

Sechs Thesen zur Digitalisierung der Energiewende: Chancen, Risiken und Entwicklungen

Dieses Thesenpapier skizziert aktuelle Entwicklungen von Energieversorgung und -verbrauch in Deutschland und widmet sich dabei der Rolle der Digitalisierung in der Energiewende. Es umreißt aktuelle politische und gesellschaftliche Prozesse und integriert Visionen, die die Möglichkeiten der Digitalisierung und der schnellen Datenauswertung aufgreifen. Die Digitalisierung und das Entfalten der Möglichkeiten von „Big Data“¹ stellen hochaktuelle und disruptive Entwicklungen dar, weswegen viele Fragen nach Konsequenzen zunächst unbeantwortet bleiben. Vor allem in den Bereichen Datenschutz und Datensicherheit ist dabei Vorsicht geboten.

These 1 und 2 umreißen den komplexen Sachverhalt rund um die beiden Themen Energiewende und Digitalisierung. These 3 bis 5 beleuchten drei wesentlich betroffene Bereiche des Strommarktes: Netzsystembetrieb, VerbraucherInnen und Märkte. Die sechste These widmet sich der Kopplung mit anderen Sektoren und zeigt damit weitere Chancen einer gelingenden Energiewende auf.

Zusammenfassung

Im Zuge der Energiewende stellt der Ausgleich zwischen Stromangebot und -nachfrage eine zentrale Herausforderung dar. Die Digitalisierung der Energiewende kann eine Schlüsselfunktion bei Lösungen für die Herausforderungen der Dezentralisierung, Flexibilisierung und effizienten Nutzung von Energie spielen. Sie kann als „Enabler“ (Ermöglicher) eines fortschreitenden Ausbaus der Erneuerbaren Energien dienen.

Mithilfe von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) können Angebot und Nachfrage zeitnah erfasst und – auch unter Zuhilfenahme von Stromspeichern und Power-to-X-Maßnahmen² – besser aufeinander abgestimmt werden. Dadurch lassen sich Stromnetze stabilisieren und Leitungsverluste verringern, es entstehen sogenannte „Smart Grids“. Dezentrale Systeme müssen im Sinne der effizientesten und netzstabilen Energieverteilung und -nutzung verknüpft und in die Lage versetzt werden, auf variable Versorgungstarife zu reagieren. Ins Zentrum eines zukunftsfähigen Energiesystems rücken daher Steuerung und Regelung mit digitalen Technologien.

In dieser neuen Energiewelt liegt eine Reihe von Chancen. Neue zukunftsfähige Geschäftsmodelle entstehen, Demokratisierungsprozesse können in Gang gesetzt werden. Die Möglichkeiten sind allerdings derzeit noch weitaus größer als die Akzeptanz und Nachfrage in der Bevölkerung. Gewünscht wird daher vonseiten der Branche, dass die Politik breit angelegte Dialogprozesse organisiere.

Langfristig wird die Verknüpfung der Sektoren Strom, Wärme und Mobilität ins Zentrum der IKT-gestützten Optimierung des Energiesystems rücken. Die Digitalisierung der Energiewende kann so dazu beitragen, eine Dekarbonisierung entwickelter Volkswirtschaften voranzutreiben.

¹ Das Phänomen "Big Data" wird hier als dreidimensionales Datenwachstum verstanden, das sich auf ein ansteigendes Volumen an Daten, eine ansteigende Geschwindigkeit, mit der Daten erzeugt und verarbeitet werden, und auf eine steigende Vielfalt an erzeugten Daten bezieht (vgl. Laney 2001).

² Power-to-X-Maßnahmen umfassen Technologien zur Speicherung oder anderweitigen Nutzung von Stromüberschüssen in Zeiten eines Überangebotes Erneuerbarer Energien. Das X meint dabei den Verwendungszweck, in den die elektrische Energie gewandelt wird (z. B. Gas, Wärme oder flüssige Kraftstoffe) (vgl. z. B. Lund et al. 2015).

These 1 _____ **Seite 3**

Die Energiewende ist unabdingbar.

These 2 _____ **Seite 4**

Die Digitalisierung ist unaufhaltsam – auch im Energiesektor.

These 3 _____ **Seite 5**

Netzsystembetrieb:

Die Digitalisierung ermöglicht ein Fortschreiten der Energiewende durch eine automatisierte Koordination dezentraler Energiegewinnung und eine automatisierte Flexibilisierung des Verbrauchs.

These 4 _____ **Seite 6**

VerbraucherInnen:

Die Digitalisierung der Energiewende eröffnet Chancen weiterer Dezentralisierung und damit einhergehender Demokratisierungsprozesse sowie eine effizientere Stromnutzung. Andererseits birgt der Umgang mit Big Data auch Risiken des Datenmissbrauchs.

These 5 _____ **Seite 8**

Märkte:

Die Digitalisierung der Energiewende ermöglicht neue Geschäftsmodelle, verschiebt Branchen und bringt neue Player hervor.

These 6 _____ **Seite 9**

Sektorkopplung:

Die Digitalisierung der Energiewende ermöglicht eine Ausweitung der sauberen Energie in andere Sektoren, um den Bedarf fossiler Rohstoffe weiter zu senken.

These 1:

Die Energiewende ist unabdingbar.

Angesichts der nuklearen Risiken und der Bedrohungen durch den Klimawandel ist eine Abkehr von atomaren und fossilen Energieträgern unumgänglich. So wie Fukushima vor fünf Jahren zum tragischen Auftakt des endgültigen Atomausstiegs wurde (vgl. BMWi 2016d; Bundesgesetzblatt 2011), wird das Vorschreiten des Klimawandels die Legitimität der fossilen Energiegewinnung immer drastischer in Frage stellen (vgl. Germanwatch 2014; IPCC 2014).

Die Festlegung der „Sustainable Development Goals“ (SDG) der Vereinten Nationen im September 2015 sowie das Pariser Klimaabkommen vom Dezember 2015 zeugen von einem klaren internationalen Entschluss zur Dekarbonisierung (vgl. UN 2015). Mit der Unterzeichnung des Pariser Abkommens im April dieses Jahres verpflichtete sich auch Deutschland vor der internationalen Gemeinschaft zu Emissionsreduktionen (vgl. BMUB, 2016).

Mit einem Anteil von 39 Prozent an ausgestoßenen Treibhausgasen hat der Sektor Energiewirtschaft 2014 am meisten Emissionen verursacht hat³ (vgl. BMUB 2015). Umso wichtiger bleiben der Ausbau Erneuerbarer Energien und die Abkehr von fossiler Energie, um den nationalen wie internationalen Zielen zur Verringerung von Emissionen gerecht zu werden und drastische Folgen des Klimawandels zu vermeiden.

Die Energiewende zeigt über die Abwehr atomarer und klimatisch bedingter Katastrophen hinaus vielerlei weitere positive Aspekte: So eröffnet sie der Wirtschaft grüne Wachstumspotenziale und hat positive Beschäftigungseffekte (vgl. BMWi 2016f). Es werden Innovations- und Investitionsmöglichkeiten in neue Technologien geschaffen, für die sich auch Exportmöglichkeiten ergeben (vgl. BMWi 2016a). Des Weiteren ermöglicht die Energiewende eine Dezentralisierung und damit Chancen zur Demokratisierung der Energieerzeugung (siehe auch These 3) sowie neue Geschäftsmodelle (These 5). Regenerative Energien versprechen außerdem eine geringere Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen wie beispielsweise russischem Erdgas (vgl. IWES 2014). Darüber hinaus bringt die Energiewende Vorteile in Bezug auf Gesundheit und Naturschutz, wie zum Beispiel einen geringeren Wasserverbrauch, Luftreinhaltung sowie Boden- und Gewässerschutz (vgl. BMWi/BMU 2012).

³ Erfasst sind alle Emissionen durch öffentliche Strom- und Wärmeversorgung, durch Raffinerien, durch Herstellen von Festbrennstoffen sowie der Stromverbrauch der Bereiche Haushalt, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen.

These 2: Die Digitalisierung ist unaufhaltsam – auch im Energiesektor.

Die Digitalisierung bestimmt bereits heute in allen privaten und öffentlichen Bereichen unseren Alltag: Der Zugang zum Internet wurde 2011 von den Vereinten Nationen als Grundrecht eingestuft (vgl. UN 2011), 2015 nutzten fast 43 Millionen Menschen in Deutschland ein Smartphone (vgl. Statista 2016) und die Bundeswehr rüstete jüngst für Cyberkriege auf (vgl. Wiegol, 2016). Das Phänomen Big Data durchdringt immer mehr Aspekte des politischen und gesellschaftlichen Lebens. Nicht mit den neuesten Entwicklungen in der Telekommunikations- und Informationsbranche Schritt zu halten, scheint inzwischen nur unter sehr hohen volkswirtschaftlichen Kosten denkbar. Mit einer „Digitalen Agenda“ versucht die Bundesregierung, den Entwicklungen gerecht zu werden (vgl. BMWi 2016c). Sie verspricht eine Orientierung an der „Industrie 4.0“. Dieser Begriff wird auch von Jeremy Rifkin, Ökonom und politischer Berater von EU und Bundesregierung, geprägt (vgl. FET 2016). Rifkin sieht in der Digitalisierung eine dritte industrielle Revolution und verbindet mit ihr den Aufstieg einer „Sharing Economy“. Teilen und Tauschen in Echtzeit seien möglich und Besitz und Nutzung würden dezentralisiert. Dies biete Chancen einer zirkulären Produktionskette und einer emissionsfreien Zukunft (vgl. Rifkin, 2015).

Visionen von „Industrie 4.0“ und „Sharing Economy“ betreffen besonders den Energiesektor. Wie in These 4 eingehender erläutert, wird die Energieversorgung zunehmend dezentral. Diese Entwicklungen bedürfen neuer Mess- und Kommunikationstechnologien, die Informationsdaten von VerbraucherInnen und ErzeugerInnen erfassen und bidirektional leiten können. Entsprechende Datenverarbeitungssysteme sind notwendig. Der Bundestag hat am 23. Juni 2016 mit der Verabschiedung des „Gesetzes zur Digitalisierung der Energiewende“ einen Schritt getan, den Rahmen für die unaufhaltsame Digitalisierung aufzuspannen.

These 3:

Die Digitalisierung ermöglicht ein Fortschreiten der Energiewende durch eine automatisierte Koordination dezentraler Energiegewinnung und eine automatisierte Flexibilisierung des Verbrauchs.

Die Energiewende verknüpft eine Abkehr von konventionellen Energieträgern mit zunehmender Stromproduktion aus regenerativen Energiequellen wie Wind und Sonne. Mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) beschloss Deutschland im Jahr 2000, den Ausbau der Erneuerbaren Energien zu forcieren. Inzwischen liegt der Anteil der Erneuerbaren Energien am Nettostromverbrauch bei 33 Prozent (Stand 2015) und soll bis 2035 bis zu 60 Prozent ausmachen (vgl. BMWi 2016b). Dieser Ausbau geht mit zwei großen Herausforderungen einher: der Dezentralisierung der Energiequellen und der Fluktuation der Stromeinspeisung aus Sonnen- und Windenergieanlagen (vgl. GeSI 2015).

Um Erzeugungs- und Verbrauchsschwerpunkten sowie der zunehmend dezentralen Einspeisung gleichermaßen gerecht zu werden, muss eine systematische Umstrukturierung der Stromnetze erfolgen. Das bedeutet zum einen den Ausbau inländischer Übertragungsnetze von Nord nach Süd sowie einen Netzausbau mit Anbindungsleitungen für Offshore-Windparks. Zum anderen müssen im Bereich des Verteilnetzes kleine Erneuerbare-Energien-Anlagen in das Stromsystem integriert werden. 2014 wurden 61.851 neue Erneuerbare-Energien-Anlagen installiert, was unter dem Mittelwert der letzten fünf Jahre von 200.724 Anlagen jährlich liegt. 97,3 Prozent der neu installierten Anlagen 2014 waren Solaranlagen (vgl. BNetzA/BKartA 2015). Neue Technologien zur Aufnahme und Auswertung von Daten müssen das alte Netz aufrüsten und sollten im Zuge des Ausbaus neuer Leitungen direkt integriert werden. Ziel ist es, ein „Smart Grid“, ein intelligentes Stromnetz, zu errichten (vgl. BNetzA 2013).

Dieses „Smart Grid“ soll sowohl der dezentraleren Einspeisung als auch der Fluktuation und der Unvorhersehbarkeit der Stromeinspeisung aus regenerativen Energiequellen gerecht werden. Wird zu viel Strom eingespeist, führt dies zu einer Überlastung des Systems; wird zu wenig eingespeist, kommt es zu Versorgungsengpässen. Daher bedarf es einer effektiven Flexibilisierung, für welche die Netzkapazität erhöht sowie Möglichkeiten zur Stromspeicherung (z. B. Power-to-X, siehe These 6) gefunden werden müssen. Darüber hinaus ist eine Abstimmung von Angebot und Nachfrage förderlich. Diese sollte automatisch durch die zeitgleiche Auswertung von Daten an Netzknotenpunkten koordiniert werden (vgl. BNetzA 2013). Auf der Angebotsseite sind Datenverwertungen aus Erzeugungsprognosen für Wind und Sonne bedeutsam. Seitens der Stromabnahme unterstützen Lastprognosen mithilfe von akkumulierten Daten ein sogenanntes „Demand Side Management“ (DSM). Damit ist gemeint, die Nachfrage bei drohender Über- bzw. Unterbelastung des Stromnetzes zu reduzieren oder zu erhöhen. Anstelle einer kostenintensiven Regulierung der Stromerzeugung durch Regenergie können zum Beispiel energieintensive Unternehmen ihre Nachfrage dem Stromangebot anpassen und so einen Beitrag zum Ausgleich von Stromangebot und -nachfrage leisten. Dies kann über eine flexible Änderung der Strompreise am Spotmarkt oder direkte Vereinbarungen zwischen Unternehmen und Netzbetreibern zur Lastenregulierung gegen Entgelt erfolgen (vgl. dena 2016). Eine Alternative würden Eingriffe auf der Angebotsseite darstellen, beispielsweise durch Abregelung von Windkraftanlagen, was jedoch als Misswirtschaft verstanden werden kann, da Energie mit Grenzkosten nahe Null ungenutzt bliebe.

Gefahren eines „Smart Grids“ liegen vor allem bei Datenmissbrauch, Systemfehlern und Cyberangriffen. Daher bedarf es sowohl hoher Sicherheitsstandards als auch der Expertise, die Stromverfügung nach Hackerangriffen schnell wieder aufzubauen (vgl. Brickwedde 2016; Brinker 2016).

These 4:

Die Digitalisierung der Energiewende eröffnet Chancen weiterer Dezentralisierung und damit einhergehender Demokratisierungsprozesse sowie eine effizientere Stromnutzung. Andererseits birgt der Umgang mit Big Data auch Risiken des Datenmissbrauchs.

In der Bevölkerung findet die Energiewende breite Zustimmung: 2015 befanden 90 Prozent die Energiewende als „wichtig“ oder „sehr wichtig“ (vgl. Agora Energiewende 2015). Mit der Verabschiedung des Gesetzes zur Digitalisierung der Energiewende im Juni 2016 wird der Einbau eines „Smart Meters“, eines intelligenten Messgeräts zur Stromnutzung, in manchen deutschen Haushalten verpflichtend. Damit sind einige BürgerInnen erstmals konkret nicht nur mit der Energiewende, sondern auch mit deren Digitalisierung konfrontiert (vgl. BMWi 2016e).

Die in These 3 erläuterte und mit dem Ausbau kleiner Erneuerbare-Energien-Anlagen einhergehende *Dezentralisierung* der Energieversorgung ist mit der Herausforderung konfrontiert, diese kleinteilige Erzeugung in ein Gesamtsystem zu integrieren, in dem Angebot und Nachfrage effizient zum Ausgleich kommen. Damit diese Integration gelingen und somit die Dezentralisierung voranschreiten kann, bedarf es einer möglichst schnellen Erfassung und Auswertung von Erzeugungs-, Netz-, Speicher- und Verbrauchsdaten. Digitale Anwendungen können diese Herausforderung meistern helfen und damit die skizzierten Vorteile einer Dezentralisierung zur Geltung bringen.

Diese Dezentralisierungsprozesse laden zur Beteiligung und individuellen Teilhabe der VerbraucherInnen am Energiemarkt ein. Der Ausbau privater Anlagen macht VerbraucherInnen unabhängig von marktdominierenden Energiekonzernen und trägt zudem zu mehr Wettbewerb auf dem Energiemarkt bei (siehe These 5). KonsumentInnen werden dabei zunehmend selbst zu ProduzentInnen, sogenannten „ProsumentInnen“. Die automatisierte Koordination der Energieversorgung mithilfe von Daten unterstützt die mit der Energiewende einhergehende Dezentralisierung und begünstigt damit eben diese Teilhabe am Energiemarkt, worin Demokratisierungspotenziale gesehen werden (vgl. Rifkin 2015).

Jeremy Rifkin und eine Reihe anderer Akteure versprechen sich von der Dezentralisierung der Energieerzeugung sogar eine nahezu vollkommene Unabhängigkeit der VerbraucherInnen vom Markt: Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) ermöglichen den ProsumentInnen eine passgenaue (Um-)Verteilung der selbst erzeugten Energie beispielsweise in Nachbarschaften durch möglichst schnelle Datenauswertungen zu Angebot und Nachfrage.

Bei der gesellschaftlichen Beurteilung solcher Prozesse gilt es jedoch, auch soziale Aspekte mitzudenken. Bleibt eine Energieautarkie nur Wohlhabenden vorbehalten, könnten neue Abhängigkeitsmuster entstehen: Wohlhabende könnten sich entsolidarisieren und die Kosten für Netz und öffentliche Energieversorgung bei jenen belassen, die nicht in der Lage sind, sich energieautark zu versorgen. Politische Rahmenbedingungen sollten daher den Ausbau von, den Zugang zu und die Teilhabe an Erneuerbaren Energien für alle BürgerInnen ermöglichen.

Neben den neuen Konstellationen durch ProsumentInnen kann die Digitalisierung auch die *Effizienz* der Stromnutzung erhöhen. Ein „Smart Home“ – ein Begriff, der die Vernetzung elektronischer Geräte im Haus beschreibt – verspricht beispielsweise eine automatische, nutzerorientierte und energieeffiziente Regulierung der Geräte. Die Geräte könnten, zum Beispiel beim Verlassen des Hauses, zentral abgeschaltet wer-

den. Auf der anderen Seite ließen sich energieintensive Geräte wie Waschmaschinen bei großem Energieangebot und damit geringen Stromkosten anschalten. Hierbei sollte das Konzept der „Flex-Efficiency“, also Energieeffizienz bei hoher Residuallast⁴ und Lastmanagement in Zeiten des Überschusses, verstärkt zum Einsatz kommen (vgl. Ecofys 2016). Es muss sichergestellt sein, dass eine systemische Sicht gewahrt wird, sodass die Digitalisierung auch tatsächlich dem immer weiter fortschreitenden Ausbau von Erneuerbaren Energien dient. Die Möglichkeiten sind derzeit noch weitaus größer als die Akzeptanz und Nachfrage aus der Bevölkerung. Gewünscht wird daher vonseiten der IKT-Branche, dass die Politik breit angelegte Dialogprozesse organisiere. In diesen Dialogprozessen sollte jedoch auch thematisiert werden, inwieweit Eingriffe in Privathaushalte überhaupt notwendig sind, wenn die Potenziale der größten Energieverbraucher, insbesondere in den energieintensiven Industrien, in Bezug auf das DSM gehoben werden können.

VerbraucherInnen sollte zudem neben Aufklärung auch maximaler Schutz vor Datenmissbrauch garantiert werden. Dazu gehört seitens des Gesetzgebers sowie der Unternehmen die Wahrung sowohl des Erlaubnisvorbehalts zur Erhebung und Verwertung der Daten als auch der Informationspflicht durch hohe Transparenz zur Datenverwendung (vgl. von Lewinsik 2013).

⁴ Residuallast bezeichnet die im Netz nachgefragte Leistung abzüglich des Anteils fluktuierender Einspeisung von nicht steuerbaren Kraftwerken wie zum Beispiel der Windkraft. Sie stellt also die Restnachfrage dar, welche von regelbaren Kraftwerken gedeckt werden muss. (Definition Agora Energiewende)

These 5:

Die Digitalisierung der Energiewende ermöglicht neue Geschäftsmodelle, verschiebt Branchen und bringt neue Player hervor.

Mit der Energiewende haben sich auch die Marktbedingungen der Energiewirtschaft in Deutschland verändert. Zunächst hat sich der Wettbewerb durch die Zunahme regenerativer Energie verschärft, was zu einer Abnahme der Marktmacht der vier größten Stromerzeuger (E.ON, EnBW, RWE und Vattenfall) um sechs Prozent des kumulierten Marktanteils in den letzten fünf Jahren geführt hat – auch weil diese zu zögerlich in Erneuerbare Energien investiert haben. Trotz dieser Fortschritte verblieb der Marktanteil der vier größten Stromerzeuger bei 67 Prozent im Jahr 2014 (vgl. BNetzA/BKartA 2015). Durch die voranschreitende Digitalisierung im Energiesektor und die einhergehende Dezentralisierung der Stromerzeugung findet für Energieunternehmen eine Verschiebung des Aufgabenbereichs von Produktion zu Serviceleistungen für Kunden statt. Diese umfassen vor allem Einspeisemanagement, Umgang mit neuen Informations- und Kommunikationstechnologien und Unterstützungsfunktionen für Kunden bei „smarten“ Abrechnung von Stromnutzung, Beratungsfunktionen zu „Smart Home“-Leistungen, Energieeffizienz oder auch Reparaturangebote bei privaten Energieanlagen. Darüber hinaus entstehen weitere neue Geschäftsmodelle: Netze müssen gesteuert, ausgebaut und betrieben werden. Entwicklung und Betrieb von Energiespeichersystemen und Power-to-X-Technologien (siehe These 6) werden eine immer größere Rolle spielen, unter anderem im Verkehrsbereich durch Elektromobilität. Auch das Demand-Side-Management (siehe These 3) sowie die Entwicklung und der Betrieb ganzer virtuelle Kraftwerke bieten Chancen hinsichtlich neuer Geschäftsmodelle (vgl. GeSI 2015; Becker 2015).

Alle dahin gehenden Entwicklungen auf den Energiemärkten sind eng mit digitalen Technologien verknüpft. Entsprechend wird die IT-Branche zukünftig eine immer größere Rolle spielen. Ehemals branchenfremde Wettbewerber drängen auf den Energiemarkt. Etablierte Akteure werden von globalen IT-Größen wie Google oder Microsoft herausgefordert. Zunehmend mischen zudem auch Start-ups im Konzert der Großen mit.

All dies hat auch Verschiebungen auf dem Arbeitsmarkt zur Folge. Daher sind Anreize zu einer an die digitalisierte Energiewende angepasste Berufsbildung und Umschulung zentral, damit Arbeitslosigkeit vermieden werden kann (vgl. Hirsch-Kreinsen 2016).

These 6: Die Digitalisierung der Energiewende ermöglicht eine Ausweitung der sauberen Energie in andere Sektoren, um den Bedarf fossiler Rohstoffe weiter zu senken (Sektorkopplung).

Gelingt die Energiewende, so kann Energie mit nahezu keinen Grenzkosten und vor allem emissionsfrei erzeugt werden. Dieses nachhaltige Potenzial der Energieerzeugung lässt weitere Verwendungsmöglichkeiten regenerativer Energien zu (Rifkin 2015). Das Technologiekonzept „Power-to-X“ sieht vor, überschüssig produzierten Strom bei viel Wind und Sonne in andere Energieformen umzuwandeln und ggf. zu speichern (z. B. Power-to-Liquid, Power-to-Gas, Power-to-Heat). Eine Sektorkopplung von Strom, Wärme und Mobilität wird möglich und zeichnet eine klare Vision der Dekarbonisierung (ebd.): Energieerzeugung aus Wind und Sonne wird nicht nur für Strom, sondern beispielsweise auch für Autos und Heizungen verwendet. Elektro-Tankstellen und -Heizungen sind schon heute in Gebrauch. Das Ausmaß ihrer zukünftigen Verwendung hängt dabei wesentlich von der Abnahme der Kosten bei Power-to-X- und Speichertechnologien ab.

Mithilfe der Digitalisierung in den Bereichen Erzeugung, Netz, Speicherung und Verbrauch der Sektoren Strom, Wärme und Mobilität kann es zunehmend möglich werden, Energie automatisch, schnell und effizient dorthin zu leiten, wo sie am ehesten benötigt oder am effizientesten verwendet werden kann. Damit lässt die Energiewende nicht nur eine gegenwärtige und zukünftige Verminderung von Treibhausgasen im Stromsektor zu, sondern kann das klare Ziel nahezu vollkommener Unabhängigkeit von fossilen Rohstoffen anstreben: Das hieße, dass beispielsweise im Falle einer drohenden Überlastung der Stromnetze nicht die Energiegewinnung gedrosselt werden muss, sondern Elektro-Tankstellen und Wärmepumpen bedient werden können. Auf diese Weise lässt sich Überschussstrom volkswirtschaftlich effizient nutzen.

Literaturverzeichnis

- Agora Energiewende: Die Energiewende im Stromsektor: Stand der Dinge 2015. Rückblick auf die wesentlichen Entwicklungen sowie Ausblick auf 2016. Berlin, 2016.
- Becker, Sven: Digitalisierung ist ein nötiger Innovationstreiber. In *Chancen und Herausforderungen durch die Digitalisierung der Wirtschaft*, in Schriftenreihe des Kuratoriums, Band 9. Forum für Zukunftsenergien e.V., Februar 2016.
- BMWi: 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung. 2016a.
<http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energieforschung-und-Innovationen/6-energieforschungsprogramm.html> (Zugriff am 10.06.2016).
- BMWi: Erneuerbare Energien auf einen Blick. 2016b.
<http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Erneuerbare-Energien/erneuerbare-energien-auf-einen-blick.html> (Zugriff am 30.05.2016).
- BMWi: Bei Digitalisierung jetzt schon weiter in die Zukunft denken. 25.05.2016c.
<http://www.bmwi.de/DE/Presse/pressemitteilungen,did=768814.html> (Zugriff am 02.06.2016).
- BMWi: Energiewende – Wir machen das! 10.03.2016d.
<http://www.bmwi.de/DE/Presse/pressemitteilungen,did=754670.html> (Zugriff am 08.06.2016).
- BMWi: Intelligente Messsysteme – Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende. 2016e.
<http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Netze-und-Netzausbau/intelligente-messsysteme.html> (Zugriff am 01.06.2016).
- BMWi: Studien des BMWi zum Thema Beschäftigungswirkungen im Energiesektor. 2016f.
<http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energiedaten-und-analysen/arbeitsplaetze-und-beschaeftigung.html> (Zugriff am 10.06.2016).
- BMWi/BMU: Erster Monitoring Bericht „Energie der Zukunft“. Berlin, 2012.
- BMUB: Bundesumweltministerin Barbara Hendricks unterzeichnet das Pariser Klimaabkommen, 22.04.2016.
<http://www.bmub.bund.de/presse/pressemitteilungen/pm/artikel/bundesumweltministerin-barbara-hendricks-unterzeichnet-das-pariser-klimaabkommen/> (Zugriff am 08.06.2016).
- BMUB: Klimaschutz in Zahlen- Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik. 15.06.2015.
http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/klimaschutz_in_zahlen_bf.pdf (Zugriff am 29.06.2016)
- Bundesnetzagentur (BNetzA): Netzentwicklung und Smart Grid. 14.04.2013.
http://www.bundesnetzagentur.de/cln_1432/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/NetzentwicklungundSmartGrid/netzentwicklungundsmartgrid-node.html (Zugriff am 31.05.2016).
- Bundesnetzagentur (BNetzA)/Bundeskartellamt (BKartA): Monitoringbericht 2015. Bonn, 2015.
- Brickwedde, Fritz: Die Digitalisierung der Energiewelt- Chance und Risiken. In *Chancen und Herausforderungen durch die Digitalisierung der Wirtschaft*, in Schriftenreihe des Kuratoriums, Band 9. Forum für Zukunftsenergien e.V., Februar 2016.

- Brinker, Werner: Wie die Stromverteilnetze von der Digitalisierung profitieren. In *Chancen und Herausforderungen durch die Digitalisierung der Wirtschaft*, in Schriftenreihe des Kuratoriums, Band 9. Forum für Zukunftsenergien e.V., Februar 2016.
- Bundesgesetzblatt: Dreizehntes Gesetz zur Änderung des Atomgesetzes. 31.07.2011.
[http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBL&bk=Bundesanzeiger_BGBL&start=//%255B@attr_id=%2527bgbl111s1704.pdf%2527%255D#__bgbl__%2F%2F\[%40attr_id%3D%27bgbl111s1704.pdf%27\]__1464685323582](http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBL&bk=Bundesanzeiger_BGBL&start=//%255B@attr_id=%2527bgbl111s1704.pdf%2527%255D#__bgbl__%2F%2F[%40attr_id%3D%27bgbl111s1704.pdf%27]__1464685323582) (Zugriff am 30.05.2016).
- dena (Deutsche Energie- Agentur): Pilotprojekt Demand-Side-Management. Einsatzmöglichkeiten für Demand Side Management, Bayern. 2013-2016. <http://www.dsm-bayern.de/dsm/einsatz-von-dsm-fuer-das-stromsystem/> (Zugriff am 06.06.2016).
- Ecofys: Flex-Efficiency. Ein Konzept zur Integration von Effizienz und Flexibilität bei industriellen Verbrauchern. Studie im Auftrag von Agora Energiewende. Berlin, oekom verlag, 2016.
- Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.): Summary for Policymakers, in: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC, Cambridge, United Kingdom; New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2014.
- Global e- Sustainability Initiative (GeSI): #Smart-er2030, ICT Solutions for 21st century Challenges. Belgium, GeSI, Accenture Strategy, 2015.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut, Bundeszentrale für politische Bildung: Zum Verhältnis von Arbeit und Technik bei Industrie 4.0. 29.04.2016. <http://www.bpb.de/apuz/225688/arbeit-und-technik-bei-industrie-4-0> (Zugriff am 10.06.2016).
- Laney, Douglas: 3D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity, and Variety, Application Delivery Strategies published by META Group Inc., 2001.
- Lund, Peter D. et al: Review of energy system flexibility measures to enable high levels of variable renewable electricity. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 45, 785–807, 2015.
- Rifkin, Jeremy: A Smart Green Digital Europe. Herausgeber: The Foundation on Economic Trends. 2015. <http://www.qualityoflifeobserver.com/sites/default/files/smart-green-third-industrial-revolution-digital.pdf> (Zugriff am 10.06.2016).
- Statista: Prognose zur Anzahl der Smartphone-Nutzer in Deutschland von 2014 bis 2019 (in Millionen). 2016. <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/500579/umfrage/prognose-zur-anzahl-der-smartphonenuutzer-in-deutschland/> (Zugriff am 06.06.2016)
- Süddeutsche Zeitung: Zehn Vorschläge zum Ölsparen. 30.04.2012.
<http://www.sueddeutsche.de/geld/abhaengigkeit-von-fossilen-rohstoffen-zehn-vorschlaege-zum-oelsparen-1.1345258> (Zugriff am 10.06.2016)
- The Foundation on Economic Trends, Office of Jeremy Rifkin: About Jeremy Rifkin. 2016.
<http://www.foet.org/JeremyRifkin.htm> (Zugriff am 10.06.2016)
- UN, United Nations: Sustainable Development Goals. 25.09.2015.
<http://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/> (Zugriff am 08.06.2016).

UN, United Nations Human Rights Council: Report of the Special Rapporteur on the promotion and protection of the right to freedom of opinion and expression. 2011.

von Lewinski, Kai, Bundeszentrale für politische Bildung: Wir müssen über Gesetze reden! 10.03.2013. <http://www.bpb.de/gesellschaft/medien/datenschutz/194385/datenschutzrecht-bestandsaufnahme-und-ausblick> (Zugriff am 15.06.2016)

Wiegold, Thomas: Ein Update ist verfügbar. 27.04.2016. <http://www.zeit.de/digital/internet/2016-04/bundeswehr-cyberkrieg-it-aufruistung-nachwuchs>.

Ziehm, Cornelia, Christoph Bals und Tobias Pforte-von Randow: Der Moment der Wahrheit- Klima oder Kohle? Berlin, Germanwatch e.V., 2014.

AutorInnen: Hendrik Zimmermann, Verena Wolf

Redaktion: Daniela Baum

Diese Publikation kann im Internet abgerufen werden unter: www.germanwatch.org/de/12556

Juli 2016

Herausgeber: Germanwatch e.V.

Büro Bonn

Kaiserstr. 201

D-53113 Bonn

Tel. +49 (0)228 / 60 492-0, Fax -19

Internet: www.germanwatch.org

Büro Berlin

Stresemannstr. 72

D-10963 Berlin

Tel. +49 (0)30 / 2888 356-0, Fax -1

E-Mail: info@germanwatch.org

In Kooperation mit dem Global Climate Forum (GCF).

Mit finanzieller Unterstützung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen von FONA – Forschung für nachhaltige Entwicklungen. Für den Inhalt ist alleine Germanwatch verantwortlich.



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



FONA

Forschung für nachhaltige
Entwicklungen

BMBF