

DEKARBONISIERUNG DES WÄRME-/KÄLTSEKTORS

ZUNEHMENDE BEDEUTUNG DER NAH- UND FERNWÄRME

Um das Ziel des Bundesrates «Netto-Null bis 2050» zu erreichen, muss der Wärme- und Kältesektor bis 2050 vollständig dekarbonisiert werden. Ob das möglich ist, und welche Instrumente und Massnahmen dazu notwendig sind, zeigt eine Studie im Auftrag der AEE Suisse und Wärmeinitiative Schweiz WIS. Ein wichtiges Ergebnis sei bereits vorweggenommen: Nah- und Fernwärme werden zukünftig eine bedeutende Rolle zur Erreichung dieser Ziele einnehmen.

Ernst A. Müller, InfraWatt*

Martin Jakob, TEP Energy GmbH

André Müller, Ecoplan

RÉSUMÉ

DÉCARBONISATION DES SECTEURS DU CHAUD ET DU FROID: L'IMPORTANCE CROISSANTE DE LA CHALEUR À PROXIMITÉ ET À DISTANCE

Une nouvelle étude réalisée à la demande de l'ICS et de l'AEE Suisse montre que la décarbonisation est également possible dans le domaine de la chaleur. L'étude confirme que les mesures actuelles ne permettent pas d'atteindre l'objectif zéro émission nette de CO₂, car le scénario de référence implique que plus de 40% des besoins en chaleur seront toujours couverts par des combustibles fossiles jusqu'en 2050. Des efforts supplémentaires sont nécessaires. Avec le scénario «incitations», il est possible de diminuer la part fossile à 12% d'ici 2050, surtout avec des aides financières (transition vers des modes de chauffage renouvelables, assainissement de l'enveloppe des bâtiments). Avec le scénario «Prescriptions», cette part tend vers zéro, exception faite de quelques «cas exceptionnels». L'enjeu nécessiterait sans doute une combinaison d'incitations financières et de prescriptions. À cela viendraient s'ajouter des directives plus strictes en matière d'émissions de CO₂ par surface de bâtiment, etc. L'étude montre également clairement que la chaleur à proximité et à distance joueront un rôle particulièrement important à l'avenir et que leur part pourra augmenter jusqu'à 27%, contre 9% aujourd'hui. Cela représente à peu près la même part que le réseau de gaz naturel actuellement. Le potentiel de la CAD ne sera cependant pas encore totalement exploité. L'étude pré-

AUSGANGSLAGE

Im Oktober 2017 ratifizierte die Schweiz das Klimaabkommen von Paris. Der Bundesrat hat dieses Minderungsziel im August 2019 präzisiert und beschlossen, dass die Schweiz bis 2050 nicht mehr Treibhausgase ausstossen soll, als hiesige natürliche und technische Speicher aufnehmen können. Dies bedeutet «Netto-Null Emissionen» bis zum Jahr 2050. Der Wärmebereich verursacht mit 40% den grössten Anteil aller Treibhausgasemissionen, neben nicht-energetischen Prozessemissionen, Verkehr und Landwirtschaft. Netto-Null bedeutet also auch eine 100% erneuerbare und CO₂-neutrale Wärme- und Kälte-Versorgung. Will die Schweiz diese Klimaziele erreichen, muss möglichst bald auf den Einsatz von fossilen Heizungen verzichtet werden. Heute ist die Schweiz jedoch noch weit davon entfernt, der Anteil fossiler Brennstoffe liegt noch bei über 60%.

AEE Suisse und die Wärmeinitiative Schweiz WIS sind deshalb zum Schluss gekommen, dass im Wärmebereich in der Schweiz dringend weitere Anstrengungen angezeigt sind. Sie haben deshalb eine Studie zur Evaluation von Erfordernissen und Auswirkungen eines CO₂-neutralen Wärme-/Kältesektors an die beiden Beratungsfirmen TEP Energy GmbH und Ecoplan in Auftrag gegeben. Die Erarbeitung der Studie wurde von einer

* Kontakt: mueller.eam@bluewin.ch

breit abgestützten Fachgruppe begleitet: von AEE Suisse, suissetec, Empa, den kantonalen Energiefachstellen SO, BS, BE, InfraWatt, Verband Fernwärme Schweiz, Swisspower, den Fachverbänden Swiss-solar, Holzenergie Schweiz, Geothermie-Schweiz usw. Die Studie und weitere Informationen können bei der Wärmeinitiative Schweiz WIS bezogen werden. Der vorliegende Fachbeitrag basiert auf Grundlagen und Ergebnissen aus der Studie «Erneuerbare und CO₂-freie Wärmeversorgung Schweiz» von TEP und Ecoplan [1] und erläutert im Überblick, welche Massnahmen und Instrumente mit den dazugehörigen Auswirkungen auf die unterschiedlichen Szenarien zu diesem Ziel führen, und welche Bedeutung den Wärmenetzen heute und in Zukunft zukommt.

BEDARFSENTWICKLUNG

Der heutige Verbrauch für die Wärmebereitstellung in der Schweiz beträgt ca. 100 TWh Endenergie pro Jahr. Die Hälfte davon beanspruchen Wohnungen und je ein Viertel die Sektoren Dienstleistungen und Industrie. Bis 2050 sinkt der Wärmeverbrauch im Referenzszenario dank Effizienzsteigerung bei Raumheizung und Warmwasser durch Gebäudeerneuerungen, Ersatz- und Neubauten auf ca. 80-90 TWh/a, trotz Bevölkerungswachstum von 8,7 auf 10,3 Mio. Einwohnern und gleichbleibendem Prozesswärmeverbrauch der Industrie. Der fossile Anteil liegt 2050 – ohne zusätzliche Massnahmen – bei über 40%, also noch weit weg vom angestrebten Ziel des Bundes von Netto-Null (Fig. 1).

POTENZIALBERECHNUNG

Als Erstes wurde eine Potenzialberechnung der erneuerbaren Energiequellen für die Wärmenutzung gemacht (vgl. Tab. 1). Nachhaltig nutzbar stehen gebäudebezogen mit Solarenergie (thermisch, ohne Strom aus PV) und Luftwärmepumpen jährlich rund 35 bis 45 TWh/a zur Verfügung, standortgebunden mit Erdwärmepumpen 39 bis 43 TWh/a, mit ortsungebundenem Holz und Biogas 20 TWh/a sowie mit ortsgebundenen Energiequellen (KVA, ARA, Gewässer, mitteltiefe Geothermie) mit bivalenter Nutzung 43 TWh/a. Auch unter Berücksichtigung, dass sich diese Energiequellen teilweise überlappen, ergibt sich ein nachhaltiges Potenzial von insgesamt rund 110 TWh/a. Daraus wird ersichtlich, dass ein ausreichendes Energieangebot für die Dekarbonisierung vor-

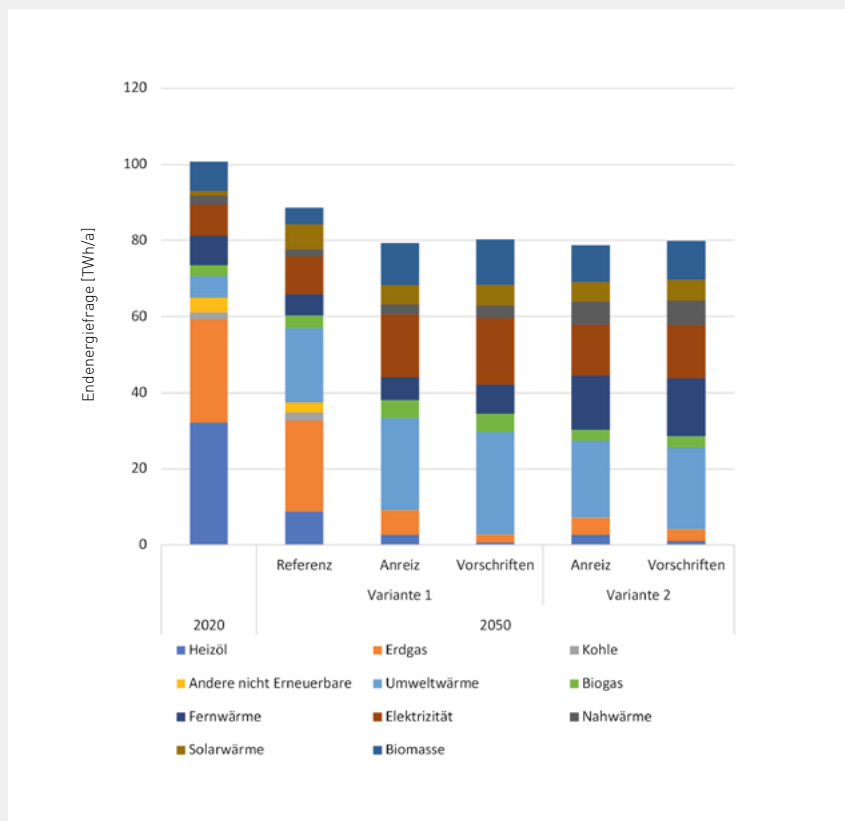


Fig. 1 Endenergienachfrage nach Energiequellen heute und 2050 für die Szenarien Referenz, Anreiz und Vorschrift sowie den Untervarianten 1 und 2 (vermehrter Fernwärmeeinsatz). Umweltwärme: erneuerbare Energie aus Geothermie (Erdwärmesonden), Luft (Einzelgebäude) und Grundwasser (Einzelgebäude) Fernwärme: v. a. Abwärme aus Kehrlichtverbrennungsanlagen (KVA), Abwasser, Gewässern (als Nah- und Fernwärme genutzt) Nahwärme: v. a. standortgebundene Energiequellen (Erdsonden) (Quelle: TEP Energy [1])

Potenzialtyp	Energieträger	Potenzial (TWh)		
		theoretisch	monovalent (zugeordnet)	bivalent (zugeordnet) ²
Ortsungebunden	Holz			14
	Biogas			6
Gebäude- und Nachfrage-bezogen	Solarenergie (thermisch)	10,8	8,2 (Dach) 2,6 (Fassade)	
	Solarenergie (PV)			50
Standortgebunden	Luft ¹			25-35 (je nach Szenario)
	Erdwärmesonden (boden-nah, ohne Regeneration) ¹			6 (ohne WP-Strom) 8 (mit WP-Strom)
	Erdwärmesonden (boden-nah, mit Regeneration) ¹			31-35 (je nach Szenario)
Ortsgebunden mit Infrastruktur (thermische Verbunde) zu erschliessen. Zuordnung erfolgt gemäss der in Tabelle 12 angegebenen Priorisierung.	KVA	7	2	5
	ARA ¹	8	2	7
	Seen, Flüsse ¹	160	1-21	1-17
	Grundwasser ¹	14	1-5	1-9
	Mitteltiefe Geothermie ¹	> 140	8-31	4-22

Tab. 1 Übersicht über die wärmeseitigen Potenziale erneuerbarer Energien. (Quelle: TEP Energy [1])

¹ inkl. Strom für dezentrale bzw. zentrale Wärmepumpen
² inkl. rund 30% hochwertige Energie aus Spitzenlastanlagen, z. B. KVA, Holz oder Biogas
 PV: Photovoltaik, KVA: Kehrlichtverwertungsanlage, ARA: Abwasserreinigungsanlage

handen ist, denn die Nachfrage wird künftig auf 80 TWh/a sinken. Ein Grossteil der thermischen Potenziale kann nur mittels Einsatz von Wärmepumpen genutzt werden. Der zusätzliche Strombedarf dieser Wärmepumpen im Winter beträgt netto, d.h. inkl. Ersatz von Elektroheizungen und Elektroboilern, je nach Szenario 4 bis 7 TWh/a und kann durch PV, Biogas-WKK, Wind gedeckt werden.

METHODE UND GRUNDLAGEN

Die Studie basiert auf folgenden analytischen Grundlagen:

Gebäudebereich

Räumliche Identifikation von Gebäudeclustern für Wärmenetze mittels geografischem Informationssystem (GIS) sowie von Effizienzpotenzialen mit dem Gebäudemarkmodell (GPM).

Erneuerbare Energien im Wärmebereich

Umfangreiche räumliche Analyse von ortsgebundenen Energiepotenzialen wie Kehrlichtverwertungs- und Abwasserrei-

nigungsanlagen, Oberflächengewässer, Grundwasser, oberflächennahe sowie mitteltiefe Geothermie usw.

Industriebereich

Vereinfachte Analyse der Potenziale für Energieeffizienz und erneuerbare Energien bei Prozesswärme pro Branche und Prozess pro Temperaturniveau mit dem Modell *Forecast Industry*.

Umwandlungssektor

Monatliche und saisonale Deckung des Erdgas-, Fernwärme- und Stromverbrauches für Wärmezwecke unter Einbezug des Speicherbedarfs.

Volkswirtschaftliche Bewertung der Investitions- und Lebenszykluskosten Mittels Bottom-up-Modellen und Auswirkungen auf Beschäftigung und Einkommensbelastung mittels Input-Output-Analyse.

Unternehmen im europäischen Emissionshandelssystem wurden nicht in die Analyse miteinbezogen, da diese nach

heutiger Erwartung auch in Zukunft im internationalen Kontext instrumentiert werden. Die Situation der Stromnetze wurde in erster Instanz aus der Optik der Veränderungen im Wärme- und Kältesektor beurteilt. Mögliche Netzengpässe z. B. wegen hoher PV-Einspeisung, wegen der Elektromobilität oder aufgrund wegfallender KKW-Kapazitäten wurden in der Studie nur qualitativ und am Rande betrachtet. Das Ausland wurde subsidiär bei zu geringen inländischen Potenzialen und aus Gründen der ökonomischen Effizienz bzw. Importe miteinbezogen.

SZENARIEN

Untersucht wurden auf Basis eines Referenzszenarios zwei unterschiedliche Szenarien zur Erreichung des Netto-Null-Ziels bis 2050: Ein Vorschriften- und ein Anreizszenario. Zusätzlich wurden die Dekarbonisierungsszenarien unterteilt in Variante 1 und 2, wobei damit der Spielraum zwischen einem stärkeren Ausbau der Fernwärme (V2) sowie mehr Einzelhauslösungen (V1) aufgezeigt wird.

Instrument/Massnahme	Quantitative Umsetzung	Ziel
CO ₂ -Abgabe auf Brennstoff (primäres Instrument) (national)	Anstieg innerhalb von 5 Jahren auf 240 Fr./t CO ₂ , danach weiterer Anstieg auf 310 Fr./t CO ₂ bis 2030. Danach kein weiterer Anstieg.	Anreizwirkung für Energieeffizienz und erneuerbare Energien.
Gebäudeprogramm (national)	Anstieg von 450 auf 600 Mio. Fr. pro Jahr, dann sukzessiver Rückgang bis 2050.	Verhinderung von Härtefällen, z. B. bei fehlenden wirtschaftlichen Optionen.
Energieplanung (kantonal/lokal)	Festlegung von Nachfrage- und Angebotszonen für erneuerbare Energien als Informationsbasis für Gebäudeeigentümer und als Grundlage für die nachfolgenden Massnahmen (Konzessionierung und rollierende Fonds). Mitfinanzierung aus CO ₂ -Abgabe.	Schaffung von Investitionssicherheit für Gebäudeeigentümer (in Variante 2 von besonderer Bedeutung).
Konzessionierung urbaner Gebiete (lokal)	Festlegung von Gebieten zur CO ₂ -freien Wärme- und Kälteversorgung (z. B. Cluster mit hoher Nachfragedichte und Nähe zu konzentrierten Quellen erneuerbarer Energien).	Dekarbonisierung kommunaler EVU und urbaner Gebiete (in Variante 2 von besonderer Bedeutung).
Subsidiär: rollierender Fonds, zinslose Darlehen oder Investitionsgarantien für thermische Netze (national/lokal)	Umsetzung von Zonen/Gebietsplanung auf lokaler Ebene (Verfügbarkeit von CO ₂ -freien Heizsystemen definiert bis 2030). Mitfinanzierung aus CO ₂ -Abgabe (zu Beginn rund 300 Mio. Fr. pro Jahr).	Erschliessung von erneuerbaren Energiequellen im urbanen und semi-urbanen Umfeld (falls nicht durch Konzessionen zu erschliessen), in Variante 2 verstärkt gegenüber Variante 1.
Information/Monitoring (national)	Anpassung der Präferenzwerte für Investoren und weitere Differenzierung von Lebensdauern (z. B. 10–15 Jahre für fossile Systeme). Erhöhung der Unterhaltskosten um 1%-Punkt für fossile Systeme aufgrund Monitoring und Prüfberichten.	Verankerung der Langfristsichtweise bei Eigentümern.
Förderprogramme (national)	Eigenverbrauchsregelung bleibt bestehen. KEV läuft nach 2030 aus.	Anreiz für Kombination Solarenergie/Wärmepumpen sowie für WKK.
Emissionshandelssystem (EHS) (national)	Teilnahme der emissionsintensiven Industrie am EHS. Andere Industrie- und Gewerbeunternehmen unterliegen der CO ₂ -Abgabe und haben die Möglichkeit der Abgabebefreiung bei Zielvereinbarung (ZV). Grenzvermeidungskosten bei Unternehmen mit ZV liegen 50% tiefer als die CO ₂ -Abgabe.	Anreizwirkung für Energieeffizienz und erneuerbare Energien.

In der Variante 2 sind zudem Massnahmen zum rascheren Aufbau von Nah- und Fernwärmenetzen und zum Anschluss der Gebäude an diese Netze sowie Förderungen für die Erkundung und Erschliessung der mitteltiefen Geothermie unterstellt, um eine rasche Marktetablierung zu erreichen (im Sinne einer Anschubfinanzierung).

Tab. 2 Beschreibung der Instrumente und Massnahmen und deren Bezugsebene (national, kantonal, lokal) im Anreizszenario.

(Quelle: TEP, Ecoplan [1])

REFERENZSZENARIO

Das Referenzszenario friert quasi die derzeitigen rechtlichen Rahmenbedingungen ein und beschreibt eine Wärmezukunft, in der die 2020 bestehenden und naheliegendsten Gesetzgebungen für ihre jeweiligen Laufzeiten Gültigkeit behalten. Einzelne Trends werden fortgeführt, z.B. Trends für die technologische Entwicklung und Kostenreduktionen. Darüber hinaus werden keine zusätzlichen politischen Massnahmen ergriffen bzw. im Modell implementiert. Über diese Annahme werden Effizienzverbesserungen und Energieträgerwechsel bei Neu- und Umbauten weiter in die Zukunft geschoben.

ANREIZSZENARIO

Bei diesem Szenario liegt der Fokus der Instrumente – im Vergleich zum Referenzszenario – bei zusätzlichen Massnahmen auf ökonomischen sprich insbesondere finanziellen Anreizen. Dazu gehört eine rasche Erhöhung der CO₂-Abgabe auf 240 Franken im Jahr 2025 und 300 Franken im Jahr 2030 sowie ein Ausbau der bestehenden Förderprogramme, ergänzt mit Anreizen speziell für thermische Net-

ze in Städten. Zusätzliche Sanierungsvorschriften oder Sanierungspflichten werden in diesem Szenario hingegen nicht unterstellt. Weitere Instrumente und Massnahmen im Anreizszenario sind in *Tabelle 2* beschrieben.

VORSCHRIFTENSZENARIO

Im Vorschriftenszenario (*Tab. 3*) wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass die Emissionsreduktionsziele primär durch Vorschriften und subsidiäre Standards erreicht werden. Dabei werden die Mustervorschriften der Kantone rasch flächendeckend eingeführt. Ab 2025 ist ein Grenzwert für die CO₂-Belastung pro Quadratmeter Energiebezugsfläche (EBF) vorgesehen, um den Einsatz von fossilen Energien bei Gebäude- und Heizungserneuerungen sukzessive zu reduzieren (Absenkpfad). Durch diesen Absenkpfad bestehen für die meisten Eigentümer/innen weiterhin verschiedene technologische und wirtschaftliche Möglichkeiten, die Emissionsziele über einen gestreckten Zeithorizont zu erreichen, ohne eine weiterreichende Einschränkung ihrer Auswahlmöglichkeiten. Auch in diesem Szenario ist mit Fällen zu rechnen, bei

denen unter heutigen Gesichtspunkten keine wirtschaftlichen Möglichkeiten für eine CO₂-freie Wärmebereitstellung zur Verfügung stehen. Zur Vermeidung dieser Härtefälle dienen vorhandene Gelder aus der verbleibenden CO₂-Abgabe.

ERGEBNISSE

Die Analysen zeigen, dass die Dekarbonisierung des Wärme- und Kältesektors in der Schweiz machbar ist. Zwischen den beiden Szenarien «Anreiz» und «Vorschriften» bestehen – abgesehen von den sozialen Verteilungswirkungen – keine grundlegenden Unterschiede, in beiden Fällen sind letztlich ähnliche Technologie- und Energiemixe erforderlich.

Im «Vorschriftenszenario» gehen die Emissionen um 98% verglichen mit 2017 zurück, im «Anreizszenario» ist eine geringere Reduktion um 88% möglich. Diese tiefere Reduktion ist zwar teurer als im Szenario «Vorschriften», allerdings resultieren schlussendlich ein effizienterer Gebäudestandard und eine höhere Wertschöpfung und damit ein höherer Nutzen für alle Beteiligten. Die Dekarbonisierung kann im Gebäudesektor nicht

Instrument/Massnahme	Quantitative Umsetzung	Ziel
Absenkpfad beim Ersatz von fossilen Heizungen (primäres Instrument) <i>(national)</i>	Ausgehend von der heutigen durchschnittlichen CO ₂ -Belastung von über 20 kg CO ₂ /m ² EBF wird der Grenzwert von 20 kg CO ₂ /m ² EBF ab 2025 über die kommenden 20 Jahre in 5-Jahres-Schritten bis 2045 stufenweise auf null kg CO ₂ /m ² EBF abgesenkt. Das Datum des Heizungsersatzes gilt als Stichtag zur Bestimmung des Grenzwertes.	Grenzwert für maximal zulässige Emissionen nach Heizungssanierungen. Sicherstellen von Planungssicherheit für Gebäudeeigentümer.
CO ₂ -Abgabe <i>(national)</i>	Beibehaltung der CO ₂ -Abgabe gemäss Referenzszenario als Finanzierungsinstrument für Härtefallfonds.	Verhinderung von Härtefällen (für Gebäudeeigentümer und Gewerbe/Unternehmer).
MuKEn 2014 <i>(kantonal)</i>	Das Basismodul der MuKEn 2014 gilt für alle Kantone spätestens ab 2025, einschliesslich der sog. kleinen Sanierungspflicht (Teil F). Anpassung entsprechend Absenkpfad.	Ergänzung des Absenkpades und Festlegung von Standardlösungen.
Energieplanung <i>(kantonal/lokal)</i>	Verpflichtende Umsetzung von Zonen/Gebietsplanung auf lokaler Ebene (Verfügbarkeit von CO ₂ -freien Heizsystemen definiert bis 2025).	Schaffung der Voraussetzungen, damit Absenkpfad eingehalten werden kann. Information über Verfügbarkeit von fossilfreien Systemen.
Zielvereinbarung mit EVU <i>(lokal)</i>	Im Absatzgebiet muss der Verkauf von fossiler Energie ab 2025 alle 5 Jahre um 20% reduziert werden.	Schaffung von fossilfreien Heizungslösungen für Eigentümer inkl. Anschlusspflicht, v. a. in Variante 2 (subsidiär in Variante 1).
Information/Monitoring <i>(lokal)</i>	Anpassung von Informationen an die Präferenzwerte für Investoren und weitere Differenzierung von Lebensdauern (z.B. 10–15 Jahre für fossile Systeme). Erhöhung der Unterhaltskosten um 1%-Punkt für fossile Systeme aufgrund von Monitoring- und Prüfberichten.	Verankerung der Langfristsichtweise bei Eigentümern.
Zielvereinbarung mit Industrie <i>(national)</i>	Am Standort muss der Einsatz der fossilen Energie ab 2025 alle 5 Jahre um 20% reduziert werden (Härtefallregelung wird berücksichtigt).	Fossilfreie Produktionsstandorte für Industrien.

In der Variante 2 sind zudem Massnahmen zum rascheren Aufbau von Nah- und Fernwärmenetzen und zum Anschluss an die Netze (u. U. inkl. Anschlusspflichten wie z. B. im Kanton ZH) möglich sowie Förderungen für die Erkundung und Erschliessung der mitteltiefen Geothermie unterstellt, um eine rasche Marktetablierung zu erreichen.

Tab. 3 Beschreibung der Instrumente und Massnahmen und deren Bezugsebenen (national, kantonal und lokal) im Vorschriftenszenario.

(Quelle: TEP, Ecoplan [1])

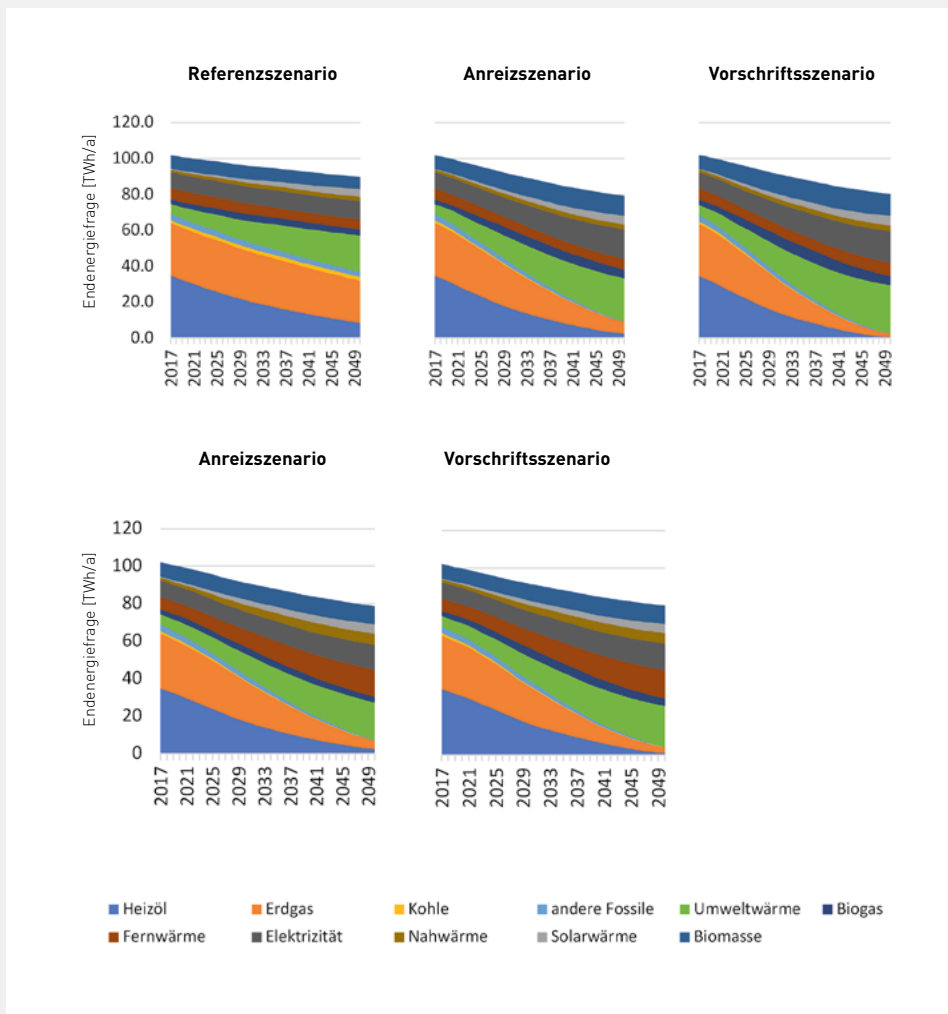


Fig. 2 Gesamtbilanz der Energienachfrage nach Technologien.

Oben: Variante 1 (vermehrte Einzelhauslösungen)

Unten: Variante 2 (stärkerer Ausbau Nah- und Fernwärme)

(Quelle: TEP Energy [1])

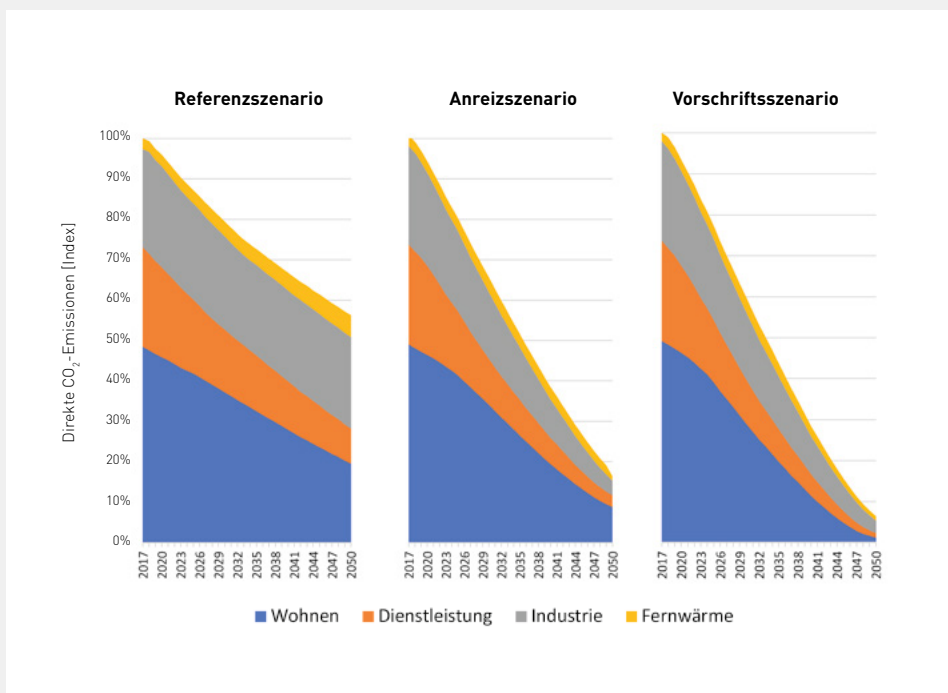


Fig. 3 Direkte CO₂-Emissionen in den drei Szenarien unterteilt auf die vier einzelnen Sektoren

(100% = 18,5 Mio. t CO₂).

(Quelle: TEP Energy [1])

vollständig erreicht werden. Grund dafür sind Härtefälle in Gebieten mit unzureichendem oder nicht wirtschaftlich nutzbarem lokalem Potenzial erneuerbarer Energien und *Lock-in-Effekte*¹ bei Investitionen in die Gasinfrastruktur. Als Härtefall wird die Situation bezeichnet, bei der eine alternative Heizung nur unter deutlich höherem finanziellem Aufwand realisiert werden könnte.

Betrachtet man die drei Szenarien bezogen auf die einzelnen Technologien, kommt klar heraus, dass sämtliche verfügbaren erneuerbaren Energieträger eingesetzt werden. Ihre Potenziale sind mehr als genügend gross, um das Netto-Null-Ziel bis 2050 zu erreichen. Keine der Technologien dominiert deutlich und keine Energiequelle steuert mehr als 20% zur Deckung der Wärmenachfrage bei. Der relativ hohe Elektrizitätsverbrauch geht einerseits auf den zunehmenden Einsatz von Wärmepumpen zurück und andererseits darauf, dass der Prozesswärmeverbrauch in der Industrie sich auch bis 2050 nicht ausreichend mit anderen erneuerbaren Energien abdecken lässt (Fig. 2).

Zusammenfassend kann bezüglich Treibhausgasen gesagt werden, dass im Referenzszenario die CO₂-Emissionen bis 2050 erst um 45% reduziert werden, im Anreizszenario doppelt so viel, nämlich um 88%, und im Vorschriftsszenario mit 98% fast vollständig.

Heute stösst der Haushaltssektor ungefähr gleich viel CO₂ aus wie Industrie- und Dienstleistungsgebäude zusammen. In den Dekarbonisierungsszenarien leistet der Haushaltssektor mit rund der Hälfte den grössten Beitrag zur CO₂-Reduktion, Industrie- und Dienstleistungssektor ungefähr je ein Viertel (Fig. 3).

BEDEUTUNG DER NAH- UND FERNWÄRME

GIS-AUSWERTUNG

Für die Dekarbonisierung braucht es also die Nutzung aller verfügbaren Energiequellen – auch die grossen ortsgebundenen Energiequellen, die sich nur mit Wärmenetzen erschliessen lassen. Zur Ermittlung geeigneter Abnehmer in der Nähe dieser Energiequellen wurde eine

¹ Unter Lock-in-Effekt versteht man generell in den Wirtschaftswissenschaften und speziell im Marketing die enge Kundenbindung an Produkte/Dienstleistungen oder einen Anbieter.

detaillierte Analyse in einem geografischen Informationssystem (GIS) erstellt. Damit wurden gebäudegenau jene Objekte identifiziert, die durch Cluster potenziell mit solchen Wärmenetzen verbunden werden können. Diese Cluster hängen zum einen von der Siedlungsstruktur und der Energieeffizienz der Gebäude und damit der Wärmedichte sowie den Distanzen und den Kosten der Verteilungen ab. Dabei wurden nur Cluster berücksichtigt, die mit vertretbaren maximalen Wärmeverteilungskosten erschlossen werden können. Diese maximalen Kosten wurden im Referenzszenario mit 4 bis 6 Rp./kWh angenommen (Variante «Tief» gemäss Tab. 4), in den Dekarbonisierungsszenarien bis 2050 mit 6 bis 8 Rp./kWh (Mittel gemäss Tab. 4).

AUSBAUPOTENZIAL NAH- UND FERNWÄRME

Die GIS-Auswertungen zeigen, dass bei mittleren Wärmeverteilungskosten insgesamt rund 50 bis 60% der Wärmenachfrage mit Nah- und Fernwärme abgedeckt werden könnten, in einzelnen Segmenten sogar über 80%. Dafür stehen auch entsprechend ausreichende ortsgebundene oder ortsungebundene Energiequellen zur Verfügung. Nah- und Fernwärme stehen aber auch in Konkurrenz zu erneuerbaren Einzelheizungen, weshalb der Anteil von heute rund 8% im Referenzszenario bis 2050 kaum ansteigt. In den Dekarbonisierungsszenarien steigt der Anteil bei erhöhtem Fernwärmeausbau auf 27%. Wenn berücksichtigt wird, dass der Aufbau der Erdgasnetze für einen solchen Anteil auch mehrere Jahrzehnte benötigte, wird ersichtlich, dass einerseits der Ausbau der Fernwärme sehr rasch und auch intensiv vorangetrieben werden muss. Denn dauert der Ausbau länger, kommt das Angebot zu spät und zu viele Gebäude haben bereits eine dezentrale Lösung. Unter Umständen zum Nachteil anderer Gebäudebesitzer und einer flächendeckenden Dekarbonisierung, da ein wirtschaftlicher Umstieg auf CO₂-freie Heizungen manchenorts nur mittels leitungsgebundener Energieträger möglich ist.

ABWASSER UND KVA-FERNWÄRME ALS ERSTE PRIORITÄT

Die detaillierten Untersuchungen zeigen ebenfalls, dass die Abwasserwärmenutzung dabei einen wesentlichen Beitrag leistet und 6,9 TWh/a abdecken kann (Tab. 5). Das ist ein Sechstel der Nah- und Fernwärme oder 7% des heutigen

	Tief	Mittel	Hoch
Energieverbund mit Potenzialzuordnung	18%	50%	60%
Energieverbund ohne Potenzialzuordnung	8%	6%	5%
Ausserhalb Energieverbund, mit Wärmepumpe	58%	36%	28%
Ausserhalb Energieverbund, ohne Wärmepumpe	16%	8%	6%
Total	100%	100%	100%

Tab. 4 Energienachfrage von Wärmeverbunden nach Potenzialverfügbarkeit (in Prozent) bei tiefen, mittleren und hohen Grenzkosten der Wärmeverteilung. (Quelle: TEP Energy [1])

Zuordnung zu den Wärmequellen, bivalente Brachtung (TWh)					
Wärmequelle	verfügbar	zugeordnet (nach Rangfolge Priorisierung)			
		a	b	c	d
KVA	6,8	6,3	6,3	6,3	6,3
ARA	7,5	6,9	6,9	6,9	6,9
EHS	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5
Seen	134,3	10,7	0,4	0,6	0,7
Fluss	27,3	6,8	12,5	0,3	0,7
Grundwasser	13,7	3,1	4,5	9,1	1,1
Geothermie	146,0	3,9	7,3	14,6	22,3
Rest (nicht zugeordnet)		4,2	4,3	4,3	4,2
Total	336	42,6	42,6	42,6	42,6

Tab. 5 Beitrag der orts- und infrastrukturegebundenen Energiequellen für Nah- und Fernwärme (bivalente Betrachtung, mittlere Grenzkosten der Wärmeverteilung, a-d). (Quelle: TEP Energy [1])

und 9% des Wärmeverbrauches im Jahr 2050 und damit etwas höher als die KVA-Fernwärme. Die restliche Deckung der Nah- und Fernwärme teilt sich auf Seen (a), Flüsse (b), Grundwasser (c) oder mitteltiefe Geothermie (d) auf, deren Anteil je nach Variante (a-d) der Priorisierung der Energieträger stark schwanken kann. Dabei wird von einer bivalenten Betrachtung ausgegangen, wobei die Spitzendeckung mit erneuerbaren Energien wie KVA-Abwärme, Holz, Biogas usw. gedeckt werden soll.

KOSTENWAHRHEIT UND SOZIALE FOLGEN

Die Dekarbonisierung des gesamten Wärmemarktes führt gesamtwirtschaftlich zu einer Zunahme der Wertschöpfung und 4000 Vollzeitäquivalenten. Die zusätzlichen Investitionen bis 2050 belaufen sich durchschnittlich für die Szenarien Anreiz und Vorschrift auf jährlich 2,2 Mia. Franken, dem stehen aber jährlich Kosteneinsparungen von 0,7 Mia. Franken gegenüber. Die 1,5 Mia. Franken Mehrkosten beinhalten nicht nur die direkten, sondern auch die indirekten Kosten wie den Ausbau der Stromnetze, Speicherung usw.

Umgerechnet führt dieser gesamte Mehraufwand für die Umstellung der Wärmeversorgung gemäss Studie pro Haushalt zu Mehrkosten von max. 200 Franken

pro Monat bei Einzelpersonen und 420 Franken bei Familien mit Kindern. Diese zusätzlichen Kosten (0,2–0,4% des Einkommens) belasten ärmere Haushalte im Verhältnis mehr als reichere Haushalte. Um dies wieder auszugleichen, stehen hier mit der CO₂-Abgabe bzw. deren Rückverteilung und mit der Ausgestaltung der Förderbeiträge zwei Instrumente zur Verfügung.

Quantitativ noch nicht berücksichtigt wurden in der Studie die begleitenden Nutzeneffekte und die Einsparungen an externen Kosten. Erstere betreffen z.B. erhöhten Wohnkomfort, Werterhaltung und -steigerung der Immobilien, besseren Schutz vor Lärm, Schadstoffen und Pollen durch den Einsatz von neuen Fenstern und Lüftungsanlagen mit Filtern. Des Weiteren führen geringere Luftbelastung und weniger Schadstoffe zu tieferen externen Kosten: im Gesundheitswesen z. B. zu weniger Krankheiten bzw. zu tieferen Krankenkassenprämien, in der Landwirtschaft zu geringeren Einbussen beim Pflanzenwuchs und dadurch zu mehr Einnahmen, bei den Immobilien zu weniger Gebäudeschäden usw.

FAZIT

Eine grosse Veränderung besteht darin, dass Nah- und Fernwärme stark ausge-

WELCHE RAHMENBEDINGUNGEN SIND NÖTIG?

Die Autorinnen und Autoren der Studie machen folgende Aussagen zu den Schritten, die für ein Erreichen des Dekarbonisierungszieles nötig sind:

- Die CO₂-Abgabe bis 2030 ist schrittweise auf 300 Fr./t CO₂ zu erhöhen, gekoppelt an ein «vorausschauendes» Verbot fossiler Heizungen. Dieses vorausschauende Verbot kann bspw. im Sinne einer befristeten Betriebsbewilligung wie folgt ausgestaltet werden: Jede neu installierte fossile Heizung erhält eine maximale Betriebsbewilligung von 20 Jahren und alle neu installierten und bestehenden fossilen Wärmeerzeuger sind bis spätestens Ende 2050 durch CO₂-freie Wärmeerzeuger zu ersetzen (ähnlich dem Verbot elektrischer Direktheizungen). Die CO₂-Abgabe erhält so die Aufgabe – unter Wahrung einer möglichst grossen Entscheidungsfreiheit und Freiheit bei der Technologiewahl – einen kostenoptimalen Pfad einzuschlagen und das «vorausschauende» Verbot garantiert die Einhaltung des Ziels.
- Die Ausnahmeregelungen der Befreiung von der CO₂-Abgabe für Unternehmen müssen restriktiver angewandt werden.
- Die kantonalen und kommunalen Energiekonzepte und Energieplanungen müssen rasch und zwingend neu auf das Netto-Null-Ziel ausgerichtet werden.
- Die Optimierung von Gebäudehüllen sowie der Ausbau thermischer Netze sind finanziell stärker zu fördern, z. B. durch zinslose Darlehen, Risikogarantien, rollierende Fonds, Konzessionen mit Zielvereinbarungen usw.
- Die Verfahrensabläufe für den Einsatz erneuerbarer Wärmetechnologien müssen stark vereinfacht werden.
- Die Aufklärung der Bevölkerung muss verstärkt sowie die Aus- und Weiterbildung von Fachkräften intensiviert werden. Hier obliegt auch den Branchen-/Fachverbänden eine grosse Verantwortung, entsprechende Angebote zu entwickeln, ihre Mitglieder aktiv zu unterstützen und entsprechendes Lobbying zu betreiben. Zudem sind sie oft die Schnittstelle zwischen Betreiber/Anbieter – Hersteller – Planer – und Bauherr/Bezüger.

baut werden, was in diesen Gebieten den Umstieg auf CO₂-arme Technologien erleichtert. Dieser Umstieg wird heute schon schweizweit durch die Stiftung Klimaschutz und CO₂-Kompensation KliK mit dem «Förderprogramm Wärmeverbunde» unterstützt, das beträchtliche Beiträge mit einem einfachen und raschen Bewilligungsverfahren ausrichten kann.

Um die Dekarbonisierung des Wärmemarktes, und dabei geht es letztendlich einzig um eine Stagnation der Erderwärmung bei +1,5 °C, zu erreichen, müssen alle an einem Strang ziehen. Das zeigen auch die Schlussfolgerungen der Studienautoren. Anpassungen sind nötig in der Politik und der Verwaltung auf Bundes-, Kantons- und Gemeinde-Ebene, aber auch

bei den Energieversorgungsunternehmen, der Industrie und nicht zuletzt auch bei den betroffenen Branchen bis hin zu jeder einzelnen Privatperson.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Jakob, M. et al. (2020): Erneuerbare und CO₂-freie Wärmeversorgung Schweiz. Schlussbericht von TEP Energy GmbH in Zusammenarbeit mit Ecoplan, im Auftrag der AEE Suisse und der Wärmeinitiative Schweiz WIS, Zürich. Zu beziehen bei www.aeesuisse.ch

> SUITE DU RÉSUMÉ

cise même qu'il est estimé à la moitié du besoin total en chaleur. Dans ce contexte, les sources d'énergie liées à un endroit précis (rejets de chaleur des UIOM, chaleurs des eaux usées, etc.) vont faire l'objet d'une attention toute particulière. L'élaboration rapide à l'échelle nationale de plans directeurs des énergies qui identifient des domaines intéressants pour les réseaux de chaleur et soient surtout réellement mis en œuvre est importante pour cette généralisation de la chaleur à proximité et à distance. On assiste ici à l'apparition d'un nouveau secteur d'activité, qui concerne aussi particulièrement les entreprises de distribution d'énergie fournissant de l'électricité, du gaz, etc.

pr | award | 2020

Machen Sie mit! – Partecipate! – Partecipate!

www.svgw.ch/praward
www.ssige.ch/praward-fr
www.ssiga.ch/praward-it



pr | award | Wasser

Lanciert im Jahr 2012 vom
 Schweizer Verein des Gas- und Wasserfachmannen
 Distributeurs d'eau romands
 Associazione A...