

Energiezukunft Schweiz

White Paper zum Energieanlass 2018
des Hightech Zentrums Aargau



„Energiezukunft zwischen Mythos und Realität“ lautete die Affiche des Jahresanlasses des Schwerpunkts Energietechnologien & Ressourceneffizienz des Hightech Zentrums Aargau (HTZ) am 8. November 2018 in Brugg. Das HTZ will mit der vorliegenden Auslegeordnung für zusätzliche Transparenz sorgen. (Anm. 1)

1. Ausgangslage

1.1. Die Energiestrategie 2050

Die Schweizer Energiewirtschaft steht vor einem Umbruch. Am 21. Mai 2017 hat das Stimmvolk das vom Bundesrat vorgeschlagene neue Energiegesetz und damit die „Energiestrategie 2050“ gutgeheissen. Das Ziel der Energiestrategie 2050 ist neben der Senkung des Energie- und Stromverbrauchs pro Kopf der Bevölkerung eine sichere, wirtschaftliche und umweltfreundliche Stromversorgung. Die Energiestrategie 2050 umfasst drei Kernelemente:

- a) Ausstieg aus der Kernenergie: keine neuen Rahmenbewilligungen, schrittweiser Ausstieg, Sicherheit als einziges Kriterium.
- b) Steigerung der Energieeffizienz (Gebäude, Mobilität, Industrie, Geräte).
- c) Ausbau der erneuerbaren Energiequellen (Förderung; Verbesserung der rechtlichen Rahmenbedingungen).

1.2. Der Energieverbrauch

In der Schweiz hat sich der Anstieg des Endenergieverbrauchs seit 1990 verlangsamt. Der Verbrauch

pro Kopf sinkt seit 2011. Nach Verbrauchergruppen ergibt sich folgendes Bild:

1. Verkehr/Transport (36,3%)
2. Haushalte (27,8%)
3. Industrie (18,5%)
4. Dienstleistungen (16,4%).

Die Problematik der Entwicklung zeigt sich im Gesamtkontext: Weltweit hat sich der Energieverbrauch seit 1950 mit über 800'000 Terajoule pro Jahr mehr als vervierfacht (Anm. 2). Die starke Zunahme der Handelsströme und das prognostizierte massive Wachstum der Weltbevölkerung von heute 7,5 Milliarden auf über 11 Milliarden Menschen anno 2100 werden den Energieverbrauch weiter stark ansteigen lassen und werden die Ökosphäre zunehmend belasten. Die Dekarbonisierung ist unumgänglich. Das Gros der internationalen Staatengemeinschaft hat am Pariser Klimagipfel (COP21) Ende 2015 ein Zeichen gesetzt: 195 Staaten unterzeichneten jene Konvention, die eine Begrenzung der globalen Erwärmung auf deutlich unter 2 Grad Celsius vorsieht. Mehrere Studien zeigen auf der einen Seite die Dringlichkeit und auf der anderen die Schwierigkeit auf, das globale CO₂-Budget innert nützlicher Frist zu korrigieren.

1.3. Der Schweizer Energiemix

Im Jahr 2017 stellten die Treibstoffe mit einem Anteil von 34,1% das grösste Energieträgersegment des Endverbrauchs in der Schweiz. Auf Elektrizität (Strom) entfiel

knapp ein Viertel der Energie (24,8%). Dahinter folgen Erdölbrennstoffe (15,1%), Gas (14,0%) und ein Rest (12%). Kernenergie trägt knapp einen Drittel (31,7%) an die Stromproduktion bei – diesen Anteil gilt es längerfristig zu ersetzen. Rückgrat der einheimischen Stromproduktion ist die Wasserkraft mit einer aktuellen Quote von rund 60%. (Anm. 3) Die Schweiz ist kein Energie-Selbstversorger. Mit Blick auf die Versorgungssicherheit sind die Stromeinfuhren im Winterhalbjahr von elementarer Bedeutung. Im Sommersemester wird Strom exportiert.

Der Schweizer Strommarkt wurde 2009 teilweise geöffnet. Grosskunden (ab 100 MWh pro Jahr) können den benötigten Strom zu Marktpreisen beziehen. Alle anderen Abnehmer finanzieren zusätzlich zu den Gestehungskosten einen Gewinn („cost plus“).

Energieproduzenten mit gebundenen Kunden für die Grundversorgung können den „cost plus“-Anteil auf Endkunden (wie regionale und lokale Versorger oder städtische Werke) überwälzen. Hingegen können Energieproduzenten, welche nicht über gebundene Kunden verfügen, nur die tieferen Marktpreise verrechnen und arbeiten nicht kostendeckend.

2. Grosses Potential der Erneuerbaren Energien

2.1. Prämissen der Potentialausschöpfung

Die Dekarbonisierung ist aus Gründen des Klimaschutzes notwendig. Der proklamierte Umbau des bisherigen Energiesystems setzt eine hinreichend breite Technologie-Basis voraus. Innerhalb des Systems braucht es grösstmögliche Effizienz. Erneuerbare Energiequellen ohne Wasserkraft machten 2017 rund 4% der Schweizer Stromproduktion aus, die Hälfte (2%-Punkte) entfiel auf Solarenergie. Das grosse Potential der Erneuerbaren Energiequellen als Stromversorgungsalternative muss so stark wie möglich ausgeschöpft werden. Dies lässt sich nur unter drei Voraussetzungen erreichen:

- a) Vor dem Hintergrund der angestrebten Versorgungssicherheit muss ein effizientes und sicheres „Strommarktdesign“ geschaffen werden.
- b) Die erneuerbaren Energiequellen müssen kräftig ausgebaut werden.
- c) Der künftige Stromverbrauch muss „moderat“ sein. Dies impliziert die Balance von Bevölkerungswachstum, Effizienzsteigerung und Nachfrage (zum Beispiel durch die Nutzung von Elektroautos oder den Einsatz von Wärmepumpen).

2.2. Die Technologietrends

Bezüglich Technologietrends stehen aktuell drei Felder im Fokus: Neben der Digitalisierung auch Cross-Innovation und Smarte Systeme. Beispielhaft für Cross-Innovation ist die Batterietechnologie: Von den Entwicklungsfortschritten im Transportbereich profitieren auch Batterien für andere Geräte. Ein Beispiel für Smarte Systeme sind Wärmepumpen, welche je nach Wetterprognose vorheizen.

2017 betrug das Produktionspotential für Photovoltaik, KVA, Biogas & ARA, Wind und Geothermie insgesamt rund 200 Gigawattstunden (GWh). Der Zielpfad für die neuen erneuerbaren Energien dürfte bereits im Jahr 2020 die Marke von 400 GWh erreichen und im Jahr 2033 die Marke von 1000 GWh überschreiten.

Viel Nutzungspotential bieten Haushalte (Heizungen), das Segment Verkehr/Transport sowie weiterhin der Industriesektor. Im Rahmen des unumgänglichen Ressourcenausbaus gilt es grundsätzlich alle Technikoptionen zu nutzen. Wasserstoff und synthetische Gase dürften vermehrt in den Fokus rücken. Verschiedene Studien kommen zum Schluss, dass die Solarenergie das grösste Potential aufweist. Photovoltaik erzeugt heute weltweit die

niedrigsten Strompreise. Eine Schätzung der Stromproduktionskosten bis 2050 zeigt einen starken Rückgang bei der Photovoltaik. Gleichzeitig wird mit einer Verdoppelung des Strompreises aus der Erzeugung mit Gas und Kohle gerechnet. (Anm. 4)

3. Die Frage der Speichertechnik

3.1. Die saisonale Energiespeicherung

Die Kompensation der Kernenergie verschärft das Problem der hohen Auslandsabhängigkeit der Schweiz. Die Saisonalität der Wasserkraftproduktion ist problematisch. Im Rahmen des Umbaus des heutigen Schweizer Energieversorgungssystems stellt die saisonale Energiespeicherung eine zentrale Herausforderung dar. Die Diversität der Speichertechnologien ist in den letzten Jahren stetig gestiegen, während das Preisniveau gesunken ist. Die Entwicklung der Batterietechnologie (Stichwort E-Mobilität) ist von hoher Dynamik gekennzeichnet. Der amerikanische Vorreiter Tesla spürt die Konkurrenten im Nacken immer stärker. Weltweit arbeiten heute mehr als 30 Unternehmen an autonomen Personenwagen.

In China ist das Marktwachstum mit einer Zunahme von einer Million Elektrofahrzeuge pro Jahr am stärksten. Auf dem Vormarsch befindet sich E-Mobilität auch im Personentransport, im Segment der schweren Baumaschinen sowie im Flugzeugbereich, wo in erster Linie Hybrid-Antriebskonzepte angeboten werden.

3.2. Sektorkopplung mittels PtX-Technologien

Mit Blick auf die Langzeitspeicherung bietet die sogenannte Sektorkopplung mittels Power-to-X-Technologien (PtX) ein grosses Potential. Power-to-X steht für eine Reihe von Technologien zur Speicherung bzw. Nutzung von künftigen Ökostrom-Überschüssen. Sektorkopplung steht für die verstärkte Vernetzung von Strom-, Wärme- und Mobilitätssektor. Die Variante Power-to-Gas ermöglicht den Transfer von Strom in Mobilität und Wärme. Sie hat den Vorteil, dass sie auf einer bestehenden Infrastruktur und auf erprobter Technologie basiert. Auf dem Entwicklungsfeld der Speichertechnologie rechnen sich im Kanton Aargau Industrieunternehmen und Gewerbebetriebe gute Absatzchancen aus. Zu den gewichtigen Know-how-Trägern gehören beispielsweise die ABB, das Paul Scherrer Institut PSI und die Fachhochschule der Nordwestschweiz FHNW.

4. Anforderungen an das künftige Stromnetz

4.1. Wahrung der hohen Stabilität

Der Faktor Netzqualität wird weiter an Bedeutung gewinnen. Neben dem Stromnetz darf auch das Gasnetz nicht vernachlässigt werden. Sind Blackouts praktisch programmiert? Oder lässt sich die bisherige, relativ hohe Netzstabilität wahren? Im elektrischen Netz – dem grössten von Menschen geschaffenen System – bleibt der sekundschnelle Ausgleich zwischen Stromerzeugung und Stromverbrauch eine vielschichtige Aufgabe. Die Bedeutung der Informations- und Kommunikationstechnologien (IT/ICT) wird weiter zunehmen. An der ETH in Zürich wird bereits an neuen Regelkonzepten gearbeitet.

4.2. Vom Konsumenten zum „Prosumer“

Auf den Endkunden kommt eine Rollenverschiebung zu. Der Konsument wird Teil des koordinierten Ausgleichs zwischen Stromproduktion und Stromverbrauch. Er wird somit zunehmend zum „Prosumer“.

In Zukunft könnte das eigene Gebäude noch wesentlich stärker als heute als Kleinkraftwerk genutzt werden. Das jährliche Solarstrom-Potential wird auf 67 Tera-Watt-Stunden (TWh) geschätzt. Davon entfallen 50 TWh auf Dachflächen, der Rest auf Fassaden. Damit müsste die integrierte Leistung rund

30-mal so hoch sein wie heute – zu welchem Preis und in welcher Zeit, sind die zentralen Fragen. Aktuell werden von Privatunternehmen neuartige Tarifsysteme erprobt. Bei den heutigen Tarifsystemen ist der Eigenverbrauch nur deswegen rentabel, weil dies politisch so gewollt ist.

4.3. Steigendes Risiko von Cyber-Angriffen

Mit Blick auf die fortschreitende Digitalisierung auch der Stromübertragung, -verteilung und -nutzung rückt das Risiko von Cyber-Angriffen immer stärker in den Vordergrund. Online-Attacken gegen Teile von Energiesystemen weisen immer öfter eine internationale Komponente auf. Wie viele Cyber-Angriffe gegen Stromnetze in jüngerer Vergangenheit durchgeführt wurden, ist mangels verlässlicher Daten schwer abzuschätzen. Belegt ist der Angriff auf drei Stromwerke in der Ukraine am 23. Dezember 2015. Eine zentrale Erkenntnis von Fachleuten: Der grösste Schwachpunkt im Gefüge ist nach wie vor der Mensch. Online-User lassen es zu häufig an Vorsicht und Selbstdisziplin fehlen. In der Folge bieten sich „E-Kriminellen“ unnötigerweise zusätzliche Angriffsflächen.

4.4. Pflege des Nukleartechnik-Know-hows

Eine besondere Herausforderung im Infrastruktur-Kontext ergibt sich als Folge des Ausstiegs aus der Kernenergie. Es zeichnet sich eine komplexe technologische Generationenaufgabe ab: Es gilt, jenes Fachwissen sicherzustellen, das für den sicheren Langzeitbetrieb und für Risiko-Analysen der Schweizer Kernkraftwerke erforderlich ist, ebenso für den etappierten Rückbau dieser Werke und für die Endlagerung des radioaktiven Materials. Diese Herausforderung impliziert nicht zuletzt die Ausbildung von Nuklear-Ingenieuren. Einen wichtigen Beitrag zur Wahrung der Nukleartechnik-Kompetenz leisten die Nuclear Energy and Safety Division der ETH in Zürich und das Paul Scherrer Institut PSI.

5. Die Finanzierung als grosse Herausforderung

5.1. Mangel an Investitionsanreizen

Die Finanzierung des Umbaus des Schweizer Energiesystems stellt eine Knacknuss dar. Höhere Subventionen sind hierzulande tabu. Ebenso klar ist, dass sich Investments innert nützlicher Frist lohnen müssen. Aktuell sind jedoch zwei Probleme auszumachen: Einerseits fehlt es an wirtschaftlichen Investitionsanreizen. Andererseits wird die Investitionssicherheit von potentiellen Investoren als nicht hinreichend gross eingestuft. Eine Folge: Schweizer Stromkonzerne haben in den letzten Jahren substantiell in Windkraftanlagen im europäischen Ausland investiert, namentlich in Frankreich und Deutschland. Dadurch geht in der Schweiz Wertschöpfung verloren.

5.2. Wasserkraft unter hohem Preisdruck

Investitionsbedarf besteht zum Beispiel bei den Wasserkraftwerken: Um deren Produktion auch im Winter zu erhöhen, müssten die Werke entsprechend nachgerüstet werden. Die saubere, einheimische Wasserkraft ist aufgrund von Marktverzerrungen derart unter Druck geraten, dass sie nicht mehr rentabel ist. Die Abkopplung des Strompreises vom BIP, d. h. vom Konjunkturverlauf, ist ein relativ junges Phänomen. Der seit 2011 verstärkte Preisdruck hat drei Hauptgründe: Erstens die Subventionen für neue erneuerbare Energien. Zweitens der tiefe Preis für staatlich subventionierte europäische Kohle. Drittens das Nichtfunktionieren des Marktes für CO₂-Zertifikate; gewisse Akteure erhoffen sich Korrekturen seitens der Politik auf europäischer Ebene. Ein vierter Grund könnte politischer Natur sein: Das Fehlen eines Stromabkommens zwischen der Schweiz und der Europäischen Union.

Weltweit wurden 2017 334 Milliarden Dollar in erneuerbare Energien investiert. Knapp die Hälfte (48%) wurde in Solartechnik investiert, ein Drittel (32%) in Windenergie, 15% in Energy Smart Technologies und 2% in Bioenergie.

6. Der rechtliche Rahmen

Zum Zweck der Ausbalancierung des künftigen Energiesystems ist ein rechtlicher Rahmen unabdingbar. Auf diesem Feld besteht aber noch ein hoher Klärungsbedarf. Die politischen Verantwortungsträger – in erster Linie der Bund – stehen in der Pflicht, hier Remedur zu schaffen. Gefordert ist aber auch die Konferenz der kantonalen Energiedirektoren. Ein Regulierungsnachholbedarf besteht im Speicherbereich, wo bei der Netznutzung für alle Technologien gleich lange Spiesse geschaffen werden müssten.

7. Zusammenfassung in 10 Punkten

- (1) Die Schweiz ist kein Energie-Selbstversorger. Eine Neuausrichtung – mit der Abkehr von der Kernenergie – ist aufgrund der Volksabstimmung vom 21. Mai 2017 verbindliches Programm.
- (2) Auch international ist der Handlungsbedarf erkannt. Die Dekarbonisierung ist ein Muss. Mit dem juristisch verbindlichen Klimaabkommen von Paris (2015) wurden Leitplanken gesetzt. Die Schweiz hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2030 ihren CO₂-Ausstoss im Vergleich zu 1990 zu halbieren. Zu 60 Prozent soll die Reduktion im Inland erfolgen, der Rest mit Projekten im Ausland.
- (3) Zentrale Elemente der Neuausrichtung: Erhöhung der Effizienz im System, Ausschöpfung der grossen Potentiale der erneuerbaren Energien, weitere Elektrifizierung und Digitalisierung sowie verstärkte Investitionen in die Sektorkopplung.
- (4) Die schrittweise Umsetzung der Energiestrategie 2050 und die Gewährleistung der Versorgungssicherheit setzen einen koordinierten, namhaften Ausbau der regenerativen Energiequellen voraus.

- (5) Es besteht kein Mangel an innovativen Technologien und erprobten Techniken, um das Potential der erneuerbaren Energiequellen im definierten Zeitrahmen wesentlich stärker auszuschöpfen.
- (6) Mit der verstärkten Bereitstellung von fluktuierender und regenerativer Energie wird der Energiespeicherbedarf massiv ansteigen. Das Angebot an Speicherlösungen wächst, während das Preisniveau sinkt.
- (7) Im Bereich E-Mobilität zeigt sich eine dynamische Entwicklung. Diese ist branchenmässig breit abgestützt. Weil klimafreundliche Lösungen heute günstiger denn je sind, werden immer mehr Unternehmen aktiv.
- (8) Der Ausbau der erneuerbaren Energiequellen kann in der Schweiz nicht über höhere Subventionen finanziert werden. Aber es fehlt an wirtschaftlichen Investitionsanreizen. Mit der Gestaltung eines neuen „Strommarktdesigns“ sollte sich dies korrigieren lassen.
- (9) Die teilweise Neuausrichtung der Energiewirtschaft bedingt einen adäquaten regulatorischen Rahmen. In diesem Kontext ist primär der Staat gefordert.
- (10) Die zentrale Handlungsmaxime könnte – frei nach Heinrich Pestalozzi – lauten: „Mit Kopf, Herz und Hand in die Energiezukunft.“

Anmerkungen:

1) Die Inhalte der Referate und Diskussionen wurden von Dr. Peter Morf, Leiter Schwerpunkt Energietechnologien & Ressourceneffizienz beim Hightech Zentrum Aargau, und Ruedi Mäder, Smart Comm GmbH, zusammengefasst und aufbereitet.

2) 1 Terajoule (TJ) entspricht 278 Megawattstunden (MWh).

3) Davon entfallen 33,7% auf Flusskraftwerke mit Stausee, weitere 25,9% auf Flusskraftwerke.

4) Vgl. die Studie PSI/BFE 2017: *Potentials, costs and environmental assessment of electricity generation technologies.*

„Energiezukunft zwischen Mythos und Realität“, 8. November 2018 – die Referenten:

Dr. Peter Morf

Leiter Schwerpunkt Energietechnologien & Ressourceneffizienz, Hightech Zentrum Aargau AG:
„Energiezukunft zwischen Mythos und Realität“ (Einführung und Resümée)

Regierungsrat Stephan Attiger

Vorsteher des Departements Bau, Verkehr und Umwelt des Kantons Aargau:
„Chancen und Risiken der Energiezukunft aus Aargauer Sicht“ (Keynote)

Dr. Martin Densing

Labor für Energiesystem-Analysen, Energie-Forschungsbereiche, Paul Scherrer Institut PSI:
„Erneuerbare Energiepotentiale: Nationale Selbstversorgung oder internationaler Markt?“

Prof. Dr. Gabriela Hug

Stv. Leiterin des Instituts für Elektrische Energieübertragung und Hochspannungstechnik,
ETH Zürich:
„Schweizer Stromnetze: Ist der Blackout programmiert oder bleiben die Netze stabil?“

Max Klaus

Stv. Leiter Melde- und Analysestelle Informationssicherung MELANI:
„Schweizer Strominfrastruktur: Schnell gehackt oder smart und sicher?“

Prof. Dr. Andreas Pautz

Head of Nuclear Energy and Safety Division, Paul Scherrer Institut PSI:
„Ausstieg aus der Kernenergie: Fussnote der Energiestrategie oder eine Aufgabe für
Generationen?“

Thomas Peyer

Leiter Energie-Dienstleistungen, Swisstopower AG:
„Langfristspeicherung: Heilsbringer oder Luftschloss?“

Dr. Benjamin Rohrbach

Senior Scientist, Institut für Innovation und Technologiemanagement IIT, Hochschule Luzern:
„Gebäude als Kraftwerk: Leeres Versprechen oder dezentrale Selbstversorgung?“

Prof. Dr. Rolf Wüstenhagen

Direktor Institut für Wirtschaft und Ökologie, Universität St. Gallen:
„Energiestrategie 2050: Teurer Spass oder sinnvolle Investition in die Zukunft?“

Hightech Zentrum Aargau AG

Badenerstrasse 13

CH-5200 Brugg

+41 56 560 50 50

info@hightechzentrum.ch

www.hightechzentrum.ch

Impressum

Herausgeber: Hightech Zentrum Aargau AG

Text: Ruedi Mäder, Smart Comm GmbH

Bilder: Adobe Stock Photos