



Decatherm - Fossilfreie thermische Netze

Kurzfassung

Autoren:

Dominic Spescha, Dominic Müller, Michael Wild, Jürg Rohrer
Forschungsgruppe Erneuerbare Energien, IUNR, ZHAW Wädenswil

Subventionsgeberin:

Bundesamt für Energie BFE

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Link zum vollständigen Schlussbericht: <https://doi.org/10.21256/zhaw-2646>



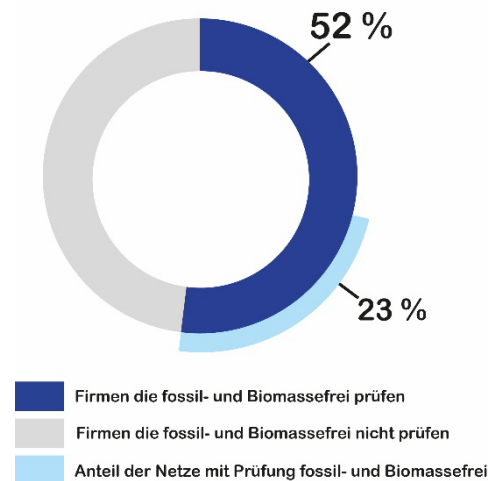
Fossilfreie thermische Netze in der Schweiz

Dieses Dokument fasst die Ergebnisse der Studie «DecaTherm – fossilfreie thermische Netze» in kurzer Form zusammen. In dieser Studie wurden Möglichkeiten zur Realisierung von thermischen Netzen untersucht, die vollständig auf erneuerbaren Energiequellen basieren. Der Einsatz von Biomasse (z. B. Holz oder Biogas) für die Wärmeerzeugung wurde aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit sowie der sinnvollerer Anwendung in schwer zu dekarbonisierenden Sektoren ausgeschlossen. Alle Details und Berechnungen können dem Schlussbericht entnommen werden.

Thermische Netze sind ein zentraler Baustein für die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung in der Schweiz. Das Potenzial bis 2050 wird je nach Studie auf 17 bis 22 TWh/a geschätzt¹. Dies entspricht etwa 30 bis 40 % des projizierten Gebäudewärmebedarfs. Heute werden oft fossile Brennstoffe zur Deckung von Spitzenlasten eingesetzt, mit einem Anteil von 17 bis 35 % an der Wärmeenergie². Dies würde bei einem «Weiter-wie-bisher» zu CO₂-Emissionen von bis zu 800'000 Tonnen CO₂ pro Jahr führen.

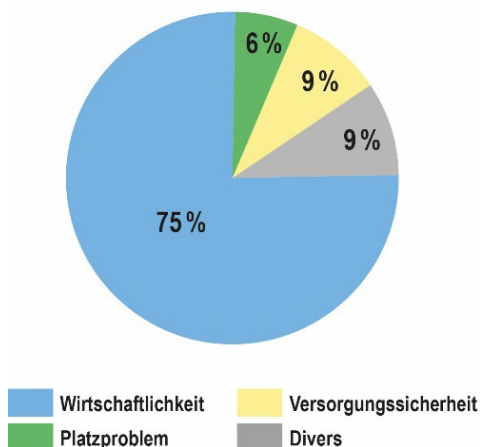
Fossil- und biomassefrei wird nur selten geprüft

Derzeit stellt die Umsetzung eines thermischen Netzes in bivalenter Ausführung (Grundlast erneuerbar und Spitzenlast fossil) den Standard dar. Eine fossil- und biomassefreie Variante wird hingegen meistens nicht in Betracht gezogen. Laut einer im Rahmen dieser Studie durchgeführten Befragung führen nur knapp die Hälfte aller Unternehmen eine Machbarkeitsstudie für eine vollständig fossilfreie Variante durch, und dies auch nur für weniger als die Hälfte ihrer thermischen Netze (siehe Abbildung rechts). Eine fossilfreie Variante wird somit nur bei jedem vierten Projekt geprüft.



Fossil- und biomassefreie thermische Netze in der Praxis

In der Schweiz gibt es bereits einige thermische Netze, die vollständig ohne fossile Energien und ohne Biomasse betrieben werden. Sie basieren in der Regel auf erneuerbaren Wärmequellen mit tiefem Temperaturniveau – wie Seewasser oder Abwärme – und nutzen Wärmepumpen zur Erzeugung der erforderlichen Vorlauftemperatur. Die begleitenden Factsheets zeigen konkrete Umsetzungsbeispiele aus der Praxis.



Wirtschaftlichkeit als Totschlagargument

Vollständig fossilfreie Wärmenetze sind heute technisch gut umsetzbar. Laut unserer Branchenumfrage wird in 75 % der Fälle mit Verweis auf die Wirtschaftlichkeit auf eine fossilfreie Spitzenlast verzichtet – oder sie wird gar nicht erst geprüft. Die Abbildung links zeigt die gegen fossilfreie Abdeckung der Spitzenlast genannte Gründe.

Dabei wird übersehen, dass es keine Alternative zur Dekarbonisierung gibt. Natürlich sind fossilfreie Varianten in vielen Fällen mit höheren Investitionen verbunden. Doch die fortgesetzte Nutzung fossiler Energien ist nicht zukunftsfähig – weder klimapolitisch noch langfristig wirtschaftlich.

Nutzung erneuerbarer Wärmequellen und Speicher in fossilfreien thermischen Netzen

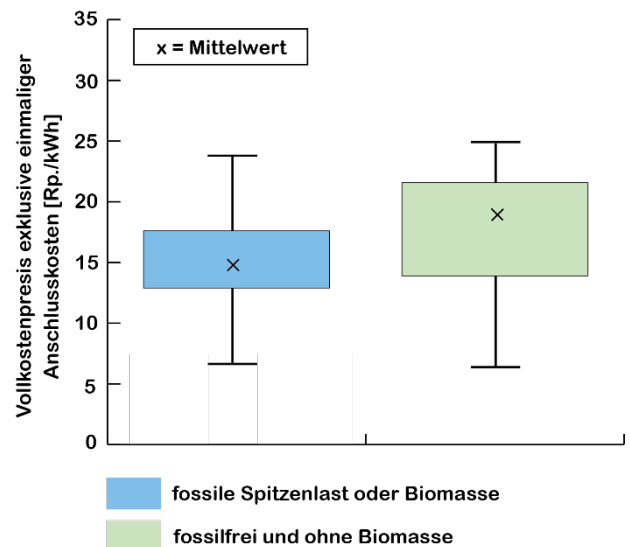
In den untersuchten fossilfreien Netzen kommen überwiegend Abwärme und Seewasser als Wärmequellen zum Einsatz. Die Vorlauftemperaturen werden dabei gezielt niedrig gehalten, um die Arbeitszahl der Wärmepumpen zu maximieren. In zentralen Wärmeerzeugungsanlagen werden teils Vorlauftemperaturen von unter 60 °C realisiert. Dann erfolgt die Warmwasseraufbereitung entweder dezentral oder durch das periodische Beladen lokaler Speicher mit temporär höheren Vorlauftemperaturen, etwa einmal täglich innerhalb eines definierten Ladefensters. Bei dezentralen Systemen (Anergienetze, kalte Fernwärme) wird lediglich die Umweltwärme bis zum Kunden transportiert und dort mittels Wärmepumpen auf die erforderliche Temperatur gebracht

Zur kurzzeitigen Deckung von Lastspitzen werden in bestehenden Netzen in der Regel sensible Speicher eingesetzt. In der Planung neuer Netze werden teilweise auch latente Speicher mit Phasenwechselmaterialien betrachtet, um die Energiedichte im Speicher zu erhöhen.

Kostenvergleich über den Lebenszyklus

Die Investitionskosten für eine fossilfreie Spitzenlastdeckung mit Wärmepumpen sind zwar höher als etwa bei einem Gaskessel. Entscheidend sind jedoch die Gesamtkosten über den Lebenszyklus: Bei tiefen Strompreisen kann die fossilfreie Variante sogar kostengünstiger sein.

Ein Vollkostenvergleich (ohne einmalige Anschlusskosten) zeigt: Die Preise der analysierten fossil- und biomassefreien Netze liegen im Durchschnitt nur rund 22 % höher als bei einer Vergleichsstichprobe bestehender thermischer Netze in der Schweiz, welche überwiegend auf Biomasse oder fossile Spitzenlasten setzen (siehe Abbildung rechts).



Kostensenkung durch eine Reduktion der Spitzenlast

Die Kosten einer fossilfreien Spitzenlastversorgung lassen sich senken, wenn Häufigkeit und Intensität von Lastspitzen reduziert werden. Dies erhöht die Auslastung der Wärmepumpen und verbessert damit ihre Wirtschaftlichkeit. Mögliche Ansätze dafür sind der verstärkte Einsatz von Wärmespeichern sowie betriebliche Optimierungen im thermischen Netzbetrieb.

In städtischen Gebieten stellt der begrenzte Platz eine besondere Herausforderung dar: Wärmepumpen benötigen mehr Raum als Gaskessel. Der Platzbedarf in der Energiezentrale kann jedoch durch dezentrale Speicherlösungen reduziert werden. Zusätzlich lässt sich Redundanz auslagern – etwa durch dezentrale Systeme oder mobile Heizlösungen, die bei Bedarf zur Verfügung stehen.

Wärmepumpen sind fast alternativlos

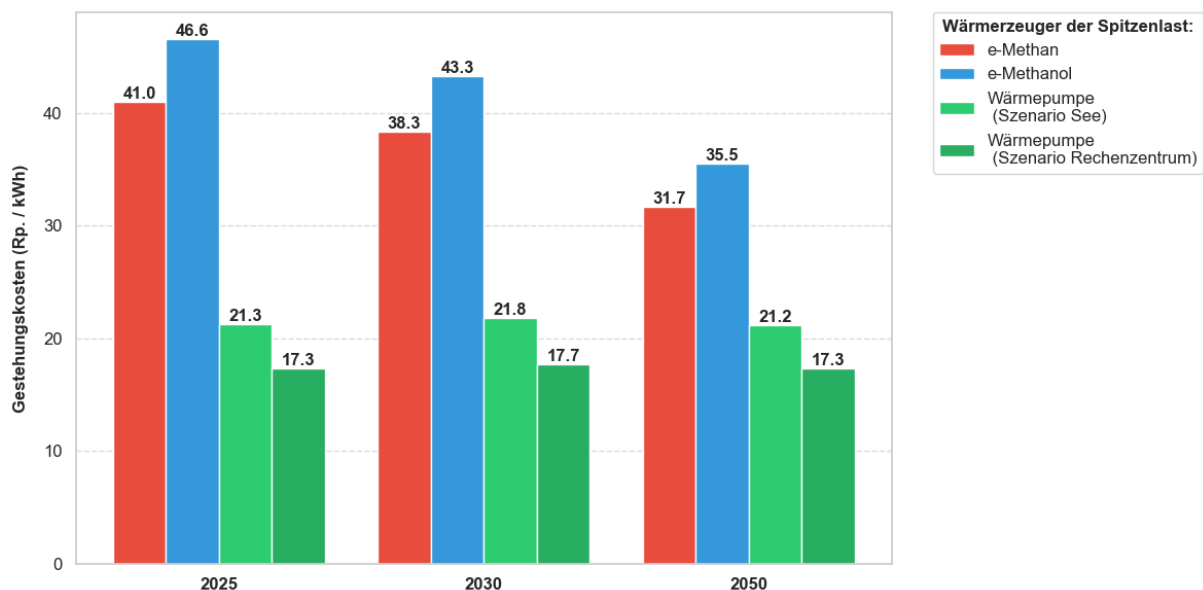
- Die Dekarbonisierung thermischer Netze mit erneuerbaren Wärmequellen und Wärmepumpen ist die ökonomisch und ökologisch sinnvollste Lösung.
- Holz und Biogas sind nur begrenzt verfügbar und sollten prioritär in schwer dekarbonisierbaren Sektoren eingesetzt werden, in denen hohe Temperaturen erforderlich sind.
- Synthetische Brennstoffe sind deutlich teurer: Für das Jahr 2050 wird erwartet, dass e-Methan rund zehnmal teurer ist als fossiles Methan – und somit weiterhin teurer als Wärmepumpenlösungen⁴.

Synthetische Brennstoffe: Teuer, kaum verfügbar und ökologisch zweifelhaft

Auf Basis erwarteter technologischer Entwicklungen wurden die Wärmegestehungskosten für eine fossilfreie Spitzenlastabdeckung mit verschiedenen Technologien für die Jahre 2025, 2030 und 2050 berechnet. In allen Fällen zeigt sich: Wärmepumpen sind die kostengünstigste Option.

Hinzu kommen Unsicherheiten beim Ausbau der heute noch sehr geringen Produktionskapazitäten synthetischer Brennstoffe, sowie das Risiko indirekter Emissionen, etwa durch den Schweizer Strommix. Die Treibhausgas-Emissionen von synthetischen Brennstoffen können – je nach Herkunft des Stroms – nahezu so hoch ausfallen wie bei fossilem Methan.

Ein Hoffen auf synthetische Brennstoffe als künftige Lösung entspricht faktisch einer „Weiter-wie-bisher“-Strategie und kann deshalb nicht empfohlen werden.



Berechnete Wärmegestehungskosten für die Spitzenlast (10% Anteil an Gesamtwärme, 2.5 MW Leistung) für verschiedene Wärmeerzeuger.

Abscheidung von CO₂ ist zu teuer und kaum realistisch an dezentralen Anlagen

Die Dekarbonisierung thermischer Netze durch CO₂-Abscheidung (CCS) ist technisch kaum umsetzbar, da die CO₂-Konzentration in den Abgasen gering ist und die Mengen unregelmässig und lokal begrenzt anfallen. Eine Abscheidung wäre deshalb – wenn überhaupt – nur indirekt über Direct Air Capture (DAC) realistisch. Die Kosten dafür sind jedoch sehr hoch und zukünftige Kostensenkungen ungewiss. Zudem bestehen grosse Unsicherheiten bezüglich Transportmöglichkeiten, sowie Verfügbarkeit und langfristiger Stabilität der unterirdischen CO₂-Lagerung.

Die derzeitige Kapazität von DAC ist völlig unzureichend: Im Jahr 2022 wurden weltweit weniger als 10'000 Tonnen CO₂ mittels DAC abgeschieden – im Vergleich zu den über 400'000 Tonnen CO₂, die allein durch die Verbrennung von Erdgas in Schweizer Wärmenetzen jährlich entstehen. DAC kann deshalb höchstens als letzter Schritt zur Kompensation von schwer vermeidbaren Restemissionen in Betracht gezogen werden – nicht als Ersatz für eine konsequente Umstellung auf fossilfreie Wärmequellen.

Schlussfolgerung und Empfehlung

- Von einer „Weiter-wie-bisher“-Strategie mit fossiler Spitzenlastabdeckung und der Hoffnung, diese künftig durch CO₂-neutrale Brennstoffe oder CCS zu dekarbonisieren, wird dringend abgeraten. Diese Strategie ist mit grossen Unsicherheiten verbunden und würde mit hoher Wahrscheinlichkeit mehr Kosten verursachen als der frühzeitige Umstieg auf eine fossilfreie Lösung.
- Eine fossil- und biomassfreie Spitzenlastabdeckung ist bereits heute technisch gut umsetzbar, wie zahlreiche Praxisbeispiele zeigen. Wird eine niedertemperierte Wärmequelle genutzt, besteht zudem die Option zur Kühlung im Sommer – ein Vorteil, der angesichts des Klimawandels zunehmend an Bedeutung gewinnt.
- Neue thermische Netze sollten konsequent ohne Treibhausgasemissionen geplant und umgesetzt werden.
- Bestehende Netze sollten gezielt auf eine fossilfreie Umstellung vorbereitet werden – durch technische, betriebliche und planerische Massnahmen.

Quellen:

- (1) Der Bundesrat. *Potential von Fernwärme- und Fernkälteanlagen*; 2021. <https://www.news.admin.ch/newsd/message/attachments/69676.pdf>.
- (2) Bucher, D.; Steingruber, P. *Der Markt Für Erneuerbare Energieprodukte 2021*; Der Markt für erneuerbare Energieprodukte 2021; Bundesamt für Energie BFE: Bern, 2023. <https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/11341>.
- (3) Powis, C. M.; Smith, S. M.; Minx, J. C.; Gasser, T. Quantifying Global Carbon Dioxide Removal Deployment. *Environ. Res. Lett.* 2023, 18 (2), 024022. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/acb450>.
- (4) Prognos. *Kosten und Transformationspfade für strombasierte Energieträger*. Prognos. <https://www.prognos.com/de/projekt/kosten-und-transformationspfade-fuer-strombasierte-energie-traeger> (accessed 2025-01-20).
- (5) Bundesamt für Energie BFE. *Gebäudepark 2050 - Vision Des BFE*, 2023. <https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/8985>.
- (6) Stres, A.; Nussbaumer, B. *Weissbuch Fernwärme Schweiz - VFS Strategie*, 2014. <https://docplayer.org/113847109-Weissbuch-fernwaerme-schweiz-vfs-strategie-langfristperspektiven-fuer-erneuerbare-und-energieeffiziente-nah-und-fernwaerme-in-der-schweiz.html>.
- (7) Hauber, G. Norway's Sleipner and Snøhvit CCS: Industry Models or Cautionary Tales? *Inst. Energy Econ. Financ. Anal. IEEFA* 2023.