



Spotlight Verteilnetze

Hohe Akzeptanz macht den
Netzausbau günstiger

Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen VSE
August 2024

2050
Energiezukunft

Einleitung

Bis 2050 will die Schweiz ihren CO₂-Ausstoss auf netto Null senken. Das bedingt einen fundamentalen Umbau der Energieversorgung. Die klimaschädlichen fossilen Energien im Strassenverkehr, bei der Wärmeerzeugung und in der Industrie müssen mit Strom ersetzt werden. Der Strombedarf wird dadurch stark steigen. Wie das Energiesystem der Zukunft, das Versorgungssicherheit und Klimaneutralität ermöglicht, aussehen könnte, zeigt die wissenschaftliche Studie «Energiezukunft 2050» (EZ2050), die der VSE zusammen mit der Empa im Dezember 2022 publizierte.

Die EZ2050 ist in mehrere Schwerpunkte, sogenannte Spotlights, gegliedert, die sich mit unterschiedlichen Themen vertieft auseinandersetzen. Das vorliegende Spotlight zu den Verteilnetzen berechnet den Um- und Ausbaubedarf der Verteilnetze im Kontext der EZ2050. Das Berechnungsmodell entstand in Zusammenarbeit mit der ETH Zürich und basiert auf realen Netzdaten, was die Untersuchung von anderen Analysen mit synthetischen Netzmodellen unterscheidet. Wegen des hohen Aufwands in der Verarbeitung der realen Netzdaten wurde das Spotlight «Verteilnetze» von der Hauptstudie ausgekoppelt und erst nach der Publikation der EZ2050 realisiert.

Zwei Dimensionen bestimmen die Szenarien der EZ2050 und führen je nach Ausprägung zu unterschiedlichen Entwicklungspfaden auf der Produktions- und Verbraucherseite: (1) die Akzeptanz gegenüber neuer Energieinfrastruktur im Inland (defensiver vs. offensiver Ausbau) sowie (2) das energiepolitische Verhältnis zu Europa (isoliert vs. integriert). Um Konsistenz mit der Hauptstudie herzustellen, entstand das Spotlight «Verteilnetze» auf Basis der Annahmen, Szenarien und Resultate der EZ2050.

Seit Dezember 2022 haben sich die regulatorischen Rahmenbedingungen in der Schweiz stark verändert (Solarexpress, Windexpress, Annahme des Stromgesetzes, Verordnungen zum Stromgesetz, Beschleunigungserlasse, etc.). Die Annahmen der EZ2050, auf denen das Spotlight «Verteilnetze» basiert, sind aufgrund der veränderten Regulierung und der tatsächlich eingetretenen und aktuell zu erwartenden politischen Entwicklungen teilweise überholt, insb. was die Ziele zum Ausbau von erneuerbaren Energien anbelangt (vgl. Erhöhung der Zielwerte zum Ausbau der erneuerbaren Energien bis 2035 und 2050 im Stromgesetz). **Bei der Interpretation des Spotlights «Verteilnetze» muss die Tatsache, dass die regulatorischen und politischen Entwicklungen nach Herbst 2022 nicht oder ungenügend in der EZ2050 modelliert worden sind, berücksichtigt werden. Während die qualitativen Erkenntnisse des Spotlights «Verteilnetze» Bestand haben und dank der Modellierung realer Verteilnetze grossen Mehrwert bringen, sind konkrete Netzausbaukosten vor dem Hintergrund veränderter Rahmenbedingungen seit Herbst 2022 zu interpretieren.**

Der VSE plant eine Aktualisierung der EZ2050. Das Modell soll die aktuelle Regulierung (insb. die Bestimmungen und Ziele des Stromgesetzes) und gegenwärtige energiepolitische Fragestellungen berücksichtigen, um eine aktualisierte wissenschaftliche Faktenlage für künftige Weichenstellungen zu schaffen. Nebst der Aktualisierung der Produktionsausbaupfaden und der Verbrauchsentwicklung wird auch die Weiterentwicklung der Verteilnetze Gegenstand des EZ2050-Updates sein, das voraussichtlich Anfang 2025 vorliegen wird.

Zusammenfassung

Die «Energiezukunft 2050» sowie das dazugehörige Spotlight «Verteilnetze» lassen keine Zweifel darüber aufkommen: **Je diversifizierter der Ausbau der inländischen Stromproduktion dank grosser Akzeptanz für neue Energieinfrastruktur stattfinden kann und je enger die Schweiz mit der EU im Energiebereich zusammenarbeitet, desto resilienter und kostengünstiger ist das Energiesystem im Jahr 2050.**

Das Spotlight «Verteilnetze» zeigt, dass der Um- und Ausbau der Verteilnetze unumgänglich ist, um die steigende (hauptsächlich dezentrale) Stromproduktion aufnehmen und verteilen sowie die Elektrifizierung der Nachfrage (Mobilität, Wärme) ermöglichen zu können. Der Ausbau und die Modernisierung der Netzinfrastuktur muss Schritt halten mit dem Zubau an inländischer Produktion. Neue Produktionsanlagen müssen daher stets im Paket mit den notwendigen Netzausbauten und -verstärkungen geplant und bewilligt werden.

Wie gross der Um- und Ausbaubedarf der Verteilnetze ist, hängt stark von den heutigen lokalen Netzen und den lokalen Begebenheiten/Herausforderungen ab. Denn jedes Verteilnetz hat eine andere Ausgangslage, unterschiedliche zukünftige Produktions- und Verbrauchsentwicklungen und muss spezifischen Anforderungen gerecht werden.

Die auf die gesamte Schweiz hochgerechneten Ergebnisse zeigen:

- **Das Szenario «offensiv-integriert»** mit hoher Akzeptanz für neue Energieinfrastruktur und einer engen Energiekooperation mit der EU **bringt das insgesamt kostengünstigste und resilienteste Energiesystem im Jahr 2050 – Netzausbaukosten inklusive.** Das heisst, die Transition des Energiesystems erfordert zwar in den nächsten Jahren grosse Investitionen, u.a. in den Ausbau der Verteilnetze, **das Gesamtenergiesystem wird aber nicht teurer.**
- **Die Netzausbaukosten sind doppelt so hoch in defensiven Szenarien mit tiefer Akzeptanz für neue Energieinfrastruktur,** weil der Ausbau der Stromproduktion weniger diversifiziert ausfällt. Für eine sichere zukünftige Stromversorgung werden dezentrale PV-Anlagen auf Infrastrukturen wie Dächern und Fassaden eine entscheidende Rolle spielen. Die Dezentralisierung der Stromproduktion hat deutliche Auswirkungen auf die Netze, denn die heute bestehenden wurden unter anderen Voraussetzungen gebaut. Daher ist ein Um- und Ausbau der Netze unumgänglich.
- Die **Netzausbaukosten können dank Massnahmen** auf der Produktions- und Nachfrageseite **substanziell gesenkt werden.** Die Einspeisebegrenzung von PV (*Peakshaving*) auf 70% kann die Kosten bis zu 30% reduzieren.
- **Die Netzausbaukosten fallen hauptsächlich in den Niederspannungsnetzen an,** also auf der untersten Netzebene. Dort werden PV-Anlagen auf Dächern und Fassaden sowie Elektrofahrzeuge und Wärmepumpen angeschlossen.

Ergebnisse im Detail

1. Hohe Akzeptanz für den Um-/Ausbau von Energieinfrastruktur und enge Kooperation mit der EU bringen das resilienteste Energiesystem zu den tiefsten Kosten – inklusive Ausbau der Verteilnetze.

Hohe Akzeptanz für einen diversifizierten Zubau neuer Energieinfrastruktur und eine enge Zusammenarbeit mit der EU im Energiebereich bringen nicht nur das sicherste und resilienteste Energiesystem, sondern auch ein kostengünstigeres als das heutige. Das ist eine zentrale Erkenntnis der EZ2050. Auch nach systematischer Berechnung der Netzausbaukosten bleibt diese Erkenntnis gültig. Fazit: Das Szenario «offensiv-integriert» (OFF-INT) schafft die besten Voraussetzungen für eine sichere Energieversorgung und das Erreichen der Klimaziele zu den tiefsten Gesamtkosten. Zwar bringt die Transition in den nächsten Jahrzehnten hohe Investitionskosten, langfristig hingegen sind die Systemkosten nicht höher, sondern tiefer, wenn jetzt die richtigen Weichen gestellt werden.

Dem steht ein Energiesystem mit tiefer Akzeptanz für den Zubau neuer Energieinfrastruktur und ohne enge Zusammenarbeit mit der EU gegenüber, das Versorgungssicherheit und Klimaneutralität bis 2050 nur zu deutlich höheren Kosten sicherstellen kann. Die Kosten dieses defensiv-isolierten Szenarios (DEF-ISO) sind vergleichbar mit den Kosten, die das heutige Energiesystem auslöst. Abbildung 1 zeigt die jährlichen Gesamtkosten im Jahr 2050 gemäss Szenarien der EZ2050 inklusive Netzausbaukosten.

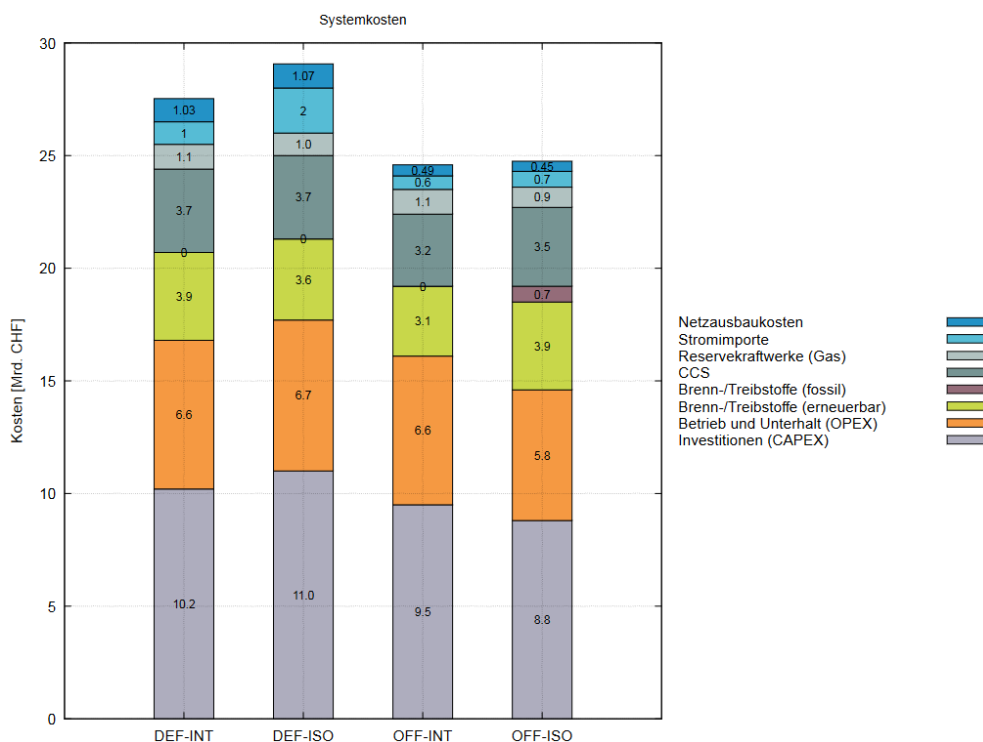


Abbildung 1: Jährliche Kosten des Gesamtenergiesystems im Jahr 2050 gemäss EZ2050 inkl. Ausbau der Verteilnetze

2. Tiefe Akzeptanz für neue Energieinfrastruktur verdoppelt die Netzausbaukosten.

Für die Höhe der jährlichen Um- und Ausbaukosten des Verteilnetzes ist die Akzeptanz-Dimension massgebend. Defensive Szenarien (tiefe Akzeptanz = kein diversifizierter Ausbau der Stromproduktion) führen zu zweimal höheren Netzausbaukosten als offensive Szenarien (hohe Akzeptanz = diversifizierter Ausbau der Stromproduktion). Dies hängt mit dem starken dezentralen PV-Ausbau zusammen (mehr dazu unter 3.).

Wie in Abbildung 2 dargestellt, betragen die Um- und Ausbaukosten in den defensiven Szenarien bis zu 1.1 Mia. Franken im Jahr 2050. Demgegenüber kostet der Um- und Ausbau im offensiv-integrierten Szenario bis knapp 0.5 Mia. Franken.

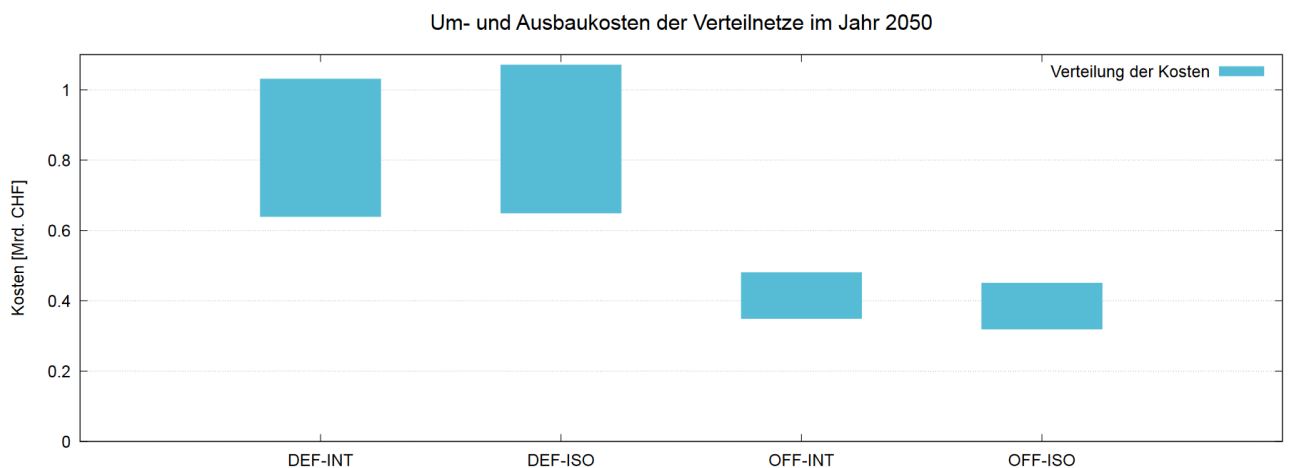


Abbildung 2: Verteilung der jährlichen Netzausbaukosten über ausgewählte Verteilnetzsznarien im Jahr 2050

3. Der dezentrale PV-Ausbau ist ein Treiber für die Netzausbaukosten – insbesondere in Szenarien mit tiefer Akzeptanz für neue Energieinfrastruktur.

Die Dezentralisierung hat grosse Auswirkungen auf die Netztopologie. Im zukünftigen Energiesystem nimmt Photovoltaik eine zentrale Rolle ein. In allen Szenarien der EZ2050 findet ein substanzieller dezentraler PV-Ausbau auf bestehender Infrastruktur statt. Volumenmässig besonders stark erfolgt der Ausbau in den defensiven Szenarien, weil die Akzeptanz für einen diversifizierten Ausbau der inländischen Stromproduktion fehlt. Zum Vergleich: Der PV-Ausbau im Szenario DEF-ISO beträgt rund 29 TWh, im Szenario OFF-INT rund 18 TWh (16 TWh auf bestehender Infrastruktur, 2 TWh alpine PV).¹ In defensiven Szenarien können nur bedingt grosse Kraftwerke wie Windparks, Wasserkraftanlagen und alpine PV-Freiflächenanlagen realisiert werden. In den offensiven Szenarien hingegen wird diversifiziert ausgebaut, weshalb das Modell weniger PV-Anlagen auf bestehender Infrastruktur benötigt, um Versorgungssicherheit und Klimaneutralität zu garantieren.

¹ Die Netzausbaukosten hängen stark vom dezentralen PV-Ausbau aus. Je mehr dezentrale PV ausgebaut wird, desto höher sind die Netzausbaukosten. Im Vergleich zu den Szenarien der EZ2050 geht der Bund von einem grösseren dezentralen PV-Ausbau aus. Auch das Stromgesetz (Energie-Mantelerlass) definiert ambitioniertere Ausbauziele für dezentrale PV als die Prognosen der EZ2050. Um konsistent mit der Hauptstudie EZ2050 zu sein, die das Gesamtenergiesystem mit allen Sektoren und auch die Entwicklungen in den Nachbarländern betrachtet, basiert das Spotlight zu den Verteilnetzen auf den vergleichsweise tiefen PV-Ausbauzenarien der EZ2050. Vor diesem Hintergrund müssen die Netzausbaukosten der Verteilnetze interpretiert werden.

Der dezentrale PV-Ausbau ist Treiber der Netzausbaukosten: Je mehr dezentrale PV ausgebaut wird, desto teurer wird der Um- und Ausbau der Verteilnetze (vgl. Abb. 3). Dies, weil PV-Anlagen wetterbedingt gleichzeitig produzieren und ohne geeignete Gegenmassnahmen (wie *Peakshaving*) eine hohe Netzbelastung verursachen. Der Einfluss der Verbraucherseite (Elektromobilität, Wärmepumpen) auf den Um- und Ausbau der Verteilnetze ist im Vergleich zum dezentralen PV-Ausbau wegen der geringeren Gleichzeitigkeit tiefer. Deshalb sind die Um- und Ausbaukosten in den defensiven Szenarien doppelt so hoch wie in offensiven Szenarien. In vielen untersuchten Netzgebieten gibt es zudem hohe Rückspeisungen in die übergeordnete Netzebene, die grösser sind als die jeweiligen Einspeisungen im Starklastfall.

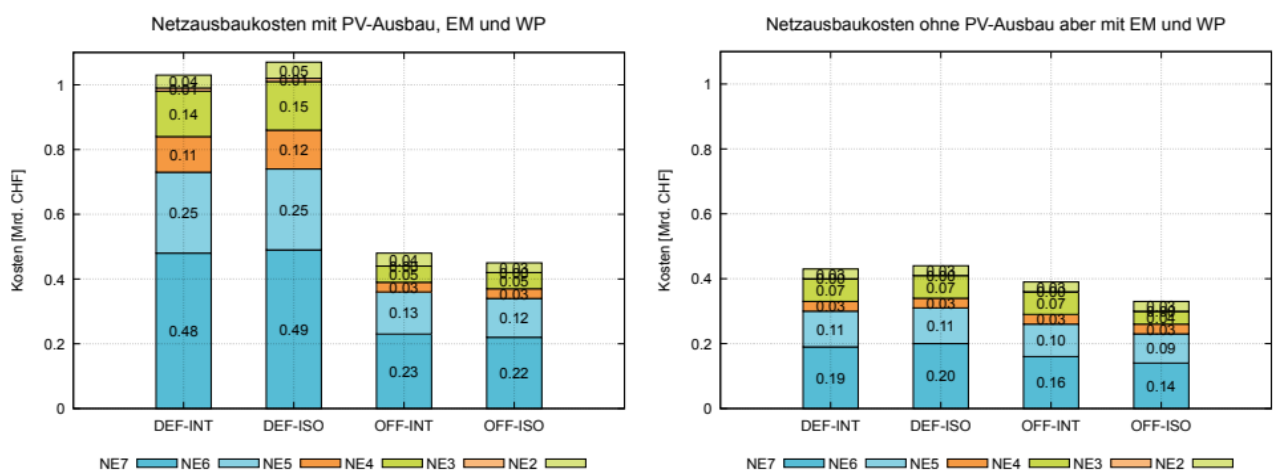


Abbildung 3: Vergleich jährliche Netzausbaukosten im Jahr 2050 mit und ohne PV und mit Elektrifizierung der Nachfrage (Elektromobilität, Wärmepumpen)

4. Der Um- und Ausbaubedarf ist in den Niederspannungsnetzen mit Abstand am grössten, weil PV-Anlagen auf bestehender Infrastruktur hier angeschlossen werden.

Abbildung 3 (links) zeigt, dass der grösste Um- und Ausbaubedarf und damit die höchsten Netzausbaukosten in der Niederspannung, also auf den Netzebenen 6 und 7 anfallen. Dies trifft sowohl auf die defensiven wie auch auf die offensiven Szenarien zu, wobei Bedarf und Kosten des Ausbaus in den defensiven Szenarien doppelt so gross sind. Das liegt daran, dass dezentrale PV-Anlagen sowie Elektrofahrzeuge und Wärmepumpen vor allem an den Niederspannungsnetzen angeschlossen werden. Von den gesamten jährlichen Netzausbaukosten im Jahr 2050 entfallen gut 70% auf die Niederspannungsnetze, rund 20% auf die Mittelspannungsnetze (NE5 und NE4) und etwa 10% auf die Hochspannungsnetze (NE3 und NE2).

5. Die Netzausbaukosten können substanziell gesenkt werden: am stärksten durch eine PV-Einspeisebegrenzung.

Einspeisebegrenzung für PV-Anlagen reduziert Um- und Ausbaukosten um bis zu 30%.

Wie erwähnt, ist der Haupttreiber für den Um- und Ausbau der Verteilnetze das starke dezentrale PV-Wachstum auf bestehender Infrastruktur. Mit einer PV-Einspeisebegrenzung (*Peakshaving*)² können die Netzausbaukosten substanziell gesenkt werden (vgl. Abb. 4). Wird die Einspeisung einer PV-Anlage auf 70% begrenzt, können bis zu 30% der Netzausbaukosten gespart werden (grüne Linie). Der Effekt ist besonders gross in den Niederspannungsnetzen, weil dezentrale PV-Anlagen auf dieser Ebene angeschlossen werden, und in den defensiven Szenarien, weil in diesen ein massiver dezentraler PV-Ausbau stattfindet.

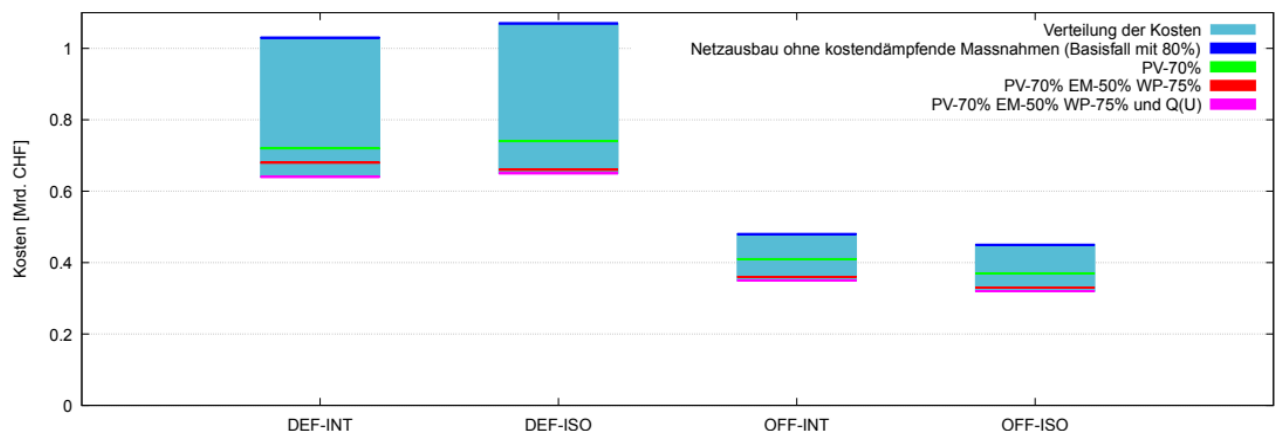


Abbildung 4: Verteilung der jährlichen Netzausbaukosten über ausgewählte Verteilnetzsznarien im Jahr 2050 ohne und mit kostendämpfenden Massnahmen

Lastspitzenreduktionen von Elektrofahrzeugen und Wärmepumpen senken die Netzausbaukosten um bis zu 25%.

Nicht nur, aber vor allem in den defensiven Szenarien ist der starke dezentrale PV-Ausbau Treiber der Netzausbaukosten. Deshalb hat die Begrenzung der Nachfrage (Elektromobilität, Wärmepumpen) in diesen Szenarien eine unwesentliche zusätzliche kostendämpfende Wirkung. Anders sieht es in den offensiven Szenarien aus, in denen das Netz wegen des verhältnismässig geringeren dezentralen PV-Zubaus weniger stark ausgebaut werden muss. Das führt dazu, dass der kostendämpfende Effekt der Nachfragebegrenzung (Lastspitzen reduzieren) besonders in den offensiven Szenarien relevant wird. Die Berechnungen zeigen, dass die intelligente Steuerung von Elektrofahrzeugen und Wärmepumpen die Netzausbaukosten um bis zu 25% reduzieren kann (vgl. Abb. 4).³

² Der Eigenverbrauch ist von der Einspeisebegrenzung nicht tangiert, weil die Beschränkung erst bei der Einspeisung ins Netz erfolgt. Der Strom der eigenen PV-Anlagen kann jederzeit vollständig für den Eigenverbrauch genutzt werden. Durch die Abregelung (*Peakshaving*) geht in der Gesamtbetrachtung nur sehr wenig Energie (und vor allem auch kein wertvoller Winterstrom) verloren: Bei einer Einspeisebegrenzung auf 70% gehen ca. 3% des Stroms verloren. Die Einspeisebegrenzung greift nur dann, wenn Strom im Überfluss vorhanden ist (Angebot höher als Nachfrage). Die Möglichkeit zur Einspeisebegrenzung wird mit dem Stromgesetz voraussichtlich am 1. Januar 2025 eingeführt. Wie hoch die Begrenzung sein wird, wird in der entsprechenden Verordnung geregelt.

³ Optimierung des Eigenverbrauchs und intelligente Steuerung im Haus sind nicht Gegenstand dieser Studie.

Optimierung der Spannungshaltung im Netz bringt kostendämpfende Flexibilität.

Zu hohe Spannung in den Netzen verursacht Kosten. Blindleistungsunterstützung – die sogenannte Q(U)-Regelung – hilft zur Spannungshaltung und bringt bei gezieltem Einsatz mehr Flexibilität. Eine Blindleistungsunterstützung von dezentralen Umrichter-basierten Anlagen kann die Netzausbaukosten in der Niederspannung bis zu 20% senken (vgl. Abb. 4). Dieser Effekt wird in allen untersuchten Netzgebieten festgestellt. Auch regelbare Ortsnetztransformatoren (RONT) können einen kostendämpfenden Effekt haben, jedoch ist dieser abhängig vom Netzgebiet. Die Netzausbaukosten können je nach regionaler Begebenheit um bis zu 25% reduziert werden.

Drei Bedingungen für eine sichere Stromversorgung und das Erreichen der Energie- und Klimaziele

Aktuell bewegt sich die Schweiz hin zum unsichersten und teuersten Szenario der «Energiezukunft 2050». Zwar haben fast 70% der Bevölkerung das Stromgesetz angenommen und sich damit klar und deutlich für den Ausbau der erneuerbaren Energien im Inland ausgesprochen. Ob der Ausbau aber tatsächlich in dem Volumen und Tempo stattfinden kann, wie dies nötig wäre, wird sich zeigen. Zum einen ist festzustellen, dass die Akzeptanz für konkrete Ausbauprojekte oftmals fehlt. Widerstand gegen Windparks und Staumauererhöhungen, aber auch gegen alpine Solaranlagen (z.B. Grengiols-Solar) zeigen, wie Partikularinteressen die Energiewende ausbremsen. Diese Blockadehaltung bringt die Energieversorgung der Schweiz in ernsthafte Gefahr. Zum anderen gibt es aktuell noch kein Abkommen mit der EU im Energiebereich, was zunehmend Versorgungsrisiken, Netzinstabilität und Kosten verursacht.

Eine sichere und bezahlbare Stromversorgung ist die Grundlage unserer hohen Lebensqualität und unseres Wohlstands. Drei Bedingungen sind aus Sicht des VSE entscheidend, um die Stromversorgung in den nächsten Jahrzehnten zu sichern und um die Energie- und Klimaziele zu erreichen.

Bedingung I: Mehr Offenheit

Die EZ2050 lässt keine Zweifel darüber aufkommen: Je diversifizierter der Ausbau der inländischen Stromproduktion dank grosser Akzeptanz für neue Energieinfrastruktur stattfinden kann und je enger die Schweiz mit der EU im Energiebereich zusammenarbeitet, desto resilienter und kostengünstiger ist das Energiesystem im Jahr 2050. Entsprechend tiefer sind auch die jährlichen Kosten für den Um- und Ausbau der Verteilnetze im Jahr 2050. **Mehr Offenheit gegenüber erneuerbarer Energieinfrastruktur und der Zusammenarbeit im Energiebereich mit der EU würde grosse Vorteile für die Versorgungssicherheit der Schweiz bringen und entscheidende Schritte hin zur Erreichung der Energie- und Klimaziele ermöglichen.**

Mehr Offenheit bedeutet konkret:

- Den Volksentscheid vom 9. Juni 2024 respektieren, Akzeptanz für Energieinfrastruktur bei der Realisierung konkreter Projekte aufbringen und das Stromgesetz rasch und pragmatisch umsetzen
- Bewilligungsverfahren für Produktionsanlagen und Netze aller Ebenen beschleunigen (Beschleunigungserlasse Produktion und Netz verabschieden)
- Verbesserungen im Raumplanungsrecht: Bewilligungsfähigkeit und Standortgebundenheit von Energieinfrastruktur (Produktionsanlagen und Netzen) müssen gewährleistet sein
- Ein Stromabkommen mit der EU abschliessen, das mehr Versorgungssicherheit, Rechtssicherheit und Mitgestaltung bringt

Bedingung II: Keine regulatorischen Hürden für den Um- und Ausbau der Netze

Die Elektrifizierung der Nachfrage und die Dezentralisierung der Produktion machen den Um- und Ausbau der Verteilnetze unumgänglich und dringend. Die Verteilnetze sind gefordert, damit sie die angestrebte

Transition des Energiesystems ermöglichen können. Das vorliegende Spotlight belegt dies. **Der notwendige Netzausbau muss mit dem Ausbau der Produktion Schritt halten**, sonst kann der Strom nicht abtransportiert und verteilt werden. **Die Regulierung muss dringend einen zeitgerechten Um- und Ausbau der Netze sicherstellen.** Die gesetzlichen Grundlagen müssen:

- eine stabile Planungsgrundlage schaffen,
- kürzere, gestraffte Verfahren sicherstellen,
- alle Netzebenen berücksichtigen
- und Investitionssicherheit gewährleisten.

Die Netz-Beschleunigungsvorlagen des Bundes⁴ müssen diesen Punkten Rechnung tragen und wie der Beschleunigungserlass für Produktionsanlagen zeitnah umgesetzt werden. Auch die Raumplanung muss den zwingend notwendigen Um- und Ausbau auf allen Netzebenen angemessen berücksichtigen. Flexibilitäten können den Um- und Ausbau der Verteilnetze reduzieren, aber die Realisierung neuer Leitungen, Kabel und Transformatoren ist unumgänglich und benötigt Raum und Fläche. Zudem muss das Kapital verfügbar sein, um die notwendigen Investitionen in die Weiterentwicklung der Netze zu gewährleisten. **Stabile Planungs- und Finanzierungsbedingungen sind dafür essenziell. An der Verzinsung in das in die Netze und Produktionsanlagen investierte Kapital darf nicht aus rein politischen Gründen geschraubt werden. Eine Anpassung der WACC-Methodik würde den Zielen des Stromgesetzes widersprechen und ist deshalb abzulehnen.**

Bedingung III: Kostensenkende Massnahmen ohne Abstriche bei der Netzstabilität und -sicherheit konsequent umsetzen

Netzstabilität und -sicherheit sind das oberste Gebot: Den heutigen Netzbetrieb- und Netzplanungsstandard müssen wir beibehalten. Redundanzen erhöhen die Verfügbarkeit, stabilisieren das Netz und stärken die Versorgungssicherheit. **Kostendämpfende Hebel für den Um- und Ausbau der Verteilnetze, die keine Abstriche bei der Netzstabilität und -sicherheit zur Folge haben, müssen konsequent verfolgt und die regulatorischen Bedingungen dazu geschaffen werden:**

- Einspeisebegrenzung von PV-Anlagen (*Peakshaving*) ist der effektivste kostensenkende Hebel. Das ist insbesondere im Sommer zentral, wenn die PV-Produktion besonders gross ist. Das Stromgesetz schafft die Grundlagen für *Peakshaving*. Die Verordnungen müssen sicherstellen, dass es genügend Spielraum gibt.
- Zur Begrenzung von Nachfragespitzen braucht es Freiheiten bei der Gestaltung der Tarife, um Anreize für ein netzdienliches Verhalten zu schaffen.
- Alle Massnahmen, die es Endverbraucher/innen erlauben, ihren Eigenverbrauch zu optimieren, sind zu begrüssen. Je intelligenter dieser gesteuert wird, desto tiefer ist die Belastung des Netzes.

⁴ Am 26. Juni 2024 hat der Bundesrat die Vernehmlassung zur Revision des Elektrizitätsgesetzes eröffnet. Dieses sieht verschiedene Beschleunigungsmassnahmen beim Übertragungsnetz (NE 1) vor. Parallel zu dieser Vernehmlassung prüft das UVEK mögliche Anpassungen auf Verordnungsstufe, die ebenfalls zu einer Beschleunigung für die Netze aller Ebenen beitragen können. Eine entsprechende Vernehmlassungsvorlage wird dem Bundesrat gegen Ende 2024 unterbreitet. Quelle: [Bundesrat will den Ausbau der Stromnetze weiter beschleunigen \(admin.ch\)](#)

- Technische Möglichkeiten zur Spannungshaltung, die den Um- und Ausbau der Verteilnetze eindämmen können, müssen konsequent umgesetzt werden.

Über das Spotlight

Kontext

Die Schweiz hat sich zum einen das Ziel gesetzt, die Energieversorgung zu dekarbonisieren. Dafür müssen die CO₂-Emissionen bis 2050 auf netto Null sinken. Zum anderen sollen die vier bestehenden Kernkraftwerke wegen des von der Bevölkerung beschlossenen Ausstiegs aus der Kernenergie schrittweise stillgelegt werden. Die Auswirkungen auf das Energiesystem – Produktion, Verbrauch und Netze – sind gewichtig und führen zu einer fundamentalen Transformation des Energiesystems. (1) Der Strombedarf wird steigen, weil für Klimaneutralität Sektoren wie Mobilität, Wärme/Kühlung und Industrie elektrifiziert werden müssen. (2) Die Kernenergie muss vollständig mit erneuerbaren Energien ersetzt werden.

In Summe entsteht eine Stromlücke von mindestens 37 Terawattstunden, wie der VSE in Zusammenarbeit mit der Empa in der EZ2050 vorrechnet. Die EZ2050 wurde im Dezember 2022 veröffentlicht und zeigt, wie die Schweiz ihre Energie- und Klimaziele erreichen kann. Jedes der vier berechneten Szenarien garantiert Versorgungssicherheit und Klimaneutralität im Jahr 2050 und optimiert dabei nach ökonomischen Kriterien. Zwei Dimensionen bestimmen die Szenarien und führen je nach Ausprägung zu unterschiedlichen Entwicklungspfaden auf der Produktions- und Verbraucherseite: (1) die Akzeptanz gegenüber neuer Energieinfrastruktur im Inland (defensiver vs. offensiver Ausbau) sowie (2) das energiepolitische Verhältnis zu Europa (isoliert vs. integriert).

Die EZ2050 zeigt, wie die Produktions- und Verbrauchsrealitäten im Jahr 2050 aussehen könnten, und berechnet die Systemkosten der analysierten Szenarien. In der Kostenbetrachtung der EZ2050 sind die gesamten Systemkosten für die bestehenden Stromnetze eingerechnet (Investitionen, Betrieb, Unterhalt). Was fehlt, sind jedoch die Kosten für den Um- und Ausbau des Verteilnetzes.

Diese Lücke schliesst das vorliegende Spotlight zu den Verteilnetzen. Dieses ist ein Schwerpunkt innerhalb der EZ2050 und wurde zusammen mit der ETH Zürich durchgeführt und im Sommer 2024 veröffentlicht. Es zeigt auf Basis der Annahmen und energiewirtschaftlichen Szenarien der Hauptstudie EZ2050 (die teilweise von der Regulierung und den politischen Entwicklungen überholt sind, siehe Einleitung), welche Auswirkungen das zukünftige Energiesystem auf den Um- und Ausbau sowie die Kosten des Verteilnetzes hat.⁵

Die Weiterentwicklung der Verteilnetze ist zwingend

Der VSE betont seit Jahren die Bedeutung der Verteilnetze für die Energie- und Klimazukunft. Die Netze verbinden Produktion, Verbrauch und Speicher. Nur wenn die Netze leistungsfähig sind, kann die Energie aus den Kraftwerken zu den Endverbrauchern zuverlässig geliefert werden. Die Netze müssen die grossen Herausforderungen meistern können, die die fundamentalen Veränderungen im Energiesystem sowohl auf der Produktions- als auch auf der Verbrauchsseite mit sich bringen werden: steigender Strombedarf, mehrheitlich dezentrale Produktion, massiver Ausbau erneuerbarer Produktion, leistungsstarke Verbraucher wie Elektrofahrzeuge und Wärmepumpen, usw. Es müssen zukünftig gigantische Mengen Strom dezentral ein- und ausgespeist werden.

⁵ Das Übertragungsnetz von Swissgrid wird in der vorliegenden Studie nicht analysiert. Für die Kosten und den Ausbaubedarf für das Übertragungsnetz (NE1) wird auf das «Strategische Netz 2025 bzw. 2040» von Swissgrid verwiesen. [Strategisches Netz \(swissgrid.ch\)](https://www.swissgrid.ch)

Die Verteilnetze wurden unter anderen Voraussetzungen gebaut. Werden sie nicht an diese zukünftigen Anforderungen angepasst, wird der Umbau des Energiesystems nicht gelingen. Denn der Löwenanteil der neuen Produktionsanlagen und Verbrauchergruppen wird in den unteren Netzebenen angeschlossen.⁶ PV-Anlagen auf Dächern und Fassaden, Ladestationen für die Elektromobilität sowie Wärmepumpen sind am Niederspannungsnetz angeschlossen. Windkraftanlagen sowie PV-Freiflächenanlagen und Laufwasserkraftwerke werden entweder mit dem Mittel- oder dem Hochspannungsnetz verbunden.

Realitätsnahe Berechnungen dank Daten realer Verteilnetze

Die Modellierungen des vorliegenden Spotlights basieren auf realen Netzen. Dies ist ein wesentlicher Unterschied zu den meisten bekannten Stromnetz-Analysen, deren Berechnungen auf synthetischen Netzen fussen. Die Datengrundlage für die Analyse der Mittel- und Niederspannung bilden sieben Verteilnetzgebiete, die sich durch unterschiedliche Charakteristiken auszeichnen (urban, ländlich, unterschiedliche Erzeugungs- und Verbraucherprofile). Die Analyse der Hochspannung basiert auf realen Daten eines Hochspannungsnetzes. Dank dieser Abdeckung der Schweizer Netzgebiete ist eine realistische Hochrechnung möglich, in welchem Ausmass die Verteilnetze schweizweit ausgebaut werden müssen und zu welchen Kosten.

Die hochgerechneten, schweizweiten Resultate sind als Durchschnittswerte zu betrachten. Es gibt nicht das eine Verteilnetz, das linear und gleichmässig über die Schweiz verteilt ist, wie z.B. auch die Solarproduktion nicht gleichmässig übers Land verteilt anfallen wird. Jedes Netz hat eine unterschiedliche Ausgangslage und muss unterschiedlichen Anforderungen (produktions- und verbrauchsseitig) gerecht werden. Insofern können sich Um- und Ausbaubedarf und -kosten von Verteilnetzgebiet zu Verteilnetzgebiet massiv unterscheiden. Die Einzelanalysen der untersuchten Verteilnetzgebiete verdeutlichen die Heterogenität. Dasselbe trifft auf die Effektivität der kostensenkenden Massnahmen zu: Der in der Studie wirksamste Hebel muss dies nicht in jedem Verteilnetz sein.

Diskussion: das VSE Spotlight im Kontext anderer Verteilnetzanalysen

Im Studienbericht der ETH Zürich zum VSE Spotlight «Verteilnetze» werden die Resultate, verglichen mit anderen Verteilnetzstudien, eingeordnet. Dabei werden zentrale Annahmen und Ergebnisse der verschiedenen Studien gegenübergestellt und diskutiert. Die Studie des Bundesamts für Energie (BFE) zum Beispiel kommt zu deutlich höheren Kosten für den Um- und Ausbau der Verteilnetze (ungefähr Faktor 3). Dies lässt sich auf verschiedene Gründe zurückführen:

- Die Modellmethoden sind grundsätzlich verschieden: BFE/Consentec verwenden synthetische Netze, während sich das VSE Spotlight auf reale Netze abstützt.
- Netze sind tendenziell resilienter, wenn sie gewisse Reserven berücksichtigen. Der Ausbaubedarf in den Verteilnetzen könnte in der Realität grösser ausfallen als in der Analyse des VSE, denn es gibt Indizien, dass die im Spotlight modellierten Verteilnetze höhere Reserven enthalten als im Schweizer Durchschnitt.

⁶ Das Verteilnetz umfasst alle Netzebenen unterhalb des Übertragungsnetzes, wofür Swissgrid zuständig ist. Zum Verteilnetz zählen folglich die Hochspannung (Netzebenen 2 und 3), die Mittelspannung (Netzebenen 4 und 5) und die Niederspannung (Netzebenen 6 und 7). Die «geraden» Netzebenen bezeichnen die Transformatoren, die den Umspannungsprozess von einer höheren zu einer tieferen Spannung und umgekehrt ermöglichen. Die «ungeraden» Netzebenen bezeichnen die Leitungen dazwischen.

- Zudem rechnen die Szenarien der Energieperspektiven 2050+ des Bundes mit höheren dezentralen Einspeisungen aus PV als die VSE «Energiezukunft 2050», auf der das Spotlight zu den Verteilnetzen basiert. Der dezentrale PV-Ausbau wird als wichtigster Treiber des Netzausbaus identifiziert.

Zitierung

Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen. (August 2024): Spotlight Verteilnetze.

In: Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen VSE (13.12.2022): «*Energiezukunft 2050*». *Wege in die Energie- und Klimazukunft der Schweiz*. URL: www.energiezukunft2050.ch