

Energiewende

Weniger bauen, mehr digitalisieren

Der Ausbau der Stromnetze ist entscheidend für den Erfolg der Energiewende. Aber er erfordert massive Investitionen. Digitalisierung kann helfen, Kosten zu senken und Kapazitäten zu erhöhen.



Greentech

Serie „Diese grünen Ideen könnten die Welt verändern“:

Von Wellenkraftwerken, CO₂-freiem Zement und Solaranlagen im Weltraum bis zu energiespendenden Algenarten. Wir stellen einige der interessantesten Innovationen vor. Wissenschaftlich begleitet wird die Serie von dem unabhängigen Thinktank Future Cleantech Architects.



Klaus Stratmann Berlin

Die Zahlen sind gigantisch: Der Ausbau der Stromnetze in Deutschland wird in den kommenden zwei Jahrzehnten voraussichtlich Investitionen von mehr als 500 Milliarden Euro erfordern. Davon entfallen mehr als 300 Milliarden Euro auf die Stromübertragungsnetze, auch „Stromautobahnen“ genannt, die große Strommengen quer durchs Land transportieren. Weitere 200 Milliarden Euro dürften zusätzlich für die Verteilernetze nötig werden. Sie bringen den Strom auf regionaler Ebene bis zum Hausanschluss.

Die Beträge sind nicht nur für die Netzbetreiber relevant, die das Geld zunächst einmal auftreiben müssen. Auch Stromverbraucherinnen und Stromverbraucher finanzieren den Ausbau über die Netzentgelte, die über die Stromrechnung eingezogen werden. Zwar hat sich die Politik bereit erklärt, einen Teil der Kosten aus dem Haushalt zu finanzieren. Aber auch dafür stehen am Ende die Stromverbraucher gerade, die ja zugleich Steuerzahler sind.

Sensoren spielen eine Schlüsselrolle

Effizienz ist also Pflicht. Um die Kosten des Ausbaus nicht ausufern zu lassen oder um sie vielleicht sogar zu drücken, bieten sich zwei Lösungswege an. Erstens: Die vorhandenen Leitungen werden effizienter gesteuert, um die Auslastung zu erhöhen. Der Schlüssel dazu liegt in einem intensiven Monitoring der Netze, kombiniert mit der Digitalisierung der Steuerung.

Zweitens: Bestehende Leitungen werden erneuert, es kommen neue Technologien mit höheren Transportkapazitäten zum Einsatz. Fachleute sprechen von Reconductoring: Ein bestehendes konventionelles Leiterseil wird durch ein Leiterseil ersetzt, das beispielsweise über einen Kohlenstoffkern verfügt. Als Leiterseile werden die stromführenden Seile einer Freileitung bezeichnet. In der Regel bestehen sie aus Aluminium und einem Stahlkern. Mit neuen Materialien kann ihre Kapazität erhöht werden, ohne dass neue Genehmigungen oder neue Strommasten nötig sind.

Erst wenn diese beiden Wege nicht zum Ziel führen, wird der komplette Neubau einer zusätzlichen Leitung nötig. Doch das ist die teuerste und langwierigste Lösung.

Warum muss sich das Netz überhaupt so grundlegend wandeln? Weil sich die Stromerzeugung mindestens ebenso grundlegend wandelt. Jonas Danzeisen, Geschäftsführer von Venios, erklärt das so: „Das Stromnetz ist keine Einbahnstraße mehr. Früher gab es nur eine Richtung. Der Strom aus Großkraftwerken wurde über das gesamte Netz bis zum letzten Hausanschluss geleitet. Das hat sich radikal gewandelt und wird sich auch in Zukunft noch stark verändern.“ Venios bietet Softwarelösungen für Netzbetreiber an.

Tatsächlich sind auf allen Netzebenen neue Stromerzeuger mit volatiler Einspeisung hinzugekommen – vom Offshore-Windpark bis zur Photovoltaikanlage auf dem Hausdach. „Das macht die Netzsteuerung anspruchsvoll“, sagt Danzeisen.

Das Netz ist wegen der Vielzahl neuer Stromeinspeiser mit volatiler Erzeugung stark

belastet. Hinzu kommt, dass die zu transportierenden Strommengen größer werden, weil es immer mehr Stromabnehmer gibt. Elektroautos und elektrische Wärmepumpen gehen ans Netz, gleichzeitig werden in der Industrie Prozesse elektrifiziert, die bislang auf dem Einsatz von Kohle, Gas und Öl basierten. Das alles geschieht, um die klimaschädlichen CO₂-Emissionen zu reduzieren. „Dekarbonisierung und Elektrifizierung sind fast synonym. Und das bedeutet, dass wir Stromnetze brauchen, die dieser Belastung gewachsen sind“, sagt Antoine Koen vom Thinktank Future Cleantech Architects (FCA).

Monitoring und Digitalisierung stellen aus Sicht vieler Fachleute den Königsweg dar, um bestehende Netze in neue Leistungsklassen zu heben. „Mit IT, Algorithmen und Künstlicher Intelligenz lässt sich die Netznutzung deutlich optimieren. Die Effizienzgewinne, die man so generieren kann, sind beträchtlich“, sagt Danzeisen, der auch stellvertretender Vorsitzender des Fachverbands Energietechnik im Verband der Elektro- und Digitalindustrie (ZVEI) ist. Adnan Chaudhry, Leiter Digitales Netz bei Siemens Energy, quantifiziert die Effekte: „Im Idealfall lässt sich mittels intelligenter Steuerung bis zu 40 Prozent mehr Strom mit einer Leitung übertragen.“

Eine entscheidende Rolle spielt auch das Wetter. Bei Starkwind oder niedriger Außentemperatur können die Leiterseile stärker belastet werden, als es unter klimatischen Normbedingungen der Fall wäre. Der Grund: Mit sinkenden Temperaturen steigt die Leitfähigkeit einer Stromleitung.

E-Auto-Ladesäule, Hochspannungsleitung, Wärmepumpe, Kabeltunnel: Der Neubau von Leitungen ist teuer und dauert lange.

40

Prozent
mehr Strom lässt sich maximal mit einer Leitung übertragen, wenn man eine intelligente Steuerung einsetzt.

Quelle: Siemens Energy



imago images/Jochen Tack, dpa, In Pictures/Getty Images, Christophe Gateau/dpa



Sensoren, die in Echtzeit ein Bild von den Reserven einer Leitung vermitteln, sind die Voraussetzung dafür, dass der Stromtransport dynamisch an die tatsächlichen Umweltbedingungen angepasst werden kann. „Der witterungsabhängige Freileitungsbetrieb hilft uns sehr dabei, die Netze optimal auszulasten. Die Erfolge sind messbar“, sagt Thomas Dederichs, Leiter Systementwicklung beim Stromübertragungsnetzbetreiber Amprion. „Wir tragen dazu bei, den Redispatch-Bedarf zu reduzieren“, sagt Dederichs.

Mit Redispatch werden Ausgleichsmaßnahmen bezeichnet, die erforderlich werden, um Ungleichgewichte im Stromübertragungsnetz auszugleichen: Wenn beispielsweise im Norden Deutschlands mehr Windstrom produziert wird, als die Netze transportieren können, im Süden aber Strom gebraucht wird, müssen dort Kraftwerke anlaufen, um die Stromversorgung zu gewährleisten. Das kostet Jahr für Jahr Milliarden, die über die Netzentgelte auf alle Stromverbraucher umgelegt werden.

Dagegen ist die bessere Steuerung und Auslastung der Netze recht günstig zu haben: „Die Investitionen, die erforderlich sind, um eine Freileitung mit Sensoren auszustatten, sind in Relation zu den Effekten, die sich damit erzielen lassen, verschwindend gering“, sagt Siemens-Energy-Manager Chaudhry. „Wir kennen Fälle, in denen sich die Investition in Sensoren binnen zwei Monaten amortisiert hat.“

Die Zahl der zu installierenden Sensoren ist abhängig vom Trassenverlauf. In der Regel reicht es nach Angaben von Chaudhry, alle zehn oder 15 Kilometer einen Sensor zu installieren. Allerdings sagt er auch: „Ich schätze, dass weniger als zehn Prozent der Freileitungen im deutschen Übertragungsnetz mit Sensoren ausgestattet sind und digital gesteuert werden.“

Gelingen kann die Digitalisierung aber nur, wenn die Regulierungsbehörden mitspielen. Denn Stromnetze sind natürliche Monopole. Damit die Betreiber der Netze keine zu hohen Kosten produzieren, wachen die Regulierungsbehörden über alle Ausgaben.

Mit der Digitalisierung tun sie sich schwer, findet die Branche. „Bislang haben sich die Regulierungsbehörden in Europa eher zurückgehalten, smarte Lösungen bei der Steuerung und Überwachung der Stromnetze anzuerkennen“, sagt Siemens-Energy-Manager Chaudhry. Doch das wandle sich. So erwäge Frankreich, alle Übertragungsleitungen zu digitalisieren. In den USA sei die Regulierung schon weiter fortgeschritten, so Chaudhrys Beobachtung.

Am Ende wird es aber nicht ausreichen, den Netzbetrieb zu optimieren. Solange der Idealzustand – das für alle erdenklichen Einspeise- und Abnahmesituationen perfekt ausgebaute Netz – noch nicht erreicht ist, müssen zusätzliche Instrumente her.

So wird man beispielsweise in den Netzbetrieb eingreifen und die Versorgung einzelner Stromverbraucher einschränken müssen. Der Gesetzgeber hat bereits vorgesorgt: Paragraf 14 a des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) lässt seit 2024 die „netzorientierte Steuerung von steuerbaren Verbrauchseinrichtungen und steuerbaren Netzanschlüssen“ zu. Heißt übersetzt: Die Betreiber von Stromverteilnetzen dürfen unter bestimmten Bedingungen in den Betrieb von Wärmepumpen, Batteriespeichern, Klimaanlage und Elektroautos eingreifen. Jonas Danzeisen hält das für richtig: „Netzbetreiber sollten dimmen dürfen.“

Andere Länder verfolgen andere Strategien. „In den USA sind unter dem Stichwort ‚Distributed Energy Resources Management‘ (DERM) Systeme entwickelt worden, die Netznutzer honorieren, wenn sie ihr Nutzungsverhalten aktiv an der Netzauslastung ausrichten“, erklärt Danzeisen. In Deutschland würde der Netznutzer entschädigt, wenn der Betrieb eingeschränkt wird, etwa durch ermäßigte Netzentgelte.

Doppelte Kapazität mit Hochtemperatur-Leiterseilen

Das Ergebnis ist das gleiche: Überlastungen des Netzes lassen sich vermeiden, indem einzelne Verbraucher weniger Strom abnehmen. „Im Idealfall geht der Eingriff so über die Bühne, dass der Kunde davon nichts bemerkt. Komforteinbußen sollten unbedingt vermieden werden“, sagt Danzeisen.

Doch wenn Monitoring, Digitalisierung und Eingriffe in den Netzbetrieb nicht ausreichen, müssen die Netzbetreiber die Leiterseile austauschen. Denn moderne Hochtemperatur-Leiterseile ermöglichen eine Verdopplung der Kapazität einer Leitung. Sie sind speziell entwickelt und für deutlich höhere Betriebstemperaturen ausgelegt als konventionelle Aluminium-Stahl-Seile. Dadurch ermöglichen sie eine höhere Strombelastbarkeit. Verschiedene Varianten sind am Markt.

Aber im Vergleich zum Monitoring und zur Digitalisierung bestehender Leitungen wird es beim kompletten Austausch der Leiterseile teuer. Denn: Hochtemperatur-Leiterseile ermöglichen höhere Ströme und führen damit zu einer Leistungserhöhung. „Allerdings müssen auch alle anderen Komponenten, wie zum Beispiel die Schaltanlagen, über welche die Leitung ins Netz eingebunden ist, diese höheren Ströme zulassen“, heißt es bei Hitachi Energy Germany. Das macht erhebliche Investitionen erforderlich. Thomas Dederichs von Amprion sieht es so: „Hochtemperatur-Leiterseile haben erhebliche Vorteile. Wir brauchen sie aber nicht flächendeckend. Nicht in jedem Fall lohnen sich die Mehrkosten.“

Antoine Koen von Future Cleantech Architects hofft, dass die verschiedenen Möglichkeiten, die Stromübertragungs- und auch die Stromverteilnetze leistungsfähiger zu machen, reichlich genutzt werden. „Meine Sorge wäre, dass wir bei den Stromnetzen beim ‚business as usual‘ bleiben, also bei Leistungsflüssen, die nicht optimiert sind, mit einer niedrigen durchschnittlichen Auslastung, aber sehr hohen punktuellen Spitzen. Dann müssten deutlich mehr Stromnetze gebaut werden, um der Belastung gerecht zu werden, und das erweist sich aus verschiedenen Gründen als sehr schwierig.“

Tatsächlich kann der Neubau einer Stromübertragungsleitung von der Planung und Genehmigung bis zur Inbetriebnahme mehr als ein Jahrzehnt dauern. Wenn die Energiewende gelingen soll, sind wesentlich kürzere Umsetzungsfristen erforderlich.

