

SWEET Synthese 2026

Empfehlungen der SWEET-Konsortien an Stakeholder

Themenbereiche:

Lokale und gesamtgesellschaftliche Integration, Zusammenarbeit und Akzeptanz	3
Flexibilität des Stromnetzes	7
Entwicklung von Wohnraum, Arbeitsplätzen und Verkehr	12
Anreiz-, Förder- und andere Unterstützungsprogramme	17
Versorgungssicherheit	23

Einleitung

Die folgenden Empfehlungen richten sich an ein nichtwissenschaftliches Publikum und sind daher bewusst auf einer hohen Flughöhe gehalten. Alle Empfehlungen basieren auf wissenschaftlichen Arbeiten, die in Publikationen und Berichten der Konsortien beschrieben sind. Bei Fragen zu spezifischen Empfehlungen und den zugrunde liegenden wissenschaftlichen Arbeiten kann das Konsortium über seine Webseite kontaktiert werden. Die SWEET-Konsortien werden vom Bundesamt für Energie (BFE) gefördert. Für den Inhalt der Empfehlungen sind ausschliesslich die jeweiligen SWEET-Konsortien verantwortlich.

Konsortium	Hauptaufgabe	Website
ACHIEVE	ACHIEVE unterstützt die Schweiz bei ihrem Übergang zu Netto-Null, indem es gemeinsam mit Akteuren aus Gesellschaft, Politik und Industrie wissenschaftlich fundierte Fahrpläne zur Erreichung dieses Ziels entwickelt.	
CoSi	CoSi untersucht die Wechselwirkungen zwischen der Entwicklung der schweizerischen Gesellschaft und dem schweizerischen Energiesystem und erarbeitet harmonisierte CROSS-Szenarien.	
DeCarbCH	DeCarbCH stellt sich der Herausforderung, die Wärme- und Kälteerzeugung in der Schweiz innerhalb der nächsten drei Jahrzehnte zu dekarbonisieren und bereitet die Grundlagen für negative CO ₂ -Emissionen vor.	
EDGE	Das Ziel von EDGE ist es, einen hohen Anteil an dezentralen erneuerbaren Energien in das Schweizer Energiesystem zu integrieren.	
Lantern	Lantern entwickelt, testet und skaliert neue energiebezogene Lebensstile, indem Hindernisse für nachhaltige soziale Praktiken beseitigt werden, unter anderem in den Bereichen Freizeit, Mobilität und flexible Energienutzung.	
PATHFNDR	PATHFNDR untersucht Pfade hin zu einem nachhaltigen Energiesystem auf internationaler, nationaler und lokaler Ebene.	
RECIPE	RECIPE identifiziert Gefahren und Anfälligkeitsszenarien für die voneinander abhängigen Energie- und Kommunikationsinfrastrukturen der Schweiz, insbesondere Gefahren durch den Klimawandel.	
reFuel.ch	reFuel.ch entwickelt robuste und praktikable Wege für die Einführung von nachhaltigen Treib- und Brennstoffen und Plattformchemikalien in die entsprechenden Märkte des Schweizer Energiesystems.	
SURE	SURE untersucht, wie Resilienz- und Nachhaltigkeitskriterien mit den Hauptzielen der Schweizer Energiewende in Einklang gebracht werden können.	
SWICE	Das Ziel von SWICE ist, potenzielle Energieeinsparungen und verbesserte Lebensstandards in zukünftigen städtischen Umgebungen zu erkennen und zu quantifizieren.	

Lokale und gesamtgesellschaftliche Integration, Zusammenarbeit und Akzeptanz

Die Energiewende hängt nicht nur von Technologien und regulatorischen Rahmenbedingungen ab, sondern auch von der Bereitschaft und der Fähigkeit der Menschen, Gemeinschaften und lokalen Akteure, sich daran zu beteiligen. Lokale Akzeptanz, Zusammenarbeit und Vermittlung sind daher wichtig, um Projekte im Bereich der Energieinfrastruktur und der erneuerbaren Energien umzusetzen und einen neuen Umgang mit Energie zu verankern.

Berücksichtigung des Prozesses und der Arten der Akzeptanz

Auf lokaler Ebene sind gut konzipierte Prozesse unerlässlich, um eine konstruktive Beteiligung der Bevölkerung und Akteure an der lokalen Energiewende zu fördern und deren Akzeptanz zu stärken.

Empfehlung 1

Eine Möglichkeit sind gemeinsam gestaltete Prozesse auf lokaler Ebene, die Vertrauen fördern. Gleichzeitig können sie dazu beitragen, Lösungen zu finden, die besser an die lokalen Gegebenheiten angepasst sind.

Behörden



Bund, Kantone, Gemeinden: Steuerungsmodelle und -prozesse einrichten, die das Erproben sozialer Innovationen wie «Mini-Publics»¹ oder Beratungsgremien für Interessengruppen ermöglichen. (CoSi 1.1, LANTERN 1.1)

Empfehlung 2

Soziale Akzeptanz kann jedoch unterschiedliche Bedeutungen haben, je nachdem, was akzeptiert werden muss und von wem. Wichtig ist, frühzeitig die Art der Akzeptanz im spezifischen Kontext zu klären. Dies hilft, allgemeine Beteiligungsprozesse und Massnahmen zu vermeiden, die für das jeweilige Projekt oder die jeweilige Politik ungeeignet sind.

Wirtschaft, Behörden



Projektträger, Kantone, Gemeinden: Frühzeitig die relevanten Akteursgruppen und zentralen Anliegen ermitteln und geeignete Partizipationsformate für das jeweilige Projekt oder die jeweilige Politik entwickeln. (EDGE 1.1)

¹ Mini-Publics (auch Mini-Öffentlichkeiten genannt) sind kleine, nach dem Zufallsprinzip zusammengestellte Gruppen von Bürger/-innen, die die Vielfalt der Bevölkerung möglichst gut abbilden. Sie beraten auf der Grundlage ausgewogener Informationen über politische oder gesellschaftliche Fragestellungen. Ziel ist ein sachlicher, gut begründeter Austausch von Argumenten und die Erarbeitung gemeinsamer Einschätzungen oder Empfehlungen.

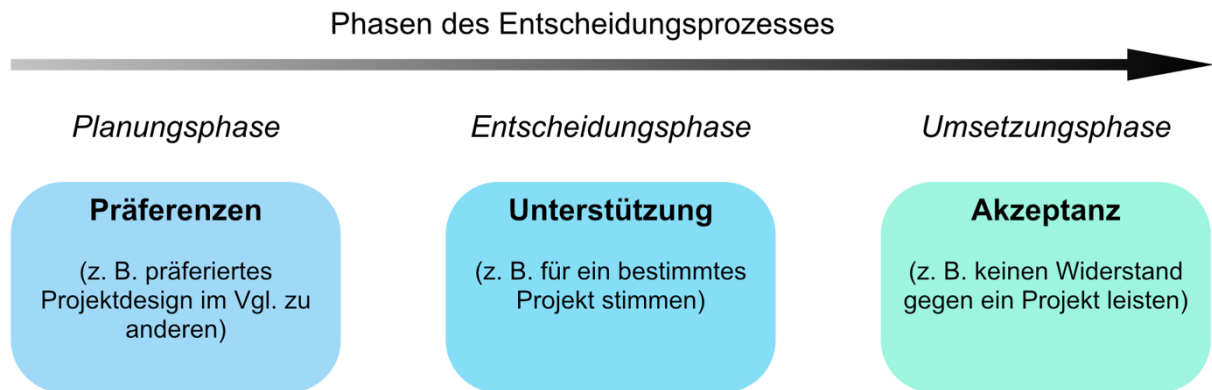


Abbildung 1: Für die verschiedenen Prozessschritte sind unterschiedliche Arten der Akzeptanz wichtig. Adaptiert aus EDGE Deliverable 8.12.

Einstieg für lokale Energiegemeinschaften erleichtern

Zugangsbarrieren für lokale Energiegemeinschaften müssen abgebaut werden, damit Akteure vor Ort eine aktivere Rolle bei der Energiewende übernehmen können. Auch wenn einzelne Hauseigentümerschaften kleine Akteure sind, kann die Einbindung vieler Haushalte ein erhebliches Potenzial schaffen, insbesondere für kleine bis mittelgrosse dezentrale Projekte.

Empfehlung 3

An lokalen Energiegemeinschaften sind viele verschiedene Akteure beteiligt. Eine wirksame Förderung, Koordination und Begleitung ist deshalb unerlässlich. Um Hindernisse abzubauen, die Beteiligten zusammenzubringen und Wissenslücken zu schliessen, ist eine Unterstützung durch intermediäre Akteure wichtig – durch lokale zivilgesellschaftliche Organisationen, Universitäten, Living Labs, Berater/-innen und Gemeinden. Die bestehenden Förderprogramme für intermediäre Akteure auf kantonaler und kommunaler Ebene sind noch unzureichend.

Behörden



Bund, Kantone: Förderprogramme schaffen oder bestehende ausweiten, um die Vermittlungsarbeit und die Einbindung von intermediären Akteuren in lokalen Energiegemeinschaften zu unterstützen. (LANTERN 1.2)

Mögliche Aktivitäten, die ein Förderprogramm finanziell fördern könnte, sind Einführungsworkshops, die Moderation interessierter Gruppen oder Impulsprogramme für Eigentümergruppen.

Empfehlung 4

Da Informationen allein nicht ausreichen, um die Zusammenarbeit der Nachbarschaft im Bereich Energie zu aktivieren, sind lokale Unterstützungsprozesse erforderlich. Derartige Prozesse fehlen jedoch derzeit in vielen Gemeinden.

Behörden



Gemeinden: Lokale Moderationsprozesse einrichten, zum Beispiel Beteiligungsprozesse für Bürger/-innen, Förderprogramme oder Beratungsangebote, um technische und rechtliche Fragen zu klären oder die Machbarkeit eines Vorhabens zu prüfen.

(LANTERN 1.1)

Empfehlung 5

Neben lokalen Moderationsprozessen können technische, rechtliche und organisatorische Modelle zur Kooperation im Energiebereich dazu beitragen, die lokale Energiewende voranzubringen.

Wirtschaft, Gesellschaft



Energieplaner, Wohnbaugenossenschaften und lokale Vereine: Ihren Kund/-innen mehrere Handlungsmöglichkeiten aufzeigen, beispielsweise durch den Einsatz entsprechender Toolboxen mit Instrumenten wie Entscheidungsbäumen, Prozessleitfäden und Instrumenten zur gemeinsamen Gestaltung.

(LANTERN 1.3)

Lokale Projekte durch Mitbestimmung und Vernetzung entwickeln

Neben dem Abbau von Einstiegshürden können lokale Eigenverantwortung und Austausch die Rolle lokaler Akteure stärken und die Wirkung von Projekten durch Bottom-up-Beteiligung erhöhen.

Empfehlung 6

Viele aktuelle Projekte, zum Beispiel Solarparks in den Alpen, werden durch entfernte Eigentümerschaften entwickelt. Dies erweckt den Eindruck, dass private Unternehmen wirtschaftliche Vorteile erzielen, während die Standortgemeinden Beeinträchtigungen der Landschaft oder Emissionen durch die Bautätigkeit tragen. Die Akzeptanz für solche Infrastrukturprojekte lässt sich leichter aufbauen, wenn die Bevölkerung diese als lokal verankert und als Beitrag zum Gemeinwohl wahrnimmt.

Wirtschaft



Projekträger und Projektentwickler: Gemeinden und lokale Energieversorgungsunternehmen an Energieprojekten beteiligen, beispielsweise durch eine gemeinsame Trägerschaft oder Miteigentümerschaft, um die Verankerung und Akzeptanz von lokalen Infrastrukturprojekten zu stärken. (EDGE 1.2)

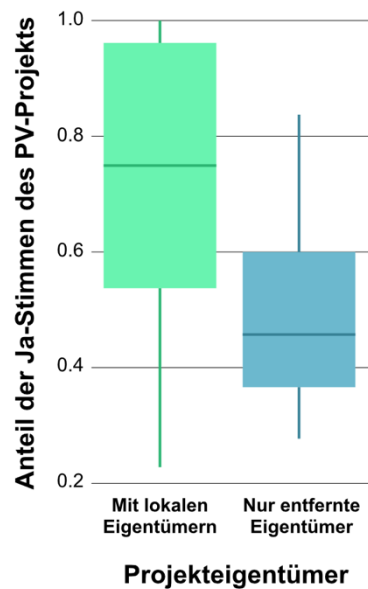


Abbildung 2: Anteil der Ja-Stimmen eines PV-Projekts. Der Einbezug lokaler Eigentümer kann die Akzeptanz erhöhen. Bildquelle: EDGE Deliverable 8.12.

Empfehlung 7

Der lokale Austausch kann darüber hinaus Netzwerkeffekte und eine positive Ausstrahlung erzeugen, insbesondere wenn Menschen von Beispielen aus der näheren Umgebung und von vertrauenswürdigen lokalen Akteuren lernen können.

Behörden



Gemeinden: Instrumente und Strukturen zur Förderung des lokalen Austauschs beibehalten oder ausbauen, wie beispielsweise Nachbarschaftsveranstaltungen und Informationsformate wie Energie-Apéros und Netzwerke. (EDGE 1.4)

Flexibilität des Stromnetzes

Die zunehmende Einbindung von Strom aus erneuerbaren Energien, Wärmepumpen, Elektrofahrzeugen und anderen dezentralen Energietechnologien stellt das Stromnetz vor neue Anforderungen. Flexibilität kann dazu beitragen, Erzeugung und Verbrauch auszugleichen, lokale Netzengpässe zu verringern und den Bedarf an kostspieligen Infrastrukturausbauten zu begrenzen; ihre effektive Nutzung hängt jedoch von geeigneten Anreizen, koordinierter Planung und klaren Mechanismen für die Zusammenarbeit zwischen Endverbraucher/-innen, Verteilernetzbetreibern und anderen Systemakteuren ab.

Anreize für die Bereitstellung von Flexibilität durch Endverbraucher

Jeder Flexibilitätsmechanismus ist darauf angewiesen, dass Endverbraucher/-innen, die über Flexibilitätsressourcen verfügen, daran teilnehmen. Um ihre Beteiligung sicherzustellen, sind geeignete Anreize erforderlich. Die derzeitigen regulatorischen Rahmenbedingungen ermöglichen dies jedoch noch nicht in vollem Umfang. Vor diesem Hintergrund ist es wichtig, klare Leitlinien für standardisierte Flexibilitätsprodukte und Vergütungsmechanismen festzulegen.

Empfehlung 8

Diese Flexibilitätsmechanismen können sowohl auf der Erzeugungs- als auch auf der Nachfrageseite zum Einsatz kommen. Auf der Erzeugungsseite trägt die durch die überarbeitete Stromversorgungsverordnung geschaffene Begrenzung der PV-Einspeisung dazu bei, die Belastung des Verteilnetzes zu verringern.²

Wirtschaft



Verteilnetzbetreiber: Optionen für ein PV-Einspeisemanagement anbieten und Anreize für eine flexible Lastverschiebung schaffen.
(PATHFINDER 2.1)

Empfehlung 9

Insbesondere hohe Elektrifizierungsgrade der Mobilität und der Wärmeversorgung können den Spitzenbedarf erhöhen und die Verteilnetze belasten. Die derzeitigen Anreize reichen nicht aus, um flexible Technologien und Verhaltensweisen ausreichend zu fördern.

Politik, Behörden, Wirtschaft



Bund, Kantone, Gemeinden, Verteilnetzbetreiber: Anreizsysteme für die kombinierte Einführung von Elektrofahrzeugen, flexibilitätsfähigen Ladeinfrastrukturen und Wärmepumpen schaffen.
(PATHFINDER 2.3)

Anreizsysteme können beispielsweise aus Investitionszuschüssen oder aus (dynamischen Netz-)Tarifen bestehen.

² Mit der überarbeiteten Stromversorgungsverordnung (Strom-VV) dürfen Verteilnetzbetreiber ab Januar 2026 Massnahmen zum PV-Einspeisemanagement in Form von Einspeisebeschränkungen umsetzen, sofern die insgesamt im Laufe eines Jahres zurückgehaltene Solarenergie weniger als 3 % der geschätzten Jahreserzeugung beträgt.

Exkurs: Bereitstellung von Flexibilität durch Endverbraucher/-innen

Endverbraucher/-innen können Flexibilität bereitstellen, indem sie ihren Stromverbrauch oder ihre Stromerzeugung an die Netzbedingungen anpassen – beispielsweise durch die Verlagerung des Ladens von Elektrofahrzeugen, des Betriebs von Wärmepumpen, der Batterienutzung oder industrieller Prozesse auf Zeiten, in denen reichlich Strom verfügbar ist.

Für die Schweiz gewinnt diese Flexibilität zunehmend an Bedeutung, da die Solarenergie und andere variable erneuerbare Energiequellen ausgebaut werden. Durch eine bessere Abstimmung des Bedarfs an das Angebot aus erneuerbaren Energien kann die Flexibilität der Endverbraucher Spitzenlasten reduzieren, den Druck auf die Stromnetze verringern, den Bedarf an kostspieligen Netzausbauten und Reservekapazitäten begrenzen und ein sicheres, effizientes und zunehmend auf erneuerbaren Energien basierendes Schweizer Energiesystem unterstützen. Die Nutzung dieses Potenzials erfordert jedoch geeignete Mechanismen zur Aggregation, Beschaffung und Aktivierung von Flexibilität unter Berücksichtigung der betrieblichen Einschränkungen der Verteilernetze, an die diese Ressourcen angeschlossen sind.

Koordinierte und flexibilitätsorientierte Planung der Energieinfrastruktur

Eine koordinierte und sektorübergreifende Infrastrukturplanung von Bund, Kantonen, Gemeinden und Netzbetreibern ermöglicht es, lokale Gegebenheiten sowie Strom- und Wärmeversorgung gemeinsam zu berücksichtigen. Dabei sollte Flexibilität als Ergänzung oder Alternative zum Infrastrukturausbau einbezogen werden.

Empfehlung 10

Behörden, Wirtschaft

Kantone, Gemeinden, Wohnbaugenossenschaften Schweiz, HEV Schweiz: Prioritätenlisten für Gebäudecluster erstellen, um Sanierungen, den Einbau von Wärmepumpen, Photovoltaikanlagen auf Dächern, passive Kühlung, effiziente Kühlung sowie Finanzierungslösungen für Mieter/-innen und Vermieter/-innen zu koordinieren. (SURE 1.15)

Solche Prioritätenlisten können genutzt werden, um Massnahmen zu priorisieren und Gebäudegruppen zu identifizieren, bei denen koordinierte Pakete aus Sanierungs-, Heizungs-, Kühlungs- und Photovoltaikmassnahmen sinnvoller sind als Einzelmassnahmen. Verbände wie die Wohnbaugenossenschaften Schweiz und HEV Schweiz können die Verbreitung und das Engagement unterstützen, während die Planungs- und Investitionsentscheidungen bei den zuständigen Behörden und den Eigentümern der Immobilien verbleiben.

Empfehlung 11

Die Planung muss zudem aufzeigen, wie die Ziele für den Ausbau erneuerbarer Energien vor Ort umgesetzt werden können. Dies kann schwierig sein, wenn die lokale Machbarkeit begrenzt ist, verfügbare Flächen fehlen oder standortspezifische Planungsaufgaben einschränken.

Behörden



Bundesamt für Raumentwicklung, Kantone, Gemeinden: Indikatoren für die Machbarkeit von Photovoltaikanlagen auf Quartiersebene, den Zugang zu Dachflächen, Flächennutzungsbeschränkungen, Eigentumsbarrieren und die Umsetzungskapazität in die kantonalen Strukturpläne und regionalen Energiepläne integrieren. (SURE 1.14)

Dies kann dabei helfen, zu ermitteln, wo zusätzliche Unterstützung bei der Planung, Koordination oder Umsetzung für den Ausbau der Photovoltaik erforderlich ist und wo lokale Einschränkungen alternative Standorte oder Umsetzungsansätze sinnvoller machen.

Empfehlung 12

Ebenso kann der gleichzeitige und unkoordinierte Ausbau der erneuerbaren Energieerzeugung und die Zunahme von Wärmepumpen und Elektrofahrzeugen die lokale Netzbelastung erhöhen, insbesondere in Belastungssituationen wie Hitzewellen.

Wirtschaft



Energieversorger, Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE): Planungsgrundlagen für Photovoltaik-, Wärmepumpen-, Lade- und Flexibilitätsanschlüsse mit lokalen Karten zur Netzbelastung und Aufnahmekapazität verknüpfen und geeignete Massnahmen für kritische Netzbereiche festlegen. (SURE 1.16)

Solche Massnahmen können Netzverstärkungen, flexible Anschlussregeln, lokale Speicherung, Lastmanagement oder einen gestaffelten Anschluss von Erzeugern und Verbrauchern umfassen.

Empfehlung 13

Traditionell führen die meisten Verteilnetzbetreiber Netzausbaupläne auf der Grundlage von Worst-Case-Szenarien für die Netzbelastung durch. Mit zunehmenden Flexibilitäten führen diese Massnahmen zu unnötigem Netzausbau.

Wirtschaft



Verteilnetzbetreiber: Eine flexibilitätsorientierte Netzplanung einführen, die auf Bottom-up-Modellierung dezentraler Energieresourcen und unterständlichen Zeitreihen basiert. (PATHFINDER 2.2)

Dadurch lässt sich die Flexibilität der Endverbraucher präziser abschätzen, was den Bedarf an Ausbaumassnahmen im Verteilnetz verringern oder aufschieben kann.

Koordination der Nutzung der Flexibilität im Netzbetrieb

Sobald Flexibilität in die Infrastrukturplanung einbezogen wird, erfordert ihre Nutzung im Netzbetrieb effiziente Mechanismen zur Koordination. Diese sollten die Flexibilität quantifizieren, die für verschiedene Zwecke verfügbar ist, z.B. für die Spannungshaltung, das Engpassmanagement oder für lokale Flexibilität. Die Nutzung der Flexibilität sollte dann über Netzbetreiber und Spannungsebenen hinweg durch die Verteilnetzbetreiber (VNB) und Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) koordiniert werden.

Empfehlung 14

Derzeit wird die aggregierte Flexibilität aus aktiven Verteilnetzen nur in begrenztem Umfang und ad hoc für Ausgleichsdienste genutzt. Ihre vollständige Integration erfordert skalierbare, netzorientierte Methoden unter Berücksichtigung von Unsicherheiten.

**Behörden,
Wirtschaft**



Swissgrid, ElCom, Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE): Prüfen, unter welchen Voraussetzungen eine netzbewusste und skalierbare Integration von Flexibilität unter Berücksichtigung der bestehenden Unsicherheiten in die Schweizer Regelenenergiemärkte möglich ist. (PATHFINDER 1.1)

Empfehlung 15

Gleichzeitig sollte die Flexibilitätskoordination möglich sein, ohne dass sensible Netzinformationen offengelegt werden. Tatsächlich könnten Netzbetreiber, die an einer Ausgleichsgruppe (BG) teilnehmen, zögern, ihre internen Netzmodelle und Ressourcenkapazitäten gegenüber anderen BG-Mitgliedern offenzulegen, da solche Informationen strategisch wertvolle Erkenntnisse über ihre Netzengpässe und ihr Flexibilitätspotenzial preisgeben können. In einem wettbewerbsorientierten Flexibilitätsmarkt führt dies zu einer faktischen Informationsasymmetrie, die die effiziente Beschaffung und Koordination dezentraler Flexibilität behindern kann.

**Behörden,
Wirtschaft**



ElCom, Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE): Regulatorische und technische Optionen für dezentrale Dispatching-Konzepte prüfen, welche die Offenlegung interner Netzmodelle oder Ressourcenkapazitäten vermeiden. (PATHFINDER 1.2)

Die Ermöglichung eines Flexibilitätsaustauschs in Echtzeit ohne Offenlegung detaillierter Netzinformationen kann daher zu einer effizienteren Nutzung dezentraler Flexibilität führen.

Empfehlung 16

Über die operative Koordination hinaus erfordert die Entwicklung lokaler Flexibilitätsmärkte einen klaren und harmonisierten regulatorischen Rahmen. Die aktuellen regulatorischen Rahmenbedingungen ermöglichen es den Verteilnetzbetreibern noch nicht vollständig, Flexibilität von Endverbrauchern auf standardisierte Weise zu beschaffen.

Behörden



Bundesamt für Energie, ElCom: Klare Richtlinien für die lokale Flexibilitätsbeschaffung durch Verteilnetzbetreiber festlegen, einschliesslich Produktstandardisierung, Zulassungskriterien und Vergütungsmechanismen. (PATHFINDER 2.4)

Empfehlung 17

Auch für das Engpassmanagement zwischen miteinander verbundenen Netzen ist die Koordination hilfreich, sowohl an den Schnittstellen zwischen Verteilnetzbetreibern (VNB) als auch zwischen Übertragungsnetzbetreibern (ÜNB) und Verteilnetzbetreibern (VNB).

Wirtschaft



Verteilnetzbetreiber, Swissgrid: Koordinierte Steuerung von Schnittstellentransformatoren prüfen, um den Stromaustausch zwischen benachbarten Netzen zu optimieren. (SURE 2.2)

Dies ist besonders relevant für Energieversorger mit engmaschigen Verteilnetzen und mehreren an benachbarte Netze angeschlossenen Transformatoren. So wird eine automatisierte, optimale Verteilung des gesamten Stromaustauschs auf die verschiedenen Transformatoren zwischen den Netzbetreibern ermöglicht. Ein solcher Mechanismus wurde im Rahmen einer Kollaboration zwischen dem SWEET-Konsortium SURE und der SBB demonstriert.

Empfehlung 18

Um von Koordinationsrahmenwerken zur praktischen lokalen Flexibilitätsbeschaffung überzugehen, sollten die entsprechenden Massnahmen zunächst in Sandboxes innerhalb der betroffenen Netze getestet werden.

Wirtschaft



Verteilnetzbetreiber: Rahmenbedingungen zur Schätzung des Flexibilitätsbedarfs und zur Produktdefinition praktisch erproben und diese in ihre Betriebsprozesse integrieren. (PATHFINDER 2.5)

Entwicklung von Wohnraum, Arbeitsplätzen und Verkehr

Bevölkerungswachstum, sich wandelnde Haushaltsstrukturen, neue Arbeitsmodelle sowie die Elektrifizierung von Mobilität und Heizung verändern den Energiebedarf in den Bereichen Wohnen, Arbeitsstätten und Verkehr. Es braucht eine koordinierte Infrastrukturplanung, ausreichend qualifizierte Arbeitskräfte, unterstützende organisatorische Rahmenbedingungen und gut konzipierte Anreize für Haushalte, um sicherzustellen, dass diese Entwicklungen zu einer effizienten, widerstandsfähigen und sozial inklusiven Energiewende beitragen.

Infrastrukturplanung und -gestaltung

Um dem Bevölkerungswachstum, der Zunahme von Haushalten sowie den sich wandelnden Arbeitsmodellen Rechnung zu tragen, ist es entscheidend, Infrastrukturen für Wohnen, Arbeitsstätten und Verkehr so zu planen und zu gestalten, dass sie künftige Entwicklungen einbeziehen.

Empfehlung 19

Die Zunahme von Bevölkerung, Haushalten und Arbeitsplätzen erhöht den Bedarf an Wärme, Kühlung, Strom und Mobilität. Besonders bei Kälte- oder Hitzewellen können zeitgleiche Spitzenlasten die Energieinfrastruktur belasten, selbst wenn die Jahresbilanz ausreichend erscheint. Eine vorausschauende Netzplanung ist daher zentral, um Stabilität und Resilienz jederzeit sicherzustellen.

Wirtschaft



Swissgas, Swissgrid, grosse Verteilnetzbetreiber: Planungsszenarien verwenden, die einen erhöhten Bedarf aufgrund des Bevölkerungswachstums mit Netzbelastungsszenarien wie Wetterextremen kombinieren, um den Bedarf an lokalen Netzverstärkungen, Wärmepumpenanschlüssen, Ladezentren, Kühlpitzen und der Planung von Gasreserven zu ermitteln. (SURE 1.9)

Empfehlung 20

Änderungen an Arbeitsmodellen können erhebliche Auswirkungen auf den Energieverbrauch in Infrastrukturen für Arbeitsplätze und Verkehr (durch Pendeln) haben. Es ist deshalb entscheidend, dass grosse öffentliche Verwaltungen ihre Arbeitsplatzrichtlinien nicht einseitig ändern.

Behörden



Bund, Kantone: Szenarien zum hybriden Arbeiten, zur Anwesenheit im Büro und zur Schreibtischteilung erstellen und bewerten, die auf Energie-, Mobilitäts- und Belegungsindikatoren gemäss ihrer Infrastrukturplanung und -gestaltung basieren. (LANTERN 2.1)

Das LANTERN-Konsortium hat ein spezielles Tool entwickelt, das bei dieser Bewertung hilft und dessen Ergebnisse zur Anpassung der Arbeitsplatzrichtlinien genutzt werden können.

Empfehlung 21

Das Bevölkerungswachstum und damit die Zunahme der Haushalte können den Energiebedarf verschiedener Sektoren wie Heizung, Kühlung, Strom und Mobilität gleichzeitig erhöhen.

Behörden



Kantone und Gemeinden in schnell wachsenden Regionen: Arbeiten mit dem Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) zusammen, um regionale Wohninfrastrukturen in lokale Energieversorgungspläne zu integrieren und priorisierte Versorgungspläne zu entwerfen. (SURE 1.7)

Dabei sollten Wohn- und Versorgungsplanung mithilfe lokaler Karten besser aufeinander abgestimmt werden. Förder- und Versorgungspakete sollten insbesondere dort ansetzen, wo hohe Initialkosten, geteilte Anreize, Genehmigungen oder Anschlussbarrieren den Ausbau erschweren. Während dichte städtische Räume vor allem mit Flächenknappheit und komplexen Eigentums- und Genehmigungsstrukturen konfrontiert sind, stehen ländliche Gebiete eher vor hohen Infrastrukturkosten pro Einheit und begrenzten Anschlussmöglichkeiten.

Aus- und Weiterbildung von Fachleuten

Ein erhebliches Hindernis für die Einführung erneuerbarer Energiesysteme in Wohngebäuden, am Arbeitsplatz und im Verkehr ist das Fehlen von qualifizierten Arbeitskräften. Dieser Mangel sollte daher umfassend angegangen und entschärft werden.

Die Steigerung der Investitionen in erneuerbare Energien hängt nicht nur von der steigenden Nachfrage ab, sondern auch davon, wer die benötigten Kapazitäten und Kompetenzen bereitstellen kann – was derzeit die Einführung entsprechender Systeme erheblich einschränkt. Die Energiewende kann den sektoralen Arbeitskräftebedarf verändern, wodurch die Verfügbarkeit entsprechend qualifizierter Arbeitskräfte zu einem wesentlichen Faktor für die Umsetzungskapazität wird.

Empfehlung 22

Für Unternehmen, insbesondere KMU, ist der Zugang zu ausreichend qualifizierten Arbeitskräften zentral, um an den wachsenden Märkten der Energiewende teilzunehmen.

Wirtschaft



Verbände mit Bezug zu erneuerbaren Energien: Mit Berufsbildungsanbietern, kantonalen Verwaltungen und dem Staatssekretariat für Wirtschaft (SECO) zusammenarbeiten, um die Arbeitsmarktintegration, Berufsbildungsangebote und Umschulungsprogramme auf regionale Projektpipelines im Bereich erneuerbarer Energien abzustimmen. (SURE 1.8)

Branchenverbände können den Qualifikationsbedarf ihrer Mitglieder bündeln, während Bildungsanbieter, kantonale Arbeitsmarktbehörden und der Bund bestehende Ausbildungs-, Integrations- und Umschulungsangebote gezielt darauf abstimmen. Aufbauend auf bestehenden Initiativen wie der «Bildungsoffensive Gebäude» von EnergieSchweiz liegt der zusätzliche Fokus darauf, diese Angebote stärker mit regionalen Projektpipelines – etwa für Sanierungen, Wärmepumpen, Photovoltaik, Netzausbau und Ladeinfrastruktur – zu verknüpfen.

Organisatorische Arbeitsplatzrichtlinien

Die Mobilitäts- und Energiebedürfnisse von Heim- und Büroarbeitsplätzen sind miteinander verknüpft. Entscheidend ist deshalb, dass Organisationen diese Zusammenhänge bei der Gestaltung von Richtlinien und der Festlegung von Standardwerten berücksichtigen. Dabei gilt es zu vermeiden, isolierte Optimierungen vorzunehmen oder die Bedürfnisse der Mitarbeitenden zu ignorieren.

Empfehlung 23

Der Arbeitsweg macht einen wesentlichen Anteil am Energieverbrauch und an den Treibhausgasemissionen aus. Unternehmen können diese Informationen nutzen, um Arbeitsplatzrichtlinien zu entwickeln, die den Energiebedarf berücksichtigen.

Wirtschaft, Behörden



Mittlere und grosse Unternehmen und Verwaltungen: Arbeitsplatzrichtlinien entwickeln, um unnötige Pendelfahrten von Mitarbeitenden zu reduzieren, die im Homeoffice oder in einem Hybridmodell arbeiten. (LANTERN 2.2)

Facility- und Nachhaltigkeitsmanager in Organisationen können gemeinsam zur Gestaltung solcher Richtlinien und Standards beitragen. Sie können zudem zur Bewertung und zum Lernprozess beitragen, indem sie potenzielle Verschiebungen des Energiebedarfs zu Hause und im Büro überwachen und bewerten. Das LANTERN-Konsortium hat ein Tool entwickelt, das bei dieser Bewertung hilft und dessen Ergebnisse zur Anpassung der Arbeitsplatzrichtlinien genutzt werden können. Organisationen, welche die erforderlichen Energieverbrauchsdaten nicht erfassen, können das Tool ebenfalls nutzen. Dabei werden fundierte Annahmen verwendet, beispielsweise hinsichtlich des Energiebedarfs von Bürogebäuden.

Empfehlung 24

Es ist entscheidend, dass die Mitarbeitenden die hybriden Arbeitsmodelle akzeptieren, die den Richtlinien zur Energieeffizienz am Arbeitsplatz zugrunde liegen, und deren Umsetzung unterstützen.

**Wirtschaft,
Behörden**



Mittlere und grosse Unternehmen und Verwaltungen: Bei der Konzeption und Umsetzung hybrider Arbeitsmodelle und entsprechender Richtlinien die Bedürfnisse und Anforderungen der Mitarbeitenden berücksichtigen – bezüglich Privatsphäre am Arbeitsplatz, Zusammenarbeit, Komfort und kollegialer Beziehungen. (LANTERN 2.3)

Personalfachleute in den Organisationen können dabei helfen, die Bedürfnisse und Anforderungen der Mitarbeitenden über den gesamten Personallebenszyklus hinweg zu ermitteln und zu analysieren – von der Anwerbung und Einstellung über die Einarbeitung, Weiterentwicklung und Bindung bis zur Beendigung des Arbeitsverhältnisses.

Anreize für nachhaltiges Verhalten und Investitionen

Neben Massnahmen auf der Ebene von Planungsprozessen und Unternehmen ist es wichtig, auf Haushaltsebene Anreize für effizientes Verhalten im Wohn- und Verkehrsbereich zu schaffen.

Empfehlung 25

Auf der Ebene einzelner Haushalte besteht noch ein beträchtliches Stromsparpotenzial, das in Verhaltensstudien bisher nicht ausgelotet wurde.

**Behörden,
Wirtschaft**



Bund, Kantone, Energieversorger: Gemeinsame Feldversuche durchführen, um Möglichkeiten zur Schaffung von Anreizen für Haushalte zum Stromsparen zu evaluieren. (CoSi 2.2)

Diese Empfehlung basiert auf der Erkenntnis, dass über 70% der Haushalte Stromeinsparungen von über 10% erzielen könnten.

Empfehlung 26

Die Entscheidung von Haushalten, in Elektrofahrzeuge zu investieren, wird sowohl von ihrem Einkommen als auch von ihrem Wohnort beeinflusst. Dies muss bei der Gestaltung wirksamer und gerechter politischer Massnahmen unbedingt berücksichtigt werden.

Behörden



Bund, Kantone: Massnahmen konzipieren, die Haushalte dazu anregen, Elektrofahrzeuge anzuschaffen und zu nutzen, wobei deren Einkommen und geografische Lage zu berücksichtigen sind. (CoSi 2.1)

Diese Massnahmen könnten Subventionen für Haushalte mit geringem Einkommen sowie die Förderung der Ladeinfrastruktur in ländlichen Gebieten umfassen. Thematisch knüpft diese Empfehlung auch an Diskussionsstränge zur gerechten Energiewende an. Diese befassen sich mit der Frage, wie der Wandel so gestaltet werden kann, dass niemand zurückgelassen wird.

Exkurs: Gerechte Energiewende

Eine gerechte Energiewende zielt darauf ab, den Übergang zu erneuerbaren Energien fair, inklusiv und sozial gerecht zu vollziehen, d. h. eine Energiewende, bei der niemand zurückgelassen wird. Dazu gehören unter anderem der Schutz der Arbeitnehmenden zur Unterstützung des branchenübergreifenden Wandels, die Unterstützung einkommensschwacher Haushalte und Regionen, um sicherzustellen, dass alle Zugang zu sauberer, bezahlbarer Energie haben, sowie der Einbezug lokaler Gemeinschaften und betroffener Gruppen in Entscheidungsprozesse.

Anreiz-, Förder- und andere Unterstützungsprogramme

Anreiz-, Finanzierungs- und Förderprogramme entscheiden darüber, ob technisch machbare Investitionen in die Energiewende tatsächlich umgesetzt werden. In der Schweiz sind sie besonders relevant, wenn hohe Vorlaufkosten, unsichere Erlöse, genehmigungsrechtliche Auflagen oder eine unklare Risikoverteilung den Ausbau von erneuerbarem Strom, erneuerbaren Kraftstoffen, Netzen, Speichern und Infrastrukturen zur Sektorkopplung verlangsamen.

Finanzielle Anreize zur Beschleunigung der Energiewende

Die wirtschaftliche Tragfähigkeit einer Investition ist entscheidend, selbst wenn die regulatorische und technische Machbarkeit gegeben ist.

Empfehlung 27

So kann beispielsweise die heimische Produktion erneuerbarer Kraftstoffe nicht-biologischen Ursprungs die Versorgungssicherheit in Krisensituationen verbessern, doch sind Pionierprojekte mit hohen Investitionsrisiken und unsicheren Erträgen verbunden.

Politik, Behörden



Bund: Prüfen, welche Instrumente zur Risikominderung am effizientesten sind, um die Erzeugung erneuerbarer Kraftstoffe nicht-biologischen Ursprungs zu etablieren. Zu solchen Instrumenten können Differenzkontrakte gehören. (reFuel.ch 2.1)

Exkurs: Differenzkontrakte

Ein Differenzkontrakt ist eine finanzielle Vereinbarung zwischen zwei Parteien, die üblicherweise als «Käufer» und «Verkäufer» bezeichnet werden. Der Vertrag sieht vor, dass der Käufer dem Verkäufer die Differenz zwischen dem Wert eines Vermögenswerts zum Zeitpunkt des Vertragsabschlusses und dem aktuellen Wert des Vermögenswerts zahlt. Ein Beispiel: Im Vereinigten Königreich legt eine staatlich unterstützte Käuferpartei (voraussichtlich die Low Carbon Contracts Company) einen garantierten Referenzpreis für erneuerbare Flugtreibstoffe (SAF) fest. Ist der Marktpreis niedriger, erhält der Produzent die Differenz zum Referenzpreis ausbezahlt, liegt der Marktpreis höher, muss er die Differenz zurückzahlen.

Empfehlung 28

Auch grosse alpine Agri-Photovoltaikanlagen können zur Stromversorgung im Winter beitragen. Doch ihre Wirtschaftlichkeit variiert je nach Landschaftsraum. Hinzu kommt, dass bestehende Fördermassnahmen den Systemwert der Winterproduktion nicht immer ausreichend widerspiegeln.

Politik, Behörden



Bund: Die Stromerzeugung im Winter vorzugsweise auf flexible Weise fördern, beispielsweise durch spezifische Einspeisevergütungen ausschliesslich für Winterstrom. (EDGE 2.3)

Empfehlung 29

Allgemeiner betrachtet wird die Photovoltaik die dominierende Technologie der neuen erneuerbaren Technologien sein. Anlagen, die dem Stromnetz zugutekommen – die beispielsweise Verteilnetze unterstützen oder Winterstrom produzieren – werden durch heutige Investitionsanreize jedoch nicht immer ausreichend honoriert.

Politik, Behörden



Kantone und Gemeinden: Sichtbare und leicht zugängliche Anreize schaffen, die netzfreundliche Photovoltaikanlagen in Bezug auf Verteilnetze, Winterstrom und damit verbundene Netzbedürfnisse gezielt fördern. (EDGE 1.3)

Angesichts der aktuellen Fragmentierung der Förderprogramme auf nationaler, kantonaler und lokaler Ebene ist es für Laien schwer nachvollziehbar, welche Förderungen ihnen zustehen und wie sie diese in Anspruch nehmen können. Ein geeigneter Anreiz könnte ein Einspeisebonus für Winterstrom sein.

Empfehlung 30

Für den Ausstieg aus fossilen Brennstoffen sind eine rechtzeitig verfügbare Infrastruktur sowie eine ausreichende erneuerbare Energieerzeugung erforderlich. Verzögerte Investitionen in diese Infrastruktur können dazu führen, dass Haushalte und Unternehmen ihre Umstellung auf erneuerbare Energien aufschieben und fossile Systeme länger nutzen oder sogar durch fossile Alternativen mit kurzer Vorlaufzeit ersetzen. Hohe Vorlaufkosten, unsichere Renditen und unklare Eigentumsverhältnisse erschweren jedoch häufig die Finanzierung solcher Infrastrukturprojekte.

Behörden



Bundesamt für Energie, Kantone: Finanzierungslücken bei Infrastrukturen und Anlagen für die Energiewende identifizieren und mit geeigneten Finanzierungs- und Risikominderungsinstrumenten schliessen. (SURE 1.3)

Eine Finanzierungslücke entsteht, wenn für Dekarbonisierung oder Resilienz wichtige Infrastruktur noch nicht investitionsreif ist, weil zentrale Voraussetzungen ungeklärt sind. Betroffen sein können etwa lokale Netze, Wärmenetze, Energiespeicher, Ladeinfrastruktur sowie Wasserstoff- und Kohlenstoffmanagement-Infrastruktur.

Administrative und regulatorische Aspekte

Regulatorische Rahmenbedingungen können den Handlungsspielraum begrenzen; sie müssen regelmässig überprüft und angepasst werden, um Hindernisse abzubauen.

Empfehlung 31

Windenergie kann die Stromversorgung im Winter unterstützen, doch hängt die Erzeugung stark von den lokalen Standortbedingungen ab. Die aktuellen Schwerpunktgebiete umfassen möglicherweise nicht immer die Standorte mit den besten verfügbaren Windpotenzialen.

Politik



Kantone: Bei der Festlegung der Schwerpunktgebiete für die Windenergienutzung die optimalen Standorte stärker berücksichtigen. (EDGE 2.2)

Dies ist wichtig, da bereits geringe Unterschiede bei der Standortwahl der Windkraftanlagen erhebliche Auswirkungen auf die Gesamtstromproduktion und damit auf die Wirtschaftlichkeit haben können.

Empfehlung 32

Grossflächige alpine Agri-Photovoltaikanlagen sind eine kosteneffiziente Möglichkeit, die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien insbesondere im Winter zu steigern. Allerdings sind geeignete Standorte rar, und geltende Vorschriften können die Realisierung von Projekten verhindern, selbst wenn diese technisch und wirtschaftlich machbar sind.

Politik, Behörden



Bund: Einschränkungen aufheben, dass PV-Anlagen nur dann zulässig sind, wenn sie den landwirtschaftlichen Ertrag steigern, und dass nur Anlagen auf Flächen ohne potenzielle Naturgefahren Fördermittel erhalten dürfen. (EDGE 2.4)

Damit soll verhindert werden, dass Standorte mit hohem Produktionspotenzial allein aufgrund der derzeitigen Förderkriterien ausgeschlossen werden.

Exkurs: «Engadin Solar» (engadin.solar, Solarkraftwerk Samedan)

Das Projekt vereint viele attraktive Merkmale von Photovoltaikanlagen im Grossmassstab und ist daher ein Vorzeigebispiel für die alpine Agri-PV. Ein Teil der geplanten Anlage befindet sich in einem Naturgefahrenbereich. Ein gravitatives Ereignis ist zwar statistisch gesehen sehr unwahrscheinlich, würde im Falle eines Eintritts jedoch die Anlage beschädigen. Deshalb wurde aufgrund der gesetzlichen Situation keine Förderung gesprochen – obwohl der Betreiber das Risiko übernommen hätte. Dies führte zu einer deutlichen Reduktion der geplanten Anlagengrösse.

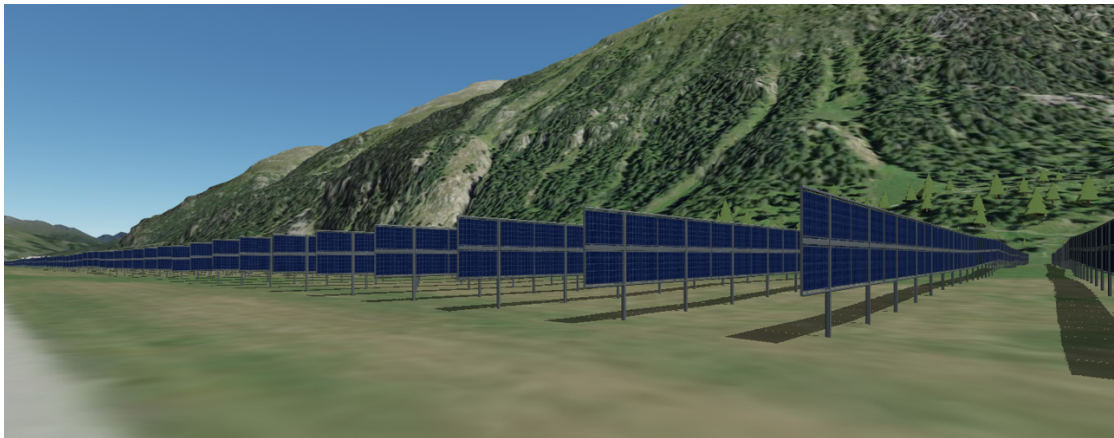


Abbildung 3: Konzeptbild des Solarkraftwerks Samedan. Bildquelle: www.engadin.solar

Empfehlung 33

Auch im Bereich der Geothermie, die für die dezentrale Wärme- und teilweise auch Stromproduktion genutzt werden kann, gibt es regulatorische Herausforderungen. Unklare Nutzungsvorschriften, Förderprogramme und behördliche Verfahren können den Beitrag der Geothermie zur Energiewende verzögern.

Behörden



Bund, Kantone: Leitlinien für bewährte Praktiken erarbeiten, koordinierte Förderprogramme für die Strom- und Wärmeerzeugung ausarbeiten und diese so aufeinander abstimmen, dass bereits in der Projektentwicklungsphase eine Umstellung der Endnutzung ermöglicht werden kann. (DeCarbCH 1.1, 2.1)

Planerische und technische Aspekte

Neben finanzieller Unterstützung und förderlicher regulatorischer Rahmenbedingungen ist eine ganzheitliche Planung unerlässlich, um einen sektorübergreifenden Transformationsfahrplan zu entwickeln.

Empfehlung 34

Auf Quartierebene gewinnt die Sektorkopplung zunehmend an Bedeutung. Doch der Ausbau der Infrastruktur ist weiterhin ungewiss, da Projekte nicht immer in einer finanzierungsreifen Form vorbereitet werden. In der Praxis bedeutet dies, dass ihnen möglicherweise bankfähige Geschäftsmodelle, eine garantierte Abnahme durch die Verbraucher, geregelte Netzananschlussrechte und klare Kostendeckungsmechanismen fehlen, die institutionelle Investoren oder Geschäftsbanken vor einer Kapitalzusage verlangen.

**Behörden,
Wirtschaft**



Gemeinden, Energieversorger, Betreiber von Ladezentren:
Projekte für Wärmenetze und Ladezentren so weit konkretisieren,
dass sie finanzierungsreif sind. (SURE 1.5)

Ein finanzierungsreifes Projekt ist über ein allgemeines Infrastrukturkonzept hinaus so weit fortgeschritten, dass potenzielle Investoren oder Kreditgeber die Umsetzungsvoraussetzungen, die erwarteten Einnahmen und die Risiken bewerten können. Bei Wärmenetzen und Ladezentren kann dies Folgendes umfassen: (i) geeignete Stadtteile, Ankergebäude oder Fahrzeugflotten sowie erwartete Nutzende; (ii) Wärmequellen oder Ladestandorte sowie erforderliche Netzan Anschlüsse; (iii) Grundstücks- und Genehmigungsanforderungen; und (iv) Nutzerzusagen, Tarif- oder Ertragsvereinbarungen sowie einen stufenweisen Investitionsplan.

Empfehlung 35

Während systemische Stresstests Schwachstellen bestehender und geplanter Infrastrukturen sowie mögliche technische Gegenmassnahmen aufzeigen, braucht es für deren Umsetzung eine gezielte Projektvorbereitung. Dazu gehören standardisierte Machbarkeitsstudien, klare Kostendeckungsmechanismen, effizientere Genehmigungsverfahren und geeignete Modelle zur Risikoteilung. So können Projekte für öffentliche und private Investoren bankfähig gemacht werden.

Wirtschaft



Swissgrid, Verteilnetzbetreiber: Bankfähige Investitionsdossiers für stresskritische Netz- und Flexibilitätszonen erstellen. (SURE 1.4)

Diese Dossiers sollen die technische Machbarkeit, den betroffenen Netzbereich und die erforderlichen Verstärkungs- oder Flexibilitätsmassnahmen, relevante Genehmigungs- und Umsetzungsschritte sowie Kosten, erwarteten Systemnutzen und den vorgesehenen Kostendeckungsmechanismus transparent darstellen³. Wo relevant, sollten zudem benötigte Flexibilitätsdienste und der geplante Inbetriebnahmetermin enthalten sein. Als stresskritisch gelten dabei regionale Netzbereiche, in denen hohe Einspeisung, Nachfragespitzen oder unzureichende Speicher- und Flexibilitätskapazitäten wiederholt zu Engpässen und kostspieligen Korrekturmassnahmen führen.

Empfehlung 36

Eine inländische Brennstoffproduktion für den eigenen Bedarf bietet der Schweiz eine Absicherung für Risikoszenarien und Krisen, ist aber ohne Verpflichtungen und eine klare Risikoverteilung eine Herausforderung. Die Unterstützung der Produktion von grünem Wasserstoff, synthetischen Brennstoffen und der Einführung des Kohlenstoffmanagements ist daher wichtig.

Wirtschaft



Finanzbranche, Infrastrukturinvestoren: In Abstimmung mit dem Bundesamt für Energie (BFE) und den relevanten Branchenakteuren einen Finanzierungsrahmen und Risikoteilungsvereinbarungen für strategisch relevante Projekte in den Bereichen grüner Wasserstoff, synthetische Kraftstoffe sowie CO₂-Transport und Speicherung auszuarbeiten. (SURE 1.6)

Diese Vereinbarungen können inländische Produktion und grenzüberschreitende Infrastrukturen für Wasserstoff, synthetische Kraftstoffe und CO₂ umfassen. Sie sind vor allem für schwer elektrifizierbare Anwendungen und die Versorgungssicherheit relevant. Das Verhältnis von Eigenproduktion und Importen sollte flexibel bleiben und nicht auf einem festen Selbstversorgungsziel basieren.

³ In diesem Zusammenhang ist die Steigerung des gesellschaftlichen Wohlstands durch die Beseitigung von Netzengpässen und die Reduzierung der Nachsteuerung als erwarteter Systemnutzen der Investition zu verstehen, während sich der Weg zur Kostendeckung auf den regulatorischen oder sonstigen Mechanismus bezieht, über den die Investitionskosten gedeckt werden.

Versorgungssicherheit

Die Energiewende in der Schweiz verringert die Abhängigkeit von Importen fossiler Energieträger und verändert gleichzeitig die Risiken für die Versorgungssicherheit. Die Widerstandsfähigkeit des Stromnetzes sowie die Verfügbarkeit erneuerbarer Kraftstoffe und kritischer Rohstoffe gewinnen dabei an Bedeutung. Der Umgang mit diesen neuen Abhängigkeiten ist entscheidend für eine zuverlässige Versorgung im Winter, eine widerstandsfähige Infrastruktur und die Dekarbonisierung von Sektoren, die nicht direkt elektrifiziert werden können.

Stärkung der Resilienz durch strategisches Risikomanagement

Um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten, ist ein strategisches Risikomanagement erforderlich. Damit soll das Energiesystem auf eine Kombination aus finanziellen, gesellschaftlichen, geopolitischen und klimabedingten Risiken vorbereitet werden.

Empfehlung 37

Eine erste Voraussetzung ist die Vorbereitung auf Schocks⁴: Strategien, die unter normalen Bedingungen tragfähig erscheinen, können durch Finanzierungsengpässe, Nachfrageänderungen, extreme Wetterereignisse sowie technologische oder politische Veränderungen unter Druck geraten. Für solche Situationen fehlen heute teilweise klar definierte Auslöser (Trigger) und Abläufe für ein frühzeitiges, koordiniertes Handeln, bevor sich einzelne Belastungen zu Versorgungsengpässen oder betrieblichen Notfällen verschärfen.

Wirtschaft



Energieversorger, Netzbetreiber: Eine sektorübergreifende Auslöser-Massnahmen-Matrix erstellen, die vordefinierte Belastungsindikatoren und Auslösebedingungen mit koordinierten Massnahmen bei verschiedenen Störungen verknüpft. (SURE 1.2)

Ziel einer solchen Matrix ist es, bestehende Notfall- und Engpassregelungen zu ergänzen, indem aufkommende Belastungen frühzeitig erkannt und mit koordinierten Massnahmen verknüpft werden, bevor sich daraus akute Versorgungsengpässe oder betriebliche Notfälle entwickeln. Die Matrix sollte für zentrale Risikobereiche – etwa Flexibilitätsbeschaffung, Speicher, Reserven, Wintererzeugung, Netzkapazitäten und Importrisiken – klare Stressindikatoren definieren. Für jeden Bereich sollte festgelegt werden, welche Bedingung eine Reaktion auslöst, welche Massnahme vorgesehen ist und wer für deren Umsetzung verantwortlich ist.

⁴ Ein Schock im Energiesystem ist ein plötzliches externes Ereignis oder eine Störung, die Energieangebot, Nachfrage, Preise oder die Funktionsfähigkeit der Infrastruktur erheblich beeinflusst, etwa durch Extremwetter, Versorgungsunterbrechungen oder geopolitische Ereignisse.

Empfehlung 38

Ein eng damit verbundenes Thema betrifft die Importe von Strom und Energieträgern wie Gas, Wasserstoff, synthetischen Brennstoffen und Kernbrennstoffen. Obwohl sie nützliche und wirtschaftliche Puffer darstellen, birgt eine systematische Importabhängigkeit Risiken, wenn sie den Aufbau inländischer Speicher- oder Erzeugungskapazitäten ersetzt. Gewisse Importe und eine entsprechende Koordination sind in kritischen Situationen möglicherweise nötig und sollten wichtige inländische Resilienzmassnahmen wie Reservekapazitäten, Speicherung und Nachfrageflexibilität ergänzen, nicht ersetzen. In diesem Zusammenhang ist die Unterscheidung zwischen strategischen Importen und Importen, die durch inländische Massnahmen reduziert werden könnten, aktuell oft unzureichend.

Wirtschaft, Behörden



Energieversorger, Netzbetreiber, Regulierungsbehörden:

Energieträgerspezifische Stresstests durchführen bzw. vorschreiben, um den strategischen Importbedarf für kritische Zeiträume zu ermitteln. (SURE 1.18)

Solche Stresstests sollten relevante Import-Notfallszenarien wie Kälte- und Hitzewellen, Nachfragewachstum oder eingeschränkten Marktaustausch systematisch untersuchen. Der Zeithorizont variiert je nach Energieträger – von Stunden oder Tagen bei Strom bis zu saisonalen oder längerfristigen Risiken bei Gas, Wasserstoff, synthetischen Brennstoffen und Kernbrennstoffen. Dabei sollte geprüft werden, wie stark Importabhängigkeiten durch Flexibilität, Wintererzeugung, Nachfragemassnahmen, Speicher und lokale Infrastruktur reduziert werden können. Verbleibende Importe können anschliessend als strategisch notwendig, vermeidbar oder risikoreich eingestuft werden. Im Strombereich sollten die Tests auf bestehenden Bewertungen der Versorgungssicherheit aufbauen und diese gezielt um eine Analyse der Importabhängigkeit und möglicher Abhilfemassnahmen ergänzen.

Empfehlung 39

Im Zuge der Energiewende verschwindet die Importabhängigkeit nicht, sondern verlagert sich zwischen Strom, nachhaltigen Kraftstoffen und Rohstoffen. Bestehende Analysen unterscheiden dabei nicht immer zwischen reduzierbaren und strategisch notwendigen Importen. Dadurch bleibt oft unklar, ob politische Massnahmen Abhängigkeiten lediglich verschieben und welche Risiken durch inländische Massnahmen tatsächlich verringert werden können.

Behörden



Bund (BAFU, BFE, ARE), Kantone: Überprüfungen der Energie- und Klimapolitik ergänzen mit einer Bewertung der «vermeidbaren Importabhängigkeit». (SURE 1.17)

Diese Bewertung sollte diejenigen Importe, die durch Effizienzsteigerungen, direkte Elektrifizierung und Flexibilität reduziert werden könnten, von strategischen Importen trennen, die für den Winterausgleich, die Versorgung mit nachhaltigen Kraftstoffen und schwer zu elektrifizierende Anwendungen benötigt werden.

Empfehlung 40

Die gleiche systemweite Perspektive sollte auch für neue Kernkraftwerke gelten, die das Versorgungsrisiko im Winter und die Netzbelastung nur dann verringern können, wenn ihre termingerechte Realisierung glaubwürdig ist und die allgemeine Energiewende nicht behindert. Die Frage lautet, wie neue Kernkraftwerke im Vergleich zu Alternativen die Versorgungssicherheit im Winter und die Resilienz gewährleisten können.

Behörden, Wirtschaft



Bund (BFE, SECO), ElCom, Energieversorger, Netzbetreiber: Informationen bereitstellen und Entscheidungen treffen über finanzielle Unterstützung, Energiemarktgestaltung oder politische Rahmenbedingungen für neue Kernkraftwerke auf der Grundlage ihres systemweiten Nutzens. (SURE 1.21)

Der systemweite Nutzen neuer Kernkraftwerke sollte gegenüber einem Referenzszenario ohne Neubau bewertet werden. Dabei sind nicht nur Stromgestehungskosten, sondern insbesondere Versorgungssicherheit und Systemkosten, Realisierungs- und Finanzierungsrisiken, Abfallfragen sowie Auswirkungen auf andere Investitionen der Energiewende zu berücksichtigen.

Verringerung der Materialabhängigkeit durch kreislaforientiertes Lebenszyklusmanagement

Neben dem Management von Betriebs- und Importrisiken können Recycling-, Wiederverwendungs- und Substitutionsstrategien die Autonomie bei kritischen Materialien erhöhen und die Anfälligkeit gegenüber Risiken in der Lieferkette verringern.

Empfehlung 41

Während die Abhängigkeit von fossilen Importen bei der Transformation zu erneuerbaren Energien sinkt, steigt die Abhängigkeit von Materialien und Mineralien. Materialrisiken werden jedoch noch nicht systematisch mit der Energiepolitik, Anreizen und der öffentlichen Beschaffung verknüpft. Gleichzeitig schaffen wachsende Altstoffströme von Energiesystemkomponenten Chancen für eine kreislaforientierte Versorgung, sofern Kapazitäten für Sammlung, Wiederverwendung, Verwertung und hochwertiges Recycling verfügbar sind.

Behörden



Bund, Kantone: Eine nationale Strategie für Materialien im Bereich der erneuerbaren Energie entwickeln als Ergänzung zur Energiestrategie 2050. Dabei die Materialrisiken mit gezielten Anreizen für Reparatur, Wiederverwendung, Aufarbeitung und lokales Recycling verknüpfen. (SURE 1.10)

Eine solche Strategie kann Batterien, Photovoltaikanlagen, Wärmepumpen und Netzkomponenten umfassen. Mögliche Massnahmen sind differenzierte Recyclinggebühren, Reparaturprämien, regionale Recyclingzentren sowie Beschaffungsvorgaben zu Produktpässen, Ersatzteilen, Rücknahme und Recyclinganteilen. Öffentliche Auftraggeber können bei öffentlichen Ausschreibungen zudem Kriterien wie Reparierbarkeit, Lebensdauer, Modularität, Recyclingfähigkeit und Materialrisiken berücksichtigen.

Empfehlung 42

Rücknahmesysteme als Teil kreislauforientierter Lieferketten bestehen bereits, konzentrieren sich jedoch häufig vor allem auf das Recycling. Künftig könnte ein grösserer Teil des Werts zurückgegebener Komponenten durch Wiederverwendung, Reparatur, Aufarbeitung und Second-Life-Anwendungen erhalten bleiben, bevor die Materialien recycelt werden.

Wirtschaft



Recyclingunternehmen, Anlagenanbieter für PV-Module, Wechselrichter, Batterien usw.: Bestehende Rücknahme- und Recyclingsysteme auf Wiederverwendungs- und Second-Life-Programme ausweiten. (SURE 1.12)

Die Erweiterung dieser Systeme kann durch Qualitätsstandards, Aufarbeitungskanäle, separate Verwertungswege für risikoreiche Materialien und digitale Rückverfolgbarkeit unterstützt werden. Zurückgegebene Geräte sollten zunächst auf Wiederverwendung, Aufarbeitung oder Zweitnutzung geprüft werden. Nicht weiter nutzbare Geräte können anschliessend einer hochwertigen stofflichen Verwertung zugeführt werden.

Empfehlung 43

Aktuell wird eine Lebenszyklusperspektive noch nicht früh genug in der Planungs- und Ausschreibungsphase berücksichtigt.

Wirtschaft



Anlagenanbieter, Projektentwickler, Anlagenbesitzer: Bei der Projektentwicklung Pläne für Reparatur, Austausch, Wiederverwendung und Verwendung am Ende des Lebenszyklus einbeziehen. (SURE 1.13)

Diese Pläne sollten die Lebensdauer der Komponenten, den Zugang zu Ersatzteilen, Demontageverfahren, Optionen für die Zweitverwendung sowie die Verantwortung für die Sammlung oder das Recycling festlegen, damit diese Bestimmungen vor dem Kauf und der Installation der Anlagen in den Ausschreibungsunterlagen und Verträgen berücksichtigt werden können.

Rahmenbedingungen für die nachhaltige Versorgung und Nutzung von Bio- und synthetischen Kraftstoffen schaffen

Wo fossile Energieträger nur schwer ersetzt werden können, können nachhaltige Kraftstoffe einen wichtigen Beitrag zu den Klimazielen leisten.

Empfehlung 44

Die Kraftstoffproduktion in der Schweiz ist wirtschaftlich anspruchsvoll. Deshalb bleiben Importmöglichkeiten und die internationale Anbindung in allen Szenarien relevant. Die Erleichterung des Imports nachhaltiger Kraftstoffe, die den ökologischen Anforderungen der Schweiz entsprechen, ist daher von Bedeutung.

**Politik,
Wirtschaft**



Bund, Kantone, Investoren: Sowohl die regulatorische Zusammenarbeit als auch die Verbindung der physischen Infrastruktur mit der EU stärken, um sicherzustellen, dass die Rahmenbedingungen der Schweiz und der EU für nachhaltige Treibstoffe und die dafür benötigten Rohstoffe kompatibel sind. (reFuel.ch 2.2)

Empfehlung 45

Der künftige Bedarf, die Lieferorte und die Mengen müssen daher bereits jetzt festgelegt werden, bevor Investitionsentscheidungen und langfristige Kraftstoffverträge abgeschlossen werden, um den Aufbau der Lieferketten glaubwürdig zu gestalten.

Wirtschaft



Anlagenbetreiber, Unternehmen, Industrieverbände, Luftfahrt-industrie: Robuste Lieferketten für kohlenstoffarme Kraftstoffe aufbauen und diese dort einsetzen, wo eine direkte Elektrifizierung nicht ausreicht. (SURE 1.19, reFuel.ch 1.1)

Als kohlenstoffarme Kraftstoffe gelten etwa strombasierte synthetische Kraftstoffe (E-Fuels). Die Lieferkettenplanung sollte sich an klar definierten Anwendungsfällen, Mengen, Anschlusspunkten, Lieferterminen und Abnahmevereinbarungen orientieren. Industrie- und Luftfahrtnutzer können den Bedarf festlegen, während Kraftstoff- und Infrastrukturanbieter daraus Produktions-, Import-, Speicher- und Anschlussanforderungen ableiten. Branchenverbände können den sektoralen Bedarf bündeln und gemeinsame Anforderungen koordinieren. Eine «Electrification-first»-Prüfung sollte klären, wo direkte Elektrifizierung, Effizienz oder Nachfragereduktion nicht ausreichen. Relevante Anwendungen sind etwa industrielle Hochtemperaturwärme, Rohstoffe, Luftfahrt und ausgewählte Bereiche des Schwerverkehrs.

Empfehlung 46

Kohlenstoffmanagement ist vor allem für unvermeidbare Emissionen und negative Emissionen relevant, etwa bei Prozess-CO₂ aus Zementproduktion und Abfallverbrennung. Emissionen, die durch Elektrifizierung, Effizienz oder Materialersatz vermieden werden können, sollten dagegen möglichst direkt reduziert werden. Die Schweiz verfügt bereits über eine CCS/NET-Roadmap; offen ist aber, wie konkrete CO₂-Punktquellen⁵ für Abscheidung und Speicherung priorisiert werden.

Behörden



Bund: Transparente Kriterien für die Priorisierung unvermeidbarer CO₂-Punktquellen festlegen, damit betroffene Branchen für priorisierte Quellen Projekte zur Abscheidung und Speicherung entwickeln. (SURE 1.20)

Solche Projekte sollten Transportwege, Speicher- oder Exportoptionen, Überwachungsvorschriften, die Haftungszuweisung und die Kostenbeteiligung nach dem Verursacherprinzip festlegen.

⁵ Methan- und Lachgasemissionen erhöhen zwar den Bedarf an negativen Emissionen, sind selbst aber keine CO₂-Punktquellen