



Bern, 17. Dezember 2021

Potenzial von Fernwärme- und Fernkälteanlagen

Bericht des Bundesrates in Erfüllung des
Postulates 19.4051, FDP-Liberale Fraktion,
18. September 2019

Aktenzeichen: BFE-042.16-127/5



Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	3
Zusammenfassung.....	4
1 Das Postulat 19.4051	6
2 Ausgangslage und Zielsetzung.....	7
2.1 Thermische Netze als Überbegriff für Wärme- und Kältenetze.....	7
2.2 Netto-Null Klimaziel 2050.....	7
2.3 Entwicklung des Wärme- und Kältebedarfs	8
3 Thermische Netze in der Schweiz.....	9
3.1 Statistiken zur Fernwärmeproduktion.....	9
3.2 Die Nutzung verschiedener Wärmequellen.....	10
3.3 Vorteile von thermischen Netzen	12
4 Rechtliche Rahmenbedingungen.....	14
4.1 Kompetenzausscheidung zwischen Bund, Kantonen und Gemeinden	14
4.2 Raum- und Energieplanung.....	15
4.3 Gesetzliche Vorgaben für den Bau und Betrieb der thermischen Netze	16
4.4 Rechtsbeziehung zwischen der Standortgemeinde und dem Energieversorgungsunternehmen.....	18
4.5 Förderung von thermischen Netzen	19
5 Das Potenzial thermischer Netze	20
5.1 Technisches Potenzial.....	20
5.2 Ökologisches Potenzial	21
5.3 Wirtschaftliches Potenzial	22
6 Hemmnisse beim Ausbau thermischer Netze.....	26
7 Vergleich mit dem Ausland.....	29
7.1 Dänemark	29
7.2 Österreich	30
7.3 Niederlande	31
7.4 Deutschland: München	31
8 Handlungsoptionen	33
9 Schlussfolgerungen	37
10 Literaturverzeichnis.....	39
11 Anhang	41

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Wärmequellen für thermische Netze	10
Tabelle 2: Beispiele der Nutzung von verschiedenen Wärmequellen.....	10
Tabelle 3: Vorteile thermischer Netze	12
Tabelle 4: Technisches Potenzial von thermischen Netzen gemäss Weissbuch Fernwärme von 2014/20	
Tabelle 5: Entwicklung des Fernwärmebedarfs gemäss Energieperspektiven 2050+	22
Tabelle 6: Übersicht zu den geschätzten Wärmegestehungskosten für Mehrfamilienhäuser beim Heizungsersatz	24
Tabelle 7: Von verschiedenen Akteuren formulierte Hemmnisse	26
Tabelle 8: Bereits bestehende bundesrechtliche Massnahmen	41

Zusammenfassung

Die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung ist für die Erreichung des Klimaziels Netto-Null bis 2050 entscheidend. Die Gebäude verursachen rund einen Drittel der schweizweiten CO₂-Emissionen. 15 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr entstehen allein durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe. Davon werden 11 Millionen Tonnen CO₂ durch die Komfortwärme (Raumheizung und Warmwasser) verursacht. Rund zwei Drittel aller Gebäude werden immer noch mit fossilen Brennstoffen oder «direkt» elektrisch beheizt. Der Wärmebedarf beträgt in der Schweiz heute rund 100 TWh. Davon gehen 75 TWh zulasten der Komfortwärme. Gemäss Energieperspektiven 2050+ kann der Wärmebedarf bis 2050 auf 70 bis 80 TWh sinken, dafür wird mit dem Klimawandel der Kältebedarf auf rund 2,8 TWh ansteigen. Dies hat einen grossen Einfluss auf das Entwicklungspotenzial der Fernwärme und der Fernkälte.

Die Schweiz verfügt über ein grosses technisch nutzbares Potenzial an erneuerbarer Wärme sowie an ungenutzter nicht vermeidbarer Abwärme. Die Wärme-Ressource und der Bedarf sind oft räumlich getrennt. Thermische Netze nutzen die Wärme in Flüssen, Seen, Grund- und Tiefenwasser und sie transportieren die vorhandene Abwärme zu den Wärmenutzern. Mit dem Zubau thermischer Netze kann die Komfortwärme rasch dekarbonisiert werden. Durch eine vorausschauende Nutzungsplanung kann das ökologisch und wirtschaftlich nutzbare Potenzial erhöht werden. Sofern die Wärmedichte respektive die Anschlussdichte ans thermische Netz ausreichend hoch ist, haben thermische Netze gegenüber individuellen Heizungen meist ökonomische, energetische und ökologische Vorteile. Gemäss der Gesamtenergiestatistik des Bundesamtes für Energie (BFE) lieferten die grossen Fernwärmenetze im Jahr 2020 rund 5,9 TWh Wärme. Der Verband Fernwärme Schweiz geht von rund 8,4 TWh Wärme im Jahr 2019 aus, welche über alle Typen von thermischen Netzen zu den Wärmenutzern transportiert wurden. Das realisierbare Potenzial für die Wärmeversorgung über thermische Netze liegt je nach Studie zwischen 17 und 22 TWh pro Jahr.

Thermische Netze erfordern hohe Investitionen. Für den wirtschaftlichen Betrieb braucht es zudem eine hohe Wärmedichte. Der Wärmebedarf pro Fläche muss ausreichend hoch sein und die Gebäude auf dieser Fläche müssen auch ans thermische Netz angeschlossen werden. Bei der Planung ist die Entwicklung des Wärmebedarfs zu berücksichtigen. Aus Sicht der Gebäudeeigentümerinnen und Gebäudeeigentümer sind – im Rahmen der kantonal unterschiedlichen gesetzlichen Zulässigkeit - die Wärmegesamtkosten der verschiedenen Heizungssysteme relevant. In einem gewissen Masse werden auch ökologische Kriterien, der nötige Platzbedarf und Servicedienstleistungen bewertet. Auch Fragen rund um Anreize und Kostenverteilung zwischen Vermieterinnen und Vermietern sowie Mieterinnen und Mietern haben einen Einfluss auf die Attraktivität zum eventuellen Anschluss an ein thermisches Netz. Um den wirtschaftlichen Betrieb zu gewährleisten, haben verschiedene Kantone eine gesetzliche Grundlage geschaffen, damit die Gemeinden eine Anschlusspflicht vorsehen können, sofern die Wärme zu technisch und wirtschaftlich zumutbaren Bedingungen angeboten wird. Der Bundesrat empfiehlt allen Kantonen, diesem Beispiel zu folgen.

Die bereits gebauten thermischen Netze haben die besten Voraussetzungen für tiefe Wärmegestehungskosten respektive tiefe Wärmeverkaufspreise für Gebäudeeigentümerinnen und Gebäudeeigentümer. Besonders attraktiv ist die Nutzung der Abwärme aus Kehrrechtverbrennungsanlagen. Diese machte 2020 rund 80 Prozent der durch das Bundesamt für Energie (BFE) erfassten 5,9 TWh Fernwärme aus. Der weitere Ausbau an thermischen Netzen und die damit verbundene zusätzliche Nutzung von erneuerbaren Wärmequellen wird dazu führen, dass die durchschnittlichen Wärmekosten pro Kilowattstunde der mittels thermischem Netz transportierten Wärmeenergie ansteigen. Das kann teilweise durch Förderbeiträge oder CO₂-Kompensationszahlungen reduziert werden. Thermische Netze sind unter anderem in Gasrückzugsgebieten eine gute Option. Gasversorgungen wurden oft dort ausgebaut, wo die Wärmedichte besonders hoch bzw. der verfügbare Platz gering und teuer ist. Diese Transformation ist in Wohngebieten nötig, weil zukünftig nicht ausreichend Biogas oder erneuerbares synthetisches Gas für die Komfortwärme zur Verfügung stehen wird. Die Eigentümer der Gasversorgungsbetriebe sollten hier mit einer geeigneten Eigentümerstrategie entscheidend zur Dekarbonisierung beitragen.

Der vorliegende Bericht zur Erfüllung des Postulats 19.4051 prüft das realisierbare Potenzial für die Wärmeversorgung mit thermischen Netzen und leitet daraus mögliche Handlungsoptionen für deren Ausbau ab. Die Zuständigkeit des Bundes ist im Bereich der thermischen Netze allerdings beschränkt, da gemäss Bundesverfassung v.a. die Kantone für die Gebäude zuständig sind. Der Bund kann jedoch im Energie- oder Raumplanungsgesetz gewisse grundsätzliche Stossrichtungen festschreiben, im CO₂-Gesetz Fördermassnahmen implementieren oder mit Lenkungsabgaben marktwirtschaftliche Entscheidungen anstreben. Den Gemeinden kommt beim Ausbau der thermischen Netze eine Schlüsselrolle zu. Sie können in der räumlichen Energieplanung Potenziale prüfen, Sondernutzungspläne erarbeiten und behördenverbindliche Ziele definieren. Eine langfristige Planung trägt dazu bei Fehlinvestitionen zu vermeiden. Die Kantone haben mit der MuKE 2014 und dem freiwilligen Modul 10 harmonisierte Anforderungen an die kantonale und kommunale Energieplanung festgehalten. Der Bundesrat empfiehlt allen Kantonen, die Inhalte der MuKE in ihre kantonale Energiegesetzgebung zu übernehmen.

1 Das Postulat 19.4051

Das Postulat 19.4051 mit dem Titel «Auslegeordnung zum Potenzial von Fernwärme- und Fernkälteanlagen» wurde am 18. September 2019 von der FDP-Liberale Fraktion im Nationalrat eingereicht.

Eingereichter Text

Im Hinblick auf die Erreichung der Ziele der Energiestrategie 2050 und der angekündigten Netto-null-Emissionen bis 2050 wird der Bundesrat aufgefordert, in einem Bericht das Potenzial von Fernwärme- und Fernkälteanlagen aus erneuerbaren Energien zur Reduktion von CO₂-Emissionen und zur Sicherung der Energieversorgung aufzuzeigen. Dabei soll er auch darlegen, wie dieses Potenzial in der Schweiz besser ausgeschöpft werden kann, welche Rolle dabei den Kantonen und Gemeinden, insbesondere den städtischen Energieversorgern, zukommt und was die aktuellen Hindernisse sind. Teil dieser Auslegeordnung sollen Vergleiche mit dem Ausland, die Aufgabenteilung zwischen Bund, Kantonen und Gemeinden, die überregionale räumliche Koordination bei der Planung und Umsetzung von Energieinfrastrukturanlagen sowie weitere Interessenkonflikte wie auch die regulatorischen Rahmenbedingungen sein.

Begründung

Fernwärmeanlagen ermöglichen über die Nutzung von Abwärme und erneuerbaren Energien das Bereitstellen von Wärme und von Kälte für Haushalte und Industrie mit deutlich weniger CO₂-Emissionen. Fernwärme- und Fernkälteinfrastrukturen sind darum ein wichtiges Element zur Erreichung der ambitionierten Ziele der Energiestrategie 2050 und des neu angekündigten Zieles für Netto-null-Emissionen bis 2050. Jedoch ist weiterhin unklar, wie gross das Potenzial dieser Technologie wirklich ist. Das liegt unter anderem daran, dass weiterhin eine umfassende Statistik zum Verbrauch, zu den CO₂-Emissionen oder den eingesetzten Energieträgern in der Fernwärmeindustrie fehlt. Der Bundesrat wird darum aufgefordert, eine umfassende Untersuchung der Ausgangslage in Zusammenarbeit mit den betroffenen Akteuren durchzuführen. Teil dieser Untersuchung müssen die regulatorischen Hindernisse wie auch die Herausforderungen bei der Aufgabenteilung zwischen dem Bund, den Kantonen und Gemeinden sein. Schliesslich liegt es auch am Bundesrat aufzuzeigen, welche Handlungsoptionen daraus resultieren und wo es primär Verbesserungen am heutigen System benötigt, um das bestehende Potenzial besser auszuschöpfen.

Antwort des Bundesrats

Der Bundesrat beantragte am 6. November 2019 die Annahme des Postulats. Entsprechend verzichtete er auf eine weitere Stellungnahme.

Behandlung im Rat

Der Nationalrat nahm das Postulat am 20. Dezember 2019 an.

2 Ausgangslage und Zielsetzung

2.1 Thermische Netze als Überbegriff für Wärme- und Kältenetze

Ein thermisches Netz ist eine Infrastruktur, welche mehrere Gebäude mit thermischer Energie versorgt. Es ist eine leitungsgebundene Wärme- und/oder Kälteversorgung von Kundinnen und Kunden über Wasser, wobei die Wärmeenergie aus unterschiedlichen Energiequellen stammen kann. Der Begriff umfasst Wärmeverbände jeglicher Art, von der klassischen Fernwärme, über Nahwärme, Kältenetze bis zu «Quellen-Verbänden». Beim Quellen-Verbund liefert der Netzbetreiber die Energie auf der Temperatur seiner Energiequelle und die Wärmekundinnen und -kunden sind für die Umwandlung auf Nutztemperatur verantwortlich, in dem sie eine eigene Wärmepumpe installieren. Quellen-Verbände gibt es in der Schweiz mit See-, Grund- oder Tunnelwasser. Im Gegensatz zur Strom- und Gasversorgung gibt es im Bereich der Fernwärme und Fernkälte keine schweizweit zusammenhängenden Verteilnetze. Die thermischen Netze sind meist in Städten, Agglomerationen und Gemeinden lokalisiert und jedes thermische Netz ist hinsichtlich den geografischen Gegebenheiten, hinsichtlich Grösse, Leistung, Abnehmer und Energie ein Unikat. Eine einheitliche Regulierung analog zum Stromversorgungsgesetz oder zum vorgesehenen Gasversorgungsgesetz ist bei den thermischen Netzen nicht möglich.

Bei thermischen Netzen unterscheidet man sowohl bei der Netzeinspeisung wie auch beim Wärme- und Kältebezug zwischen einer direkten und indirekten Nutzung. Die direkte Netzeinspeisung ist abhängig von der Temperatur, bei welcher die Wärme im thermischen Netz transportiert wird. Wärme aus der Verbrennung oder deren Nutzung in Wärme-Kraft-Kopplungs-Prozessen, Wärme aus der Tiefengeothermie sowie Abwärme aus industriellen Hochtemperatur-Prozessen kann oft direkt (über einen Wärmetauscher) ins thermische Netz eingespeist werden. Bei anderen Wärmequellen wie Tunnel- und Thermalwasser, Grundwasser, Seen und Flüssen sowie Wärme aus Erdwärmesonden muss die Wärme entweder beim Wärmelieferanten oder beim Wärmebezüger mittels Wärmepumpe auf das für die Nutzung nötige Temperatur-Niveau gebracht werden. Niedertemperatur-Wärmenetze haben weniger Energieverluste. Gleichzeitig können Synergien bei der Wärme- und Kältebereitstellung genutzt werden. Dank Wärmeverteilung auf tiefem Temperaturniveau können gewisse thermische Speicher und alternative Wärmequellen wirtschaftlicher eingebunden werden.

2.2 Netto-Null Klimaziel 2050

Um das Netto-Null Ziel bis 2050 zu erreichen, müssen auch im Wärmebereich alle Potenziale ausgeschöpft werden. Die Wärmeversorgung macht heute in der Schweiz rund 45 Prozent des Energieverbrauchs aus und verursacht mehr als 35 Prozent der gesamten CO₂-Emissionen. 2019 betrug die CO₂-Emissionen des Wärmebereichs rund 16,8 Millionen Tonnen CO₂. Den grössten Anteil davon hatte mit 11,2 Millionen Tonnen CO₂ der Gebäudebereich.¹ Die Komfortwärme wird grösstenteils mit fossilen Energieträgern gedeckt. Sie macht den grössten Teil des Verbrauchs an Wärmeenergie aus. Ein grosses Potenzial liegt deshalb bei der Raumwärme, wo fossil betriebenen Heizungssysteme durch erneuerbare Wärmeerzeuger zu ersetzen sind.

Heute sind in der Schweiz noch immer rund 900'000 mit fossilen Energieträgern betriebene Heizsysteme in Betrieb. Bei einer durchschnittlichen Lebensdauer von 20 Jahren müssten jährlich rund 45'000 fossil betriebene Heizungen durch erneuerbare Heizsysteme ersetzt werden. 2020 konnte zwar mit rund 28'000 verkauften Wärmepumpen ein klarer Trend bei den erneuerbaren Heizungen festgestellt werden.² Gleichzeitig wurden aber auch rund 20'000 neue fossil betriebene Heizungsanlagen installiert und rund 9'000 fossile Brenner ausgewechselt. Erneuerbare Heizungen werden vorwiegend in Neubauten und als Ersatz bestehender fossil betriebenen Heizungsanlagen in Ein- und kleinen Mehrfamilienhäusern installiert. Bei grösseren Mehrfamilienhäusern ist der Wechsel von fossil betriebenen zu erneuerbaren Heizsystemen oft eine grössere Herausforderung, da dort vermehrt bauliche Hürden auftreten können.

Der Zu- und Ausbau der thermischen Netze spielt bei der Dekarbonisierung der Wärmeversorgung eine wichtige Rolle. Die Wärmeversorgung über ein thermisches Netz erlaubt die räumliche Trennung zwischen der Wärmebereitstellung und dem mit Wärme versorgten Gebäude. Dies hat zur Folge,

¹ Bundesamt für Umwelt (BAFU): *Treibhausgasinventar 2019*. Ittigen 2020.

² Angaben gemäss GebäudeKlima Schweiz.

dass im Gebäude im Vergleich zum Heizsystemwechsel keine grossen baulichen Anpassungen notwendig werden und auch kaum zusätzlicher Platz zur Verfügung stehen muss. Somit bieten thermische Netze, die einen hohen Anteil an CO₂-neutraler Wärme transportieren, auch für Gebäude mit komplexeren baulichen Ausgangslagen eine zuverlässige und wirtschaftlich tragbare Lösung.

2.3 Entwicklung des Wärme- und Kältebedarfs

In den Energieperspektiven 2050+ hat das Bundesamt für Energie (BFE) verschiedene Szenarien berechnen lassen, die aufzeigen, wie das Netto-Null Klimaziel bis 2050 erreicht und weiterhin eine sichere Energieversorgung gewährleistet werden kann.³ Die Energieperspektiven 2050+ arbeiten mit Szenarien, welche mögliche Entwicklungspfade beschreiben. Sie sagen jedoch nichts über die Wahrscheinlichkeit aus, ob ein Szenario genauso eintreffen wird oder ob ein Entwicklungspfad wahrscheinlicher ist als der andere. Es sind also auch andere technologische Entwicklungspfade denkbar. Im Zentrum der Energieperspektiven 2050+ steht das Szenario «ZERO Basis», mit dem bis 2050 das Netto-Null-Ziel erreicht wird. Drei weitere ZERO-Varianten bilden unterschiedliche technologische Pfade ab, wie etwa eine unterschiedliche Ausprägung der Elektrifizierung oder der biogenen und synthetischen Brenn- und Treibstoffe. Als Vergleich dient das Szenario «Weiter wie bisher», das auf den bis Ende 2018 in Kraft gesetzten Massnahmen und Instrumenten der Energie- und Klimapolitik basiert und den autonomen technischen Fortschritt ohne zusätzliche politische Massnahmen abbildet. Alle Szenarien gehen von einer wachsenden Bevölkerung und einem steigenden Bruttoinlandprodukt (BIP) aus. Gemäss dem Bundesamt für Statistik (BFS) wächst die Bevölkerung der Schweiz in den kommenden drei Jahrzehnten und wird sich weiter im Einzugsgebiet der Agglomerationen konzentrieren.

In den Energieperspektiven 2050+ wird unterstellt, dass in Kooperation mit der Weltgemeinschaft der Klimawandel beschränkt werden kann. Dennoch führen die ändernden Klimabedingungen zu einer leichten Verringerung des Wärmebedarfs im Winter und zu einem steigenden Kühlbedarf im Sommer. Die starke Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudepark sowie Effizienzsteigerungen in der Industrie führen zu einer starken Verringerung des Wärmebedarfs. Der Wärmebedarf von heute rund 100 TWh pro Jahr nimmt gemäss den Szenarien bis 2050 auf 70 bis 80 TWh pro Jahr ab. Einen starken Rückgang zeigt die Raumwärme mit einer Abnahme von rund minus 30 Prozent sowie die Prozesswärme mit rund minus 25 Prozent. Auch beim Warmwasser zeigt sich eine Reduktion von minus 10 bis 15 Prozent. Die abnehmende Wärmenachfrage ist bei der Energieplanung und Bewertung der für thermische Netze geeigneten Gebiete zu berücksichtigen.

Gemäss Energieperspektiven 2050+ steigt in allen Szenarien auch der Energieverbrauch zur Deckung des Kältebedarfs an. 2020 wurden rund 2,4 TWh Kälte erzeugt. Gemäss Energieperspektiven 2050+ erhöht sich dieser Kältebedarf bis 2050 auf 2,8 TWh. Die Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa) geht von einem noch stärkeren Anstieg des Kühlenergiebedarfs aus: «Geht man von einem extremen Szenario aus, bei dem die gesamte Schweiz auf Klimaanlage angewiesen wäre, würde bis Mitte des Jahrhunderts fast genauso viel Energie zum Kühlen wie zum Heizen benötigt. In Zahlen ausgedrückt, entspricht dies etwa 20 TWh pro Jahr für das Heizen und 17,5 TWh für das Kühlen. Die benötigte Kühlenergie wurde technologieunabhängig berechnet. Falls diese mittels Umkehr eines Wärmepumpen-Prozesses beispielsweise mit COP 3 für das Kühlen bereitgestellt wird, beträgt der Elektrizitätsbedarf für 17,5 TWh Kühlenergie entsprechend etwa 5,8 TWh».⁴ Im Forschungsprojekt ClimBau der Hochschule Luzern wurde der Energiebedarf heutiger Wohnbauten bis ins Jahr 2100 untersucht.⁵ Die Forscherinnen und Forscher gehen ebenfalls von einem stark steigenden Kältebedarf aus, verweisen aber darauf, dass der Bedarf bei älteren Gebäuden mit kleinen Fensteranteilen bedeutend geringer ausfallen werde als bei neueren Bauten mit grossen Fensterflächen. Der Kühlmehrbedarf kann durch bauliche Massnahmen reduziert werden. Zudem müsse der sommerliche Wärmeschutz (Verschattung der Fensterflächen) und die Planung einer Nachtauskühlung bei Neubauten stärker berücksichtigt werden.

³ Prognos AG, INFRAS AG, TEP Energy GmbH u. Ecoplan AG im Auftrag des Bundesamtes für Energie (BFE): *Energieperspektiven 2050+*. Kurzbericht. Ittigen 2020.

⁴ Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa). *Immer mehr Energie für die Kühlung*. Medienmitteilung vom 18.05.2021.

⁵ Hochschule Luzern (HLSU) im Auftrag des Bundesamtes für Energie (BFE): *ClimaBau – Planen angesichts des Klimawandels. Energiebedarf und Behaglichkeit heutiger Wohnbauten bis ins Jahr 2100*. Ittigen 2017.

3 Thermische Netze in der Schweiz

3.1 Statistiken zur Fernwärmeproduktion

Der Verband Fernwärme Schweiz befragt jährlich seine Mitglieder über die produzierte und verkaufte Wärme. 2019 produzierten die Verbandsmitglieder 8,1 TWh Wärme und verkauften davon bei einem Wärmeverlust von 12 Prozent rund 7,2 TWh an ihre Kundinnen und Kunden. Der Verband ergänzt die erhobenen Daten mit Angaben des Verbands Holzenergie Schweiz, welcher seinerseits für 2019 rund 1,2 TWh Fernwärme aus Holzfeuerungen erfasste. Unter Berücksichtigung der Fernwärme aus Holzfeuerungen geht der Verband Fernwärme Schweiz von einem Wärmeverkauf von 8,4 TWh im 2019 aus. Abwärme aus Kehrrechtverbrennungsanlagen ist mit 34,5 Prozent die wichtigste Wärmequelle, gefolgt von Holz mit 30 Prozent, Erdgas mit 21,3 Prozent, weitere erneuerbarer Wärme mit 7,3 Prozent, Abwärme von Kernkraftwerken mit 4,8 Prozent und Heizöl mit 2,1 Prozent.⁶

In der Gesamtenergiestatistik des Bundesamtes für Energie (BFE) werden die grossen Fernwärme-Netzbetreiber erfasst.⁷ Diese werden jährlich zu ihren Produktions- und Verkaufszahlen befragt. Der Fokus der Erhebung liegt in der Integration der Fernwärme in die nationale Energiebilanz. Da thermische Netze Wärme aus verschiedenen Energiequellen transportieren können, würde die vollständige Erfassung der Energieträger eine jährliche Befragung aller Betreiber von thermischen Netzen bedingen. Die Gesamtenergiestatistik fokussiert jedoch auf die Erfassung der Energieträger in der gesamten Energiebilanz und zielt nicht auf die Abbildung der unterschiedlichen Verteilstrukturen. Der Energiebedarf für die Bereitstellung von Wärme für Nahwärme- und Arealnetze wird beim Energieverbrauch der jeweilig eingesetzten Energieträger ausgewiesen, beispielsweise beim Holz- oder Gasverbrauch. Gemäss der Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000–2019 nach Verwendungszwecken hatte die Fernwärme 2019 einen Anteil von 6 Prozent an der Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser im Gebäudebereich.⁸ 2020 betrug der Endverbrauch Fernwärme 5,9 TWh, die Kehrrechtverwertungsanlagen hatten einen Anteil von rund 80 Prozent an der Fernwärmeproduktion. Darin enthalten ist allerdings auch der Eigenbedarf an Wärme der Kehrrechtverwertungsanlagen. Weiter tragen Gas mit 11 Prozent, Holz mit 5 Prozent und die Abwärme von Kernkraftwerken mit 2 Prozent zur Produktion der Fernwärme bei. Weitere Energieträger wie Heizöl oder Elektrizität werden ebenfalls in geringem Umfang eingesetzt. Wird die Wärme mit Wärmekraftkopplungsanlagen bereitgestellt, wird zusätzlich noch Strom erzeugt.

Im Rahmen des Programms «thermische Netze 2016–2020» von EnergieSchweiz wurde eine Liste an thermischen Netzen erstellt und georeferenziert.⁹ Die dabei erfassten thermischen Netze lieferten 2020 rund 8,3 TWh Wärme aus Abwärme, erneuerbaren Energien und fossilen Brennstoffen. 2020 konnten bereits 1'037 thermische Netze erfasst werden.¹⁰ Rund die Hälfte des gesamten Wärmeabsatzes der erfassten thermischen Netze stammt aus der Nutzung der Abwärme von Kehrrechtverbrennungsanlagen und rund 30 Prozent aus Holzschnitzelwärmeverbänden. Abwärme aus Abwasserreinigungsanlagen, Wärme aus See- und Grundwasser sowie Erdwärmesonden hatten einen Anteil von rund 13 Prozent. 7 Prozent stammte aus der Verbrennung von Wärme-Kraft-Kopplungsprozessen mit fossilen Brennstoffen, 3 Prozent aus industrieller Abwärme und je 1 Prozent aus Wärmeverbänden mit Pellets und Stückholz sowie aus der Abwärme des Kernkraftwerks Beznau.

⁶ Verband Fernwärme Schweiz: *Jahresbericht 2020*. Bern 2021.

⁷ Bundesamt für Energie (BFE): *Gesamtenergiestatistik 2020*. Ittigen 2021.

⁸ Prognos AG, INFRAS AG u. TEP Energy GmbH im Auftrag des Bundesamtes für Energie (BFE): *Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000 - 2019 nach Verwendungszwecken*. Ittigen 2020.

⁹ Geoportail des Bundes: map.geo.admin.ch

¹⁰ EnergieSchweiz: *Liste «Thermische Netze». Auswertungsbericht 2020*. Ittigen 2021.

3.2 Die Nutzung verschiedener Wärmequellen

Tabelle 1: Wärmequellen für thermische Netze

Erneuerbare Wärme	<ul style="list-style-type: none"> - Verbrennung fester Biomasse: Altholz, Wald- und Hackschnitzel, Restholz, Pellets, Scheitholz und Biogas - Wärme-Kraft-Kopplungsprozesse mit fester Biomasse oder Biogas - Wärme in Oberflächengewässer (Seen, Flüsse) - Geothermie (Grundwasser, Erdwärmesonden, warme Tiefengrundwässer, Tunnelwasser) - Wärme aus Solarthermie und Aussenluft
Abwärme	<ul style="list-style-type: none"> - Abwärme von Kehrrichtverwertungsanlagen (KVA) - Abwärme aus Abwasserreinigungsanlagen (ARA) - Abwärme aus Kernkraftwerken (KKW) - Nicht vermeidbare Abwärme industrieller Prozessen - Nicht vermeidbare Abwärme aus Kälte-Anwendungen
Fossile Wärme	<ul style="list-style-type: none"> - Verbrennung von Kohle, Heizöl, Erdgas - Wärme-Kraft-Kopplungsprozesse mit Kohle, Heizöl, Erdgas
Wärme aus sekundären Energieträgern	<ul style="list-style-type: none"> - Strom für Wärmepumpen - Verbrennung von synthetisch hergestellten Brennstoffen - Wärme-Kraft-Kopplung mit synthetisch hergestellten Brennstoffen

Tabelle 2: Beispiele der Nutzung von verschiedenen Wärmequellen

Abwasserreinigungsanlagen	<p>Der Kanton Zürich verfügt über die meisten Wärmeverbünde, welche die Abwärme aus dem Wasser von Abwasserreinigungsanlagen nutzt. Dies wurde begünstigt durch die frühzeitige Aufnahme der Wärmenutzung in die kantonale Energie- und Richtplanung, die kommunalen Energieplanungen, den vom Kanton erstellten Leitfaden und ein einheitliches Verfahren für die Baueingabe sowie die Finanzierung und den Betrieb der Verbünde durch Contractoren.</p>
Seewasser	<p>Der Kanton Genf ist Spitzenreiter bei der Wärmenutzung aus Seewasser. Er verfügt über 60 MW installierter Heizleistung. Das öffentlich-rechtliche Energieversorgungsunternehmen SIG (Services Industriels de Genève) ist für die Projektplanung, die Investitionen und die Wirtschaftlichkeit verantwortlich. Seewasser-Wärmenetze werden oft auch zum Kühlen verwendet, da eine derartige Doppelnutzung die Wirtschaftlichkeit erhöht. Kleine Seewasser-Wärmenutzungen wurden in verschiedenen Kantonen durch Grosskunden möglich, beispielsweise beim Paraplegiker Zentrum in Nottwil oder auf dem Bürgenstock in Oberbürgen. Die Seewasser-Wärmenutzung des Palace Hotels in St. Moritz im Rahmen eines Energie-Contractings demonstrierte deren Umsetzbarkeit auf 1'800 m. ü. M.</p>
Erdwärmesonden	<p>Thermische Netze mit Erdwärmesonden nutzen diese oft zum Heizen und Kühlen, wobei die im Gestein zwischengespeicherte</p>

	<p>Wärme aus dem Kühlzyklus später bei Bedarf wieder zum Heizen bezogen werden kann. Als Beispiele dienen hier die thermischen Netze auf dem Suurstoffi-Areal in Rotkreuz oder auf dem Höggerberg in Zürich. In Erdwärmesondenfeldern kann Wärme aus einer Solarthermie-Anlage oder der Aussenluft gespeichert werden. In Saas Fee liefert eine 50 Kilowatt-Peak Fotovoltaikanlage Strom für die Luft/Wasser-Wärmepumpe, die im Sommer Wärme in 90 Erdwärmesonden einspeist. Die Erdwärmesonden wiederum versorgen im Winter das Fernwärmenetz von Saas Fee.</p>
Geothermie	<p>Die in tieferen Wasser- und Gesteinsschichten vorhandene Wärme bietet ein grosses Potenzial, das in der Schweiz noch kaum genutzt wird. Dass die Nutzung der hydrothermalen Geothermie einwandfrei funktioniert, zeigt die seit 1994 Wärme liefernde Geothermie-Anlage in Riehen bei Basel. Eine Erweiterung der Anlage ist in Planung. Neue Projekte werden in der ganzen Schweiz, gehäuft aber in der Westschweiz vorbereitet.¹¹</p>
Biomasse	<p>Gewisse Strom produzierende Biomasseanlagen können eine Förderung über das Einspeisevergütungssystem oder über Investitionsbeiträge erhalten. Eine Anforderung zum Erhalt einer Förderung sind u.a. energetische Mindestanforderungen, welche einen gewissen Wärmeabsatz verlangen.</p>
Holzwerkwerke	<p>Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen betrieben mit erneuerbarer Energie eignen sich gut als Bandlastanlagen während der Heizsaison. Realisierte Anlagen können eine elektrische Leistung von einigen Megawatt haben, wie z.B. das 6 MW_{el}-Holzkraftwerk Forsthaus Bern. Es können aber auch kleinere Anlagen sein, wie das Holzkraftwerk Wies. Dieses hat eine 630 kW_{el}-ORC-Anlage¹² und produziert damit jährlich ca. 1,6 GWh Strom. Zudem versorgt es den Wärmeverbund der Gemeinden Speicher und Trogen des Kantons Appenzell Ausserrhoden mit knapp 10 GWh Wärmeenergie.</p>
Holzschneitzelwärmeverbände	<p>Der Kanton Bern hat bereits Ende der 1980er-Jahre Förderbeiträge an den Bau und die Erweiterung von thermischen Netzen gesprochen. Heute sind daher im Kanton zahlreiche Wärmeverbände installiert, welche meistens Holschnitzel nutzen.</p>

¹¹ Swisstopo: <https://s.geo.admin.ch/91f4986582>

¹² Organic Rankine Cycle (ORC) ist ein Verfahren des Betriebs von Dampfturbinen mit einem anderen Arbeitsmedium als Wasserdampf. Als Arbeitsmedium werden organische Flüssigkeiten mit einer niedrigen Verdampfungstemperatur verwendet.

3.3 Vorteile von thermischen Netzen

Tabelle 3: Vorteile thermischer Netze

<p>Substitution fossiler Energieträger</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Thermische Netze nutzen standortgebundene Abwärme und Umweltwärme aus Tiefengeothermie, Grund-, See- und Flusswasser. Dadurch kann die Wärmeversorgung ganzer Quartiere dekarbonisiert werden. - Dank Holzwärmeverbänden können mit fossilen Brennstoffen betriebene Feuerungen in verschiedenen Gebäuden durch eine Energiezentrale ersetzt werden. Damit können verschiedene Holzbrennstoffe genutzt, Feinstaubemissionen reduziert, die Holzlieferung und die Wartung optimiert werden.
<p>Effizienzsteigerung</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Thermische Netze können Gebäude mit standortgebundener Umweltwärme versorgen. Dies erhöht gegenüber der Verwendung von Aussenluft die Winterstromeffizienz. - Wärmepumpen können gleichzeitig Wärme und Kälte bereitstellen, dadurch erhöht sich die Stromeffizienz. - Die gleichzeitige Strom- und Wärmeproduktion der mit erneuerbaren Brennstoffen betriebenen Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen erhöht die Systemeffizienz. - Durch die direkte Nutzung der Tiefengeothermie (ohne Wärmepumpe) werden mit fossilen Brennstoffen betriebene Feuerungen ohne nennenswerte Erhöhung der Stromnachfrage substituiert. - Durch eine Kaskaden-Nutzung von nicht vermeidbarer Hochtemperatur-Abwärme wird die Energieausbeute erhöht. Die weitere Nutzung der Abwärme wird mit einer Wärmepumpe ermöglicht, in dem die noch vorhandene Wärme wieder auf Nutztemperatur angehoben wird. - Thermische Netze ermöglichen Abwärme aus Kälteanwendungen für Wärmepumpen als Wärmequelle bereitzustellen, Wärme in Geothermie-Speichern zwischenspeichern oder Wärme über See-, Fluss oder Grundwasser abzuführen. Letzteres ist energieeffizienter als die Wärmeabgabe an die Aussenluft, bedingt jedoch eine kantonale Bewilligung und ist durch nationales und kantonales Recht aus Umweltschutzgründen eingeschränkt.
<p>Weniger Feinstaub</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Dank hochwertigen Filtern verursachen grosse Holzfeuerungen weniger Feinstaubemissionen als viele kleine Holzfeuerungen.
<p>Erhöhung der Flexibilität</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Durch die Einbindung von Wärmespeichern (Wasserbehälter, Eisspeicher, Erdwärmesonden, Aquiferspeicher) kann die Energieproduktion von der Energienachfrage entkoppelt werden. Damit können Leistungsspitzen reduziert oder ein Tag/Nacht-Ausgleich erreicht werden.
<p>Nutzung der Sektorkopplung</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Die in thermischen Netzen transportierte Wärme kann aus verschiedenen Wärmeerzeugern stammen, welche unterschiedliche Energieträger nutzen. Strom nutzende Wärmeerzeuger können dadurch zu einem gewissen Grad bedarfsweise zu- und abgeschaltet werden.

	<ul style="list-style-type: none"> - Durch die Integration von Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen in thermische Netze kann Strom je nach Bedarf ins Stromnetz eingespeist werden. - Im Vergleich zu individuellen Heizungen in Privatgebäuden erfolgt die Technologieentwicklung und Anpassung in professionell betriebenen Energiezentralen schneller, beispielsweise bei der Reduktion von Emissionen oder bei der Digitalisierung.
<p>Saisonaler Energiespeicher</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Saisonale Energiespeicher erhöhen die Wärmekosten, reduzieren aber den Einsatz wertvoller Endenergieträger (fossile Brennstoffe, Strom). Sie sind wichtig für eine auf Netto-Null ausgerichtete Wärmeversorgung. - Die Einbindung in Niedertemperatur-Netze ermöglicht die beste energetische Verwertung der eingespeicherten Wärme aus saisonalen Speichern. - Grosse Wärmespeicher ermöglichen die Speicherung nicht vermeidbarer Abwärme.
<p>Mehr Nutzfläche für Hauseigentümerinnen und Hauseigentümer (inkl. Stockwerkeigentum)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Bei Hoch/Nutztemperatur-Wärmenetzen benötigt die Hausinstallation zur Wärmeübertragung verhältnismässig wenig Platz, da im Gebäude kein Speicher (Heizöltank, Holzlager) und keine Wärmeerzeuger (Feuerung, Wärmepumpe) installiert werden muss. - Bei Niedertemperatur-Wärmenetzen benötigt es auf dem Grundstück keine Anlage zum Umweltwärme-Entzug aus Luft, Erdwärme oder Grundwasser. - Niedertemperatur-Wärmenetze ermöglichen die Kopplung von Wärme und Kälte. Auf dem Grundstück braucht es für die Kälteanlage keinen Wärme-Rückkühler. Dies ist besonders interessant für Dienstleistungsgebäude, Hotellerie u.a. in Kernzonen.
<p>Bessere Kostenkontrolle für Hauseigentümerinnen und Hauseigentümer (inkl. Stockwerkeigentum)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Bei bestehenden Mehrfamilienhäusern, insbesondere bei engen Platzverhältnissen, Hanglagen oder bei Asbest haltigen Bauteilen, kann ein Heizungswechsel zu hohen baulichen Nebenkosten führen. Beim Anschluss an ein thermisches Netz sind die Wärmekosten von Beginn weg bekannt. - Schützenswerte Bauten unterliegen häufig Restriktionen, welche zu Auflagen bei baulichen Massnahmen führen und den Wechsel auf ein erneuerbares Heizsystem verteuern. Insbesondere wenn nur die Aussenluft als mögliche Energiequelle zur Verfügung steht.
<p>Klare Verhältnisse für Stockwerkeigentümerschaften sowie Mieterinnen und Mieter</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Beim Anschluss der Wärmeversorgung eines Gebäudes an ein thermisches Netz fallen einmalige Anschlusskosten sowie ein Grund- und ein Arbeitspreis an. - Die Verrechnung erfolgt über einen Wärmezähler und kann durch den vorhandenen Verteilschlüssel aufgeteilt werden. - Der Anschluss an ein thermisches Netz bringt nur eine kurze Bauzeit mit sich respektive i.d.R. viel kürzer als der Heizsystemwechsel.

4 Rechtliche Rahmenbedingungen

Thermische Netze bewegen sich in einem komplexen Rechtsrahmen. Sie berühren eine Vielzahl verschiedener Rechtsgebiete, wobei sich die Zuständigkeiten von Bund, Kantonen und Gemeinden teilweise auch überschneiden. Eine Übersicht über die Kompetenzausscheidung ist deshalb hilfreich. Die rechtlichen Anforderungen an den Bau und Betrieb eines thermischen Netzes sind vielschichtig. Zu beachten ist vorab die Raum- und Energieplanung der Gemeinwesen. Die konkreten gesetzlichen Vorgaben ergeben sich aus dem Raumplanungs- und Baurecht, dem Umweltrecht, dem Wettbewerbsrecht sowie aus den Vorschriften zum Umgang mit öffentlichen Sachen, öffentlichen Beschaffungen, Monopolen und Konzessionen. Vieles ist letztlich auch der Vereinbarung zwischen dem Energieversorgungsunternehmen und seiner Kundschaft überlassen. Neben dem Rechtsverhältnis zu den Energiekundinnen und -kunden ist auch jenes zur Standortgemeinde zu beachten. Die Ausführungen zu den rechtlichen Rahmenbedingungen schliessen mit einem Überblick über die verfügbaren Fördermittel. Im Anhang findet sich eine Übersicht über die vorliegend relevanten Bestimmungen des Bundesrechts.

4.1 Kompetenzausscheidung zwischen Bund, Kantonen und Gemeinden

Der Bund ist nur für diejenigen Bereiche zuständig, für die ihm die Bundesverfassung eine Kompetenz zuweist (Art. 3 BV; SR 101). Es besteht mit anderen Worten eine subsidiäre Generalkompetenz zugunsten der Kantone. Die Autonomieräume der Gemeinden bestimmen sich nach kantonalem Recht (Art. 50 Abs. 1 BV).

a) Kompetenzbereiche des Bundes

Im Unterschied zum Elektrizitäts- und Gasnetz fallen thermische Netze weitgehend in die originäre Zuständigkeit der Kantone. Der Bund verfügt nur punktuell über einzelne Kompetenzen. Für gewisse Regelungen kann er sich etwa auf den Umweltartikel (Art. 74 BV) berufen. Dieser eröffnet ihm eine breite Palette an Handlungsinstrumenten (v.a. Verbote, Gebote und Finanzhilfen), um Mensch und Umwelt vor schädlichen oder lästigen Einwirkungen zu schützen (Abs. 1). Flankierend kann sich der Bund auch auf den Energieartikel (Art. 89 BV) stützen. Dieser ermächtigt ihn unter anderem zur Festlegung von Grundsätzen über die Nutzung einheimischer und erneuerbarer Energien (Abs. 2) sowie zum Erlass von weitreichenden Vorschriften über den Energieverbrauch von Anlagen (Abs. 3). Seine Kompetenzen sind im Energiebereich jedoch in zweifacher Hinsicht stark beschränkt. Erstens bleibt der Gebäudebereich vornehmlich den Kantonen vorbehalten (vgl. Art. 89 Abs. 4 BV). Zweitens kann der Bund keine Regelungen zum Bau und Betrieb der Infrastruktur erlassen: Nach Art. 91 Abs. 2 BV fallen nur diejenigen Rohrleitungen in die Kompetenz des Bundes, die zum Transport von Brenn- und Treibstoffen bestimmt sind – das ist bei thermischen Netzen nicht der Fall. Für die Raumplanung überträgt Art. 75 Abs. 1 BV dem Bund eine Grundsatzgesetzgebungskompetenz. Ferner sind der Kartell- und der Konsumentenschutzartikel (Art. 96 Abs. 1 und Art. 97 BV) relevant. Dies, weil der Netzbetrieb, wie bei anderen netzgebundenen Energien, mit einer zumindest natürlichen Monopolstellung einhergeht. Zudem ist auch das Mietrecht (Art. 109 BV) von Bedeutung.

b) Kompetenzbereiche der Kantone

Im Bereich der Raumplanung sind die Kantone für die Konkretisierung der vom Bund vorgegebenen Grundsätze zuständig. Die Rechtsetzung ist demnach arbeitsteilig zu leisten. Die Umsetzung der gesetzlichen Vorgaben – damit ist in erster Linie die Festsetzung der raumrelevanten Pläne angesprochen – obliegt hingegen weitgehend den Kantonen.¹³ In die Zuständigkeit der Kantone fallen insbesondere auch die Vorschriften zur Netzinfrastruktur, im Gebäudebereich (vgl. Art. 89 Abs. 4 BV) sowie bezüglich Erteilung der Befugnis zur Nutzung ihres Grund und Bodens. Zum Gebäudebereich gehören vor allem Regelungen zum Einsatz bzw. Ersatz von Heizungsanlagen sowie Regelungen zum Anschluss der Gebäude an thermische Netze.

¹³ Biaggini, Giovanni: *BV-Kommentar. Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft*. Zürich 2017, Art. 3 Rz. 4.

c) Kompetenzbereiche der Gemeinden

Die Kompetenzbereiche der Gemeinden richten sich nach dem kantonalen Recht (Art. 50 Abs. 1 BV). Vor allem im Bereich der Raumplanung und im Baurecht delegieren die meisten Kantone ihren Gemeinden viele Aufgaben und Rechtsetzungsbefugnisse. Über erhebliche Autonomieräume verfügen die Gemeinden in vielen Fällen auch bei der Regelung der Voraussetzungen, unter denen ihr Grund und Boden in Anspruch genommen werden darf.

4.2 Raum- und Energieplanung

Die Raumplanung ist u.a. auf eine haushälterische Nutzung des Bodens ausgerichtet. Ihre Instrumente sorgen gleichsam dafür, dass bei raumwirksamen Vorhaben die Interessen u.a. aus den Bereichen Umweltschutz, Energie sowie Natur- und Heimatschutz möglichst gut aufeinander abgestimmt sind. Für thermische Netze ist dies nicht zuletzt deshalb von Bedeutung, weil diese Netze oft auf standortabhängige Energiequellen angewiesen sind und sich mit jedem Netz nur ein flächenmässig kleines Gebiet versorgen lässt. Die Raumplanung kann zusammen mit einer Energieplanung (sog. räumliche Energieplanung) dafür sorgen, dass die verfügbaren Energiequellen optimal genutzt werden und sich die Versorgungsgebiete gut ergänzen, auch im Verhältnis zu anderen Energieversorgungsinfrastrukturen (v.a. Gasnetze).

a) Richtpläne und Nutzungspläne

Im Raumplanungsgesetz (RPG; SR 700) hat der Bund die wichtigsten Grundsätze für die Raumplanung verankert. Dazu gehören eine Planungs- und Koordinationspflicht aller Gemeinwesen (Art. 2 Abs. 1 RPG), eine Reihe von Planungsgrundsätzen (Art. 3) sowie Mindestanforderungen an die Richtpläne der Kantone (Art. 6 ff. RPG) und die – zumeist kommunalen – Nutzungspläne (Art. 14 ff. RPG).

Der kantonale Richtplan ist das zentrale Steuerungsinstrument der Kantone, welches insbesondere die raumwirksamen Tätigkeiten im Hinblick auf die anzustrebende Entwicklung mit dem Bund, den Nachbarkantonen und den Gemeinden stufengerecht abstimmt. In den Richtplänen zeigen sie auf, wie sie sich die räumliche Entwicklung in ihrem Gebiet vorstellen. Die Richtpläne sind behördenverbindlich (Art. 9 Abs. 1 RPG) und vom Bundesrat zu genehmigen (Art. 11 RPG). Vorliegend ist zu erwähnen, dass Art. 8b RPG die Kantone seit Inkrafttreten der Energiestrategie dazu anhält, in den Richtplänen die «für die Nutzung erneuerbarer Energien geeigneten Gebiete und Gewässerstrecken» zu bezeichnen. Im Verbund mit Art. 10 Abs. 1 EnG ergibt sich, dass es insbesondere um die Gebiete geht, die sich für die Nutzung der Wind- und Wasserkraft eignen, sprich um Gebiete mit nicht nur kleinräumigen Auswirkungen.

Die Nutzungspläne sind detaillierter. Sie geben die gewünschte Raumnutzung parzellenscharf und grundeigentümergebunden vor (Art. 21 Abs. 1 RPG) und unterscheiden dabei mindestens zwischen Bau-, Landwirtschafts- und Schutzzonen (Art. 14 Abs. 2 und Art. 18 Abs. 1 RPG). Die Festsetzung der Nutzungspläne ist zumeist eine kommunale Aufgabe. In allen Fällen sind sie vom Kanton zu genehmigen (Art. 26 Abs. 1 RPG).

Das Bundesrecht lässt Raum für weitere Planungsinstrumente. Richtpläne gibt es deshalb oft auch auf regionaler und kommunaler Ebene. Ausserdem werden für wichtige Infrastrukturen – dazu gehören auch grössere thermische Netze – oft sog. Sondernutzungspläne erstellt. Diese dienen der Konkretisierung, bisweilen auch der Abänderung der zonenmässigen Grundordnung, wie sie im Rahmennutzungsplan enthalten ist. Sofern ein Sondernutzungsplan für ein konkretes Bauprojekt erlassen wird, können die Sonderregelungen quasi «massgeschneidert» werden.¹⁴

b) Energieplanung nach Massgabe der MuKEn

Abgesehen davon, dass im kantonalen Richtplan insbesondere die Gebiete aufzuzeigen sind, die sich für die Nutzung der Wind- und Wasserkraft eignen (Art. 8b RPG und Art. 10 Abs. 1 EnG), enthält das Bundesrecht keine ausdrückliche Pflicht zur Vornahme einer Energieplanung. Eine solche enthält eine Beurteilung des künftigen Bedarfs und Angebots an Energie im jeweiligen Siedlungsgebiet. Weiter legt sie die anzustrebende Entwicklung der Energieversorgung und -nutzung fest und bezeichnet die dazu

¹⁴ Hettich, Peter; Mathis, Lukas: *Fachhandbuch Öffentliches Baurecht*. Zürich 2016, Rz. 1.77 ff.

notwendigen staatlichen Mittel und Massnahmen. Die Planungspflicht nach Art. 2 RPG ist demgegenüber auf die Ausgestaltung der Raumordnung und die Wahrnehmung der raumwirksamen Aufgaben ausgerichtet.

Explizit zu einer Energieplanung werden die Kantone indes von den Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE) angehalten. Das zehnte Modul der MuKE sieht sowohl eine kantonale wie auch eine kommunale Energieplanung vor.¹⁵ Für thermische Netze sind die MuKE in dreifacher Hinsicht von Bedeutung: Erstens verlangen sie, dass in der kantonalen Energieplanung der Anteil der Abwärme zu bestimmen ist, der bei Kehrrechtverbrennungs- und Abwasserreinigungsanlagen zu nutzen ist (Art. 10.2 Abs. 1). Zweitens halten sie fest, dass in der kommunalen Energieplanung Gebietsausscheidungen für das Angebot der Wärmeversorgung mit leitungsgebundenen Energieträgern enthalten sein können (Art. 10.4 Abs. 6). Diese Gebietsausscheidungen dienen der Abgrenzung verschiedener Versorgungsgebiete, auch im Verhältnis zu anderen Energieversorgungsinfrastrukturen (v.a. Gasnetze). Drittens sehen die MuKE vor, dass Rechtsgrundlagen zu schaffen sind, mit denen der Kanton oder die Gemeinden Gebäudeeigentümerinnen und Gebäudeeigentümer im Rahmen der Verhältnismässigkeit verpflichten können, sich an ein thermisches Netz anzuschliessen, sofern für dieses eine Gebietsausscheidung stattgefunden hat (Art. 10.4 Abs. 7).

4.3 Gesetzliche Vorgaben für den Bau und Betrieb der thermischen Netze

a) Nutzung der Energiequellen

Thermische Netze sind auf Energiequellen angewiesen. Die Vorgaben zu deren Nutzung sind je nach Art der Energiequelle unterschiedlich. Wird dabei eine öffentliche Sache in Anspruch genommen (z.B. Oberflächengewässer, Grundwasser oder Geothermie) ist hierfür eine Sondernutzungskonzession desjenigen Gemeinwesens erforderlich, in dessen Hoheit die Sache steht. Unter Umständen sind die Anforderungen im kantonalen Recht auch zu einer Bewilligungspflicht abgeschwächt. Insbesondere bei der Geothermie kann auch eine Monopolkonzession erforderlich sein, weil die Nutzung von Erdwärme in einigen Kantonen dem Bergregal unterstellt ist.¹⁶ Findet eine Wasserentnahme statt, sind ausserdem die gewässerschutzrechtlichen Anforderungen von Bund und Kanton zu beachten. In jedem Fall bedarf es hierfür einer Bewilligung nach Art. 29 des Gewässerschutzgesetzes des Bundes (GSchG; SR 814.20).

Soweit das thermische Netz auf der Nutzung von Abwärme beruht, sei es aus einer Kehrrechtverwertungsanlage oder einer anderen Anlage, ist die Zustimmung des Inhabers der betreffenden Anlage erforderlich. Ausserdem sind dabei die Mindestvorgaben zur Abwärmenutzung zu beachten, die in den kantonalen Energievorschriften enthalten sind (vgl. Art. 45 Abs. 2 Satz 2 EnG und Art. 10.2 MuKE). Ist die Nutzung der Energiequellen mit Luftverunreinigungen, Lärm oder Erschütterungen verbunden, sind das Umweltschutzgesetz (SR 814.01) und seine Ausführungsvorschriften zu beachten.

b) Bau der Netzinfrastruktur und Nutzung des öffentlichen Untergrunds

Anders als beim Strom- und Gasnetz gibt es für thermische Netze keine Planbewilligungen des Bundes. Das Verfahren und die Voraussetzungen zur Bewilligung des Baus der Infrastruktur richten sich nach dem kantonalen Planungs- und Baugesetz sowie dem einschlägigen Bundesrecht¹⁷. Ergänzend dazu ist zumeist eine kommunale Bau- und Zonenordnung zu beachten.

Wenn es sich nicht um kleinräumige Netze handelt, werden in der Regel erhebliche Teile der Leitungen in den öffentlichen Untergrund verlegt, insbesondere unter Strassen. Dies setzt eine Sondernutzungskonzession der Gemeinde, allenfalls auch des Kantons voraus. Je nach kantonalem Recht kann auch eine Bewilligung für den gesteigerten Gemeingebrauch mit vergleichsweise geringeren Anforderungen ausreichen.¹⁸ Für die Nutzung des öffentlichen Untergrunds können Sondernutzungsgebühren

¹⁵ Bis anhin haben vier Kantone alle im Modul 10 enthaltenen Artikel unverändert in ihre Gesetze übernommen, 16 Kantone teilweise oder mit inhaltlichen Abweichungen und 6 Kantone haben (noch) keine dieser Anforderungen übernommen.

¹⁶ PLANAR AG im Auftrag von EnergieSchweiz: *Rechte und Pflichten bei der Wärmeversorgung im Verbund*. Ittigen 2016, S. 5.

¹⁷ Im Rahmen der Ausarbeitung eines indirekten Gegenvorschlags zur Landschaftsinitiative wird derzeit erwogen, dass RPG mit einer Bestimmung mit folgendem Inhalt zu ergänzen: «Thermische Netze, die für die Reduktion des Verbrauchs nicht erneuerbarer Energien einen Beitrag erbringen, können wenn nötig ausserhalb der Bauzonen bewilligt werden. Der Bundesrat regelt die Einzelheiten.»

¹⁸ Ebd. S. 6.

anfallen. Berühren einzelne Leitungen private Grundstücke, sind hierfür zivilrechtliche Durchleitungsrechte erforderlich (vgl. Art. 691 –693 ZGB).

c) Verpflichtung der Liegenschaftseigentümerinnen und Liegenschaftseigentümer zum Netzanschluss

Viele Kantone haben nach Vorbild von Art. 10.4 Abs. 7 der MuKE Rechtsgrundlagen geschaffen, nach denen Liegenschaftseigentümerinnen und Liegenschaftseigentümer im Perimeter des Netzgebiets verpflichtet werden können, ihr Gebäude dem thermischen Netz anzuschliessen. Die MuKE machen diese Anschlusspflicht davon abhängig, dass das thermische Netz auf der Nutzung von Abwärme oder erneuerbaren Energien beruht, das betreffende Versorgungsgebiet in einer Gebietsausscheidung bezeichnet ist und die Energieversorgung zu technisch und wirtschaftlich zumutbaren Bedingungen angeboten wird.

Zur Umsetzung dieser Vorgabe haben die Kantone zumeist eine Rechtsgrundlage im kantonalen Energiegesetz geschaffen. Aus Gründen der Verhältnismässigkeit sehen die Kantone die Möglichkeit einer Anschlusspflicht nur bei Neubauten und grösseren Umbauten vor, bisweilen aber auch dann, wenn eine fossil betriebene Heizanlage ausgetauscht werden muss.¹⁹ Oft sehen die kantonalen Bestimmungen vor, dass dem Energieversorgungsunternehmen, wenn es von der Anschlusspflicht Gebrauch macht, im Gegenzug eine Versorgungspflicht auferlegt ist.²⁰ Damit die Anschlusspflicht ausgelöst werden kann, vermerken die Standortgemeinden die Anschlusspflicht zumeist in einem (grundeigentümerverbindlichen) Sondernutzungsplan.

d) Gestaltung der Rechtsverhältnisse zwischen Energieversorgungsunternehmen und Energiekunden

Die Rechtsverhältnisse zwischen den Energieversorgungsunternehmen und ihren Energiekundinnen und Energiekunden sind im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben durch privatrechtliche Verträge geprägt. Vor allem bei öffentlich-rechtlich konstituierten Energieversorgungsunternehmen sind auch verwaltungsrechtliche Handlungsformen denkbar (verwaltungsrechtliche Verträge und Verfügungen). Analog zur Strom- und Gasversorgung lassen sich mit dem Netzanschluss-, dem Netznutzungs- und dem Energielieferverhältnis grundsätzlich drei Sphären unterscheiden. Aufgrund der örtlich begrenzten Ausdehnung der thermischen Netze ist jedoch die Frage nach einer Marktöffnung im Energiebereich in der Praxis nicht relevant. Die drei Rechtsverhältnisse sind deshalb de facto untrennbar miteinander verknüpft. Zu regeln sind insbesondere die Lieferkonditionen und die Vertragsdauer.

e) Einhaltung des Wettbewerbsrechts

Die Netzinfrastruktur verleiht den Energieversorgungsunternehmen eine natürliche Monopolmacht. Mangels einer sektorspezifischen Regelung, wie sie beispielsweise für den Strommarkt vorliegt (StromVG; SR 734.7), unterstehen die Fernwärme- und Fernkälteversorgung dem Kartellgesetz (KG; SR 251) und dem Preisüberwachungsgesetz (PG; SR 942.20). Die Preisüberwachung untersuchte allfällige Preismissbräuche insbesondere im Zusammenhang mit möglichen Quersubventionierungen bei Kehrlichtverbrennungsanlagen. Da diese auf mehreren Märkten tätig sind (Entsorgung, Stromproduktion und Wärmeversorgung) und insbesondere gegenüber den Wärmekundinnen und Wärmekunden über eine Monopolmacht verfügen, ist eine sachgerechte Zuweisung und Einpreisung der jeweiligen Kosten unerlässlich. Zudem hat die Preisüberwachung auch Untersuchungen zur Struktur und zum Niveau der Preise der grössten Fernwärmeanbieter der Schweiz durchgeführt.²¹ Ist das Energieversorgungsunternehmen in die Verwaltung der Gemeinde integriert oder ist vorgesehen, dass die Preise behördlich festgesetzt oder genehmigt werden, kommt der Preisüberwachung lediglich ein Empfehlungsrecht zu (Art. 14 PüG). Ist dies nicht der Fall, verfügt sie über Entscheidungsbefugnisse, um in die Preispolitik des Energieversorgungsunternehmens einzugreifen. Für den Vollzug des Kartellgesetzes ist die Wettbewerbskommission zuständig. Relevant sind vorliegend vor allem die Vorgaben zur Verhinderung des Missbrauchs einer marktbeherrschenden Stellung (vgl. Art. 7 KG). Soweit sich die Anwen-

¹⁹ Vgl. z.B. § 6 Abs. 1-3 des Energiegesetzes des Kantons Luzern vom 4. Dezember 2017 oder Art. 13 Abs. 1 des Energiegesetzes des Kantons Bern vom 15. Mai 2011.

²⁰ So. z.B. in Art. 13 Abs. 2 des Energiegesetzes des Kantons Bern vom 15. Mai 2011.

²¹ Vgl. Jahresberichte des Preisüberwachers 2014 und 2018, Recht und Politik des Wettbewerbs [RPW], 2014, S. 836, 843 ff. und 2018, S. 1052, 1073 ff.

dungsbereiche der beiden Gesetze überschneidet, sprechen sich die beiden Behörden zur Koordination ihrer Tätigkeit untereinander ab (Vgl. Art. 3 Abs. 3 KG und Art. 5 Abs. 2–4 und Art. 16 Abs. 1 PüG).

4.4 Rechtsbeziehung zwischen der Standortgemeinde und dem Energieversorgungsunternehmen

a) Durchführung einer öffentlichen Ausschreibung zur «Auswahl» des Energieversorgungsunternehmens?

Wenn Teile des thermischen Netzes in den öffentlichen Untergrund verlegt werden oder anderweitig eine öffentliche Sache in Anspruch genommen wird (z.B. Nutzung eines Gewässers), hat die davon betroffene Gemeinde, mitunter auch der Kanton, die hierfür erforderliche Befugnis zu erteilen. Dabei stellt sich die Frage, ob aufgrund des Bundesrechts oder des kantonalen Rechts eine öffentliche Ausschreibung durchzuführen ist, um anderen Interessenten eine Chance zur Erlangung dieser Befugnis zu geben. Diese Frage stellt sich insbesondere, wenn nach kantonalem Recht eine Monopolkonzession für den Betrieb des thermischen Netzes erforderlich ist.²²

Artikel 9 erster Satz des Bundesgesetzes über das öffentliche Beschaffungswesen (BöB; SR 172.056.1) legt fest, dass Bau und Betrieb eines thermischen Netzes einen öffentlich-rechtlichen Auftrag darstellen und somit bei Erreichen der jeweiligen Schwellenwerte im Rahmen der beschaffungsrechtlich vorgesehenen Verfahren auszuschreiben sind. Der zweite Satz dieser Bestimmung ermöglicht es den öffentlichen Gemeinwesen, diese Unterstellung unter das Beschaffungsrecht spezialgesetzlich aufzuheben (vgl. zum Beispiel § 6 Abs. 4 und 5 des Energiegesetzes des Kantons Luzern). Die interkantonale Vereinbarung über das öffentliche Beschaffungswesen (IVöB 2019) sieht in ihrem Artikel 9 die gleiche Regelung vor. Bei der IVöB 2019 ist zu beachten, dass gegenwärtig erst zwei Kantone dieser Vereinbarung beigetreten sind, in den meisten andere Kantone sind die Beitrittsverfahren eingeleitet bzw. am Laufen.

Die Pflicht zur Vornahme einer öffentlichen Ausschreibung kann ungeachtet dieser beschaffungsrechtlichen Vorgaben aber auch nach dem Binnenmarktgesetz (SR 943.02) bestehen, weil Art. 2 Abs. 7 BGBM vorgibt, dass die Übertragung der Nutzung kantonaler und kommunaler Monopole auf Private auf dem Weg der Ausschreibung zu erfolgen hat.

b) Instrumente zur Steuerung der Unternehmenstätigkeit

Erstreckt sich ein thermisches Netz über eine ganze Gemeinde oder wesentliche Teile davon, besteht ein öffentliches Interesse an einem einwandfreien Betrieb zu wirtschaftlich angemessenen Konditionen. Dies gilt insbesondere, wenn das Netz in der Energieplanung vorgesehen ist, exklusive Gebietszuteilungen vorliegen oder Liegenschaftseigentümerinnen und Liegenschaftseigentümer zum Netzananschluss verpflichtet werden können. Die möglichen Steuerungsmittel hängen von der Organisationsform und Trägerschaft des Unternehmens ab. Aufgrund des Legalitätsprinzips (Art. 5 Abs. 1 BV) müssen je nachdem zunächst die erforderlichen gesetzlichen Grundlagen geschaffen werden.

Häufig kann die Standortgemeinde den gewünschten Einfluss bereits über die Eigentümerstrategie nehmen, sind es doch oft die sog. Stadt- oder Gemeindewerke, die sich dem Bau und Betrieb der thermischen Netze annehmen. Je nachdem können auch Behördenvertreter in die geschäftsleitenden Organe entsendet werden. Ist das Unternehmen nicht im Besitz der öffentlichen Hand, sind andere Steuerungsmittel gefragt. So kann die Gemeinde mit dem externen Anbieter beispielsweise ein gemeinsames Unternehmen gründen («Public-Private-Partnership»). Sobald die Netzleitungen in den öffentlichen Untergrund verlegt werden, kann die Standortgemeinde zudem über die Sondernutzungskonzession Einfluss auf die Unternehmenstätigkeit nehmen und diese mit entsprechenden Auflagen oder Bedingungen versehen. Alternativ kann das Rechtsverhältnis zwischen dem Energieversorgungsunternehmen und der Standortgemeinde in einem separaten Zusammenarbeitsvertrag oder einem Leistungsauftrag geregelt werden. Darin können insbesondere die folgenden Punkte geregelt werden:

²² Ausführlich hierzu PLANAR AG im Auftrag von EnergieSchweiz: *Rechte und Pflichten bei der Wärmeversorgung im Verbund*. Ittigen 2016, S. 12 ff. Da die Durchführung einer öffentlichen Ausschreibung im Falle eines thermischen Netzes aufgrund der Komplexität des Ausschreibungsgegenstands mit einigen administrativen Hürden verbunden sein kann, ist die Frage in der Praxis von hoher Relevanz, umso mehr, als dass die Ausschreibungspflicht bisweilen im kantonalen Recht negiert wird (vgl. etwa § 6 Abs. 4 des Energiegesetzes des Kantons Luzern vom 4. Dezember 2017).

- Höhe der Konzessionsgebühren
- Anforderungen an die Energietarife
- Risikobeteiligung des Gemeinwesens und Deckung nichtamortisierbarer Kosten
- Anteil der erneuerbaren Energie an der Energieversorgung
- Abwicklung von Netzanschlusspflichten
- Koordination mit anderen Energieinfrastrukturen (v.a. Gasversorgung)
- Versorgungspflichten und Ausschliesslichkeitsrechte im definierten Gebiet
- Vertragsdauer und Heimfall der Konzession bei Beendigung²³

4.5 Förderung von thermischen Netzen

Der verfassungsmässigen Kompetenzordnung entsprechend gibt es im Bundesrecht nur wenige Bestimmungen, die den thermischen Netzen gewidmet sind. Die wenigen Ausnahmen zielen überwiegend auf eine finanzielle Förderung ab. Förderinstrumente finden sich aber auch auf kantonaler Ebene. Nachfolgend wird auf die verschiedenen Fördermassnahmen eingegangen. Im Anhang befindet sich eine Zusammenstellung über weitere gesetzliche Regelungen, die sich indirekt auf den Zubau thermischer Netze auswirken können.

a) Massnahmen im CO₂-Gesetz

In der CO₂-Gesetzgebung ist vorgesehen, dass auch Projekte zur Nutzung der Geothermie für die Wärmebereitstellung unterstützt werden können (Art. 34 Abs. 2 CO₂-Gesetz [SR 641.71] und Art. 112 ff. CO₂-Verordnung [SR 641.711]). Weitere finanzielle Mittel stehen indirekt durch die Kompensationspflicht der Treibstoffimporteure (Art. 26 ff. CO₂-Gesetz) zur Verfügung. Dies, weil sich diese Pflicht auch mit Investitionen in thermische Netze erfüllen lässt, so etwa über Beiträge an die Stiftung Klimaschutz und CO₂-Kompensation (KliK). Abgesehen von dieser finanziellen Förderung setzt das CO₂-Gesetz auch Anreize für den Netzanschluss, indem Unternehmen durch den Anschluss an ein thermisches Netz einen Anspruch auf Rückerstattung der CO₂-Abgabe erlangen können (vgl. Art. 34 CO₂-Gesetz). Art. 9 des CO₂-Gesetzes bestimmt schliesslich, dass die Kantone dafür zu sorgen haben, dass die CO₂-Emissionen aus Gebäuden, die mit fossilen Energieträgern beheizt werden, vermindert werden und zu diesem Zweck Gebäudestandards zu definieren sind.

b) Globalbeiträge des Bundes an kantonale Förderprogramme

Nach Art. 50 Bst. c des Energiegesetzes (EnG; SR 730.0) kann der Bund Massnahmen zur Nutzung von Abwärme und zu ihrer Verteilung in thermischen Netzen unterstützen. Diese Unterstützung erfolgt primär über die Globalbeiträge bzw. das Gebäudeprogramm des CO₂-Gesetzes (Art. 34 CO₂-Gesetz). Diese richtet der Bund den Kantonen unter bestimmten Voraussetzungen aus, um kantonale Förderprogramme mit zusätzlichen finanziellen Mitteln auszustatten. Die Mittel stammen aus dem Ertrag der CO₂-Abgabe. Finanzhilfen an Einzelprojekte spricht der Bund im Bereich der thermischen Netze nur in Ausnahmefällen und nur in beschränktem Umfang zu (vgl. Art. 51 Abs. 1 Satz 2 und 53 Abs. 3 Bst. b EnG).

c) Investitionsbeiträge des Bundes

Weitere Fördermittel stehen aus dem Netzzuschlagsfonds (Art. 35 EnG) bereit. Betreiber von Kehrichtverwertungs- und Klärgasanlagen sowie Holzkraftwerke von regionaler Bedeutung können für die Stromproduktion einen Investitionsbeitrag in Anspruch nehmen (Art. 24 Abs. 1 Bst. c i.V.m. Art. 29 Abs. 2 EnG). Diese Anlagen lassen sich allerdings nicht nur zur Stromproduktion, sondern auch als Wärmequelle für thermische Netze einsetzen. Unterstützt wird der Anteil der Anlage für die Stromproduktion, nicht aber die Netzinfrastruktur (vgl. Art. 82 Bst. d der Energieförderverordnung [EnFV]; SR 730.03). Gestützt auf Art. 29 Abs. 3 Bst. a EnG kann der Bundesrat die Förderung von der Einhaltung energetischer, ökologischer und anderer Mindestanforderungen abhängig machen. Von dieser Befugnis hat der Bundesrat in den Ausführungsbestimmungen Gebrauch gemacht und energetische Mindestanforderungen festgelegt (vgl. Art. 69 Abs. 1 EnFV). Um diese Mindestanforderungen erreichen zu können, braucht es in den meisten Fällen ein Wärmenetz, womit auch der Ausbau des Fernwärmenetzes forciert wird.

²³ PLANAR AG im Auftrag von EnergieSchweiz: *Rechte und Pflichten bei der Wärmeversorgung im Verbund*. Ittigen 2016, S. 32 ff.

d) Kantonale Förderinstrumente

Förderinstrumente finden sich auch auf kantonaler Ebene. Für die Globalbeiträge des Bundes ist vorausgesetzt, dass die Kantone im Bereich der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz über eigene Förderprogramme verfügen. Zuzufolge ihrer Kompetenz im Gebäudebereich fördern die Kantone vor allem den Anschluss der Gebäude an thermische Netze, insbesondere beim Wechsel einer fossil betriebenen Heizungsanlage. Viele Kantone stellen aber auch Finanzhilfen für den Bau und die Erweiterung von thermischen Netzen sowie für die Erschliessung der erforderlichen Energiequellen bereit.

5 Das Potenzial thermischer Netze

5.1 Technisches Potenzial

Das technische Potenzial ist der Anteil, der sich mit den vorhandenen Technologien nutzen lässt. In der Schweiz stehen ausreichend erneuerbare Energieträger für die Wärme- und Kälteversorgung über thermische Netze zur Verfügung. Das technische Potenzial liegt weit über dem Wärmebedarf.

Tabelle 4: Technisches Potenzial von thermischen Netzen gemäss Weissbuch Fernwärme von 2014²⁴

Wärmequelle	Technisches Wärmepotenzial	Geografisch zugeordnet*	Möglicher Anteil an der zukünftigen Fernwärme
Abwärme aus der Kehrrihtverwertung	5,7 TWh/a	3,6 TWh/a	21%
Direkte Abwärme aus der Industrie	3,6 TWh/a	Nicht zugeordnet	Nicht zugeordnet
Abwärme aus Abwasserreinigungsanlagen	7,7 TWh/a	1,9 TWh/a	11%
Grundwasser-Wärmenutzung	12,2 TWh/a	1,9 TWh/a	11%
Seen	97 TWh/a	5,1 TWh/a	29%
Flüsse	21,3 TWh/a	1,8 TWh/a	10%
Holz	20,5 TWh/a	1,7 TWh/a	10%
Geothermie	70 TWh/a	1,3 TWh/a	8%
Total	238 TWh/a	17,3 TWh/a	100%

* Dem technischen Potenzial wurden lokal vorhandene Gebiete mit hohem Wärmebedarf (ausreichende Anschlussdichte) zugeordnet

Das Weissbuch Fernwärme zeigt, dass das technische Potenzial an nicht vermeidbarer Abwärme und an erneuerbare Wärmeenergie aus Biomasse und Umweltwärme grösser ist als der schweizweite Wärmebedarf. Die Schätzungen liegen bei deutlich über 200 TWh pro Jahr.

In der Schweiz gibt es 29 **Kehrrihtverwertungsanlagen**, welche sowohl Strom produzieren als auch Wärme abgeben. Das Verhältnis zwischen der im Kehrriht vorhandenen Energie zur genutzten Energie wird Energieausbeute genannt. Dabei wird Strom gegenüber Wärme mit einem Faktor 2,6 gewichtet. Das schweizerische Mittel liegt gemäss Bundesamt für Umwelt (BAFU) bei 68 Prozent und ist im internationalen Vergleich bereits sehr hoch. Weitere Steigerungen sind möglich, jedoch ist das Potenzial infolge der bereits sehr hohen energetischen Verwertung begrenzt. Wärmespeichertechniken, wie der sich in Bau befindende Hochtemperatur-Geospeicher von Energie Wasser Bern, können allenfalls einen Beitrag zur Erhöhung der Energieausbeute leisten.

Die **nicht vermeidbare Abwärme** wird in der Schweiz nicht direkt oder indirekt erhoben. Durch die Erfahrungen aus den Zielvereinbarungen (Verminderungsverpflichtung, Art. 31 CO₂-Gesetz) lässt sich jedoch eine gewisse Quantifizierung vornehmen. Die Energie Agentur der Wirtschaft (EnAW) und

²⁴ Verband Fernwärme Schweiz: *Weissbuch Fernwärme*. Bern 2014.

act Cleantech Agentur Schweiz bewerten das technische nutzbare Potenzial für die Nutzung nicht vermeidbarer Abwärme als hoch. Gemäss Weissbuch Fernwärme beträgt das technische Potenzial 3,6 TWh pro Jahr. Die Umsetzung scheidet jedoch meist am langfristigen Planungshorizont. Viele Beispiele beweisen jedoch, dass eine Realisierung wirtschaftlich attraktiv sein kann. In der Gemeinde Gais im Kanton Appenzell Ausserrhoden wird die Abwärme aus einem Rechenzentrum als Quelle für eine Hochtemperatur-Wärmepumpe verwendet. Mit der Wärmepumpe wird wiederum die nötige Temperatur von rund 100 Grad Celsius für die ortsansässige Käserei zur Verfügung gestellt. Beim energienetz GSG AG im Kanton St. Gallen wurde 2019 ein Niedertemperatur-Netz in Betrieb genommen, das als Wärmesenke und -quelle dient. Die energienetz GSG AG ist Netzeigentümerin und wurde von den Städten Gossau, St. Gallen und Gaiserwald sowie der St. Gallisch-Appenzellischen Kraftwerke AG (SAK) gegründet, um dieses ungenutzte Wärmepotenzial zu erschliessen. Die energienetz GSG AG nimmt aktuell die Abwärme der Ernst Sutter AG ab und versorgt damit nach eigenen Angaben die Schläpfer Altmittel AG und die Steinemann Technology AG. Mit der City-Garage AG und der Max Bersinger AG werden weitere Firmen angeschlossen. Später sollen weitere Ausbautetappen folgen.

Auch das technische Potenzial an **Solarwärme** ist sehr gross, wobei geeignete und sozial akzeptierte Standorte mit der Solarstromproduktion in Konkurrenz stehen. Für Dachflächen im Siedlungsgebiet könnten die etwas teureren Photovoltaik-Thermie-Systeme (PVT) Module eine Lösung bieten. In der Industrie sind Hoch- und Mitteltemperatursysteme interessant, welche Temperaturen über 80 Grad Celsius liefern. Durch die zeitliche Differenz zwischen Verfügbarkeit und Heizwärmebedarf und der daraus resultierenden Kosten bei einer Integration von Solarwärme in thermische Netze wird in der Schweiz noch kaum direkte Solarwärme für die Wärmeversorgung über thermische Netze zu den Nutzerinnen und Nutzer transportiert. Die Weiterentwicklung von Niedertemperaturnetzen und Wärmespeichern könnte dazu führen, dass zukünftig mehr Solarenergie in thermische Netze eingespeist wird.

5.2 Ökologisches Potenzial

Für die **Wärmenutzung aus Seewasser** haben Forschende der Eidgenössischen Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (Eawag) im Jahr 2017 im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) abgeschätzt, wie viel Wärmeenergie sich aus den grössten 36 Seen und 57 Flüssen ohne negativen Einfluss auf das Ökosystem nutzen liesse. Sie kamen zum Schluss, dass dieses ökologisch nutzbare Wärmepotenzial grösser ist als der Wärmebedarf der Schweiz. Nur lässt sich dieses Potenzial nur dort nutzen, wo Siedlungen in der Nähe der Gewässer sind. Die Forscherinnen und Forscher verweisen zudem darauf, dass Seeabflüsse sich besonders für Kühlanwendungen eignen. Kleine Flüsse und flache Seen sind hingegen ungeeignet für den Wärmeentzug oder -eintrag.

Das ökologische Potenzial zur **Wärmenutzung aus Grundwasser** ist bereits mit der heutigen Bewilligungspraxis respektive dem Vollzug der Umweltgesetzgebung eingegrenzt. Im Vordergrund steht der Trinkwasserschutz und eine maximale Temperaturänderung von 3 °C (Anhang 2 Ziffer 21 Abs. 3 GSchV) im Abstrom-Bereich des Grundwassers. Um die gegenseitige Beeinflussung zu minimieren, die gesetzlichen Anforderungen zu vollziehen und die Nutzung zu erhöhen, haben einige Kantone minimale Nutzungsgrössen für Grundwasserfassungen definiert.

Erdwärmesonden-Bohrungen sind in der Schweiz ebenfalls bewilligungspflichtig. Die lokalen Potenziale werden im Rahmen der kommunalen Energieplanung erhoben. Schweizweit liegen keine Zahlen vor. Der Wärmeentzug über Erdwärmesonden ist begrenzt, sowohl hinsichtlich der zur Verfügung stehenden Fläche als auch des pro Bohrmeter möglichen Wärmeentzugs. Der übermässige Wärmeentzug führt zu Problemen an der Anlage selber und mindert, bei einer lokal hohen Dichte an Bohrungen, den möglichen Wärmeentzug allfälliger naheliegender Nachbarsonden. Da Erdwärmesonden mit Abwärme (z.B. aus der Gebäudekühlung) oder Wärme aus der Sonne und der Luft regeneriert werden können, ist eine nachhaltige Bewirtschaftung möglich und kann jederzeit nachgerüstet werden.

Aus der Nutzung von **Energieholz** wurden 2019 10,3 TWh Wärme und 500 GWh Strom produziert (Stufe Endenergie). Das ökologisch nutzbare Potenzial an verfügbarem Energieholz liegt bei rund 16 bis 19 TWh (Stufe Primärenergie). Im Jahr 2020 wurde in der Schweiz rund 4,8 Millionen m³ Holz geerntet, davon 1,9 Millionen m³ direkt als Energieholz, 2,3 m³ als Stammholz und 0,5 m³ als Industrieholz. Die bei der weiteren Verarbeitung anfallenden Holzanteile werden meist ebenfalls als Energieholz verwendet. Andere Holzbestandteile aus Altholz und Papier werden weiter in Verbrennungen in

Kehrichtverwertungsanlagen oder in spezialisierten Industrien verbrannt, so dass fast die ganze Holz-ernte langfristig und nach unterschiedlichen Nutzungen in der Energieverwertung dienen können.²⁵ In der Schweiz könnten rund 8 Millionen m³ Holz nachhaltig genutzt werden.²⁶ Die energetische Nutzung in Grossfeuerungen ist gegenüber Kleinf Feuerungen klar zu bevorzugen, da grosse automatische Feuerungen kaum mehr Feinstaub-Emissionen erzeugen. Zudem könnte mehr Holz in Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen zur gleichzeitigen Stromproduktion verwendet werden. Dies ist dann energetisch zu bevorzugen, wenn die anfallende Wärme vollständig oder beinahe vollständig genutzt wird. 2020 waren 23 Holz-Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen in Betrieb. Dazu kommen rund 60'000 automatische Holz- und Pelletsfeuerungen und knapp 480'000 manuell bestückte Einzelraumheizungen.

Das **Biogas** stammt in der Schweiz aus Hofdünger aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung, aus Nebenprodukten aus dem landwirtschaftlichen Pflanzenbau, aus dem organischen Anteil des Hauskehrichts, aus Grüngut aus Haushalten und Landschaft, aus organischen Abfällen aus der Industrie und dem Gewerbe sowie aus Klärschlamm aus den Abwasserreinigungsanlagen. Biogas kann entweder am Produktionsort in Strom- oder Wärme-Kraftkopplungsanlagen verwendet werden oder es wird in Biomethan umgewandelt und ins Erdgasnetz eingespeist. Die Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) hat das ökologische nutzbare Biomassenpotenzial der Schweiz für die energetische Nutzung berechnet. Dieses kann und sollte für die Biogas-Produktion verwendet werden. Das ökologische Potenzial an Schweizer Biogas beträgt damit rund 5,7 TWh, wobei 2,2 TWh bereits genutzt sind.

5.3 Wirtschaftliches Potenzial

In den Energieperspektiven 2050+ gibt es verschiedene Szenarien zur Entwicklung des Fernwärmebedarfs:

Tabelle 5: Entwicklung des Fernwärmebedarfs gemäss Energieperspektiven 2050+

Szenario	Gesamtenergieverbrauch der Fernwärme bis 2050	Haushalte	Dienstleistung und Landwirtschaft	Industrie	CCS/NET (Umwandlungssektor)
weiter wie bisher	6 TWh	42%	26%	32%	0%
ZERO-Basis	13,8 TWh	46%	21%	14%	19%
ZERO-A	10,9 TWh	34%	26%	16%	24%
ZERO-B	9,7 TWh	29%	29%	16%	26%
ZERO-C	16,7 TWh	54%	18%	13%	15%

Im Szenario ZERO Basis wird für die CO₂-freie Fernwärmeerzeugung in bestehenden Anlagen Erdgas durch Biogas (bzw. Biomethan) ersetzt. In den Fernwärmenetzen decken diese insbesondere die Spitzenlast ab. Auf den Einsatz von Wasserstoff wird hingegen aufgrund hoher Kosten verzichtet. Dafür werden die Abwärmepotenziale von Kehrichtverwertungsanlagen stärker genutzt. Bei den Geothermiekraftwerken wird nur ein Teil des vorhandenen Abwärmepotenzials genutzt, da noch unklar ist, ob sich deren Standorte in ausreichender Nähe zu den Wärmenetzen befinden. Das Szenario ZERO Basis rechnet mit rund 1,5 TWh. Daneben werden Geothermie-Anlagen zur reinen Wärmeerzeugung im Um-

²⁵ Ohne Berücksichtigung von Importen und Exporten entlang aller Nutzungsprozesse.

²⁶ Bundesamt für Umwelt (BAFU): *Ressourcenpolitik Holz 2030*. Ittigen 2020.

fang von 2 TWh genutzt. Bei der Nutzung von Umgebungswärme aus Seen, Flüssen und dem Abwasser von Abwasserreinigungsanlagen mittels Wärmepumpen wird mit rund 6 TWh an Wärme gerechnet.

Auch die Wärmeinitiative Schweiz hat die Entwicklung des in wirtschaftlicher und räumlicher Sicht möglichen Potenzials mit verschiedenen Szenarien untersucht. Der Anteil an über thermische Netze transportierten Wärme zur Deckung des Wärmebedarfs beträgt mit Berücksichtigung der mitteltiefen Geothermie und ohne Berücksichtigung der Tiefengeothermie zwischen 16 und 44 TWh. Der untere Wert bezieht sich auf tiefe Grenzkosten der Wärmeverteilung und beim oberen Wert sind höhere Grenzkosten in Kauf zu nehmen. Je nach energiepolitischen Rahmenbedingungen und vor allem je nach Abhängigkeit, wie rasch die thermischen Netze auf- und ausgebaut werden, kann gemäss Wärmeinitiative Schweiz bis 2050 ein Potenzial zwischen 9 und 22 TWh erschlossen werden.²⁷

Wärmedichte als entscheidender Faktor für die Wirtschaftlichkeit

Thermische Netze können dort wirtschaftlich betrieben werden, wo der Energieabsatz pro zu erstellenden Meter Leitungslänge besonders hoch ist. Diese sogenannte Wärmedichte ist der entscheidende Faktor und daher auch eine wichtige Kennzahl, die im Rahmen der räumlichen, kommunalen Energieplanung und einer strategischen Planung durch einen Wärmenetz-Entwickler erhoben werden sollte. Ab einer Wärmedichte von rund 700 MWh pro Jahr pro Hektare gilt ein Gebiet als interessant. Besonders attraktiv sind Schlüsselkunden mit grossem Wärmeverbrauch und hohen Bandlasten. Gebäude mit tiefem Wärmeverbrauch – insbesondere Einfamilienhäuser und kleine Minergie-Mehrfamilienhäuser – an ein thermisches Netz anzuschliessen, ist hingegen in der Regel wirtschaftlich nicht rentabel.

Wärme-Cluster mit mehr als 700 MWh pro Jahr pro Hektare befinden sich häufig in Städten und Agglomerationen. Altstädte eignen sich infolge Platzmangel und Dienstleistungsbetrieben mit Kältebedarf ebenfalls für thermische Netze. Die erschwerte Erschliessung führt jedoch oft zu unattraktiven Wärmegestehungskosten gegenüber heutigen Wärmegestehungskosten von rein fossil betriebenen Heizungsanlagen (2021). Das Planungshandbuch Fernwärme empfiehlt zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit die Gesamtlänge des thermischen Netzes im Endausbau mit dem zukünftigen Wärmeabsatz in Bezug zu setzen.²⁸ Bei günstigen Bedingungen sollten mindestens 2 MWh pro Meter Leitungslänge und Jahr abgesetzt werden können.²⁹

Die **Wärmegestehungskosten** sind eine Kennzahl, welche den Vergleich von Wärmeversorgungsanlagen ermöglicht. Bei Verbrennungsprozessen korrelieren diese sehr stark mit dem Energiepreis, zuzüglich Amortisation, Betrieb und Unterhalt. Bei der Nutzung von Umweltwärme sind die Energiekosten verhältnismässig klein, die Investitionskosten hoch. Die Wärmegestehungskosten berücksichtigen, wie viele Stunden die zur Verfügung stehende Umweltwärme genutzt wurde. Die Investitionen werden unter der Berücksichtigung der Lebensdauer und des Kapitalzinses amortisiert und durch die produzierte Wärme geteilt. Besonders attraktive Wärmegestehungskosten haben jene Wärmenetze, die mit Abwärme aus der Kehrlichtverbrennung ein nahegelegenes Gebiet mit einem hohen Wärmeabsatz versorgen können. Die Wärmegestehungskosten sind bei den aktuellen Energiepreisen tiefer, wenn die vorhandene Abwärme oder nutzbar gemachte erneuerbare Umweltwärme als Bandlast eingesetzt wird und die Spitzenlast mit einer mit fossilen Brennstoffen betriebenen Feuerung erfolgt. Die Wärmegestehungskosten und Erlöse aus dem Wärmeverkauf bestimmen die Rentabilität des Wärme- und/oder Kälteverbands. Der maximal mögliche Verkaufspreis für Wärme wird durch die Wärmegestehungskosten von individuellen Heizungssystemen eingegrenzt. Die rechtlichen Rahmenbedingungen, die Preisentwicklung der einzelnen Energieträger sowie die Frage der Internalisierung von Umweltfaktoren (z.B. Kosten durch Klimawandel bei fossil betriebenen Heizungsanlagen) haben einen grossen Einfluss auf die Konkurrenzfähigkeit thermischer Netze.

²⁷ Wärme Initiative Schweiz: *Erneuerbare- und CO₂-freie Wärmeversorgung Schweiz. Eine Studie zur Evaluation von Erfordernissen und Auswirkungen.* Bern 2020.

²⁸ QM Fernwärme im Auftrag von EnergieSchweiz: *Planungshandbuch Fernwärme.* Ittigen 2017.

²⁹ Verband Fernwärme Schweiz: *Leitfaden Fernwärme/Fernkälte.* Bern 2020.

Tabelle 6: Übersicht zu den geschätzten Wärmegestehungskosten für Mehrfamilienhäuser beim Heizungsersatz

Heizsystem	Heizöl-Brennwertkessel	Erdwärmesonde-Wärmepumpe	Luft/Wasser-Wärmepumpe	Wärmebezug ab Fernwärme
Rechtliche Rahmenbedingungen	Je nach kantonalem Energierecht eingeschränkt	Aus gewässer-schutzrechtlichen Gründen nicht überall erlaubt	Luft im Prinzip überall vorhanden; herausfordernd bei geringem Platzbedarf, kritisch Prüfung in Höhenlagen	Vgl. Kapitel 4
Jährliche Amortisation der Investitionskosten (ohne Subventionen, Steuererleichterungen)	Tief ca. 2-6 Rp./kWh*	Hoch ca. 11-14 Rp./kWh*	Bei Mehrfamilienhäuser sehr grosse Bandbreite ca. 5-8 Rp./kWh*	Variabel (Anschlusskosten und Grundgebühr)
Kosten für bauliche Massnahmen beim Systemwechsel von Heizöl auf erneuerbar**	---	2-6 Rp./kWh	1-10 Rp./kWh (tief bei einer einfachen Aussen-aufstellung/hoch bei einer aufwendigen Dachintegration)	0.5-1,5 Rp./kWh
Betriebskosten	Rel. hoch 2 Rp./kWh	Tief 1 Rp./kWh	Tief 1 Rp./kWh	sehr tief << 1 Rp./kWh
Energiekosten***	Je nach Ölpreis bei 6 – 10 Rp./kWh	Strompreis pro kWh durch ca. 4 Bsp. 20Rp/kWh durch 4 = 5 Rp./kWh	Strompreis pro kWh durch ca. 3 Bsp. 20 Rp./kWh durch 3 = 6.7 Rp./kWh	Variabel; Wärmekosten
CO ₂ -Abgabe	Abgabesatz von 96 Fr./t CO ₂ entspricht ca. 2.5 Rp./kWh 120 Fr./t CO ₂ entspricht ca. 3,1 Rp./kWh			

* Investitionskosten sind abhängig vom kalkulatorischen Zinssatz. Bei Privatwohnbauten wird oft von einem Zinssatz ausgegangen, welchen den erwarteten mittleren Hypothekarzinsatz über die Lebensdauer widerspiegelt.

** Die Kosten für bauliche Massnahmen beinhalten auch Gartenarbeiten nach Erdwärmesondenbohrungen; allfällige Kosten für die Erhöhung des Stromanschlusses, Lärmschutzmassnahmen bei Luft/Wasser-Wärmepumpen oder aufwendige Dachintegration

*** Stromkosten variieren lokal und je nach Produkt. Private Mehrfamilienhausbesitzer können meist nicht vom liberalen Markt profitieren. Zudem hat die Energieeffizienz der Wärmepumpe einen Einfluss auf die Stromkosten -> bis zu 1-3 Rp./kWh Mehrkosten

Betreiber von thermische Netzen, welche Abwärme nutzen, können meist attraktive Wärmepreise anbieten. Wärme ab der Kehrlichtverbrennung ist in der Schweiz sehr attraktiv, sofern die Versorgung in Gebieten mit geeigneter Wärmedichte stattfindet. Bei der Versorgung über thermische Netze nimmt der Anteil nicht erneuerbaren Energien an der verkauften Wärme ebenfalls eine zentrale Rolle ein. Netze mit 100 Prozent erneuerbaren Energien haben meist höhere Wärmegestehungskosten. Die Stadt Zürich hat in einer Kostenanalyse einen Vergleich zwischen der Nutzung von Abwärme aus

der Kehrichtverbrennung und der Wärmenutzung von Seewasser mit jeweils 100 Prozent erneuerbarer Spitzenlastabdeckung ermitteln lassen. Die Wärmegestehungskosten liegen bei der Seewasser-Wärmenutzung bei bis zu 30 Rp./kWh und rund 50 Prozent über den Wärmegestehungskosten der Kehrichtverbrennungs-Variante.

Der Einfluss des zunehmenden **Kältebedarfs** auf die Wirtschaftlichkeit von Kälte- und Wärmenetzen ist schwierig abzuschätzen. Bei den städtischen Wärmeinseln hängt der zukünftige Mehrbedarf an Kälte auch von weiteren raumplanerischen Massnahmen ab, beispielsweise von der verstärkten Begrünung, welche die Bildung solcher Inseln reduzieren können. Haben sich städtische Wärmeinseln gebildet, so verstärken dezentrale Klimageräte die Wärmeinseln.³⁰ In städtischen Gebieten bietet es sich an, beim Zubau von Kälte- und Wärmenetzen nicht nur die energetische Synergienutzung zu bewerten, sondern auch die damit einhergehende Reduktion von individuellen Kälteanlagen mit dezentralen Rückkühlsystemen.

Die Wirtschaftlichkeit der thermischen Netze, die **Wärme aus Wärme-Kraftkopplungsanlagen** aufnehmen, hängt von der Umsetzung von Massnahmen ab, die heute den Bau von ohne Förderung nicht wirtschaftlichen Stromproduktionsanlagen unterstützen. Diese Wärme-Kraftkopplungsanlagen können mit erneuerbaren Energieträgern betrieben sein oder mit fossilen Energieträgern und einer abrufbaren auf die Winterstromsicherheit ausgerichteten Stromproduktion. Die bivalente Wärmeproduktion und der Einbau von Speichern erhöht die Flexibilität der Stromproduktion bei einer wärmegeführten Einbindung.

Das Wärmepotenzial der **Geothermie** wurde 2020 vom Verband Geothermie Schweiz ermittelt. Der Branchenverband geht davon aus, dass die Geothermie einen Viertel des zukünftigen Wärmebedarfs von 70 TWh decken kann.³¹ Alleine das wirtschaftlich nutzbare Potenzial aus der untiefen Geothermie wäre über 9 TWh pro Jahr und jenes der tiefen Geothermie sei rund 8 TWh pro Jahr. Geothermie Schweiz hebt hervor, dass die Geothermie auch zur Kälteerzeugung beitragen kann und sowohl Erdwärmesonden als auch Aquiferen zur saisonalen Wärmespeicherung verwendet werden können.

³⁰ Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa): *Immer mehr Energie für die Kühlung*. Medienmitteilung v. 18.05.2021

³¹ Geothermie Schweiz: *Positionspapier Wärmepotenzial Geothermie*. Bern 2020.

6 Hemmnisse beim Ausbau thermischer Netze

Im Rahmen von Aktivitäten von EnergieSchweiz liegen dem Bundesamt für Energie (BFE) von der Branche formulierte Hemmnisse vor. Diese sind in der nachfolgenden Tabelle mit einer kurzen Bewertung wiedergegeben.

Tabelle 7: Von verschiedenen Akteuren formulierte Hemmnisse

Genannte Hemmnisse	Erklärung/Gründe	Einschätzung
Hohe Investitionskosten mit tiefen Rendite-Erwartungen	<ul style="list-style-type: none"> - Geringe Risikobereitschaft, Bauplanung erst nach Zusagen von Wärmeabnehmern - Fokus auf grosse Wärmeabnehmer mit wenigen Verhandlungspartnern (≠ Areale mit Eigentumswohnungen im Stockwerkeigentum) 	<ul style="list-style-type: none"> - Beeinflussung durch Sondernutzungsplanungen, Auflagen bei der Konzessionierung sowie durch Eigentümerstrategien/Leistungsaufträge bei kommunalen Energieversorger möglich
Unsichere Entwicklung bezüglich Anschlussdichte/Energieabsatz	<ul style="list-style-type: none"> - Unsicherheit: Gebäude-Erneuerungen (Dämmungen) erfolgen langsamer als in der Klimazielsetzung -> städtische Energieversorger: Entwicklungsstrategie berücksichtigen? - Verdichtung erfolgt langsamer und die zukünftige lokale Entwicklung ist unklar - Energieabsatz pro Meter thermisches Netzes sind entscheidend für die Wirtschaftlichkeit. 	<ul style="list-style-type: none"> - Beeinflussung durch Anschlusspflicht möglich - Beeinflussung durch kantonale Energievorschriften, Förderbeiträge und Anreize zur Verdichtung bestehender Bauten an gut erschlossenen Lagen - Durch eine Energieplanung mit der Ausrichtung auf Netto-Null können klare Grundlagen geschaffen werden - Übernahme MuKE in die kantonale Gesetzgebungen, insbesondere Modul 10
Gasversorgung in Wohngebieten	<ul style="list-style-type: none"> - Gasnetze befinden sich in Gebieten mit hoher Wärmenachfrage pro Fläche (Wärmedichte). Diese Gebiete sind somit auch für eine Wärmeversorgung über thermische Netze geeignet. 	<ul style="list-style-type: none"> - Durch eine Energieplanung mit der langfristigen Ausrichtung auf Netto-Null können klare Grundlagen geschaffen werden. - Wegen vorhandenen Alternativen sind Gasnetze in Wohngebieten nicht mit einer Netto-Null Strategie vereinbar. - Eine Stilllegung bedarf grundsätzlich eine frühzeitige Ankündigung. - Gasnetze sollten in Wohngebieten zurückgebaut werden.
Fehlende flächendeckende Konkurrenzfähigkeit gegenüber individuellen Heizungen	<ul style="list-style-type: none"> - Aufgrund baulicher Massnahmen variieren die Investitionskosten individueller Heizungen. Oft wollen jene ans Wärmenetz anschliessen, die nur erschwert das Heizsystem wechseln können. 	<ul style="list-style-type: none"> - Beeinflussung durch Anschlusspflicht möglich - Beeinflussung durch die Ausgestaltung von Förderprogrammen möglich

	<ul style="list-style-type: none"> - Mehrkosten infolge: Gebühren/Entschädigungen für Durchleitungsrechte, Konzessionsabgaben für erneuerbare Wärmeverbände mit See-/Grundwasser oder Tiefe Geothermie, Eichpflicht für Wärmemessungen (zur Verrechnung), Mehrwertsteuerpflicht bei Wärme ab thermischen Netz. 	<ul style="list-style-type: none"> - Beeinflussung durch Kommunikation, Energieplanung und Bürgerbeteiligung möglich -Beeinflussung durch Festlegung der Höhe der Konzessionsabgaben
Risiko von Verlusten von Schlüsselkunden bzw. bedeutende Wärmeabnehmern	<ul style="list-style-type: none"> - Nicht planbares Risiko eines Vertragsausstieg von einem Wärmebezüger mit einem kritischen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des Gesamt-Verbundes 	<ul style="list-style-type: none"> - Beeinflussung durch eine Risikoabsicherung möglich (vgl. abgelehntes CO2-Gesetz Art. 55 Abs. 2 Bst. e)
Risiko des Verlusts von Wärmequelle bei der Abwärmenutzung	<ul style="list-style-type: none"> - Risiko eines Wärmequellenverlustes bei Abwärme aus der Industrie infolge Produktionsverlagerungen 	<ul style="list-style-type: none"> - Beeinflussung durch eine Risikoabsicherung möglich (vgl. abgelehntes CO2-Gesetz Art. 55 Abs. 2 Bst. e)
Hohe Komplexität der rechtlichen Rahmenbedingungen	<ul style="list-style-type: none"> - Beim Bau und Betrieb eines thermischen Netzes sind rechtliche Vorgaben aus einer Vielzahl verschiedener Rechtsgebiete zu beachten (Raumplanung, Baurecht, Beschaffungsrecht, Nutzung des öffentlichen Grunds und Bodens, Durchleitungsrechte auf privatem Grund, Umweltrecht, Wettbewerbsrecht usw.). Die Vorgaben verteilen sich auf alle Staatsstufen (Bund, Kantone und Gemeinden). 	<ul style="list-style-type: none"> - Organisation von Aus- und Weiterbildungen
Fehlende wirtschaftlich attraktive Überganslösungen für Anlagenbesitzer bei einem anstehenden Heizungersatz bis zum zukünftigen Fernwärme-Anschluss	<ul style="list-style-type: none"> - Wenn Wärmenetz-Zubau noch nicht beim aktuellen Strassenzug angekommen ist - Kostengünstige Übergangslösungen sind oft nicht vorhanden - Allfällige gesetzliche Ausnahmeregelungen sind wichtig (wo Vorschriften beim Heizungersatz gelten) 	<ul style="list-style-type: none"> - Beeinflussung durch zeitlich befristete gesetzliche Ausnahmeregelungen - Beeinflussung durch entsprechende Förderangebote für Übergangslösungen durch Kantone, Kommunen oder durch die öffentlich-rechtlichen Betreiber von thermischen Netzen
Leitungsbau, Durchleitungsrechte, Energiezentralen	<ul style="list-style-type: none"> - Ländliche Gemeinden: In Landwirtschaftszonen ist der Bau von Leitungen nur in Ausnahmefällen möglich, jedoch andere Leitungsführungen gegebenenfalls nur mit hohen Mehrkosten möglich. - Städtische Gebiete: Freihaltezonen, fehlende Pflicht zur Koordination bei anderen Tiefbauarbeiten, fehlende Unterstützung bei der Standortsuche für Energiezentralen 	<ul style="list-style-type: none"> - Beeinflussung durch politischen Auftrag an die Kommunen möglich. Gemeinden können Koordination stärken und Flächen für Energiezentralen zur Verfügung stellen.

<p>Fehlende Akzeptanz innerhalb der Gemeinde</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Konkurrenz zur Erdgasversorgung - Keine Energieplanung nach Netto-Null - Mangelnde Ressourcen (personell und fachlich) in Verwaltung noch ergänzen. Fehlende Kommunikation an die Bevölkerung 	<ul style="list-style-type: none"> - Übernahme Modul 10 der MuKE in die kantonalen Gesetzgebungen - Klare Kommunikation und Konsequente Ausrichtung der Energieplanung auf Netto-Null - Ressourcen-Evaluation und -Optimierung in den Kommunen
<p>Langfristige Bindung</p>	<ul style="list-style-type: none"> - In der Schweiz ist die Akzeptanz thermischer Netze (im Vergleich zu Dänemark) klein - Langfristige Verträge werden als «Knebelverträge» empfunden - Fehlende Sensibilisierung 	<ul style="list-style-type: none"> - Gemeinsame Kommunikation Gemeinde und Netzentwickler/Betreiber - Einhalten der Empfehlungen des Preisüberwachers
<p>Fehlender Informationsaustausch unter Gemeinden</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Kaum Plattformen zum Informationsaustausch räumliche Energieplanung, Relevanzprüfung, Gebietsausscheidung - Fehlender Erfahrungsaustausch 	<ul style="list-style-type: none"> - Bei Bedarf und entsprechender Mitarbeit kann der Bund im Rahmen von EnergieSchweiz entsprechende Aktivitäten unterstützen
<p>Fehlender/unzureichender Knowhow-Transfer innerhalb Fachkräften</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Geringer Wissenstransfer - Begrenzte Weiterentwicklung verschiedener Techniken zur Nutzung alternativen Energiequellen und Speichermedien - Wissensweitergabe von erfahrenen Fachkräften zu Neueinsteigern 	<ul style="list-style-type: none"> - Aus dem Programm thermische Netze von EnergieSchweiz wurde ein CAS entwickelt - Der Fernwärmeverband und die verschiedenen Hochschulen bieten verschiedene Aus- und Weiterbildungsveranstaltungen an. Teilweise werden diese von den Kantonen unterstützt

7 Vergleich mit dem Ausland

7.1 Dänemark

Dänemark hat heute bei einer Fläche von 42'921 km² eine Einwohnerzahl von 5,8 Millionen. Die Bevölkerungsdichte lag 2019 bei etwa 135 Einwohner pro km² (Schweiz ca. 215 km²). Trotz der geringeren Bevölkerungsdichte lebt der Grossteil der Bevölkerung in urbanen Räumen, was die Wärmeversorgung mit thermischen Netzen begünstigt. Entscheidend für die Nutzung von thermischen Netzen war in Dänemark die Energiepolitik. Nach der Erdölkrise von 1973 wurde in Dänemark der Zubau der Wärmenetze stark forciert. Diese Politik wurde seither konsequent weitergeführt. Heute werden deshalb in Dänemark über zwei Drittel der Haushalte über Fernwärme mit Wärme für Raumheizung und Warmwasser versorgt.³²

1979 wurde das erste Wärmeversorgungsgesetz verabschiedet, damit das in der dänischen Nordsee entdeckte Erdgas energieeffizient in Wärme-Kraftkopplungsanlagen genutzt werden konnte. Das Wärmeversorgungsgesetz enthält Vorschriften an die Gemeinden für eine Wärmeplanung. Es wurde ein Technologiecatalog entwickelt, der Instrumente zur Wirtschaftlichkeitsberechnung und zur Prognose von Kraftstoffpreisentwicklungen enthielt. 1982 wurde das Gesetz mit einer Ausführungsanordnung ergänzt, welche die Investitionen in die Wärmenetze sicherte, indem es verhinderte, dass Haushalte aus dem Verbund aussteigen konnten. Diese Befugnis der Kommunen, Gebäude an das Netz anzuschliessen, ist nach wie vor in Kraft, wird aber selten genutzt. Um sicherzustellen, dass fossile Energieträger effizient eingesetzt und wo möglich substituiert werden, wurden Steuern auf Kraftstoffe eingeführt, welche zur Wärmeerzeugung verwendet wurden. Biomasse und Biogas sind von der Steuer befreit. Als die Öl- und Gaspreise in den 1980er-Jahren sanken, wurden das Steuerniveau erhöht, damit der Anreiz, umweltfreundliche Energiequellen zu nutzen und Energie zu sparen, weiterhin gegeben war. In den darauf kommenden Jahren folgten verschiedene Gesetzesänderungen zur weiteren Förderung von erneuerbaren Energien. Heute liegt der Anteil an erneuerbaren Energien an der Wärmeerzeugung für Wärmenetze bei knapp 60 Prozent.

Dänemark verfügt durch das Wärmeversorgungsgesetz über eine nationale einheitliche Struktur und über eine rechtlich klare Rollenverteilung. Die Versorgung mit Wärme über ein thermisches Netz gilt als natürliches Monopol. Die Gemeinden sind per Gesetz die zentralen Akteurinnen, haben eine Obhut über die Heizungsplanung und sind verantwortlich dafür, dass Erweiterungen und Änderungen von Wärmenetzen mit dem Wärmeversorgungsgesetz übereinstimmen. Die dänische Energieregulierungsbehörde und die Beschwerdekammer überwachen den Sektor und bearbeiten allfällige Preisbeschwerden. Die Wärmeversorgung über Wärmenetze erfolgt über die öffentlichen Wärmeversorger. Diese unterliegen gemeinnützigen Regeln und Vorschriften. Das Gesetz verbietet den Gemeinden, ihr Einkommen durch die Versorgungsleistungen zu erhöhen. Die dänische Energieagentur hält fest, dass mit dem Non-Profit-Prinzip sichergestellt wird, dass die Verbraucher vor Missbrauch geschützt sind. Um die Kosteneffizienz zu gewährleisten und die Verbraucher vor ineffizientem Management zu schützen, werden die Fernwärme-Unternehmungen jährlich freiwillig miteinander verglichen.

Im Gegensatz zu Dänemark verfügt der Bund über keine gesetzliche Grundlage für eine einheitliche Regelung der Wärmeversorgung über thermische Netze. Im Bundesrecht gibt es auch keine Pflicht zur Vornahme einer Energieplanung.³³ Die Kantone haben hier im Rahmen der Mustervorschriften der Kantone eine Grundlage für eine Aufnahme der kantonalen und kommunalen Energieplanung in die kantonalen Energiegesetze geschaffen. Der Begriff Energieversorgungsunternehmung ist in der Schweiz sehr weit gefasst und die Zusammenarbeit zwischen Gemeinden und Energieversorgungsunternehmung variiert je nach lokaler Ausgangslage. Zudem gibt es in der Schweiz kein Gesetz, welches besagt, welche Kosten an die Wärmenutzung angerechnet werden dürfen. Dementsprechend gibt es auch keine Regulationsbehörde wie die Eidgenössischen Elektrizitätskommission (EiCom) für die Überwachung der Preise und Tarife im Strombereich. Das Schweizer Preisüberwachungsgesetz mit seinen allgemein formulierten Preismissbrauchs-kriterien findet jedoch Anwendung bei Gebietsmonopolen (Anschlusszwang) oder bei marktmächtigen Unternehmen (de facto Anschlusspflicht, da zumutbare

³² Danish Energy Agency: *Regulierung und Planung der Fernwärme in Dänemark*. Kopenhagen 2017.

³³ Abgesehen davon, dass im kantonalen Richtplan die Gebiete aufzuzeigen sind, die sich für die Nutzung erneuerbarer Energien eignen (Art. 8b RPG und Art. 10 Abs. 1 EnG).

Alternativen gemäss PüG nicht vorhanden sind). Sofern Kantone ein Verbot von Öl- und Gasheizungen festlegen und Bestrebungen unternehmen, die Fernwärme zu fördern, werden die Fälle, in denen der Preisüberwacher zuständig ist, immer häufiger. Je nach Konstellation verfügt er dann über ein Entscheid- (Art. 6 ff. PüG) oder ein Empfehlungsrecht (Art. 14 PüG). Weiter gibt es noch das Benchmarking zu den Energieversorgungsunternehmen von EnergieSchweiz. Diese freiwillige und alle zwei Jahre durchgeführte Befragung vergleicht die Energieversorgungsunternehmen in Bezug auf erneuerbare Energien und Energieeffizienz.

7.2 Österreich

Österreich ist mit einer Fläche von 83'879 km² gut doppelt so gross wie die Schweiz, hat aber nur wenig mehr Einwohnerinnen und Einwohner (8,9 Mio.). Die Bevölkerungsdichte ist im Vergleich zur Schweiz nur halb so gross. Trotzdem wurden in Österreich in den letzten 40 Jahren mehr als ein Viertel aller Haushalte an ein Wärmenetz angeschlossen. Jedes Jahr kommen rund 80'000 bis 100'000 Wohnungen dazu.³⁴ Rund 80 Prozent aller Gebäude, die mehr als 20 Wohnungen haben und seit 2000 gebaut wurden, werden heute über ein Wärmenetz versorgt. Nah- und Fernwärme ist aber auch in anderen Sektoren erfolgreich. 2019 gingen nur rund 44 Prozent des Nah- und Fernwärmeverkaufs an die Haushalte. 41 Prozent entfielen auf die Sektoren öffentliche und private Dienstleistungen sowie 16 Prozent auf die Industrie und das Gewerbe.

Der Zubau an Wärmenetzen wurde in Österreich durch das nationale Umweltfördergesetz gefördert, das die Errichtung von Nah- und Fernwärmenetzen mit bis zu maximal 25 Prozent der Investitionskosten subventioniert. Mit der Einführung einer Ökostromförderung verstärkte sich ab 2006 die Zunahme an «erneuerbaren» Wärmenetzen. Diese führte zum Zubau vieler Biomasse Wärme-Kraftkopplungsanlagen mit Wärmenutzung in Wärmenetzen. Zudem trat 2009 das Wärme- und Kälteleitungsausbaugesetz in Kraft. Mit der Investitionsförderung sollen kostengünstige CO₂-Einsparungen erreicht und die Energieeffizienz erhöht werden. Mit der Errichtung von Kältenetzen soll der Zuwachs des Stromverbrauchs für Klimatisierung gedämpft werden. Zudem sollen die Luftschadstoffe reduziert und die bestehenden Wärme- und Abwärmepotenziale kostengünstig genutzt werden. Auch will das Gesetz die Einbindung von erneuerbaren Energieträgern in kleinräumige, regionale Wärmeversorgungen im ländlichen Raum erreichen und den Fernwärmeeubau in Ballungszentren beschleunigen. In den vergangenen Jahren kam es aufgrund mangelnder finanzieller Dotierung des Fördertopfes jedoch zu einer Warteliste. Ab 2022 soll diese mittels zusätzlicher 110 Millionen Euro abgearbeitet werden. Zudem sollen bis 2024 jährlich weitere zugesicherte 15 Millionen Euro in den Ausbau der Fernwärme fliessen.

Mit der Wärmestrategie soll eine vollständige Dekarbonisierung des Wärmemarktes erreicht werden. Die Nah- und Fernwärmebetreiber sind aufgefordert, ein Konzept einzureichen, wie sie bis 2040 klimaneutral werden können. Heute stammen 48 Prozent der gelieferten Wärme aus erneuerbaren Energiequellen. Die Verkaufspreise der Fernwärme unterliegen in Österreich nicht nur dem Konsumentenschutzgesetz, sondern auch dem nationalen Preisgesetz. Die Bundesbehörden können dadurch Preise beschränken bzw. die einzelnen Landeshauptleute damit beauftragen. Das Preisgesetz wird von den Behörden im Nah- und Fernwärmebereich angewendet, gilt aber nicht für privatrechtliche Wärmeverbünde oder Contracting-Firmen, welche die Energie vom Fernwärmenetzen beziehen und als Wärme-Dienstleistung an die Endkundinnen und Endkunden weiterverkaufen.

Da die Schweiz über kein Wärme- und Kälteleitungsausbaugesetz verfügt, erfolgt die Förderung von thermischen Netzen primär über die im CO₂-Gesetz verankerten Globalbeiträge des Bundes an kantonale Förderprogramme, über Beiträge der Stiftung Klimaschutz und CO₂-Kompensation (KliK), über die im Energiegesetz verankerten Investitionsbeiträge aus dem Netzzuschlagsfonds an Biomasse-Kraftwerke mit Mindestanforderungen zur Wärmenutzung sowie Erkundungsbeiträge an Tiefengeothermie-Projekte.

³⁴ Fachverband der Gas- und Wärmeversorgungen Österreich (FGW): *Gas und Fernwärme in Österreich. Zahlenspiegel 2020*. Wien 2020.

7.3 Niederlande

In den Niederlanden waren 2015 bereits über 2'500 Niedertemperatur-Aquiferspeicher in Betrieb.³⁵ Diese speichern Wärme in einem oberflächennahen unterirdischen Grundwasserleiter mit Temperaturen bis 20 Grad Celsius. In den Niederlanden wurde der Untergrund infolge verschiedener seismischer Untersuchungen im Rahmen der Kohlenwasserstoff-Exploration erforscht. Die Erstellung von Niedertemperatur-Aquiferspeicher wurde gezielt gefördert. Verschiedene Provinzen und Gemeinden unterstützen deren Entwicklung mit finanziellen Beiträgen sowie mit Webseiten, Broschüren, Planungen, Coaches und Businessplan-Unterstützungen.

In der Schweiz sind die geologischen Gegebenheiten bezüglich Grössenordnung der Verfügbarkeit von Niedertemperatur-Aquiferspeichern und den zu erwartenden durchschnittlichen Erschliessungskosten nicht wie in den Niederlanden. Einige kantonale Gewässerschutzfachstellen haben in einer Umfrage des Bundesamtes für Energie (BFE) ein vorhandenes Potenzial zur Wärmespeicherung in oberflächennahen Grundwasserleitern bestätigt. Realisierbares Potenzial liegt nur dort vor, wo hydrogeologische Gegebenheiten eine Wärmespeicherung ermöglichen und der Aquifer nicht zur Trinkwassernutzung geschützt ist. Eine Nutzung des Potenzials würde allerdings eine Anpassung der rechtlichen Rahmenbedingungen bedingen.

7.4 Deutschland: München

In München leben gut 1,5 Millionen Einwohnerinnen und Einwohner auf einer Fläche von 310 km². Das entspricht einer Bevölkerungsdichte von gut 4'800 Einwohner pro km². Die Stadtwerke München betreibt ein Wärmenetz von über 900 km Länge. Derzeit wird der grösste Anteil der Fernwärme mit Abwärme aus Wärme-Kraftkopplungsanlagen geliefert. Immer mehr Wärme kommt aus verschiedenen Tiefen-Geothermie-Anlagen, die sowohl Wärme als auch Strom liefern. Demnächst wird ein neues Kraftwerk in Betrieb genommen, das eine thermische Leistung von mindestens 50 MW und damit geothermische Wärme für mehr als 80'000 Personen liefern soll. Bis 2040 soll die Fernwärme zu 100 Prozent CO₂-neutral sein.

2018 waren in der Region Bayern insgesamt bereits 23 Tiefen-Geothermie-Anlagen in Betrieb, davon lieferten 6 Anlagen neben Wärme auch Strom mit einer Bandleistung von ca. 31 MW_{el}.³⁶ Die Stromgestehungskosten lagen bei 0,18 bis 0,28 Euro pro kWh und die Wärmegestehungskosten ohne Wärmeverteilung bei 0,01 bis 0,06 Euro pro kWh. Das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie plant in den nächsten Jahren weitere Erkundungsbohrungen, insbesondere im Münchener Raum und im Südosten von Oberbayern. Die Geologie unter der Stadt München ist aufgrund früherer seismischer Bohrungen nach Kohlenwasserstoffen gut bekannt. Wegen einer wasserführenden Schicht, welche von Norden nach Süden abfallend unterhalb von München liegt, ist ein grosses Reservoir vorhanden.

Gemäss dem deutschen Bergrecht-Gesetz, das Geothermie als bergfreien Bodenschatz einstuft, kann die Aufsuchung und Nutzung des Bodenschatzes unabhängig von Grundeigentum beantragt und dann exklusiv genehmigt werden. Durch Forschungsbeiträge an Geothermie-Bohrungen konnten das Reservoir und die Umsetzbarkeit der Technologie bestätigt werden. Weiter wurde die Wärmenutzung von Tiefen-Geothermie-Anlagen vom Bund im Rahmen der KfW-Förderung für die Errichtung von Tiefen-Bohrungen, für Wärmeanlagen und den Zubau von Wärmenetzen unterstützt, sofern diese im Mittel über das gesamte Netz einen Mindestwärmeabsatz von 500 kWh pro Jahr und Meter Trasse haben. Begünstigt wurde der Bau der Tiefen-Geothermie-Anlagen durch einen funktionierenden Markt im Tiefbohrbereich mit kompetenten und erfahrenen Akteuren und inzwischen routinierter Bewilligungs-, Aufsichts- und Vollzugsbehörden.

Die verschiedenen Geothermie-Anlagen in und rund um München werden vor allem von Unternehmen betrieben, welche den Gemeinden gehören. Die Rekordfrist zur Planung, Erschliessung und Inbetriebnahme einer Geothermie-Anlage auf der grünen Wiese liegen bei 1,5 Jahren. Der generelle Planungs- und Bauhorizont liegt aber eher bei 6 bis 9 Jahren, wenn neue seismische Untersuchungen durchgeführt werden müssen. Als grosses Hemmnis zum Zubau der Fernwärme innerhalb Münchens ist die rechtliche Ausgangslage, dass bei Bestandsbauten ein 1:1 Wechsel der Gastherme möglich

³⁵ Dutch ATES, <https://dutch-ates.com>

³⁶ Energieatlas Bayern, www.energieatlas.bayern.de

ist. Die Anschlusskosten für Fernwärme liegen über dem Preis einer neuen Therme und die Gebäudeeigentümerinnen und Gebäudeeigentümer sind nicht bereit, diese Mehrkosten zu tragen. Der Bau sowohl von Anlagen als auch von Fernleitungen im urbanen Raum stellt eine grosse Herausforderung dar.

Im Gegensatz zur Malm-Schicht im süddeutschen Molassebecken ist der tiefere Untergrund der Schweiz bisher nur wenig erkundet. Die Schweiz gliedert sich geologisch in mehrere Regionen, weshalb sich das Potenzial unterschiedlich verteilt. Im Jura und vor allem unterhalb des Schweizer Molassebeckens werden etliche wasserführende Schichten vermutet. In den Alpen liegen hingegen nur lokal eng begrenzte Potenziale vor. Mit der von der FDP-Liberalen Fraktion am 23. September 2020 eingebrachten Motion 20.4063 «Schluss mit der Blackbox. Klimaschutz, Energiesicherheit und Infrastrukturnutzung dank Erforschung des Untergrunds» haben der National- und Ständerat beschlossen, die Erforschung des Schweizer Untergrundes voranzutreiben.

8 Handlungsoptionen

Im Rahmen des vorliegenden Berichts wurden verschiedene Handlungsoptionen evaluiert, um das vorhandene Potenzial für den Ausbau der thermischen Netze in der Schweiz möglichst rasch und vollständig zu erschliessen. Der Bundesrat erachtet die nachfolgenden Handlungsoptionen als besonders geeignet:

1 Kantone übernehmen das Modul 10 der MuKE

1.1 Die Kantone und Gemeinden richten ihre Energieplanung auf das Netto-Null-Ziel aus

Ein Schlüsselement für die Nutzung des Potenzials von thermischen Netzen ist die räumliche Energieplanung. Sie ermöglicht die Nutzung vorhandener unvermeidbarer Abwärme, die optimale Nutzung vorhandener erneuerbarer Energiequellen und kann Fehlinvestitionen verhindern. Mit der räumlichen Energieplanung wird nicht nur der Wärme- und Kältebedarf, sondern auch das Wärmepotenzial und der dazu gehörende Transformationspfad erhoben. Die Standortgemeinde bewertet auch, ob mit dem thermischen Netz gegenüber individuellen Anlagen Vorteile realisiert werden können und wie eine Gebietszuteilung erfolgt. Der Bundesrat empfiehlt den Kantonen, das freiwillige Modul 10 der Mustervorschriften der Kantone (MuKE) in ihre kantonale (Energie-) Gesetzgebung zu übernehmen und den Kommunen die nötigen Hilfsmittel für eine Netto-Null Planung zur Verfügung zu stellen.

1.2 Die Kantone schaffen eine rechtliche Grundlage für eine allfällige Anschlusspflicht

Für die Rentabilität eines thermischen Netzes sind die Netzanschlussdichte und der Anschluss von Grossverbrauchern entscheidend. Um den Investoren mehr Planungssicherheit bei der Finanzplanung zu geben, sollten die Kantone die in Modul 10 der MuKE (Art. 10.4, Abs. 7) vorgesehene Möglichkeit zur Anschlusspflicht bei wirtschaftlich zumutbaren Bedingungen in ihren Rechtsvorschriften implementieren.

2 Gemeinden legen Sondernutzungszonen für thermische Netze fest und regeln die Rechte und Pflichten

Die Förderung von thermischen Netzen im Rahmen des Gebäudeprogramms ist wichtig. Da thermische Netze hohe Investitionen bei langen Abschreibungszeiten verursachen, bedarf es einer langfristigen Planung. Dabei sind die regionale Entwicklung und der Einfluss auf den Wärmeabsatz zu beachten. In Sondernutzungszonen können für Grundeigentümerinnen und Gebäudeeigentümer verbindliche Anforderungen festgehalten werden. Bei Gebietszuteilungen sollten die Pflichten, der Anteil an Abwärme und erneuerbarer Energie sowie die Preisgestaltung festgelegt werden.

3 Die Kantone legen für die Wärmeversorgung mit thermischen Netzen einen möglichst tiefen Maximalanteil an nicht CO₂-neutraler Wärme fest

Die Wärmeversorgung muss rasch CO₂-neutral werden, damit das Netto-Null-Ziel 2050 erreicht werden kann. Die abgelehnte Totalrevision des CO₂-Gesetzes hätte maximale CO₂-Emissionen pro Quadratmeter Wohnfläche vorgesehen. Mit einem Anteil von mindestens 75 Prozent CO₂-neutraler Wärme hätte die Wärmeversorgung über ein thermisches Netz dies ohne weitere Prüfung erfüllt. Der Bundesrat erachtet diese Anforderung weiterhin als ökologisch und wirtschaftlich sinnvoll.

4 Zusammenarbeit zwischen Bund, Kantonen und Gemeinden intensivieren

Das Bundesamt für Energie (BFE) hat mit dem Städteverband ein gemeinsames Projekt zum Ausbau der thermischen Netze gestartet. Dabei sollen die bekannten Hemmnisse und die rechtlichen Rahmenbedingungen analysiert und bewertet werden. Wichtige Fragen stellen sich vor allem rund um die Energieplanung Netto-Null, die Klärung von Fragen rund ums Binnenmarktgesetz und das Submissionsrecht sowie die offenen Punkte bei der Förderung der Anschlussdichte und der allfälligen Vermeidung einer Konkurrenzförderung.

5 Der Bundesrat prüft, ob Verbesserungen im Fördersystem möglich sind

Die gesetzlichen Rahmenbedingungen sind auf eine möglichst harmonisierte und technologieoffene Förderung ausgerichtet. Das kann dazu führen, dass in Gebieten, wo eine Gemeinde im Rahmen einer Sondernutzungsplanung ein thermisches Netz festgelegt hat, für individuelle Heizungen kantonale Fördergelder beantragt werden können. Dies hat einen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der individuellen

Heizungsanlage und somit auf die Prüfung der wirtschaftlich zumutbaren Bedingungen eines Anschlusses an das thermische Netz. Eine hohe Wärmeabsatzdichte ist aber eine zwingende Voraussetzung für einen ökologischen und ökonomischen Betrieb dieses Netzes.

6 Eigentümerschaften und Gemeinden sollen die Stilllegung von Gasnetzen in Wohngebieten in einer Einzelfall-Betrachtung prüfen

Der Umgang mit dem bestehenden Gasnetz im Rahmen einer Ausrichtung auf das Klimaziel Netto-Null 2050 müssen die Versorger und die Eigentümerinnen und Eigentümer in ihrer Eigentümerstrategie selbst vornehmen. Investitionen in neue Gasnetze, die in Konkurrenz zu Wärmenetzen stehen, sind vor dem Hintergrund der klima- und energiepolitischen Ziele zu vermeiden. Die Frage von möglichen Stilllegungen von Gasleitungen dürfte in Folge der politischen Vorgaben der Energiestrategie 2050 und der CO₂-Gesetzgebung des Bundes, der kantonalen Energiegesetze und der kommunalen Energieerichtpläne an Bedeutung gewinnen. In Gebieten, in denen für die Wärmeversorgung konkurrierende Infrastrukturen vorhanden sind oder zur Diskussion stehen, sind die vorhandenen und neu geplanten Infrastrukturen und Energieträger räumlich aufeinander abzustimmen.

7 Thermische Netze werden auch für die Kälteversorgung genutzt

Thermische Netze können künftig auch verstärkt zur Kälteversorgung genutzt werden. Dies ist möglich, weil Wärmepumpen gleichzeitig Wärme und Kälte bereitstellen können. Das grösste Potenzial hat Seewasser, aber es können dazu auch Erdwärmesonden, Flusswasser oder das Wasser von Abwasserreinigungsanlagen verwendet werden. Für die Wirtschaftlichkeit der Kälteversorgung ist die im Jahresverlauf verkaufte Kälte entscheidend. Heute ist nur der Anschluss von Industrie- und Dienstleistungsgebäuden mit einem Kältebedarf über mehrere Monate wirtschaftlich interessant. Bei weiter steigenden Temperaturen aufgrund des Klimawandels können thermische Netze verhindern, dass bei lang andauernden Hitzewellen einzelne Klimaanlage die Städte weiter aufheizen. Je nach Aufbau des thermischen Netzes ist der Strombedarf für die Kälteversorgung zudem tiefer als einzelne Klimaanlage.

8 Die Effizienz der thermischen Netze sollte durch die Senkung der Netztemperaturen gesteigert werden

Die Nutzung von Abwärme ist bei Kehrlichtverbrennungen wirtschaftlich besonders attraktiv. In der Regel wurden die thermischen Netze so gebaut, dass Heisswasser oder Dampf transportiert werden kann. Diese Netze haben jedoch hohe Energieverluste und verunmöglichen die sinnvolle Integration verschiedener erneuerbaren Energieträger. Viele Betreiber von klassischen Fernwärmenetzen beschäftigen sich deswegen mit der Temperaturabsenkung. Die Temperaturabsenkung verursacht gewisse Investitionskosten, ermöglicht aber eine effizientere Nutzung der vorhandenen Abwärme. Zudem können erneuerbaren Energien und Geothermie-Wärmespeicher integriert werden. Es ist oft sinnvoll, die Netzentwicklung bereits auf Stufe der Eigentümerstrategie respektive in einem (über)kommunalen Richtplan festzulegen.

9 Kantone und Gemeinden bieten Beratungen und Übergangslösungen beim Heizungsersatz an

Gemeinden können die Nachfrage mit Beratung, Information, finanzieller Förderung und Kooperation beeinflussen. Das Bundesamt für Energie (BFE) hat innerhalb des Programms «erneuerbar heizen» über 2'000 Impulsberatende für den Heizungsersatz geschult. 21 Kantone fördern die Impulsberatung über das Gebäudeprogramm. Gemeinden können betroffene Liegenschaftsbesitzerinnen und Liegenschaftsbesitzer direkt angehen, da sie den Typ und das Alter der fossil betriebenen Heizungsanlage in ihrem Gemeindegebiet aus den Luftreinhaltmessungen kennen. Verschiedene Städte bieten mit ihren Energieversorgungsunternehmen Übergangslösungen für einen späteren Anschluss von Liegenschaften an ein thermisches Netz an. Solche Angebote sollten verstärkt gefördert werden, da sie ein wichtiges Instrument zur Erhöhung der Anschlussdichte darstellen.

10 Die Regulierung in der Gewässerschutzgesetzgebung wird angepasst, damit situativ eine Wärmespeicherung im Grundwasser möglich ist

Der Untergrund kann für die Speicherung von Wärme besser genutzt werden. Ein realisierbares Potenzial liegt dort vor, wo hydrogeologische Gegebenheiten eine Wärmespeicherung ermöglichen und der Aquifer nicht für die Trinkwassernutzung geschützt ist. Für die Potenzialerschliessung müssen die

rechtlichen Rahmenbedingungen angepasst und gegebenenfalls neue Schutzziele definiert werden. Der Trinkwasserschutz hat oberste Priorität. Die gesetzliche Regelung zur Wärmenutzung sollte aber die verschiedenen geologischen Schichten und Tiefen bzw. die Qualität der Ressource differenzierter berücksichtigen. Insbesondere sollte zwischen Trinkwasseraquiferen und Salinen sowie ungeniessbaren Tiefengrundwässern unterschieden werden. Dadurch könnte die Wärmespeicherung erhöht und deren Wirtschaftlichkeit verbessert werden.

11 Der Bundesrat prüft die Angleichung des Binnenmarktgesetzes (BGBM) an die beschaffungsrechtlichen Regelungen (BöB und IVöB)

Kantone und Gemeinden können von der Möglichkeit von Art. 9 BöB und der IVöB 2019 Gebrauch machen und den Bau und den Betrieb eines thermischen Netzes spezialgesetzlich von der Ausschreibungspflicht befreien, wie das der Kanton Luzern bereits getan hat (§ 6 Abs. 4 und 5 des Energiegesetzes des Kantons Luzern). Auf Bundesebene könnte seinerseits geprüft werden, ob für die Pflicht nach Art. 2 Abs. 7 BGBM zur Ausschreibung der «Übertragung der Nutzung kantonaler und kommunaler Monopole auf Private [...] auf dem Weg der Ausschreibung zu erfolgen» für thermische Netze analog zum BöB und der IVöB ebenfalls eine Ausnahme vorzusehen ist. Für Stromnetze und die Konzessionen zur Nutzung der Wasserkraft wurde mit dem Artikel 3a des Stromversorgungsgesetzes (StromVG; SR 734.7) bereits eine solche Ausnahmen geschaffen.

12 Der Bundesrat prüft eine Verbesserung der Datenverfügbarkeit und derer Nutzung

Der Bund stellt bereits heute verschiedene Daten für die Planung von thermischen Netzen zur Verfügung.³⁷ Diese können von Gemeinden für die räumliche Energieplanung genutzt werden. Auch Private und öffentlich-rechtliche Firmen können diese Daten für die Initiierung thermischer Netze verwenden. Im Rahmen des Programms «thermische Netze» von EnergieSchweiz konnte ein grosser Datensatz veröffentlicht werden.³⁸ Der Verband Fernwärme Schweiz führt die Datenerfassung weiter. Folgende Daten sind heute verfügbar: Wärmenachfrage von Wohn- und Dienstleistungsgebäuden sowie von Industrie und Gewerbe, Standorte von Kehrrechtverwertungs-, Abwasserreinigungs- und Sonderverbrennungsanlagen (inkl. Wärme- und Kältepotenzial), Tunnelabwärme, Potenzial von Biomasse auf Gemeindeebene, alle Strom produzierenden Biomasseanlagen mit KEV-Vergütung, Wärme- und Kältepotenzial aus See- und Flusswasser, Grundwasservorkommen, geothermische Potenzialstudien, Wärmestromdichte im Untergrund sowie Temperaturen in unterschiedlichen Tiefen und die Tiefengeothermieprojekte. Durch finanzielle Beiträge können vom Bund lokale Potenzial- und Machbarkeitsstudien gefördert und die Daten öffentlich zugänglich gemacht werden. Im Bereich Statistik kann das Gebäude- und Wohnungsregister eine stärkere Rolle einnehmen, wenn entsprechende Verpflichtungen zur Übernahme der Energiedaten aus den Baugesuchen zur Pflicht erklärt werden.

13 Forschung sowie Pilot- und Demonstrationsanlagen werden weitergeführt

Das Bundesamt für Energie (BFE) unterstützt heute verschiedene Forschungsaktivitäten zum Thema thermische Netze. 2021 erfolgte die Ausschreibung «grosse Wärmespeicher für Areale, Quartiere und Gemeinden». Eines der neu lancierten Forschungsprojekte von der Universität Genf zusammen mit den Services Industriels de Genève untersucht die Wärmespeicherung in Niedertemperatur-Aquiferen. Ein weiteres Projekt der Fachhochschule OST analysiert die Möglichkeiten, welche grosse Wärmespeicher für die Dekarbonisierung und gleichzeitige Erweiterung von Wärmenetzen durch erneuerbare Energien und Abwärme bieten. In Zusammenarbeit mit einem europäischen Forschungsprojekt laufen Arbeiten zum Hochtemperatur-Wärmespeicher von ewb. Weitere Forschungstätigkeiten finden im Bereich Flexibilität oder bei der Anwendung von Hochtemperatur-Wärmepumpen für die Industrie statt. Die Forschungsaktivitäten zu thermischen Netzen sollen auch zukünftig weitergeführt werden. Im Rahmen des Forschungsförderprogramms SWEET (SWiss Energy research for the Energy Transition) werden vom DeCarbCH Konsortium die Herausforderungen der vollständigen Dekarbonisierung der Wärme- und Kälteversorgung analysiert und lösungsorientierte und interdisziplinäre Empfehlungen er-

³⁷ Das Portal www.opendata.swiss stellt Informationen zu den verfügbaren Daten bereit.

³⁸ Die räumlichen Daten können auf <https://map.energie.admin.ch> eingesehen werden.

arbeitet. Daneben unterstützt das Bundesamt für Energie (BFE) die Realisierung von Pilot- und Demonstrationsanlagen. Erste Projekte haben gezeigt, dass Flexibilitätsmechanismen bei der Wärmeversorgung über thermische Netze integriert werden können. Gemeinden können dadurch den Strombezug und die Netznutzung optimieren.

14 Aus- und Weiterbildungsangebote stärken den Wissenstransfer und wirken dem Fachkräftemangel entgegen

Mit der Unterstützung von EnergieSchweiz konnte an der Hochschule Luzern (HSLU) von 2016 bis 2020 ein neuer CAS «thermische Netze» gestartet werden. EnergieSchweiz unterstützt das Programm Transfer von Geothermie Schweiz sowie Weiterbildungskurse des Verbands Fernwärme Schweiz zum Planungshandbuch Fernwärme sowie zur Effizienzsteigerung, zur Versorgungssicherheit und zur Digitalisierung. Weitere Massnahmen im Bereich Aus- und Weiterbildung werden geprüft, um dem Fachkräftemangel entgegenzuwirken.

9 Schlussfolgerungen

Der Wärmebereich macht heute rund 45 Prozent am Energieverbrauch aus und verursacht mehr als 35 Prozent der CO₂-Emissionen in der Schweiz. Für die Erreichung des Klimaziels Netto-Null 2050 ist eine Dekarbonisierung der Wärmeversorgung unumgänglich. Für die Raumwärme sind schon heute umsetzbare und wirtschaftliche Lösungen vorhanden. Dieser Bereich muss möglichst rasch vollständig dekarbonisiert werden. Die thermischen Netze haben in der Schweiz ein grosses Potenzial. Das Potenzial liegt je nach Quelle und gewähltem Szenario zwischen 17 und 22 TWh pro Jahr. Mit jährlich etwa 8,4 TWh über thermische Netze gelieferte Wärme ist das vorhandene Potenzial somit höchstens zur Hälfte ausgeschöpft. Weil deren Planung und Realisierung lange dauert und möglichst keine fossil betriebenen Heizungsanlagen in Wohn- und Dienstleistungsgebäuden mehr eingebaut werden sollten, muss der Ausbau CO₂-armer Wärme transportierenden thermischen Netze sofort massiv verstärkt werden.

Für den Ausbau der thermischen Netze ist die räumliche Energieplanung entscheidend. Dadurch kann das Risiko von Fehlinvestitionen reduziert werden. Zudem schaffen sie einen wichtigen Anreiz für die notwendigen Investitionen. Die Energieplanungen zeigen auf, mit welchen Technologien eine Gemeinde ihre Wärmeversorgung langfristig sicherstellen kann. Im Bundesrecht gibt es keine Pflicht zur Vornahme einer räumlichen Energieplanung. Der Bundesrat empfiehlt den Kantonen aber, die freiwilligen Mustervorschriften der Kantone (MuKE) in ihre kantonale Energiegesetzgebung zu übernehmen und den Kommunen die nötigen Hilfsmittel für eine Netto-Null Planung zur Verfügung zu stellen. Die Gemeinden können eine Gebietszuteilung machen. Gebäudeeigentümerinnen und Gebäudeeigentümer können zum Anschluss an ein thermisches Netz verpflichtet werden, sofern die Wärme zu technisch und wirtschaftlich zumutbaren Bedingungen angeboten wird.

Die Wärmeversorgung muss bis 2050 zu 100 Prozent CO₂-neutral sein. Bei den thermischen Netzen muss der Anteil an CO₂-neutralen Wärme deshalb langfristig auf 100 Prozent erhöht werden. Der Verband Fernwärme Schweiz geht aktuell von einem Anteil von rund 76 Prozent Abwärme und erneuerbarer Wärme in den thermischen Netzen aus. Die abgelehnte Totalrevision des CO₂-Gesetzes hätte eine Schwelle von mindestens 75 Prozent CO₂-neutraler Wärme eingeführt. Der Bundesrat erachtet diese minimale Anforderung weiterhin als ökologisch und wirtschaftlich sinnvolle Zwischenlösung auf dem Weg hin zu Netto-Null. Wo nötig können dadurch weiterhin fossile Energieträger in Spitzenlastkessel oder Redundanzsystemen eingesetzt werden. Für die bessere Nutzung der Gewässer als Wärmespeicher im Untergrund müssen die rechtlichen Rahmenbedingungen angepasst werden. Das in den tieferen Gesteinsschichten vorhandene Warmwasser bietet ebenfalls ein grosses Potenzial zur direkten Wärmenutzung. Tiefen-Geothermie-Projekte sollten deshalb weiter gefördert werden.

Um den Ausbau der thermischen Netze zu fördern, sind die Forschung sowie Pilot- und Demonstrationsanlagen weiter zu unterstützen. Die Forschung und Technologieentwicklung im Bereich der Wärmespeicher für Areale, Quartiere und Gemeinden, zur Wärmespeicherung in Niedertemperatur-Aquiferen, zu Hochtemperatur-Wärmespeicher oder zur Anwendung von Hochtemperatur-Wärmepumpen in der Industrie können in Zukunft das realisierbare Potenzial der thermischen Netze erweitern und zu weiteren Effizienzgewinnen führen. Um dem Fachkräftemangel entgegenzuwirken, sind weitere Massnahmen im Bereich Aus- und Weiterbildung zu prüfen. Da thermische Netze in erster Linie in dicht bebauten Gebieten sinnvoll sind, kommt den Städten eine wichtige Rolle zu. Deshalb sind sie gehalten, eine verbindliche Energieplanung vorzunehmen. Das Bundesamt für Energie (BFE) und der Städteverband haben ein gemeinsames Projekt zum Ausbau der thermischen Netze gestartet.

Erdgas ist heute noch ein bedeutender Energieträger. Auf dem Weg zum Netto-Null-Ziel muss dessen Verbrauch reduziert werden. Insbesondere im Bereich der Raumwärme sollte längerfristig kein Erdgas mehr eingesetzt werden. Bis 2050 muss die Gasversorgung CO₂-neutral sein. Der direkte Ersatz von Erdgas durch die Verwendung von Biogas oder Wasserstoff für die Heizung von Gebäuden erachtet der Bundesrat als nicht sinnvoll. Diese beiden Energieträger werden künftig hauptsächlich in der Industrie und im Schwerverkehr benötigt. Die Komfortwärme kann grösstenteils problemlos mit Umweltwärme und Wärmepumpen respektive der Nutzung nicht verbeidbarer Abwärme, von Holzbrennstoffen und der direkten Nutzung von Wärme aus tieferen geologischen Schichten bereitgestellt werden. Im Rahmen der kommunalen Energieplanung mit dem Ziel CO₂-Neutralität und gegebenenfalls in Zusammenarbeit mit den Energieversorgern ist die Stilllegungen von Gasleitungen und der Ausbau von ther-

mischen Netzen zu prüfen. Mit einer vorausschauenden Planung können Hindernisse für die Realisierung von thermischen Netzen beseitigt werden. Thermische Netze haben ein grosses Potenzial für eine nachhaltige Wärmeversorgung. Dieses Potenzial muss nun möglichst rasch erschlossen werden.

10 Literaturverzeichnis

- Bundesamt für Energie (BFE): *Gesamtenergiestatistik 2020*. Ittigen 2021.
- Bundesamt für Energie (BFE): *Holzenergiestatistik 2020*. Ittigen 2021.
- Bundesamt für Energie (BFE): *Energieverbrauch in der Industrie und im Dienstleistungssektor. Resultate 2020*. Ittigen 2021.
- Bundesamt für Energie (BFE): *Energieperspektiven 2050+. Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse*. Ittigen 2020.
- Bundesamt für Energie (BFE): *Künftige Rolle von Gas und Gasinfrastruktur in der Energieversorgung der Schweiz*. Ittigen 2019.
- Bundesamt für Energie (BFE): *Ausblick auf mögliche Entwicklungen von Wärmepumpen-Anlagen bis 2050*. Ittigen 2019.
- Bundesamt für Umwelt (BAFU): *Treibhausgasinventar 2019*. Ittigen 2020.
- Bundesamt für Umwelt (BAFU): *Wirkung der Klima- und Energiepolitik in den Kantonen 2018*. Ittigen 2020.
- Bundesamt für Umwelt (BAFU): *Ressourcenpolitik Holz 2030*. Ittigen 2020.
- Bundesamt für Umwelt (BAFU) u. Bundesamt für Raumentwicklung (ARE): *Hitze in Städten Grundlage für eine klimaangepasste Siedlungsentwicklung*. Ittigen 2018.
- Danish Energy Agency: *Regulierung und Planung der Fernwärme in Dänemark*. Kopenhagen 2017.
- Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL): *Biomassepotenziale der Schweiz für die energetische Nutzung*. Birmensdorf 2017.
- EBP Schweiz AG im Auftrag von EnergieSchweiz: *Volkswirtschaftlicher Nutzen von thermischen Netzen*. Ittigen 2020.
- econcept AG im Auftrag von EnergieSchweiz: *Sozioökonomische Aspekte thermischer Netze*. Ittigen 2019.
- Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa): *Immer mehr Energie für die Kühlung*. Medienmitteilung v. 18.05.2021.
- Energieinstitut an der JKU Linz im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie: *OPEN HEAT GRID. Netzentgelt- und Preissetzung in den Energieträgern Strom, Gas und Fernwärme. Aktuelle Rechtslage in den Energieträgern Strom, Gas und Wärme inkl. erwarteter Änderungen*. Linz 2018.
- EnergieSchweiz: *Liste «Thermische Netze». Auswertungsbericht 2020*. Ittigen 2021.
- EnergieSchweiz: *Ergebnisse einer Umfrage zur heutigen und künftigen Finanzierung des Fernwärmeausbaus*. Ittigen 2021.
- Fachverband der Gas- und Wärmeversorgungen Österreich (FGW): *Gas und Fernwärme in Österreich. Zahlenspiegel 2020*. Wien 2020.
- Geothermie Schweiz: *Positionspapier Wärmepotenzial Geothermie*. Bern 2020.
- Hochschule Luzern (HLSU) im Auftrag des Bundesamtes für Energie (BFE): *ClimaBau – Planen angesichts des Klimawandels. Energiebedarf und Behaglichkeit heutiger Wohnbauten bis ins Jahr 2100*. Ittigen 2017.
- HOLINGER AG u. AquaPlus AG im Auftrag von EnergieSchweiz: *Nutzung von Oberflächengewässer für thermische Netze*. Ittigen 2017.
- PLANAR AG im Auftrag von EnergieSchweiz: *Rechte und Pflichten bei der Wärmeversorgung im Verbund*. Ittigen 2016.
- Prognos AG, INFRAS AG, TEP Energy GmbH u. Ecoplan AG im Auftrag des Bundesamtes für Energie (BFE): *Energieperspektiven 2050+. Kurzbericht*. Ittigen 2020.

Prognos AG, INFRAS AG u. TEP Energy GmbH im Auftrag des Bundesamtes für Energie (BFE): *Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000 - 2019 nach Verwendungszwecken*. Ittigen 2020.

QM Fernwärme im Auftrag von EnergieSchweiz: *Planungshandbuch Fernwärme*. Ittigen 2017.

Schädel GmbH & Steinbeis Innovation GmbH im Auftrag von EnergieSchweiz: *Einsatz von thermischen (saisonalen) Speichern in thermischen Netzen*. Ittigen 2018.

Schweizerische Kantonsplanerkonferenz (KPK): *Kantonaler Richtplan. Das Herz der Schweizerischen Raumplanung*. Bern 2016.

Swisspower im Auftrag von EnergieSchweiz: *Marketing für thermische Netze. Erfolgsfaktoren und Tipps*. Ittigen 2018.

Verband Fernwärme Schweiz: *Jahresbericht 2020*. Bern 2021.

Verband Fernwärme Schweiz: *Leitfaden Fernwärme/Fernkälte*. Bern 2020.

Verband Fernwärme Schweiz: *Weissbuch Fernwärme*. Bern 2014.

Verenum AG im Auftrag von EnergieSchweiz: *Faktenblatt Thermische Netze*. Ittigen 2021.

Wärme Initiative Schweiz: *Erneuerbare- und CO₂-freie Wärmeversorgung Schweiz. Eine Studie zur Evaluation von Erfordernissen und Auswirkungen*. Bern 2020.

Weisskopf Partner GmbH im Auftrag der Stadt Zürich: *Stadt Zürich Heizkostenvergleich*. Zürich 2020.

11 Anhang

Tabelle 8: Bereits bestehende bundesrechtliche Massnahmen

Gesetz	Massnahme	Bewertung
CO ₂ -Gesetz Art. 9 sowie die kantonalen Energiegesetze Senkung CO ₂ -Emissionen aus Gebäuden	Anteil erneuerbarer Energien bei der Wärmeerzeugung bei Neubauten und beim Heizungsersatz	Mindert die Konkurrenz von mit fossilen Brennstoffen betriebenen Heizungsanlagen gegenüber thermischen Netzen und individuellen Heizungen, welche erneuerbare Energien oder Abwärme nutzen.
CO ₂ -Gesetz Art. 26 CO ₂ -Kompensation bei Treibstoff-Importen	Einnahmequelle für Projekt durch den Verkauf von CO ₂ -Emissionsreduktionen in Form von Bescheinigungen an den Treibstoffimporteuren (vor allem die Stiftung KliK)	relevant bei Gebieten mit fossil beheizten Bestandsgebäuden. Auszahlung erfolgt meistens erst nach erfolgter Emissionsreduktion. Verkauf der Emissionsreduktion erhöht die Wirtschaftlichkeit.
CO ₂ -Gesetz Art. 29 CO ₂ -Abgabe auf Brennstoffe	CO ₂ -Abgabe	CO ₂ -Abgabe verteuert fossile Energieträger
CO ₂ -Gesetz Art. 34 Verminderung der CO ₂ -Emissionen durch Globalbeiträge an die Kantone	Gebäudeprogramm von Bund und Kantone	Förderbeiträge erhöhen die Wirtschaftlichkeit. Kantonal unterschiedliche Förderprogramme. individuelle Heizungen/Anschluss an ein Wärmenetz nur beim Ersatz fossiler Heizkessel/Elektrodirektheizungen. 16 Kantone fördern Neubau/Erweiterung von Wärmenetzen/Wärmeerzeugungsanlagen
CO ₂ -Gesetz Art. 34 Gebäudeprogramm Unterstützung von Projekten zur direkten Nutzung der Geothermie für die Wärmebereitstellung	Finanzielle Beiträge/Anreize	Erhöht Wirtschaftlichkeit und Realisierungswahrscheinlichkeit von Projekten zur direkten Nutzung der Geothermie für die Wärmebereitstellung
CO ₂ -Gesetz Art. 41 EnG Art. 47, 48 Bund und Kantone fördern die Aus- und Weiterbildung, Effizienzmassnahmen und Information/Kommunikation.	Beiträge an Aus- und Weiterbildungsinstitutionen, Studien und Kommunikationsmassnahmen	Massnahmen sehr heterogen und Budget abhängig

<p>EnG Art. 49</p> <p>Forschungsprogramme</p> <p>Förderung von Pilot- und Demonstrationsprojekten</p>	<p>Weiterentwicklung von Instrumenten zur Bewertung, Effizienz- und Kostensteigerung</p>	<p>Einfluss auf Aus- und Zubau nicht quantifizierbar</p>
<p>EnG Art. 19</p> <p>Einspeisesystem von Elektrizität aus erneuerbaren Energien</p>	<p>Anforderungen an die Wärmenutzung bei der Stromproduktion aus Biomasse und Geothermie</p>	<p>hohe Wirkung, wenn die Vergütung ausreichend hoch ist und die Anlagen erstellt werden</p>
<p>EnG Art. 24</p> <p>Investitionsbeiträge für Biomasseanlagen</p>	<p>Anforderungen an die Wärmenutzung bei der Stromproduktion aus Biomasse und Geothermie</p>	<p>hohe Wirkung, wenn die Vergütung ausreichend hoch ist und die Anlagen erstellt werden, und die Anforderungen für die Nutzung der Abwärme hoch genug sind.</p>
<p>EnG Art. 33</p> <p>Geothermie-Erkundungsbeiträge und Geothermie Garantien</p>	<p>Senkt das Fündigkeitsrisiko / erhöht die Wirtschaftlichkeit/ Realisierungswahrscheinlichkeit von Geothermie Projekten zur Stromproduktion</p>	<p>begrenzter Einfluss, da Stromprojekte nicht direkt in Abhängigkeit hoher Anschlussdichten auf der Wärmeabnahmeseite geplant werden</p>
<p>EnG Art. 41</p> <p>Zielvereinbarungen, insbesondere bei der CO₂-Rückerstattung</p>	<p>Fördert Massnahmen zur Nutzung erneuerbaren Energien in Unternehmungen</p>	<p>Wichtiger Anreiz für Unternehmungen zum Anschluss an ein Wärmenetz</p>