

### *Hintergrund und Ziel dieses Diskussionspapiers*

Das „**Forum Bits & Bäume**“ bietet einen Ort für die Vernetzung von Politik, angewandter Wissenschaft und Zivilgesellschaft aus der Tech- und Nachhaltigkeits-Community und möchte Handlungsvorschläge erarbeiten, wie die Digitalisierung zukunftsfähig gestaltet werden kann. Das 5. Forum Bits & Bäume zum Thema „Wie viele Bits braucht die Energiewende?“ wird von der Forschungsgruppe „Digitalisierung und sozial-ökologische Transformation“ am Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW), der Technischen Universität Berlin in Kooperation mit Germanwatch durchgeführt. Das Projekt wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Förderschwerpunkt Sozial-ökologische Forschung (SÖF) gefördert.

Dieses kurze **Diskussionspapier** dient der inhaltlichen Vorbereitung des 5. Forum Bits & Bäume. Es soll eine Grundlage für die Diskussionen schaffen und wird im Anschluss um Diskussionsbeiträge ergänzt.

## Wie viele Bits braucht die Energiewende?

*Friederike Rohde, Swantje Gährs, Astrid Aretz, Hendrik Zimmermann*

Um die schwankende Einspeisung von Strom auf Basis von erneuerbaren Energiequellen in die Stromnetze zu gewährleisten, müssen Energieerzeugung und -verbrauch besser aufeinander abgestimmt werden. Regelmäßig müssen in Deutschland beispielsweise Erneuerbare Energien-Anlagen abgeregelt werden. Damit bleibt die Energie ungenutzt, wird aber trotzdem von den Verbraucher:innen bezahlt. Die Energiewende bewirkt, dass das physische Energiesystem und dessen Organisation zunehmend dezentraler werden. Eine wachsende Zahl an Akteuren nimmt durch kleinteilige Interaktionen am Energiemarktgeschehen teil, indem sie beispielsweise mit Photovoltaik-Anlagen, Windenergieanlagen oder Wärmepumpen selbst Strom oder Wärme erzeugt und zum Teil auch in die Netze einspeist. Mit der Dezentralität und Akteursvielfalt steigen jedoch auch die Komplexität des Energiesystems und dessen Steuerungs- und Regelungserfordernisse. Damit eine Versorgung mit nahezu 100 % erneuerbaren Energien überhaupt möglich ist, müssen die Lastflüsse im Energiesystem intelligenter gesteuert werden. Die Digitalisierung mit der Integration von Informations- und Kommunikationstechnologien, Big Data, lernenden Systemen und neuen digitalen Lösungen sowie den darauf basierenden Geschäftsmodellen wird daher als wichtige Voraussetzung zur erfolgreichen Energiewende gesehen (dena 2016).

Doch wie ökologisch ist ein digitalisiertes Energiesystem und welche sozialen Herausforderungen ergeben sich? Schafft die zunehmende Vernetzung mehr Verwundbarkeiten und damit neue Problemlagen? Wie viel Digitalisierung ist wirklich notwendig für ein klimaschonendes Energiesystem? Mit diesem Diskussionspapier wollen wir vorbereitend zum 5. Forum Bits und Bäume die Herausforderungen, aktuellen Entwicklungen und politischen Gestaltungsmöglichkeiten für ein nachhaltiges digitalisiertes Energiesystem diskutieren.

### Dezentrale Stromerzeugung und Flexibilitäten

Deutschland hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2050 die gesamte Stromversorgung treibhausgasneutral bereitzustellen und den Energieverbrauch um 50 % zu senken. Beide Ziele zusammen bilden die wesentliche Grundlage einer nachhaltigen Energieversorgung. Der Anteil erneuerbarer Energien am deutschen Strommix liegt aktuell bei 42,1 % des Bruttostromverbrauches (UBA 2020), was mit großen Herausforderungen für den Netzbetrieb sowohl auf Verteil- als auch auf Übertragungsebene verbunden ist. Denn Energie ist nicht mehr kontinuierlich verfügbar, sondern schwankend. Viele kleine, räumlich verteilte Erzeugungseinheiten machen eine größere Flexibilität im Energiesystem notwendig. Stromerzeugung und -verbrauch müssen aufeinander abgestimmt werden. Es werden wesentlich mehr Informationen über Netzzustände gebraucht, da zusätzlich Speicher integriert und die Verknüpfung mit anderen Sektoren wie Mobilität und Wärme koordiniert werden müssen. Hierfür sind Informations- und Kommunikationstechnologien unabdingbar, denn sie ermöglichen eine zweiseitige (bidirektionale) Kommunikation nicht nur von der Erzeugung zu Verbrauchseinheiten, sondern eben auch umgekehrt. Durch digitale Technologien, so die Vision, können Energieflüsse in Echtzeit gemessen, gesteuert und gehandelt werden. Die physikalischen Veränderungen im Energiesystem erfordern jedoch auch neue Koordinationsformen (z.B. Strommarktdesign) und neue regulatorische Rahmenbedingungen. Treiber dieser Zukunftsvision sind demnach sowohl politische Zielsetzungen und Prozesse (z.B. der Klimaschutzplan 2050 oder das Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende) als auch Akteure auf dem Markt, die versuchen neue Geschäftsfelder zu erschließen oder Prozesse zu automatisieren und flexibilisieren (vgl. Maier 2018, Lied 2017, Riester 2017, Nolde 2018).

### Flexible Verbraucher:innen und neue Koordinationsformen

Mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz haben Verbraucher:innen die Möglichkeit bekommen, auch als Erzeuger:innen von erneuerbarem Strom aktiv am Strommarkt teilzunehmen. Zunächst war die Rolle dieser so genannten Prosumer:innen auf die Erzeugung des Stroms und dessen vollständige Einspeisung in das Stromnetz beschränkt. Dies änderte sich, als der Eigenverbrauch des selbst erzeugten Stroms ermöglicht und auch lukrativ gemacht und so der Gestaltungsspielraum für diese Akteure deutlich vergrößert wurde. Sie konnten demnach selbst steuern, zu welchen Zeiten sie elektrische Geräte in ihrem Haushalt einschalten und damit den Eigenverbrauch mitbestimmen, der gegenüber der Einspeisung des Stroms wirtschaftlicher ist. Automatische Steuerungen und Stromspeicher haben diesen Spielraum noch vergrößert. Mit der weitergehenden Digitalisierung können aus sehr kleinteiligen Akteuren auf Haushaltsebene durch deren Vernetzung neue Organisationsformen geschaffen werden, die die bisherigen Markt- und Wertschöpfungsstrukturen grundlegend verändern. Entwicklungen wie der nähräumliche Eigenverbrauch oder auch lokale bzw. regionale Strommärkte, bei denen Betreiber:innen ihren Überschussstrom direkt an andere Verbraucher:innen verkaufen, sind zwar derzeit durch gesetzliche Rahmenbedingungen noch schwierig zu realisieren. Ihre Umsetzung wurde jedoch in Pilotprojekten schon erfolgreich gezeigt.

Diese Entwicklungen würden aber nicht nur die Rolle der Verbraucher:innen im Energiemarkt stärken, was im Übrigen auch den Zielen des „Clean Energy Package“ der EU entspricht, die bis Ende 2020 von allen EU-Mitgliedsstaaten in nationales Recht umgesetzt werden sollen (Europäisches Parlament 2019). Gleichzeitig ermöglicht es den Verbraucher:innen auch Flexibilitäten bereitzustellen, die zur Stabilisierung des Stromsystems beitragen können. Durch ein Management des eigenen Verbrauchs

und die Möglichkeit, diesen an Marktsignale anzupassen, können auf der Verbrauchsseite Leistungsschwankungen durch die erneuerbaren Energien zum Teil aufgefangen werden. Weitere Speicher, wie sie etwa durch die Elektromobilität zu erwarten sind, würden dieses Potenzial nochmal deutlich vergrößern. Dies erfordert jedoch einen enormen Koordinationsbedarf, der nicht nur durch digitale Lösungen geregelt werden kann, sondern unter anderem ein neues Strommarktdesign erfordert.

#### Digitalisierte Netzsteuerung im Smart Grid

Durch die erhöhte Komplexität im Energiesystem im Zuge räumlich verteilter und zeitlich schwankender Energieeinspeisung wird auch die gleichmäßige Auslastung der Netze immer problematischer. Das Risiko von instabilen Netzzuständen steigt. Durch intelligente Stromnetze, sog. Smart Grids, soll diese Komplexität gemeistert und eine Stabilität der Stromnetze gesichert werden. In einem Smart Grid wird nicht nur Energie, sondern auch Daten transportiert, die es Netzbetreibern ermöglichen, in kurzen Abständen Informationen zu Stromproduktion und -verbrauch zu erhalten. Sie können so zum Beispiel genau wissen, wann und wo eine dezentrale Erzeugungsanlage Strom ins Netz einspeist. Die größere Verfügbarkeit von Daten durch Sensorik (insbesondere durch intelligente Messsysteme) erlaubt den Netzbetreibern eine bessere Erfassung ihres Netzes und – bei vorhandener Aktorik<sup>1</sup> – auch steuernd einzugreifen. Dadurch können auch bei einem hohen Anteil dezentraler Stromerzeugung jederzeit eine stabile Netzsituation gewährleistet und vorhandene Netze höher ausgelastet werden (Experten-Gruppe Intelligente Energienetze 2019).

So werden beispielsweise digitale Trafos installiert, die es ermöglichen, viele Situationen im Netz zu erkennen und von der Netzleitstelle aus zu kontrollieren (Jendrischick 2020). Neben den Netzzustandsdaten und netzinternen intelligenten Steuerungsmöglichkeiten wird das Smart Grid vor allem dadurch charakterisiert, dass es Erzeugungs- und Verbrauchsdaten erfassen kann und darauf aufbauend das Zusammenspiel von Erzeugern und Verbrauchern intelligent steuert. Im Barometer zur Digitalisierung der Energiewende wird der Stand dieser Bemühungen regelmäßig im Auftrag des BMWi erfasst (Ernst&Young 2020). Der begonnene sogenannte Smart Meter-Rollout und der Stand bei der Datenerhebung werden dabei positiv hervorgehoben, allerdings fehle es noch an der Definition von Marktprozessen für die Steuerung wie bspw. bei den steuerbaren Lasten über §14a EnWG.

Diese Analyse macht auch deutlich, dass einige anstehende Herausforderungen im Hinblick auf Smart Grids noch nicht gemeistert sind. So gibt es zwar Regeln die es ermöglichen, dass Netzbetreiber bei Netzengpässen einzelne Erzeuger oder Verbraucher abschalten dürfen, um einen Stromausfall zu vermeiden. Ungeklärt ist aber, nach welchen Kriterien die Regelung in einem komplexen Kontext aus einer Vielzahl von Flexibilitäten funktioniert. Hier sollen Algorithmen und digitale Tools unterstützen. Dies setzt jedoch eine Festlegung von wirtschaftlichen und technischen Kriterien voraus. Auch ist zwar grundsätzlich die Zuständigkeit zwischen Verteilnetzbetreibern und Übertragungsnetzbetreibern nach Netzebenen im bisherigen Energiesystem geklärt. Doch wie ändern sich die Rollen, wenn es vielschichtige Wechselwirkungen zwischen diesen Ebenen gibt? Und wer muss für seine Aufgaben Zugriff auf die

---

<sup>1</sup> Aktorik: In der Mess-, Steuerungs- und Regeltechnik (MSR) bilden Aktoren das Gegenstück zu Sensoren. Aktoren sind antriebstechnische Baueinheiten, die ein elektrisches Signal in mechanische Bewegungen bzw. Veränderungen physikalischer Größen wie Druck oder Temperatur umsetzen und damit aktiv in den gesteuerten Prozess eingreifen (Quelle: Wikipedia)

Vielzahl der erhobenen Daten haben? Nicht zuletzt liegt hier auch ein ökologisches Problem, da die Anzahl an hochaufgelösten Daten aus dem Netz mit jedem Transfer zu zusätzlichen Emissionen führt.

### Die materielle Basis des digital vernetzten Energiesystems

Eine Notwendigkeit für das Erreichen der Klimaschutzziele ist ein „Weniger“. Nur mit einer deutlichen Reduktion des Energiebedarfs – nämlich um 50 % bis 2050 – ist eine vollständige Umstellung auf erneuerbare Energien überhaupt realistisch (Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut 2020). Dass die Digitalisierung des Energiesystems dabei eine wichtige Rolle spielt, ist weitgehend unbestritten. Doch ist es ökologisch sinnvoll, das Energiesystem vollständig zu digitalisieren? Oder sind die dafür notwendige Energie und die benötigten Ressourcen nicht eigentlich gravierender als der Mehrwert, der erzielt wird? Schließlich steckt hinter allen digitalen Lösungen immer auch etwas Materielles, nämlich Rechenzentren, Kabel, Mess- und Steuerungstechnik usw., deren Herstellung und Betrieb wiederum Energie und Ressourcen benötigen. Demgegenüber stehen dann die Einsparungen, die sich entweder direkt dort ergeben, wo die Digitalisierung eingesetzt wurde, oder durch Effizienzen im gesamten Energiesystem. Diese gilt es deshalb zu bewerten (vgl. Pohl et al. 2019).

Der Einsatz einer digitalen Technologie ist zunächst immer mit negativen Umweltwirkungen verbunden. Denn jede Technik benötigt Energie und Ressourcen und führt damit auch zu CO<sub>2</sub>-Emissionen, in der Herstellung und im Betrieb. Eine moderne Messeinrichtung (ohne Smart Meter Gateway) beispielsweise verursacht nach eigenen Berechnungen aufbauend auf Sias (2017) in der Herstellung 91 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente, ein herkömmlicher Ferraris-Zähler hingegen liegt bei ca. 8 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Daneben ist natürlich der Stromverbrauch im Betrieb entscheidend, die bei modernen Messeinrichtungen bei 13 kWh im Jahr liegt und damit unter dem Ferraris-Zähler mit etwa 19 kWh. Allerdings liegt der jährliche Stromverbrauch eines Smart Meter Gateways (die zentrale Kommunikationseinheit eines Smart Meters) in ähnlicher Höhe wie bei einer modernen Messeinrichtung. Um die Umweltwirkung vollständig zu bewerten, müssen dann noch Angaben zur Lebensdauer, zu einem frühzeitigen Austausch eines Geräts und zu den Umweltwirkungen, die die Datenübertragung, -verarbeitung und -speicherung verursachen, hinzugezogen werden.

Diesen zunächst negativen Wirkungen, die sich in allen Fällen der digitalen Anwendungen finden lassen, müssen nun die positiven Wirkungen gegenüber gestellt werden. Diese sind zunächst direkt dort zu erwarten, wo die digitale Technik eingebaut wurde. Das betrifft insbesondere erwartete Effizienzgewinne. Ein Beispiel: Bei Einsatz einer Wetterprognosesteuerung in einem Mehrfamilienhaus liegt dieser Effizienzgewinn zwischen 4 und 20 % weniger kWh Verbrauch pro Jahr (Hengstenberg 2018; Oschatz und Mailach 2017) und bei einer Online-Effizienzüberwachung zwischen 2,5 und 5 % weniger kWh Verbrauch pro Jahr (Hermann et al. 2019). Aber auch digitale Zählerablesungen können gegenüber der Anreise des Netzbetreibers schon einen ökologischen Vorteil bringen. Die erwarteten Effizienzgewinne können jedoch durch die Anschaffung zusätzlicher stromverbrauchender und vernetzter Geräte wieder gemindert werden.

Gerade im Strombereich zielt die Digitalisierung aber häufig auf positive Wirkungen auf einer höheren Ebene ab. Zwar werden durch den Einbau von Smart Metern auch Einsparungen bei den Verbraucher:innen erwartet. Eine wichtige Wirkebene liegt aber auch in der Netzsteuerung. Das Wissen über Netzzustände und Verbraucher:innen soll zu einer effizienteren Steuerung und besseren Auslastung der Stromnetze bei gleichzeitig hohem Anteil an erneuerbaren Energien führen und damit Netzausbau

vermeiden. Eine ähnliche systemische Wirkung wird bei fernsteuerbaren Lasten wie Wärmepumpen erwartet. Bei der Steuerung flexibler Lasten ist die Erwartung, dass sich eine digital koordinierte Lastverschiebung einerseits positiv auf die Netze auswirkt, und andererseits zu einer verringerten Abregelung von erneuerbaren Energien führt.

Die intendierten Wirkungen eines digitalisierten Energiesystems können also sehr vielfältig sein. Gleichzeitig sind sie an vielen Stellen noch sehr ungewiss. Gerade die Wirkungen im Energiesystem sind aktuell nicht quantifizierbar. Es ist damit bei einigen Anwendungen unklar, ob die teilweise hohen negativen Umweltwirkungen durch die Herstellung und den Betrieb von Sensorik, Messgeräten und IKT sowie Datentransfer und -verwertung durch die positiven Wirkungen aufgehoben werden können.

### Neue Verwundbarkeiten

Das heutige und mehr noch das zukünftige Leben und Wirtschaften beruhen maßgeblich auf einer stabilen und zuverlässigen Stromversorgung. Denn nahezu alle Lebens- und Arbeitsbereiche sind von der Funktionsfähigkeit elektrischer und elektronischer Geräte und Systemkomponenten und somit von der Elektrizität abhängig. Damit bekommt die (weitgehend) störungsfreie Stromversorgung einen hohen Stellenwert. Die katastrophalen Folgen eines längeren großflächigen Stromausfalls wurden sowohl literarisch als auch wissenschaftlich bereits eindrücklich geschildert (Elsberg 2013 und Petermann et al. 2011).

Durch die Integration digitaler Technologien in das Energiesystem wird zwar ein hoher Grad an Vernetzung ermöglicht. Doch gleichzeitig wird das System dadurch verletzbarer, seine sogenannte Vulnerabilität steigt. Vor dem Hintergrund solcher weitreichender, potentiell katastrophaler und somit ökonomisch und sozial kaum tragbarer Folgen ist die Frage der Vulnerabilität und Resilienz des Stromversorgungssystems eine aus unserer Sicht zentrale, die in den gegenwärtigen Debatten um die Transformation des Energie- und hier insbesondere des Stromsystems noch nicht hinreichende Beachtung findet. Sehr wohl wird der gemäß Energiewirtschaftsgesetz eingeforderte Tatbestand der Versorgungssicherheit thematisiert, u. a. bei der Frage der Harmonisierung des Ausbaus von Erneuerbaren Energien (EE) und des Netzausbaus oder der Forderung nach Kapazitätsmechanismen, um eine stabile Stromversorgung zu gewährleisten. Jedoch folgen daraus noch zu selten technische Anpassungen, die das digitalisierte Energiesystem resilienter machen können.

In der derzeit stattfindenden fundamentalen Transformation des Stromsystems bietet sich die Möglichkeit, Resilienzstrategien in das Design des Stromsystems zu integrieren. Eine wesentliche Ausmerkt gilt hierbei der Granularität der Systemarchitektur. Damit ist die Größe des kleinsten zu stabilisierenden Netzelements der Stromversorgung gemeint. Im Projekt „Strom-Resilienz“ des IÖW wurde in vielen Diskussionen mit Expert:innen der Frage nachgegangen, ob granulare Systeme systemimmanent als resilienter zu bewerten sind (Hirschl et al. 2018). Einigkeit bestand darüber, dass stärker zentral ausgerichtete Systeme andere Verwundbarkeiten aufweisen können als dezentral ausgerichtete Systeme: So sind zentrale Komponenten einzeln betrachtet höchst verwundbar und deren Ausfall kann weitreichende Folgen für die Systemstabilität haben, während von kleiner dimensionierten Komponenten in einem dezentralen System nicht so weitreichende Folgewirkungen ausgehen. Andererseits wird eine Verwundbarkeit in der Vielzahl ähnlicher Systemkomponenten (wie Bauteile, Software, Protokolle und Standards) gesehen, die möglicherweise schlechter gesichert oder gewartet werden

und daher in der Gesamtheit ein Angriffsziel darstellen. Deshalb wird die Diversifizierung der Systemkomponenten und der Software als eine Strategie gesehen, die Verwundbarkeit zu reduzieren (acatech 2017). In diesem Zusammenhang wird auch die Nutzung von offenen Standards und Open Source Software diskutiert (Pohl et al. 2020). Ebenso ist die Bereitstellung von Redundanzen eine wichtige weitere Maßnahme, um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Von ganz wesentlicher Bedeutung in einem digitalisierten Energiesystem sind die Themen IT-Sicherheit sowie Datenschutz und Datensicherheit. In Deutschland ist im IT-Sicherheitsgesetz geregelt, wie Messstellenbetreiber ihre Systeme vor Manipulation und Zugriff von außen schützen müssen. Aus Perspektive der Verbraucher:innen könnte ein besserer Datenschutz durch verständlichere AGB mit privacy-by-design und privacy-by-default, durch eine strenge e-privacy-Verordnung sowie dadurch gewährleistet werden, dass Vollzugsdefizite bezüglich der DSGVO behoben werden.

### Soziale Herausforderungen im digitalisierten Energiesystem

Die Digitalisierung des Energiesystems hat viele soziale Auswirkungen. In diesem Absatz werden sie zusammenfassend dargestellt sowie politische Empfehlungen daraus abgeleitet.

Aus technischer Sicht kann die Digitalisierung grundsätzlich einen Beitrag zur Netzstabilisierung leisten, denn sie senkt perspektivisch die Kosten des Netzbetriebs und damit die Netzentgelte, auch wenn die Investitionen gegengerechnet werden. Da Netzentgelte einen großen Anteil an den Strompreisen ausmachen und Strompreise regressiv wirken, kann die Digitalisierung sozial ausgleichend wirken. Vor allem die Ausstattung der Netze von Mittel- bis Höchstspannung mit Sensorik und Aktorik ist daher auch sozial erstrebenswert.

Auch der Einsatz von Smart Metern in der Niederspannung hat das Potenzial, langfristig die Gesamtsystemkosten und damit Kosten auch für sozial schlechter Gestellte zu senken (Faruqi et al. 2010). Relativ betrachtet senken Smart Meter jedoch häufig die Kosten von sozial besser gestellten Mehrverbraucher:innen und Prosumer:innen stärker. Smart Meter rentieren sich derzeit für Menschen mit Solaranlage, Hausspeicher und Elektroauto. Für reine Verbraucher:innen lohnt sich die Investition jedoch eher nicht, da diese weniger Möglichkeiten haben, Strom flexibel nachzufragen. Daher ist es aus sozialer Sicht geboten, die Kosten von Smart Metern für Geringverbraucher:innen (anteilig) staatlich zu finanzieren. Prosumer:innen können zudem durch ein digitalisiertes Energiemanagement angereizt werden, sich (in einem gewissen Maße) vom Netz abzukoppeln. Da die Netzkosten im aktuellen Regulierungssystem auf den aus dem Netz entnommenen Strom umgelegt werden, führt das bei Prosuming-Haushalten, die nur noch wenig Strom aus dem Netz beziehen, zu geringeren Netzentgeltzahlungen. Dadurch steigen mittelfristig die umgelegten Netzentgelte für reine Verbraucher:innen. Dies ist in besonderem Maße unsolidarisch, weil Stromnetze für kritische Situationen (z.B. Dunkelflauten) ausgelegt sind, in denen auch Prosumer:innen Strom aus dem Netz beziehen. Daher sollten Prosumer:innen nicht komplett von Netzentgelten und Umlagen befreit werden.

Ein Ziel des Einsatzes von Smart Metern im Verbrauch ist es, auf physikalischer Seite durch ausreichend Sensorik und Aktorik Flexibilität zu ermöglichen und anzureizen. Um die physikalischen Potentiale der Flexibilität auszuschöpfen, bedarf es auf Seiten des Marktes variabler Preissignale.<sup>2</sup> In einer

---

<sup>2</sup> Ohne diese ausreichende Sensorik und Aktorik wären Modelle mit (un)bedingter Bestelleistung systemdienlicher.

großen Strompreiszone, wie sie aktuell vorliegt, könnten solche variablen Preissignale mittels variabler Netzentgelte umgesetzt werden. Netzentgelte setzen sich zusammen aus Grund-, Leistungs- und Arbeitspreisen. Grundpreise wirken grundsätzlich regressiv: Geringverbraucher:innen zahlen pro verbrauchter Kilowattstunde Strom einen höheren Preis als Mehrverbraucher:innen. Grundpreise für Geringverbraucher:innen sind daher abzuschaffen oder zumindest stark zu limitieren. Zeitvariable Leistungspreise wirken ebenfalls regressiv, weil Geringverbraucher:innen höhere Verbrauchsspitzen im Verhältnis zu ihrem Gesamtverbrauch haben als Mehrverbraucher:innen. Daher sind aus sozialer Sicht zeitvariable Arbeitspreise in den Netzentgelten zu bevorzugen, auch weil Geringverbraucher:innen das Netz stärker nacheinander (d.h. nicht gleichzeitig) nutzen als Mehrverbraucher:innen (Jahn & Graichen 2018).

Die Digitalisierung des Netzbetriebes kann schließlich auch sozialen Ausgleich befördern: So könnte ein Rechenalgorithmus, der Transaktionskosten gering hält, eine günstige horizontale Gleichverteilung der Verteilnetzentgelte, also innerhalb einer Netzebene, ermöglichen. Das kann Menschen auf dem Land (mit wenigen Netzanschlüssen in der Nachbarschaft) oder in Regionen mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung (und dadurch starken Netzzustandsschwankungen) finanziell entlasten.

Schon bei der Auswahl des eigenen Stromtarifs können sich soziale Ungleichheiten ergeben. Denn über Tarifmenüs, über die zwischenverschiedenen Strompreistarifen gewechselt werden kann, sind sozial schlechter Gestellte häufig weniger gut informiert bzw. beraten. Digitalisierte Tarifauswahlentscheidungen können diesen Nachteil verringern. Ein inhaltlich und preislich niederschwelliger Einsatz solcher digitaler Anwendungen, der mit einer speziellen Beratung für sozial schlechter Gestellte einhergehen sollte, ist daher zu empfehlen.

Bei Flexibilitätsanreizen über Strompreise und einer digitalisierten Verbraucher:innenreaktion könnten jedoch Verbraucher:innen bzw. Prosumer:innen mit der besten und schnellsten Fernwirktechnik (Technik zum Überwachen und Steuern räumlich entfernter Objekte) die günstigsten Tarife abgreifen. Deshalb wäre zu diskutieren, die derzeit kostenintensive Fernwirktechnik auf einem hohen Standard zu vereinheitlichen und sie allen verfügbar zu machen.

Der Datenschutz ist ein wichtiges Thema in Bezug auf digitalisierte Energiemanagementsysteme. Sozial schlechter Gestellte sollten nicht mit ihren Daten bezahlen müssen oder sich nur Tarife leisten können, die mit einer Beschneidung ihrer Privatsphäre einhergehen. Der Datenschutzstandard muss für alle Verbraucher:innen gleichermaßen hoch sein. Zudem sollte der Schutz der DSGVO nicht nur für Privatpersonen, sondern auch für Beschäftigte in der Zeit gelten, in der sie ihren Berufen nachgehen.

Von der Förderung erneuerbarer Energien haben bislang vor allem Haus- oder Grundeigentümer:innen profitiert. Die Digitalisierung kann aber gemeinschaftlichen Eigenverbrauch fördern, sodass auch Mieter:innen profitieren. Doch die Kosten für Smart Meter an Mieter:innenstromanlagen können den Ausbau des Mieter:innenstroms hemmen. Hier ist die Angemessenheit einer staatlichen Unterstützung zu prüfen.

Smart Meter können Verbraucher:innen helfen, ihre Verbräuche durch Visualisierungen besser zu kontrollieren. Sie werden so in die Lage versetzt, ihren Stromverbrauch stärker kostenorientiert zu re-

geln. Sogenannte Pre-Payment-Meter (PPM) sind mit einer Vorkassefunktion ausgestattet und können beispielsweise zur Entlastung von Mahnabteilungen in Unternehmen beitragen (Kopatz 2012). Eingesetzt werden PPM vor allem bei sozial schlechter Gestellten und häufig wird ein Teil des Ladungsbetrages zur Tilgung von Schulden eingesetzt. So soll auch verhindert werden, dass sich sozial schlechter Gestellte (weiter) verschulden. Gerade in energiearmen Haushalten sind Energieeinsparpotentiale jedoch gering. Schuldentilgung und Stromverbrauch werden in der Regel nicht separat wahrgenommen, was der besseren Kontrolle eigener Verbräuche entgegenwirkt (Berger 2017: 419). Auch kann das Aufladen des PPM Mobilitäts- oder Internetkosten verursachen (Sharam 2003). Da die Verantwortung für die Versorgung durch PPM auf die Verbraucher:innen abgewälzt wird, kann es in finanziellen Notlagen zu sogenannten „Selbstabschaltungen“ kommen (Coutard / Guy 2007). Wo zuvor Menschen Nachsicht walten lassen konnten, entscheidet dann die Technik ohne Empathie (Ingram et al. 2007). Diese Abschaltungen werden häufig aus Datenschutzgründen nicht statistisch erfasst (Sharam 2003). Sie geschehen also im doppelten Wortsinn im Dunkeln. Neben der Beleuchtung fallen jedoch auch Kühlschränke, Kochmöglichkeiten oder das Internet aus. Strom- und Lichtlosigkeit können in der Nachbarschaft wahrgenommen werden und zu Stigmatisierungen führen. In Neuseeland starb eine Frau, deren medizinische Geräte mit Strom betrieben wurden (Berger 2017: 412). Da in Zukunft immer mehr Strom im Sektor Wärme eingesetzt werden soll, werden zudem immer häufiger Heizung und Warmwasser betroffen sein, was auch die Gesundheit gefährdet (Kälte, Feuchtigkeit, Schimmel, kein Wäschewaschen, kein Warmwasser). Die Folgekosten trägt häufig die Gesellschaft (Reibling/Jutz 2017). Dem Einsatz von PPM ist daher unter sozialen Gesichtspunkten zu widersprechen.

Die vielfältigen sozialen Auswirkungen der Digitalisierung des Energiesystems sollten entsprechend bei der technischen und regulatorischen Umsetzung berücksichtigt werden. Gesellschaftliche Anliegen wie Inklusion und soziale Gerechtigkeit müssen mehr in den Fokus rücken.

### Politische Steuerung zwischen Energiemarkt und Netzregulation

Die Digitalisierung des Energiesystems bringt neue Herausforderungen im Hinblick auf die politische Steuerung mit sich. Die Komplexität der Steuerung im Spannungsfeld zwischen stark reguliertem Netzbetrieb und liberalisiertem Energiemarkt wächst.

Mit dem Weißbuch „Ein Strommarkt für die Energiewende“, dem „Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende“ sowie dem „Grünbuch Energieeffizienz“ als Ergebnis von Konsultationsprozessen im BMWi wurden wichtige regulatorische Grundlagen gelegt. Bedeutende Herausforderungen auf regulatorischer Ebene liegen in den Bereichen digitales Messwesen, Flexibilität der Letztverbraucher:innen sowie Schaffung von Rahmenbedingungen für neue Geschäftsmodelle (z.B. flexible Tarife). So hat sich beispielsweise im Zuge des Smart Meter-Rollouts gezeigt, dass es zunächst gar keine Geräte auf dem Markt gab, die den hohen Sicherheitsanforderungen des BSI (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik) genügten (Spiegel 2020). Mittlerweile wurden hier Fortschritte erzielt. Doch es treten neue Herausforderungen auf, wie zum Beispiel die Frage, wer künftig die Nutzung von Funkfrequenzen (insbesondere der 450Mhz Frequenz) für sich beanspruchen darf (Ernst & Young 2020). Für die Frage, wer wann auf welche Daten aus intelligenten Messsystemen zugreifen darf, soll künftig das Prinzip der sternförmigen Kommunikation etabliert werden. Es beinhaltet, dass die Messdaten im Smart-Meter-Gateway aufbereitet und direkt mittels Ende-zu-Ende-Verschlüsselung den entsprechenden Akteuren zur Verfügung gestellt werden.



Darüber hinaus gibt es im Bereich der Flexibilisierung der Verbrauchsseite noch viele ungeklärte Fragestellungen, die derzeit im Rahmen einer Überarbeitung des §14a EnWG diskutiert werden. Hier geht es insbesondere darum, wie eine netzdienliche Flexibilität ausgestaltet werden kann. Aber auch im Bereich der Regelungen von Speichern als Verbrauchsanlagen und der Harmonisierung des Erneuerbare Energien Gesetzes (EEG) mit dem Messtellenbetriebsgesetz (MsbG) liegen künftige Herausforderungen (Ernst&Young 2020). Aktuell wird das EEG überarbeitet und die neuen Regelungen sollen zum 01.10.2021 in Kraft treten.

Die künftige Herausforderung besteht insbesondere darin, die politische Gestaltung in Einklang mit technischen Entwicklungen zu bringen und dabei nicht nur die Sicherheit, Verlässlichkeit und Bezahlbarkeit der Energieversorgung, sondern auch den Klimaschutz, den Datenschutz und die soziale Gerechtigkeit im Blick zu behalten. Angesichts der Akteurs- und Optionenvielfalt sollten diese Aspekte wesentlich mehr als bislang bei der Ausgestaltung eines digitalisierten Energiesystems berücksichtigt werden.

### Quellen

- acatech (2017): Das Energiesystem resilient gestalten: Maßnahmen für eine gesicherte Versorgung. Berlin. <http://www.energiesysteme-zukunft.de/publikationen/stellungnahme/das-energiesystem-resilient-gestalten-massnahmen-fuer-eine-gesicherte-versorgung/>. Berger, T. (2017): Energie prepaid. Sozio-technische Implikationen im Management energiearmer KonsumentInnen durch Prepayment-Meter. In: Großmann, K. et al. (Hrsg., 2017): Energie und soziale Ungleichheit. Springer VS. Wiesbaden.
- Coutard, O., Guy, S. (2007): STS and the City Politics and Practices of Hope. In: Science, Technology, and Human Values 32 (6): 713-734.
- Dena (2016): Grundsatzpapier der Plattform Digitale Energiewelt. (Download: [https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9163\\_Grundsatzpapier\\_der\\_Plattform\\_Digitale\\_Energiewelt.pdf](https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9163_Grundsatzpapier_der_Plattform_Digitale_Energiewelt.pdf))
- Elsberg, M. (2012). BLACKOUT-Morgen ist es zu spät: Roman. Blanvalet Verlag.
- Ernst&Young (2020): Barometer Digitalisierung der Energiewende. Modernisierungs- und Fortschrittsbarometer zum Grad der Digitalisierung der leitungsgebundenen Energiewirtschaft. Erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Berichtsjahr 2019 (<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/barometer-digitalisierung-der-energiewende-berichtsjaehr-2019.pdf>)
- Europäisches Parlament (2019): Regulation (EU) 2019/943 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on the internal market for electricity.
- Expertengruppe Intelligente Energienetze (2019): Nutzen und Anwendungen Intelligenter Energienetze. <https://deutschland-intelligent-vernetzt.org/app/uploads/2019/10/Nutzen-und-Anwendungen-Intelligenter-Energienetze.pdf>
- Faruqi, A., Sergici, S., Sharif, A. (2010): The impact of informational feedback on energy consumption – A survey of the experimental evidence. In: Energy 35 (4): 1598-1608.
- Germanwatch (2016): 6 Thesen zur Digitalisierung der Energiewende. Chancen, Risiken und Entwicklungen. (Download: <https://germanwatch.org/de/download/15649.pdf>)
- Hengstenberg, Johannes (2018): Die vorausschauende Steuerung von Heizanlagen - Vortrag von Johannes Hengstenberg. Oktober. <https://www.senercon.de/2018/10/02/video-vortrag-zum-thema-vorausschauende-steuerung-von-heizanlagen/>.
- Hermann, Laurenz, Peter Hennig, Sebastian Metzger, Martin Köhrer, Larissa Pauser, Daniel Yanev, Andreas Homburg und Matthias Knauff (2019): Energiemonitoring und Informationsaustausch bei Geräten und Anlagen (Zählerstudie). Endbericht. Berlin: BAFA, BMWi, UBA. [www.bfee-online.de/SharedDocs/Downloads/BFEE/DE/Effizienzpolitik/zaehlerstudie.pdf/\\_\\_\\_blob%3Dpublication-File%26v%3D2&usq=AOvVaw2kDlyPWWiOR2QnkKNa1Z8v](http://www.bfee-online.de/SharedDocs/Downloads/BFEE/DE/Effizienzpolitik/zaehlerstudie.pdf/___blob%3Dpublication-File%26v%3D2&usq=AOvVaw2kDlyPWWiOR2QnkKNa1Z8v).

- Hirschl, Bernd; Aretz, Astrid; Bost, Mark; Tapia, Mariela; Gößling-Reisemann, Stefan (2018): IKT und Stromversorgung: Potenziale und Risiken der Kopplung in Bezug auf Vulnerabilität und Resilienz. Schlussbericht. Berlin, Bremen. (Download: [www.strom-resilienz.de](http://www.strom-resilienz.de))
- Ingrim, J., Shove, E., Watson, M. (2007): Products and Practices: Selected Concepts from Science and Technology Studies and from Social Theories of Consumption and Practice. In: Design Issues 23 (2): 3-16.
- Jahn, A., Graichen, P. (2018): Netzentgelte 2018: Problematische Umverteilung zulasten von Geringverbrau- chern. Online: [https://www.stiftung-mercator.de/media/bilder/11\\_Publikationen/2018/Januar/Agora\\_RAP\\_Netzentgelte\\_2018\\_WEB.pdf](https://www.stiftung-mercator.de/media/bilder/11_Publikationen/2018/Januar/Agora_RAP_Netzentgelte_2018_WEB.pdf) (Zugriff: 26.10.2020)
- Jendrischik, Martin (2020): Digitale Trafos - So macht E.ON aus Stromnetz steuerbares Smart Grid. Beitrag vom 02.05.2020 unter [cleanthinking.de](http://cleanthinking.de). <https://www.cleanthinking.de/digitale-trafos-eon-smart-grid/>
- Kopatz, Michael (2012): Energiearmut lindern: Prepaid statt Sperre. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen 62 (11): 90-92.
- Lied, Andreas (2017): Studie zur Digitalisierung der Energiewirtschaft. München: Becker Büttner Held Consulting AG.
- Maier, Magnus (2018): Metaanalyse: Digitalisierung der Energiewende. Agentur für Erneuerbare Energien e.V.
- Nolde, Andreas (2018): Digitalisierung der Energiewende: Flexibilisierung der Stromversorgung - Weiterentwick- lung der Netzregulierung. Veranstaltung: Technische Entwicklungsoptionen und institutionelle Herausfor- derungen bei den Strom-Verteilnetzen infolge neuer Lasten im Rahmen der Sektorkopplung (Elektromobili- tät, Wärmepumpen), 7. Juni, Berlin. [https://www.wip.tu-berlin.de/fileadmin/fg280/veranstaltungen/2018\\_06\\_07\\_tagung\\_verteilnetze/presentationen/1300h\\_nolde-flexibilisierung-der-stromversor- gung.pdf](https://www.wip.tu-berlin.de/fileadmin/fg280/veranstaltungen/2018_06_07_tagung_verteilnetze/presentationen/1300h_nolde-flexibilisierung-der-stromversor- gung.pdf).
- O’Sullivan, K.C., Howden-Chapman, P.L., Fougere, G. (2011): Making the connection: The relationship between fuel poverty, electricity disconnection, and prepayment metering. In: Energy Policy 39 (2): 733-741.
- Oschatz, Bert und Bettina Mailach (2017): Kurzstudie Energieeinsparungen Digitale Heizung. Institut für Techni- sche Gebäudeausrüstung Dresden.
- Petermann, Thomas; Bradke, Haralf; Lüllmann, Arne; Poetzsch Maik; Riehm, Ulrich (2011): Was bei einem Black- out geschieht. Folgen eines langandauernden und großräumigen Stromausfalls. Büro für Technikfolgen- Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB). <http://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikatio- nen/buecher/petermann-et-al-2011-141.pdf>
- Pohl, Johanna, Lorenz M. Hilty und Matthias Finkbeiner (2019): How LCA contributes to the environmental as- sessment of higher order effects of ICT application: A review of different approaches. Journal of Cleaner Production 219 (Mai): 698–712.
- Pohl, J., Höfner, A., Albers, E., Rohde, F.: Missing Link: Nachhaltige Hard- und Software - für eine bessere (IT-)Welt. <https://www.heise.de/hintergrund/Missing-Link-Nachhaltige-Hard-und-Software-fuer-eine-bessere-IT-Welt-4851588.html>
- Langlebig, ressourcensparsam, offen: Das sind Forderungen an eine nachhaltige IT-Landschaft. Hinweise zu Ge- staltungsoptionen und notwendigen Handlungsvorgaben.
- Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2020): Klimaneutrales Deutschland. Zusammenfassung im Auftrag von Agora Energie-wende, Agora Verkehrswende und Stiftung Klimaneutralität
- Reibling, N., Jutz, R. (2017): Energiearmut und Gesundheit. Die Bedeutung von Wohnbedingungen für die soziale Ungleichheit im Gesundheitszustand. In: Großmann, K. et al. (Hrsg., 2017): Energie und soziale Ungleich- heit. Springer VS. Wiesbaden.
- Riester, Julia (2017): Energie 4.0 – Die Digitalisierung der Energiewirtschaft Eine empirische Untersuchung zur verbraucherseitigen Akzeptanz der Smart Meter Technologie und Implikationen für deren Vermarktung. Masterarbeit. Hofer akademische Schriften zur Digitalen Ökonomie. Hof: Hochschule Hof.
- Sharam, Andrea (2003): Second Class Customers: Per-Payment Meters, the Fuel Poor and Discrimination.
- Sias, Glenn Gregory (2017): Characterization of the Life Cycle Environmental Impacts and Benefits of Smart Elec- tric Meters and Consequences of their Deployment in California. Los Angeles: University of California. <https://escholarship.org/uc/item/3h2772v0>.

Umweltbundesamt (2020): Erneuerbare Energien in Zahlen (Online: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen>), abgerufen am 02.10.2020)



[www.nachhaltige-digitalisierung.de](http://www.nachhaltige-digitalisierung.de)