
Strombereitstellung im Jahr 2050

Erkenntnisse des Schweizer Kompetenzzentrums für Energieforschung – Strombereitstellung (SCCER-SoE)

Ausgangslage

Die Schweiz hat sich zum Ziel gesetzt, bis im Jahr 2050 keine Treibhausgasemissionen mehr auszustossen. Mit diesem Netto-Null-Ziel möchte sie ihren Beitrag dazu leisten, die Klimaerwärmung global auf weniger als 1.5 Grad zu begrenzen.

Was dieses Ziel für den künftigen Strombedarf bedeutet und welchen Beitrag dazu insbesondere die Geothermie und die Wasserkraft leisten können, hat das Schweizer Kompetenzzentrum für Energieforschung – Strombereitstellung (SCCER-SoE) untersucht. Dabei hat sich der Fokus vom Ausbau der Erneuerbaren zu Beginn des Projekts hin zu einer viel umfangreicheren Problemstellung verschoben: Bis im Jahr 2050 wird der Strombedarf um 30 bis 50 Prozent steigen. Dieser Anstieg muss weitmöglichst klimaneutral erfolgen, was viel umfassenderer und vor allem integrierter Lösungen bedarf. Unerlässlich Bestandteil davon sind negative Emissionen, wobei CO₂ dauerhaft aus der Atmosphäre entfernt wird. Das SCCER-SoE analysierte daher auch, welche Möglichkeiten der Schweizer Untergrund zur Speicherung von CO₂ bietet. Hinzu kommt, dass es nicht nur zusätzlichen Strom braucht, sondern dieser auch zur gewünschten Zeit am richtigen Ort verfügbar sein muss.

Der Zusammenschluss aus 25 Schweizer Wissenschaftseinrichtungen, Industrieunternehmen sowie Bundesbehörden führte in den vergangenen sieben Jahren zahlreiche Forschungs- und Innovationsprojekte durch, um die Strombereitstellung der Zukunft greifbar zu machen. Die wichtigsten Erkenntnisse sind nachfolgend zusammengefasst.

Strombereitstellung 2050 – Szenarien zum Angebot und der Nachfrage

Wie sich das Stromangebot und die Nachfrage in Zukunft zusammensetzen, haben die insgesamt acht Kompetenzzentren¹ unter der Leitung des SCCER-SoE gemeinsam anhand von Szenarien modelliert. Sie basieren auf Modellen, die sich auf das gesammelte Wissen in den einzelnen Kompetenzzentren stützen. Es handelt sich damit um die derzeit umfassendste Modellierung, die alle verfügbaren Forschungskennnisse abdeckt und dem Stand der Technik entspricht. Die Szenarien geben Auskunft darüber, welche Bereiche künftig wie viel Strom benötigen, welche Technologien es zu dessen Bereitstellung braucht und welche Kosten dabei entstehen.

Die Resultate zeigen, dass die Stromnachfrage bis 2050 um 30 bis 50 Prozent steigen wird. Das ist mehrheitlich auf eine Elektrifizierung in zwei Bereichen zurückzuführen: Transport und Heizen. Fahrzeuge aller Art werden künftig soweit möglich elektrisch betrieben und nicht mehr mit fossilen Energieträgern. Das betrifft nicht nur private Fahrzeuge, sondern auch den öffentlichen Verkehr sowie den Gütertransport. Wo dies aufgrund von Nutzerbedürfnissen nicht möglich ist, werden Wasserstofffahrzeuge eingesetzt. Für Heizwecke setzt sich der Trend fort, umweltfreundliche Wärmepumpen oder Holzheizungen anstelle von Öl- und Gasheizungen einzusetzen. Zusammen mit umfassenden Massnahmen, um die Energiebilanz von Gebäuden zu verbessern, handelt es sich um effiziente und kostenwirksame Mittel zur Reduktion von CO₂-Emissionen.

Um die sich daraus ergebende steigende Nachfrage zu decken und insbesondere den Wegfall der Kernkraftwerke zu kompensieren, muss das Angebot erneuerbarer Energien bis 2050 nahezu verdoppelt werden. Den grössten Beitrag können dabei Technologien leisten, welche den Wind und insbesondere die Sonne nutzen. Sie können ihr Potential aber nur ausschöpfen, wenn gleichzeitig in ausgeklügelte Speichersysteme investiert wird, um die Schwankungen in der Nachfrage abzudecken (→ Wasserkraft → Geothermie). Sie bedürfen zudem der Unterstützung weiten Teilen der Bevölkerung. Ergänzend brauchte es auch unter optimistischen Annahmen weiterhin Stromimporte oder inländische Gaskraftwerke (→ Energieversorgung), um den Bedarf abzudecken sowie geothermische Energie für direkte Wärmenutzung oder Stromerzeugung (→ Geothermie).

Neben dem Ausbau der erneuerbaren Energie, einer Effizienzsteigerung bestehender Technologien und Massnahmen, um den Energieverbrauch möglichst gering zu halten, benötigt die Schweiz zusätzlich negative Emissionen, um das Netto-Null-Ziel zu erreichen. Solche negativen Emissionen lassen sich beispielsweise durch die Verbrennung von Biomasse mit anschliessender CO₂-Abscheidung und langfristiger Speicherung im Untergrund erzielen. Die aktuellen Erkenntnisse deuten darauf hin, dass die Speicheroptionen im Schweizer Untergrund geringer sind als ursprünglich erhofft, was weiterführende Untersuchungen erfordert sowie parallele Abklärungen zu Speicheroptionen im Ausland (→ CO₂-Speicherung).

Die Szenarien der Kompetenzzentren zeigen, dass sich das Netto-Null-Ziel technisch bis 2050 erreichen lässt. Dafür sind aber koordinierte und umfassende Anpassungen in verschiedenen Bereichen notwendig, welche die gesamte Gesellschaft betreffen.

Leitung Gianfranco Guidati, ETH Zürich, SCCER-SoE

Partnerinstitutionen PSI, UNIGE, UNIBAS, EPFL, EMPA, HSR, WSL

¹ SCCER Future Energy Efficient Building & Districts (FEEB&D), SCCER Efficiency of Industrial Processes (EIP), SCCER Future Swiss Electrical Infrastructure (FURIES), SCCER Heat and Electricity Storage (HaE), SCCER Supply of Energy (SoE), SCCER Competence Centre for Research in Energy, Society and Transition (CREST), SCCER Efficient Technologies and Systems for Mobility (Mobility), SCCER Biomass for Swiss Energy Future (BIOSWEET)

Stromversorgung

Die Photovoltaik birgt das grösste Ausbaupotential unter den erneuerbaren Energien. Dieses lässt sich aber nur dann ausschöpfen, wenn gleichzeitig Massnahmen ergriffen werden, um die Schwächen dieser Energieform auszugleichen. Photovoltaik eignet sich schlecht, um in den Wintermonaten ausreichend Strom zu liefern und verursacht in den Sommermonaten um die Mittagszeit einen Überschuss an Energie, der das Stromnetz belasten kann.

Die erste Problematik liesse sich zumindest teilweise durch die vermehrte Installation von Photovoltaikanlagen in den Berggebieten lösen, weil dort die Produktion dank besserer Einstrahlung und der Reflektion des Schnees ganzjährig möglich ist. Um die ungleichmässige Strombereitstellung besser bewältigen zu können, ist es entscheidend, dass auch die Potenziale der anderen Erneuerbaren wie Wind, Wasserkraft, Biomasse und Geothermie besser genutzt werden. Die überschüssige Energie aus Photovoltaikanlagen liesse sich in Batterien zwischenspeichern, für Pumpspeicherwerke nutzen oder in Wärme oder Wasserstoff umwandeln.

Die Investitionen, welche für den Ausbau der erneuerbaren Energie und die begleitenden Massnahmen notwendig sind, führen voraussichtlich zu höheren Energiekosten in der Schweiz. Weil sich der Ausbau und die begleitenden Massnahmen wechselseitig beeinflussen, müssen sie gleichbedeutend gefördert werden, um das grösstmögliche Potential freizulegen. Technisch ist das grundsätzlich möglich, erfordert aber die Bereitschaft der Bevölkerung, den Ausbau entsprechender Anlagen (in ihrer Nähe) zu unterstützen.

Alle Erneuerbaren lassen sich bis 2050 mit geringen CO₂-Emissionen erzeugen, wobei Wasserkraft, Wind und Photovoltaik am besten abschneiden. Bei der Biomasse besteht eine grosse Abhängigkeit vom Ausgangsmaterial. Genauso wie beim Erdgas braucht es zudem eine Lösung, um das anfallende CO₂ abzuscheiden und langfristig zu speichern. Für die künftige Stromversorgung ist somit nicht nur der Ausbau der Erneuerbaren entscheidend, sondern auch ihr Zusammenspiel und die gesellschaftliche Unterstützung. Die gesetzten Klimaziele lassen sich nur erreichen, wenn rasch umfassende Änderungen am Gesamtsystem vorgenommen werden.

Leitung	Dr. Peter Burgherr, Paul Scherrer Institut (PSI)
---------	--

Partnerinstitutionen	ETHZ, EPFL
----------------------	------------

Wasserkraft

Die Wasserkraft ist heute und auch in Zukunft die wichtigste einheimische Energiequelle in der Schweiz. Neben ihrem direkten Beitrag zur Elektrizitätsversorgung übernimmt die Wasserkraft eine wichtige Rolle als Energiespeicher. In Zeiten mit tiefen Strompreisen können Pumpspeicherwerke gefüllt und bei Bedarf energiebringend geleert werden. Zudem lassen sich grosse Stauseen als saisonale Speicher nutzen, um beispielsweise Elektrizität für den Winter bereitzustellen.

Ein signifikanter Ausbau der Wasserkraft in den kommenden Jahrzehnten ist aufgrund der hohen Anforderungen an den Umweltschutz und der gesellschaftlichen Akzeptanz solcher Projekte unrealistisch. Daher sollte die Effizienz bestehender Anlagen optimiert und diese wenn möglich, sinnvoll und akzeptabel erweitert werden. Das gilt auch für das Speicherpotential, das mit einer Erhöhung bestehender Stauanlagen vergrössert werden könnte. Mit dem Rückzug von Gletschern entstehen zudem neue Möglichkeiten für Stauseen, die es in einem partizipativen Prozess zu prüfen gilt.

In jedem Fall sollten allfällige Erweiterungen oder Neuerschliessungen frühzeitig angegangen werden, da solche Vorhaben üblicherweise 15 oder mehr Jahre beanspruchen. Dabei gilt es insbesondere den ökologischen Fussabdruck dieser Vorhaben genau zu analysieren und sie entsprechend zu priorisieren. Damit die Wasserkraft ihren essenziellen Beitrag für die Klimastrategie leisten kann, benötigt es Anstrengungen im Hinblick auf die Optimierung bestehender Anlagen sowie deren Ausbau, neuer Anlagen und begleitender Forschung.

Leitung	Prof. Robert Boes, ETH Zürich
Partnerinstitutionen	EPFL, WSL, Eawag, HES-SO, UNIBAS

Geothermie

Die Geothermie hat in der Schweiz das Potential, künftig einen grossen Anteil des Wärmbedarfs für Heizzwecke, Warmwasser und gewisse industrielle Prozesse abzudecken. Dazu kann einerseits Wasser im Untergrund erhitzt und dann gefördert werden. Andererseits kann der Untergrund als Speicher für an der Oberfläche erwärmtes Wasser genutzt werden, das beispielsweise mittels überschüssiger Energie aus der Photovoltaik oder Kehrlichtverbrennungsanlagen erwärmt wurde. Wird das Potential ausgeschöpft, kann die Geothermie einen wichtigen Beitrag zur Dekarbonisierung in diesem Bereich leisten.

Um dieses Potential für den Wärmebedarf auszuschöpfen sowie die direkte Stromgewinnung mittels Geothermie weiter zu erkunden, braucht es ein noch besseres Verständnis davon, wie der lokale Untergrund aussieht und reagiert. Zudem gilt es weiter zu untersuchen, welche Verfahren und Techniken sich für die Wärmegewinnung anbieten. Weil die Effizienz der Geothermie mit der Tiefe steigt, sind insbesondere Untersuchungen in grösseren Tiefen, wie sie beispielsweise im BedrettoLab der ETH Zürich vorgenommen werden, von grosser Bedeutung.

Die im Rahmen des SCCER-SoE gewonnenen Erkenntnisse stimmen optimistisch, dass die Geothermie künftig für die Wärmegewinnung eine wichtige Rolle übernehmen könnte und einen möglichen Beitrag an die direkte Stromversorgung. In jedem Fall empfiehlt sich ein schrittweises Vorgehen, das fortwährend tiefere Einblicke in den Untergrund gewährt und Aufschluss über die Wahl und/oder Ausgestaltung des Verfahrens bietet.

Leitung	Prof. Domenico Giardini, ETH Zürich
Partnerinstitutionen	EPFL, Universität Genf, UNIL, Universität Neugenburg, HSR, HES-SO, PSI, USI, Universität Bern

CO₂-Speicherung

Um das Netto-Null-Ziel erreichen zu können, sind negative Emissionen unabdingbar. Dazu kann CO₂ entweder direkt aus der Luft oder im Zuge industrieller Prozesse abgeschiedenen und in geeignete tiefe geologische Formationen gepumpt werden, wo es dauerhaft verbleibt. Dort kann es langfristig mineralisieren und sich so mit dem Umgebungsgestein verbinden.

Erste Abschätzungen gingen in der Schweiz von einem Speicherpotential von 2'500 Megatonnen aus, dies entspräche ungefähr dem 50-fachen der jährlichen CO₂-Emissionen in der Schweiz. Neuere Untersuchungen im Rahmen des SCCER-SoE zeigen nun auf, dass diese Abschätzungen vermutlich zu optimistisch waren. Für den oberen Muschelkalk, der vielversprechendsten Gesteinsschicht für ein CO₂-Reservoir, gehen aktuelle Schätzungen von einem deutlich reduzierten Speicherpotential von 50 Megatonnen im Vergleich zu bisher 800 Megatonnen aus.

Basierend auf diesen Kenntnissen muss davon ausgegangen werden, dass das Potential für die CO₂-Speicherung tiefer liegt als bisher erhofft. Um das effektive Potential abschätzen zu können, sind jedoch weitere detaillierte Analysen des Untergrunds notwendig. Parallel dazu empfiehlt es sich, Speicheralternativen im Ausland zu erkunden, weil es sich abzeichnet, dass solche unabdingbar für die Erreichung des Netto-Null-Ziels sind.

Partnerinstitutionen ETHZ, UNIGE, UNIBE, EPFL

Das SCCER-SoE

Das Schweizer Kompetenzzentrum für Energieforschung – Strombereitstellung (SCCER-SoE, Swiss Competence Center for Energy Research – Supply of Electricity) steht für innovative und nachhaltige Forschung in den Bereichen Geo-Energie und Wasserkraft. Das SCCER-SoE erforschte, entwickelte und testete neue Technologien und optimierte bestehende Infrastrukturen für die zukünftige Energieerzeugung. Dazu schaffte das SCCER-SoE in enger Zusammenarbeit mit der Industrie innovative Forschungsstellen, gründete Technologieplattformen, investierte in Labore und koordinierte nationale sowie internationale Forschungsprojekte.

Die Aktivitäten erfolgten in Abstimmung mit dem Bundesamt für Energie. Finanziert wurde das SCCER-SoE durch den Schweizerischen Nationalfonds und die Kommission für Technologie und Innovation. Letztere war zudem für die Steuerung des SCCER-SoE zuständig.

Kontakt

Dr. Michèle Marti
Leiterin Kommunikation SCCER-SoE
044 632 30 80
michele.marti@sed.ethz.ch

www.sccer-soe.ch