Bedeutung, die, abgestimmt auf den einzelnen Anwendungsfall, für den dezentralen Einsatzzweck geeigneter erscheinen. Diese Technologien stehen in ihrer Entwicklung noch am Anfang. Dabei ist inzwischen nach dem ersten Hype um den Einsatz der Blockchain eine gewisse Ernüchterung eingetreten. Dies liegt zum einen daran, dass die Blockchain weiterhin häufig auf die Kryptowährung Bitcoin reduziert wird, welche nach einem schwindelerregenden Kurzanstieg zu Beginn des Jahres 2018 inzwischen stark gefallen ist. Durch den teils sehr hohen Energieverbrauch einzelner Blockchains stellt sich für die gesamte Technologie – insbesondere in der Energiewirtschaft – auch die Glaubwürdigkeitsfrage (ob zu Recht, hängt maßgeblich von der Wahl des Konsensmechanismus ab). Zusätzlich macht sich branchenübergreifend eine gewisse Ungeduld breit, die erste Praxisanwendungen in der Realwirtschaft fordert.

Die sich im Wandel befindliche Energiewirtschaft erweckt dabei den Anschein, ein ideales Testfeld für die Erprobung zu sein. Die Bedeutung eines sicheren Umgangs mit Informationen erscheint dabei nicht zuletzt vor dem Hintergrund der Bedeutung der Versorgungssicherheit des Energiesystems besonders relevant. Dass die Energiewirtschaft sich bis dato etwas langsamer wandelt als andere Branchen und sich auch die Blockchain-Technologie noch im Aufbau befindet, könnte zum Entstehen einer kongenialen Partnerschaft führen, in der Schritt für Schritt in stark kontrollierten Umgebungen und bei sehr hohen Anforderungen an die Verlässlichkeit gemeinsam Implementierungen erprobt werden.

[11] Der Tagesspiegel (2018).

Die fallbezogene Bewertung von Blockchain in der integrierten Energiewende in vorliegender Studie

Um die tatsächliche Entwicklung und die wahrscheinlichen Diffusionspfade der Blockchain-Technologie in der Energiewirtschaft bewerten zu können, ist eine fallbezogene Betrachtung unabdingbar. Eine Bewertung der Anwendungen ist in Abhängigkeit des aktuellen Reifegrades der Blockchain-Technologie, der Wettbewerbssituation, der betriebs- und volkswirtschaftlichen Nutzenversprechen und des regulatorischen Umfelds durchzuführen. Eben dieses Ziel verfolgt die vorliegende Studie. Dazu wurden 11 Anwendungsfälle (Use Cases) nach dem unten dargestellten Prinzip analysiert. Die detaillierten Bewertungsergebnisse aller Use Cases sind in Kapitel 3 dokumentiert.

Blockchain in der integrierten Energiewende

- Untersuchung von 11 Anwendungsfällen (Use Cases) entlang des Wertschöpfungsnetzwerks der Energiewirtschaft
- Standardisierte Beurteilung der Chancen und Risiken der Use Cases
- Erarbeitung und Abstimmung von Handlungsempfehlungen

Technische Bewertung

- Alleinstellung
- Technologische Reife
- Wechselkosten
- etc.

Ökonomische Bewertung

- Mikroökonomischer finanzieller Nutzen
- Mikroökonomischer strategischer Nutzen
- Wohlfahrtseffekte

Regulatorische Bewertung

- Einfluss des bestehenden regulatorischen Rahmens auf die Umsetzbarkeit von Blockchain-Anwendungen

2

Die Blockchain-Technologie: Status quo und Entwicklungsperspektive

Zehn Jahre nach der Veröffentlichung des Bitcoin Whitepapers[12] haben sich aus dem Ursprungsprotokoll der Bitcoin-Blockchain zahlreiche Varianten, neue Konzepte und unzählige Anwendungen in verschiedenen Wirtschaftssektoren entwickelt. Das Tätigkeitsfeld Blockchain zieht immer mehr Softwareentwickler und Experten aus den Bereichen verteilter Systeme, Kryptografie, Spieltheorie, Programmiersprachen sowie Volkswirtschaftslehre und vielen weiteren Disziplinen an. Ihre weltweit rasant steigende Anzahl führt wiederum zu weiteren neuen Protokollen und Anwendungen, sodass heute eine hochdifferenzierte und vielfältig interagierende Entwicklungslandschaft vorliegt.[13] Für Branchen wie die Energiewirtschaft, die den Mehrwert von Blockchain-Anwendungen prüfen möchten, stellt sich daher zunächst die Herausforderung zu identifizieren, welche Blockchain-Technologien mit welchen Funktionalitäten heute zur Verfügung stehen.

Vor dem Hintergrund des heterogenen Phänomens Blockchain und der rasanten Weiterentwicklung der Kerntechnologien werden nachfolgend in einem ersten Schritt einige wenige Grundbegriffe erläutert. Dabei werden zunächst Distributed-Ledger-Technologien, Blockchains und Kryptonetzwerke voneinander abgegrenzt sowie die Bedeutung und Funktionsweise von Tokens, Coins und Smart Contracts dargestellt. Es folgt ein kurzer Abriss der Entwicklungsperspektive der Blockchain-Technologie in ihren Ausprägungen Wertespeicher, Smart-Contract-Plattformen und Marktplätze für den dezentralen Werte- und Diensteaustausch. Im technischen Gutachten in Teil B werden schließlich unterschiedliche Eigenschaften diverser Blockchain-Technologien einander gegenübergestellt und ihre jeweilige technologische Reife bestimmt. Bezüglich einer allgemeinen Einführung zur Funktionsweise von Blockchains sei auf die mittlerweile umfangreiche Literatur zum Thema verwiesen.[14]

Grundlagen und eine Ordnungsstruktur

Distributed-Ledger-Technologien, Blockchains und Kryptonetzwerke

Die Entwicklung der Blockchain-Technologie schreitet in hohem Tempo voran. Daher sind Begriffsbildungen und Definitionen in diesem Bereich nicht als abgeschlossen anzusehen. Dies ist vergleichbar mit der Situation in den 1990er Jahren, als über die korrekte Bezeichnung des Phänomens Internet lange und intensiv gestritten wurde. So bestand Uneinigkeit darüber, ob es „das eine“ Internet überhaupt gebe oder man nicht besser von „Internets“ sprechen solle.[15] Die nachstehenden Abgrenzungen sind Ausdruck einer vergleichbaren Übergangphase und geben somit lediglich ein zum heutigen Zeitpunkt gängiges Begriffsverständnis wieder.

[12] Nakamoto, S. (2009).

[13] Die Marktkapitalisierung von Kryptonetzwerken ist 2018 gegenüber 2017 erheblich gesunken, gleichzeitig ist die Aktivität gemessen in Teilnehmern und Transaktionen, Entwicklern, Ökosystemgröße etc. weiter stark gestiegen. Einen Überblick liefert der Ethereum-Mitgründer und ConsenSys-Gründer Lubin, J. (2018).

[14] Empfehlenswerte Einführungen sind beispielsweise BDEW (2017) sowie BDEW (2018). Eine ebenfalls verständliche Einführung mit entsprechender Vertiefung bietet Merz, M. (2019). Insbesondere Erläuterungen zu den technologischen Konzepten finden sich auf den Webseiten des BlockchainHub, vgl. hierzu auch BlockchainHub (2018).

[15] Gleichzeitig waren sogenannte „Intranets“, bei denen die Netzwerkprotokolle TCP-IP für nicht-öffentliche Unternehmensnetzwerke genutzt wurden, lange Zeit sehr verbreitet.

Distributed-Ledger-Technologien (DLT) ermöglichen es vernetzten Rechnern, über die Reihenfolge von durchgeführten Transaktionen einen Konsens zu bilden, diesen Zustand zu speichern und laufend zu aktualisieren.[16] Die Transaktionsdatenbanken erlauben auf diese Weise die Verwaltung von Daten ohne eine zentrale Plattform. Einzelne Rechner des Netzwerks (sogenannte Nodes) erfassen, teilen und synchronisieren die Transaktionen ausgehend von ihren jeweils aktuellen Kopien der Datenbank.

Eine **Blockchain** ist die prominenteste Ausprägung von Distributed-Ledger-Technologien. Hierbei wird eine kontinuierlich erweiterbare Liste von Datensätzen (Blöcken) mittels kryptografischer Verfahren miteinander verkettet. Da nicht alle Distributed-Ledger-Technologien auf Block-Verkettung als Ordnungsprinzip zurückgreifen, ist folgerichtig jede Blockchain eine Distributed-Ledger-Technologie, aber nicht jede Distributed-Ledger-Technologie eine Blockchain.[17]

Verschiedene Unternehmen haben in den vergangenen Jahren Blockchain-Lösungen erprobt und hierbei die Teilnahme an denselben (Lese- und Schreibrechte) beschränkt sowie Mitgliedern eines Konsortiums oder einer rechtlichen Einheit des gleichen Unternehmens die Rolle des Validators von Transaktionen zugewiesen. Um diese Lösungen von den frei zugänglichen öffentlichen Blockchains abzugrenzen, werden diese Unternehmens-Blockchains daher häufig als DLT bezeichnet. Eine eindeutige begriffliche Abgrenzung zwischen Blockchains und DLT liegt aber bislang nicht vor.

Kryptonetzwerke lassen sich definieren als die Einheit aus einer Distributed-Ledger-Technologie und einer Anreizstruktur, die im DLT-Protokoll (d. h. der Software) spezifiziert ist. Der eigentliche Zweck von Kryptonetzwerken ist die gemeinschaftliche Bereitstellung digitaler Dienstleistungen. Sogenannte Tokens (digital verbriefte Rechte) bilden die im Protokoll festgelegte Anreizstruktur ab und sind damit wesentlich für den Betrieb von Kryptonetzwerken. Entsprechend setzt sich das Kryptonetzwerk Bitcoin aus (a) einer spezifischen Blockchain und (b) einer im Protokoll festgelegten Anreizstruktur für die Konsensbildung zusammen.[18] Die angebotene Dienstleistung ist die Wertaufbewahrung bzw. der Transfer von Geld bzw. Bitcoins. Einige der derzeit in und zwischen Unternehmen eingesetzten Distributed-Ledger-Technologien verzichten auf Anreizstrukturen bzw. die Nutzung von Tokens.

Das Bitcoin-Protokoll kann als Koordinationsinstrument betrachtet werden, das das Verhalten von sehr vielen Nutzern präzise steuert, ohne hierbei auf eine zentrale Hierarchie zurückzugreifen.[19] Im Rahmen einer hierarchischen Lösung, wie in einem Unternehmen üblich, müsste Bitcoin hingegen das Validieren der Transaktionen mittels Mining-Prozess zentral organisieren.[20] Es ist zumindest fraglich, ob die hierfür nötigen Abstimmungsprozesse inklusive Entlohnung ähnlich reibungslos und effizient wie durch das dezentrale Bitcoin-Protokoll erfolgen könnten. Dieses setzt für die vielen Akteure auf der Welt seit Jahren ausreichend Anreize, um exakt zu dem gewünschten Verhalten und Ergebnis zu gelangen. Ein weiteres Beispiel ist die Koordination von Kapital mittels Kryptonetzwerken (sogenannte Initial Coin Offerings – ICOs). Diese ICOs sind als bislang schnellste und effizienteste Form der Kapitalkoordination seit der Erfindung des Geldes beschrieben worden: Auf diversen Webseiten wurde im Jahr 2017 die Adresse einer Kryptowährung (Account) platziert, und innerhalb von Sekunden konnten Hunderte Millionen Dollar eingeworben werden.[21]

Die Begriffe Distributed-Ledger-Technologie, Blockchain und Kryptonetzwerk lassen sich wie dargestellt aktuell nicht widerspruchsfrei voneinander abgrenzen. Auch erweist sich die Verwendung des Begriffs Distributed-Ledger-Technologie (DLT) als wenig komfortabel, sodass in Fachartikeln, Zeitungen, Blogs und Whitepapers Blockchain und DLT häufig synonym benutzt werden.

[16] BaFin (2016).
[17] Ein Beispiel für letztere DLT ist IOTA mit dem Konzept eines Tangle als alternativem Konsensmechanismus (Directed Acyclic Graphs – DAGs). Weitere Ausprägungen sind DLT wie Hashgraph oder Holochain, die Gossip-Protokolle nutzen.
[18] Im Falle des Kryptonetzwerks Bitcoins erfolgt die Belohnung für systemkonformes positives Verhalten durch die Zuweisung von Einheiten der Währung Bitcoin an Netzwerk-Teilnehmer, die das kryptografische Rätsel lösen (Mining).
[19] Vgl. Olaf Carlson-Wee, Gründer und CEO von Polychain Capital, in a16z-Podcast (2017).
[20] Das Mining beschreibt bei Blockchains wie Bitcoin oder Ethereum die Blockbildung mittels der Lösung komplexer kryptografischer Aufgaben. Vgl. z. B. die ausführliche Darstellung in BDEW (2017).
[21] Vgl. Olaf Carlson-Wee, Gründer und CEO von Polychain Capital, in a16z-Podcast (2017).

Smart Contracts

Smart Contracts ergänzen die Speicherschicht von Blockchains wie Bitcoin um eine funktionale Transaktionsschicht, die autonome Handlungen wie Zahlungen, Datenübertragungen oder das Speichern bzw. Dokumentieren eines Vorgangs/Ergebnisses auslösen. Da diese Handlungen innerhalb einer Blockchain ablaufen, gelten für sie die gleichen hohen Qualitäten bzgl. Unveränderlichkeit und Stabilität wie für die Blockchain selbst.

Die Bitcoin-Blockchain nutzt ihre Validierungsfunktion nicht nur für jede einzelne Transaktion, sondern auch für mehrstufige Transaktionen wie das sogenannte Multisignature (multisig):[22] Mehrere Teilnehmer zahlen auf ein Konto ein und erst, wenn der Betrag einen definierten Grenzwert überschreitet, wird die Überweisung des Gesamtbetrags an die spezifizierte Empfängeradresse ausgeführt. Weiterentwicklungen der Bitcoin-Blockchain wie das Kryptonetzwerk Ethereum beschränken sich hingegen nicht auf das Validieren von einzelnen Datenelementen.[23] Sie nutzen Wenn-dann-Beziehungen, die in Code niedergeschrieben sind und in der Blockchain ausgeführt und überwacht werden: sogenannte **Smart Contracts**.[24] Durch deren automatisierte Ausführung sollen Transaktionskosten gesenkt und eine höhere Vertragssicherheit gewährleistet werden, da nachträgliche Handlungsabweichungen nicht möglich oder erschwert sind.[25]

Die Anwendungslogik wird dabei so gekapselt, dass sie auf einer Blockchain ausgeführt werden kann.[26] Entsprechend wird der Ablauf von Programmen zum einen beweisbar, zum anderen ist die Ausführung des Programmcodes nicht durch herkömmliche Attacken zu verhindern: Der Code von Smart Contracts liegt zwar logisch zentral vor, er wird jedoch in Kopien dezentral gespeichert. Smart Contracts können somit nicht aus der Mehrheit aller Blockchain-Knoten entfernt werden. Dies ist die wesentliche inhaltliche Weiterentwicklung gegenüber der ursprünglichen Verwendung des Begriffs Smart Contracts im Zusammenhang mit Netzwerktransaktionen.[27] Ein Anwendungsbeispiel ist die automatisierte Eigentumsübertragung und Bezahlung von Gütern zwischen Lieferant und Abnehmer. Sobald die auf beiden Rechnern installierte Software das Signal sendet, dass die digitale Zahlung via Kryptowährung bzw. ein digital verbrieftes Zahlungsversprechen erfolgt ist, wird der Eigentumsnachweis übertragen. Ein weiteres Beispiel für diese Formen programmierbaren Geldes ist das Bezahlen eines Leihwagens mittels eines Tokens, der auch zur Aktivierung des Motors genutzt wird.

Einige Smart-Contract-Plattformen wie Ethereum verlangen für die Ausführung von Code eine Gebühr, die im Falle von Ethereum als Gas bezeichnet wird. Das Gas landet nach Ausführung des Smart Contracts als Betrag beim Miner und wird von dem Account abgebucht, der den Vorgang initiiert hat. Gas ist die Untereinheit eines Ether (ETH), ein sogenannter nanoether, und definiert als der milliardste Teil eines solchen (d. h., wenn 1 ETH = 1.000 Euro, dann ist 1 Gas = 0,0001 Cent). Die Bepreisung der Dienstleistung „Ausführen eines Smart Contracts“ stellt neben der Anreizung von Minern insbesondere einen wirksamen Schutz vor Spam-Attacken dar. So würde ein geringfügiger Preis für das Versenden von E-Mails das Phänomen der Massen-E-Mails wohl umgehend beenden.

[22] Wiki Bitcoin (2017).
[23] Merz, M. (2019).
[24] Andere Smart-Contract-Plattformen vermeiden den Begriff Smart Contract und sprechen z. B. von „Chaincode“ (wie etwa Hyperledger Fabric).
[25] Vgl. hierzu die ausführliche Darstellung in BDEW (2017).
[26] Anschauliche und detaillierte Beispiele finden sich bei Merz, M. (2019), Kapitel 3.
[27] Szabo, N. (1996).

Coins und Tokens
Für die Begriffe Coin und Token existiert bislang keine einheitliche Verwendungsweise.[28] Mal werden Coins und Tokens synonym verwendet und als Kryptowährungen bezeichnet. Andere hingegen treffen innerhalb des Begriffspaars explizite Unterscheidungen.

Hiernach werden **Coins** (auch: Altcoins) als digitales Geld definiert, das einen Wertespeicher darstellt. Coins sind folglich tauschbar, teilbar sowie haltbar und stellen ein knappes Gut dar (begrenztes Angebot).[29] Coins haben neben ihrer Geldfunktion zunächst keine weitere Aufgabe. Sie sind daher grundsätzlich mit einer öffentlichen Blockchain verbunden, d. h., jeder kann an dem Netzwerk teilhaben, es besteht keine Zulassungsbeschränkung. Bitcoin ist das prominenteste Beispiel für Coins.

Im Gegensatz zu Coins operieren **Tokens** in der Regel auf einer Blockchain, die Smart Contracts bzw. dezentrale Anwendungen anbietet. Sie können als ein spezifisches digital verbrieftes Recht definiert werden, das Vermögenswerte, Wertpapiere, einen Besitz- oder Gewinnanspruch, aber auch Wahlrechte und Eintrittskarten repräsentieren kann.[30] Tokens können auch Zahlungsfunktionen aufweisen, die Tauschbarkeit steht jedoch nicht wie bei digitalem Geld im Vordergrund. In dieser Hinsicht sind sie etwa vergleichbar mit einem Konzertticket, mit dem man nicht in einem Restaurant bezahlen kann. Zudem gilt, dass man mit einem Coin einen Token erwerben kann, aber nicht umgekehrt.

Tokens sind heute öfter anzutreffen als Coins, da sie deutlich einfacher zu erzeugen sind. So muss für die Generierung eines Tokens keinerlei neuer Code geschrieben und auch keiner angepasst werden. Es ist ausreichend, auf eine Standardvorlage von Plattformen wie Ethereum zurückzugreifen. Die Erstellung von Tokens erfolgt hier in einigen wenigen Schritten. Die Standardvorlagen ermöglichen darüber hinaus eine gewisse Interoperabilität, sodass verschiedene Tokens in einer Wallet (digitale Geldbörse) gespeichert werden können.

Ein sogenannter **Usage Token** (auch Utility Token) dient der Nutzung eines digitalen Dienstes und muss hierfür zunächst erworben werden.[31] Der bekannteste Usage Token ist Bitcoin. Sein Besitz ist notwendig, um Geld zu speichern und zu überweisen. Der hierfür genutzte Service ist das Bitcoin-Netzwerk.[32] Der Wert des Tokens ist dabei langfristig an den Nutzen, den der digitale Dienst bei steigender Nachfrage zu schaffen vermag, sowie an seine Knappheit als Ressource gebunden. Im Gegensatz hierzu steht eine rein spekulative Nachfrage, bei der lediglich darauf gewettet wird, einen Token zu einem höheren Preis wieder zu verkaufen.

Der Besitz eines **Work Tokens** berechtigt hingegen dazu, eine bestimmte Form der Arbeit durchzuführen, d. h. einen Dienst für eine dezentrale Organisation wie ein Kryptonetzwerk auszuführen. Diese Arbeit wird dann entlohnt. Ein Beispiel für diese Form der Entlohnung bietet der Konsensmechanismus Proof-of-Stake.[33] Bei Proof-of-Stake entfällt der künstliche Rechenaufwand zur Generierung des Hash-Wertes für die Validierung eines Blocks. Dieses Lösen des Rätsels (Mining) ist bei Bitcoin ein notwendiger Bestandteil der Validierung von Transaktionen (vgl. Proof-of-Work[34]). Stattdessen können bei Proof-of-Stake aus allen teilnehmenden Rechnern zufällig einige zur Validierung des Blocks bzw. der darin enthaltenen Transaktionen ausgewählt werden. Diese Rechner generieren dann lediglich einen Hash-Wert und erhalten hierfür eine monetäre Entlohnung. Die Wahrscheinlichkeit, ausgewählt zu werden, steigt mit zunehmendem Besitz der Blockchain-immanenten Währung.

Die Vertrauenswürdigkeit des validierenden Knotens wird durch das Hinterlegen des monetären Pfandes (Stakes) gesichert. Das Kryptonetzwerk Ethereum wird vom Konsensmechanismus Proof-of-Work zu Proof-of-Stake wechseln.[35] Nutzer werden dann Ether besitzen müssen, um Smart Contracts auszuführen, und der Besitz von Ether ermöglicht dann ebenfalls, die Gebühren für die Transaktionsvalidierung zu verdienen. Ether ist dann sowohl ein Usage Token als auch ein Work Token. Weitere Beispiele für Work Tokens sind der Reputation Token im Kryptonetzwerk Augur[36] oder der Governance Token bei Zero X (0x)[37]. Im letzteren Fall ist die Arbeit die Governance selbst.

[28] Vgl. auch die Klassifikation von Euler, T. (2018).
[29] Für eine Abgrenzung vgl. beispielsweise Bonpay (2018).
[30] World Bank Group (2017).
[31] Tokens können auch nicht-digitale Vermögenswerte wie eine Immobilie repräsentieren. Deren digitales Abbild ist jedoch technisch identisch mit anderen digital verbrieften Rechten (Tokens).
[32] Vgl. Nick Tomaino, Gründer und General Partner von 1confirmation, in a16z-Podcast (2018).
[33] Vgl. Erläuterung zu Proof-of-Stake in BDEW (2017), Glossar.
[34] Alle am Netzwerk beteiligten Rechner konkurrieren dabei im Trial-and-Error-Verfahren um die Lösung eines algorithmischen Rätsels, wobei der Gewinner den Hash-Wert und somit den nächsten Block generiert und dafür eine Belohnung in der zugrunde liegenden digitalen Währung erhält.
[35] Poon, J.; Buterin, V. (2017).
[36] Augur (2019).
[37] 0xproject (2019).

Von Wertespeichern zu Smart-Contract-Plattformen und Marktplätzen für den dezentralen Werte- und Diensteaustausch

Der Zweck von Kryptonetzwerken ist die Erbringung digitaler Dienste. Entsprechend werden nachfolgend Kryptonetzwerke vereinfacht in die drei Kategorien Wertespeicher, Smart-Contract-Plattformen und Marktplätze für den dezentralen Werte- und Diensteaustausch eingeteilt. Das übergeordnete Ziel ist dabei weniger eine detailgetreue Abbildung der komplexen Vielfalt als die Herausarbeitung der relevanten Entwicklungstendenzen für Anwender in der Energiewirtschaft.

Der Unterschied zwischen zugangsbeschränkten Unternehmens-Kryptonetzwerken (private, permissioned) und den zugangsfreien Kryptonetzwerken (public, permissionless), über welchen eine leidenschaftliche Diskussion geführt wird[38], bleibt für die Kategorisierung selbst an dieser Stelle ausdrücklich unberücksichtigt. Grundsätzlich gilt, dass private gegenüber öffentlichen Kryptonetzwerken aus unternehmerischer Sicht im Jahr 2019 vor allem durch ihre höhere Skalierbarkeit, eine bessere Gewährung des Datenschutzes und ihren geringeren Energieverbrauch erhebliche Vorteile aufweisen können. In Teil B dieser Studie werden die Abgrenzungen zwischen privaten und öffentlichen Kryptonetzwerken und ihre unterschiedlichen Eigenschaften ausführlich erläutert. Für die Kategorisierung von Kryptonetzwerken müssen jedoch die angebotenen digitalen Dienste im Vordergrund stehen. Werden Blockchain-Technologien vorrangig für die Optimierung existierender interner und externer Unternehmensprozesse genutzt, so laufen Unternehmen Gefahr, die **Netzwerkeffekte** von Kryptonetzwerken als Grundlage für eine mögliche neue Klasse von Anwendungen aus dem Blick zu verlieren.[39] Die Netzwerkeffekte werden als so bedeutsam angesehen, weil sie wie schon bei der Internet-/Intranet-Entwicklung in den 1990er Jahren letztlich den Nutzen von Rechnernetzen ausmachen.

Öffentliche Kryptonetzwerke sind zugangsfrei und versprechen daher per definitionem höhere Nutzerzahlen, d. h. eine größere Zahl an Transaktionen und damit mächtigere Netzwerkeffekte. Sind öffentliche Kryptonetzwerke zusätzlich als Open-Source-Software frei kopier- und veränderbar, dann ist auch die Entwicklerzahl potenziell deutlich größer als bei Unternehmensnetzwerken. Bei gänzlich geschlossenen Netzwerken sind die Netzwerkeffekte vernachlässigbar. Sollten daher öffentliche Kryptonetzwerke skalierbar werden und Datenschutz DSGVO-konform gewährleisten können, werden private Kryptonetzwerke mittelfristig höchstwahrscheinlich den Reiz für Unternehmen ebenso verlieren wie dies im Falle der Intranets geschah.

In der Zwischenzeit können interoperable Unternehmens-Kryptonetzwerke, d. h. solche, die mit öffentlichen Kryptonetzwerken interagieren können (sogenannte hybride Unternehmensnetzwerke), Netzwerkeffekte gezielt vergrößern. Als aktiv in diesem Bereich, um die Vorteile aus beiden Welten (zum heutigen Zeitpunkt) zu verbinden, ist die Energy Web Chain der Energy Web Foundation zu erwähnen. Die Stiftung kombiniert einen offenen Zugang in Form eines Open-Source-Ansatzes unter Wahrung der Ethereum-Kompatibilität aus der öffentlichen Blockchain-Welt mit Authority-Nodes (Proof-of-Authority) und einer klaren Verantwortlichkeit für die Einhaltung des Regelrahmens (Governance) aus der privaten Blockchain-Welt.[40]

[38] Vgl. zum Stichwort DLT versus Blockchain die entsprechenden Artikel auf medium.com und die Debatten auf twitter.com.
[39] a16zcrypto (2019).
[40] EWF (2018).

Wertespeicher

Das Kryptonetzwerk Bitcoin hat erstmals die Möglichkeit einer sicheren Datenbank aufgezeigt, die über Tausende von Rechnern verteilt ist und ohne eine zentrale, die Daten-Authentizität verifizierende und kontrollierende Instanz auskommt. Gleichzeitig ist in seinem Protokoll eine Anreizstruktur implementiert, nach der die Arbeit zur Pflege der verteilten Datenbank (Mining) mit kleinen, zunehmend knapper werdenden Bitcoin-Zahlungen entlohnt wird. Die technische Neuerung gegenüber bestehenden Datenbanksystemen besteht zum einen darin, dass ohne die Rolle eines Verantwortlichen eine Übereinkunft über den Zustand der verteilten Datenbank erzielt werden kann. Zum anderen wird ein Weg aufgezeigt, wie Teilnehmer kompensiert werden können, die dabei helfen, den Dienst bzw. das gesamte Netzwerk durch eine Leistung (Mining) wertvoller zu machen, ohne hierfür auf klassische Gehaltszahlungen oder Anteile an einem Unternehmen zurückgreifen zu müssen. Beide Eigenschaften sind die Voraussetzung für das Funktionieren von Bitcoin als skalierender Krypto-Wertespeicher sowie als Tausch- und Zahlungsmittel. Konkret wird hierdurch die Mehrfachverwendung von Tokens (sogenanntes Doublespending) effektiv unterbunden und gleichzeitig die Skalierung des dezentralen Dienstes sichergestellt. In den letzten Jahren sind zahlreiche weitere Kryptowährungen entstanden.[41]

Kryptowährungen wird für die Weiterentwicklung der Internetökonomie eine große Bedeutung zugesprochen, weil bis heute keine native, also eingebaute Internetwährung existiert. Zudem sind die Geschäftsmodelle großer Internetplattformen wie Google, Facebook, Twitter oder Snapchat nahezu vollständig werbefinanziert.[42] So machten die Werbeeinnahmen des größten weltweiten Medienunternehmens, Google Alphabet, im Jahr 2016 87 Prozent seines Gesamtumsatzes von 90 Milliarden US-Dollar aus.[43] Bei Facebook waren es im Jahr 2015 sogar 95 Prozent.[44] Weitere erfolgreiche Modelle wie bei Spotify oder Netflix sind subskriptionsbasiert.[45] Transaktionsbasierte Geschäftsmodelle hingegen – und hier vor allem Mikrotransaktionen – versprechen ein enormes, bislang ungenutztes wirtschaftliches Potenzial.[46] Hier bildet die Videospieleindustrie mit einem Micropayment-Volumen von 50 Milliarden US-Dollar im Jahr 2017 eine Ausnahme.[47] In den Bereichen Musik, kreatives Schreiben und Videoerstellung existieren allerdings bislang keine verbreiteten Lösungen und somit auch nur marginaler Umsatz. Urheber von Werken partizipieren an der Wertschöpfung gegenüber Plattformbetreibern heute nur geringfügig.

Die Integration von immer mehr und immer kleineren Marktakteuren in die Energiemärkte oder die Abrechnung an öffentlichen und privaten E-Ladestationen stellt ein großes wirtschaftliches Potenzial für Kryptowährungen dar. Mikrotransaktionen in der Energiewirtschaft lassen sich mit heutigen Informationssystemen oftmals nicht wirtschaftlich darstellen.[48] Die Erneuerbare-Energien-Richtlinie in ihrer Neufassung von November 2018 sieht vor, dass Prosumer bis zu einer bestimmten Liefermenge nicht unter den europäischen oder nationalen „Lieferantenbegriff“ fallen sollen, wodurch im Rahmen von Energiegemeinschaften mit der hochfrequenten Abrechnung von Kleinstlieferungen und -verbräuchen zu rechnen ist.

> *„Ignoring cryptocurrencies is like ignoring the Internet in 1993.“*
>
> **Benedict Evans, Wagniskapitalgeber und General Partner von Andreessen Horowitz**

[41] Vgl. die Übersicht unter Coinmarketcap (2019).
[42] Evans, B. (2018).
[43] United States Securities and Exchange Commission (2016).
[44] Webb, R. (2017).
[45] Bei den größten chinesischen Internet-Unternehmen wie etwa Tencent ist der Anteil des Umsatzes aus Werbung deutlich geringer als bei den entsprechenden US-Unternehmen.
[46] Vgl. Chris Dixon, General Partner von Andreessen Horowitz, in a16z-Podcast (2018). Laut Benedict Evans beläuft sich das Werbegeschäft der US-Internetunternehmen auf 3 Prozent des BIP, vgl. Evans, B. (2018).
[47] Vgl. Chris Dixon, General Partner von Andreessen Horowitz, in a16z-Podcast (2018).
[48] Ein Beispiel für hohe Transaktionskosten im Verhältnis zum Wert der Transaktion sind die im Rahmen von Mieterstromanwendungen durchzuführenden, nachzuhaltenden und abzurechnenden Handelstransaktionen. Der Blockchain-Technologie wird für die Durchführung von Mikrotransaktionen eine hohe Eignung zugesprochen, vgl. FfE (2018).

Smart-Contract-Plattformen

Die wesentliche konzeptionelle Weiterentwicklung der Bitcoin-Blockchain sind sogenannte Smart-Contract-Plattformen wie Ethereum.[49] Die öffentliche, d. h. frei zugängliche Blockchain Ethereum ist nach Marktkapitalisierung und Anzahl der mit ihr arbeitenden Softwareentwickler das mit Abstand bedeutendste Kryptonetzwerk, auf dem Smart Contracts ausgeführt werden können.[50] Die Ethereum Smart Contracts sind dabei kleine Programme, die auf die Blockchain hochgeladen werden. Der Programmcode ist zusätzlicher Inhalt einer Transaktion, während die eigentliche Ausführung über die Ethereum Virtual Machine erfolgt.[51] Für eine Ethereum-Anwendung wird die Logik in eine grafische Webseitenoberfläche eingebunden, über die Nutzer interagieren können.[52] Die Kombination aus diesem Front-End und dem Smart Contract wird als distributed Application (dApp) bezeichnet.

Die Blockchain-Eigenschaften wie Unveränderlichkeit, Verfügbarkeit und Vertrauenslosigkeit des Smart Contracts verbergen sich somit hinter einer für Nutzer vertrauten Oberfläche.[53] Aus diesen Bausteinen lassen sich Softwarekomponenten wie anwendungsspezifische Währungen[54], digitale Verfügungsrechte[55], offene Finanzinstrumente[56] oder softwarebasierte Organisationen[57] konstruieren.[58] Diese Komponenten wiederum dienten in den letzten Jahren zur Weiterentwicklung von neuen Infrastrukturen und Anwendungen wie dezentrale Datenspeicher oder blockchainbasierte Identitätsnachweise.[59] Heute existiert eine Vielzahl von Smart-Contract-Plattformen, die sich durch ihre Konsensmechanismen, Governance-Ansätze und eine Reihe weiterer Kriterien zum Teil deutlich vom Ethereum-Netzwerk unterscheiden.

Öffentliche Smart-Contract-Plattformen schaffen auch für Softwareentwickler und Unternehmer eine veränderte Ausgangssituation: Im Falle der Entwicklung von Anwendungen für ein Kryptonetzwerk muss ein nachträgliches Ändern der Spielregeln nicht befürchtet werden. Entwickler für zentralisierte Internet-Plattformen wie die von Google, Apple, Facebook oder Amazon hängen hingegen vollständig von den Entscheidungen der dahinterstehenden Unternehmen ab.[60] Eine öffentliche Blockchain ist – abhängig vom gewählten Konsensmechanismus – nicht per se frei von Tendenzen zur Machtkonzentration (vgl. Teil B). Auch in Kryptonetzwerken können also Situationen eintreten, bei denen die Validierung von Transaktionen in den Händen Weniger liegt. In diesem Falle können die Spielregeln des Kryptonetzwerks verändert werden. Während jedoch die Monopolisierung von Märkten bei den erwähnten Internet-Plattformen auf der Extraktion von Kundendaten im Rahmen sogenannter zweiseitiger Märkte[61] basiert, bestehen bei Nutzern von Kryptonetzwerken keine vergleichbaren Wechselkosten. Die Nutzer treten ihre Rechte an den eigenen Daten nicht an einen Plattformbetreiber ab und behalten daher stets die Kontrolle über ihre Daten. Nutzer von Kryptonetzwerken haben somit stets die Exit-Wahl, indem sie ihre Tokens verkaufen oder (als letztes Mittel) einen Fork des Protokolls durchführen. Bei einem solchen Fork spalten sich Teilnehmer der Blockchain ab, um parallel zur weiterhin bestehenden Implementierung eine eigene Ausgestaltung der Blockchain zu nutzen.[62]

Darüber hinaus ist es ein Grundprinzip von zugangsfreien öffentlichen Kryptonetzwerken, dass Nutzer einer Plattform die Blockchain über den Besitz von Tokens gemeinsam steuern.[63] Konkret reizt das Krypto-Protokoll die Netzwerknutzer zur Zusammenarbeit für die gemeinsamen Ziele Netzwerkwachstum sowie Wertsteigerung des Tokens an.

Nahezu sämtliche Anwendungsfälle aus der Energiewirtschaft nutzen eine Smart-Contract-Plattform (vgl. Kapitel 3). Die Prozesse umfassen dabei Anwendungsfälle von programmierbarem Geld über Systemdienstleistungen für das Stromnetz bis hin zur Organisation von Energiemengen und -werten in Energiegemeinschaften.

[49] Für eine Übersicht vgl. z. B. GitHub (2019a).
[50] Coinmarketcap (2019).
[51] Merz, M. (2019).
[52] Ebd.
[53] Ebd.
[54] Wikipedia (2019).
[55] GitHub (2019b).
[56] GitHub (2019c).
[57] GitHub (2019d).
[58] a16zcrypto (2019).
[59] Ebd.
[60] Dixon, C. (2018).
[61] Huberman, G.; Leshno, J.; Moallemi, C. (2017).
[62] Prominentes Beispiel ist die Aufspaltung von Ethereum (ETH) und Ethereum Classic (ETC) nach einem Hard Fork im Zusammenhang mit dem sogenannten DAO-Hack im Jahr 2016. Vgl. Falkon, S. (2017) sowie Biederbeck, M. (2016).
[63] Mercatus Center (2018).

Marktplätze für den dezentralen Werte- und Diensteaustausch

Aktuell erleben wir in der Entwicklung von Kryptonetzwerken einen Trend hin zu neuartigen, dezentralen (Peer-to-Peer-) Marktplätzen ohne Intermediäre.[64] Dies gilt auch für Krypto-Tauschbörsen wie Coinbase, denen Nutzer ihr Geldvermögen bislang anvertrauen mussten, um Währungen zu kaufen und zu verkaufen. Damit einher ging der Nachteil zentralisierter Sicherheitsarchitekturen: der „Single-Point-of-Failure", d. h. das hohe Risiko von Hackerangriffen. Ein dezentraler Marktplatz ermöglicht hingegen theoretisch einen vertrauenslosen Austausch digitalisierbarer Inhalte aller Art. Voraussetzung für den sicheren Handel ist hier lediglich die Kontrolle der privaten Schlüssel.

Das Kryptonetzwerk *Filecoin*[65] ist ein Beispiel für ein uneingeschränkt dezentrales Peer-to-Peer-System, bei dem Tokens genutzt werden, um Datenspeicher zwischen Anbietern und Nachfragern zu vermitteln. Technisch soll frei verfügbarer Speicher auf Rechnern jeder Art handelbar werden. Filecoin nutzt Ethereum und das IPFS-Protokoll[66]. Filecoins können durch Arbeit an der Verbesserung der Software sowie durch Bereitstellung von Hardware-Speicherplatz verdient werden.

Speicherplatz ebenso wie Datenübertragungsbandbreite und CPU-GPU-Cycles werden traditionell über Händler vermarktet. Neben Filecoins für Speicher sind daher ebenso WiFi-Coins oder Compute-Coins denkbar. Folgerichtig könnten viele der großen Web-2.0-Unternehmen wie Twitter, Tumblr, eBay oder Uber ernsthafte Konkurrenz durch dezentrale Marktplätze erhalten.[67] Vielversprechende Konzepte für Marktplätze für den dezentralen Werte- und Diensteaustausch sind der IOTA Daten-Marktplatz[68], die DataBrokerDAO[69] und das OCEAN BigChainDB Protokoll.[70] Kryptonetzwerke sind auch für die Realisierung von Prognosemärkten wie Augur vielversprechend, da sie die Bewältigung bislang bestehender Herausforderungen wie die globale Sicherung und das Durchsetzen von Eigentumsrechten, die unmittelbare und vollständige Abwicklung von Mikrozahlungen sowie die Anreizsetzung und Teilhabe ermöglichen.[71]

Marktplätze für den dezentralen Werte- und Diensteaustausch versprechen eine für die Transformation des Energiesystems entscheidende Lücke zu füllen. In einem Energiesystem mit immer mehr Akteuren und Geräten sowie immer kleinteiligeren Energiebezügen und -lieferungen ist der flexible, sichere und wirtschaftliche Datenaustausch eine unabdingbare Voraussetzung für seine Funktionsfähigkeit.

Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die drei Kategorien von Kryptonetzwerken mit entsprechenden Beispielen.

Kryptonetzwerke als Wertespeicher	**Smart-Contract-Plattformen**	**Dezentraler Werte- und Diensteaustausch**
Bitcoin	Cardano	0x
Bitcoin Cash	DFINITY	Attention Token
Dash	Energy Web Foundation	Civic
Decred	EOS	Filecoin
Monero	Ethereum	The Raiden Network
Zcash	Kadena	…
…	NEO	
	Nervos CKB	
	…	

[64] Vgl. Olaf Carlson-Wee, Gründer und CEO von Polychain Capital, in a16z-Podcast (2017).
[65] Filecoin (2019).
[66] IPFS (2019).
[67] a16z-Podcast (2017).
[68] Sønstebø, D. (2017).
[69] Databrocker Dao (2018).
[70] Oceanprotocol (2019).
[71] Augur (2019), vgl. auch Chris Dixon, General Partner von Andreessen Horowitz, in a16z-Podcast (2018).

3

Bewertung von Anwendungen der Blockchain in der Energiewirtschaft

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden 11 ausgewählte energiewirtschaftliche Blockchain-Anwendungen (Use Cases) untersucht und hinsichtlich ihrer technischen, ökonomischen und regulatorischen Reife bzw. Umsetzbarkeit bewertet. Die Use Cases sind fünf Anwendungsgruppen zugeordnet, welche einerseits zur besseren Einordnung dienen sollen und andererseits die das gesamte Wertschöpfungsnetzwerk umfassende Vielfalt der betrachteten Blockchain-Anwendungen verdeutlichen. Die nachfolgende Abbildung bietet eine Übersicht der Use Cases und ihrer Anwendungsgruppen.

Die genannten Use Cases bilden sicherlich nicht sämtliche denkbaren Anwendungen der Blockchain in der Energiewirtschaft ab. Ebenso sind die meisten der betrachteten Use Cases jeweils in einer Vielzahl unterschiedlicher Varianten vorstellbar. Die im Rahmen der vorliegenden Studie näher begutachteten Use Cases stellen jedoch nach unserer Überzeugung eine sehr gute und umfassende Auswahl der vielfältigen denkbaren Anwendungen der Blockchain in der Energiewirtschaft dar. Die Auswahl und Definition der hier untersuchten Use Cases und ihrer Prozessketten erfolgte gemeinschaftlich und einvernehmlich in mehreren Arbeitssitzungen durch die Verknüpfung der Expertise der Studienpartner und der dena und mit sachkundiger Unterstützung der beteiligten Gutachter.

In diesem Kapitel werden die Use Cases detailliert beschrieben und somit auch von denkbaren alternativen Varianten abgegrenzt. Anhand der definierten Prozessketten werden die beteiligten Parteien sowie die einzelnen Prozessschritte jedes Use Cases transparent dargelegt. Die jeweiligen Schreibrechte der Parteien im Ledger werden in den Schaubildern über farbige Markierungen kenntlich gemacht.

Die Prozessketten stellen die Basis für die technische, ökonomische und regulatorische Bewertung der einzelnen Use Cases dar:

- Die jeweiligen Bewertungsergebnisse der Gutachten werden nach einem 5-Sterne-System quantitativ zusammengefasst. Eine höhere oder niedrigere Bewertung ergibt sich je nachdem, in welchem Grad technische Anforderungen erfüllt werden, welcher ökonomische Nutzen gegeben ist bzw. wie entscheidend der regulatorische Einfluss[72] auf den Use Case ist.[73]
- Die Ergebnisse der technischen, ökonomischen und regulatorischen Analyse werden zudem jeweils in Kürze qualitativ zusammengefasst. Darüber hinaus werden die wesentlichen Ergebnisse der zugrunde liegenden Bewertungskriterien grafisch dargestellt.

Für eine detaillierte Begründung der jeweiligen technischen, ökonomischen und regulatorischen Bewertungen und deren Methodik sei auf die vollständigen Gutachten in Teil B verwiesen.

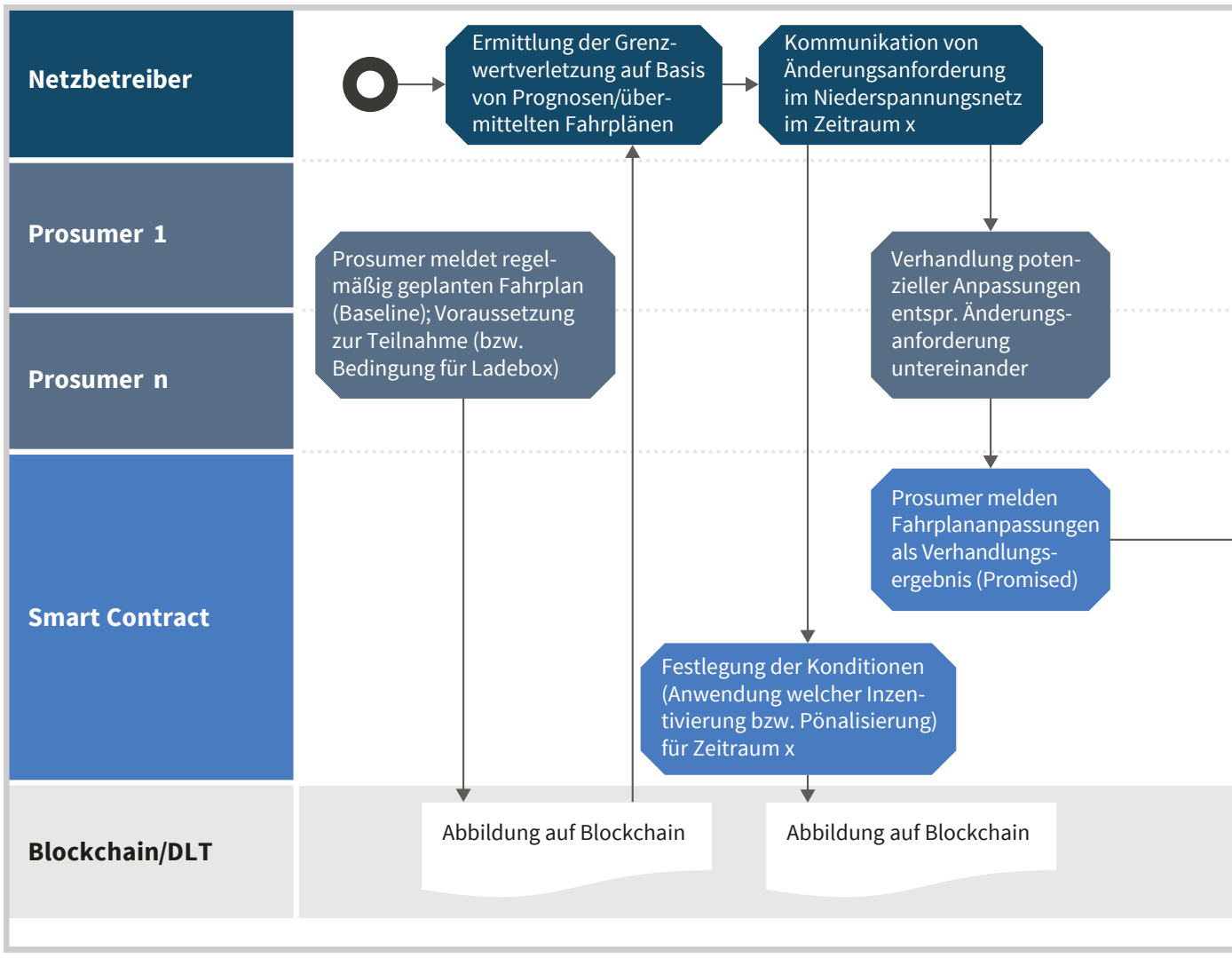
[72] Ein entscheidender Einfluss wird mit einem Stern bewertet. Ist der Einfluss nicht signifikant, erfolgt eine Bewertung mit fünf Sternen. Die Bewertung ist nicht normativ zu verstehen. Eine hohe Bewertung ist also nicht zwangsläufig positiv bzw. förderlich und umgekehrt ist eine niedrige Bewertung nicht zwangsläufig negativ bzw. hinderlich für den Use Case.

[73] Eine Übersetzung der einzelnen quantitativen Bewertungsergebnisse (technisch, ökonomisch, regulatorisch) in eine Gesamtbewertung je Use Case wurde bewusst nicht vorgenommen. Grundsätzlich – und insbesondere vor dem Hintergrund der unterschiedlichen geografischen Betrachtungsrahmen der beiden Gutachten (technisch-ökonomisch: international; regulatorisch: deutschsprachiger Raum) – bestünde ansonsten das Risiko einer unzulässigen Vereinfachung einer komplexen Ergebniswelt.

Anwendungsgruppe: Asset Management

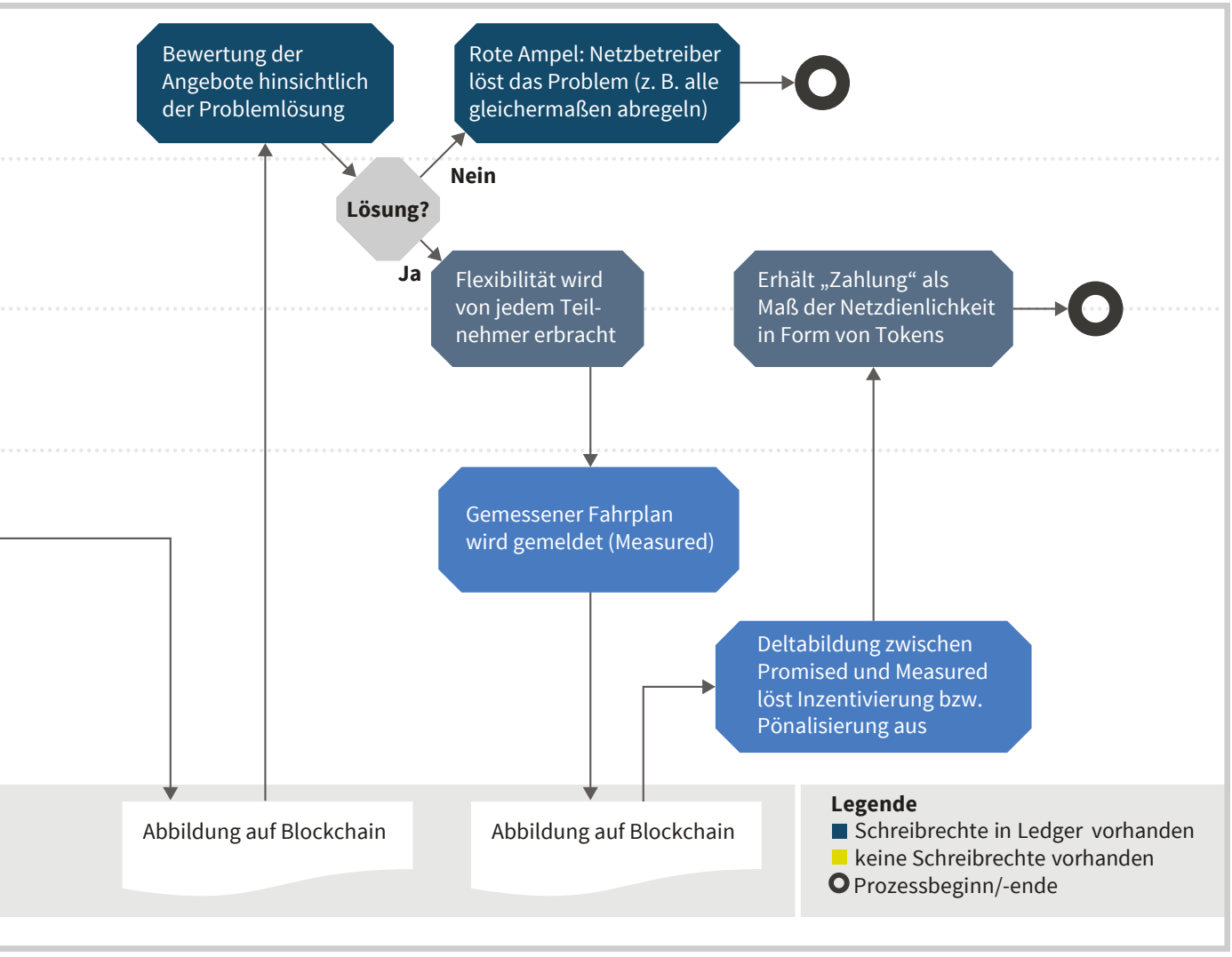
Use Case 1: Engpassmanagement in Elektrizitätsverteilernetzen (e-Mobilität)

Prozesskette



Prozessbeschreibung

Elektrische Ortsnetze stoßen mit zunehmender Elektromobilität und dem Anschluss privater Ladeboxen verstärkt an Kapazitätsgrenzen. Insbesondere die Gleichzeitigkeit der Ladevorgänge entwickelt sich zu einer Herausforderung. Erforderlich wird ein automatisiertes und digital gestütztes Netzmanagement durch den Verteilnetzbetreiber. Ein blockchain-basiertes Engpassmanagement auf Verteilnetzebene unterstützt die komplexe Kommunikation und Kooperation vieler Akteure bzw. Assets mit dem Ziel, Engpässe auf Verteilnetzebene durch Lastverschiebung zu vermeiden. Blockchain-Technologie wird verwendet, um nachweissicher prognostizierte, angepasste und tatsächlich gemessene Lastgänge (Fahrpläne) zu speichern. Neben der Durchführung und Erfüllung (Settlement) von Transaktionen wird ein Token zur Verrechnung genutzt. Er reizt netzdienliches Verhalten in Form von Flexibilität an und ermöglicht es gleichzeitig, diese zu quantifizieren und abzurechen. Eine entsprechende digitale Infrastruktur in Form von intelligenten Messsystemen (iMSys) ist Voraussetzung für diesen Use Case.



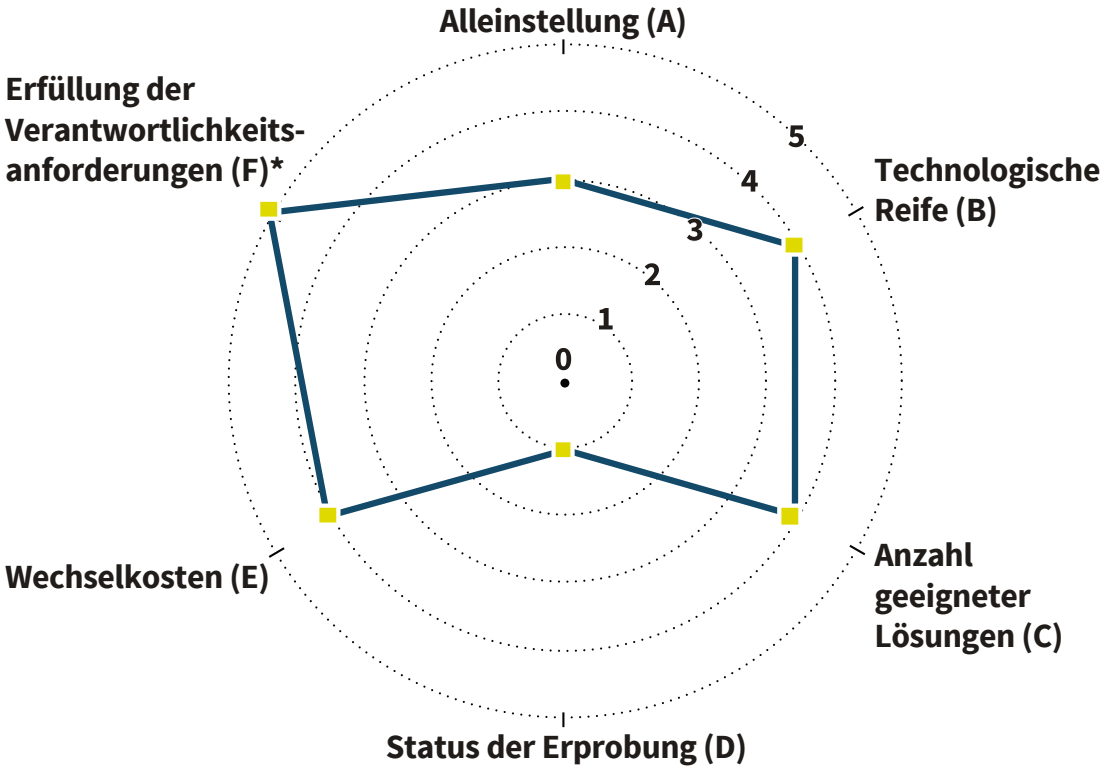
Bewertungsergebnisse

Grad der Erfüllung technischer Anforderungen

3,6 ★★★½☆

1 Stern = sehr gering
5 Sterne = sehr hoch

Das Stromverteilnetz ist eine kritische Infrastruktur, sodass öffentliche Blockchains für diesen Anwendungsfall ausscheiden. Privat betriebene Kopien öffentlicher Blockchains oder private Blockchains hingegen sind grundsätzlich geeignet. Die Anforderungen an die Anzahl möglicher Transaktionen pro Sekunde sind eher gering, da aufgrund der umfänglichen Vorlaufzeit zwischen Ausschreibung und Durchführung keine Echtzeitanforderungen gelten. Die Skalierbarkeit kann heute entsprechend durch verschiedene verfügbare Blockchain-Lösungen sichergestellt werden. Bei einer umfassenden Einbeziehung von Kleinstgeräten (Erzeugung und Last) ist eine Neubewertung erforderlich. Tokens in Form einer reinen Verrechnungseinheit sind ausreichend für den Use Case und können mittels einer Reihe von Blockchain-Lösungen realisiert werden. Insgesamt steigen die genuinen Vorteile einer Blockchain-Lösung für den Anwendungsfall (a) mit der Anzahl, Heterogenität und Dynamik der Akteure, (b) mit der Häufigkeit der Ausschreibung sowie (c) mit dem Zusammenspiel mit anderen Anwendungsfällen (vgl. Use Cases 3, 4, 5, 7, 8, 9 und 10).



A – D, F:
0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering,
2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß,
5 = sehr groß

E:
0 = sehr hohes Risiko, 1 = hohes Risiko,
2 = erhöhtes Risiko, 3 = mittleres Risiko,
4 = geringes Risiko, 5 = kein Risiko

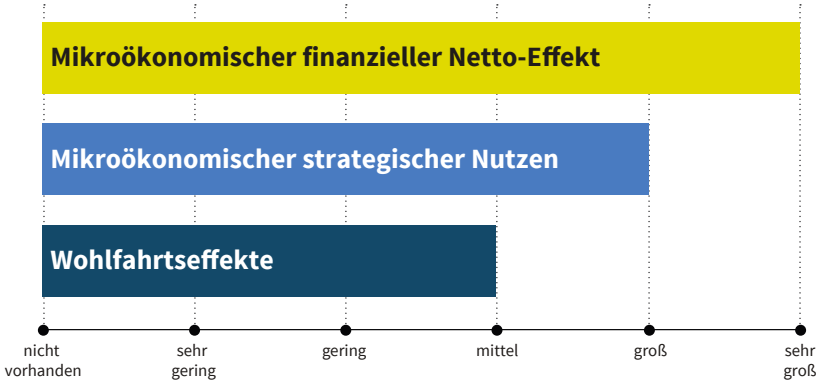
* Anforderungen bzgl. Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen & Betrieb der Blockchain

Ökonomischer Nutzen

4,2 ★★★★☆

1 Stern = sehr gering
5 Sterne = sehr hoch

Die blockchain-basierte Koordination der Nachfragesteuerung ist ein neues Instrument zur Vermeidung von Netzengpässen, das Such- und Informations- sowie Durchsetzungskosten mindert. Die Nutzung einer privaten Blockchain ermöglicht es, die komplexen Vorgänge des Prozesses kosteneffizient nachzuhalten. Durch die automatisierte Speicherung der Transaktionen wird zudem eine einfache Abrechnung ermöglicht, die manuell nicht praktikabel wäre. Die Entlohnungsoption für Flexibilitätsressourcen von Haushalten in Form von Tokens entspricht einem lokalen Markt, der potenziell notwendige Beschaffungsvolumina auf nachgelagerten Flexibilitätsmärkten verringert und somit die allgemeine Markteffizienz erhöhen kann. Zudem eröffnet die Beteiligung von Haushalten diesen die Wertigkeit ihrer aktivierbaren Flexibilitätsressourcen und senkt somit intrinsische Markteintrittsbarrieren für andere Verwendungen der Ressourcen. Darüber hinaus fördert die Nutzung von Batteriespeichern in Haushalten als Flexibilität im Engpassmanagement die Integration der Elektromobilität als emissionsreduzierende Technologie.

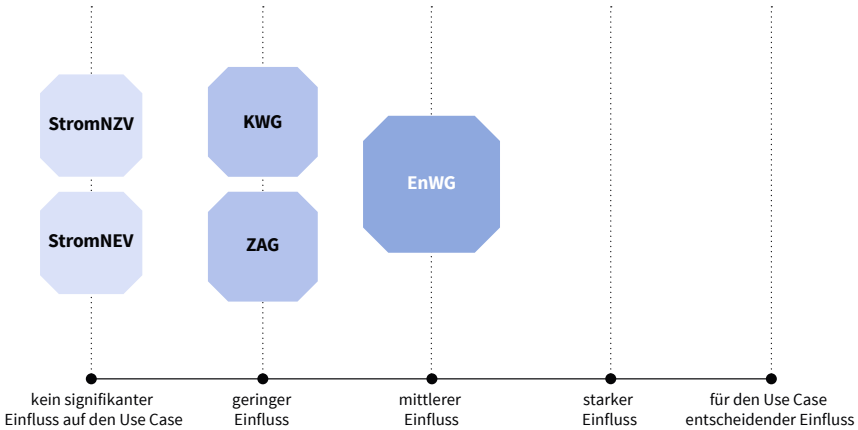


Regulatorischer Einfluss

3,0 ★★★☆☆

1 Stern = entscheidend
5 Sterne = nicht signifikant

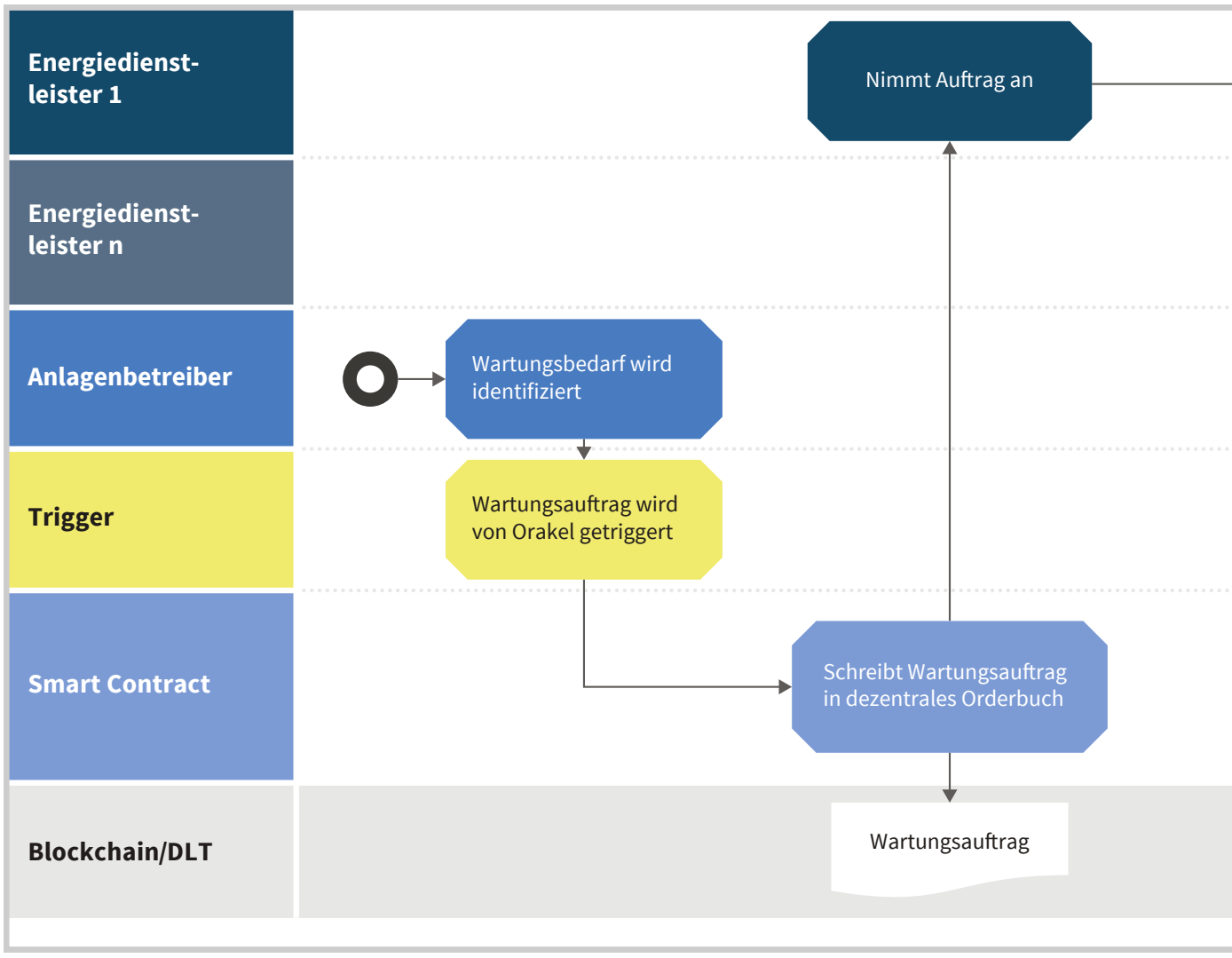
Zunächst spricht nichts dagegen, den Grad an Netzdienlichkeit, den ein Netzkunde im Verteilernetz hat, zu messen. Falls dieser Parameter (hier „Anzahl der Tokens“) über den regulatorisch beschriebenen Prozess des Engpassmanagements für die Berechnung bzw. Ermäßigung von Netzentgelten herangezogen werden soll, müssen sowohl Anforderungen (z. B. §§ 13ff EnWG) als auch, falls eine direkte Umwandlung von Tokens in Geld stattfinden soll, die Vorschriften der Finanzaufsicht (§§ 1, 32 KWG) beachtet werden. Bei einem Transfer unter Einbezug eines Dritten (wie bei einer Plattform) sowie bei Vorliegen eines Finanztransfergeschäfts (§ 1 ZAG) kommt eine Erlaubnis wegen des Erbringens von Zahlungsdiensten in Betracht (§ 10 ZAG). Da der vorgegebene Rahmen des EnWG zwar nicht hindernd, aber recht komplex ist und weitere Vorschriften bei der Zahlung mit Tokens zu beachten sind, wird der Use Case als „mittel“ bewertet.



Anwendungsgruppe: Asset Management

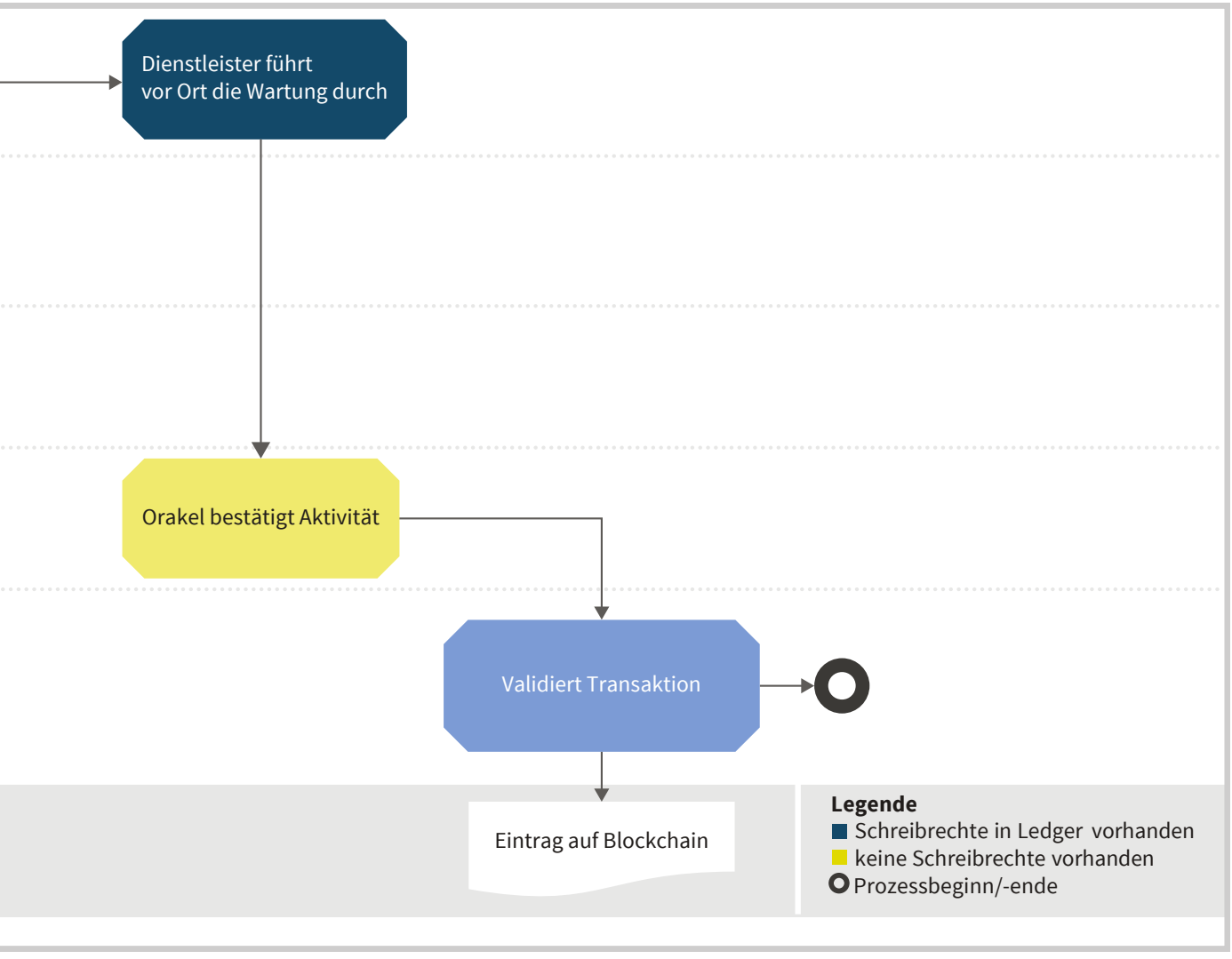
Use Case 2: Energiedienstleistungen für Gebäude & Industrieprozesse (Wartung)

Prozesskette



Prozessbeschreibung

Diverse Geräte und Anlagen in Gebäuden machen eine regelmäßige Instandhaltung und Wartung erforderlich. Neben der Gebäudeleittechnik betrifft dies Komponenten von Heizungs-, Lüftungs- und Klimainstallationen wie Boiler, Kältekompressoren, Pumpen oder Lüfter. Entsprechend heterogen sind die Anforderungen bezüglich Häufigkeit der Wartung und Instandhaltung der Betriebsmittel. Im Anwendungsfall erfolgt nun das Speichern der Wartungs- und Instandhaltungsaktivitäten der Dienstleister in einer Blockchain und ermöglicht so die Verfolgbarkeit und Zurechenbarkeit sowie die unmittelbare Verknüpfung von Leistung und Bezahlung mittels Smart Contracts.



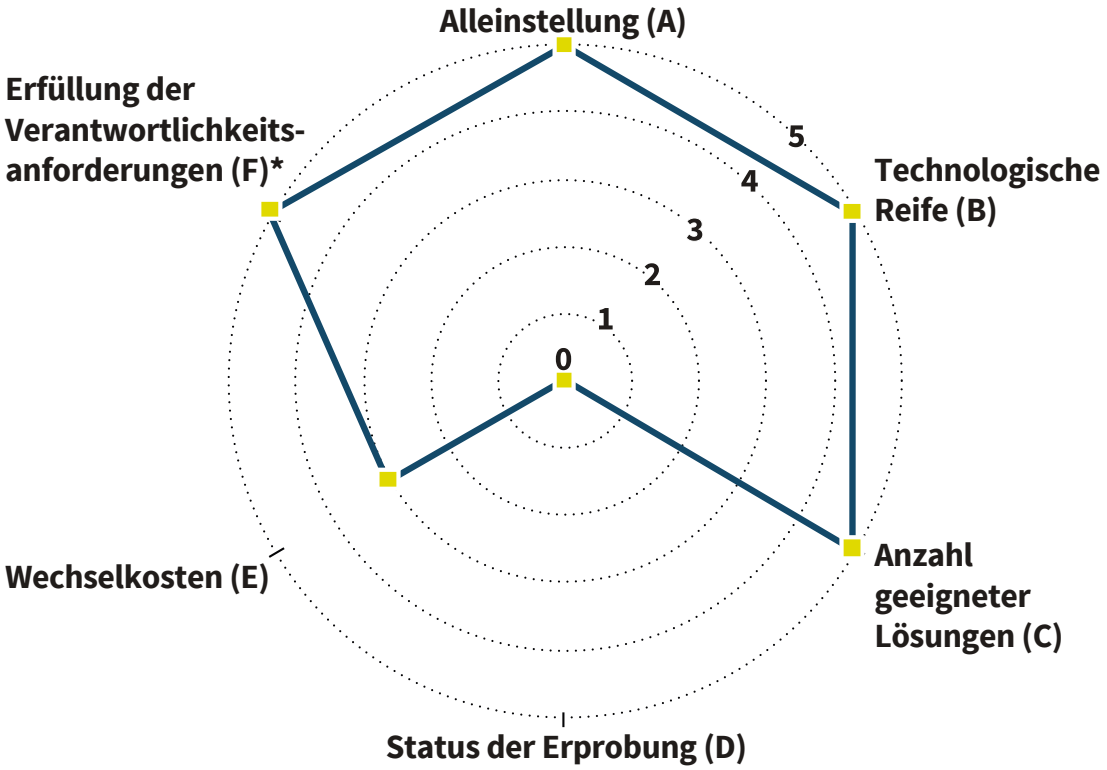
Bewertungsergebnisse

Grad der Erfüllung technischer Anforderungen

4,3 ★★★★½

1 Stern = sehr gering
5 Sterne = sehr hoch

Die Blockchain bildet im Anwendungsfall eine standardisierte, innovative Schnittstelle, über die Wartungstätigkeiten automatisiert nachgehalten und zwischen Interaktionspartnern beweisbar und sicher ausgetauscht werden können. Das erforderliche Vertrauen zwischen den Interaktionspartnern ist entsprechend gering, was mit technologischen Alternativen nur mit deutlich höherem Aufwand, beispielsweise durch den Einsatz zertifizierter Systeme, zu realisieren ist. Darüber hinaus kann die Verfolgbarkeit und Zurechenbarkeit der Dienstleistung über die Blockchain unmittelbar mit der Leistung und ihrer Bezahlung verknüpft werden. Die Möglichkeit des Aufbaus technischer Wechselkosten (durch das Erschweren von Datenmigration) ist ebenso wie die Erfüllung der Anforderungen bezüglich der Verantwortlichkeit für die Durchführung von Transaktionen und den Betrieb der Blockchain abhängig von der Art der gewählten Blockchain: Wird eine private Blockchain gewählt, dann ist das Risiko hoch. Bei Wahl einer öffentlichen Blockchain hingegen besteht keinerlei Risiko.



A – D, F:
0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering,
2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß,
5 = sehr groß

E:
0 = sehr hohes Risiko, 1 = hohes Risiko,
2 = erhöhtes Risiko, 3 = mittleres Risiko,
4 = geringes Risiko, 5 = kein Risiko

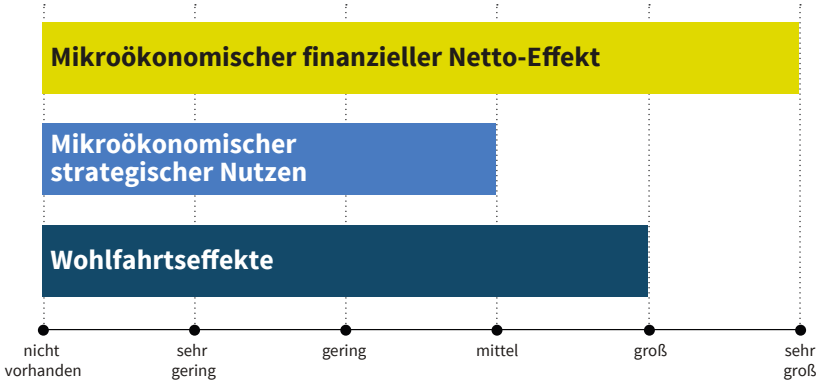
* Anforderungen bzgl. Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen & Betrieb der Blockchain

Ökonomischer Nutzen

4,3 ★★★★½

1 Stern = sehr gering
5 Sterne = sehr hoch

Der prognostizierbare finanzielle Einsparungseffekt (Arbeitszeit) für Instandhaltungs- und Wartungsprozesse durch die Prozessautomatisierung ist hoch. Moderne Heizungs-, Lüftungs- und Klimageräte bieten als Ausstattungsoptionen häufig bereits Smart Interfaces mit manuellen Bestätigungsroutinen, die genutzt werden können. Wichtig in diesem Zusammenhang ist jedoch die Gewährleistung einer sicheren Datenaufnahme (Datenintegrität), um den manipulationssicheren Umgang mit Daten auf der Blockchain nicht zu gefährden. Ein unternehmerischer strategischer Wert ergibt sich durch datenbasierte Geschäftsmodelle, die durch die beweisbaren und zu geringen Kosten teilbaren Maschinenlaufzeiten möglich werden. Die in der Blockchain gespeicherten Daten können auch für die Abwicklung von Garantieleistungen verwendet werden. In diesem Fall werden bei Abweichungen von definierten Spielräumen automatisch Rückzahlungen via Smart Contracts ausgelöst. Nutzungsdaten von Geräten können nach Ermessen der Nutzer für individuelle Instandhaltungs- oder Wartungsprozesse verwendet und freigegeben werden. Die uneingeschränkte Kontrolle über die Verwendung der Daten verbleibt so bei den Nutzern, wodurch die Souveränität über die nutzerbezogenen Daten eines jeden Bürgers gestärkt wird.

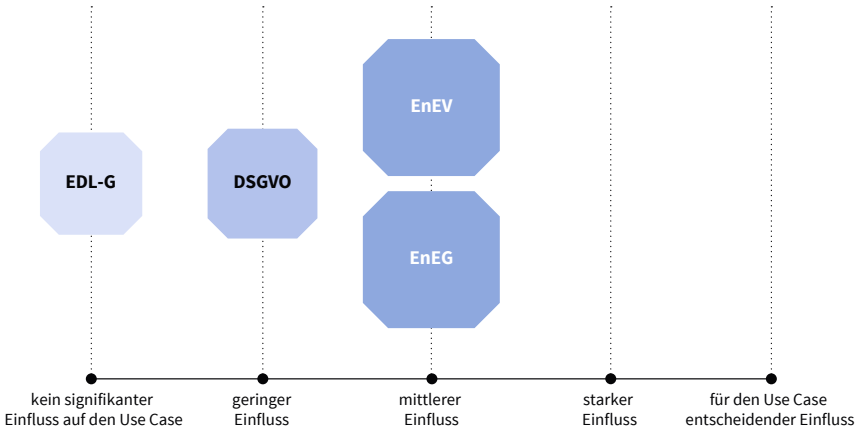


Regulatorischer Einfluss

5,0 ★★★★★

1 Stern = entscheidend
5 Sterne = nicht signifikant

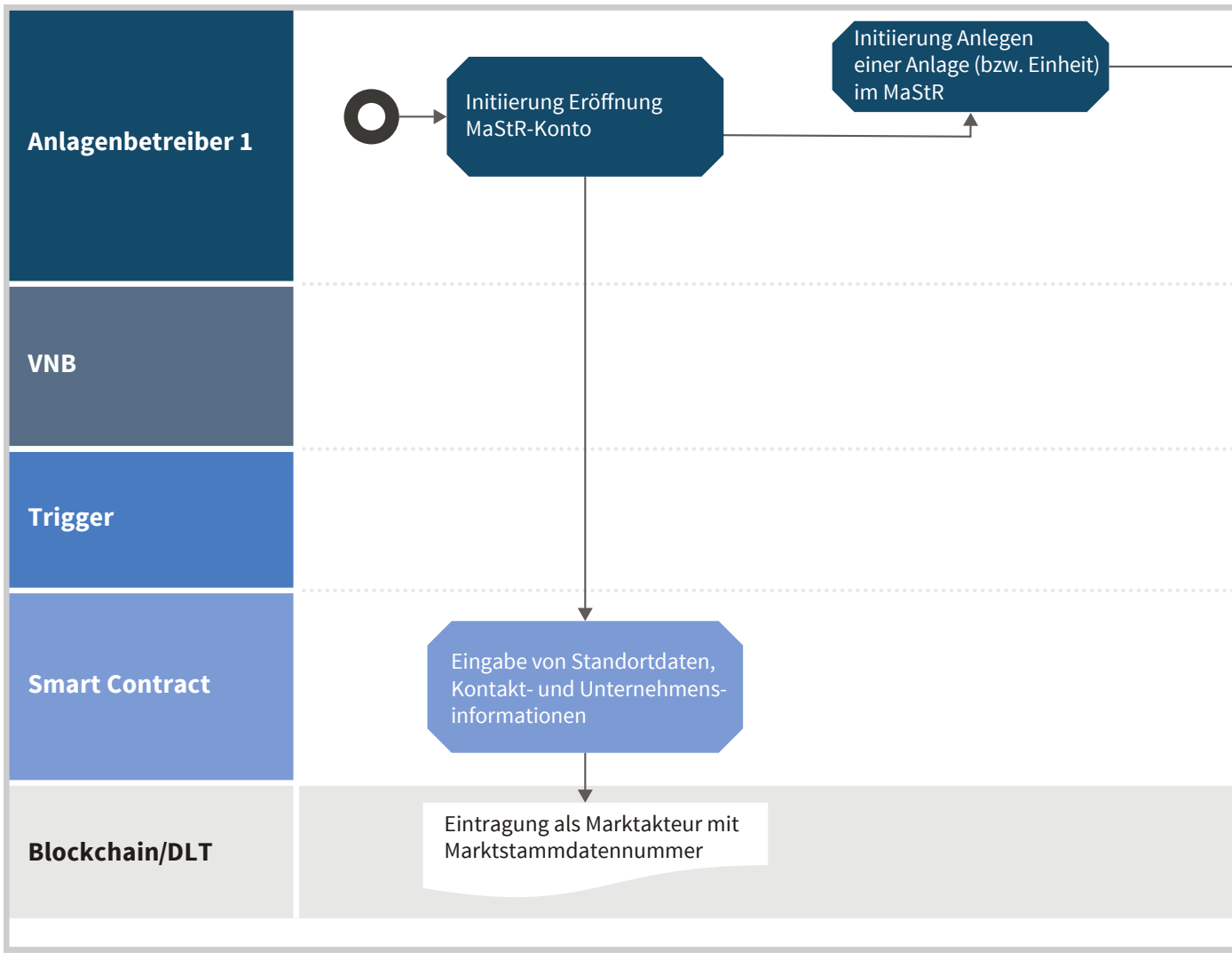
Anforderungen an Wartungs- und Instandhaltungsprozesse regeln EnEG (§ 3) bzw. EnEV (§ 11). Komponenten mit wesentlichem Einfluss auf den Wirkungsgrad der Anlagen sind vom Betreiber demnach regelmäßig zu warten und instand zu halten. Dafür ist Fachkunde (= notwendige Kenntnisse) erforderlich. In Bezug auf die Anwendung der Blockchain-Technologie ist insbesondere vor dem Hintergrund privatwirtschaftlicher Wartungsprozesse anzumerken, dass die Blockchain aus Sicherheitsgründen keine nachträgliche Änderung oder Löschung von Transaktionen vorsieht. Daher sollten Smart Contracts immer so ausgestaltet werden, dass sie wenig anfällig für Anfechtungen o. Ä. sind. Sollten personenbezogene Daten, wie etwa die eines Servicetechnikers, miteinbezogen werden, sind – wie auch bei jedem anderen Use Case – die Vorschriften der DSGVO (z. B. Art. 17) zu beachten. Grundsätzlich ist der Markt für Energiedienstleistungen eher gering reguliert. Zudem werden die Leistungen gesetzlich gefördert (EDL-G).



Anwendungsgruppe: Datenmanagement

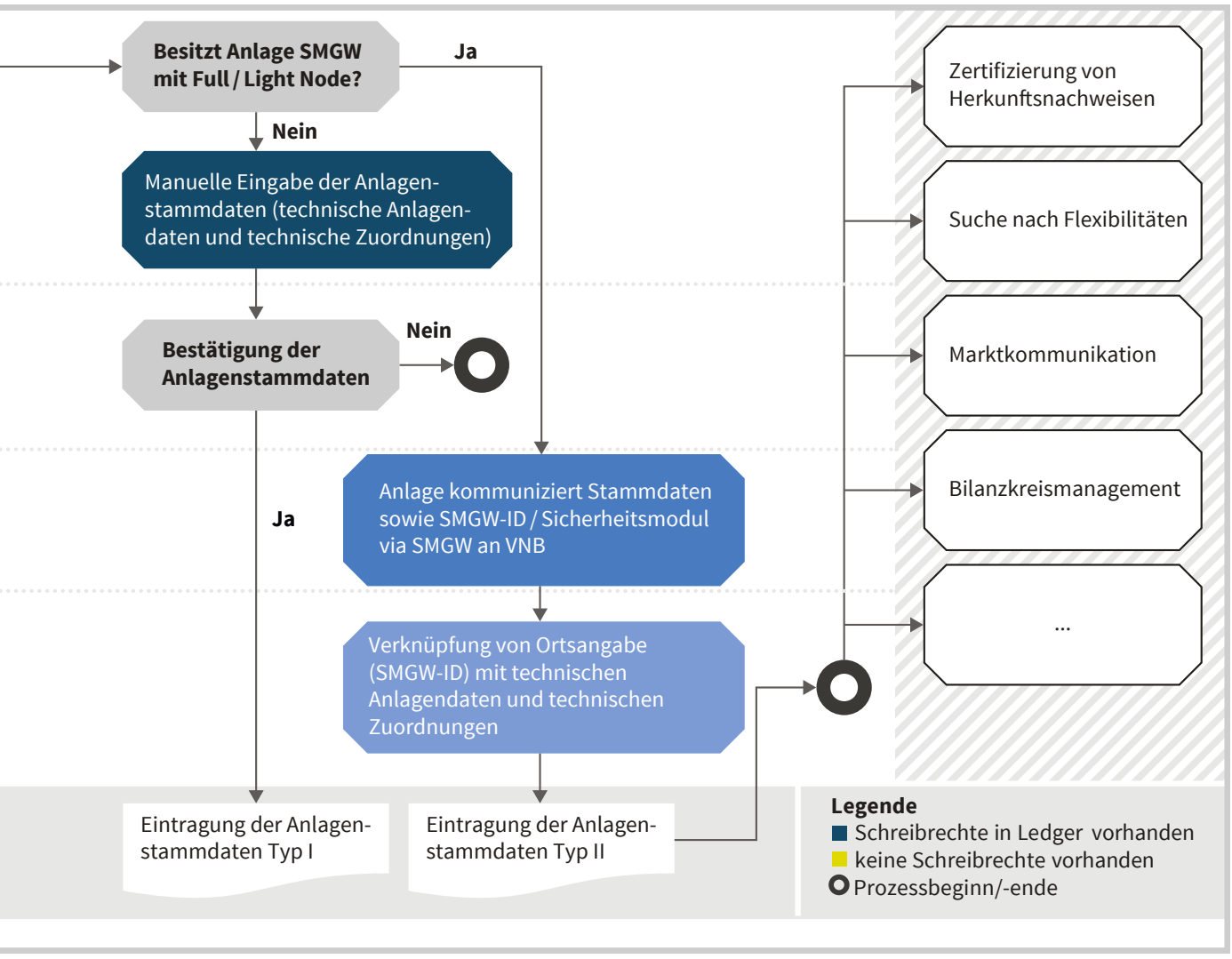
Use Case 3: Anmeldung von Anlagen im Marktstamm-datenregister (MaStR)

Prozesskette



Prozessbeschreibung

Gemäß der deutschen Verordnung über das zentrale elektronische Verzeichnis energiewirtschaftlicher Daten, der sogenannten Marktstammdatenregisterverordnung (MaStRV), sind alle Stromerzeugungsanlagen (z. B. auch kleine Balkonanlagen), Gaserzeugungsanlagen sowie Stromspeicher zu registrieren, die unmittelbar oder mittelbar an ein Strom- oder Gasnetz angeschlossen sind. Dies gilt auch für Stromverbrauchsanlagen, die an ein Hoch- oder Höchstspannungsnetz angeschlossen sind. Die dargestellte Nutzung einer Blockchain für die digitale Verwaltung eines solchen Registers anstatt einer herkömmlichen Datenbank verspricht eine teilautomatisierte Registrierung, Verwaltung und selektive Bereitstellung von Marktstammdaten. Insbesondere die Verbindung eines Smart-Meter-Gateways (SMGW) mit dem Anlagenregister über den eingebauten Krypto-Chip verspricht eine sichere und jederzeit elektronisch überprüfbare Authentifizierung von Anlagen. Für Verteilnetzbetreiber vereinfachen sich damit einige der ihnen gemäß MaStRV zugewiesenen Prüfaufgaben. Das SMGW wird hierbei zu einem teilnehmenden Rechner (Knoten) in einer Blockchain.



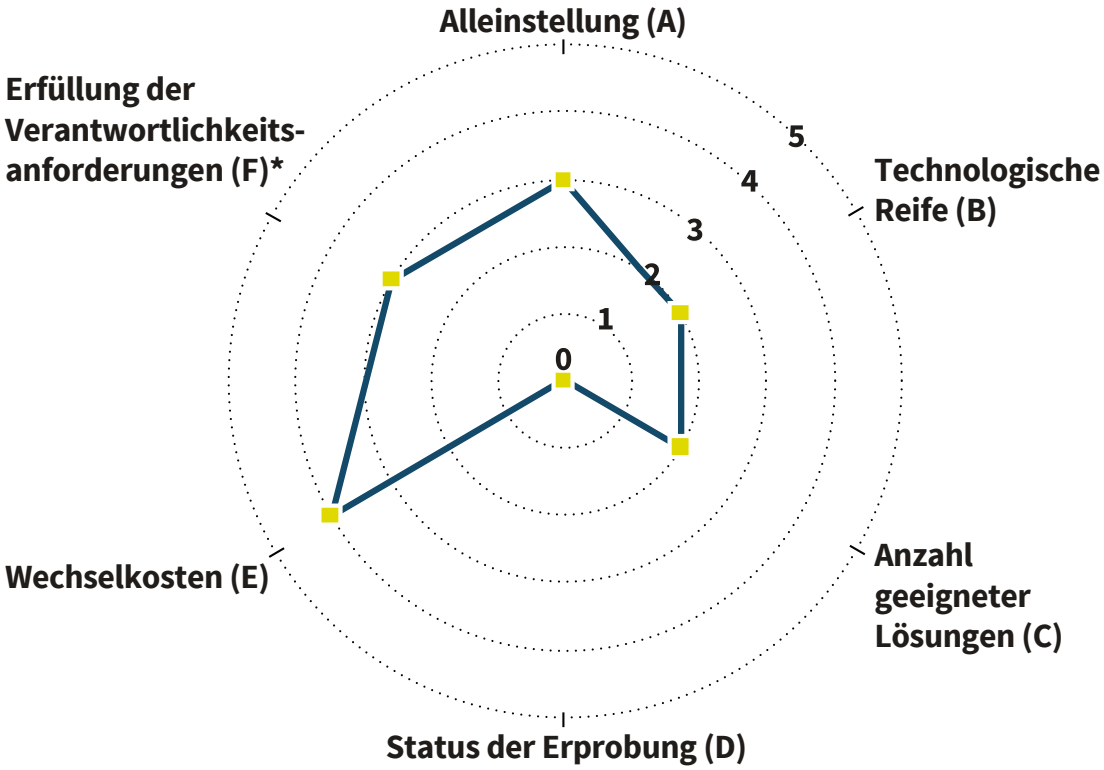
Bewertungsergebnisse

Grad der Erfüllung technischer Anforderungen

2,3 ★★☆☆☆

1 Stern = sehr gering
5 Sterne = sehr hoch

Die (Teil-)Automatisierung der Anmeldung von Anlagen im MaStR ist technisch auch mit anderen Technologien möglich. Der besondere technologische Mehrwert der Blockchain-Technologie liegt in der Verknüpfung einer Geräteidentifikation mit einem hoheitlichen energiewirtschaftlichen Anlagenregister zu einer hochflexiblen, sicheren Basis-Vertrauensschicht für zahlreiche bestehende und neue energiewirtschaftliche Dienste. Umsetzungserfahrungen liegen in der Energiewirtschaft weltweit bislang nicht vor. In anderen Industrien ist jedoch das Prinzip eines Vertrauensankers bzw. die Verwendung von Krypto-Chips üblich. Das deutsche Marktstammdatenregister ist bereits einsatzbereit und der Rollout von Smart-Meter-Gateways wird voraussichtlich noch im Jahr 2019 beginnen. Insgesamt sind die konkreten Anforderungen dieses komplexen Gesamtsystems, bestehend aus einem Anlagenregister, dem Smart-Meter-Gateway und einem Kryptonetzwerk, noch weitgehend ungeklärt.



A – D, F:
0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering,
2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß,
5 = sehr groß

E:
0 = sehr hohes Risiko, 1 = hohes Risiko,
2 = erhöhtes Risiko, 3 = mittleres Risiko,
4 = geringes Risiko, 5 = kein Risiko

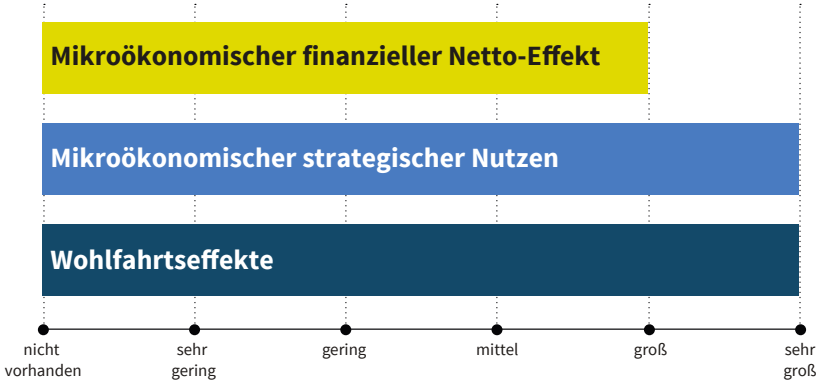
* Anforderungen bzgl. Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen & Betrieb der Blockchain

Ökonomischer Nutzen

4,5 ★★★★½

1 Stern = sehr gering
5 Sterne = sehr hoch

Für den Prozess der (teil-)automatisierten Anmeldung ist die Blockchain-Technologie nur eine der verfügbaren Optionen. Der entscheidende wirtschaftliche Mehrwert liegt in der gesamtwirtschaftlichen Wirkung: Durch die sichere und jederzeit elektronisch überprüfbare Authentifizierung von Anlagen wird ein wesentliches Hindernis für die durchgängige Automatisierung existierender Prozesse wie Marktkommunikation, Wechseln zwischen Marktsegmenten (Eigenerzeugung/-verbrauch, Regelenergie- und Spotmärkte) und Bilanzkreismanagement beseitigt und das Entstehen neuer digitaler Mehrwertdienste wie anlagenscharfe Herkunftsnachweise (grüner, lokaler Strom) gezielt gefördert werden. Insgesamt sind die potenziellen Auswirkungen auf Markteintrittsbarrieren und die Markteffizienz als höchst positiv zu bewerten.

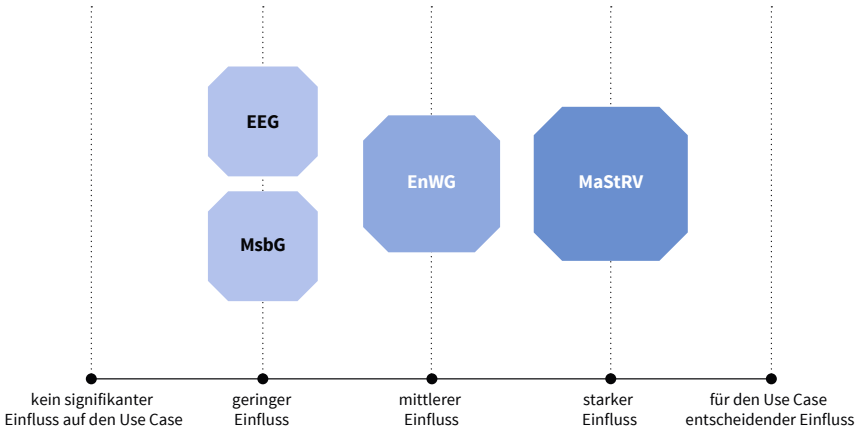


Regulatorischer Einfluss

2,0 ★★☆☆☆

1 Stern = entscheidend
5 Sterne = nicht signifikant

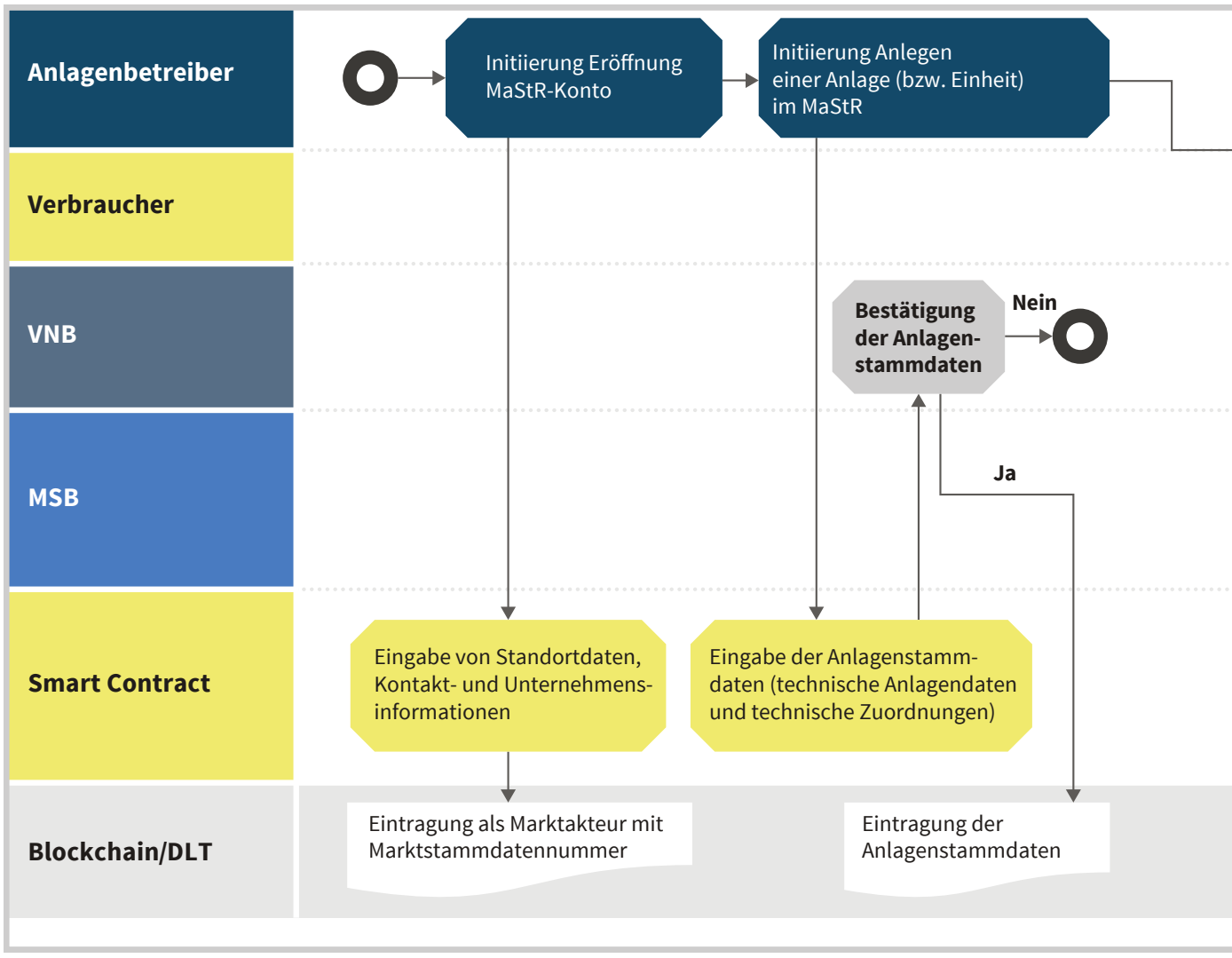
Die Bundesnetzagentur (BNetzA) errichtet und betreibt als Marktstammdatenregister (MaStR) ein „elektronisches Verzeichnis mit energiewirtschaftlichen Daten“ (§ 111e EnWG, § 6 EEG). Die automatisierte Übermittlung von Marktstammdaten über ein Smart-Meter-Gateway ist – unter Beachtung der Vorgaben des MsbG – grundsätzlich regulatorisch möglich. Die Nutzung und Verarbeitung (auch personenbezogener) Daten zum Zwecke der Registerführung ist erlaubt, jedoch fordern die Vorschriften explizit auch eine Löschung von Daten (§ 9 MaStRV, § 63 MsbG). Der Marktakteur darf dem MaStR Daten und andere Informationen sogar schriftlich/physisch übermitteln; hierzu sind Formulare zu verwenden, die die BNetzA auf Anforderung bereitstellt (§ 8 MaStRV). Für die Verwendung einer Blockchain als Technologieunterbau eines Marktstammdatenregisters müssten diverse Rechtsvorschriften beachtet und nationale Normen erheblich angepasst werden.



Anwendungsgruppe: Datenmanagement

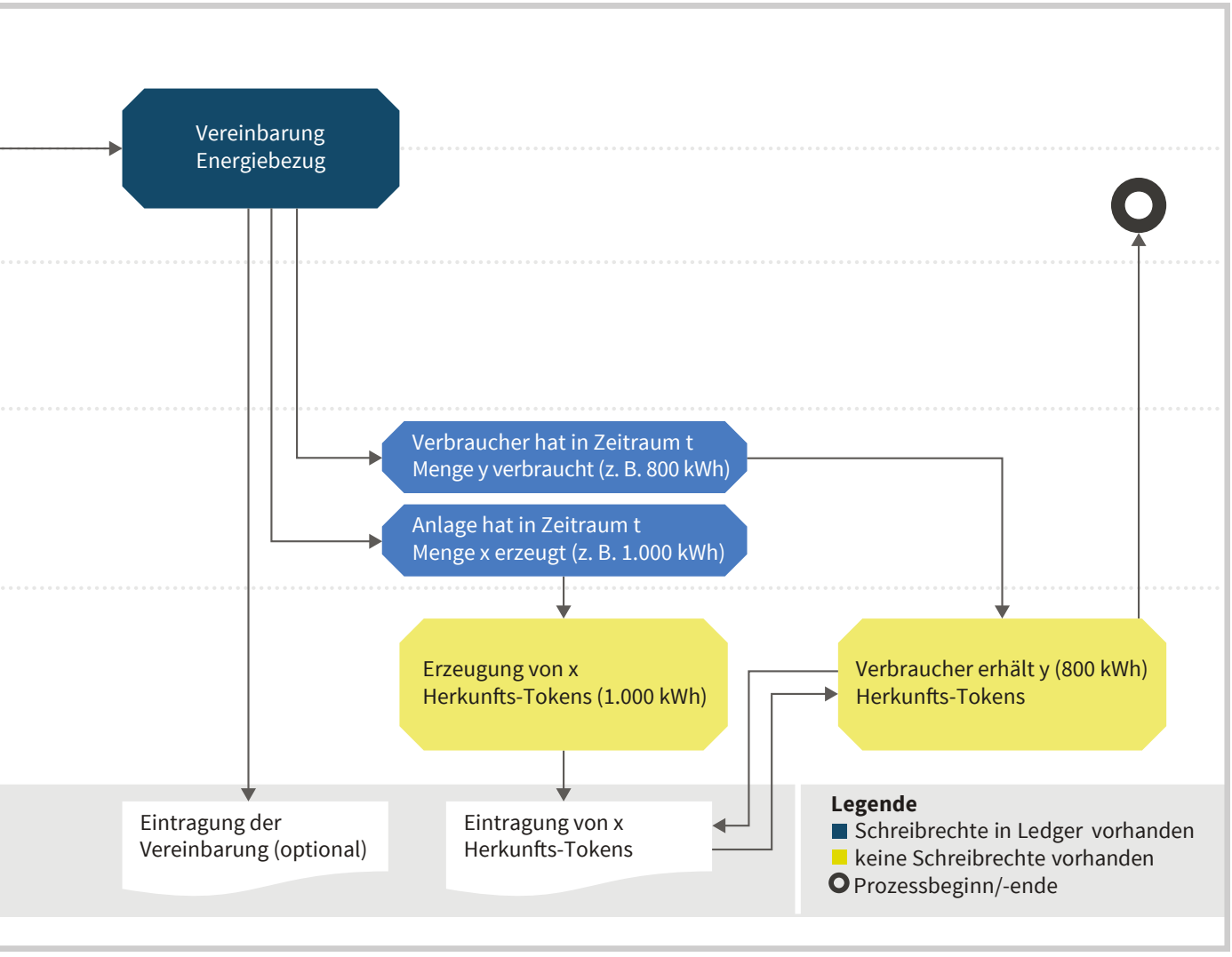
Use Case 4: Zertifizierung von Herkunftsnachweisen

Prozesskette



Prozessbeschreibung

Für Strom- und Gasabnehmer ist heute die tatsächliche Herkunft der Energie nicht nachvollziehbar, ein Nachweis erfolgt lediglich über unscharfe Zertifikate im Nachhinein. Der Einsatz der Blockchain-Technologie für Nachweise über Ausgabe, Handel, Verfolgung und Einzug von Strom oder Gas erlaubt nun erstmals eine Ende-zu-Ende-Zertifizierung und damit einen „anlagenscharfen“ Nachweis. Der Anwendungsfall knüpft an die beweisbare, blockchain-basierte Authentifizierung mittels Marktstammdatenregister unmittelbar an, ist aber auch eigenständig vorstellbar. Nachdem eine Anlage registriert ist, wird mit einem Verbraucher ein Energiebezug vereinbart. Nach Eintragen des Handelsabschlusses auf einer Blockchain werden die erzeugten und verbrauchten Mengen von den verantwortlichen Messstellenbetreibern in einen Smart Contract übertragen. Auf diese Weise werden für die erzeugten Einheiten auf der registrierten Anlage Herkunfts-Tokens erzeugt und anschließend dem Verbraucher übermittelt.



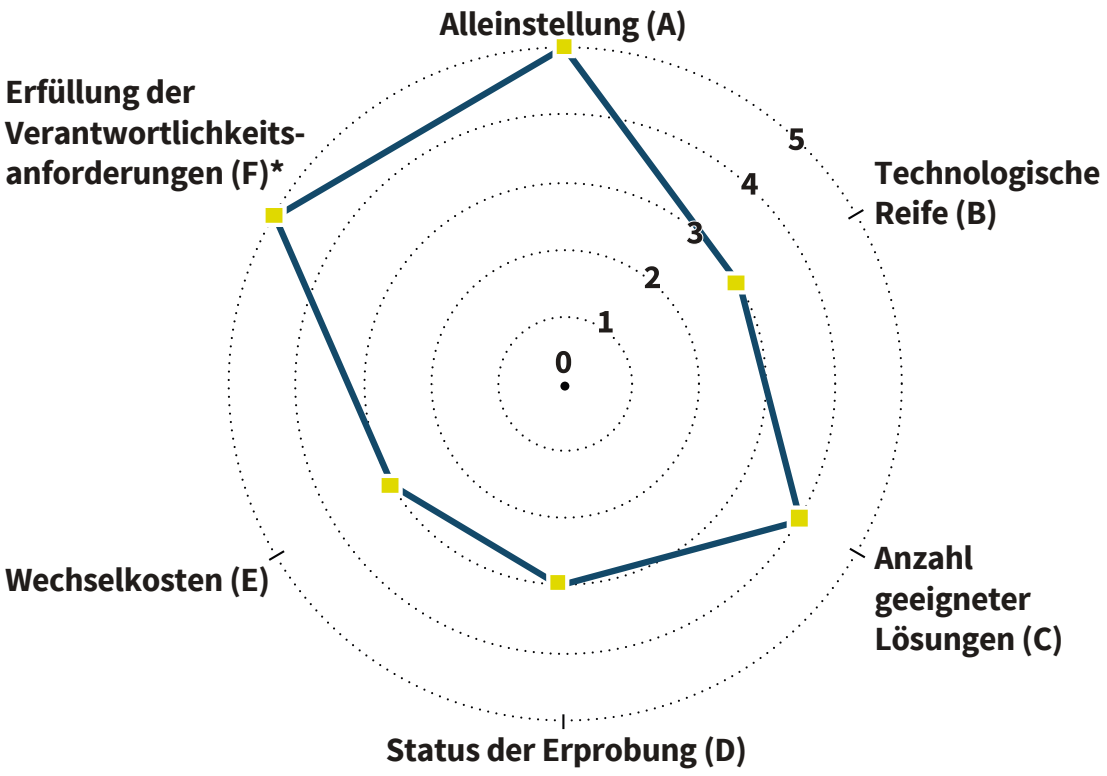
Bewertungsergebnisse

Grad der Erfüllung technischer Anforderungen

3,8 ★★★★☆

1 Stern = sehr gering
5 Sterne = sehr hoch

Abweichend von anderen blockchain-basierten Herkunftsnachweisen für Strom und Gas ist im Anwendungsfall durch die technisch überprüfbare Registrierung in einem Anlagenregister die einzelne energieerzeugende oder -verbrauchende Anlage der Ausgangspunkt der Nachweiskette. Die starke Verknüpfung des Anwendungsfalls mit dem blockchain-basierten Anlagenregister (vgl. Use Case 3) führt dazu, dass die Verfügbarkeit alternativer Technologien sehr gering ist. Während eine Reihe verschiedener Blockchain-Technologien für den Use Case geeignet ist, steht der Nachweis der technologischen Reife der entsprechenden Kryptonetzwerke hinsichtlich Skalierbarkeit und langfristiger Massentauglichkeit noch aus. Hierzu zählen unter anderem verschlüsselte Smart Contracts.



A – D, F:
0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering,
2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß,
5 = sehr groß

E:
0 = sehr hohes Risiko, 1 = hohes Risiko,
2 = erhöhtes Risiko, 3 = mittleres Risiko,
4 = geringes Risiko, 5 = kein Risiko

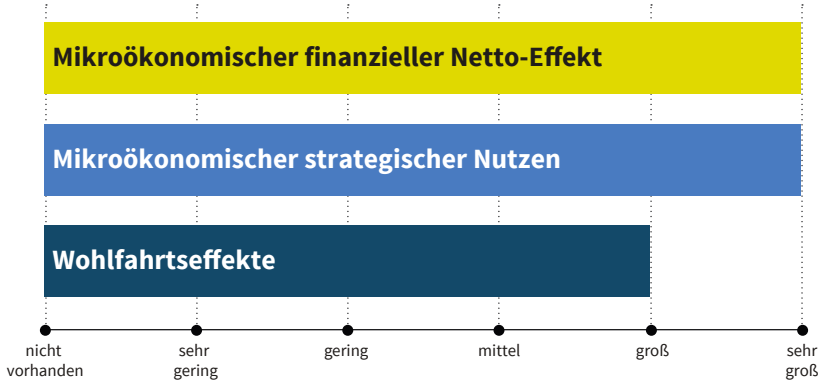
* Anforderungen bzgl. Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen & Betrieb der Blockchain

Ökonomischer Nutzen

4,7 ★★★★½

1 Stern = sehr gering
5 Sterne = sehr hoch

Im Anwendungsfall reduzieren sich durch den Einsatz der Blockchain-Technologie die Kosten für die Erstellung von Herkunftsnachweisen deutlich. Gleichzeitig ergeben sich strategische Mehrwerte durch neue Prozesse und Geschäftsmodelle, die auf der digitalen Informationsgewinnung aufsetzen. Grundlage hierfür sind u. a. auf einfache Art teilbare unveränderliche Daten zu Ort, Zeitpunkt, Anlage, Art etc. Der Anwendungsfall weist für Energieversorger eine hohe Eignung zum Lernen auf. Der volkswirtschaftliche Wert liegt insbesondere in der Differenzierbarkeit von Produkten und der damit möglichen Erhöhung der Wettbewerbsintensität. Die Skalierbarkeit des Anwendungsfalls hängt aber u. a. wesentlich von der Verfügbarkeit einer digitalen Zählerinfrastruktur ab, die nach aktuellen Planungen verbrauchseitig in Deutschland erst 2032 vorliegen wird.

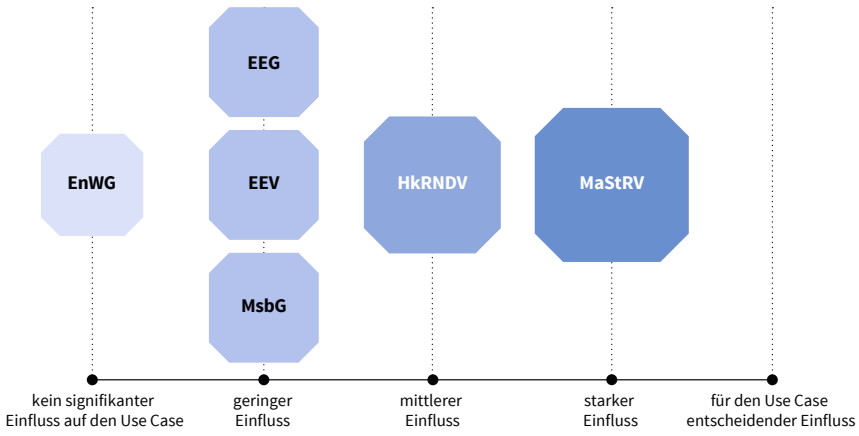


Regulatorischer Einfluss

2,0 ★★☆☆☆

1 Stern = entscheidend
5 Sterne = nicht signifikant

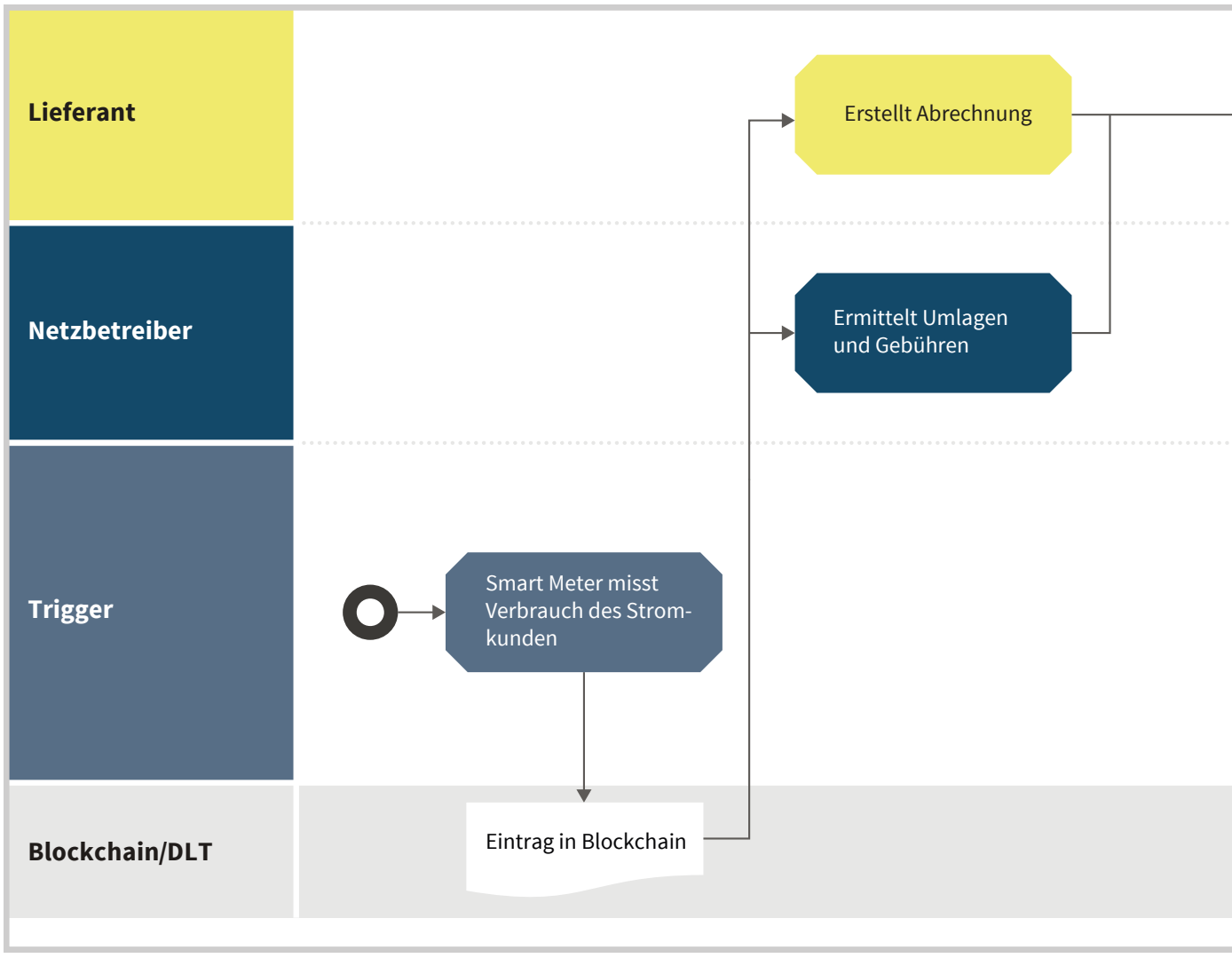
Die HkRNDV 2018 regelt die Anforderungen an Herkunftsnachweise in Deutschland. Beim dargestellten Prozess ist danach zu differenzieren, ob es sich um eine verpflichtende Stromkennzeichnung des Energieversorgers für den Endkunden (§ 42 EnWG), einen direkten Herkunftsnachweis für Strom aus erneuerbaren Energien (EE) oder einen anderen Herkunftsnachweis handelt (§ 3 EnWG). Ein Lieferant darf Strom nur dann als solchen aus EE kennzeichnen und auf der Stromrechnung ausweisen, wenn er für die gelieferte Menge EE-Strom auch Herkunftsnachweise im Herkunftsnachweisregister entwertet hat. Dieses Register wird gemäß § 7 EEV durch das Umweltbundesamt betrieben und der Prozess folgt den Vorgaben der HkRNDV. Wenn eine Blockchain als Datenbank für Herkunftsnachweise (hier auch für das Marktstammdatenregister) verwendet werden soll, müssen unterschiedlichste Rechtsvorschriften beachtet und nationale Normen erheblich geändert werden.



Anwendungsgruppe: Marktkommunikation (Strom)

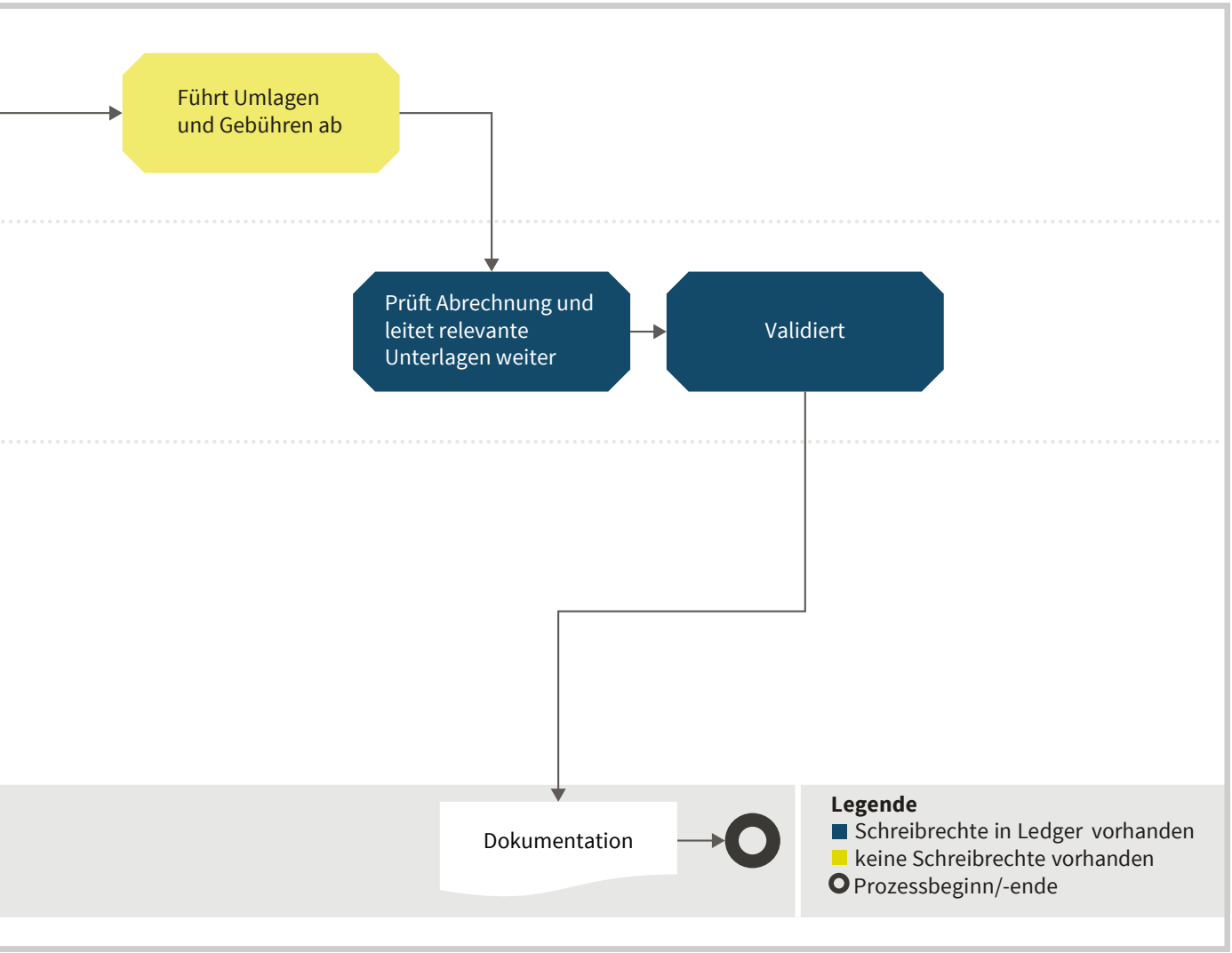
Use Case 5: Abrechnung von Entgelten und Umlagen (Strom)

Prozesskette



Prozessbeschreibung

Energiewirtschaftliche Prozesse wie die Abrechnung von Entgelten und Umlagen erfordern einen Datenaustausch zwischen verschiedenen Marktakteuren. Im Anwendungsfall werden die Verbrauchsdaten eines Kunden über ein intelligentes Messsystem (Smart-Meter-Gateway) in die Blockchain geschrieben. Eine entsprechende Infrastruktur wird im Anwendungsfall vorausgesetzt. Der Lieferant erstellt anschließend die Abrechnung, während der Verteilnetzbetreiber bzw. der Übertragungsnetzbetreiber die Höhe der Umlagen und Gebühren festlegt. Nach Prüfung und Weiterleitung werden die validierten Werte ebenfalls in die Blockchain geschrieben.



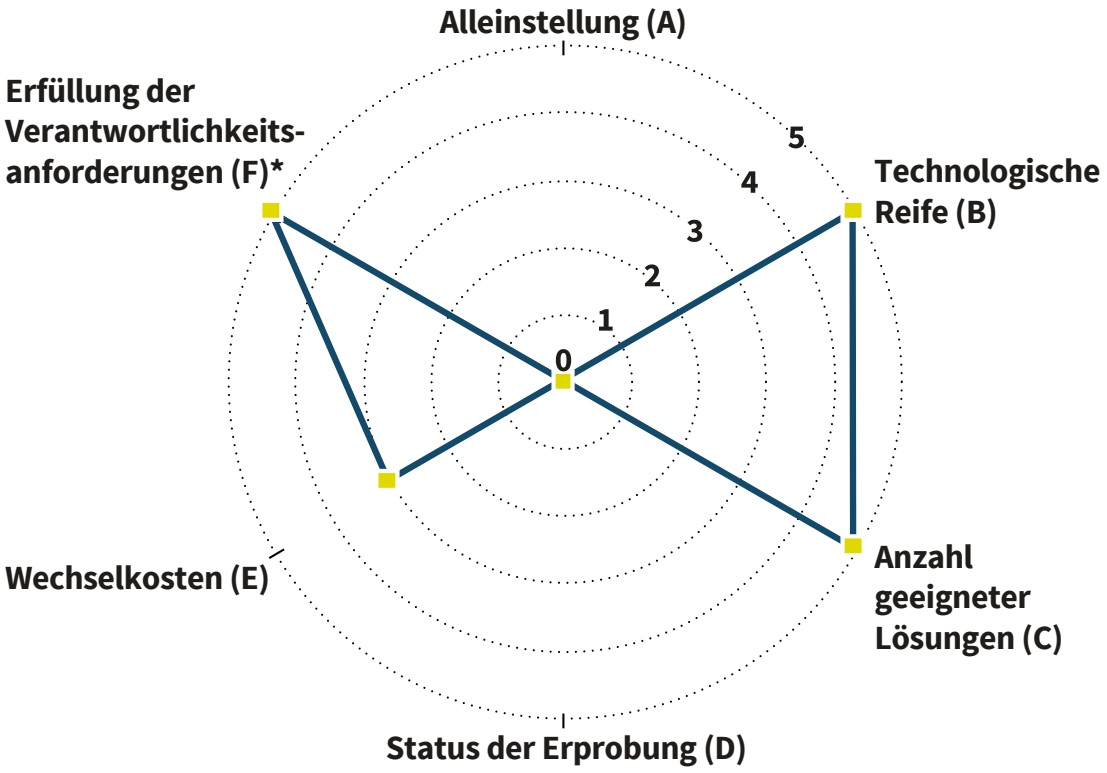
Bewertungsergebnisse

Grad der Erfüllung technischer Anforderungen

3,3 ★★★½☆

1 Stern = sehr gering
5 Sterne = sehr hoch

Insgesamt erfüllt eine ganze Reihe von aktuell verfügbaren Kryptonetzwerken die technischen Anforderungen der Anwendung. Die Substituierbarkeit der Blockchain-Technologie im Anwendungsfall durch technologische Alternativen sinkt zudem mit einer zunehmenden Anzahl von Lieferanten, Bilanzkreisverantwortlichen und Verteilnetzbetreibern sowie mit der weiteren Integration kleinerer Erzeugungseinheiten und Lasten als aktive Marktteilnehmer.



A – D, F:
0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering,
2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß,
5 = sehr groß

E:
0 = sehr hohes Risiko, 1 = hohes Risiko,
2 = erhöhtes Risiko, 3 = mittleres Risiko,
4 = geringes Risiko, 5 = kein Risiko

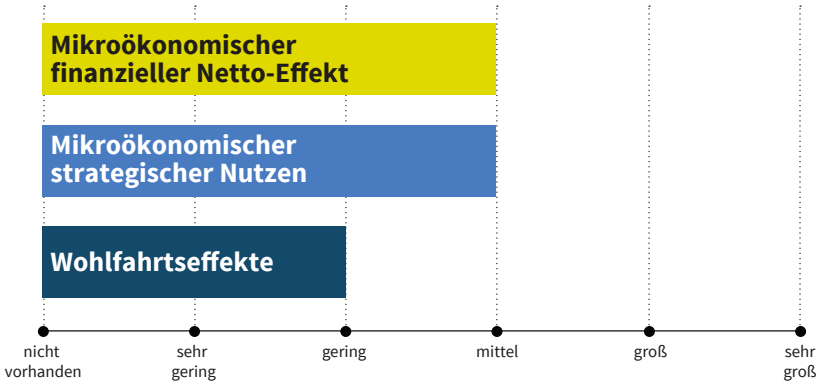
* Anforderungen bzgl. Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen & Betrieb der Blockchain

Ökonomischer Nutzen

2,7 ★★½☆☆

1 Stern = sehr gering
5 Sterne = sehr hoch

Der Einsatz einer Blockchain für die Automatisierung der heutigen Abrechnungsprozesse für Entgelte und Umlagen verspricht gewisse Kosteneinsparungen gegenüber dem Status quo. Allerdings existieren Alternativen, die möglicherweise kostengünstiger implementiert und betrieben werden können als blockchain-basierte Lösungen. Sobald dynamische und differenzierte Netzentgelte erhoben werden, können jedoch die Blockchain-Technologien ihre genuinen Vorteile einbringen. Auch für die Abrechnung von Ladevorgängen im Zusammenhang mit der E-Mobilität (Roaming) sind Blockchains wirtschaftlich attraktiv.

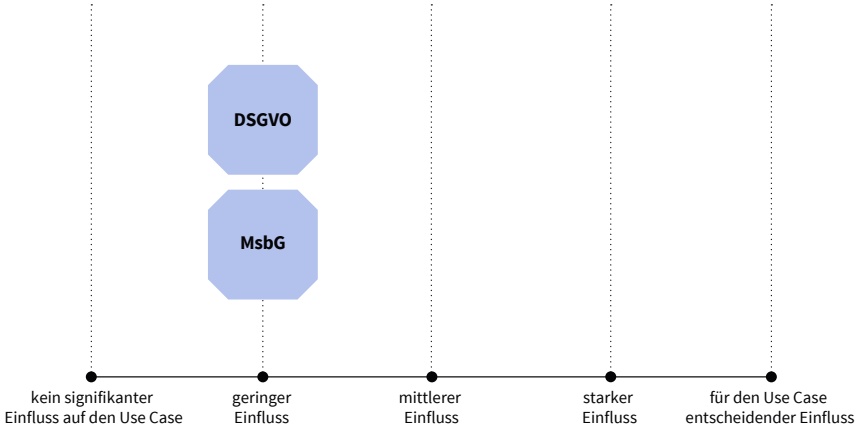


Regulatorischer Einfluss

4,0 ★★★★☆

1 Stern = entscheidend
5 Sterne = nicht signifikant

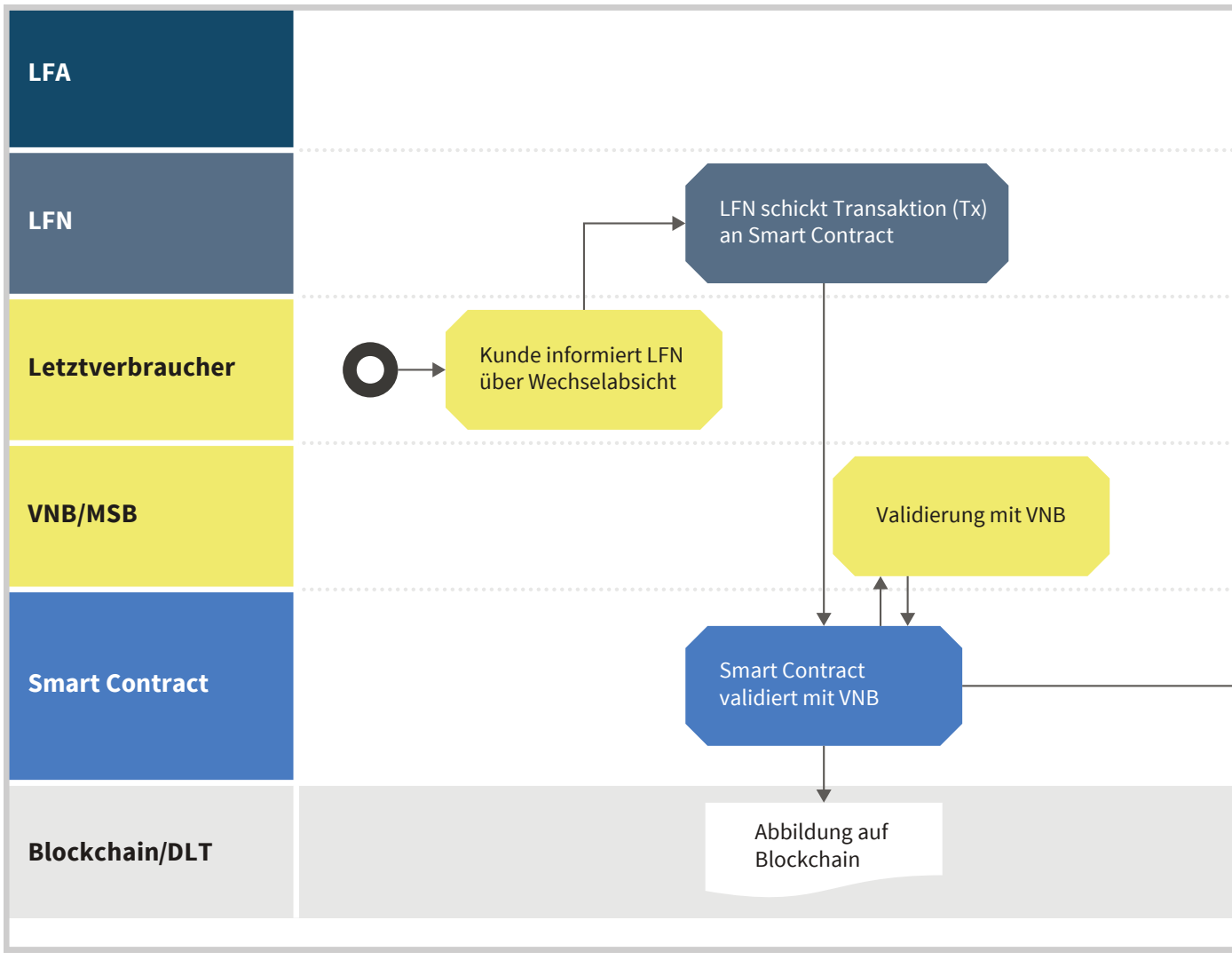
Wenn eine moderne Messeinrichtung (mMe), die über ein Smart-Meter-Gateway (SMGW) zu einem intelligenten Messsystem (iMSys, hier im Prozess als „Smart Meter“ bezeichnet) wird, einen Verbrauch von Elektrizität beim Endkunden misst, ist damit für jeden Datentransfer automatisch der Anwendungsbereich des Messstellenbetriebsgesetzes (MsbG) eröffnet. Dieses regelt insbesondere den Umgang mit Verbrauchsdaten. Der dargestellte Prozess sieht eine direkte Datenspeicherung der Stromverbrauchsdaten in einer Blockchain vor. Das MsbG (§ 19) erlaubt für solche Prozesse ausschließlich technische Systeme und Bestandteile für die Datenverarbeitung, die den in §§ 21, 22 MsbG festgelegten Anforderungen genügen. Zum Zwecke der Abrechnung im vorliegenden Use Case sind sowohl der VNB als auch der Lieferant Datenumgangsberechtigte (§ 50 MsbG), dürfen die erforderlichen Daten also verarbeiten. Die Marktprozesse (z. B. Interims- und Zielmodell bzw. MaBiS) sind entsprechend zu beachten.



Anwendungsgruppe: Marktkommunikation (Strom)

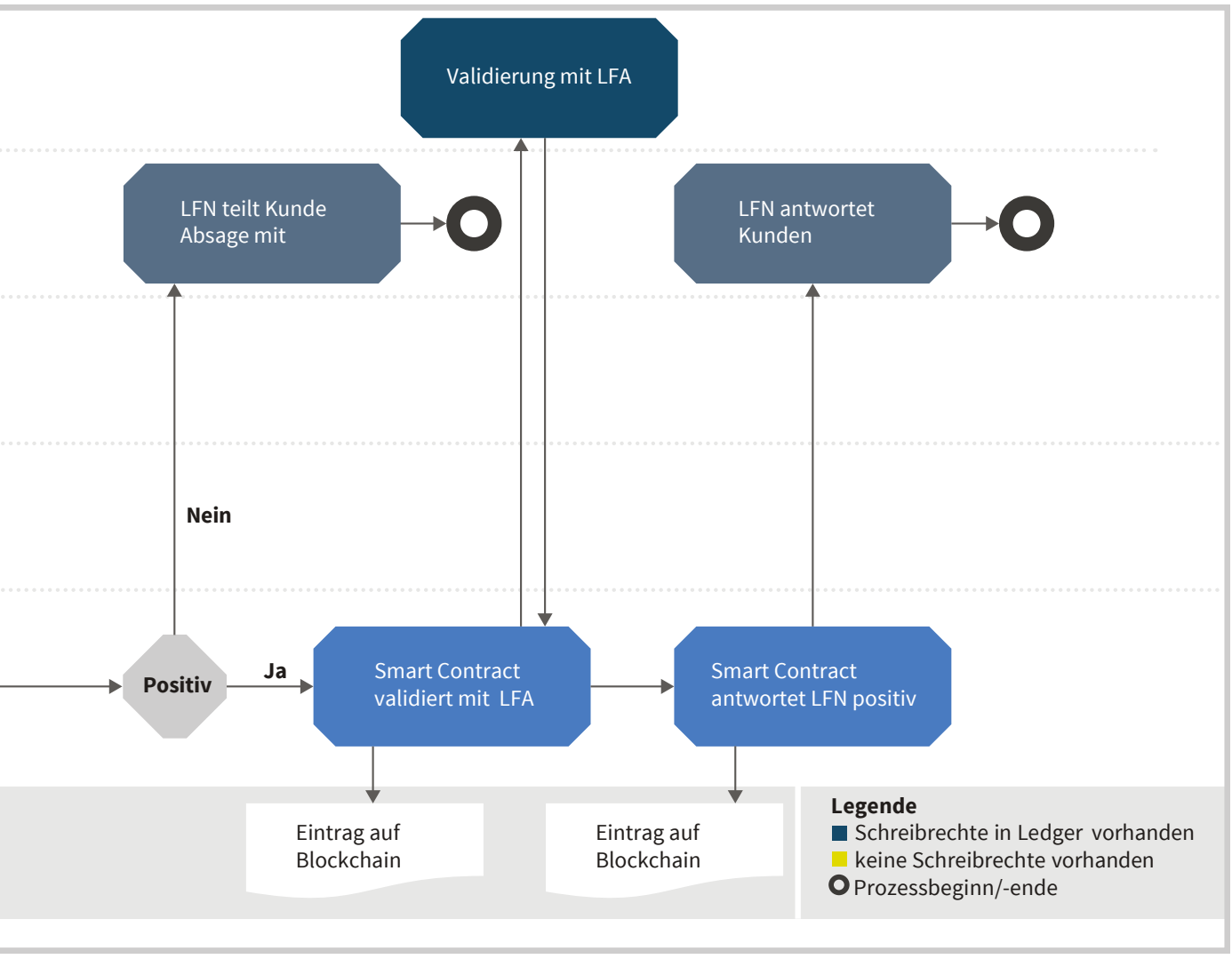
Use Case 6: Kündigung und Lieferantenwechsel (Strom)

Prozesskette



Prozessbeschreibung

Ein Wechsel des Stromlieferanten in einem liberalisierten Energiemarkt erfordert einen intensiven Nachrichtenaustausch zwischen Marktakteuren. Manuelle Prozessschritte und abweichende Systeme bei den Marktakteuren verhindern bislang eine weitergehende Prozessautomatisierung. Die Umstellung auf eine blockchain-basierte Interaktion der Marktteilnehmer erlaubt es, den Prozess zu verschlanken und Technologie- und Medienbrüche zu reduzieren. Im Anwendungsfall wird die Kommunikation über Smart Contracts realisiert und die Validierung der Daten vereinheitlicht. Berücksichtigt werden die An- und Abmeldung durch den Lieferanten sowie die Abmeldung durch den Netzbetreiber wegen Stilllegung und Abmeldeanfrage.



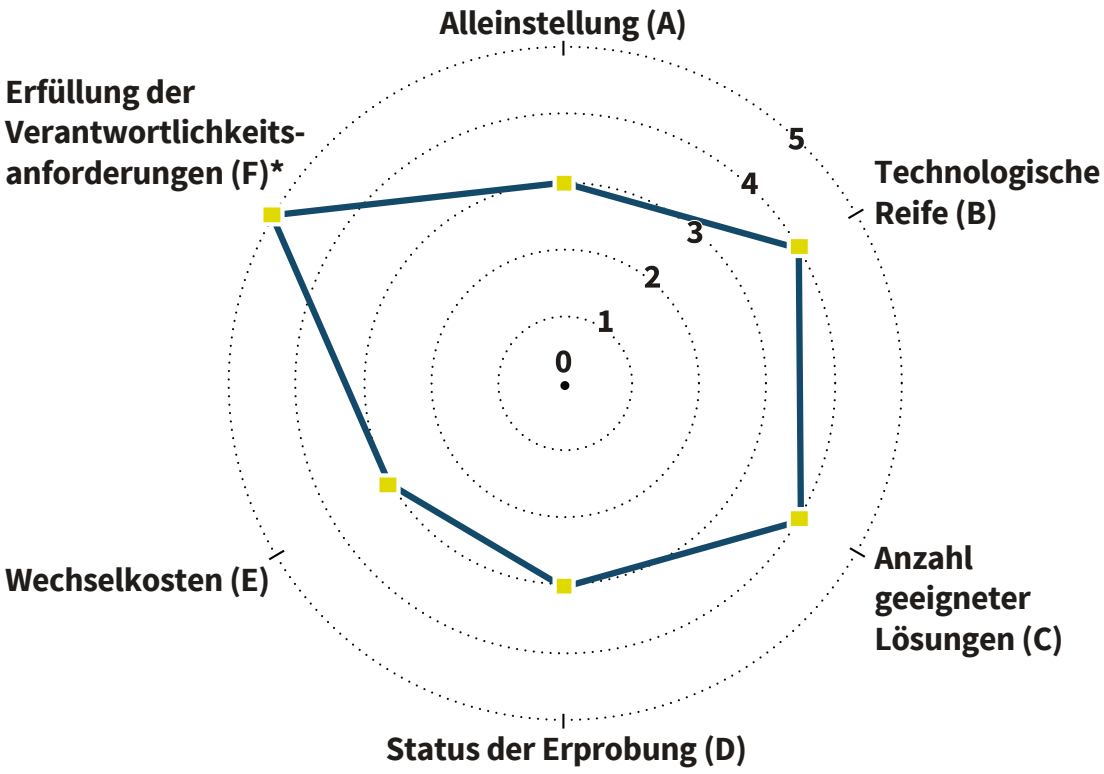
Bewertungsergebnisse

Grad der Erfüllung technischer Anforderungen

3,7 ★★★½☆

1 Stern = sehr gering
5 Sterne = sehr hoch

Bei einer stabilen Anzahl von Netzbetreibern, Stromlieferanten und wechselwilligen Stromverbrauchern ist der Einsatz der Blockchain-Technologie für den Lieferantenwechsel nur bedingt empfehlenswert. Aktuelle Datenbanktechnologien erlauben in diesem Fall eine wirtschaftliche Automatisierung des Prozesses des Lieferantenwechsels. Steigen und verändern sich jedoch die Anzahl der Marktteilnehmer sowie der Interaktionen, dann können Blockchains ihre technischen Alleinstellungsmerkmale bezüglich der Unveränderlichkeit von Einträgen, deren sicheren Austausch in einem wenig vertrauensvollen Umfeld sowie der erhöhten Informationsqualität ausspielen.



A – D, F:
0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering,
2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß,
5 = sehr groß

E:
0 = sehr hohes Risiko, 1 = hohes Risiko,
2 = erhöhtes Risiko, 3 = mittleres Risiko,
4 = geringes Risiko, 5 = kein Risiko

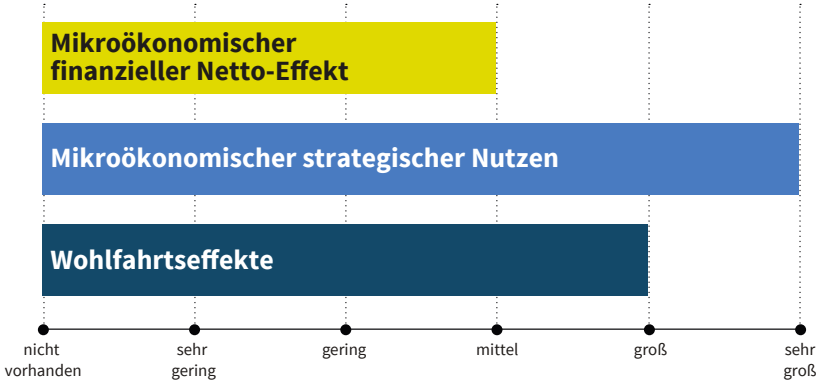
* Anforderungen bzgl. Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen & Betrieb der Blockchain

Ökonomischer Nutzen

3,7 ★★★½☆

1 Stern = sehr gering
5 Sterne = sehr hoch

Werden die für die Marktkommunikation notwendigen Daten in einer Blockchain gespeichert, wird für alle berechtigten Marktakteure eine einheitliche Sicht auf die Daten erzeugt. Ein hierauf aufbauender automatisierter Wechselprozess mittels Smart Contract (Automatisierung) führt dann bei einer hohen Anzahl an Marktteilnehmern mit entsprechenden Interaktionen zu einer Reihe positiver wirtschaftlicher Effekte für Verteilnetzbetreiber und Stromlieferanten: Prozessdurchlaufzeiten werden verkürzt, die Prozessstabilität steigt, die Fehleranfälligkeit sinkt und es wird weniger Nachbearbeitung notwendig. Regelmäßige Formatänderungen in der Marktkommunikation werden von Energieversorgern in Deutschland jährlich arbeitsintensiv umgesetzt. Auch dies kann mittels Blockchain-Technologie im Anwendungsfall einheitlich und vollautomatisiert erfolgen.

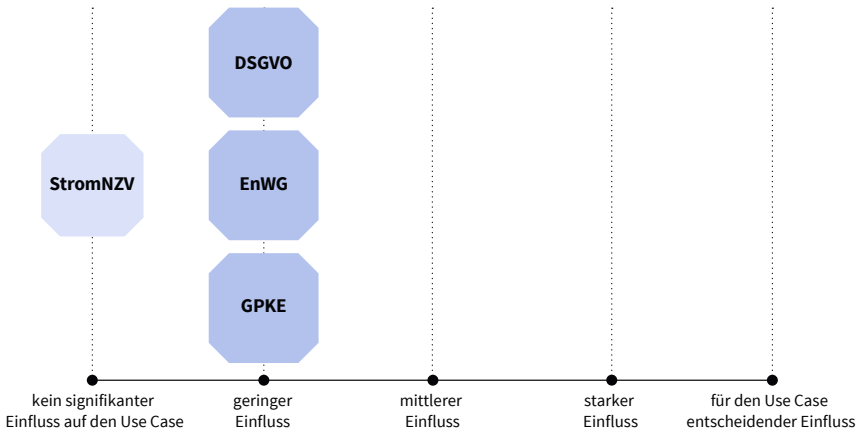


Regulatorischer Einfluss

4,0 ★★★★☆

1 Stern = entscheidend
5 Sterne = nicht signifikant

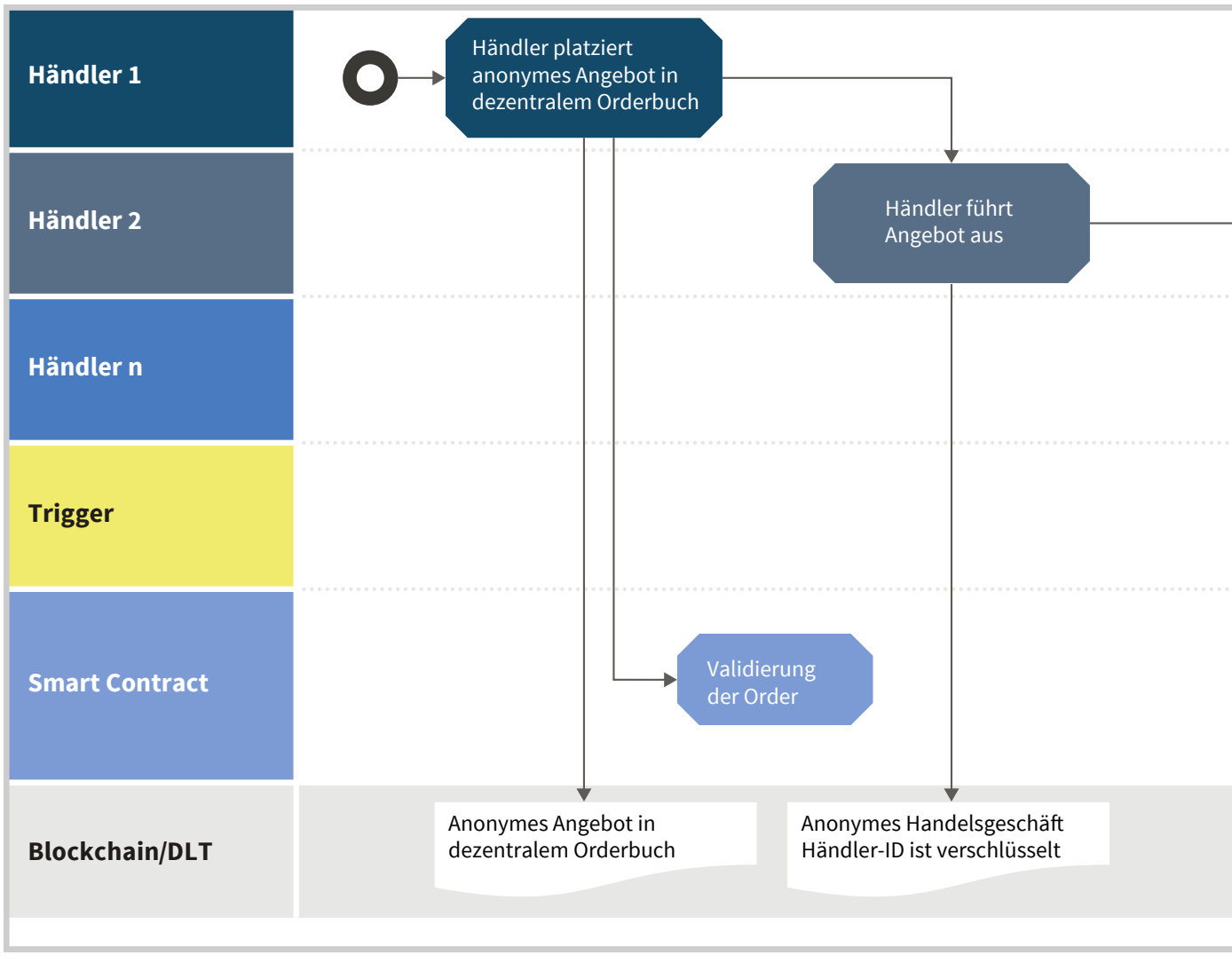
Die rechtlichen Grundlagen des Stromlieferantenwechsels, der Rechnungslegung und des eigentlichen Vertrags sind hauptsächlich im EnWG (§§ 20a, 40, 41) verankert. Die Lieferantenwechselprozesse für Strom werden dabei im Detail von der BNetzA festgelegt. Die sogenannte GPKE-Festlegung wird in den aktuellen, branchenüblichen Prozessstandards vom BDEW definiert und schreibt formal das Datenformat EDIFACT vor. Der hier beschriebene Use Case soll den Prozess „Kündigung“ substituieren, der sich in den „Basis-Prozessen“ des BDEW wiederfindet. Dabei ist u. a. zu beachten, dass eine unverzügliche Bestätigung des neuen Lieferanten, ob und zu welchem Termin eine Belieferung grundsätzlich möglich ist, notwendig ist. Nach aktueller Rechtslage muss das Verfahren zügig abgeschlossen werden und für den Letztverbraucher kostenlos sein (§ 20a EnWG). Bei Einhaltung der Vorgaben bzw. leichten Anpassungen der Regelwerke besteht für die Umsetzung mittels einer Blockchain aus regulatorischer Sicht jedoch kein Hindernis.



Anwendungsgruppe: Handel (Strom)

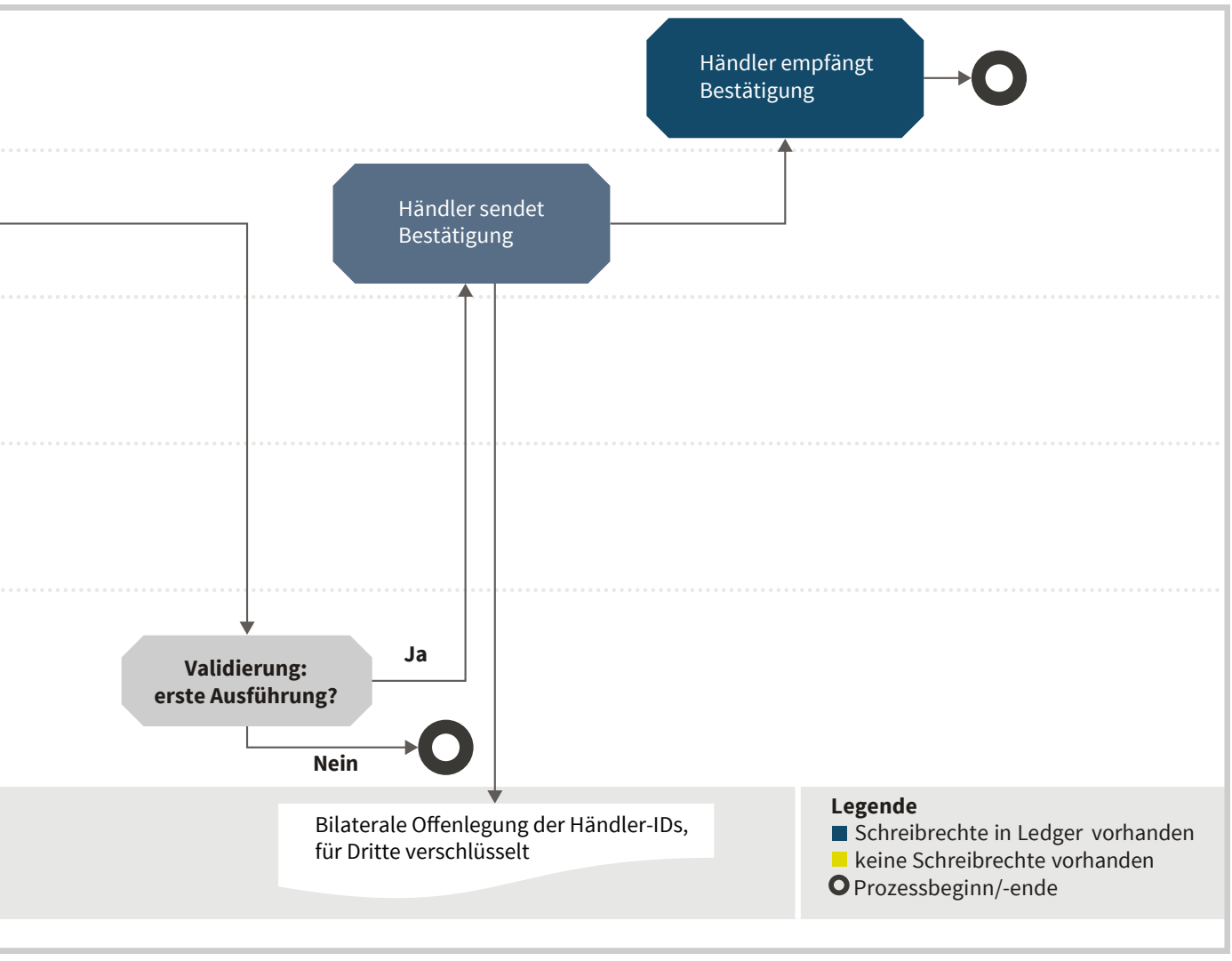
Use Case 7: Außerbörslicher Großhandel (Strom)

Prozesskette



Prozessbeschreibung

In der dargestellten Prozesskette zum außerbörslichen Großhandel von Strom (OTC) gibt ein Händler anonym ein Gebot in einem dezentralen, blockchain-basierten Orderbuch auf. Das Gebot des Händlers kann daher nicht nachverfolgt werden. Erst nach der ebenfalls anonymen Ausführung des Gebots erfolgt die gegenseitige Offenlegung des Handelsgeschäfts zwischen den beiden Händlern, ohne dass Dritte die Daten einsehen können. Die Erfüllung des Geschäfts (d. h. die Lieferung, Verbuchung und der Verbrauch des Gutes „Strom“) wird in diesem Use Case nicht über die Blockchain abgewickelt.



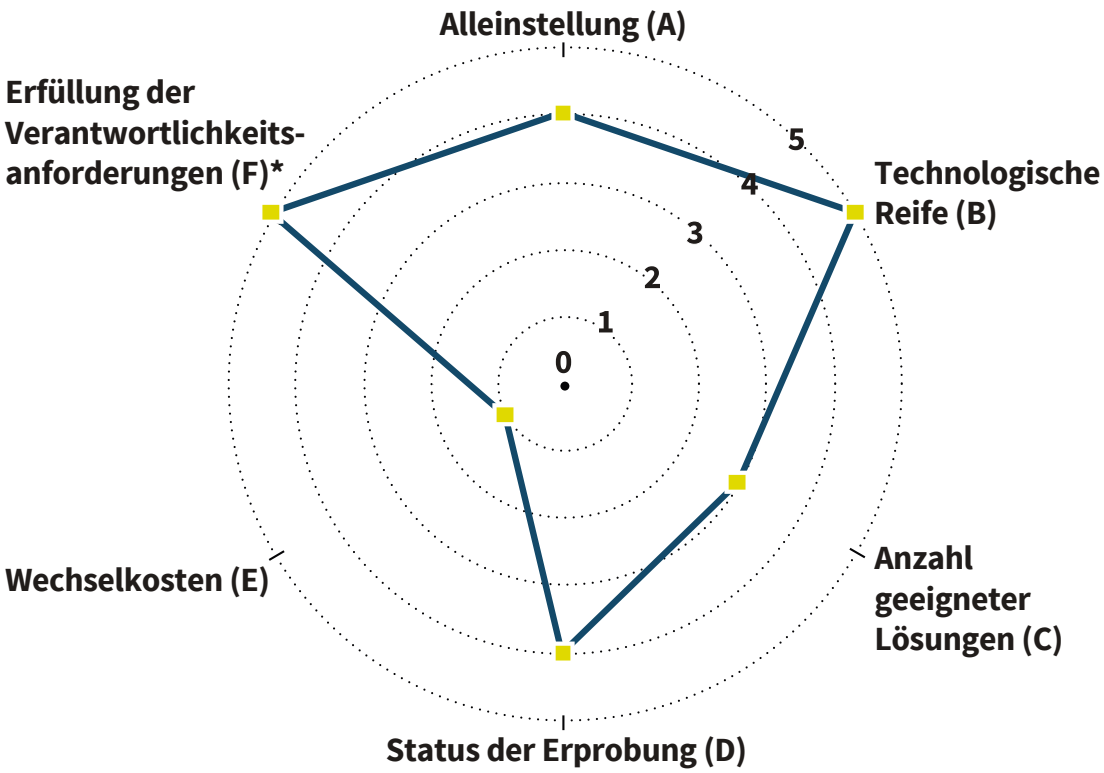
Bewertungsergebnisse

Grad der Erfüllung technischer Anforderungen

3,9 ★★★★☆

1 Stern = sehr gering
5 Sterne = sehr hoch

Der außerbörsliche Großhandel von Strom (OTC) ist im Vergleich zu anderen Anwendungen mit heutigen Blockchain-Technologien bereits gut umsetzbar. Anforderungen bezüglich der Transaktionsgeschwindigkeit können durch private Blockchains erfüllt werden. Ein technisches Alleinstellungsmerkmal von Blockchains im Anwendungsfall ist die Kombination aus Unveränderlichkeit von Einträgen, deren sicherem Austausch in einem wenig vertrauensvollen Umfeld sowie der erhöhten Informationsqualität. Insgesamt gilt eine hohe Übereinstimmung von Blockchain-Charakteristika und Use-Case-Anforderungen. Der Status der technischen Erprobung hat zudem nahezu Marktreife erreicht. Der Betrieb einer Blockchain als Konsortium weist eine hohe Eignung für den Anwendungsfall auf, da auf diese Weise die Konformität mit dem regulatorischen Rahmen gesichert werden kann. Allerdings erfolgt eine enge technische Bindung an die Blockchain-Lösung bzw. an einen dritten Betreiber, da der Wechsel zu anderen Lösungen hohen zusätzlichen Programmieraufwand bedeuten würde.



A – D, F:
0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering,
2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß,
5 = sehr groß

E:
0 = sehr hohes Risiko, 1 = hohes Risiko,
2 = erhöhtes Risiko, 3 = mittleres Risiko,
4 = geringes Risiko, 5 = kein Risiko

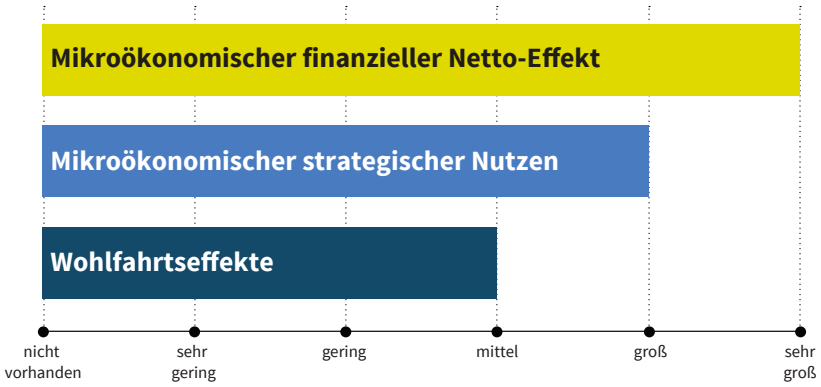
* Anforderungen bzgl. Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen & Betrieb der Blockchain

Ökonomischer Nutzen

4,2 ★★★★☆

1 Stern = sehr gering
5 Sterne = sehr hoch

Bislang ist der außerbörsliche Stromgroßhandel vor allem Großkraftwerken vorbehalten. Nach Ende des Förderungszeitraums für die erneuerbaren Energien wird der OTC-Handel prinzipiell für diese attraktiv als Mittel zur langfristigen Absicherung der Stromabnahme. Durch die theoretisch mögliche Kostenersparnis von bis zu 90 Prozent bei Nutzung einer Blockchain-Lösung im Vergleich zum Status quo wird die Markteintrittsbarriere für kleine Erzeuger drastisch gesenkt. Der resultierende volkswirtschaftliche Effekt hierdurch ist ein Anstieg der Wettbewerbsintensität. Eine Senkung der Kosten für die Regulierung verspricht eine Verringerung der Gesamtkosten des OTC-Handels. Strategisch gesehen ist dieser Anwendungsfall hinsichtlich seiner Investitionskosten und regulatorischen Hindernisse relativ risikoarm. Er weist ein hohes Lernpotenzial auf und kann gut erprobt werden. Auch das Potenzial zur Beschleunigung der Automatisierung des Energiehandels wird als hoch eingestuft.

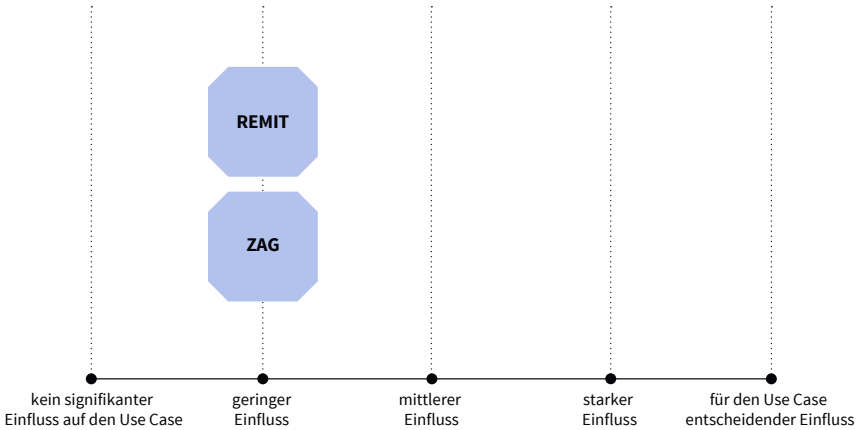


Regulatorischer Einfluss

4,0 ★★★★☆

1 Stern = entscheidend
5 Sterne = nicht signifikant

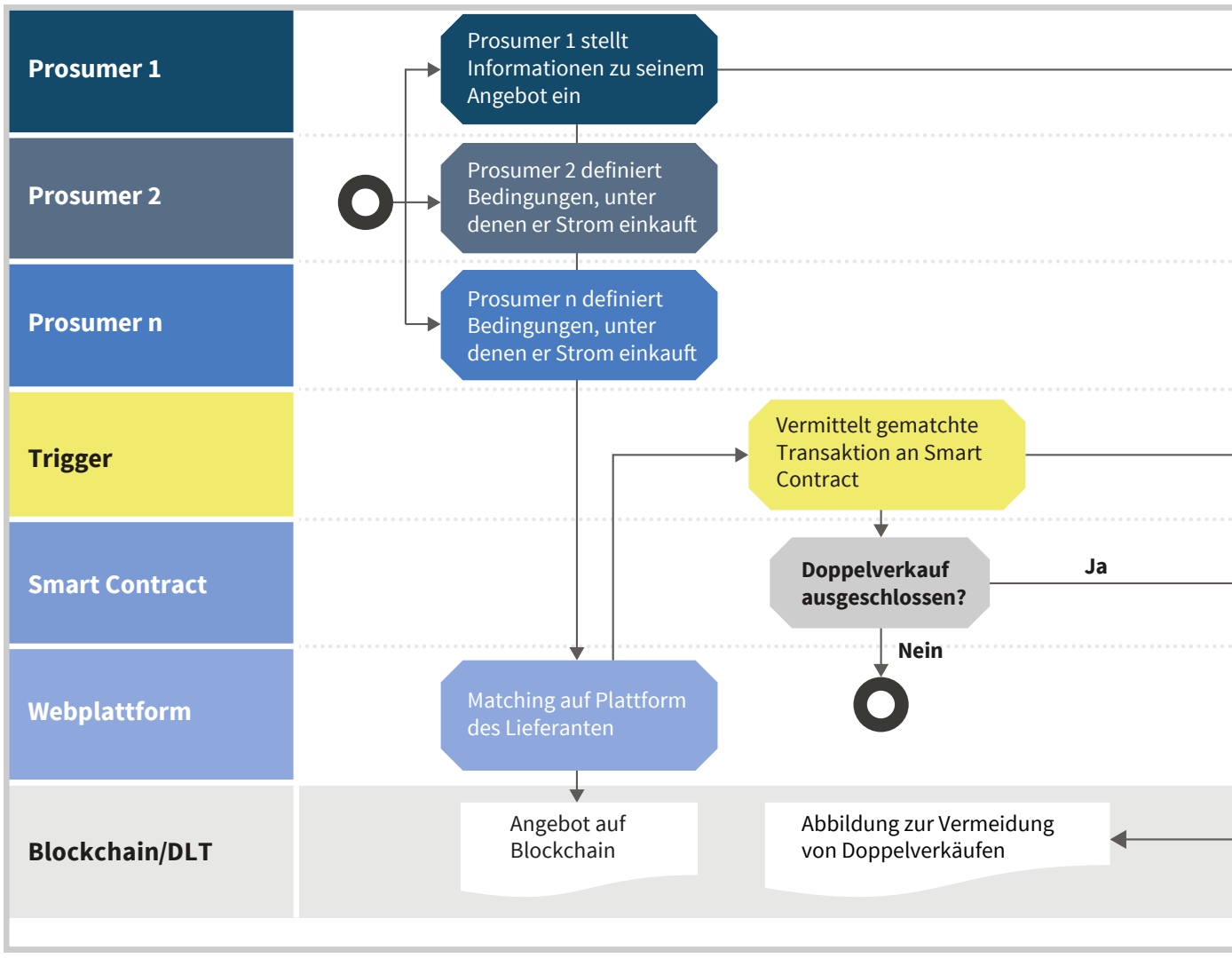
Der dargestellte Prozess beschreibt eine dezentrale Handelsplattform auf Blockchain-Basis, die ähnlich einer Börse funktioniert. Die REMIT-Verordnung soll Marktmanipulation auf Großhandelsmärkten durch Insiderinformationen eindämmen. Art. 1 Abs. 2 REMIT eröffnet den Anwendungsbereich u. a. für Fälle, in denen ein Energiegroßhandelsprodukt gehandelt wird. Bei einem Transfer unter Einbezug eines Dritten sowie bei Vorliegen eines Finanztransfergeschäfts (§ 1 ZAG) ist eine Erlaubnispflicht (§ 10 ZAG) definiert. Wenn die Marktteilnehmer eine Ausnahmeregelung beantragt haben, kann das Handelsgeschäft vor der Veröffentlichung von Insiderinformationen getätigt werden. Diese müssen aber dennoch rechtzeitig und effektiv vom Marktteilnehmer veröffentlicht werden (Veröffentlichungspflicht). Aus regulatorischer Sicht existiert keine Hürde, die den Use Case in der dargestellten Form effektiv verhindert.



Anwendungsgruppe: Handel (Strom)

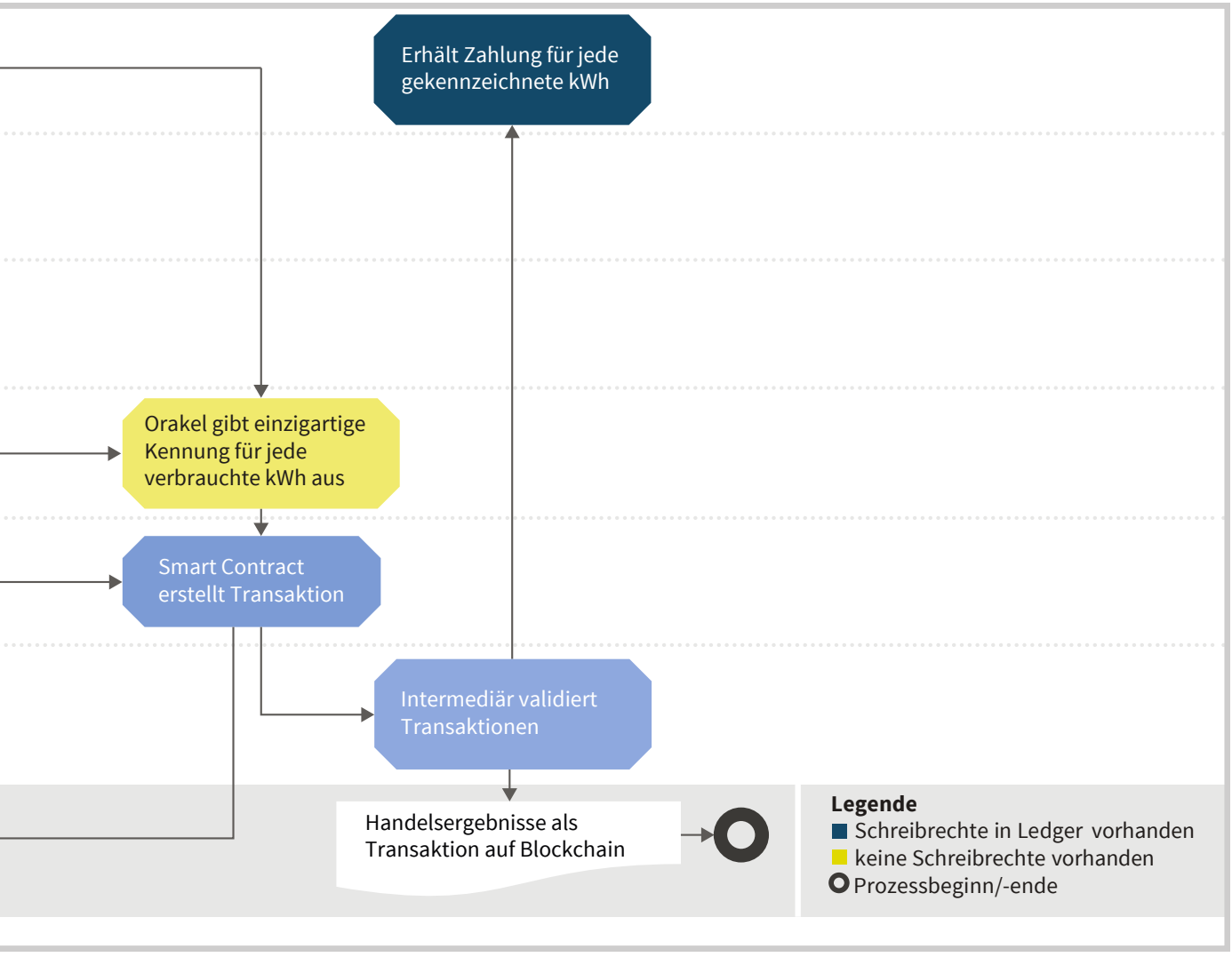
Use Case 8: P2P-Handel zwischen Kunden eines Stromlieferanten

Prozesskette



Prozessbeschreibung

Der Stromhandel zwischen Kunden eines Stromlieferanten wird im Anwendungsfall über eine eigene Online-Handelsplattform umgesetzt. Die Bilanzkreisverantwortlichkeit obliegt weiterhin dem Stromlieferanten. Auf der Online-Handelsplattform können hingegen beispielsweise lokale Ökostromanbieter ihr Angebot einstellen und verkaufen. Lokale Nachfrager können wiederum die Zusammenstellung ihres Strombezugs über die Plattform wählen bzw. den Lieferanten wechseln. Der Plattformbetreiber ist in diesem Anwendungsfall zwingend der Stromlieferant für alle Nachfrager. Die Handelsplattform kann für seine Kunden auch unabhängig von deren Wohnort angeboten werden. Im Rahmen eines solchen Community-Ansatzes können Stromanbieter mit Dach-PV-Anlagen und/oder Heimspeichern Strom national mit Nachfragern desselben Stromlieferanten über die Handelsplattform austauschen.



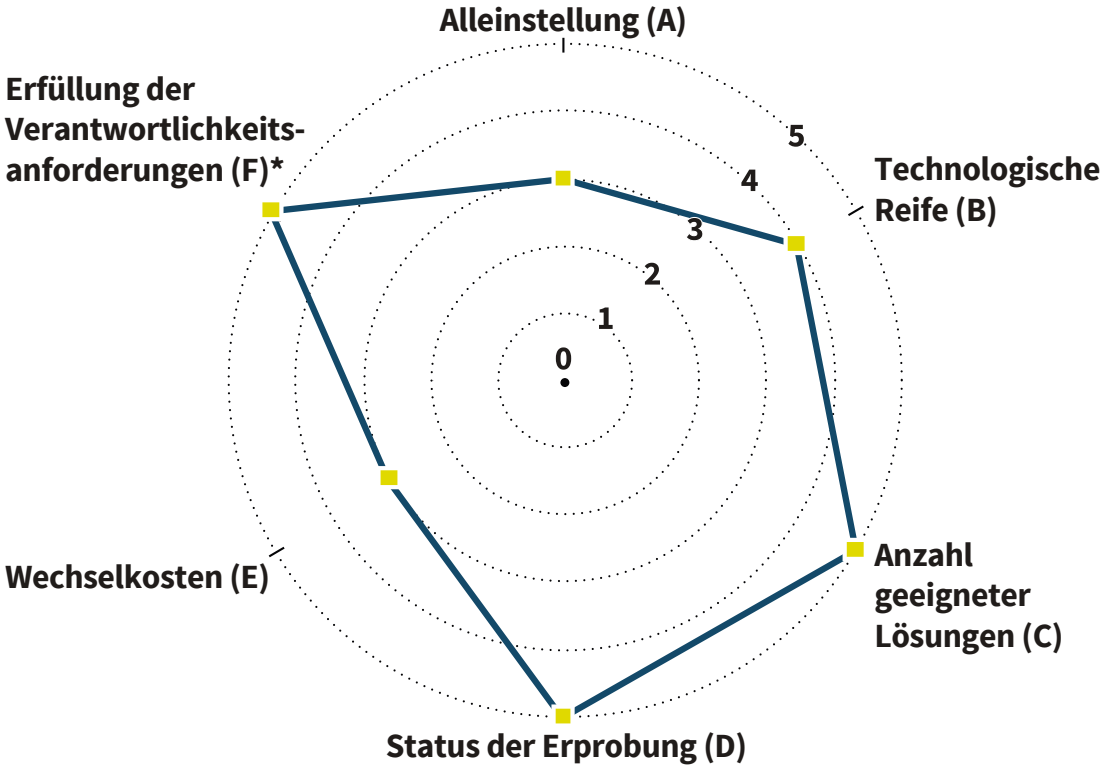
Bewertungsergebnisse

Grad der Erfüllung technischer Anforderungen

4,1 ★★★★☆

1 Stern = sehr gering
5 Sterne = sehr hoch

Für die Vermarktung von z. B. lokal erzeugtem Grünstrom an lokale Abnehmer wird die Blockchain-Technologie nicht zwingend benötigt. Allerdings kann der Nachweis über das Einhalten des Doppelvermarktungsverbots über eine Blockchain besonders sicher, schnell und kostengünstig geführt werden. Technische Synergieeffekte ergeben sich für den Betreiber einer blockchain-basierten Plattform, die seinen Kunden den Handel untereinander erlaubt, vor allem durch die Erweiterung um die blockchain-basierten Anwendungsfälle „Zertifizierung von Herkunftsnachweisen“ (Use Case 4), „Abrechnung von Entgelten und Umlagen“ (Use Case 5), „Mieterstrom“ (Use Case 10) oder „Anmeldung von Anlagen im Marktstammdatenregister“ (Use Case 3). Insbesondere die beweisbare Registrierung sowie das sichere und schnelle Teilen dieser Information stellen einen technischen Mehrwert für den P2P-Stromhandel dar.



A – D, F:
0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering,
2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß,
5 = sehr groß

E:
0 = sehr hohes Risiko, 1 = hohes Risiko,
2 = erhöhtes Risiko, 3 = mittleres Risiko,
4 = geringes Risiko, 5 = kein Risiko

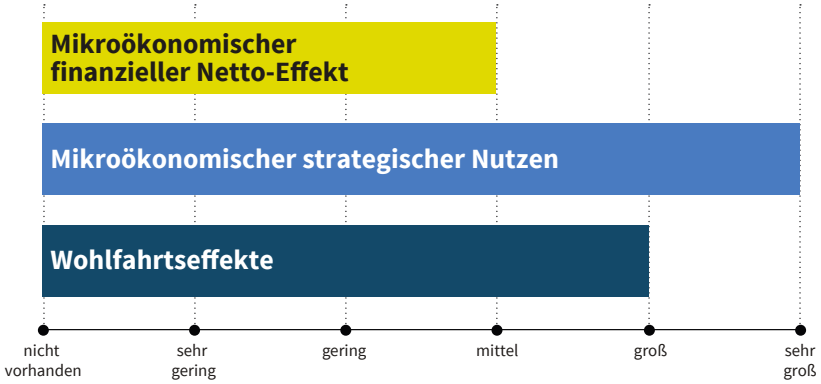
* Anforderungen bzgl. Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen & Betrieb der Blockchain

Ökonomischer Nutzen

3,7 ★★★½☆

1 Stern = sehr gering
5 Sterne = sehr hoch

Der in der Prozesskette abgebildete Anwendungsfall wird bereits in Variationen von einer Reihe von Unternehmen international wie auch in Deutschland marktlich erprobt. Positive Umsatzeffekte durch geringere Kosten oder einen vergrößerten Absatz können jedoch nur für wenige Stromlieferanten ein Erfolgsmodell sein. Vor dem Hintergrund der zu erwartenden Marktöffnung für kleine Erzeuger und Lasten und bei sinkenden Margen für das Einheitsprodukt Strom erscheint für Stromlieferanten eine Produktdifferenzierung eine vielversprechendere Strategie. Die Option der Produktdifferenzierung kann hierbei als Mittel eingesetzt werden, um für eine gezielte Kundengewinnung und -bindung neue Produkte zu entwickeln und zu erproben. Volkswirtschaftlich kann in Verbindung mit dem Anwendungsfall „Zertifizierung von Herkunftsnachweisen“ (Use Case 4) ein positiver Effekt für die Energiewende resultieren: Die Bereitschaft zum Ausbau der erneuerbaren Energien wird möglicherweise gesteigert, wenn sichtbar und beweisbar wird, wie hoch die Bruttowertschöpfung vor Ort durch lokale Stromerzeugung und -verbrauch ist.

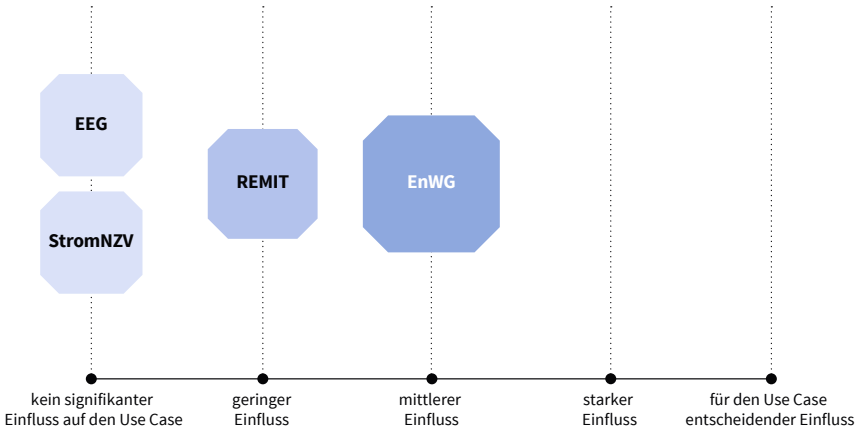


Regulatorischer Einfluss

4,0 ★★★★☆

1 Stern = entscheidend
5 Sterne = nicht signifikant

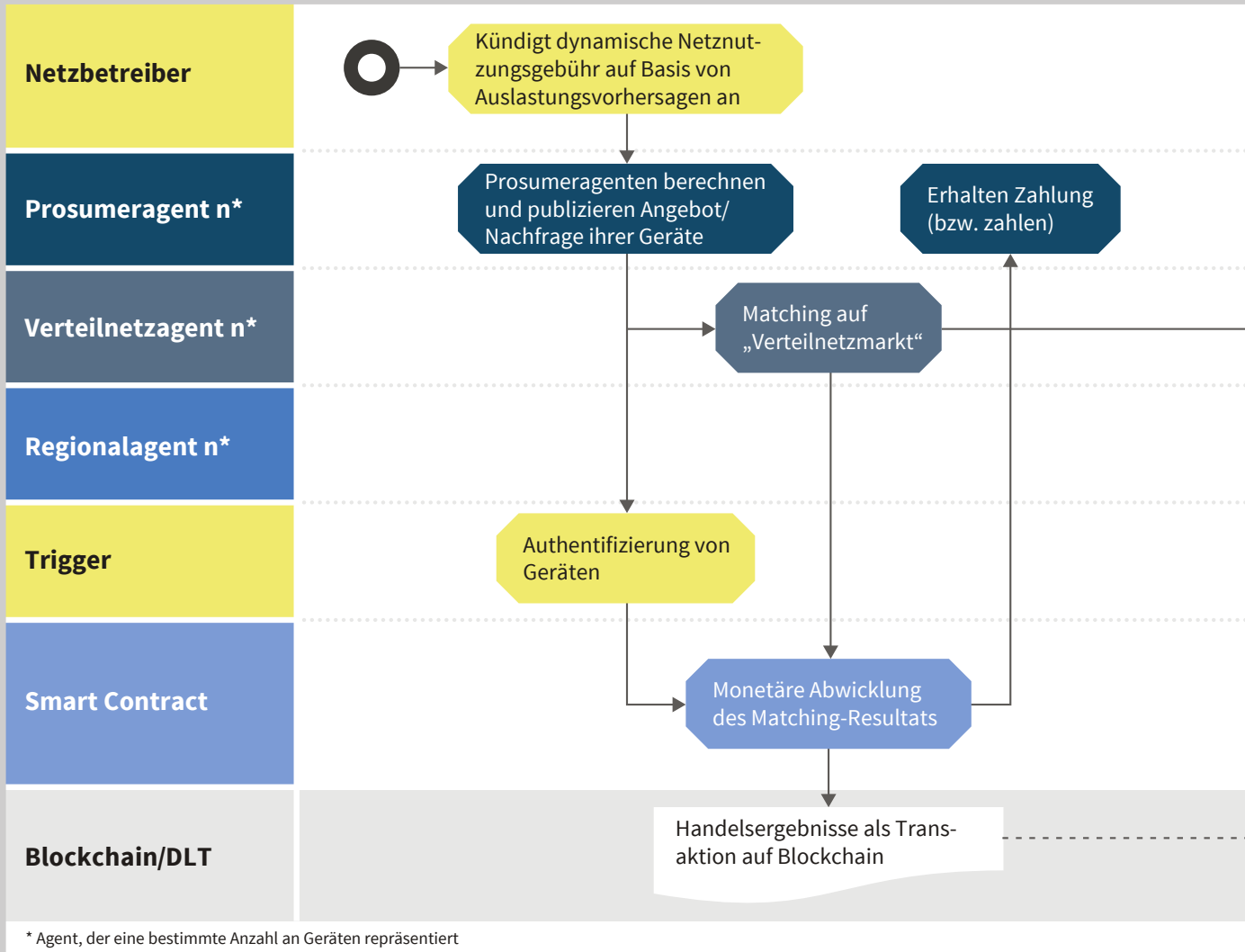
Aus regulatorischer Sicht bedeutet es keinen großen Unterschied, ob Strommengen zwischen zwei externen Marktteilnehmern oder zwischen zwei Kunden eines Stromlieferanten gehandelt werden. Der Prosumer kann auch in letzterem Fall sowohl Lieferant als auch EVU (§ 3 EnWG) sein. Daraus ergäbe sich eine Meldepflicht der (dauerhaften) Haushaltskundenversorgung gegenüber der Regulierungsbehörde sowie eine Dokumentationspflicht in Bezug auf eine vertragliche Festhaltung der Daten. Die vertragliche Ausgestaltung des Netzzugangs muss den Voraussetzungen des EnWG (§§ 23ff) entsprechen. Existierende Mindestanforderungen an die vertragliche Ausgestaltung von Energielieferverträgen (§ 41 EnWG) sind zu berücksichtigen. REMIT gilt hier nur, falls es sich um Energiegroßhandelsprodukte (> 600 GWh/a; Art. 2 REMIT) handelt. Somit ergeben sich zwar umfangreiche Pflichten aus dem EnWG, ansonsten spricht jedoch aus regulatorischer Sicht eher wenig gegen eine Umsetzung des Use Cases auf Blockchain-Basis.



Anwendungsgruppe: Handel (Strom)

Use Case 9: Handel und Allokation von Netzkapazitäten (Strom)

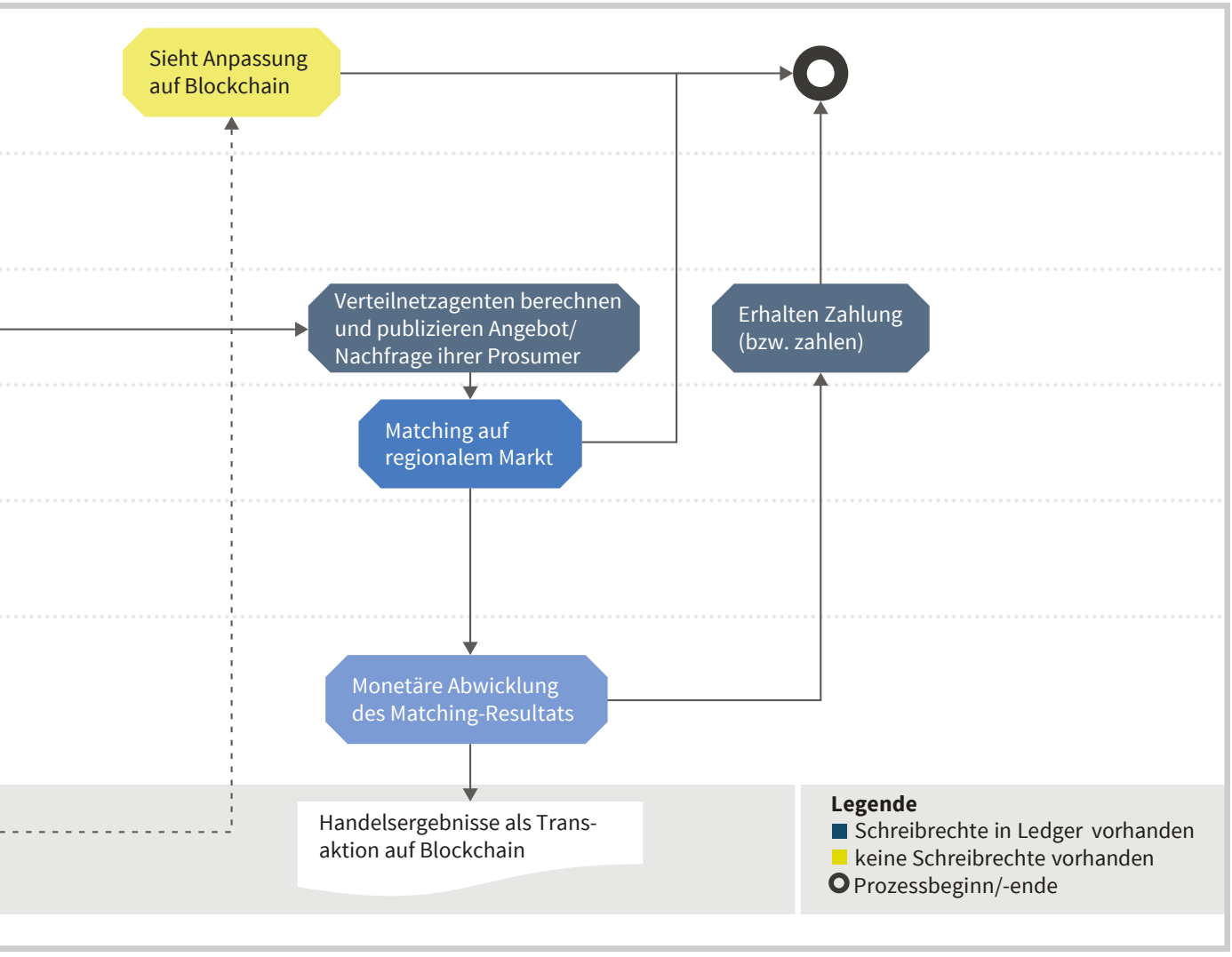
Prozesskette



* Agent, der eine bestimmte Anzahl an Geräten repräsentiert

Prozessbeschreibung

In diesem zukunftsorientierten Anwendungsfall passt der Verteilnetzbetreiber die Netznutzungsgebühr auf Basis aktueller Auslastungsvorhersagen dynamisch an. Lokale Stromverbraucher sowie -erzeuger werden auf diese Weise zu einem netzdienlichen Verhalten angereizt. Abweichend zum Anwendungsfall „Engpassmanagement in Elektrizitätsverteilernetzen (e-Mobilität)“ (Use Case 1) wird der marktliche Handel, der hier auf einem lokalen Markt innerhalb eines Verteilnetzgebiets erfolgt, nicht unmittelbar eingeschränkt, sondern die Netzentgeltkomponente des Endverbraucherpreises als mittelbarer Steuerungsmechanismus genutzt. Im Rahmen des automatisierten Prozesses interagieren Softwareagenten des Verteilnetzbetreibers und der Prosumer miteinander, während die monetäre Abwicklung über Smart Contracts vorgenommen wird. Die Handelsergebnisse werden als Transaktion auf der Blockchain festgehalten.



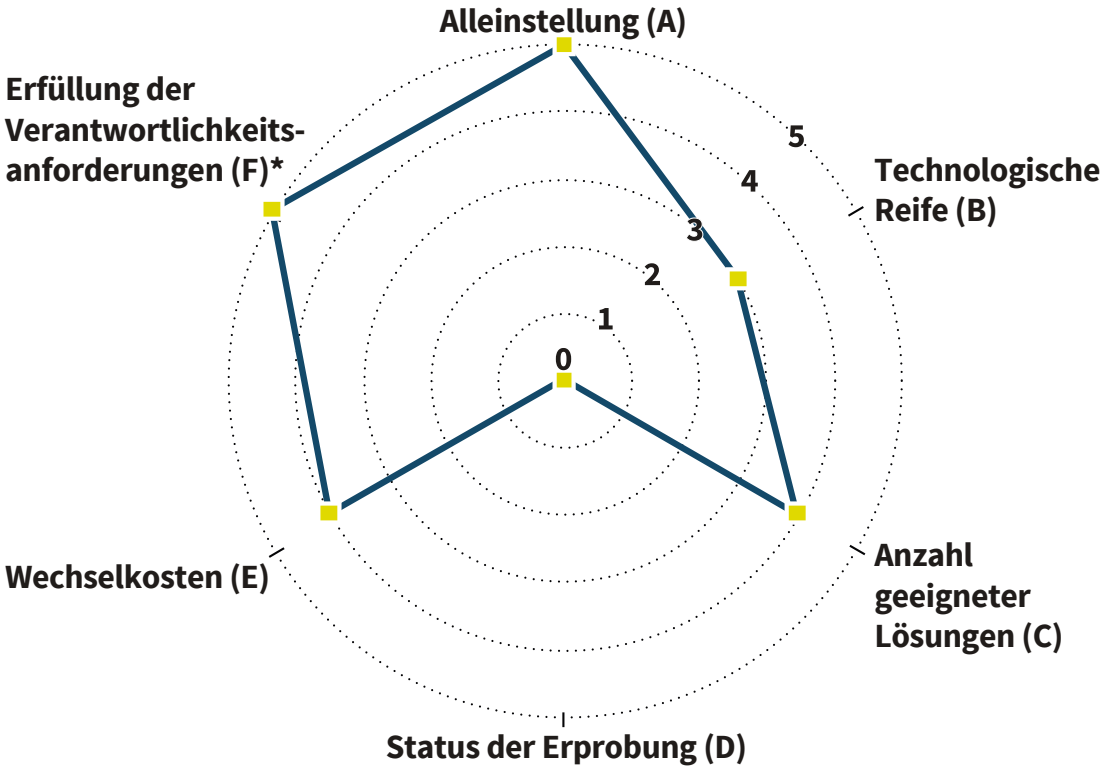
Bewertungsergebnisse

Grad der Erfüllung technischer Anforderungen

3,6 ★★★½☆

1 Stern = sehr gering
5 Sterne = sehr hoch

Im Rahmen des dargestellten Prozesses interagieren Softwareagenten des Verteilnetzbetreibers und der Prosumer miteinander und nehmen die monetäre Abwicklung über Smart Contracts vor. Er stellt damit hohe Anforderungen an die Robustheit, Sicherheit und Skalierbarkeit des Informationssystems, die durch Blockchain-Lösungen vor allem über ihre auditierbare und unverfälschliche Handelsabwicklung mittels Smart Contracts erfüllt werden. Insbesondere aufgrund der dynamischen Anpassung der Netznutzungsgebühr auf Basis aktueller Auslastungsprognosen gelten im Vergleich zum Anwendungsfall „Engpassmanagement in Elektrizitätsverteilernetzen (e-Mobilität)“ (Use Case 1) etwas höhere technische Anforderungen bezüglich der Skalierbarkeit aufgrund der in diesem Fall geringeren Vorlaufzeiten. Bezüglich des Betriebs und der Eignung von Blockchains gelten ähnliche Anforderungen wie im Use Case 1. Während die Reife und Anzahl geeigneter Lösungen vielversprechend sind, sind die Erfahrungen mit der Umsetzung der Anwendung noch sehr gering.



A – D, F:
0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering,
2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß,
5 = sehr groß

E:
0 = sehr hohes Risiko, 1 = hohes Risiko,
2 = erhöhtes Risiko, 3 = mittleres Risiko,
4 = geringes Risiko, 5 = kein Risiko

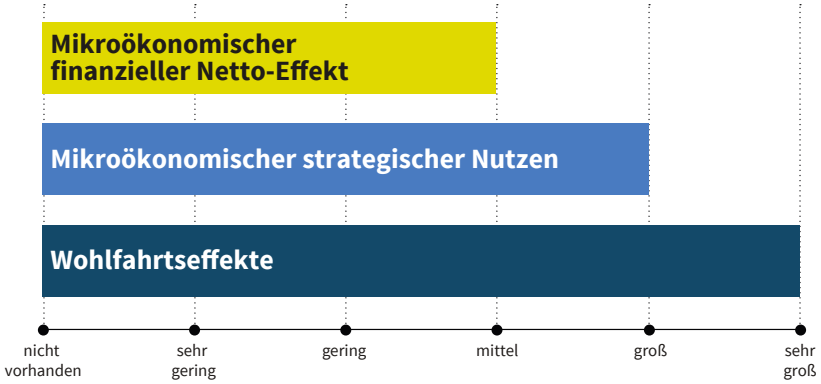
* Anforderungen bzgl. Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen & Betrieb der Blockchain

Ökonomischer Nutzen

3,8 ★★★★½☆

1 Stern = sehr gering
5 Sterne = sehr hoch

Potenziell erhält ein Verteilnetzbetreiber im Anwendungsfall ein wirtschaftlich effizientes Instrument zur Vermeidung von Netzengpässen. Strategisch wird seine Systemfunktion als wichtiger lokaler Akteur gesichert bzw. ausgebaut. Wohlfahrtseffekte ergeben sich durch erhöhte Markteffizienz, langfristig weniger Netzausbau sowie wichtige Investitionssignale für die Eignung als Standort von Erneuerbare-Energien-Anlagen. Ein Zusammenspiel mit dem Engpassmanagement des Use Cases 1 könnte die Wirkmächtigkeit des dargestellten Anwendungsfalls noch weiter erhöhen.

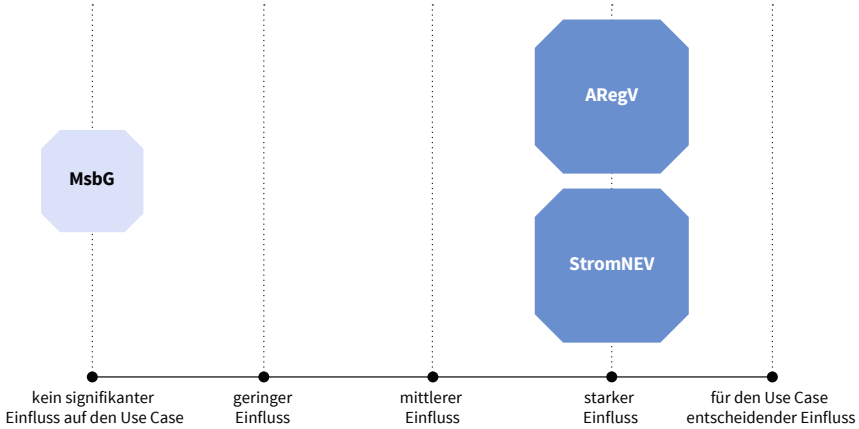


Regulatorischer Einfluss

3,0 ★★★☆☆

1 Stern = entscheidend
5 Sterne = nicht signifikant

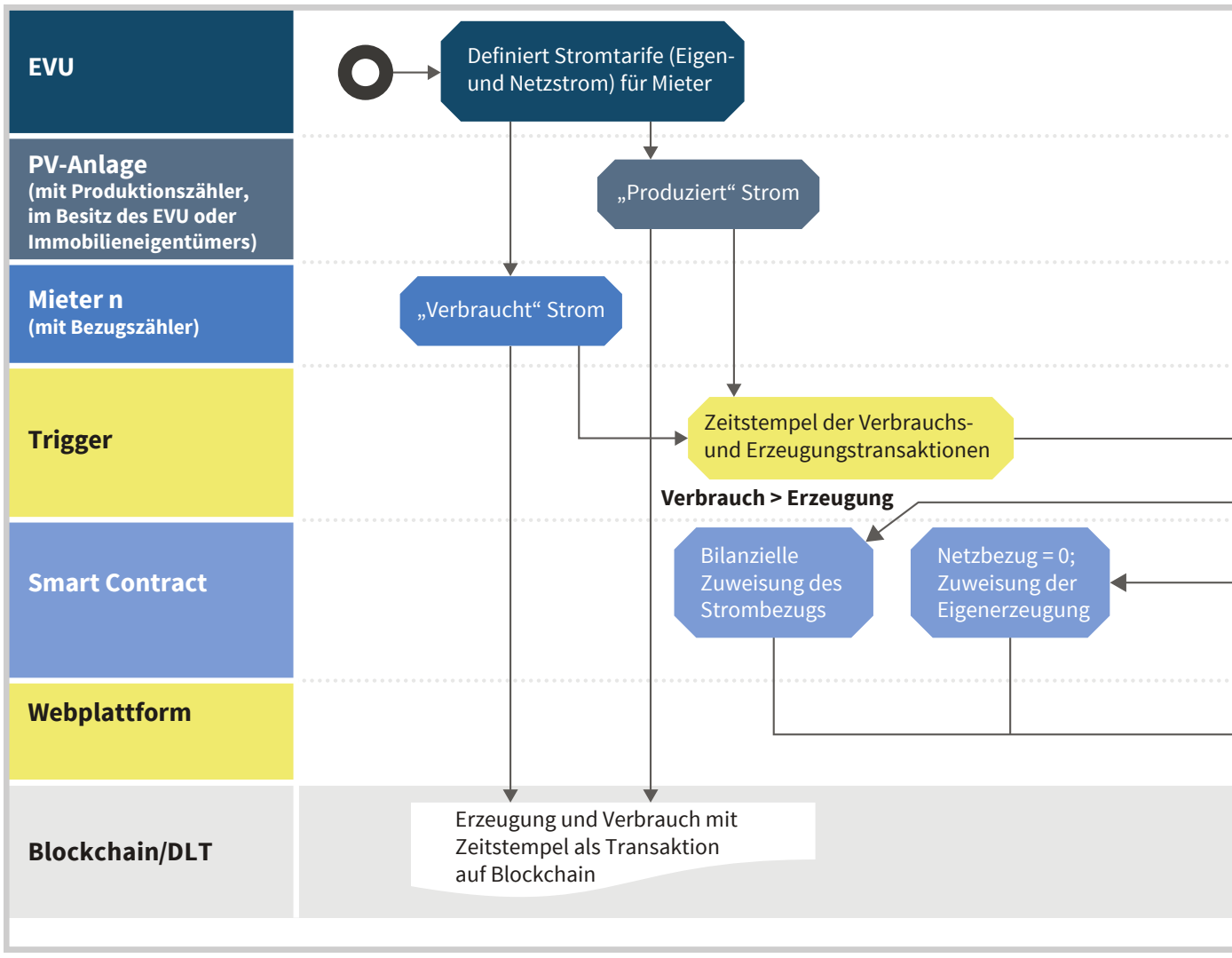
Der Prozess beschreibt eine auf Blockchain basierende, vollautomatisierte Interaktion zwischen Netzbetreiber und Prosumer für einen „Verteilnetzmarkt“. Hier ist zunächst die Frage zu klären, ob eine dynamische Netznutzungsgebühr auf der Basis von Auslastungsprognosen vom bestehenden regulatorischen Rahmen gedeckt ist. Die BNetzA ermittelt im Allgemeinen das Entgelt für den Netzzugang als transaktionsunabhängiges Punktmodell (§ 15 StromNEV) mit entsprechenden Obergrenzen (§ 32 ARegV) und lehnt variable Netzentgelte bisher ab. Aus regulatorischer Sicht ist beim beschriebenen Prozess zudem zu untersuchen, ob man einen regionalen Verteilnetzmarkt im bestehenden System operativ abbilden kann. Als Basis hierfür könnten z. B. Vertragsanforderungen aus dem System einer ÜNB-Regelzone übertragen werden. Die Anspruchsgrundlagen für eine monetäre Abwicklung über den VNB sind ähnlich wie in Use Case 1. Der Prozess setzt eine massive Änderung des Regulierungsrahmens und den entsprechenden politischen Willen dazu voraus.



Anwendungsgruppe: Handel (Strom)

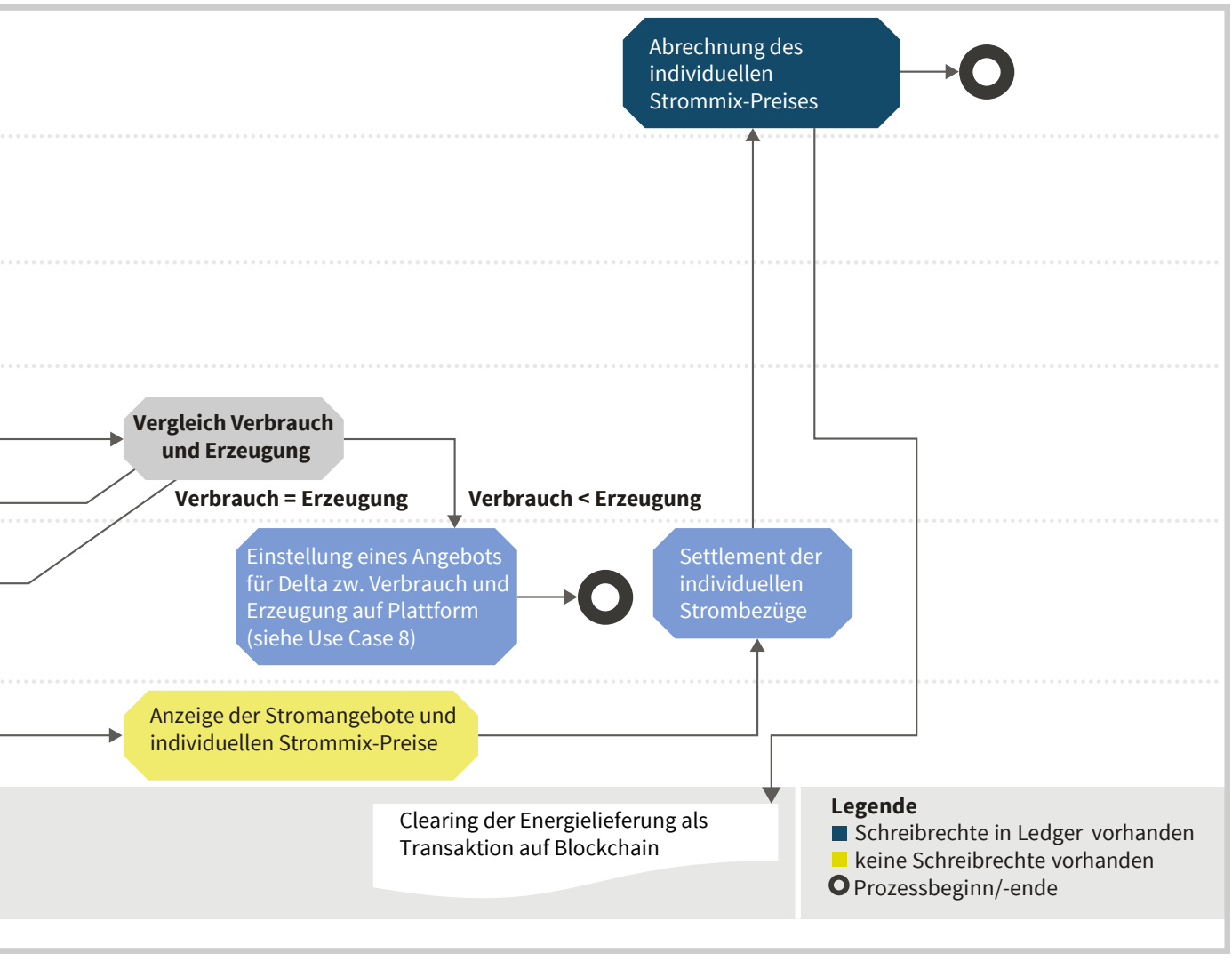
Use Case 10: Mieterstrom

Prozesskette



Prozessbeschreibung

Die blockchain-basierte Interaktion zwischen Kunden und Besitzer eines Mieterstromobjekts strebt eine Optimierung lokaler Ressourcen, d. h. einen möglichst hohen Verbrauch lokal erzeugten Stroms an. Im Anwendungsfall kann sich die PV-Anlage beispielsweise im Besitz des Stromversorgers oder des Immobilieneigentümers befinden. Im Messkonzept sind neben der Stromerzeugungsanlage auch drittbelieferte Mieter zu berücksichtigen, was die Abrechnung zwischen den Beteiligten (Mieter, Stromlieferant, Anlagenbesitzer, Netzbetreiber bzw. Messstellenbetreiber) komplex macht. Das abgebildete Szenario erlaubt aus technisch-konzeptioneller Sicht eine einfache Erweiterung um hausinterne und/oder externe Transaktionen zwischen Stromspeichern, Ladestationen von Elektroautos oder Balkon-PV-Anlagen.



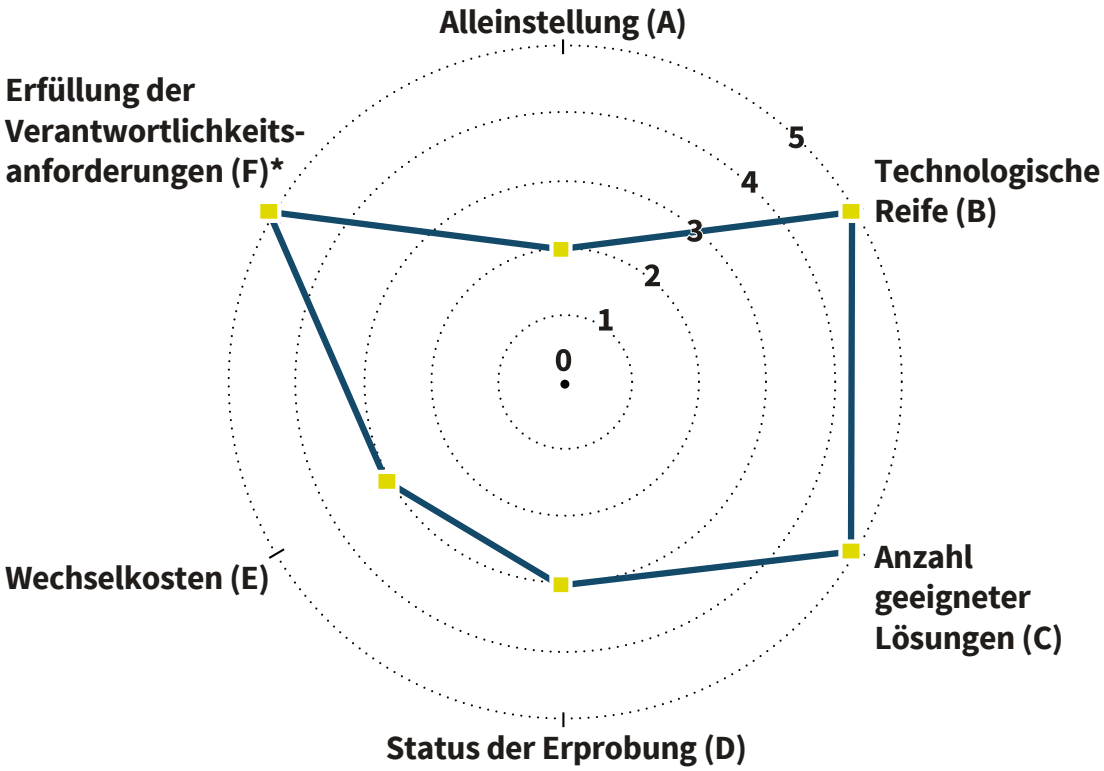
Bewertungsergebnisse

Grad der Erfüllung technischer Anforderungen

4,0 ★★★★☆

1 Stern = sehr gering
5 Sterne = sehr hoch

Alternativ zu einer mit hohen Kosten verbundenen Anpassung des Abrechnungssystems können auch spezifische Softwarelösungen für Mieterstrom eingesetzt werden. Die Blockchain-Technologie weist als Differenzierungskriterium insbesondere die sichere und transparente Aufschlüsselung der verbrauchten und erzeugten Strommengen sowie deren Austausch und Weiterverwendung auf. Dies ist ein geeigneter Ansatzpunkt für die einfache Erweiterung des Anwendungsfalls und die Bildung einer natürlichen Schnittstelle zu den Anwendungsfällen „Anmeldung von Anlagen im MaStR“ (Use Case 3), „Zertifizierung von Herkunftsnachweisen“ (Use Case 4), „P2P-Handel zwischen Kunden eines Stromlieferanten“ (Use Case 8) sowie „Shared Investments bei externem Mieterstrom“ (Use Case 11). Eine hausinterne Handelsplattform kann auch als Grundlage für den Handel zwischen Immobilien in einem Quartier dienen.



A – D, F:
0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering,
2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß,
5 = sehr groß

E:
0 = sehr hohes Risiko, 1 = hohes Risiko,
2 = erhöhtes Risiko, 3 = mittleres Risiko,
4 = geringes Risiko, 5 = kein Risiko

* Anforderungen bzgl. Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen & Betrieb der Blockchain

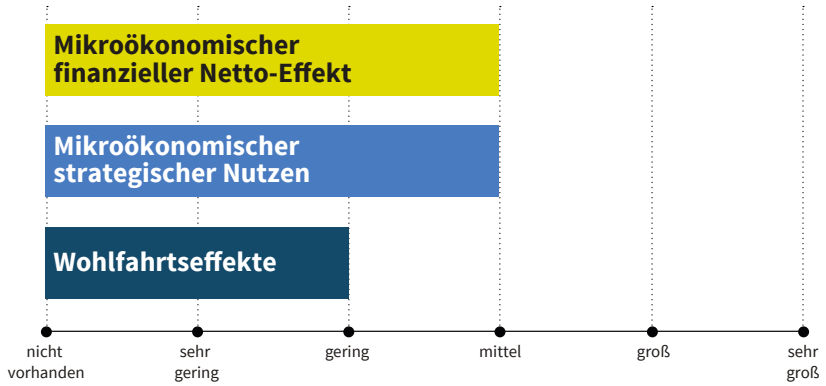
Ökonomischer Nutzen

2,7 ★★½☆☆

1 Stern = sehr gering
5 Sterne = sehr hoch

Blockchain-basierte Mieterstrom-Lösungen sind heute technologisch reif und wirtschaftlich rentabel. Ihre Vorteile gegenüber alternativen Softwarelösungen kommen jedoch insbesondere in Zusammenhang mit dem Reststrombezug zum Tragen: Durch die Nutzung blockchain-basierter Handelsplattformen (siehe Use Case 8) unter Zukauf externer Energiekapazität in Form von Anteilen an einer EEG-Anlage außerhalb der Immobilie (siehe Use Case 11) lässt sich der Reststrombezug flexibel organisieren und abrechnen. Auch Reststrom-Versicherungen als Produkte können auf Basis der einsehbaren, einheitlichen Daten erstellt werden.

Insgesamt verspricht der Einsatz der Blockchain die bislang vor allem auf staatlichen Anreizen beruhende Wirtschaftlichkeit von Mieterstrom-Modellen zu verbessern. Volkswirtschaftlich kann sich auch die effiziente Organisation des Reststrombezugs aus erneuerbaren Energien potenziell positiv auf die Energiemarkteffizienz auswirken. So sind unter Umständen zukünftig geringere Bilanzkreisabweichungen und damit eine sinkende Notwendigkeit der Einspeisung in oder Entnahme aus Übertragungsnetzen zu erwarten. Zudem könnte daraus eine erhöhte lokale Wertschöpfung resultieren.

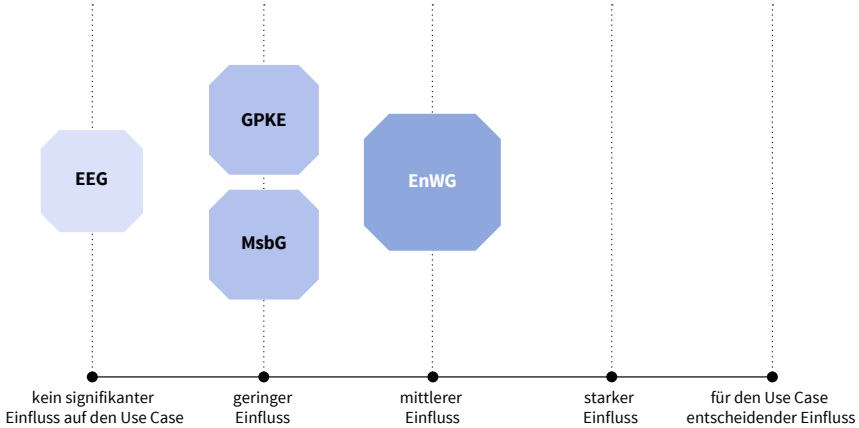


Regulatorischer Einfluss

4,0 ★★★★☆

1 Stern = entscheidend
5 Sterne = nicht signifikant

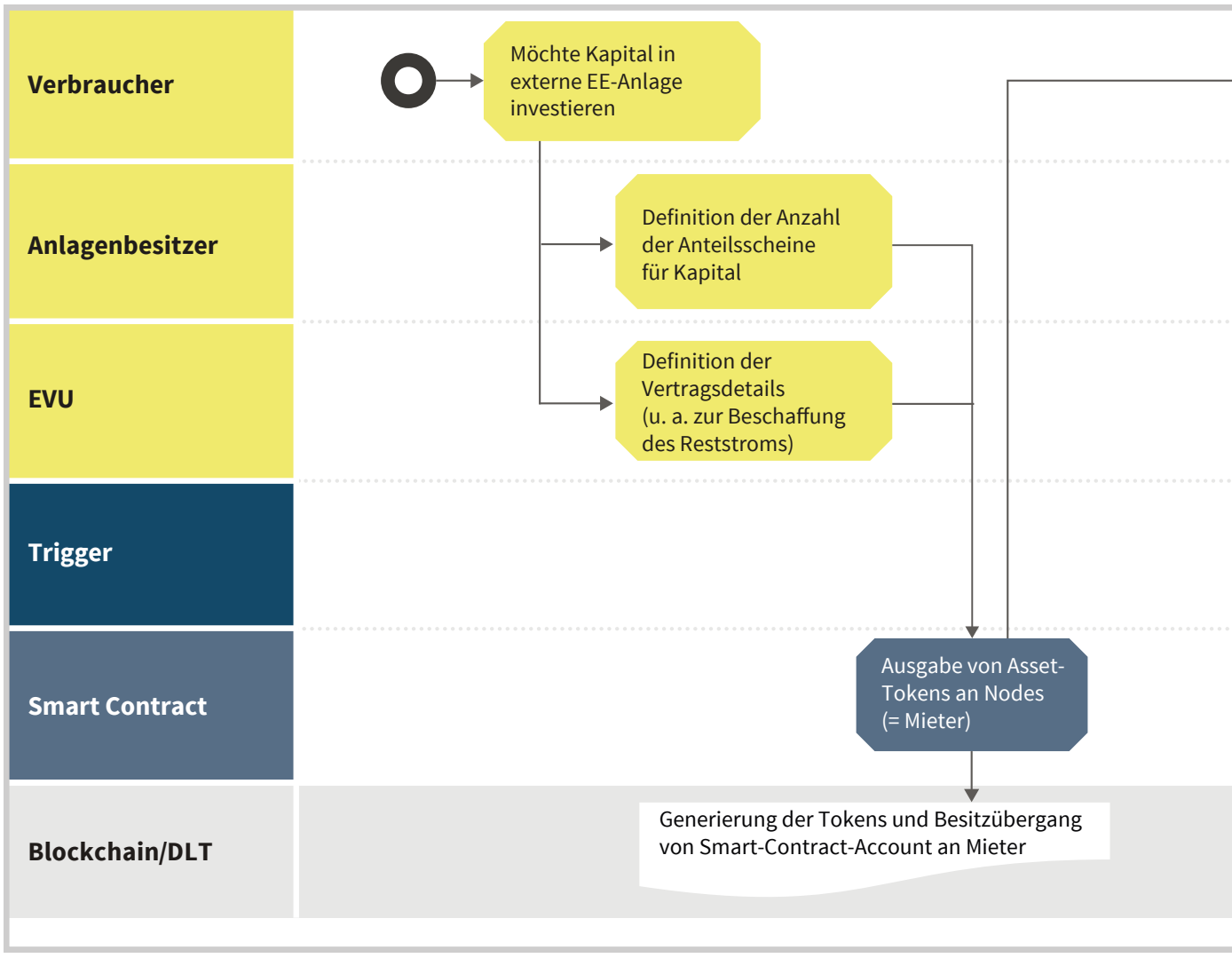
Anders als beim regulären Strombezug aus dem Netz entfallen im Mieterstrommodell einige Kostenbestandteile wie Netzentgelte, netzseitige Umlagen, Stromsteuer und Konzessionsabgaben. Zusätzlich gibt es eine Förderung für jede Kilowattstunde Mieterstrom (Mieterstromzuschlag). Innerhalb der Kundenanlage muss allerdings ein geeignetes Messkonzept existieren, das dem Netzbetreiber eine Zuordnung aller Zähler innerhalb der Kundenanlage zu den belieferten Netznutzern und eine automatisierte Abwicklung der Geschäftsprozesse zur Kundenbelieferung mit Elektrizität (GPKE) ermöglicht (z. B. gem. §§ 22, 26, 60 MsbG). Unabhängig von der eingesetzten Technologie ist die Lieferung von Mieterstrom mit einer Reihe weiterer Rechtspflichten nach dem EnWG (z. B. §§ 5, 40) verbunden. Hieraus resultieren für Energieversorgungsunternehmen bzw. Stromlieferanten wiederum Anforderungen an die Verträge und Rechnungen sowie an das Werbematerial für Letztverbraucher. Trotz dieser bürokratischen Hürden ist der Use Case regulatorisch nicht ausgeschlossen.



Anwendungsgruppe: Finanzierung & Tokenization

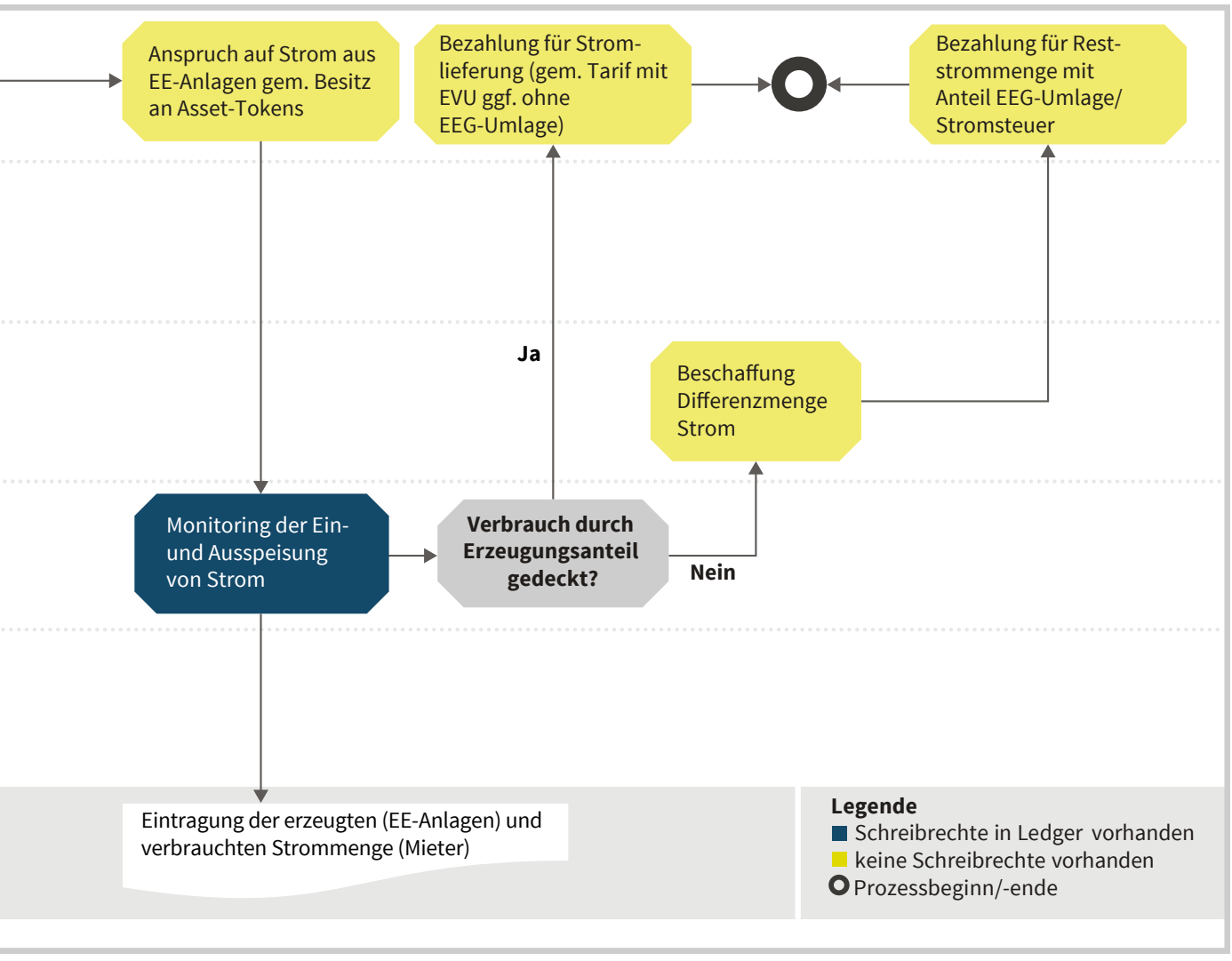
Use Case 11: Shared Investments bei externem Mieterstrom

Prozesskette



Prozessbeschreibung

Eine Erweiterung des Blockchain-Anwendungsfalls „Mieterstrom“ (Use Case 10) ist die (Teil-)Deckung des Reststrombezugs durch Zukauf von externer Energiekapazität. Verbraucher erwerben Anteile an einer EEG-Anlage außerhalb der Immobilie bzw. des Quartiers und erhalten im Gegenzug Asset-Tokens. Diese verbriefen einen entsprechenden Anspruch auf in dieser Anlage erzeugten Strom. Für die Gleichzeitigkeit von Erzeugung und Bezug sind digitale Stromzähler und geeignete Messkonzepte ebenso notwendig wie eine entsprechende Softwarelösung zur Dokumentation und Durchführung. Sind Bezugs- und Erzeugungsmenge identisch, so ist bilanziell zu den betrachteten Zeitpunkten anders als im Falle einer Unterdeckung keine Reststrombeschaffung zu berechnen.



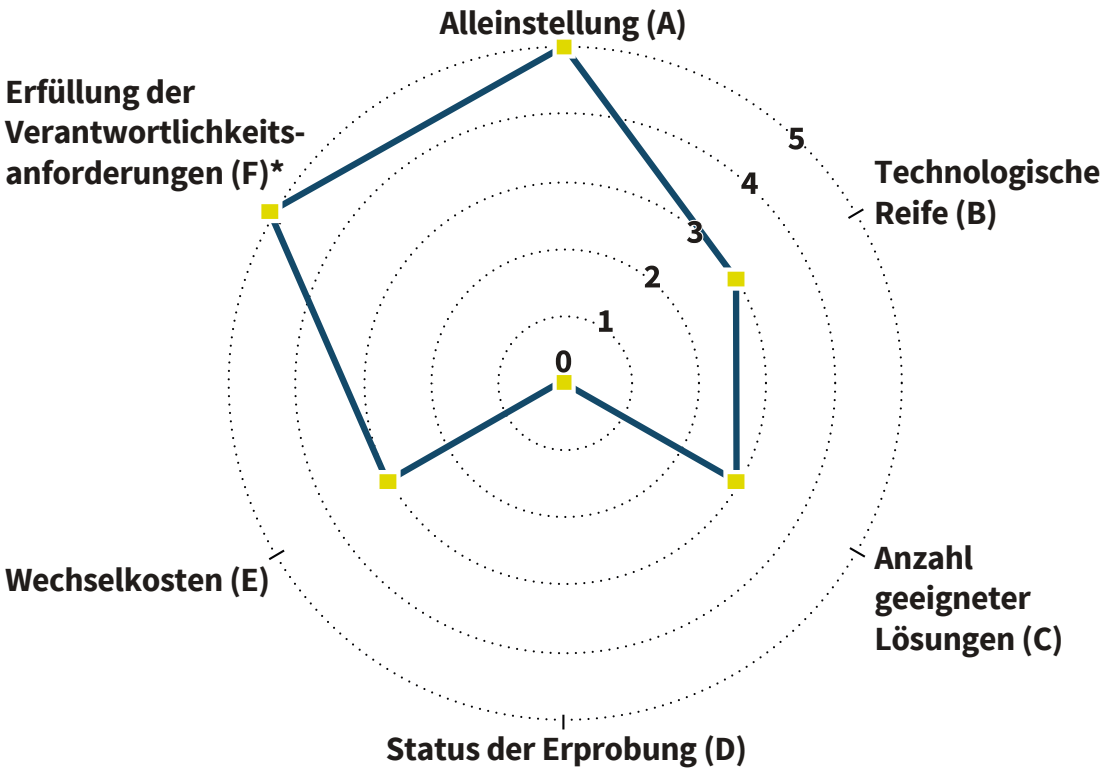
Bewertungsergebnisse

Grad der Erfüllung technischer Anforderungen

3,3 ★★★☆☆

1 Stern = sehr gering
5 Sterne = sehr hoch

Blockchains ermöglichen es technisch, den Aufwand für den kleinteiligen Zukauf von Energiekapazitäten und deren Organisation zu senken. Sie spielen hierbei ihre spezifischen Eigenschaften bezüglich Robustheit, Sicherheit und Transparenz aus. Dabei sind keine spezifischen technischen Voraussetzungen wie beispielsweise eine besonders hohe Transaktionsanzahl pro Sekunde für die Umsetzung des Use Cases erkennbar. Die Auswahl an Blockchain-Technologien wird allerdings etwas eingeschränkt durch die Notwendigkeit, Daten mit Personenbezug DSGVO-konform abzuspeichern. Den Nachweis der langfristigen Massentauglichkeit müssen geeignete Blockchains, wie in anderen Anwendungsfällen auch, noch nachweisen.



A – D, F:
0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering,
2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß,
5 = sehr groß

E:
0 = sehr hohes Risiko, 1 = hohes Risiko,
2 = erhöhtes Risiko, 3 = mittleres Risiko,
4 = geringes Risiko, 5 = kein Risiko

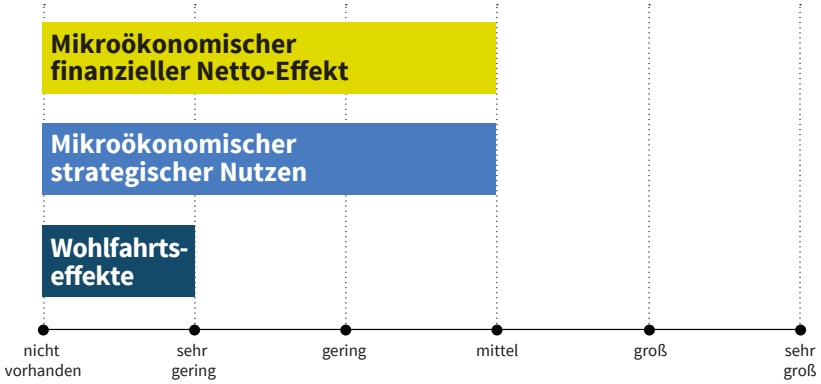
* Anforderungen bzgl. Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen & Betrieb der Blockchain

Ökonomischer Nutzen

2,4 ★★½☆☆

1 Stern = sehr gering
5 Sterne = sehr hoch

Der Anwendungsfall zeigt, wie hohe Anbahnungskosten für die Deckung des Reststrombezugs durch einen Zukauf externer Energiekapazität gesenkt werden können. Mittels der Blockchain-Technologie lassen sich darüber hinaus auch die Abwicklungskosten reduzieren, was vor allem aus dem deutlich verringerten Aufwand zur Bestätigung des Besitzübergangs des aktuellen auf den zukünftigen Anlagenanteilsbesitzer resultiert. Für Anbieter entsprechender Mieterstrommodelle besteht allerdings ein hohes Risiko bezüglich der Realisierung von Mehreinnahmen: Bislang existieren nur sehr wenige dokumentierte Markterprobungen oder Piloten. Volkswirtschaftlich verspricht die Anwendung hingegen eine erhöhte Markteffizienz. Zudem beschränkt sich die erleichterte Beteiligung an Erneuerbare-Energien-Anlagen nicht auf Mieterstrommodelle.

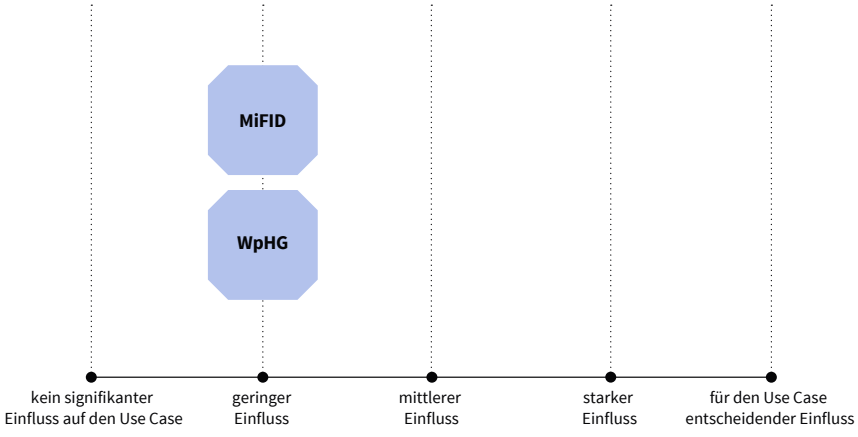


Regulatorischer Einfluss

4,0 ★★★★☆

1 Stern = entscheidend
5 Sterne = nicht signifikant

Untersuchungsgegenstand des hier dargestellten Prozesses ist ein über Tokens abgebildetes Eigentumsrecht mehrerer Eigentümer an verteiltem Eigentum an EE-Anlagen. Abhängig von der Rechtsposition, die diese Tokens vermitteln, kann es sich dabei um Wertpapiere (die auch digital existieren können) handeln, weshalb das WpHG einschlägig sein kann. Ausreichend ist nach Ansicht der BAFIN hierfür, dass Transaktionen anhand der Distributed Ledger- oder Blockchain-Technologie so dokumentiert werden können, dass die in den Tokens verkörperten Rechte eindeutig einer Adresse zugeordnet werden können. Die Definition des Wertpapierbegriffs wurde aus der MiFID-Richtlinie in nationales Recht umgesetzt. Darauf aufbauend müssen u. a. die Kriterien Übertragbarkeit und Handelbarkeit gleichzeitig erfüllt sein. Insgesamt ist die Bewertung des Use Cases sehr komplex und muss im Einzelfall konkret erfolgen, allerdings ist eine Umsetzung unter Beachtung der Vorschriften denkbar.



4

Struktur und Partnerkreis

Projektleitung

Die vorliegende Studie wurde im Mai 2018 von der dena gemeinsam mit 16 Partnern initiiert. Der Partnerkreis deckt ein breites Spektrum an Geschäftszweigen innerhalb der Energiewirtschaft und darüber hinaus ab. Der dena oblag die Projektleitung und damit die Konzeption und Umsetzung des Arbeitsprogramms, die Anbindung der Gutachter sowie die Kommunikation zur Studie.

- Projektleitung: Philipp Richard (Teamleiter Energiesysteme und Digitalisierung)
- Führende Mitarbeit: Lukas Vogel (Senior Experte Internationale Energiewende und Digitalisierung), Sara Mamel (Expertin Digitalisierung), Dr. Sebastian Fasbender (Experte Kommunikation Energiesysteme und Energiedienstleistungen)

Projektstruktur

Bei der Studienerstellung hat die dena renommierte **Gutachter** eingebunden:

- Prof. Dr. Jens Strüker (Direktor des Instituts für Energiewirtschaft, INEWI) leitete die technischen sowie die ökonomischen Analysen.
- Dr. Ludwig Einhellig (Senior Manager und Head of Smart Grid bei Deloitte) konnte für den regulatorischen Teil gewonnen werden.

Innerhalb des Projekts haben die Studienpartner in der **Projektsteuerungsgruppe**, die im Verlauf des Projekts drei Mal tagte, über die grundsätzliche Ausrichtung der Studie beraten und entschieden. Die inhaltliche Erarbeitung erfolgte vorwiegend in den ebenfalls drei Mal stattfindenden Sitzungen des **Arbeitskreises**. Sowohl zu den Sitzungen der Projektsteuerungsgruppe als auch zu denen des Arbeitskreises wurden für den inhaltlichen Austausch mehrfach externe Experten eingeladen.

Unterstützend wurde ein **Advisory-Board** eingesetzt, dessen Mitglieder als Ansprechpartner für den Partnerkreis und die Gutachter zur Verfügung standen und darüber hinaus in die interne Kommentierung der vorläufigen Studienergebnisse eingebunden wurden. Bei der Besetzung wurde darauf geachtet, einerseits durch namhafte Wissenschaftler eine Verbindung zur aktuellen Forschung und andererseits durch Einbindung wichtiger Impulsgeber der Blockchain-Szene zugleich einen starken Anwendungsfokus zu gewährleisten.

Projektphasen

Der Untersuchungszeitraum betrug gut 9 Monate, beginnend im Mai 2018. Das Projekt teilte sich in drei Phasen auf. Zunächst erfolgten die Definition des Untersuchungsrahmens inklusive Status-quo-Analyse, die Definition der Studienmethodik und die Vorselektion von Use Cases (ca. 2 Monate). Die daran anschließende Analysephase umfasste unter anderem die Abstimmung der den Use-Case-Analysen zugrunde liegenden Prozessketten und die Durchführung einer Umfrage zum Entwicklungsstand der Technologie (ca. 3 Monate). In der dritten Projektphase erfolgten die vertiefte Analyse der Use Cases sowie die Zusammenführung der Ergebnisse inklusive der Erarbeitung von Handlungsempfehlungen (ca. 3 Monate). Abschließend erfolgte die Kommunikation der Studienergebnisse (ca. 1 Monat).

Wir danken unseren Studienpartnern:


Unser Dank geht zudem an die **Mitglieder des Advisory-Boards**:

- Für die Wissenschaft:
  - Prof. Dr. Stefan Grösser (Professor für strategisches Management und Organisation an der Berner Fachhochschule) für informationstechnologische Fragen
  - Dr. Robert Kohrs (Head of Group Smart Grit ICT am Fraunhofer ISE) für energietechnische Fragen
  - Prof. Dr. Andranik Tumasjan (Professor für Management und Digitale Transformation an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz) für ökonomische Fragen
  - Prof. Dr. Dr. Walter Blocher (Institut für Wirtschaftsrecht an der Universität Kassel) für juristische Fragen
- Für die Blockchain-Szene:
  - Ed Hesse (Energy Web Foundation) für die Anwendungsgruppe Asset Management
  - Kerstin Rock (LO3 Energy) für die Anwendungsgruppe Datenmanagement
  - Raik Kulinna (SAP SE) für die Anwendungsgruppe Marktkommunikation (Strom)
  - Dr. Michael Merz (Ponton GmbH) für die Anwendungsgruppe Handel (Strom)
  - Dominik Schiener (IOTA Foundation) für die Anwendungsgruppe Finanzierung & Tokenization

Quellenverzeichnis

0xproject (2019). [Online] URL: https://0x.org/ [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

a16zcrypto (2019). [Online] URL: https://a16zcrypto.com/ [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

a16z-Podcast (2017). Trends in Cryptocurrencies. [Online] URL: https://a16z.com/2017/12/23/trends-cryptocurrencies/ [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

a16z-Podcast (2018). Mental Models for Understanding Crypto Tokens. [Online] URL: https://a16z.com/2018/01/21/mental-models-tokens-crypto-trends/ [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

Augur (2019). [Online] URL: https://www.augur.net/ [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

BaFin (2016). Distributed Ledger: Die Technologie hinter den virtuellen Währungen am Beispiel der Blockchain. [Online] URL: https://www.bafin.de/SharedDocs/Veroeffentlichungen/DE/Fachartikel/2016/fa_bj_1602_blockchain.html [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

BDEW (2017). Blockchain in der Energiewirtschaft. [Online] URL: https://www.bdew.de/media/documents/BDEW_Blockchain_Energiewirtschaft_10_2017.pdf [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

BDEW (2018). Blockchain in the Energy Sector. [Online] URL: https://lnkd.in/dxpa3dV [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

Biederbeck, M. (2016). Der DAO-Hack: Ein Blockchain-Krimi aus Sachsen. [Online] URL: https://www.wired.de/collection/business/wie-aus-dem-hack-des-blockchain-fonds-dao-ein-wirtschaftskrimi-wurde [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

BlockchainHub (2017). Blockchain Handbook: A Beginners Guide. [Online] URL: https://s3.eu-west-2.amazonaws.com/blockchainhub.media/Blockchain+Technology+Handbook.pdf [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

Bonpay (2018). What Is the Difference Between Coins and Tokens? [Online] URL: https://medium.com/@bonpay/what-is-the-difference-between-coins-and-tokens-6cedff311c31 [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

Coinmarketcap (2019). [Online] URL: https://coinmarketcap.com [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

Databrocker Dao (2018). Global Market for Global Data – Whitepaper. [Online] URL: https://databrokerdao.com/wp-content/uploads/2018/09/whitepaper_databrokerdao.pdf [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

Der Tagesspiegel (2018). Langsames Internet bedroht Berlins Unternehmer. [Online] URL: https://www.tagesspiegel.de/berlin/breitbandausbau-fuer-die-wirtschaft-langsames-internet-bedroht-berlins-unternehmer/22786780-all.html [zuletzt abgerufen am 04.02.2019].

Deutsche Koordinierungsstelle des IPCC (2018). 1,5 °C globale Erwärmung – Ein IPCC-Sonderbericht über die Folgen einer globalen Erwärmung um 1,5 °C gegenüber vorindustriellem Niveau und die damit verbundenen globalen Treibhausgasemissionspfade im Zusammenhang mit einer Stärkung der weltweiten Reaktion auf die Bedrohung durch den Klimawandel, nachhaltiger Entwicklung und Anstrengungen zur Beseitigung von Armut. Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. [Online] URL: https://www.de-ipcc.de/media/content/SR1.5-SPM_de_181130.pdf [zuletzt abgerufen am 04.02.2019].

Deutscher Bundestag (2018). Antwort der Bundesregierung auf die kleine Anfrage der Abgeordneten Dieter Janecek, Dr. Danyal Bayaz, Dr. Konstantin von Notz, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/ DIE GRÜNEN. Drucksache 19/5278. Blockchain und Distributed-Ledger-Technologien – Potenziale und Anwendungsfelder. [Online] URL: http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/19/058/1905868.pdf [zuletzt abgerufen am 04.02.2019].

Die Bundesregierung (2018). Digitalisierung gestalten – Umsetzungsstrategie der Bundesregierung. [Online] URL: https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975226/1552758/f7a843ad5aa07e9a25af191e8895b23f/pdf-umsetzungsstrategie-digitalisierung-data.pdf?download=1 [zuletzt abgerufen am 04.02.2019].

Die Zeit (2018). Klimarat fordert raschen Umbau der Weltwirtschaft. [Online] URL: https://www.zeit.de/wissen/umwelt/2018-10/weltklimarat-ipcc-duerre-sonderbericht-erderwaermung [zuletzt abgerufen am 04.02.2019].

Dixon, C. (2018). Why Decentralization Matters. [Online] URL: https://medium.com/s/story/why-decentralization-matters-5e3f79f7638e [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

Euler, T. (2018). The Token Classification Framework: A multi-dimensional tool for understanding and classifying crypto tokens. [Online] URL: http://www.untitled-inc.com/the-token-classification-framework-a-multi-dimensional-tool-for-understanding-and-classifying-crypto-tokens/ [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

Evans, B. (2018). Presentation: The End of the Beginning. [Online] URL: https://www.ben-evans.com/benedictevans/2018/11/16/the-end-of-the-beginning [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

EWF (2018). The Energy Web Chain – Accelerating the energy transition with an open-source, decentralized blockchain platform. [Online] URL: https://energyweb.org/papers/the-energy-web-chain/ [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

Falkon, S. (2017). The Story of the DAO – Its History and Consequences. [Online] URL: https://medium.com/swlh/the-story-of-the-dao-its-history-and-consequences-71e6a8a551ee [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

FfE (2018). Die Blockchain Technologie: Chancen zur Transformation der Energiewirtschaft. Berichtsteil Anwendungsfälle. [Online] URL: https://www.ffe.de/attachments/article/846/Blockchain_Teilbericht_UseCases.pdf [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

Filecoin (2019). [Online] URL: https://filecoin.io/ [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

GitHub (2019a). Whitepapers: Smart Contract Protocols. [Online] URL: https://gist.github.com/blockchainvc/49f9fc3e70c92de21754a01f21d30cd8 [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

GitHub (2019b). ERC: Non-fungible Token Standard. [Online] URL: https://github.com/ethereum/eips/issues/721 [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

GitHub (2019c). ERC-1068 Loan Standard. [Online] URL: https://github.com/ethereum/EIPs/issues/1068 [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

GitHub (2019d). An Interface and Reference Implementation of the ERC-884 DGCL Token. [Online] URL: https://github.com/davesag/ERC884-reference-implementation [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

Huberman, G.; Leshno, J.; Moallemi, C. (2017). Monopoly without a monopolist: An economic analysis of the bitcoin payment system. [Online] URL: https://moallemi.com/ciamac/papers/bitcoin-2017.pdf [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

IPCC (2018). Global Warming of 1.5°C – An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Headline Statements from the Summary for Policymakers. [Online] URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/07/sr15_headline_statements.pdf [zuletzt abgerufen am 04.02.2019].

IPFS (2019). [Online] URL: https://ipfs.io [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

Lubin, J. (2018). Joe Lubin Explains Why the Ethereum Ecosystem Is Stronger Than Ever in 20 Tweets. [Online] URL: https://media.consensys.net/joe-lubin-explains-why-the-ethereum-ecosystem-is-stronger-than-ever-in-20-tweets-7a09555760fd [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

Mercatus Center (2018). Vitalik Buterin on Cryptoeconomics and Markets in Everything. Conversations with Tyler (Ep. 45). [Online] URL: https://medium.com/conversations-with-tyler/vitalik-buterin-tyler-cowen-cryptocurrency-blockchain-tech-3a2b20c12c97 [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

Merz, M. (2019). Blockchain im B2B-Einsatz – Technologien, Anwendungen und Projekte. MM Publishing, Hamburg.

Nakamoto, S. (2009). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. [Online] URL: https://bitcoin.org/bitcoin.pdf [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

Oceanprotocol (2019). [Online] URL: https://oceanprotocol.com/ [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

Poon, J.; Buterin, V. (2017). Plasma: Scalable Autonomous Smart Contracts. [Online] URL: http://plasma.io/plasma.pdf [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

Sønstebø, D. (2017). IOTA Data Marketplace. [Online] URL: https://blog.iota.org/iota-data-marketplace-cb6be463ac7f [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

Stern, N. (2007). The Economics of Climate Change: The Stern Review. Cambridge University Press, Cambridge.

Szabo, N. (1996). Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets. [Online] URL: http://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart_contracts_2.html [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

United States Securities and Exchange Commission (2016). Alphabet Inc., Form 10-K, For the Fiscal Year Ended December 31, 2016. [Online] URL: https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1652044/000165204417000008/goog10-kq42016.htm#s58C60B74D56A630AD6EA2B64F53BD90C [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

Webb, R. (2017). Which Half Is Wasted? Google's $350 Billion Haircut. [Online] URL: https://medium.com/s/which-half-is-wasted/googles-350-billion-haircut-fa1a0f33ace1 [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

Wiki Bitcoin (2017). Multisignature. [Online] URL: https://wiki.bitcoin.com/w/Multisignature [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

Wikipedia (2019). ERC-20. [Online] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/ERC-20 [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

World Bank Group (2017). Distributed Ledger Technology and Blockchain. [Online] URL: http://documents.worldbank.org/curated/en/177911513714062215/pdf/122140-WP-PUBLIC-Distributed-Ledger-Technology-and-Blockchain-Fintech-Notes.pdf [zuletzt abgerufen am 05.02.2019].

Teil B:

1 Technisches und ökonomisches Gutachten (INEWI)

2 Regulatorisches Gutachten (Deloitte)

HOCHSCHULE FRESENIUS
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

INEWI Institut für Energiewirtschaft

Teil B.1
Technisches und ökonomisches Gutachten zur dena-Multi-Stakeholder-Studie „Blockchain in der integrierten Energiewende“

Autoren des Gutachtens

Prof. Dr. Jens Strüker

Simon Albrecht

Jan Schmid

Manuel Utz

Impressum

Hochschule Fresenius · Fachbereich Wirtschaft & Medien

Institut für Energiewirtschaft (INEWI)

Bessie-Coleman-Straße 7

60549 Frankfurt

www.inewi.com

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung

1.1 Zielsetzung als wissenschaftlicher Gutachter

Die Deutsche Energie-Agentur (dena) hat das Institut für Energiewirtschaft (INEWI) als wissenschaftlichen Gutachter der dena-Multi-Stakeholder-Studie „Blockchain in der integrierten Energiewende" beauftragt. Das vorliegende wissenschaftliche Gutachten ist das Ergebnis dieser Tätigkeit. Aufgabe des wissenschaftlichen Gutachters war es, die durch die dena anvisierte Studienmethodik umzusetzen und gemeinsam mit den Experten der Partnerunternehmen, der dena und der Wissenschaft energiewirtschaftlich relevante Anwendungen zu identifizieren sowie für diese Prozessketten zu definieren und zu analysieren. Das Hauptziel des INEWI bestand darin, die elf ausgewählten energiewirtschaftlichen Blockchain-Anwendungen auf ihre technologische und ökonomische Reife zu untersuchen. Das Kapitel 2 in Teil A „Die Blockchain-Technologie: Status Quo und Entwicklungsperspektive" wurde ebenfalls vom Gutachter verfasst. Die regulatorische Prüfung der Prozessketten wurde von Deloitte durchgeführt.

1.2 Blockchain in der Energiewirtschaft

Das Jahr 2017 markierte ein Allzeithoch sämtlicher Kryptowährungen und war geprägt von Milliardeninvestitionen in sogenannte Initial Coin Offerings (ICOs). Das Jahr 2018 hingegen brachte fundamentale Kursverluste und eine entsprechende Verringerung der Marktkapitalisierung von Kryptowährungen.[1] In deutlichem Kontrast zu diesen Entwicklungen des Finanzmarkts stehen die weiterhin zunehmenden Aktivitäten rund um die Blockchain-Technologie.

Ein aussagekräftiger Gradmesser hierfür sind zum einen die über öffentliche Kryptonetzwerke ausgeführten Transaktionen, welche 2018 weiter stark gestiegen sind.[2] Des Weiteren haben sich die Stellenausschreibungen für Blockchain-Experten auf Internetplattformen wie LinkedIn vervielfacht. So ist „Blockchain developer" bereits das am schnellsten wachsende Stellengesuch in den USA.[3] In der Wissenschaft haben die Veröffentlichungen zu diesem Thema von 2017 auf 2018 stark zugenommen.[4] Auch wird die Blockchain-Technologie für die etablierte IT-Industrie immer interessanter. Unternehmen wie Amazon und SAP bieten Angebote zum Erstellen von Blockchain-Anwendungen bereits als Blockchain-as-a-Service-Dienst an. Ziel ist hierbei insbesondere die Integration eines Unternehmens in die Business-IT-Welt zu unterstützen.[5] Die Blockchain-Technologie hat sich – vorsichtig ausgedrückt – im Jahr 2018 weiter etabliert. Dies spiegelt sich unmittelbar in den Blockchain-Aktivitäten der globalen Energiewirtschaft wider: Weltweit ist die Anzahl der Projekte und Erprobungen 2018 weiter angestiegen.[6] Blockchain, DLT und Kryptonetzwerke[7] entwickeln sich daher langsam, aber stetig zu Bausteinen einer Echtzeit-Energiewirtschaft.

Die Energieindustrie befand sich lange Zeit in einem historisch gewachsenen und bislang akzeptierten Zielkonflikt zwischen einem vertikal integrierten und einem horizontalen Energiesystem. Erstere Marktordnung sichert die Koordination, also die Abstimmung der Marktakteure innerhalb des Systems, und somit die Versorgungssicherheit auf Kosten von eingeschränktem Wettbewerb. Bei einem horizontalen Energiesystem dagegen sichern zahlreiche (Markt-)Rollen den Wettbewerb und die Innovation, allerdings zulasten einer einheitlichen Koordination. Eines der Versprechen der Blockchain-Technologie ist es, diesen Zielkonflikt aufzulösen. Das heißt die Koordination von Myriaden von Akteuren bei intensivem Wettbewerb und Fragmentierung von Geschäftsmodellen wird erstmals möglich. Derweil nimmt die Notwendigkeit einer solchen immer weiter zu.

[1] Patterson (2018)
[2] Vgl. die Zahlen zu Ethereum unter ConsenSys (2018)
[3] LinkedIn (2018)
[4] Auf Google Scholar lässt sich eine Zunahme sämtlicher Begriffe mit Verbindung zu Blockchain-Technologien nachvollziehen. So nahmen Publikationen, welche den Begriff Blockchain allgemein beziehungsweise im Titel enthalten, um etwa 150% beziehungsweise 200% zu, ähnliche Werte gelten für Hyperledger. Publikationen mit den Begriffen Bitcoin, Ethereum und Byzantine Fault Tolerance nahmen um etwa 50% zu.
[5] BDEW (2018), S. 56 ff.
[6] Wood Mackenzie (2018)
[7] Eine Abgrenzung der Begriffe findet sich in Teil A, Kapitel 2 „Die Blockchain-Technologie: Status Quo und Entwicklungsperspektive"

Seit 2008 beträgt das weltweite durchschnittliche Wachstum der installierten erneuerbaren Erzeugungskapazitäten 8–9% pro Jahr. 2017 wurden insgesamt 167 GW hinzugefügt, 94 GW hiervon stammen von Photovoltaikanlagen und 47 GW von Windanlagen.[8] Erneuerbare Energien sind somit für ungefähr 25% der Stromerzeugung auf der ganzen Welt verantwortlich.[9] Allein in Deutschland tragen dazu über 1,7 Mio. EEG-Anlagen bei.[10] Der Grund für die Dezentralisierung ist bislang vor allem die voranschreitende Kostendegression[11] und zukünftig die Elektrifizierung des Wärme- und Transportbereichs. Die Zahl der Erzeugungs- und Speichereinheiten wird weiter steigen. Hiermit geht die Herausforderung einher, den Beitrag möglichst aller Einheiten zu organisieren sowie eine vollständige Verteilung der dezentralen Stromerzeugung zu gewährleisten und hierbei Effizienz, Flexibilität und Resilienz zu garantieren. Denn ohne die organisierte Integration der verteilten Anlagen und Geräte drohen erhebliche ökonomische Ineffizienzen.

Für eine dezentrale Netzarchitektur und Marktordnung kann die Blockchain-Technologie nun das entscheidende Element sein, denn ein Stromnetz ist immer auch ein Netzwerk von Akteuren und damit Wirtschaftssubjekten. Mithilfe der Blockchain werden Netzwerkeffekte umfassender als bisher angereizt, und je mehr Teilnehmer – Erzeuger und Verbraucher – partizipieren, desto größer wird der Wert dieses Netzwerkes. Um eine hohe Teilnehmerzahl zu erreichen, sind niedrige Transaktionskosten notwendig. Das heißt, geringe Kommunikationskosten für das Teilen von Datensätzen und einfache, zuverlässige und nachvollziehbare Systeme zur Verifikation dieser Informationen, zur Kontrolle der Nutzung und Identität sowie für das Management von Rechtsangelegenheiten werden benötigt.

Eine Echtzeit-Energiewirtschaft verlangt nach einer Weiterentwicklung heutiger Marktordnungen. Eine der wesentlichen Neuheiten stellt das Inkrafttreten der „Renewable Energy Directive“ der Europäischen Kommission dar. Hiernach haben Haushalte das Recht Strom, zum Beispiel mit Solarzellen, selbst zu erzeugen, zu nutzen und Überschüsse zum aktuellen Marktpreis zu verkaufen.[12] Dies ist der erste Schritt auf dem Weg zu einer grundlegenden Reform der Energiemarktordnung in Europa. Unternehmen in der Energiewirtschaft, welche die Blockchain-Technologie für die Realisierung neuer Geschäftsprozesse erproben möchten, stellt sich die Frage, wie reif die unterschiedlichen Blockchain-Technologien in technischer Hinsicht sind. Darüber hinaus ist es entscheidend, inwieweit sich energiewirtschaftliche Prozesse und Anwendungen heute schon mithilfe dieser Technologie realisieren lassen und welche Kosten und welcher Nutzen damit einhergehen. Bezüglich der regulatorischen Prüfung sei auf das Gutachten von Deloitte in Teil B.2 verwiesen.

1.3 Aufbau des technisch-ökonomischen Gutachtens

Das Ziel des Gutachtens ist es, die technologische und ökonomische Reife von elf ausgewählten energiewirtschaftlichen Blockchain-Anwendungen (Prozessketten) zu untersuchen. Ein zu erwartender erster Schritt ist es daher, die Voraussetzungen herauszuarbeiten, unter denen die Nutzung der Blockchain-Technologie oder Distributed-Ledger-Technologie (DLT)[13] technisch und wirtschaftlich überhaupt sinnvoll ist, das heißt allgemeingültige Bedingungen zu identifizieren.

Mittlerweile existieren weit mehr als 30 vorgeschlagene Vorgehensmodelle, die über Abfragen durch variierende Entscheidungsbäume führen und so die Eignung der Blockchain-Technologie für eine bestimmte Anwendung identifizieren sollen.[14] Von einigen wenigen konfligierenden Schlussfolgerungen abgesehen, weisen die Entscheidungsschemata große Übereinstimmungen auf. Das Kapitel 2 „Die Blockchain-Technologie: Status Quo und Entwicklungsperspektive“ in Teil A der Studie legt dar, dass sich die unterschiedlichen Kryptonetzwerke hinsichtlich der angebotenen digitalen Dienste deutlich unterscheiden. Auch die zugrundeliegende Technologie weist fundamentale Unterschiede auf. Es ist daher verwunderlich, dass die erwähnten Vorgehensmodelle diese Vielfalt nur marginal berücksichtigen und Blockchain-Technologien überwiegend einheitlich behandeln. Unterschiedliche energiewirtschaftliche Anwendungsfälle haben abweichende Anforderungen etwa bezüglich der Transaktionsgeschwindigkeit

[8] IRENA (2018)
[9] IRENA (2018)
[10] Bundesnetzagentur (2018)
[11] BNEF (2018)
[12] Simon (2018a)
[13] Für eine Abgrenzung vgl. Kapitel 2 in Teil A der Studie.
[14] Vgl. zum Beispiel Werner, Mandel, Theilig & Zarnekow (2018), Meunier (2018), Wüst & Gervais (2017), Mulligan, Zhu Scott, Warren & Rangaswami (2018)

oder der Governancestruktur. Die Kenntnis der Eigenschaften verschiedener Kryptonetzwerke ist daher für die Implementierung einer Anwendung unerlässlich. Ohne die Heterogenität der Technologie zu berücksichtigen, erscheinen substantielle Handlungsempfehlungen bezüglich der Entscheidung, Blockchain einzusetzen, wenig zielführend.

Es liegen bislang aus den diversen Anwendungsdomänen wie Logistik, Finanzwirtschaft, Energie und Gesundheit ausgesprochen wenige empirische Untersuchungen, im Sinne einer Kosten-Nutzen-Bewertung von Blockchain-Anwendungen, vor. Ohne eine gesicherte empirische Basis, das heißt ohne Test und Weiterentwicklung der Vorgehensmodelle, sind diese wissenschaftlich weder besonders überzeugend noch in der Praxis für Entscheider und potentielle Anwender hilfreich.[15] Es ist daher festzuhalten, dass die Reife der Blockchain-Vorgehensmodelle noch sehr gering ist.

Für die Untersuchung der elf energiewirtschaftlichen Blockchain-Anwendungen in diesem Gutachten bleiben Vorgehensmodelle aus den genannten Gründen daher unberücksichtigt. Um die technische Umsetzbarkeit und das Nutzenversprechen der elf ausgewählten energiewirtschaftlichen Anwendungsfälle zu prüfen, werden stattdessen die Funktionen und die Leistungsfähigkeit von 13 Kryptonetzwerken anhand von 15 Kriterien analysiert. Nach einer zusammenfassenden Einschätzung zur technologischen Reife von heutigen Kryptonetzwerken inklusive einer Erörterung zu den noch ausstehenden und zu erwartenden technischen Weiterentwicklungen in Kapitel 2.1.1 werden die Kriterien und die Ergebnisse in Kapitel 2.1.2 und 2.1.3 erörtert. Basierend auf der technologischen Bestandsanalyse werden sodann in Kapitel 2.2 die konkreten Bewertungskriterien für die technische Analyse der elf Prozessketten definiert. Abschließend erfolgt in Kapitel 2.3 die technische Bewertung der Anwendungsfälle, indem die Anforderungen an die Prozessketten den heutigen Technologieoptionen gegenübergestellt werden.

[15] Eine der wenigen Ausnahmen ist das Vorgehensmodell von Merz (2019) auf S. 239. Dieses basiert unmittelbar auf Projekterfahrungen.

2 Technisches Gutachten

2.1 Technologische Reife von Kryptonetzwerken

Üblicherweise wird eine Informationstechnologie als reif bezeichnet, wenn sie die Anforderungen an kommerziell produktive Anwendungen erfüllen kann. Vor ungefähr zehn Jahren wurde grundsätzlich über das technische Nutzenversprechen von Cloud Computing gestritten.[16] Heute bieten weltweit zahlreiche Anbieter diverse cloudbasierte Dienste an. Bezüglich Verfügbarkeit, Geschwindigkeit, Sicherheit, Skalierbarkeit und Kosten können auch höchste Anforderungen von Unternehmen erfüllt werden. Die Blockchain- und Distributed-Ledger-Technologie hat diesen Reifegrad bisher nicht erreicht.

2.1.1 Allgemeine Einschätzung zur technologischen Reife

Derzeit ist die Blockchain-Technologie in etwa mit dem Stand der Internetprotokolle in den frühen achtziger Jahren vergleichbar. Die Nutzung beschränkte sich damals fast ausschließlich auf Forschung und Entwicklung sowie Militäranwendungen.[17] Die Kommerzialisierung und Finanzierung von Blockchains in den Jahren 2017 und 2018 hat hingegen bereits die Qualität von Kommerzialisierung und Finanzierung des Internets in den späten Neunzigern erreicht.[18] Es klafft folglich noch eine erhebliche Lücke zwischen den Ambitionen, ausgedrückt beispielsweise in Businessplänen und Whitepapers, von Unternehmen, Entwicklern und Start-ups und dem verfügbaren und verlässlich anwendbaren Instrumentenkasten, um die Pläne umzusetzen. Hierbei ist die Benutzerfreundlichkeit hervorzuheben. Heutige Kryptonetzwerke erlauben Nutzern noch keinen leichten und unbeschwerten Einstieg frei von Expertenwissen. Die Eröffnung eines Wallet oder das Aufsetzen eines Smart Contract bleibt für Ungeübte sehr herausfordernd. Demnach sind alle gängigen Blockchain-Technologien, von Ethereum bis Hyperledger Fabric, noch deutlich weiterzuentwickeln, bevor diese tatsächlich für die Massennutzung geeignet sind. Überträgt man das Stadium der Blockchain-Technologie auf die Entwicklungsgeschichte des Internet, dann wäre ein Entwicklungssprung vergleichbar mit der Einführung des Webbrowsers und einer vereinfachten Form der Texteingabe mittels Domain Name System (DNS)[19] für eine deutliche Erhöhung der Benutzerfreundlichkeit und der Öffnung für Normalverbraucher erforderlich. Aber auch für Softwareentwickler existieren weiterhin eine Reihe von Hürden. Einheitliche Entwicklungsplattformen und leicht zugängliche Blockchain-Baukästen werden benötigt, um Kundenaufträge rasch zu planen und umzusetzen. Erste Software-as-a-Service-Angebote von Anbietern wie Amazon[20], SAP[21] und anderen sind erste Schritte in diese Richtung.

Ein weiterer Entwicklungssprung für das Internet, wie wir es heute kennen, war das Zusammenwachsen des öffentlichen, akademischen Internets mit den sogenannten Intranets, das heißt den geschlossenen Unternehmensrechnernetzen auf Basis von TCP-IP, seit Mitte der neunziger Jahre. Internettechnologie ermöglichte Netzwerken zum ersten Mal, untereinander über standardisierte Schnittstellen günstig und einfach zu kommunizieren. Auch wenn der Vergleich zwischen Internet und Blockchain nicht überstrapaziert werden sollte, die beschriebene Interoperabilität steht für die Blockchain-Technologien weiterhin aus. Vielfältige und vielversprechende Ansätze sind jedoch auch hier bereits erkennbar. Konzepte wie die von Cosmos und Polkadot (sogenannte Layer-2-Ansätze) streben eine universale, sogenannte Multichain an, das bedeutet eine Übersetzungsarchitektur für die unterschiedlichen öffentlichen Blockchains sowie die diversen privaten Sidechains. Dies ermöglicht beispielsweise für eine Transaktion Ether zu versenden und Bitcoin zurückzuerhalten. Bislang ist dies aufgrund der unterschiedlichen Systemarchitekturen nicht möglich. Die Steigerung der Möglichkeiten zum Austauschen von Transaktionen und Nachrichten ist deshalb so erstrebenswert, weil eine Vernetzung von bestehenden Blockchains mit entsprechend größeren Netzwerkeffekten einherzugehen verspricht. Insgesamt würden sich Skalierbarkeit, Geschwindigkeit und Erweiterbarkeit aller Blockchain-Technologien deutlich vergrößern.[22] Es

[16] Armbrust et al. (2009)
[17] Vgl. zur Historie des Internets Müller (2009)
[18] Vgl. Clavenna (2018)
[19] Das DNS hat die Aufgabe Namen von Internetseiten (Domains) aufzulösen, das heißt Text in eine IP-Adresse zu übertragen
[20] Vgl. AWS (2018)
[21] BDEW (2018), S. 56 ff.
[22] Vgl. Kajpust (2018)

geht hierbei keineswegs um eine technologisch zwingende, vorgezeichnete Entwicklung hin zu einer Blockchain. Hier endet der Vergleich mit dem Internet. Es geht aber um die Nutzung von Anwendungen, die auf diversen interagierenden Kryptonetzwerken aufbauen, ohne dass jeweils ein entsprechender zusätzlicher Abstimmungsaufwand für Nutzer mit diversen Kryptonetzwerken entstehen würde.

Bemerkenswert im Zusammenhang mit der Entwicklung im Bereich der Interoperabilität von Blockchains ist auch die Standardisierung. Zu Beginn der Internetära erfolgte die Standardisierung einiger weniger Internetprotokolle durch *Standardisierungsgremien* in ARPA, Universitäten und Forschungszentren rund um die Welt.[23] Anschließend entstanden auf Basis der standardisierten Protokolle immer mehr Anwendungen. Im Prozess der Entwicklung von Blockchain-Technologien erfolgt die Blockchain-Standardisierung in veränderter Reihenfolge: Wir erleben seit Jahren das Aufkommen von immer mehr Protokollen und einer langsam steigenden Zahl von Anwendungen. Die Standardisierung durch internationale Gremien[24] oder im Zuge von Kooperationen[25] folgt allerdings zeitlich nach.[26]

Technischer Entwicklungsbedarf besteht ebenfalls hinsichtlich des sogenannten *Orakels*. Dieses bezeichnet den Übergang zwischen der Blockchain-Welt (on-chain) und der Nicht-Blockchain-Welt, wobei diese sowohl traditionelle Informationssysteme als auch die physische Welt umfasst. Orakel erlauben, off-chain Daten wie einen Temperaturwert oder eine Liefernummer in beispielsweise einen Smart Contract zu übertragen und dadurch mit der Vertragslogik zu interagieren. Sie ermöglichen also das Zusammenspiel von Smart Contracts und Daten aus anderen Systemen und bilden somit eine Art Verbindungsschicht. Um die hohen Sicherheitseigenschaften von Blockchains aufrechtzuerhalten, müssen Orakel eine sichere und zuverlässige Kommunikation zwischen diversen Systemen gewährleisten.[27] Die meisten aktuellen Orakel-Dienste-Anbieter weisen einige grundsätzliche Angriffspunkte auf, sodass neue Ansätze erprobt werden.[28]

Eine weitere Herausforderung ist die erhebliche Volatilität der Blockchain-Währungen. Öffentliche Smart-Contract-Plattformen wie Ethereum nutzen ihre native Kryptowährung für die Ausführung von Smart Contracts. Die großen Wertschwankungen gegenüber traditionellen Währungen wie Euro und Dollar machen Kryptowährungen für Unternehmensanwendungen trotz ihrer meist geringen Transaktionskosten unattraktiv, da die Unsicherheit über die tatsächliche Höhe der Kosten künftiger Transaktionen mit hohen Absicherungskosten, dem Hedging, einhergehen. Sogenannte *Stablecoins* versuchen diese Währungsschwankungen abzusichern. Hierbei können drei Ansätze unterschieden werden: Einzelne Kryptowährungen werden entweder eins zu eins an gesetzliche Währungsreserven wie Euro oder Dollar gebunden. Weiter ist es auch möglich, den Kurs an einer Gruppe von Kryptowährungen auszurichten. Der dritte Ansatz besteht darin, dass die Kryptowährung selbst die Geldmenge in Form einer algorithmischen Zentralbank steuert.[29]

Mit wachsender Transaktionshistorie einer Blockchain steigen die Speicher- und CPU-Anforderungen der teilnehmenden Rechner, der sogenannten Fullnodes.[30] Um Blockchains auch für weniger mächtige Geräte wie Mobiltelefone oder IoT-Anwendungen zu öffnen, werden *Light Clients* genutzt. Es handelt sich hierbei um Programme, die sich mit Fullnodes verbinden und mit diesen interagieren können. Light Clients, auch Lightnodes genannt, interagieren mit der Blockchain über die Fullnodes lediglich indirekt.[31] Deshalb leisten Lightnodes keinen Dienst für das Netzwerk, beispielsweise durch Teilnahme am Validierungsprozess, und nehmen somit Ressourcen von Fullnodes in Anspruch, ohne hierfür eine Gegenleistung zu erbringen.

Insgesamt steht die Blockchain-Welt noch vor einer Vielzahl an Herausforderungen, bevor der Schritt hin zu einer Massenanwendung erfolgen kann.[32] Jedoch handelt es sich in all den Fällen um ein softwareseitiges Defizit. In keinem der Fälle ist die Hardware-Infrastruktur der entscheidende limitierende Faktor. Dies ist von großem Vorteil, hierdurch bestehen die zu lösenden Herausforderungen aus einem rein intellektuellen Problem. Dies ermöglicht mutmaßlich eine relativ schnelle Umsetzung bei

[23] Vgl. Müller (2009)
[24] vgl. ISO (2019)
[25] Stanley (2018)
[26] Tan (2018)
[27] The Crypto Oracle (2018)
[28] Vgl. beispielsweise Chainlink, https://chain.link/
[29] Vgl. Übersicht unter Zheng (2018), Steis (2018)
[30] Stand Januar 2019 ist die Bitcoin-Blockchain über 200 GB groß
[31] Sardan (2018)
[32] Vgl. die ausgezeichnete Übersicht in Merz (2019)

entsprechendem Ressourceneinsatz. So benötigte das Internet bis zur heutigen produktiven Größe zwingend massive Investitionen in (Hardware-)Infrastruktur, beispielsweise in Form von Glasfaserkabeln. Diese musste finanziert sowie aufgebaut werden und der Prozess dauerte daher mehr als 20 Jahre.

2.1.2 Technische Eigenschaften von Kryptonetzwerken

Blockchain-Technologien beziehungsweise Distributed-Ledger-Technologien unterscheiden sich erheblich.[33] In Teil A, Kapitel 2 wurden bereits die unterschiedlichen Typen Wertespeicher, Smart-Contract-Plattform und Marktplatz für den dezentralen Werte- und Diensteaustausch unterschieden. Im Folgenden werden zunächst 15 Kriterien erläutert, anhand derer ausgewählte Kryptonetzwerke mit ihren spezifischen technologischen Eigenschaften vom Gutachter analysiert und verglichen werden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 aufgeführt und bilden anschließend die Grundlage für die technische und ökonomische Bewertung der elf energiewirtschaftlichen Anwendungsfälle in den Kapiteln 2.3 sowie 3.2.

Open Source

Open-Source-Software-Lizenzen regeln, wie der Quelltext von Software veröffentlicht und von Dritten eingesehen, geändert und genutzt werden kann. Open-Source-Software kann zumeist kostenlos genutzt werden[34] und stellt heute den De-facto-Standard für die Softwareentwicklung dar.[35] Milliarden von Android-Smartphones verwenden das Open-Source-Betriebssystem Linux. Große Teile der Software, die Apple auf seinen Geräten einsetzt, sind ebenso Open Source wie die in modernen Datencentern verwendete Software.[36] Zentrales Element ist, Entwicklungskosten durch Zusammenarbeit zu teilen sowie die Entwicklungsgeschwindigkeit und somit Reife von Software zu beschleunigen.[37] Blockchains, deren Quellcode über Open-Source-Software-Lizenzen die eigene Weiterentwicklung aktiv anreizen, versprechen deshalb größere Netzwerkeffekte als proprietäre Blockchains. Je mehr Entwickler die Blockchain-Software nutzen (Kernentwickler und Anwendungsentwickler), desto attraktiver wird das Kryptonetzwerk für Nutzer. Dies reizt wiederum mehr Entwickler an, Anwendungen für diese Blockchain zu programmieren. Das Software-Ökosystem vergrößert sich und fördert die Reife des Blockchain-Quellcodes.

Bezüglich Kommerzialisierung und Monetarisierung von Open-Source-Blockchains sind insbesondere zwei Typen von Open-Source-Software-Lizenzen zu unterscheiden: GPL 3[38] und Apache 2.0[39]. Hyperledger Fabric und Tendermint unterliegen beispielsweise der Apache-Lizenz, während für Bitcoin oder Ethereum die GPL-3-Lizenz gilt. Die Apache-Lizenz unterscheidet sich von der GPL-3-Lizenz grundsätzlich durch die ausdrückliche Gewährung von Unterlizenzen. Das heißt, dass unter die Apache-Lizenz gestellte Blockchain-Software sich leichter in proprietäre Software integrieren lässt und Weiterentwicklungen proprietär vertrieben werden können. Eine Apache-Lizenz gibt einem Unternehmen die Möglichkeit, weiterentwickelte Software zu verkaufen und Teile davon vertraulich zu belassen. Mit einer GPL-3-Lizenz kann ein weiterentwickelter Code ebenfalls verkauft werden, aber Dritte können nicht daran gehindert werden, diesen neuen Teil später wieder frei herauszugeben. Die GPL-3-Lizenz stellt sicher, dass jeder einmal hierunter gefasste Code unter der Lizenz verbleibt. Gemeinhin wird dies als vorteilhaft für die vollständige Neuentwicklung eines Konzepts erachtet, wenn wenig Finanzierungsmittel zur Verfügung stehen, um Softwareentwickler anzuheuern. Eine Apache-Lizenz eignet sich hingegen vor allem für Unternehmen, die eine Software gezielt weiterentwickeln und diesen Mehrwert vermarkten möchten.

[33] Eine Abgrenzung der Begriffe Blockchain, Kryptonetzwerk und Distributed-Ledger-Technologien (DLT) erfolgt in Teil A in Kapitel 3
[34] bitkom.org (2016)
[35] Vgl. die einführenden von Artikel Levine (2014) sowie von Github-Mitgründer und -Geschäftsführer Sijbrandij (2018)
[36] Dixon (2019)
[37] Vgl. auch github.com
[38] gnu.org (2019)
[39] apache.org (2004)

Freie versus beschränkte Teilnahme

Sogenannte *öffentliche Blockchains* wie Bitcoin oder Ethereum werden nicht von einem Unternehmen oder einer Gruppe, sondern von der Öffentlichkeit betrieben. Buchstäblich jeder kann einen Knoten installieren und in dem Kryptonetzwerk durch Download und Installation der Software als Teilnehmer zum Betreiber werden. Werden die Regeln für den Betrieb, inklusive des Zugangs zur Blockchain, hingegen von einer Gruppe von Betreibern vorgegeben und kontrolliert, dann spricht man von einem *konsortialen*, bei einem einzigen Unternehmen von einem *privaten* Betrieb, also von einer *konsortialen* beziehungsweise *privaten Blockchain* (vgl. Kriterium *Governance*).

Eng verbunden mit dem *Betrieb* als Differenzierungsmerkmal ist der *Zugang* zur Blockchain: Wird die Teilnahme an einem Kryptonetzwerk nicht kontrolliert, dann handelt es sich um eine Blockchain mit unbeschränktem Zugang (engl. *permissionless* oder *unpermissioned)*. Wird der Zugang jedoch beschränkt, das heißt, muss dieser freigegeben werden, dann handelt es sich um eine Blockchain mit Zugangskontrolle.[40] Zugang und Betrieb einer Blockchain kommen überwiegend in der Kombination *zugangsfrei* und *öffentlicher Betrieb* sowie *beschränkter Zugriff* und *privater Betrieb* vor. Es gibt jedoch mittlerweile auch vielversprechende Mischformen. So können beispielsweise ein *unbeschränkter Zugang* hinsichtlich der Durchführung von Transaktionen (dies schließt die Ausführung von Smart Contracts ein), ein *beschränkter Zugang* für die Validierung von Transaktionen, ein *konsortialer Betrieb* (mittels Stiftung) und eine *Open-Source-Lizenzierung* kombiniert werden.[41]

Konsensmechanismen

Der bekannteste Konsensmechanismus ist das von Bitcoin genutzte Verfahren Proof of Work (PoW), welches auch als *Mining* bekannt ist. Netzwerknutzer werden angereizt, ein komplexes mathematisches Rätsel zu lösen, mit dem Ziel, hiermit Transaktionen zu validieren und einen neuen Block zu erschaffen.[42] Weitere Konsensmechanismen sind *Proof of Stake* (PoS), *Delegated Proof of Stake* (dPoS) oder *Proof of Authority*.[43] Diese Entwicklung schreitet rasch voran, so hat Ethereum beispielsweise angekündigt, von *PoW* zu *PoS* zu wechseln. Das Kryptonetzwerk EOS verwendet einen *Delegated Proof of Stake* (dPoS) und *Delegated Byzantine Fault Tolerance* (dBFT) wird in NEO eingesetzt. Die verschiedenen Varianten haben ihre Vor- und Nachteile (vgl. Tabelle 1 sowie Kriterium Trilemma der Skalierbarkeit) und deren jeweilige Eignung hängt damit stark von den Anwendungsanforderungen ab.

Transaktionen pro Sekunde

Die öffentlichen Blockchains-Bitcoin, mit durchschnittlich 3 Transaktionen pro Sekunde (tx/s), und Ethereum, mit maximal 20 tx/s, sind sehr langsam im Vergleich zu Paypal (450 tx/s) und Visa (56.000 tx/s).[44] Tabelle 1 zeigt, mit welchem Ansatz die unterschiedlichen Kryptonetzwerke die Transaktionsgeschwindigkeit deutlich zu erhöhen beabsichtigen. Während IOTA gar keine Blockstruktur mehr vorsieht, erlauben Proof-of-Authority-Konsensmechanismen durch den Verzicht auf das rechenintensive Lösen eines mathematischen Rätsels grundsätzlich schnellere Blockzeiten und Durchsätze als ein Kryptonetzwerk wie Bitcoin, welches Proof of Work verwendet.[45] Darüber hinaus kann der Konsens zwischen den Knoten, die Transaktionen validieren, zusätzlich beschleunigt werden, indem diese auf professioneller Server-Hardware in Rechenzentren mit stabilen Breitbandverbindungen laufen. Das öffentliche, zugangsfreie Kryptonetzwerk NEO erreicht mit seinem Konsensmechanismus dBFT, einer dPoS-Variante, heute angeblich bereits 1.000 bis 10.000 tx/s.

[40] BDEW (2018), Merz (2019)
[41] Vgl. EWF (2018)
[42] Eine gute verständliche Einführung findet sich in BDEW (2018)
[43] Vgl. Übersicht von Parrer (2018)
[44] altcointoday.com (2017)
[45] Vgl. Merz (2019), BDEW (2018) sowie Hartnett (2018)

Skalierbarkeit

Skalierbarkeit beschreibt die Fähigkeit eines Kryptonetzwerks, mit einer wachsenden Zahl an Nutzern beziehungsweise Rechenoperationen und Transaktionen umzugehen. Der Konsensmechanismus einer Blockchain beeinflusst Blockzeiten und somit letztlich den Durchsatz einer Blockchain. Die Anzahl an Geräten, die an einer Blockchain direkt als *Fullnode* oder indirekt als *Lightnode* teilnehmen, wird sich potentiell jedoch dramatisch erhöhen. Es wird geschätzt, dass aktuell 127 neue Geräte jede Sekunde mit dem Internet verbunden werden[46] und 2030 insgesamt 3 Billionen Geräte[47] online sind. Hierdurch wird das sogenannte Internet of Things (IoT) auch die Energiewelt erfassen. Das heißt, eine zukünftige Echtzeit-Energiewirtschaft könnte eine hohe Frequenz der Interaktion zwischen potentiell Millionen und Milliarden von Geräten erforderlich machen. Wollen Blockchains digitale Dienste wie Wertaufbewahrung, Smart-Contract-Plattform oder dezentrale Marktplätze für eine derart große Zahl von teilnehmenden Geräten anbieten, müssen weitere Ansätze zur Erhöhung der Skalierbarkeit geprüft werden.[48] Eine vielversprechende Option sind parallele, interoperable Blockchains, sogenannte *Parachains*.[49] Hierbei erreicht ein Netzwerk Konsens, indem es Rechenaufwand an andere Netzwerke auslagert und durch paralleles Verarbeiten einen erheblichen Geschwindigkeitsvorteil erzielt.

Eine fundamental bessere Skalierbarkeit versprechen auch sogenannte *State Channels*. Diese sind Smart Contracts, welche bilaterale Verbindungen zwischen Nutzern oder Smart Contracts herstellen und schnelle, kostengünstige Transaktionen außerhalb des Kryptonetzwerks (Main-Net) erlauben. Konkret werden bestimmte Transaktionen bilateral sicher durchgeführt, ohne einen Konsens zwischen den Knoten des Kryptonetzwerks zu erfordern.[50] Das Energieunternehmen GRID+ verwendet beispielsweise einfache Off-chain-Zahlungskanäle.[51] Anstatt jede einzelne, kleinteilige Zahlungstransaktion über die Blockchain, in diesem Fall Ethereum, abzuwickeln, wird nur das Ergebnis der Transaktionen, welches die Transaktionsparteien über einen gewissen Zeitraum erzielen, in die Blockchain gespeichert. Hiermit ist eine um Größenordnungen erhöhte Skalierbarkeit verbunden.

Grad der Dezentralität

Öffentliche Blockchains wie Bitcoin oder Ethereum trennen vereinfacht ausgedrückt Nutzer, die Transaktionen durchführen, von solchen, die Transaktionen validieren (*Mining*). Je höher die Anzahl beider Gruppen ist, desto höher ist der Grad der Dezentralität. Bei Bitcoin und Ethereum liegt mittlerweile ein Ungleichgewicht zwischen der Zahl der Nutzer und der Validatoren vor. Das *Mining* ist inzwischen sehr zentralisiert, da die vier größten Miner bei Bitcoin und die drei Top-Miner bei Ethereum angeblich mehr als 50 Prozent der Hash-Rate[52] kontrollieren.[53] Die Hash-Rate bezeichnet die Rechenleistung des Bitcoin-Netzwerks. Ein sinkender Grad an Dezentralität hat aber Auswirkungen auf die IT-Sicherheitseigenschaften eines Kryptonetzwerks. Bei der Erläuterung des Kriteriums Trilemma der Skalierbarkeit wird Dezentralität in das Spannungsfeld zu den Zielen *Skalierbarkeit* und *Sicherheit* eingeordnet. Die Wahl des Konsensmechanismus hat großen Einfluss auf den Grad an organisatorischer Dezentralisierung: Bei Proof of Authority (PoA) bestimmt der Betreiber der Blockchain (oder eine Institution) durch Wahl einer Regel, welcher Knoten der nächste Validator ist. Der Grad der Dezentralisierung ist im Vergleich zur PoW-Blockchain damit sehr gering.

[46] Patel, Shangkuan & Thomas (2018)
[47] General Electric (2017)
[48] Hartnett (2018)
[49] Habermeier (2017)
[50] Ein prominentes Beispiel ist das Raiden Network: https://raiden.network
[51] Grid+ (2018)
[52] blockchain.com (2019)
[53] Gencer, Basu, Eyal, Renesse & Sirer (2018)

Stabilität und Verfügbarkeit

Öffentliche Kryptonetzwerke befinden sich in Gemeinschaftsbesitz und sind mittels digitaler Währungen betriebene digitale Dienste.[54] Private Kryptonetzwerke unterscheiden sich durch die optionale Zugangsbeschränkung und werden häufig auf privaten Rechnernetzwerken gehostet. Darüber hinaus ist selbst die Implementierung digitaler Währungen für das Ausführen von Smart Contracts nicht zwingend. Gemein ist aber allen Varianten von Distributed-Ledger-Technologien die Erbringung eines digitalen Dienstes über Rechnernetze. Deren Stabilität und Verfügbarkeit hängt von einer ganzen Reihe von Faktoren ab. Tabelle 1 listet die Stabilität der untersuchten Kryptonetzwerke auf.[55]

Laut Ethereum Foundation existiert beispielsweise für Ethereum nicht mal die Möglichkeit einer sogenannten *Downtime*, also einem Zustand, in dem das Netzwerk nicht zur Verfügung steht. Da das verteilte System Ethereum auf sehr vielen *Fullnodes* laufe, seien der Zugang und die Nutzung der Plattform stets gesichert.[56] Der Ausfall einzelner Knoten erlaube stets den weiteren Betrieb des Netzwerks.[57] Gar erfolgreiche Sicherheitsangriffe (zum Beispiel DDoS) werden ausgeschlossen. Google-Server hingegen hatten bereits Ausfallzeiten aufzuweisen, sodass zum Beispiel der Zugriff auf den E-Mail-Dienst zeitweise nicht möglich sein kann. Vor dem Hintergrund der zuvor erwähnten zentralisierten Mining-Struktur bei Ethereum ist allerdings nicht auszuschließen, dass ein Staat über die Steuerung des nationalen Internetzugangs die Verfügbarkeit eines Kryptonetzwerks unmittelbar beeinflussen kann.

Wirtschaftlichkeit

Kryptonetzwerke erbringen digitale Dienstleistungen, diese verursachen Kosten und von den Nutzern wird deshalb ein Preis verlangt. Die Überweisung eines Geldbetrags mittels der digitalen Währung Bitcoin erfordert beispielsweise, dass die Bestätigung der Transaktion mittels einer Gebühr bezahlt wird. Smart-Contract-Plattformen wie Ethereum erbringen als Dienstleistung das Aufsetzen und Interagieren von Smart Contracts, also von autonomen ablaufenden Programmen. Diese nutzen die Rechenkapazitäten der angeschlossenen Knoten im Sinne einer Virtuellen Maschine. Da der im Ethereum-Netzwerk verwendete Proof-of-Work-Mechanismus für die Bestätigung einer Transaktion und damit für ihren Ablauf rechenintensive Operationen vorsieht, sind hohe Investitionen für die Anschaffung und die energieintensive Nutzung der notwendigen Hardware erforderlich. Die Netzwerkknoten tragen damit zunächst die Betriebs- und Investitionskosten für die Ausführung dieser Programme. Sie werden hierfür durch eine entsprechende Nutzungsgebühr entschädigt, die die Nutzer pro Transaktion zu entrichten haben. Steigt allerdings der Außenwert der Kryptowährung des Netzwerkes stark an, wie bei Ethereum in 2017 geschehen, dann kann die Gebühr für die Ausführung von Smart Contracts prohibitiv werden.

Bei privat betriebenen Blockchains, die den Konsensmechanismus Proof of Authority verwenden, entfällt der rechenaufwendige Prozess des Rätsellösens (PoW). Folgerichtig entstehen für die Validierung von Transaktionen lediglich IT-Kosten, die vergleichbar sind mit üblichen IT-Anwendungen. Die Blockchains selbst können bei Bedarf vollständig auf externen Rechnernetzwerken gehostet und nach Nutzung bezahlt werden.

Energieverbrauch

Bei Proof-of-Work-Blockchains wie Bitcoin und Ethereum stehen Validatoren im Wettbewerb um die Lösung eines kryptografischen Rätsels, welches zunehmend schwieriger wird. In der Folge steigt der Energieverbrauch dieser Kryptonetzwerke nicht nur mit zunehmender Nutzerzahl, sondern auch pro Transaktion. Im Jahr 2018 titelte eine Veröffentlichung in der wissenschaftlichen Zeitschrift *Nature Climate Change* bedrohlich: „Bitcoin emissions alone could push global warming above 2°C.“[58] Die Autoren extrapolierten Wachstumsraten der Bitcoin-Nutzung sehr vereinfachend in die Zukunft und trafen insgesamt einige Annahmen,

[54] Vgl. Kapitel 3 in Teil A
[55] Einige der aufgeführten Kryptonetzwerke sind noch in der Erprobung. Es können daher nur Vermutungen zur Stabilität geäußert werden.
[56] https://www.ethereum.org
[57] Ethereum ist „*Byzantine fault tolerant*“, ebenda
[58] Mora et al. (2018)

die stark kritisiert wurden.[59] Realistischer erscheinen Schätzungen, die den Stromverbrauch der Bitcoin-Blockchain in 2018 auf 0,1% des weltweiten jährlichen Stromverbrauchs schätzten.[60] Diese ca. 20 TWh sind bei einem weltweiten Jahresverbrauch von 20.000 TWh immer noch erschreckend hoch, allerdings weit davon entfernt, das Weltklima allein zu bedrohen.[61] Je nach verwendeter Berechnungsmethode schwankt der geschätzte absolute Jahresstromverbrauch der Bitcoin-Blockchain zwischen 1 TWh und 67 TWh.[62] Dies entspricht oder übertrifft den Jahresstromverbrauch von Ländern wie Dänemark, Österreich oder Tschechien. Eine der Ursachen für die großen Abweichungen ist die dezentrale Struktur öffentlicher Blockchains. Es ist nicht bekannt, welche Rechner die Nutzer und die sogenannten Miner einsetzen, deshalb müssen bezüglich der eingesetzten Hardware Annahmen getroffen werden.

Die Bedeutung des Energieverbrauchs von Kryptonetzwerken ist insgesamt aus verschiedenen Gründen zu relativieren. Mit dem erheblichen Kursverfall der Kryptowährungen von Januar bis Dezember 2018 sind die bedrohlichen Schätzungen zu Wachstumsraten der Bitcoin-Blockchain obsolet geworden. Weiter hat die Ethereum Foundation verkündet, einen Wechsel vom Konsensmechanismus Proof of Work zu Proof of Stake zu unterstützen. In der Folge würde es bei Ethereum keinen sogenannten *Block Reward* (Entlohnung der Miner), sondern nur noch eine Transaktionsgebühr geben. Der Stromverbrauch pro Transaktion sollte infolgedessen etwa vergleichbar werden mit Internetanwendungen wie beispielsweise eine Suchanfrage bei Google Maps. In Tabelle 1 sind eine Reihe von öffentlichen Blockchains wie EOS, Cardano oder NEO aufgeführt, die weitere energieeffiziente Konsensmechanismen nutzen. Private Blockchains und einige öffentliche Kryptonetzwerke wie die Energy Web Chain der EWF verwenden Proof-of-Authority-Konsensmechanismen, die auf kontrollierbaren Rechnernetzen gehostet werden und damit ebenfalls weit entfernt sind vom Energieverbrauch der Proof-of-Work-Systeme (vgl.Tabelle 1).

Interoperabilität

Die Entwicklungsgeschwindigkeit von Kryptonetzwerken ist in der aktuellen Phase sehr hoch. Damit einher geht eine starke Diversifizierung von Protokollen sowie kryptografischen Verfahren und *Interoperabilität* zwischen Blockchains besitzt für Blockchain-Entwickler (noch) keine hohe Priorität.[63] Entsprechend schwer erweist sich 2019 die Interaktion zwischen einzelnen Blockchains.[64] Als interoperabel gelten Informationssysteme, wenn Informationen zwischen ihnen geteilt und Operationen grenzübergreifend durchgeführt werden können. Nutzer von interoperablen Blockchains können sich beispielsweise Kryptoassets wie eine Währungseinheit oder Besitzrecht zusenden oder Smart Contracts zwischen zwei Blockchains interagieren lassen. Wenn heute ein Bitcoin in das Ethereum-Netzwerk geschickt werden soll, dann muss es zuvor in einer Tauschbörse in Ether gewechselt werden. Die verschiedenen Dimensionen der Zusammenarbeit, das heißt, die Fragen, wie erstrebenswert welche Tiefe der Interaktion ist sowie welche Interoperabilitätsverfahren und konkreten Instrumente vorliegen, werden zunehmend erörtert.[65] Auch über die Möglichkeiten und Grenzen sowie den Stand klassischer Standardisierungsaktivitäten über Gremien gibt es erste Überblicke.[66]

Governance

Der Begriff *Governance* im Kontext von Kryptonetzwerken beschreibt im engeren Sinne, wie Entscheidungen in einem dezentralen System getroffen werden. Da es bei öffentlichen Blockchains weder geschäftsführende Verantwortliche noch eine zentrale Verwaltungsinstanz gibt, müssen Entscheidungen im Konsens der Teilnehmer einer Blockchain erzielt werden.[67] Diese Entscheidungen werden notwendig, um Programmierfehler zu beheben, Verbesserungen des Blockchain-Protokolls (Software) durchzuführen und Schäden nach Angriffen zu reparieren.[68] Um abweichende Interessen zwischen den Teilnehmern in Übereinstimmung zu bringen, sind entsprechende Regeln und Anreizmechanismen im Blockchain-Protokoll sowie in Form von externen Institutionen

[59] Vgl. Vries (2018)
[60] Vgl. Jones (2018), Vries (2018), digiconomist.net (2019)
[61] Jones (2018)
[62] Weese (2017)
[63] Merz (2019), S. 128
[64] Maijer (2016)
[65] Vgl. Beyer (2018), Bridgwater (2018)
[66] Merz (2019), S. 128 ff.
[67] Tan (2018)
[68] Steis (2018)

festzulegen. Die Governance-Modelle für Kryptonetzwerke lassen sich entsprechend grob in *Off-chain*- und *On-chain*-Modelle einteilen.[69] Die meisten großen öffentlichen Blockchains wie Bitcoin, Ethereum oder ZCash basieren auf einem Off-chain-Modell. Grundlegende Entscheidungen, wie bspw. ein Update des Protokolls, werden außerhalb der Blockchain (off-chain) zwischen den verschiedenen Stakeholdern (Minern, Nutzern, Core-Entwicklern etc.) diskutiert. Als Nachteile werden häufig die Intransparenz der Entscheidungsfindung, mangelnde Verantwortlichkeiten und die Langwierigkeit des Entscheidungsprozesses ins Feld geführt.[70] On-chain-Governance legt das Verfahren für eine Änderung des Blockchain-Codes (Update) in dem Blockchain-Protokoll selbst fest (on-chain). Die Entscheidungsfindung erfolgt dann durch die Interessengruppen on-chain, indem eine Abstimmung hierzu durchgeführt wird. Je nach Ausgang der Abstimmung wird das Ergebnis der Wahl automatisch umgesetzt. In Tabelle 1 finden sich unter anderem die Kryptonetzwerke Tezos und DFINITY, die einem On-chain-Governance-Modell folgen. On-chain-Modelle sind generell noch in einem frühen Stadium der Entwicklung und werden sehr kritisch diskutiert.[71]

IT-Sicherheit

Öffentliche Blockchains wie Ethereum speichern Daten äußerst manipulationssicher.[72] Dabei hat jeder Teilnehmer eine Kopie der Datenbank und aktualisiert diese über das Konsensprotokoll. Die Transaktionen selbst werden kryptografisch gesichert. Letztlich bedeutet die Replikation auf allen teilnehmenden Rechnern, dass kein *Single Point of Failure* existiert. Erreicht wird das hohe Sicherheitsniveau durch die geschickte Kombination von bekannten Elementen wie asymmetrischer Verschlüsselung, kreativer Nutzung der Hashberechnung, dem Proof of Work sowie einem dezentralen Konsens. Der Erfolg von Distributed-Denial-of-Service-Angriffen wird als grundsätzlich möglich, jedoch sehr unwahrscheinlich angesehen. Für die Verbreitung von Schadcode gilt Ähnliches.[73] Technisch ist die sogenannte *51%-Attacke* jederzeit möglich, würde allerdings schnell bemerkt werden.[74] Jede Blockchain ist allerdings nur so sicher, wie es ihre Schnittstellen zu anderen Informationssystemen sind. Die wichtige Funktion von *Orakel* wurde bereits in Kapitel 2.1.1 erörtert. Abhängig vom zugrundeliegenden technischen Konzept werden unterschiedliche Angriffsszenarien diskutiert.[75] In Bezug auf Sicherheitsschwächen sind die Kryptotauschbörsen sehr kritisch anzusehen. Diese verwalten die elektronischen Brieftaschen (Wallets) für Nutzer und stellen selbst ein hochattraktives Ziel für Hackerangriffe dar.[76]

Das Risiko von böswilligen Angriffen wie im Falle der *51%-Attacke* oder der Verbreitung von Schadcode ist bei einer privaten Blockchain weniger problematisch. Per definitionem lässt der Betreiber nur ausgewählte, vertrauensvolle Knoten zu. Allerdings tauscht er diesen Vorteil gegen den Verlust des hohen Sicherheitsniveaus bei Nutzung des PoW-Konsensmechanismus: Die Zahl der Knoten reduziert sich dramatisch in Richtung weniger angreifbarer Knoten.

Reifegrad

Ein *Testnetzwerk* (Testnet, Test Network) ist ein Kryptonetzwerk, welches für Testzwecke für einen bestimmten Zeitraum aufgesetzt wird. Es kann eingeschränkt oder unbeschränkt für Teilnehmer zugänglich sein. Häufig werden Testnetz-*Coins* genutzt, die nur im Testnetz und nicht im späteren Kryptonetzwerk (Main-Net) nutzbar sind und entgeltlich vergeben werden. Anwendungsentwickler können auf diese Weise ohne finanzielles Risiko infolge erworbener Coins experimentieren. Das *Hauptnetzwerk* (Main-Net) ist das Endprodukt, also das Kryptonetzwerk im entwickelten Zustand mit geplantem Funktionsumfang. Tabelle 1 ordnet den Reifegrad der gelisteten Kryptonetzwerke nach *Testnetzwerk* oder *Hauptnetzwerk*.

[69] Vgl. für eine Einführung: (distririct0x.io)
[70] Lucsok (2018)
[71] Für einen Überblick zu On-chain-Ansätzen siehe: Ehrsam (2017); Vlad Zamfir lehnt On-chain Governance strikt ab: Zamfir (2017); Vitalik Buterin wägt Vor- und Nachteile von Online-Voting ab: Buterin (2017)
[72] Merz (2019), S. 50; Orcutt (2018)
[73] Merz (2019), S. 50
[74] btc-echo (2018)
[75] Vgl. Kapitel 2.1.2
[76] Vgl. zum Beispiel Albert (2017)

Programmiersprache und Besonderheiten

Kryptonetzwerke beziehungsweise die zugrundliegenden Technologien weisen häufig spezifische Eigenschaften auf. Diese sind in Tabelle 1 in einer gesonderten Kategorie aufgeführt. Beispiele für zu erwähnende Besonderheiten sind das Unterstützen besonderer Programmiersprachen, die Integration von WebAssembly (Wasm) oder universelle Compiler.[77]

Trilemma der Skalierbarkeit

Eine für das Verständnis der Eigenschaften und der Mächtigkeiten von Kryptonetzwerken sehr dienliche Hilfestellung ist das Trilemma der Skalierbarkeit. Hierbei handelt es sich nicht um eine mathematisch oder empirisch abgeleitete wissenschaftliche Erkenntnis, sondern schlicht um eine in der Praxis bewährte Faustregel. Diese besagt, dass ein Kryptonetzwerk immer nur zwei der folgenden drei positiven Eigenschaften aufweisen kann beziehungsweise, dass zwischen diesen ein Zielkonflikt besteht: Dezentralität, Skalierbarkeit und Sicherheit. Um beispielsweise bei gleichbleibendem Sicherheitsniveau die Skalierbarkeit zu erhöhen, ist der Grad an Dezentralität zu senken. Ethereum ist mit seinem Wechsel von Proof of Work zu Proof of Stake ein passendes Beispiel. Letzterer Konsensmechanismus soll den möglichen Durchsatz der Ethereum-Blockchain erheblich erhöhen, gleichzeitig wird aber allgemein davon ausgegangen, dass bei PoS-Systemen gewisse Vermachtungstendenzen und damit eine verringerte Dezentralität bei den Validatoren drohen. Alternativ kann auch die Dezentralität beibehalten werden, in diesem Fall verringert sich jedoch das Sicherheitsniveau von Ethereum.[78]

2.1.3 Kryptonetzwerke im Vergleich

Die Tabelle 1 fasst die Analyse von 13 Kryptonetzwerken anhand von 15 Kriterien zusammen, die in Kapitel 2.1.2 erläutert wurden. Die Kryptonetzwerke wurden vom Gutachter nach ihrer Relevanz für eine Verwendung in der Energiewirtschaft ausgewählt. Einige Kryptonetzwerke werden bereits für energiewirtschaftliche Anwendungen genutzt, andere versprechen aufgrund spezifischer Eigenschaften zum Beispiel hinsichtlich ihrer Skalierbarkeit oder ihrer Regeln für den Betrieb eine hohe Eignung. Die Tabelle 1 bildet die Grundlage für die technische und ökonomische Bewertung der elf energiewirtschaftlichen Anwendungsfälle in den Kapiteln 2.3 sowie 3.2.

[77] Heller (2018)
[78] Eine ausführliche Diskussion und Anwendung des Trilemmas der Skalierbarkeit auf diverse Kryptonetzwerke findet sich unter: iconpartners.io (2018)

Tabelle 1: Kryptonetzwerke im Vergleich (*Quellen gesondert im Anhang*)

	Cardano	DFINITY	Energy Web Chain	EOS	Ethereum	Hedera Hashgraph	Hyperledger Fabric	IOTA	KADENA	NEO	NERVOS	Tendermint	Tezos
Beschreibung	Ein forschungsorientierter Open Source Ansatz einer dezentralisierten öffentlichen Blockchain.	Öffentliches Netzwerk von Clients, die eine weltweite dezentrale Computer-Cloud bereitstellen, in der Software installiert und ausgeführt werden kann.	Eine skalierbare Open-Source-Blockchain-Plattform, die speziell auf die regulatorischen, operativen und Marktanforderungen des Energiesektors zugeschnitten ist.	Betriebssystemähnliches Konstrukt, auf dem Anwendungen erstellt werden können.	Dezentralisierte Plattform, die Smart Contracts ausführt.	Entwicklerfreundliche dezentrale Plattform für Mikrozahlungen, die Graphen statt Blöcke nutzt.	Blockchain, die Docker Container einsetzt um Smart Contracts zu hosten. Teilkomponenten (wie z. B. Konsens) sind Plug-and-Play.	Ein zugangsfreier Ledger mit Fokus auf das „Internet of Things“, der 'Tangle' (Graphen) statt Blöcke verwendet.	Geschäftsorientiertes Blockchain-as-a-Service-Produkt, das sowohl zugangsbeschränkte BFT- als auch öffentliche parallelisierte PoW-Systeme unterstützt.	Blockchain zur Digitalisierung und Selbstverwaltung von Assets und Identitäten mit dem Ziel einer Smart Economy.	Dezentrales Anwendungsnetzwerk mit mehrschichtiger Architektur und CKB (Common Knowledge Base) Blockchain-Protokoll.	Universal einsetzbare Konsens-Element das als Baustein für verschiedene DLTs genutzt werden kann.	Blockchain mit Smart Contracts, bei denen die Beteiligten über Änderungen des Protokolls sowie des Abstimmverfahrens selbst abstimmen.
Open Source	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein (Open Review)[1]	Ja (Apache 2.0)	Teilweise	Ja	Ja	Ja	Ja (Apache 2.0)	Ja (MIT)
Offenheit und Zugangsbeschränkungen	Öffentlich und zugangsfrei, aber privater Betrieb möglich.[2]	Öffentlich und zugangsfrei; Integration von privaten Systemen möglich.[3]	Öffentliche Lese/Schreibrechte aber privater Betrieb durch Validatoren.[4]	Öffentlich mit Zugangsbeschränkungen (begrenzte Anzahl an Validatoren) aber privater Betrieb möglich.[5]	Öffentlich und zugangsfrei.[6]	Öffentlich und zugangsfrei.[7]	Privat und zugangsbeschränkt (mit rollenbasierter Zugriffskontrolle).[8]	Öffentlich und zugangsfrei.[9]	Öffentliches und zugangsfreies Netzwerk, das private zugangsbeschränkte Blockchains verbindet.[10]	Öffentlich und zugangsfrei (mit Eintrittsgebühr). Private und zugangsbeschränkte Setups per Docker und VM.[11]	Öffentlich und zugangsfrei.[12]	Netzwerkabhängig ob öffentlich (z.B. Cosmos) oder privat.[13]	Öffentlich und zugangsfrei.[14]
Konsensmechanismus	**PoS** mit physikalischer Zeitaufteilung in Blöcke.[15]	Threshold-Relay-Konsensmechanismus (**dPoS** mit randomisierter Auswahl).[16]	Aktuell: **PoA** Kommend: PoS (über Polkadot).[17]	Delegated Proof of Stake (**dPoS**) + asynchronous Byzantine Fault Tolerance (aBFT).[18]	**PoW** (PoS wird aktuell implementiert).[19]	Asynchronous Byzantine Fault Tolerance (**aBFT**).[20]	Kafka (Crash Fault Tolerance).[21]	Vereinfachter **PoW**. Bestätigung, wenn zwei Transaktionen von Clients selbst ausgeführt werden.[22]	Chainweb (parallel-chain **PoW**).[23]	Delegated Byzantine Fault Tolerance (**dBFT**).[24]	**PoW** mit BFT-Elementen.[25]	BFT (BFT-basiertes **PoS**).[26]	**PoS**. Kann im Ermessen der einzelnen Benutzer auch dPoS („Liquid PoS“) sein.[27]
Transaktionen pro Sekunde (tx/s)	10 - 250 tx/s.[28]	500 - 1.000 tx/s.[29]	Höherer Durchsatz als bei PoW-Netzwerken (laut EWF 35-fache Kapazität von Ethereum).[30]	250 – 3.000 tx/s (laut Entwickler: 10.000 tx/s).[31]	20 tx/s.[32]	Keine Testergebnisse verfügbar. Vermutet werden über 200.000 tx/s.[33]	Bis zu 2.000 – 4.000 tx/s.[34]	500 – 800 tx/s. Variable nach Bedürfnissen der Teilnehmer.[35]	8.000 – 10.000 tx/s.[36]	1.000 tx/s (allerdings melden Mitgliedern der Community 33 tx/s (nicht bestätigt).[37]	Keine Testergebnisse verfügbar. Ziel sind 1.000 tx/s.[38]	Abhängig von der Konfiguration. Z.B. wurden 350 bis ca. 1.000 tx/s mit BigchainDB getestet.[39]	Etwa 40 tx/s.[40]
Skalierbarkeit	Sharding und Side-Chains sind in Arbeit.[41]	Skalierbarkeit (durch dPoS) wird vorangetrieben, z.B. durch Partnerschaft mit Celer Network zur Implementierung von State Channels.[42]	Ermöglicht die parallele Ausführung vieler Chains.[43]	Skalierbar aufgrund von dPoS.[44]	Derzeit eher begrenzt. Sharding wird implementiert um die Sortierung und Validierung von Transaktionen in Spoke-Chains und Single Hub-Chains zu trennen.[45]	Behauptung: Aufgrund von aBFT und Sharding sehr skalierbar.[46]	Skalierbarkeitsfunktion implementiert (Ordering Nodes), allerdings Berichte über Herausforderungen in Bezug auf große, geschäftskritische Infrastrukturen.[47]	Derzeit nicht skalierbar.[48]	Skalierbarkeit durch Chainweb, wo jede Chain die Blockheader anderer Chains validieren muss, um neue Blöcke zu erstellen.[49]	Skalierbar dank dBFT und durch verteiltes NeoFS-Speicherprotokoll.[50]	Nervos beabsichtigt die Berechnung von den Haupt-Layern (CBK) fernzuhalten und auf Skalierbarkeitslösungen außerhalb der Chains (z. B. Zustandskanäle) zu setzen.[51]	Erlaubt Sharding.[52]	Kein Sharding. Anfangs geringe Skalierbarkeit.[53]
Grad der Dezentralisierung	Moderate Dezentralisierung.[54]	Moderate Dezentralisierung.[55]	Moderate Dezentralisierung (100 Knoten).[56]	Geringe Dezentralisierung (21 Knoten).[57]	Hohe (theor.) Dezentralisierung aber Mining zu konzentriert.[58]	Hohe Dezentralisierung.[59]	Moderate Dezentralisierung.[60]	Geringe Dezentralisierung („Koordinator“ notwendig).[61]	Moderate Dezentralisierung.[62]	Geringe Dezentralisierung (7 Knoten).[63]	Hohe Dezentralisierung.[64]	Moderate Dezentralisierung.[65]	Geringe Dezentralisierung.[66]
Stabilität und Verfügbarkeit	Noch kein Testnetz vorhanden.	Die Verfügbarkeit geht mit einem Verlust an Konsistenz einher (Systemstopp bei Unstimmigkeit).	Aufgrund der Beschaffenheit der Validatoren ist es unwahrscheinlich, dass das System offline geht.	Es gab bereits Probleme mit dem Main-Net, wodurch die Blockproduktion unterbrochen wurde.	Ausfallzeiten sind aufgrund der Redundanz, die aus der Menge der Nodes hervorgeht, unwahrscheinlich.	aBFT ermöglicht die Abwehr von DDoS-Angriffen. Forks sind nicht erlaubt.[67]	Erlaubt jedem, seine eigene Implementierung zu erstellen. Verfügbarkeit ist kein Problem.	Ermöglicht Offline-Tangle und (Re-)Integration bei Verbindungsproblemen.	Testnetz ist bisher stabil.	Der Konsensmechanismus ermöglicht eine hohe Stabilität aber Betrieb der wenigen Knoten durch NEO Foundation.	Noch kein Testnetz vorhanden.[68]	Tendermint ist nur eine Konsenskomponente und hat daher keine Probleme mit der Verfügbarkeit.	Governance (Self-Amendment) bietet Schutz vor Hard Forks und Entwicklungsstopps.[69]

	Cardano	DFINITY	Energy Web Chain	EOS	Ethereum	Hedera Hashgraph	Hyperledger Fabric	IOTA	KADENA	NEO	NERVOS	Tendermint	Tezos
Transaktions-kosten	Mindestens 0,155381 ADA (0,006 USD). Fixe und variable Gebühren je nach Transaktionsvolumen.[70]	Gebühren pro Transaktion. Ähnlich wie bei Ethereum (Gas).[71]	Sehr gering. Laut EWF ein Tausendstel von Ethereums Kosten.[72]	Keine Transaktionsgebühren aber Netzwerkteilnehmer zahlen für Speicherplatz (RAM).[73]	Die durchschnittliche Transaktionsgebühr beträgt derzeit 0,0011 USD.[74]	Nicht angegebene Transaktionsgebühren, Servicegebühren und Nodes-Gebühren.[75]	Keine Gebühren.[76]	Keine Gebühren. Theoretisch verursacht Validierung minimale Elektrizitätskosten.[77]	Keine Transaktionsgebühren, aber die Infrastrukturkosten variieren zwischen 0 und 0,10 USD pro Stunde.[78]	Einfache Verträge sind kostenfrei. Für das Aufstellen und Ausführen komplexerer Verträge müssen Gebühren in Gas gezahlt werden.[79]	Transaktionsgebühren und Speicherkosten (derzeit nicht genauer angegeben).[80]	Das Basissystem von Tendermint kann Transaktionsgebühren implementieren.[81]	Unterschiedliche Gebühren von 0 bis 15% des Transaktionswertes.[82]
Energie-verbrauch	Effizienter als PoW. Abhängig von der Anzahl der Validatoren im System.[83]	Effizienter als PoW (wie z.B. Ethereum).[84]	Sehr effizient. Laut EWF wenige tausendstel des Verbrauchs von Ethereum.[85]	Angeblich 17.000-mal effizienter als Ethereum aktuell.[86]	Die Hälfte von Bitcoin (geplante Reduktion um 99% bis Ende 2019).[87]	Angeblich effizient aufgrund von aBFT und Sharding.[88]	Ziemlich niedrig, da der Validierungssprozess nicht sehr rechenintensiv ist.	Effizienter als konventionelles PoW.	Abhängig von der Anzahl der Knoten im Netzwerk.	Energieeffizienter als PoW-Blockchains (wie z. B. Ethereum).[89]	Abhängig von dApps die unterschiedliche Konsensmethoden verwenden können.	Relativ energiesparend.	Relativ energiesparend.
Interoperabilität	Smart Contracts sollen die Interoperabilität mit anderen Blockchains ermöglichen.	Angebliche Interoperabilität zwischen öffentlichen und privaten Netzwerken.[90]	Interoperabilität zwischen verschiedenen Blockchains unter Verwendung von Relays (Polkadot).[91]	Beschränkt auf verschiedene EOS-Blockchains.[92]	Sehr hoch. Viele andere Lösungen unterstützen Ethereum oder bilden Allianzen.[93]	Soll Solidity-Smart-Contracts und ERC20-Tokens unterstützen.[94]	Hyperledger Quilt bietet Interoperabilität und Atom-Swaps zwischen verschiedenen Ledgern.[95]	Noch keine Interoperabilität.	Interoperabilität durch Chainweb und Oracles.[96]	Interoperable zu allen Blockchains, die NeoContract verwenden.[97]	Interoperabel zwischen allen dApps, die CKM verwenden.	Interoperabilität unter entsprechenden Voraussetzungen (z.B. Cosmos) möglich.[98]	Es ist unwahrscheinlich, dass eine Interoperabilität mit anderen Blockchains möglich ist.
Governance	Derzeit off-chain Governance durch Cardano Foundation.	On-chain Governance mit dPoS Stimmrechten (beginnend mit Copper release).[99]	On-chain und Off-chain Governance durch Energy Web Foundation. Nur identifizierte Entwickler können über Protokoll-Updates abstimmen.[100]	Off-chain Governance durch EOS Core Arbitration Forum (ECAF).[101]	Off-chain Governance durch die Ethereum Foundation.[102]	Off-chain: Gewählter Rat entscheidet über Richtlinien und Code-Änderungen. On-chain: Konsens notwendig zur Aufnahme neuer Nodes.[103]	Mischform von on-chain und off-chain. Alle Entscheidungen werden durch die Stimmen von Ausschussteilnehmer getroffen.[104]	Off-chain Governance durch die IOTA Foundation.[105]	Mischform. Änderungen werden durch spezifizierte Public Keys autorisiert. Implementierung von Stakeholder-Wahlrechten folgt.[106]	On-chain: Token-Inhaber verwalten das Netzwerk. Off-chain: Der NEO Council trifft strategische Entscheidungen. Derzeit verlassen essentielle Teammitglieder NEO.[107]	Hybrid: On-chain liquid voting um zuvor (auf anderen Kanälen) getroffenen Konsens darzustellen. DApps Governance variiert.[108]	Tendermint selbst spezifiziert keine Governance. Cosmos basiert z.B. auf Stakeholder Stimmrechten.[109]	On-chain Governance durch die Token-Besitzer (Stakeholder). Veränderungen im Code durch Vorschläge und Stimmrecht der Stakeholder.[110]
IT-Sicherheit	Sicher, wenn das Netzwerk eine angemessene Größe hat (PoS).	Der Zufallsmechanismus erhöht die Sicherheit.[111]	Bekannte Validierer, aber ihre hohe Anzahl gewährleistet Sicherheit.	Besorgniserregend ist die Fülle an Nachrichten über erfolgreiche Phishing-Angriffe.[112]	PoW (aktuell verwendet) ist sehr sicher.	Hedera gibt an, hohe Sicherheit durch aBFT und zusätzliche Sicherheitsprotokolle zu erzielen.[113]	Sicherheit unklar. Teilnehmer in gemeinsamen Netzwerk können eigene Zertifizierungsautoritäten nutzen.	Netzwerkattacke möglich wenn 1/3 der Hashing Power erreicht wird. Zentraler Koordinator um das zu vermeiden.[114]	Die parallelisierte Chainweb Infrastruktur entspricht der PoW Sicherheitsstufe.[115]	Falls Netzwerk auf wenigen Knoten basiert, reicht es aus, eine entsprechend kritische Anzahl anzugreifen.	Sicher durch Nutzung von PoW in der CKB Schicht.	Cosmos: “Sentry” Knoten agieren als Firewall für Validatorknoten (die selbst keinen direkten Internetzugang haben sollten).[116]	Anbieter versprechen Sicherheit durch Liquid Voting Mechanismus.
Reifegrad	Testnetzwerke, jedoch noch keine dApps.	Testnetzwerke. Zeitplan im Verzug.	Öffentliches Testnetzwerk (Tobalaba). Main-Net in Q2.[117]	Main-Net mit dApps ist verfügbar.	Main-Net ist verfügbar.	Main-Net mit ersten Zugängen für die Community.[118]	Diverse funktionsfähige Netzwerke im Einsatz.	Main- und Entwicklernetzwerke mit dApps sind verfügbar.	Testnetzwerk sind verfügbar.	Main- und Testnetzwerke mit dApps sind verfügbar.	Geplantes Testnetzwerk für Q1 und Main-Net im Q3/2019.[119]	Diverse funktionsfähige Netzwerke (z.B. Cosmos).[120]	Main- und Testnetzwerke mit dApps sind verfügbar.
Programmier-sprache und Besonderheiten	Plutus als zentrale Sprache. Es wird an einem universellen Compiler gearbeitet.	WebAssembly als low-level Sprache, die viele andere unterstützt.[121]	Solidity und WebAssembly zur Integration anderer Sprachen in Smart Contracts.[122]	WebAssembly. C++ ist Hauptsprache. TypeScript API wird entwickelt.	Solidity als zentrale Sprache. Unterstützt Serpent, LLL, Vyper und JULIA.	Smart Contracts in Solidity. Programme können in jeder Sprache geschrieben werden.	Unterstützt Golang, JavaScript und Java für Smart Contracts.	Unterstützt derzeit Java, C++, Rust und Golang.	Eigene interne Programmiersprache “Pact”.	C#, VB.Net, F#, Java, Kotlin, Python.[123]	Rust und Schnittstelle um Business-Logiken der Unternehmen zu importieren.[124]	Nicht spezifiziert (language-agnostic).	Michelson (und Liquidity) für Smart Contracts.[125]
Trilemma der Skalierbarkeit *Skalierbarkeit, Sicherheit und Dezentralisierung*	Geringe Skalierbarkeit.	Moderate Skalierbarkeit.	Hohe Skalierbarkeit.	Hohe Skalierbarkeit.	Geringe Skalierbarkeit.	Hohe Skalierbarkeit.	Hohe Skalierbarkeit.	Hohe Skalierbarkeit.	Geringe Skalierbarkeit.	Geringe Skalierbarkeit.	Geringe Skalierbarkeit.	Hohe Skalierbarkeit.	Hohe Skalierbarkeit.
	Hohe Sicherheit.	Geringe Sicherheit.	Hohe Sicherheit.	Hohe Sicherheit.	Hohe Sicherheit.	Unklare Sicherheit.	Unklare Sicherheit.	Unklare Sicherheit.	Hohe Sicherheit.	Hohe Sicherheit.	Hohe Sicherheit.	Hohe Sicherheit.	Hohe Sicherheit.
	Moderate Dezentralisierung.	Moderate Dezentralisierung.	Moderate Dezentralisierung.	Geringe Dezentralisierung.	Hohe Dezentralisierung.	Hohe Dezentralisierung.	Moderate Dezentralisierung.	Geringe Dezentralisierung.	Moderate Dezentralisierung.	Geringe Dezentralisierung.	Hohe Dezentralisierung.	Moderate Dezentralisierung.	Geringe Dezentralisierung.

2.2 Erläuterung und Gewichtung der Bewertungskriterien für die Prozessketten

Für die technische Bewertung der elf Prozessketten werden nachstehende Kriterien zugrunde gelegt.

Alleinstellung der Blockchain/DLT-Lösungen

Die Verfügbarkeit alternativer Technologien ist für Investitionsentscheidungen von hoher absoluter Bedeutung. Dem Bewertungskriterium Alleinstellung, das heißt der Verfügbarkeit alternativer Technologien mit vergleichbaren Eigenschaften bezüglich Robustheit, Sicherheit, Transparenz und Skalierbarkeit, wird in dieser Analyse daher der Gewichtungsfaktor 0,2 zugeordnet. Der Referenzpunkt des Kriteriums Alleinstellung ist an dieser Stelle nicht der *aktuelle* Reifegrad einer spezifischen Blockchain- oder DLT-Lösung, sondern das technologisch ableitbare Versprechen. Um die alternative Technologie zu bewerten, ist die Referenz nicht, was die entsprechende Blockchain-Technologie heute zu leisten imstande ist, sondern was sie in ausgereiftem Produktstadium zu leisten vermag. Betrachtet man zum Beispiel die Verarbeitungsgeschwindigkeit, so muss sich die alternative Technologie nicht mit der relativ niedrigen Transaktionsrate heutiger öffentlicher Blockchains wie Ethereum vergleichen, sondern sich an der Geschwindigkeit, welche diese zukünftig anzubieten imstande sind, messen lassen.

Technologische Reife geeigneter Blockchain/DLT-Lösungen

Für jede der elf Prozessketten wird die Eignung unterschiedlicher Blockchain- und DLT-Technologien diskutiert und es werden bereits existierende Kryptonetzwerke beispielhaft genannt. Der Anwendungsfall *außerbörslicher Großhandel (Strom)* erfordert beispielsweise eine hohe Anzahl an Transaktionen pro Sekunde, die eine öffentliche Blockchain wie Ethereum derzeit nicht zu leisten vermag. Die Technologie *Tendermint* erfüllt diese Anforderung. Grundlage für die Bewertung der Technologiereife sind die Eigenschaften gemäß Tabelle 1 (Transaktionen pro Sekunde, Testnetz oder Livebetrieb, Skalierbarkeit, Sicherheit etc.). Die Bewertung basiert auf der Erkenntnis, dass unausgereifte Technologien mit einem höheren Investitionsrisiko für Unternehmen und Anwender einhergehen. Der technologischen Reife geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen wird der Gewichtungsfaktor 0,3 zugeordnet.

Anzahl geeigneter Blockchain/DLT-Lösungen

Eine hohe Anzahl geeigneter Anwendungen bedeutet in der Regel auch eine entsprechend hohe Zahl an Kern- und Anwendungsentwicklern. Es besteht demzufolge erstens eine höhere Wahrscheinlichkeit, dass anforderungsgemäße Lösungen weiterentwickelt und verbessert werden, und zweitens erfolgt dies im Wettbewerb schneller als bei nur einem verfügbaren Anbieter. Erweist sich eine Blockchain- oder DLT-Lösung während der Erprobung als ungeeignet, so ist es absolut hilfreich, wenn alternative Angebote zur Verfügung stehen. Die Folgekosten von Fehlinvestitionen sind hierdurch geringer als im Falle keiner beziehungsweise einer geringen Auswahl an Lösungen. Allerdings ist eine geeignete Lösung bereits ausreichend für den Erfolg einer Investition. Alternative Blockchain-Lösungen sind demzufolge nicht zwingend notwendig für eine erfolgreiche Investition, reduzieren aber deren Risiko. Dem Kriterium *Anzahl geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen* wird der Gewichtungsfaktor 0,2 zugeordnet.

Erfahrungen bezüglich Umsetzbarkeit/Status der Erprobung

Aus bereits erfolgten Implementierungen kann u.U. gelernt werden, wie das Investitionsrisiko gesenkt werden kann. Informationen haben zunächst einen sehr hohen Grenznutzen, das heißt, bei sehr wenigen vorliegenden Erfahrungswerten ist der informatorische Wert jeder weiteren Information relativ hoch. Allerdings ist in einem so frühen Stadium und bei der Vielfalt der Technologieoptionen sowie der Breite der Prozesslandschaften die unmittelbare Vergleichbarkeit von Erprobungen selten gegeben. Den Erfahrungen bezüglich Umsetzbarkeit/Status der Erprobung wird daher der Gewichtungsfaktor 0,1 zugeordnet.

Aufbau von Wechselkosten geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Wechselkosten können für Teilnehmer und Nutzer einer Blockchain ebenso entstehen wie im Falle einer privaten Blockchain für einen Betreiber. Nutzer einer öffentlichen Blockchain behalten stets die Kontrolle über ihre gespeicherten Daten und können diese frei migrieren. Dies ist eine der fundamentalen Eigenschaften (öffentlicher) Blockchains. Wechselkosten können aber dadurch entstehen, dass die Überführung der Daten in eine andere Blockchain oder ein anderes Informationssystem selbst erschwert sein

kann, beispielsweise durch einen Mangel an Schnittstellen und grundsätzlicher Interoperabilität. Der Fall, einen Bitcoin in die Währung Ether der Blockchain Ethereum zu tauschen, veranschaulicht dieses Problem: In Ermangelung der Möglichkeit, Token beziehungsweise Coins direkt zu transferieren, ist eine dritte Partei, beispielsweise eine Tauschbörse, notwendig. Dies verursacht Kosten.

Klassische Wechselkosten durch den Aufbau von Lock-in-Effekten entstehen dem Betreiber einer privaten Blockchain, wenn der Softwareanbieter beispielsweise technische Interaktion mit anderen Kryptonetzwerken gezielt verhindert. Konventionelle Datenbanklösungen oder Cloud-Plattformen sind die Referenz für mögliche Wechselkosten auf Betreiberseite.

Bei der Vielfalt der Lösungsoptionen und der zu beobachtenden hohen Entwicklungsgeschwindigkeit der Blockchain-Technologie erscheint das Risiko von Wechselkosten vernachlässigbar. Gleichzeitig ist es genau die Unreife der Technologie, durch die die Wechseloption ihren Wert erhält.

Erfüllung der Anforderungen des Use Case bezüglich Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen und Betrieb der Blockchain

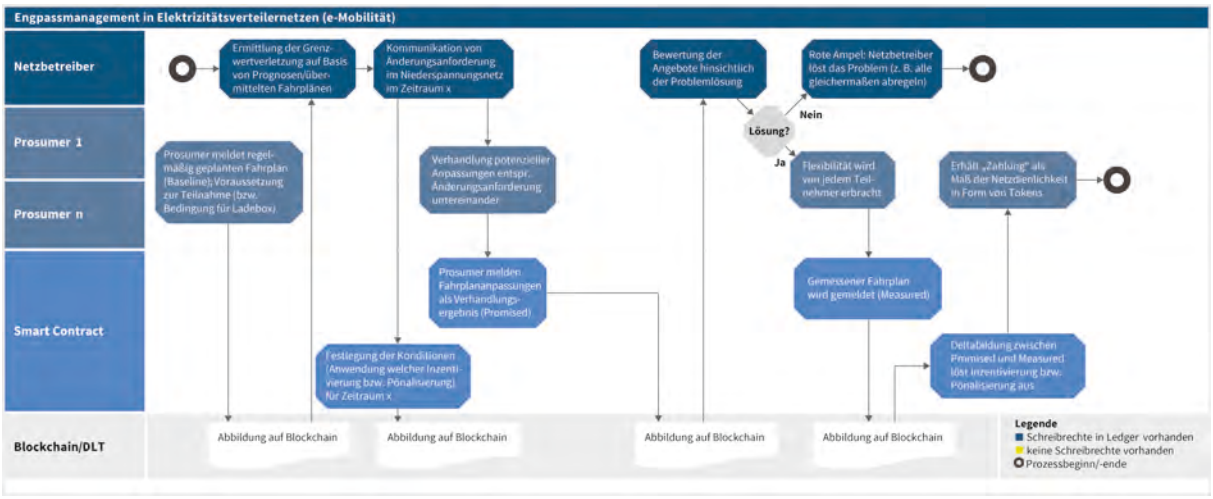
Die hier adressierte Verantwortlichkeit ist eine technische Eigenschaft von Blockchains und sie unterscheidet sich ganz erheblich je nach verwendeter Technologieoption. Die Verantwortlichkeit für die Durchführung von Transaktionen betrifft zum Beispiel die Fragen, wer im Fall eines nicht ausgeführten Smart Contract zu haften hat oder wer beim Ausfall des Kryptonetzwerks zur Rechenschaft gezogen werden kann. Bei einem privaten oder konsortialen Betrieb ist dies klar regelbar. Im Falle öffentlicher Blockchains hingegen gibt es jedoch keinen Verantwortlichen. Für Geschäftsprozesse, aber auch für den Betrieb kritischer Infrastrukturen wie Strom- oder Gasnetz ist die Verantwortlichkeit eine grundlegende Frage. Der Erfüllung der Anforderungen des Use Case bezüglich Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen und Betrieb der Blockchain wird der Gewichtungsfaktor 0,1 zugeordnet.

2.3 Analyse und Bewertung der Prozessketten

(1) Asset Management: Engpassmanagement in Elektrizitätsverteilernetzen (E-Mobilität)

Elektrische Ortsnetze stoßen mit zunehmender Elektromobilität und dem Anschluss privater Ladeboxen verstärkt an Kapazitätsgrenzen. Insbesondere die Gleichzeitigkeit der Ladevorgänge entwickelt sich zu einer Herausforderung. Erforderlich wird ein automatisiertes und digital gestütztes Netzmanagement durch den Verteilnetzbetreiber. Ein Blockchain-basiertes Engpassmanagement auf Verteilnetzebene unterstützt die komplexe Kommunikation und Kooperation vieler Akteure beziehungsweise Assets mit dem Ziel, Engpässe auf Verteilnetzebene durch Lastverschiebung zu vermeiden. Blockchain-Technologie wird verwendet, um nachweissicher prognostizierte, angepasste und tatsächlich gemessene Lastgänge (Fahrpläne) der Haushalte zu speichern. Neben der Durchführung und Erfüllung (Settlement) von Transaktionen wird ein Token zur Verrechnung genutzt.[79] Er reizt netzdienliches Verhalten in Form von Flexibilität an und ermöglicht diese gleichzeitig zu quantifizieren und abzurechnen. Der einzelne Haushalt übernimmt damit die Rolle eines Mikro-Bilanzkreisverantwortlichen, ohne jedoch eine Bilanzkreisverantwortung im Sinne von Lastgangprognosen und der Beschaffung entsprechender Ausgleichsenergie innezuhaben.

[79] Vgl. hierzu beispielsweise das einfache aber zweckmäßige Konzept von Grünstrom- und Graustrom-Token: zoernert.github.io (2019)



Use Case 1: Engpassmanagement in Elektrizitätsnetzen (E-Mobilität)

Alleinstellung der Blockchain-/DLT-Lösungen

Die Verfügbarkeit alternativer Technologien ist im Use Case Engpassmanagement unter anderem abhängig von der Anzahl der Marktakteure. Bei sehr wenigen Elektromobilen und Ladestationen sowie einer geringen Anzahl an steuerbaren Lasten in einem Verteilnetz sind herkömmliche Koordinations- und Steuerungsansätze in der notwendigen Funktionalität wirtschaftlich einsetzbar und empfehlenswert. Blockchain-Lösungen hingegen spielen ihre spezifischen Eigenschaften bezüglich Robustheit, Sicherheit und Transparenz mit steigender Zahl von Erzeugungseinheiten und Lasten sowie mit einer zunehmenden Häufigkeit der Ausschreibungen aus.[80] Ein Kryptonetzwerk übernimmt hierbei die Aufgabe einer standardisierten und offenen Schnittstelle, über die die mitwirkenden Geräte sich sicher koordinieren können. Ähnliches gilt bezüglich des Zusammenspiels mit anderen Systemdienstleistungen wie der Frequenzhaltung: Eine standardisierte und offene Schnittstelle erlaubt in einem weiteren Schritt die effektive Abstimmung zwischen Beschaffung von Regelenergie durch Übertragungsnetzbetreiber mit dem beschriebenen Engpassmanagement der Verteilnetzbetreiber. Der Grad der Alleinstellung wird insgesamt als *mittel* bewertet.

Technologische Reife geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Eine wesentliche Anforderung des Use Case an Blockchain-Lösungen ist die Kontrolle des Verteilnetzbetreibers über die Validierungsknoten. Als Betreiber einer kritischen Infrastruktur muss der Verteilnetzbetreiber den Betrieb des Informationssystems Blockchain heute jederzeit kontrollieren und gewährleisten können. Maßgeblich für die Blockchain-Wahl ist daher die Verwendung von Authority Nodes, das heißt, die validierenden Knoten werden vom Betreiber bestimmt. Die Anforderungen an die Anzahl möglicher Transaktionen pro Sekunde sind für den Anwendungsfall als eher gering zu bewerten, da aufgrund der Vorlaufzeit keine Echtzeitanforderungen gelten. Auch die Skalierbarkeit kann entsprechend durch verschiedene verfügbare Blockchain-Lösungen sichergestellt werden. Bei einer umfassenden Einbeziehung von Kleinstgeräten von Balkon-Photovoltaikanlagen über Kühlschränke und Wärmepumpen bis zu Stromheimspeichern wird eventuell eine Neubewertung erforderlich. Die Blockchain bietet hierfür jedoch eine standardisierte Schnittstelle und kann damit die Integrationskosten im Gesamtszenario mit höherer Dynamik vereinfachen. Gegen die Verwendung eines Tokens als Verrechnungseinheit spricht zunächst die hohe Volatilität von Token sowie das noch frühe Entwicklungsstadium sogenannter Stablecoins (vgl. Kapitel 2.1.1). Für den vorliegenden Anwendungsfall kann die Volatilität jedoch umfassend durch eine einfache Euro-Bindung abgesichert werden. Insgesamt steigen die genuinen Vorteile einer Blockchain-Lösung für den Anwendungsfall (a) mit der Anzahl, der Heterogenität und der Dynamik der Akteure, (b) der Häufigkeit der Ausschreibung sowie (c) dem Zusammenspiel mit anderen Anwendungsfällen (vgl. Use Cases 3, 4, 5, 7, 8, 9 und 10). Bei der konkreten Blockchain-Wahl für den Use Case ist die Zukunftsfähigkeit hinsichtlich Skalierbarkeit ein entscheidendes Kriterium. Die technologische Reife von Blockchain-Technologien für den Anwendungsfall wird als *hoch* eingeschätzt.

[80] Vgl. hierzu die Erfahrungen aus dem Projekt Gridchain (2018) sowie die entsprechenden SINTEG-Demonstrationsprojekte

Anzahl geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Für den Anwendungsfall eignen sich zum einen privat betreibbare Blockchains aus der Hyperledger-Familie[81] sowie Klone öffentlicher Blockchains wie Ethereum[82]. Letztere können ebenso wie die Energy Web Chain der EWF[83] hybrid betrieben werden in dem Sinne, dass die Nutzung der Blockchain grundsätzlich offen ist für jeden Teilnehmer. Die Nutzung der Anwendung hierauf jedoch nicht. Hinsichtlich der Erweiterbarkeit der Anwendung für mehr Akteure und Geräte sind diese Netzwerkeffekte mittelfristig für die Reichweite des Netzwerkes von großer Bedeutung. Die Anzahl verfügbarer Blockchain-Lösungen wird als *hoch* bewertet.

Erfahrungen bezüglich Umsetzbarkeit/Status der Erprobung

Der Anwendungsfall wird in der beschriebenen Prozessform derzeit von der EWE AG gemeinsam mit der Siemens AG und weiteren Partnern im Rahmen des SINTEG-Demonstrationsprojekts enera erprobt. 2019 ist das Jahr der Durchführung dieses Pilotprojekts.[84] Weltweit wird derzeit die Umsetzung ähnlicher Ansätze für ein Blockchain-basiertes Engpassmanagement auf Verteilnetzebene geplant. Die konkret verfügbaren Erfahrungen sind aktuell damit noch gering.

Aufbau von Wechselkosten geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Verteilnetzbetreiber können, wie zuvor beschrieben, auch Open-Source-Blockhains für den Anwendungsfall Engpassmanagement nutzen. Das Risiko der Bindung an einen bestimmten Anbieter kann der Verteilnetzbetreiber damit selbst entscheiden. Nutzer wiederum sehen sich einem regulierten und kontrollierten Verteilnetzbetreiber gegenüber, sodass das Risiko zum Aufbau von Wechselkosten insgesamt als *sehr gering* bewertet wird.

Erfüllung der Anforderungen des Use Case bezüglich Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen und Betrieb der Blockchain

Die sehr hohen Anforderungen des Anwendungsfalls bezüglich Haftung für den Betrieb und Ablauf des Engpassmanagements lassen sich durch die als geeignet bewerteten Blockchain-Optionen umfassend erfüllen und werden daher als *sehr groß* eingeschätzt.

Use Case 1

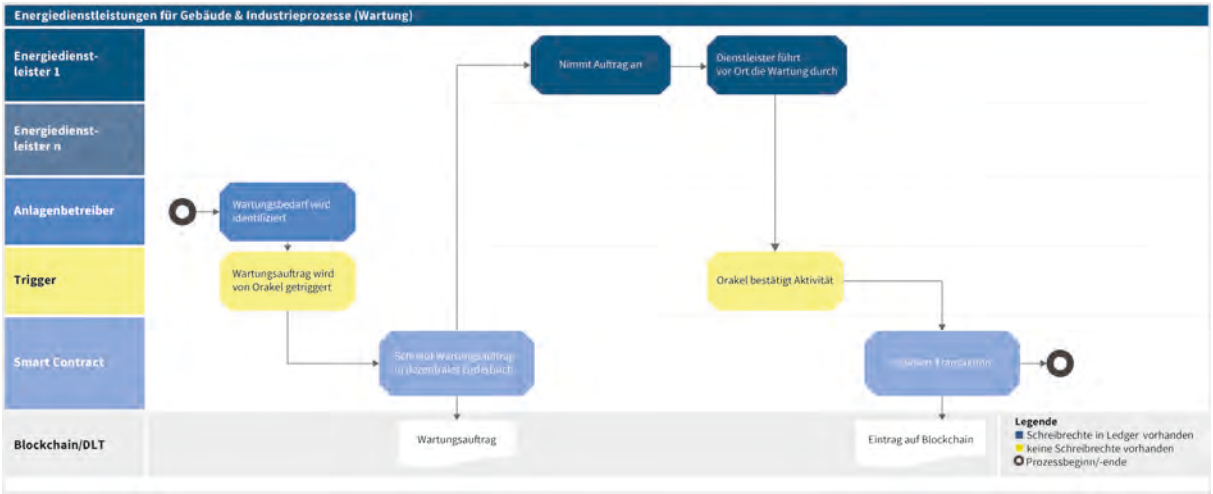
	Punktzahl[85]	Gewichtung	Ergebnis
Alleinstellung der Blockchain-/DLT-Lösungen[86]	3	0,2	0,6
Technologische Reife geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen[87]	4	0,3	1,2
Anzahl geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen	4	0,2	0,8
Erfahrungen bzgl. Umsetzbarkeit/Status der Erprobung	1	0,1	0,1
Aufbau von Wechselkosten geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen[88]	4	0,1	0,4
Erfüllung der Anforderungen bzgl. Verantwortlichkeit[89]	5	0,1	0,5
			3,6

(2) Asset Management: Energiedienstleistungen für Gebäude und Industrieprozesse (Wartung)

Diverse Geräte und Anlagen in Gebäuden machen eine regelmäßige Instandhaltung und Wartung erforderlich. Neben der Gebäudeleittechnik betrifft dies Komponenten von Heizungs-, Lüftungs- und Klimainstallationen wie Boiler, Kältekompressoren oder Pumpen. Entsprechend heterogen sind die Anforderungen bezüglich Häufigkeit der Wartung und Instandhaltung der

[81] Der Begriff *Hyperledger* fasst Blockchain-Technologien zusammen, die über die Linux Foundation als Open-Source-Lizenz frei zugänglich sind: hyperledger.org (2019)
[82] Vgl. Tabelle 1
[83] Vgl. Tabelle 1
[84] Der Use Case wird in Nieße et al. (2018) detailliert in allgemeiner Form beschrieben. Eine genaue Beschreibung des erwähnten Projekts findet sich unter Postina (2018a) und Postina (2018b)
[85] Bewertungsskala: 0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering, 2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß, 5 = sehr groß
[86] Verfügbarkeit alternativer Technologien mit gleichen Eigenschaften bzgl. Robustheit, Sicherheit, Transparenz und Skalierbarkeit
[87] Eigenschaften gemäß der Tabelle 1 (tx/s, S#kalierbarkeit, Anzahl Entwickler, Anwendungen, Verfügbarkeit von Dokumentationen, Reddit/Slack-Gruppen etc.)
[88] Bewertungsskala: 0 = sehr hohes Risiko, 1 = hohes Risiko, 2 = mittleres Risiko, 3 = geringes Risiko, 4 = sehr geringes Risiko, 5 = kein Risiko
[89] Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen und Betrieb der Blockchain-/DLT-Lösungen

Betriebsmittel. Diese heterogenen Anforderungen können potentiell durch den automatisierten Informationsaustausch und die dezentrale Speicherung der Zustände abgebildet und adressiert werden. Im Anwendungsfall erfolgt nun das Speichern der Wartungs- und Instandhaltungsaktivitäten der Dienstleister in einer Blockchain und ermöglicht so die Verfolgbarkeit und die Zurechnungsfähigkeit sowie unmittelbare Verknüpfung von Leistung und Bezahlung mittels Smart Contract.



Use Case 2: Energiedienstleistungen für Gebäude und Industrieprozesse (Wartung)

Alleinstellung der Blockchain-/DLT-Lösungen

Die Blockchain bildet im Anwendungsfall eine standardisierte, innovative und offene Schnittstelle, über die Wartungstätigkeiten automatisiert nachgehalten und zwischen Interaktionspartnern beweisbar und sicher ausgetauscht werden können. Das erforderliche Vertrauen zwischen Interaktionspartnern ist entsprechend gering, was mit technologischen Alternativen nur mit deutlich höherem Aufwand, beispielsweise durch den Einsatz von zertifizierten Systemen, zu realisieren ist. Die technische Integration sehr heterogener Geräte im Use Case wird durch die offene, standardisierte Schnittstelle erheblich vereinfacht. Darüber hinaus können die Verfolgbarkeit und Zurechnungsfähigkeit der Dienstleistung über die Blockchain unmittelbar mit einer Leistung und Bezahlung verknüpft werden. Die Alleinstellung der Technologien wird daher als *sehr groß* bewertet.

Technologische Reife geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Die technologischen Anforderungen des Anwendungsfalls können heute von nahezu allen in Tabelle 1 aufgeführten Smart-Contract-Plattformen erfüllt werden. Es sind keine technischen Voraussetzungen wie beispielsweise eine besonders hohe Transaktionsanzahl pro Sekunde für die Umsetzung des Use Case erkennbar, die eine bedeutende Technologie-Weiterentwicklung bedingt. Die Eignung heute verfügbarer Technologieoptionen ist daher *sehr hoch*.

Anzahl geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Durch die geringe Spezifität des Anforderungsprofils eignen sich sämtliche in Tabelle 1 aufgeführten Smart-Contract-Plattformen. Entsprechend wird die Anzahl verfügbarer Blockchain-Lösungen als *sehr hoch* bewertet.

Erfahrungen bezüglich Umsetzbarkeit/Status der Erprobung

Frei zugängliche Dokumentationen über Pilotprojekte im Bereich Energiedienstleistungen für Gebäude und Industrieprozesse liegen dem Gutachter bislang nicht vor. Konkret verfügbare und auswertbare Erfahrungen sind aktuell damit *nicht vorhanden*.

Aufbau von Wechselkosten geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Die Möglichkeit des Aufbaus von technischen Wechselkosten ist abhängig von der Art der gewählten Blockchain: Wird eine private Blockchain gewählt, dann kann der Betreiber (ein Unternehmen oder ein Konsortium) Wechselkosten für die Nutzer aufbauen, indem er zum Beispiel die Migration von Daten einschränkt. Ebenso kann bei einer privat betriebenen Blockchain, welche nicht lizenzfrei (Open Source) angeboten wird, der Blockchain-Anbieter gegenüber dem Blockchain-Betreiber Wechselhürden

errichten. Bei einer öffentlichen Blockchain hingegen besteht hierzu keine Möglichkeit. Da öffentliche wie private Blockchains gewählt werden können, wird das Risiko für den Aufbau von Wechselkosten insgesamt als *gering* eingestuft.

Erfüllung der Anforderungen des Use Case bezüglich Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen und Betrieb der Blockchain

Die Erfüllung der Anforderungen bezüglich der Verantwortlichkeit für die Durchführung von Transaktionen und den Betrieb der Blockchain hängt im Anwendungsfall Energiedienstleistungen für Gebäude und Industrieprozesse (Wartung) zunächst ebenfalls von der Art der gewählten Blockchain ab: Bei einer von einem Energiedienstleister privat betriebenen Blockchain aus der Hyperledger-Familie[90], Klonen öffentlicher Blockchains wie Ethereum[91] oder öffentlich zugänglichen Open-Source-Blockchains mit Authority Nodes wie der Energy Web Chain der EWF[92] können die Haftung, die Sicherstellung von Transaktionen sowie der Blockchain-Betrieb garantiert werden. Bei öffentlichen Blockchains wie Ethereum gibt es zunächst niemanden, der hierfür die Verantwortung übernimmt. Inwieweit dies im Anwendungsfall erforderlich ist, hängt von den Teilnehmern. Die Anforderungen des Use Case werden umfassend erfüllt und daher als *sehr groß* eingeschätzt.

Use Case 2

	Punktzahl[93]	Gewichtung	Ergebnis
Alleinstellung der Blockchain-/DLT-Lösungen[94]	5	0,2	1,0
Technologische Reife geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen[95]	5	0,3	1,5
Anzahl geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen	5	0,2	1
Erfahrungen bzgl. Umsetzbarkeit/Status der Erprobung	0	0,1	0
Aufbau von Wechselkosten geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen[96]	3	0,1	0,3
Erfüllung der Anforderungen bzgl. Verantwortlichkeit[97]	5	0,1	0,5
			4,3

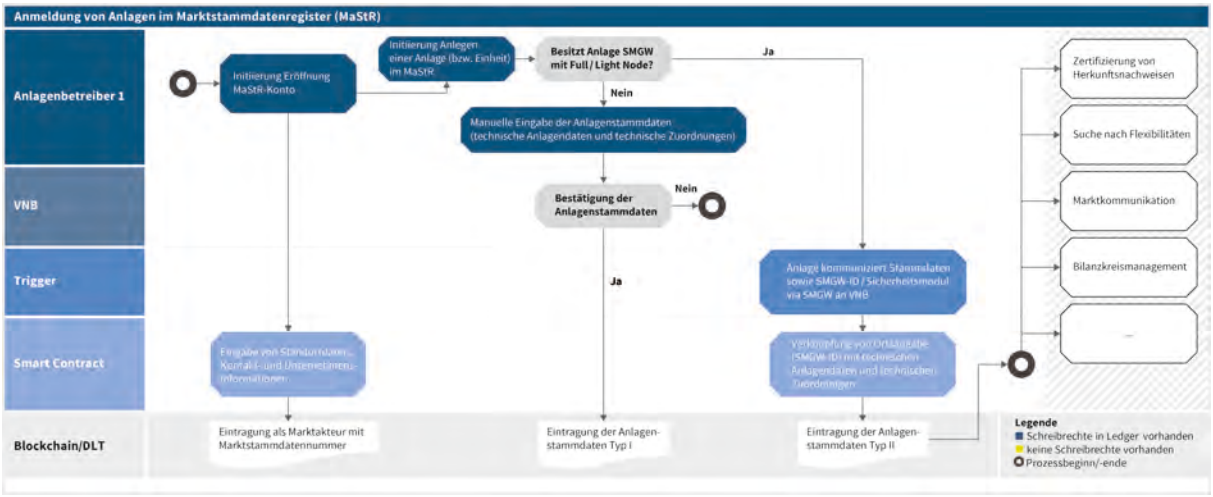
(3) Datenmanagement: Anmeldung von Anlagen im Marktstammdatenregister (MaStR)

Gemäß der deutschen Verordnung über das zentrale elektronische Verzeichnis energiewirtschaftlicher Daten, der sogenannten Marktstammdatenregisterverordnung (MaStRV), sind jede Stromerzeugungsanlage (zum Beispiel auch kleine Balkonanlagen), Gaserzeugungsanlage sowie Stromspeicher zu registrieren, die unmittelbar oder mittelbar in ein Strom- oder Gasnetz einspeisen. Zu registrieren sind auch Stromverbrauchsanlagen, die an ein Hoch- oder Höchstspannungsnetz angeschlossen sind. Die Registrierung der Anlagen mit Daten zu Standort, Kapazität, Bilanzkreis etc. erfolgt in einem Prozess mit diversen Medienbrüchen. Eine automatisierte Anmeldung ist bislang nicht möglich und es gibt lediglich eine Web-Schnittstelle zur Aufnahme und Bereitstellung von Daten.

Die dargestellte Nutzung einer Blockchain für die digitale Verwaltung eines solchen Registers anstatt einer herkömmlichen Datenbank verspricht eine teilautomatisierte Registrierung, Verwaltung und selektive Bereitstellung von Marktstammdaten und, in einem möglichen weiteren Schritt, auch die kontrollierte Übertragung von Bewegungsdaten. Insbesondere die Verbindung eines Smart Meter Gateways (SMGW) mit dem Anlagenregister soll eine sichere und jederzeit elektronisch überprüfbare Authentifizierung (Prüfung der behaupteten Identität) von Anlagen und Geräten ermöglichen. Das Smart Meter Gateway empfängt gemäß

[90] Der Begriff *Hyperledger* fasst Blockchain-Technologien zusammen, die über die Linux Foundation als Open-Source-Lizenz frei zugänglich sind: hyperledger.org (2019)
[91] Vgl. Tabelle 1
[92] Vgl. Tabelle 1
[93] Bewertungsskala: 0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering, 2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß, 5 = sehr groß
[94] Verfügbarkeit alternativer Technologien mit gleichen Eigenschaften bzgl. Robustheit, Sicherheit, Transparenz und Skalierbarkeit
[95] Eigenschaften gemäß der Tabelle 1 (tx/s, Skalierbarkeit, Anzahl Entwickler, Anwendungen, Verfügbarkeit von Dokumentationen, Reddit/Slack-Gruppen etc.)
[96] Bewertungsskala: 0 = sehr hohes Risiko, 1 = hohes Risiko, 2 = mittleres Risiko, 3 = geringes Risiko, 4 = sehr geringes Risiko, 5 = kein Risiko
[97] Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen und Betrieb der Blockchain-/DLT-Lösungen

den Vorgaben des Bundesamts für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) Messdaten von angeschlossenen Einheiten, speichert diese und bereitet sie für Marktakteure auf. In das Smart Meter Gateway ist ein Trusted Platform Module (TPM) integriert[98], welches die Integrität der Hardware des SMGW überwacht. Dieser Kryptochip kann als Vertrauensanker dienen, mit dessen Hilfe eine Vertrauenskette (Trust Chain) für ein komplettes System geschaffen werden kann. Dies verlängert das hohe Sicherheitsniveau des BSI-Systems auch auf Geräte *hinter* dem Zähler (Trust Chain). Das SMGW wird in diesem Anwendungsfall zu einem teilnehmenden Rechner in einer Blockchain (Knoten). Das MaStR ist bereits in Betrieb genommen und erste zertifizierte Smart Meter Gateways sind verfügbar. Sie können folglich in ihrer jetzigen Spezifikation genutzt werden und müssen nicht erst entwickelt oder aufwendig angepasst werden.[99]



Use Case 3: Anmeldung von Anlagen im Marktstammdatenregister (MaStR)

Alleinstellung der Blockchain-/DLT-Lösungen

Bei einer (Teil-)Automatisierung der Anmeldung von Energieerzeugungsanlagen und größeren Lasten an einem Anlagenregister ergibt sich der Mehrwert durch die Verknüpfung einer beweisbaren Geräte-Identifikation mit einem energiewirtschaftlichen Anlagenregister. Diese eindeutige und unveränderliche Geräte- beziehungsweise Anlagenkennung läßt sich dann mittels eines Kryptonetzwerks zwischen der sehr hohen Anzahl von Anlagenbesitzern und Verteilnetzbetreibern sicher ohne eine zentrale Vertrauensinstanz austauschen. Die technische Grundlage ist die Blockchain als eine hochflexible, sichere Vertrauensschicht, auf der zahlreiche bestehende und neue energiewirtschaftliche Ende-zu-Ende-Dienste mittels der eindeutigen, beweisbaren Gerätekennung aufgebaut und verknüpft werden können (vgl. zum Beispiel Use Case Herkunftsnachweise, Lieferantenwechsel, Engpassmanagement etc.) Nach erfolgter Anmeldung von Anlagen im Marktstammdatenregister (MaStR) können Anlagen somit technisch nachweisbar zwischen Märkten und Systemdienstleistungen wechseln und dies in hoher Frequenz. Das Marktstammdatenregister (MaStR) in seiner heutigen technischen Umsetzungsform bietet lediglich eine Web-Schnittstelle zur Aufnahme und Bereitstellung von Daten und ermöglicht damit die beschriebenen Funktionalitäten nicht. Der Anwendungsfall sieht ein Zusammenspiel der drei Komponenten Smart Meter Gateway, Anlagenregister sowie eines Kryptonetzwerkes vor. Für eine Bewertung der Alleinstellung von Blockchain-/DLT-Lösungen im Anwendungsfall ist zunächst dezidiert zu untersuchen, welche alternativen Technologieoptionen wie mit dem Smart Meter Gateway und dem Anlagenregister technisch interagieren können. In Ermangelung entsprechender Machbarkeitsstudien wird die Alleinstellung vorläufig als *mittel* eingestuft.

Technologische Reife geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Die exakten technischen Anforderungen des Anwendungsfalls sind zum Zeitpunkt der Begutachtung noch weitgehend ungeklärt. Ohne eine gründliche Prüfung des im Smart Meter Gateway (SMGW) verbauten Kryptochips lassen sich beispielsweise die Softwareanforderungen bezüglich eines Full- oder Lightnode nur schwer bestimmen. Auch die Sicherheits- und

[98] Ein TPM ermöglicht, dass eine Manipulation der Hard- oder Software festgestellt wird und nur signierte Software auf einem System ausgeführt werden kann. Gemäß den Anforderungen des BSI beschränkt sich das TPM im Gateway aktuell auf die Messung der Systemintegrität des SMGW. Vgl. auch BSI (2019)
[99] Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass eine Einbaupflicht lediglich bei verbrauchsstarken Haushalten (Jahresverbrauch über 6.000 Kilowattstunden), Unternehmen, größeren Erzeugungsanlagen (über 7kW installierte Leistung) und steuerbaren Verbrauchern (Ladepunkte für Elektromobile, Wärmepumpen, Nachtspeicherheizungen) besteht.

Geschwindigkeitsanforderungen des Authentifizierungsprozesses an eine Blockchain lassen sich zum jetzigen Zeitpunkt kaum einschätzen. Eine bereits aus der dargestellten Prozesskette ableitbare technische Anforderung an eine Blockchain kann die Kontrolle des Blockchain-Betreibers über die Validierungsknoten (Forderung nach Authority Nodes) sein. Allerdings ist zu prüfen, ob der Betrieb der Blockchain im Use Case überhaupt jederzeit kontrolliert und gewährleistet werden muss. Insgesamt bleiben die Anforderungen an eine geeignete Blockchain weitgehend unbestimmt und die technologische Reife wird als *gering* bewertet.

Anzahl geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Das Anforderungsprofil des Use Case ist wie zuvor beschrieben bislang unbestimmt. Gleichzeitig ist die zu erwartende Spezifität, zum Beispiel aufgrund der Anforderungen an eine Lightnode-Option, eher hoch. Die Energy Web Chain der EWF verspricht auf Grundlage der bereits absehbaren technischen Anforderungen eine geeignete Wahl zu sein. Die Anzahl geeigneter Blockchain-Lösungen insgesamt wird daher als eher *gering* eingeschätzt.

Erfahrungen bezüglich Umsetzbarkeit/Status der Erprobung

Zumindest im Ansatz vergleichbare Umsetzungserfahrungen liegen in der Energiewirtschaft weltweit bislang nur vereinzelt vor.[100] In anderen Industrien ist das Prinzip eines Vertrauensankers beziehungsweise die Verwendung von Kryptochips oder TPM jedoch üblich.[101] Das deutsche Marktstammdatenregister und der Roll-out von Smart Meter Gateways sind in 2019 gestartet. Die Umsetzungserfahrungen werden daher als *nicht vorhanden* eingeschätzt.

Aufbau von Wechselkosten geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Der automatisierten (Teil-)Anmeldung von Anlagen im Marktstammdatenregister (MaStR) kann in einer Echtzeit-Energiewirtschaft mit Millionen von Marktakteuren und einer hohen Frequenz von Wechseln zwischen Märkten zukünftig eine hohe volkswirtschaftliche Bedeutung zukommen. Hieraus resultiert ein gesellschaftliches Interesse, den Aufbau von Wechselkosten im Rahmen der Anwendung zu verhindern. Das heißt eine Bindung an einen Anbieter mit einer proprietären Technologie ist unwahrscheinlich. Das Risiko für den Aufbau von Wechselkosten wird daher insgesamt als *sehr gering* eingestuft.

Erfüllung der Anforderungen des Use Case bezüglich Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen und Betrieb der Blockchain

Die Anforderungen hinsichtlich der Verantwortlichkeit für die Durchführung von Transaktionen sowie den Betrieb der Blockchain können ohne zusätzliche Informationen lediglich grob bestimmt werden. Sollte eine Kontrolle der Validierungsknoten ebenso erforderlich sein wie ein explizites Zulassungsverfahren für alle Teilnehmer (bezüglich Lese- und Schreibrechten), dann können diese Anforderungen mit der Wahl einer privaten Blockchain erfüllt werden. Dies würde den Vorteil bieten, dass die technische Schnittstelle kollaborativ entwickelt werden könnte und damit eine hohe Qualität sowie Robustheit des Gesamtsystems erreicht werden kann. Sollen hingegen die Interoperabilität und mögliche Erweiterungen der Blockchain im Vordergrund stehen, das heißt die Maximierung potentieller Netzwerkeffekte, dann ist die Eignung einer öffentlichen Blockchain beziehungsweise einer hybriden Form wie die Energy Web Chain der EWF (vgl. Tabelle 1) zu erproben. Zum jetzigen Zeitpunkt ist die Erfüllung der Anforderungen insgesamt mit *mittel* zu bewerten.

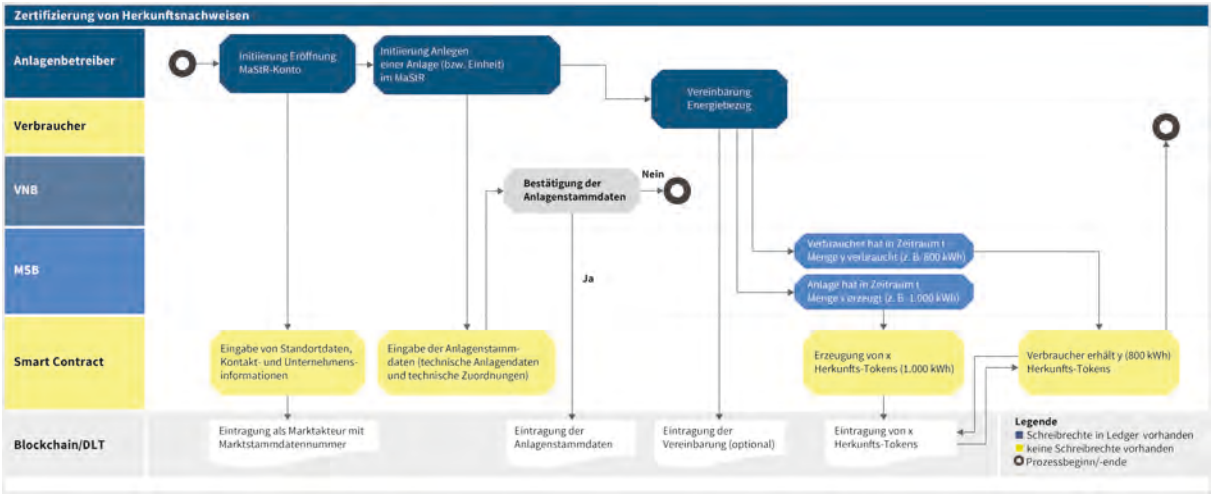
[100] Vgl. Electrons „decentralised asset registration platform“ unter http://www.electron.org.uk/media.html und Deign (2018)
[101] Die Anwendungsbereiche erstrecken sich von Personal Computer und Notebooks über Tablets bis zur Cybersicherheit für vernetzte Autos

Use Case 3

	Punktzahl[102]	Gewichtung	Ergebnis
Alleinstellung der Blockchain-/DLT-Lösungen[103]	3	0,2	0,6
Technologische Reife geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen[104]	2	0,3	0,6
Anzahl geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen	2	0,2	0,4
Erfahrungen bzgl. Umsetzbarkeit/Status der Erprobung	0	0,1	0
Aufbau von Wechselkosten geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen[105]	4	0,1	0,4
Erfüllung der Anforderungen bzgl. Verantwortlichkeit[106]	3	0,1	0,3
			2,3

(4) Datenmanagement: Zertifizierung von Herkunftsnachweisen

Für Strom- und Gasabnehmer ist heute die tatsächliche Herkunft der Energie nicht nachvollziehbar und ein Nachweis erfolgt lediglich über unscharfe, im Nachhinein erworbene Zertifikate. Der Einsatz der Blockchain-Technologie für Nachweise bezüglich Ausgabe, Handel, Verfolgung sowie Einzug von Zertifikaten für Strom oder Biogas aus bestimmten Anlagen erlaubt nun erstmals eine Ende-zu-Ende-Zertifizierung und damit einen „anlagenscharfen" Nachweis. Der Anwendungsfall knüpft an die beweisbare, Blockchain-basierte Authentifizierung mittels Marktstammdatenregister unmittelbar an. Nach Eintragen eines Handelsabschlusses auf einer Blockchain werden für die erzeugten Einheiten auf dem Gateway der registrierten Anlage Token erzeugt und dem Verbraucher übermittelt.



Use Case 4: Zertifizierung von Herkunftsnachweisen

Alleinstellung der Blockchain-/DLT-Lösungen

Die hohe Integration des Anwendungsfalls mit dem Blockchain-basierten Anlagenregister (Use Case 3) führt dazu, dass abweichend von anderen Blockchain-basierten Herkunftsnachweisen für Strom und Gas durch die technisch überprüfbare Registrierung die einzelne energieerzeugende oder -verbrauchende Anlage der Ausgangspunkt der Nachweiskette ist.[107] Gleichzeitig erlaubt eine Blockchain als eine offene, standardisierte Schnittstelle einen sicheren und einfachen Austausch der Herkunftsnachweise

[102] Bewertungsskala: 0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering, 2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß, 5 = sehr groß
[103] Verfügbarkeit alternativer Technologien mit gleichen Eigenschaften bzgl. Robustheit, Sicherheit, Transparenz und Skalierbarkeit.
[104] Eigenschaften gemäß der Tabelle 1 (tx/s, Skalierbarkeit, Anzahl Entwickler, Anwendungen, Verfügbarkeit von Dokumentationen, Reddit/Slack-Gruppen etc.).
[105] Bewertungsskala: 0 = sehr hohes Risiko, 1 = hohes Risiko, 2 = mittleres Risiko, 3 = geringes Risiko, 4 = sehr geringes Risiko, 5 = kein Risiko
[106] Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen und Betrieb der Blockchain-/DLT-Lösungen
[107] Vgl. zum Beispiel das Pilotprojekt Origin der EWF, welches gemeinsam mit PJM in 2019 startet Energy Web Foundation (2018), sowie den Projektbericht der FfE (2018) mit einer Analyse von Blockchain-basierten Herkunftsnachweisen auf S. 93 ff. und ein entsprechendes Projekt des Energieversorgers EnBW.

zwischen einer potentiell beliebig großen Anzahl an Akteuren. Die Notwendigkeit einer zentralen Instanz für die Validierung der Herkunftsnachweise entfällt und die Ausweitung auf andere Staaten oder Domänen wie Logistik oder Finanzindustrie wird möglich. Technisch erlaubt ein Herkunftsnachweis als Token auch eine Verrechnung mit unterschiedlichen Einheiten wie beispielsweise Kilowattstunden oder CO_2-Zertifikaten. Alternative Konzepte für Herkunftsnachweise auf Basis klassischer Datenbanktechnologien erfordern stets ein zentralisiertes Rechtemanagement, was Vertrauen in die entsprechende Instanz erfordert und somit die Verbreitung und Reichweite der Lösung erheblich einschränkt. Der Grad der Alleinstellung wird daher als *sehr groß* eingeschätzt.

Technologische Reife geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Technisch ist es ausreichend, mit dem Anlagenregister (Use Case 3) eine gemeinsame Smart-Contract-Blockchain zu nutzen. Es hat demnach keine Auswirkungen auf die technische Umsetzung des Anwendungsfalls, ob die Anlagendaten händisch oder teilautomatisiert eingegeben werden. Die spezifischen Anforderungen an eine Smart-Contract-Blockchain für den dargestellten Prozess der anlagenscharfen Zertifizierung sind, neben der Funktionalität einer tokenbasierten Verrechnungseinheit, das nicht-transparente Speichern von Daten mit Personenbezug gemäß DSGVO. Beide Kriterien werden von einigen privaten Blockchains erfüllt, ebenso aber auch von öffentlichen, zugangsfreien Smart-Contract-Blockchains wie der Energy Web Chain der EWF, welche optional „geheime“, das heißt nicht für alle einsehbare Smart Contracts (sogenannte Participant Privacy) mittels Zero-Knowledge-Proof-Technologie entwickelt (vgl. Tabelle 1). Den Nachweis der Skalierbarkeit und langfristigen Massentauglichkeit müssen diese Blockchains noch erbringen. Eine weitere Möglichkeit stellt die Pseudonymisierung von Kundendaten durch Abspeichern lediglich eines Verweises auf die Daten in der Blockchain dar. Insgesamt wird die technologische Reife als *mittel* bewertet wird.

Anzahl geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Neben der Energy Web Chain unterstützt auch der Ethereum-Client Parity seit Mitte 2018 private, in diesem Falle besonders aufwendig verschlüsselte Smart Contracts. Private Blockchains wie Hyperledger Fabric bieten ebenfalls unterschiedliche Optionen an.[108] Auch die Anforderung an einen Blockchain-impliziten Token als Verrechnungseinheit für Erzeugungs- und Verbrauchswerte kann durch private Blockchains gewährleistet werden (vgl. Hyperledger Fabric). Eine native Kryptowährung zum externen Austausch ist im Anwendungsfall nicht notwendig. Die Anzahl geeigneter Blockchain-Lösungen kann daher insgesamt als eher *hoch* eingeschätzt werden.

Erfahrungen bezüglich Umsetzbarkeit/Status der Erprobung

Pilotprojekte und Proof of Concepts zu Herkunftsnachweisen gibt es bereits einige.[109] Auch Umsetzungserfahrungen für den Prozess eines *anlagenscharfen* Herkunftsnachweises werden aktuell weltweit gesammelt. Geprüft wird die Realisierbarkeit von Qualitäts- und Herkunftsnachweis mit Hilfe von Smart Contracts.[110] Der Nachweis eines bilanziellen Bezugs von Energiemengen von dedizierten Anlagen ist darüber technisch abbildbar. Herausforderungen stellen dabei das bilanzkreisübergreifende Zusammenspiel der Marktrollen und die Übertragung von abrechnungsrelevanten Zählwertinformationen in die Blockchain dar. Die Erfahrungen werden daher als *mittel* bewertet.

Aufbau von Wechselkosten geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Eine zentrale Anforderung an die Eignung von Blockchains für den Use Case Herkunftsnachweise ist die Interoperabilität mit dem Blockchain-basierten Anlagenregister. Da für dieses wie aufgezeigt die Anbindung an einen Anbieter einer proprietären Technologie nahezu ausgeschlossen werden kann, ist das Risiko für den Aufbau von Wechselkosten im Anwendungsfall Herkunftsnachweis ebenfalls als eher *gering* einzustufen.

[108] Vgl. als Beispiel Benhamouda, Halevi & Halevix (2018)
[109] Vgl. Wood Mackenzie (2018) sowie das Pilotprojekt Origin der Energy Web Foundation (2018), welches gemeinsam mit PJM in 2018 startet.
[110] Das Energieversorgungsunternehmen EnBW prüft nach eigener Aussage aktuell Realisierbarkeit von Qualitäts- und Herkunftsnachweis mit Hilfe von Smart Contracts (Januar 2019).

Erfüllung der Anforderungen des Use Case bezüglich Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen und Betrieb der Blockchain

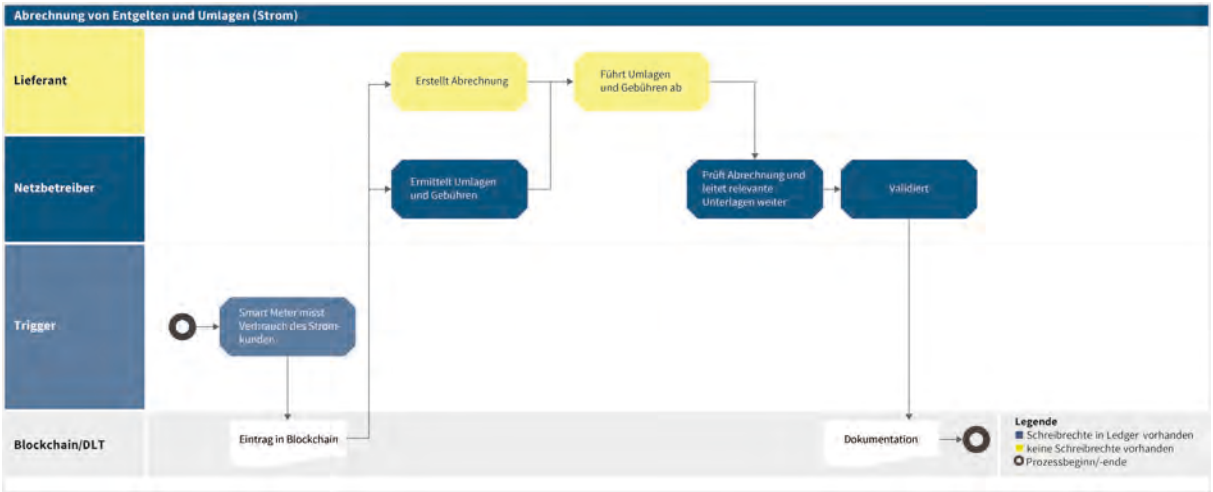
Für energiewirtschaftliche Prozesse wie Energielieferungen, für deren Erfüllung öffentliche Leitungen oder Netze notwendig sind, ist ein verantwortlicher Betreiber der genutzten Informationssysteme zwingend erforderlich. Privat oder mit PoA betriebene öffentliche Blockchains können diesem Erfordernis gerecht werden, die Erfüllung dieser Anforderungen ist daher umfassend und wird als *sehr groß* eingeschätzt.

Use Case 4

	Punktzahl[111]	Gewichtung	Ergebnis
Alleinstellung der Blockchain-/DLT-Lösungen[112]	5	0,2	1
Technologische Reife geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen[113]	3	0,3	0,9
Anzahl geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen	4	0,2	0,8
Erfahrungen bzgl. Umsetzbarkeit/Status der Erprobung	3	0,1	0,3
Aufbau von Wechselkosten geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen[114]	3	0,1	0,3
Erfüllung der Anforderungen bzgl. Verantwortlichkeit[115]	5	0,1	0,5
			3,8

(5) Marktkommunikation: Abrechnung von Entgelten und Umlagen (Strom)

Energiewirtschaftliche Prozesse wie die Abrechnung von Umlagen und Gebühren erfordert einen Datenaustausch zwischen verschiedenen Marktakteuren. Im Anwendungsfall werden die Verbrauchsdaten eines Kunden über ein intelligentes Messsystem (Smart Meter Gateway) in die Blockchain geschrieben. Eine entsprechende Infrastruktur wird im Anwendungsfall vorausgesetzt. Der Lieferant erstellt anschließend die Abrechnung, während der Verteilnetzbetreiber beziehungsweise der Übertragungsnetzbetreiber die Höhe der Umlagen und Gebühren festlegt. Nach Prüfung und Weiterleitung werden die validierten Werte ebenfalls in die Blockchain geschrieben.



Use Case 5: Abrechnung von Entgelten und Umlagen (Strom)

[111] Bewertungsskala: 0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering, 2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß, 5 = sehr groß
[112] Verfügbarkeit alternativer Technologien mit gleichen Eigenschaften bzgl. Robustheit, Sicherheit, Transparenz und Skalierbarkeit
[113] Eigenschaften gemäß der Tabelle 1 (tx/s, Skalierbarkeit, Anzahl Entwickler, Anwendungen, Verfügbarkeit von Dokumentationen, Reddit/Slack-Gruppen etc.)
[114] Bewertungsskala: 0 = sehr hohes Risiko, 1 = hohes Risiko, 2 = mittleres Risiko, 3 = geringes Risiko, 4 = sehr geringes Risiko, 5 = kein Risiko
[115] Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen und Betrieb der Blockchain-/DLT-Lösungen

Alleinstellung der Blockchain-/DLT-Lösungen

Die Automatisierung energiewirtschaftlicher Prozesse wie die Abrechnung von Umlagen und Gebühren ist durch heute verfügbare Datenbank- und Kommunikationstechnologien umsetzbar. Auch die Alleinstellung der Blockchain-Technologie im Anwendungsfall „Abrechnung von Entgelten und Umlagen" durch technologische Alternativen steigt grundsätzlich mit zunehmender Anzahl von Lieferanten, Bilanzkreisverantwortlichen und Verteilnetzbetreibern sowie der weiteren Integration von kleinen und kleinsten Erzeugungseinheiten und Lasten als aktiven Marktteilnehmern. Allerdings wird im Use Case eine Blockchain lediglich als gemeinsame Datenaustauschschicht zwischen Marktakteuren genutzt. Im Kern ist das Teilen von Daten zwischen bekannten Akteuren lediglich eine spezifische Aufgabe mit dem Erfordernis der Skalierbarkeit. Diese kann mit herkömmlichen Datenbanklösungen ebenfalls organisiert werden. Die Alleinstellungsmerkmale von Blockchain-Technologien bezüglich Robustheit, Sicherheit, Transparenz und Skalierbarkeit sind hier nur bedingt erforderlich. Die Verfügbarkeit alternativer Technologien ist hoch und die Alleinstellung der Blockchain-/DLT-Lösungen wird als *nicht vorhanden* bewertet.

Technologische Reife geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Eine wesentliche technologische Anforderung im Anwendungsfall an eine Blockchain ist das Speichern und Lesen der Stromverbrauchsdaten. Diese Anforderung kann grundsätzlich von allen in Tabelle 1 aufgeführten Kryptonetzwerken erfüllt werden. Auch beschränkt sich der Zugang zum Kryptonetzwerk hinsichtlich Lese- und Schreibrechte lediglich auf die Smart Meter, die Stromlieferanten sowie die Netzbetreiber. Das Erfordernis des nichttransparenten Speicherns von Daten mit Personenbezug gemäß DSGVO (vgl. Analyse des Use Case 5 im regulatorischen Gutachten in Teil B.2) lässt sich durch einfache Verschlüsselung von privaten Blockchains sowie durch privat betriebene Klone öffentlicher Blockchains erfüllen. Die Eignung heute verfügbarer Technologieoptionen ist daher sehr hoch.

Anzahl geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Durch die geringe Spezifität des Anforderungsprofils eignen sich nahezu alle in Tabelle 1 aufgeführten Transaktionsdatenbanken. Entsprechend wird die Anzahl verfügbarer Blockchain-Lösungen als *sehr hoch* bewertet.

Erfahrungen bezüglich Umsetzbarkeit/Status der Erprobung

Frei zugängliche Dokumentationen über Pilotprojekte zum Thema Blockchain-basierter Abrechnung von Entgelten und Umlagen liegen dem Gutachter bislang nicht vor. Die konkret verfügbaren und daher auswertbaren Erfahrungen sind aktuell somit *nicht vorhanden*.

Aufbau von Wechselkosten geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Die Möglichkeit des Aufbaus von technischen Wechselkosten ist abhängig von der Art der gewählten Blockchain. Prinzipiell eignen sich nahezu alle Transaktionsdatenbanken in Tabelle 1. Wird eine private Blockchain gewählt, so kann der Betreiber, ein Unternehmen oder ein Konsortium, Wechselkosten für die Nutzer aufbauen. Ebenso kann bei einer privat betriebenen Blockchain, welche nicht lizenzfrei (Open Source) angeboten wird, der Blockchain-Anbieter gegenüber dem Blockchain-Betreiber Wechselhürden errichten. Bei einer öffentlichen Blockchain hingegen besteht hierzu keine Möglichkeit. Da sowohl öffentliche als auch private Blockchains ausgewählt werden können, wird das Risiko für den Aufbau von Wechselkosten insgesamt als *gering* eingestuft.

Erfüllung der Anforderungen des Use Case bezüglich Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen und Betrieb der Blockchain

Energiewirtschaftliche Prozesse wie die Abrechnung von Umlagen und Entgelten erfordern die Abspeicherung von Kundendaten auf Speichersystemen eines verantwortlichen Betreibers. Bei einer öffentlichen Blockchain ist diese Verantwortlichkeit niemandem zugewiesen. Die Haftung für die Sicherstellung von Transaktionen sowie den Blockchain-Betrieb kann im Anwendungsfall nur durch Wahl einer privaten Blockchain beispielsweise aus der Hyperledger-Familie[116], Klonen öffentlicher Blockchains wie Ethereum[117] oder mit öffentlich zugänglichen Open-Source-Blockchains mit Authority Nodes wie der Energy Web Chain der

[116] Vgl. hyperledger.org (2019)
[117] Vgl. Tabelle 1

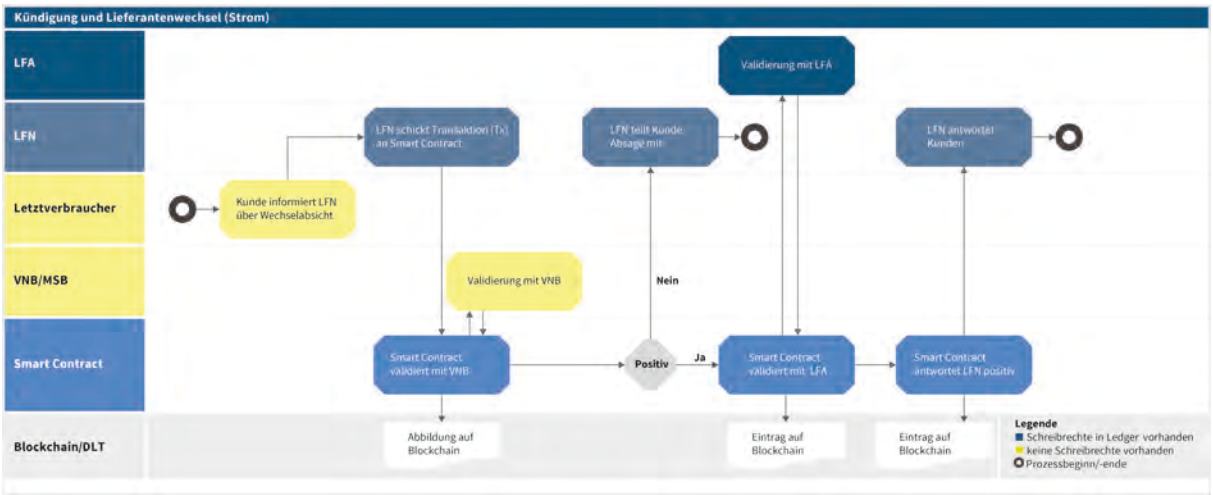
EWF[118] sichergestellt werden. Die Anforderungen des Use Case werden umfassend erfüllt, die Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen und Betrieb wird daher als *sehr groß* eingeschätzt.

Use Case 5

	Punktzahl[119]	Gewichtung	Ergebnis
Alleinstellung der Blockchain-/DLT-Lösungen[120]	0	0,2	0
Technologische Reife geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen[121]	5	0,3	1,5
Anzahl geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen	5	0,2	1
Erfahrungen bzgl. Umsetzbarkeit/Status der Erprobung	0	0,1	0
Aufbau von Wechselkosten geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen[122]	3	0,1	0,3
Erfüllung der Anforderungen bzgl. Verantwortlichkeit[123]	5	0,1	0,5
			3,3

(6) Marktkommunikation: Kündigung und Lieferantenwechsel (Strom)

Ein Wechsel des Stromlieferanten in einem liberalisierten Energiemarkt erfordert einen Nachrichtenaustausch zwischen Marktakteuren. Manuelle Prozessschritte und abweichende Systeme bei den Marktakteuren verhindern bislang eine weiter gehende Prozessautomatisierung. Die Umstellung auf eine Blockchain-basierte Interaktion der Marktteilnehmer erlaubt den Prozess zu verschlanken und Technologie- und Medienbrüche zu reduzieren. Im Anwendungsfall wird die Kommunikation konkret über Smart Contracts realisiert und die Validierung der Daten vereinheitlicht. Berücksichtigt werden die Anmeldung durch den Lieferanten, die Abmeldung durch den Lieferanten sowie die Abmeldung durch den Netzbetreiber wegen Stilllegung und Abmeldeanfrage.



Use Case 6: Kündigung und Lieferantenwechsel (Strom)

Alleinstellung der Blockchain-/DLT-Lösungen

Bei einer geringen Anzahl von Netzbetreibern, Stromlieferanten und wechselwilligen Stromverbrauchern ist der Prozess für den Lieferantenwechsel mittels klassischer Datenbanktechnologien effizient zu automatisieren.[124] Steigt jedoch die Anzahl der Teilnehmer (aktuell in Deutschland ca. 900 VNB und 1.000 Stromlieferanten) sowie der Interaktionen, dann können Blockchains ihr

[118] Vgl. Tabelle 1
[119] Bewertungsskala: 0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering, 2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß, 5 = sehr groß
[120] Verfügbarkeit alternativer Technologien mit gleichen Eigenschaften bzgl. Robustheit, Sicherheit, Transparenz und Skalierbarkeit
[121] Eigenschaften gemäß der Tabelle 1 (tx/s, Skalierbarkeit, Anzahl Entwickler, Anwendungen, Verfügbarkeit von Dokumentationen, Reddit/Slack-Gruppen etc.)
[122] Bewertungsskala: 0 = sehr hohes Risiko, 1 = hohes Risiko, 2 = mittleres Risiko, 3 = geringes Risiko, 4 = sehr geringes Risiko, 5 = kein Risiko
[123] Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen und Betrieb der Blockchain-/DLT-Lösungen
[124] ebUtilities.at (2015)

Alleinstellungsmerkmal bezüglich der Unveränderlichkeit von Einträgen, deren sicheren Austausch sie in einem wenig vertrauensvollen Umfeld ermöglichen, sowie der erhöhten Informationsqualität ausspielen. Die Verfügbarkeit alternativer Technologien beziehungsweise die Alleinstellung der Blockchain- und DLT-Lösungen wird als *mittel* bewertet.

Technologische Reife geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Im Prozess Lieferantenwechsel ist die technische Kontrolle des Verteilnetzbetreibers über die Validierungsknoten oder gar den gesamten Betrieb der Blockchain aus Sicht des Gutachters nicht unmittelbar erforderlich. Es handelt sich um keine primär zeitkritischen Prozesse und die physische Infrastruktur sowie die Versorgungssicherheit sind nicht unmittelbar betroffen. Eine spezifische technische Anforderung an eine Smart-Contract-Blockchain für den dargestellten Prozess des Lieferantenwechsels ist hingegen das nichttransparente Speichern von Daten mit Personenbezug gemäß DSGVO. Das Kriterium erfüllen einige private Blockchains ebenso wie öffentlich zugängliche Smart-Contract-Blockchains wie die Energy Web Chain der EWF, die „geheime", das heißt nicht für alle einsehbare Smart Contracts (sogenannte Participant Privacy) mittels Zero-Knowledge-Proof-Technologie ermöglicht (vgl. Tabelle 1). Auch der Ethereum-Client Parity bietet seit Mitte 2018 private, in diesem Falle besondere verschlüsselte Smart Contracts. Private Blockchains wie Hyperledger Fabric bieten ebenfalls unterschiedliche Optionen an.[125] Den Nachweis der Skalierbarkeit und langfristigen Massentauglichkeit müssen einige der Blockchains (vgl. Status Testnetzwerk in Tabelle 1) noch erbringen, sodass insgesamt die technologische Reife als *hoch* bewertet wird.

Anzahl geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Die zuvor beschriebenen Anforderungen des Use Case erfüllen eine ganze Reihe von Blockchains (vgl. Tabelle 1), sodass die Anzahl geeigneter Blockchain-Lösungen insgesamt als *groß* eingeschätzt wird.

Erfahrungen bezüglich Umsetzbarkeit/Status der Erprobung

Erste Proof of Concepts zum Thema Blockchain-basierter Lieferantenwechsel werden aktuell durchgeführt und Informationen hierzu werden kommuniziert.[126] Die konkret verfügbaren und auswertbaren Erfahrungen sind damit aktuell als *mittel* zu bewerten.

Aufbau von Wechselkosten geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Da öffentliche wie private Blockchains gewählt werden können, wird das Risiko für den Aufbau von Wechselkosten insgesamt als *gering* eingestuft.

Erfüllung der Anforderungen des Use Case bezüglich Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen und Betrieb der Blockchain

Sollten eine Haftung und die Sicherstellung von Transaktionen sowie der Blockchain-Betrieb unmittelbar durch den Netzbetreiber rechtlich notwendig sein, können private Blockchains, Klone öffentlicher Blockchains sowie öffentlich zugängliche Open-Source-Blockchains mit Authority Nodes wie der Energy Web Chain der EWF sichergestellt werden. Die Anforderungen des Use Case werden in jedem Fall umfassend erfüllt und daher als *sehr groß* eingeschätzt.

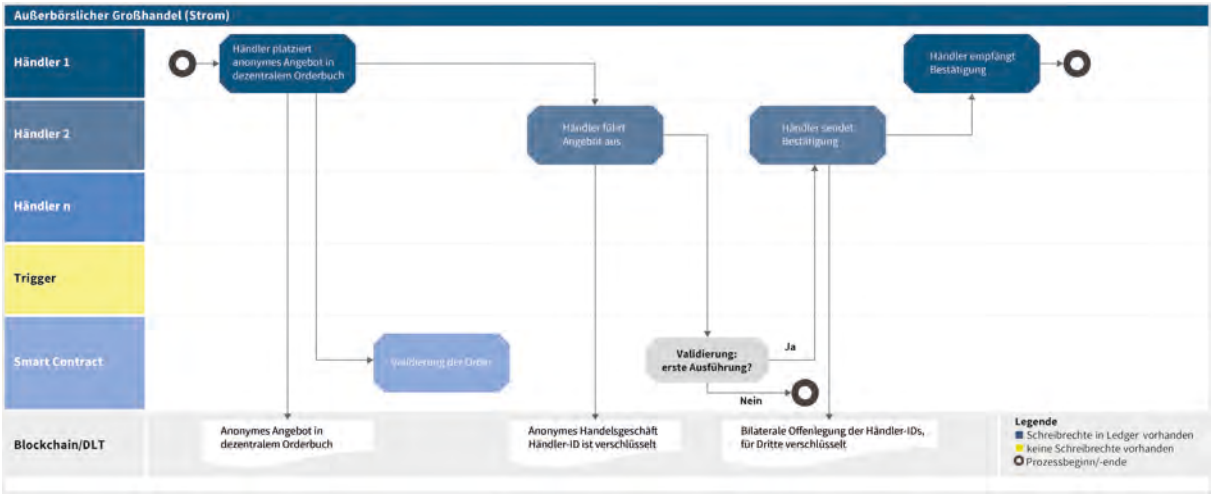
[125] Vgl. beispielhaft Benhamouda, Halevi, & Halevix (2018)
[126] Vgl. hierzu die ETH-Energy (2018)-Initiative sowie die Blockchain-Initiative.de (2019) im EDNA-Bundesverband

Use Case 6

	Punktzahl[127]	Gewichtung	Ergebnis
Alleinstellung der Blockchain-/DLT-Lösungen[128]	3	0,2	0,6
Technologische Reife geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen[129]	4	0,3	1,2
Anzahl geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen	4	0,2	0,8
Erfahrungen bzgl. Umsetzbarkeit/Status der Erprobung	3	0,1	0,3
Aufbau von Wechselkosten geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen[130]	3	0,1	0,3
Erfüllung der Anforderungen bzgl. Verantwortlichkeit[131]	5	0,1	0,5
			3,7

(7) Stromhandel: Außerbörslicher Großhandel

In der dargestellten Prozesskette zum außerbörslichen Großhandel von Strom (OTC) gibt ein Händler anonym ein Gebot in einem dezentralen, Blockchain-basierten Orderbuch auf. Das Gebot des Händlers kann daher nicht nachverfolgt werden. Erst nach der ebenfalls anonymen Ausführung des Gebots erfolgt die gegenseitige Offenlegung des Handelsgeschäfts zwischen den beiden Händlern, ohne dass Dritte die Daten einsehen können. Die Erfüllung des Geschäfts, das heißt die Lieferung, Verbuchung und der Verbrauch des Gutes „Strom“, wird in dieser Umsetzung nicht über die Blockchain abgewickelt.



Use Case 7: Außerbörslicher Großhandel

Alleinstellung der Blockchain-/DLT-Lösungen

Im Anwendungsfall außerbörslicher Großhandel erlaubt eine Blockchain die standardisierte Kommunikation zwischen vielen Marktakteuren und das einfache Teilen von akzeptierten Zuständen, das heißt konkret das Vorliegen von Angeboten und deren Annahme. Handelstransaktionen zwischen sich nicht vertrauenden Akteuren ohne Intermediär in dieser Weise zu automatisieren, dies ist mit alternativen technologischen Ansätze bislang nur mit hohem technischen Aufwand möglich.[132] Die Bewertung der Verfügbarkeit alternativer Technologien wird daher als gering bewertet. Die Alleinstellung ist somit *hoch*.

[127] Bewertungsskala: 0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering, 2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß, 5 = sehr groß
[128] Verfügbarkeit alternativer Technologien mit gleichen Eigenschaften bzgl. Robustheit, Sicherheit, Transparenz und Skalierbarkeit
[129] Eigenschaften gemäß der Tabelle 1 (tx/s, Skalierbarkeit, Anzahl Entwickler, Anwendungen, Verfügbarkeit von Dokumentationen, Reddit/Slack-Gruppen etc.)
[130] Bewertungsskala: 0 = sehr hohes Risiko, 1 = hohes Risiko, 2 = mittleres Risiko, 3 = geringes Risiko, 4 = sehr geringes Risiko, 5 = kein Risiko
[131] Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen und Betrieb der Blockchain-/DLT-Lösungen
[132] Vgl. für eine kritische und umfassende Diskussion Merz (2019), S. 161 sowie 215 ff.

Technologische Reife geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Zu den spezifischen Anforderungen an eine Smart-Contract-Blockchain für den dargestellten Prozess des außerbörslichen Stromhandels zählt neben der Funktionalität des nichttransparenten Speicherns von Angeboten und der tokenbasierten Verrechnung auch die Kontrolle über den Betrieb der Validierungsknoten. Die Geschwindigkeitsanforderungen des Handels übersteigen darüber hinaus die Fähigkeit der öffentlichen Blockchain Ethereum, eine Blockchain wie NEO verspricht diese Anforderungen zu erfüllen (vgl. Tabelle 1). Sämtliche Kriterien können aktuell private beziehungsweise konsortial betriebene Blockchains wie Tendermint oder Hyperledger Fabric erfüllen. Das gut dokumentierte Projekt Enerchain zeigt die Umsetzung einer mit der dargestellten Prozesskette vergleichbaren Blockchain-Anwendung, die mit Tendermint umgesetzt wurde.[133] Die technologische Reife wird als *sehr hoch* eingeschätzt.

Anzahl geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Öffentliche Blockchains scheiden derzeit wie beschrieben für den Use Case aus. Da einige wenige weitere Blockchain-Technologien zur Verfügung stehen (vgl. Tabelle 1), wird die Anzahl geeigneter Blockchain-Lösungen daher insgesamt als *mittel* eingeschätzt.

Erfahrungen bezüglich Umsetzbarkeit/Status der Erprobung

Das europäische Projekt *Enerchain* erprobt eine Blockchain-basierte Softwarelösung für den außerbörslichen Stromgroßhandel. Der Status der technischen Erprobung hat nach Aussage der Betreiber nach mehreren Monaten andauernden Live Trades mit 40 Teilnehmern Anfang 2019 nahezu Marktreife erreicht. Das Projekt ist umfassend dokumentiert [134] Die Erfahrungen sind daher gemessen in Anzahl an Pilotprojekten gering, können aber bewertet nach Tiefe der verwertbaren Erfahrungen insgesamt als *groß* eingeschätzt werden.

Aufbau von Wechselkosten geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Der Aufbau von technischen Wechselkosten ist im Fall der Wahl einer im Konsortium betriebenen, zugangsbeschränkten Blockchain möglich. Ist der Nutzerkreis geschlossen und Betreiber der Validierungsknoten sind Nutzer, dann fallen potentielle Wechselkosten eher geringer aus. Wird allerdings eine gewählte Open-Source-Blockchain von einem Softwaredienstleister proprietär weiterentwickelt (s. Hyperledger Fabric und Tendermint), dann können unmittelbar und beträchtliche Wechselkosten entstehen. Das Risiko für den Aufbau von Wechselkosten wird als *hoch* eingeschätzt.

Erfüllung der Anforderungen des Use Case bezüglich Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen und Betrieb der Blockchain

Private beziehungsweise konsortial betriebene Blockchains werden dem Erfordernis der Verantwortlichkeit für die Durchführung von Transaktionen und dem Betrieb des Informationssystems Blockchain gerecht. Daher wird die Erfüllung der Anforderungen insgesamt mit umfassend bewertet und die Verantwortlichkeit als *sehr groß* eingeschätzt.

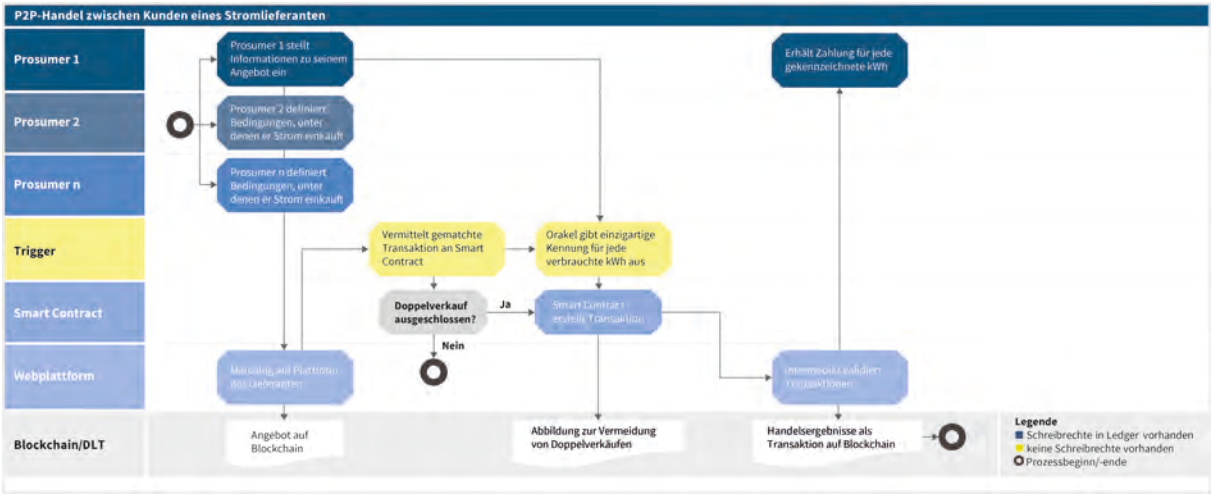
[133] enerchain.ponton.de (2018)
[134] Vgl. Merz (2019), enerchain.ponton.de (2018)

Use Case 7

	Punktzahl[135]	Gewichtung	Ergebnis
Alleinstellung der Blockchain-/DLT-Lösungen[136]	4	0,2	0,8
Technologische Reife geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen[137]	5	0,3	1,5
Anzahl geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen	3	0,2	0,6
Erfahrungen bzgl. Umsetzbarkeit/Status der Erprobung	4	0,1	0,4
Aufbau von Wechselkosten geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen[138]	1	0,1	0,1
Erfüllung der Anforderungen bzgl. Verantwortlichkeit[139]	5	0,1	0,5
			3,9

(8) Stromhandel: P2P-Handel zwischen Kunden eines Stromlieferanten

Ein Stromhandel zwischen Kunden eines Stromlieferanten oder Bilanzkreisverantwortlichen wird im Anwendungsfall über eine Online-Handelsplattform umgesetzt. Auf dieser können beispielsweise lokale Ökostromanbieter ihr Angebot einstellen und verkaufen. Lokale Nachfrager können wiederum die Zusammenstellung ihres Strombezugs über die Plattform wählen. Der Plattformbetreiber ist zwingend der Stromlieferant für alle Nachfrager. Die Handelsplattform kann von einem Stromlieferanten für seine Kunden auch unabhängig von ihrem Wohnort angeboten werden. Im Rahmen eines solchen Community-Ansatzes können Stromkunden mit PV-Dachanlagen oder Heimspeichern Strom national mit Nachfragern des Stromlieferanten austauschen. Mit der Blockchain-Technologie wird insbesondere gewährleistet, dass kein Doppelverkauf von Solar- oder Windstrom erfolgt.



Use Case 8: P2P-Handel zwischen Kunden eines Stromlieferanten

Alleinstellung der Blockchain-/DLT-Lösungen

Für die Vermarktung von zum Beispiel lokal erzeugtem Grünstrom an lokale Abnehmer wird die Blockchain-Technologie nicht zwingend benötigt. Herkömmliche Datenbanklösungen sind hierfür ausreichend. Allerdings kann der Nachweis über das Einhalten des Doppelvermarktungsverbotes über eine Blockchain besonders sicher, schnell und kostengünstig geführt werden. Technische Synergie-Effekte ergeben sich für den Betreiber einer Blockchain-basierten Plattform, die seinen Kunden den Handel untereinander erlaubt, vor allem durch die Erweiterung um die Blockchain-basierten Anwendungsfälle Herkunftsnachweise (Use Case 4), Abrechnung von Entgelten und Abgaben (Use Case 5), Mieterstrom (Use Case 10) oder Anmelden von Anlagen im

[135] Bewertungsskala: 0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering, 2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß, 5 = sehr groß
[136] Verfügbarkeit alternativer Technologien mit gleichen Eigenschaften bzgl. Robustheit, Sicherheit, Transparenz und Skalierbarkeit
[137] Eigenschaften gemäß der Tabelle 1 (tx/s, Skalierbarkeit, Anzahl Entwickler, Anwendungen, Verfügbarkeit von Dokumentationen, Reddit/Slack-Gruppen etc.)
[138] Bewertungsskala: 0 = sehr hohes Risiko, 1 = hohes Risiko, 2 = mittleres Risiko, 3 = geringes Risiko, 4 = sehr geringes Risiko, 5 = kein Risiko
[139] Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen und Betrieb der Blockchain-/DLT-Lösungen

Marktstammdatenregister (Use Case 3). Nach wie vor muss jedoch auch beim P2P-Handel berücksichtigt werden, dass gegebenenfalls das Netz genutzt wird und die verursachten Kosten getragen werden müssen. Es ist aktuell nicht abzuschätzen, inwiefern das derzeitige Solidaritätsprinzip in der Kostenverteilung politisch aufgegeben oder verändert wird. Insgesamt wird die Alleinstellung des dargestellten Falls als *mittel* eingestuft.

Technologische Reife geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Im Anwendungsfall P2P-Handel zwischen Kunden eines Stromlieferanten ist der Stromlieferant Bilanzkreisverantwortlicher und kann als Plattformbetreiber frei festlegen, welche Informationen für wen auf der genutzten Blockchain einsehbar sind. Sämtliche Anforderungen bezüglich Geschwindigkeit, Sicherheit oder Governance erfüllen aktuelle Blockchain-Technologien. Die Reife wird daher als *groß* bewertet.

Anzahl geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Die beschriebenen Anforderungen des Use Case erfüllen sehr viele Blockchains (vgl. Tabelle 1), sodass die Anzahl geeigneter Blockchain-Lösungen insgesamt als *sehr groß* eingeschätzt wird.

Erfahrungen bezüglich Umsetzbarkeit/Status der Erprobung

Einige Blockchain-basierte Anwendungen mit großer Ähnlichkeit zum dargestellten Fall sind bereits im Markt und werden erprobt.[140] Die Erfahrungen können daher als *sehr groß* bewertet werden.

Aufbau von Wechselkosten geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Wie aufgezeigt wird der Bilanzkreisverantwortliche als Plattformbetreiber eine private, zugangsbeschränkte Blockchain oder den Klon einer öffentlichen Blockchain mit Authority Nodes wählen. Für Nutzer werden in diesem Fall Wechselkosten durch die Bindung an die proprietäre Plattform des Anbieters erzeugt. Der Plattformbetreiber kann den Betrieb der Blockchain auch an einen Dritten auslagern. Hier entstehen für den Plattformbetreiber dann Wechselkosten, wenn der Anbieter eine proprietäre, nicht lizenzfreie Blockchain auswählt. Insgesamt wird das Risiko für den Aufbau von Wechselkosten als *gering* eingestuft.

Erfüllung der Anforderungen des Use Case bezüglich Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen und Betrieb der Blockchain

Die Erfüllung der Anforderungen bezüglich der Verantwortlichkeit des Use Case lassen sich durch die zur Verfügung stehenden Blockchains umfassend erfüllen. So kann ein Blockchain-Betreiber durch die Nutzung einer privaten Blockchain oder eines privat betriebenen Klons einer öffentlichen Blockchain sicherstellen, dass nur durch ihn zugelassene Nutzer Lese- und Schreibrechte auf der Blockchain erhalten und er den technischen Betrieb sicherstellen kann. Die Erfüllung des Kriteriums wird daher als *sehr groß* eingeschätzt.

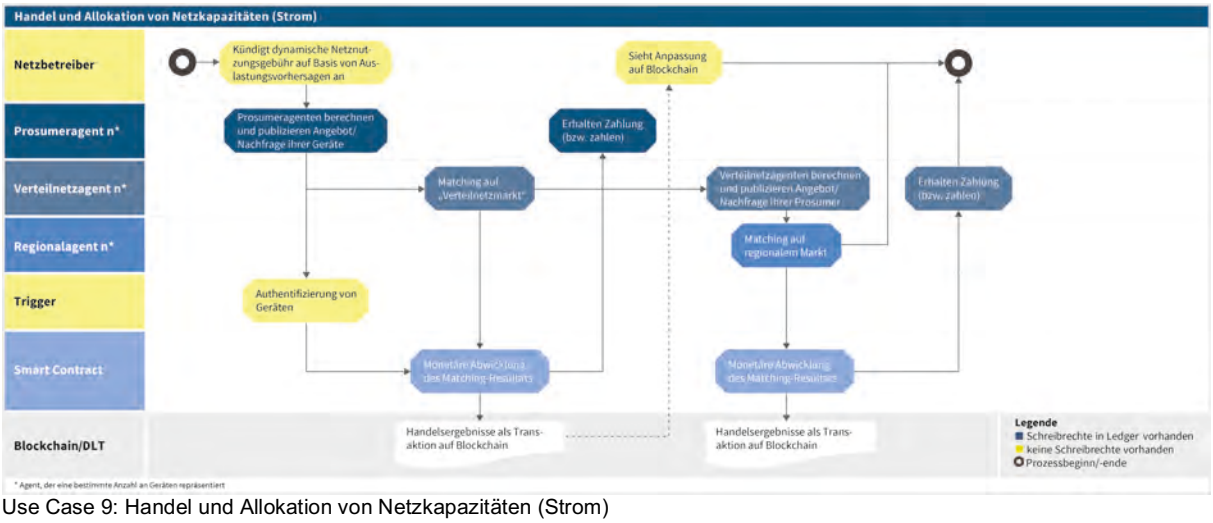
[140] Vgl. unter anderem enyway (2018), die Kooperation von Energy2market GmbH (e2m), lition (2019); die Blockchain-Plattform Swytch (CO_2-Nachweis): swytch (2019) sowie das WSW-Produkt Tal.Markt: WSW (2018). Die Sonnen GmbH bietet wiederum ein bilanzielles Teilen des Stroms innerhalb der Mitglieder ihrer sonnenCommunity an: sonnen (2019)

Use Case 8

	Punktzahl[141]	Gewichtung	Ergebnis
Alleinstellung der Blockchain-/DLT-Lösungen[142]	3	0,2	0,6
Technologische Reife geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen[143]	4	0,3	1,2
Anzahl geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen	5	0,2	1
Erfahrungen bzgl. Umsetzbarkeit/Status der Erprobung	5	0,1	0,5
Aufbau von Wechselkosten geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen[144]	3	0,1	0,3
Erfüllung der Anforderungen bzgl. Verantwortlichkeit[145]	5	0,1	0,5
			4,1

(9) Stromhandel: Handel und Allokation von Netzkapazitäten (Strom)

In diesem zukunftsorientieren Anwendungsfall passt der Verteilnetzbetreiber oder ein beauftragter Handelsplatzbetreiber die Netznutzungsgebühr auf Basis aktueller Auslastungsvorhersage dynamisch an. Lokale Stromverbraucher sowie -erzeuger werden auf diese Weise zu einem netzdienlichen Verhalten angereizt. Abweichend vom Use Case 1 „Engpassmanagement in Elektrizitätsnetzen (E-Mobilität)“ wird der marktliche Handel, der hier auf einem lokalen Markt innerhalb eines Verteilnetzgebietes erfolgt, nicht unmittelbar eingeschränkt, sondern die Netzentgeltkomponente des Endverbraucherpreises als mittelbarer Steuerungsmechanismus genutzt. Im Rahmen des automatisierten Prozesses interagieren Softwareagenten des Verteilnetzbetreibers und der Prosumer miteinander und über Smart Contracts wird die monetäre Abwicklung vorgenommen. Die Handelsergebnisse werden als Transaktion auf der Blockchain festgehalten.



Use Case 9: Handel und Allokation von Netzkapazitäten (Strom)

Alleinstellung der Blockchain-/DLT-Lösungen

Der insgesamt hohe Automatisierungsgrad, die Nutzung von Softwareagenten aufseiten des Verteilnetzbetreibers und der Prosumer sowie die monetäre Abwicklung über Smart Contracts verlangen eine herausfordernde Einbindung der Blockchain-Lösung in dieses Szenario. Gerade für die vorgesehenen Blockchain-Funktionalitäten im Anwendungsfall, Smart-Contract-Ausführung und das sichere Teilen von Zuständen, liegen dem Gutachter keine Informationen über ein Konzept auf Basis alternativer

[141] Bewertungsskala: 0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering, 2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß, 5 = sehr groß
[142] Verfügbarkeit alternativer Technologien mit gleichen Eigenschaften bzgl. Robustheit, Sicherheit, Transparenz und Skalierbarkeit
[143] Eigenschaften gemäß der Tabelle 1 (tx/s, Skalierbarkeit, Anzahl Entwickler, Anwendungen, Verfügbarkeit von Dokumentationen, Reddit/Slack-Gruppen etc.)
[144] Bewertungsskala: 0 = sehr hohes Risiko, 1 = hohes Risiko, 2 = mittleres Risiko, 3 = geringes Risiko, 4 = sehr geringes Risiko, 5 = kein Risiko
[145] Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen und Betrieb der Blockchain-/DLT-Lösungen

Technologien zu einer Blockchain vor. Die Verfügbarkeit alternativer Technologien wird daher als sehr gering bewertet, die Alleinstellung ist somit *sehr hoch*.

Technologische Reife geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Die Anforderungen an die Kontrolle des Verteilnetzbetreibers über die verwendete Blockchain unterscheiden sich im Anwendungsfall vom Use Case 1 „Asset Management: Engpassmanagement in Elektrizitätsverteilernetzen". Da die Netzentgeltkomponente des Endverbraucherpreises lediglich als mittelbarer Steuerungsmechanismus genutzt wird, das heißt der marktliche Handel nicht unmittelbar eingeschränkt wird[146], und weitere netzstützende Maßnahmen durch den Verteilnetzbetreiber bereitgehalten werden müssen, ist der Betrieb des Informationssystems Blockchain durch Dritte möglich. Die Anforderungen an die Anzahl möglicher Transaktionen pro Sekunde sind für diesen Anwendungsfall aufgrund der geringeren Vorlaufzeiten als im Use Case 1 als gering bis mittel zu bewerten. Auch die Skalierbarkeit kann entsprechend durch verschiedene verfügbare Blockchain-Lösungen sichergestellt werden. Insgesamt erfordert eine exakte Bewertung der spezifischen Anforderungen mehr Informationen im Rahmen von Machbarkeitsstudien. Die technologische Reife von Blockchain-Technologien für den Anwendungsfall wird in diesem frühen Stadium daher vorsichtig als mittel eingeschätzt.

Anzahl geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Für den Anwendungsfall eignen sich wie im Use Case 1 zum einen privat betreibbare Blockchains aus der Hyperledger-Familie[147] sowie Klone öffentlicher Blockchains wie Ethereum[148]. Letztere können ebenso wie die Energy Web Chain der EWF[149] hybrid betrieben werden in dem Sinne, dass die Nutzung der Blockchain grundsätzlich offen ist für jeden Teilnehmer. Die Anzahl verfügbarer Blockchain-Lösungen wird als *hoch* bewertet.

Erfahrungen bezüglich Umsetzbarkeit/Status der Erprobung

Der Anwendungsfall wurde in Form der beschriebenen Prozesskette noch nicht erprobt. Vergleichbare Ansätze mit dem Element einer Netznutzungskomponente auf Verteilnetzebene werden aktuell erprobt.[150] Ergebnisse oder Auswertungen liegen jedoch bislang noch nicht in veröffentlichter Form vor und die Erfahrungen werden damit als noch *nicht vorhanden* eingestuft.

Aufbau von Wechselkosten geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Verteilnetzbetreiber oder Dritte können wie bereits beschrieben auch Open-Source-Blockchains für den Anwendungsfall Engpassmanagement nutzen. Das Risiko der Bindung an einen Anbieter kann der Handelsplatzbetreiber damit selbst bestimmen. Nutzer wiederum sehen sich einem regulierten und kontrollierten Verteilnetzbetreiber gegenüber, sodass das Risiko für den Aufbau von Wechselkosten insgesamt als sehr gering bewertet wird.

Erfüllung der Anforderungen des Use Case bezüglich Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen und Betrieb der Blockchain

Die bereits identifizierbaren Anforderungen des Anwendungsfalls an die Haftung für den Betrieb und Ablauf der gewählten Blockchain unterscheiden sich im Anwendungsfall vom Use Case 1 „Asset Management: Engpassmanagement in Elektrizitätsverteilernetzen": Der Betrieb des Informationssystems Blockchain durch Dritte ist in Use Case 9 grundsätzlich möglich, da der Netzbetreiber jederzeit weitere netzstützende Maßnahmen bereithalten muss und die dynamischen Netzentgelte kein unmittelbar zeit- und systemkritisches Instrument darstellen. Empirisch zu überprüfen sind theoretisch mögliche Wechselwirkungen mit anderen Marktmechanismen und Systemdienstleistungen. Die Erfüllung der Anforderungen des Use Case wird als sehr groß eingeschätzt.

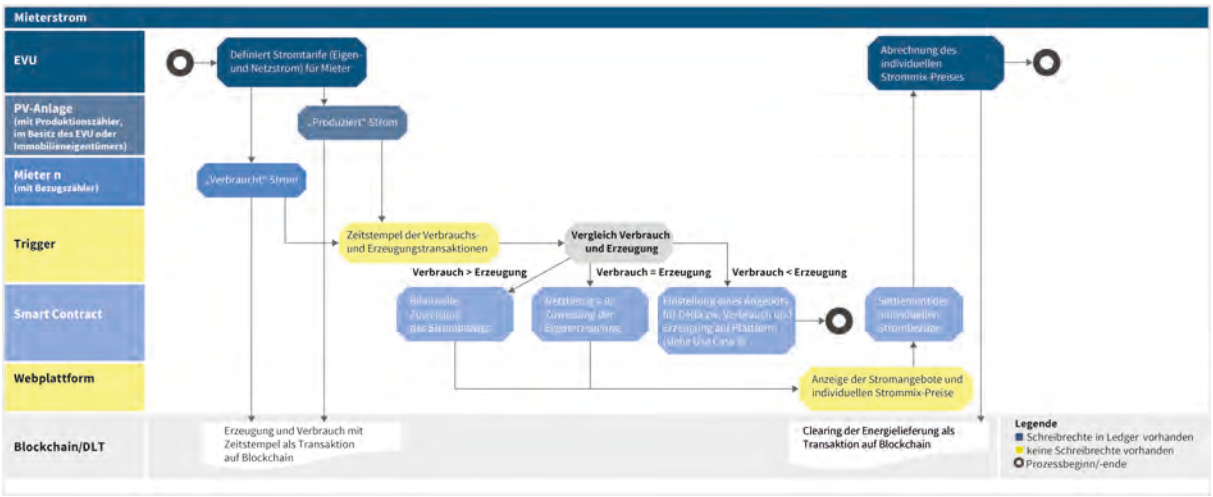
[146] Vgl. das sog. BDEW-Ampelkonzept. Hiernach adressiert der vorgeschlagene Anwendungsfall die Grün-Phase: BDEW (2017)
[147] Der Begriff *Hyperledger* fasst Blockchain-Technologien zusammen, die über die Linux Foundation als Open-Source-Lizenz frei zugänglich sind hyperledger.org (2019)
[148] Vgl. Tabelle 1
[149] Vgl. Tabelle 1
[150] Vgl. insbesondere das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderte Pebbles Projekt (2019)

Use Case 9

	Punktzahl[151]	Gewichtung	Ergebnis
Alleinstellung der Blockchain-/DLT-Lösungen[152]	5	0,2	1
Technologische Reife geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen[153]	3	0,3	0,9
Anzahl geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen	4	0,2	0,8
Erfahrungen bzgl. Umsetzbarkeit/Status der Erprobung	0	0,1	0
Aufbau von Wechselkosten geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen[154]	4	0,1	0,4
Erfüllung der Anforderungen bzgl. Verantwortlichkeit[155]	5	0,1	0,5
			3,6

(10) Stromhandel: Mieterstrom

Die Blockchain-basierte Interaktion zwischen Kunden und Besitzer eines Mieterstromobjekts strebt eine Optimierung lokaler Ressourcen, das heißt einen möglichst hohen Verbrauch lokal erzeugten Stroms an. Im Anwendungsfall befindet sich die PV-Anlage zum Beispiel im Besitz des Stromversorgers oder des Immobilieneigentümers. Im Messkonzept sind neben der Stromerzeugungsanlage auch drittbelieferte Mieter zu berücksichtigen, was die Abrechnung zwischen den Beteiligten (Mieter, Stromlieferant, Anlagenbesitzer, Netzbetreiber beziehungsweise Messstellenbetreiber) komplex werden lässt. Das abgebildete Szenario erlaubt aus technisch-konzeptioneller Sicht eine einfache Erweiterung um hausinterne und externe Transaktionen zwischen Stromspeichern, Ladestationen von Elektro-Automobilen oder PV-Balkonanlagen.



Use Case 10: Mieterstrom

Alleinstellung der Blockchain-/DLT-Lösungen

Die Messkonzepte für Mieterstrom-Anwendungen machen aufgrund potentieller drittbelieferter Mieter sowie der hohen Zahl der Akteure eine Anpassung der Abrechnungssysteme des Lieferanten oder den Erwerb einer spezifischen Softwarelösung für Mieterstrom notwendig. Die Blockchain-Technologie weist als Differenzierungskriterium zu alternativen Technologien insbesondere die sichere und transparente Aufschlüsselung der verbrauchten und erzeugten Strommengen sowie deren einfachen Austausch und Weiterverwendung auf. Diese ist auch die Schnittstelle für die Erweiterung des Anwendungsfalls und notwendig für die

[151] Bewertungsskala: 0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering, 2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß, 5 = sehr groß
[152] Verfügbarkeit alternativer Technologien mit gleichen Eigenschaften bzgl. Robustheit, Sicherheit, Transparenz und Skalierbarkeit.
[153] Eigenschaften gemäß der Tabelle 1 (tx/s, Skalierbarkeit, Anzahl Entwickler, Anwendungen, Verfügbarkeit von Dokumentationen, Reddit/Slack-Gruppen etc.).
[154] Bewertungsskala: 0 = sehr hohes Risiko, 1 = hohes Risiko, 2 = mittleres Risiko, 3 = geringes Risiko, 4 = sehr geringes Risiko, 5 = kein Risiko
[155] Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen und Betrieb der Blockchain-/DLT-Lösungen

Bildung einer offenen Schnittstelle zu den Anwendungsfällen Markstammdatenregister Use Case 3), Herkunftsnachweise (Use Case 4), P2P-Handel zwischen Kunden eines Stromlieferanten (Use Case 8) sowie Shared Investments bei externem Mieterstrom (Use Case 11). Eine hausinterne Handelsplattform kann auch als Grundlage für den Handel zwischen Immobilien in einem Quartier dienen. Die Alleinstellung einer Blockchain-Lösung gegenüber spezifischen Softwarelösungen für Mieterstrom erhöht zwar bei Erweiterung des Anwendungsfalls. Dennoch ist die Verfügbarkeit alternativer Technologien für den dargestellten Fall hoch und die Alleinstellung der Blockchain-Technologie somit *gering*.

Technologische Reife geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Die technologischen Anforderungen des Anwendungsfalls können heute von nahezu allen in Tabelle 1 aufgeführten Smart-Contract-Plattformen erfüllt werden. Es sind keine technischen Voraussetzungen wie beispielsweise eine besonders hohe Transaktionsanzahl pro Sekunde für die Umsetzung des Use Case erkennbar, die eine bedeutende Technologie-Weiterentwicklung bedingt. Die Eignung heute verfügbarer Technologieoptionen ist daher *sehr hoch*.

Anzahl geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Durch die geringe Spezifität des Anforderungsprofils eignen sich die meisten der in Tabelle 1 aufgeführten Smart-Contract-Plattformen. Entsprechend wird die Anzahl der verfügbaren Blockchain-Lösungen als *sehr hoch* bewertet.

Erfahrungen bezüglich Umsetzbarkeit/Status der Erprobung

Die Bandbreite der Umsetzung reicht von ersten Pilotprojekten[156] und Produkten[157], die im Markt erprobt werden, über Forschungsprojekte[158] zu Projektberichten[159]. Öffentlich zugängliche Erfahrungsberichte oder wissenschaftlich dokumentierte Fallstudien liegen dem Gutachter bislang nicht vor. Die konkret verfügbaren und auswertbaren Erfahrungen sind aktuell als *mittel* zu bewerten.

Aufbau von Wechselkosten geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Die Möglichkeit des Aufbaus von technischen Wechselkosten ist abhängig von der Art der gewählten Blockchain: Wird eine private Blockchain gewählt, dann kann der Betreiber (ein Unternehmen oder ein Konsortium) Wechselkosten für die Nutzer aufbauen. Ebenso kann bei einer privat betriebenen Blockchain, die nicht lizenzfrei (Open Source) angeboten wird, der Blockchain-Anbieter gegenüber dem Blockchain-Betreiber Wechselhürden errichten. Bei einer öffentlichen Blockchain hingegen besteht hierzu keine Möglichkeit. Grundsätzlich können öffentliche wie private Blockchains gewählt werden. Mieterstrom-Konzepte unterliegen eindeutigen energiewirtschaftlichen Regelungen wie der Diskriminierungsfreiheit. Das Risiko für den Aufbau von Wechselkosten wird insgesamt als *gering* eingestuft.

Erfüllung der Anforderungen des Use Case bezüglich Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen und Betrieb der Blockchain

Das im Anwendungsfall notwendige Niveau der Verantwortlichkeit für die Durchführung von Transaktionen kann durch private wie öffentliche Blockchains sichergestellt werden. Daher wird die Erfüllung der Anforderungen insgesamt mit umfassend bewertet und als *sehr groß* eingeschätzt.

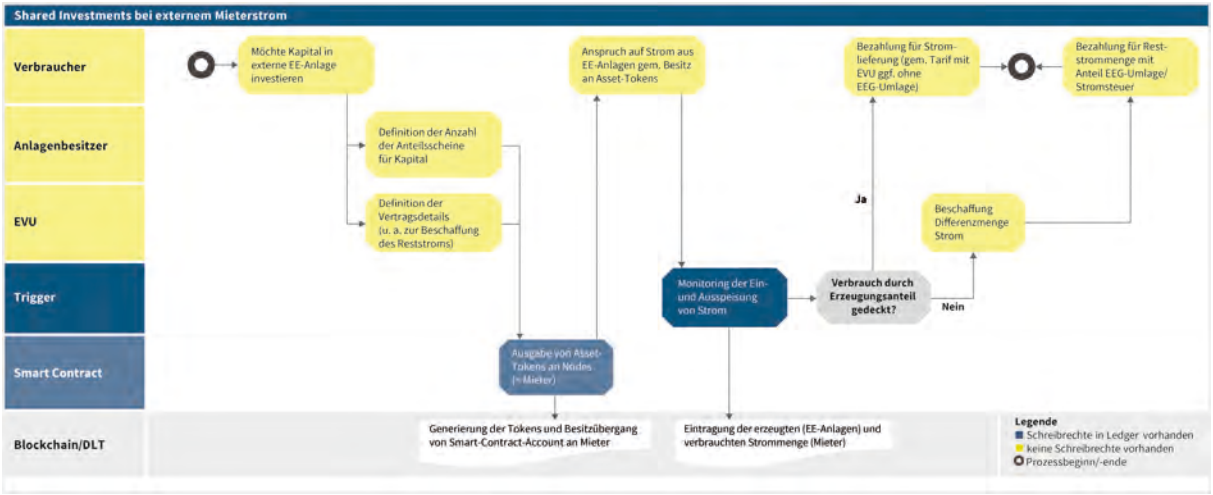
[156] Vgl. hierzu discovergy.com (2018)
[157] Vgl. hierzu StromDAO (2019)
[158] Vgl. das vom BMWi geförderte Leuchtturmprojekt EnStadt:Pfaff (2019)
[159] Vgl. FfE (2018)

Use Case 10

	Punktzahl[160]	Gewichtung	Ergebnis
Alleinstellung der Blockchain-/DLT-Lösungen[161]	2	0,2	0,4
Technologische Reife geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen[162]	5	0,3	1,5
Anzahl geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen	5	0,2	1
Erfahrungen bzgl. Umsetzbarkeit/Status der Erprobung	3	0,1	0,3
Aufbau von Wechselkosten geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen[163]	3	0,1	0,3
Erfüllung der Anforderungen bzgl. Verantwortlichkeit[164]	5	0,1	0,5
			4,0

(11) Finanzierung und Tokenization: Shared Investments bei externem Mieterstrom

Eine Erweiterung des Blockchain-Anwendungsfalls Mieterstrom (Use Case 10) ist die (Teil-)Deckung des Reststrombezugs durch Zukauf von externer Energiekapazität. Verbraucher erwerben Anteile an einer EEG-Anlage außerhalb der Immobilie beziehungsweise des Quartiers und erhalten im Gegenzug Asset-Token. Diese verbriefen einen entsprechenden Anspruch auf in dieser Anlage erzeugten Strom, die EEG-Umlage und die Stromsteuer können entfallen. Für die Gleichzeitigkeit von Erzeugung und Bezug sind digitale Stromzähler und geeignete Messkonzepte ebenso notwendig wie eine entsprechende Softwarelösung zur Dokumentation und Durchführung.



Use Case 11: Shared Investments bei externem Mieterstrom

Alleinstellung der Blockchain-/DLT-Lösungen

Eine Blockchain erlaubt die digitale, sichere Verbriefung des Anspruchs auf Strombezug aus einer externen Anlage sowie den automatisierten Abgleich von Stromerzeugung und Strombezug. Mittels alternativer Technologien kann dies in dieser Form nur mit deutlich höherem technischen Aufwand erreicht werden, sodass die Alleinstellung der Technologie als *sehr hoch* bewertet wird.

[160] Bewertungsskala: 0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering, 2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß, 5 = sehr groß
[161] Verfügbarkeit alternativer Technologien mit gleichen Eigenschaften bzgl. Robustheit, Sicherheit, Transparenz und Skalierbarkeit
[162] Eigenschaften gemäß der Tabelle 1 (tx/s, Skalierbarkeit, Anzahl Entwickler, Anwendungen, Verfügbarkeit von Dokumentationen, Reddit/Slack-Gruppen etc.)
[163] Bewertungsskala: 0 = sehr hohes Risiko, 1 = hohes Risiko, 2 = mittleres Risiko, 3 = geringes Risiko, 4 = sehr geringes Risiko, 5 = kein Risiko
[164] Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen und Betrieb der Blockchain-/DLT-Lösungen

Technologische Reife geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Ähnlich wie im Anwendungsfall *Mieterstrom* können die technologischen Anforderungen von nahezu allen in Tabelle 1 aufgeführten Smart-Contract-Plattformen erfüllt werden. Es sind keine spezifischen technischen Voraussetzungen wie beispielsweise eine besonders hohe Transaktionsanzahl pro Sekunde für die Umsetzung des Use Case erkennbar, die eine bedeutende technologische Weiterentwicklung bedingen würde. Die Auswahl an Blockchain-Technologien wird allerdings eingeschränkt durch die Notwendigkeit, Daten mit Personenbezug DSGVO-konform abzuspeichern. Dieses Kriterium erfüllen einige private Blockchains ebenso wie öffentliche Smart-Contract-Blockchains wie die Energy Web Chain der EWF, die „geheime", das heißt nicht für alle einsehbare Smart Contracts (sogenannte Participant Privacy) mittels Zero-Knowledge-Proof-Technologie entwickelt (vgl. Tabelle 1). Den Nachweis der Skalierbarkeit und langfristigen Massentauglichkeit müssen diese Blockchains noch erbringen. Eine weitere Möglichkeit Daten mit Personenbezug DSGVO-konform abzuspeichern stellt die Pseudonymisierung von Kundendaten durch Abspeichern lediglich eines Verweises auf die Daten in der Blockchain dar.[165] Auch hier muss sich die Skalierbarkeit noch zeigen, sodass die technologische Reife insgesamt als *mittel* bewertet wird.

Anzahl geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Neben der Energy Web Chain unterstützt auch der Ethereum-Client Parity seit Mitte 2018 private, in diesem Fall besonders verschlüsselte Smart Contracts. Private Blockchains wie Hyperledger Fabric bieten ebenfalls unterschiedliche Optionen an.[166] Die Anforderung an einen Blockchain-impliziten Token als Verrechnungseinheit für die Erzeugungs- und Verbrauchstoken kann durch private Blockchains gewährleistet werden (vgl. Hyperledger Fabric). Es gibt folglich bereits einige geeignete Blockchain-Lösungen, sodass die Anzahl als *mittel* eingestuft wird.

Erfahrungen bezüglich Umsetzbarkeit/Status der Erprobung

Mindestens zwei Startups haben Konzepte entwickelt, um Blockchain-verbriefte Asset-Beteiligungen zu vermarkten. In dem einen Fall wird bereits ein Produkt vermarktet, die externe Energiekapazität wird jedoch nicht für die (Teil-) Deckung eines Reststrombezugs genutzt.[167] Im anderen Fall ist die Deckung des Reststrombezugs durch Zukauf von externer Energiekapazität zwar Teil des Konzepts[168], es liegen aber keinerlei auswertbare Informationen über Umsetzungserfahrungen zum Konzept vor und diese sind daher insgesamt aktuell als *nicht vorhanden* zu bewerten.

Aufbau von Wechselkosten geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen

Die Möglichkeit des Aufbaus von technischen Wechselkosten ist abhängig von der Art der gewählten Blockchain: Wird eine private Blockchain gewählt, dann kann der Betreiber (ein Unternehmen oder ein Konsortium) Wechselkosten für die Nutzer aufbauen. Ebenso kann bei einer privat betriebenen Blockchain, die nicht lizenzfrei (Open Source) angeboten wird, der Blockchain-Anbieter gegenüber dem Blockchain-Betreiber Wechselhürden errichten. Bei einer öffentlichen Blockchain hingegen besteht hierzu keine Möglichkeit. Da grundsätzlich öffentliche wie private Blockchains gewählt werden können, wird das Risiko für den Aufbau von Wechselkosten insgesamt als *gering* eingestuft.

Erfüllung der Anforderungen des Use Case bezüglich Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen und Betrieb der Blockchain

Das im Anwendungsfall notwendige Niveau der Verantwortlichkeit für die Durchführung von Transaktionen sowie den Betrieb der Blockchain kann durch private zugangsfreie wie zugangsbeschränkte Blockchains sichergestellt werden. Daher wird die Erfüllung der Anforderungen insgesamt mit umfassend bewertet und als *sehr groß* eingeschätzt.

> *„Die Versorgungswirtschaft beginnt nun, sich auf den ökonomisch sinnvollen Einsatz zu fokussieren und insbesondere die Blockchain-Technologie in die Gesamt-IT-Strategie einzuordnen. Blockchain, so in die Geschäftsprozesse jedes innovativen Versorgers verankert, wird bei der Automatisierung helfen und neue netzwerkbasierte Zusammenarbeit ermöglichen."*
>
> *Raik Kulinna, SAP*

[165] Vgl. hierzu die Blockchain-Lösung von enyway.com
[166] Vgl. als Beispiel Benhamouda, Halevi & Halevix (2018)
[167] Vgl. enyway.com
[168] Vgl. stromdao.com

Use Case 11

	Punktzahl[169]	Gewichtung	Ergebnis
Alleinstellung der Blockchain-/DLT-Lösungen[170]	5	0,2	1
Technologische Reife geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen[171]	3	0,3	0,9
Anzahl geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen	3	0,2	0,6
Erfahrungen bzgl. Umsetzbarkeit/Status der Erprobung	0	0,1	0
Aufbau von Wechselkosten geeigneter Blockchain-/DLT-Lösungen[172]	3	0,1	0,3
Erfüllung der Anforderungen bzgl. Verantwortlichkeit[173]	5	0,1	0,5
			3,3

[169] Bewertungsskala: 0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering, 2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß, 5 = sehr groß
[170] Verfügbarkeit alternativer Technologien mit gleichen Eigenschaften bzgl. Robustheit, Sicherheit, Transparenz und Skalierbarkeit
[171] Eigenschaften gemäß der Tabelle 1 (tx/s, Skalierbarkeit, Anzahl Entwickler, Anwendungen, Verfügbarkeit von Dokumentationen, Reddit/Slack-Gruppen etc.)
[172] Bewertungsskala: 0 = sehr hohes Risiko, 1 = hohes Risiko, 2 = mittleres Risiko, 3 = geringes Risiko, 4 = sehr geringes Risiko, 5 = kein Risiko
[173] Verantwortlichkeit für Durchführung von Transaktionen und Betrieb der Blockchain-/DLT-Lösungen

3 Ökonomisches Gutachten

3.1 Erläuterung und Gewichtung der Bewertungskriterien

Blockchain- und Distributed-Ledger-Technologien befinden sich technisch noch in einem frühen Entwicklungsstadium (vgl. Kap. 2.1.1). Marktreife energiewirtschaftliche Anwendungen, welche Kryptonetzwerke nutzen, gibt es vergleichsweise wenige. Entsprechend ist der Stand der wissenschaftlich untersuchten und daher unvoreingenommen dokumentierten Anwendungen heute sehr niedrig. In diesem Gutachten wurde in Ermangelung von Erfahrungswerten daher eine Ex-ante-Bewertung des Nutzens durchgeführt.

Für die in Kapitel 3.2 durchgeführte Analyse werden die in nachfolgender Abbildung 1 dargestellten Größen als Bewertungskriterien herangezogen. Wie dargestellt bildet sich der Nutzen für einzelne Marktteilnehmer, die mikroökonomischen Effekte, aus den Produktions- und Transaktionskosten sowie dem strategischen Nutzen. Der strategische Effekt setzt sich zusammen aus der Einführung neuer Produkte und Dienstleistungen sowie dem Testen von neuen Technologien auf der durch die Blockchain-Anwendungen geschaffenen Infrastruktur. Darüber hinaus erschließt die Technologie den Wert anderer, bereits existierender Technologien, welche derzeit aufgrund von technischen Restriktionen nicht oder nur mit hohem Aufwand implementierbar waren.

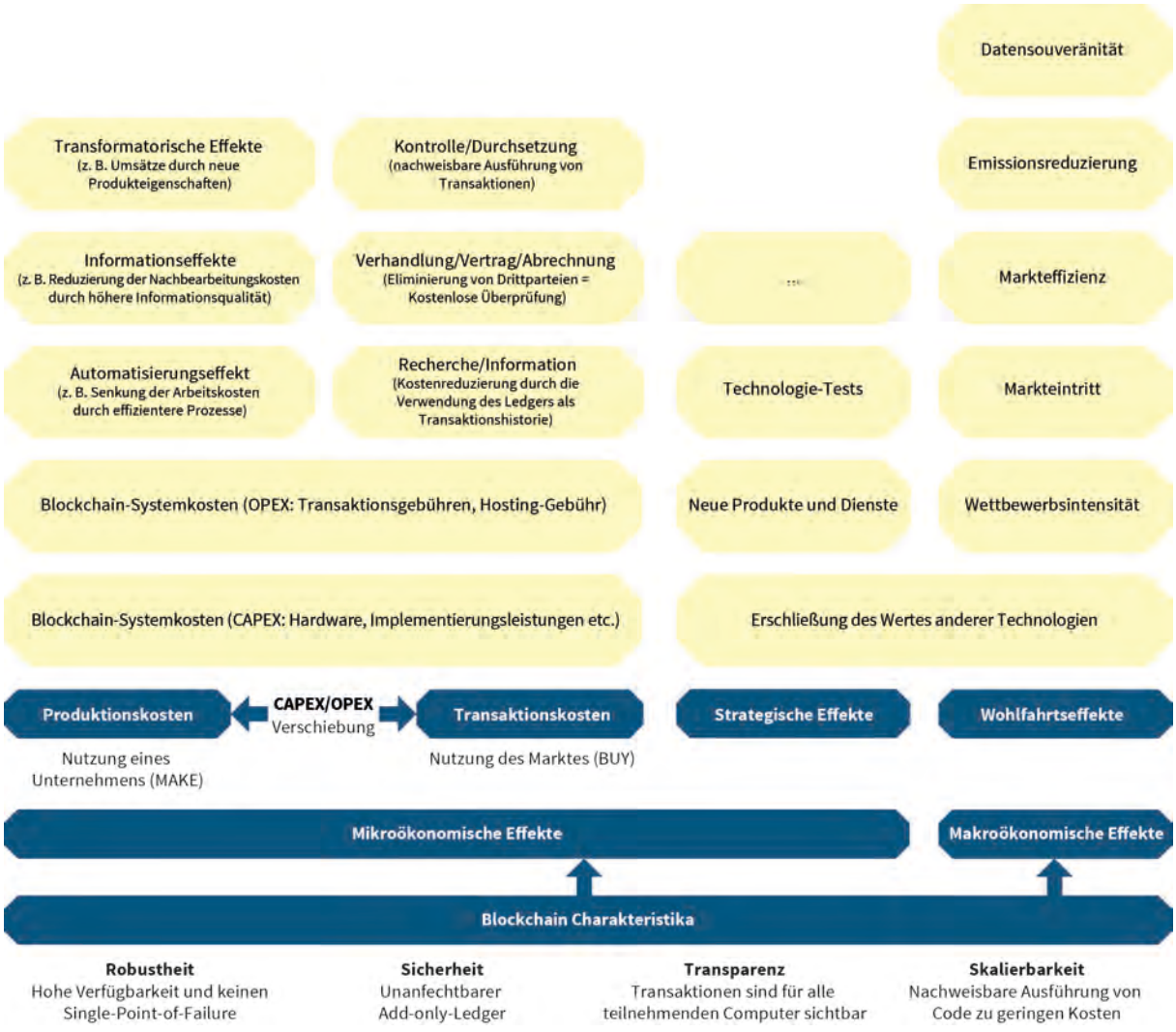


Abbildung 1: Nutzeneffekte von Blockchain/DLT

Der gesamtgesellschaftliche Wohlfahrtseffekt, der makroökonomische Nutzen, setzt sich aus einer höheren Wettbewerbsintensität, einer niedrigeren Markteintrittsbarriere, einer gesteigerten Effizienz der vorhandenen Märkte, Emissionsreduzierungen und Datensouveränität zusammen. Für Investitionsentscheidungen in eine neue Technologie ist zunächst der *mikroökonomische, also finanzielle Netto-Effekt* vor allem in Form von Effizienzgewinnen von herausragender Bedeutung und wird daher mit dem Faktor 0,5 bewertet. Der *mikroökonomische strategische Nutzen* insbesondere in Form von Einnahmen durch neue Produkte und Dienstleistungen wird mittelfristig bedeutsam und wird mit Faktor 0,2 gewichtet.[174] Dem volkswirtschaftlichen Bewertungskriterium *Wohlfahrtseffekte* wird schließlich der Faktor 0,3 zugeordnet. Die in Kapitel 3.2 für die Analyse verwendeten Bewertungskriterien setzen sich jeweils aus den in Abbildung 1 dargestellten Größen zusammen.

> *"Wir verstehen die Blockchain-Technologie durchaus als Treiber für die weitere Automatisierung heutiger energiewirtschaftlicher Prozesse. Das eigentliche transformative Potential sehen wir jedoch im Aufbau und der wirtschaftlichen Nutzbarmachung von Netzwerkeffekten."*
>
> *Christian Sander, EnBW*

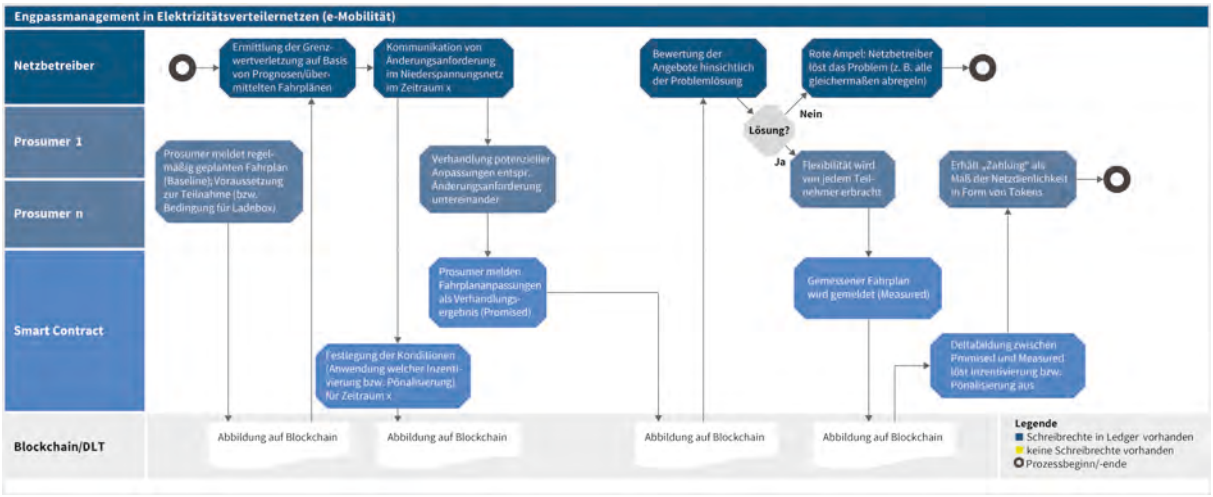
3.2 Analyse und Bewertung der Prozessketten

(1) Asset Management: Engpassmanagement in Elektrizitätsverteilernetzen (E-Mobilität)

Elektrische Ortsnetze stoßen mit zunehmender Elektromobilität und dem Anschluss privater Ladeboxen verstärkt an Kapazitätsgrenzen. Insbesondere die Gleichzeitigkeit der Ladevorgänge entwickelt sich zu einer Herausforderung. Erforderlich wird ein automatisiertes und digital gestütztes Netzmanagement durch den Verteilnetzbetreiber. Ein Blockchain-basiertes Engpassmanagement auf Verteilnetzebene unterstützt die komplexe Kommunikation und Kooperation vieler Akteure beziehungsweise Assets mit dem Ziel, Engpässe auf Verteilnetzebene durch Lastverschiebung zu vermeiden. Blockchain-Technologie wird verwendet, um nachweissicher prognostizierte, angepasste und tatsächlich gemessene Lastgänge (Fahrpläne) der Haushalte zu speichern. Neben der Durchführung und Erfüllung (Settlement) von Transaktionen wird ein Token zur Verrechnung genutzt.[175] Er reizt netzdienliches Verhalten in Form von Flexibilität an und ermöglicht diese gleichzeitig zu quantifizieren und abzurechnen. Der einzelne Haushalt übernimmt damit die Rolle eines Mikro-Bilanzkreisverantwortlichen, ohne jedoch eine Bilanzkreisverantwortung im Sinne von Lastgangprognosen und der Beschaffung entsprechender Ausgleichsenergie innezuhaben.

[174] Unternehmen investieren in der Regel in einem ersten Schritt in neue Technologie um Kosten einzusparen und erst in einem zweiten Schritt um Einnahmen durch neue Dienste und Produkte zu erhöhen. Historisch erklärt sich diese Reihenfolge aus der Tatsache, dass IT-Abteilungen lange Zeit Aufträge aus Unternehmenseinheiten reaktiv abgearbeitet haben. Die Identifikation von technologiebasierten Produktverbesserungen oder neuen Geschäftsmodellen gehörte hingegen nicht zur ihren Aufgaben. Vgl. zum Beispiel Hitt, Frei & Harker (1998), 98-34-B.

[175] Vgl. hierzu beispielsweise das einfache, aber zweckmäßige Konzept von Grünstrom- und Graustrom-Token: zoernert.github.io (2019)



Use Case 1: Engpassmanagement in Elektrizitätsnetzen (E-Mobilität)

Mikroökonomischer finanzieller Netto-Effekt

Die Blockchain-basierte Koordination der Nachfragesteuerung ist ein neues Instrument zur Vermeidung von Netzengpässen, es mindert die Such- und Informations- sowie die Durchsetzungskosten. Mit dem mittelfristigen Ziel, die Investitionskosten (CAPEX) durch Vermeidung von Verteilnetzausbau gering zu halten, senkt die vermiedene Anschaffung eines intelligenten Ortsnetztransformators potentiell die Höhe der Verteilnetzentgelte beziehungsweise vermindert sie deren Anstieg. Für die Umsetzung dieses Anwendungsfalls existieren mehrere technisch ausgereifte Blockchain-Lösungen. Die Nutzung einer privaten Blockchain ermöglicht es, die komplexen Vorgänge kosteneffizient nachzuhalten. Durch die automatisierte Speicherung der Transaktionen in digitaler Form wird zudem eine einfache Abrechnung ermöglicht. Die netztechnische Notwendigkeit von gesteuerten und aufeinander abgestimmten Ladevorgängen von Elektrofahrzeugen ist abhängig vom gesellschaftlichen Durchdringungsgrad der Elektromobilität. Die Notwendigkeit einer verbreiteten Umsetzung des Anwendungsfalls ist darüber hinaus von den Gegebenheiten der jeweiligen Verteilnetze sowie den zukünftigen institutionellen Rahmenbedingungen abhängig. Denn je nach Regulierungsregime besteht für den VNB aus unternehmerischer Sicht kein Anreiz, das Instrument einzusetzen. Insgesamt wird der finanzielle Netto-Effekt als *sehr groß* bewertet.

Mikroökonomischer strategischer Nutzen

Durch die weitflächige Umsetzung des Anwendungsfalls entstehen Synergien mit anderen Technologien, was mit erheblichen Wertsteigerungen verbunden ist. So wird die Verbindung zwischen Blockchain und Haushalt durch Schnittstellen und Standards (Smart Meter Gateways, EEBUS) ausgestaltet. Weitere Anknüpfungspunkte ergeben sich durch die Notwendigkeit eines gewissen Grads an lokaler Intelligenz für das Flexibilitätsmanagement. Hierfür können aktuelle Lösungen aus dem Bereich des Machine Learning herangezogen werden. Der Blockchain-basierte Anwendungsfall liefert die dateninfrastrukturelle Grundlage für die Erprobung weiterer Innovationen und kann kontinuierlich als Testlabor (Reallabor) genutzt werden. Der Nutzen wird daher als *groß* eingeschätzt.

Wohlfahrtseffekte

Die Entlohnungsoption für Flexibilitätsressourcen von Haushalten in Form von Token entspricht einem lokalen Markt, der potentiell notwendige Beschaffungsvolumina auf nachgelagerten Flexibilitätsmärkten verringert und somit die allgemeine Markteffizienz erhöhen kann.[176] Zudem eröffnet die Beteiligung von Haushalten diesen die Wertigkeit ihrer aktivierbaren Flexibilitätsressourcen und senkt somit intrinsische Markteintrittsbarrieren für andere Verwendungen der Ressourcen. Weiter fördert die Nutzung von Batteriespeichern in Haushalten als teilnehmende Flexibilität im Engpassmanagement die Integration der Elektromobilität (Ladestationen wie zum Beispiel die „Wallbox"). Die makroökonomischen Auswirkungen werden als *mittel* eingeschätzt.

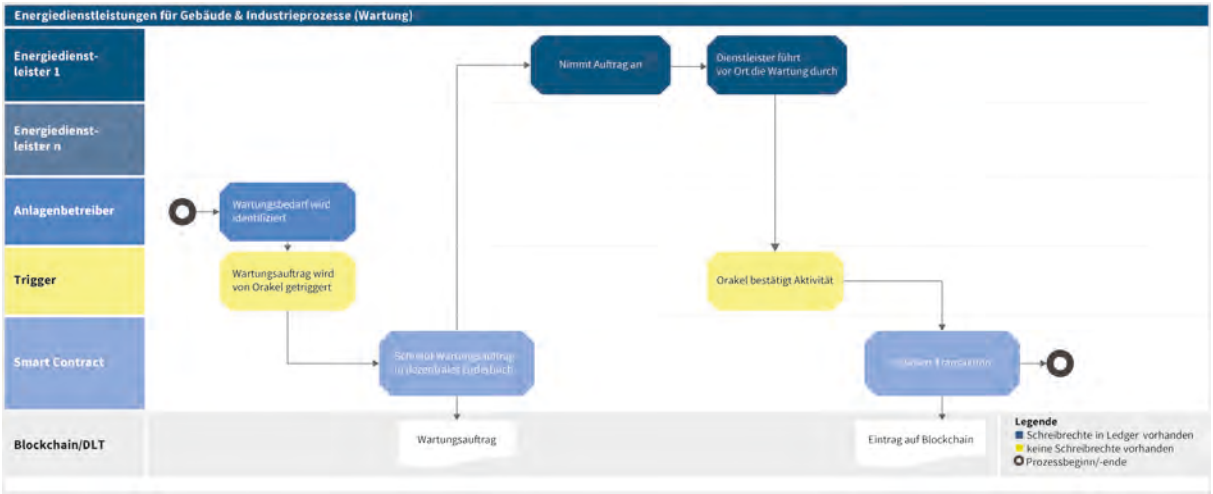
[176] Der gewählte Token ist durch eine Euro-Bindung als Zahlungsmittel verwendbar.

Use Case 1

	Punktzahl[177]	Gewichtung	Ergebnis
Mikroökonomischer *finanzieller Netto-Effekt*	5	0,5	2,5
Mikroökonomischer *strategischer Nutzen*	4	0,2	0,8
Wohlfahrtseffekte	3	0,3	0,9
			4,2

(2) Asset Management: Energiedienstleistungen für Gebäude und Industrieprozesse (Wartung)

Geräte und Anlagen in Gebäuden machen eine regelmäßige Instandhaltung und Wartung erforderlich. Neben der Gebäudeleittechnik betrifft dies Komponenten von Heizungs-, Lüftungs- und Klimainstallationen wie Boiler, Kältekompressoren, Pumpen oder Lüfter. Entsprechend heterogen sind die Anforderungen bzgl. Häufigkeit der Wartung und Instandhaltung der Betriebsmittel. Im Anwendungsfall erfolgt nun das Speichern der Wartungs- und Instandhaltungsaktivitäten der Dienstleister in einer Blockchain und ermöglicht so die Verfolgbarkeit der getätigten Wartung und deren Zuordnung zu entsprechenden Anlagen sowie unmittelbare Verknüpfung von Leistung und Bezahlung mittels Smart Contracts.



Use Case 2: Energiedienstleistungen für Gebäude und Industrieprozesse (Wartung)

Mikroökonomischer finanzieller Netto-Effekt

Der prognostizierbare finanzielle Einspareffekt (Arbeitszeit) für Instandhaltungs- und Wartungsprozesse durch die Prozessautomatisierung ist hoch. Moderne Heizungs-, Lüftungs- und Klimageräte bieten bereits häufig als Ausstattungsoption ein Smart Interface mit manuellen Bestätigungsroutinen, die genutzt werden können, um Daten manipulationssicher in die Blockchain zu bekommen. Es wird deshalb ein *sehr hoher* finanzieller Nutzen erwartet.

Mikroökonomischer strategischer Nutzen

Ein strategischer Wert ergibt sich für Unternehmen durch datenbasierte Geschäftsmodelle, welche durch die beweisbaren und zu geringen Kosten teilbaren Maschinenlaufzeiten möglich werden. Die in der Blockchain gespeicherten Daten können darüber hinaus für die Abwicklung von Garantieleistungen verwendet werden. Das heißt, bei Abweichungen von definierten Spielräumen werden Rückzahlungen automatisch via Smart Contracts ausgelöst. Nutzungsdaten von Geräten können nach Ermessen der Nutzer für individuelle Instandhaltungs- oder Wartungsprozesse verwendet und freigegeben werden. Die uneingeschränkte Kontrolle über die Verwendung der Daten verbleibt so bei den Nutzern, wodurch die Souveränität über die nutzerbezogenen Daten eines jeden Bürgers gestärkt wird. Der strategische Nutzen wird jedoch nur als *mittel* eingeschätzt.

[177] Bewertungsskala: 0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering, 2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß, 5 = sehr groß

Wohlfahrtseffekte

Eine optimierte Instandhaltung und Wartung von Betriebsmitteln hat einen unmittelbar positiven Effekt auf die Energieeffizienz und reduziert damit Emissionen. Die Wohlfahrtseffekte werden als *hoch* eingeschätzt.

> *„Wartungen und Reparaturen in einem Gebäude involvieren praktisch immer mehrere, teils konkurrierende Parteien und Stakeholder. Für die effiziente Abwicklung wäre eine gemeinsame, womöglich dezentrale Datenbasis (z.B. in Form eines Logbuchs) für solche Tätigkeiten sehr interessant und würde die Qualität, Verfolgbarkeit und Effizienz wesentlich erhöhen. Blockchain allein oder in Kombination mit Datenbanken erscheint uns als eine spannende Technologiewahl."*
>
> *Dario Cohen, ista*

Use Case 2

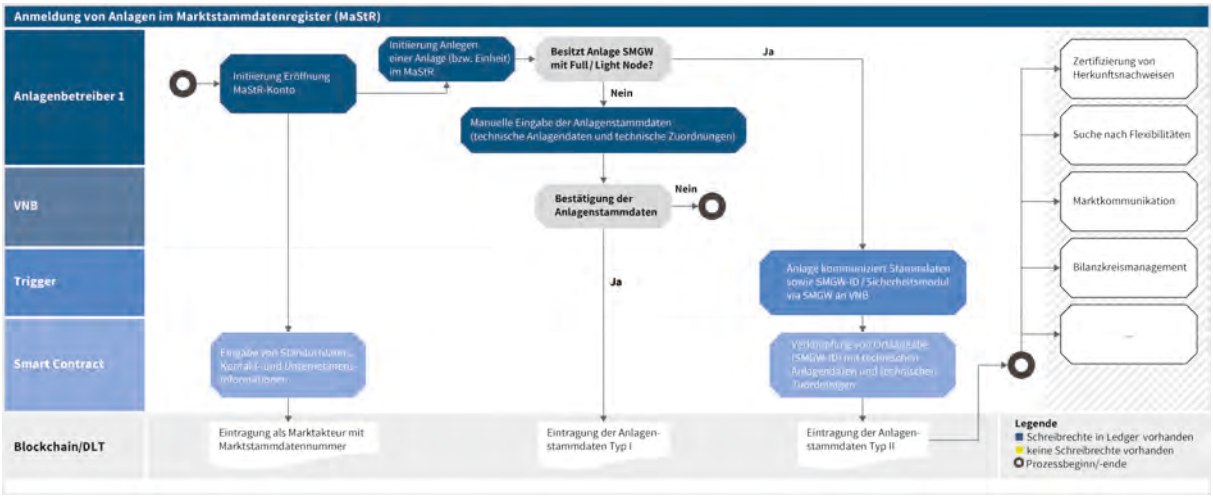
	Punktzahl[178]	Gewichtung	Ergebnis
Mikroökonomischer *finanzieller Netto-Effekt*	5	0,5	2,5
Mikroökonomischer *strategischer Nutzen*	3	0,2	0,6
Wohlfahrtseffekte	4	0,3	1,2
			4,3

(3) Datenmanagement: Anmeldung von Anlagen im Marktstammdatenregister (MaStR)

Gemäß der deutschen Verordnung über das zentrale elektronische Verzeichnis energiewirtschaftlicher Daten, der sogenannten Marktstammdatenregisterverordnung (MaStRV), sind jede Stromerzeugungsanlage (zum Beispiel auch kleine Balkonanlagen), Gaserzeugungsanlage sowie Stromspeicher zu registrieren, die unmittelbar oder mittelbar in ein Strom- oder Gasnetz einspeisen. Zu registrieren sind auch Stromverbrauchsanlagen, die an ein Hoch- oder Höchstspannungsnetz angeschlossen sind. Die Registrierung der Anlagen mit Daten zu Standort, Kapazität, Bilanzkreis etc. erfolgt in einem Prozess mit diversen Medienbrüchen. Eine automatisierte Anmeldung ist bislang nicht möglich und es gibt lediglich eine Web-Schnittstelle zur Aufnahme und Bereitstellung von Daten.

Die dargestellte Nutzung einer Blockchain für die digitale Verwaltung eines solchen Registers anstatt einer herkömmlichen Datenbank verspricht eine teilautomatisierte Registrierung, Verwaltung und selektive Bereitstellung von Marktstammdaten und, in einem möglichen weiteren Schritt, auch die kontrollierte Übertragung von Bewegungsdaten. Insbesondere die Verbindung eines Smart Meter Gateways (SMGW) mit dem Anlagenregister soll eine sichere und jederzeit elektronisch überprüfbare Authentifizierung (Prüfung der behaupteten Identität) von Anlagen und Geräten ermöglichen. Das Smart Meter Gateway empfängt gemäß den Vorgaben des Bundesamts für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) Messdaten von angeschlossenen Einheiten, speichert diese und bereitet sie für Marktakteure auf. In das Smart Meter Gateway ist ein Trusted Platform Module (TPM) integriert[179], welches die Integrität der Hardware des SMGW überwacht. Dieser Kryptochip kann als Vertrauensanker dienen, mit dessen Hilfe eine Vertrauenskette (Trust Chain) für ein komplettes System geschaffen werden kann. Dies verlängert das hohe Sicherheitsniveau des BSI-Systems auch auf Geräte *hinter* dem Zähler (Trust Chain). Das SMGW wird in diesem Anwendungsfall zu einem teilnehmenden Rechner in einer Blockchain (Knoten). Das MaStR ist bereits in Betrieb genommen und erste zertifizierte Smart Meter Gateways sind verfügbar. Sie können folglich in ihrer jetzigen Spezifikation genutzt werden und müssen nicht erst entwickelt oder aufwendig angepasst werden.

[178] Bewertungsskala: 0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering, 2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß, 5 = sehr groß
[179] Ein TPM ermöglicht, dass eine Manipulation der Hard- oder Software festgestellt wird und nur signierte Software auf einem System ausgeführt werden kann. Gemäß den Anforderungen des BSI beschränkt sich das TPM im Gateway aktuell auf die Messung der Systemintegrität des SMGW.



Use Case 3: Anmeldung von Anlagen im Marktstammdatenregister (MaStR)

Mikroökonomischer finanzieller Netto-Effekt

Das deutsche Marktstammdatenregister ist ein elektronisches Verzeichnis energiewirtschaftlicher Daten und verfolgt explizit das Ziel, „den Aufwand bei der Meldung solcher Daten zu verringern und gleichzeitig eine hohe Transparenz herzustellen“[180]. Hintergrund ist, dass die Anmeldung von Kleinstanlagen in Deutschland für Verteilnetzbetreiber erhebliche Kosten verursacht und regelmäßig für administrative Engpässe sorgt. Eine teilautomatisierte Anmeldung von Anlagen verspricht daher unmittelbar die Einsparung von Personalkosten.[181] Sobald Anlagen, wie beispielsweise Wärmepumpen und Photovoltaikanlagen, ab Werk mit einem Kryptochip ausgestattet sind, kann die Identität ebendieser automatisiert über die Vertrauenskette des Gateway-TPM registriert werden. Die teilweise bis zu 50 Datenpunkte pro Anlage umfassende Registrierung ist unabhängig von der technischen Übermittelbarkeit zu betrachten. Die Daten müssen zunächst auf ihre Standardisierbarkeit überprüft werden. Die teilautomatisierte Anmeldung ist dennoch ein erster Schritt und bietet sich zur Erprobung, insbesondere für häufig durchzuführende Anmeldungen von PV-Dachanlagen, an.

Von der Möglichkeit, den Netzanschluss einer Anlage und deren jeweilige Leistungsdaten automatisiert nachzuweisen, würden nach eigenen Angaben Banken und Kapitalgeber von EE-Anlagen erheblich profitieren. Ein automatisierter Abgleich von Windgutachten und tatsächlicher Erzeugung durch Speicherung der Erzeugungsdaten in einer Blockhain verspricht deutliche Kostensenkungen und Qualitätsverbesserungen im Vergleich zu heutigen Prozessen. Nachweispflichten für EEG-Anlagen können im dargestellten Anwendungsfall mittels Blockchain geteilt werden (EEG-Vergütungsform) und die für Netzbetreiber arbeitsaufwendige Papiernachweisführung könnte entfallen. Der finanzielle Effekt wird als *hoch* eingeschätzt.

Mikroökonomischer strategischer Nutzen

Die erweiterten Eigenschaften eines Blockchain-basierten MaStR können bestehende Anwendungen und Geschäftsprozesse für Energieversorger und Systemdienstleister verbessern. Ein Beispiel ist die vereinfachte Integration von zusätzlichen Stromerzeugungseinheiten wie Blockheizkraftwerken in Virtuelle Kraftwerke. Angenommen, ein Hotelbesitzer betreibt einige Jahre drei kleine Einheiten eines Blockheizkraftwerkes (3 x 40 kW). Wenn die in Deutschland gewährte Förderung ausläuft und das BHKW abgeschrieben ist, bleiben weiterhin Kosten für Reparaturen und die Instandhaltung. Die Einspeisung in das öffentliche Netz ist für den Hotelbesitzer nur über Dritte möglich. Der Hotelbesitzer wird aktuell daher den Aufwand scheuen, sich in einem Marktstammdatenregister händisch zu registrieren, und eher erwägen die Anlage stillzulegen. Eine teilautomatisierte Anmeldung verringert nicht nur für den Hotelbesitzer die Anmeldekosten, sondern erlaubt es, unter Zuhilfenahme von entsprechenden MaStR-Suchdiensten, von einem Betreiber Virtueller Kraftwerke kostengünstig gefunden zu werden. Das Teilen von Stammdaten mittels Matching-Diensten erlaubt darüber hinaus erstmals die Echtzeit-Suche nach verfügbaren Flexibilitäten. Neben den obligatorischen

[180] BMWi (2018)
[181] Keinen Mehrwert für ein Blockchain-basiertes Markstammdatenregister sehen die Autoren der Studie FfE (2018), S. 72. Hier wird allerdings lediglich eine Datenbanklösung ohne teilautomatisierte Anmeldung betrachtet.

Stammdaten können auf freiwilliger Basis Angaben zu Bewegungsdaten (Erzeugungs- oder Lastprofile) sowie zur Aufnahme der Interaktion (Protokolle etc.) gesichert und flexibel kommuniziert werden. Dies ermöglicht die Erprobung neuer, effektiver Flexibilitätsmechanismen für Marktakteure. Der Hotelbesitzer steht exemplarisch für die neu entstehende Gattung der Prosumer, Haushalte wie Unternehmer, die nach Ausscheiden aus der EEG-Förderung aufgrund des hohen *finanziellen und zeitlichen* Aufwands eine erneute Anmeldung im MaStR scheuen werden. Der strategische Nutzen der Anwendung wird daher als *sehr hoch* eingeschätzt.

Wohlfahrtseffekte

Für den unmittelbaren digitalen Prozess der Authentifizierung einer Anlage, die Prüfung der behaupteten Identität, ist die Blockchain-Technologie nur eine der verfügbaren Optionen. Der entscheidende wirtschaftliche Mehrwert liegt in der gesamtwirtschaftlichen Wirkung: Durch die sichere und jederzeit elektronisch überprüfbare Authentifizierung von Anlagen und das sichere Teilen dieser Information wird ein wesentliches Hindernis für die durchgängige Automatisierung existierender Prozesse wie Marktkommunikation, das Wechseln zwischen Marktsegmenten (Eigenerzeugung/-verbrauch, Regelenergie- und Spotmärkte) und Bilanzkreismanagement beseitigt. Außerdem wird das Entstehen neuer digitaler Mehrwertdienste wie anlagenscharfer Herkunftsnachweise (grüner, lokaler Strom) gezielt gefördert. Im abgebildeten Anwendungsfall werden auch kleine registrierte Einheiten wie das erwähnte BHKW zu aktiven statt passiven Marktakteuren. Die Registrierung ermöglicht die direkte Teilnahme an verschiedenen Märkten, Einheiten können somit spontan und trotzdem systemdienlich zwischen den Märkten wechseln (Eigenerzeugung/-verbrauch, Regelenergie- und Spotmärkte). Auch die potentiellen Auswirkungen auf Markteintrittsbarrieren und die Markteffizienz sind als überaus positiv zu bewerten. Neben der effizienteren und effektiveren Registrierung kann ein Blockchain-basiertes MaStR zukünftig auch hochaktuell den tatsächlichen Status von Marktakteuren für Verteilnetzbetreiber nachhalten. Im Grundsatz verspricht dies die optimierte Bewirtschaftung eines Verteilnetzes.

Problematisch ist allerdings die geringe technologische und regulatorische Reife geeigneter Blockchain-Technologien beziehungsweise die Unklarheit über die entsprechenden Anforderungen. Ohne eine Machbarkeitsstudie oder eine prototypische Konzeption bleiben die konkreten technischen, ökonomischen und regulatorischen Anforderungen dieses komplexen Gesamtsystems, bestehend aus einem Anlagenregister, dem Smart Meter Gateway und einem Kryptonetzwerk, weitgehend unscharf. Dennoch wird der gesamtwirtschaftliche Nutzen als *sehr hoch* eingeschätzt.

Use Case 3

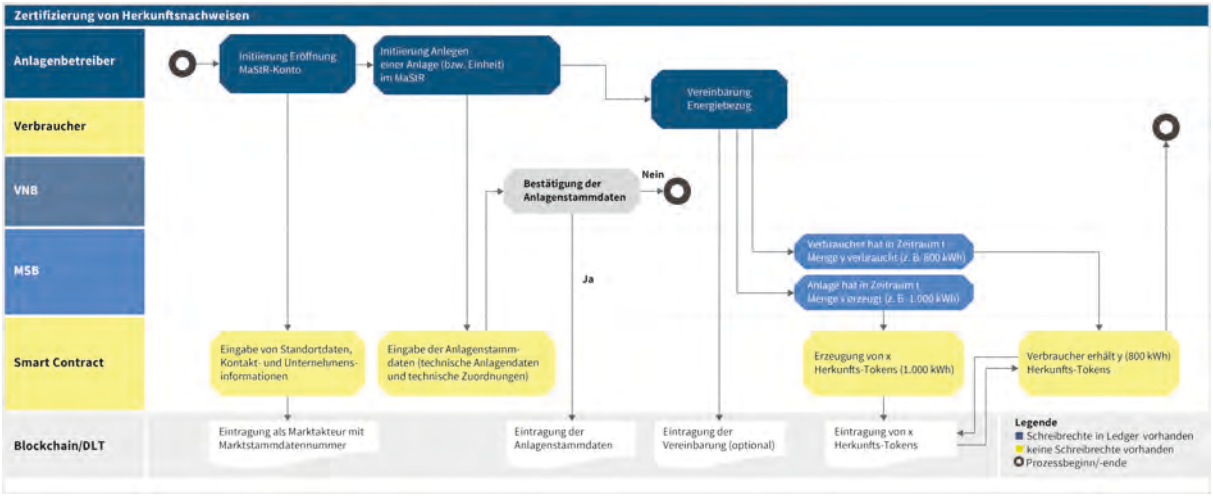
	Punktzahl[182]	Gewichtung	Ergebnis
Mikroökonomischer *finanzieller Netto-Effekt*	4	0,5	2
Mikroökonomischer *strategischer Nutzen*	5	0,2	1
Wohlfahrtseffekte	5	0,3	1,5
			4,5

(4) Datenmanagement: Zertifizierung von Herkunftsnachweisen

Für Strom- und Gasabnehmer ist heute die tatsächliche Herkunft der Energie nicht nachvollziehbar und ein Nachweis erfolgt lediglich über im Nachhinein verteilte und daher unscharfe Zertifikate.[183] Der Einsatz der Blockchain-Technologie für Nachweise bzgl. Ausgabe, Handel, Verfolgung und Einzug von Strom oder Gas erlaubt nun erstmals eine Ende-zu-Ende-Zertifizierung und damit einen *anlagenscharfen* Nachweis. Der Anwendungsfall knüpft an die beweisbare, Blockchain-basierte Authentifizierung mittels Marktstammdatenregister unmittelbar an, ist aber auch eigenständig realisierbar. Nachdem eine Anlage registriert ist, wird mit einem Verbraucher ein Energiebezug vereinbart. Nach Eintragen des Handelsabschlusses auf einer Blockchain werden die erzeugten und verbrauchten Mengen von den verantwortlichen Messstellenbetreibern in einen Smart Contract übertragen. Auf

[182] Bewertungsskala: 0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering, 2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß, 5 = sehr groß
[183] Vgl. auch FfE (2018), S. 32

diese Weise werden für die erzeugten Einheiten auf der registrierten Anlage Herkunfts-Token erzeugt und dann dem Verbraucher übermittelt.



Use Case 4: Zertifizierung von Herkunftsnachweisen

Mikroökonomischer finanzieller Netto-Effekt

Im Anwendungsfall reduzieren sich durch den Einsatz der Blockchain-Technologie die Kosten für die Erstellung von Herkunftsnachweisen. Wesentlich ist die unmittelbare Ausschaltung heute aktiver Intermediäre und Zertifizierungsdienstleister und der damit verbundenen Gebühren. Zu ähnlichen Einschätzungen gelangen auch jüngste Untersuchungen zum Blockchain-basierten Labeling von Ökostrom und EE-Zertifikatehandel.[184]

Erste empirische Daten zu den finanziellen Mehrwerten einer Blockchain-basierten Zertifizierung soll ein großangelegtes Pilotprojekt auf dem Gebiet des Strom-Übertragungsnetzbetreibers PJM Interconnection in den USA liefern.[185] Das PJM-Gebiet gilt als einer der größten und aktivsten Märkte für den Zertifikatehandel REC (Renewable Energy Certificate Trading, Tracking, and Reporting) in den USA. Getestet wird eine Open-Source-Software-Lösung der Energy Web Foundation (EWF).[186] Neben direkten Einsparungen durch eine Verringerung oder Entfall der Zertifizierungsgebühren von Drittanbietern werden Mehrwerte durch ein automatisiertes Energie-Reporting erwartet.[187] Indem Transaktionskosten für die Kontrolle und Durchführung von Nachweisen ebenso sinken wie Verwaltungskosten, steigen die Anreize für Erzeuger, auch kleine Mengen Strom zu vermarkten. Für Marktakteure wird demnach schon die Einspeisung einzelner Kilowattstunden attraktiv statt wie bisher erst im Megawattstundenbereich. Der finanzielle Nutzen wird daher als *sehr hoch* eingeschätzt.

Mikroökonomischer strategischer Nutzen

Neben den Kosteneinsparungen resultieren im dargestellten Anwendungsfall auch strategische Mehrwerte aus den neuen Prozessen und Geschäftsmodellen, die auf der digitalen Informationsgewinnung aufsetzen. Grundlage hierfür ist insbesondere die Möglichkeit, auf einfache Art und Weise unveränderliche und jederzeit beweisbare Daten zu Ort, Zeitpunkt, Anlage, Art etc. sicher zwischen unbekannten Marktparteien zu teilen. Neben Unternehmen und Haushalten, die einen exakten Nachweis über die Herkunft ihrer Energie wünschen, sind auch Besitzer von Elektrofahrzeugen eine mögliche Kundengruppe.[188] Auch Städte und Kommunen können von günstigen, sicheren und einfach teilbaren Herkunftsnachweisen profitieren. Die lokale Wirtschafts- und Umweltpolitik kann feingranularer und zielgenauer betrieben werden, wenn Beiträge zur exakten lokalen Brutto-Wertschöpfung einfach erstellt werden können. Dieser Anwendungsfall ermöglicht es den Akteuren, erste Anwendungserfahrungen mit der

[184] FfE (2018), S. 32 und 107
[185] Das Pilotprojekt läuft von Oktober 2018 bis November 2019 und wird gemeinschaftlich betrieben von dem Blockchain-Anbieter Energy Web Foundation (EWF) und PJM Environmental Information Services (PJM-EIS)
[186] EWF (2018)
[187] Unternehmen, die die Anwendung der EWF einsetzen, sollen so verpflichtende Berichte an Organisationen und Behörden wie CDP und Green-e durchgängig automatisiert übertragen können.
[188] Vgl. zum Beispiel Nica (2018) und Microsoft (2018)

Technologie zu sammeln, ohne dabei mit allzu großen finanziellen und systemischen Risiken konfrontiert zu werden. Der strategische Nutzen ist daher *sehr groß*.

Wohlfahrtseffekte

Mit sinkenden Transaktions- und Verwaltungskosten für Energieherkunftsnachweise erhöht sich der Vermarktungsanreiz insbesondere für aus der Förderung fallende EEG-Anlagen in Deutschland. Die Markteintrittsbarriere für kleine EE-Erzeuger verringert sich. Förderlich ist insbesondere eine teilautomatisierte Anmeldung von Anlagen wie in Use Case 3 dargestellt. Der volkswirtschaftliche Wert von Blockchain-basierten Herkunftsnachweisen liegt auch in der Differenzierbarkeit von Produkten und damit in der möglichen Erhöhung der Wettbewerbsintensität. Die Umsetzbarkeit des Anwendungsfalls hängt jedoch wesentlich von der Verfügbarkeit einer digitalen Zählerinfrastruktur ab. Diese wird nach aktuellen Planungen verbrauchsseitig erst 2032 flächendeckend in Deutschland vorliegen. Die Wohlfahrtseffekte werden dennoch als *groß* eingeschätzt.

> *„Einige energiewirtschaftliche Anwendungsfälle gehen davon aus, dass Kunden zunehmend mehr Interesse haben, ihren Energiebezug besser zu verstehen. So wird zum Beispiel häufig angenommen, dass der Nachweis von Erzeugungsart oder Regionalität einen Wert für sich darstellt. Um diese Thesen zu verifizieren, setzen wir auf prototypische Verprobung von Anwendungsfällen mit Kunden. Nur so gewinnen wir Erkenntnisse, welche Fähigkeiten tatsächlich gefragt sind und wo genau die Blockchain Lösungen anbieten kann.“*
>
> Christian Sander, EnBW

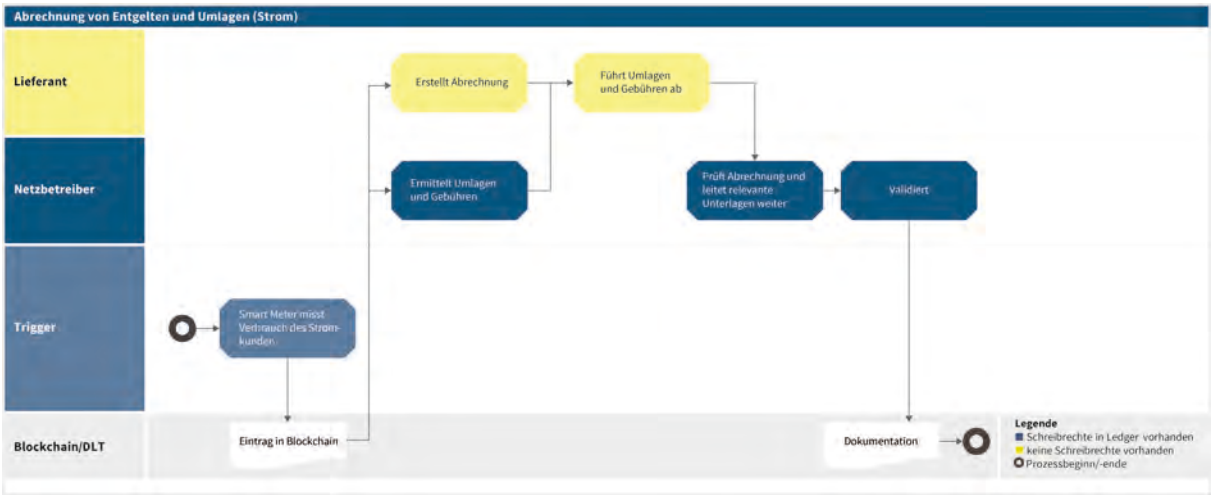
Use Case 4

	Punktzahl[189]	Gewichtung	Ergebnis
Mikroökonomischer *finanzieller Netto-Effekt*	5	0,5	2,5
Mikroökonomischer *strategischer Nutzen*	5	0,2	1
Wohlfahrtseffekte	4	0,3	1,2
			4,7

(5) Marktkommunikation: Abrechnung von Entgelten und Umlagen (Strom)

Energiewirtschaftliche Prozesse wie die Abrechnung von Umlagen und Gebühren erfordert einen Datenaustausch zwischen verschiedenen Marktakteuren. Im Anwendungsfall werden die Verbrauchsdaten eines Kunden über ein intelligentes Messsystem (Smart Meter Gateway) in die Blockchain geschrieben. Eine entsprechende Infrastruktur wird im Anwendungsfall vorausgesetzt. Der Lieferant erstellt anschließend die Abrechnung, während der Verteilnetzbetreiber beziehungsweise der Übertragungsnetzbetreiber die Höhe der Umlagen und Gebühren festlegt. Nach Prüfung und Weiterleitung werden die validierten Werte ebenfalls in die Blockchain geschrieben.

[189] Bewertungsskala: 0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering, 2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß, 5 = sehr groß



Use Case 5: Abrechnung von Entgelten und Umlagen (Strom)

Mikroökonomischer finanzieller Netto-Effekt

Der Einsatz einer Blockchain für die Automatisierung der heutigen Abrechnungsprozesse bezüglich Entgelten und Umlagen verspricht Kosteneinsparungen zum Status quo durch erhöhte Prozesseffizienz. Mit heutigen erprobten Datenbanksystemen können diese Effizienzgewinne möglicherweise noch kostengünstiger realisiert werden. Den größtmöglichen Kostenvorteil generieren Blockchain-Lösungen, falls politisch der Bedarf nach dynamischen und differenzierten Netzentgelten geäußert wird. Erst dann entstehen Informationsasymmetrien und Suchkosten, für die eine verteilte Infrastruktur die Lösung liefert, wodurch die Entgeltberechnungen kosteneffizienter gestaltet werden können. Eine Blockchain-basierte Abrechnung von Entgelten und Umlagen kann unter Einbezug der netzwerkbasierten Automatisierung helfen, die Dynamik der Preise zu erhöhen. Hierdurch wird es möglich, Preise auf netzdienliche Art und Weise auszugestalten. Blockchain wird damit zum kollaborativen, automatisierten und effizienten Preisfindungssystem. Die Abrechnung selbst sollte hingegen jenseits der Blockchain an den Knotenpunkten der zuständigen Stakeholder erfolgen. Der finanzielle Nutzen wird allerdings eher als *mittel* bewertet.

Mikroökonomischer strategischer Nutzen

Durch diesen Anwendungsfall wird die datentechnische Grundlage für die seit langem diskutierten dynamischen und differenzierten Netzentgelte gelegt. Zudem werden bestehende Ineffizienzen in den Verantwortlichkeiten zwischen unterschiedlichen Marktrollen mit deren jeweils getrennten Systemen hinterfragt. Bei frühzeitiger Beteiligung an entsprechenden Testmodellen entstehen explorative Räume, in denen Netzbetreiber mögliche politische Szenarien und neue Wertschöpfungsstrategien erproben und ihr Rollenverständnis entsprechend anpassen können. Der strategische Nutzen wird ebenfalls als *mittel* bewertet.

Wohlfahrtseffekte

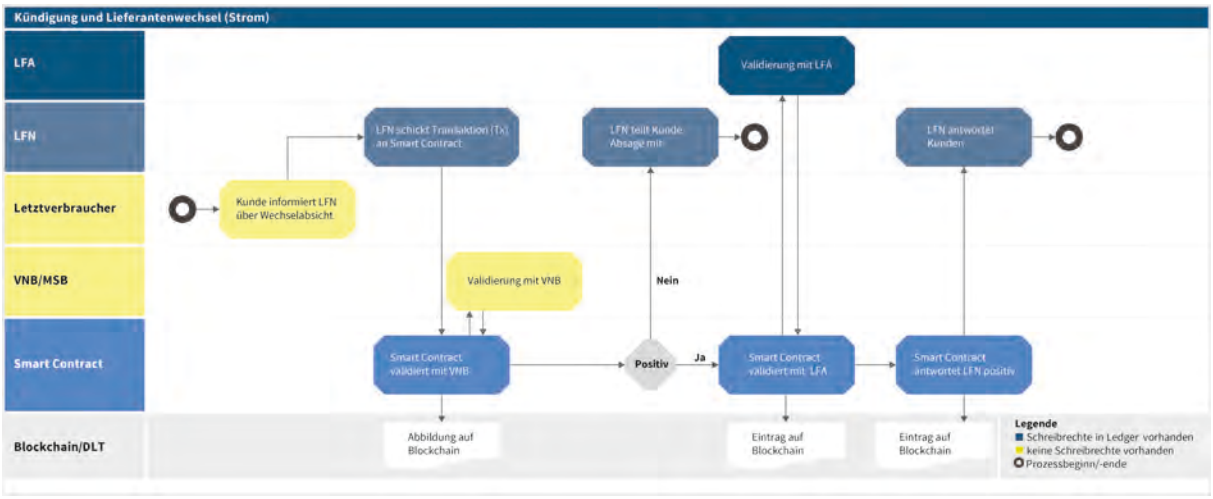
Durch die verteilte Infrastruktur entstehen Kollaborationsmöglichkeiten, die Reibungspunkte des bestehenden Abrechnungssystems aufdecken und Verbesserungen erproben lassen. Wenn Marktteilnehmer, Regulatoren und Hersteller klassischer Abrechnungs- und Finanzsysteme gemeinsam an der Verbesserung der Zusammenarbeit arbeiten, können Ineffizienzen im organisatorischen Modell der Elektrizitätsversorgung aufgedeckt werden. Durch derartige Transparenz entsteht eine Nachfrage nach Optimierung, die wiederum eine Verbesserung des Wettbewerbs und Raum für neue marktliche Lösungen erzeugt. Insgesamt wird der gesamtwirtschaftliche Nutzen als *eher* gering eingeschätzt.

Use Case 5

	Punktzahl[190]	Gewichtung	Ergebnis
Mikroökonomischer *finanzieller Netto-Effekt*	3	0,5	1,5
Mikroökonomischer *strategischer Nutzen*	3	0,2	0,6
Wohlfahrtseffekte	2	0,3	0,6
			2,7

(6) Marktkommunikation: Kündigung und Lieferantenwechsel (Strom)

Ein Wechsel des Stromlieferanten in einem liberalisierten Energiemarkt erfordert einen intensiven Nachrichtenaustausch zwischen Marktakteuren. Manuelle Prozessschritte und abweichende Systeme bei den Marktakteuren verhindern bislang eine weiter gehende Prozessautomatisierung. Die Umstellung auf eine Blockchain-basierte Interaktion der Marktteilnehmer erlaubt den Prozess zu verschlanken und Technologie- und Medienbrüche zu reduzieren. Im Anwendungsfall wird die Kommunikation konkret über Smart Contracts realisiert und die Validierung der Daten vereinheitlicht. Berücksichtigt werden die Anmeldung durch den Lieferanten, die Abmeldung durch den Lieferanten sowie die Abmeldung durch den Netzbetreiber wegen Stilllegung und Abmeldeanfrage.



Use Case 6: Kündigung und Lieferantenwechsel (Strom)

Mikroökonomischer finanzieller Netto-Effekt

Eine erste Analyse des Konzepts für einen Blockchain-basierten Lieferantenwechsel, welches vergleichbar zu der dargestellten Prozesskette ist, gelangt zu einer positiven Einschätzung des wirtschaftlichen Potentials.[191] Die Automatisierung des Nachrichtenaustauschs für einen Stromlieferantenwechsel verspricht hiernach Verbesserungen hinsichtlich Effizienz, Datenqualität, Transparenz und Manipulationssicherheit. Zwei Pilotprojekte[192] untersuchen aktuell die Umsetzung eines Blockchain-basierten Lieferantenwechsels im Rahmen einer prototypischen Implementierung. Im Rahmen des Projekts werden u.a. Rückschlüsse auf den spezifischen Mehrwert beziehungsweise die auftauchenden Nachteile gegenüber zentralen IT-Architekturen aufgezeigt.[193]

Werden die für die Marktkommunikation notwendigen Daten in einer Blockchain gespeichert (einheitliche Sicht auf die Daten) und der Wechselprozess über Smart Contracts organisiert (Automatisierung), dann ergeben sich, bei einer hohen Anzahl an Marktteilnehmern mit entsprechenden Interaktionen, eine Reihe von finanziellen Verbesserungen für Verteilnetzbetreiber und

[190] Bewertungsskala: 0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering, 2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß, 5 = sehr groß
[191] FfE (2018), S. 157 ff.
[192] Vergleiche die Blockchain-Initiative Energie (BCI-E) des Bundesverbands Energiemarkt und Kommunikation (dena): EDNA (2018)
[193] Vgl. die IT-Lösung für den energiewirtschaftlichen Datenaustausch „EDA“ in Österreich. Nach Aussage der Energie AG Oberösterreich führen 240 Marktteilnehmer auf Basis dieser Lösung bilateral den Lieferantenwechselprozess automatisiert durch. Bei entsprechender Einhaltung der Standardisierung (Datenformat, Kommunikationsprotokoll, Geschäftsprozess) können auch 900 Netzbetreiber plus 900 Lieferanten dies leisten.

Stromlieferanten. Kommunizieren nur die tatsächlich Beteiligten und können diese Daten ohne das Einbeziehen eines Intermediärs unmittelbar der Blockchain entnommen werden, dann verringern sich für die Parteien die Transaktionskosten in Form von Prozessdurchlaufzeiten.[194] Darüber hinaus kann sich, durch die einheitliche Sicht auf Daten, der Clearingaufwand mit anderen Marktpartnern deutlich reduzieren. Bei großen regionalen Versorgern und Unternehmen ähnlicher Größenordnung erzeugt das Clearing des Lieferantenwechselprozesses Schätzungen zufolge einen Aufwand von ungefähr 0,1 bis 0,2 Vollzeitäquivalenten (VZÄ).[195] Dies entspricht einem Einsparpotential von ca. 10 bis 20 Tausend Euro pro Jahr und ist daher für kleinere Energieversorger relativ bedeutsam. Insgesamt steigt die Prozessstabilität, die Fehleranfälligkeit sinkt und es wird weniger Nachbearbeitung notwendig. Hierzu trägt auch bei, dass ein Blockchain-basierter Lieferantenwechselprozess eine Entkopplung vom tendenziell unsicheren und ineffizienten Trägermedium E-Mail bedeutet.

Weitere unmittelbar wirksame Kosteneinsparungen ergeben sich durch die regelmäßigen Formatänderungen in der Marktkommunikation durch Vorgaben der Bundesnetzagentur, die von Energieversorgern in Deutschland jährlich arbeitsintensiv umgesetzt werden müssen. Dies kann im dargestellten Blockchain-basierten Lieferantenwechsel einheitlich und vollautomatisiert erfolgen. Der Anpassungsaufwand für Formatanpassungen dieser Art beträgt heute bei externer Beauftragung im Mittel etwa 10 bis 20 Tausend Euro pro Jahr.[196] Der finanzielle Aspekt scheint eher *mittel* auszufallen.

Mikroökonomischer strategischer Nutzen

Die Umstellung auf eine Blockchain-basierte Interaktion der Marktteilnehmer erlaubt den Prozess des Lieferantenwechsels insgesamt zu verschlanken und Technologie- und Medienbrüche zu reduzieren. Von herausragender Bedeutung ist aus Sicht des Gutachters die prinzipiell einfache Erweiterbarkeit der dargestellten Prozesskette mit anderen energiewirtschaftlichen Kommunikationsprozessen (zum Beispiel Use Case 3, 4 und 5). Der Use Case eignet sich daher für Energielieferanten und Netzbetreiber hervorragend, um durch eine Beteiligung an prototypischen Implementierungen sich mit der Technologie Blockchain im Anwendungsbezug vertraut zu machen. Darüber hinaus bietet sich die Option, das Potential hieraus resultierender Geschäftsmodelle und Prozessverbesserungen zu eruieren.

Kleine Energieversorger weisen heute einen durchschnittlich geringen Automatisierungsgrad des Lieferantenwechselprozesses auf. Ebenso werden vielfach individuell angepasste IT-Lösungen eingesetzt, was bezüglich Anpassungen und Änderungen (vgl. Formatanpassungen) im Vergleich zu großen Energieversorgern überproportional viele Ressourcen bindet. Der Blockchain-basierte Lieferantenwechsel verspricht durch die damit einhergehende Standardisierung, die IT-Seite des Wechselprozesses für kleine Energieversorger daher insgesamt einfacher zu machen. Dies vereinfacht tendenziell auch den Marktzutritt für neue Stromanbieter wie Prosumer. Der strategische Nutzen wird insgesamt als *sehr groß* eingeschätzt.

Wohlfahrtseffekte

Die zuvor genannten eingesparten Kosten der Nachbearbeitung und Formatanpassung sind lediglich erste Näherungswerte. Die Werte können daher nicht für die ca. 2.100 Marktpartner, die an der MaKo beteiligt sind (ca. 1.200 Lieferanten, 900 VNB), hochgerechnet werden. Um den tatsächlichen volkswirtschaftlichen Effizienzgewinn zu erfassen, sind darüber hinaus auch die bei den Marktpartnern entfallenden IT-Komponenten zu berücksichtigen. Ohne eine nähere Bestimmung des monetären Umfangs sind tendenziell sinkende Stromtarife beziehungsweise Netzentgelte zu erwarten.

Der Blockchain-basierte Lieferantenwechsel kann unmittelbar die Häufigkeit eines Lieferantenwechsels und damit die Markteffizienz erhöhen.[197] Heute ist der Abstimmungsbedarf sehr zeitaufwendig und benötigt üblicherweise bis zu 15 Arbeitstage.[198] Die in der Prozesskette dargestellte Automatisierung des Wechselprozesses erlaubt deutlich kürzere Zeitintervalle. Die Wechselbereitschaft ist in Deutschland um den Faktor 10 höher als die tatsächliche jährliche Wechselquote, sodass davon auszugehen ist, dass eine entsprechende Nachfrage auf Kundenseite vorliegt.[199] Positiv auf die Kundenzufriedenheit kann sich auch die

[194] FfE (2018), S. 157
[195] Behrens (2019)
[196] Sommer (2019)
[197] Anzahl der Lieferantenwechsel auf dem Strommarkt in Deutschland nach Verbrauchergruppen in den Jahren 2007 bis 2016 (in 1.000): Statista (2018); Bundesnetzagentur (2017)
[198] FfE (2018), S. 157.
[199] Zitiert nach FfE (2018), S. 157 ff.

verlässliche Daten- und Prozessbasis (Single Point of Truth) auswirken. Denn mit einer Single Source of Truth für Wechselprozessinformationen entfällt die bislang bestehende *Interpretationsfreiheit* des Wechselstatus und ein Kunde kann seinen Status je nach Implementierungsform direkt einsehen.

Abhängig davon, welches Betreibermodell und welche Blockchain-Technologie gewählt wird, kann sich dies auf die Beziehung von Stromlieferanten und Verteilnetzbetreibern auf der einen sowie Softwareanbieter für Edifactlösungen auf der anderen Seite auswirken. Der gesamtwirtschaftliche Nutzen wird als *hoch* eingeschätzt.

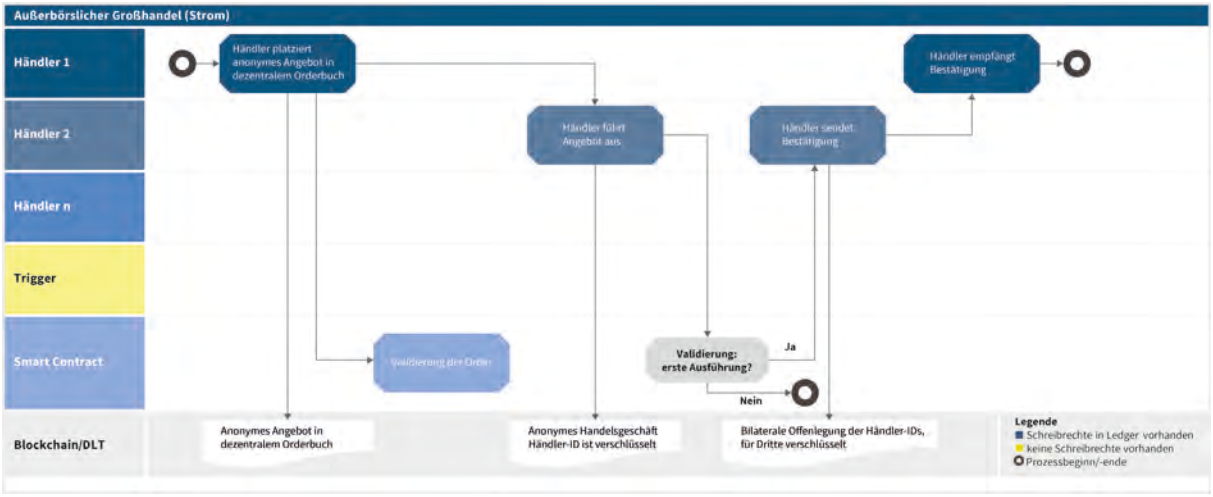
> *„Die Blockchain-Technologie bietet in diesem Zusammenhang das Potenzial, den Prozess der Marktkommunikation deutlich zu verschlanken sowie Technologie- und Medienbrüche zu reduzieren. Dabei bleiben eine hohe Sicherheit und Vertraulichkeit beim Datenaustausch gewährleistet."*
>
> Alexander Sommer, items GmbH

Use Case 6

	Punktzahl[200]	Gewichtung	Ergebnis
Mikroökonomischer *finanzieller Netto-Effekt*	3	0,5	1,5
Mikroökonomischer *strategischer Nutzen*	5	0,2	1
Wohlfahrtseffekte	4	0,3	1,2
			3,7

(7) Stromhandel: Außerbörslicher Großhandel

In der dargestellten Prozesskette zum außerbörslichen Großhandel von Strom (OTC) gibt ein Händler anonym ein Gebot in einem dezentralen, Blockchain-basierten Orderbuch auf. Das Gebot des Händlers kann daher nicht nachverfolgt werden. Erst nach der ebenfalls anonymen Ausführung des Gebots erfolgt die gegenseitige Offenlegung des Handelsgeschäfts zwischen den beiden Händlern, ohne dass Dritte die Daten einsehen können. Die Erfüllung des Geschäfts (das heißt die Lieferung, Verbuchung und der Verbrauch des Gutes „Strom") wird in dieser Umsetzung nicht über die Blockchain abgewickelt.



Use Case 7: Außerbörslicher Großhandel (Strom)

Mikroökonomischer finanzieller Netto-Effekt

In der Prozesskette *außerbörslicher Stromgroßhandel* werden die Handelspartner direkt miteinander verbunden. Im Front Office werden teure Brokergebühren überflüssig (Disintermediation) und im Back Office erlaubt die Integration der Handelspartner die teure, manuelle Verifikation sowie gegebenenfalls auch Teile der Settlement-Prozesse einzusparen. Anfang 2019 ist in dieser

[200] Bewertungsskala: 0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering, 2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß, 5 = sehr groß

Hinsicht lediglich eine Blockchain-Anwendung zumindest teilproduktiv. Diese erwartet Kostenersparnisse von bis zu 90% durch den Wegfall von Broker-Gebühren im Vergleich zum Status quo.[201] Zu beachten ist, dass sich ein Teil der bisherigen Transaktionskosten durch Nutzung des Marktes in interne Produktionskosten wandelt und in dieser Hinsicht die Kosten ansteigen. Dies betrifft vor allem den Regulierungsaufwand aufseiten der handelnden Unternehmen. Der finanzielle Effekt wird aus diesen Gründen als *sehr hoch* eingeschätzt.

Mikroökonomischer strategischer Nutzen

Der Trend zur Automatisierung des Energiehandels ist weltweit zu beobachten und wird durch die zunehmende Reduktion der Transaktionsvolumina sowie die Verfügbarkeit von algorithmischen Handelssystemen (Algo Trading) getrieben. Dem Blockchain-basierten außerbörslichen Handel wird daher ein hohes Potenzial zugesprochen, um den Trend zur Automatisierung des Energiehandels weiter zu beschleunigen.[202] Strategisch gesehen ist dieser Anwendungsfall relativ risikoarm hinsichtlich seiner Investitionskosten und regulatorischen Hindernisse. Er weist ein hohes Lernpotential auf und kann gut erprobt werden. Die angesprochene Disintermediation wirkt sich zusätzlich zu direkten finanziellen Auswirkungen zudem auch noch in strategischer Form aus, da die vereinfachte Ausführung von OTC-Transaktionen flexiblere Handelspartnerschaften ermöglicht. Daher wird der strategische Nutzen als *hoch* eingeschätzt.

Wohlfahrtseffekte

Die Automatisierung des Energiehandels kann die Markteffizienz erhöhen, wenn hierdurch die Transaktionshäufigkeit zunimmt sowie die Zahl der Marktteilnehmer steigt. Bislang ist der außerbörsliche Stromgroßhandel vor allem Händlern beziehungsweise Betreibern von Großkraftwerken vorbehalten. Nach Ende des Förderungszeitraums von EEG-Anlagen wird der OTC-Handel prinzipiell auch für die erneuerbaren Energien attraktiv, da diese nach langfristiger Absicherung der Stromabnahme suchen werden. Bei einer theoretisch möglichen Kostenersparnis von 90% (s.o.) wird die Markteintrittsbarriere für kleine Erzeuger deutlich gesenkt. Der daraus resultierende volkswirtschaftliche Effekt ist ein Anstieg der Wettbewerbsintensität.

Beim außerbörslichen Stromhandel sind die gehandelten Preise und Volumina intransparent, das heißt, sie sind nur den direkt am Handelsgeschäft beteiligten Marktteilnehmern bekannt. Da kaum regulatorische Vorgaben, außer den Vorgaben des BGB und der sogenannten „guten Sitten“, bestehen, ist der OTC-Handel anfällig für Manipulationen. Es wird daher zu Recht darauf hingewiesen, dass die Blockchain-Technologie durch die Standardisierung und Automatisierung der Handelsprozesse die Regulierungsaufgabe selbst erheblich verbessert. So könnten sämtliche Interaktionen rechts- und manipulationssicher zur Dokumentation direkt oder als Hash abgespeichert werden und regulatorische Institutionen befähigen, in Echtzeit Prozesse zu überprüfen.[203] Die transparente Abwicklung von Handelsgeschäften über eine Blockchain erlaubt damit eine qualitativ hochwertige externe Regulierung durch staatliche Behörden. Insgesamt werden die Wohlfahrtseffekte als *mittel* eingeschätzt.

Use Case 7

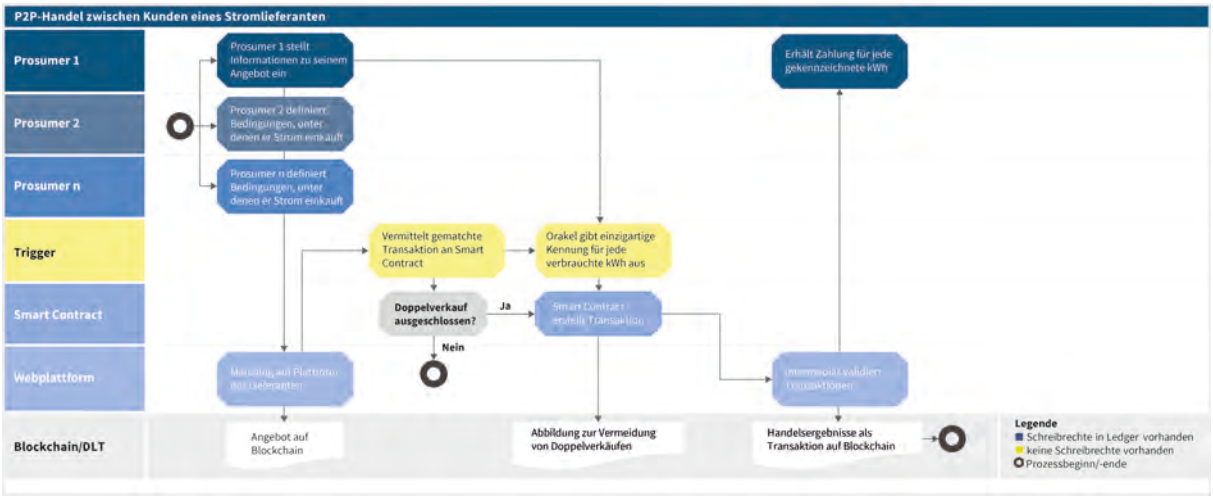
	Punktzahl[204]	Gewichtung	Ergebnis
Mikroökonomischer *finanzieller Netto-Effekt*	5	0,5	2,5
Mikroökonomischer *strategischer Nutzen*	4	0,2	0,8
Wohlfahrtseffekte	3	0,3	0,9
			4,2

(8) Stromhandel: P2P-Handel zwischen Kunden eines Stromlieferanten

Ein Stromhandel zwischen Kunden eines Stromlieferanten oder Bilanzkreisverantwortlichen wird im Anwendungsfall über eine Online-Handelsplattform umgesetzt. Auf dieser können beispielsweise lokale Ökostromanbieter ihr Angebot einstellen und

[201] Vgl. zur ausführlichen Erläuterung von Merz (2019) sowie: ponton enerchain von Merz (2018)
[202] Con Edison (2018): Utility Applications for Blockchain Gould (2018)
[203] FfE (2018), S. 157
[204] Bewertungsskala: 0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering, 2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß, 5 = sehr groß

verkaufen. Lokale Nachfrager können wiederum die Zusammenstellung ihres Strombezugs über die Plattform wählen beziehungsweise den Lieferanten wechseln.[205] Der Plattformbetreiber ist in diesem Anwendungsfall zwingend der Stromlieferant für alle Nachfrager. Die Handelsplattform kann den Kunden unabhängig von ihrem Wohnort angeboten werden. Im Rahmen eines solchen Community-Ansatzes können Stromanbieter mit PV-Dachanlagen und/oder Heimspeichern Strom national mit Nachfragern des gleichen Stromlieferanten über die Handelsplattform austauschen.



Use Case 8: P2P-Handel zwischen Kunden eines Stromlieferanten

Mikroökonomischer finanzieller Netto-Effekt

Der in der Prozesskette abgebildete idealisierte Anwendungsfall P2P-Handel zwischen Kunden eines Stromlieferanten wird bereits in Variationen von einer Reihe von Unternehmen international[206] und in Deutschland[207] erprobt. Der monetäre Mehrwert durch die Vermarktung von lokalem Grünstrom oder Strom aus einer bestimmten Quelle (Wind- oder PV-Anlage etc.) hängt für den Stromlieferanten unter anderem auch von der lokalen Angebots- und Nachfragestruktur ab und ist daher ungewiss. Der positive Mengeneffekt durch die zusätzlich verkauften Einheiten muss insgesamt den drohenden Verlust durch die steigende Eigenerzeugung überkompensieren. Einzelne spezialisierte Anbieter können dies erreichen. Insgesamt bleibt ein positiver Mengeneffekt für die Gesamtheit der Stromlieferanten jedoch fraglich. Auch die Realisierung eines höheren Preises, um sinkende Mengen auszugleichen, ist vor dem Hintergrund hoher Umlagen und Entgelte nicht gesichert. Auch Kostenersparnisse durch Ausschaltung von Handelsintermediären, wie beispielsweise im Großhandel, sind vernachlässigbar, da die Einzelhandelsmargen in Deutschland bereits sehr niedrig sind. Der finanzielle Vorteil wird daher eher als *mittel* eingeschätzt.

Mikroökonomischer strategischer Nutzen

Für Stromlieferanten ist die Produktdifferenzierung eine vielversprechende Möglichkeit, um sinkende Margen für das Einheitsprodukt Strom (Commodity) durch Kundenbindung auszugleichen. Die Möglichkeit, die Stromzusammensetzung detailliert nachweisen zu können, kann von Stromlieferanten gezielt eingesetzt werden, um neue Produkte zu entwickeln, zu erproben und Kunden damit langfristig an sich zu binden. Hieraus kann ein wertvoller, wenn auch mittelbarer strategischer Nutzen resultieren. Die Notwendigkeit zur Kundenbindung ergibt sich unter anderem durch die geänderte europäische Renewable Energy Directive, die Haushalten das Recht einräumt, selbst erzeugten Strom in das Stromnetz einzuspeisen und hierfür einen Marktpreis zu erhalten.[208] Unternehmen, die Blockchain-basierte P2P-Marktplätze erproben möchten, bieten sich mit diesem Use Case Schnittstellen zu sämtlichen in diesem Gutachten diskutierten Anwendungsfällen. Zu erwähnen ist hier insbesondere die Schnittmenge mit Use

[205] Abzugrenzen ist die dargestellte Handelsplattform von einer B2C-Handelsplattform wie die des Blockchain-Unternehmens Grid+. Dieses ermöglicht Haushalten und kleinen Unternehmen im deregulierten Elektrizitätsmarkt in Texas den Zugang zum Großhandelsmarktplatz. Nachfrager und Anbieter können auf diese Weise auf Preisschwankungen direkt und unmittelbar reagieren beziehungsweise insbesondere die hohen texanischen Vertriebsmargen umgehen. Vgl.Grid+ (2018). In Deutschland ist dieses Geschäftsmodell in Anbetracht der geringen Einzelhandelsmargen wirtschaftlich weniger vielversprechend.
[206] Vgl. hierzu unter anderem Lo3 in den USA: Energy LO3 (2019); Hyperledger in Australien: hyperledger.org (2019); WePower in Australien und Spanien: wepower (2019); Electron in GB: Electron (2019)
[207] Vgl. unter anderem das WSW-Produkt Tal.Markt: (WSW); Lition: lition (2019). Andere Schwerpunkte setzen Enyway (Erwerbung Kapazität): enyway (2018), die Kooperation von Energy2market GmbH (e2m) und die Blockchain-Plattform Swytch (CO_2-Nachweis): swytch (2019). Die Sonnen GmbH bietet wiederum ein bilanzielles Teilen des Stroms innerhalb der Mitglieder ihrer sonnenCommunity an: sonnen (2019).
[208] Simon (2018b)

Case 9. Der Handel zwischen regional nahen Anbietern und Verbrauchern wird durch (zeitweise) niedrige Netznutzungsentgelte begünstigt. Der Stromlieferant erhält dadurch ein Interesse, regionale Cluster von Anbieter und Nachfragern zu generieren, die er mit netzentgeltbedingt günstigem Strom versorgen kann. Die potentiellen Lerneffekte aus einem Blockchain-basierten P2P-Marktplatz sind insgesamt entsprechend groß und somit wird auch die Einschätzung des strategischen Nutzens mit *sehr hoch* angegeben.

Wohlfahrtseffekte

Hervorzuheben bei den makroökonomischen Effekten ist die Verbindung mit dem Anwendungsfall „Herkunftsnachweise“ (Use Case 4).Hieraus kann eine positive Wirkung für die Akzeptanz der Energiewende resultieren: Die Bereitschaft zum Ausbau der erneuerbaren Energien wird womöglich gesteigert, wenn sichtbar und beweisbar wird, wie hoch die Bruttowertschöpfung vor Ort bei lokaler Stromerzeugung und -verbrauch ist. Neben einer Akzeptanzsteigerung können in Verbindung mit lokalen und zeitlich dynamischen Netzentgelten (vgl. Anwendungsfall P2P-Handel [Strom] in Verteilnetz mit Netznutzungskomponente) auch für Unternehmen handfeste finanzielle Anreize entstehen, Strom lokal zu beziehen, zu handeln sowie lokal zu erzeugen. Die Wohlfahrtseffekte werden daher als *hoch* eingeschätzt.

> *„Wir glauben, dass die Blockchain-Technologie dabei helfen kann, Energie hochaufgelöster abzubilden und Bilanzierungszeiträume wesentlich kleinteiliger abzurechnen. Dadurch entsteht ein Anreiz für eine bedarfsorientierte Versorgung, um den Anteil der Erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch wesentlich zu steigern.“*
>
> Andreas Rieckhoff, enyway

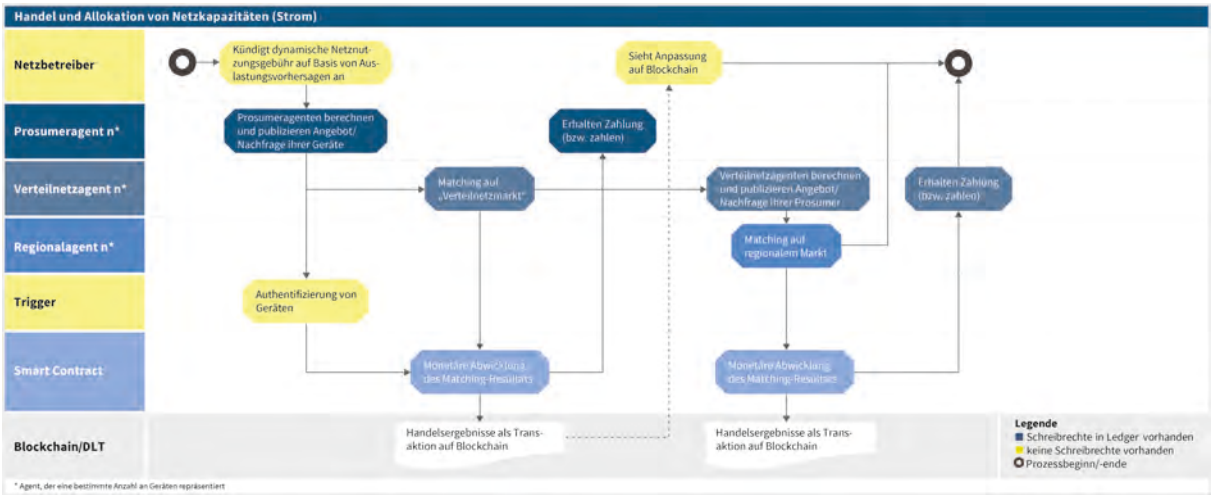
Use Case 8

	Punktzahl[209]	Gewichtung	Ergebnis
Mikroökonomischer *finanzieller Netto-Effekt*	3	0,5	1,5
Mikroökonomischer *strategischer Nutzen*	5	0,2	1
Wohlfahrtseffekte	4	0,3	1,2
			3,7

(9) Stromhandel: Handel und Allokation von Netzkapazitäten (Strom)

In diesem zukunftsorientieren Anwendungsfall passt der Verteilnetzbetreiber die Netznutzungsgebühr auf Basis aktueller Auslastungsvorhersage dynamisch an. Lokale Stromverbraucher sowie -erzeuger werden auf diese Weise zu einem netzdienlichen Verhalten angereizt. Abweichend vom Anwendungsfall Engpassmanagement in Elektrizitätsnetzen (Use Case 1) wird der marktliche Handel, der hier auf einem lokalen Markt innerhalb eines Verteilnetzgebietes erfolgt, nicht unmittelbar eingeschränkt, sondern die Netzentgeltkomponente des Endverbraucherpreises wird als mittelbarer Steuerungsmechanismus genutzt. Im Rahmen des automatisierten Prozesses interagieren Softwareagenten des Verteilnetzbetreibers und der Prosumer miteinander und über Smart Contracts wird die monetäre Abwicklung vorgenommen. Die Handelsergebnisse werden als Transaktion auf der Blockchain festgehalten.

[209] Bewertungsskala: 0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering, 2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß, 5 = sehr groß



Use Case 9: Handel und Allokation von Netzkapazitäten (Strom)

Mikroökonomischer finanzieller Netto-Effekt

Der Anwendungsfall basiert auf einer Automatisierung des regionalen Handels von Energie und Flexibilitäten.[210] Durch Abbildung von orts- und zeitabhängigen Energiepreisen und Netznutzungsentgelten auf einer Blockchain kann ein hoher Grad an Prozesseffizienz erreicht werden. Erzielt wird dies vor allem durch eine auditierbare und fäschungssichere Handelsabwicklung mittels Smart Contract, die insbesondere die Minimierung von Abrechnungskosten zur Folge hat. Zusätzlich liefern die in diesem Use Case anfallenden Daten die Grundlage für eine effiziente Vermeidung von Netzengpässen. Such- und Informationskosten beim Verteilnetzbetreiber können eingespart werden. Die transparente Bereitstellung von Informationen innerhalb der Plattform ermöglicht das Einbeziehen des Ist- sowie des prognostizierten Zustandes des Verteilnetzes bereits zum Zeitpunkt des Abschlusses eines Handelsgeschäfts. Die Betriebskosten der bestehenden Verteilnetzinfrastruktur können demzufolge verursachergerecht umgelegt werden. Die Dimensionierung und somit die Kosten eines Stromnetzes ergeben sich maßgeblich aus der benötigten Spitzenkapazität, wenn bei Vertragsabschluss die Netzauslastung bekannt ist; beziehungsweise wenn der Bezug eindeutig dem Verstopfungsgrad des Netzes zuordenbar ist, dann kann dies über variable Netzentgelte eingepreist werden. Höhere Netzentgelte zu Spitzenzeiten reizen zu flexiblerer Nachfrage an.

Konkrete Kosteneinsparungen können bereits im aktuellen Regime durch Entfall der Stromsteuer bei Nachweis von rein lokalen Stromlieferungen oder durch niedrigere Einkaufskosten bei P2P-Handel (zum Beispiel aus dem EEG ausgeschiedene Anlagen) realisiert werden. In zukünftigen institutionellen Regimen wäre zum Beispiel der Entfall der Übertragungsnetzentgelte bei ausschließlicher Nutzung der Verteilnetzebene denkbar. Trotzdem dürfte der finanzielle Nutzen eher *mittel* ausfallen.

Mikroökonomischer strategischer Nutzen

In seiner Rolle als Koordinationsagent wird die strategische Systemfunktion des Verteilnetzbetreibers als wichtiger lokaler Akteur gesichert beziehungsweise ausgebaut. Ausgehend von dieser Grundlage eröffnen sich Freiheitsgrade für zukünftige Wertrealisierungen. Ein Verteilnetzbetreiber würde darüber hinaus unmittelbar von der Möglichkeit profitieren Anlagen über ein Blockchain-basiertes dynamisches Anlagenregister zu identifizieren (vgl. Use Case 3). Der strategische Nutzen wird als *hoch* eingeschätzt.

Wohlfahrtseffekte

Durch die Plattform können feste Regeln zur Dynamisierung der Netzentgelte, der Incentivierung von Flexibilität oder der Allokation von freien Übertragungskapazitäten genutzt werden. All diese Maßnahmen erhöhen wirkungsvoll die Markteffizienz. Die Möglichkeit zum jederzeitigen Markteintritt und eine hohe Wettbewerbsintensität werden gewährleistet, indem ein kosteneffizienter lokaler Handel vieler Teilnehmer ohne Handelsplatzbetreiber ermöglicht wird. Weitere Wohlfahrtseffekte ergeben sich in Form von wichtigen Investitionssignalen bezüglich des Standorts von EE-Anlagen, um somit Netzausbau durch lokale Erzeugung zu

[210] Grundsätzlich ist eine Übertragung des Anwendungsfalls auch auf den überregionalen Handel möglich. Auf diese Weise ließen sich die Redispatch-Kosten auf TSO-Ebene reduzieren.

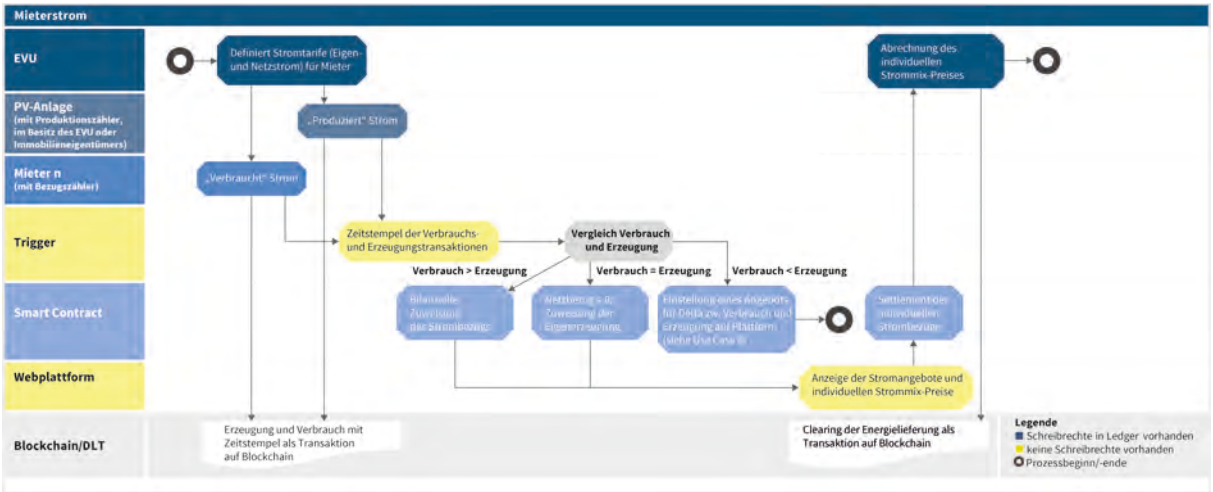
substituieren. Dies kann die Anzahl dezentraler Erzeugungsanlagen bei gleichzeitiger Vermeidung teuren Netzausbaus auf Übertragungsnetzebene potentiell erhöhen. Somit fällt vor allem die Bewertung für die Wohlfahrtseffekte positiv aus und diese werden als *sehr hoch* eingeschätzt.

Use Case 9

	Punktzahl[211]	Gewichtung	Ergebnis
Mikroökonomischer *finanzieller Netto-Effekt*	3	0,5	1,5
Mikroökonomischer *strategischer Nutzen*	4	0,2	0,8
Wohlfahrtseffekte	5	0,3	1,5
			3,8

(10) Stromhandel: Mieterstrom

Die Blockchain-basierte Interaktion zwischen Kunden und Besitzer eines Mieterstromobjekts strebt eine Optimierung lokaler Ressourcen, das heißt einen möglichst hohen Verbrauch lokal erzeugten Stroms an. Im Anwendungsfall befindet sich die PV-Anlage beispielsweise im Besitz des Stromversorgers oder des Immobilieneigentümers. Im Messkonzept sind neben der Stromerzeugungsanlage auch drittbelieferte Mieter zu berücksichtigen, was die Abrechnung zwischen den Beteiligten (Mieter, Stromlieferant, Anlagenbesitzer, Netzbetreiber beziehungsweise Messstellenbetreiber) komplex werden lässt. Für heutige Abrechnungssysteme von Stromlieferanten ist eine kostenintensive Anpassung erforderlich. Im Anwendungsfall verspricht die Blockchain-Technologie den Abrechnungsaufwand zu minimieren, indem die Stromflüsse in IT-Echtzeit unveränderlich nachgehalten und detailliert aufgeschlüsselt werden. Das abgebildete Szenario erlaubt aus technisch-konzeptioneller Sicht eine einfache Erweiterung um hausinterne und externe Transaktionen zwischen Stromspeichern, Ladestationen von Elektroautos oder PV-Balkonanlagen.



Use Case 10: Mieterstrom

Mikroökonomischer finanzieller Netto-Effekt

Mieterstrommodelle sind für Energieversorger aufgrund der komplexen Planungs- und Abwicklungskosten heute kaum wirtschaftlich.[212] Der Einsatz der Blockchain verspricht die bislang vor allem auf staatlichen Anreizen beruhende Wirtschaftlichkeit dieser Geschäftsmodelle technologisch zu steigern.[213] Zwar kann für eine fest definierte Gruppe an Geräten und Akteuren bereits heute mit angepassten Softwarelösungen ein akzeptables Maß an Transparenz erreicht werden. Häufig stehen jedoch die umfangreichen Software-Anpassungskosten nicht in einem rentablen Verhältnis zu den zusätzlichen Einnahmen aus einem

[211] Bewertungsskala: 0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering, 2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß, 5 = sehr groß
[212] Neuner (2017)
[213] Vgl. zum Umfang und Art der Förderung die Förderdatenbank des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, BMWi (2016)

Mieterstromprodukt. Darüber hinaus sind die wesentlichen Differenzierungsmerkmale des Einsatzes der Blockchain-Technologie in einem Mieterstromobjekt gegenüber angepassten Abrechnungslösungen die sichere, kleinteilige und transparente Aufschlüsselung und Zuweisung der verbrauchten und erzeugten Strommengen.[214] Da zukünftig mit einer wachsenden Anzahl an Elektroautomobilen und Heimspeicherlösungen und damit einer tendenziell deutlich erhöhten Dynamik hinsichtlich der Anzahl, Art und Anschlussleistung von Geräten zu rechnen ist,[215] werden Erfassungs- und Abrechnungssysteme notwendig, welche eine kleinteilige und zeitlich höher aufgelöste Erfassung von Messdaten zu geringeren Kosten ermöglicht.

Eine Option ist eine Hard- und Softwarearchitektur basierend auf dem Smart Meter Gateway (SMGW) gemäß BSI-PKI. Alternativ kann auch eine Hard- und Softwarearchitektur basierend auf den sogenannten modernen Messeinrichtungen (mME) genutzt werden. Im Falle des Vorhandenseins einer modernen Messeinrichtung ist es möglich, die dort erfassten Messdaten auszulesen. Allerdings ist hierbei die Datenintegrität etwa des Datenaustausches zwischen moderner Messeinrichtung und Computing-Modul nur mit zusätzlichem Aufwand zu bewerkstelligen. Es wird demnach ersichtlich, dass Kunden, welche kein SMGW, aber eine mME installiert haben, zwar grundsätzlich an einer Blockchain-Lösung teilnehmen können, dies jedoch mit Aufwendungen bezüglich Installation und Betrieb einer Parallelinfrastruktur verbunden ist. Zudem sind die Daten nicht abrechnungsfähig (nicht über die PKI zu übertragen), sodass an die direkte Zahlung gekoppelte Dienstleistungen über solche Systeme schwer regulatorisch durchführbar sind. Der wirtschaftlich sinnvolle Einsatz der Blockchain im Mieterstromkontext kann deshalb nur in einem der ersten beiden Szenarien angenommen werden. Insgesamt wird der finanzielle Nutzen als *mittel* eingestuft.

Mikroökonomischer strategischer Nutzen

Der Vorteil von Blockchain- gegenüber alternativen Softwarelösungen kommt insbesondere in Zusammenhang mit dem Reststrombezug zum Tragen. Durch die Nutzung von Blockchain-basierten Handelsplattformen (siehe Use Case 8) und den Zukauf von externer Energiekapazität in Form von Anteilen an einer EEG-Anlage außerhalb der Immobilie (siehe Use Case 11) lässt sich der Reststrombezug flexibel organisieren und abrechnen. Auch Reststromversicherungen als Produkte können auf Basis der einheitlichen Sicht auf die Daten erstellt werden.

Durch den Einsatz der teilnehmenden Rechner in einer Blockchain ist es auch möglich, spezifische Mieterstromtarife zu erproben. So kann durch zeitlich höher aufgelöste Abrechnungen und die dadurch erreichte höhere Transparenz der Erzeugung sowie des Verbrauchs ein netzdienliches Nutzerverhalten angereizt werden. Das Produkt netzdienlicher Mieterstrom basiert also auf einem Preisbildungsprozess, welcher den hausinternen Mikrohandel berücksichtigt. Die hieraus resultierende Nachfragesteuerung kann sowohl für Energieversorgungsunternehmen als auch für Netzbetreiber die Grundlage für Vorteile hinsichtlich besserer Prognosen für die zu beschaffenden Ausgleichs-Energiemengen sein.[216] Der strategische Nutzen wird als *mittel* eingeschätzt.

Wohlfahrtseffekte

Mehr „Mieterstrom“ senkt rechnerisch den Bezug aus übergeordneten Netzebenen und senkt damit zumindest tendenziell den Ausbau des Übertragungsnetzes. Auch wirkt der Anwendungsfall lokal ausgleichend auf die steigende Stromnachfrage im Falle einer weiteren Elektrifizierung des Wärme- und Transportsektors ein. Weiter wird der Ausbau von Erneuerbaren-Energien-Anlagen ohne Einspeisevergütung gestärkt. Schließlich erlaubt das Blockchain-basierte Mieterstrommodeldurch durch die native Schnittstelle zu Blockchain-basierten Handelsplattformen (siehe Use Case 8) und dem Erwerb von Energiekapazität (siehe Use Case 11) eine effiziente Organisation von Reststrom aus erneuerbaren Energien. Dies wirkt sich potentiell positiv auf die Energiemarkteffizienz aus. So sind unter Umständen zukünftig geringere Bilanzkreisabweichungen zu erwarten, die Notwendigkeit der Entnahme oder Einspeisung aus Übertragungsnetzen sinkt, und auch eine erhöhte lokale Wertschöpfung könnte die Folge sein. Die Stärke der dargestellten Wohlfahrtseffekte ist unmittelbar von der Nachfrage abhängig. Aufgrund des hohen Anteils von Bestandsgebäuden wird selbst bei einer schnell steigenden Anzahl von realisierten Mieterstromprojekten der Gesamteffekt eher *gering* bleiben.

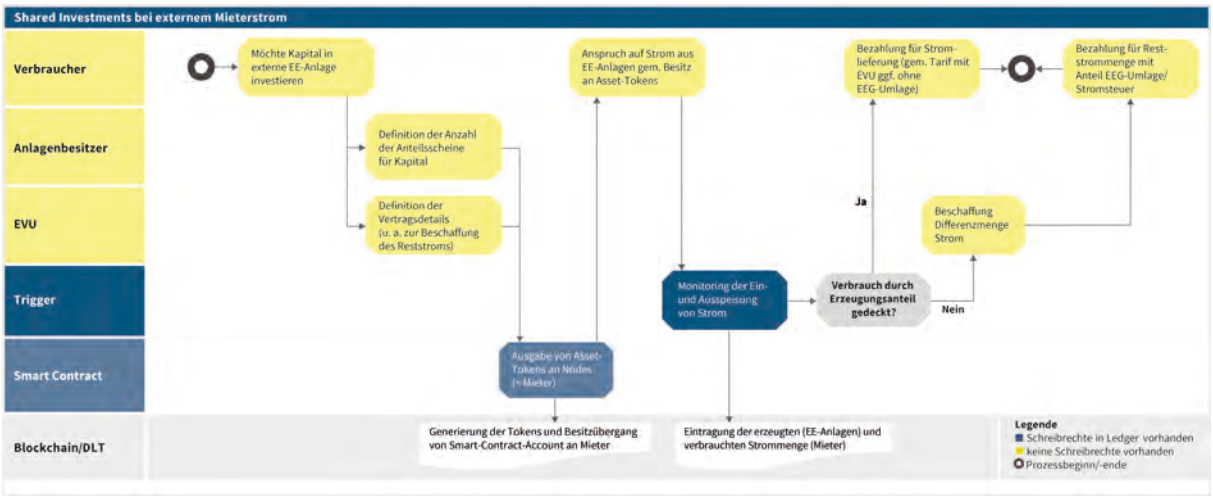
[214] Vgl. die Blockchain-Studie der Forschungsstelle für Energiewirtschaft FfE (2018). Die Autoren kommen auf Basis einer statischen Betrachtung zu einer negativen Bewertung des Anwendungsfalls Mieterstrom.
[215] statista (2019)
[216] Aretz, Knoefel & Gährs (2017)

Use Case 10

	Punktzahl[217]	Gewichtung	Ergebnis
Mikroökonomischer *finanzieller Netto-Effekt*	3	0,5	1,5
Mikroökonomischer *strategischer Nutzen*	3	0,2	0,6
Wohlfahrtseffekte	2	0,3	0,6
			2,7

(11) Finanzierung und Tokenization: Shared Investments bei externem Mieterstrom

Eine Erweiterung des Blockchain-Anwendungsfalls Mieterstrom (Use Case 10) ist die (Teil-)Deckung des Reststrombezugs durch Kauf von externer Erzeugungskapazität. Verbraucher erwerben Anteile an einer EE-Anlage außerhalb des Mieterstromobjekts beziehungsweise des Quartiers und erhalten im Gegenzug Asset-Token. Diese verbriefen einen entsprechenden Anspruch auf in dieser Anlage erzeugten Strom. Diskrete Energieerzeugung und -bezugseinheiten (bspw. Kilowattstunden) werden als Transaktionen mit Zeitstempel in einer Blockchain gespeichert. Die Gleichzeitigkeit zwischen Erzeugung des Anlagenanteils und Verbrauch innerhalb der Mieterstromimmobilie wird retrospektiv automatisiert festgestellt durch einen Smart Contract. Sind Bezugs- und Erzeugungsmenge identisch, so ist bilanziell zu den betrachteten Zeitpunkten keine Reststrombeschaffung zu berechnen, wie es im Falle einer Unterdeckung notwendig wäre.



Use Case 11: Shared Investments bei externem Mieterstrom

Mikroökonomischer finanzieller Netto-Effekt

Bislang bestehen hohe Anbahnungskosten für Konzepte, die die Deckung des Reststrombezugs durch Zukauf von externer Energiekapazität vorsehen. Diese begründen sich zum einen durch eine geringere Prognostizierbarkeit der Stromerzeugung seitens der Erneuerbaren. Mittels des Einsatzes der Blockchain-Technologie, wie in der Prozesskette dargestellt, lassen sich diese Folgekosten senken. Aufseiten der Anbieter geteilter Investitionen in Mieterstrommodelle besteht jedoch nach wie vor ein hohes Risiko bezüglich der Realisierung von Mehreinnahmen. Bislang kann nicht auf Erfahrungen aus dokumentierten Pilotprojekten zurückgegriffen werden. Die Größe der Nachfrage bleibt somit unbestimmt. Geteilte Investitionen in Kombination mit konventionellen Stromtarifen sind jedoch bereits Teil des Produktportfolios einiger weniger Stromanbieter.[218] Deren Erfolg wird Rückschlüsse auf die Erwartungshaltung von Kunden zulassen. In Anlehnung an konventionelle Crowdfundingprojekte bietet die Tokenization von Anlagenanteilen jedoch ebendiesen Anbietern den Vorteil, einen deutlich größeren Investorenkreis anzusprechen, da die Stückelung aufgrund der geringen Abwicklungskosten verhältnismäßig klein gewählt werden kann. Aufgrund dieser

[217] Bewertungsskala: 0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering, 2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß, 5 = sehr groß
[218] enyway (2018)

Kleinteiligkeit entfällt auch die sonst von der Bundesaufsicht für Finanzen vorgeschriebene Prospektpflicht für die Veräußerung der Anlagenanteile. Insgesamt wird aufgrund der unsicheren Kundenakzeptanz der finanzielle Netto-Effekt als *mittel* bewertet.

Mikroökonomischer strategischer Nutzen

Die Tokenization der Anlagenfinanzierung hat das Potential, die Lücke zwischen Investitionen in Großkraftwerke, die aufgrund ihrer Investitionsvolumina oftmals von internationalen Firmenkonglomeraten vorangetrieben werden, und zeit- und kostenaufwendigen Bürgerenergiefonds zu schließen.[219] Für Energieversorger und Dienstleister ist der dargestellte Anwendungsfall externer Mieterstrom daher perspektivisch ein strategisch wichtiges Geschäftsmodell. Es erlaubt die Schnittstelle zum Kunden weiter aufrechtzuerhalten, auch wenn die Wirtschaftlichkeit insgesamt noch unklar ist. Werden anstelle jahrelanger Planungsprozesse für Großkraftwerke kleine bis mittlere Wind- und Solarprojekte auf diesem Wege vorfinanziert, so kann dies zu einer regional sinnvollen Differenzierung der Erzeugungsleistung führen. Auch für Kommunen ergibt sich ein strategischer betriebswirtschaftlicher Nutzen, da die Bruttowertschöpfung vor Ort zunimmt und Stromimporte und damit Mittelabflüsse sich verringern. Die Realisierung des strategischen Nutzenversprechens hängt unmittelbar von der Entwicklung der Nachfrage ab und wird infolge der Unsicherheit als *mittel* eingestuft.

Wohlfahrtseffekte

Neben den regionalen Wertschöpfungseffekten durch eine Synchronisation der Marktinformationen (Erzeugung und Verbrauch) ist die Erhöhung der individuellen Investitionen zum Ausbau erneuerbarer Energien ein bedeutsamer Wohlfahrtseffekt. Die Kopplung von Asset-Token und Smart Contracts, die den Erlös aus dem Stromverkauf den einzelnen Asset-Token automatisiert zuschreiben, verspricht eine hohe Anwendbarkeit Blockchain-basierter externer Mieterstrommodelle in der Praxis. Die Asset-Tokenisierung reduziert prinzipiell die Beteiligungsschwelle und ermöglicht es Menschen, die zur Miete wohnen sich aktiv an der Energiewende zu beteiligen und von den Erlösen zu profitieren.

Es könnte eine neue Anlageklasse von Investitionen in erneuerbare Energien entstehen, welche die ausbleibenden Investitionen in klassische Großkraftwerke zumindest zum Teil ersetzen kann.[220] Auch wird zurecht darauf hingewiesen, dass die Blockchain-Technologie verspricht Erneuerbare-Energie-Anlagen durch die Zerlegung in kleine digitale Asset-Token auch ohne EEG-Subventionierung zu realisieren.[221] Den umfangreichen Wohlfahrtseffekten steht jedoch ein unsicherer Bedarf auf Verbraucher- und Investorenseite gegenüber. Die mittelfristig zu erwartenden Wohlfahrtseffekte sind daher aufgrund des frühen Stadiums der dargestellten besonderen Mieterstrommodellen vorsichtig als *sehr gering* zu bewerten. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Tokenization der Anlagenfinanzierung nicht auf Mieterstrommodelle beschränkt ist.

Use Case 11

	Punktzahl[222]	Gewichtung	Ergebnis
Mikroökonomischer *finanzieller Netto-Effekt*	3	0,5	1,5
Mikroökonomischer *strategischer Nutzen*	3	0,2	0,6
Wohlfahrtseffekte	1	0,3	0,3
			2,4

[219] Coyne (2018)
[220] Butcher (2018)
[221] Aussage von Andreas Rieckhoff (Geschäftsführer bei enyway), Januar 2019
[222] Bewertungsskala: 0 = nicht vorhanden, 1 = sehr gering, 2 = gering, 3 = mittel, 4 = groß, 5 = sehr groß

Literatur- und Quellenverzeichnis

Albert, A. (21. 11 2017). *manager magazin*. Abgerufen am 01 2019 von Smartphone-Mining und Wallet-Klau - So stehlen Hacker digitales Geld: http://www.manager-magazin.de/finanzen/geldanlage/bitcoin-ehereum-und-co-so-stehlen-hacker-digitales-geld-a-1179560-3.html

altcointoday.com. (22. 04 2017). *altcointoday.com*. Von Bitcoin and Ethereum vs Visa and PayPal – Transactions per second: https://altcointoday.com/bitcoin-ethereum-vs-visa-paypal-transactions-per-second/ abgerufen

apache.org. (01 2004). *apache software foundation*. Abgerufen am 01 2019 von apache license: https://www.apache.org/licenses/LICENSE-2.0

Aretz, A., Knoefel, J., & Gährs, S. (27. 06 2017). *Prosumer-Potenziale in NRW 2030.* Abgerufen am 01 2019 von Studie für die Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen: https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/BILDER_und_Downloaddateien/Publikationen/2017/Bericht_Prosumer_in_NRW_2030.pdf

Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A. D., Katz, R., Konwinski, A., . . . Zaharia, M. (2009). *Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing.* http://d1smfj0g31qzek.cloudfront.net/abovetheclouds.pdf.

AWS. (2018). *Blockchain in AWS*. (Amazon, Produzent) Abgerufen am 01 2019 von AWS Blockchain-Vorlagen: https://aws.amazon.com/blockchain/

BDEW. (2018). *Blockchain in the Energy Sector.* BDEW & INEWI - The Potential for Energy Providers, Technology, Berlin.

Behrens, M. (2019). Mainova.

Benhamouda, F., Halevi, S., & Halevix, T. (2018). Supporting Private Data on Hyperledger Fabric with Secure Multiparty Computation. *IEEE International Conference on Cloud Computing*, S. 357-363.

Beyer, S. (05. 11 2018). *medium.com*. Abgerufen am 01 2019 von Blockchain Interoperability—Moving Assets Across Chains: https://medium.com/cryptronics/blockchain-interoperability-moving-assets-across-chains-e5203357d949

bitkom.org. (2016). *Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V.* Von Open-Source-Software 2.0 Leitfaden: https://www.bitkom.org/sites/default/files/file/import/FirstSpirit-1498131485664160229-OSS-Open-Source-Software.pdf abgerufen

blockchain.com. (17. 01 2019). *blockchain.com*. Von Hash Rate: https://www.blockchain.com/de/charts/hash-rate abgerufen

Blockchain-Initiative.de. (2019). *Blockchain-Initiative Energie*. Abgerufen am 01 2019 von MaKoChain: Der Lieferantenwechsel in der Blockchain: https://blockchain-initiative.de/presseinformation/makochain-der-lieferantenwechsel-in-der-blockchain/

BMWi. (16. 10 2016). *Förderdatenbank - Förderprogramme und Finanzhilfen des Bundes, der Länder und der EU*. Abgerufen am 01 2019 von Solar Invest - Förderung des Eigenstromverbrauchs: http://www.foerderdatenbank.de/Foerder-DB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=views;document&doc=11145&typ=RL

BMWi. (27. 09 2018). *Referentenentwurf des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.* Abgerufen am 01 2019 von Verordnung zur Änderung der Marktstammdatenregisterverordnung: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/V/verordnung-zur-aenderung-der-marktstammdatenregisterverordnung-referentenentwurf.pdf?__blob=publicationFile&v=2

BNEF. (2018). *New Energy Outlook 2018 - BNEF's annual long-term economic alalysis of the world's power sector out to 2050.* Bloomberg NEF. https://bnef.turtl.co/story/neo2018.

Bridgwater, A. (07. 02 2018). *forbes.com*. Abgerufen am 01 2019 von Blockchains Are Verticalizing, So We Need Interoperability: https://www.forbes.com/sites/adrianbridgwater/2018/02/07/blockchains-are-verticalizing-so-we-need-interoperability/#47212d347ab9

btc-echo. (2018). *btc-echo.de*. Abgerufen am 01 2019 von Was ist eine 51%-Attacke und wie funktioniert sie?: https://www.btc-echo.de/tutorial/bitcoin-51-attacke/

Bundesnetzagentur. (13. 12 2017). *bundesnetzagentur.de.* Abgerufen am 01 2019 von Monitoringbericht 2017 Elektrizitätsmarkt - Einzelhandel: https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/DatenaustauschUndMonitoring/Monitoring/Monitoring2017_Kapitel/E_Einzelhandel2017.pdf?__blob=publicationFile&v=1

Bundesnetzagentur. (2018). *EEG in Zahlen 2017*. 3.2 Entwicklung der Anzahl installierter erneuerbarer Energieanlagen . https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/zahlenunddaten-node.html.

Butcher, M. (04 2018). *techcrunch.com.* Abgerufen am 01 2019 von Power Ledger launches token for retail investors to back renewable energy projects: https://techcrunch.com/2018/10/23/power-ledger-launches-token-for-retail-investors-to-back-renewable-energy-projects/

Buterin, V. (17. 12 2017). *Vitalik.ca*. Abgerufen am 01 2019 von Notes on Blockchain Governance: https://vitalik.ca/general/2017/12/17/voting.html

Clavenna, S. (2018). Blockchain in 2018. Where are we in the hype cycle. GTM Podcast.

ConsenSys. (6. 12 2018). *media.consensys.net*. Abgerufen am 1 2019 von Ethereum by the Numbers: https://media.consensys.net/ethereum-by-the-numbers-3520f44565a9

Coyne, B. (04. 04 2018). *the energyst.* Abgerufen am 01 2019 von Energy firms eyeing ‘tokenisation’ models, says Energi Mine CEO: https://theenergyst.com/energy-firms-eyeing-tokenization-models-says-energi-mine-ceo/

digiconomist.net. (01 2019). *Bitcoin Energy Consumption Index*. Von https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption abgerufen

discovergy.com. (05. 01 2018). *Discovergy - Discover your Energy*. Abgerufen am 01 2019 von Blockchain, eine neue Lösung für Mieterstrom: https://discovergy.com/blog/mieterstrom-mit-blockchain

distririct0x.io. (kein Datum). *education.district0x.io*. Abgerufen am 01 2019 von Off-Chain Governance: https://education.district0x.io/general-topics/what-is-governance/off-chain-governance/

Dixon, C. (04. 01 2019). *wired.com*. Abgerufen am 01 2019 von Blockchain can wrest the internet from corporations' grasp: https://www.wired.com/story/how-blockchain-can-wrest-the-internet-from-corporations/

ebUtilities.at. (2015). *ebUtilities.at*. Abgerufen am 01 2019 von Energiewirtschaftlicher Datenaustausch: https://ebutilities.at/energiewirtschaftlicher-datenaustausch.html

EDNA. (10. 12 2018). *EDNA - Bundesverband Energiemarkt & Kommunikation*. Von Blockchain Initiative Energie - MaKoChain: Der Lieferantenwechsel in der Blockchain: https://edna-energy.de/makochain-der-lieferantenwechsel-in-der-blockchain/ abgerufen

Ehrsam, F. (27. 11 2017). *medium.com cryptocurrency*. Von Blockchain Governance: Programming Our Future: https://medium.com/@FEhrsam/blockchain-governance-programming-our-future-c3bfe30f2d74 abgerufen

Electron. (2019). *electron.org.uk*. Abgerufen am 01 2019 von Blockchain Systems for the Energy Sector: http://www.electron.org.uk/

enerchain.ponton.de. (2018). *enerchain*. Abgerufen am 01 2019 von The Enerchain Project: https://enerchain.ponton.de

Energy Web Foundation. (25. 10 2018). *energyweb.org*. Abgerufen am 01 2019 von Energy Web Foundation and PJM-EIS Announce Collaboration to Build and Evaluate Blockchain-based Tool for a Major U.S. Renewable Energy Certificates Market: https://energyweb.org/2018/10/25/energy-web-foundation-and-pjm-eis-announce-collaboration-to-build-and-evaluate-blockchain-based-tool-for-a-major-u-s-renewable-energy-certificates-market/

EnStadt:Pfaff. (kein Datum). *Pfaff-Quartier.de*. Abgerufen am 01 2019 von EnStadt:Pfaff: https://www.pfaff-quartier.de/index.php/de/quartier/enstadt-pfaff

enyway. (24. 08 2018). *enyway.com*. Abgerufen am 01 2019 von Wie Blockchain den Energiemarkt verändern kann: https://www.enyway.com/de/site/blockchain-energiemarkt

ETH-Energy. (2018). *eth-energy.de*. Abgerufen am 01 2019 von Blockchain für die Energiewirtschaft: https://www.eth-energy.de/historie/ sowie die Blockchain-Initiative im EDNA-Bundesverband: https://blockchain-initiative.de/presseinformation/makochain-der-lieferantenwechsel-in-der-blockchain/

EWF. (2018). *Energy Web Foundation*. Von Whitepaper: The Energy Web Chain: https://energyweb.org/papers/the-energy-web-chain/ abgerufen

EWF. (25. 10 2018). *energyweb.org*. Abgerufen am 01 2019 von Energy Web Foundation and PJM-EIS Announce Collaboration to Build and Evaluate Blockchain-based Tool for a Major U.S. Renewable Energy Certificates Market: https://energyweb.org/2018/10/25/energy-web-foundation-and-pjm-eis-announce-collaboration-to-build-and-evaluate-blockchain-based-tool-for-a-major-u-s-renewable-energy-certificates-market/

FfE. (2018). *Die Blockchain-Technologie - Chance zur Transformation der Energiewirtschaft - Berichtsteil Anwendungsfälle*. Forschungsstelle für Energiewirtschaft. München: https://www.ffe.de/attachments/article/846/Blockchain_Teilbericht_UseCases.pdf.

FfE. (2018). *Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V*. Abgerufen am 01 2019 von Blockchain - Chance zur Transformation der Energiewirtschaft?: https://www.ffe.de/attachments/article/846/Blockchain_Teilbericht_Use Cases.pdf#page=155

Gencer, A. E., Basu, S., Eyal, I., Renesse, R. v., & Sirer, E. G. (2018). Decentralization in Bitcoin and Ethereum Networks. *Financial Cryptography and Data Security 2018*.

General Electric. (2017). *ge.com*. Abgerufen am 01 2019 von Electricity Value Network - Digital Solutions for Power & Utilities: https://www.ge.com/digital/sites/default/files/EVN-Solutions-for-Power-and-Utilities-from-GE-Digital.pdf

gnu.org. (2019). *Frequently Asked Questions about the GNU Licenses*. Von http://www.gnu.org/licenses/gpl-faq.html#DoesUsingTheGPLForAProgramMakeItGNUSoftware abgerufen

Gould, J. (20. 05 2018). *slideshare.net*. Abgerufen am 01 2019 von Utility Applications for Blockchain: https://de.slideshare.net/JoshGould1/utility-applications-for-blockchain

Grid+. (2018). *Whitepaper v2.0 - Welcome to the future of energy*. Grid+. https://gridplus.io/assets/Gridwhitepaper.pdf.

Gridchain. (2018). *ponton.de*. Abgerufen am 01 2019 von Gridchain Improved Market Communication based on advanced Blockchain Technology: https://ponton.de/focus/blockchain/gridchain/

Habermeier, R. (20. 10 2017). *medium.com Polkadot Network*. Abgerufen am 01 2019 von Polkadot: The Parachain: https://medium.com/polkadot-network/polkadot-the-parachain-3808040a769a

Hartnett, S. (10. 05 2018). *EWF - Energy Web Foundation*. Abgerufen am 01 2019 von When it Comes to Throughput, Transactions Per Second is the Wrong Blockchain Metric: https://energyweb.org/2018/05/10/when-it-comes-to-throughput-transactions-per-second-is-the-wrong-blockchain-metric/

Heller, A. (20. 06 2018). *parity.io*. Abgerufen am 01 2019 von Why we believe in Wasm as the base layer of decentralised application development: https://www.parity.io/wasm-smart-contract-development/

hyperledger.org. (2019). *hyperledger.org*. Abgerufen am 01 2019 von https://www.hyperledger.org/

iconpartners.io. (11. 09 2018). *iconpartners.io* . Abgerufen am 01 2019 von Consensus Mechanism Review: https://www.iconpartners.io/blogs/consensus-mechanism-review

IRENA. (2018). *Global Energy Transformation - A Roadmap to 2050*. International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Apr/IRENA_Report_GET_2018.pdf.

ISO. (2019). ISO/TC 307. *Blockchain and distributed ledger technologies*. International Organization for Standardization.

Jones, N. (12. 09 2018). *How to stop data centres from gobbling up the world's electricity*. Abgerufen am 01 2019 von The energy-efficiency drive at the information factories that serve us Facebook, Google and Bitcoin.: https://www.nature.com/articles/d41586-018-06610-y

Kajpust, D. (27. 06 2018). *Medium Cryptocurrency*. Abgerufen am 01 2019 von Blockchain Interoperability: Cosmos vs. Polkadot: https://medium.com/@davekaj/blockchain-interoperability-cosmos-vs-polkadot-48097d54d2e2

Levine, P. (14. 02 2014). *Andreessen Horowitz - Software Is Eating the World*. Abgerufen am 01 2019 von Why There Will Never Be Another Red Hat: The Economics of Open Source: https://a16z.com/2014/02/14/why-there-will-never-be-another-redhat-the-economics-of-open-source/

Linkedin. (13. 12 2018). *Linkedin*. (G. Berger, Produzent, & Economig Graph Team) Abgerufen am 1 2019 von 2018 Emerging Jobs Report: https://economicgraph.linkedin.com/research/linkedin-2018-emerging-jobs-report

lition. (2019). *lition.io*. Abgerufen am 01 2019 von The Blockchain Standard for Business: https://www.lition.io

LO3. (2019). *LO3 Energy*. Abgerufen am 01 2019 von https://lo3energy.com

Lucsok, P. (27. 09 2018). *medium.com Polkadot Network*. Abgerufen am 01 2019 von Why on-chain governance?: https://medium.com/polkadot-network/why-on-chain-governance-82ecf28f314c

Müller, G. (2009). Was the Internet the Only Option? Which Way should Business and Information Systems Engineering go? *Business and Information Systems Engineering*, S. 46-52.

Maijer, Carlos R.W. De . (20. 09 2016). *finextra.com*. Von Blockchain and standards: first things first!: https://www.finextra.com/blogposting/13114/blockchain-and-standards-first-things-first abgerufen

Merz, M. (09. 05 2018). *ponton enerchain.* Von Enerchain Project Overview and Key Insights: https://ponton.de/downloads/enerchain/EnerchainKeyInsights_2018-03-29_final.pdf abgerufen

Merz, M. (2019). *Blockchain im B2B-Einsatz – Technologien, Anwendungen, Projekte.* ISBN: 978-3-940117-18-2: MM Publishing.

Meunier, S. (2018). *When do you need blockchain? Decision Models.* https://medium.com/@sbmeunier/when-do-you-need-blockchain-decision-models-a5c40e7c9ba1.

Microsoft. (16. 10 2018). *Microsoft Corporate Blogs.* Abgerufen am 01 2019 von Buying renewable energy should be easy — here's one way to make it less complex: https://blogs.microsoft.com/on-the-issues/2018/10/16/buying-renewable-energy-should-be-easy-heres-one-way-to-make-it-less-complex/

Mora, C., Rollins, R. L., Taladay, K., Kantar, M. B., Chock, M. K., Shimada, M., & Franklin, E. C. (10 2018). Bitcoin emissions alone could push global warming above 2°C. *Nature Climate Change, 8*(11).

Mulligan, C., Zhu Scott, J., Warren, S., & Rangaswami, J. (2018). *WEF White Paper - Blockchain Beyond the Hype A Practical Framework for Business Leaders.* http://www3.weforum.org/docs/48423_Whether_Blockchain_WP.pdf.

Neuner, R. (31. 08 2017). Das Mainova Mieterstrommodell. *Praxisworkshop Energiegewinnung auf kommunalen Dächern*. Frankfurt.

Nica, G. (12. 09 2018). *BMWBlog.* Abgerufen am 01 2019 von BMW i ChargeForward Findings Show the i3 Can Stabilize Grids and Earn Money: https://www.bmwblog.com/2018/09/12/bmw-i-chargeforward-findings-show-the-i3-can-stabilize-grids-and-earn-money

Nieße, A., Ihle, N., Balduin, S., Postina, M., Tröschel, M., & Lehnhoff, S. (10. 10 2018). Distributed ledger technology for fully automated congestion management. *Energy Informatics, 1*(https://doi.org/10.1186/s42162-018-0033-3).

Orcutt, M. (25. 04 2018). *MIT technology review*. Abgerufen am 01 2019 von How secure is blockchain really?: https://www.technologyreview.com/s/610836/how-secure-is-blockchain-really/

Parrer, J.-A. (04. 07 2018). *blockchainhub.net*. Abgerufen am 01 2019 von Consensus Mechanisms: https://blockchainhub.net/blog/blog/consensus-mechanisms-2/

Patel, M., Shangkuan, J., & Thomas, C. (2018). *McKinsey&Company*. Abgerufen am 01 2019 von What's new with the Internet of Things?: https://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights/whats-new-with-the-internet-of-things

Patterson, M. (12. 09 2018). *bloomberg.com.* Abgerufen am 01 2019 von Crypto's 80% Plunge Is Now Worse Than the Dot-Com Crash: https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-09-12/crypto-s-crash-just-surpassed-dot-com-levels-as-losses-reach-80

Pebbles Projekt. (kein Datum). *pebbles-projekt.de*. Abgerufen am 01 2019 von pebbles Energie verbindet: https://pebbles-projekt.de/en/aboutus/

Postina, M. (2018a). Dezentrales Engpassmanagement im Niederspannungsnetz (Grid4Mobility). *VKU 27.02.2018.* Mannheim: https://vku-akademie.de/ANTRAGO_FILES/5_20171124_003132.pdf.

Postina, M. (2018b). Engpassmanagement im Niederspannungsnetz (Grid4Mobility). *Euroforum Deutschland 11.04.2018.* Düsseldorf: https://www.euroforum.de/best-of-blockchain/team-member/dr-matthias-postina/.

Sardan, T. (26. 07 2018). *parity.io*. Abgerufen am 01 2019 von What is a light client and why you should care?: https://www.parity.io/what-is-a-light-client/

Sijbrandij, S. (16. 07 2018). *forbes.com*. Abgerufen am 01 2019 von How Open Source Became The Default Business Model For Software: https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2018/07/16/how-open-source-became-the-default-business-model-for-software/#6aee96254e72

Simon, F. (4. 12 2018a). *euractiv*. Abgerufen am 01 2019 von Solar PV sector hails EU deal on small-scale 'citizen energy': https://www.euractiv.com/section/energy/news/solar-pv-sector-hails-eu-deal-on-small-scale-citizen-energy/

Simon, F. (14. 11 2018b). *euractiv.com*. Abgerufen am 01 2019 von Solar PV sector hails EU deal on small-scale 'citizen energy': https://www.euractiv.com/section/energy/news/solar-pv-sector-hails-eu-deal-on-small-scale-citizen-energy/

Sobotka, M. (09 2017). Gateway Administration im Zeitalter der Blockchain. *Energie & Management*, S. 17.

Sommer, A. (2019). Items GmbH.

sonnen. (2019). *sonnen.de*. Abgerufen am 01 2019 von Ökostrom für Ihr Zuhause - die sonnenStrom Tarife: https://sonnen.de/stromtarife/

Stanley, A. (01. 10 2018). *forbes.com*. Abgerufen am 01 2019 von Hyperledger And Enterprise Ethereum Alliance Join Forces In Enterprise Blockchain Boost: https://www.forbes.com/sites/astanley/2018/10/01/hyperledger-and-enterprise-ethereum-alliance-join-forces-in-enterprise-blockchain-boost/#5594d0c74aa2

Statista. (2018). *Anzahl der Lieferantenwechsel auf dem Strommarkt in Deutschland nach Verbrauchergruppe in den Jahren 2007 bis 2017 (in 1.000)*. Abgerufen am 01 2019 von https://de.statista.com/statistik/daten/studie/154894/umfrage/anzahl-der- lieferantenwechsel-auf-dem-strommarkt-seit-2006/

statista. (2019). *Prognose zur Anzahl der Smart-Home-Haushalte in Deutschland nach konservativem und progressivem Szenario in den Jahren 2013 bis 2020 (in 1.000)*. Abgerufen am 01 2019 von https://de.statista.com/statistik/daten/studie/466811/umfrage/prognose-zur-anzahl-der-smart-home-haushalte-in-deutschland/,

Steis, M. (03. 12 2018). *medium.com rochaway.blockchain*. Von Governance Models of Blockchain Protocols: https://medium.com/rockaway-blockchain/overview-of-blockchain-governance-models-b27140a72910 abgerufen

Steis, M. (15. 10 2018). *medium.com rockaway.blockchain*. Abgerufen am 01 2019 von A Brief Overview of Stablecoins: https://medium.com/rockaway-blockchain/a-brief-overview-of-stablecoins-69a4fcfff75f

StromDAO. (kein Datum). *stromdao.de*. Abgerufen am 01 2019 von https://stromdao.de/

swytch. (2019). *swytch.io*. Abgerufen am 01 2019 von Make the Swytch to a sustainable future: https://swytch.io/

Tan, P. (10. 12 2018). *medium.com altcoin-magazine*. Abgerufen am 01 2019 von Why Is Decentralization So Difficult?: https://medium.com/altcoin-magazine/why-is-decentralization-so-difficult-6ba7eb894f7d

The Crypto Oracle. (13. 12 2018). *medium.com altcoin-magazine*. Abgerufen am 01 2019 von The Fourth Industrial Revolution: The Rise Of The Autonomous Economy: https://medium.com/altcoin-magazine/the-fourth-industrial-revolution-the-rise-of-the-autonomous-economy-cfe0886ad8b3

Vries, A. d. (16. 05 2018). Bitcoin's Growing Energy Problem. *Joule, 2*(5), S. 801-805.

Wüst, K., & Gervais, A. (2017). *Do you need a Blockchain?* https://eprint.iacr.org/2017/375.pdf.

Weese, L. (08. 12 2017). *blog.bitxoin.org.hk*. Von Bitcoin mining and energy consumption: https://blog.bitcoin.org.hk/bitcoin-mining-and-energy-consumption-4526d4b56186 abgerufen

wepower. (2019). *wepower.network*. Abgerufen am 01 2019 von Next generation green energy procurement and trading platform: https://wepower.network/

Werner, J., Mandel, P., Theilig, M.-M., & Zarnekow, R. (2018). Auswahlprozess zur Identifikation von Einsatzmöglichkeiten für Blockchain-Technologie. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, 55*(6).

Wood Mackenzie. (2018). *Blockchain for Energy 2018: Companies & Applications for Distributed Ledger Technologies on the Grid.* https://www.woodmac.com/reports/power-markets-blockchain-for-energy-2018-companies-and-applications-for-distributed-ledger-technologies-on-the-grid-58115325.

Wood Mackenzie. (05. 03 2018). *Blockchain for Energy 2018: Companies & Applications for Distributed Ledger Technologies on the Grid.* Von https://www.woodmac.com/reports/power-markets-blockchain-for-energy-2018-companies-and-applications-for-distributed-ledger-technologies-on-the-grid-58115325 abgerufen

WSW. (kein Datum). *Wuppertaler Stadtwerke*. Abgerufen am 01 2019 von Tal.Markt - bergisch. nachhaltig. einzigartig.: https://www.wsw-online.de/wsw-energie-wasser/privatkunden/produkte/strom/talmarkt

Zamfir, V. (01. 12 2017). *medium.org*. Abgerufen am 01 2019 von Against on-chain governance: https://medium.com/@Vlad_Zamfir/against-on-chain-governance-a4ceacd040ca

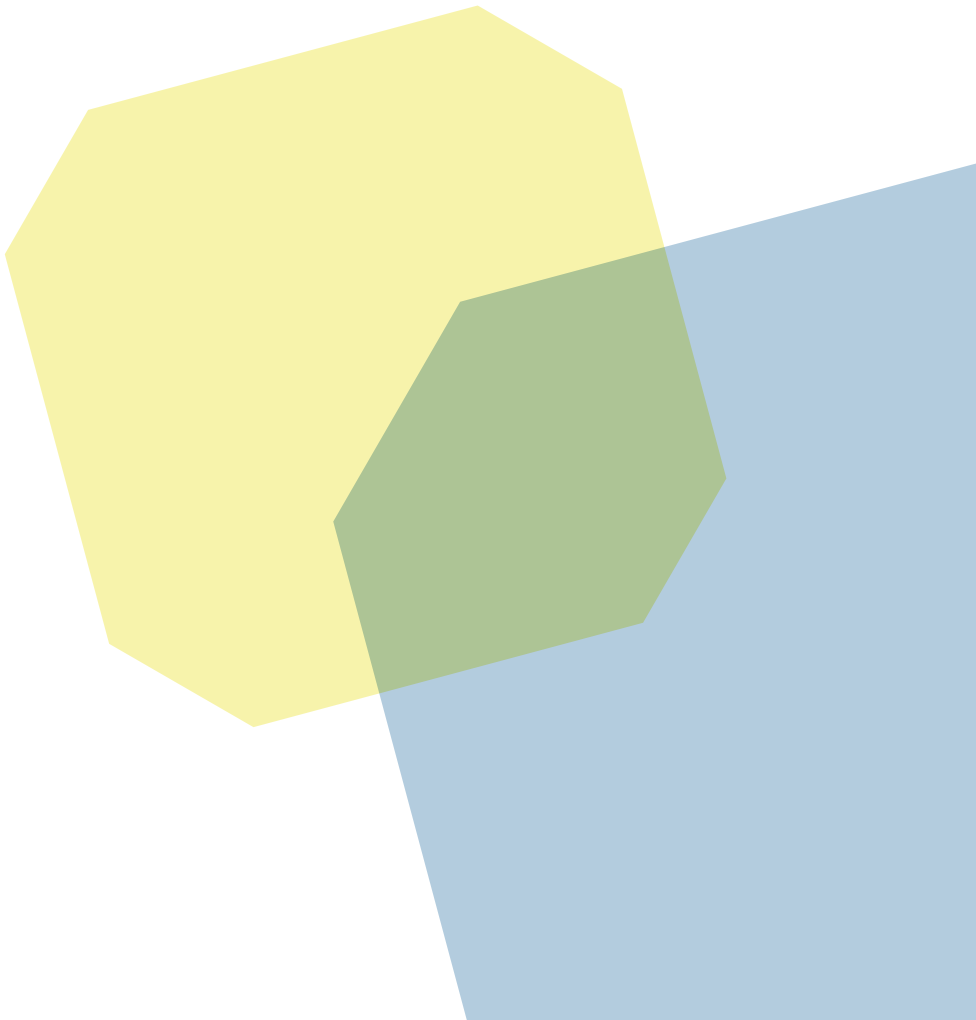
Zheng, S. (09 2018). *theblockcrypto.com*. Abgerufen am 01 2019 von Block by Block: Stablecoins: : https://www.theblockcrypto.com/2018/09/14/block-by-block-stablecoins/

zoernert.github.io. (2019). *GSI-Token*. Abgerufen am 01 2019 von Grünstrom und Graustrom Token: https://zoernert.github.io/gsi/

Anhang: Quellenverzeichnis zu Tabelle 1

1	https://www.hedera.com/faq#is-the-source-code-open-source
2	https://www.whycardano.com
3	https://dfinity.org/pdf-viewer/library/dfinity-consensus.pdf
4	https://energyweb.org/wp-content/uploads/2018/10/EWF-Paper-TheEnergyWebChain-v1-201810-FINAL.pdf
5	https://github.com/EOSIO/Documentation/blob/master/TechnicalWhitePaper.md
6	https://blockchainhub.net/blockchains-and-distributed-ledger-technologies-in-general/
7	https://www.hedera.com/whitepaper
8	https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/en/release-1.3/network/network.html
9	docs.iota.org/introduction
10	http://kadena2.novadesign.io/wp-content/uploads/2018/08/chainweb-v15.pdf; https://medium.com/kadena-io/blockchain-future-smart-contract-sharing-economy-134a318fef55
11	https://coinsutra.com/neo-vs-ethereum-differences/; https://docs.neo.org/en-us/network/private-chain/private-chain.html
12	medium.com/nervosnetwork/introducing-nervos-network-7a2dcfd6a1d0; https://github.com/nervosnetwork/ckb
13	https://blog.cosmos.network/understanding-the-value-proposition-of-cosmos-ecaef63350d
14	https://blockonomi.com/tezos-guide/
15	https://www.iconpartners.io/blogs/consensus-mechanism-review/
16	https://dfinity.org/pdf-viewer/library/dfinity-consensus.pdf
17	https://energyweb.org/2018/10/09/energy-web-foundation-releases-new-core-tech-white-paper/; Ewald Hesse, chair of the Energy Web Foundation, interview January 2019
18	https://steemit.com/eos/@attic-lab/eos-io-consensus-algorithm
19	https://github.com/ethereum/wiki/wiki/Proof-of-Stake-FAQs
20	medium.com/opentoken/hashgraph-a-whitepaper-review-f7dfe2b24647
21	https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/en/release-1.3/txflow.html; https://www.skcript.com/svr/consensus-hyperledger-fabric/
22	docs.iota.org/introduction/tangle/consensus
23	https://kadena.io/docs/chainweb-v15.pdf
24	https://docs.neo.org/en-us/basic/consensus/consensus.html
25	https://github.com/nervosnetwork/rfcs/blob/master/rfcs/0002-ckb/0002-ckb.md
26	tendermint.com/docs/introduction/what-is-tendermint.html#consensus-overview; https://blog.cosmos.network/tendermint-explained-bringing-bft-based-pos-to-the-public-blockchain-domain-f22e274a0fdb
27	https://medium.com/tezos/liquid-proof-of-stake-aec2f7ef1da7
28	cardanofoundation.org/en/news/a-brief-description-of-the-cardano-blockchain-for-non-tech-people/; https://github.com/dexon-foundation/wiki/wiki/Blockchain-Comparison
29	https://medium.com/@linyufly/transactions-per-second-tps-cheat-sheet-64f5c0056db; https://github.com/dexon-foundation/wiki/wiki/Blockchain-Comparison
30	energyweb.org/2018/05/10/when-it-comes-to-throughput-transactions-per-second-is-the-wrong-blockchain-metric/; Ewald Hesse, chair of the Energy Web Foundation, interview January 2019
31	https://whiteblock.io/library/eos-test-report.pdf; https://github.com/dexon-foundation/wiki/wiki/Blockchain-Comparison; https://espeoblockchain.com/blog/eos-vs-ethereum/
32	https://energyweb.org/2018/05/10/when-it-comes-to-throughput-transactions-per-second-is-the-wrong-blockchain-metric/
33	https://www.hedera.com/platform; https://applicature.com/blog/what-is-hashgraph-technology; https://github.com/dexon-foundation/wiki/wiki/Blockchain-Comparison
34	https://arxiv.org/pdf/1805.11390.pdf; https://github.com/dexon-foundation/wiki/wiki/Blockchain-Comparison
35	thetangle.org/live; https://github.com/dexon-foundation/wiki/wiki/Blockchain-Comparison
36	https://www.ethnews.com/kadenas-baas-enterprise-adoption-and-beyond; https://github.com/dexon-foundation/wiki/wiki/Blockchain-Comparison
37	https://blog.wandx.co/ethereum-or-neo-7bf08048d23c; https://www.reddit.com/r/NEO/comments/8tym0c/tps_of_neo_blockchain/
38	medium.com/nervosnetwork/a-deep-dive-into-nervos-with-the-founding-team-3cdc71fc8615
39	https://blog.bigchaindb.com/and-were-off-to-the-races-1aff2b66567c
40	https://hackernoon.com/scaling-tezo-8de241dd91bd?gi=61f38964383f
41	https://www.cardano.org/en/academic-papers/
42	https://techcrunch.com/2018/08/29/dfinity/?guccounter=1; https://medium.com/celer-network/celer-dfinity-speed-of-light-off-chain-scaling-on-the-internet-computer-8554dc1b16f6
43	https://energyweb.org/papers/the-energy-web-chain/
44	https://coinsavage.com/content/2018/08/ethereum-vs-eos-an-analysis-of-blockchains-two-largest-dapp-platforms/
45	https://multicoin.capital/2018/02/23/models-scaling-trustless-computation/
46	https://medium.com/@saratechnologiesinc/hedera-hashgraph-consensus-and-scalability-2315133a3e33
47	https://www.hyperledger.org/blog/2018/10/17/debunking-myths-surrounding-hyperledger; https://www.ledgerinsights.com/scaling-issues-with-hyperledger-fabric/
48	medium.com/@claudio_69833/iota-hardware-developments-and-possible-offline-tangle-integrations-97b6d17154c
49	https://multicoin.capital/2018/02/23/models-scaling-trustless-computation/
50	https://medium.com/@NEO_Council/neo-mainnet-2-year-anniversary-da-hongfei-talked-about-the-decentralization-process-public-9666098733bb
51	https://medium.com/nervosnetwork/introducing-nervos-network-7a2dcfd6a1d0
52	https://github.com/tendermint/tendermint/wiki/Introduction
53	https://hackernoon.com/scaling-tezo-8de241dd91bd
54	https://whalereports.com/cardano-and-centralization/; https://multicoin.capital/2018/02/23/models-scaling-trustless-computation/
55	https://www.iconpartners.io/blogs/consensus-mechanism-review/
56	https://energyweb.org/2019/01/23/energy-web-foundation-announces-ings-walter-kok-as-chief-operating-officer/
57	https://medium.com/@CryptoPeterG/eos-centralization-problem-bd7a392eeed2

58 https://coinnounce.com/ethereum-is-centralized-2-mining-pools-control-more-than-50-hashrate/
59 https://medium.com/@saratechnologiesinc/hedera-hashgraph-consensus-and-scalability-2315133a3e33
60 https://arxiv.org/abs/1801.10228
61 https://blog.iota.org/coordinator-part-1-the-path-to-coordicide-ee4148a8db08
62 https://multicoin.capital/2018/02/23/models-scaling-trustless-computation/; https://aws.amazon.com/marketplace/pp/B07MKMKP4F?qid=1547578126310/awssr=0-1/awsref_=srh_res_product_title
63 https://steemit.com/neo/@neoxian/neo-is-centralized; https://medium.com/neo-smart-economy/how-to-become-a-consensus-node-27e5317722e6
64 https://github.com/nervosnetwork/rfcs/blob/master/rfcs/0002-ckb/0002-ckb.md
65 blog.cosmos.network/tendermint-explained-bringing-bft-based-pos-to-the-public-blockchain-domain-f22e274a0fdb
66 https://tezos.com/static/papers/position_paper.pdf; https://blockonomi.com/blockchain-governance/
67 https://medium.com/@saratechnologiesinc/hedera-hashgraph-consensus-and-scalability-2315133a3e33
68 https://www.nervos.org/#roadmap
69 https://medium.com/tezos/amending-tezos-b77949d97e1e
70 https://cardanodocs.com/cardano/transaction-fees/
71 https://dfinity.org/developers/tech-overview/consensus/; https://www.reddit.com/r/dfinity/comments/9nb8nh/what_are_the_transaction_fees_for_dfinity_do/
72 Ewald Hesse, chair of the Energy Web Foundation, interview January 2019
73 https://www.trustnodes.com/2018/06/29/eos-transaction-fees-skyrocket-bps-hoarding-ram-block-one-start-voting
74 bitinfocharts.com/Ethereum/
75 https://medium.com/@saratechnologiesinc/hedera-hashgraph-consensus-and-scalability-2315133a3e33
76 https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/en/release-1.3/txflow.html
77 https://www.iota.org/get-started/faqs; https://www.reddit.com/r/Iota/comments/8y831e/iota_costs_000166_in_electrical_fees_to_submit_a/
78 https://aws.amazon.com/marketplace/pp/B07MKMKP4F?qid=1547578126310/awssr=0-1/awsref_=srh_res_product_title
79 https://docs.neo.org/en-us/basic/neocontract.html#fees
80 https://github.com/nervosnetwork/rfcs/blob/master/rfcs/0002-ckb/0002-ckb.md
81 tendermint.readthedocs.io/projects/tools/en/v0.23.0/app-dev/abci-spec.html?highlight=fee
82 https://medium.com/hayek-lab/tezos-baking-fees-and-its-evolution-d922ffb490d0; https://medium.com/coinmonks/tezos-baking-delegation-guide-a410d9821fc8
83 https://cardanodocs.com/cardano/proof-of-stake/
84 https://coinsutra.com/neo-vs-ethereum-differences/
85 Ewald Hesse, chair of the Energy Web Foundation, interview January 2019
86 medium.com/generous/eos-energy-consumption-vs-bitcoin-and-ethereum-2d1bb31ed72f
87 https://spectrum.ieee.org/computing/networks/ethereum-plans-to-cut-its-absurd-energy-consumption-by-99-percent
88 https://medium.com/@saratechnologiesinc/hedera-hashgraph-consensus-and-scalability-2315133a3e33
89 https://coinsutra.com/neo-vs-ethereum-differences/
90 https://www.ledgerinsights.com/dfinity-ethereum-blockchain-challenger/
91 https://energyweb.atlassian.net/wiki/spaces/EWF/pages/17760291/On-Chain+vs+Off-Chain?focusedCommentId=97091585
92 github.com/sheos-org/eos21
93 https://www.hyperledger.org/announcements/2018/10/01/enterprise-ethereum-alliance-and-hyperledger-to-advance-the-global-blockchain-business-ecosystem
94 icovisions.com/one-on-one-with-hedera-hashgraph/
95 https://www.hyperledger.org/projects/quilt
96 https://hackernoon.com/kadena-review-scalable-blockchain-smarter-contracts-71cb30e37554
97 http://docs.neo.org/en-us/whitepaper.html
98 blog.cosmos.network/the-internet-of-blockchains-how-cosmos-does-interoperability-starting-with-the-ethereum-peg-zone-8744d4d2bc3f
99 https://medium.com/@renjithmenon/dfinity-scalability-through-randomness-governance-through-ai-1ee5f49fecd0
100 https://energyweb.org/papers/the-energy-web-chain/
101 medium.com/coinmonks/a-deep-dive-into-eos-governance-49e892eeb4a2
102 https://education.district0x.io/general-topics/what-is-governance/off-chain-governance/
103 https://medium.com/@saratechnologiesinc/hedera-hashgraph-consensus-and-scalability-2315133a3e33
104 https://www.hyperledger.org/about/charter
105 blog.iota.org/iota-foundation-fb61937c9a7e
106 https://kadena.io/wp-content/uploads/dlm_uploads/Kadena-Public-White-Paper-v1.2.pdf
107 https://bitcoinexchangeguide.com/neo-appears-to-be-imploding-senior-rd-manager-leaves-smart-economy-project/
108 https://icorating.com/upload/whitepaper/cstC6c0s9sxNRBc7xX4A8TvwWhsOIT572Oi9Xx3S.pdf
109 cosmos.network/docs/spec/governance/overview.html
110 https://www.bitrates.com/news/p/tezos-a-self-amending-crypto-ledger-formalizing-on-chain-governance-protocols
111 dfinity.org/faq/
112 http://fortune.com/2018/05/31/cryptocurrency-eos-ico-scam/
113 medium.com/opentoken/hashgraph-a-whitepaper-review-f7dfe2b24647; https://www.forbes.com/sites/jeffersonnunn/2018/11/26/hedera-hashgraph-enterprise-grade-distributed-ledger-technology/#21a904cf70a7
114 medium.com/@ercwl/iota-is-centralized-6289246e7b4d; https://www.newsbtc.com/2018/12/20/think-iota-security-flawed/
115 https://kadena.io/docs/chainweb-v15.pdf; https://medium.com/kadena-io/security-kadena-chainweb-blockchain-97e5bdf88c29
116 https://bubowerks.io/blog/2018/07/19/cosmos-tendermint-network-architecture/
117 https://www.wired.co.uk/article/energy-web-foundation-blockchain
118 https://www.hedera.com/blog/hedera-hashgraph-launches-mainnet-early-access-program
119 https://www.nervos.org/#roadmap
120 https://cosmos.network/roadmap
121 https://medium.com/dfinity/why-webassembly-f21967076e4
122 https://energyweb.org/papers/the-energy-web-chain/
123 http://docs.neo.org/en-us/sc/introduction.html
124 https://github.com/nervosnetwork/ckb/search?l=rust
125 https://www.michelson-lang.com



Teil B:

1 Technisches und ökonomisches Gutachten (INEWI)

2 Regulatorisches Gutachten (Deloitte)

Deloitte.

Teil B.2
Regulatorisches Gutachten zur dena-Multi-Stakeholder-Studie „Blockchain in der integrierten Energiewende“

Deloitte.

Autoren

Dr. Ludwig Einhellig
Johanna Kappl
Stefan Lares
Dr. Konstantin Zech
Kamila Behrens

Impressum

Deloitte GmbH
Wirtschaftsprüfungsgesellschaft
Rosenheimer Platz 4
81669 München

www.deloitte.com/de

Deloitte.

Inhaltsverzeichnis

Deloitte.

Abbildungsverzeichnis

Deloitte.

1 Vorgehen- und Methodenbeschreibung

Ziel des Gutachtens ist es, aus regulatorischer Sicht die praktische Umsetzung der Blockchain-Technologie zu analysieren und Schnittstellen zu bestehenden Regulierungen zu identifizieren bzw. auch – auf einem hohen Abstraktionsgrad – zu bewerten.

Im regulatorischen Gutachten betrachtet der Gutachter dafür zuvor von der Projektsteuerungsgruppe festgelegte elf Use Cases. Zunächst wird untersucht, welche Akteure im Rahmen der einzelnen Use Cases miteinander verbunden sind. Nach der Identifizierung kann abgeleitet werden, ob (z.B. marktrollenbedingte) spezifische Anforderungen existieren und welcher Regulierungsrahmen hauptsächlich die Aktivitäten der Hauptakteure beeinflusst.

Die gemeinsam erarbeiteten Prozessvisualisierungen[1] sind dabei ein hinreichender Input für das Regulierungsgutachten.

Im Anschluss wurden die Schnittstellen, die sich aus der die Materie berührenden Gesetzen und Normen ergeben, identifiziert:

- Energierecht
- Datenschutzrecht
- Datensicherheitsrecht

Die Aufzählung zeigt bereits vorher festgelegte Hauptschwerpunkte. Im Rahmen des Projekts fanden auch Abstimmungsprozesse mit der dena und den weiteren Gutachtern statt, die dem regulatorischen Gutachter ermöglichten, in einem für die regulatorische Prüfung abgeschlossenen und begrenzten Analyseraum zu arbeiten.

Mit der finalen Liste der relevanten Rechtsbereiche je Use Case konnten dann die folgenden Punkte je Use Case untersucht werden:

- Welche regulatorischen Rahmenbedingungen existieren, die den Use Case in seiner Entwicklung ggf. behindern oder bestärken?
- Welche regulatorischen Rahmenbedingungen wären ggf. anzudenken, wenn der Use Case in der Fläche Anwendung findet? (Skalierbarkeit)
- Gibt es bestehende Normenkollisionen bzw. Unschärfen in der Gesetzgebung?

Für den Fall einer (flächendeckenden) Anwendung einzelner Use Cases bewerten die Gutachter schlussendlich deren Vereinbarkeit bzw. mögliche Kollisionen mit anderen Gesetzen und Normen.

[1] Vgl. hierfür insbesondere Teil A und die Gutachten in Teil B.1.

Ist der Anwendungsbereich eröffnet, kann die Liste aus Gesetzen und Normen, welche erarbeitet wurde, auch als Basis für die Bewertung und Erarbeitung von Handlungsoptionen dienen.

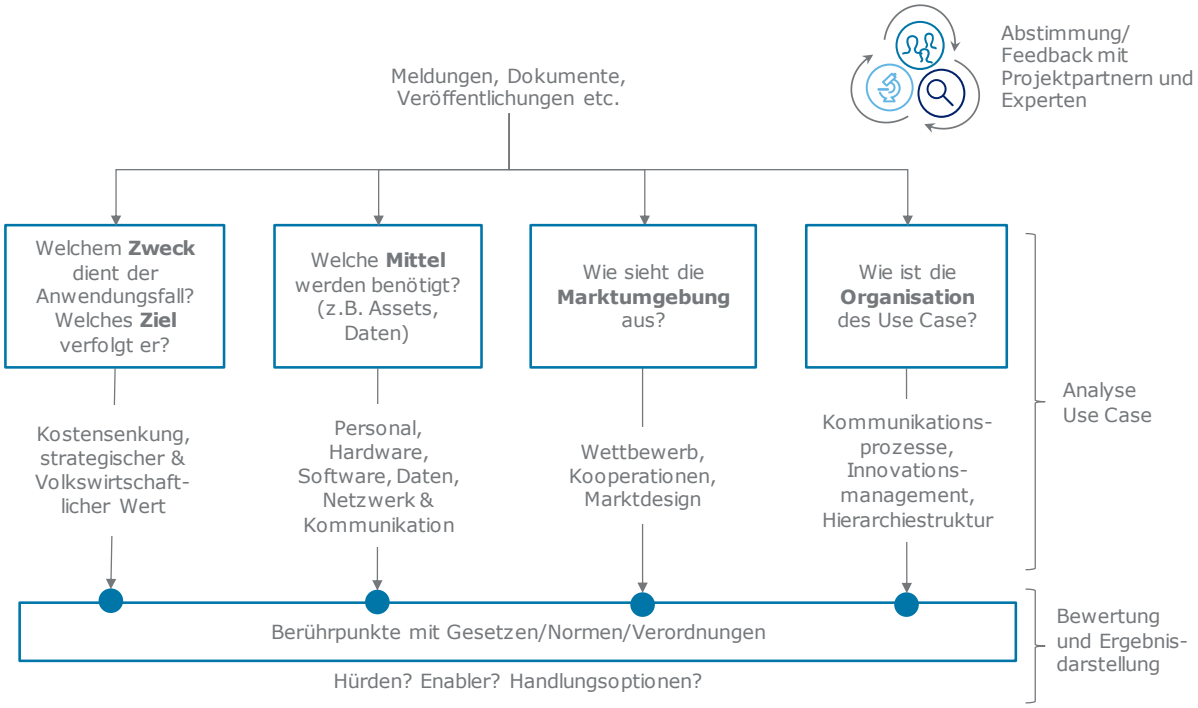


Abbildung 1: Darstellung der vier Säulen der regulatorischen Analyse

Es wurde zunächst jeder der elf Use Cases anhand seiner unterschiedlichen Bausteine analysiert und diese dem zuvor definierten und eingegrenzten Regulierungsrahmen gegenübergestellt. Die dadurch entstehende Matrix zeigt Schnittstellen der jeweiligen Bausteine mit Vorschriften und deren Inhalten.

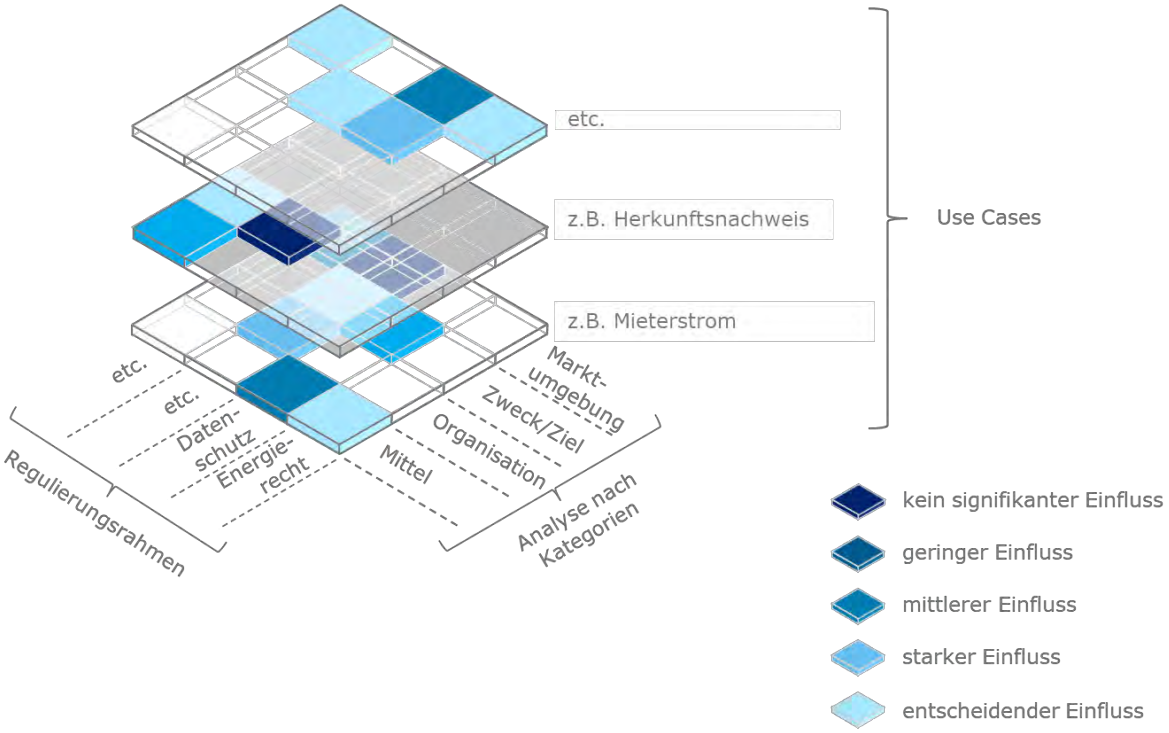


Abbildung 2: Skala und Zusammenhang zwischen Use Case, Regulierungsbereichen und Bewertungsraum

Um die Berührungspunkte anschließend bewerten und auch gewichten zu können, wurde hilfsweise eine Ordinalskala mit folgenden Bezeichnungen eingeführt:

- „kein signifikanter Einfluss auf den Use Case"
- „geringer Einfluss"
- „mittlerer Einfluss"
- „starker Einfluss"
- „für den Use Case entscheidender Einfluss"

Entscheidend für die Einstufung des Einflusses in der Skala sind unter anderem folgende Faktoren:

- Komplexität (z.B. bei der Umsetzbarkeit von regulatorischen Vorgaben)
- Regulatorischer Technologiereifegrad
- Abhängigkeiten untereinander

Use Case 1		Regulierungsrahmen							
Geschäftsmodell	Baustein	Energie-recht	*	Datenschutz-recht	*	Daten-sicherheitsrecht	*	etc.	*
	1.1	§	3	-	-	-	-	…	…
	1.2	§	5	§	5	§	2	…	…
	1.3	-	-	§	4	-	-	…	…
	1.4	§	3	§	1	§	4	…	…
	…	…		…		…		…	…

* Gewichtung (z.B. 1 bis 5)

Abbildung 3: Beispielhafte Darstellung der Schnittstellen zwischen Use Case und Regulierungsrahmen

Die Bewertungskriterien wurden durch die Gutachter entwickelt, mit Fachexperten besprochen und folgen internationalen und nationalen Standards für vergleichbare Einschätzungen. Da thematisch sehr unterschiedliche Regulierungsbereiche involviert sind, wurde ggf. auch die Meinung von Spezialisten für spezifische Gebiete der Regulierung eingeholt.

Die Einflussparameter zur Bewertung der Auswirkung von regulatorischen Schranken oder auch von Enabling-Funktionen auf die Use Cases wurden von den Gutachtern vorgestellt und die Art und Weise der Methode in einem Kreis aus dena, Gutachtern und Experten diskutiert.

Nach der Erarbeitung des Untersuchungsraums in Form der Matrix von Gesetzen und Normen wurde anhand der Kenntnis der Berührpunkte zwischen Recht und Prozess-Baustein für deren Gruppenbildung eine Gewichtungs- und Normierungsmethode definiert. Diese wurde anschließend mit dem anderen Gutachter sowie mit dem Kreis an Partnern und Experten diskutiert und fixiert.

Die Gewichtung spiegelt den regulatorischen Einfluss der jeweiligen Norm auf den einzelnen Prozessschritt des Use Case wider bzw. damit auch den Einfluss eines einzelnen Gesetzes auf den gesamten Use Case.

Über diese beiden Gewichtungen bzw. die Normierung kann schließlich eine abstrakte Aussage über den „Gesamteinfluss der Regulierung" auf den jeweiligen Use Case getroffen werden.

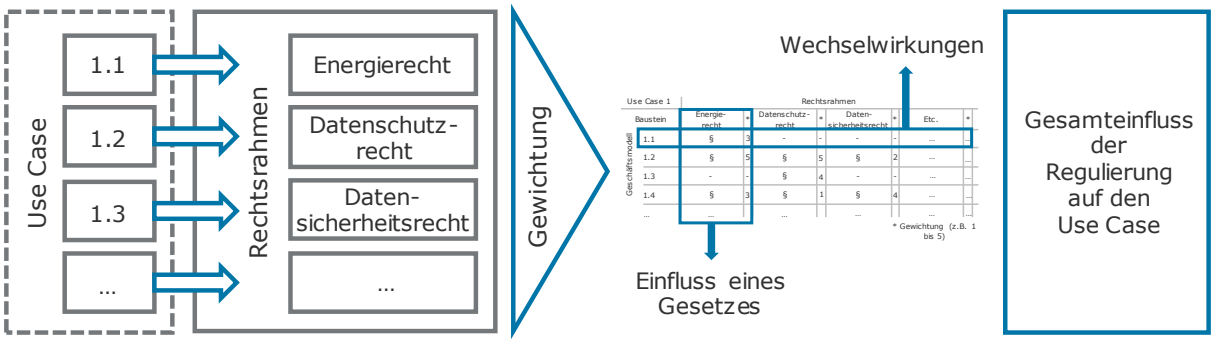


Abbildung 4: Berechnung des (Gesamt-)Einflusses der Regulierung

Aus dieser regulatorischen Bewertung wird im Verlaufe des Gutachtens also eine Art regulatorischer „Faktor" pro Use Case gebildet, welcher auch eine Aussage über potenziell und aus Sicht der Gutachter bestehenden Handlungsbedarf in Bezug auf eine Änderung des Regulierungsrahmens für die praktische Umsetzbarkeit der einzelnen Use Cases zu treffen ermöglicht.

Auch die Determinanten, die über das Regulierungsgutachten Einzug in die Gesamtbewertung und Priorisierung der Use Cases finden können, wurden im Laufe der Projektlaufzeit erarbeitet und weiterentwickelt.

Deloitte.

2 „Use Case"-übergreifende Regulierungsbestimmungen

2.1 Blockchain und Datenschutzrecht

Das allgemeine Datenschutzrecht wird in der EU maßgeblich[2] durch die DSGVO[3], in Deutschland durch das Bundesdatenschutzgesetz (BDSG)[4] sowie die Datenschutzgesetze der Länder geprägt[5] – ebenso verhält es sich in Österreich mit dem DSG (DSG-Ö)[6]. In der Schweiz ist der Datenschutz im Bundesgesetz über den Datenschutz (DSG-S) geregelt. Das DSG-S ist neben dem allgemeinen Teil in einen Teil für die eidgenössische Bundesverwaltung und einen für Private aufgeteilt. Der Teil für die Bundesverwaltung ist schengenrelevant, d.h. hier muss die Schweiz Anpassungen (vor allem die Ratifikation der revidierten Europaratskonvention SEV 108 und die Übernahme der EU-Richtlinie 2016/680 zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten im Bereich des Strafrechts) vornehmen, um ihren Verpflichtungen aus dem Schengen Abkommen nachzukommen.[7]

Datenschutzgrundverordnung (DSGVO)

Seit dem 25.05.2018 ist die DSGVO in der EU unmittelbar geltendes Recht. Ziel der DSGVO ist der Schutz der Grundrechte und Grundfreiheiten natürlicher Personen und insbesondere deren Recht auf Schutz personenbezogener Daten (vgl. Art. 1 Abs. 2 DSGVO). Für Datenverarbeitungen enthält die DSGVO die folgenden Grundsätze:

- Rechtmäßigkeit der Verarbeitung[8]
- Verarbeitung nach Treu und Glauben[9]
- Transparenz[10]
- Zweckbindung[11]

---

[2] Neben der Verordnung (EU) 2018/1807 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. November 2018 über einen Rahmen für den freien Verkehr nicht-personenbezogener Daten in der Europäischen Union.
[3] Verordnung (EU) 2016/679 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27.04.2016 zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten, zum freien Datenverkehr und zur Aufhebung der Richtlinie 95/46/EG (Datenschutz-Grundverordnung), im Folgenden als DSGVO bezeichnet.
[4] Bundesdatenschutzgesetz v. 14.01.2003 (BGBl. I S. 66), zuletzt geändert durch Gesetz vom 10.03.2017 (BGBl. I S. 410).
[5] Vgl. Bartsch in: Danner/Theobald, Energierecht, 98. EL Juni 2018, Rn. 3.
[6] Das österreichische Datenschutzgesetz (DSG), veröffentlicht in BGBl. I Nr. 165/1999 idgF., ist das geltende Datenschutzgesetz der Republik Österreich und ergänzt dort dementsprechend die Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO).
[7] Die EU-Kommission ist nach Inkrafttreten der DSGVO verpflichtet, alle Angemessenheitsbeschlüsse dahingehend zu überprüfen, ob den jeweiligen Ländern ein der Europäischen Union vergleichbares Datenschutzniveau bescheinigt werden kann. Personenbezogene Daten aus der EU dürften sonst nur noch in die Schweiz transferiert werden, wenn zusätzliche Schutzmaßnahmen, wie EU-Standardvertragsklauseln oder Binding Corporate Rules von allen Vertragspartnern unterzeichnet werden.
[8] Vgl. Art. 5 Abs. 1 lit. a i.V.m. Art. 6 DSVGO.
[9] Vgl. Art. 5 Abs. 1 lit. a DSVGO.
[10] Vgl. Art. 5 Abs. 1 lit. a DSVGO i.V.m. Art. 12ff DSVGO (Informationspflichten), Art. 25 DSGVO und Erwägungsgrund 78 (Datenschutz durch Technik (data protection by design) und datenschutzfreundliche Voreinstellungen (data protection by default) sowie Art. 42 f DSGVO und Erwägungsgrund 100 (Datenschutzniveau).
[11] Vgl. Art. 5 Abs. 1 lit. b DSVGO.

- Datenminimierung[12]
- Richtigkeit der Datenverarbeitung[13]
- Speicherbegrenzung[14]
- Integrität und Vertraulichkeit[15]

Die nähere Ausgestaltung des nationalen Datenschutzrechts ist ferner Sache der Mitgliedstaaten.

Räumlich findet die DSGVO nach Art. 3 Abs. 1 Anwendung auf die Verarbeitung personenbezogener Daten, soweit diese im Rahmen der Tätigkeiten einer Niederlassung eines Verantwortlichen oder eines Auftragsverarbeiters in der Europäischen Union erfolgt, unabhängig davon, ob die Verarbeitung selbst in der Union stattfindet. Für die Verarbeitung personenbezogener Daten durch in der Bundesrepublik Deutschland oder in der Republik Österreich ansässige Energieversorgungsunternehmen (EVU) ist der Anwendungsbereich der Verordnung damit regelmäßig eröffnet.[16]

Aufgrund ihrer extraterritorialen Anwendung[17] ist die DSGVO aber auch für viele Schweizer Energieunternehmen zu beachten. Sie gilt nämlich immer dann[18], wenn

- ein Schweizer Unternehmen eine Niederlassung in der Europäischen Union hat und zwar selbst dann, wenn die konkrete Verarbeitung gar nicht innerhalb der Union stattfindet,
- ein Auftragsverarbeiter in der EU eingesetzt wird,
- ein Schweizer Unternehmen personenbezogene Daten im Auftrag eines europäischen Unternehmens verarbeitet,
- Daten einer Person, die in der EU niedergelassen ist, verarbeitet werden. Dieser Fall gilt z.B. beim Onlineversand an Personen mit einem Wohnsitz innerhalb der EU, aber auch beim Webtracking, wenn dieses personenbeziehbar ist (nicht anonymisierte IP-Adresse).

Nach Art. 2 Abs. 1 gilt die DSGVO **sachlich** für die ganz oder teilweise automatisierte Verarbeitung personenbezogener Daten sowie für die nicht automatisierte Verarbeitung personenbezogener Daten, die in einem Dateisystem gespeichert sind oder gespeichert werden sollen. Art. 2 Abs. 2 DSGVO enthält einige Ausnahmetatbestände, die nach Ansicht von *Bartsch* bei EVU aber regelmäßig nicht einschlägig sind.[19]

---

[12] Vgl. ähnlich § 3a BDSG.
[13] Vgl. Art. 17 Abs. 1 lit. d (Löschung) und Art. 16 (Berichtigung).
[14] Vgl. Art. 17 Abs. 1 lit. a (Löschung oder Aufhebung der Identifizierungsmöglichkeit; Ausnahmen bestehen nach Art. 5 Abs. 1 lit. e 2. Halbsatz. für im öffentlichen Interesse liegende Archivzwecke, historische Forschungszwecke und statistische Zwecke).
[15] Hierfür fordert die DSGVO technische und organisatorische Gewährleistungsmaßnahmen nach Art. 32 DSGVO.
[16] Vgl. ähnlich Bartsch in: Danner/Theobald, Energierecht, 98. EL Juni 2018, Rn. 5, 6.
[17] Am 23.11.2018 veröffentlichte der Europäische Datenschutzauschuss (EDSA) seine Leitlinien zum territorialen Anwendungsbereich der DSGVO („Guidelines 3/2018 on the territorial scope of the GDPR (Article 3)", auf Englisch). Diese Leitlinien waren bis zum 18.01.2019 Gegenstand einer öffentlichen Konsultation und können danach geändert werden.
[18] Vgl. die Informationen der eidgenössischen Datenschutz- und Öffentlichkeitsbeauftragten unter https://www.edoeb.admin.ch/edoeb/de/home/dokumentation/rechtliche-grundlagen/Datenschutz%20-%20International/DSGVO.html.
[19] Vgl. Bartsch in: Danner/Theobald, Energierecht, 98. EL Juni 2018, Rn. 5-6.

Die DSGVO enthält in ihrem Art. 4 Begriffsbestimmungen, die bei der Verarbeitung personenbezogener Daten bedeutsam sind. Im Folgenden werden für das Gutachten relevante, sachliche Komplexe beschrieben.

Personenbezogene Daten

Personenbezogene Daten sind alle Informationen, die sich auf eine identifizierte oder identifizierbare natürliche Person beziehen. Es kann sich hierbei z.B. um Informationen wie Name oder Wohnort handeln. Wird also mit einem Kunden ein Stromvertrag geschlossen, könnte sein Name, seine Adresse oder auch die Mess- und Marktlokationsnummer benötigt werden. Vom Grundsatz her erlaubt dabei fast jede Information Rückschlüsse auf eine Person. Die Konsequenz ist allerdings, dass der Anwendungsbereich der DSGVO sehr weit ist und regelmäßig eröffnet sein wird.[20]

In EVU stellen Stammdaten (z.B. Name, Anschrift, Bankverbindung, Kundennummer, Mess- sowie Marktlokation) und Bewegungsdaten (z.B. Abrechnungs- oder Einspeisedaten) des Letztverbrauchers bzw. Anschlussnutzers, der natürliche Person ist, regelmäßig personenbezogene Daten dar.[21]

Verarbeitung

Faktisch jede Handlung mit einem Bezug zu personenbezogenen Daten kann als eine Verarbeitung angesehen werden. Dies war auch das erklärte Ziel der DSGVO. Verstöße gegen die Grundsätze der Verarbeitung personenbezogener Daten können ein Bußgeld von bis zu 20 Mio. € oder – auch im Falle eines Unternehmens der Energiewirtschaft – von bis zu vier Prozent seines gesamten weltweit erzielten Jahresumsatzes des vorangegangenen Geschäftsjahres sowie weitere Maßnahmen der Aufsichtsbehörde nach sich ziehen.[22]

Als Verarbeitung können im Allgemeinen die folgenden Punkte angesehen werden:

- Verarbeiten umfasst das Erheben, Speichern, Ändern, Nutzen, Übermitteln, Verknüpfen oder Löschen von personenbezogenen Daten.
- Erhebung bedeutet Beschaffen bzw. Sammeln von Daten, also beispielsweise Kontaktformular
- Speichern, Ändern von Daten liegt beispielsweise vor, wenn eine E-Mail gespeichert wird
- Übermitteln liegt beispielsweise vor, wenn eine E-Mail weitergeleitet wird
- Nutzen liegt beispielsweise vor, wenn eine Abfrage gestartet wird
- Verknüpfen mit anderen Daten und Löschen, beispielsweise die Vernichtung eines Datenträgers

[20] Vgl. Bartsch in: Danner/Theobald, Energierecht, 98. EL Juni 2018, Rn. 8.
[21] Vgl. ebenda mit Verweis auf Soetebeer/Bartsch, IR 2013, S. 30f und Gola, in: Gola, DS-GVO, Art. 4, Rn. 5.
[22] Vgl. Art. 83 Abs. 5 lit. a DSGVO.

Eine Verarbeitung stellen bei EVUs insbesondere das Erheben von Stammdaten eines Letztverbrauchers zum Zwecke des Abschlusses eines Energieliefer- oder eines Netzanschlussertrages sowie das Erfassen und die Speicherung von Messwerten zum Zwecke der Abrechnung eines Energielieferv ertrages dar. Auch die Offenlegung personenbezogener Daten von Letztverbrauchern durch Übermittlung an andere Marktpartner im Rahmen der energiewirtschaftlichen Geschäftsprozesse, z.B. nach der Festlegung einheitlicher Geschäftsprozesse und Datenformate zur Abwicklung der Belieferung von Kunden mit Elektrizität[23], oder der Festlegung einheitlicher Geschäftsprozesse und Datenformate beim Wechsel des Lieferanten bei der Belieferung mit Gas[24], ist eine Form der Verarbeitung.[25]

Die mit der DSGVO angestrebte Technologieneutralität[26] wurde aus Sicht von *Blocher* nur in begrenztem Maße erreicht. Das Fehlen jeglicher Bezugnahme auf dezentrale Datenspeicherung ist im Hinblick auf die rasant zunehmende Bedeutung der Blockchain-Technologie eine gravierende Regelungslücke. So wird bereits die Meinung vertreten, öffentlich-genehmigungsfreie Blockchains seien vor allem wegen der nicht realisierbaren Löschungspflicht aber auch wegen der offensichtlichen Schwierigkeit, die dezentrale Datenverarbeitung einem greifbaren „Verantwortlichen" zuzurechnen, nicht DSGVO-konform.[27]

Pseudonymisierung

Die „Pseudonymisierung" wird in Art. 4 Nr. 5 DSGVO als die Verarbeitung personenbezogener Daten in einer Weise beschrieben, als die personenbezogenen Daten ohne Hinzuziehung zusätzlicher Informationen nicht mehr einer spezifischen betroffenen Person zugeordnet werden können, sofern diese zusätzlichen Informationen gesondert aufbewahrt werden und technischen und organisatorischen Maßnahmen unterliegen, die gewährleisten, dass die personenbezogenen Daten nicht einer identifizierten oder identifizierbaren natürlichen Person zugewiesen werden. Beispiele für eine Pseudonymisierung in der Energiewirtschaft sind die Verarbeitung von Messwerten unter einer Mess- oder Marktlokations-ID sowie die Nutzung eines Kundenportals unter einem fiktiven Benutzernamen, jeweils ohne Zuordnung zu dem betroffenen Letztverbraucher. Dabei muss vom verantwortlichen EVU durch geeignete technische und organisatorische Maßnahmen zusätzlich sichergestellt sein, dass auf den „Schlüssel" zur Herstellung des spezifischen Personenbezugs nicht ohne Weiteres zugegriffen werden kann. Nicht mehr in der DSGVO definiert wird der noch in § 3 Abs. 6 BDSG in der bis zum 24.05.2018 geltenden Fassung vorhandene Begriff der „Anonymisierung". Erwägungsgrund 26 zur DSGVO stellt jedoch klar, dass die Verordnung auf anonymisierte Daten, bei denen

[23] BK6–06-009 (GPKE); Beschluss der BNetzA v. 11.07.2006 wegen der Festlegung einheitlicher Geschäftsprozesse und Datenformate zur Abwicklung der Belieferung von Kunden mit Elektrizität, BK6–06-009. Dieser wird ab 01.12.2019 dann durch die Anlage 1 zum Beschluss BK6-18-032 vom 20.12.2018 ersetzt.
[24] BK7-06-067 (GeLi Gas); Beschluss der BNetzA v. 20.08.2007 wegen der Festlegung einheitlicher Geschäftsprozesse und Datenformate beim Wechsel des Lieferanten bei der Belieferung mit Gas, BK7-06-067.
[25] Vgl. Bartsch in: Danner/Theobald, Energierecht, 98. EL Juni 2018, Rn. 9.
[26] Vgl. Erwägungsgrund 15.
[27] Vgl. Blocher, Stellungnahme zur öffentlichen Anhörung des Ausschusses Digitale Agenda zum Thema „Blockchain", S. 17.

eine Identifizierung der betroffenen Person nicht oder nicht mehr möglich ist, keine Anwendung findet.[28]

Verantwortlicher

Der „Verantwortliche", an den viele Pflichten aus der DSGVO anknüpfen, wird in Art. 4 Nr. 7 DSGVO als die natürliche oder juristische Person, Behörde, Einrichtung oder andere Stelle definiert, die allein oder gemeinsam mit anderen über die Zwecke und Mittel der Verarbeitung von personenbezogenen Daten entscheidet. Datenschutzrechtlich verantwortlich für den Umgang mit Stamm-, Verbrauchs- und Abrechnungsdaten von Letztverbrauchern bzw. Anschlussnutzern, die natürliche Personen sind, kann danach – aus der jeweiligen Perspektive – beispielsweise der Messstellenbetreiber, der Netzbetreiber oder der Lieferant sein.[29] Insbesondere innerhalb eines Unternehmensverbunds ist weiterhin die jeweilige natürliche oder juristische Person im datenschutzrechtlichen Sinne verantwortlich. Zwar hat der Unionsgesetzgeber grundsätzlich ein berechtigtes Interesse für die Verarbeitung von Daten innerhalb eines Unternehmensverbunds zu internen Verwaltungszwecken anerkannt,[30] die Vorgaben der DSGVO privilegieren die Datenverarbeitung im Konzern weitergehend jedoch nicht.[31] Zur Einhaltung der datenschutzrechtlichen Anforderungen der DSGVO bedarf es daher auch im Unternehmensverbund weiterhin ausdifferenzierter Berechtigungskonzepte für den Zugriff, das Löschen und den Im- und Export von personenbezogenen Daten. Nicht Verantwortliche in diesem Sinn sind sog. „Auftragsverarbeiter" nach Art. 4 Nr. 8 DSGVO, die der Verantwortliche bei der Datenverarbeitung einsetzt.[32]

Auftragsverarbeiter

Den „Auftragsverarbeiter" definiert Art. 4 Nr. 8 DSGVO als eine natürliche oder juristische Person, Behörde, Einrichtung oder andere Stelle, die personenbezogene Daten im Auftrag des Verantwortlichen verarbeitet. Dies können beispielsweise bei der Vertragsabwicklung eingesetzte Abrechnungsdienstleister oder zukünftig beim Betrieb von Smart Meter Gateways nach § 2 Nr. 19 MsbG[33] durch EVU eingebundene Dienstleister sein.[34]

Datenberichtigung

Dem Betroffenen stehen weitergehende Rechte auf Berichtigung unzutreffender personenbezogener Daten (Art. 16 DSGVO) sowie – in bestimmten Fällen – auf Einschränkung der Verarbeitung (Art. 18 DSGVO) zu. Im Übrigen kann er bestimmten Datenverarbeitungen widersprechen (Art. 21 DSGVO).

---

[28] Vgl. Bartsch in: Danner/Theobald, Energierecht, 98. EL Juni 2018, Rn. 10f.
[29] Vgl. Bartsch/Rieke, EnWZ 2017, S. 436.
[30] Vgl. Erwägungsgrund 48 zur DSGVO.
[31] Vgl. Bartsch/Rieke, EnWZ 2017, S. 436.
[32] Vgl. Bartsch in: Danner/Theobald, Energierecht, 98. EL Juni 2018, Rn. 12f.
[33] Messstellenbetriebsgesetz vom 29.08.2016 (BGBl. I S. 2034), zuletzt geändert durch Gesetz vom 22.12.2016 (BGBl. I S. 3106).
[34] Vgl. Bartsch in: Danner/Theobald, Energierecht, 98. EL Juni 2018, Rn. 14.

Datenspeicherung und -löschung

Nach Ansicht von *Blocher* kollidiert vor allem das auch als „Recht auf Vergessenwerden" bezeichnete Recht auf Löschung mit den hervorstechenden Eigenschaften dieser Klasse von Blockchains, die insbesondere in deren Unveränderbarkeit, Zensurresistenz, Transparenz und Resilienz zu sehen sind. [35] Auf der übergeordneten verfassungsrechtlichen Ebene prallen zudem grundrechtlich geschützte Positionen aufeinander, die auf der Grundlage umfassender Abwägungsvorgänge in praktische Konkordanz zu bringen sind. So kann zum einen die Verwendung von Blockchain-Technologie durchaus im überwiegenden Interesse der/des von der Speicherung personenbezogener Daten Betroffenen liegen und überdies zur Verfolgung datenschutzrechtlicher Anliegen beitragen.[36] So könnten solche Blockchains ideale Plattformen für die Vergabe von Zugriffsrechten auf (in der Regel nicht auf einer öffentlichen Blockchain gespeicherte) Daten bilden. Damit könnte es möglich sein, die erstrebenswerte Rückübertragung der Datensouveränität an die „betroffene Person" zu erreichen. [37]

Aber selbst für den Fall, dass die Speicherung nicht im Interesse der betroffenen Person liegt, sollte man sich für eine umfassende Interessenabwägung von der Vorstellung lösen, Art. 8 GRCh verpflichte den einfachen Normsetzer auf europäischer Ebene und auf der Ebene des jeweiligen Mitgliedstaates zur Schaffung eines Individualgrundrechts, welches nur die Interessen der betroffenen Person in den Blick zu nehmen hat. Nach Ansicht von *Blocher* ebnet Absatz 2 nämlich den Weg für wohlfahrtsoptimierende Innovationen.[38]

Daraus lassen sich dann auch Anforderungen an die einfachgesetzliche Ausgestaltung des Datenschutzrechts ableiten, für die selbst die sonst in dieser Hinsicht leider schweigende DSGVO in Gestalt des in Art. 23 Abs. 1 normierten Katalogs von Beschränkungen, insb. mit lit. e, eine Grundlage bereithält.[39]

2.2 Blockchain und Datensicherheitsrecht

Artikel 25 DSGVO führt erstmals gesetzlich die Berücksichtigung des Datenschutzes durch Technikgestaltung („by design") und durch datenschutzfreundliche Voreinstellungen („by default") ein und stellt damit künftig auch Anforderungen an die Produktentwicklung und -implementierung.[40]

---

[35] Vgl. Blocher, Stellungnahme zur öffentlichen Anhörung des Ausschusses Digitale Agenda zum Thema „Blockchain", S. 17.
[36] Ganz im Sinne von Privacy by design.
[37] Vgl. so auch Blocher, Stellungnahme zur öffentlichen Anhörung des Ausschusses Digitale Agenda zum Thema „Blockchain", S. 17.
[38] Vgl. ebenda mit Verweis auf Marsch, „Das europäische Datenschutzgrundrecht. Grundlagen – Dimensionen – Verflechtungen" bzw. speziell für Blockchains Böhme/Pesch, Technische Grundlagen und datenschutzrechtliche Fragen der Blockchain-Technologie, S. 473ff.
[39] Vgl. Blocher, Stellungnahme zur öffentlichen Anhörung des Ausschusses Digitale Agenda zum Thema „Blockchain", S. 17.
[40] Vgl. Bartsch in: Danner/Theobald, Energierecht, 98. EL Juni 2018, Rn. 20-22 mit Verweis auf Nolte/Werkmeister, in: Gola, DS-GVO, Art. 25 Rn. 8; Baumgartner/Gausling, ZD 2017, S. 309.

Der Verantwortliche hat danach sowohl zum Zeitpunkt des Einsatzes der Mittel als auch zum Zeitpunkt der eigentlichen Verarbeitung geeignete technische und organisatorische Maßnahmen zu treffen, die dafür ausgelegt sind, die Verarbeitungsgrundsätze wirksam umzusetzen.[41] Die DSGVO führt beispielhaft die Berücksichtigung bei öffentlichen Ausschreibungsverfahren an.[42] Mittelbar sollen sich die Anforderungen daher auch auf die IT-Produktentwicklung und -verfahren auswirken.[43] Hierdurch soll bereits in einem frühen Stadium proaktiv und damit besonders effektiv die Einhaltung der Verarbeitungsgrundsätze durch die Gestaltung technischer Systeme garantiert werden.[44]

Der Verantwortliche als Regelungsadressat des Art 25 DSGVO soll neben der Auswahl der geeigneten Maßnahmen (Art. 25 Abs. 1 DSGVO) sicherstellen, dass über die Standardeinstellungen in den Datenverarbeitungssystemen lediglich die notwendigen personenbezogenen Daten verarbeitet werden (Art. 25 Abs. 2 S. 1 DSGVO).[45] Dies gilt etwa für die Menge der erhobenen Daten, den Umfang der Verarbeitung, die Speicherfrist und die Zugänglichkeit. Die Grundsätze der Datenminimierung und der Zweckbindung werden somit bereits auf technischer Ebene gestärkt, um der Erkenntnis Rechnung zu tragen, dass der Nutzer vorgegebene Voreinstellungen nur selten verändert.[46] Genehmigte Zertifizierungsverfahren i.S.v. Art. 42 DSGVO sollen künftig als Erleichterung des Nachweises einer Auswahl geeigneter Mittel dienen können (Art. 25 Abs. 3 DSGVO).[47]

Für EVU ist ein Dialog mit den Herstellern der im Einsatz befindlichen Datenverarbeitungssysteme vor dem Hintergrund der Vorgaben des Art. 25 DSGVO unverzichtbar.[48] Zudem ergibt sich auch insoweit eine Notwendigkeit zur kontinuierlichen Evaluation der Verarbeitungstätigkeiten im Unternehmen und der Entwicklung von Richtlinien und Konzepten im Umgang mit personenbezogenen Daten, beispielsweise im Hinblick auf die Löschung, Sperrung, Pseudonymisierung und Zugriffsberechtigung.[49] Im Bereich von Smart Meter Gateways nach § 2 Nr. 19 MsbG ist dies durch ein strenges Schutzprofil sowie technische Richtlinien bereits berücksichtigt.[50]

Nach Ansicht der BaFin kennt das Sicherheits- und Schutzniveau von derzeitigen Blockchain-Lösungen lediglich eine Stufe: So existieren nach dem „Defence in Depth Approach" des ISO-Sicherheits-Standards 27033[51] mehrere Stufen für ein maximal mögliches Sicherheits- und Schutzniveau der Daten. Demnach bietet etwa die Schutzstufe „Perimeter" das höchste Sicherheits- und Schutzniveau. Das niedrigste Niveau bietet hingegen der Schutz auf „Data"-Level. Alle Daten, die in derzeitigen Blockchains abgelegt werden (Daten On-Chain), befinden sich auf dem „Data"-Level. Deshalb

[41] Vgl. Nolte/Werkmeister, in: Gola, DS-GVO, Art 25, Rn. 12 f.
[42] Vgl. Erwägungsgrund 78 zur DSGVO.
[43] Kritisch dazu Bieker/Hansen, RDV 2017, S. 166.
[44] Vgl. Baumgartner/Gausling, ZD 2017, S. 309.
[45] Vgl. Bieker/Hansen, RDV 2017, S. 167); Nolte/Werkmeister, in: Gola, DS-GVO, Art 25 Rn. 10.
[46] Vgl. Baumgartner/Gausling, ZD 2017, S. 312.
[47] Vgl. Bartsch in: Danner/Theobald, Energierecht, 98. EL Juni 2018, Rn. 21.
[48] Vgl. ebenda, Rn. 22.
[49] Zu weiteren Hinweisen für Verantwortliche vgl. Bieker/Hansen, RDV 2017, S. 168 f.
[50] Vgl. Bartsch in: Danner/Theobald, Energierecht, 98. EL Juni 2018, Rn. 22 mit Verweis auf vgl. §§ 19 ff. sowie 51 MsbG.
[51] Vgl. ISO/IEC 27033-2:2012(en) Information technology - Security techniques - Network security - Part 2: Guidelines for the design and implementation of network security, http://www.iso.org/standard/51581.html.

wirft die BaFin zu Recht die Frage auf, inwiefern eine Blockchain-Lösung die von den beaufsichtigten Unternehmen definierten Schutzbedarfe im Rahmen des Informationsrisikomanagements sicherstellen könnte.[52]

2.3 Blockchain und Energierecht

Mit dem Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende[53] begann in Deutschland das, was europaweit „Smart Meter Rollout" genannt wird. Die europäischen Vorgaben reichen in das Jahr 2006 zurück.[54] Im Rahmen des dritten Binnenmarktpakets Strom und Gas[55] ging es primär darum, die bis dahin in Europa vorherrschenden Gebietsmonopole aufzubrechen und (erstmals) grenzüberschreitenden Wettbewerb um Strom und Gas zu eröffnen. Um dies zu erreichen, wurde der Netzbetrieb gegenüber der Erzeugung und dem Handel mit Energie entflochten („Unbundling"[56]). Die Gemeinschaft wollte damit einen funktionsfähigen Energiebinnenmarkt schaffen – deshalb wurden die Richtlinien auch auf die Binnenmarktkompetenz[57] gestützt.[58]

Der Letztverbraucher erhält präzise Informationen über sein Verbrauchsverhalten. Ferner ermöglichen intelligente Messsysteme (iMSys) die Umsetzung variabler Tarife. Eine intelligente Haustechnik wird möglich, z.B. in Kombination mit Batteriespeichern und einer digitalen Steuerungsanlage (Algorithmus). Techniken der Peer-to-peer-Versorgung – z.B. auf der Grundlage einer Blockchain – werden möglich. Die Trennung zwischen Netznutzungs- und Liefervertrag wird denkbar; der Algorithmus könnte im Viertelstundentakt einen Lieferantenwechsel zum jeweils Günstigsten hin realisieren und gleichzeitig für eine Bilanzierung von Strommengen sorgen. Das alles ist im Moment eher noch Zukunftsmusik, aber nicht ausgeschlossen.[59]

§ 40 Abs. 5 knüpft z.B. an die mit dem Einsatz intelligenter Messsysteme verbundenen Möglichkeiten zur Erfassung des Stromverbrauchs nach tatsächlicher Nutzungszeit an. Soweit technisch machbar und wirtschaftlich zumutbar,[60] besteht hiernach eine Verpflichtung für Lieferanten, für Letztverbraucher von Elektrizität einen Tarif anzubieten, der einen Anreiz zu Energieeinsparung oder zur Steuerung des Energieverbrauchs setzt.[61]

---

[52] Fußwinkel/Kreiterling, Blockchain-Technologie – Gedanken zur Regulierung, BaFin 2018.
[53] Das Messstellenbetriebsgesetz (Gesetz vom 29.08.2016 (BGBl. I S 2034) ist am 02.09.2016 in Kraft getreten.
[54] Richtlinie 2006/32/EG vom 05.04.2006 über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen, nunmehr Richtlinie 2012/27/EU vom 25.10.2012 zur Energieeffizienz.
[55] Richtlinien 2009/72/EG (Strom) und 2009/73/EG (Gas), beide vom 13.07.2009.
[56] Und inzwischen ist in Deutschland auch das Messwesen vom Netz getrennt. Vgl. ausführlich dazu Einhellig/Kappl, Die Standardisierung von (netzdienlichen) Zusatzleistungen und Entflechtung nach Messstellenbetriebsgesetz.
[57] Heute Art. 114 AEUV.
[58] Vgl. Schwintowski, H.-P., Messstellenbetrieb und Datenkommunikation in intelligenten Energienetzen – Grundfragen, in: EWeRK 2018, S. 81-86, S. 81.
[59] Vgl. Bartsch in: Danner/Theobald, Energierecht, 98. EL Juni 2018, S. 83. Vgl.für weitere Beispiele auch Einhellig/Richard/Schuster, Digitalisierung der Energiewende, S. 17ff.
[60] Vgl. so Rasbach, in: Kment, EnWG § 40 Strom- und Gasrechnungen, Rn. 10, mit Verweis auf Güneysu/Wieser ZNER 2011, S. 418.
[61] Vgl. ebenda.

Deloitte.

Konzeptionell bestimmt das deutsche Gesetz einen grundzuständigen Messstellenbetreiber (gMSB),[62] der die Verbrauchsmessung für den Verbraucher/Kunden vornimmt. Auf diese Weise entsteht Sicherheit beim Kunden, der aber jederzeit das Recht hat, einen Dritten mit dem Messstellenbetrieb zu betrauen.[63] Das Konzept entspricht demjenigen der Stromversorgung im EnWG. Das EVU mit den meisten Haushaltskunden hat die Grundversorgungspflicht.[64] Jedoch kann sich jeder Kunde jederzeit im Wettbewerb außerhalb der Grundversorgung[65] mit Energie beliefern lassen.[66]

Nach Ansicht von *Schwintowski* beinhaltet die Einführung intelligenter Messsysteme durch das Messstellenbetriebsgesetz eine Regulierungsmaßnahme mit dem Ziel, Verbrauchern/Kunden, die Teilnahme am funktionsfähigen Energiewettbewerb in Zukunft langfristig zu eröffnen, insbesondere den Weg für neue Geschäftsmodelle freizumachen. So gesehen erweist sich das Gesetz als binnenmarktkonform – es verstößt insbesondere nicht gegen die Grundprinzipien des freien und unverfälschten Wettbewerbs,[67] es verwirklicht den Grundsatz der Proportionalität, es schafft Verbrauchstransparenz und vermeidet Diskriminierung gegenüber Verbrauchern/Kunden.[68]

Demgegenüber steht die Tätigkeit als grundzuständiger Messstellenbetreiber unter dem Erlaubnisvorbehalt der BNetzA.[69] Während jeder, der die Voraussetzungen des Messstellenbetriebs gewährleistet, nach § 3 Abs. 2 MsbG berechtigt ist, am Wettbewerb um diese Dienstleistungen teilzunehmen, ist der Wettbewerb um den grundzuständigen Messstellenbetrieb durch den Erlaubnisvorbehalt eingeschränkt. Der Sachgrund hierfür liegt in den besonderen Verpflichtungen, die ein gMSB erfüllen muss. Er ist nicht nur zum Einbau moderner Messsysteme (mME) verpflichtet, sondern darüber hinaus auch noch zur Einhaltung von gesetzlich festgelegten Preisobergrenzen sowie weiteren Verpflichtungen, die sich aus dem Gesetz und/oder begleitenden Verordnungen herleiten. Dies schließt die diskriminierungsfreie Zurverfügungstellung von Zusatzleistungen mit ein.[70] Konzeptionell heißt dies: Jeder, der die Aufgaben eines Messstellenbetriebs gewährleistet, ist im Wettbewerb als Messstellenbetreiber zugelassen. Wer dagegen darüber hinaus am grundzuständigen Messstellenbetrieb teilnehmen will, bedarf – wie ausgeführt – der Erlaubnis der BNetzA.[71]

[62] § 3 Abs. 1 MsbG.
[63] § 5 Abs. 1 MsbG.
[64] § 36 Abs. 1 EnWG.
[65] § 41 Abs. 1 EnWG.
[66] Vgl. Bartsch in: Danner/Theobald, Energierecht, 98. EL Juni 2018, S. 84.
[67] Art. 119f AEUV.
[68] Vgl. Schwintowski, H.-P., Messstellenbetrieb und Datenkommunikation in intelligenten Energienetzen – Grundfragen, in: EWeRK 2018, S. 81-86, S. 81.
[69] § 4 MsbG.
[70] Vgl. ausführlich dazu Wesche, in: Steinbach/Weise, Messstellenbetriebsgesetz, § 35, Rn. 25ff.
[71] Vgl. Bartsch in: Danner/Theobald, Energierecht, 98. EL Juni 2018, S. 85.

3 Regulatorische Bewertung der Anwendungen von Blockchain in der Energiewirtschaft

3.1 Asset Management

3.1.1 Use Case 1: Engpassmanagement in Elektrizitätsverteilernetzen (e-Mobilität)

Die Regelungen zur Wahrung der Energieversorgungssicherheit lassen sich in zwei grundlegende Kategorien unterteilen: Zum einen in diejenigen Vorgaben, die „im normalen Betrieb" sicherstellen sollen, dass es zu einer Gefährdung oder Störung der Versorgungssicherheit erst gar nicht kommt. Solche Vorschriften haben präventiven Charakter. Sie reichen von konkreten Regelungen zur Vorratshaltung von Energieträgern bis hin zu Maßgaben, nach denen Transport- und Leitungsnetze oder Erzeugungsanlagen instandzuhalten, auszubauen und neu zu errichten sind. Auch das Ziel, die Energieerzeugung vorrangig auf erneuerbare Energiequellen zu stützen,[72] dient über die Verminderung der Importabhängigkeit und die Dezentralisierung der Versorgung letztendlich der Versorgungssicherheit. Da in diesem Sinne die allermeisten Vorschriften des Energiewirtschaftsrechts auf die Gewährleistung der Versorgungssicherheit abzielen, werden nur diejenigen rechtlichen Vorgaben zum Recht der Energiesicherheit gezählt, die unmittelbar Maßnahmen zur Vermeidung der Gefährdung oder Störung der Energieversorgung vorsehen.[73]

Zum anderen sieht der Rechtsrahmen Maßnahmen vor, die dann greifen, wenn der Gefährdungs- oder Störungsfall bereits eingetreten ist, d.h. wenn außergewöhnliche Umstände vorliegen. Hier gewähren die gesetzlichen Regelungen Netzbetreibern und Behörden Eingriffsbefugnisse in die Rechte der Marktteilnehmer. Bei dieser Art Maßnahmen ist danach zu unterscheiden, welches Ausmaß die Gefährdung oder Störung der Energieversorgung hat. Die umfassendsten Eingriffe sind möglich, wenn es sich um eine Versorgungskrise bzw. um einen Notstand handelt. Hier sieht insbesondere das EnSiG[74] Maßnahmen zur Bewältigung von Krisen und zur Wiederherstellung der Energiesicherheit in Ausnahmesituationen vor.[75]

Bei Störungen der Elektrizitätsversorgung sind die Eingriffsbefugnisse dergestalt abgestuft, dass die Übertragungsnetzbetreiber gegenüber Anlagenbetreibern zunächst netzbezogene Maßnahmen, und erst danach sog. **marktbezogene** Maßnahmen nach § 13 Abs. 1 EnWG vornehmen müssen.[76] Erst, wenn weder solche netz- noch solche marktbezogenen Maßnahmen Abhilfe schaffen, sind in einem weiteren Schritt Eingriffsrechte der Behörden nach dem Energiesicherungsgesetz denkbar, wobei sich diese nicht nur an die Netzbetreiber, sondern auch an andere Marktakteure richten können. Dabei hat die für die Anwendbarkeit des EnSiG erforderliche Störung der Energieversorgung

[72] § 1 Abs. 1 Nr. 3 EEG gibt dabei mindestens 80 Prozent bis zum Jahr 2050 für die Bundesrepublik Deutschland vor.
[73] Schulte-Beckhausen, in Danner/Theobald, Energierecht, 98. EL Juni 2018, Rn. 24.
[74] Energiesicherungsgesetz 1975 vom 20.12.1974 (BGBl. I S. 3681), das zuletzt durch Artikel 324 der Verordnung vom 31.08.2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist.
[75] Schulte-Beckhausen, in Danner/Theobald, Energierecht, 98. EL Juni 2018, Rn. 25.
[76] Näher Theobald, EnWG I § 13 Rn. 16 ff.

ein erheblich größeres Ausmaß als die Störungen, die Eingriffe der Netzbetreiber nach dem EnWG, beispielsweise im Rahmen des Redispatching von Erzeugungsanlagen, rechtfertigen.[77]

Im beschriebenen Use Case geht es um eine als rein marktbezogen einzuordnende Maßnahme, dem auf Blockchain basierenden Engpassmanagement in Elektrizitätsverteilernetzen. Da der Prozess ausdrücklich keine Regelanforderung des ÜNB nach § 13 Abs. 1 S. 2 EnWG in der sog. „roten Ampelphase"[78] meint, könnte eine atypische Netznutzung nach § 19 StromNEV bzw. insbesondere § 14a EnWG eine geeignete Grundlage sein.[79] In der „grünen Ampelphase" können zudem markt- und systemdienliche Flexibilitätsangebote grundsätzlich frei abgerufen werden.[80] Daher kommt es zu keinem Konflikt mit einem netzdienlichen Abruf. Anzumerken ist an dieser Stelle jedoch, dass markt- und systemdienliche Abrufe innerhalb einer Regelzone durch den verantwortlichen ÜNB verantwortlich koordiniert werden, denn hier haben systemdienliche Abrufe Vorrang.[81]

„Betreiber von Elektrizitätsverteilernetzen haben denjenigen Lieferanten und Letztverbrauchern im Bereich der Niederspannung, mit denen sie Netznutzungsverträge abgeschlossen haben, ein reduziertes Netzentgelt zu berechnen, wenn mit ihnen im Gegenzug die netzdienliche Steuerung von steuerbaren Verbrauchseinrichtungen, die über einen separaten Zählpunkt verfügen, vereinbart wird. Als steuerbare Verbrauchseinrichtung (…) *gelten auch Elektromobile. Die Bundesregierung wird ermächtigt, durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates die Verpflichtung nach den Sätzen 1 und 2 näher zu konkretisieren, insbesondere einen Rahmen für die Reduzierung von Netzentgelten und die vertragliche Ausgestaltung vorzusehen sowie Steuerungshandlungen zu benennen, die dem Netzbetreiber vorbehalten sind, und Steuerungshandlungen zu benennen, die Dritten, insbesondere dem Lieferanten, vorbehalten sind. Sie hat hierbei die weiteren Anforderungen des Messstellenbetriebsgesetzes an die Ausgestaltung der kommunikativen Einbindung der steuerbaren Verbrauchseinrichtungen zu beachten."* [82]

Zunächst ist regulatorisch nicht ersichtlich, was aus Sicht des obig zitierten § 14a EnWG gegen die Messung eines Grads an „Netzdienlichkeit", den ein Netzkunde im Verteilernetz innehat, sprechen könnte. Auch gibt es hierfür keinen regulatorisch vorgeschriebenen Prozess, somit ist der VNB – unter Beachtung des Energiesicherheitsrechts – frei in seiner Gestaltung. Ferner ist zu untersuchen, ob solch ein Parameter (hier „Anzahl Token") auf Blockchain-Basis eine Grundlage sein kann, Netznutzer zu kompensieren. Bei der Realisierung von Bezahlungen könnten Tokens auch als E-Geld zu werten sein, sodass die einschlägigen Bestimmungen des ZAG anwendbar wären.[83]

---

[77] Schulte-Beckhausen, in Danner/Theobald, Energierecht, 98. EL Juni 2018, Rn. 26.
[78] Vgl. BDEW, Konkretisierung des Ampelkonzepts im Verteilungsnetz, S. 3ff.
[79] Allerdings ist § 14a EnWG kein Einstieg in ein universelles Demand Side Management, sondern allein netzdienlich zu sehen. Vgl. hierfür ausführlich Dembski, Innovationsfähigkeit und Marktzutrittsschwellen, S. 247.
[80] Vgl. Einhellig, Strategie und Handlungsempfehlungen basierend auf den Komponenten des Smart Markets, S. 729ff.
[81] Vgl. BDEW, Konkretisierung des Ampelkonzepts im Verteilungsnetz, S. 3ff.
[82] § 14a EnWG.
[83] Vgl. auch die Ansicht der BaFin, nach der „Tokens/Coins" aus dem Tatbestand des E-Geldes ausscheiden: Fußwinkel/Kreiterling, Blockchain-Technologie – Gedanken zur Regulierung, BaFin 2018: *„Der E-Geld-Begriff ist ein* […] *rechtstechnischer Begriff,*

Deloitte.

Gem. der Begriffsbestimmung in § 1 Abs. 2, Satz 2 ZAG ist E-Geld *„jeder elektronisch, darunter auch magnetisch, gespeicherte monetäre Wert in Form einer Forderung an den Emittenten, der gegen Zahlung eines Geldbetrags ausgestellt wird, um damit Zahlungsvorgänge i.S.d. § 675f Abs. 4 S. 1 BGB durchzuführen, und der auch von anderen natürlichen oder juristischen Personen als dem Emittenten angenommen wird.*"[84]

Soll ein Netzdienlichkeitstoken für die Berechnung bzw. Ermäßigung (Kompensation bzw. „vermiedene Netzentgelte") von Netzentgelten herangezogen werden,[85] müssen sowohl energierechtliche Anforderungen als auch, falls eine direkte Umwandlung von Tokens in Geld[86] stattfinden soll, die Vorschriften der Finanzaufsicht (z.B. § 1 Abs. 1 Satz 2 Nr. 4 KWG i.V.m. § 32 Abs. 1 KWG „Erlaubnisvorbehalt"[87] bzw. mit Kaufvertrag § 1 Abs. 1a Satz 2 Nr. 4 KWG „Eigenhandel") beachtet werden. Sofern der Rücktausch der Zahlungstokens unter Einschaltung eines Dritten (etwa einer Plattform, die als Instanz für den Tausch des virtuellen Geldes in gesetzliche Zahlungsmittel[88] fungiert) erfolgt, kommt außerdem eine Erlaubnispflicht wegen Erbringens von Zahlungsdiensten nach ZAG in Betracht:

„Wer im Inland gewerbsmäßig oder in einem Umfang, der einen in kaufmännischer Weise eingerichteten Geschäftsbetrieb erfordert, Zahlungsdienste erbringen will, (…) *bedarf der schriftlichen Erlaubnis der Bundesanstalt* (…)*."* [89]

---

der typologisch lediglich bestimmte Teile des wirtschaftlichen Phänomens des elektronischen Geldes abbildet. Unabhängig davon, ob computernetz-, server- oder kartengebundene elektronische Werteinheiten in der wirtschaftlichen Realität als Zahlungsmittel fungieren, liegt E-Geld insbesondere nur dann vor, wenn dieses gegen Zahlung eines Geldbetrages ausgestellt wird. […] *Als Zahlungsmittel bestimmte Werteinheiten, die in* […] *privaten Tauschringen oder anderen Zahlungssystemen gegen realwirtschaftliche Leistungen, Warenlieferungen oder Dienstleistungen geschöpft oder wie zum Beispiel die Bitcoins gegenleistungslos in Computernetzwerken erschaffen werden, scheiden damit aus dem Tatbestand des E-Geldes aus, auch wenn sie wirtschaftlich die gleiche Funktion wie E-Geld haben und unter Geldschöpfungsgesichtspunkten das eigentliche Potential privat generierter Zahlungsmittel stellen (s. hierzu auch die RegBegr. zu § 1a Abs. 3, BT-Drucks. 17/3023, S. 40).* […] *mit der Streichung des Tatbestandes des Netzgeldgeschäftes (§ 1 Abs. 1 Satz 2 Nr. 12 KWG) in der Fassung der 6. KWG-Novelle wurde der Aspekt privater Geldschöpfung ausgeblendet.*"

[84] Zahlungsdiensteaufsichtsgesetz vom 17.07.2017 (BGBl. I S. 2446).

[85] Z.B. nach § 15 StromNZV „im Rahmen des wirtschaftlich Zumutbaren" oder ggf. als Sonderform der Netznutzung nach § 19 StromNEV nach Abs. 1. S. 1 „Abrechnung auf der Grundlage von Monatsleistungspreisen", allerdings kann nach § 19 Abs. 2 StromNEV ein „individuelles Netzentgelt" maximal um 20% ermäßigt werden oder als „steuerbare Verbrauchseinrichtung in der Niederspannung" nach § 14a EnWG.

[86] Vgl. für eine Umwandlung in „festgelegte Zahlungsmittelbeträge", Sopp/Grünberger, Bilanzierung von virtuellen Währungen nach IFRS und aufsichtsrechtliche Behandlung bei Banken, S. 221.

[87] Erlaubnispflichten nach Kreditwesengesetz führen zur sog. Verpflichteteneigenschaft nach § 2 Geldwäschegesetz (GwG), und die Verpflichteten müssen insbesondere allgemeine Sorgfaltspflichten (§ 10 GwG) und Aufzeichnungs- und Aufbewahrungspflichten (§ 8 GwG) erfüllen sowie interne Sicherungsmaßnahmen treffen (§ 6 GwG) und in Verdachtsfällen Meldungen an die Financial Intelligence Unit (FIU) erstatten (§ 43 GwG). Treten neben der Nutzung als Zahlungsmittel oder dem Mining von Zahlungstoken weitere Umstände hinzu, kann eine Erlaubnispflicht ausgelöst werden – besonders dann, wenn ein Markt geschaffen wird, auf dem diese gehandelt werden können. Der gewerbsmäßige Rücktausch von „Bitcoins" in Euro steht beispielsweise nach Einschätzung der BaFin grundsätzlich unter Erlaubnisvorbehalt nach § 32 Abs. 1 KWG. Die Dienstleistung ist als Finanzkommissionsgeschäft (§ 1 Abs. 1 Satz 2 Nr. 4 KWG) zu qualifizieren, wenn der Dienstleister die Bitcoins in Kommission nimmt, um sie für Rechnung des Kunden am Markt an einen Dritten zu veräußern. Im Fall einer offenen Stellvertretung, die praktisch nicht relevant werden dürfte, wäre die Dienstleistung als Abschlussvermittlung nach § 1 Abs. 1a Satz 2 Nr. 2 KWG einzustufen. Wird die Transaktion über einen Kaufvertrag zwischen Dienstleister und Kunden geregelt, ist das Geschäft als Eigenhandel nach § 1 Abs. 1a Satz 2 Nr. 4 KWG einzuordnen. Hierzu zählen nach Ansicht der BaFin regelmäßig Anbieter, die als Exchange-Trader, virtuelle Wechselstuben oder mit BTC-Automaten einen direkten Umtausch gängiger Währungen in Payment-Token anbieten.

[88] Vgl. für den Komplex virtuelle Währungen, Zahlungsmittel oder Zahlungsmitteläquivalente und aufsichtsrechtliche Verpflichtungen auch ausführlich Sopp/Grünberger, Bilanzierung von virtuellen Währungen nach IFRS und aufsichtsrechtliche Behandlung bei Banken. S. 221ff.

[89] § 10 Abs. 1 ZAG.

Leitet der Lieferant als Dritter den realen Gegenwert des Tokens im Auftrag des VNB über sein Konto an den Netzkunden weiter, könnte der Lieferant auch ein sog. Finanztransfergeschäft betreiben.

„Zahlungsdienste sind die Dienste, bei denen ohne Einrichtung eines Zahlungskontos auf den Namen des Zahlers oder des Zahlungsempfängers ein Geldbetrag des Zahlers nur zur Übermittlung eines entsprechenden Betrags an einen Zahlungsempfänger oder an einen anderen, im Namen des Zahlungsempfängers handelnden Zahlungsdienstleister entgegengenommen wird oder bei dem der Geldbetrag im Namen des Zahlungsempfängers entgegengenommen und diesem verfügbar gemacht wird (Finanztransfergeschäft)" [90]

Würde er im Auftrag des Zahlungsempfängers tätig, erfüllt er unter Umständen noch den Tatbestand des Akquisitionsgeschäfts im Sinne des § 1 Abs. 1 Satz 2 Nr. 5, 2. alt. ZAG. Auch eine Kombination beider Tatbestände ist denkbar, wenn der Zahlungsdienstleister für beide Seiten des Tauschgeschäfts tätig wird (was bei Internet-Plattformen oft der Fall ist). Entscheidend sind – wie immer bei einer Beurteilung der Erlaubnispflicht – die konkreten vertraglichen Absprachen zwischen den Beteiligten. Die genaue Abgrenzung kann im Einzelfall schwierig sein, insbesondere wenn die Geschäftsbedingungen nicht nach rechtlichen Standards ausgestaltet sind.[91]

Utility-Token

Bei reinen Utility-Token[92] steht die alleinige Nutzung zum Bezug einer realwirtschaftlichen Dienstleistung im Vordergrund und nicht eine finanzielle Gegenleistung. Bei Utility-Token handelt es sich nicht um E-Geld, **wenn keine Drittakzeptanz** oder eine Ausgabe nur gegen andere Payment-Token erfolgt. Bei reinen Nutzungstoken spricht nach Ansicht der BaFin zudem viel dafür, dass die Ausgabe auch keine Erlaubnispflichten nach dem KWG, ZAG oder KAGB auslöst. Zudem scheidet bei solchen Tokens regelmäßig auch die Einstufung als Finanzinstrument nach dem KWG aus, sodass eventuelle handelsbezogene Dienstleistungen ausschließlich mit diesen Tokens auf dem Sekundärmarkt keine Erlaubnispflichten nach sich ziehen. Reine Nutzungstoken sind, anders als virtuelle Währungen, auch nicht als Zahlungsmittel konzipiert und qualifizieren sich daher auch nicht als Rechnungseinheiten; sie lassen sich dann auch in aller Regel nicht unter den Tatbestand anderer Finanzinstrumente nach § 1 Abs. 11 KWG fassen.[93]

---

[90] § 1 Abs. 1 Satz 2 Nr. 6, 1. alt. ZAG.
[91] Vgl. BaFinJournal Januar 2014, Seite 26 ff., und www.bafin.de/dok/7906360.
[92] Auch App-Token, Nutzungstoken, Verbrauchstoken.
[93] Fußwinkel/Kreiterling, Blockchain-Technologie – Gedanken zur Regulierung, BaFin 2018.
Diese Ansicht ist umstritten und wurde etwa vom KG Berlin in einem Strafverfahren gegen den Betreiber einer Online-Handelsplattform für Kryptowährungen explizit abgelehnt. Vgl. hierfür Urteil des KG Berlin v. 25.09.2018, Az. (4) 161 Ss 28/18 (35/18), Ls.: *„Handel mit Bitcoin ist nicht strafbar, da Bitcoin kein Finanzinstrument im Sinne des KWG"*, in: BB-ONLINE BBL2018-2705-1.

Wegen der vielen Mischformen, also Tokens, die sowohl Elemente eines Nutzungstokens als auch die einer virtuellen Währung oder eines wertpapierähnlichen Tokens aufweisen, bedarf es jedoch oft einer vertieften Prüfung, die nicht Gegenstand dieses Gutachtens sein kann.

Kommt nämlich dem vermeintlichen Utility-Token im Rahmen des Angebots des Emittenten auch die Funktion eines Zahlungsmittels zu, ist eine Qualifizierung als Rechnungseinheit und damit Finanzinstrument nach KWG wieder naheliegend. Aus aufsichtsrechtlicher Sicht ist die Kategorie der Utility-Token das Ergebnis einer Negativabgrenzung zu den vorrangig zu prüfenden Kategorien der Zahlungstoken und der wertpapierähnlichen Token, die aufsichtsrechtliche Pflichten auslösen.[94]

Datenschutz

Aus datenschutzrechtlicher Perspektive sind Blockchain-Datenbanken vor allem deshalb interessant, weil sie vertrauenskritische Transaktionen zwischen Parteien ermöglichen, ohne deren Identität unmittelbar gegenüber dem Vertragspartner oder der Öffentlichkeit offenlegen zu müssen. Hiermit sind Anonymität bzw. Pseudonymität auch als datenschutzrechtliche Instrumente angesprochen. Kann eine Transaktion nicht zu den beteiligten Individuen zurückverfolgt werden, ist deren grundgesetzlich verankertes Recht auf informationelle Selbstbestimmung nicht betroffen. Da für solche (Transaktions-) Daten der Anwendungsbereich des Datenschutzrechts nicht eröffnet ist[95], können Unternehmen diese Daten nutzen und verarbeiten, ohne dabei spezifischen datenschutzrechtlichen Verpflichtungen zu unterliegen.[96]

Daten können in einer öffentlichen Blockchain nicht direkt gelöscht werden, was einen grundsätzlichen Widerspruch mit Art. 17 DSGVO (Recht auf Löschung) zur Folge hat.

„Die betroffene Person hat das Recht, von dem Verantwortlichen zu verlangen, dass sie betreffende personenbezogene Daten unverzüglich gelöscht werden, und der Verantwortliche ist verpflichtet, personenbezogene Daten unverzüglich zu löschen, sofern einer der folgenden Gründe zutrifft:

1. *Die personenbezogenen Daten sind für die Zwecke, für die sie erhoben oder auf sonstige Weise verarbeitet wurden, nicht mehr notwendig.*
2. *Die betroffene Person widerruft ihre Einwilligung, auf die sich die Verarbeitung (…) stützte, und es fehlt an einer anderweitigen Rechtsgrundlage für die Verarbeitung.*
3. *Die betroffene Person legt (…) Widerspruch gegen die Verarbeitung ein und es liegen keine vorrangigen berechtigten Gründe für die Verarbeitung vor, oder die betroffene Person legt (…)*
   Widerspruch gegen die Verarbeitung ein.

[94] Fußwinkel/Kreiterling, Blockchain-Technologie – Gedanken zur Regulierung, BaFin 2018.
[95] Vgl. auch Erwägungsgrund Nr. 26 DSGVO.
[96] Vgl. Deloitte, Die Blockchain aus Sicht des Datenschutzrechts.

4. *Die personenbezogenen Daten wurden unrechtmäßig verarbeitet.*
5. *Die Löschung der personenbezogenen Daten ist zur Erfüllung einer rechtlichen Verpflichtung nach dem Unionsrecht oder dem Recht der Mitgliedstaaten erforderlich, dem der Verantwortliche unterliegt.*
6. *Die personenbezogenen Daten wurden in Bezug auf angebotene Dienste der Informationsgesellschaft (…) erhoben.*" [97]

Im Falle einer nicht-automatisierten Datenverarbeitung kann die Löschung nicht oder nur mit verhältnismäßig großem Aufwand möglich sein. Dies in Verbindung mit einem geringen Interesse der betroffenen Person an der Löschung würde nach § 35 BDSG die Pflicht zur Löschung personenbezogener Daten aufheben. Da bei der Blockchain-Technologie allerdings eine automatisierte Datenverarbeitung vorliegt, ist die Ausnahme nicht anwendbar.[98] Vor diesem Hintergrund kommt der Entwicklung einer nachträglich editierbaren Blockchain eine besondere Bedeutung zu. In Anlehnung an die Bedürfnisse großer Banken wurden entsprechende Prototypen schon entwickelt, allerdings mit der gewichtigen Einschränkung, dass vertrauenswürdige Administratoren bestimmt werden müssen, die berechtigt sein sollen, entsprechende Änderungen im „Ledger" vorzunehmen. Nur so lässt sich sicherstellen, dass Dateneinträge nachträglich editierbar sind – bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung ihrer Authentizität. Zugleich geht damit aber eine der wesentlichen Eigenschaften der Blockchain, ihr Charakter als dezentralisierte Datenbank, verloren.[99]

Eine weitere Anforderung des Use Case bedingt die „Verifizierung" der tatsächlich ein- oder ausgespeisten Menge an elektrischer Energie unter Beachtung der eichrechtlichen Vorschriften. Im Prozess aller Use Cases wird davon ausgegangen, dass die Daten über ein zertifiziertes Smart Meter Gateway bzw. von einer daran angeschlossenen, modernen Messeinrichtung entsprechend den Anforderungen des MsbG übermittelt werden. In der Regel wird in Verträgen auch vereinbart, dass der MSB mit Blick auf die Durchführung des Messstellenbetriebs Messgeräteverwender im Sinne des MessEG[100] und damit verantwortlich für die Einhaltung aller sich aus dem Eichrecht ergebenden Anforderungen und Verpflichtungen ist. Der MSB bestätigt damit insoweit auch die Erfüllung von aus § 33 Abs. 2 MessEG resultierenden Pflichten, weshalb für die zu untersuchenden Use Cases keine eichrechtlichen Anforderungen zu prüfen sind.

Zwischenergebnis

Der hier untersuchte Use Case verfolgt den Zweck/das Ziel, Engpässe auf Verteilernetzebene durch Lastverschiebung zu vermeiden. Blockchain ermöglicht dabei einen reibungslosen Ablauf der komplexen Kommunikation und Kooperation zwischen den Akteuren.

---

[97] Art. 17 DSGVO.
[98] Vgl. auch Ausblick zum Datenschutzrecht in Kapitel 4 des regulatorischen Gutachtens.
[99] Vgl. ausführlich Deloitte, Die Blockchain aus Sicht des Datenschutzrechts, a.a.O.
[100] Mess- und Eichgesetz vom 25. Juli 2013 (BGBl. I S. 2722, 2723), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 11.04.2016 (BGBl. I S. 718) geändert worden ist.

Deloitte.

Da das EnWG (z.B. über § 14a EnWG) grundsätzlich auch marktliche Lösungen für den VNB zulässt, wird der Use Case durch das EnWG nicht verhindert. Allerdings muss der vorgegebene und durchaus komplexe Rahmen beachtet werden. Deshalb ist der Einfluss für die einschlägigen Vorschriften des EnWG auf den Use Case keinesfalls zu vernachlässigen, im Vergleich zu den anderen Normen demgemäß höher zu gewichten und wird von den Gutachtern als „mittel" klassifiziert.

Wie oben beschrieben, ergeben sich auch Anforderungen aus dem Netzentgelt- und Netzzugangsrecht (StromNEV und StromNZV), die allerdings als nicht signifikante Einflüsse klassifiziert werden. Vorschriften der Finanzaufsicht müssen in jedem Fall beachtet werden, insbesondere, sobald dem Utility-Token auch eine Art Zahlungsfunktion zukommt bzw. sogar ein direkter Transfer zwischen Token und Währung stattfindet. Daher wird das KWG (§32 – Erlaubnis) in die Bewertung mitaufgenommen und im Verhältnis mit einem aber geringen Einfluss gewichtet.

Bei z.B. einem Transfer unter Einbezug eines Dritten sowie bei Vorliegen eines Finanztransfergeschäfts (§ 1 Finanztransfergeschäft), ist eine weitere Erlaubnis, die durch das ZAG (§ 10 – Erlaubnis für das Erbringen von Zahlungsdiensten) definiert und dadurch mit einem ebenfalls geringen Einfluss bewertet wird, notwendig.

Insgesamt bewerten die Gutachter den Einfluss der untersuchten Regulierungsvorgaben auf den Use Case 1 als „mittel".

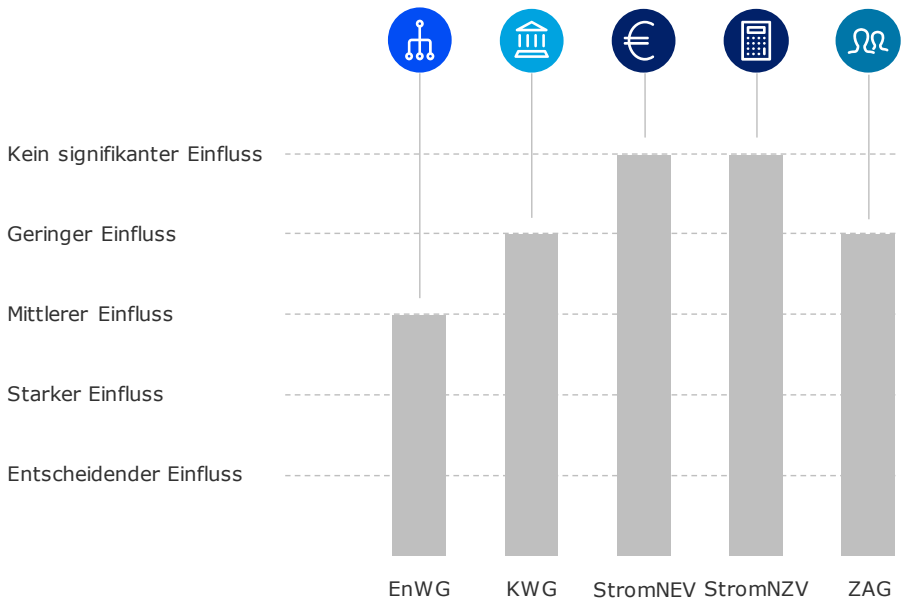


Abbildung 5: Bewertung des regulatorischen Einflusses auf Use Case 1

3.1.2 Use Case 2: Energiedienstleistungen für Gebäude & Industrieprozesse (Wartung)

Die Visualisierung des Use Case 2 beschreibt einen in der Industrie üblichen Wartungsprozess. Aus energieregulatorischer Sicht schreibt diesbezüglich der § 3 Abs. 2. EnEG[101] i.V.m. § 11 Abs. 3 EnEV[102] Anforderungen an Wartungs- und Instandhaltungsprozesse vor:

„Wer Heizungs-, raumlufttechnische, Kühl-, Beleuchtungs- sowie Warmwasserversorgungsanlagen oder -einrichtungen in Gebäuden betreibt oder betreiben lässt, hat dafür Sorge zu tragen, dass sie (…) so instandgehalten und betrieben werden, dass nicht mehr Energie verbraucht wird, als zu ihrer bestimmungsgemäßen Nutzung erforderlich ist.“ [103]

Komponenten mit wesentlichem Einfluss auf den Wirkungsgrad der Anlagen sind also vom Betreiber demnach regelmäßig zu warten und instand zu halten. Für die Wartung und Instandhaltung ist Fachkunde erforderlich. Fachkundig ist nach der EnEV wiederum, wer die zur Wartung und Instandhaltung notwendigen Fachkenntnisse und Fertigkeiten besitzt.[104]

In Bezug auf die Anwendung der Blockchain-Technologie ist insbesondere vor dem Hintergrund von privatwirtschaftlichen Wartungsprozessen anzumerken, dass eine öffentliche Blockchain aus Sicherheitsgründen grundsätzlich keine nachträgliche Änderung oder Löschung von Transaktionen vorsieht. Daher sollten „Smart Contracts“ immer so ausgestaltet werden, dass sie möglichst wenig anfällig sind für beispielsweise Anfechtungen oder Leistungsstörungen von Verträgen (mit der Folge der Nichtigkeit des jeweiligen Vertrags oder des Bestehens eines Rücktrittrechts).

Szabo[105] definiert als erster einen „Smart Contract“ folgendermaßen:

„Ein Smart Contract ist ein Programm, das manipulationssicher gespeichert ist und bei Eintritt bestimmter Bedingungen vorher festgelegte Maßnahmen garantiert ausführt.“ [106]

Im Use Case 2 wird im „Smart Contract“ festgehalten, dass bei einem Wartungsauftrag dieser automatisch an einen Energiedienstleister weitergeleitet wird, welcher daraufhin vor Ort die Wartung durchführt. Damit es sich um einen Vertrag im zivilrechtlichen Sinne handeln kann, müsste ein „Smart Contract“ Gegenstand übereinstimmender Willenserklärungen von mindestens zwei Vertragsparteien sein. In der Praxis und vor dem Hintergrund des deutschen Zivilrechts sind sie aber für die Umsetzung einer außerhalb des Smart Contracts geschlossenen Vereinbarung verantwortlich

---

[101] Energieeinsparungsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 01.09.2005 (BGBl. I S. 2684), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 4.7.2013 (BGBl. I S. 2197) geändert worden ist.
[102] Energieeinsparverordnung vom 24.07.2007 (BGBl. I S. 1519), die zuletzt durch Artikel 3 der Verordnung vom 24.10.2015 (BGBl. I S. 1789) geändert worden ist.
[103] § 3 Abs. 1 EnEG.
[104] § 11 Abs. 3 EnEV.
[105] Szabo, Nick, The Idea of Smart Contracts, a.a.O.
[106] Vgl. Heckelmann: Zulässigkeit und Handhabung von Smart Contracts, in: NJW 2018, S. 508, mit Verweis auf Schulz, c’t Heft 23/2017, S. 103; ders., c’t Heft 23/2017, S. 108; Wagner, BB 2017, S. 901; ähnl. Djazayeri, jurisPR-BKR 12/2016, Anm. 1, Kaulartz/Heckmann, CR 2016, S. 618 und Simmchen, MMR 2017, S. 164.

und dienen zur Erfüllung dieser bereits geschlossenen Verträge. Dabei kommt es nicht auf eine objektive Lesbarkeit an. Der „Vertrag" (Smart Contract) kann demnach in jeder beliebigen Sprache verfasst werden, auch in einer Programmiersprache.

Nach *Blocher* ist ein Smart Contract „*ein Programmcode, der auf einer Blockchain läuft und dort digitale Assets oder Repräsentationen körperlicher Gegenstände auf der Grundlage von anderen (externen) Daten, die zum Zeitpunkt der Programmierung des Codes noch nicht feststanden, zwischen zwei oder mehreren Parteien in Form von Transaktionen neu zuordnet*".[107]

Wenn auf der Basis von Smart Contracts allerdings Instrumente regulierter Märkte abgebildet werden sollen, so stellt sich die Frage der Anwendbarkeit der betreffenden Vorschriften. Bankenrecht kann etwa Anwendung finden auf Kreditvergaben oder Zahlungsverkehr per Blockchain, wenn digitale Zahlungsmittel als Finanzinstrument i.S.v. § 1 Abs. 11 Nr. 7 KWG angesehen werden.[108] Kartellrecht etwa ist bei Einkaufsplattformen zu beachten, die dezentral mit Smart Contracts organisiert werden. Auch sind öffentliche Stellen einzubinden, zum Beispiel die BaFin bei Finanzprodukten oder die Bundesnetzagentur bei Energielieferungen oder Kommunikationsdienstleistungen.[109]

Bei diesem Use Case finden in der Blockchain zwei Einträge statt (Wartungsauftrag und Validierung der Transaktion). Da die DSGVO und besonders das Recht auf Löschung gemäß Art. 17 nur für personenbezogene Daten gilt, müsste man fallbezogen prüfen ob solche hier eingetragen werden. Solange dies nicht der Fall ist, gibt es keine datenschutzrechtlichen Schwierigkeiten. Sollten aber personenbezogene Daten, beispielsweise Daten der Servicetechniker, miteinbezogen werden, gelten die Voraussetzungen analog zu allen Use Cases.[110]

Ziel der Maßnahmen nach EDL-G[111] ist es, die Effizienz der Energienutzung durch Endkunden in Deutschland mit Energiedienstleistungen und anderen Energieeffizienzmaßnahmen kostenwirksam zu steigern.

„Dieses Gesetz findet Anwendung auf

1. Anbieter von Energiedienstleistungen, Energieeffizienzmaßnahmen und Energieunternehmen,

2. Endkunden mit Ausnahme von Anlagenbetreibern (…),

3. die öffentliche Hand einschließlich der Bundeswehr (…),

4. Unternehmen, die keine Kleinstunternehmen, kleinen und mittleren Unternehmen (…)." [112]

---

[107] Blocher, C2B statt B2C? – Auswirkungen von Blockchain, Smart Contracts & Co. auf die Rolle des Verbrauchers, S. 102.
[108] So die BaFin, https://www.bafin.de/SharedDocs/Veroeffentlichungen/DE/Merkblatt/mb_111220_finanzinstrumente.html (zuletzt abgerufen am 08.02.2019); Vgl. auch Heckelmann: Zulässigkeit und Handhabung von Smart Contracts, in: NJW 2018, S. 508 mit Verweis auf Engelhardt/Klein, MMR 2014, S. 355; Kaulartz, CR 2016, S. 477; Schrey/Thalhofer, NJW 2017, S. 1432f; ablehnend dagegen Auffenberg, NVwZ 2015, S. 1187; offengelassen von Boehm/Pesch, MMR 2014, S. 76.
[109] Vgl. Heckelmann: Zulässigkeit und Handhabung von Smart Contracts, in: NJW 2018, S. 508.
[110] Vgl. auch oben das Kapitel zu „Blockchain und Datenschutzrecht".
[111] Gesetz über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen vom 04.11.2010 (BGBl. I S. 1483), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 8 des Gesetzes vom 17. Februar 2016 (BGBl. I S. 203) geändert worden ist.
[112] § 1 EDL-G.

Unabhängig von einem wie im Use Case beschriebenen Industriewartungsprozess bzw. der Art der dafür zu bewältigenden Tätigkeit, stellt in Deutschland das Arbeitsschutzgesetz[113] Regeln auf, die die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Beschäftigten bei der Arbeit durch Maßnahmen des Arbeitsschutzes sichern und verbessern sollen.

Zwischenergebnis

Der untersuchte Use Case dient dem Zweck/Ziel einer effizienteren Wartung und Instandhaltung diverser Geräte und Anlagen in Gebäuden mit Hilfe einer Blockchainlösung, welche die Verfolgbarkeit und Zurechnungsfähigkeit sowie die unmittelbare Verknüpfung von Leistung und Bezahlung mittels Smart Contracts ermöglicht.[114]

Die Regelungen des ArbSchG müssen bei der Durchführung der Wartung des Dienstleisters berücksichtigt werden, haben aber aus regulatorischer Sicht keinen signifikanten Einfluss auf eine Umsetzung des Use Case.

Besondere Anforderungen an Wartung und Instandhaltung regeln das EnEG (§ 3 – Energiesparender Betrieb von Anlagen) bzw. die EnEV (§ 11 – Aufrechterhaltung der energetischen Qualität) und sie stellen kein Hindernis des Prozesses dar, sollten aber Berücksichtigung in der Bewertung finden. Daher werden beide Normen mit einem „mittleren" Einfluss bewertet.

Das EDL-G findet u.a. Anwendung auf Anbieter von Energiedienstleistungen wie Wartung und Instandhaltung (§ 2 Nr. 6) und Energieeffizienzmaßnahmen (§ 2 Nr. 8) und soll die Entwicklung des Marktes für Energiedienstleistungen fördern. Anbieter von Energiedienstleistungen können sich in eine öffentlich geführte Anbieterliste eintragen lassen (§ 7 Abs. 1 – Anbieterliste und Energieauditorenliste). Welche Anforderungen Anbieter hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit und Fachkunde erbringen müssen, legt die Bundesregierung fest (§ 7 Abs. 4). Da mit Hilfe von Blockchain der Anwendungsfall der Wartung effizienter werden soll und das EDL-G die Entwicklung des Marktes für Energiedienstleistungen fördert, hat dieses Gesetz aber keinen signifikanten Einfluss auf den Use Case.

Die Datenschutzgrundverordnung hat nur dann einen Einfluss auf den Use Case, wenn beim Speichern der Wartungs- bzw. Instandhaltungsaktivitäten in der Blockchain auch personenbezogene Daten (wie die der Servicetechniker) gespeichert werden (vgl. 2.1 Blockchain und Datenschutzrecht).

Insgesamt bewerten die Gutachter den Einfluss der untersuchten Regulierungsvorgaben auf den Use Case 2 als „nicht signifikant".

---

[113] Arbeitsschutzgesetz vom 07.08.1996 (BGBl. I S. 1246), das zuletzt durch Artikel 427 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist.
[114] Vgl. für „Das Verhältnis von Blockchain-Governance und Gesellschaftsrecht" v.a. Schwintowski/Klausmann/Kadgien, NJOZ, S. 1401ff.

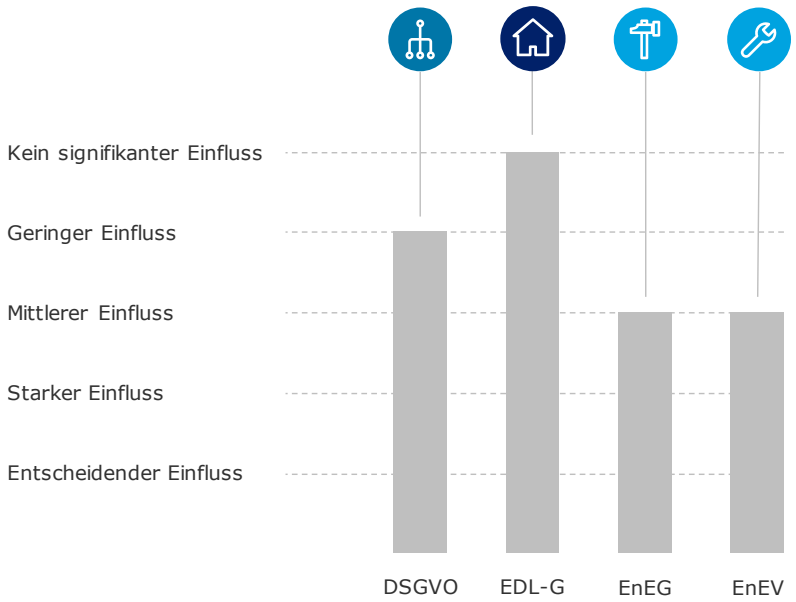


Abbildung 6: Bewertung des regulatorischen Einflusses auf Use Case 2

3.2 Datenmanagement

3.2.1 Use Case 3: Anmeldung von Anlagen im Marktstammdatenregister (MaStR)

§ 93 EEG ermächtigte das BMWi zur Ausgestaltung des Anlagenregisters (nach § 6 Abs. 2 EEG) für EE-Anlagen durch Rechtsverordnungen.[115] Das alte Anlagenregister wurde inzwischen durch ein PV-Meldeportal und das Marktstammdatenregister (MaStR) abgelöst. Nach § 111e Abs. 1. S. 1 EnWG errichtet und betreibt die Bundesnetzagentur (BNetzA) als Marktstammdatenregister (MaStR) ein „elektronisches Verzeichnis mit energiewirtschaftlichen Daten". Es *„dient dazu,*

1. *die Verfügbarkeit und Qualität der energiewirtschaftlichen Daten zur Unterstützung des Zwecks und der Ziele nach § 1 für die im Energieversorgungssystem handelnden Personen sowie für die zuständigen Behörden zur Wahrnehmung ihrer gesetzlichen Aufgaben zu verbessern,*
2. *den Aufwand zur Erfüllung energierechtlicher Meldepflichten zu verringern und*
3. *die Transformation des Energieversorgungssystems gegenüber der Öffentlichkeit transparent darzustellen."*

[115] AnlRegV alt; gültig bis 04.12.2018.

Die Durchführung dieses behördlichen Verfahrens wird dabei durch die Marktstammdatenregisterverordnung (MaStRV i.V.m. § 111e EnWG und § 6 Abs. 2 EEG) geregelt. Die BNetzA muss hierfür sowohl unionsrechtliche als auch nationale Vorschriften beachten.

Die im Use Case beschriebene, teilautomatisierte Übermittlung von Marktstammdaten über ein Smart Meter Gateway ist – unter Beachtung der Vorgaben des MsbG – grundsätzlich regulatorisch möglich. So, wie das abschließende Datenschutzrecht des MsbG (i.V.m. § 50 Abs. 2 Nr. 7) erlaubt auch § 9 MaStRV die Nutzung und Verarbeitung (auch personenbezogener) Daten zum Zwecke der Registerführung:

„Die Bundesnetzagentur verarbeitet Daten einschließlich personenbezogener Daten, soweit dies zur Registerführung erforderlich ist." [116]

Allerdings fordern die Regelungen (z.B. § 9 MaStRV und § 63 MsbG) explizit eine Löschung von Daten.

„Die Bundesnetzagentur löscht den Marktakteur (…) innerhalb von drei Monaten nach der Registrierung der endgültigen Stilllegung der Einheit, sofern er nicht als Betreiber einer anderen Einheit registriert ist. Satz 1 ist entsprechend anzuwenden, wenn der Betreiber aus anderen Gründen keine Anlage mehr betreibt. (…)

(3) Die Bundesnetzagentur löscht Daten, die nicht mehr für die Überwachung und den Vollzug energierechtlicher
Bestimmungen oder zu energiestatistischen Zwecken erforderlich sind." [117]

Der Marktakteur darf, wenn er eine natürliche Person ist, dem Marktstammdatenregister Daten und andere Informationen schriftlich übermitteln; hierzu sind Formulare zu verwenden, die die Bundesnetzagentur auf Anforderung bereitstellt.

Zur Eingabe von Kontaktinformationen, Standortdaten und Unternehmensinformationen bzw. zur Verknüpfung der Ortsangabe (SMGW-ID) mit den technischen Anlagedaten und den technischen Zuordnungen in einen Smart Contract gelten im Übrigen die gleichen Bedingungen wie bei Use Case 2. Der Smart Contract wird hier allerdings nicht für einen Zahlungsverkehr verwendet, sondern zur Kommunikation von Stammdaten, weswegen zu prüfen ist, wie die BNetzA eingebunden werden muss.

Wenn eine Blockchain als Technologieunterbau eines Marktstammdatenregisters verwendet werden sollte, müssten diverse Rechtsvorschriften beachtet (v.a. die des Unionsrechts, z.B. DSGVO) werden. Eine davon findet man in der Anlage 3 des EEG, welche die Voraussetzungen der Flexibilitätsprämie regelt. Demnach können Anlagenbetreiber diese nur verlangen, wenn erforderliche Angaben

[116] § 9 Abs. 1 MaStRV.
[117] § 9 Abs. 2,3 MaStRV.

an das Register übermittelt werden. Mit Register ist hier das Marktstammdatenregister nach § 111e EnWG gemeint.[118]

„Anlagenbetreiber können die Flexibilitätsprämie verlangen (…),
wenn der Anlagenbetreiber die zur Registrierung der Inanspruchnahme der Flexibilitätsprämie erforderlichen Angaben an das Register übermittelt hat (…)." [119]

Da es sich im MaStR unter anderem um personenbezogene Daten handelt, müssten bei der Nutzung einer öffentlichen Blockchain anstatt der herkömmlichen Datenbank der BNetzA wiederum die Vorschriften der DSGVO beachtet werden. An dieser Stelle wird angemerkt, dass personenbezogene Daten grundsätzlich nicht „offen" auf öffentlichen Blockchains gespeichert werden sollten. Es gibt aber für so gut wie jedes Datenschutzanliegen eine Blockchain-gestützte Realisierungsmöglichkeit. So können z.B. auf einer öffentlichen Blockchain manipulationssicher Zugriffsrechte für und „Pointer" auf „off-chain" gespeicherte Daten vorgehalten werden. Daher hängt die Gewichtung des Einflusses der Regulierungsvorgaben auf die Use Cases davon ab, wie das Projekt angelegt werden soll.

Nationale Normen wie oben genannte § 111e EnWG und § 6 Abs. 2 EEG sowie die MaStRV müssten angepasst werden.

„Bis das Marktstammdatenregister nach § 111e des Energiewirtschaftsgesetzes errichtet ist, werden die Daten im Anlagenregister nach Maßgabe der Anlagenregisterverordnung erfasst. Die Bundesnetzagentur kann den Betrieb des Anlagenregisters so lange fortführen, bis die technischen und organisatorischen Voraussetzungen für die Erfüllung der Aufgaben nach Satz 1 im Rahmen des Marktstammdatenregisters bestehen." [120]

Zwischenergebnis

Ziel/Zweck dieses Use Case ist es, Blockchain als Mittel für ein teil-automatisiertes Marktstammdatenregister zu verwenden und somit eine herkömmliche Datenbank zu ersetzen. Die MaStRV (§§ 8, 9) regelt u.a., welche Plattform dazu genutzt werden muss und beschreibt auch den Prozess der Löschung von Daten durch den Akteur BNetzA, was die Umsetzung des Use Case sicherlich stark beeinflussen würde. Zur näheren (und natürlich auch weiterentwickelnden) Ausgestaltung des Marktstammdatenregisters ist das BMWi nach EnWG (§111e) ermächtigt. Das EnWG muss deshalb nicht zwingend ein Hindernis darstellen, aber bei einer möglichen Umsetzung beachtet werden, weswegen es mit einem „mittleren" regulatorischen Einfluss auf den Use Case eingestuft wird.

Das EEG wird für den Use Case 3 lediglich mit einem geringen Einfluss bewertet, da es grundsätzlich den Use Case nicht verhindert, aber z.B. eine (Nicht-)Registrierung im (bestehenden) HkNR

[118] § 3 Nr. 39 EEG.
[119] Anlage 3 I. Abs. Nr. 1 lit. c EEG.
[120] § 6 Abs. 2 EEG.

bzw. das (Nicht-)Entwerten eines (bestehenden) Herkunftsnachweises Auswirkungen auf Zahlungen der Flexibilitätsprämie hätte.

Da die Authentifizierung der Anlagen mittels eines SMGW stattfinden soll, hat das MsbG, welches die Erhebung, Verarbeitung und Nutzung von Daten zur Erfüllung öffentlicher Registrierungspflichten zwar erlaubt, aber schlussendlich auch eine Löschung der Daten vorsieht, zumindest einen „geringen" Einfluss auf den beschriebenen Use Case.

Insgesamt bewerten die Gutachter den Einfluss der untersuchten Regulierungsvorgaben auf den Use Case 3 als „mittel".

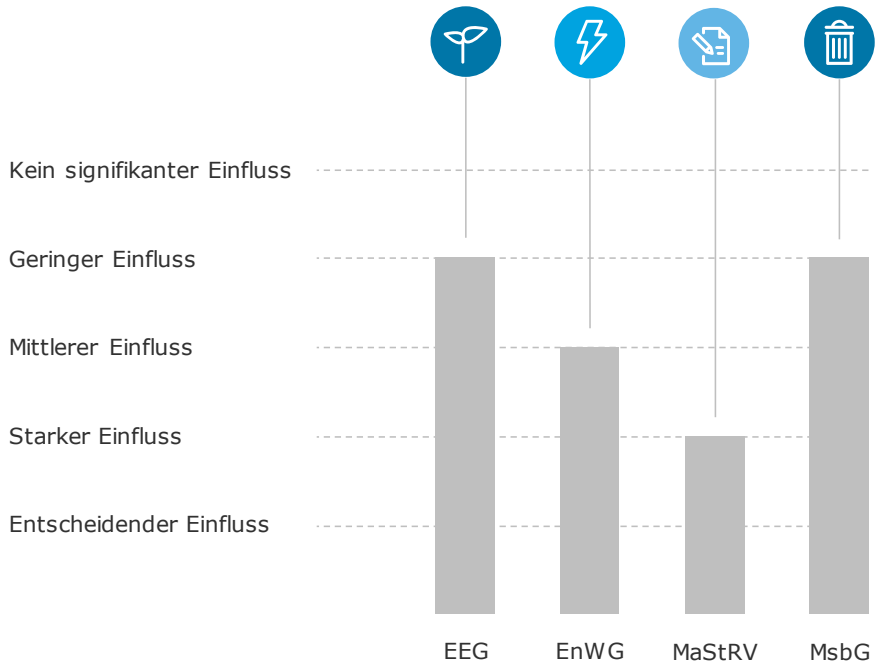


Abbildung 7: Bewertung des regulatorischen Einflusses auf Use Case 3

3.2.2 Use Case 4: Zertifizierung von Herkunftsnachweisen

Die RL 2009/28/EG (EE-RL), die durch die Durchführungsverordnung über Herkunfts- und Regionalnachweise für Strom aus erneuerbaren Energien (HkRNDV) in deutsches Recht umgesetzt wurde, regelt die Anforderungen an Herkunftsnachweise in Deutschland. Beim dargestellten Prozess muss man also differenzieren, ob es sich um eine verpflichtende Stromkennzeichnung des

Energieversorgers nach § 42 EnWG für den Endkunden, einen direkten Herkunftsnachweis für Strom aus erneuerbaren Energien oder, ob es sich um einen anderen Herkunftsnachweis handelt.

„(Ein) *Herkunftsnachweis*' (ist) *ein elektronisches Dokument, das ausschließlich dazu dient, gegenüber einem Letztverbraucher (§42 EnWG) nachzuweisen, dass ein bestimmter Anteil oder eine bestimmte Menge des Stroms aus erneuerbaren Energien erzeugt wurde*" [121]

Seit Januar 2013 darf ein Lieferant Strom nur noch dann als solchen aus erneuerbaren Energien (EE) kennzeichnen und auf der Stromrechnung ausweisen, wenn er für die gelieferte Menge EE-Strom auch Herkunftsnachweise im Herkunftsnachweisregister entwertet hat. Das Herkunftsnachweisregister wird nach § 7 EEV[122] in Deutschland durch das Umweltbundesamt (UBA) betrieben.[123] Dieses ist unter anderem ermächtigt zu regeln:[124]

- Anforderungen an dessen Inhalt, die Gültigkeitsdauer, die Form sowie die verwendeten Datenformate und Schnittstellen zu anderen informationstechnischen Systemen
- Anforderungen sowie das Verfahren an die Ausstellung, Übertragung, Entwertung (und Anerkennung) von Herkunftsnachweisen (für Strom aus EE)
- die weitere Ausgestaltung des Herkunftsnachweisregisters (...) sowie die Festlegung welche Angaben übermittelt werden müssen, wer zur Übermittlung verpflichtet ist.
  Dies schließt Regelungen zum Schutz personenbezogener Daten ein (Festlegungen zu Art, Umfang und Zweck der Speicherung sowie Löschungsfristen)
- die konkrete Ausgestaltung der Ausweisung der regionalen Herkunft

Dies bedeutet, dass das Umweltbundesamt die Entscheidungshoheit darüber innehat, ob die Blockchain-Technologie zum einen eine technisch alternative Lösung zum herkömmlichen Herkunftsnachweisregister sein könnte und es zum anderen den Einsatz als sinnvoll erachten müsste.

Wenn eine Blockchain als Datenbank für Herkunftsnachweise (und in diesem Fall auch in einer Einheit für das Marktstammdatenregister) verwendet werden soll, müssten wiederum unterschiedlichste Rechtsvorschriften beachtet (die des Unionsrechts, z.B. EE-RL[125], DSGVO) und nationale Normen erheblich geändert werden (z.B. EEV, HkRNDV[126] und MaStRV[127]).

---

[121] § 3 EnWG.
[122] Erneuerbare-Energien-Verordnung vom 17.2.2015 (BGBl. I S. 146), die zuletzt durch Artikel 8 des Gesetzes vom 17.12.2018 (BGBl. I S. 2549) geändert worden ist.
[123] *„Das Umweltbundesamt betreibt das Herkunftsnachweisregister nach § 79 Absatz 4 des Erneuerbare-Energien-Gesetzes nach Maßgabe der Rechtsverordnung nach § 14.*"
[124] § 14 EEV.
[125] Das Gutachten bezieht sich auf die aktuell gültige Fassung der Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23.04.2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG (Text von Bedeutung für den EWR).
[126] Herkunfts- und Regionalnachweis-Durchführungsverordnung vom 08.11.2018 (BGBl. I S. 1853).
[127] Marktstammdatenregisterverordnung vom 10. April 2017 (BGBl. I S. 842), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 15. November 2018 (BGBl. I S. 1891) geändert worden ist.

Der Prozess der Zertifizierung von Herkunfts- und Regionalnachweisen folgt aktuell in Deutschland den Vorgaben der HkRNDV. Dieser gesetzliche Prozess müsste, bei einer Verwendung der Blockchain wie im Use Case dargestellt, angepasst werden.

Die Inhalte des Herkunftsnachweises wird in der EEV sowie der HkRNDV geregelt. Nach § 9 EEV[128] müssen aber **Mindestinhalt** von Herkunftsnachweisen eine einmalige Kennnummer, das Datum der Ausstellung und den ausstellenden Staat, die zur Stromerzeugung eingesetzten Energien nach Art und wesentlichen Bestandteilen, der Beginn und das Ende der Erzeugung des Stroms, für den der Herkunftsnachweis ausgestellt wird, der Standort, den Typ, die installierte Leistung und den Zeitpunkt der Inbetriebnahme der Anlage, in der der Strom erzeugt wurde, sowie Angaben dazu, ob, in welcher Art und in welchem Umfang für die Anlage, in der der Strom erzeugt wurde, Investitionsbeihilfen geleistet wurden, für die Strommenge in sonstiger Weise eine Förderung (...) erbracht wurde, sein.

Die HkRNDV wiederum schreibt in § 3 eine Verpflichtung der Registerteilnehmer fest, für die Kommunikation mit der Registerverwaltung die von dieser bereitgestellten elektronischen Formularvorlage zu nutzen. Die Registerverwaltung kann den Teilnehmern dann ein bestimmtes, etabliertes und dem Schutzbedarf angemessenes Verschlüsselungsverfahren (BSI) für die Datenübermittlung an die Registerverwaltung vorschreiben und ist berechtigt, Fehler, die bei der Ausstellung, Übertragung, Anerkennung und Entwertung von Herkunftsnachweisen auftreten, sowie Fehler in Anlagen- und Registerteilnehmerdaten zu korrigieren.

Für die Ausstellung eines Herkunftsnachweises muss vom Ersuchenden zunächst ein Konto eröffnet werden.[129] Hierzu sind folgende Daten erforderlich, die übermittelt werden müssen:

- wenn der Antragsteller eine natürliche Person ist, der Vor- und der Nachname, die Straße, die Hausnummer, die Postleitzahl, der Ort und der Staat (Adresse) unter Angabe von Landkreis und Bundesland sowie die Telefonnummer und die E-Mail-Adresse,
- wenn der Antragsteller eine juristische Person oder rechtsfähige Personengesellschaft ist, der Name oder die Firma, der Sitz, die Telefonnummer, die E-Mail-Adresse, die Angabe der gesetzlichen Vertreter und, sofern der Antragsteller im Handels-, Genossenschafts-, Partnerschafts- oder Vereinsregister oder in einem ähnlichen Register eingetragen ist, die Registernummer sowie die Angabe, bei welcher Stelle das Register geführt wird,

[128] Art. 15 Abs. 6 EE-RL hat ähnliche Inhalte, die dann in deutsches Recht harmonisiert wurden. So muss der Herkunftsnachweis mindestens folgende Angaben enthalten: Angaben zur Energiequelle, aus der die Energie erzeugt wurde, und zu Beginn und Ende ihrer Erzeugung; Angaben dazu, ob der Herkunftsnachweis Elektrizität oder Wärme und/oder Kälte betrifft; Bezeichnung, Standort, Typ und Kapazität der Anlage, in der die Energie erzeugt wurde; Angaben dazu, ob und in welchem Umfang die Anlage Investitionsbeihilfen erhalten hat und ob und in welchem Umfang die Energieeinheit in irgend einer anderen Weise in den Genuss einer nationalen Förderregelung gelangt ist, und zur Art der Förderregelung; Datum der Inbetriebnahme der Anlage und Ausstellungsdatum und ausstellendes Land und eine eindeutige Kennnummer.
[129] Nach § 6 Abs. 2 HkRNDV hat sich/hat der Dienstleister bei der Registerverwaltung zu registrieren/ein Konto zu eröffnen.

- die Umsatzsteuer-Identifikationsnummer und die eindeutige Nummer nach § 8 Abs. 2 MaStRV (…), sofern jeweils vorhanden,
- die beabsichtigte Funktion oder die beabsichtigten Funktionen als Anlagenbetreiber, Händler oder Elektrizitätsversorgungsunternehmen und
- die von der BNetzA vergebene Betriebsnummer und die vom BDEW vergebene Marktpartneridentifikationsnummer, falls die Registrierung als Elektrizitätsversorgungsunternehmen erfolgen soll.

Da diese Daten teilweise personenbezogen sind, muss im konkreten Anwendungsfall geprüft werden, ob sie datenschutzrechtlich (v.a. DSGVO) auf der Blockchain abgebildet werden dürfen.

Die Ausstellung eines Herkunftsnachweises erfolgt nach aktueller Rechtslage pro erzeugter MWh Strom aus erneuerbaren Energien unter anderem nur, wenn die Anlage gültig registriert wurde[130] und der Anlagenbetreiber ein der Anlage zugeordnetes Konto[131] hat, der Netzbetreiber der Registerverwaltung die eingespeiste Strommenge mitgeteilt hat und kein sonstiger Nachweis der Stromkennzeichnung ausgestellt wurde. Der Antrag auf Ausstellung von Herkunftsnachweisen darf auch **vor der Erzeugung der Strommengen** gestellt werden, es sei denn, es handelt sich um Strom aus Anlagen, die außer erneuerbaren Energien auch sonstige Energieträger einsetzen dürfen und eine Leistung von mehr als 100 Kilowatt aufweisen[132], oder um Strom aus Pumpspeicherkraftwerken.[133] Die Registerverwaltung ist befugt ein breites Spektrum an Daten zu erheben, zu speichern und zu nutzen.[134]

Eine Besonderheit ist weiter, dass der Herkunftsnachweis nach § 16 Abs. 2 HkRNDV auf Antrag des Anlagenbetreibers zusätzlich Angaben zur Art und Weise der Stromerzeugung in der Anlage enthalten (sog. Qualitätsmerkmale) darf, die bei einer Übertragung des Herkunftsnachweises ins Ausland gelöscht werden müssen.[135] Nach § 16 Abs. 3 HkRNDV wird auf Antrag des Anlagenbetreibers in den Herkunftsnachweis zusätzlich die Angabe aufgenommen, dass der Anlagenbetreiber die Strommenge, die dem Herkunftsnachweis zugrunde liegt, an das Elektrizitätsversorgungsunternehmen

---

[130] Vgl. § 21ff HkRNDV Anlagenregistrierung im Herkunftsnachweisregister.
[131] Gem §§ 6 oder 7 HkRNDV.
[132] Vgl. § 12 Abs. 1 Nr. 8 HkRNDV.
[133] § 13 HkRNDV.
[134] Vgl. z.B. § 45 HkRNDV: Die Registerverwaltung ist befugt, *„die nach § 6 Absatz 4 und 5, § 8 Absatz 5, § 9 Absatz 1, 4, 5, 8 und 9, § 10 Absatz 1, 2 und 3, § 11 Absatz 1, § 21 Absatz 1 Satz 2 Nummer 1 und 2, auch in Verbindung mit § 24 Absatz 1 Satz 1, § 30 Absatz 3 Satz 2 und 3, § 37 Absatz 1 Satz 2, § 38, § 40, § 41 Absatz 1 und 2 und § 44 Absatz 1 Satz 2 genannten personenbezogenen Daten zu erheben, zu speichern und zu verwenden, soweit dies zur Führung des Herkunftsnachweisregisters erforderlich ist.*"
Die Registerverwaltung ist auch befugt, *„die nach § 7 Absatz 2 in Verbindung mit § 6 Absatz 4 und 5, § 8 Absatz 5, § 9 Absatz 1, 4, 5, 8 und 9, § 23 Absatz 1 Satz 1 in Verbindung mit § 21 Absatz 1 Satz 2 Nummer 1 und 2, auch in Verbindung mit § 24 Absatz 1 Satz 1, § 31 Absatz 1 in Verbindung mit § 30 Absatz 3 Satz 2 und 3, § 38, § 40 und § 44 Absatz 1 genannten personenbezogenen Daten zu erheben, zu speichern und zu verwenden, soweit dies zur Führung des Regionalnachweisregisters erforderlich ist*."
[135] Gem. § 16 Abs. 2 S. 3 HkRNDV.

veräußert und geliefert hat, an das es auch den Herkunftsnachweis übertragen wird (optionale Kopplung). Bei der Antragstellung sind weitere Informationen anzugeben.[136]

Außerdem darf die Registerverwaltung die im Register gespeicherten Daten, einschließlich personenbezogener Daten, soweit dies im Einzelfall erforderlich ist, an das BMWi, die BNetzA, die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, an registerführende Behörden und an Organe und Einrichtungen der Europäischen Union übermitteln. Die Registerverwaltung darf im Register gespeicherte Daten ferner an einen Dritten übermitteln, der zum Betrieb eines Anlagenregisters durch eine Rechtsverordnung aufgrund von § 93 EEG verpflichtet worden ist, soweit dies im Einzelfall zum Abgleich der Daten des Registers mit dem Anlagenregister durch den Dritten erforderlich ist.

Ferner ist zu beachten, dass das UBA in Zusammenhang mit der Ausstellung, Anerkennung, Übertragung und Entwertung von Herkunftsnachweisen und der Ausstellung, Übertragung und Entwertung von Regionalnachweisen sowie für die Nutzung des Herkunftsnachweisregisters und des Regionalnachweisregisters Gebühren und Auslagen erhebt.[137] Die Gebührentatbestände (hier relevant, da die Höhe aus volkswirtschaftlicher Sicht bei einem auf Blockchain basierten Register der Vergleichsmaßstab wären) sind nach dem Gebührenverzeichnis in der Anlage der HkRNGebV[138] aufgelistet:

- Jahresgebühr für Nutzer je Konto mit Umsatz > 500 000 Herkunftsnachweise pro Jahr = 750 €
- Jahresgebühr für Nutzer je Konto mit Umsatz zwischen 15 001 bis einschließlich 500 000 Herkunftsnachweise pro Jahr = 500 €
- Jahresgebühr für Nutzer je Konto mit Umsatz zwischen 2 501 bis einschließlich 15 000 Herkunftsnachweise pro Jahr = 250 €
- Jahresgebühr für Nutzer je Konto mit Umsatz ≤ 2 500 Herkunftsnachweise pro Jahr = 50 €
- Anlage registrieren gemäß § 10 Absatz 2 der Herkunftsnachweis-Durchführungsverordnung = 50 €
- Anlage einer neuen Betreiberin oder einem neuen Betreiber zuordnen gemäß § 15 Absatz 2 der Herkunftsnachweis-Durchführungsverordnung oder einem neuen Konto derselben Kontoinhaberin oder desselben Kontoinhabers zuordnen gemäß §12 Absatz 1 der Herkunftsnachweis-Durchführungsverordnung = 10 €
- Ausstellung eines Herkunftsnachweises gemäß § 6 der HkRNDV = 0,01 €

[136] Vgl. die Ziffern 1.-5.
[137] Vgl. § 1 Abs. 1 HkRNGebV.
[138] Herkunfts- und Regionalnachweis-Gebührenverordnung vom 17.12.2012 (BGBl. I S. 2703), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 08.11.2018 (BGBl. I S. 1853) geändert worden ist.

- Übertragung eines Herkunftsnachweises auf ein anderes Konto innerhalb Deutschlands gemäß § 16 Absatz 1 HkRNDV = 0,01 €
- Übertragung eines Herkunftsnachweises auf ein anderes, von einem Fremdregister geführtes Konto gemäß § 16 Absatz 2 HkRNDV = 0,01 €
- Übertragung eines Herkunftsnachweises von einem Fremdregister auf ein Konto innerhalb Deutschlands gemäß § 19 Absatz 1 HkRNDV = 0,01 €
  1.5 Entwertung eines Herkunftsnachweises für die Stromkennzeichnung gemäß § 17 Absatz 2 HkRNDV = 0,02 €

Schlussendlich muss nach § 8 Abs. 1 MaStRV für die Registrierungen *„die elektronische Plattform genutzt werden, die die BNetzA zur Verfügung stellt.*"

Sofern der Marktakteur eine natürliche Person ist, darf er nach aktueller Rechtslage dem Marktstammdatenregister Daten und andere Informationen sogar schriftlich übermitteln. Hierzu sind wiederum die Formulare zu verwenden, die die BNetzA auf Anforderung bereitstellt.

Auch in Use Case 4 müsste gem. § 8 Abs. 2 MaStRV die Bundesnetzagentur jeder registrierten Person (…), jeder registrierten EEG- oder KWK-Anlage eine eindeutige Nummer zuweisen, sobald die für die jeweilige Registrierung erforderlichen Daten eingetragen wurden.

Zwischenergebnis

Der untersuchte Use Case verschmilzt ein Herkunftsnachweisregister mit einem Marktstammdatenregister und ermöglicht mit Hilfe der Blockchain u.a. eine anlagenscharfe Ende-zu-Ende-Zertifizierung. Um dies zu ermöglichen, müsste nach geltendem Recht auch hier, ähnlich zu Use Case 3, das Korsett der MaStRV beachtet werden. Zusätzlich ist bei einer Zusammenführung von MaStR und HkNR der Einfluss für die einschlägigen Vorschriften der HkRNDV auf den Use Case nicht zu vernachlässigen und wird in Konjunktion als „mittel" bis „stark" klassifiziert.

Nach EEG bzw. EEV betreibt das Umweltbundesamt das Herkunftsnachweisregister und ist u.a. ermächtigt, die Ausgestaltung sowie die verwendeten Datenformate und Schnittstellen zu anderen informationstechnischen Systemen zu regeln, was den Use Case nicht ausschließt, sicherlich, wenn auch „gering" in Relation zu den anderen Normen, aber durchaus beeinflusst.

Das EnWG schreibt zwar eine verpflichtende Stromkennzeichnung vor, hat aber keinen signifikanten Einfluss auf die verwendete Technologie, also auch nicht auf die Nutzung von Blockchain.

Da die Authentifizierung der Anlagen mittels eines SMGW stattfinden kann, hat das MsbG, welches die Erhebung, Verarbeitung und Nutzung von Daten zur Erfüllung öffentlicher Registrierungspflichten zwar erlaubt, aber schlussendlich auch eine Löschung von Daten vorsieht, zumindest einen „geringen" Einfluss auf den beschriebenen Use Case.

Ein „alternatives" Labelling von Ökostrom oder Strom aus konventionellen Energien ist aus regulatorischer Sicht für Nicht-EEG-Anlagen[139] möglich, da eine direkte Ausweisung von geförderten Strommengen aus erneuerbaren Energien unter das Doppelvermarktungsverbot nach § 80 EEG fällt. Die Möglichkeiten für das Labelling von Ökostrom.

Insgesamt bewerten die Gutachter den Einfluss der untersuchten Regulierungsvorgaben auf den Use Case 4 als „stark".

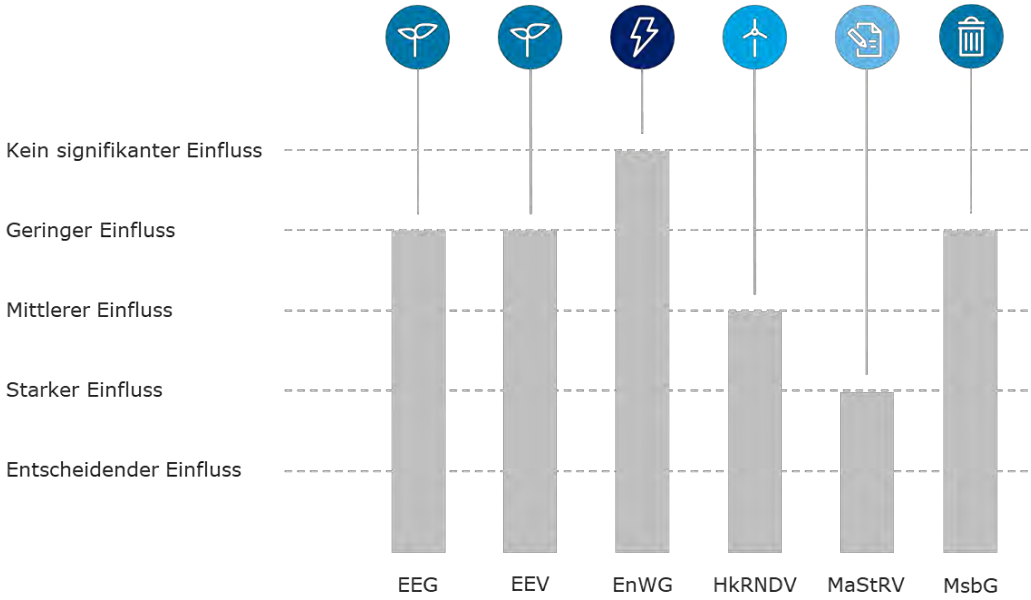


Abbildung 8: Bewertung des regulatorischen Einflusses auf Use Case 4

3.3 Marktkommunikation (Strom)

3.3.1 Use Case 5: Abrechnung von Entgelten und Umlagen (Strom)

Wenn eine moderne Messeinrichtung (mMe), die über ein Smart Meter Gateway (SMGW) zu einem intelligenten Messsystem (iMSys, hier im Prozess des Use Case 5 als „Smart Meter" bezeichnet), die von einem Messstellenbetreiber betrieben wird, einen Verbrauch von Elektrizität beim Endkunden misst, ist für jeden Datentransfer der Anwendungsbereich des Messstellenbetriebsgesetzes (MsbG) eröffnet. Es regelt für den Einsatz die folgenden Bereiche:

- Ausstattung von Messstellen der leitungsgebundenen Energieversorgung mit modernen Messeinrichtungen und intelligenten Messsystemen,

[139] Gem. § 78 EEG sind das Anlagen, die keine Förderung nach § 19 oder § 50 EEG in Anspruch genommen haben.

- Ausgestaltung des Messstellenbetriebs und freie Wahl eines Messstellenbetreibers,
- Aufgabentrennung von Messstellenbetrieb und Netzbetrieb,
- technische Mindestanforderungen an den Einsatz von intelligenten Messsystemen,
- energiewirtschaftliche Datenkommunikation und allgemeine Datenkommunikation mit Smart-Meter-Gateways,
- Erhebung, Verarbeitung und Nutzung von Messwerten und weiteren personenbezogenen Daten zur Erfüllung von vorvertraglichen Verpflichtungen, von Verträgen, rechtlichen Verpflichtungen und zur Erfüllung von Aufgaben im öffentlichen Interesse.

Insbesondere ist hier aber auch der **Umgang mit Verbrauchsdaten** besonders wichtig.

Der dargestellte Prozess sieht nach Meinung der Gutachter eine direkte Datenspeicherung der Stromverbrauchsdaten in der Blockchain vor. § 19 MsbG erlaubt für die Prozesse ausschließlich technische Systeme und Bestandteile, für die u.a. Datenverarbeitung, die den Anforderungen aus § 21 und § 22 MsbG, genügen. Nach § 50 MsbG sind zum Zwecke der Abrechnung sowohl VNB als auch Lieferant Datenumgangsberechtigte.

Wie bereits im Kapitel „Use-Case"-übergreifende Regulierungsbestimmungen beschrieben, definiert Artikel 4 Nr. 2 DSGVO die „Verarbeitung" als jeden mit oder ohne Hilfe automatisierter Verfahren ausgeführten Vorgang oder jede solche Vorgangsreihe im Zusammenhang mit personenbezogenen Daten, wie das Erheben, das Erfassen, die Organisation, das Ordnen, die Speicherung, die Anpassung oder Veränderung, das Auslesen, das Abfragen, die Verwendung, die Offenlegung durch Übermittlung, Verbreitung oder eine andere Form der Bereitstellung, den Abgleich über die Verknüpfung, die Einschränkung, das Löschen oder die Vernichtung. Demgemäß stellt eine Verarbeitung bei EVU deshalb das Erheben von Stammdaten eines Letztverbrauchers zum Zwecke des Abschlusses eines Energieliefer- oder eines Netzanschlussertrages sowie auch das Erfassen und die Speicherung von Messwerten zum Zwecke der Abrechnung eines Energieliefervertrages dar. Auch die Offenlegung personenbezogener Daten von Letztverbrauchern durch Übermittlung an andere Marktpartner im Rahmen der energiewirtschaftlichen Geschäftsprozesse, z.B. nach der Festlegung einheitlicher Geschäftsprozesse und Datenformate zur Abwicklung der Belieferung von Kunden mit Elektrizität[140] ist eine Form der Verarbeitung.[141]

Ein potenzieller Nutzen der Blockchain für die Abrechnungsprozesse könnte allerdings gerade in der unveränderlichen Speicherung von Messwerten in einer dezentralen Datenbank liegen, welche interoperabel mit der sternförmigen Datenkommunikation unmittelbar aus dem SMGW[142] wäre und

[140] BK6–06-009 (GPKE); Beschluss der BNetzA v. 11.07.2006 wegen der Festlegung einheitlicher Geschäftsprozesse und Datenformate zur Abwicklung der Belieferung von Kunden mit Elektrizität, BK6–06-009. Die aktuellen Geschäftsprozesse werden durch Anlage 1 des Beschlusses BK6-18-032 ersetzt und sind ab dem 01.12.2019 in der abgeänderten Fassung anzuwenden.
[141] Vgl. Bartsch, Datenschutzrecht, in: Danner/Theobald, Energierecht, 98. EL Juni 2018, Rn. 9.
[142] Gem. § 60 Abs. 2 MsbG.

im Zielmodell der energiewirtschaftlichen Datenkommunikation zur Vereinfachung von Messwertplausibilisierung und Ersatzwertbildung sowie Clearing- und Abrechnungsprozessen beitragen kann.[143]

Messwerte würden direkt im Smart Meter Gateway plausibilisiert bzw. ergänzt und – im Zielmodell – ohne Intermediär zum Bilanzkreiskoordinator übermittelt.[144] Bei der Plausibilisierung und Ersatzwertbildung handelt es sich bisher um Prozessschritte im Zuge der Messwertaufbereitung[145], die bisher der Stromnetzbetreiber verantwortete. Im Regulierungsregime des MsbG ist das Aufgabe[146] des grundzuständigen Messstellenbetreibers, falls er diese Aufgabe nicht formell übertragen[147] hat.[148] Die entsprechenden Geräte und deren Ressourcen vermögen es derzeit technisch nicht, ausgefallene Messwerte oder Messwertreihen zu überbrücken oder unplausible Messwerte zu korrigieren. Mit einer dezentralen, revisionssicheren Datenbank, in der verlässlich Daten zur Messwertaufbereitung gespeichert werden, auf die der jeweilige energiewirtschaftliche Akteur sodann zugreifen kann, könnte dieses Problem gelöst werden. Hierbei müssten allerdings die Vorgaben zur Datenkommunikation aus § 52 Abs. 3 MsbG beachtet werden, d.h. es muss eine Pseudonymisierung bzw. sogar Anonymisierung der Daten erfolgen.[149]

Mit der (seit Dezember 2018 durch das BSI zertifizierten) Kommunikation von personenbezogenen Daten aus iMSys über die Public-Key-Infrastruktur wird bereits heute ein komplexes kryptographisches System, das digitale Zertifikate ausstellen, verteilen und prüfen kann, im modernen Messwesen eingesetzt. Eine Authentifizierung von Akteuren könnte dann perspektivisch auch über kryptographische Hash-Funktionen einer Blockchain-Anwendung erfolgen.[150]

Denn auch *Lehner* ist der Meinung, dass Blockchain-basierte Systeme „(…) *in Zukunft aber durchaus ‚Stand der Technik' sein (könnten), der auch die ambitionierte Vorgabe des IT-Sicherheitskatalogs* (der BNetzA[151], Anmerkung des Gutachters) *ist. Die Aspekte IT-Sicherheit und die digitale Marktkommunikation, die bisher über EDIFACT abgewickelt wird, könnten insgesamt angesichts der Unveränderlichkeit dezentral gespeicherter energiewirtschaftlicher Datensätze von einer Abwicklung der Validierungs- und Archivierungsprozesse über eine Blockchain profitieren.*" [152]

[143] Vgl. hierfür Lehner, Quanten-Blockchain und die Digitalisierung des Bösen, S. 809f.
[144] Vgl. ausführlich zur sternförmigen Kommunikation über das SMGW: Einhellig/Herzig, Smart Grid 2016, S. 6f.
[145] Vgl. § 2 Satz 1 Nr. 17 MsbG.
[146] Gem. § 3 Abs. 2 Nr. 1 MsbG.
[147] Gem. § 41 MsbG.
[148] Vgl. ausführlich zum Verfahren der Übertragung der Grundzuständigkeit: Einhellig/Herzig, Smart Grid 2016, S. 8f.
[149] Vgl. hierfür auch Lehner, Quanten-Blockchain und die Digitalisierung des Bösen, S. 810.
[150] Ähnlich Lehner, Quanten-Blockchain und die Digitalisierung des Bösen, S. 810, mit Verweis auf Swan, Blockchain; Blueprint for a New Economy, 2015, S. 65.
[151] IT-Sicherheitskatalog gemäß § 11 Abs. 1a EnWG.
[152] Lehner, Quanten-Blockchain und die Digitalisierung des Bösen, S. 811.

Zwischenergebnis

Ziel/Zweck des untersuchten Use Case ist es, die Abrechnung von Umlagen und Gebühren zu automatisieren und Kosteneinsparungen v.a. bei einer Umsetzung von dynamischen und differenzierteren Netzentgelten zu ermöglichen.

Als Mittel steht das SMGW zur Verfügung, welches die Verbrauchsdaten direkt in die Blockchain schreibt. Den Umgang mit den Verbrauchsdaten mit Hilfe eines SMGWs regelt das MsbG (§§ 19ff – allgemeine Anforderung an ein Messsystem ist u.a. die Möglichkeit der Löschung von Daten). Da es auch bei modernen Messeinrichtungen Geräte geben könnte, die fehlerhaft messen, braucht es immer auch Prozesse, die eine Korrektur oder Richtigstellung erlauben. Allerdings könnte, wie oben beschrieben, die unveränderliche Speicherung von Messwerten auch ein Vorteil der Blockchain bei Abrechnungsprozessen sein. Der Einfluss des MsbG auf diesen Use Case ist daher als „mittel" zu klassifizieren.

Insgesamt bewerten die Gutachter den Einfluss der untersuchten Regulierungsvorgaben auf den Use Case 5 als „gering".

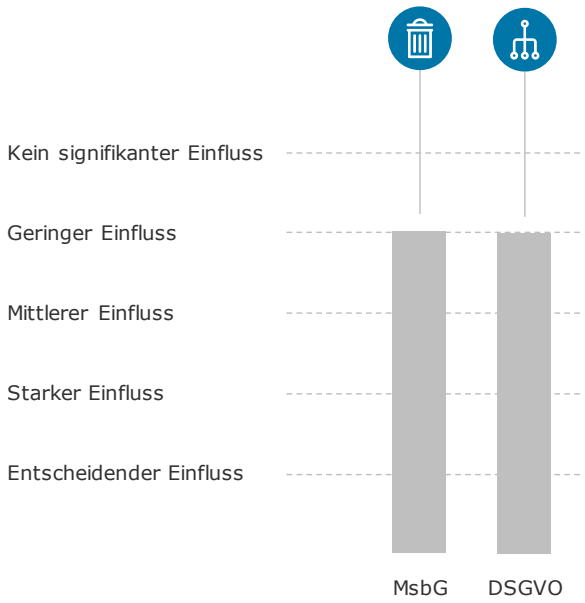


Abbildung 9: Bewertung des regulatorischen Einflusses auf Use Case 5

3.3.2 Use Case 6: Kündigung und Lieferantenwechsel (Strom)

Die Visualisierung im Use Case 6 beschreibt den Lieferantenwechselprozess auf Blockchain-Basis. Dieser findet unionsrechtlich seine Wurzeln im Dritten Binnenmarktpaket. Dort fordert Art. 3 Abs. 5 UAbs. 1 lit. a StromRL[153] die Mitgliedstaaten auf, sicherzustellen, dass bei einem beabsichtigten Lieferantenwechsel im Rahmen der Vertragsbedingungen der Wechsel innerhalb von drei Wochen vorzunehmen sei.

In das deutsche Energierecht wurde der Lieferantenwechsel im Jahr 2011 eingeführt. Der Gesetzgeber verfolgte damit zwei Zielsetzungen, die eng miteinander verwoben sind: Zum einen sollte der Wettbewerb zwischen Lieferanten angeregt werden, zum anderen sollen durch die Vereinfachung des Prozesses die Verbraucherrechte gestärkt werden.[154]

Die rechtlichen Grundlagen des Stromlieferantenwechsels, der Rechnungslegung und des eigentlichen Vertrags sind hauptsächlich in den §§ 20a, 40 und 41 EnWG verankert. Die Lieferantenwechselprozesse für Strom werden dabei im Detail von der BNetzA festgelegt. Die sog. GPKE-Festlegung wird in aktuellen und branchenüblichen Prozessstandards vom BDEW definiert und schreibt formal das Datenformat EDIFACT vor. Der hier beschriebene Prozess soll den Use Case Kündigung[155] substituieren. Dabei ist zunächst zu beachten, dass eine unverzügliche Bestätigung des neuen Lieferanten, ob und zu welchem Termin eine Belieferung grundsätzlich möglich ist, notwendig ist. Nach aktueller Rechtslage muss das Verfahren zügig abgeschlossen werden und darf die drei Wochen ab Anmeldung zur Netznutzung nicht überschreiten, wenn der Belieferungsstart innerhalb von drei Wochen erfolgen soll. Auch muss ein Lieferantenwechsel für den Letztverbraucher kostenlos sein.[156]

Die Geschäftsprozessdefinitionen dienen einer massengeschäftstauglichen[157] Umsetzung der in § 14 StromNZV und § 38 EnWG gemachten gesetzlichen Vorgaben sowie der weiteren in diesem Zusammenhang anfallenden Prozesse. Die Geschäftsprozesse im Einzelnen lauten:[158]

- Lieferantenwechsel,
- Lieferende,
- Lieferbeginn,

---

[153] Richtlinie 2009/72/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13.07.2009 über gemeinsame Vorschriften für den Elektrizitätsbinnenmarkt und zur Aufhebung der Richtlinie 2003/54/EG, im Folgenden als StromRL bezeichnet.
[154] Vgl. Siegel, EnWG § 20a, Rn. 1 mit Verweis auf BT-Drs. 17/6072, S. 45 f. Hierzu Lange RdE 2012, 41 (45); Pritzsche/Lange, Energierecht, § 4 Rn. 511. Zur Lieferantenwechselquote als Maßstab der Wettbewerbsintensität der Monitoringbericht 2016 der BNetzA und des BKartA v. 30.11.2016, 186 ff. und 322 ff. *„Zentrale Elemente des Verbraucherschutzes sind die Normierung einer kurzen Wechselfrist, die Kostenfreiheit des Lieferantenwechsels sowie die Sanktionierung etwaiger Pflichtverletzungen mit einem (vereinfachten) Schadensersatzanspruch.*"
[155] vgl. BDEW, Marktprozesse, Kapitel II, Basis-Prozesse, S. 20ff.
[156] Vgl. ausführlich dazu Siegel, EnWG § 20a, Rn. 11-14.
[157] Vgl. auch § 22 StromNZV.
[158] Vgl. Lüdtke-Handjery, StromNZV § 14 Lieferantenwechsel, Rn. 4.

- Ersatzversorgung,
- Zählerstand- und Zählwerteübermittlung,
- Stammdatenänderung,
- Geschäftsdatenanfrage,
- Netznutzungsabrechnung

Die Geschäftsprozesse[159] sind zu Recht als wichtiger Bestandteil einheitlicher Netzzugangsbedingungen einzustufen, da sie die wesentlichen standardmäßig auftretenden Arbeitsvorgänge bei der Gewährung des Netzzugangs erfassen. Diese Standardisierung führt zu einer Verringerung der beim Zugangspetenten anfallenden Kosten, da er nunmehr z.B. ein einheitliches Datenformat nutzen und die Geschäftsprozesse mit einem verbesserten Automatisierungsgrad abwickeln kann. In § 27 Abs. 1 Nr. 9 und Nr. 17 StromNZV sind zudem zwei Festlegungsbefugnisse zur Ausgestaltung des Lieferantenwechsels und der Ein- und Auszüge eingeräumt worden. Damit wurde die BNetzA ermächtigt, die Abwicklung des Lieferantenwechsels zu präzisieren[160] und insbesondere die dabei zu beachtenden Fristen für den Netzbetreiber und die Netznutzer festzulegen sowie Vorgaben zu Ein- und Auszügen zu machen und dabei wiederum die Best-Practice-Empfehlungen zu ergänzen oder zu ändern.[161]

„In der Kündigung kann ein beliebiges in der Zukunft liegendes Kündigungsdatum (auch untermonatlich) angegeben werden. Das Kündigungsdatum kann sich

- *auf einen fixen Zeitpunkt oder*
- *auf einen nächstmöglichen Zeitpunkt*

beziehen.

Der Altlieferant (LFA) prüft die Kündigung und teilt dem neuen Lieferanten (LFN) das Ergebnis mit. Dabei sind folgende Regeln einzuhalten:

- *Hat der LFN auf ein fixes Datum gekündigt und wird dieses vom LFA nicht bestätigt, so teilt der LFA das nächstmögliche Kündigungsdatum und die Kündigungsfrist mit.*
- *Hat der LFN auf das nächstmögliche Datum gekündigt, so bestätigt der LFA die Kündigung unter Angabe dieses Datums.*

---

[159] Vgl. ausführlich https://www.bdew.de/service/marktprozesse-im-ueberblick/.
[160] Bis 01.12.2019 gilt der alte GPKE-Beschluss BK6–06-009; Am 20.12.2018 wurde von der BNetzA v. 20.12.2018 ein neuer Beschluss zur weiteren Anpassung der Vorgaben zur elektronischen Marktkommunikation an die Erfordernisse des Gesetzes zur Digitalisierung der Energiewende („Marktkommunikation 2020 – MaKo 2020“)
veröffentlicht, der die künftigen Geschäftsprozesse und Datenformate zur Abwicklung der Belieferung von Kunden mit Elektrizität vereinheitlicht. Dieser ist inhaltlich die Anlage 1 zum Beschluss BK6-18-032.
[161] Vgl. Lüdtke-Handjery, StromNZV § 14 Lieferantenwechsel, Rn. 5.

- *Liegt dem LFA bereits eine wirksame Kündigung vor (durch einen LFN oder den Letztverbraucher) sind die entsprechenden Konstellationen im Kapitel II. 1.3 ‚Antwort LFA bei Kündigung eines bereits wirksam gekündigten Vertrages' beschrieben.*" [162]

Leitet der neue Lieferant den Use-Case „Kündigung" ein und befindet sich die zu kündigende Marktlokation in Ersatzversorgung gem. § 38 EnWG, so findet keine Prüfung auf Mindestvertragslaufzeiten bzw. Kündigungsfristen statt, da derartige Fristen im Rahmen der Ersatzversorgung nicht existieren.

In Bezug auf die Visualisierung ist an dieser Stelle anzumerken, dass, falls der alte Lieferant die Kündigung des neuen Lieferanten ablehnt, er den Grund oder die Gründe für die Ablehnung mitteilen muss. Falls der Altlieferant die Kündigung gegenüber dem Neuen bestätigt, kann es sich um eine Bestätigung handeln, die

a) ohne inhaltliche Änderung erteilt wird oder

b) die mit Abänderungen erteilt wird.

Ebenso wird der Vorjahresverbrauch des Letztverbrauchers übermittelt.

Nach Art. 30 DSGVO ist sowohl der „Verantwortliche" als auch der Auftragsverarbeiter zur Führung eines Verzeichnisses von Verarbeitungstätigkeiten verpflichtet. Das Verzeichnis von Verarbeitungstätigkeiten ist ein Hauptbestandteil des Datenschutzkonzepts und dient nicht zuletzt dem Nachweis einer verordnungskonformen Datenverarbeitung nach Art. 5 Abs. 2 DSGVO.[163] Auf Verlangen ist es der Aufsichtsbehörde zur Verfügung zu stellen.[164] In dem Verzeichnis sind grundsätzliche Informationen zu den Verarbeitungsvorgängen in dem jeweils verantwortlichen Unternehmen bzw. bei dem Auftragsverarbeiter aufzunehmen. Dazu zählen insbesondere:[165]

- *Name und Kontaktdaten des Verantwortlichen und gegebenenfalls des gemeinsam mit ihm Verantwortlichen bzw. des Auftragsverarbeiters, des Vertreters des Verantwortlichen bzw. des Auftragsverarbeiters sowie des Datenschutzbeauftragten;*
- *Zwecke der Verarbeitung;*
- *Kategorien von Empfängern, gegenüber denen die personenbezogenen Daten offengelegt worden sind oder noch offengelegt werden, einschließlich den Empfängern in Drittländern oder internationalen Organisationen;*
- *Übermittlungen von personenbezogenen Daten an ein Drittland oder an eine internationale Organisation sowie gegebenenfalls die Dokumentation geeigneter Garantien;*

[162] BDEW, Stellungnahme zu Marktprozessen für erzeugende Marktlokationen (Strom), MPES, S. 18f.
[163] Bartsch, Datenschutz in Energieversorgungsunternehmen, in: Danner/Theobald, Energierecht 98. EL Juni 2018, Rn. 23 mit Verweis auf Erwägungsgrund 82 zur DS-GVO.
[164] vgl. Art. 30 Abs. 4 DSGVO.
[165] Vgl. Bartsch, Datenschutz in Energieversorgungsunternehmen, in: Danner/Theobald, Energierecht 98. EL Juni 2018, Rn. 23.

- *vorgesehene Fristen für die Löschung der verschiedenen Datenkategorien sowie*
- *eine allgemeine Beschreibung der technischen und organisatorischen Maßnahmen.*

Für die ordnungsgemäße Führung des Verzeichnisses von Verarbeitungstätigkeiten ist grundsätzlich die Unternehmensleitung verantwortlich. Im Unternehmensverbund hat grundsätzlich jedes rechtlich selbstständige Unternehmen ein eigenes Verzeichnis zu führen.[166] In der Praxis empfiehlt es sich, dass die jeweiligen Fachbereiche die Verarbeitungstätigkeiten beschreiben und die Bausteine vom Datenschutzbeauftragten in dem Verzeichnis zusammengeführt werden.[167]

Die Bedeutung des Verzeichnisses von Verarbeitungstätigkeiten kann nach Ansicht von *Bartsch* als zentraler Baustein eines wirksamen Datenschutzmanagements nicht hoch genug eingeschätzt werden. Einerseits muss sich der Verantwortliche bzw. der Auftragsverarbeiter zwar im Zuge der Erstellung und Aktualisierung des Verzeichnisses detailliert mit den Verarbeitungstätigkeiten im Unternehmen auseinandersetzen, andererseits erfüllt das Verzeichnis aber zugleich eine wichtige Dokumentationsfunktion und dient damit nicht zuletzt dem Nachweis der Einhaltung der in der DSGVO niedergelegten Grundsätze.[168]

Bei EVUs kommt es im Zuge der Aufnahme der Verarbeitungstätigkeiten darauf an, mit der erforderlichen Fachkenntnis der energiewirtschaftlichen Marktrollen und Prozesse die für das Verzeichnis relevanten Verarbeitungstätigkeiten herauszufiltern und in dem Verzeichnis zu dokumentieren. Neben dem Nachweis der Einhaltung der Vorgaben der DSGVO kann das Verzeichnis für darüberhinausgehende unternehmensinterne Zwecke eingesetzt werden. So kann es etwa bei der Erfüllung von datenschutzrechtlichen Pflichten gegenüber Betroffenen als „Nachschlagewerk" dienen.[169] In diesem Zusammenhang kann es im Einzelfall sinnvoll sein, über das gesetzlich geforderte Maß hinausgehende Informationen in das Verzeichnis aufzunehmen.[170]

Zwischenergebnis

Der untersuchte Use Case verfolgt das Ziel/den Zweck, die Kommunikation zwischen den relevanten Marktakteuren bei einem Lieferantenwechsel über das Mittel „Smart Contract" zu realisieren und die Validierung der hierfür benötigten Daten zu vereinheitlichen.

Die rechtlichen Grundlagen des Stromlieferantenwechsels, der Rechnungslegung und des eigentlichen Stromliefervertrags sind hauptsächlich im EnWG (§§ 20a - Lieferantenwechsel, 40 – Strom- und Gasrechnungen und 41 - Energielieferverträge) verankert. Der Einfluss des EnWG ist dennoch nur als „gering" zu bewerten, da es zwar den Rahmen für einen Lieferantenwechsel setzt (welcher

[166] Die Tatsache, dass in der Praxis häufig dem Datenschutzbeauftragten die Erstellung und Führung des Verzeichnisses übertragen wird, entbindet die Unternehmensleitung des Verantwortlichen bzw. des Auftragsverarbeiters nicht von der rechtlichen Verantwortung.
[167] Bartsch, Datenschutz in Energieversorgungsunternehmen, in: Danner/Theobald, Energierecht 98. EL Juni 2018, Rn. 24.
[168] Vgl. Bartsch, Datenschutz in Energieversorgungsunternehmen, in: Danner/Theobald, Energierecht 98. EL Juni 2018, Rn. 25.
[169] Etwa bei der Erfüllung von Informationspflichten nach Art. 13, 14 DSGVO oder Auskunftsansprüchen Betroffener nach Art. 15 DSGVO.
[170] Vgl. Bartsch, Datenschutz in Energieversorgungsunternehmen, in: Danner/Theobald, Energierecht 98. EL Juni 2018, Rn. 26.

kein grundsätzliches Hemmnis für den Use Case darstellt), aber noch keine genauen Prozesse hinsichtlich der Kommunikation zwischen den Marktakteuren vorsieht. Im Detail definiert werden diese Lieferantenwechselprozesse für Strom von der BNetzA in der GPKE-Festlegung[171]. Diese schreibt zur Abwicklung eines Lieferantenwechsels zwar das Datenformat EDIFACT vor, allerdings existiert eine Öffnungsklausel, welche auch die Verwendung eines anderen Datenformats (nach bilateraler Vereinbarung) erlaubt.

Die BNetzA ist nach der StromNZV (§ 27 Abs. 1 Nr. 9 und 17) ermächtigt, mit Festlegungen zur Abwicklung des Lieferantengeschäfts sowie zur Abwicklung der Netznutzung bei Lieferbeginn bzw. -ende Details auszugestalten, was aus Sicht der Gutachter jedoch derzeit keinen signifikanten Einfluss auf den hier beschriebenen Use Case hat.

Insgesamt bewerten die Gutachter den Einfluss der untersuchten Regulierungsvorgaben auf den Use Case 6 als „gering".

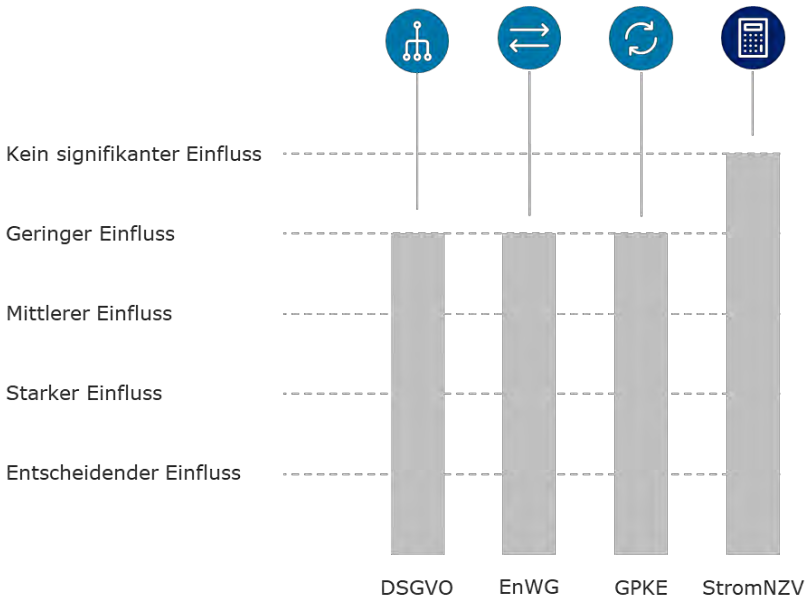


Abbildung 10: Bewertung des regulatorischen Einflusses auf Use Case 6

[171] BK6-06-009; Ab 01.12.2019 gilt die Anlage 1 des Beschlusses BK6-18-032 vom 20.12.2018. Sie ersetzt die alten Geschäftsprozesse.

3.4 Handel (Strom)

3.4.1 Use Case 7: Außerbörslicher Großhandel (Strom)

Die *European Electricity Exchange* (EEX) mit Sitz in Leipzig betreibt eine Plattform für den Austausch von Spotmarktprodukten und Derivaten (Futures und Options) für Strom, Gas und CO_2-Emissionen. Im September 2006 startete dort außerdem der „Intra-Day"-Markt. Demnach basiert der europäische Stromgroßhandelsmarkt auf dem nicht standardisierten Handel auf Basis bilateraler Verträge einerseits und dem standardisierten Handel an der Strombörse EEX andererseits.[172]

Im „Day-Ahead"-Markt der EEX wird neben dem kontinuierlichen Handel von Blockkontrakten[173] des Folgetages vor allem täglich um 12 Uhr Strom für alle 24 Einzelstunden des Folgetages auktioniert. Darüber hinaus kann am „Intra-Day"-Markt kontinuierlich ab 15 Uhr des Vortages bis 75 Minuten vor Lieferung am Erfüllungstag Elektrizität für einzelne Stunden gehandelt werden. Ein effizienter, liquider Spotmarkt muss in der Lage sein, schnellstmöglich neue Marktinformationen beim Preisbildungsprozess zu berücksichtigen. Unter der Preisbildung wird derjenige Prozess verstanden, in dem Märkte auf neue Informationen mit dem Versuch reagieren, schließlich einen Gleichgewichtspreis zu generieren.[174]

Um Strom handeln zu können, bedarf es dafür geeigneter Verträge. Dabei kennt man die Unterscheidung zwischen sog. physischen und finanziellen PPAs[175] bereits vom Stromhandel an der Börse, aber auch dem sog. OTC[176]-Handel[177]: Beim physischen Handel geht es um die Lieferung der Ware Strom, beim finanziellen Handel dagegen um eine reine Geldzahlung, die Stromlieferung ist hier zwischen den Vertragspartnern nicht „geschuldet".[178]

Der in Use Case 7 dargestellte Prozess beschreibt eine dezentrale Handelsplattform auf Blockchain-Basis, die ähnlich einer Börse funktioniert und auf der die Händler anonym Gebote in einem dezentralen, blockchain-basierten Orderbuch abgeben, die von anderen Händlern angenommen werden können. Neben der Ausführung eines Smart Contract werden Informationen zu veränderten Netzkapazitäten in die Blockchain geschrieben. Nach der Validierung der Transaktion durch eine Drittpartei wird das Ergebnis schließlich auf der Blockchain veröffentlicht. Die Erfüllung des Geschäftes

---

[172] Vgl. Einhellig, Preismissbrauch im Bereich der Energieversorgung, S. 47f.
[173] Base=0-24 Uhr; Peak=8-20 Uhr.
[174] Vgl. zur Preisbildung auf Strommärkten in der Großhandelsebene ebenfalls ausführlich Einhellig, Preismissbrauch im Bereich der Energieversorgung, S. 47-55.
[175] „Power Purchase Agreement" als Sammelbegriff für zivilrechtliche Verträge im Stromsektor. Vgl. dazu ausführlich Hilpert, Rechtliche Bewertung von Power Purchase Agreements (PPAs) mit erneuerbaren Energien, Teil A.
[176] OTC meint „over the counter" und bezeichnet die Gesamtheit außerbörslicher Handelsgeschäfte.
[177] Vgl. Hilpert, Rechtliche Bewertung von Power Purchase Agreements (PPAs) mit erneuerbaren Energien, Fn 1.: *„Im Zuge der Neufassung der Erneuerbare-Energien-Richtlinie (EE-Richtlinie) befasste sich auch die EU mit PPAs. Art. 2 Nr. 17 der EE-Richtlinie enthält künftig insbesondere eine Legaldefinition. Dort heißt es dann, dass ein ‚Vertrag über den Bezug von erneuerbarem Strom' (engl.: ‚renewables power purchase agreement') ein ‚Vertrag [ist], bei dem sich eine natürliche oder juristische Person bereit erklärt, unmittelbar von einem Elektrizitätsproduzenten erneuerbare Elektrizität zu beziehen'."*
[178] Vgl. Hilpert, Rechtliche Bewertung von Power Purchase Agreements (PPAs) mit erneuerbaren Energien, S. 4 mit Verweis auf J. Fried, in: Schwintowski, Handbuch Energiehandel, 3. Aufl. 2014, S. 175f.

(d.h. die Lieferung, Verbuchung und der Verbrauch des Gutes „Strom") wird in dieser Umsetzung nicht über die Blockchain abgewickelt, die zugehörige Zahlung hingegen ist integriert.

OTC-Stromhandelsverträge können auf allen Stufen – wenngleich vorrangig am Großhandelsmarkt – und zwischen allen Beteiligten innerhalb der Energiewirtschaft (auch als Smart Contracts) abgeschlossen werden, zielen aber im Gegensatz zu den meisten PPA-Formen nicht zwangsläufig auf langfristige Vertragsverhältnisse zwischen den gleichen Vertragspartnern über vertraglich fixierte Stromlieferungen zu vorab definierten Preisen oder Preisspannen, sondern bieten gerade auch die Möglichkeit, jeweils individuell bestimmte Mengen zu schwankenden Preisen zu beschaffen.[179] Für die erleichterte Abwicklung kann im OTC-Handel auf verschiedene Musterverträge wie den EFET[180]-Rahmenvertrag zurückgegriffen werden.[181] Unionsaufsichtsrechtlich wäre für den Handel mit Energiederivaten neben den Regeln der in KWG und WpHG umgesetzten MiFID[182] insbesondere noch die European Market Infrastructure Regulation (EMIR) relevant. Der Anwendungsbereich dieser europäischen Verordnung umfasst sämtliche Arten von OTC-Finanzderivaten,[183] ist allerdings im Use Case nicht zu untersuchen, weil der Anwendungsbereich nicht eröffnet ist.

Aus Transparenzgründen und zur Verhinderung von Informationsasymmetrien zum Nachteil von Verbrauchern wurde die sog. REMIT-Verordnung durch die Europäische Union erlassen.[184] Diese soll unionsrechtlich Insiderhandel und Marktmanipulation auf Großhandelsmärkten durch Insider-Informationen eindämmen. Da gem. Art. 4 Abs. 1 REMIT[185] die Pflicht zur rechtzeitigen und effektiven Veröffentlichung von **Insider-Informationen** bestünde, ist allerdings zu untersuchen, ob die REMIT-Verordnung anzuwenden ist. Der Anwendungsbereich ist u.a. bereits eröffnet, wenn ein Energiegroßhandelsprodukt gehandelt wird.[186]

„Energiegroßhandelsprodukte" sind demnach die folgenden Verträge und Derivate unabhängig davon, wo und wie sie gehandelt werden:

a) Verträge für die Versorgung mit Strom oder Erdgas, deren Lieferung in der Union erfolgt;

b) Derivate, die Strom oder Erdgas betreffen, das/der in der Union erzeugt, gehandelt oder geliefert wurde;

---

[179] Vgl. Hilpert, Rechtliche Bewertung von Power Purchase Agreements (PPAs) mit erneuerbaren Energien, S. 23, mit Verweis auf eine Definition des Stromhandels nach Fried, in: Schwintowski, Handbuch Energiehandel, 3. Aufl. 2014, S. 173f; Keil, in: Maslaton, Windenergieanlagen – Praxishandbuch, 2015, S. 323.
[180] Die European Federation of Energy Traders (EFET) ist der Verband europäischer Energiehändler mit Sitz in Amsterdam.
[181] Vgl. ebenda mit Verweis auf Fried, in: Schwintowski, Handbuch Energiehandel, 3. Aufl. 2014, S. 161ff, S. 193ff; Dessau/Fischer, § 24, Rn. 1 ff, 28 ff.
[182] Zum 03.01.2018 wurde RL 2004/39/EG (MiFID I) durch RL 2014/65/EU (MiFID II), ABl. L 173/349, ersetzt. Vgl. unten 3.5.1.
[183] Zu deren Definition verweist sie auf den Anhang der MiFID nebst Art. 38, 39 der erwähnten MiFID-KomV.
[184] Die Verordnung (EU) Nr. 1227/2011 über die Integrität und Transparenz des Energiegroßhandelsmarkts (englisch: Regulation on Wholesale Energy Market Integrity and Transparency; „REMIT") dient der Bekämpfung von Insider-Handel und Marktmanipulation auf dem Energiegroßhandelsmarkt. Sie ist seit dem 28.12.2011 in Kraft und entfaltet unmittelbare Rechtswirkung in allen EU-Mitgliedsländern. In Deutschland ist die zuständige Behörde zur Durchsetzung der Verbote nach REMIT die Bundesnetzagentur.
[185] Siehe auch Merkblatt der BNetzA zur effektiven und rechtzeitigen Veröffentlichung von Insider-Informationen gemäß Art. 4 Abs. 1 REMIT (Verordnung (EU) Nr. 1227/2011.
[186] Vgl. Art. 1 Abs. 2 REMIT.

c) Verträge, die den Transport von Strom oder Erdgas in der Union betreffen;

d) Derivate, die den Transport von Strom oder Erdgas in der Union betreffen.

Verträge über die Lieferung und die Verteilung von Strom oder Erdgas zur Nutzung durch Endverbraucher sind keine Energiegroßhandelsprodukte. Verträge über die Lieferung und die Verteilung von Strom oder Erdgas an Endverbraucher mit einer höheren Verbrauchskapazität als dem in Nr. 5 Abs. 2 aufgeführten Schwellenwert gelten jedoch als Energiegroßhandelsprodukte.

Für bestimmte Fälle gibt es Ausnahmen von Anforderungen, auch wenn Energiegroßhandelsprodukte gehandelt werden. Die **Veröffentlichungspflicht** nach Art. 4 Abs. 1 REMIT bleibt dabei allerdings immer bestehen. Auch wenn die Marktteilnehmer eine Ausnahmeregelung nach Art. 3 Abs. 4 lit. b REMIT beantragt haben, kann das Handelsgeschäft vor der Veröffentlichung von Insider-Information getätigt werden. Diese muss aber weiterhin rechtzeitig und effektiv vom Marktteilnehmer veröffentlicht werden (Veröffentlichungspflicht), d.h. spätestens 1 Stunde nach einem Anlagenausfall. Dies erklärt sich schon dadurch, dass der Marktteilnehmer aus der Anwendung der Ausnahme keine Vorteile ziehen soll, sondern diese nur zum Ausgleich eines unzumutbaren Nachteils des Marktteilnehmers dient. Sollte sich ein Marktteilnehmer gegen die Veröffentlichung entscheiden, gilt ferner eine Meldepflicht gegenüber der europäischen Energieregulierungsbehörde ACER.

Zwischenergebnis

Der hier untersuchte Use Case verfolgt den Zweck/das Ziel, mittels Smart Contracts einen außerbörslichen Großhandel von Strom zu ermöglichen. Über Blockchain wird allerdings nur die Zahlung des Geschäfts abgewickelt, nicht die Erfüllung des eigentlichen Geschäfts.

Die Verordnung REMIT hat dann einen Einfluss auf den Use Case, wenn es sich um Geschäfte mit Energiegroßhandelsprodukten handelt. Die Zuständigkeit für deren Durchsetzung liegt in Deutschland bei der BNetzA. Bei z.B. einem Transfer unter Einbezug eines Dritten sowie bei Vorliegen eines Finanztransfergeschäfts (§ 1 Finanztransfergeschäft), wird durch das ZAG eine weitere Erlaubnispflicht (§ 10 – Erlaubnis für das Erbringen von Zahlungsdiensten) definiert, welche mit einem ebenfalls geringen Einfluss bewertet wird, erforderlich. Generell erfordern die Vorschriften der länderspezifischen Finanzaufsicht eine spezifische Einzelfallprüfung, auf die im Rahmen dieses Gutachtens nicht weiter eingegangen werden kann. Unter Beachtung der – vor allem unionsrechtlichen – Vorschriften für Handel ist der Use Case aber möglich.

Insgesamt bewerten die Gutachter den Einfluss der untersuchten Regulierungsvorgaben auf den Use Case 7 als „gering".

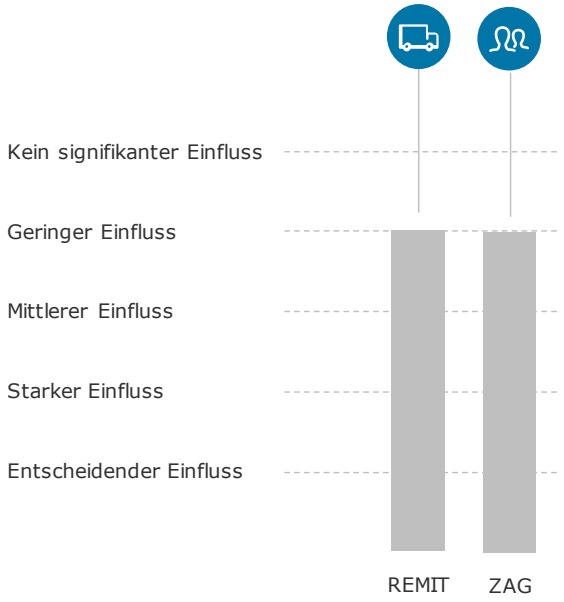


Abbildung 11: Bewertung des regulatorischen Einflusses auf Use Case 7

3.4.2 Use Case 8: P2P-Handel zwischen Kunden eines Stromlieferanten

In Use Case 8 wird Stromhandel zwischen Kunden eines Stromlieferanten über eine Online-Handelsplattform umgesetzt. Der Plattformbetreiber ist zwingend der Stromlieferant für alle Nachfrager. Im Rahmen eines solchen Community-Ansatzes können Stromkunden mit PV-Dachanlagen oder Heimspeichern Strom national mit Nachfragern des Stromlieferanten austauschen. Mit der Blockchain-Technologie wird dabei insbesondere gewährleistet, dass kein Doppelverkauf von Solar- oder Windstrom erfolgt.

Zunächst macht es keinen großen Unterschied, ob Strommengen zwischen zwei externen Marktteilnehmern oder zwischen zwei Kunden eines Stromlieferanten gehandelt werden. Denn gem. § 3 Nr. 18 EnWG ist der „Prosumer" dann sowohl Lieferant als auch EVU im Sinne des EnWG.[187]

Hieraus ergibt sich eine **Meldepflicht** in der (dauerhaften) Haushaltskundenversorgung[188] ggü. der Regulierungsbehörde.[189] Wie sich aus dem Wortlaut schließen lässt, werden jedoch nicht sämtliche Varianten der Legaldefinition in § 5 EnWG als anzeigepflichtige Unternehmen verstanden. Nur die Alt. 1 in § 3 Nr. 18 EnWG, das Energie liefernde Versorgungsunternehmen, ist erfasst. Darunter ist der Energiehändler zu verstehen, der Haushaltskunden beliefert. Energiegroßhändler, die Energie

[187] Dazu zählen natürliche und juristische Personen, die Energie an andere liefern, ein Energieversorgungsnetz betreiben oder an einem Energieversorgungsnetz als Eigentümer Verfügungsbefugnis besitzen.
[188] Hier ist insbesondere die personelle, technische und wirtschaftliche Leistungsfähigkeit zu beachten.
[189] Gem. § 5 EnWG.

kaufen und verkaufen, ohne diese zu übertragen, zu verteilen oder zu erzeugen,[190] sind nicht der Anzeigepflicht unterworfen.[191]

Sog. „Verkaufskommissionäre" i.S.v §§ 381ff HGB wickeln einen Vertrag bzw. hier den Smart Contract zwar im eigenen Namen, nicht jedoch auf eigene Rechnung ab. Fraglich ist, ob sie dennoch der Anzeigepflicht unterliegen. Dafür spricht sich *Salje*[192] aus, der auf das Außenverhältnis abstellt. Danach schlösse der Kunde mit dem Kommissionär den Kaufvertrag über die Energie ab. Nur dieses sei das für die Anzeigepflicht maßgebliche Verhältnis. Dieses Ergebnis steht nach Ansicht von *Theobald* nicht im Einklang mit der Intention des Gesetzgebers. In den Materialien[193] wird ausgeführt, dass die Anzeigepflicht dem Schutz von Haushaltskunden vor Energieversorgern dienen soll, die nicht über die erforderliche Leistungsfähigkeit verfügen. Damit kommt es gerade auch in Use Case 8 nicht auf den nur nach außen hin tätigen Verkaufskommissionär an. Maßgeblich ist der tatsächliche Leistungserbringer, d.h. der liefernde Prosumer. Dieses Ergebnis wird dadurch bestätigt, dass nur der Energielieferant zur Erbringung des Nachweises der Leistungsfähigkeit gem. § 5 S. 3 EnWG in der Lage ist.[194]

Auch müssen vom Prosumer Daten zur Dokumentation der 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 festgehalten** werden. Nach § 4 StromNZV muss der Prosumer einen Bilanzkreisverantwortlichen (BKV) benennen, welcher Meldungen über Lastprognosen an Netzbetreiber macht (das könnte allerdings auch ein Dritter für alle in seinem Bilanzkreis befindlichen Prosumers übernehmen, der dann sowohl Bilanzkreismanagement, die Beschaffung von Ersatz- und Überschussmengen, Prognosen als auch bürokratische Verpflichtungen, wie die Anzeige des Prosumers als EVU, die Zahlung der EEG-Umlage nach § 60 EEG, stromsteuerliche Verpflichtungen etc., erfüllt). Die vertragliche Ausgestaltung des Nutzzugangs muss den Voraussetzungen der §§ 23 ff EnWG entsprechen (StromNZV § 1 Satz 1 regelt dabei die Bedingung für eine Stromeinspeisung). Nach § 41 EnWG existieren Mindestanforderungen an die vertragliche Ausgestaltung von Energielieferverträgen. Verträge über die Lieferung und die Verteilung von Strom sind im Übrigen auch keine Energiegroßhandelsprodukte nach REMIT, außer sie übersteigen die Schwelle für eine Klassifizierung als „Energiegroßhandelsprodukt" nach Art. 2 Abs. 4 REMIT i.V.m. Abs. 5 REMIT. Diese beträgt 600 GWh pro Jahr.

Nach § 5 S. 5 EnWG finden die Sätze 3 und 4 (Anzeige- und Veröffentlichungspflicht) keine Anwendung bei EVUs mit Sitz in einem anderen Mitgliedstaat der EU, wenn das EVU von der zuständigen

[190] Vgl. Salje, EnWG, § 5 Rn. 9.
[191] So Theobald, EnWG § 5 Anzeige der Energiebelieferung, Rn. 13f.
[192] Salje, EnWG, § 5 Rn. 11f.
[193] Vgl. BT-Drs. 15/3917, S. 50.
[194] Vgl. ähnlich Theobald, EnWG § 5 Anzeige der Energiebelieferung, Rn. 15.

Behörde des Herkunftsmitgliedstaats ordnungsgemäß zugelassen wurde.[195] Dies hat zur Folge, dass EVUs bzw. hier Prosumer mit Sitz in einem anderen Mitgliedstaat der Europäischen Union, die deutsche Haushaltskunden beliefern, zwar der Anzeigepflicht und der Veröffentlichungspflicht unterlägen, ohne dass jedoch eine Prüfung der personellen, technischen und wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit bzw. der Zuverlässigkeit nach S. 3 oder eine Untersagung nach S. 4 erfolgen könnte. Vielmehr beschränkt sich die Anzeigepflicht auf eine Mitteilung der Energieversorgung und den Nachweis, dass das EVU bereits in anderen Mitgliedstaaten als Lieferant zugelassen sei.[196]

Die Analyse der regulatorischen Rahmenbedingungen zeigt, dass für Prosumer ein direkter P2P-Handel auf Blockchain-Basis 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. Wird auf einer P2P-Plattform im Übrigen „Graustrom" gehandelt, also keine spezifische Anlage oder eine regionale Verortung ausgewiesen, gelten analog die Regeln für heutige Börsensysteme.

Zwischenergebnis

Ziel/Zweck des Use Case ist es, den Stromhandel zwischen Kunden eines Stromlieferanten oder Bilanzkreisverantwortlichen über eine Online-Plattform umzusetzen. Die Nutzung einer Blockchain soll hier insbesondere eine Doppelvermarktung von Solar- oder Windstrom vermeiden.

Nach EnWG kann jeder Prosumer, sobald er an andere Strom liefert, nicht nur Lieferant, sondern auch Energieversorgungsunternehmen (§ 3 Nr. 18) werden, woraus, wie oben beschrieben, diverse Pflichten resultieren könnten (u.a. § 5 – anzeigepflichtige Unternehmen, § 41 – Energielieferverträge). Da diese den Use Case allerdings nicht verhindern, aber von den Akteuren eines P2P-Handels mittels Blockchain-Technologie berücksichtigt und erfüllt werden müssen, ist das EnWG mit einem „mittleren" Einfluss zu bewerten.

Sowohl die StromNZV als auch das EEG haben aus Sicht der Gutachter keinen relevanten und damit keinen signifikanten Einfluss auf den Use Case. Auch Art. 2 REMIT beeinflusst den Use Case grundsätzlich nicht, es sei denn, die Verträge regelten ein „Energiegroßhandelsprodukt" (> 600 GWh/a), weswegen die Verordnung zumindest mit einem „geringen" Einfluss klassifiziert wird.

[195] Eine Nichtanwendbarkeit des § 5 S. 3 und 4 EnWG geht zurück auf die Umsetzung des Art. 3 Abs. 4 StromRL 2009. Danach sollen durch die nationalen Verwaltungsverfahren keine Versorgungsunternehmen diskriminiert werden, die bereits in einem anderen Mitgliedstaat als Lieferant zugelassen sind. Vgl weiterführend zur Doppelkontrolle: Theobald, EnWG § 5 Anzeige der Energiebelieferung, Rn. 39.
[196] Vgl. Theobald, EnWG § 5 Anzeige der Energiebelieferung, Rn. 37f, mit Verweis auf Säcker, EnWG, § 5 Rn. 52.

Insgesamt bewerten die Gutachter den Einfluss der untersuchten Regulierungsvorgaben auf den Use Case 8 als „gering".

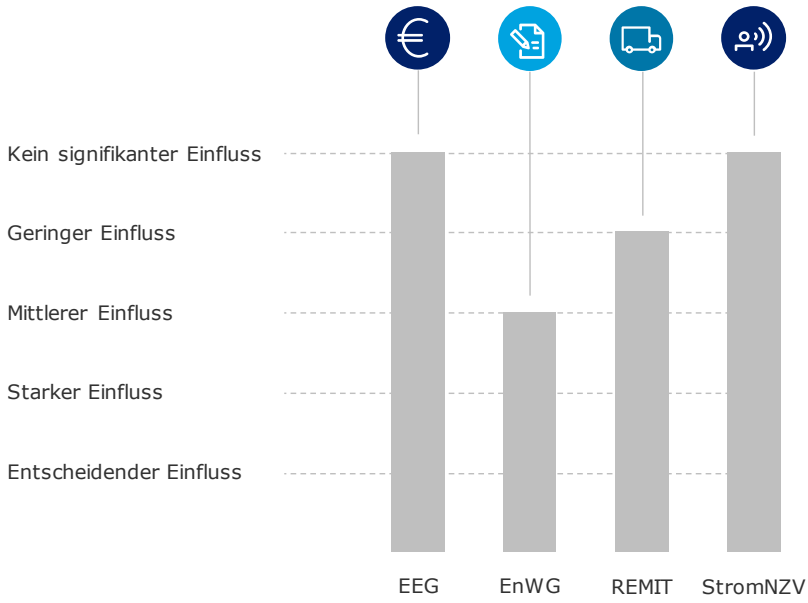


Abbildung 12: Bewertung des regulatorischen Einflusses auf Use Case 8

3.4.3 Use Case 9: Handel und Allokation von Netzkapazitäten (Strom)

Der Prozess beschreibt eine blockchainbasierte, vollautomatisierte Interaktion zwischen Netzbetreiber und Prosumer für einen „Verteilnetzmarkt". Hier stellt sich zunächst die Frage, ob eine dynamische Netznutzungsgebühr auf der Basis von Auslastungsprognosen vom bestehenden regulatorischen Rahmen gedeckt ist.

Die Reform des deutschen Energierechts im Jahre 2005 beruhte – ebenso wie die erste Liberalisierungswelle des Energierechts aus dem Jahr 1998 – zu einem erheblichen Teil auf unionsrechtlichen Vorgaben. Im Hinblick auf die Regulierung des Stromnetzzugangs hatte der europäische Gesetzgeber vorgegeben, dass die Regulierungsbehörden zumindest die Methoden zur Berechnung oder Festlegung der Bedingungen für den Netzanschluss, den Netzzugang und für die Erbringung von Ausgleichsleistungen festzulegen oder zu genehmigen haben.[197]

Die Zugangsbedingungen sollten dabei ausdrücklich auch die Tarife für die Übertragung und die Verteilung umfassen. Zum Inhalt der Zugangsbedingungen einschließlich der Methoden für die Be-

[197] Vgl. Art. 20 Abs. 1 Satz 2, Art. 23 Abs. 2 StromRL und Missling, in Danner/Theobald, Energierecht, Rn. 15.

stimmung der Netznutzungsentgelte enthielt die Richtlinie allerdings keine Vorgaben. Unionsrechtlich war also vor allem das „ob" der Entgeltregulierung vorgegeben, während das „wie" weitgehend in die Hände der Mitgliedstaaten gelegt wurde. [198] Die Netzentgeltsystematik folgt in Deutschland der Stromnetzentgeltverordnung (StromNEV) in Verbindung mit der Anreizregulierung. Letztere setzt eine netzbetreiberspezifische Erlösobergrenze für eine Regulierungsperiode von fünf Jahren, die dann auf die einzelnen Netznutzer heruntergebrochen wird. Der beschriebene Prozess setzt zunächst eine massive Änderung (an Auslastungsprognosen – also an Engpässe – gekoppelte, dynamische Netzentgelte) des Regulierungsrahmens voraus.

In Verbindung mit der sog. Zählerstandsgangmessung[199] wird die Basis für dynamische und variable Tarifierungen ermöglicht. Der Anschlussnutzer würde durch sein iMSys in die Lage versetzt, seinen Strombezug an Preissignale zu knüpfen. Er kann mehr beziehen, wenn der Preis niedrig ist und den Bezug verringern, wenn der Preis hoch ist.[200] Diesem Grundprinzip folgt der Use Case auch, nur in Bezug auf die Interaktion zwischen Netzbetreiber und Verbraucher.

Die Bundesnetzagentur lehnt seit 2015 die Einführung engpassorientierter variabler Netzentgelte ab. Eine engpassorientierte Bepreisung von überlasteten Netzabschnitten sei *„in vermaschten Elektrizitätsnetzen kaum praktikabel*". Anders als bei Staus auf Straßenverkehrswegen könne ein *„Elektrostau*" nicht in Kauf genommen werden, *„um dem Ausbau der Infrastruktur zu entgehen*".[201] Hier muss man allerdings die berechtigte Frage stellen, ob das tatsächlich der politische Wille ist, wenn man an die Gesetzesbegründung z.B. des MsbG denkt. Aus regulatorischer Sicht ist beim beschriebenen Prozess zudem eine wichtige Frage die, ob man rechtlich einen regionalen Verteilnetzmarkt im bestehenden System abbilden kann. Als Basis hierfür könnte man vielleicht Vertragsanforderungen aus dem System einer ÜNB-Regelzone übertragen. Denn die Anspruchsgrundlagen für eine monetäre Abwicklung über den VNB sind wiederum ähnlich zu Use Case 1.

Zwischenergebnis

Ziel/Zweck dieses Use Case ist es, mit einer dynamischen Netznutzungsgebühr lokale Stromverbraucher bzw. -erzeuger zu einem netzdienlicheren Verhalten anzureizen. Mittels Smart Contracts kann die Abwicklung der Interaktion automatisiert zwischen sog. Softwareagenten des Verteilnetzbetreibers und den Prosumern stattfinden; Blockchain dient als Dokumentations-Tool für die Transaktionen.

Die BNetzA lehnt bisher variable Netzentgelte eher ab. Sie ermittelt das Entgelt für den Netzzugang als transaktionsunabhängiges Punktmodell (§ 15 – Grundsätze Entgeltermittlung). Diese sind bei

[198] Vgl. Art. 20 Abs. 1 Satz 2, Art. 23 Abs. 2 StromRL und Missling, in Danner/Theobald, Energierecht, Rn. 16.
[199] Die Zählerstandsgangmessung beinhaltet nach § 2 S. 1 Nr. 27 MsbG die Messung einer Reihe viertelstündig ermittelter Zählerstände. Im Gegensatz zur jährlichen Ablesung des Zählerstandes bei der Abrechnung von Standardlastprofilkunden kann so eine zeitlich differenzierte Abrechnung erfolgen.
[200] Vgl. Lüdemann et al., S. 340.
[201] Vgl. Bundesnetzagentur, Bericht Netzentgeltsystematik Elektrizität, S. 67ff.

einer Anpassung der festgelegten Erlösobergrenzen (§ 32 Abs. 1 Nr. 1 ARegV) ebenfalls anzupassen (z.B. durch eine Reduktion). Für die Berechnung der Erlösobergrenzen ist die StromNEV (§ 21 – Netzentgeltbildung bei Anreizregulierung) zu beachten. Da eine dynamische Netznutzungsgebühr essentieller Bestandteil dieses Use Case, aber sowohl mit der ARegV als auch mit der StromNEV nicht zu vereinbaren ist und diese daher erheblich geändert werden müssten, werden beide Verordnungen mit einem „starken" Einfluss bewertet.

Mit einem intelligenten Messsystem wären aus technischer Sicht und aus Sicht des MsbG (§ 2 – Zählerstandsgangmessung) auch regulatorisch variable Netzentgelte möglich. Trotzdem hat das MsbG allerdings keinen signifikanten Einfluss auf diesen Use Case 9.

Insgesamt bewerten die Gutachter den Einfluss der untersuchten Regulierungsvorgaben auf den Use Case 9 als „mittel" bis „stark".

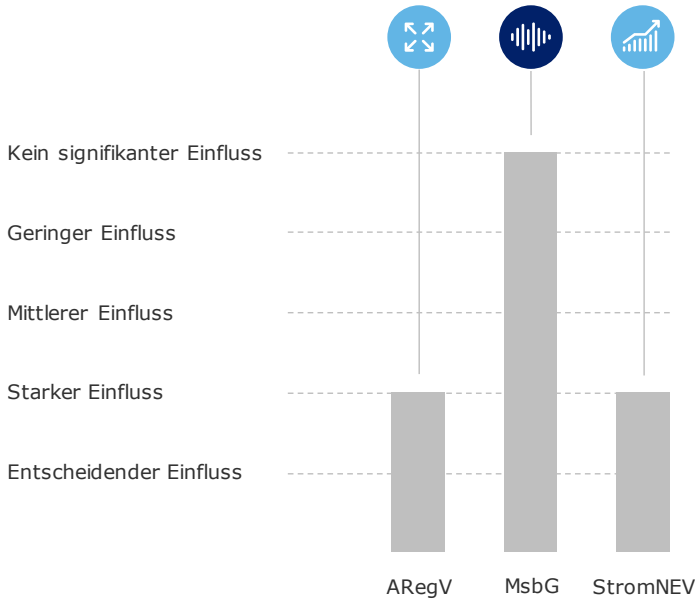


Abbildung 13: Bewertung des regulatorischen Einflusses auf Use Case 9

3.4.4 Use Case 10: Mieterstrom

Am 25.07.2017 trat das Mieterstromgesetz in Kraft. Anders als beim regulären Strombezug aus dem Netz entfallen beim Mieterstrom einige Kostenbestandteile wie Netzentgelte, netzseitige Umlagen, Stromsteuer und Konzessionsabgaben. Zusätzlich gibt es eine Förderung für jede Kilowattstunde Mieterstrom, den sogenannten Mieterstromzuschlag. Seit dem 09.09.2017 können Anträge bei der BNetzA gestellt werden. Der beschriebene Prozess stellt ein Zusammenwirken der Mieter innerhalb einer Kundenanlage „hinter dem Zähler" dar, welches allerdings in einer Abrechnung „vor

dem Zähler" mündet. Insofern muss auch innerhalb der Kundenanlage ein geeignetes Messkonzept (Summenzählermodell vs. Sammelschienenmodell) existieren. Denn sobald auch nur ein Mieter (das darf er gem. MsbG) einen anderen Messstellenbetreiber bzw. Stromlieferanten wählt, müssen auch innerhalb der Kundenanlage die Marktregeln für die kleinste Einheit beachtet werden. Das Messkonzept muss dem verantwortlichen Netzbetreiber bzw. grundzuständigen Messstellenbetreiber eine Zuordnung sämtlicher Zähler innerhalb der Kundenanlage zu den belieferten Netznutzern und eine automatisierte Abwicklung der Geschäftsprozesse zur Kundenbelieferung mit Elektrizität (GPKE) ermöglichen und die messtechnischen Einrichtungen den Vorgaben des MsbG bzw. der Eichgesetze genügen. Unabhängig von der verwendeten Technologie (in diesem Fall Blockchain) ist die Lieferung von Mieterstrom mit einer Reihe von weiteren Rechtspflichten nach dem EnWG verbunden. In der Gesamtschau stellen diese Pflichten für EVUs bzw. Stromlieferanten erhebliche Anforderungen an die Verträge, Rechnungen und Werbematerial für Letztverbraucher.

Liefert ein Erzeuger (oder Direktvermarkter) Strom z.B. direkt an einen Letztverbraucher, so greifen im Rahmen von EnWG und EEG zusätzliche Pflichten, da der Erzeuger bzw. Direktvermarkter hierdurch gleichzeitig zum Versorger[202] wird.[203] Betroffen sind insoweit etwa Pflichten im Rahmen der Rechnungsstellung[204], zur Stromkennzeichnung[205] sowie zur Abführung der EEG-Umlage an die ÜNB[206]. Es kommt insoweit auch nicht darauf an, ob die Lieferung über die Stromnetze erfolgt oder nicht.[207] Der Abnehmer des Stromes ist als Letztverbraucher einzuordnen, soweit er den Strom für den eigenen Verbrauch kauft bzw. verbraucht.[208] Liefert der Erzeuger dem Abnehmer mehr Strom als benötigt, kann dieser den Strom als Überschussmenge weiterverkaufen und wird dann, bezogen auf diese Strommengen und bei Weiterlieferung an Letztverbraucher, auch selbst zum Versorger – mit den genannten zusätzlichen Pflichten. Für Unterdeckungen mit Strom – also soweit der vom Erzeuger gelieferte Strom nicht ausreicht – kann und sollte der Stromabnehmer neben dem PPA einen klassischen Stromliefervertrag mit einem Dritten schließen. Nach Ansicht von *Hilpert* geht es dabei um eine Frage der Risikoverteilung zwischen den Vertragspartnern. Es kann alternativ auch geregelt werden, dass der Erzeuger genau die gerade nachgefragte oder eine bestimmte, im PPA

---

[202] Die Begrifflichkeiten hierzu sind in EnWG und EEG nicht konsistent geregelt. Nach Hilpert, S. 10, kommt es aber jedenfalls für zusätzliche Pflichten entscheidend darauf an, dass Strom an einen Letztverbraucher geliefert wird.
[203] Vgl. die regulatorischen Ausführungen zu Use Case 8 sowie Hilpert, Rechtliche Bewertung von Power Purchase Agreements (PPAs) mit erneuerbaren Energien, S. 10 mit Verweis auf M. Uibeleisen/S. Groneberg, Erneuerbare-Energien-Anlagen außerhalb des EEG-Förderrahmens, RdE 2018, S. 118; bzw. für Corporate-PPAs: DFBEW, Corporate Power Purchase Agreements (Corporate PPAs) für erneuerbare Energien in Deutschland und Frankreich, 2018, S. 16.
[204] Gem. § 40 EnWG.
[205] Gem. § 42 EnWG.
[206] Gem. § 60 Abs. 1 S. 1 EEG 2017.
[207] Vgl. Hilpert, Rechtliche Bewertung von Power Purchase Agreements (PPAs) mit erneuerbaren Energien, S. 10 mit Verweis auf H. Schumacher, in: Säcker, Berliner Kommentar zum Energierecht, Band 6 – EEG/WindSeeG, 4. Aufl. 2018, § 3 EEG Rn. 104.
[208] Vgl. Hilpert, Rechtliche Bewertung von Power Purchase Agreements (PPAs) mit erneuerbaren Energien, S. 10 mit Verweis §§ 3 Nr. 25 EnWG, 3 Nr. 33 EEG 2017 und als Quelle Uibeleisen/Groneberg, Erneuerbare-Energien-Anlagen außerhalb des EEG-Förderrahmens, RdE 2018, S. 118.

festgesetzte Strommenge schuldet und somit für Fehlmengen und Überschussvermarktung selbst verantwortlich ist.[209]

Für die Stromlieferungen im Rahmen eines „on-site PPAs" entfallen mangels Netznutzung die Netzentgelte sowie alle weiteren netzentgeltbezogenen Preisbestandteile[210] einschließlich der Konzessionsabgabe. Hierbei handelt es sich aber nicht um eine Besonderheit von PPAs, sondern entspricht der generellen Rechtslage, wenn Letztverbraucher Strom über eine Direktleitung außerhalb des Stromnetzes der allgemeinen Versorgung beziehen.[211] Die EEG-Umlage ist dagegen durch das EVU des belieferten Letztverbrauchers an den Übertragungsnetzbetreiber zu zahlen[212] und kann vertraglich auf den Verbraucher abgewälzt werden. Die Zahlungspflicht zur EEG-Umlage bzw. deren Höhe richtet sich jedoch auch danach, ob der belieferte Stromverbraucher Privilegierungen, etwa als stromkostenintensives Unternehmen[213], geltend machen kann. Eigenversorgungsprivilegierungen scheiden hier nach Ansicht von *Hilpert* jedoch – auch bezogen auf die Stromsteuerpflicht – aus, da diese eine Personenidentität zwischen Erzeuger und Verbraucher voraussetzen würden,[214] die bei einem PPA gerade nicht gegeben sei.[215] Eine Befreiung von der Stromsteuer könnte sich allerdings aus § 9 Abs. 1 Nr. 1 StromStG (EE-Strom aus reiner EE-Leitung) oder auch § 9 Abs. 1 Nr. 3 lit. b StromStG ergeben, wenn die elektrische Nennleistung der Erzeugungsanlage(-n) maximal zwei Megawatt betragen würde.[216] Dies wäre allerdings für jedes konkrete Mieterstrommodell auf Blockchain-Basis gesondert und ausführlicher zu untersuchen.

Hervorzuheben sind für diesen Use Case insbesondere noch die folgenden Anforderungen, die wegen ihres Erfüllungsaufwandes ein Hindernis für die Umsetzung von Mieterstrommodellen auf Blockchain-Basis darstellen könnten: Nach § 5 Satz 1 EnWG müssten EVUs, die Haushaltskunden mit Energie beliefern, die Aufnahme und Beendigung der Tätigkeit sowie Änderungen ihrer Firma bei der Regulierungsbehörde unverzüglich anzeigen, sofern die Belieferung nicht ausschließlich innerhalb einer Kundenanlage oder eines geschlossenen Verteilernetzes erfolgt. Soweit Mieterstrom – was in aller Regel der Fall ist – innerhalb einer Kundenanlage erzeugt und verbraucht wird, gilt diese Anzeigepflicht für Mieterstromlieferanten daher nicht. Sie greift aber in Fällen, in denen

---

[209] Ähnlich Hilpert, Rechtliche Bewertung von Power Purchase Agreements (PPAs) mit erneuerbaren Energien, S. 10.
[210] KWK-Umlage, Offshore-Umlage, StromNEV-Umlage und AbLaV-Umlage. (Abzuleiten aus: § 26 Abs. 1 KWKG (KWK-Umlage), § 17f EnWG (Offshore-Umlage), § 19 Abs. 2 S. 15 StromNEV (StromNEV-Umlage), § 18 Abs. 1 AbLaV (AbLaV-Umlage)).
[211] Vgl. Fraunhofer-ISI/Stiftung Umweltenergierecht, Anforderungen der Integration der erneuerbaren Energien an die Netzentgeltregulierung – Vorschläge zur Weiterentwicklung des Netzentgeltsystems, Studie für das Umweltbundesamt, 2016, S. 61 und Hilpert, Rechtliche Bewertung von Power Purchase Agreements (PPAs) mit erneuerbaren Energien, S. 11.
[212] Gem. § 60 Abs. 1 S. 1 EEG 2017.
[213] Gem. §§ 63 ff. EEG 2017.
[214] Vgl. § 3 Nr. 19 EEG 2017, § 9 Abs. 1 Nr. 3 lit. a StromStG.
[215] Vgl. Hilpert, Rechtliche Bewertung von Power Purchase Agreements (PPAs) mit erneuerbaren Energien, S. 11. Nach Ansicht von Hilpert könne bei Personenidentität dagegen kein PPA vorliegen, da hierzu zwingend zwei Vertragsparteien erforderlich sind.
[216] Vgl. ebenda, mit der Anmerkung, dass dann die näheren Vorgaben des § 12b StromStV sowie § 53c EEG 2017 zu beachten seien. Zudem ist darauf hinzuweisen, dass hier in Kürze mit einer Novellierung der genannten Vorschriften zu rechnen ist. Insbesondere die Privilegierung aus § 9 Abs. 1 Nr. 1 StromStG („EE-Strom aus reiner EE-Leitung") dürfte insoweit einer umfassenden Novellierung unterzogen werden.

Deloitte.

Strom aus der Stromerzeugungsanlage zumindest teilweise auch über ein Netz der allgemeinen Versorgung an Letztverbraucher geliefert wird.[217]

Rechnungen für Energielieferungen an Letztverbraucher müssen dann bestimmte Anforderungen erfüllen.[218] Dies gilt auch bei einer Belieferung von Letztverbrauchern innerhalb einer Kundenanlage ohne Nutzung des Netzes der allgemeinen Versorgung. So müssen derartige Rechnungen einfach und verständlich sein.[219] Zudem müssen die Rechnungen eine (nicht unerhebliche) Reihe von Informationen enthalten,[220] darunter einen Verbrauchsvergleich zum Vorjahr,[221] einen (grafischen) Vergleich zum Jahresverbrauch von Vergleichskundengruppen,[222] die Belastungen aus der Konzessionsabgabe und aus den Netzentgelten für Letztverbraucher[223] sowie Informationen über die Rechte der Haushaltskunden im Hinblick auf Streitbeilegungsverfahren.[224] Die Erfüllung dieser Pflichten bedingt ein erhebliches energiewirtschaftliches Knowhow und Investitionen in IT-Systeme, die private oder gewerbliche Vermieter von Immobilien andernfalls nicht benötigten. Verträge über die Energiebelieferung von Haushaltskunden müssen eine Reihe von Vorgaben[225] einhalten. [226]

Insbesondere sind umfangreiche Aufklärungs- und Warnpflichten im Interesse des Verbraucherschutzes zu erfüllen[227] und verschiedene Zahlungsmöglichkeiten anzubieten.[228] Auch diese Vorschriften gelten bei einer Belieferung innerhalb einer Kundenanlage uneingeschränkt. Zudem müssen EVUs bestimmte Informationen über die von ihnen verwendeten Energieträger bereitstellen und um Angaben zu den entsprechenden Durchschnittswerten der Stromerzeugung in Deutschland ergänzen.[229] Von besonderer Bedeutung für die Erfüllung der gesetzlichen Anforderungen an die Stromkennzeichnung ist der Ausweis der Strombestandteile, wobei für Strom aus erneuerbaren Energieträgern, der nicht (mehr) nach dem EEG gefördert wird, grundsätzlich Herkunftsnachweise aus dem Herkunftsnachweisregister beim UBA zu verwenden sind.[230] Der Bezug und die Entwertung derartiger Herkunftsnachweise setzt nach derzeitiger Rechtslage wiederum eine Registrierung der Erzeugungsanlagen beim Herkunftsnachweisregister entsprechend den Vorgaben der HkRNDV voraus.[231]

---

[217] So auch Koepp et al., Rechtliche Einordnung, Organisationsformen, Potenziale und Wirtschaftlichkeit von Mieterstrommodellen (MSM), S. 26f.
[218] Gem. § 40 EnWG.
[219] Gem. § 40 Abs. 1 Satz 1 EnWG.
[220] Gem. § 40 Abs. 2 EnWG.
[221] Gem. § 40 Abs. 2 Nr. 5 EnWG.
[222] Gem. § 40 Abs. 2 Nr. 6 EnWG.
[223] Gem. § 40 Abs. 2 Nr. 7 EnWG.
[224] Gem. § 40 Abs. 2 Nr. 8 EnWG.
[225] Gem. § 41 EnWG.
[226] Vgl. Koepp et al., Rechtliche Einordnung, Organisationsformen, Potenziale und Wirtschaftlichkeit von Mieterstrommodellen (MSM), S. 27.
[227] Vgl. insbesondere § 41 Abs. 1, 3 und 4 EnWG.
[228] Gem. § 41 Abs. 2 EnWG.
[229] Gem. § 42 Abs. 1 EnWG (Stromkennzeichnung). Diese Informationen sind verbraucherfreundlich und in angemessener Größe in grafisch visualisierter Form in den Rechnungen an Letztverbraucher, in Werbematerial und auf der Website darzustellen (§ 42 Abs. 2 EnWG).
[230] Gem. § 42 Abs. 5 EnWG. Vgl. hierzu ausführlich die regulatorischen Ausführungen zu Use Cases 3 und 4.
[231] Vgl. Koepp et al., Rechtliche Einordnung, Organisationsformen, Potenziale und Wirtschaftlichkeit von Mieterstrommodellen (MSM), S. 27 und vor allem auch ausführlich die regulatorischen Ausführungen zu den Use Cases 3 und 4 dieses Gutachtens.

Ein bestimmendes Merkmal von Mieterstrommodellen ist nach Ansicht von *Koepp et al.*, dass die unterbrechungsfreie Versorgung der Letztverbraucher durch die Belieferung mit Reserve- und Zusatzstrom sichergestellt wird. Der Reserve- und Zusatzstrom wird in der Regel ebenfalls von dem Mieterstromlieferanten geliefert, denkbar ist aber auch Belieferung durch einen beliebigen Stromlieferanten nach Wahl des Mieters.[232]

Die Belieferung mit Reserve- und Zusatzstrom bedingt, dass die an die jeweiligen Mieter gelieferten Strommengen aus der Erzeugungsanlage des Mieterstromlieferanten und aus dem Netz der allgemeinen Versorgung verbraucherscharf erfasst und abgegrenzt werden können. Da der Strom bei Mieterstrommodellen in der Regel nicht durch das Netz der allgemeinen Versorgung geleitet wird, müssen die erforderlichen Messeinrichtungen innerhalb der Kundenanlage (hinter dem Netzanschluss) geschaffen werden. Die Anforderungen an die messtechnische Erfassung des Mieterstroms und der Belieferung durch Dritte steigen zusätzlich, wenn nicht sämtliche Mieter einer Liegenschaft die Belieferung mit Mieterstrom in Anspruch nehmen oder unterschiedliche Drittlieferanten beauftragen. Der Betreiber der Kundenanlage ist verpflichtet, die messtechnischen Voraussetzungen für die Erfassung und Abrechnung der jeweils gelieferten Mengen zu schaffen und an der energiewirtschaftlichen Marktkommunikation mit allen beteiligten Unternehmen (insbesondere Netzbetreiber und Drittlieferanten) teilzunehmen. Wenngleich in der Rechtsprechung nicht abschließend geklärt ist, ob der Betreiber einer Kundenanlage für Messstellenbetrieb und Messung der Stromerzeugung und des Stromverbrauchs in der Kundenanlage zuständig ist, gehen die VNBs unter Berufung auf einen entsprechenden Beschluss des OLG Düsseldorf[233] in der Praxis davon aus, dass der Betreiber der Kundenanlage die notwendigen nachgelagerten Zählpunkte und den Zugang zu diesen zwecks Belieferung der Letztverbraucher bereitzustellen, zu betreiben und zu verwalten hat.[234]

In rechtlicher Hinsicht hat das Messkonzept bei Mieterstromversorgung innerhalb einer Kundenanlage insbesondere die folgenden Anforderungen zu erfüllen:[235]

- Kundenanlagen müssen jedermann zum Zwecke der Belieferung der angeschlossenen Letztverbraucher im Wege der Durchleitung unabhängig von der Wahl des Energielieferanten diskriminierungsfrei und unentgeltlich zur Verfügung gestellt werden.[236] Der Vermieter, der Betreiber einer Kundenanlage ist, kann Mieter somit nicht rechtswirksam zur Teilnahme an einer Mieterstromversorgung vertraglich verpflichten oder ihnen die Nutzung eines bestimmten Stromlieferanten vorschreiben.[237]

---

[232] Vgl. ebenda, S. 28f.
[233] Siehe OLG Düsseldorf vom 06.01.2013(Az. VI-3 Kart 163/11 (V)).
[234] Vgl. Koepp et al., Rechtliche Einordnung, Organisationsformen, Potenziale und Wirtschaftlichkeit von Mieterstrommodellen (MSM), S. 29.
[235] Nach Koepp et al., Rechtliche Einordnung, Organisationsformen, Potenziale und Wirtschaftlichkeit von Mieterstrommodellen (MSM), S. 29.
[236] Gem. § 3 Nr. 24a lit. d EnWG.
[237] Vgl. Koepp et al., Rechtliche Einordnung, Organisationsformen, Potenziale und Wirtschaftlichkeit von Mieterstrommodellen (MSM), S. 29.

- Das Messkonzept muss dem verantwortlichen Netzbetreiber bzw. Messstellenbetreiber eine Zuordnung sämtlicher Zähler innerhalb der Kundenanlage zu den belieferten Netznutzern und eine automatisierte Abwicklung der Geschäftsprozesse zur Kundenbelieferung mit Elektrizität (GPKE[238]) ermöglichen.[239]
- Die messtechnischen Anlagen müssen den Vorschriften des Mess- und Eichgesetzes und zusätzlich den Anforderungen des § 21e Abs. 2-4 EnWG genügen.[240]

In ihrer Eigenschaft als EVU sind „Mieterstromlieferanten" verpflichtet[241], dem jeweiligen regelverantwortlichen ÜNB unverzüglich die an Letztverbraucher gelieferte Energiemenge elektronisch mitzuteilen und bis zum 31.05. die Endabrechnung für das Vorjahr vorzulegen. Die ÜNBs halten hierfür ein elektronisches Meldeportal bereit.[242]

Nach Ansicht von *Koepp et al.* werden in der Praxis eines Mieterstrommodells durchaus REMIT-Meldepflichten für die Lieferanten von Mieterstrom (Vermieter, Dienstleister oder Contractor), wenn sie neben dem Vertrieb des Stroms aus der dezentralen EE-Anlage an die Mieter auch deren Versorgung mit Zusatz-und Reservestrom übernehmen, relevant. Dann muss sich der Lieferant von Mieterstrom den Zusatz-und Reservestrom am Strommarkt beschaffen. Die Verträge, die er für diese Beschaffung mit Vorlieferanten abschließt, sind gemäß REMIT meldepflichtig. Damit einher gehen Kosten für die Registrierung als meldepflichtiger Marktteilnehmer bei der europäischen Regulierungsbehörde ACER und weiterer Aufwand für die Übermittlung der Meldungen an die Markttransparenzstelle.[243]

Zwischenergebnis

Der untersuchte Use Case verfolgt das Ziel/den Zweck den Verbrauch lokal erzeugter Stromressourcen zu optimieren, indem die Blockchain-Technologie durch Aufschlüsselung der Stromflüsse in IT-Echtzeit ermöglicht, den komplexen Abrechnungsaufwand zwischen den Akteuren (Mieter, Stromlieferant, Anlagenbesitzer, Netz-/Messstellenbetreiber) zu minimieren.

Sollte in der Kundenanlage des hier dargestellten Use Case 10 kein Smart Meter Gateway vorhanden sein (oder daran für jeden Mieter keine modernen Messeinrichtungen angeschlossen sein), ist

[238] Vgl. Bundesnetzagentur, Festlegung BK6-06-009 vom 11.07.2006 (GPKE) in der Fassung der letzten Änderung durch den Beschluss BK6-11-150 vom 28.10.2011, die am 01.12.2019 durch die Anlage 1 des Beschlusses BK6-18-032 ersetzt wird, und ausführlich die regulatorischen Ausführungen zu Use Case 6.
[239] Vgl. Koepp et al., Rechtliche Einordnung, Organisationsformen, Potenziale und Wirtschaftlichkeit von Mieterstrommodellen (MSM), S. 29.
[240] Vgl. ebenda.
[241] Im Sinne des § 5 Nr. 13 EEG 2014 bzw. § 3 Nr. 20 EEG 2017
[242] Vgl. Koepp et al., Rechtliche Einordnung, Organisationsformen, Potenziale und Wirtschaftlichkeit von Mieterstrommodellen (MSM), S. 32.
[243] Vgl. Koepp et al., Rechtliche Einordnung, Organisationsformen, Potenziale und Wirtschaftlichkeit von Mieterstrommodellen (MSM), S. 33.

für diverse Verpflichtungen zumindest ein Messkonzept erforderlich. Insofern sind Anforderungen aus dem Messwesen mit einem zumindest „geringen" Einfluss zu werten.

Liefert ein Erzeuger (oder Direktvermarkter) Strom z.B. direkt an einen anderen Letztverbraucher, so wird dieser zum Versorger, was diverse zusätzliche Pflichten mit sich bringt (u.a. § 5 – Anzeige der Energiebelieferung). Diese Pflichten verhindern den Use Case nicht, müssen aber von den oben genannten Akteuren berücksichtigt und erfüllt werden. Deshalb ist aufgrund der Fülle an Voraussetzungen das EnWG mit einem „mittleren" Einfluss zu werten und entsprechend zu gewichten.

Unabhängig von Blockchain wird der Eigenverbrauch im EEG privilegiert. Neben potenziell entstehenden Informationspflichten ergibt sich für den Use Case kein wirklich signifikanter Einfluss. In Verbindung mit dem erforderlichen Messkonzept hat die Marktkommunikation (Geschäftsprozesse nach GPKE) einen „geringen" Einfluss auf die Ausgestaltung des Use Case.

Insgesamt bewerten die Gutachter den Einfluss der untersuchten Regulierungsvorgaben auf den Use Case 10 als „gering".

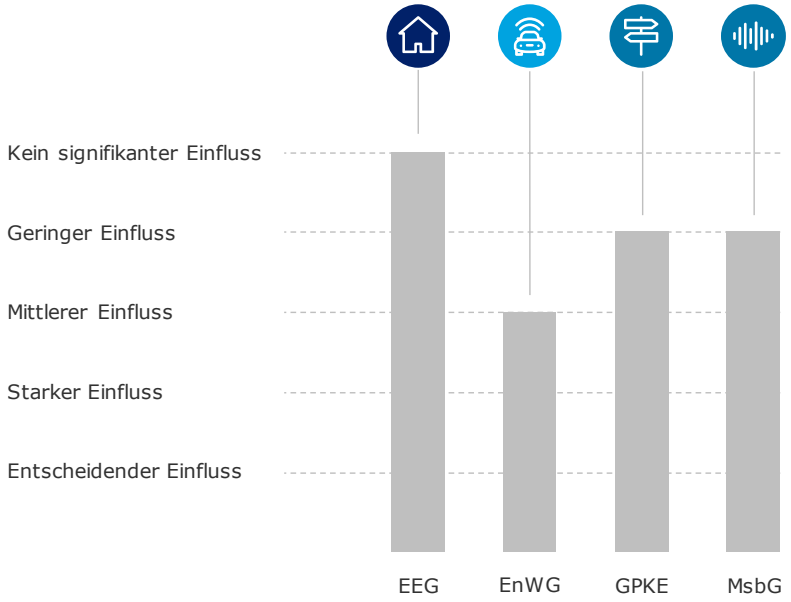


Abbildung 14: Bewertung des regulatorischen Einflusses auf Use Case 10

3.5 Finanzierung & Tokenization

3.5.1 Use Case 11: Shared Investments bei externem Mieterstrom

Wesentlich für den hier dargestellten Prozess sind aus gutachterlicher Sicht (neben der bereits mehrfach diskutierten Beachtung von Marktregeln, Messvorschriften und Anspruchsgrundlagen für Abrechnungen) die über sog. „Tokens" abgebildeten Eigentumsrechte mehrerer Eigentümer an verteiltem Eigentum an EE-Anlagen.

So schreibt die BaFin, dass abhängig von der Rechtsposition, die diese Tokens vermitteln, *„es sich (…) um Wertpapiere im Sinne des § 2 Abs. 1 WpHG handeln* (könnte)." [244] Denn entgegen dem Wortlaut stelle schon die gesetzliche Definition klar, „dass es auf Papier nicht ankommt" bzw. im Wortlaut „(…) auch wenn keine Urkunden über sie ausgestellt sind (…)" [245].

Ausreichend sei auch nach Ansicht der BaFin, dass Transaktionen anhand der Distributed Ledger- oder Blockchain-Technologie so dokumentiert werden können, dass die in den Token verkörperten Rechte eindeutig einer Adresse (nicht zwingend einem Namen) zugeordnet werden können: [246]

„Wertpapiere im Sinne des Wertpapierhandelsgesetzes sind, auch wenn keine Urkunden über sie ausgestellt sind, alle Gattungen von übertragbaren Wertpapieren mit Ausnahme von Zahlungsinstrumenten, die ihrer Art nach auf den Finanzmärkten handelbar sind, insbesondere Aktien, andere Anteile an in- oder ausländischen juristischen Personen, Personengesellschaften und sonstigen Unternehmen, soweit sie Aktien vergleichbar sind, sowie Hinterlegungsscheine, die Aktien vertreten, Schuldtitel, […]". Diese Definition setzt den Wertpapierbegriff gemäß Art. 4 Abs. 1 Nr. 44 MiFID II[247] in nationales Recht um. Darauf aufbauend müssen die Kriterien Übertragbarkeit[248], Handelbarkeit[249] des Tokens *„seiner Art nach*" auf den Finanzmärkten, Verkörperung von mitgliedschaftlichen Beteiligungs- oder schuldrechtlichen Vermögensrechten im Token, keine Einordnung des Token als

[244] Fußwinkel/Kreiterling, Blockchain-Technologie – Gedanken zur Regulierung, BaFin 2018.
[245] Vgl. § 2 WpHG.
[246] Fußwinkel/Kreiterling, Blockchain-Technologie – Gedanken zur Regulierung, BaFin 2018.
[247] Zum 03.01.2018 wurde die Richtlinie 2004/39/EG (MiFID I) durch die Richtlinie 2014/65/EU (MiFID II), ABl. L 173/349, ersetzt.
[248] Nach Ansicht der BaFin setze die Übertragbarkeit der Token voraus, dass der Token in technischer Hinsicht überhaupt auf andere Nutzer übertragen werden könne. Dabei muss der Token *„seiner Gattung nach*" übertragbar sein, also bei Übertragung auf Dritte in seinem wesentlichen rechtlichen Gehalt bzw. seinem technischen Wesen nach unverändert bleiben. Was gegen eine gattungsmäßige Übertragbarkeit im Sinne der Wertpapiereigenschaft sprechen kann, sind Beschränkungen bei der Zahl möglicher Übertragungen und die Übertragung nur durch bestimmte, insoweit privilegierte Nutzer.
[249] Für die Handelbarkeit der Token sei die *„gattungsmäßige Standardisierung*" entscheidend. Verkörpern Token jeweils individuell unterschiedliche Rechte, mögen die Token übertragbar sein, ihre Handelbarkeit hingegen ist dann in der Regel nicht gegeben. Tokens müssen im Geschäftsverkehr nach Art und Zahl bestimmbar, also vertretbar sein. Die Verwahrfähigkeit der Token ist dagegen, ausgehend vom Wortlaut der Norm, keine Voraussetzung für ihre Handelbarkeit. Die Handelbarkeit muss auf Finanzmärkten gegeben sein. Dabei reiche die Möglichkeit des Handels aus, ein tatsächlicher Handel ist nicht erforderlich. Zentral wie dezentral organisierte Krypto-Token-Handelsplattformen sind hierfür grundsätzlich als Finanzmärkte anzusehen.

reines Zahlungsinstrument kumulativ erfüllt sein. [250] Wenn die Tokens im Use Case 11 beispielsweise nicht handelbar sind, wären sie nach Einschätzung der Gutachter nicht als Wertpapier im Sinne des WpHG einzuordnen.

Über weitere Voraussetzungen in Bezug auf Tokens hat die BaFin die Öffentlichkeit bereits mit ihrem Hinweisschreiben vom 20.02.2018[251] detailliert informiert:

Der Token muss ein aktienähnliches mitgliedschaftliches Recht oder ein anderes vermögensmäßiges Recht schuldrechtlicher Natur verkörpern, das den in § 2 Abs. 1 WpHG genannten Beispielen für übertragbare Wertpapiere, insbesondere Anleihen oder Schuldtiteln, hinreichend vergleichbar sein muss. Gerade im Hinblick auf die oft hybride Natur vieler als Utility-Token ausgeflaggter Tokens wird im Einzelfall darauf zu achten sein, dass noch ein Finanzinstrument vorliegt und kein Instrument, das stark überwiegend der Realwirtschaft zuzuordnen ist. Ein überwiegend realwirtschaftlicher Bezug kann insbesondere dann fraglich sein, wenn mit den Tokens noch keine der versprochenen Waren oder Dienstleistungen bezogen werden können, da diese erst noch entwickelt werden müssen. In diesen Fällen hängt es unter anderem von den Anstrengungen der Emittentin ab, ob die in dem Token und begleitenden Materialien in Aussicht gestellte Funktionalität sich realisiert. Dadurch dient der Token schwerpunktmäßig Finanzierungszwecken, was in Use Case 11 für das Vorliegen eines **Finanzinstruments** sprechen könnte, wenn ansonsten wertpapierähnliche Rechte in dem Token verkörpert sind.

Die Verkörperung mitgliedschaftlicher Rechte liegt insbesondere dann nahe, wenn der Token eine Form von Beteiligung an einem verbandsmäßig organisierten Unternehmen vermittelt, so dass sich Ähnlichkeit mit der Aktie aufdrängt.[252] Auch Konstruktionen, die ähnlich einem Hinterlegungsschein für eine Aktie oder ein aktienähnliches Papier nur einen schuldrechtlichen Anspruch auf die Ausübung mitgliedschaftlicher Rechte vermitteln, können mitgliedschaftliche Rechte verkörpern.[253]

Eine Verkörperung vermögensmäßiger Rechte läge nahe, wenn die mit dem Token verknüpften Rechtspositionen einem Schuldtitel angenähert sind, indem etwa schuldrechtliche Ansprüche gegen die Emittentin des Tokens oder Dritte bestehen. Dafür ist allerdings erforderlich, dass der schuldrechtliche Anspruch grundsätzlich an den Token geknüpft ist und nur mit diesem übertragen werden kann. [254]

Schließlich wird der Token nicht als reines **Zahlungsinstrument** eingeordnet: Als Zahlungsinstrument zählen insbesondere Zahlungsmittel wie Bar-, Buch- und elektronisches Geld, aber auch

[250] Vgl. hierfür die Meinung der BaFin: Fußwinkel/Kreiterling, Blockchain-Technologie – Gedanken zur Regulierung, BaFin 2018.
[251] Vgl. BaFin, Initial Coin Offerings: Hinweisschreiben zur Einordnung als Finanzinstrumente, https://www.bafin.de/dok/10506450, abgerufen am 10.07.2018.
[252] Roth, in: Hirte/Möllers, Kölner Kommentar zum WpHG, 2. Aufl. 2014, § 2 Rn. 48.
[253] Vgl. Fußwinkel/Kreiterling, Blockchain-Technologie – Gedanken zur Regulierung, BaFin 2018.
[254] Vgl. ebenda.

sonstige Instrumente, mit denen bestimmungsgemäß ein Zahlungsvorgang eingeleitet wird.[255] Erfüllt ein Token die Voraussetzungen eines Zahlungsinstruments, ist der Token als dann rein elektronisches Zahlungsmittel von dem Wertpapierbegriff des WpHG ausgeschlossen. Insbesondere in diesen Fällen greift die Einordnung als Rechnungseinheit nach § 1 Abs. 11 S. 1 Nr. 7 KWG.[256]

Ein als Wertpapier zu qualifizierender Token würde dann auch zur Anwendbarkeit der auf Wertpapiere zugeschnittenen Kapitalmarktregulierung führen. Zu nennen wären hier etwa mögliche Prospektpflichten nach § 3 Abs. 1 WpPG[257] bzw. unionsrechtlich nach Art. 3 Abs. 1 Prospektverordnung[258] im Falle eines öffentlichen Angebots, die Anwendbarkeit der Organisations- und Verhaltenspflichten[259] sowie die Möglichkeit der Produktintervention nach dem WpHG.[260] Weiterhin zu beachten wären die Regelungen zu den Handelspflichten und zur Marktüberwachung nach der MiFIR[261] und auch die Regelungen zum Marktmanipulationsverbot, zum Verbot von Insidergeschäften, zu den Ad-hoc-Pflichten für Emittenten und den Pflichten für Finanzanalysen aus der MAR[262], soweit die zusätzlichen Anforderungen des Art. 2 MAR erfüllt sind, die Wertpapiere also insbesondere auf einem geregelten Markt, einem multilateralen oder organisierten Handelssystem gehandelt werden. Das wäre nach Ansicht der BaFin etwa der Fall, wenn ein Krypto-Handelsplatz im Anwendungsbereich der Verordnung als MTF[263] oder OTF[264] zugelassen würde. Nicht zuletzt unterfallen gewerbsmäßig oder in einem kaufmännischem Umfang betriebene Geschäfte mit Wertpapieren den Erlaubnispflichten nach KWG und könnten dadurch auch zu der Verpflichteteneigenschaft nach § 2 GwG führen.[265] Eine Vielzahl von Krypto-Token der neueren Generation, insbesondere jene, die im Rahmen von ICOs[266]/TGEs[267] emittiert werden, bilden einen intrinsischen Wert für den Inhaber des dazugehörigen privaten Schlüssels ab (Equity- und Investment-Token).[268] Das kann nicht weiter

---

[255] BaFin, Merkblatt Finanzinstrumente, a.a.O., Fn 47.
[256] Vgl. Fußwinkel/Kreiterling, Blockchain-Technologie – Gedanken zur Regulierung, BaFin 2018 und ausführlich die regulatorischen Ausführungen zu Use Case 1.
[257] Gesetz über die Erstellung, Billigung und Veröffentlichung des Prospekts, der beim öffentlichen Angebot von Wertpapieren oder bei der Zulassung von Wertpapieren zum Handel an einem organisierten Markt zu veröffentlichen ist (Wertpapierprospektgesetz - WpPG).
[258] Verordnung (EU) Nr. 2017/1129, ABl. L 168/12.
[259] Zu den Verhaltensregelungen und weiteren Verweisen, siehe BaFinJournal Mai 2018, S. 18ff.
[260] www.bafin.de/dok/10334186.
[261] Verordnung (EU) Nr. 600/2014, ABl. L 173/84.
[262] Verordnung (EU) Nr. 596/2014 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16.04.2014 über Marktmissbrauch und zur Aufhebung der Richtlinie 2003/6/EG des Europäischen Parlaments und des Rates und der Richtlinien 2003/124/EG, 2003/125/EG und 2004/72/EG der Kommission - Marktmissbrauchsverordnung (Abkürzung: MAR für Market Abuse Regulation). Sie ist eine EU-Verordnung zur Bekämpfung von Insidergeschäften und Marktmanipulationen auf den europäischen Finanzmärkten.
[263] Multilateral Trading Facility.
[264] Organised Trading Facility.
[265] Vgl. Fußwinkel/Kreiterling, Blockchain-Technologie – Gedanken zur Regulierung, BaFin 2018.
[266] Initial Coin Offerings.
[267] Token Generating Events.
[268] In Bezug auf eine Bestandsbilanzierung von Tokens, vgl. Kirsch/von Wieding, Bestandsbilanzierung von Bitcoin im IFRS-Kontext, S. 116ff, mit der Anmerkung, dass zudem Fragen bezüglich des Bewertungsmaßstabs und den aus dem Zusammenspiel von Ansatz, Erst-und Folgebewertung resultierenden Konsequenzen diskutiert werden müssen bzw. vgl. Kirsch/von Wieding, Bestandsbilanzierung von Bitcoin im HGB, S. 2731; dort schlussfolgern dieselben für Bitcoin im HGB, dass Bitcoins sowohl abstrakt als auch konkret aktivierungspflichtig sind.

verwundern, da die Möglichkeit der digitalen Übertragung von Werten ohne Intermediäre einen der Kernaspekte einer Blockchain-Ökonomie ausmacht.[269]

Zwischenergebnis

Insgesamt ist die Bewertung des Use Case 11 aus regulatorischer Sicht sehr komplex. Man müsste die tatsächlich operative Ausgestaltung der Anteilstoken-Emission bzw. die Möglichkeit eines digitalen Handelsplatzes für die verbrieften Eigentumsrechte im konkreten Einzelfall detailliert analysieren. Allerdings stufen die Gutachter den Einfluss – aufgrund der hohen Regulierungstiefe im Unionsrecht (z.B. MiFID II) wie auch in der ländergeregelten (z.B. WpHG) Finanzaufsicht als durchaus vorhanden und damit aber in gewichteter Relation als „gering" ein.

Insgesamt bewerten die Gutachter den Einfluss der untersuchten Regulierungsvorgaben auf den Use Case 11 als „gering".

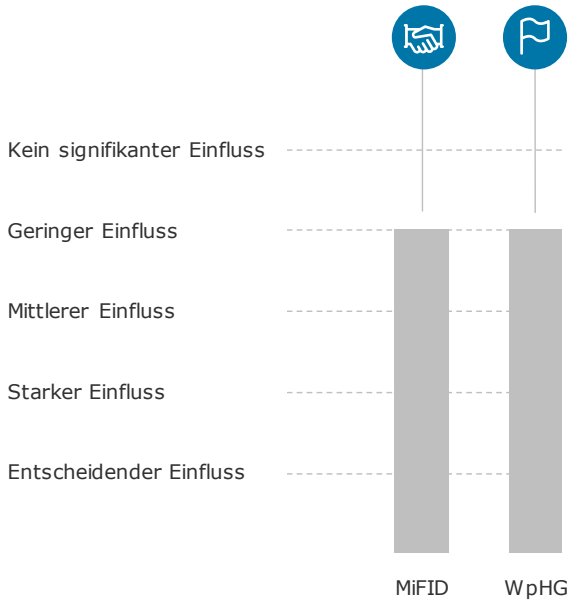


Abbildung 15: Bewertung des regulatorischen Einflusses auf Use Case 11

[269] Vgl. hierfür Fußwinkel/Kreiterling, Blockchain-Technologie – Gedanken zur Regulierung, BaFin 2018.

4 Ergebnis, Grenzen der Analyse und Ausblick

Die Analyse der zum Teil doch sehr unterschiedlichen Anwendungsfälle in der Energiewirtschaft hat gezeigt, dass die Technologie bzw. das Prinzip der Blockchain – auch aus regulatorischer Sicht, man denke nur an die Möglichkeiten und verwaltungsrechtlichen Vereinfachungen, die eine dezentrale Registerführung und Dokumentation von Daten für alle Marktakteure mit sich brächte – ein hohes Veränderungspotenzial birgt. Aus Praxissicht sehen die Gutachter allerdings doch einige, teilweise einfach zu überwindende Barrieren für eine Umsetzung. Falls der politische Wille vorhanden ist, sollte eine Analyse durchgeführt werden, ob die zersplitterte Landschaft der unterschiedlichen Intermediäre (denn es gibt noch weit mehr Institutionen außerhalb der Energiewirtschaft, die verschiedene Register führen und davon sind auch viele keine Behörden) nicht durch Blockchain-Lösungen zumindest etwas konsolidiert werden könnte. Ob das technisch möglich ist, entzieht sich der Kenntnis der regulatorischen Gutachter; wer als Verantwortlicher ein Register führt, ist ebenfalls eine politische Fragestellung.

Auf jeden Fall hat die Analyse aber auch gezeigt, dass direkt aus dem Energierecht bzw. vor allem aus den untergesetzlichen Regelungen wie dem GPKE-Beschluss[270] der BNetzA keine „Use Case"-verhindernden Barrieren kommen. Der Einsatz von Blockchain-Technologie ist durchaus möglich, lediglich muss die Software nach den Regeln des Energierechts arbeiten. Die Akteure der Blockchain-Industrie müssen also lernen, die Energiewirtschaft zu verstehen.

In Bezug auf die Analyse zum Verhältnis verschiedener Normen untereinander bzw. den unterschiedlichen Regelungsgehalten wurde klar, dass ein sehr unterschiedliches Verständnis für Datenschutzrecht sowohl in der Union als auch in den Mitgliedsstaaten herrscht bzw. für einen Einsatz von Blockchain in der Energiewirtschaft noch weiterentwickelt werden müsste.

Dreh- und Angelpunkt einer potenziellen Datenerfassung auf Blockchain-Basis in der Energiewirtschaft wird künftig das Smart Meter Gateway sein, da über dieses eine sichere Abbildung bzw. auch Verifizierung von Assets stattfinden kann. Wobei der deutsche Gesetzgeber in den §§ 49ff MsbG den datenschutzrechtlichen Umgang mit (personenbezogenen) Messwerten für den Bereich des Messwesens speziell geregelt hat, ist rechtlich noch ungeklärt die Frage, ob die §§ 49ff MsbG von den Vorgaben der DSGVO nicht überlagert werden. Der europäische Verordnungsgeber intendierte mit dem Erlass der DSGVO eine **zentrale und abschließende Regelung des Datenschutzrechts in Europa**.[271] Einen ausdrücklichen Gestaltungsspielraum hat er den Mitgliedstaaten im Bereich der Messwertverarbeitung nicht eingeräumt. Da die DSGVO eine sektorspezifische „Öffnungs-

[270] Vgl. aktuell auch die Anlage 1 zum Beschluss BK6-18-032, die ab 01.12.2019 die bisherigen Geschäftsprozesse ablöst.
[271] Vgl. Erwägungsgrund 7ff. zur DSGVO.

klausel" nicht enthält, ist jedenfalls fraglich, ob der deutsche Gesetzgeber zur Regelung des Bereichs überhaupt ermächtigt ist. Bei der Auslegung der §§ 49ff MsbG sind zumindest auch die Zielrichtungen der Verordnung zu berücksichtigen.[272]

Für Unternehmen der Energiewirtschaft bedeutet eine Umsetzung von Blockchain den Aufbau eines wirksamen Datenschutzmanagements neben einer Evaluation der bestehenden Datenverarbeitungsprozesse sowie die Entwicklung unternehmensinterner Richtlinien und Konzepte, die den Umgang mit Daten nach Maßgabe der Vorgaben der DSGVO unternehmensweit festlegen und als Nachweis zur Einhaltung der Anforderungen dienen. So sind etwa Vorgaben für die Löschung, Pseudonymisierung, Sperrung und Zugriffsberechtigung zu treffen. In dem Zusammenhang sind auch die technischen Prozesse auf Konformität zu prüfen und ggf. in Abstimmung mit den IT-Dienstleistern anzupassen. Überdies sind insbesondere Vertragsmuster an die künftigen Vorgaben zu Informationspflichten anzupassen. Gleiches gilt beispielsweise für Vereinbarungen zur Verarbeitung von Daten im Auftrag, Betriebsvereinbarungen, Datenschutzerklärungen sowie Nutzungsbedingungen für Online-Kundenportale.[273] Sicherlich sollten diese Prüfungsprozesse genutzt werden, um das Potenzial einer Digitalisierung von z.B. Vertragsprozessen mit zu untersuchen.

Löschung, Pseudonymisierung und Anonymisierung

Art. 17 DSGVO enthält das vieldiskutierte Recht auf Löschung sowie das „Recht auf Vergessenwerden". Dem Einzelnen soll über Art. 17 DSGVO eine bessere Kontrolle über seine Daten ermöglicht werden, wobei dabei insbesondere die Gefahren im Zusammenhang mit einer fortgesetzten Datenverarbeitung im Internet im Blick schienen.[274]

Einer der maßgebenden Anwendungsfälle des Art. 17 DSGVO ist die Pflicht zur Löschung, wenn die personenbezogenen Daten für die Zwecke, für die sie erhoben oder auf sonstige Weise verarbeitet wurden, nicht mehr notwendig sind.[275] Die Notwendigkeit zur Vorhaltung der personenbezogenen Daten eines Kunden kann im Grundsatz etwa mit der Beendigung eines Vertragsverhältnisses mit dem Kunden entfallen, wenn aus dem Vertragsverhältnis keine weiteren Ansprüche geltend gemacht werden können. [276]

Zwar kann der Betroffene auch nach den derzeit geltenden Vorgaben (in Deutschland über § 35 BDSG) eine Löschung seiner personenbezogenen Daten unter bestimmten Voraussetzungen verlangen, die Löschgründe in Art. 17 DSGVO gehen darüber jedoch hinaus. Es ist beispielsweise aus-

[272] So auch Bartsch/Rieke, EnWZ 2017, S. 441.
[273] Vgl. auch Bartsch/Rieke, EnWZ 2017, S. 441.
[274] Vgl. Erwägungsgrund 65 zur DSGVO bzw. Bartsch/Rieke, EnWZ 2017, S. 439.
[275] Art. 17 Abs. 1 lit. a DSGVO.
[276] Vgl. Bartsch/Rieke, EnWZ 2017, S. 439.

drücklich geregelt, dass personenbezogene Daten zu löschen sind, wenn der Betroffene der Datenverarbeitung widersprochen hat und für die Verarbeitung keine vorrangigen berechtigten Gründe bestehen.[277]

Einen gewissen Auslegungsspielraum lässt – auch aus Sicht der Gutachter – der Begriff der Löschung zu,[278] denn in der DSGVO befindet sich – anders als im deutschen BDSG in der bis zum 24.05.2018 gültigen Fassung – **keine Definition** des Begriffs mehr.[279] Vor dem Hintergrund, dass in der DSGVO zwischen einer Löschung und einer Vernichtung unterschieden wird, dürften unionsrechtlich indes keine zu hohen Anforderungen an die Löschung zu stellen sein.[280] Vertretbar lässt sich das Löschen als das **Unkenntlichmachen** gespeicherter personenbezogener Daten beschreiben.[281] Denn auch nach Erwägungsgrund 65 zur DSGVO müssen Daten für den Verantwortlichen unlesbar werden bzw. dürfen ihm nicht mehr zur Verfügung stehen.[282] Dies würde aus Sicht der Gutachter für den Einsatz der Blockchain-Technologie in der Energiewirtschaft bedeuten, dass es auch möglich wäre, Verfahren zu verwenden, die einer physischen Löschung gleichkämen.[283]

Eine einfache Lösung wäre, wenn die DSGVO, angelehnt an die frühere Begriffsbestimmung im BDSG eine Löschung künftig ebenfalls als Unkenntlichmachen gespeicherter personenbezogener Daten beschreiben würde. *Martini/Weinzierl* sehen v.a. das technisch umsetzbare *„Pruning*" als Ausweg aus dem Dogma der Unabänderlichkeit.[284]

Für den Fall, dass eine Vorhaltung von Daten zur Vertragsabwicklung i.S.d. Art. 6 Abs. 1 lit. b DSGVO nicht mehr erforderlich ist, sind alternative gesetzliche Grundlagen zur Verarbeitung der personenbezogenen Daten des Kunden zu prüfen. So kann etwa die werbliche Ansprache des Kunden nach dem Vertragsabschluss ein berechtigtes Interesse des Unternehmens zur Datenverarbeitung darstellen und die weitere Verarbeitung auf Art. 6 lit. f DSGVO gestützt werden. *Bartsch/Rieke* verweisen darauf, dass der Düsseldorfer Kreis im Hinblick auf die Nutzungsdauer von Listendaten

---

[277] Vgl. ebenda.
[278] Vgl.auch Bartsch in: Danner/Theobald, Energierecht, 98. EL Juni 2018, Rn. 66.
[279] Zu dem Schluss kommen auch Nolte/Werkmeister, in: Gola, Art. 17 Rn. 8 und Bartsch/Rieke, EnWZ 2017, S. 439.
[280] Vgl. auch Bartsch/Rieke, EnWZ 2017, S. 439.
[281] Bartsch knüpft dabei an die Begriffsbestimmung in § 3 Abs. 4 S. 2 Nr. 5 BDSG in der bis zum 24.05.2018 geltenden Fassung an.
[282] Vgl. Bartsch in: Danner/Theobald, Energierecht, 98. EL Juni 2018, Rn. 66.
[283] Zu dem Schluss kommen auch Nolte/Werkmeister, in: Gola, Art. 17 Rn. 8 und Bartsch/Rieke, EnWZ 2017, S. 43: Vor dem Hintergrund, dass in der DSGVO zwischen einer Löschung von Daten und einer Vernichtung von Daten unterschieden wird, dürften keine zu hohen Anforderungen an die Löschung gestellt werden.
[284] Nach Martini/Weinzierl, „Die Blockchain-Technologie und das Recht auf Vergessenwerden – Zum Dilemma zwischen Nicht-Vergessen-Können und Vergessen-Müssen", S. 1254, ließe die Blockchain-Architektur es zu, obsolete Transaktionen in älteren Blöcken zu entfernen, deren Ergebnis bereits ihrerseits Ausgangspunkt einer neuen Transaktion geworden ist (sog Pruning). Denn sie seien dann nicht mehr notwendig, um eine aktuelle Berechtigung nachzuweisen und damit die Kette fortzuschreiben. Soweit Bestandteile einer (obsoleten) Transaktion einzeln im Transaktionsteil eines Blocks verhasht und damit „Blätter" eines Hash-Baumes wären, ließen sie sich gleichsam einzeln zurückstutzen. Je nach Gestaltung der Hash-Baum-Architektur wäre dann beispielsweise weiterhin öffentlich bekannt, dass in der Vergangenheit bestimmte Daten erhoben wurden oder ein Verfahren stattgefunden hätte – die personenbezogenen Daten der Beteiligten hingegen wären gelöscht.

bisher eine werbliche Ansprache des Kunden bis zwei Jahre nach dem letzten aktiven Geschäftskontakt zu Zwecken der Rückgewinnung für zulässig gehalten hat.[285]

Ausnahmen von der Löschpflicht sieht Art. 17 Abs. 3 Nr. 1 lit. b DSGVO i.V.m. § 35 BDSG neu für die Fälle vor, in denen die Verarbeitung zur Erfüllung einer nationalstaatlichen Verpflichtung (hier könnte im weiteren Sinne auch die Energieversorgungssicherheit angeführt werden) notwendig ist. Zur Erfüllung handels- oder steuerrechtlicher Aufbewahrungspflichten ist der „Verantwortliche" daher nicht etwa zur Löschung, sondern zur Einschränkung der Verarbeitung der personenbezogenen Daten – beispielsweise durch eine Sperrung – verpflichtet.[286]

Für Unternehmen der Energiewirtschaft ist der richtige Umgang mit den Vorgaben der DSGVO zur Löschung von Daten vor dem Hintergrund der stetig wachsenden Datenmengen von immenser Bedeutung.[287] Allerdings ist auch der Gesetzgeber gefordert, Auslegungshilfen wie etwa für die rechtssichere Erstellung von Löschkonzepten[288] (Fristen etc.) bereitzustellen.[289]

Ferner verbleibt festzuhalten, dass Art. 17 Abs. 1 DSGVO **keinen Einwand der Unverhältnismäßigkeit** vorsieht, d.h. die Löschung ist beim Vorliegen der Voraussetzungen des Abs. 1 auch dann vorzunehmen, wenn hiermit ein unverhältnismäßiger Aufwand verbunden ist. Dahingegen sieht die neue Fassung des BDSG in § 35 Abs. 1 eine Ausnahme vor, wenn die Löschung wegen der besonderen Art der Speicherung nicht oder nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand möglich ist. In diesem Fall sollte an Stelle der Löschung eine Einschränkung der Datenverarbeitung[290] treten. [291]

Auch aus Sicht der Gutachter lässt sich derzeit nicht bewerten, ob die Bestimmung des § 35 Abs. 1 BDSG in der seit dem 25.05.2018 geltenden Fassung überhaupt den Vorgaben der DSGVO entspricht. Vermutlich wird sich aber der Europäische Gerichtshof (EuGH) in absehbarer Zeit damit beschäftigen, ob die deutsche Regelung unionsrechtskonform ist.

Die **Pseudonymisierung** und unter Umständen sogar die **Anonymisierung** lassen sich durch Blockchain-Technologie stärken. Dies sollte durch legislative Maßnahmen gefördert oder genutzt werden. Die Realität ist, dass Daten, die nicht (mehr) gespeichert werden sollen oder dürfen, auf öffentlich-genehmigungsfreien Blockchains dennoch unveränderbar gespeichert bleiben. Also kann man auch aus Sicht der Gutachter nur an der Speicherung selbst ansetzen und hier Anreize schaffen, ggf. peinlichst darauf zu achten, keine unangemessenen Daten unveränderbar zu speichern.[292]

---

[285] Vgl. Bartsch/Rieke, EnWZ 2017, S. 439 mit Verweis auf Düsseldorfer Kreis, Anwendungshinweise der Datenschutzaufsichtsbehörden zur Erhebung, Verarbeitung und Nutzung von personenbezogenen Daten für werbliche Zwecke, Stand: September 2014, S. 7.
[286] So ebenda, S. 440 mit Verweis auf Art. 18 DSGVO bzw. § 35 BDSG neu.
[287] Bartsch/Rieke, EnWZ 2017, S. 440.
[288] Vgl. auch Erwägungsgrund 39 zur DSGVO; vgl. tiefergehend Keppeler/Berning, ZD 2017, S. 318.
[289] So hat Ende 2018 als erste EU-Behörde die Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL) eine Analyse herausgegeben: Blockchain – Premiers éléments d'analyse de la CNIL.
[290] Art. 18 DSGVO.
[291] Vgl. so auch Bartsch in: Danner/Theobald, Energierecht, 98. EL Juni 2018, Rn. 67.
[292] Vgl. sehr viel ausführlicher Blocher, Stellungnahme zur öffentlichen Anhörung des Ausschusses Digitale Agenda zum Thema „Blockchain", S. 17.

Durchführung Datenschutz-Folgenabschätzung[293]

Anknüpfend an die Vorabkontrolle aus § 4d Abs. 5 BDSG in der alten und bis zum 24.05.2018 geltenden Fassung besteht auch für Unternehmen der Energiewirtschaft, die Daten über die Blockchain verarbeiten wollen, eine Pflicht zur Durchführung einer Daten-Folgenabschätzung nach Art. 35 DSGVO für bestimmte automatisierte Datenverarbeitungsprozesse. Mittels der Datenschutz-Folgenabschätzung soll die Einhaltung datenschutzrechtlicher Vorgaben auch bei Verarbeitungsvorgängen, bei denen ein *„besonders hohes Risiko für die Rechte und Freiheiten*" natürlicher Personen besteht, gewährleistet werden.[294] Der nach Ansicht von *Nolte/Werkmeister* bewusst weit gefasste Schutzbereich bezieht sich daher nicht nur auf personenbezogene Daten, sondern auch auf andere denkbare Risiken für natürliche Personen wie z.B. materielle und immaterielle Schäden.[295]

Auch für die Datenverarbeitung auf der Basis von Blockchain sind gem. Art. 35 Abs. 7 DSGVO zur Folgeabschätzung vier Schritte notwendig:[296]

- systematische Beschreibung geplanter Verarbeitungsvorgänge und Zwecke der Verarbeitung, gegebenenfalls einschließlich der von den Verantwortlichen verfolgten Interessen;
- Bewertung von Notwendigkeit und Verhältnismäßigkeit der Verarbeitungsvorgänge in Bezug auf den Zweck;
- Bewertung der Risiken für die Rechte und Freiheiten der betroffenen Personen und
- zur Bewertung der Risiken geplante Abhilfemaßnahmen, einschließlich Garantien, Sicherheitsvorkehrungen und Verfahren, durch die der Schutz personenbezogener Daten sichergestellt und ein Nachweis dafür erbracht werden kann, dass die DSGVO eingehalten wird.

Im Zuge eines wirksamen Datenschutzmanagements ist der Verantwortliche angehalten, die Verarbeitungsvorgänge im Unternehmen zu identifizieren, für die eine Datenschutz-Folgenabschätzung durchzuführen ist. Wie oben angemerkt, könnte der Gesetzgeber bzw. die Aufsichtsbehörden als Hilfestellung eine Positivliste der Verarbeitungsvorgänge, für die eine Datenschutz-Folgenabschätzung durchzuführen ist, bereitstellen.[297]

Zusätzlich besteht aber nach Art. 36 DSGVO eine Pflicht zur Vorabkonsultation der Aufsichtsbehörde, wenn eine Verarbeitung ein hohes Risiko zur Folge hat und der Verantwortliche keine Maßnahmen zur Eindämmung des Risikos trifft.[298]

---

[293] Vgl. Bartsch in: Danner/Theobald, Energierecht, 98. EL Juni 2018, Rn. 34-38.
[294] Vgl. in etwa Nolte/Werkmeister, in: Gola, DS-GVO, Art. 35 Rn. 1; Erwägungsgrund 84 zur DSGVO.
[295] Vgl. auch Nolte/Werkmeister, in: Gola, DS-GVO, Art. 35 Rn. 12; Erwägungsgrund 83 zur DSGVO.
[296] Weitere Hinweise: Forum Privatheit, Datenschutz-Folgenabschätzung, 2016, 15ff.
[297] Vgl. Art. 35 Abs. 5 DSGVO.
[298] Vgl. Nolte/Werkmeister, in: Gola, DSGVO, Art. 36 Rn. 4. Im Übrigen gibt es auch zum Thema Datenfolgenabschätzung in Frankreich Hinweise der CNIL: https://www.cnil.fr/fr/ce-quil-faut-savoir-sur-lanalyse-dimpact-relative-la-protection-des-donnees-aipd.

In Bezug auf die Finanzregulierung wurden die relevantesten Komplexe beispielhaft für die Use Cases 1 und 11 ausgeführt. Bei z.B. einer geldwäscherechtlichen Bewertung von Token-Transaktionen handelt es sich nach Ansicht von *Hennecke*[299] sicherlich nicht um *„rocket science"*. Die Einhaltung der allgemeinen Maßnahmen der Geldwäscheprävention – insbesondere die Identifizierung des Transaktionspartners – gewährleiste dabei bereits eine weitreichende Risikoabschirmung. Die Dynamik bei der Fortentwicklung digitaler **Währungen**, die künftig auch in energiewirtschaftlichen Use Cases eingesetzt werden könnten, macht es aber auch aus Sicht der Gutachter erforderlich, Compliance-Maßnahmen fortlaufend an technische Entwicklungen und Erkenntnisse anzupassen.[300]

Unionsrechtlich findet im Bereich von Datenschutz derzeit ein Entwicklungsprozess statt, der einen digitalen Binnenmarkt vollenden soll.[301]

Interessant im Hinblick auf das künftige Potenzial der Use Cases ist sicherlich auch das neue Energiebinnenmarkpaket.[302]

Art. 15 Abs. 1c der neuen StromRL[303] fordert die Mitgliedstaaten dazu auf, sicherzustellen, dass künftig Endkunden als aktive Kunden, die einen Speicher besitzen, nicht Gegenstand von *„double charge, including network charges, for stored electricity remaining within their premises and when providing flexibility services to system operators"* [304] sind.

Für netzdienlich einzuordnende Use Cases (z.B. Nr. 1) besonders relevant bzw. ein möglicher, regulatorischer Treiber wird vor auch allem Art. 32 Abs. 1 der neuen StromRL (*Incentives for the use of flexibility in distribution networks*) sein, denn die Mitgliedstaaten sind darin angehalten, im erforderlichen Regulierungsrahmen sicherzustellen, *„to allow and incentivise distribution system operators to procure flexibility services, including congestion management in their service area, in order to improve efficiencies in the operation and development of the distribution system."* Auch die Ver-

---

[299] Vgl. Hennecke, „Darf ich in Bitcoin zahlen?" – Geldwäscherisiken für Industrie- und Handels-Unternehmen bei Bitcoin-Transaktionen, S. 125.
[300] Vgl. ebenda, S. 124, für die „Red Flags" bei der Risikovermeidung.
[301] Startschuss war die Vorstellung der Strategie durch die Kommission am 6. Mai 2015. Vgl. aktuell z.B. auch Vorgaben für nicht-personenbezogene Daten, insb. Art. 6 der Verordnung (EU) 2018/1807 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. November 2018 über einen Rahmen für den freien Verkehr nicht-personenbezogener Daten in der Europäischen Union.
[302] Das EU-Legislativpaket *„Saubere Energie für alle Europäer"* bildet zusammen mit bereits früher vorgelegten Vorschlägen im Klimabereich sowie zum Gassektor den Rahmen für die Umsetzung der Energieunion und der europäischen Klima- und Energieziele bis 2030. Das Legislativpaket umfasst vier Richtlinien und vier Verordnungen: Das sogenannte 2. Teilpaket umfasst vier Legislativakte aus dem Strommarktbereich (Strommarkt-Richtlinie, Strommarkt-Verordnung, ACER-Verordnung, Risikovorsorgeverordnung). Es soll das europäische Strommarktdesign neu ordnen und wurde Ende 2018 abgeschlossen. Damit sollen die europäischen Strommärkte enger zusammenwachsen und fit gemacht werden für den europaweit ansteigenden Anteil fluktuierender erneuerbarer Energien. Außerdem sollen die Rechte und Möglichkeiten der Endkunden in den Strommärkten gestärkt werden. Der finale Vorschlag zur StromRL ist im aktuellen Stand vom 19.01.2019 unter https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CONSIL:ST_5076_2019_INIT&from=EN abrufbar.
[303] Vgl. ebenda, Artikel 15.
[304] Ähnlich auch Artikel 16 der neuen StromRL, der die *„Citizens energy communities"* bzw. *„lokalen Energiegemeinschaften"* in Unionsrecht definiert, nach Stand vom 19.01.2019: *„Member States shall provide an enabling regulatory framework for citizens energy communities ensuring that: […] (c) shareholders or members of a citizens energy community shall not lose their rights and obligations as household customers or active customers; (d) relevant distribution system operator shall, subject to fair compensation as assessed by the regulatory authority, cooperate with citizens energy communities to facilitate electricity transfers within citizens energy communities"*.

teilernetzbetreiber sollen künftig auf Basis eines Regulierungsentscheids bzw. soll auch die Regulierungsbehörde selbst für die beschafften Dienstleistungen sogar standardisierte Marktprodukte festlegen können.[305]

Diese neuen unionsrechtlichen Impulse und die Möglichkeiten, die sich durch neuen Technologien der Digitalisierung in der Energiewirtschaft auftun, könnten tatsächlich die Gelegenheit sein, das Energierecht der Mitgliedsstaaten neu zu denken und weiterzuentwickeln. Denn z.B. die deutsche Energieregulierung mit ihren Bürokratieprozessen geht bisher einen anderen Weg. Dies zeigt sich an der weiter sehr hierarchisch organisierten „Marktkommunikation 2020". Grundsätzlich gibt es auch künftig (z.B. im Zielmodell) einen, an der jeweiligen Akteursrolle der Energieversorgungssicherheit orientierten, Datenaustausch. Der ÜNB „darf alles", nach „unten" wird die Datenverfügbarkeit aber kleiner bzw. müssen kleine Netzbetreiber einen Antrag stellen, um ausführlichere Daten zu erhalten.[306]

Die in diesen Gutachten untersuchte Blockchain-Systematik ist dem deutschen Energierecht somit eher fremd, wäre jedoch geeignet die anstehende Transformation von Energiesystem und Energierecht effektiv zu unterstützen.

[305] Artikel 32: *„1a. Distribution system operators subject to an approval by the regulatory authority, or the regulatory authority itself, shall in a transparent and participatory process that includes all relevant system users and the transmission system operator, define the specifications for the flexibility services procured and, where appropriate, standardised market products for such services at least at national level. The specifications shall ensure an effective and nondiscriminatory participation of all market participants including renewable energy sources, demand response, energy storage facilities and market participants engaged in aggregation. Distribution system operators shall exchange all necessary information and coordinate with transmission system operators in order to ensure the optimal utilisation of resources, ensure the secure and efficient operation of the system and facilitate market development. Distribution system operators shall be adequately remunerated for the procurement of such services in order to recover at least the corresponding reasonable costs, including the necessary information and communication technologies expenses and infrastructure costs*".

[306] Vgl. Einhellig/Herzig, Smart Grid 2016, S. 7, für eine ausführliche Übersicht über die Datenkommunikation in intelligenten Energienetzen.

Deloitte.

Literaturverzeichnis

Bartsch, Alexander, in: **Danner**, Wolfgang/**Theobald**, Christian (Hrsg.), Energierecht, 98. EL, Juni 2018, C.H. Beck.

Bartsch, Alexander und **Rieke**, Inga, „Das neue Datenschutzrecht mit Auswirkungen auch auf Energieversorger" in: Zeitschrift für das gesamte Recht der Energiewirtschaft (EnWZ), Heft 12, 2017, C.H. Beck.

Baumgartner, Ulrich und **Gausling**, Tina, Datenschutz durch Technikgestaltung und datenschutzfreundliche Voreinstellungen, in: Zeitschrift für Datenschutz (ZD), Heft 7, 2017, C.H. Beck.

Bieker, Felix und **Hansen**, Marit, Fachzeitschrift für Datenschutzrecht (RDV), 2017, Vahlen.

Blocher, Walter, Stellungnahme zur öffentlichen Anhörung des Ausschusses Digitale Agenda zum Thema „Blockchain" am 28. November 2018, BT-Ausschuss-Drucksache 19(23)025).

Blocher, Walter, „C2B statt B2C? – Auswirkungen von Blockchain, Smart Contracts & Co. auf die Rolle des Verbrauchers", in: **Kenning**, Peter/**Lamla**, Jörn (Hrsg.), Entgrenzungen des Konsums, Dokumentation der Jahreskonferenz des Netzwerks Verbraucherforschung (2017).

Böhme, Rainer und **Pesch**, Paulina, Technische Grundlagen und datenschutzrechtliche Fragen der Blockchain-Technologie, in: Datenschutz und Datensicherheit (DuD), August 2017, 41. Jg., Heft 8, Springer.

Bund der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW), Konkretisierung des Ampelkonzepts im Verteilungsnetz, Diskussionspapier vom 10.02.2017, abrufbar unter https://www.bdew.de/media/documents/20170210_Konkretisierung-Ampelkonzept-Smart-Grids.pdf
(zuletzt abgerufen am 08.02.2019).

Bund der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW), BDEW-Stellungnahme zur MPES auf Basis der BNetzA-Konsultationsversion (BK6-18-032), Berlin 18. Juli 2018, abrufbar unter https://www.bdew.de/media/documents/Stn_20180718_MPES-Konsultationsfassung.pdf
(zuletzt abgerufen am 08.02.2019).

Bund der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW), et al., Umsetzungsfragenkatalog GPKE und GeLi Gas, Geschäftsprozesse zur Kundenbelieferung mit Elektrizität und Geschäftsprozesse Lieferantenwechsel Gas, Berlin, 04.12.2017.

Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) und **Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)**, (Hrsg.), Standardisierungsstrategie zur sektorübergreifenden Digitalisierung nach dem Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende – Roadmap für die Weiterentwicklung der technischen BSI-Standards in Form von Schutzprofilen und Technischen Richtlinien,

abrufbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/S-T/standardisierungsstrategie.pdf?__blob=publicationFile&v=4
(zuletzt abgerufen am 08.02.2019)

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Barometer Digitalisierung der Energiewende Ein neues Denken und Handeln für die Digitalisierung der Energiewende, Berichtsjahr 2018, abrufbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/barometer-digitalisierung-der-energiewende.pdf?__blob=publicationFile&v=20,
(zuletzt abgerufen am 08.02.2019)

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Eckpunktepapier Mieterstrom, abrufbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/eckpunkte-mieterstrom.pdf?__blob=publicationFile&v=8
(zuletzt abgerufen am 08.02.2019).

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Optionen zur Weiterentwicklung der Netzentgeltsystematik für eine sichere, umweltgerechte und kosteneffiziente Energiewende, abrufbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/optionen-zur-weiterentwicklung-der-netzentgeltsystematik.pdf?__blob=publicationFile&v=9
(zuletzt abgerufen am 08.02.2019).

Bundesnetzagentur (BNetzA), Bericht der Bundesnetzagentur zur Netzentgeltsystematik Elektrizität, Bonn, 2015, abrufbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/Netzentgelte/Netzentgeltsystematik/Bericht_Netzentgeltsystematik_12-2015.pdf?__blob=publicationFile&v=1
(zuletzt abgerufen am 08.02.2019).

Bundesnetzagentur (BNetzA), Merkblatt zur effektiven und rechtzeitigen Veröffentlichung von Insider-Informationen gemäß Art. 4 Abs. 1 REMIT (Verordnung (EU) Nr. 1227/2011, 2014, abrufbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/HandelundVertrieb/Marktueberwachung_REMIT/Merkblatt%20Insider-Informationen.pdf?__blob=publicationFile&v=9
(zuletzt abgerufen am 08.02.2019).

Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL), Blockchain – Premiers éléments d'analyse de la CNIL, September 2018, abrufbar unter https://www.cnil.fr/sites/default/files/atoms/files/la_blockchain.pdf
(zuletzt abgerufen am 08.02.2019).

Deloitte, Die Blockchain aus Sicht des Datenschutzrechts – Eine kurze Einführung zu datenschutzrechtlichen Implikationen, abrufbar unter https://www2.deloitte.com/dl/de/pages/legal/articles/blockchain-datenschutzrecht.html
(zuletzt abgerufen am 08.02.2019).

Dembski, Felix, Innovationsfähigkeit und Marktzutrittsschwellen des Smart Grids und des Smart Markets, in: **Aichele**, Christian/**Doleski**, Oliver D. (Hrsg.), Smart Market, vom Smart Grid zum intelligenten Energiemarkt, 2014, Springer Vieweg.

Dessau, Christian und **Fischer**, Claudia, § 24, in: **Zenke**, Ines/**Schäfer**, Ralf (Hrsg.), Energiehandel in Europa, 4. Aufl. 2017, C.H. Beck.

du Buisson, Joachim, **Zenke**, Ines und **Schäfer**, Ralf, § 10 Der Energiederivatehandel, in: **Zenke**, Ines/**Schäfer**, Ralf (Hrsg.), Energiehandel in Europa, 4. Aufl. 2017, C.H. Beck.

Einhellig, Ludwig, Preismissbrauch im Bereich der Energieversorgung, 1. Auflage, 2017, BOD.

Einhellig, Ludwig, Strategie und Handlungsempfehlungen basierend auf den Komponenten des Smart Markets, in: **Aichele**, Christian und **Doleski**, Oliver D. (Hrsg.), Smart Market, vom Smart Grid zum intelligenten Energiemarkt, 2014, Springer Vieweg.

Einhellig, Ludwig und **Herzig**, Andreas, et al., in: Smart Grid 2016 – Die Digitalisierung der Energiewende, Deloitte, 2016, abrufbar unter: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/energy-resources/Smart%20Grid%202016_Digitalisierung%20der%20Energiewende.pdf
(zuletzt abgerufen am 08.02.2019).

Einhellig, Ludwig und **Kappl**, Johanna, Die Standardisierung von (netzdienlichen) Zusatzleistungen und Entflechtung nach Messstellenbetriebsgesetz, in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen (ET), 67. Jg. (2017), Heft 5.

Einhellig, Ludwig, **Richard**, Philipp und **Schuster**, Henning, „Digitalisierung der Energiewende - Wie kann sie gelingen und welche Rolle spielt der Smart Meter Rollout?", in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen (ET), 68. Jg. (2018), Heft 5, abrufbar unter: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/energy-resources/Digtitalisierung-der-Energiewende-06-2018-et.pdf
(zuletzt abgerufen am 08.02.2019).

Friedewald, Michael, **Obersteller**, Hannah, **Nebel**, Maxi, **Bieker**, Felix und **Rost**, Martin, in: Forum Privatheit, Zoch, Peter et al. (Hrsg.), White Paper Datenschutz-Folgenabschätzung – Ein Werkzeug für einen besseren Datenschutz, 2016, abrufbar unter https://www.forum-privatheit.de/forum-privatheit-de/publikationen-und-downloads/veroeffentlichungen-des-forums/themenpapiere-white-paper/Forum_Privatheit_White_Paper_Datenschutz-Folgenabschaetzung_2016.pdf
(zuletzt abgerufen am 08.02.2019).

Fried, Jörg, Rechtliche Bewältigung des OTC-Handels, in: **Schwintowski**, Hans-Peter, (Hrsg.), Handbuch Energiehandel, 3. Aufl. 2014, Erich Schmidt Verlag (ESV).

Friedrichsen, Nele, **Hilpert**, Johannes, **Klobasa**, Marian, **Marwitz**, Simon und **Sailer**, Frank, in: **Fraunhofer-ISI**/**Stiftung Umweltenergierecht** (Hrsg.), Anforderungen der Integration der erneuerbaren Energien an die Netzentgeltregulierung – Vorschläge zur Weiterentwicklung des Netzentgeltsystems, Studie für das Umweltbundesamt, 2016.

Fußwinkel, Oliver und **Kreiterling**, Christoph, Blockchain-Technologie – Gedanken zur Regulierung, Referat Finanztechnologische Innovationen, Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht (BaFin), 01.08.2018, abrufbar unter https://www.bafin.de/SharedDocs/Veroeffentlichungen/DE/BaFinPerspektiven/2018/bp_18-1_Beitrag_Fusswinkel.html
(zuletzt abgerufen am 08.02.2019).

Heckelmann, Martin, Zulässigkeit und Handhabung von Smart Contracts, in: Neue Juristische Wochenschrift (NJW), Heft 8, 2018, C.H. Beck.

Hennecke, Richard, „Darf ich in Bitcoin zahlen?" – Geldwäscherisiken für Industrie- und Handels-Unternehmen bei Bitcoin-Transaktionen, in: Corporate Compliance (CC), Heft 3, 2018, C.H. Beck.

Hilpert, Johannes, Rechtliche Bewertung von Power Purchase Agreements (PPAs) mit erneuerbaren Energien, Würzburger Studien zum Umweltenergierecht Nr. 12, Dezember 2018.

Keil, Andreas, in: **Maslaton**, Martin (Hrsg.), Windenergieanlagen – Praxishandbuch, 2015.

Kirsch, Hans-Jürgen und **von Wieding**, Fabian, Bestandsbilanzierung von Bitcoin nach HGB, in: Betriebsberater (BB), Heft 46, 2017, dfv Mediengruppe.

Kirsch, Hans-Jürgen und **von Wieding**, Fabian, Bestandsbilanzierung von Bitcoin im IFRS-Kontext, in: Zeitschrift für Internationale Rechnungslegung (IRZ), Heft 3, 2018, C.H. Beck.

Koepp, Marcus, **Krampe**, Leo, **Wünsch**, Marco und **Schalle**, Heidrun, Schlussbericht Mieterstrom, Rechtliche Einordnung, Organisationsformen, Potenziale und Wirtschaftlichkeit von Mieterstrommodellen (MSM), Projekt Nr. 17/16 – Fachlos 903 MAP 342, Berlin, 17.01.2017.

Lehner, Viktoria, Quanten-Blockchain und die Digitalisierung des Bösen, in: **Taeger**, Jürgen (Hrsg.), DSRI-Tagungsband, Recht 4.0 – Innovationen aus den rechtswissenschaftlichen Laboren, 8. Jahrgang 2017, OlWIR Oldenburger Verlag für Wirtschaft, Informatik und Recht.

Lüdemann, Volker, **Ortmann**, Manuel Christian und **Pokrant**, Patrick, Das neue Messstellenbetriebsgesetz, in: Zeitschrift für das gesamte Recht der Energiewirtschaft (EnWZ), 2016, C.H. Beck.

Lüdtke-Handjery, Christian, StromNZV § 14 Lieferantenwechsel, in: **Danner**, Wolfgang/**Theobald**, Christian (u.a. Hrsg.), Energierecht, 98. EL, Juni 2018, Verlag C.H. Beck.

Marsch, Nikolaus, Das europäische Datenschutzgrundrecht. Grundlagen – Dimensionen – Verflechtungen, 2018, Mohr Siebeck.

Martini, Mario und **Weinzierl**, Quirin, „Die Blockchain-Technologie und das Recht auf Vergessen-werden – Zum Dilemma zwischen Nicht-Vergessen-Können und Vergessen-Müssen", in: Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht (NVwZ), Heft 17, 2017, C.H. Beck.

Nolte, Norbert und **Werkmeister**, Christoph, DS-GVO Art. 35 Datenschutz-Folgenabschätzung, in: **Gola**, Peter (Hrsg.), DS-GVO, 1. Auflage 2017.

Rasbach, Winfried, Energielieferung an Letztverbraucher, in: **Kment**, Martin (Hrsg.), Kommentar zum Energiewirtschaftsgesetz, Nomos, 2. Auflage 2019.

Salje, Peter, EnWG, 1. Auflage, Verlag Carl Heymanns.

Schulte-Beckhausen, in: **Danner**, Wolfgang/**Theobald**, Christian (u.a. Hrsg.), Energierecht, 98. EL, Juni 2018, Verlag C.H. Beck.

Schwintowski, Hans-Peter, Messstellenbetrieb und Datenkommunikation in intelligenten Energienetzen – Grundfragen, in: EWeRK 2018, abrufbar unter https://www.ewerk.nomos.de/fileadmin/ewerk/doc/2018/Ewerk_2018_03_00.pdf
(zuletzt abgerufen am 08.02.2019).

Schwintoski, Hans-Peter, **Klausmann**, Nikolas und **Kadgien**, Michael, Das Verhältnis von Blockchain-Governance und Gesellschaftsrecht, in: Neue Juristische Online-Zeitschrift (NJOZ), 2018, Heft 37, C.H. Beck.

Siegel, Torsten, EnWG § 20a Lieferantenwechsel, in: **Kment**, Martin (Hrsg.), Kommentar zum Energiewirtschaftsgesetz, Nomos, 2. Auflage 2019.

Sopp, Guido und **Grünberger**, David, Bilanzierung von virtuellen Währungen nach IFRS und aufsichtsrechtliche Behandlung bei Banken, in: Zeitschrift für Internationale Rechnungslegung (IRZ), C.H. Beck, Heft 5, 2018.

Szabo, Nick, The Idea of Smart Contracts, abrufbar unter www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/idea.html
(zuletzt abgerufen am 08.02.2019).

Theobald, Christian, EnWG § 5 Anzeige der Energiebelieferung in: **Danner**, Wolfgang/**Theobald**, Christian (u.a. Hrsg.), Energierecht, 98. EL, Juni 2018, Verlag C.H. Beck.

Uibeleisen, Maximilian und **Groneberg**, Simon, Der wirtschaftliche Betrieb von Erneuerbare-Energien-Anlagen außerhalb des EEG-Förderrahmens. PPAs als Konkurrenz zum System staatlicher Fördergelder, Recht der Energiewirtschaft, Heft 3, 2018.

Wesche, Florian-Alexander, § 35: Standard- und Zusatzleistungen des Messstellenbetriebs, in: **Steinbach**, Armin/**Weise**, Michael (Hrsg.), Kommentar zum Messstellenbetriebsgesetz, Berlin, 2018, De Gruyter.

www.dena.de/blockchain

dena
Deutsche Energie-Agentur