NZZ

Sechs neue Kernkraftwerke? Studie der ETH Lausanne führt zu einer Kontroverse

Genug Strom im Winter zu haben, ist die grosse Herausforderung für die Klimaneutralität im Jahr 2050. Hierzu brauche es gigantische Stromspeicher – oder neue Kernkraftwerke, sagt der Autor Andreas Züttel.

Christoph Eisenring

13.05.2024, 05.30 Uhr 5 min

13 Staudämme, so gross wie die Grande-Dixence, wären eine Variante, um die Speicherfrage zu lösen.

Denis Balibouse / Reuters

Es ist ein brisantes Resultat: Wenn die Schweiz 2050 klimaneutral sein will, ist der Bau von sechs bis acht Kernkraftwerken die günstigste Alternative. So steht es in einer Studie eines Teams um den an der Eidgenössischen

Technischen Hochschule Lausanne (EPFL) forschenden Andreas Züttel.

Um die Arbeit entbrannte vergangene Woche eine Kontroverse. Die Zukunft entstehe nicht durch das Aufblasen der Gegenwart, warf Nick Beglinger, der frühere Präsident von Swisscleantech, Andreas Züttel auf Linkedin vor.

Der FDP-Nationalrat Christian Wasserfallen erwiderte auf der Plattform, Züttel habe recht: Er habe die gigantische physikalische Grössenordnung der Herausforderung erfasst. Der Wirtschaftsdachverband Economiesuisse wiederum hebt auf seiner Website das Resultat der vergleichsweise günstigen AKW hervor.

Berechnung für den Worst Case

Wie bei jeder Studie sind die Annahmen zentral: Züttel schaut sich an, was die vollständige Dekarbonisierung bei heutigen Preisen für vorhandene Technologien kosten würde. Dabei geht er von einer autarken Schweiz aus, die ihren Strom also vollständig selbst produziert. Die Produktion passt sich zudem dem Bedarf an. Gerechnet wird mit einer Verdoppelung des Stromverbrauchs gegenüber heute auf 113 Terawattstunden. Der Mehrbedarf beruht auf einer Elektrifizierung des Verkehrs und dem Einsatz von Wärmepumpen statt fossilen Heizungen.

Umstritten sind vor allem zwei Annahmen: Da ist zum einen die Autarkie. Züttel sagt im Gespräch, dass Grosswetterlagen oft den ganzen europäischen Kontinent beträfen. Wenn es also an einem Wintertag in der Schweiz knapp werde, gelte

dies auch für die Nachbarländer. Für ihn ist es deshalb naiv, einfach darauf zu setzen, dass man Lücken mit Importen ausgleichen kann.

Strittig ist aber auch die Annahme der unflexiblen Nachfrage. Mit neuen Preismodellen liesse sich die Nachfrage besser mit dem Angebot in Einklang bringen, das mit Solar- und Windstrom stärker schwankt als früher. Dies würde die Kosten der Energiewende senken, räumt Züttel ein. Doch hierüber Annahmen zu machen, sei schwierig. Man kann seine Schätzungen deshalb auch als Worst-Case-Szenario für die Kosten einer vollständigen Dekarbonisierung betrachten.

Um die Dekarbonisierung zu schaffen, müsste man, erstens, die Staumauern um einen Viertel erhöhen, womit sich das Fassungsvermögen der Speicherkraftwerke auf 18 Terawattstunden verdoppeln würde. Zweitens rechnet Züttel mit einer Installation von Solarzellen auf Hausdächern und an Fassaden, die jährlich 24 Terawattstunden bringen würde.

Doch auch dann fehlen immer noch 50 Terawattstunden Strom, wenn die jetzigen Kernkraftwerke nicht mehr in Betrieb sind. Züttel schlägt deshalb sechs bis – je nach Reservehaltung – acht grosse Kraftwerkseinheiten vor, die permanent verfügbaren Strom liefern.

Dabei handelt es sich zum Beispiel um grosse Freiflächenanlagen für Photovoltaik. Der so produzierte Strom würde grösstenteils verbraucht, wenn er anfiele, beziehungsweise kurzfristig in Batterien für den Tag-Nacht-Ausgleich gespeichert. Die grosse Herausforderung bei

Solarstrom ist jedoch der saisonale Ausgleich, weil im Mittelland drei Viertel im Sommerhalbjahr anfallen.

Laut Züttel müsste man deshalb zusätzlich 20 Terawattstunden Strom vom Sommer in den Winter verschieben. Mit dem überschüssigen Solarstrom könnte man im Sommer Wasserstoff herstellen, mit dem man im Winter Turbinen in einem Gaskraftwerk antreiben und so Strom produzieren würde.

Die dafür nötigen Elektrolyseure, Lagerstätten und Wasserstoffkraftwerke würden jedoch Unsummen verschlingen, weshalb dieses Szenario Investitionskosten von 563 Milliarden Franken nach sich zöge. Dies entspricht 70 Prozent der heutigen Wirtschaftsleistung. Man könnte den Wasserstoff zwar auch importieren, aber billiger wäre dies laut Züttel nicht.

Deutlicher Anstieg der Energiekosten

Kosten für jeweils sechs Kraftwerkseinheiten bei unterschiedlichen Technologien

	Status quo	Neue AKW	Solarstrom plus Stauseen	Solarstrom plus Wasserstoff	Importierter Wasserstoff	Imp Pal
Energiekosten (in Fr. pro Kopf)	3000	2764	4397	6118	11 148	53(
Kapitalkosten (in Mrd. Fr.)	20	48	189	563	42 (638)	24
Fläche mit Solarzellen (in km²)	6	150	454	650	150 (681)	150

In Klammern: Investitionsausgaben bzw. Fläche mit Solaranlagen im Ausland.
Quelle: Züttel et al., Frontiers in Energy Research. Process and Energy Systems Engineering cei.

Nun kann man davon ausgehen, dass die Wasserstofftechnologie billiger wird. Doch auch wenn die Kosten um drei Viertel fallen, kostet eine Megawattstunde Strom aus grünem Schweizer Wasserstoff noch 250 Franken, was rund dreimal so viel ist wie der Preis, der heute an der Börse für Strom bezahlt wird.

Würden stattdessen sechs Kernkraftwerke gebaut, müssten laut Studie nur 48 Milliarden Franken investiert werden. Hier sei Züttel viel zu optimistisch, sagen die Kritiker. Umgelegt auf eine Megawattstunde wären dies nämlich nur 80 Franken. Tatsächlich belaufen sich die Gestehungskosten für Strom aus neuen AKW laut einer Studie der Investmentbank Lazard auf 140 bis 220 Franken je Megawattstunde.

Züttel verweist auf Flüssigsalz-Brutreaktoren sowie einen Testreaktor in China, der auf Thorium basiert. Dessen Vorteil wäre, dass man als Brennmaterial radioaktive Abfälle herkömmlicher AKW nutzen könnte, wodurch gleich auch noch deren Radioaktivität stark abnähme. Das ist allerdings Zukunftsmusik und passt nicht zur Ausgangslage, dass die Studie sonst mit Kosten verfügbarer Technologien rechnet.

Selbst wenn man indes die Kosten von Kernreaktoren doppelt so hoch ansetzte, wäre diese Lösung immer noch günstiger als die Alternativen – mit Ausnahme eines Modells, das Photovoltaik mit vielen zusätzlichen Speicherseen kombinieren würde. Letzteres ist aber unrealistisch, da dies bedeuten würde, zusätzlich zur Erhöhung der Staumauern nochmals 13 Mega-Staudämme à la Grande-Dixence zu bauen.

Vergleichsweise günstig wäre schliesslich noch der Import von gewaltigen Mengen von Palmöl. Um die Schweiz damit vollständig zu dekarbonisieren, müssten allerdings Plantagen von der Grösse der halben Landesfläche zum Beispiel in der afrikanischen Savanne angelegt werden. Palmöl kann somit ein Element unter mehreren sein, etwa um Kerosin zu ersetzen.

Warnung vor der «Sonnenblumen-Wirtschaft»

Züttel sagt, dass drei Viertel der künftigen Energienachfrage problemlos durch erneuerbare Energien (Wasser, Solar, Wind, Biomasse) gedeckt werden könnten, zu ähnlichen Kosten wie heute. Die Herausforderung seien die restlichen 25 Prozent, die man in den Winter bringen müsse. Um diese Monate zu überbrücken, ohne auf riesige Importe angewiesen zu sein,

braucht es saisonale Speicher. Und diese machen das System so teuer.

Dem Forscher wurde vorgeworfen, die Studie extra im Vorfeld der Abstimmung über das Stromgesetz vom 9. Juni platziert zu haben, um dagegen Stimmung zu machen. Dagegen verwahrt sich Züttel. Der Termin habe damit zu tun, dass das Paper eben erst zur Publikation in der Wissenschaftszeitschrift «Frontiers in Energy Research» akzeptiert worden sei.

Das Stromgesetz sieht der EPFL-Professor vielmehr als Schritt für den beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien, die auch bei seinen Berechnungen eine wichtige Rolle spielen. Doch aus seiner Sicht wäre es fatal, das Speicherproblem zu ignorieren. Wer sich nicht darüber Gedanken mache, könnte sich 2050 in einer «Sonnenblumen-Wirtschaft» wiederfinden, in der sich das gesellschaftliche Leben nach der stark fluktuierenden Stromproduktion richten müsse – und nicht die Produktion nach dem Bedarf.

In diesem Fall drohten gewaltige Wohlfahrtsverluste. Stattdessen empfiehlt Züttel, ab sofort 3 Prozent der Wirtschaftsleistung in den Ausbau der Stromproduktion und der Speicherung zu investieren, damit man 2050 keine böse Überraschung erlebe.

Passend zum Artikel

KOMMENTAR

Ein Nein zum Stromgesetz würde die Schweiz um Jahre zurückwerfen

06.05.2024 6 min

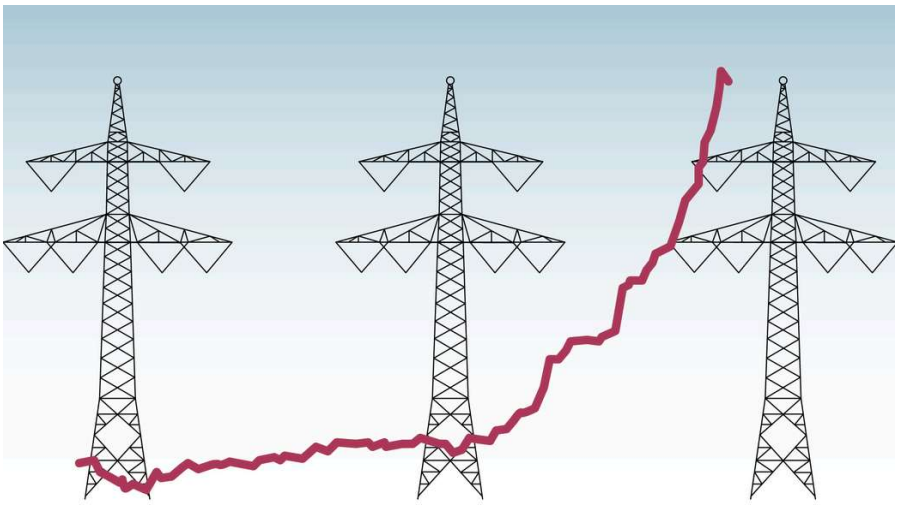
Solarstrom vom Dach oder aus den Alpen ist sündhaft teuer – sogar neue Kernkraftwerke schneiden besser ab

21.11.2023 5 min

Importierter Wasserstoff soll die Schweizer Energiewende retten

13.12.2022

Mehr von Christoph Eisenring (cei) ›



Wie angespannt ist die Lage am Strommarkt? – Die wichtigsten Energiedaten in Grafiken

Aktualisiert vor 36 Minuten 4 min

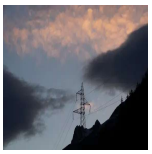
KOMMENTAR

Umfrage zur Klimapolitik: Vor diesen jungen Wirtschaftsleadern muss man sich fürchten

02.05.2024 3 min

Fehlprognose beim Solarstrom: Plötzlich fehlte der Schweiz die Produktion eines grossen Kernkraftwerkes

30.04.2024 4 min



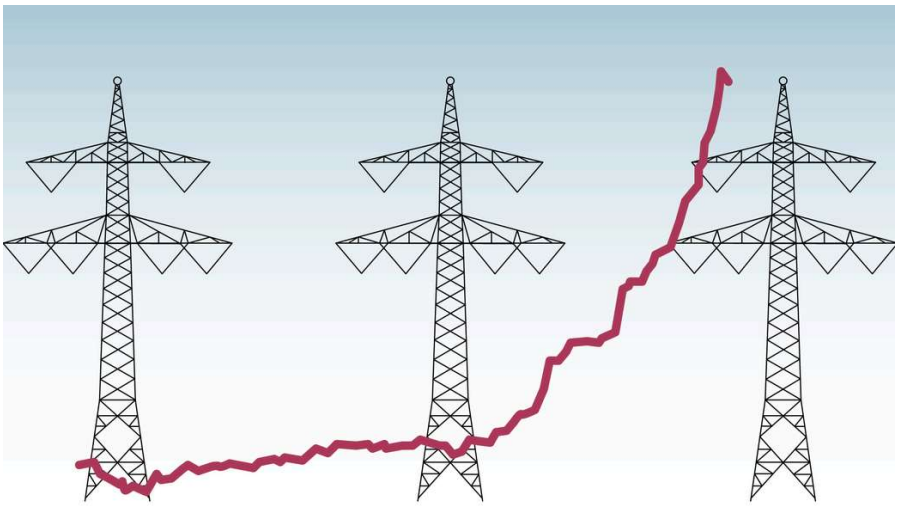
Die Stromfirmen machen Milliardengewinne, doch für die Konsumenten dürften die Strompreise erst 2026 sinken. Über die Gründe

27.04.2024 6 min

Spitalkrise in der Schweiz: Die Schliessung von zehn Krankenhäusern wäre gut zu verkraften

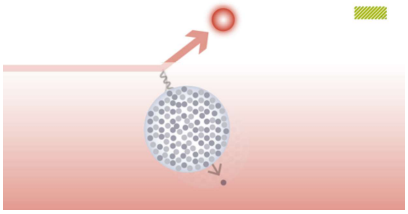
23.04.2024 5 min

Mehr zum Thema Atomkraft ›



Wie angespannt ist die Lage am Strommarkt? – Die wichtigsten Energiedaten in Grafiken

Aktualisiert vor 36 Minuten 4 min



Der deutsche Atomausstieg hat ein Neutrinoexperiment heimatlos gemacht. Im Kernkraftwerk Leibstadt hat es nun ein neues Zuhause gefunden

11.05.2024 6 min

INTERAKTIV

Kein Land in Europa hat vergangene Woche mehr Strom importiert als Deutschland – Zahlen zur Energieversorgung, täglich aktualisiert

Aktualisiert vor 37 Minuten 8 min

INTERVIEW

«Statt über Atomstrom zu streiten, sollten wir uns auf den Ausbau der erneuerbaren Energien konzentrieren», sagt der oberste Energiedirektor der Kantone

02.05.2024 8 min

Fehlprognose beim Solarstrom: Plötzlich fehlte der Schweiz die Produktion eines grossen Kernkraftwerkes

30.04.2024 4 min

«Wenn er bei dieser Strategie bleibt, kommt der Untersuchungsausschuss»: Wirtschaftsminister Robert Habeck weiterhin in der Kritik

26.04.2024 2 min

Weitere Themen

ETH Zürich

Für Sie empfohlen ›

Wir bleiben länger gesund – warum die Kosten trotzdem wachsen

vor 4 Stunden 6 min

DATENANALYSE

Für Trump stehen die Chancen besser als vor vier Jahren, doch noch ist alles offen – die wichtigsten Grafiken zur US-Wahl 2024

Aktualisiert vor 37 Minuten 3 min

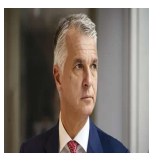
PODCAST

Unzuverlässig, zu faul und sensibel: Der Generation Z wird so einiges nachgesagt. Woher kommt dieses schlechte Image?

vor 4 Stunden

Olympia trotz Krieg: «Die Russen haben uns nicht gebrochen», sagen Ukraines Athleten

13.05.2024 4 min



«Das ist eine hypothetische Frage»: Sergio Ermotti äussert sich zu Spekulationen, wonach die UBS die Schweiz verlassen könnte

vor 4 Stunden 3 min

Nottingham Forest stellt einen Schiedsrichterberater an – doch das Experiment mit einem ehemaligen Weltklasse-Referee endet im Eklat

13.05.2024 4 min

Lamborghini Revuelto: Fahren wie im Hybrid-Rennwagen

13.05.2024 6 min

KI als Spassbremse beim Lernen: Der Schweizer Lehrerverband plädiert für mehr direkten Austausch im Unterricht

14.05.2024 4 min

Copyright © Neue Zürcher Zeitung AG. Alle Rechte vorbehalten. Eine Weiterverarbeitung, Wiederveröffentlichung oder dauerhafte Speicherung zu gewerblichen oder anderen Zwecken ohne vorherige ausdrückliche Erlaubnis von Neue Zürcher Zeitung ist nicht gestattet.