

Sichere erneuerbare Stromversorgung?

Referat von Dr. Eduard Kiener an der Mitgliederversammlung Energie Club Schweiz, OST Rapperswil, 26. April 2025

Vorbemerkung

Eine faktenbasierte Energiepolitik ist nicht durch Wunschdenken zu begründen, sondern quantitativ durch energietechnische und -wirtschaftliche Zahlen. Ich komme deshalb im Folgenden nicht um solche herum, versuche aber, mich auf die wesentlichen Werte zu beschränken.

Energiewende – ein Schlagwort

Der heutigen schweizerischen Energiepolitik liegt die Zielsetzung zugrunde, aus der Kernenergie auszusteigen, bis 2050 den Treibhausgas-Ausstoss auf null zu reduzieren (Netto-Null) und allein mit erneuerbaren Energien eine sichere Energieversorgung zu bewerkstelligen. Schon bei der Volksabstimmung 2017 über die Energiestrategie 2050 war klar, dass es nicht gelingen würde, bis zur Jahrhundertmitte die Elektrizität aus Kernenergie durch Strom aus erneuerbaren Quellen zu ersetzen und gleichzeitig den steigenden Bedarf zu decken.

Mit dem Netto-Null-Ziel wurde 2019 der Verzicht auf die fossilen Energien zur zusätzlichen Herausforderung. Bedeutet Energiewende also den gleichzeitigen Ausstieg aus dem nuklearen Strom und aus den fossilen Brenn- und Treibstoffen, der eine politisch motiviert, der andere durch den Klimaschutz bedingt? Warum wird das Netto-Null-Ziel postuliert, aber am Ausstieg aus der Kernenergie, der nach der Wasserkraft klimafreundlichsten Energie, immer noch festgehalten? Wäre nicht eine Versorgung mit Erneuerbaren und Kernenergie sinnvoller und klimaschonender, das Ziel der Energiewende also der Ausstieg aus den Fossilen?

Wie sich in der Realität immer mehr zeigt, wäre eine rein auf erneuerbare Energien fokussierte Energiewende wenig erfolgversprechend. Mit Kernenergie wird eine sichere Stromversorgung wirtschaftlicher und auch klimafreundlicher möglich. Das wird im Folgenden dargelegt.

Versorgungssicherheit entscheidend

Die Dekarbonisierung von Wärme und Mobilität muss aus technischen Gründen weitgehend durch Strom erfolgen, er ist auch die Grundlage für synthetische Brenn- und Treibstoffe, welche für die Luftfahrt, den Schsververkehr über grosse Distanzen und gewisse industrielle Prozesse nötig werden.

Die Energiezukunft ist also elektrisch und damit die Stromversorgungssicherheit entscheidend für Gesellschaft und Wirtschaft. Hier ist daran zu erinnern, dass das Bundesamt für Bevölkerungsschutz, das BABS, eine Strommangellage als grösstes wirtschaftliches Risiko ermittelt hat. Um eine solche abzuwenden, haben Bundesrat und Parlament einen permanenten, chaotischen Revisionsprozess der Energiegesetzgebung lanciert, allerdings

ohne die Problematik endlich umfassend durchzudenken und zu regeln. Der bisher letzte diesbezügliche Schritt ist das im Juni 2024 vom Stimmvolk angenommene Stromgesetz.

Sein Titel «Bundesgesetz über eine sichere Stromversorgung mit erneuerbaren Energien» verspricht nichts weniger als Strom-Versorgungssicherheit allein durch Wasserkraft und die sogenannten neuen erneuerbaren Energien Fotovoltaik, Wind, Biomasse und Geothermie. Die politische Mehrheit, Teile der Wirtschaft und gar die Stromwirtschaft glauben daran, dass das Stromgesetz die voll erneuerbare Stromversorgung ermöglichen wird oder mindestens ermöglichen könnte.

Für eine sichere Versorgung muss ausreichend Elektrizität erzeugt werden, das ist die zentrale Stossrichtung des Stromgesetzes. Es braucht aber auch den Ausbau der Saison- und Kurzzeitspeicherung, des Netzes und der Regelung, der politisch und gesetzlich noch ungenügend erfasst ist.

Das Stromgesetz bringt keine Versorgungssicherheit

Die Energieperspektiven 2050+ sind die quantitative Basis des Stromgesetzes, sie weisen für 2050 einen Stromverbrauch von 84 TWh¹ auf, 2024 war er 61 TWh. Das Stromgesetz enthält die wesentlichen Eckwerte, die aber wenig realistisch sind. Im Zentrum stehen da die Vorgaben für die Stromerzeugung aus neuen erneuerbaren Energien. Während für den Wasserkraftausbau realisierbare gesetzliche Ziele gesetzt werden, sind jene für die neuen Erneuerbaren mit 35 TWh im Jahre 2035 und 45 TWh 2050 überrissen. Davon müsste aus Potentialgründen der Grossteil aus Fotovoltaik stammen, nämlich 2050 etwa 40 TWh. Dafür wären mindestens 200 km² Fotovoltaik-Fläche notwendig². Die damit installierte PV-Leistung von 40 GW plus die Leistung der Wind- und der Laufkraftwerke würde ein Mehrfaches des Bedarfs betragen und könnte vom Netz nicht aufgenommen werden.

Mit der Stromgesetz-Vorgabe von 45 TWh neue Erneuerbare liesse sich zwar gemäss den Energieperspektiven im Jahr 2050 eine rechnerisch ausgeglichene Jahresbilanz erreichen, im Sommer würden aber riesige, kaum verwertbare Überschüsse entstehen und im Winter ergäbe sich weiterhin eine massive Importabhängigkeit. Für die Versorgungssicherheit ist bekanntlich der Winter massgeblich. Selbst wenn auch die im Stromgesetz priorisierten 16 Wasserkraftwerke gebaut werden könnten, bliebe 2050 ein Winter-Einfuhrbedarf von 7 TWh; das ist mehr als der durchschnittliche heutige Importbedarf und auch mehr als der Einfuhr-Richtwert des Stromgesetzes von 5 TWh. Da ist es vermessen, von einer sicheren Stromversorgung zu reden.

Das Strukturproblem von Fotovoltaik und Wind

Jede Stromversorgung, die wesentlich auf neuen erneuerbaren Energien beruht, weist im Winter Versorgungsprobleme und im Sommer Energie- und Leistungsüberschüsse auf. Sie werden vor allem durch die dominierende Fotovoltaik verursacht, deren Winter-Produktionsanteil nur etwa 30 % beträgt und die bei bedecktem Himmel wenig und nachts keinen Strom liefert.

¹ Der VSE rechnet mit 91 TWh.

² Optimistisch gerechnet sind 5 m² PV pro kW nötig.

Die Überschüsse können durch Flexibilitätsmassnahmen gemildert, aber nicht entscheidend reduziert werden. Das wichtigste Instrument wird für längere Zeit das im Stromgesetz vorgesehene Abregeln von Solaranlagen sein. Das zeigt den Widersinn der künftig dominierenden Abstützung auf die Fotovoltaik: Die Bürger sollen möglichst viele PV-Anlagen bauen, die wenn erforderlich vom Netzbetreiber abgeschaltet werden.

Eine Stromknappheit wäre nicht ein schweizerisches, sondern ein europäisches Problem, bei dem jedes Land in erster Linie für sich schauen müsste. Versorgungssicherheit verlangt deshalb, dass grundsätzlich jedes Land in der Lage sein muss, sich selbständig zu versorgen. Dies bedeutet nicht Autarkie, sondern eine Stromwirtschaft, die am Markt als potenter Player und nicht als Bittsteller auftritt.

Voll erneuerbare Stromversorgung

Wenn das ernsthafte Ziel wäre, eine sichere Stromversorgung allein mit erneuerbaren Energien zu bewerkstelligen, die diesen Namen verdient, müssten im Winter zusätzlich 7 TWh produziert werden. Da dafür vom Potential her nur die Fotovoltaik infrage käme, wären weitere 23 GW PV zu installieren, insgesamt also 63 GW. Die insgesamt nötige PV-Fläche betrüge dann etwa 315 km².

Das ist noch unrealistischer als die 200 km² gemäss Stromgesetz; der jährliche PV-Zubau ist schon dafür viel zu gering. Im Jahr 2024 nahm die Stromproduktion aus Fotovoltaik um 1,3 TWh zu³, für die Erreichung der Zwischenziele 2035 müsste der Zubau sofort verdoppelt werden. Die Statistik widerspricht damit den Branchenversprechen und Aussagen von ETH-Forschern, die behaupten, man sei auf Kurs.

Eine sichere Stromversorgung allein mit erneuerbaren Energien ist deshalb bis zur Jahrhundertmitte von der Stromproduktion her nicht möglich, trotz weiteren Subventionen, trotz Solar- und Wind«express». Erstrecht unrealistisch ist, dass bis dann auch der notwendige Systemausbau erfolgen kann.

Es braucht weiterhin die Kernenergie

Zurück zur Realität. Im Winter 2024/25 brachten die vier noch in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke 41,4 % der Stromerzeugung⁴. Der Produktionsbeitrag von PV und Wind war im vergangenen - allerdings sonnenarmen - Winter erst 6,4 % und in den eigentlichen Wintermonaten November bis Februar gar nur 4,3 %.

Dies zeigt, dass die Kernenergie auch langfristig mindestens im heutigen Umfang von 3 GW eingesetzt werden sollte. Dann würde sie im Jahr 24 TWh und im Winter 13,2 TWh Bandenergie produzieren. Die Wasserkraft soll 2050 gemäss den Energieperspektiven 2050+ in den Wintermonaten 20 TWh liefern. Die neuen Erneuerbaren müssten also in den Wintermonaten 2050 für die sichere Versorgung nurmehr 10,8 TWh erzeugen, davon die Fotovoltaik 7,8 TWh. Der Netzbetrieb würde sicherer, der Sommerenergie-Überschuss, der Systemausbau- und der Abregelbedarf deutlich geringer.

³ Quelle: Swiss Energy Charts

⁴ Quelle: Swiss Energy Charts

Kostengünstiger mit Kernenergie

Die Kernenergie wird immer wieder als zu teuer bezeichnet, die Fotovoltaik liefere heute den billigsten Strom. Schaut man genauer hin, zeigt sich ein anderes Bild. Das liegt daran, dass die Kernenergie eine viel höhere Energiedichte und damit einen geringeren Materialaufwand aufweist als die Fotovoltaik.

Die aktuellen Investitionskosten der Fotovoltaik finden sich in der Photovoltaikmarkt-Beobachtungsstudie des BFE vom Juni 2024 mit durchschnittlich etwa 2400 Fr./kW. Die Investitionen für 1 GW PV belaufen sich also auf 2,4 Mia. Fr. Damit kann optimistisch gerechnet jährlich 1 TWh Strom erzeugt werden. Abschreibung, Zins und Unterhalt führen zu Gestehungskosten von 12 – 13 Rp./kWh⁵. Alpine Solaranlagen sind offenbar noch teurer.

Hier noch eine Bemerkung zur (In)Effizienz der Förderung der erneuerbaren Stromerzeugung. Die Entwicklung seit der Zustimmung zur Energiestrategie 2050 zeigt, dass für die neu zugebaute erneuerbare Jahresproduktion pro TWh durchschnittlich 1,4 Mia. Fr. Fördermittel aufgewendet wurden⁶.

Für ein neues 1 GW-KKW mit einer Jahreserzeugung von 8 TWh seien in der Schweiz die Investitionskosten mit 8 Mia. Fr./GW angenommen, also noch höher als jene des Olkiluoto-EPR⁷. Bei 50 Jahren Vollbetrieb sind Gestehungskosten von 8 - 10 Rp./kWh realistisch. Andere Anlagen weisen noch geringere Gestehungskosten auf.

Die Kernenergie wird wegen der hohen Anfangsinvestition oft als zu teuer bezeichnet, die Fotovoltaik sei deshalb günstiger. Das ist falsch, denn bereits bezogen auf die Jahres-Stromproduktion ist die PV etwa 2,4mal investitionsintensiver als die Kernenergie. Die Jahres-Gestehungskosten aus Kernenergie sind ein Drittel geringer als jene aus Fotovoltaik.

Ökonomisch sind jedoch die Kosten für die Versorgungssicherheit im Winter entscheidend. Die schweizerische Stromversorgung weist immer ein Sommer/Winter-Ungleichgewicht auf, mit tendenziell steigendem Import im Winter. Die Bandenergie produzierende Kernenergie mit ihrem hohen Anteil an Wintererzeugung ist deshalb bei umfassender Betrachtung noch kostengünstiger als die Fotovoltaik.

Dies zeigt sich auch beim Vergleich der Investitionskosten. Für die voll erneuerbare sichere Stromversorgung müssten wie erwähnt 63 GW PV installiert werden, mit 3 GW Kernenergie würden nurmehr 26 GW PV-Leistung nötig. Damit würde der Investitionsbedarf deutlich reduziert. Mit einer Investition von 24 Mia. Fr. in drei KKW könnten die Investitionen um 65 Mia. Fr. reduziert werden in Anlagen, die vor allem Sommerüberschüsse produzieren und den Netzbetrieb erschweren.

⁵ Rudolf Rechsteiner rechnete 2021 mit 12,9 Rp./kWh für häufigste Leistungskategorie von 10 – 30 kW

⁶ Grundlage: Geschäftsberichte Pronovo

⁷ 1600 MW, 11 Mia. €

Kernenergie zu spät?

Gegen die Kernenergie wird immer wieder ins Feld geführt, sie komme zu spät, die Realisierung eines neuen KKW brauche 15 – 20 Jahre. Zur Erinnerung sei vermerkt, dass die Anlagen Beznau, Mühleberg und Gösgen von der Standortbewilligung (entspricht etwa der heutigen Rahmenbewilligung) bis zur kommerziellen Inbetriebnahme in zwischen viereinhalb und gut acht Jahren realisiert wurden. Einzig das Kernkraftwerk Leibstadt brauchte wesentlich länger, weil der Bau in Angriff genommen wurde bevor das Projekt ausgereift war – dieser Fehler wurde in Olkiluoto zeitraubend und teuer wiederholt.

Falls Versorgungssicherheit und Klimaschutz echte und nicht nur deklamatorische Ziele sind und der politische Wille dazu vorhanden wäre, könnten Ersatz-KKW rechtzeitig bis zur Ausserbetriebnahme der Anlagen Gösgen und Leibstadt gebaut werden. Dann würde viel weniger Fotovoltaik benötigt, nämlich insgesamt nur 26 GW. Die Fotovoltaik-Fläche wäre dann aber immer noch 130 km². Bei einem jährlichen PV-Zubau von 1,3 TWh (wie 2024) könnte die fehlende PV innert 15 Jahren installiert werden. Gleichzeitig liessen sich auch die Ersatz-KKW erstellen.

Erst der Mix aus PV und KE ermöglicht also die Energiewende innert nützlicher Frist. Die voll erneuerbare Versorgung mit 63 GW PV würde dagegen 44 Jahre benötigen. Der Ausbau der Erneuerbaren kann also nicht schneller erfolgen als der Kernenergie-Ersatz. Deshalb sticht auch das Argument der zu langen KKW-Realisierungsdauer nicht. Zielführend ist nicht das Entweder-Oder, sondern das Sowohl-als-Auch: Kernenergie und Erneuerbare.

Verantwortung für die Versorgung

Bund, Kantone und Gemeinden müssen alles Interesse haben, eine Stromknappheit zu verhindern. Versorgungssicherheit ist eine Aufgabe aller politischen Ebenen und natürlich besonders der Elektrizitätswirtschaft, die zu vier Fünfteln den Kantonen und Gemeinden gehört.

In der aktuellen Gesetzgebung wird jedoch nicht geregelt, wer für die Versorgungssicherheit zuständig ist und in der schweizerischen Stromlandschaft ist niemand zu erkennen, der sich dafür verantwortlich fühlt. Offenbar stören die sich abzeichnenden Versorgungsprobleme die Stromwirtschaft nicht wirklich, nimmt sie doch die im Winter weiterhin hohe Importabhängigkeit ohne Reaktion hin. Dafür hat der Stromhandel heute einen hohen Stellenwert, die dazu erforderliche Basis an steuerbarer Erzeugung sinkt aber ohne Ersatz-KKW. Klimaschutz ist auch kein Thema, sonst würde der VSE nicht in seinem Update Energiezukunft Gaskraftwerke vorsehen.

Offensichtlich sind weder die Elektrizitätswirtschaft noch die Kantone und Gemeinden willens, echte und nicht nur deklarierte Verantwortung für die Stromversorgung zu übernehmen. Umso wichtiger ist die Blackout-Initiative.

Die bundesrätliche Reaktion auf die Blackout-Initiative

Der Bundesrat lehnt unsere Initiative zwar ab, sein Gegenvorschlag spricht aber für diese. Der erste politische Schritt ist die deklarierte Technologie-Offenheit, Rahmenbewilligungen für neue Kernkraftwerke sollen wieder möglich werden. Dafür genügt eine kleine, aber

materiell wesentliche Streichung im Kernenergiegesetz. Es müssen nur die mit der Energiestrategie 2050 erfolgten rückgängig gemacht werden. Dafür hat der Bundesrat bereits eine Vernehmlassung durchgeführt. Sie zeigte die zu erwartenden Reaktionen der kernenergiekritischen Kreise; mehr verwundern aber die negativen Stellungnahmen der Kantone und Städte, die offenbar glauben, man könne die Stromversorgung ohne Kernenergie sicherstellen. Die Vernehmlassung der Energiedirektorenkonferenz ist unverständlich.

Neben der Aufhebung des KKW-Rahmenbewilligungsverbots braucht es, wie für die Erneuerbaren, ein rascheres Bewilligungsverfahren. Die Verfahren für Energieanlagen sind sehr langwierig, häufig werden die Rekurs-Möglichkeiten bis zum Bundesgericht ausgereizt. Dies gilt besonders für die Kernenergie mit ihren inhaltlich anspruchsvollen und politisch umstrittenen Bewilligungen. Das Kernenergiegesetz ist mehr ein Verhinderungsgesetz denn eine zweckdienliche Regelung der Verfahren; es liesse sich ohne rechtsstaatliche Verluste wesentlich straffen.

Das zweite Anliegen der Initiative ist die Verantwortung für die Strom-Versorgungssicherheit. Der Bundesrat äusserte sich dazu im August 2024 bei seinem Beschluss, die Blackout-Initiative abzulehnen: «Weiter will die Initiative in der Bundesverfassung verankern, dass der Bund die Verantwortlichkeiten für die Stromversorgungssicherheit festlegt. Dies ist nicht notwendig. Die Bundesverfassung regelt bereits heute, dass sich Bund und Kantone im Rahmen ihrer Zuständigkeiten für die Energieversorgung einsetzen.»

Damit anerkennt der Bundesrat, dass eine Zuweisung der Versorgungspflicht grundsätzlich verfassungskonform ist. Eine entsprechende Regelung dazu könnte ein Versorgungs-Pendant zur bundesrechtlich verlangten Schaffung der nationalen Netzgesellschaft Swissgrid sein. Dafür würde eine erneute Änderung der Energiegesetzgebung genügen. Dann wäre den Anliegen der Blackout-Initiative Rechnung getragen. Nun muss der Bundesrat die entsprechenden Gesetzesänderungen vorlegen.

Wie ist diese Situation einzuordnen? Hier meine persönliche Meinung. Dass keine Verfassungsabstimmung nötig wird, kürzt den Weg ab. Ein Volksvotum wird es bei der sicher zu erwartenden Referendumsabstimmung zur Änderung des Kernenergiegesetzes trotzdem geben, das wird die entscheidende Weichenstellung. Auch gegen allfällige Projekte sind Referenden wahrscheinlich.

Die Anliegen der Blackout-Initiative müssen möglichst rasch adäquat gesetzlich umgesetzt werden. Positive politische Entscheide zur Kernenergie genügen jedoch nicht, es braucht auch Projekte und damit die Bereitschaft der Elektrizitätswirtschaft, die Versorgungsverantwortung durch Investitionen in Ersatz-Kernkraftwerke wahrzunehmen. Soweit sind wir noch nicht, aktuell investiert sie lieber in die subventionierten Erneuerbaren. Mit einem für die Versorgungssicherheit zuständigen Organ könnte es möglich werden, notwendige Investitionen ohne explizite Subventionen zu realisieren.

Der Weg dazu ist allerdings weiterhin politisch umstritten und beschwerlich, im Interesse unserer Stromversorgung hoffentlich aber nicht zu langwierig.