



# Innovationspotenzial für die Energiewende

**Nachhaltige Technologien** | Auswertungen von Swisscleantech bezüglich «Netto-Null» für die Schweiz zeigen: Bei linearer Absenkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen auf null bis 2050 läge die Schweiz noch bei etwa 670 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente an Gesamtemissionen. Das sind 50 % zu viel, wenn die Reduktion streng nach Pariser Klimaabkommen erfolgen soll. Wie lässt sich dieses Missverhältnis auflösen?

MARTINA BLUM, GIACUN CORAY, YURI SELVAGGI

Viele Firmen haben sich bereits heute im Rahmen der Science-based Target Initiative das Zieljahr 2040 oder sogar 2030 für ihre «Netto-Null»-Initiativen gesetzt [1]. Auch die Energieversorgung muss zur Erreichung dieser Ziele beitragen und muss deshalb möglichst rasch umgestaltet werden. Im Fokus stehen dabei aktuell Massnahmen zur effizienten Nutzung der Energie und der Umstieg auf erneuerbare Energie. Fest steht, dass die Netto-Null-Energieversorgung grösstenteils elektrisch sein wird:

- In der Stromversorgung müssen die fossilen und in vielen Ländern auch die nuklearen Bandlastkraftwerke

ersetzt werden. Wasserkraft, Windkraft und Photovoltaik werden künftig die grossen Beiträge liefern.

- Die heute meist fossil betriebene Wärmeversorgung der Gebäude (Raumheizung und Warmwasser) wird vermehrt elektrifiziert. Mit Wärmepumpen werden lokale Energiequellen wie Erdwärme, Grundwasser, Seewasser, Abwärme oder Aussenluft erschlossen.
- Der Substitutionsbedarf im Verkehrssektor ist am grössten. Nur beim öffentlichen und privaten Landverkehr ist mit der E-Mobilität eine CO<sub>2</sub>-arme Alternative vorhanden.

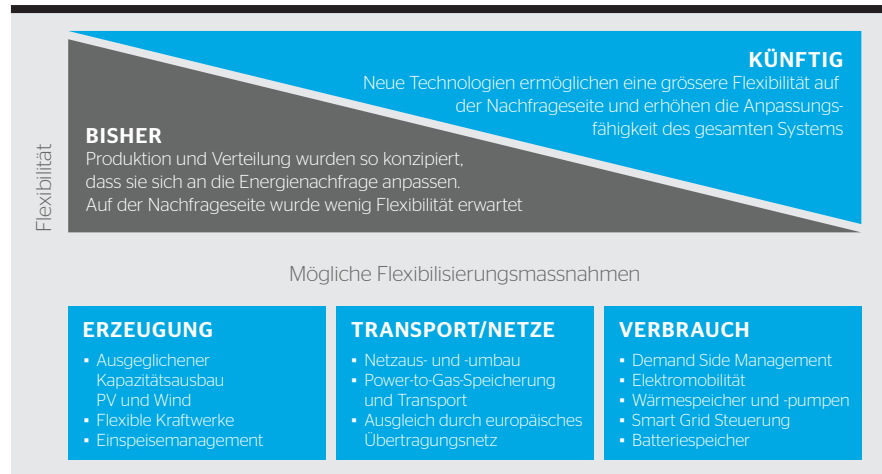
Das künftige Energiesystem wird geprägt sein von erneuerbaren Energieträgern, deren Produktion schwankt. Mit dem Umbau des Energiesystems müssen zunächst 90 % der heutigen CO<sub>2</sub>-Emissionen reduziert werden. Es gibt aber noch eine weitere Herausforderung: Gewisse Teile der Industrie und der Nahrungsmittelproduktion werden auch nach 2050 weiter CO<sub>2</sub> emittieren. Diese Emissionen müssen der Atmosphäre wieder entzogen werden. Neben der massiven Anstrengung zum Umbau des Energiesystems muss also parallel die Industrie für die Negativemissionstechnologien aufgebaut werden. Sie

wird nach Schätzungen von Swiss Re etwa der Grösse der heutigen Öl- und Gasindustrie entsprechen [2].

## Flexibilität und Daten

Durch den Umbau des Energiesystems wird der Stromverbrauch dort steigen, wo der Anstieg nicht durch Effizienzmassnahmen aufgefangen werden kann. Die Stromproduktion unterliegt natürlichen Schwankungen, die nicht zwangsläufig zur Nachfrage passen. Auf der Nachfrageseite eröffnen sich durch die zunehmende Kopplung der Energiesektoren – also durch die Übertragung von Energie vom Stromsektor in die Sektoren Wärme und Mobilität – neue Möglichkeiten zur Flexibilisierung der Energieversorgung. Für die sektorübergreifende Optimierung des Energiesystems werden künftig diverse Flexibilisierungsmöglichkeiten zum Einsatz kommen (Bild 1). Wie hoch der Flexibilisierungsbedarf sein wird und in welcher Form ein Ausgleich am besten stattfindet, hängt von den Rahmenbedingungen ab. In der Schweiz wird der Anteil des zusätzlichen Speicherbedarfs durch den hohen Anteil an Wasserkraftproduktion, von dem wiederum rund 50% aus Speicherkraftwerken stammt, sicher geringer ausfallen als z.B. in Deutschland.

Um all diese Puzzleteile zwischen Angebot, Nachfrage sowie Strom- und Speichersystemen bestmöglich zu verbinden, braucht es eine Messung der



**Bild 1** Flexibilisierungsmassnahmen für den Ausgleich zwischen Stromproduktion und -verbrauch.

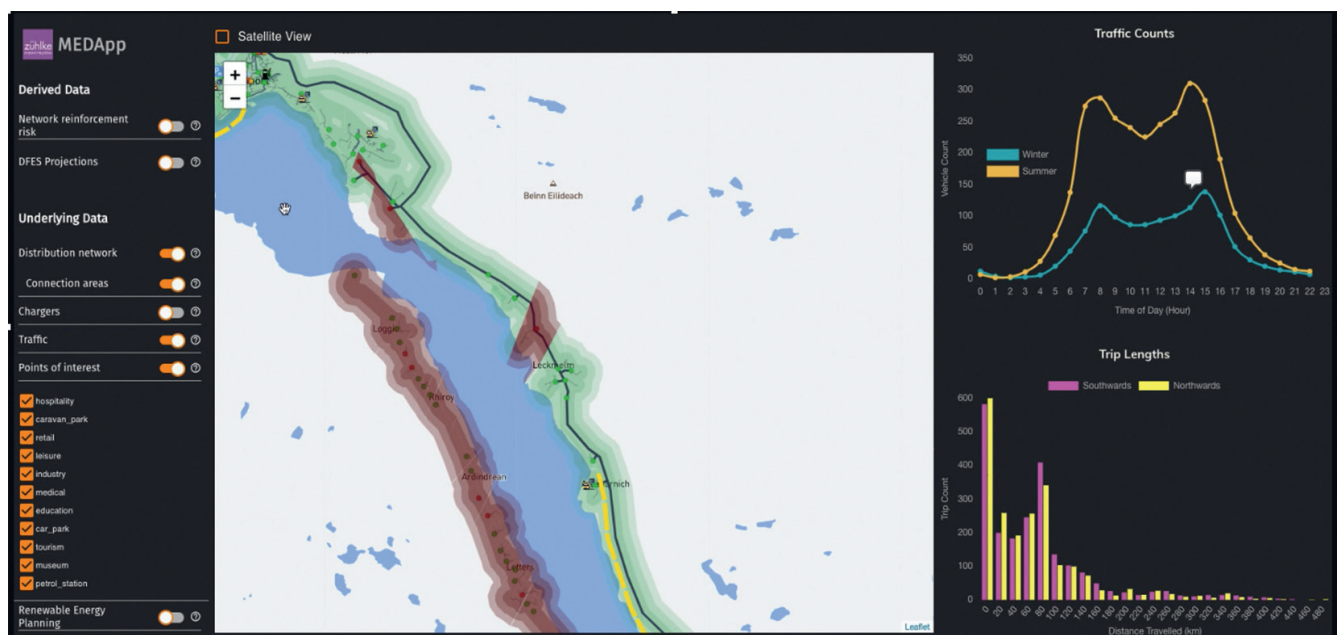
einzelnen Energieverbraucher in möglichst kurzen Abständen. Durch die Messung und Vorhersage des Stromverbrauchs soll z.B. vermieden werden, dass zur Spitzenlastdeckung mit fossilen – künftig synthetischen – Brennstoffen nachgeheizt wird, wenn dies aufgrund vorhandener Stromproduktion, diverser Speichersysteme, der erwarteten Wetterlage oder flexibler Nachfrage nicht nötig wäre.

Um die Daten von Angebot und Nachfrage besser zu verknüpfen und die Zeitintervalle für die Messung zu verringern, bedarf es einerseits einer Datenerhebung zum Energieverbrauch; z.B. entsprechende Sensoren

an den Wärmeversorgungs- oder Industrieanlagen mit guter Anbindung an das Datenleitsystem, und andererseits gebäude-, firmen- und sektorübergreifender Datenplattformen zum Austausch dieser Daten.

## Daten-Ökosysteme für Optimum

Seit vielen Jahren gestaltet Zühlke gemeinsam mit seinen Kunden den Umbau des Energiesystems durch die effizientere Produktion und Nutzung von erneuerbaren Energien mit. Das Unternehmen begleitet Kunden aus diversen Branchen bei ihren Innovationsvorhaben und sorgt z.B. für die erwähnte Datenerhebung und sektor-



**Bild 2** Der Screenshot aus dem Zühlke-EVIA-Projekt zeigt einen Caravan-Park in Schottland mit den Verkehrsströmen in Rot, um zu identifizieren, ob sich an diesem Ort der Bau von Ladestationen lohnt.

| Im Jahr 2050 in der Schweiz:   |              | Quellen  |
|--|--------------|--|
| Anteil Strom aus wetterabhängigen Energiequellen wie Photovoltaik und Wind | >30%         | «Energiezukunft 2050»: Versorgungssicherheit und Klimaneutralität bis 2050   |
| Die Jahreshöchstlasten Netz  | 10 GW        | Entwicklung der Netzkosten in der Schweiz vor dem Hintergrund des derzeitigen Bedarfs, der ES2050 und der Strategie Stromnetze |
| Die Flotte der Elektrofahrzeuge  | 3,6 Mio. Fz. | E-Mobility Market Perspectives Switzerland 2021 by EBP   |
| Mit einer maximalen Speicherkapazität von                                  | 144 GWh      | Berechnet auf der Grundlage von 3,6 Mio. Autos und einer durchschnittlichen Batteriekapazität von 40 kWh                       |

**Bild 3** Anteil von wetterabhängigen Energiequellen im Jahr 2050 in der Schweiz im Verhältnis zur steigenden Anzahl von Elektrofahrzeugen.

übergreifende Datenverfügbarkeit. Auf Basis neuester Technologien entstehen so neue Daten-Ökosysteme und damit neue Möglichkeiten für die Optimierung des ganzen Energiesystems.

So können Kunden u. a. aktuelle Betriebsdaten aus unterschiedlichen Systemen in Echtzeit miteinander verknüpfen. Dies ergibt eine ganzheitliche Entscheidungsgrundlage für Optimierungsmassnahmen im Betrieb.

Einen solchen Use Case realisierte Zühlke mit den Elektrizitätswerken des Kantons Zürich (EKZ). Mit einer Datenplattform konnte EKZ Daten von über 1200 Wärmeanlagen automatisiert zusammenführen und auswerten. Diese Effizienzsteigerung der Prozesse führt zu neuen Möglichkeiten hinsichtlich eines automatisierten Portfoliomanagements aller Anlagen und somit zu einer kosteneffizienten Bewirtschaftung. Langfristig werden bei solchen Projekten technische und organisatorische Kompetenzen gemeinsam aufgebaut, die eine eigenständige Weiterentwicklung der Datenplattform ermöglichen. Durch das verbesserte Verständnis von Betriebsprozessen und Kundenbedürfnissen lassen sich energie- und kostenoptimierte Handlungsempfehlungen ableiten, welche EKZ auch bei der Erreichung der Nachhaltigkeitsziele unterstützt. EKZ generiert somit neben dem internen Nutzen auch Mehrwert für ihre Kundinnen und Kunden sowie für die Umwelt.

### Kollaboration über Firmen- und Branchengrenzen hinweg

Auch das vom Europäischen Parlament beschlossene Verbot von Benzin- und Dieselfahrzeugen hat grosse Auswirkungen auf das künftige Energiesys-

tem. Basierend auf dem Gesetz dürfen in der Schweiz ab 2035 neu zugelassene PKW und leichte Nutzfahrzeuge keine Treibhausgase mehr ausstossen. Mit der Einführung von mehr Elektroautos wird künftig auch die Stromnachfrage steigen. Für die Umsetzung der «Netto-Null»-Ziele und für die Modernisierung der Energiesysteme wird eine grosse Menge an Infrastruktur benötigt. Investoren müssen künftig die richtigen Entscheidungen über potenzielle Investitionen in Elektrofahrzeug-Infrastruktur treffen. Die von Zühlke in Grossbritannien entwickelte Elektrofahrzeug-Infrastruktur-Investoren-App, kurz EVIIA, bietet eine digitale, datenbasierte Lösung für diese Herausforderung. Denn es ist kompliziert, eine potenzielle Investorengemeinschaft mit den lokalen Netzbetreibern, Behörden sowie Planungs- und Bauunternehmen zu vernetzen. Zudem ist es entscheidend, den regionalen Strombedarf für die Zukunft bestmöglich zu prognostizieren. Dies ist ein Schlüsselement für Investitionen in den Aufbau einer neuen Stromversorgung für Elektrofahrzeuge. EVIIA verknüpft Daten der Stromversorger, Daten zum Verkehrsaufkommen und geografische Daten und visualisiert diese in einem Dashboard (**Bild 2**). Die App hilft Investoren, datenbasiert vielversprechende Investitionsfälle zu identifizieren.

Das Beispiel zeigt: Die Zusammenführung verschiedener Akteure aus dem Energiesektor kann zu einem wertvollen und nachhaltigen Daten-Ökosystem führen. Die britische Energieregulierungsbehörde Ofgem (Office of Gas and Electricity Markets) versucht aktuell, rund 100 wettbe-

werbsfähige Unternehmen des Energiemarktes dazu zu bringen, ihre Daten zusammenzuführen. Ofgem möchte so Erkenntnisse generieren, wie der Energiemarkt besser reguliert werden kann und die Dekarbonisierungsziele schneller erreicht werden können. Gemeinsam mit Zühlke hat Ofgem eine Strategie mit Handlungs- und Investitionsempfehlungen für die IT dieser Energiefirmen entwickelt, um Ofgem Zugang zu ihren Daten zu ermöglichen. Das Ziel ist, dass die verschiedenen Akteure ihre Daten in einem Daten-Ökosystem zusammenführen, um ein höheres Ziel zu erreichen, nämlich den Energiemarkt in Richtung «Netto-Null» zu entwickeln.

### Dezentrale Energiekreisläufe

Ein weiterer Bereich zur Unterstützung des Netzausgleichs sind sogenannte virtuelle Kraftwerke (VPP: Virtual Power Plant). VPPs sind Zusammenschaltungen bzw. zentral gesteuerte Netzwerke von dezentralen Stromerzeugern. Sie werden künftig immer mehr zum Einsatz kommen, da mit ihnen auch Lastspitzen und Schwankungen durch die zentrale Steuerung abgefangen werden können.

Ein gutes Beispiel sind die Tesla Powerwall-Batterien, die im Rahmen des Pilotprogramms «Emergency Load Reduction Program (ELRP)» von Southern California Edison (SCE) zur Unterstützung des Netzes angeboten werden. Die Tesla-Powerwall-Kunden können entscheiden, ob und in welchem Umfang sie sich an diesem Netz beteiligen, um gleichzeitig eine Vergütung zu erhalten und ihre Energieversorgung zu sichern. Der Nutzen für die Teilnehmenden ist offensichtlich: Sie erhalten 2 USD für jede kWh, die sie bei einem Stromengpass liefern.

Im September 2022 gab es bereits über 4500 Teilnehmende, die zumindest in zwei Fällen dazu beigetragen haben sollen, Stromausfälle in Südkalifornien zu vermeiden. Bei 12 protokollierten Engpässen, die von Mitte August bis Mitte September 2022 stattfanden, lag der Beitrag in Bezug auf die Spitzenleistung zwischen 19 MW und 33 MW – und entspricht damit der Leistung eines kleinen Kraftwerks.

Auch die bereits erwähnten Elektrofahrzeuge können wie die Powerwall-Batterien nicht nur als Stromverbraucher, sondern auch als Stromquelle

dienen. Autos können als Anlage betrachtet werden, da sie die meiste Zeit geparkt sind. Wenn sie nicht aufgeladen werden müssen, können sie als Batterie das Stromnetz versorgen. Mittels V2X (Vehicle-to-Everything) Technologie können Fahrzeuge mit ihrer Umwelt und untereinander kommunizieren. Dieser Ansatz wird dabei helfen, die Ressourcen zu managen, die künftig einen Grossteil der gespeicherten Energie ausmachen und die benötigt werden, um Nachfragespitzen zu bewältigen (Bild 3).

### Microgrids als Teil eines dezentralen Energiesystems

Ein weiterer Ansatz sind sogenannte Microgrids – auf kleine Räume begrenzte Stromnetze. Ein Beispiel: Elektrofahrzeuge, die schnell aufgeladen werden müssen, sind grosse Stromfresser. Autos, die innerhalb eines bestimmten Radius zu Hause geparkt und ans Stromnetz angeschlossen sind, könnten mit ihren Batterien dazu beitragen, diesen Ladebedarf zu decken. Microgrids können so einen Beitrag zur Energieversorgung in regional abgegrenzten Gebieten leisten und Auswirkungen aussergewöhnlicher Ereignisse – wie beispielsweise extreme Wetterbedingungen,

Erdbeben oder Sabotage – auf die zentralisierte Energieerzeugung massiv abfedern, indem der Energiekreislauf (Erzeugung/Verbrauch) unabhängiger, lokaler und dezentraler wird.

Und schliesslich kann jedes Gerät, das Energie verbraucht, Teil eines dezentralen Energiesystems werden. Durch die Messung und Steuerung von Energieverbrauchern, auch wenn sie in absoluten Leistungswerten klein, aber in Bezug auf die Gesamtzahl der Geräte gross sind, können virtuelle Kraftwerke geschaffen werden. Der erste Schritt ist dabei die Messung. Denn sie schafft das Bewusstsein des Endverbrauchers, Energie effizienter zu nutzen. Der Endverbraucher kann auch von der automatischen Analyse seiner Leistungskurven profitieren, die eine vorausschauende Wartung seiner Geräte ermöglicht, wie z.B. bei Klimageräten.

### Daten-Ökosysteme als Basis

Für das Gelingen der Energiewende und den erfolgreichen Umbau des Energiesystems gibt es eine ganze Reihe neuer Geräte, Software und Technologien zu entwickeln. Sie können dazu beitragen, die genannten Möglichkeiten zu erschliessen und weitere Anwendungsfälle zu kreieren.

Um unser Leben nachhaltiger zu gestalten und unsere Lebensgrundlage zu erhalten.

Für den Erfolg der genannten und neuer Lösungsansätze wird es wichtig sein, ein standardisiertes Verfahren für den Datenaustausch zu schaffen, indem grosse Akteure Daten-Ökosysteme für den Datenaustausch schaffen, die den richtigen Umgang mit den Daten in Bezug auf Sicherheit und Souveränität gewährleisten. Das Ziel lautet: Möglichst viele Anbieter zusammenbringen, die dieselbe Sprache sprechen und gemeinsam das Optimum aus den Daten herausholen. Im Bereich Elektrofahrzeuge ist dies bereits Realität, aber in anderen Bereichen wie Verbrauchsgeräten gilt es, rasch die nötigen Schritte einzuleiten.

#### Referenzen

- [1] «Ambitious corporate climate action» auf [sciencebasedtargets.org](http://sciencebasedtargets.org).  
 [2] Swissre – Executive Statement, Annual Report. [reports.swissre.com/2021/sustainability/introduction/executive-statement](https://reports.swissre.com/2021/sustainability/introduction/executive-statement)

#### Autoren

**Martina Blum** ist Principal Business Consultant.  
 → [Zühlke Engineering AG, 8952 Schlieren](mailto:martina.blum@zuehlke.com)  
 → [martina.blum@zuehlke.com](mailto:martina.blum@zuehlke.com)

**Giacun Coray** ist Business Development Manager.  
 → [giacun.coray@zuehlke.com](mailto:giacun.coray@zuehlke.com)

**Yuri Selvaggi** ist Principal Project Manager.  
 → [yuri.selvaggi@zuehlke.com](mailto:yuri.selvaggi@zuehlke.com)

## RÉSUMÉ

### Potentiel d'innovation pour la transition énergétique

Technologies durables

Les évaluations de Swisscleantech relatives à l'atteinte de l'objectif «zéro net» pour la Suisse montrent que si les émissions de CO<sub>2</sub> étaient réduites linéairement à zéro d'ici 2050, la Suisse en serait encore à environ 670 Mt CO<sub>2</sub>-eq d'émissions totales. C'est 50 % de trop si la réduction doit être strictement conforme à l'accord de Paris sur le climat. L'approvisionnement en énergie doit également contribuer à la réalisation de ces objectifs et doit donc être réorganisé le plus rapidement possible. L'accent est mis sur les mesures d'utilisation efficace de l'énergie et sur le recours aux énergies renouvelables.

L'approvisionnement énergétique «zéro net» sera en grande partie électrique, et il reposera sur des sources d'énergie renouvelables dont la production est soumise à des fluctuations. Le flux d'électricité, jusqu'à présent prévisible et fortement contrôlé par la demande, sera plus variable à l'avenir. La production d'électricité sera soumise à des fluctuations naturelles qui ne correspondront pas nécessairement à la demande. Du côté de la demande, le couplage croissant des secteurs énergétiques offrira de nou-

velles possibilités de flexibilisation. L'ampleur des besoins en flexibilité et la forme la plus efficace pour une compensation dépendront de différentes conditions-cadre.

Pour relier au mieux toutes les pièces du puzzle entre l'offre, la demande et les systèmes électriques et de stockage, il faut mesurer les différents consommateurs d'énergie à des intervalles aussi courts que possible. La mesure et la prévision de la consommation d'électricité doivent, par exemple, permettre d'éviter que des combustibles fossiles – à l'avenir synthétiques – ne soient utilisés pour couvrir les pics de consommation alors que cela ne serait pas nécessaire en raison de la production d'électricité existante, des divers systèmes de stockage, des conditions météorologiques attendues ou d'une demande flexible. Pour mieux relier l'offre et la demande, des plateformes de données à large échelle, incluant les données de bâtiments, d'entreprises et de divers secteurs, sont également nécessaires. L'objectif est de rassembler le plus grand nombre possible de fournisseurs qui soient sur la même longueur d'onde, et de tirer ensemble le meilleur parti des données.