

Die digitalisierte dezentrale Energieversorgung von morgen gestalten

Eine Untersuchung zu den aktuellen Herausforderungen der Branche und den Lösungsmöglichkeiten auf Basis smarter Technologien. Mit Handlungsempfehlungen aus dem Hause PwC.



Die digitalisierte dezentrale Energieversorgung von morgen gestalten

*Eine Untersuchung
zu den aktuellen
Herausforderungen der
Branche und den Lösungs-
möglichkeiten auf Basis
smarter Technologien. Mit
Handlungsempfehlungen
aus dem Hause PwC.*



Die digitalisierte dezentrale Energieversorgung von morgen gestalten

Herausgegeben von der PricewaterhouseCoopers GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft

Von Joachim Albersmann, Gunther Dütsch, Jule Martin, Hannes Theile, Emre Erken und Dominik Kern

November 2017, 40 Seiten, 16 Abbildungen, Softcover

Alle Rechte vorbehalten. Vervielfältigungen, Mikroverfilmung, die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Medien sind ohne Zustimmung des Herausgebers nicht gestattet.

Die Inhalte dieser Publikation sind zur Information unserer Mandanten bestimmt. Sie entsprechen dem Kenntnisstand der Autoren zum Zeitpunkt der Veröffentlichung. Für die Lösung einschlägiger Probleme greifen Sie bitte auf die in der Publikation angegebenen Quellen zurück oder wenden sich an die genannten Ansprechpartner. Meinungsbeiträge geben die Auffassung der einzelnen Autoren wieder. In den Grafiken kann es zu Rundungsdifferenzen kommen.

Vorwort

Wir leben in einer Zeit, in der die Energiesysteme der Welt großen Veränderungen unterzogen werden. Mehrere Klimaabkommen haben zum Ziel, den weltweiten Schadstoffausstoß zu begrenzen. Dieses und weitere damit verbundene Ziele wie der Ausbau erneuerbarer Energien stellen die Energiewirtschaft vor große Herausforderungen. Die Energiesysteme werden dezentraler in der Produktion und durch die wachsenden Anteile der erneuerbaren Energieerzeugung auch volatiler. Wurde vor der Öffnung der Energiemärkte der Strom vor allem in zentralen Großkraftwerken erzeugt und über die Höchstspannungsnetze transportiert, wird die Energie heute zunehmend dezentral und in kleineren Anlagen aus erneuerbaren Energien produziert und in die Verteilernetze eingespeist. Durch die niedrigen Grenzkosten von kleinen Anlagen, die Strom aus erneuerbaren Energieträgern erzeugen, sinken die Großhandelspreise für Strom. Die Folge ist, dass sich besonders mit Kohlekraftwerken und älteren Gaskraftwerken in Deutschland schon jetzt kaum noch Geld verdienen lässt. Sollten sich dazu noch die CO₂-Preise signifikant erhöhen, um die zukünftigen Klimaziele zu erreichen, wären Kohlekraftwerke mit großer Wahrscheinlichkeit endgültig nicht mehr rentabel zu betreiben. Viele Versorger setzen sich angesichts des Niedergangs dieses zentralen Geschäftsfelds zunehmend mit neuen Technologien und Geschäftsmodellen auseinander.

Eine große Herausforderung ist es, die Großkraftwerke durch dezentrale Kleinanlagen in ganz Deutschland zu ersetzen. Nicht die Installation oder der Betrieb dieser Anlagen werden in Zukunft Schwierigkeiten bereiten, sondern vielmehr ihre

logische Verknüpfung, Einbindung und Steuerung. Der Energiemarkt wird in Zukunft voraussichtlich von der dezentralen Stromerzeugung und von Speichertechnologien dominiert und im Zuge dessen werden neuartige Geschäftsideen, die die Steuerung und den wirtschaftlichen Betrieb dieser Anlagen ermöglichen, an Bedeutung gewinnen. Dieser Technologiewandel wird das Handeln energiewirtschaftlicher Akteure auf Jahre bestimmen und muss von ihnen beherrscht werden.

Der Markt für Technologien der intelligenten Vernetzung ist heute noch weitgehend fragmentiert. Viele Hersteller aus unterschiedlichen Sektoren versuchen, ihre Produkte und Dienstleistungen im Rahmen von Industrie 4.0 im Markt zu platzieren. Dabei bedienen sich die Hersteller verschiedener Standards, was zu einer gewissen Unübersichtlichkeit der von den verschiedenen Sektoren verwendeten Technologien führt. Die Eigenschaften und Definitionen von Industrie 4.0 in Sektoren wie dem Maschinen- und Anlagenbau oder der chemischen Industrie können gleichwohl auf die Energiewirtschaft übertragen werden. Sie betreffen die Digitalisierung von Wertschöpfungsketten, Produkten und Dienstleistungen sowie die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle. Besonders in der Entwicklung neuer digitaler Geschäftsmodelle tun sich viele energiewirtschaftliche Akteure schwer. Doch es gibt eine Reihe weiterer Herausforderungen und Regularien, die die Entwicklung der vernetzten Energiesysteme maßgeblich beeinflussen werden.

Die vorliegende Untersuchung stellt diese Herausforderungen für das deutsche Energiesystem genauer vor

und zeigt Ansätze auf, wie sie bewältigt werden können. Dabei werden auch die Potenziale und Nachteile neuer Technologien wie dem Internet der Dinge (Internet of Things, IoT), Big Data und Blockchain analysiert und der Nutzen neuer Speichertechnologien, vor allem im Rahmen der Sektorkopplung, beleuchtet.

Um die Meinung von Marktakteuren über die Perspektive und Bedeutung der neuen Technologien beim Wandel des Energiesystems zu ermitteln, haben wir eine flankierende Befragung durchgeführt, deren Ergebnisse in unsere Betrachtungen eingeflossen sind. Wir danken allen Umfrageteilnehmern herzlich für die Zeit, die sie uns gewidmet haben, und für ihren wertvollen Input!

Abschließend haben wir das zukünftige Zielbild, das aus der Untersuchung resultiert, skizziert. Wir zeigen, worauf Unternehmen bei der Integration neuer flexibler, dezentraler Technologien und neuen digitalen Geschäftsmodellen, wie zum Beispiel einem virtuellen Kraftwerk, achten müssen. Zudem erfahren Sie, wie PwC Sie auf Ihrem Weg zu diesem Zielbild individuell und entsprechend den Besonderheiten von IoT, Big Data und Blockchain begleiten und unterstützen kann.

Wir wünschen Ihnen eine aufschlussreiche Lektüre und freuen uns auf Ihr Feedback.

Michael Kopetzki
Partner

Folker Trepte
Partner

Boris Scholtka
Partner

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	7
A Zusammenfassung	8
B Welche Herausforderungen treiben die Entwicklung des Energiesystems voran?	12
1 Atom- und perspektivischer Kohleausstieg.....	12
2 Dezentralisierung	13
3 Volatile Erzeugung durch EE-Anlagen	14
4 Sektorenkopplung: E-Mobilität und Wärmewende.....	15
C Wie kann Digitalisierung zur Gestaltung dezentraler Energiesysteme beitragen?	18
1 Welche Rolle spielt das IoT für Smart Grids, intelligente Messsysteme und virtuelle Kraftwerke?	18
2 Wie kann Digitalisierung die Sektorenkopplung unterstützen?.....	21
3 Welche Möglichkeiten bietet die Anwendung von Big Data Analytics?	22
4 Anwendungen der Blockchain in dezentralen Energiesystemen	23
4.1 Wie kann die Blockchain in dezentralen Energiesystemen eingesetzt werden?	24
4.2 Was sollte beim Einsatz der Blockchain beachtet werden?	25
4.3 Welche rechtlichen Fragen gilt es noch zu klären?	28
4.4 Wie wird die Blockchain bisher im Energiebereich eingesetzt?	29
4.5 Wie sehen Unternehmen die Chance für ihr Geschäft?.....	30
5 Welche Vorteile bieten moderne Speichertechnologien dem intelligenten Energiesystem?	31
D Welches Zielbild ergibt sich und was bedeutet das für die Unternehmen?	32
E Wie wir Sie unterstützen können	33
1 Unser Ansatz.....	33
2 Unser Vorgehen	33
F Angaben zu den Umfrageteilnehmern	34
Quellenverzeichnis	37
Ihre Ansprechpartner.....	38

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Deutsche Atomkraftwerke und das Jahr ihrer Stilllegung.....	12
Abb. 2	Anteil der Energieträger an der Stromerzeugung 2016	13
Abb. 3	Prognostizierter Absatz von E-Autos	15
Abb. 4	Technologiereifegrad mobiler Wasserstoffanwendungen.....	17
Abb. 5	Schematische Darstellung eines IoT-Ökosystems	18
Abb. 6	Aufbau einer IoT-Infrastruktur	19
Abb. 7	Bedeutung des IoT für dezentrale Energiesysteme	20
Abb. 8	Bedeutung des IoT für virtuelle Kraftwerke	20
Abb. 9	Marktentwicklung des IoT in der Energiewirtschaft	20
Abb. 10	Jährliches Redispatch-Volumina	21
Abb. 11	Öffentliche vs. private Blockchain.....	25
Abb. 12	Volumen der Bitcoin-Blockchain	26
Abb. 13	Volumen der Ethereum-Blockchain.....	26
Abb. 14	Entwicklung der Blockchain	27
Abb. 15	Könnten Sie sich vorstellen, die Blockchain einzusetzen?	30
Abb. 16	Gewichtung der Blockchain nach möglichen Einsatzfeldern.....	30

A Zusammenfassung

Welche Herausforderungen treiben die Entwicklung des Energiesystems voran?

Die Reaktorkatastrophe von Fukushima im Jahr 2011 markierte einen Wendepunkt in der deutschen Energiepolitik: Der Atomausstieg bis 2022 ist beschlossen und langfristig soll auch der Kohleausstieg gelingen. Mit dem „Impulspapier Strom 2030“ und den Beschlüssen des Pariser Klimaabkommens auf internationaler Ebene wurde bereits die Richtung künftiger Energiepolitik vorgegeben. Durch Vorgaben zur CO₂-Reduktion, zum Ausbau der erneuerbaren Energien und zur Schaffung wirksamer Flexibilitätsmechanismen können die energie-wirtschaftlichen Akteure voraus-schauend planen und ihre Investitionen entsprechend ausrichten.

Da der Strom zukünftig nicht mehr aus einigen wenigen Großkraftwerken, sondern aus vielen kleinen Erzeugungsanlagen kommen wird, wird das Energiesystem zunehmend dezentralisiert sein. Um dennoch die Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit zu gewährleisten, müssen die dezentralen Anlagen intelligent und effizient miteinander vernetzt und gesteuert werden. Auch die erhöhte Volatilität, bedingt durch den wachsenden Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbaren

Energieträgern wie Wind und Sonnenstrahlung, stellt das Energiesystem vor neue Herausforderungen. Das schwer vorhersehbare Produktionsvolumen dieser Anlagen gestaltet die Planung der Bereitstellung von Regenergie deutlich komplexer als bei konventionellen Kraftwerken. Mit Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, Power-to-X-Technologien und virtuellen Kraftwerken existieren bereits Lösungen für diese Herausforderungen. Auch eine nachhaltige Wärmeerzeugung kann mithilfe dieser Technologien optimiert und wirtschaftlich wie auch netzdienlich betrieben werden.

Eine der größten Herausforderungen für das Energiesystem wird jedoch die Elektrifizierung des Verkehrssektors in den nächsten Jahren sein. Eine flächendeckende Ladeinfrastruktur und die zusätzliche Flexibilität durch hinzukommende Speicherkapazitäten könnten das in Deutschland vorhandene Verteilernetz überlasten und so einen Ausbau der unteren Netzebenen erfordern. Mit einigen bereits existierenden Projekten in diesem Bereich zeigt sich ein großes Potenzial in der Optimierung von Ladevorgängen. Zusammen mit Flexibilitätsmechanismen und der Erforschung und Weiterentwicklung der Batterie- und Brennstoffzellentechnik könnte die Verkehrswende als Baustein der Sektorenkopplung gelingen.



Welche Rolle spielt das Internet der Dinge für Smart Grids, intelligente Messsysteme und virtuelle Kraftwerke?

Das Internet der Dinge bzw. IoT ist ein entscheidender Baustein für die Gestaltung intelligenter dezentraler Energiesysteme. Es muss als übergeordnete Ebene, in der Daten erhoben, aggregiert und versendet werden, fungieren. Neben der intelligenten Vernetzung von Primär- und Sekundärtechnik kann das IoT auch kleinere Verbraucher und Speicher wirtschaftlich in die Optimierung von Erzeugung, Verbrauch und Transport einbinden.

Durch Applikationen, die auf dem IoT aufbauen, kann sich mit datenbasierten Geschäftsmodellen wirtschaftlicher Mehrwert generieren lassen. Die Daten liefert das IoT in Echtzeit durch Einbeziehung netzwerkfähiger Sensoren. Diese Echtzeitdaten werden benötigt, um Smart Grids und Smart Markets optimal und kapazitätssteigernd zu betreiben. Da beim IoT die bestehenden Strukturen des Internets genutzt werden können, also keine eigene, teure Netzinfrastruktur erforderlich ist, lassen sich Kosten sparen – was einer breiten Anwendung von smarten Applikationen (z. B. Smart Home, E-Mobility und Smart Storage) zugutekommt. Energiewirtschaftliche Akteure könnten so weitere Geschäftsmodelle in Verbindung mit den gesetzlich vorgeschriebenen Smart Meter Gateways entwickeln.

Um etwaigen IT-Sicherheitsrisiken, die bei der Kommunikation über das Internet tendenziell höher sind als beispielsweise bei einer fest verdrahteten Verbindung, vorzubeugen, sollte von Anfang an ein belastbares IT-Sicherheitskonzept mit in die Planung einbezogen werden. Die überwiegende Mehrheit der energiewirtschaftlichen Akteure sagt dem IoT eine große bis sehr große Entwicklung in der Energiewirtschaft voraus. Das ergab die von uns durchgeführte Umfrage. Dabei bescheinigen dem IoT 63% eine große, 31% eine sehr große und lediglich 6% eine geringe Entwicklung.

Welche Möglichkeiten bietet die Anwendung von Big Data Analytics?

Big Data kann die entscheidende Brücke zwischen dem IoT und Smart Markets schlagen. Mit Big-Data-Algorithmen sind schnelle Datenströme, Datenvielfalt in unstrukturierter oder strukturierter Form, große Datenmengen und Datenunsicherheiten bzw. Ungenauigkeiten keine unüberwindbaren Probleme mehr. Big Data Analytics kann hochpräzise Prognosen über Verbrauch und Erzeugung liefern.

Im Assetmanagement kann auch Predictive Analytics zum Einsatz kommen. Mithilfe dieser Technologie lassen sich das Anlagenverhalten und der damit verbundene Wartungsaufwand, beispielsweise aus den Simulationen eines digitalen Zwillings, vorhersagen. Die Wartung von Anlagen und damit verbundene Abläufe in der Supply Chain können so kosten- und ausfallzeitminimal gestaltet werden. Durch die Auslegung der Big-Data-Algorithmen auf unstrukturierte Daten kann eine Anpassung an neue Rahmenbedingungen schnell erfolgen. In der Energiewirtschaft, die derzeit erhebliche regulatorische und gesellschaftliche Veränderungen bewältigen muss, ist diese Eigenschaft von Vorteil.

Ein Nachteil von Big-Data-Anwendungen liegt jedoch im hohen Bedarf an Rechen- und Speicherkapazität. Auch kommt dem Datenschutz angesichts des massiven Sammelns von Daten eine übergeordnete Rolle zu.

Durch künstliche Intelligenz (KI) können Big-Data-Anwendungen noch leistungsfähiger werden, da sie Algorithmen intelligent und lernfähig macht. In Zukunft sollen sich Algorithmen ohne menschliches Zutun weiterentwickeln und auf sich verändernde Rahmenbedingungen reagieren können.



Was sollte bei der Anwendung von Blockchain in dezentralen Energiesystemen beachtet werden?

Die Blockchain zeichnet sich als verteiltes System durch hohe Transparenz, hohe Sicherheit und niedrige Transaktionskosten aus. Besonders vor dem Hintergrund zukünftiger regionaler Smart Markets kann die Blockchain in dezentralen Energiesystemen als Peer-to-Peer-Transaktionsplattform genutzt werden. Durch das vollständige Nachhalten von Transaktionen ermöglicht sie nahezu fälschungssichere Herkunftsnachweise oder Zertifikate, beispielsweise für Strom. Durch den Einsatz von Smart Contracts ist es möglich, diese regionalen Marktplätze effizient zu steuern.

Vor dem Einsatz der Blockchain sollte man sich jedoch im Klaren darüber sein, dass die Anwendung der Blockchain auch Nachteile mit sich bringt. Das gegenwärtige Validierungskonzept (Konsensmechanismus) Proof of Work einiger öffentlicher Blockchains verursacht einen sehr hohen Energieverbrauch und verringert die Transaktionsgeschwindigkeit. Während bei Visa 2.000 Transaktionen pro Sekunde möglich sind, sind die

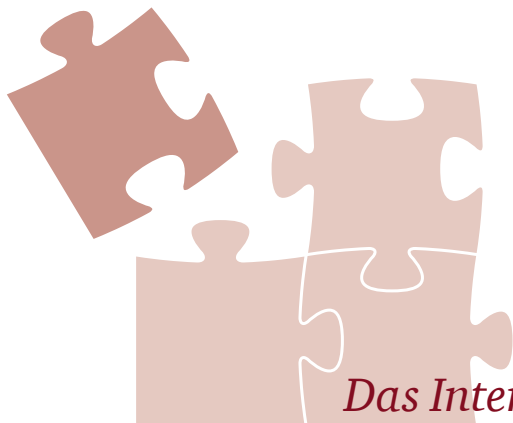
gegenwärtigen öffentlichen Blockchains auf 3 Transaktionen pro Sekunde beschränkt. Diese Rate zu verbessern wird aktuell mit der Einführung des neuen Validierungskonzepts Proof of Stake versucht. Auch die Verwaltung von Berechtigungen erweist sich in dezentralen Systemen als kompliziert. Möglicherweise können hier Smart Contracts Abhilfe schaffen. Diese werden als Programmcode in einen Layer vor die Blockchain geschrieben und dienen der Automatisierung von Transaktionen. Die Auswirkungen solcher automatisierten Prozesse in einer dezentralen Regelung sind gegenwärtig jedoch schwer abzuschätzen. Unvorhergesehene regelungstechnische Effekte bei einer dezentralen Steuerung könnten ein Hemmschuh für die breite Anwendung der Blockchain sein.

Auch zivilrechtliche Hürden beim automatisierten Vertragsabschluss durch Smart Contracts sowie energierechtliche und regulatorische Vorgaben stellen aktuell noch Herausforderungen für die Anwendung der Blockchain dar. Peer-to-Peer-Stromhandelsmodelle sind im heutigen Energierechtsrahmen nur in Form eines vertraglich abgebildeten Dienstleistungsmodells denkbar.

In der Umsetzung von Blockchain-Geschäftsmodellen liegen allerdings bereits heute Chancen mit großem Kundenbindungspotenzial. In Zukunft könnten Blockchain-Anwendungen aufgrund ihrer dezentralen Struktur und ihres Flexibilitätspotenzials für die Netzstabilität und die Versorgungssicherheit sehr nützlich sein.

Vor der Anwendung der Blockchain muss eine Entscheidung über den zu verwendenden Blockchain-Typ getroffen werden. So kann eine Blockchain-Anwendung auf eine öffentliche Blockchain wie Ethereum zugreifen oder auf einer eigenen privaten Blockchain laufen. Öffentliche Blockchains bieten einen Sicherheitsvorteil, sind aber in der Regel noch langsamer als kleinere private Blockchains, die einen anderen Konsensmechanismus haben.

Unsere Umfrage unter energie-wirtschaftlichen Akteuren zeigt hinsichtlich der Blockchain ein unentschlossenes Bild. 56% der Befragten gaben an, sich vorstellen zu können, die Blockchain einzusetzen. Dagegen sehen sich 38% zukünftig nicht als Anwender dieser Technologie. Fast alle befragten Akteure sehen die Blockchain als Chance für die Versorgungsindustrie. Bedrohungsszenarien stehen bei ihnen nicht im Vordergrund. Letztendlich wird aber der Umgang mit den Nachteilen der Blockchain über die zukünftige Akzeptanz und Einsatzfähigkeit der Technologie entscheiden.



Das Internet der Dinge bzw. IoT ist ein entscheidender Baustein für die Gestaltung intelligenter dezentraler Energiesysteme.

Welche Vorteile bieten moderne Speichertechnologien dem intelligenten Energiesystem?

Moderne Speichertechnologien könnten viele Probleme des Energie-, Wärme- und Verkehrssektor lösen. Mit Batterien lässt sich überschüssiger Strom speichern und bei Bedarf wieder in das Netz einspeisen. Gasspeicher können den wirtschaftlichen Nutzen von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen) steigern, indem Gas in Zeiten günstiger Preise eingekauft und bis zum Verbrauch vorgehalten wird. Mit Wärmespeichern lassen sich Wärmesenken ausgleichen und das Wärmenetz – auch bei volatiler Wärmeerzeugung durch erneuerbare Energien – stabil halten. Zudem könnten Betreiber von Speichern in zukünftigen Smart Markets neue Erlöspotenziale erschließen. Durch die zeitliche Überbrückung von Erzeugung und Verbrauch lässt sich mit Speichern auch die Sektorenkopplung optimal umsetzen. Die Akzeptanz von Speichertechnologien wird mit dem technologischen Fortschritt voranschreiten. Es gilt, neue aktive Materialien zu erforschen, Batterien mit hoher Energiedichte bei gleichzeitig hoher Leistungsdichte zu entwickeln und die Wirkungsgrade von Speichern zu erhöhen.

Was verändert sich durch IoT, Big Data und Blockchain und was bedeutet dies für Versorgungsunternehmen?

Es ergibt sich ein neues Zielbild für das virtuelle Kraftwerk: Es wird analog zum klassischen Vertriebsgeschäft mit seinen vielen Einzelkunden viele Anlagen gleichzeitig steuern, inklusive einer völlig neuen Wechseldynamik bei der Vermarktung dezentral erzeugter Strommengen – aber anders als das klassische Vertriebsgeschäft wird es das auch in Echtzeit können. Die neuen Technologien bieten die nötige Performance, Intelligenz und Integrationsfähigkeit. Dazu muss der

Betreiber sein virtuelles Kraftwerk auch entsprechend aufrüsten und sich mit den neuen Technologien auseinandersetzen.

Der Technologiewandel hin zu IoT, Big Data und Blockchain wird die intelligente Integration dezentraler Anlagen einfacher machen; die Unternehmen können sich verstärkt der Entwicklung ihrer Geschäftsmodelle widmen. Werden im Zuge des technologischen Wandels mehr dezentrale Anlagen intelligent vernetzt, schafft das neue Anforderungen an technische und organisatorische Prozesse. Diese Prozesse müssen flexibler und offener werden, damit schneller und effektiver auf neue Technologien und Trends reagiert werden kann. Besonders die Prozesse der Bereiche Handel, Beschaffung, Abrechnung und Technical Field Service, die alle wichtiger Teil eines intelligenten, dezentralen Energiesystems sind, müssen zukünftig genauso flexibel wie ein Anlagen- und Netzbetrieb sein.

Für Stadtwerke sowie kleinere bis mittlere Energieversorgungsunternehmen (EVUs) ist die Entwicklung digitaler Geschäftsmodelle jedoch meist eine große Herausforderung. Ihnen fehlen häufig das nötige Fachpersonal und eine agile Organisationsstruktur. Vorteil dieser Unternehmen ist aber ihr langjähriger Kundenstamm und die Vielzahl an Kunden- und Anlagendaten, die jeden Tag verarbeitet werden.

Große EVUs verfügen heute schon über viele digitale Geschäftsmodelle und ein entsprechendes Know-how. Meistens nutzen sie aber zu viele Systeme gleichzeitig. Hier könnte mithilfe einer offenen und flexiblen Plattform Abhilfe geschaffen werden, da auf einer solchen Anwendungen schnell und effektiv entwickelt und ausgerollt werden können. Auch lässt sich so zügig auf neue Trends und Regularien reagieren.

B Welche Herausforderungen treiben die Entwicklung des Energiesystems voran?

1 Atom- und perspektivischer Kohleausstieg

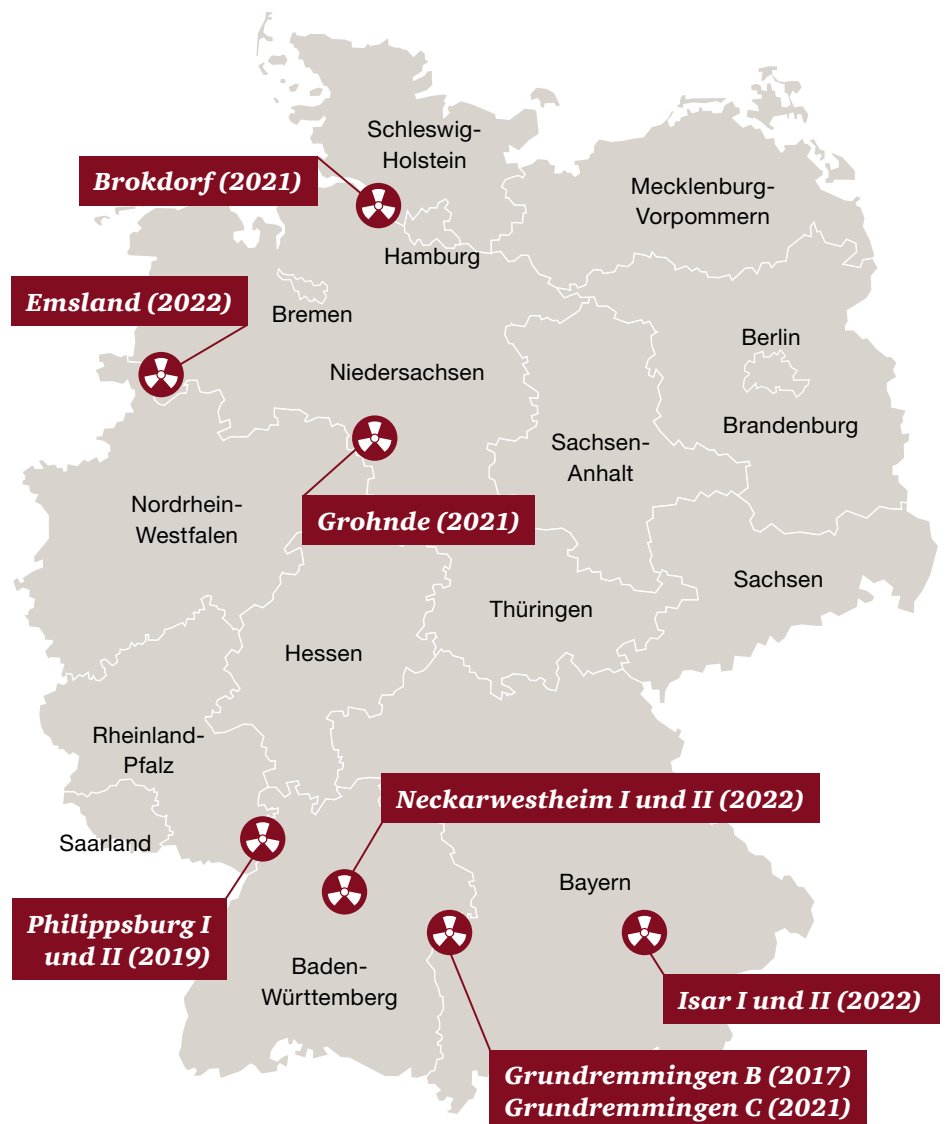
Mehrere große Herausforderungen werden das deutsche Energiesystem in den nächsten Jahren beeinflussen. Sie führen dazu, dass energie-wirtschaftliche Akteure ihre bisherigen Geschäftsmodelle überdenken müssen. Je früher die Akteure sich mit den neuen Herausforderungen und Technologien beschäftigen, desto leichter wird ihnen die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle fallen.

Auch gibt die Politik mit dem Impulspapier Strom 2030 und dem Pariser Klimaabkommen eine deutliche Richtung vor. Mit den Vorgaben zur CO₂-Reduktion, zum Ausbau der erneuerbaren Energien, zur Bildung eines tendenziell kleinteiligeren Marktes in der Energiewirtschaft und zur Schaffung effizienter Flexibilitätsmechanismen haben die Akteure ein gewisses Maß an Planungssicherheit und können ihre Investitionen entsprechend ausrichten.

Spätestens seit der Reaktorkatastrophe von Fukushima im Jahr 2011 befindet sich das deutsche Energiesystem in einem fundamentalen Wandel. Als Reaktion auf die Katastrophe beschloss die deutsche Bundesregierung den schrittweisen Ausstieg aus der Atomenergie bis zum Jahr 2022.

Langfristig soll auch der Kohleausstieg gelingen. Der anvisierte Ausstieg aus der Strom- und Wärmeerzeugung aus konventionellen Energieträgern soll der Schaffung einer CO₂-neutralen, zukunftsfähigen Energieversorgung dienen.

Abb. 1 Deutsche Atomkraftwerke und das Jahr ihrer Stilllegung



2 Dezentralisierung

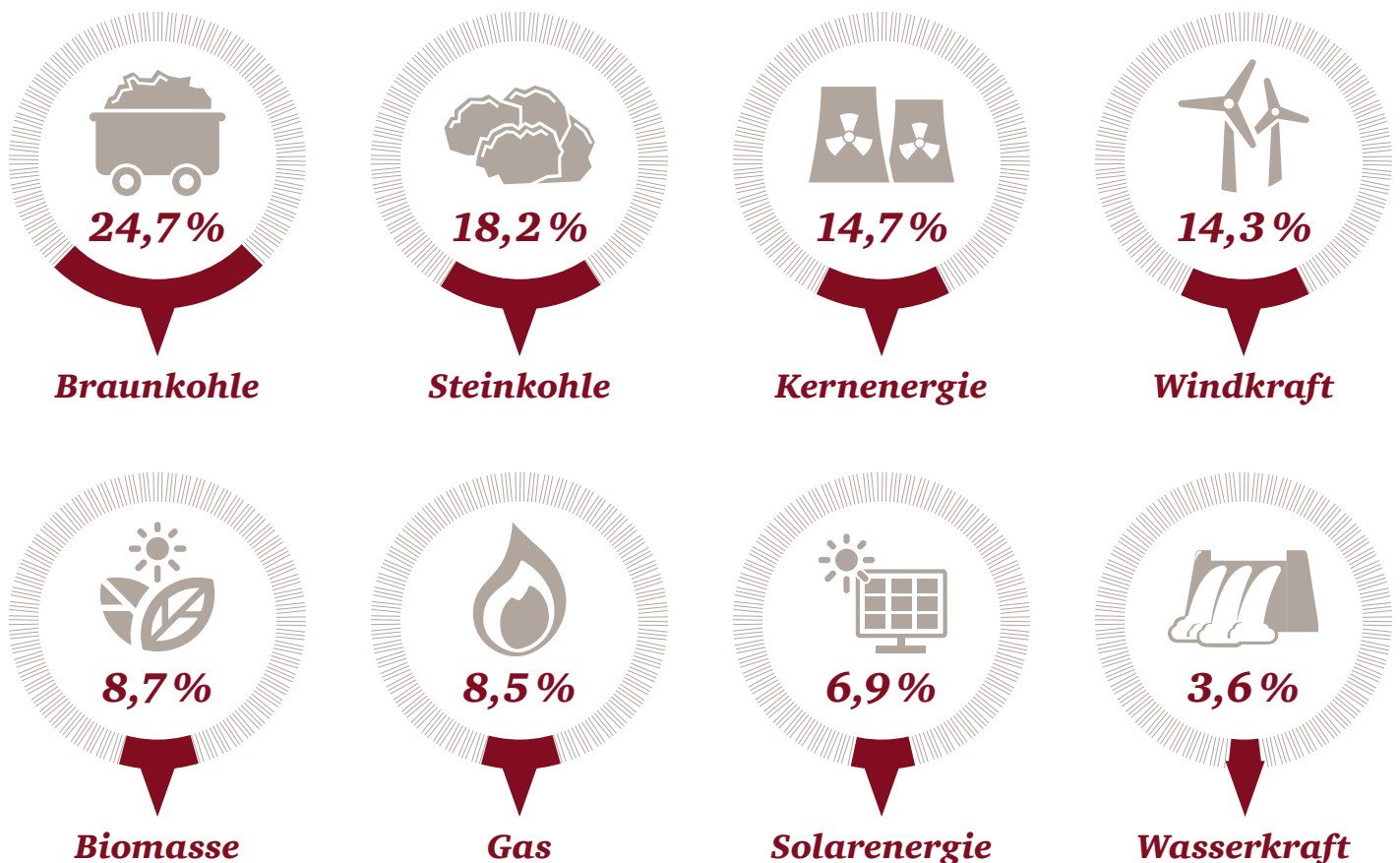
Es ist geplant, dass die Energieversorgung zukünftig hauptsächlich durch Erneuerbare-Energien-Anlagen (EE-Anlagen) aufrechterhalten wird, doch einzelne EE-Anlagen lassen sich derzeit nur bis zu einer Leistung von wenigen Megawatt (MW) skalieren. Das führt zu einer dezentraleren und volatileren Energieerzeugung.

Der Strom wird perspektivisch nicht mehr aus einigen großen Kraftwerken mit mehreren Gigawatt (GW) Leistung, sondern aus vielen dezentralen Anlagen mit Leistungen im Kilo- oder Megawattbereich kommen. Die voranschreitende Dezentralisierung ist für die Gewährleistung der Netzstabilität und die für den Industrie-

und Investitionsstandort Deutschland wichtige Versorgungssicherheit eine große Herausforderung.

Im Jahr 2016 stammten 33,4% des erzeugten Stroms aus erneuerbaren Energien. Der Großteil dieses Stroms wird in kleinen dezentralen Anlagen gewonnen.

Abb. 2 Anteil der Energieträger an der Stromerzeugung 2016



Quelle: Fraunhofer ISE.

3 Volatile Erzeugung durch EE-Anlagen

Die Herausforderung bei der Dezentralisierung besteht in der intelligenten Vernetzung der Anlagen. Diese muss so sein, dass stets ausreichend Kapazitäten vorhanden sind, um die Nachfrage zu decken. Zudem ist eine viel größere Flexibilität erforderlich. Das Zusammenspiel von Smart Markets und Smart Grids bietet hierfür intelligente Lösungen. Ein Smart Grid ist laut der Bundesnetzagentur (BNetzA) ein konventionelles Netz, das durch informations- und regeltechnische Komponenten erweitert wurde. Dank Echtzeitdaten und darauf aufbauenden intelligenten Algorithmen und Anwendungen sowie eines Smart Markets kann die Kapazität eines solchen Netzes erhöht werden. Ein Smart Market bildet hierbei die marktwirtschaftliche Plattform, mit deren Hilfe erzeugte und verbrauchte Strommengen wirtschaftlich und effizient verteilt und liquide regionale Märkte gebildet werden können. Teilnehmer eines solchen Marktes sind Erzeuger, Verbraucher, Prosumer oder auch Energiedienstleister, zum Beispiel Aggregatoren. Smart Grids und Markets helfen zudem dabei, die Kapazität konventioneller Netze durch Erzeugungs- und Lastverlagerungen optimal auszunutzen.¹

Die physikalischen Eigenschaften des Stroms erfordern, dass Stromangebot und -nachfrage ständig ausgeglichen sein müssen. Wird nun auf der Erzeugungsseite vermehrt volatil Strom erzeugt, kann das zu temporären Differenzen von Angebot und Nachfrage führen. Die Folge sind Schwankungen der Stromnetzfrequenz, die ausgeglichen werden müssen, um das Netz stabil zu halten. Dazu stellen Anlagen oder auch Verbraucher und Speicher den Übertragungsnetzbetreibern (ÜNBs) Regelenenergie zur Verfügung. Bisher kam diese Regelenenergie aus konventionellen Großkraftwerken, in denen sie sich gut in die Fahrpläne integrieren ließ. Mit steigendem Anteil an dezentralen Anlagen mit volatiler Erzeugung wird die Planung der Bereitstellung von Regelenenergie jedoch zunehmend schwieriger. KWK-Anlagen konnten sich bereits als effektiver Lieferant

von Regelenenergie beweisen. Durch ihre hohe Flexibilität, bedingt durch unterschiedliche Betriebsweisen bei gleichzeitig hohem Wirkungsgrad, bieten sie eine wirtschaftliche Alternative bei der Bereitstellung von Regelenenergie. Mikro-KWK-Anlagen können intelligent in ein dezentrales Energiesystem integriert werden und leisten somit einen wichtigen Beitrag zur Systemstabilität.

Auch moderne Speicher oder Power-to-X-Technologien bieten effektive Möglichkeiten, um ein volatiles Energiesystem zu stabilisieren. Eine weitere Alternative stellen virtuelle Kraftwerke (VKWs) dar. Durch die gebündelte Optimierung und Vermarktung ermöglicht ein VKW, dezentrale Anlagen effizient zu betreiben. Mehr zu diesem Thema erfahren Sie in der PwC-Studie *Markt und Technik virtueller Kraftwerke*².

Der deutsche Strommarkt wird in Zukunft voraussichtlich von der dezentralen Stromerzeugung und von Speichertechnologien dominiert. Geschäftsideen, die die Steuerung und den wirtschaftlichen Betrieb dieser Anlagen ermöglichen, gewinnen an Bedeutung.



¹ Vgl. Bundesnetzagentur (2011).

² PwC, Markt und Technik virtueller Kraftwerke, 2016, abrufbar auf www.pwc-wissen.de/pwc/de/shop/publikationen/Markt+und+Technik+virtueller+Kraftwerke/?card=20646.

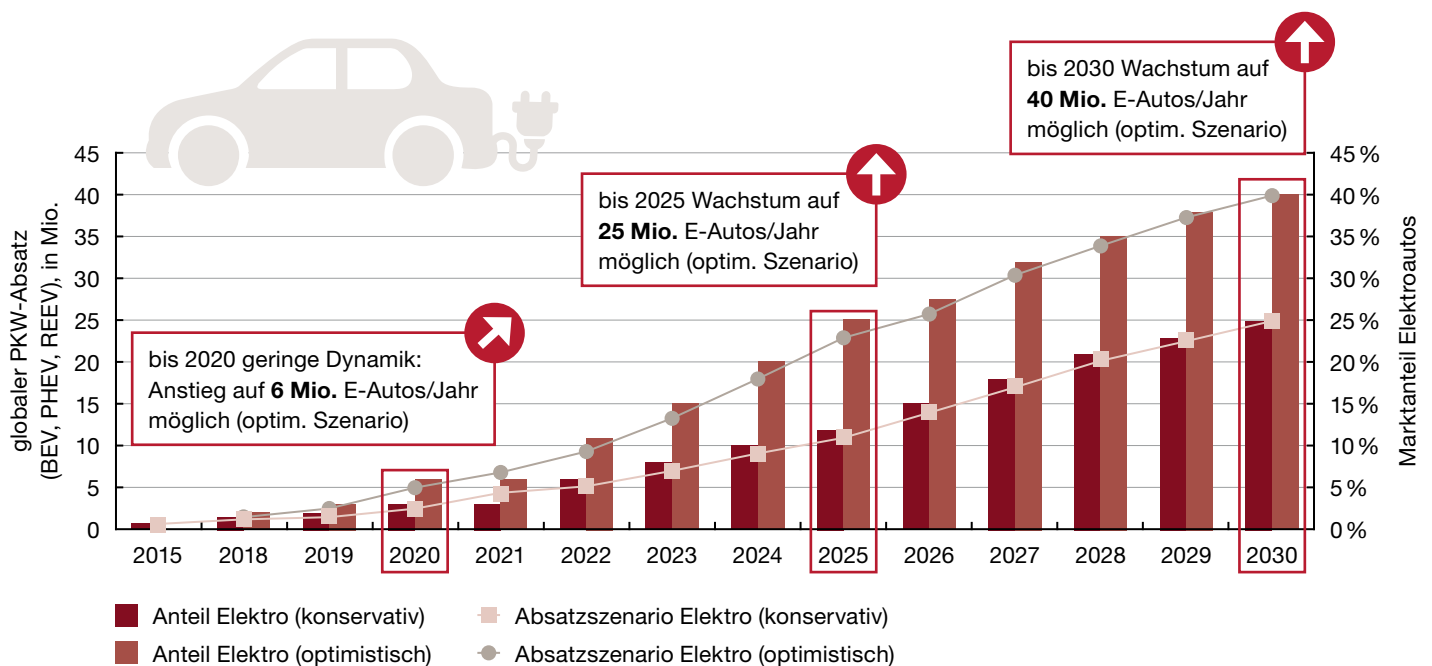
4 Sektorenkopplung: E-Mobilität und Wärmewende

Mit der Sektorenkopplung soll die Energiewende auf die Bereiche Wärme und Verkehr ausgeweitet werden. Diese zwei Sektoren zeichnen sich durch einen hohen Verbrauch von Energie aus konventioneller Erzeugung aus. Um die weltweiten Klimaziele des Pariser Klimaabkommens zu erreichen, muss auch in diesen Bereichen der Wandel hin schadstoffarmen Betriebsweisen vollzogen werden.

Ziel der deutschen Bundesregierung ist es, bis zum Jahr 2030 sechs Millionen Elektroautos auf deutsche Straßen zu bringen. Zur Zielerreichung sind

jedoch noch viele Investitionen in die Forschung und Entwicklung im Bereich E-Mobilität notwendig. Zudem besteht das Risiko, dass eine flächendeckende Ladeinfrastruktur die vorhandenen Verteilernetze überlasten könnte; in diesem Fall müssten die unteren Netzebenen ausgebaut werden. Das Center of Automotive Management (CAM) prognostiziert ein Wachstum des weltweiten Absatzes von Autos mit Elektroantrieb auf 40 Millionen Fahrzeuge pro Jahr bis 2030 (siehe Abb. 3) – die Belastungen durch Elektroautos werden also weiter zunehmen.

Abb. 3 Prognostizierter Absatz von E-Autos



Quelle: Centre of Automotive Management, AutomotiveINNOVATIONS, 2016.

Um dieser Herausforderung zu begegnen, gibt es bereits einige interessante Konzepte. Eines davon stammt vom Windkraftanlagenbauer Enercon. Dessen Schnellladelösung lädt bereits nach dem „High Power Charging 2“-Standard, der das Laden mit einer Leistung von bis zu 350 kW ermöglicht. So können E-Autos innerhalb weniger Minuten auf 80 % des State of Charge geladen werden. Die Schnittstellentechnologie von Enercon unterstützt zugleich die Netzstabilität, indem sie während des Ladevorgangs durch die bedarfsgerechte Bereitstellung von Blindleistung zur Aufrechterhaltung der Netzspannung sorgt.³

Ein weiteres Konzept wurde im Jahr 2016 in Helmstedt vorgestellt. Dort wird eine Schnellladesäule von einer PV-Anlage und einem mit ihr verknüpften Stromspeicher mit Strom versorgt. Überschüssiger Strom wird hier ebenfalls in das lokale Verteilnetz eingespeist. Entwickelt und umgesetzt wurde das Konzept von der TU Clausthal, der Wolfsburg AG, dem Energieforschungszentrum Niedersachsen und der Avacon AG.⁴

Besonders der ÖPNV kann einen wichtigen Beitrag zur Verkehrswende leisten und es gibt bereits einige Projekte, die zeigen, wie Konzepte im Bereich der E-Mobilität funktionieren können. In Braunschweig wird die am stärksten frequentierte Buslinie

mittlerweile mit Elektrobussen betrieben. Die Besonderheit liegt hier in der induktiven Ladetechnologie. In dem Projekt namens „emil“ hat man auf ein Schnellladesystem gesetzt, das Busse mit 200 kW lädt. Dazu wird eine 600 V starke Gleichstromleitung benötigt.⁵ Auch in Großstädten wie Frankfurt, München oder Hamburg sollen in Zukunft Elektrobusse auf mehreren Linien eingesetzt werden. Dennoch ist der Elektrobus noch immer ein Nischenprodukt und wie schnell neue E-Mobilitäts-Konzepte tatsächlich umgesetzt werden, hängt auch stark vom technologischen Fortschritt im Bereich der Batterien und Brennstoffzellen ab. Hier könnte sich das zweidimensionale Nanomaterial Graphen als mögliche Alternative zu dem bislang verwendeten dreidimensionalen Elektrodenmaterial erweisen. Batterien mit Graphenelektroden weisen eine höhere Energie- und Leistungsdichte auf als ihre Vorgänger. Bis das Graphen jedoch in industriellem Maßstab hergestellt werden kann, werden aber wohl noch einige Jahre vergehen. Darüber hinaus gilt es, die Verteilung von aktivem Material in Elektroden (z. B. Lithiumatome in einer Kohlenstoffstruktur bei Li-Ion-Batterien) zu optimieren, die Produktionskosten von Batterien zu senken und weitere potenzielle aktive Materialien zu erforschen.

Eine weitere ernst zu nehmende Alternative zur Batterie ist die Wasserstoff-Brennstoffzelle und damit die sogenannte Wasserstoff-Mobilität. Die Reaktion von Wasserstoff in der Brennstoffzelle läuft ohne Kohlenstoff ab und das Produkt ist Wasser. Dies macht die Wasserstoff-Brennstoffzelle zu einer sauberen Lösung. Der Wasserstoff kann zudem aus überschüssigem erneuerbar erzeugtem Strom produziert werden. Dieses Verfahren läuft als umgekehrte Brennstoffzellenreaktion in Elektrolyseuren ab und es kann durch intelligenten Handel des überschüssigen Stroms in einem Smart Market wesentlich zur Wirtschaftlichkeit und Stabilität des Energiesystems beitragen.

In einer Shell-Studie wurde die technologische Reife mobiler Wasserstoffanwendungen auf der Grundlage der Technology Readiness Levels der NASA bestimmt. Dabei beschreibt Level 9 den höchsten Reifegrad. Brennstoffzellensysteme in Pkws wurden auf Level 8 eingestuft. Demnach sind sie ein „qualifiziertes System mit Nachweis der Funktionstüchtigkeit im Einsatzbereich – Produkt“.⁶

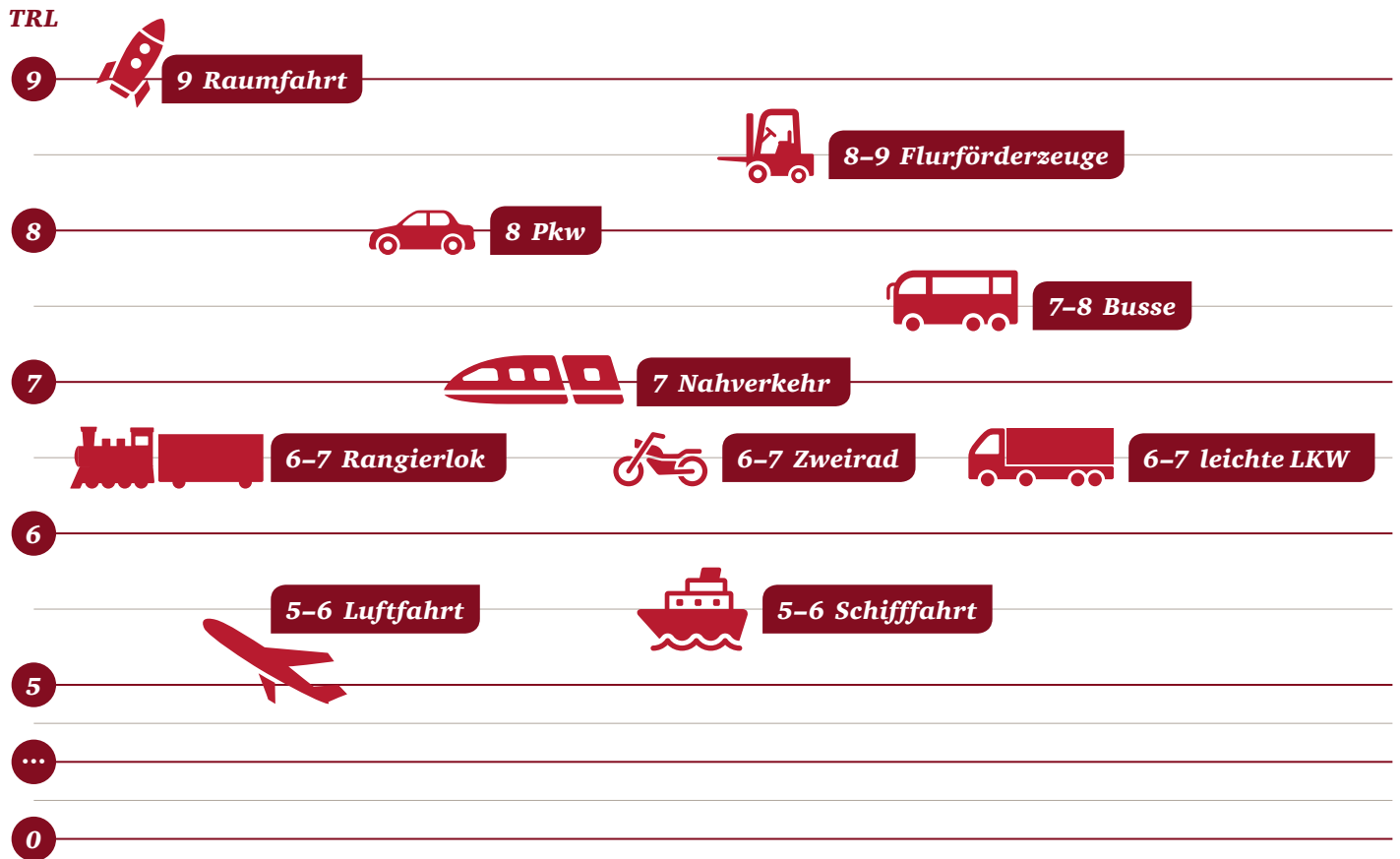
³ Vgl. Enercon (2017).

⁴ Vgl. PV Magazine (2016).

⁵ Vgl. Braunschweiger-Verkehrs-GmbH (2017).

⁶ Shell (2017), S. 46.

Abb. 4 Technologiereifegrad mobiler Wasserstoffanwendungen



Quelle: Shell, Wasserstoff-Studie, 2017.

Über den Verkehrssektor hinaus soll die Energiewende auch auf den Wärmesektor ausgeweitet werden. Die Wärmeerzeugung ist ebenso wie die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien volatil. Es sind demnach Flexibilitätsmaßnahmen, wie zum Beispiel latente Wärmespeicher oder flexibel zuschaltbare Kapazitäten, notwendig. Hier bieten KWK-Anlagen die höchste Effektivität. Sie erzeugen gleichzeitig Strom und Wärme, was zudem den Wirkungsgrad der Gesamtanlage signifikant erhöht. Eine KWK-Anlage wird klassisch mit konventionellen Energieträgern befeuert, kann aber auch ein Brennstoffzellensystem mit Wasserstoff oder einem umweltfreundlichen Synthesegas als Edukt sein.

Neben Niedertemperatur-Brennstoffzellen wie alkalische Brennstoffzellen (AFC) und Polymermembran-Brennstoffzellen (PEMFC), die Leistungen bis in den mittleren dreistelligen kW-Bereich bereitstellen können, gibt es Hochtemperatur-Brennstoffzellen wie Karbonat-Schmelze-Brennstoffzellen (MCFC) und Oxidkeramik-Brennstoffzellen (SOFC). Diese werden bei Temperaturen zwischen 600 und 700°C (MCFC) bzw. 700 bis 1.000°C (SOFC) betrieben und erreichen Leistungen von bis zu mehreren MW. Diese haben das Potenzial, einen erheblichen Beitrag zur flexiblen Wärmeversorgung zu leisten, und können durch die hohen Temperaturen auch industrielle Prozesswärme bereitstellen.

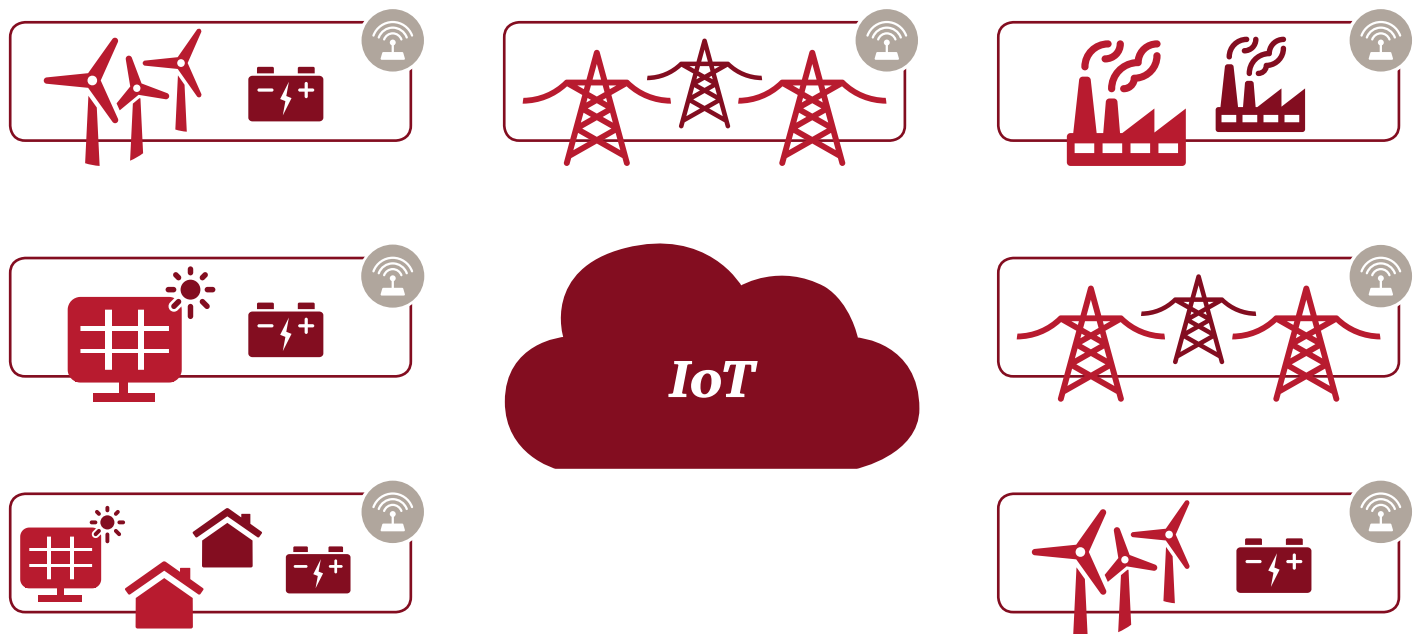
C Wie kann Digitalisierung zur Gestaltung dezentraler Energiesysteme beitragen?

Im Folgenden werden die Möglichkeiten der Digitalisierung und ihrer Werkzeuge vorgestellt, die zur Bewältigung der vorgenannten Herausforderungen genutzt werden können. Zusätzlich haben wir eine Umfrage unter

energiewirtschaftlichen Akteuren über die Perspektive und Bedeutung der neuen Technologien beim Wandel des Energiesystems durchgeführt. Die Ergebnisse sind in die Ausführungen dieses Kapitels eingeflossen.

1 Welche Rolle spielt das IoT für Smart Grids, intelligente Messsysteme und virtuelle Kraftwerke?

Abb. 5 Schematische Darstellung eines IoT-Ökosystems

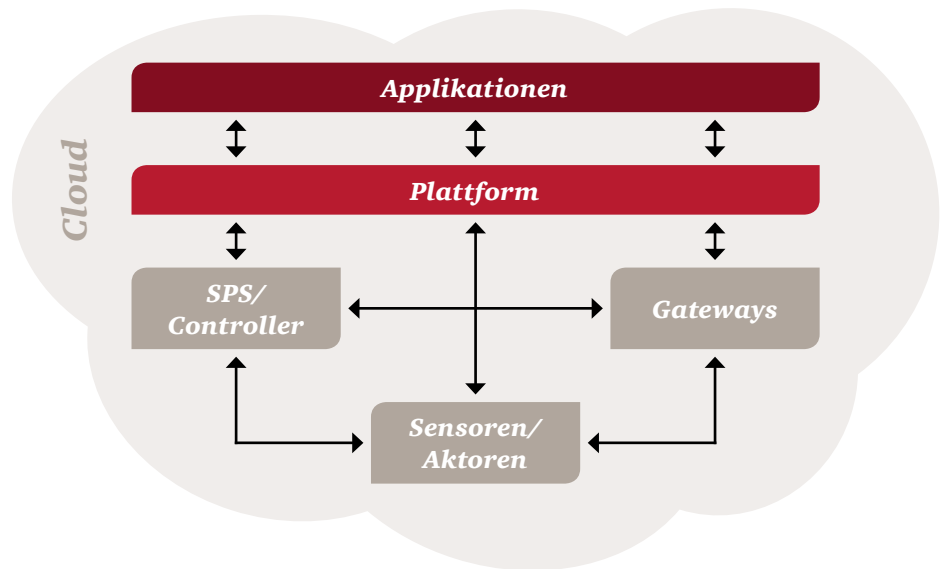


Alle Komponenten des IoT kann man zusammengenommen als ein Ökosystem bezeichnen. Dieses IoT-Ökosystem, bestehend aus Sensoren, Aktoren, Gateways, Steuerungen, Plattform und Cloud, bildet die Grundlage für Applikationen, die einen wirtschaftlichen Mehrwert erbringen sollen, indem sie beispielsweise Daten verarbeiten, um so Maschinen oder Prozesse zu optimieren. Dabei können sie

Funktionen wie Monitoring-, Analyse-, Prognose- oder Optimierungstools enthalten. Zur besseren Kompatibilität der Applikationen mit dem Ökosystem kann man diese auf einer Plattform entwickeln und so auf entsprechende Programmierungs- oder Laufzeitumgebungen sowie Datenbanken zurückgreifen. Durch die Schnittstellenvielfalt lassen sich zudem zahlreiche Geräte oder Funktionen einbinden.

Applikationen oder Plattformanwendungen müssen dabei nicht auf einer eigenen, teuren Infrastruktur laufen; Betreiber einer IoT-Anwendung können die Infrastruktur, Plattform oder Software eines Cloud-Anbieters gegen Gebühr nach individuellem Bedarf nutzen und ihre eigene Programmierfähigkeit auf das Customising beschränken. Die für die Applikationen benötigten Echtzeitdaten lassen sich mittels Sensoren erheben, in Gateways aggregieren und dann in die Cloud übermitteln. Umgekehrt können Steuerungssignale in Steuerungen verarbeitet und an die jeweiligen Aktoren übermittelt werden. Die Kommunikation kann dabei primär über das Internet stattfinden. Dazu sind netzwerkfähige Sensoren und Aktoren notwendig. Diese werden durch kleiner werdende Prozessoren und Mikrocontroller sowie die zunehmende Verbreitung von Systems-on-a-Chip, etwa RaspberryPi oder Intel Edison, immer wirtschaftlicher und so für kleinste Komponenten von Systemen interessant. Energieautarke Sensoren und Aktoren können besonders in rein mechanischen Komponenten Anwendung finden, da es hier häufig ineffizient und unwirtschaftlich wäre, diese Komponenten mit Sensoren, die in das Kommunikationsnetz des Systems (z. B. Feldbus) eingebunden sind, auszustatten.

Abb. 6 Aufbau einer IoT-Infrastruktur



Bei einer Kommunikation über das Internet sollten im Vorfeld besondere IT-Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden. Dazu zählen unter anderem der Schutz vor Cyberangriffen und die Fähigkeit, Störungen möglichst schnell zu entdecken und zu beheben. Ein belastbares Sicherheitskonzept sollte daher von Anfang an in die Planung einbezogen werden.

Welche Rolle spielt das IoT mit seinen oben skizzierten Eigenschaften für Smart Grids? Smart Grids und auch Smart Markets funktionieren nur dann optimal und kapazitätssteigernd, wenn Daten über Erzeugung, Verbrauch und Netze in Echtzeit vorliegen. Das IoT ermöglicht die Datenverarbeitung in Echtzeit, selbst von den kleinsten Verbrauchern und Prosumern innerhalb des Netzes.

Der von der Bundesregierung beschlossene Smart-Meter-Rollout kann durch das IoT ebenfalls an Akzeptanz gewinnen. Durch das IoT können

immer mehr Geräte im Haushalt mit dem Internet kommunizieren. Diese Geräte könnten mit einem Smart-Meter-Gateway, also einer Drehscheibe für die intelligente Steuerung von Verbrauchern, Erzeugern und Speichern in Haushalten oder Gewerbebetrieben, verbunden werden. Dies versetzt energiewirtschaftliche Akteure in die Lage, gänzlich neue Geschäftsmodelle zu entwickeln und anzubieten.

In unserer Befragung standen 56% der energiewirtschaftlichen Akteure dem IoT eine große Bedeutung für dezentrale Energiesysteme zu. 38% attestierten dem IoT sogar eine sehr große Bedeutung, da sie das IoT als Grundlage für Smart Grids und Smart Markets sehen. Einige Akteure waren der Ansicht, dass die Sicherheitsstandards für eine Kommunikation über das Internet für systemkritische Anwendungen zu niedrig sind. Sie sehen daher nur eine geringe Bedeutung des IoT für dezentrale Energiesysteme.

Noch optimistischer sieht das Bild bei der Bedeutung des IoT für virtuelle Kraftwerke aus. Hier sehen sogar 56% eine sehr große Bedeutung. Dagegen sind jedoch auch 25% nicht sehr überzeugt von einer Anwendung des IoT in virtuellen Kraftwerken. Sie sehen, wiederum auch aufgrund von Sicherheitsbedenken, eine eher geringe Bedeutung des IoT in diesem Bereich.

Die Sicherheitsbedenken sind bei der Digitalisierung generell einer der größten Hemmschuhe. Ohne ein ausreichendes Maß an Sicherheit sind die Risiken für neue Geschäftsmodelle zu groß. Die IT-Infrastruktur sollte so geschützt sein, dass sie zu keinem Zeitpunkt ihre Integrität verliert. Besonders im Falle des IoT, bei dem kleinste Sensoren und Aktoren mit dem Internet verbunden sind, muss sichergestellt sein, dass Firmware-Updates umfassend und regelmäßig vorgenommen werden, Sicherheitslücken schnellstmöglich geschlossen werden und keine Bauteile eingebaut werden, die von Angreifern zweckentfremdet werden könnten. IT-Sicherheit sollte als unternehmensweite Querschnittsaufgabe wahrgenommen werden. In regelmäßigen Schulungen sollten die Mitarbeiter mit den neuesten Gefahren der Cyberwelt vertraut gemacht werden. So kann das Risiko, von einer Cyberattacke getroffen zu werden, erheblich reduziert werden. Betreiber oder Nutzer kritischer Infrastrukturen sollten sich darüber im Klaren sein, welchen Risiken sie sich selbst aussetzen, wenn sie veraltete Software verwenden. Regelmäßige Software-Updates sind einer der ersten Schritte zur Vermeidung von Sicherheitslücken. Deswegen sollten Unternehmen generell einen hohen Wert darauf legen, ihre gesamte IT-Infrastruktur und Applikationslandschaft interoperabel und flexibel zu gestalten. All diese Anforderungen an die IT-Systeme sollten eindeutig in einem IT-Sicherheitskonzept erarbeitet und anschließend implementiert werden.

Abb. 7 Bedeutung des IoT für dezentrale Energiesysteme

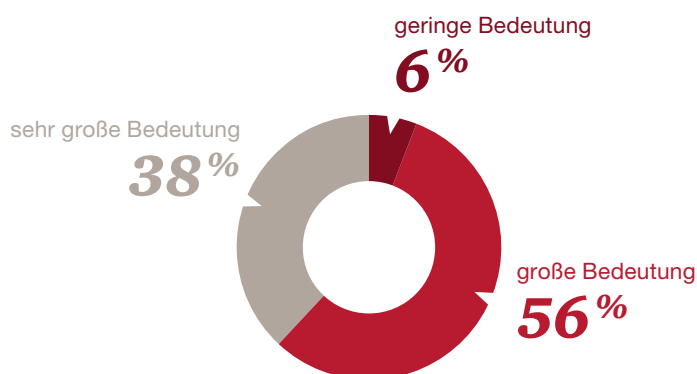
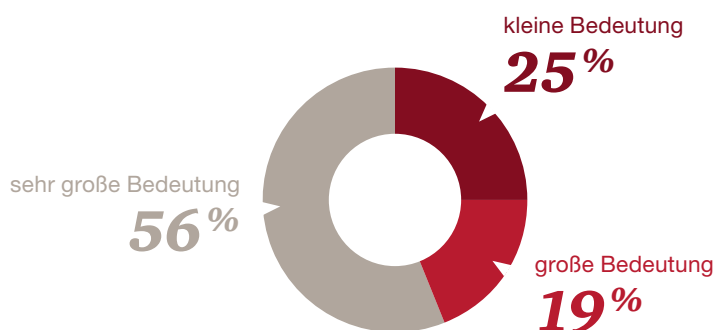


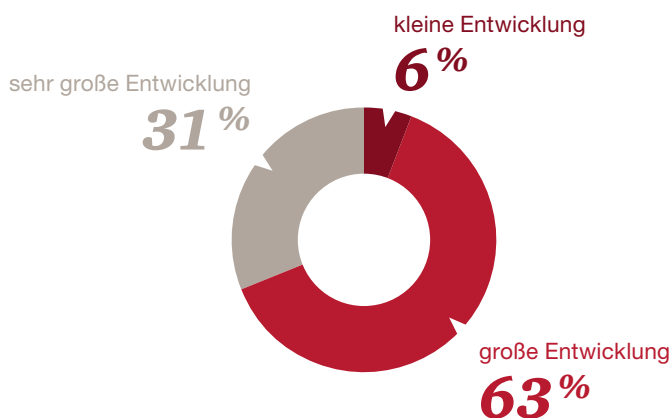
Abb. 8 Bedeutung des IoT für virtuelle Kraftwerke



Geht man das Thema IT-Sicherheit wie oben beschrieben konstruktiv und umfassend an, kann man die Risiken bei der Nutzung des IoT entscheidend verringern. Trotz einiger bestehender Sicherheitsbedenken gehen 63% der energiewirtschaftlichen Akteure von

einer großen Marktentwicklung des IoT in ihrer Branche aus. 31% gehen sogar von einer sehr großen Entwicklung aus. Lediglich 6% der Teilnehmer schätzen die Entwicklung des IoT in der Energiewirtschaft als gering ein.

Abb. 9 Marktentwicklung des IoT in der Energiewirtschaft



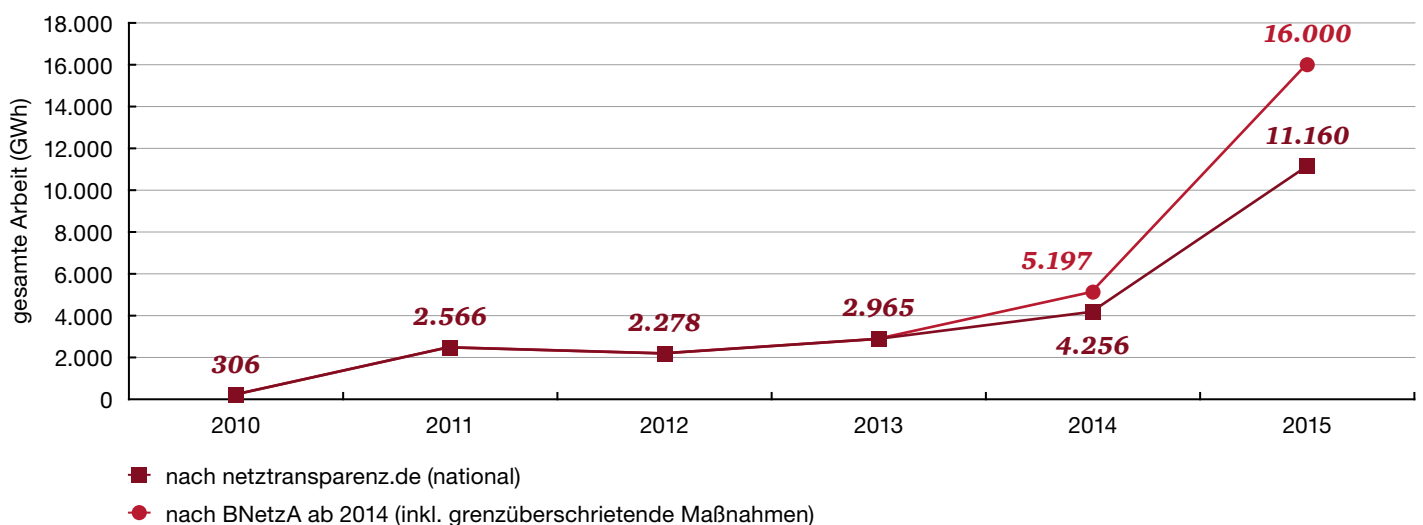
2 Wie kann Digitalisierung die Sektorenkopplung unterstützen?

Das Ziel der Sektorenkopplung ist die Ausweitung der Energiewende von der Stromerzeugung auf die Sektoren Verkehr und Wärme. Für den Verkehr zeigt der Trend in Richtung E-Mobilität. Im Wärmesektor können KWK-Anlagen nachhaltig erzeugte Wärmeenergie liefern. Auch Solarthermie ist als zukunftsfähige Technologie zu betrachten. Da sich die Versorgung perspektivisch von großen, zentralen hin zu kleinen, dezentralen KWK-Anlagen bewegt, wird auch die Wärmeerzeugung dezentral und sie muss intelligent vernetzt werden, um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Dies betrifft vor allem die Wärmeerzeugung aus Solarthermie, da diese sehr volatil ist – während die Wärmeerzeugung aus Geothermie weitestgehend gleichmäßig ist.

Um in Zukunft die Herausforderungen eines dezentralen Energiesystems zu bewältigen, wird mehr netzdienliche Flexibilität benötigt. Heute wird diese mithilfe von Redispatch-Maßnahmen und Einspeisemanagement seitens

der Netzbetreiber bereitgestellt. Die Kosten dieser Maßnahmen betragen im Jahr 2015 402,5 Millionen Euro.⁷ Diese Kosten werden in Form von Netzentgelten auf die Verbraucher abgewälzt. Allein im Redispatch betrug das Volumen 2015 16.000 GWh. Dabei könnte überschüssiger Strom aus erneuerbaren Energieträgern über regionale Smart Markets einen erheblichen Teil zur Netzstabilität beitragen. Sind ausreichend zuschaltbare Lasten wie P2G-Anlagen, Speicher oder Elektroautos vorhanden, kann der Strom an die Betreiber der genannten Anlagen verkauft werden und von diesen zur Wärmeerzeugung oder zum Laden von Elektroautos genutzt werden. Hier zeigt sich der Nutzen von regionalen Smart Markets für die Sektorenkopplung: Die intelligente Vernetzung ermöglicht eine effiziente und sogar netzdienliche Nutzung von erneuerbar erzeugtem Strom. Echtzeitdaten und moderne Analysen bzw. Prognose können hier wesentlich zur Optimierung beitragen.

Abb. 10 Jährliches Redispatch-Volumina



Quelle: BDEW auf der Grundlage von BNetzA und netztransparenz.de.

⁷ BDEW 2016.

3 Welche Möglichkeiten bietet die Anwendung von Big Data Analytics?

Big Data Analytics ist einer der Megatrends in der Informationstechnologie. Häufig wird Big Data als der Treiber der Digitalisierung gesehen. Diese Einschätzung fußt auf den neuen Möglichkeiten der Datenanalyse. Mit Big-Data-Algorithmen sind schnelle Datenströme, Datenvielfalt in unstrukturierter oder strukturierter Form, große Datenmengen und Datenunsicherheiten bzw. Ungenauigkeiten keine unüberwindbaren Probleme mehr. Die vier Vs von Velocity, Variety, Volume und Veracity beschreiben die grundlegenden Eigenschaften von Big Data.

Big Data kann die entscheidende Brücke zwischen IoT und Smart Market schlagen. Big-Data-Anwendungen können riesige Mengen an Echtzeitdaten des IoT optimal analysieren und so datenbasierte Grundlagen für marktwirtschaftliche Aktivitäten an einem Smart Market liefern. So lassen sich in Verbindung mit Predictive Analytics hochpräzise Prognosen über das Verbrauchsverhalten einzelner Geräte oder ganzer Haushalte erstellen. Auch die Erzeugung von Strom, Wärme oder Gas lässt sich sehr präzise voraussagen. Bei komplexen Modellen können alle relevanten Einflüsse für eine Voraussage herangezogen werden, beispielsweise Wetterprognosen für die Erzeugung erneuerbarer Energien.

Ein weiteres Einsatzgebiet ist die Wartung von Maschinen und Anlagen. Mit Predictive Maintenance können der Verschleiß einer Anlage oder andere wartungsrelevante Ereignisse mithilfe von virtuellen Simulationen vorhergesagt werden. Dadurch wird es möglich, Wartungsarbeiten kosten- und ausfallzeitminimal zu planen und durchzuführen.

Aus den Echtzeitdatenanalysen lassen sich zudem jederzeit aktuelle Reports erstellen. Davon profitiert die Qualität des Monitorings und der darauf beruhenden Steuerungsentscheidungen.

Ein weiterer entscheidender Vorteil von Big Data Analytics ist die Eigenschaft, dass die Algorithmen rasch an neue Rahmenbedingungen angepasst werden können. Die Tatsache, dass sie von Grund auf für unstrukturierte Datenmengen ausgelegt sind, unterstützt diese Fähigkeit. Besonders in der Energiewirtschaft, die derzeit beträchtlichen regulatorischen und gesellschaftlichen Veränderungen unterworfen ist, ist diese Eigenschaft wünschenswert.

Einziger Wermutstropfen: Big-Data-Anwendungen benötigen enorm viel Speicher- und Rechenkapazität. Doch hier kann die Cloud-Technologie eine Lösung bieten. Allerdings sollte dem Datenschutz hier in entsprechendem Maße Rechnung getragen werden. Wir empfehlen, wie schon beim IoT, diesbezügliche Überlegungen so früh wie möglich in das IT-Sicherheitskonzept einzubeziehen.

Da bei dieser Lösung möglicherweise personenbezogene Daten ausgelagert werden, sollten etwaige Bedenken durch eine frühzeitige und geeignete Kommunikation überwunden werden.

Der nächste große technologische Sprung im Bereich Big Data Analytics heißt künstliche Intelligenz (KI). KI macht Algorithmen intelligent und lernfähig. Durch kontinuierliches „Training“ wird ein Lernprozess ermöglicht, der sich in Zukunft sogar ohne menschliches Zutun weiterentwickeln soll. Zurzeit befinden wir uns in der Phase der sogenannten schwachen KI; diese ist in der Lage, konkrete Anwendungsprobleme durch die Simulation von Intelligenz lösen. Deswegen spricht man hier häufig auch von Maschinenintelligenz. Von einer starken KI spricht man, wenn diese nahezu der menschlichen Intelligenz entspricht. Sie zielt darauf ab, menschliche Emotionen, Selbstbewusstsein und Kreativität abzubilden.⁸ Mit einer starken KI können Anwendungen noch schneller und umfassender auf sich ändernde Rahmenbedingungen reagieren. Sie werden sogar fähig sein, neue Probleme kreativ zu lösen oder auch neue datenbasierte Geschäftsmodelle eigenständig zu entwickeln. Wann der Durchbruch zur starken KI gelingen wird, lässt sich heute nicht sagen. Auf jeden Fall sind bis dahin auch noch wichtige ethische Fragen durch Politik, Gesellschaft und Unternehmen zu klären. Eine rein theoretische Betrachtung offenbart aber schon das Potenzial der Technologie.

⁸ Vgl. Stuart Russel/Peter Norvig (2009).

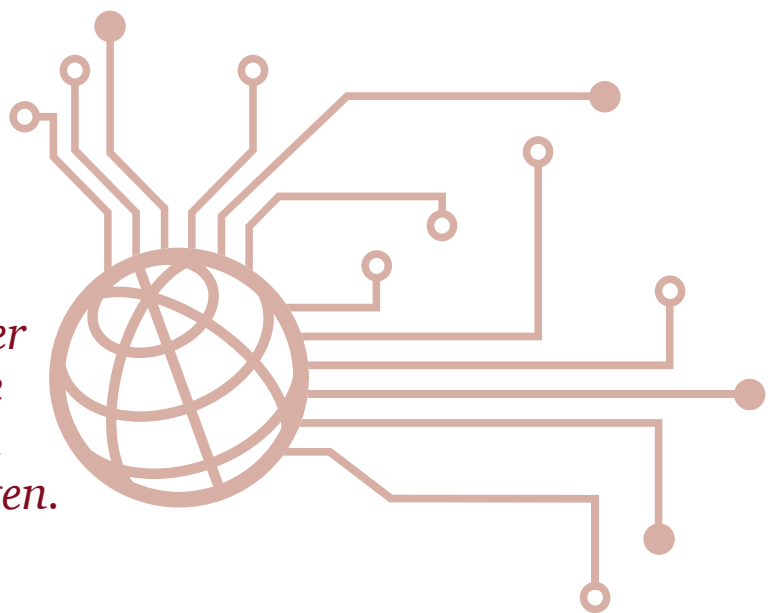
4 Anwendungen der Blockchain in dezentralen Energiesystemen

Die Blockchain ist einer der Megatrends, die sämtliche Bereiche unseres digitalen Lebens beeinflussen könnten. Entwickelt in der Finanzwelt – als Grundlage für die virtuelle Währung Bitcoin – wird sie heute zunehmend in anderen Sektoren genutzt. Überall dort, wo zentrale Instanzen Transaktionen zwischen Vertragspartnern validieren und kontrollieren, kann die Blockchain durch ihre Eigenschaft als verteiltes System das Risiko eines Single Point of Failure eliminieren. Ein zentrales System ist per Definition von einer zentralen Instanz abhängig, der alle Teilnehmer vertrauen müssen. Ist dieses Vertrauen erschüttert oder fällt die zentrale Instanz aus, bricht das System in sich zusammen. Hier kann die Blockchain ihren entscheidenden Vorteil entfalten. Sie verfügt nicht über einen einzigen vertrauensvollen Teilnehmer (Node), sondern alle Nodes sind in der Regel – je nach Ausprägung der Blockchain – berechtigt, eine Transaktion zu validieren. Des Weiteren werden alle gültigen Transaktionen in die Blockchain geschrieben und allen Nodes zur Verfügung gestellt. So entsteht ein hohes Maß an Transparenz und es ist leichter, Transaktionen nachzuverfolgen. Eine Manipulation ist damit praktisch ausgeschlossen.

Aufgrund ihrer Eigenschaften kann die Blockchain eine effiziente Peer-to-Peer-Transaktionsplattform darstellen. Jedoch sind bei öffentlichen Blockchains Nachteile wie ein hoher Energieverbrauch, eine komplexe Verwaltung von Berechtigungen und die Auswirkungen schwer vorhersagbarer, regelungstechnischer Effekte bei dezentralen Steuerungen potenzielle Hemmnisse.

In den folgenden Abschnitten erfahren Sie mehr über die Anwendungsmöglichkeiten der Blockchain in Energiesystemen, die Unterschiede zwischen öffentlichen und privaten Blockchains, die Nachteile bei der Nutzung dieser Technologie sowie rechtliche Herausforderungen.

Die Blockchain ist einer der Megatrends, die sämtliche Bereiche unseres digitalen Lebens beeinflussen könnten.



4.1 Wie kann die Blockchain in dezentralen Energiesystemen eingesetzt werden?

Im Finanzbereich hat die Blockchain bereits eine gewisse Akzeptanz erreicht; genutzte öffentliche Blockchains sind hier unter anderem Bitcoin, Ethereum, Nasdaq Linq und R3. Welche Rolle könnte die Blockchain aber im Energiehandel spielen? Vor dem Hintergrund künftiger regionaler Smart Markets kann die Blockchain die Rolle einer Peer-to-Peer-Plattform übernehmen, auf der beispielsweise EE-Anlagenbetreiber ihren Strom direkt an ihre Nachbarn verkaufen. Diese Möglichkeit sorgte 2016 bereits für große mediale Aufmerksamkeit. Damals wurden erstmals im Projekt „Brooklyn Microgrid“ die Häuser eines New Yorker Straßenzugs mit und ohne dezentrale Solarstromerzeugung vernetzt, um erzeugten Strom zu transferieren. Der Strom wurde dabei über eine Blockchain abgebildet und abgerechnet.

Die Blockchain kann aufgrund des vollständigen Nachhaltens von Transaktionen neben einfachen Transaktionen auch Herkunftsnachweise oder Eigentumsverhältnisse darstellen, beispielsweise Ökostromzertifikate oder regionale Herkunftsnachweise. Dazu muss etwa festgelegt werden, dass eine gewisse Menge Strom nur mit dem entsprechenden Zertifikat handelbar ist. Durch die kryptografischen Eigenschaften der Blockchain lassen sich diese Zertifikate nachträglich nicht mehr ändern.

Auch bei der E-Mobilität kann die Blockchain eine Rolle spielen, etwa im Bereich der Ladeinfrastruktur. Mit der Blockchain lässt sich eindeutig zuordnen, welches Auto an welcher Ladesäule lädt, und dies auch korrekt abrechnen. Ein solches Modell nutzt derzeit unter anderem das Start-up Slock.it.

Die meisten Transaktionen der angeführten Anwendungen werden aktuell noch manuell ausgelöst. Dies ist jedoch häufig ineffizient und teuer. Aus dieser Problematik heraus entstand vor einigen Jahren das Ethereum-Projekt. Ethereum ist eine Plattform, auf der Smart Contracts programmiert und ausgeführt werden können. Ein intelligenter Vertrag ist ein Programmiercode, der in einem Layer vor der Blockchain gespeichert ist. Dieser Code ermöglicht es, dass Transaktionen nach bestimmten Regeln ablaufen oder sogar nur dann ablaufen, wenn es ein solcher Smart Contract festgelegt hat.

Beschließt beispielsweise ein EVU, die Prozesse in seinen dezentralen Assets über eine Blockchain laufen zu lassen, kann es in einem Smart Contract programmieren, dass etwa im Fall der Versorgung einer Stahlproduktion die Produktionsstätte bei sinkenden Strompreisen aufgrund sonnigen Wetters günstigen Solarstrom kauft

und speichert. So muss diese Art der Transaktion nicht jedes Mal neu manuell festgelegt werden. Steigt der Strompreis wieder, kann die Stahlproduktion den günstigen Strom nutzen. Das EVU schöpft Mehrwert, indem es Gebühren für die Nutzung der Blockchain und die Bereitstellung von Speichertechnologie erhebt.

Eine für Privatverbraucher relevante Anwendung wäre ein Smart Contract zur kosteneffizienteren Nutzung der heimischen PV- oder KWK-Anlage. In diesem Vertrag kann festgelegt werden, dass bei hohen Strompreisen der produzierte oder gespeicherte Strom in das Netz eingespeist wird und bei niedrigen Strompreisen das Netz durch Stromankauf entlastet wird. Durch die Nutzung der Blockchain-Technologie und von Smart Contracts kann der moderne Prosumer vollautomatisch mit Strom handeln, während das EVU durch Gebühren wieder mitverdient.






Die genannten Anwendungsbeispiele veranschaulichen das Potenzial der Blockchain für EVUs, wobei das Image eines EVU oder Stadtwerks als lokaler vertrauenswürdiger Dienstleister ein zusätzlicher Erfolgsfaktor sein kann.

4.2 Was sollte beim Einsatz der Blockchain beachtet werden?

Zunächst muss der Blockchain-Typ festgelegt werden: öffentlich oder privat. Die meisten populären Blockchains sind öffentliche Blockchains, etwa Bitcoin oder Ethereum. Private Blockchains lassen sich leichter kontrollieren und sind leistungsfähiger, sie haben aber einen Nachteil:

den Single Point of Failure. Eine zentrale Instanz prüft die Zugangsvoraussetzungen der Teilnehmer und hat Zugriff auf sämtliche Private Keys, um diese eindeutig zu identifizieren. Damit ist ein großer Sicherheitsvorteil der Blockchain aufgehoben.

Abb. 11 Öffentliche vs. private Blockchain

öffentliche Blockchain				
anonym	öffentliche Struktur ermöglicht Vielzahl von Anwendungen	dezentrale Speicherung und Validierung durch P-2-P-Netzwerk	Änderungen nicht nachträglich möglich	höhere Betriebskosten
frei zugänglich	Handel mit jedem Nutzer			keine Betreibergebühr
 Anmeldung	 Vorbereitung Smart Contract	 Blockchain	 Manipulation	 Kosten
einladungsbasiert	Verträge zwischen Kunden auf Betreiberplattform	zentrale Speicherung und Validierung durch Betreiber	nachträgliche Änderungen möglich (z. B. aufgrund eines Rechtsstreits)	niedrigere Betriebskosten
Know-Your-Customer-Verfahren				Betreibergebühr
private Blockchain				

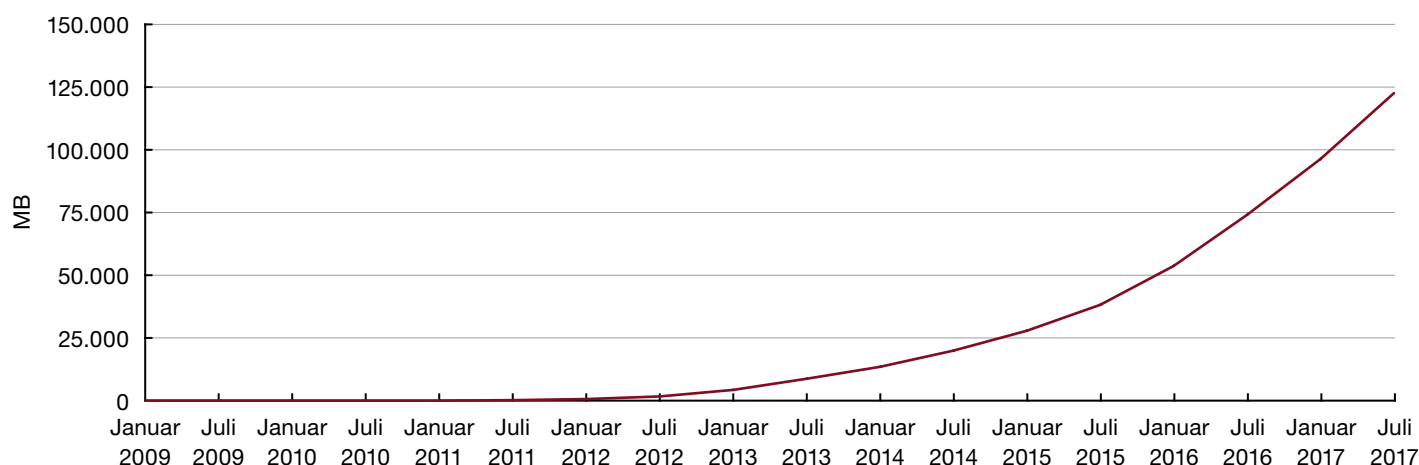
Quelle: PwC, Blockchain – Chance für Energieverbraucher?, 2016.

Da sowohl bei öffentlichen als auch privaten Blockchains die Kette mit jeder Transaktion kontinuierlich fortgeschrieben wird, entsteht eine nicht unerhebliche Menge an Daten. Die daraus resultierenden Speicherkosten dürfen von den Unternehmen nicht unterschätzt werden. Um die Transparenz und die kryptografischen Eigenschaften zu gewährleisten, führt kein Weg an der dauerhaften Speicherung sämtlicher Blockchain-Daten vorbei. Auch wenn die Speicherkosten in den letzten Jahren deutlich gesunken sind, fallen sie ab einer gewissen Datenmenge merklich ins Gewicht.

Entwickelt sich das Datenvolumen der Bitcoin- oder der Ethereum-Blockchain in demselben Umfang weiter wie in den letzten Jahren, dann sind Blockchain-Volumina von mehreren Terrabyte (TB) keine Utopie mehr (siehe Abb. 12 und 13). Durch die dezentrale Datenstruktur der Blockchain muss jeder Full Node dieses Speichervolumen dann zur Verfügung stellen. Ein Full Node speichert die gesamte Blockchain, während ein Lightweight Node lediglich die Daten der Blockchain bezieht, die er wirklich benötigt. Dabei „vertraut“ er wiederum auf einen Full Node, der alle Daten zur Verfügung stellen kann. Um innerhalb der Blockchain schürfen zu

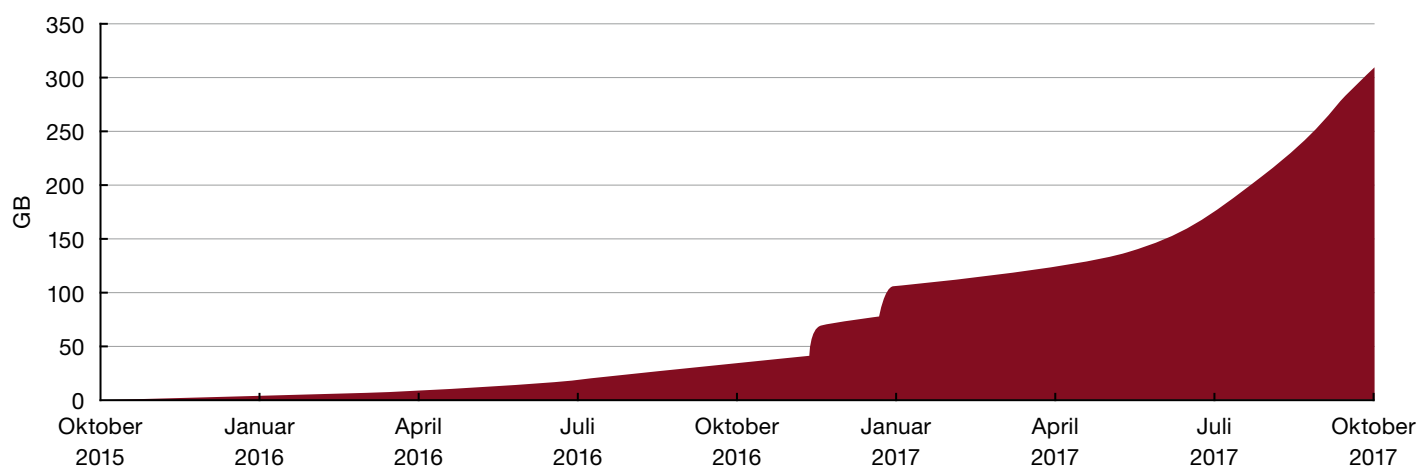
können, muss ein Teilnehmer ein Full Node sein. Mobile Endgeräte können hingegen als Lightweight Node mit der Blockchain interagieren. Vor einer Anwendung der Blockchain muss also über die Struktur der Knoten des Netzwerks entschieden werden. Nutzt man eine öffentliche Blockchain, kann es beispielsweise von Vorteil sein, nur einen Knoten als Full Node zu betreiben und die Nutzer einer bestimmten Anwendung als Lightweight Nodes agieren zu lassen.

Abb. 12 Volumen der Bitcoin-Blockchain



Quelle: blockchain.info.

Abb. 13 Volumen der Ethereum-Blockchain



Quelle: etherscan.io.

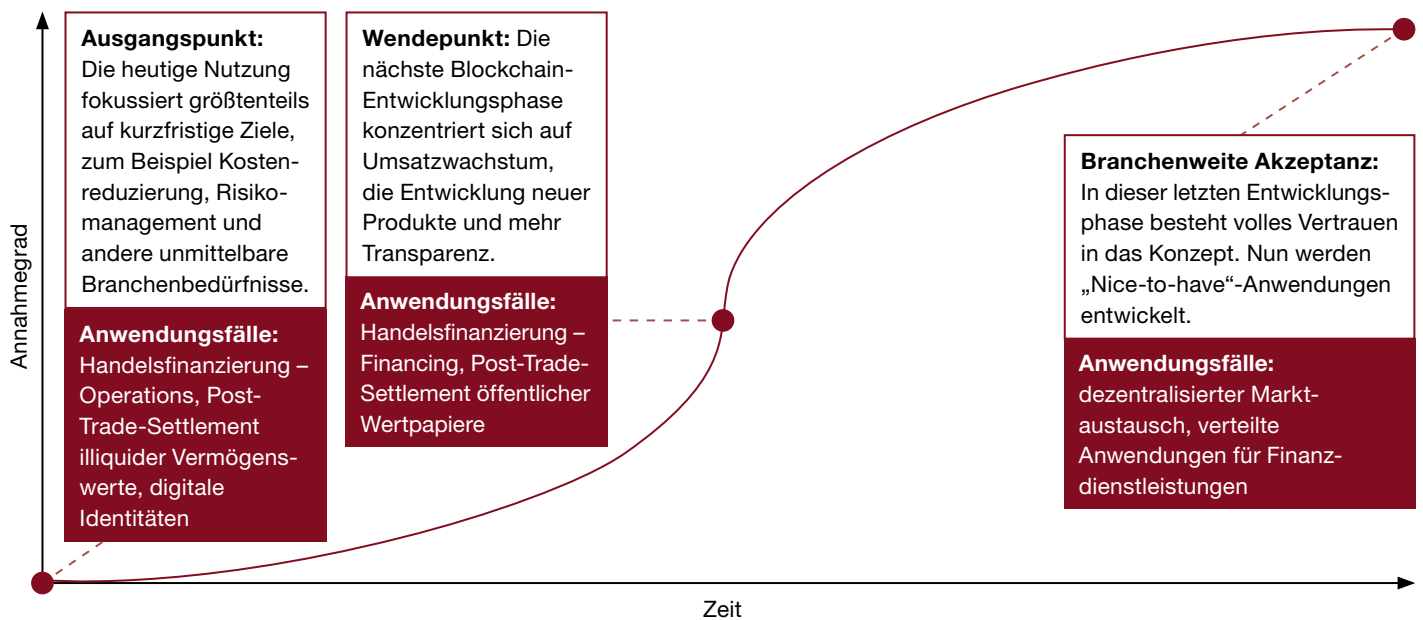
Die Nutzung von Smart Contracts führt zu einem Anstieg des Datenvolumens. Die Automatisierung von Transaktionen führt dazu, dass diese kleinteiliger werden. Auch das Volumen der Daten, auf deren Basis Smart Contracts Entscheidungen treffen, wird anwachsen.

Ein weiterer kritischer Aspekt hinsichtlich der Nutzung einer öffentlichen Blockchain ist der hohe Energieverbrauch, der mit jedem neuen Teilnehmer und jeder Transaktion,

die mit hohem Rechenaufwand verschlüsselt werden muss, weiter steigen wird. Das derzeit gängige Validierungsverfahren Proof of Work steht besonders in der Kritik. Bei diesem Konsensverfahren setzen sich die Rechner mit der größten Rechenleistung durch, weil sie dann eine höhere Chance besitzen, zufällig ausgewählt zu werden, da sie ein vorgegebenes Rechenproblem schneller lösen können. Dies führt dazu, dass Teilnehmer der Blockchain rechenstarke Server betreiben, um möglichst viele

Coins schürfen zu können. Eine aufkommende Alternative dazu ist das Verfahren Proof of Stake. Bei diesem erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, für den Validierungsprozess ausgewählt zu werden, nicht durch Schnelligkeit, sondern durch das Coin-Vermögen. Mit diesem Verfahren ließe sich die Zahl der Transaktionen erhöhen und der Energieverbrauch signifikant reduzieren.

Abb. 14 Entwicklung der Blockchain



Quellen: PwC, Use Cases for Blockchain Technology in Energy & Commodity Trading, 2017.

4.3 Welche rechtlichen Fragen gilt es noch zu klären?

Neben der Lösung wirtschaftlicher und technischer Fragen innovativer Blockchainmodelle wird die Akzeptanz und der Erfolg von Blockchain-Lösungen im Energiesektor maßgeblich davon abhängen, wie diese mit dem Rechtsrahmen in Einklang zu bringen sind. Dabei sind allgemeine zivilrechtliche Regelungen ebenso zu beachten wie energierechtliche und regulatorische Vorgaben oder das Datenschutz- und das IT-Sicherheitsrecht.⁹

Zivilrechtlich steht das Recht über das Zustandekommen und den Inhalt von Verträgen, §§ 116 ff. und §§ 145 ff. BGB, sowie das Leistungsstörungenrecht im Zentrum der Betrachtung. Hier stellt sich insbesondere die automatisierte Leistungsabwicklung aufgrund eines Smart Contracts als Herausforderung dar. Bei Smart Contracts kommt ein Vertrag durch Matching automatisch zustande: Stimmen die vorab festgelegten Bedingungen über Preis und Menge des zu kaufenden bzw. zu verkaufenden Stroms überein, kommt der schuldrechtliche Vertrag mit den essentialia negotii, das heißt dem notwendigen Mindestinhalt, insbesondere Preis und Menge, zustande. Der Leistungsaustausch, hier die „Übergabe“ des Stroms und die Bezahlung, erfolgt dann durch einen automatisierten Prozess. Geht bei der Übergabe in der realen Welt etwas schief, liegt also eine Leistungsstörung vor, stellt sich die Frage nach der Rückabwicklung des Geschäfts. Da die Transaktion, das heißt das der Übergabe und Bezahlung zugrunde liegende schuldrechtliche Geschäft, in der Blockchain durch übereinstimmende Willenserklärungen korrekt zustande gekommen und unveränderlich festgeschrieben ist, kann auch die dadurch ausgelöste automatische Leistungserbringung in der realen Welt nicht ohne Weiteres rückabgewickelt werden. Dazu bedürfte es einer erneuten Rückabwicklungstransaktion, die einen automatischen Rückabwicklungsprozess

in der realen Welt auslöst. Und immer, wenn sich die Parteien im Fall der Leistungsstörung nicht einigen können, wäre eine dritte Instanz erforderlich, die über die Rechtmäßigkeit der Rückabwicklung entscheidet.

Energierechtlich treffen die Teilnehmer eines Blockchainbasierten Peer-to-Peer-Stromhandels zudem vielfältige Pflichten, die von vorneherein auf eine vollautomatische Abwicklung ohne menschliche Eingriffe ausgerichtet sind. So können beispielsweise Teilnehmer eines Blockchainbasierten Peer-to-Peer-Stromhandels als Prosumer zugleich Erzeuger, Lieferanten und Letztverbraucher sein. In ihrer Rolle als Lieferanten können sie durch die Belieferung von Haushaltskunden zum EVU im Sinne des § 5 EnWG werden. Sie müssen ihre Tätigkeit der Regulierungsbehörde anzeigen und ihre Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit darlegen. Sie müssen zudem § 41 EnWG über Energielieferverträge mit Haushaltskunden einhalten, wonach Verträge etwa Angaben zu Preisanpassungen, Rücktrittsrechten und zum Lieferantenwechsel enthalten müssen. Bei einem vollautomatisierten Lieferprozess auf Basis von Smart Contracts sind die Vorgaben für den Lieferantenwechsel ebenfalls problematisch. Lieferantenwechselprozesse gehen heute von einem möglichen Wechsel innerhalb von Tagen oder Wochen aus. In einem automatisierten Blockchain-Liefermodell wird hingegen mit jedem abgeschlossenen Smart Contract, das heißt mit jedem Matching, potenziell der Lieferant gewechselt. Gemäß § 60 EEG müssen die Prosumer in ihrer Rolle als Lieferanten zudem die EEG-Umlage an den Übertragungsnetzbetreiber zahlen und sie trifft die Pflicht zur Entrichtung der Stromsteuer gemäß § 5 StromStG. Bei einem vollständig dezentralen Liefermodell, bei dem es keine zentrale Instanz gibt, stellt sich schließlich die Frage, wer für das Bilanzkreismanagement zuständig ist.

In einem vollständig dezentralen System stellt sich auch die Frage, wer für die Sicherheit des Systems insgesamt verantwortlich ist. Dabei sind Datenschutz und IT-Sicherheit in einem auf der Blockchain basierenden Stromhandelsmodell von besonderer Bedeutung. Denn die Daten jeder einzelnen Transaktion sind in den derzeitigen Modellen auf jedem Computer eines Blockchain-Netzwerks gespeichert und damit von den jeweiligen Nutzern einsehbar. Von grundlegender Bedeutung sind auch die Vorgaben des IT-Sicherheitsgesetzes, das Betreibern kritischer Infrastruktur wie der Energieversorgung die Einhaltung bestimmter Mindeststandards aufgibt.

Die Einbettung eines Peer-to-Peer-Handels auf Grundlage der Blockchain-Technologie in den heute bestehenden Rechtsrahmen ist aufgrund der rechtlichen und regulatorischen Vorgaben derzeit nur in Form eines vertraglich abgebildeten Dienstleistungsmodells denkbar. Dabei könnte ein Dienstleister, etwa ein EVU, seinen Endkunden die technische Anwendung der Blockchain zur Verfügung stellen und die Einhaltung der rechtlichen und regulatorischen Vorgaben „stellvertretend“ gewährleisten. Der Dienstleister könnte etwa das Bilanzkreismanagement übernehmen und für die Lieferung bzw. die Abnahme von Ersatz- und Überschussmengen sorgen. Er könnte gegebenenfalls weitere Pflichten übernehmen, die den Prosumer in seiner Rolle als Lieferanten treffen. So könnte der Dienstleister die Prosumer, die Strom an andere Haushaltskunden des Blockchain-Netzwerks liefern und dadurch gemäß § 5 EnWG anzeigespflichtig sind, durch vertragliche Vereinbarung, etwa in Form einer Vollmachtserteilung, als Energielieferanten bei der Regulierungsbehörde anzeigen. Denkbar wäre auch die Abwicklung der EEG-Umlage und der Stromsteuer durch den Dienstleister.

⁹ Scholtka/Martin 2017 und Lehner 2017.

4.4 Wie wird die Blockchain bisher im Energiebereich eingesetzt?

Solche Geschäftsmodelle würden die Möglichkeit bieten, bereits im heute bestehenden Rechtsrahmen Erfahrungen mit den Chancen und Risiken der Blockchain-Technologie zu sammeln. Dem Kern der Blockchain-Idee, nämlich ein Netzwerk ohne zentrale Kontrollinstanz zu schaffen, läuft ein solches Dienstleistermodell freilich zuwider. Für die klassischen EVUs könnten derartige Blockchain-Modelle allerdings ein erhebliches Kundenbindungspotenzial bergen.

Neben Peer-to-Peer-Stromhandelsmodellen hat die Blockchain-Technologie auch im Netzbereich großes Potenzial. Hier bieten sich insbesondere Chancen für Geschäftsmodelle im Bereich der E-Mobilität, etwa beim Betrieb von Ladesäulen oder im Bereich des Lastmanagements. Nicht zuletzt im Bereich des Datenmanagements könnte die Blockchain-Technologie an Bedeutung gewinnen. So wird sich im Rahmen des Rollouts intelligenter Messgeräte zunehmend die Frage stellen, ob und inwieweit die Ables- und Abrechnungspraxis des Messstellenbetreibers durch Blockchain-Anwendungen ersetzt oder zumindest vereinfacht werden kann. Die rechtlichen Herausforderungen sind bei netzbezogenen Geschäftsmodellen wiederum andere als bei Geschäftsmodellen eines Peer-to-Peer-Stromhandels. Generell gilt, dass für eine möglichst rechtssichere Einbettung von Blockchain-Modellen in den Rechts- und Regulierungsrahmen jedes Geschäftsmodell gesondert betrachtet werden muss.

Neben dem bereits vorgestellten Projekt „Brooklyn Microgrid“ gibt es weitere nennenswerte Pilotprojekte im Energiebereich, darunter trotz des schwierigen rechtlichen Rahmens auch einige in Deutschland.

Eines wurde im März 2016 von innogy und Slock.it gestartet. Das Projekt mit dem Namen „Share & Charge“ ermöglicht es Kunden, eine Ladestation für E-Autos direkt über eine App freizuschalten und den bezogenen Strom über die Blockchain abzurechnen. Der Anbieter der Ladesäule wird dabei mit Tokens vergütet, die er im digitalen Ökosystem einlösen kann. Für Share & Charge wird die Plattform Ethereum verwendet. Um einen hohen Automatisierungsgrad zu erreichen, sollen in Zukunft Smart Contracts eingebunden werden können.

Im Mai 2017 wurde das Pilotprojekt des Übertragungsnetzbetreibers TenneT gemeinsam mit der sonnen GmbH gestartet. Als erster Übertragungsnetzbetreiber nutzt TenneT dabei mit der Blockchain vernetzte, dezentrale Heim Speicher für Redispatch-Maßnahmen zur Stabilisierung des Stromnetzes. Der flexible Einsatz von Batteriespeichern von sonnen soll netzstabilisierende Notmaßnahmen des Übertragungsnetzbetreibers reduzieren.

Ein weiteres Projekt ist „Enerchain“ der Firma Ponton. Mit Enerchain können Marktakteure Strom über eine P2P-Plattform handeln. Ende 2016 wurde bereits ein grenzüberschreitendes Handelsgeschäft innerhalb Europas über die Blockchain abgewickelt. Ziel des Projekts ist es, lokal erzeugten Strom über die Blockchain zu handeln.

Die Plattform SolarChange soll Anreize bieten, um Solarenergie effizienter und in größerem Umfang zu nutzen. Über sie kann man SolarCoins handeln. Diese SolarCoins sind eine auf Blockchain basierende Kryptowährung für den Handel mit Solarstrom. Die Wertschöpfung erfolgt durch die Erzeugung von Solarenergie. Für jede produzierte Megawattstunde erhält man von der Plattform einen SolarCoin.

Während SolarChange sich auf den Handel mit Solarstrom spezialisiert hat, bedient die Plattform Power Ledger sämtliche Energieträger. Über sie können mehrere Applikationen zur Schaffung eines intelligenten Energiehandels laufen.

Seit Juli 2017 planen die Stadtwerke Uelzen gemeinsam mit fünf weiteren Stadtwerken des Trianel-Netzwerks die Entwicklung einer Blockchain-App als Pilotprojekt. Dabei sollen die Stadtwerke als Enabler bzw. Plattformbetreiber agieren und 50 Stromkunden sowie 15 Erzeuger untereinander vernetzen. Der Stromkunde kann über die App sein gewünschtes Belieferungsprofil vorgeben und die Stadtwerke gleichen dieses mit dem Erzeugungsprofil ab.

Aktuell arbeitet PwC zusammen mit einem großen Stadtwerk an einem Konzept zur autarken Versorgung eines festgelegten Netzbereichs. Dabei werden Verbraucher, Produzenten und Speicher so miteinander vernetzt, dass sie die meiste Zeit ohne Energiebezug von außerhalb auskommen können. Wenn die Erzeugung und die gespeicherte Energie innerhalb des Netzbereichs nicht ausreichen, um den Verbrauch zu decken, wird Energie von außen zugekauft. Gesteuert wird alles von einer Blockchain, die auf der Basis von Echtzeitdaten Entscheidungen trifft. Diese Echtzeitdaten können über Technologien des IoT wirtschaftlich und effizient erhoben werden.

4.5 Wie sehen Unternehmen die Chance für ihr Geschäft?

Die Blockchain bietet trotz nicht gelöster Herausforderungen ein großes Potenzial und könnte sich disruptiv auf viele Bereiche der Energiewirtschaft auswirken. Doch wie sehen energie-wirtschaftliche Akteure die Chancen der Blockchain für Energiesysteme und ihr Geschäft?

Nach einer von PwC durchgeführten Umfrage unter energiewirtschaftlichen Akteuren könnten sich 56% vorstellen, die Blockchain einzusetzen. Dagegen stehen 38%, die sich dies nicht vorstellen können.

Von den Bedingungen, die 56% der Befragten an einen Einsatz der Blockchain geknüpft haben, wurde am häufigsten diejenige angeführt, dass sich der regulatorische Rahmen ändern muss. Auch der schon angesprochene hohe Energieverbrauch und die langsamen Transaktions-geschwindigkeiten müssen sich laut Befragten stark verbessern. Nur so könne die Blockchain an wirtschaftlicher Akzeptanz gewinnen.

Wie die Befragten mögliche Einsatz-felder der Blockchain gewichteten, zeigt Abbildung 16.

Des Weiteren halten einige Akteure eine Anwendung der Blockchain im Peer-to-Peer-Energiehandel für höchst sinnvoll und sehen die Relevanz der Blockchain im intelligenten, lokalen Handel von Strom. Auch Flexibilitätsvermarktung und Vertragsvereinbarungen wurden als sinnvolle Anwendungen genannt. Ein Start-up gab sogar an, bereits den Netzausgleich über die Blockchain abzuwickeln.

Unsere Umfrage zielte auch auf das disruptive Potenzial der Blockchain ab. Auf die Frage, ob die Blockchain Energieversorger auf lange Frist obsolet machen könnte, antworteten fast alle Befragten mit Nein. EVUs haben sich in den letzten Jahren mit der

Abb. 15 Könnten Sie sich vorstellen, die Blockchain einzusetzen?

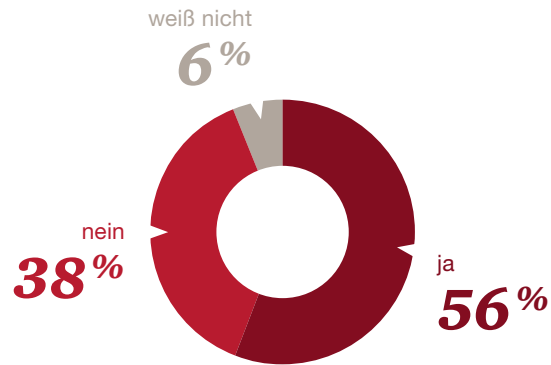
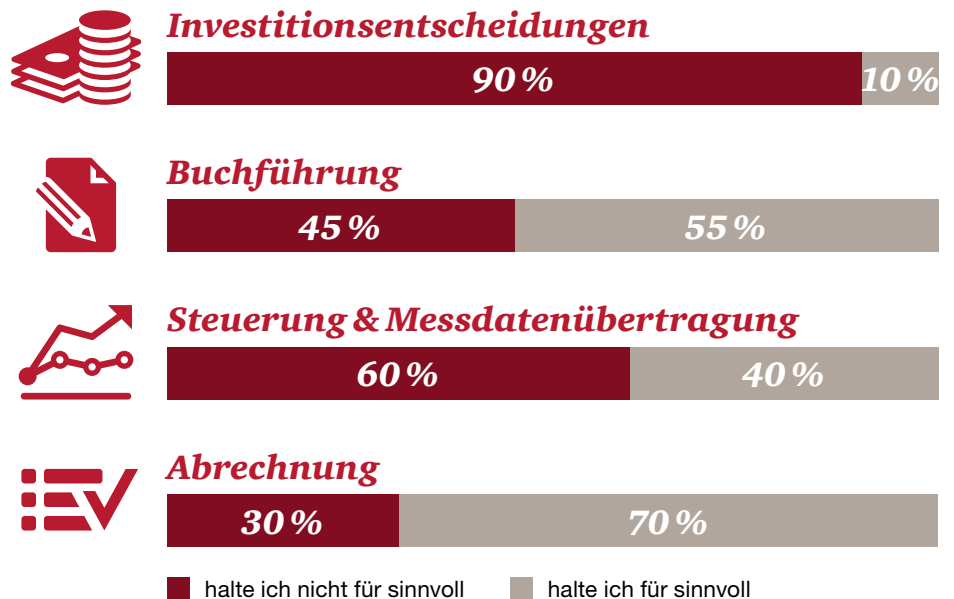


Abb. 16 Gewichtung der Blockchain nach möglichen Einsatzfeldern



Erweiterung ihres Leistungsportfolios auf der Grundlage neuer Technologien befasst und könnten so in Verbindung mit ihrer lokalen Vertrauensstellung neue Geschäftsmodelle erfolgreich umsetzen. Der Versorger der Zukunft wird also möglicherweise eher Dienstleistungen erbringen, als dass er Anlagen betreibt, und könnte somit ein Nutznießer der Blockchain-Technologie sein. Die Projekte, an denen Energieversorger beteiligt sind, zeigen

schon in diese Richtung. Mehrheitlich wird die Blockchain als Treiber von Effizienz, Automatisierung und neuer Geschäftsmodelle gesehen. Für die klare Mehrheit der befragten energie-wirtschaftlichen Akteure stehen die Chancen der Blockchain-Technologie und nicht die Risiken oder Nachteile im Vordergrund. Doch der Umgang mit diesen wird letztendlich über die Akzeptanz und Einsatzfähigkeit der Technologie entscheiden.

5 Welche Vorteile bieten moderne Speichertechnologien dem intelligenten Energiesystem?

In einem intelligenten, dezentralen Energiesystem können Speicher eine stabilitätssichernde Flexibilität ermöglichen. In Zeiten, in denen mehr Strom erzeugt wird als tatsächlich benötigt, kann ein Speicher dazu dienen, diesen überschüssigen Strom aufzunehmen und vorzuhalten. Dabei kann ein Stromspeicher in den unterschiedlichsten Betriebsstrategien gefahren werden: Der Betreiber kann hauptsächlich netzdienliche Leistungen, etwa Regelenergie, erbringen. Agiert er mit seiner Batterie an einem regionalen Smart Market, kann er aber auch alle dort angebotenen Handelsszenarien bedienen und so zu einem höheren regionalen Kapazitätsangebot beitragen.

Neben Strom kann auch Gas oder Wärme gespeichert werden. Zum einen lässt sich Gas für den Gebrauch in KWK-Anlagen wie Blockheizkraftwerken oder Brennstoffzellen in lokalen Speichern vorhalten, andererseits ist auch das Gasnetz ein großer Speicher.

Es gibt bereits einige Power-to-Gas-Prototypen, bei denen das erzeugte Gas, zum Beispiel Wasserstoff, in das Gasnetz eingespeist wird. Des Weiteren kann eine reversibel betreibbare Brennstoffzelle sogar eine weitgehend autarke Strom- und Wärmeversorgung gewährleisten. Ist der Strompreis teuer, kann die Zelle aus Wasserstoff oder Erdgas Strom erzeugen. Sinkt der Strompreis, kann Strom eingekauft werden, um wiederum Gas zu produzieren. Der Strompreis sollte dabei aber günstiger sein als die Anschaffung von Gas auf herkömmlichem Weg. Die bei beiden Reaktionen anfallende Abwärme kann wirkungsgradsteigernd zur residualen oder prozessualen Wärmeversorgung genutzt werden. Die Möglichkeit der Wärmespeicherung ist besonders für die wärmeintensive Industrie von Vorteil. Wird die Wärme zu Zeiten niedriger Strom- oder Gaspreise produziert, kann man sie für Zeiten teurer Energieträger vorhalten. So lässt sich die Wärmeversorgung kostenoptimal gestalten.

Mit dem Speichern von Energie lassen sich gänzlich neue Geschäftsmodelle entwickeln. Im Zusammenspiel mit IoT und Big Data könnten Energieträger optimal über Sektorengrenzen hinweg eingesetzt werden. Erste Anbieter werben bereits mit rentablen Stromspeichern. Auch Stadtwerken bietet sich mit solchen Modellen ein enormes Erlöspotenzial sowie ein hohes Kundenbindungspotenzial. Voraussetzung für eine optimierte Einbindung von Speichern in die Versorgung ist jedoch die Schaffung einer digitalisierten Infrastruktur, wie sie in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben wurde.

Die Akzeptanz von Speichertechnologien hängt stark von ihrer weiteren technologischen Entwicklung ab, etwa davon, ob Batterien mit hoher Energiedichte bei gleichzeitig hoher Leistungsdichte entwickelt werden. Auch die Entwicklung im Bereich der Brennstoffzelle – und dort vor allem in puncto Wirkungsgrad – wird entscheidend für die Wirtschaftlichkeit und Verbreitung dieser Technologie sein.



D Welches Zielbild ergibt sich und was bedeutet das für die Unternehmen?

Neue Technologien wie IoT, Big Data oder Blockchain bieten Werkzeuge, um die Herausforderungen heutiger und zukünftiger dezentraler Energiesysteme anzugehen. Es ergibt sich ein neues Zielbild für das virtuelle Kraftwerk: Das virtuelle Kraftwerk wird analog zum klassischen Vertriebsgeschäft mit seinen vielen Einzelkunden viele Anlagen gleichzeitig steuern, inklusive einer völlig neuen Wechseldynamik. Im Gegensatz zum klassischen Vertriebsgeschäft wird es dies aber in Echtzeit leisten. „Echtzeit“ bezieht sich dabei auf die komplette Prozesskette, von der leittechnisch orientierten Kommunikation mit den Anlagen über die mathematische Optimierung bis hin zum Auto- und Algotrading am Energiemarkt. Die neuen Technologien bieten die dafür nötige Performance, Intelligenz und Integrationsfähigkeit. Der interessierte Betreiber sollte sich mit diesen Technologien auseinandersetzen und sein virtuelles Kraftwerk entsprechend aufrüsten.

Mit dem IoT lassen sich Echtzeitdaten – selbst von kleineren Verbrauchern – wirtschaftlich erheben und auf dieser Basis Smart Grids oder regionale Smart Markets optimieren. Dabei können Big-Data-Anwendungen weiter zur Optimierung von Erzeugung, Verbrauch und Netz beitragen. Findet die Kommunikation über das Internet statt oder werden große Datenmengen gesammelt, wie es bei IoT und Big Data der Fall ist, sollten sich die Akteure frühzeitig und intensiv mit dem Thema IT-Sicherheit und Datenschutz beschäftigen. Ein sicheres Werkzeug für den Peer-to-Peer-Handel kann die Blockchain bieten. Ihr hoher Energieverbrauch, langsame Transaktionsgeschwindigkeiten sowie rechtliche Hürden behindern derzeit jedoch noch die breite Akzeptanz dieser Technologie.

Im Bereich Big Data kann künstliche Intelligenz (KI) Algorithmen lernfähig machen. Dies führt zu einer hohen Flexibilität und Anpassungsfähigkeit in Bezug auf sich verändernde Rahmenbedingungen. Bislang lernen die Algorithmen jedoch nur durch menschliches Zutun. Wann der Schritt in Richtung starke, also selbstlernende KI erfolgt, ist schwer abzuschätzen und hängt auch von der Beantwortung wichtiger ethischer Fragen ab, auf die Politik, Gesellschaft und Unternehmen Antworten finden müssen.

In den nächsten Jahren wird der Ausbau dezentraler Erzeugung weiter mit hohem Tempo voranschreiten. In welchem Umfang moderne Speichertechnologien dann zur Flexibilität beitragen werden, hängt stark vom technologischen Fortschritt ab. Im Verkehrssektor wird insbesondere die Entwicklung der Batterie- und Brennstoffzellentechnik für die Akzeptanz und die Durchsetzungsfähigkeit der E-Mobilität entscheidend sein. Aber nicht nur die Speichertechnologie, sondern auch die Lademöglichkeiten und der damit einhergehende Netzausbau werden den zeitlichen Rahmen der Entwicklung bestimmen. Die Optimierungsmöglichkeiten, die Big Data und IoT eröffnen, könnten beispielsweise das Maß des nötigen Netzausbaus verringern und zusätzliche Geschäftsmodelle bieten.

Durch den Wandel hin zu diesen Technologien wird die intelligente Integration dezentraler Anlagen einfacher und energiewirtschaftliche Unternehmen können sich im Zuge dessen mehr auf ihre Geschäftsmodellentwicklung konzentrieren. Eine umfassendere Integration dezentraler Anlagen und die Nutzung

von Big-Data-Anwendungen zieht die Veränderung nicht nur technischer, sondern auch organisatorischer Prozesse all derjenigen Geschäftsbereiche, die Teil eines intelligenten, dezentralen Energiesystems sind, nach sich. Besonders Handel, Beschaffung, Abrechnung und Technical Field Service müssen zukünftig organisatorisch genauso flexibel wie ein Anlagen- und Netzbetrieb sein.

Die Entwicklung datenbasierter Geschäftsmodelle, der intelligente Handel und Anlagenbetrieb in Smart Markets sowie der intelligente Netzbetrieb in Smart Grids ist besonders für Stadtwerke und kleinere bis mittlere Energieversorger eine große Herausforderung. Ihnen fehlt oftmals geeignetes Fachpersonal und ihre Organisation ist zu starr, um den Technologiewandel für sich zu nutzen. Dagegen besitzen sie einen langjährigen Kundenstamm und verarbeiten jeden Tag unzählige Kunden- und Anlagen-daten. Diese Daten gilt es nun für zukünftige Geschäftsmodelle zu nutzen. Während kleinere Versorger und Stadtwerke sich langsam an datenbasierte Geschäftsmodelle herantasten, haben große Versorger diese meist schon längst in ihrem Portfolio. Doch in den Großorganisationen existieren häufig viele Systeme nebeneinander. Hier ließen sich zahlreiche Prozesse optimieren, indem die IT-Architektur aufgeräumt und beispielsweise als Plattform gestaltet wird. Eine offene und flexible Plattform gestattet es Unternehmen, neue Geschäftsmodelle schnell und direkt auf der Plattform zu entwickeln. Außerdem kann so zügig und effektiv auf neue Trends und Regularien reagiert werden. Eine technisch und organisatorisch flexible, offene Architektur ist der Grundstein für die Entwicklung und Nutzung neuer digitaler, intelligenter Geschäftsmodelle.

E Wie wir Sie unterstützen können

Wir unterstützen unsere Kunden bei der digitalen Transformation der Energiewirtschaft, damit sie sich zukunftsfähig aufstellen können und weiterhin erfolgreich sind. Wir sind uns bewusst, dass die Einführung neuer, dezentraler Technologien eine komplexe Integrationsaufgabe darstellt und nutzen dafür unser gesamtes Know-how, unsere Ideen und unsere Innovationskraft. Wir kennen und verstehen zudem die Prozesse der Energiewirtschaft und können diese mit den Anforderungen der neuen Technologien in Einklang bringen.

1 Unser Ansatz

Der Wandel des Energiesystems erfordert angepasste oder neue Geschäftsmodelle und eine entsprechende zukunftsfähige technische und organisatorische Architektur. Deshalb begleiten wir unsere Kunden während des kompletten Zyklus von der Geschäftsidee über die Planung bis hin zur Umsetzung und Erfolgsmessung. Mit unserem integrativen Ansatz beraten wir Sie zu allen technologischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Fragen. Dazu können wir bei Bedarf auf die Expertise unseres weltweiten PwC-Netzwerks zurückgreifen.

Mit unserem maßgeschneiderten Komplettpaket sind Sie bestens für die Implementierung neuer Technologien und Geschäftsmodelle gewappnet. Während wir als Architekten und Bauleiter Ihre neue digitale Architektur errichten, können Sie sich weiterhin ganz auf Ihr Geschäft konzentrieren.

2 Unser Vorgehen

Zunächst führen wir eine Standortbestimmung durch; wir ermitteln anhand einer Umfeldanalyse, wo unser Kunde steht und wo seine Stärken und möglichen Schwächen liegen. Gemeinsam mit ihm klären wir die Frage, ob die vorhandene IT-Architektur die nötige Flexibilität besitzt, um Anwendungen des IoT und von Big Data Analytics optimal und effektiv zu nutzen. Wir betrachten die Situation dabei immer ganzheitlich, das heißt wir berücksichtigen die geschäftliche Perspektive, das vorhandene IT-Know-how, den Technologieeinsatz, das regulatorische Umfeld sowie den Steuer- und Rechtsrahmen. Daraus lassen sich Aussagen über das grundsätzliche Geschäftsmodell, das anzustrebende Leistungsangebot und eine sinnvolle Fertigungstiefe ableiten. In dieser Phase wird auch festgelegt, an welchen Kennzahlen der spätere Erfolg messbar sein wird. Auf der Basis dieser Ergebnisse können Unternehmen, Anteilseigner und Aufsichtsgremien dann ihre grundsätzliche Entscheidung treffen.

Im nächsten Schritt beginnt die konkrete Maßnahmenplanung. Auch hier werden alle Betrachtungsebenen berücksichtigt, damit eine gute Idee zur Ausgestaltung eines IoT-Ökosystems und der Nutzung von Big Data nicht nur technologisch umsetzbar ist, sondern auch die gewünschten kommerziellen Effekte unter Einhaltung steuerlicher und rechtlicher Rahmenbedingungen erzielt.

Das Ergebnis ist eine vollumfängliche Umsetzungsplanung samt IT-Strategie, -Roadmap und -Sicherheitskonzept.

Anschließend begleiten wir unsere Kunden in die praktische Umsetzung. Diese umfasst sowohl organisatorische und prozessuale Maßnahmen als auch die Suche nach den richtigen Technologie- und Lösungslieferanten, Partnern und Dienstleistern. Hier kommt unseren Kunden unser umfangreiches Branchennetzwerk zugute, zu dem auch innovative Unternehmen und Start-ups zählen. Zur Umsetzung gehört es für uns auch, den verlässlichen Rahmen samt gegebenenfalls erforderlicher Zertifizierungen, etwa zur IT-Sicherheit, zu schaffen. Wir schauen uns mit unseren Kunden vor Ort die Anlagen an und stehen dafür ein, dass von der Regelungs- und Leittechnik über die Optimierung und Prognose bis hin zum Handel und dem Backoffice alles zusammenpasst, inklusive der zugehörigen Verträge und der rechtlichen Compliance.

Ziel unserer Projekte sind Qualität und Erfolg. Um dies zu erreichen, messen wir den Erfolg anhand des festgelegten Kennzahlensystems und sorgen für die notwendigen Tests und Abnahmen. Nachjustierungen und agile Anpassungen betrachten wir dabei als Chance für weitere Optimierungen.

F Angaben zu den Umfrageteilnehmern

Nachfolgend stellen wir kurz eine Auswahl der Unternehmen vor, die an der flankierenden Umfrage zu unserer Untersuchung teilgenommen haben. Für die Beschreibung der Unternehmen haben wir auf Angaben der Unternehmen zurückgegriffen.

AKTIF Technology GmbH

Die AKTIF-Gruppe bietet seit 1997 flexible und lösungsorientierte IT-Systeme und Dienstleistungen aus einer Hand für die Abwicklung der Marktprozesse in Energiehandel, -überwachung und -vertrieb an. Die unabhängigen Unternehmen beraten und unterstützen Kundenunternehmen bei der Bewältigung aller Herausforderungen des sich wandelnden Energiemarktes. Zu den Kunden gehören unter anderem die Österreichische Bundesbahn, die EDEKA Versorgungsgesellschaft mbH, die meistro Energie GmbH und die natGAS AG.

AVAT Automation GmbH

AVAT ist ein 1988 gegründetes, unabhängiges mittelständisches Unternehmen mit über 80 Mitarbeitern, überwiegend Ingenieure unterschiedlichster Fachrichtungen. AVAT entwickelt innovative Produkte für dezentrale Energiesysteme, zum Beispiel Motormanagementsysteme für große BHKW-Gasmotoren. In diesem Technologiesegment ist AVAT eines der weltweit führenden Unternehmen. Darüber hinaus verfügt AVAT auch über vertiefte Kenntnisse in der Energiewirtschaft und realisiert durchgängige Automations- und Leittechniklösungen für die Energiewirtschaft: Heizkraftwerke, Energiezentralen, virtuelle Kraftwerke/Smart Grids, Erzeugungs- und Lastmanagement, EE-Integration, hybride Energiesysteme, Quartierslösungen.

Bosch Software Innovation GmbH

Seit rund zehn Jahren gestaltet Bosch Software Innovation aktiv das Internet der Dinge. Bei Bosch SI begleiten IoT-Consultants, Softwareentwickler, Lösungsarchitekten, Projektmanager, UX-Designer, Geschäftsmodellinnovatoren und Trainer Kunden von der IoT-Idee über die Definition von Strategien bis zur Implementierung. Dabei hat Bosch SI weltweit bereits über 250 IoT-Projekte, unter anderem in den Bereichen Connected Mobility, Connected Energy, Connected Building, Smart City und Industry 4.0, realisiert. Als Tochterunternehmen der Robert Bosch GmbH ist die Bosch SI fest in der Bosch-Gruppe verankert und unterstützt deren Geschäftsbereiche partnerschaftlich beim Aufbau von IoT-Technologie und -Kompetenzen.

BTC AG

Die BTC Business Technology Consulting AG ist ein IT-Consulting-Unternehmen in Deutschland mit Niederlassungen in China, Japan, Polen, Rumänien, der Schweiz und der Türkei. Das Unternehmen mit Hauptsitz in Oldenburg ist Partner von SAP und Microsoft. BTC hat ein ganzheitliches, auf Branchen ausgerichtete IT-Beratungsangebot und damit eine führende Position in den Bereichen Energie, Telekommunikation, Öffentlicher Sektor, Industrie und Dienstleistungen. Das Angebot umfasst Beratung, Systemintegration sowie Applikations- und Systemmanagement. Ein weiterer Fokus liegt auf energienahen Softwareprodukten und Software-as-a-Service-Dienstleistungen in den Bereichen Netzleitsysteme, Smart-Meter-Managementsysteme sowie virtuelle Kraftwerke.

Compello GmbH

Die Compello GmbH bietet eine im deutschen Mittelstand praxisbewährte Lösung für Austausch und Verarbeitung elektronischer Daten – zwischen Unternehmen und innerhalb eines Unternehmensnetzwerks. Der Fokus von Compello liegt auf Electronic Data Interchange (EDI) und Enterprise Application Integration (EAI). Unternehmen des deutschen Mittelstands quer durch alle Branchen setzen auf die Datendrehscheibe von Compello. Besonders beliebt ist Compello in der Textil- und Fashionbranche. Dort hat Compello 2001 gemeinsam mit dem Bundesverband des Deutschen Textileinzelhandels (BTE) die cloudbasierte Datendrehscheibe BTE Clearing Center entwickelt. Zudem schätzen vor allem die Branchen Energie, Telekommunikation, Automotive, Handel und Fertigung die Angebote von Compello.

E.ON SE

E.ON ist ein internationales privates Energieunternehmen, das sich auf Energienetze, Kundenlösungen und erneuerbare Energien und damit auf die Bausteine der neuen Energiewelt konzentriert. E.ON bietet für diese Bausteine Lösungen. Dabei hat E.ON einen klaren Fokus auf seine Kunden: Privatkunden und Familien, kleine und mittlere Unternehmen sowie Städte und Gemeinden. E.ON richtet sich auf die neue Energiewelt mit selbstständigen Kunden, erneuerbarer und dezentraler Energieerzeugung, Energieeffizienz, lokalen Energiesystemen und digitalen Lösungen aus. Die Strategie von E.ON besteht darin, mithilfe kontinuierlicher Innovation, einer klaren Nachhaltigkeitsorientierung und einer starken Marke in allen Geschäftsfeldern Mehrwert zu schaffen.

General Electric Corporation

GE ist eines der größten digitalen Industrieunternehmen. GE entwickelt softwarebasierte Technologien und Lösungen, die vernetzt, reaktionsschnell und vorausschauend sind. Der Wissensschatz von GE ist global und lebt vom ständigen Austausch durch den GE Store, in dem alle Geschäftsbereiche ihre Technologien, Strukturen und ihr Wissen weitergeben und auf dieselben Ressourcen zugreifen können. Jede Erfindung treibt Innovationen und Anwendungsmöglichkeiten in unseren Industriezweigen voran. GE spricht die Sprache der Industrie: Mit seinen Mitarbeitern, Services, Technologien und Ressourcen liefert GE bessere Ergebnisse für seine Kunden. In Deutschland ist GE an mehr als 50 Standorten mit über 10.000 Mitarbeitern vertreten. Schwerpunkte sind Digitalisierung, grüne Technologien, Medizintechnik sowie Forschung und Entwicklung.

KISTERS AG

Das 1963 als Ingenieurbüro gegründete, mittelständische Unternehmen KISTERS entwickelt heute Softwarelösungen für nachhaltiges Ressourcenmanagement von Energie, Wasser und Luft, für Umweltschutz und Sicherheit, Logistik, Monitoring sowie 3-D-Viewing. Das Unternehmen mit über 500 Mitarbeitern, Hauptsitz in Aachen und zahlreichen internationalen Töchtern ist aufgrund von Fachkompetenz, Einsatz- und Branchenerfahrung ein international gesuchter Lösungspartner. Mehr als 750 Unternehmen aus der Energiewirtschaft und der Industrie setzen auf KISTERS Software. KISTERS entwickelt marktkonforme und zukunftsweisende Softwarelösungen für die Energiewirtschaft mit ihren Geschäftsfeldern Energiegewinnung, -verteilung, vermarktung/-handel sowie -nutzung. Das Portfolio enthält unter anderem Lösungen für Energiedaten- und Portfoliomanagement, Prognose, virtuelle Kraftwerke, Smart Metering, Smart Grid/Leittechnik sowie für das Lifecycle-/Assetmanagement von Anlagen und Netzen.

Kiwigrid GmbH

Kiwigrid betreibt eine der weltweit führenden Plattformen für Energy IoT. Auf dieser werden dezentrale Energieerzeuger, Speichersysteme, intelligente Messsysteme, Verbraucher und Ladesysteme für Elektromobilität integriert, miteinander vernetzt und intelligent gesteuert. Auf dieser Infrastruktur basierend entwickelt Kiwigrid Lösungen für innovative Mehrwertdienste im Bereich des Energiemanagements. Die cloudbasierte Architektur gewährleistet höchste Skalierbarkeit und größte Sicherheit. Offene Schnittstellen und ein großes Partnernetzwerk sorgen für eine hohe Konnektivität und Interoperabilität. Kiwigrids Partner und Kunden kommen vor allem aus den Sektoren Energie, Automobil, Telekommunikation, Elektronik und der Immobilienwirtschaft. Die 2011 gegründete Kiwigrid GmbH beschäftigt heute über 140 Mitarbeiter aus aller Welt.

Mark-E AG

Mark-E bündelt das Serviceangebot eines modernen Energiedienstleisters. Mit der Erfahrung aus über 100 Jahren gehört Mark-E als Tochtergesellschaft der ENERVIE – Südwestfalen Energie und Wasser AG zu den größten Energiedienstleistungsunternehmen in Nordrhein-Westfalen. Mark-E beliefert rund 300.000 Kunden mit Strom, Gas, Wärme, Trinkwasser und energienahen Dienstleistungen. Moderne Contracting-Lösungen für Unternehmen gehören genauso zum Portfolio wie die überregionale Vermarktung der Produkte und Dienstleistungen über das Internet. Dabei setzt Mark-E auf eine klimafreundliche Strombeschaffung, energieeffiziente Stromerzeugung in eigenen Kraftwerken und handelt auch mit Energie. Rund 7 Milliarden kWh Strom lieferte Mark-E 2016 an ihre rund 300.000 Privat- und Geschäftskunden sowie rund 1.200 Industriekunden und Energiehandelspartner.

Seven2one Informations-systeme GmbH

Seven2one macht Software für die Energiewende und unterstützt Energie-wirtschaftsunternehmen, Industrie und Infrastrukturbetreiber bei der digitalen Transformation und der Realisierung ihrer Smart-Energy-Geschäftsmodelle. Technologisch setzt Seven2one dabei auf die Seven2one-Plattform. Die standardisierte Plattform integriert Daten und Prozesse in Echtzeit und ermöglicht mit ihrem Baukastenkonzept individuelle Lösungen, die sich agil an neue Anforderungen anpassen lassen. Energie in Echtzeit planen, steuern und handeln – seit über fünfzehn Jahren digitalisiert Seven2one Geschäftsprozesse in der Energiewirtschaft und realisiert maßgeschneiderte Lösungen für durchgängige, voll-automatisierte betriebswirtschaftliche Prozesse rund um Energieerzeugung, Handel und Vermarktung. Die Lösungen sind bei renommierten Energieversorgungsunternehmen im Einsatz, zum Beispiel für Prognose, Optimierung, Kennzahlenbildung, Reporting, Abrechnung, Portfolio-management und virtuelle Kraftwerke. Seven2one lieferte die Software für die Transparenzplattform bei der European Energy Exchange AG und das REMIT-Transaction-Reporting des Organised Marketplace (OMP).

Soptim AG

Überall dort, wo Energiemärkte liberalisiert werden, beginnt ein Prozess der Transformation, der alle Teilnehmer der Branche vor große Herausforderungen stellt. Organisationen und Menschen müssen lernen, mit Unsicherheiten umzugehen, und zudem die stetig steigende Komplexität bei der Wahrnehmung energiewirtschaftlicher Aufgaben bewältigen. Neue Marktchancen und Geschäftsfelder tun sich auf. Gleichzeitig setzen Wettbewerbsdruck und sinkende Margen in etablierten Geschäftsfeldern starke Impulse zur Veränderung. IT-Technologien spielen eine wesentliche Rolle für die Zukunft der Energiewirtschaft. Digitalisierung und Dezentralisierung verstärken diesen Trend. Innovative und sichere IT-Lösungen und Systeme helfen dabei, Komplexität zu bewältigen, mit Unsicherheiten umzugehen und neue Marktchancen zu erschließen. Als mittelständisches Unternehmen ist SOPTIM Anbieter von zukunfts-orientierten IT-Lösungen und qualifizierten Dienst- und Beratungsleistungen.

Venios GmbH

Venios beschäftigt sich als aufstrebendes IT-Unternehmen im Energiesektor mit der Entwicklung neuartiger Smart-Grid-Lösungen. Dabei beschäftigt sich Venios auf der einen Seite mit den Strom-verteilsnetzen und entwickelt Lösungen, um die durch dezentrale Erneuerbare-Energie-Einspeiser auftretenden Herausforderungen erfolgreich zu bewältigen. Dies geschieht auf Basis des Produkts Venios Energy Solution (VES), das zur Netzplanung/-überwachung und -steuerung eingesetzt wird. Andererseits beschäftigt sich Venios mit der Planung, Optimierung und Auslegung von Energiesystemen zur dezentralen Erzeugung, sowie der Kostenoptimierung des Energiebezugs allgemein. Dazu dient die Lösung Venios Energy Management (VEM); diese wird unter anderem von Versorgern eingesetzt, um deren Kunden nachhaltige und wirtschaftlich sinnvolle Eigenerzeugungslösungen anzubieten.

Quellenverzeichnis

Bücher und Studien

Shell Deutschland Oil GmbH (2017)

Shell Wasserstoff-Studie – Energie der Zukunft? Nachhaltige Mobilität durch Brennstoffzelle und H₂, Hamburg 2017.

Stuart Russel/Peter Norvig (2009)

Artificial Intelligence: A Modern Approach, 3. Auflage, Essex: Pearson 2009.

Bundesnetzagentur (2011)

„Smart Grid“ und „Smart Market“, Eckpunktepapier der Bundesnetzagentur zu den Aspekten des sich verändernden Energieversorgungssystems, Bonn 2011.

BDEW (2016)

Redispatch in Deutschland. Auswertung der Transparenzdaten. April 2013 bis Oktober 2016. Berlin 2016.

Zeitschriftenaufsätze

Enercon (2017)

„Enercon Schnellladelösung – Starthilfe für die E-Mobilität“, in: Windblatt – das Enercon Magazin, 01/2017, S. 16–17.

Dr. Boris Scholtka/Dr. Jule Martin (2017)

„Blockchain – Ein neues Modell für den Strommarkt der Zukunft?“, in: RdE – Recht der Energiewirtschaft, 03/2017, S. 113.

Viktoria Lehner (2017)

„Blockchain-Technologie und Smart Contracts in der digitalisierten Energiewirtschaft“, in: Public Services, PwC, 07/2017, S. 6.

Internetquellen

PV Magazine (2016)

Modellprojekt verknüpft Ladesäule mit Speicher und Photovoltaik-Anlage, www.pv-magazine.de/2016/08/19/modellprojekt-verknuepft-ladesule-mit-speicher-und-photovoltaik-anlage/, Zugriff am 08.09.2017.

Braunschweiger Verkehrs-GmbH (2017)

Elektrobusse mit induktiver Ladetechnik – der Schritt in ein neues Zeitalter des ÖPNV, www.verkehr-bs.de/unternehmen/elektrobusse-emil.html, Zugriff am 08.09.2017.

Ihre Ansprechpartner

Michael Kopetzki

Partner
Tel.: +49 69 9585-2370
michael.kopetzki@pwc.com

Joachim Albersmann

Senior Manager
Tel.: +49 69 9585-3055
joachim.albersmann@pwc.com

Folker Trepte

Partner
Tel.: +49 89 5790-5530
folker.trepte@pwc.com

Gunther Dütsch

Director
Tel.: +49 40 6378-2505
gunther.duetsch@pwc.com

RA Dr. Boris Scholtka

Partner
Tel.: +49 30 2636-4797
boris.scholtka@pwc.com

RA Dr. Jule Martin

Managerin
Tel.: +49 30 2636-4868
jule.martin@pwc.com

Über uns

Unsere Mandanten stehen tagtäglich vor vielfältigen Aufgaben, möchten neue Ideen umsetzen und suchen Rat. Sie erwarten, dass wir sie ganzheitlich betreuen und praxisorientierte Lösungen mit größtmöglichem Nutzen entwickeln. Deshalb setzen wir für jeden Mandanten, ob Global Player, Familienunternehmen oder kommunaler Träger, unser gesamtes Potenzial ein: Erfahrung, Branchenkenntnis, Fachwissen, Qualitätsanspruch, Innovationskraft und die Ressourcen unseres Expertennetzwerks in 158 Ländern. Besonders wichtig ist uns die vertrauensvolle Zusammenarbeit mit unseren Mandanten, denn je besser wir sie kennen und verstehen, umso gezielter können wir sie unterstützen.

PwC. Mehr als 10.600 engagierte Menschen an 21 Standorten. 2,09 Mrd. Euro Gesamtleistung. Führende Wirtschaftsprüfungs- und Beratungsgesellschaft in Deutschland.

