

November 2024

Räumliche Energieplanung

Werkzeuge für eine zukunftstaugliche Wärme- und Kälteversorgung

Information für kommunale Behörden und Fachpersonen

Impressum

Herausgeber: EnergieSchweiz für Gemeinden

Erstdruck: Februar 2011; Revision Februar 2019; Revision 2024

Auftragnehmer: PLANAR AG für Raumentwicklung, 8055 Zürich;

Unterstützung: Brandes Energie AG, econcept AG; Planair

Begleitgruppe Revision 2024: Kantone Aargau, Kanton Bern, Kanton Zürich, Stadt Schaffhausen, Stadt Biel, Stadt Zürich, Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), Bundesamt für Energie (BFE), Thermische Netze Schweiz

Diese Studie wurde im Auftrag von EnergieSchweiz erstellt.

Für den Inhalt sind allein die Autoren verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| Modul 1: Zweck und Bedeutung | 8 |
| 1.1 Was ist eine räumliche Energieplanung? | 9 |
| 1.1.1 Inhalt und Zweck | 9 |
| 1.1.2 Nutzen der räumlichen Energieplanung | 10 |
| 1.1.2.1 Raumplanerischer Nutzen | 10 |
| 1.1.2.2 Rechts- und Planungssicherheit | 10 |
| 1.1.2.3 Politische Bedeutung | 11 |
| 1.2 Energie- und klimapolitischer Kontext | 12 |
| 1.2.1 Nationale Ebene | 12 |
| 1.2.2 Kantonale Ebene | 12 |
| 1.2.3 Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen im Wärmebereich | 13 |
| 1.3 Quellen | 15 |
| | |
| Modul 2: Vorgehen | 16 |
| 2.1 Organisation und Ablauf der räumlichen Energieplanung | 17 |
| 2.1.1 Kleine und mittlere Gemeinden | 17 |
| 2.1.2 Grosse Gemeinden | 17 |
| 2.2 Bestandteile und Inhaltsraster | 19 |
| 2.2.1 Visualisierung der Planungsinhalte | 20 |
| 2.2.2 Planungsbericht | 20 |
| 2.2.3 Massnahmenkatalog | 21 |
| 2.3 Räumliche Koordination nach Planungsprioritäten | 23 |
| 2.3.1 Planungsprioritäten | 23 |
| 2.3.2 Nutzungsprioritäten und räumliche Koordination | 23 |
| 2.4 Umsetzung der räumlichen Energieplanung | 24 |
| 2.4.1 Energievorschriften in der Nutzungs- und Sondernutzungsplanung (Modul 9) | 24 |
| 2.4.2 Aufbau thermischer Netze (Modul 8) | 24 |
| 2.4.3 Kooperation mit Energiedienstleister (Modul 8) | 24 |
| 2.4.4 Koordination Gasversorgung (Modul 6) | 24 |
| 2.4.5 Information, Beratung, Coaching (Modul 9) | 25 |
| 2.5 Quellen | 26 |
| | |
| Modul 3: Energienachfrage | 27 |
| 3.1 Grobbilanz: Gesamtenergienachfrage | 28 |
| 3.1.1 Grobbilanz versus Detailbilanz | 28 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 3.1.2 | Verwendungszweck | 28 |
| 3.2 | Detailbilanz: Energienachfrage im Wärmebereich | 30 |
| 3.2.1 | Daten für Detailbilanz..... | 30 |
| 3.2.2 | Verwendungszweck der Wärme im Gebäude | 30 |
| 3.2.2.1 | Räumliche Verteilung der Wärmenachfrage..... | 30 |
| 3.2.3 | Entwicklung der Energienachfrage | 31 |
| 3.2.4 | Prozesswärme | 33 |
| 3.2.5 | Treibhausgasbilanz – Emissionsfaktoren | 34 |
| 3.2.6 | Entwicklung der Wärme- und Kältenachfrage | 34 |
| 3.3 | Quellen | 35 |
| Modul 4: Energiepotenziale | | 36 |
| 4.1 | Potenziale für die Wärmenutzung | 37 |
| 4.1.1 | Nutzung erneuerbarer Energien | 37 |
| 4.1.2 | Erhebungsmethode..... | 38 |
| 4.2 | Potenziale zur Stromproduktion | 45 |
| 4.2.1 | Abwärme aus Kehrrechtverwertung | 45 |
| 4.2.2 | Klärgas aus Abwasserreinigung | 45 |
| 4.2.3 | Sonnenenergie | 45 |
| 4.2.4 | Wind..... | 45 |
| 4.2.5 | Wasserkraft..... | 46 |
| 4.2.6 | Geothermie | 46 |
| 4.2.7 | Biomasse und Holz | 46 |
| 4.3 | Quellen | 48 |
| Modul 5: Wärme- und Kälteerzeugung | | 49 |
| 5.1 | Wärmeerzeugungsarten | 50 |
| 5.1.1 | Wärmepumpe | 50 |
| 5.1.2 | Feuerungen..... | 51 |
| 5.1.2.1 | Holzfeuerungen..... | 52 |
| 5.1.2.2 | Holzheizkraftwerke..... | 52 |
| 5.1.2.3 | Fossile Feuerungen | 52 |
| 5.1.3 | Nutzung der Sonnenenergie | 53 |
| 5.1.3.1 | Wärmeerkraftkopplung..... | 55 |
| 5.1.4 | Kombinationen von Wärmequellen (bivalente Systeme)..... | 55 |
| 5.2 | Kälteerzeugungsarten | 56 |
| 5.2.1 | Verschiedene Arten der Kälteerzeugung | 56 |
| 5.3 | Sektorkopplung..... | 58 |
| 5.4 | Quelle | 59 |

| | |
|---|-----------|
| Modul 6: Gasnetz der Zukunft | 60 |
| 6.1 Zukunftsperspektiven der Gasversorgung | 61 |
| 6.1.1 Politische Rahmenbedingungen: Energieträger Gas | 61 |
| 6.1.1.1 Nationale Ebene | 61 |
| 6.1.1.2 Kantonale Ebene | 61 |
| 6.1.1.3 Gasindustrie | 61 |
| 6.1.2 Verfügbare Gase | 61 |
| 6.1.2.1 Biogas | 61 |
| 6.1.2.2 Synthetische Gase | 62 |
| 6.1.2.3 Erdgas | 62 |
| 6.1.3 Entwicklung Gasabsatz | 63 |
| 6.2 Planungsgrundsätze der Gasversorgung | 64 |
| 6.2.1 Künftige Gasnutzung | 64 |
| 6.2.2 Gasnetz der Zukunft | 64 |
| 6.3 Gasversorgung in der räumlichen Energieplanung | 66 |
| 6.3.1 Energieplankarte | 66 |
| 6.4 Handlungsempfehlungen für Gemeinden mit Gasversorgung | 68 |
| 6.5 Handlungsempfehlungen für Gasversorgungsunternehmen (GVU) | 70 |
| 6.5.1 Klimapolitische Ziele | 70 |
| 6.5.2 Entwicklungsstrategie | 70 |
| 6.5.3 Wirtschaftliche Aspekte | 70 |
| 6.6 Quellen | 71 |
| | |
| Modul 7: Grundsätze thermische Netze | 72 |
| 7.1 Überblick thermische Netze | 73 |
| 7.1.1 Bedeutung der thermischen Netze für die Wärmetransformation | 73 |
| 7.1.2 Verständnis thermischer Netze | 73 |
| 7.1.3 Zweck von thermischen Netzen | 74 |
| 7.1.4 Eignungsbeurteilung | 74 |
| 7.1.4.1 Kombination von Wärme- und Kältelieferungen | 75 |
| 7.1.5 Dekarbonisierung von thermischen Netzen | 76 |
| 7.2 Standorte von Energiezentralen und -speicher | 78 |
| 7.3 Wirtschaftlichkeit thermischer Netze | 79 |
| 7.3.1 Schlüsselparameter für die Wirtschaftlichkeit thermischer Netze | 79 |
| 7.3.2 Ermittlung der ungefähren Energiegestehungskosten | 80 |
| 7.3.3 Risiken und weiterführende Überlegungen | 80 |
| 7.4 Quellen | 81 |
| | |
| Modul 8: Organisation und Finanzierung thermischer Netze | 82 |

| | | |
|---|---|------------|
| 8.1 | Vorgehen zur Realisierung von thermischen Netzen für Gemeinden | 83 |
| 8.1.1 | Schritt 1: Projektidee konkretisieren | 84 |
| 8.1.2 | Schritt 2: Machbarkeit und Konkurrenzfähigkeit beurteilen | 84 |
| 8.1.3 | Schritt 3: Organisations- und Finanzierungsvarianten analysieren | 85 |
| 8.1.3.1 | Realisierung durch Dritte und Realisierung allein | 85 |
| 8.1.3.2 | Realisierung mit einem Partner | 86 |
| 8.1.4 | Schritt 4: Varianten beurteilen und Vorgehen festlegen | 87 |
| 8.1.4.1 | Beurteilungskriterien | 87 |
| 8.1.4.2 | Variantenbeschrieb | 88 |
| 8.1.4.3 | Vergleich | 88 |
| 8.1.4.4 | Weiteres Vorgehen | 88 |
| 8.2 | Rechtliche Fragen | 89 |
| 8.2.1 | Gibt es eine Pflicht, das thermische Netz auszuschreiben? | 89 |
| 8.2.2 | Was ist eine Konzession und was kann in einer Konzession geregelt werden? | 89 |
| 8.2.3 | Weitere mögliche Vertragsformen zwischen EDL und Gemeinde | 90 |
| 8.2.4 | Braucht es Volksentscheide für den Aufbau eines thermischen Netzes? | 90 |
| 8.2.5 | Kann die Gemeinde dazu verpflichtet werden, einen Gasversorger für entgangene Umsätze oder Gewinne zu entschädigen, wenn dieser durch die Konkurrenz des thermischen Netzes möglicherweise Kundinnen und Kunden verliert? | 91 |
| 8.3 | Quellen | 92 |
| Modul 9: Umsetzung und Energievorschriften | | 93 |
| 9.1 | Relevante Handlungsfelder für die Umsetzung | 94 |
| 9.1.1 | Raumplanung | 94 |
| 9.1.2 | Energieeffizienz | 94 |
| 9.1.3 | Wärme- und Kälteversorgung | 94 |
| 9.1.4 | Organisation, Information und Beratung | 95 |
| 9.1.5 | Räumliche Energieplanung als Basis | 95 |
| 9.2 | Energievorschriften in der Nutzungs- und Sondernutzungsplanung | 96 |
| 9.2.1 | Ausgewählte Mustervorschriften für die beschriebenen Bereiche | 98 |
| 9.3 | Weitere Umsetzungsinstrumente | 101 |
| 9.3.1 | Marktwirtschaftliche Anreizsysteme (Fördermassnahmen) | 101 |
| 9.3.2 | Unterstützung beim Aufbau von thermischen Netzen und Einzel-Wärmelösungen | 101 |
| 9.3.3 | Vereinbarungen und Verträge | 101 |
| 9.3.4 | Information und Beratung | 102 |
| 9.4 | Quellen | 103 |
| Modul 10: Erfolgskontrolle | | 104 |
| 10.1 | Wirkungsziele der räumlichen Energieplanung | 105 |
| 10.2 | Methodik der Erfolgskontrolle | 108 |

| | | |
|-------------|--|------------|
| 10.2.1 | Prozesskontrolle: Rahmenbedingungen und Organisation | 108 |
| 10.2.1.1 | Checkliste für die Prozesskontrolle..... | 108 |
| 10.2.2 | Vollzugskontrolle: Umsetzungsstand der Massnahmen..... | 109 |
| 10.2.3 | Anforderungen an ein Auswertungsinstrument..... | 109 |
| 10.2.4 | Wirkungskontrolle: Energieverbrauch..... | 110 |
| 10.2.5 | Indikatoren (keine abschliessende Liste)..... | 110 |
| 10.2.6 | Gesamtbilanz | 111 |
| 10.2.7 | Visuelle Darstellung | 111 |
| 10.2.8 | Verfügbare Kontrollinstrumente | 112 |
| 10.2.9 | Prozess-Steuerung | 112 |
| 10.2.10 | Kommunikation und Reporting | 112 |
| 10.3 | Quellen | 114 |

Modul 1: Zweck und Bedeutung

Was ist eine Räumliche Energieplanung?

Modul 1 in Kürze

Wärme- und Kälteversorgung im Fokus

Die räumliche Energieplanung koordiniert die Energieversorgung und stimmt sie mit der strukturellen Entwicklung sowie den energie- und klimapolitischen Zielen einer Gemeinde ab. Mit dem Fokus auf die Wärme- und Kälteversorgung und die Nutzung ortsgebundener erneuerbarer Energiequellen ist die räumliche Energieplanung ein wichtiger Bestandteil ganzheitlicher kommunaler Energiekonzepte. Letztere können auch die Bereiche Elektrizität und Mobilität behandeln.

Nutzen und Bedeutung

Die räumliche Energieplanung bietet die Grundlage, um die Wärme- und Kälteversorgung in der Gemeinde zu optimieren und zukunftstauglich auszugestalten. Ausserdem können dadurch die energie- und klimapolitischen Grundsätze verbindlich festgesetzt werden. Dabei sind folgende Kriterien zu beachten:

- Versorgungssicherheit
- Wirtschaftlichkeit
- Umweltverträglichkeit, insbesondere Treibhausgasemissionen

Weiterführende Informationen und Links

- Separates Beiblatt zu den Modulen 1 bis 10

1.1 Was ist eine räumliche Energieplanung?

Die räumliche Energieplanung ermöglicht die Abstimmung der Siedlungsentwicklung mit der rationalen Energienutzung sowie eine Dekarbonisierung der Wärmeversorgung.

Kantonale und kommunale Sach- oder Richtpläne mit dem Fokus auf Energie sind sinnverwandt zu raumplanerischen Vollzugsinstrumenten wie Verkehrs- oder Erschliessungspläne auszuarbeiten und anzuwenden und enthalten dafür konkrete räumliche Anweisungen. Die räumliche Energieplanung für Gemeinden wird in den Kantonen zwar unterschiedlich bezeichnet und ausgestaltet. Zweck, Inhalt und Vorgehen für die Erarbeitung sind aber weitgehend identisch.

1.1.1 Inhalt und Zweck

Die räumliche Energieplanung ist auf die Wärme- und Kälteversorgung einer Gemeinde ausgerichtet und bildet eine wichtige Grundlage, um die Nutzung regional verfügbarer erneuerbarer Energiequellen auszubauen. Unter anderem lässt sich die räumliche Entwicklung einer Gemeinde mit den oft nur ortsgebunden verfügbaren Quellen – Abwärme, Umweltwärme – besser abstimmen. Insofern ist die räumliche Energieplanung ein auf den Sachbereich Wärme-/Kälteversorgung fokussiertes Koordinationsinstrument der Raumplanung (Abbildung 1).

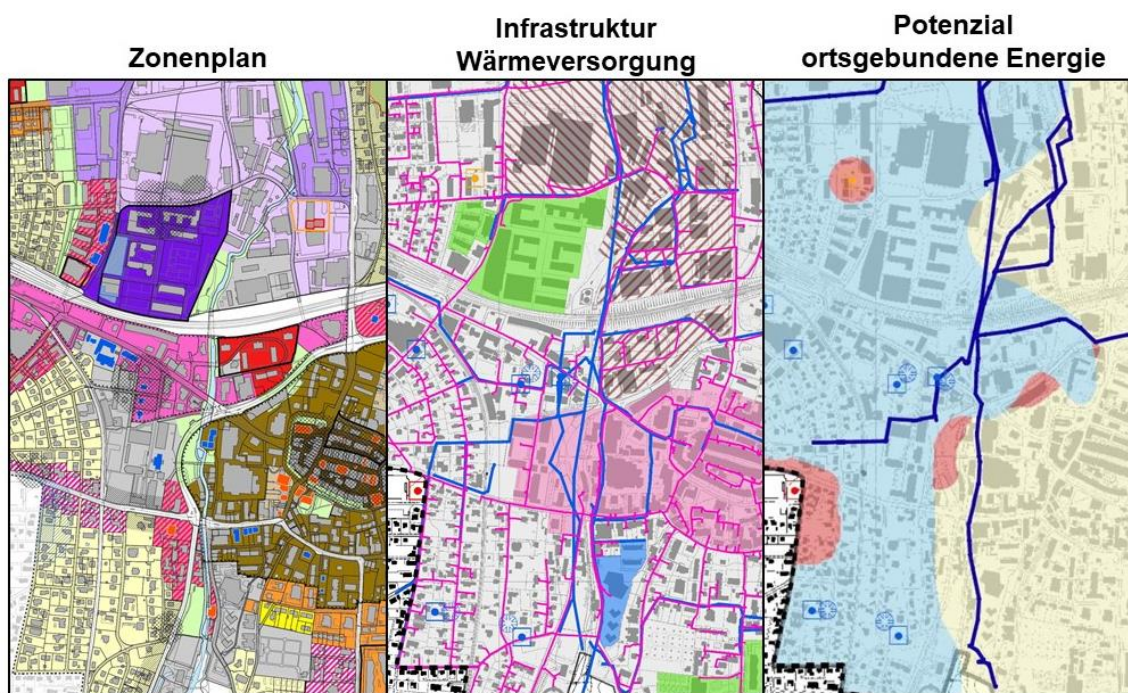


Abbildung 1: Beispielhafter Auszug aus Grundlagenplänen für die räumliche Energieplanung der Stadt Lenzburg: Analyseergebnis bezüglich Siedlungsstruktur, Infrastruktur und vorhandener Potenziale.

Umfassendes Energiekonzept

Die räumliche Energieplanung fokussiert sich auf den Bereich der Wärme- und Kälteversorgung, während sich ein ganzheitliches Energiekonzept auch um die Teilbereiche Strom und Mobilität kümmert.

Oftmals ist die räumliche Energieplanung deshalb ein wichtiger Bestandteil oder eine zentrale Massnahme in der kommunalen Energiepolitik (zum Beispiel: Label Energiestadt - Massnahmenkatalog).

Die räumliche Energieplanung hat dabei verschiedenen Schnittstellen zu den Teilbereichen Strom und Mobilität.

1.1.2 Nutzen der räumlichen Energieplanung

1.1.2.1 Raumplanerischer Nutzen

Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit sind die wichtigsten Kriterien für die Bereitstellung von Energie, anhand derer die Wärmeversorgung und Kälteversorgung einer Gemeinde strukturell optimiert werden können. Die räumliche Energieplanung bildet dazu die wesentliche Grundlage und bezweckt:

- die Siedlungsentwicklung und das Angebot nutzbarer Energiepotenziale aufeinander abzustimmen;
- die Perimeter für mögliche thermische Netze zu identifizieren;
- die Investitionen in die Versorgungsinfrastruktur zu optimieren und nachhaltig zu amortisieren;
- den Verbrauch der fossilen Energien konsequent zu reduzieren und so das Netto-Null-Ziel zu erreichen.

1.1.2.2 Rechts- und Planungssicherheit

Prioritätsgebiete für thermische Netze oder Eignungsgebiete sowie Standorte für Energieerzeugungsanlagen sind raumplanerisch zu sichern. Damit sind die wesentlichen Voraussetzungen geschaffen, um örtlich gebundene Abwärme und Umweltwärme sowie erneuerbare Energieträger vermehrt zu nutzen (Abbildung 2). Daraus abgeleitete, konsolidierte Versorgungskonzepte können in einem nächsten Schritt in grundeigentümerverbindliche Planungsinstrumente überführt werden. Dies erhöht die Rechts- und Investitionssicherheit für potenzielle Investorinnen und Investoren und ist insbesondere auch für die Grundeigentümer und Grundeigentümerinnen massgeblich.

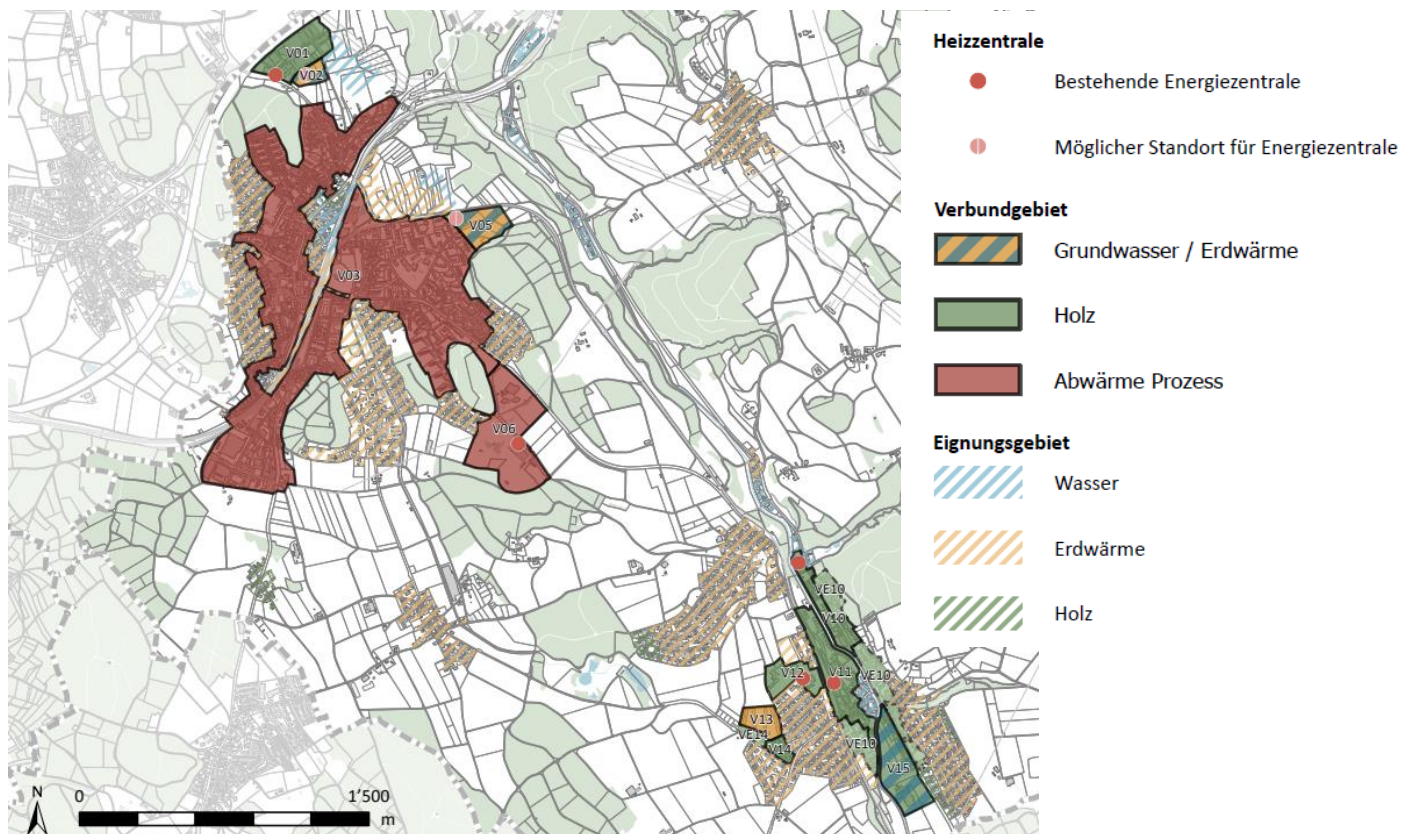


Abbildung 2: Ausschnitt Energieplan Stadt Illnau-Effretikon 2024

1.1.2.3 Politische Bedeutung

Für die Kommunalbehörde ist die räumliche Energieplanung ebenfalls ein wichtiges Instrument. Denn darin werden die energiepolitischen Grundsätze bezüglich Wärme- und Kälteversorgung sowie die zukünftige Energieversorgung räumlich festgesetzt und behördenverbindlich verankert. Ausserdem dient die räumliche Energieplanung folgenden Zwecken:

- Behördeninterne Koordination
- Grundlage für die Finanzplanung
- Grundlage für die Umsetzung der kommunalen Klimapolitik (Zieldefinition)
- Aktive Gestaltung der Wärmeversorgung
- Basis-Beratung und Information der Bevölkerung

Räumliche Energieplanung vs. Räumliche Energierichtplanung

Die Räumliche Energieplanung ist abhängig vom kantonalen Gesetz als Sachplan oder als Richtplan zu erstellen. Die Unterschiede sind in folgender Tabelle dargestellt:

| | Energieplan | Energierichtplan |
|--|---------------------|---|
| Beschluss | Exekutive | In der Regel Exekutive (einzelne Kantone Legislative) |
| Verbindlichkeit | Behördenverbindlich | Behördenverbindlich |
| Partizipation Bevölkerung (auch bei Änderungen) | Freiwillig | Öffentliche Mitwirkung |

1.2 Energie- und klimapolitischer Kontext

Mit dem internationalen Pariser Klimaabkommen und der Energiestrategie 2050 sowie dem Klima- und Innovationsgesetz des Bundes werden neue anspruchsvolle Zielsetzungen für die Klima- und Energiepolitik vorgegeben. Diese Ziele werden durch die Revision von Bundesgesetzen und der kantonalen Rechtssetzung konkretisiert. Im Folgenden wird aufgezeigt, wie die Schweiz auf nationaler, kantonaler und kommunaler Ebene diese Zielsetzungen umsetzt und wie der Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen in der Schweiz aussehen.

1.2.1 Nationale Ebene

Die nationale Energiepolitik stützt sich auf vier Säulen: Energieeffizienz, erneuerbare Energien, Stromproduktion und Energieaussenpolitik. Die aktuelle Energie- und Klimapolitik wird zurzeit durch verschiedene Gesetze umgesetzt:

- Das **Energiengesetz des Bundes (EnG)**, das seit dem 1. Januar 2018 in Kraft ist, strebt bis ins Jahr 2035 eine Reduktion des durchschnittlichen Energieverbrauchs um 43 % pro Person und Jahr gegenüber dem Jahr 2000 an (EnG Art.3 Abs. 1).
- Mit der Annahme des **Klima- und Innovationsgesetzes** im Jahr 2023 wurde das Netto-Null-Ziel 2050 gesetzlich verankert. Zusätzlich sieht das Gesetz vor, den Verbrauch von Öl und Gas zu reduzieren.
- Das **CO₂-Gesetz**, welches seit dem 23. Dezember 2011 in Kraft ist, zielt darauf ab, die CO₂-Emissionen aus der Nutzung fossiler Brennstoffe zu reduzieren, um den globalen Temperaturanstieg auf unter 2 Grad Celsius zu begrenzen. Das revidierte CO₂-Gesetz für die Zeit von 2025 bis 2030 wurde vom Parlament in der Frühjahrssession 2024 verabschiedet.

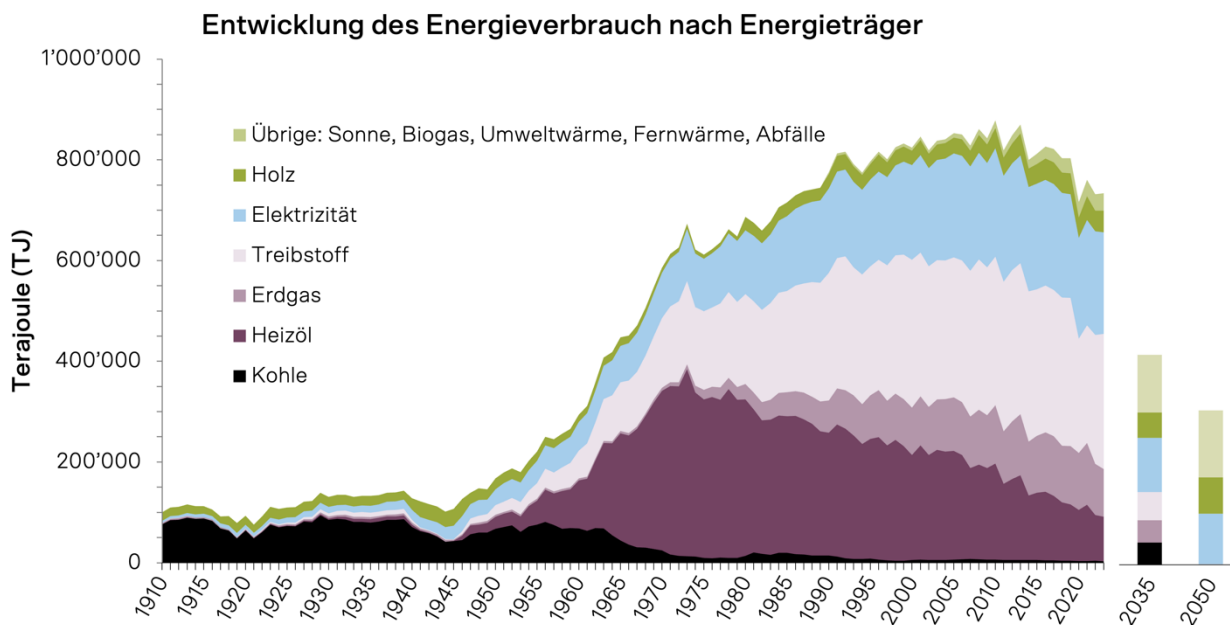


Abbildung 3: Entwicklung des Energieverbrauchs der Schweiz nach Energieträgern bis 2023 mit den Zielwerten des Bundes für 2035 und 2050 (PLANAR 2024; BFE 2023b).

1.2.2 Kantonale Ebene

Gemäss der Bundesverfassung sind Bund und Kantone für eine sichere, wirtschaftliche und umweltverträgliche Energieversorgung sowie einen sparsamen und rationellen Energieverbrauch verantwortlich. Gemäss dem Art. 89 Abs. 4 der Bundesverfassung sind die Kantone für Massnahmen betreffend den Ver-

brauch von Energie im Gebäudebereich zuständig. Im Gebäudebereich sind die Kantone mit der Umsetzung der Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE 2014) sowie mit den kantonalen und kommunalen Energieplanungen aktiv. Die MuKE 2014 werden derzeit teilrevidiert. Kommunale Ebene Die Wärme- und Kälteversorgung sind wichtige Handlungsbereiche für die Gemeinde. Die räumliche Energieplanung hilft, den Handlungsspielraum der kommunalen Energie- und Klimapolitik zu erkennen und diesen aktiv mitzugestalten.

Die Handlungsfelder zur Steigerung der Energieeffizienz und der Nutzung erneuerbarer Energien liegen einerseits bei der Planung, Bewirtschaftung und Erneuerung der eigenen öffentlichen Bauten (Vorbildfunktion) und andererseits bei der Umsetzung raumplanerischer Instrumente (Vorschriften, Anreize) für private Bauten.

Ein weiteres wichtiges Instrument ist das Label «Energistadt», durch das die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft und der Netto-Null-Ziele für die Gemeindeebene konkretisiert werden.

1.2.3 Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen im Wärmebereich

Der Wärmebereich macht heute rund 50 % des Energieverbrauchs der Schweiz aus und verursacht dabei 35 % der Treibhausgasemissionen. Der Wärmebedarf im Wohnbereich wird heute zu etwa 60 % mit fossilen Energieträgern – primär Heizöl und Erdgas – gedeckt (Abbildung 4; BFE 2023a). Für eine nachhaltige Klimapolitik und eine sichere sowie wirtschaftliche Wärmeversorgung ist die Nutzung importierter fossiler Energieträger bis 2050 gemäss der Vision Gebäudepark 2050 (BFE 2023c) auf null zu reduzieren (Ausnahmen vorbehalten). Die Wärmestrategie 2050 des Bundes (BFE 2023a) sieht dabei insbesondere folgende Alternativen zu den fossilen Energien vor: Ausbau der fossilfreien thermischen Netze und die Nutzung von Umweltwärme.

Wärmenachfrage im Wohnbereich

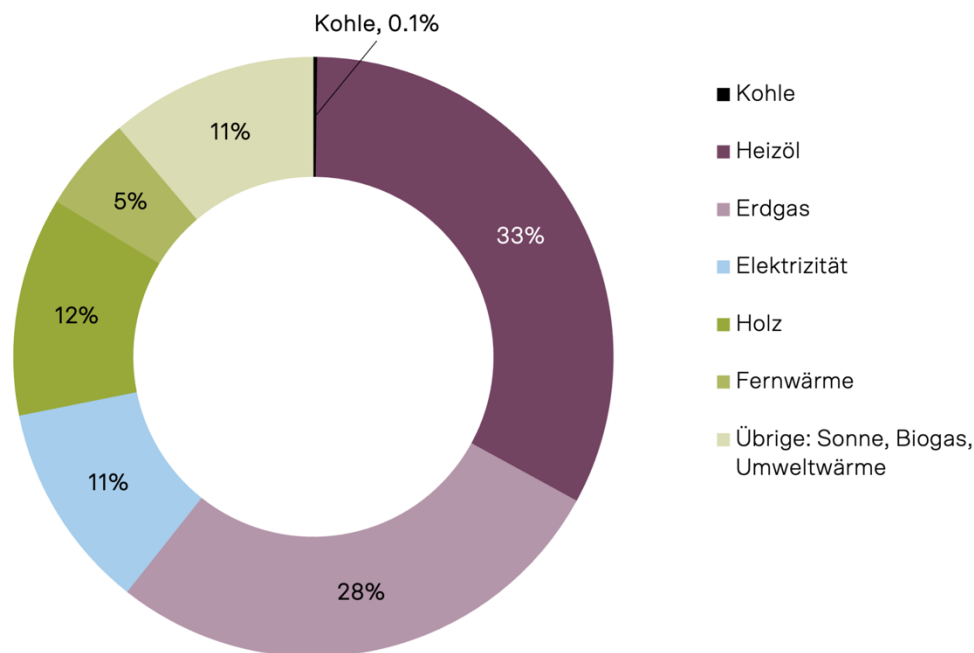


Abbildung 4: Wärmenachfrage im Wohnbereich nach Energieträger (Zahlen für 2022, BFE 2022). *Sonnenenergie, Umweltwärme, Biogas

Durch die Nutzung der im Inland verfügbaren erneuerbaren Energieträger kann zudem die Abhängigkeit vom Ausland reduziert und die lokale Wertschöpfung gesteigert werden (Risikominimierung). Der Import

fossiler Energieträger führt in der Schweiz zu einem enormen Geldabfluss ins Ausland; 2022 wurden dafür 22 Mia. Franken ausgegeben (BFE 2023b, Gesamtenergiestatistik Tabelle 42).

Mit einer Wärme- und Kälteversorgung, welche auf die Siedlungsentwicklung abgestimmt ist, und umgekehrt, lassen sich lokale, erneuerbare Energieträger besser nutzen. Die räumliche Energieplanung ist dazu das passende Instrument.

1.3 Quellen

- Bundesamt für Energie (BFE) (2022): Energieverbrauch der Privaten Haushalte 2000–2021 Ex-PostAnalyse. Bern, Schweiz
- Bundesamt für Energie (BFE) (2023a). Wärmestrategie 2050. Bern, Schweiz. Verfügbar unter: <https://www.newsd.admin.ch/newsd/message/attachments/74920.pdf> (Zugriff am [17.07.2024]).
- Bundesamt für Energie (BFE) (2023b): Gesamtenergiestatistik 2022. Verfügbar unter: <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/gesamtenergiestatistik.html/> (Zugriff am [17.03.2024]).
- Bundesamt für Energie (BFE) (2023c): Gebäudepark 2050 – Vision des BFE. Schweizerische Eidgenossenschaft. Bern, Schweiz.

Modul 2: Vorgehen

Ablauf und Inhalt

Modul 2 in Kürze

Organisation und Ablauf der räumlichen Energieplanung

Je nach Grösse der Gemeinde und Umfang der räumlichen Energieplanung ist eine sachgerechte Organisationsstruktur festzulegen. Grundsätzlich ist die fachliche Planungsarbeit von der Steuerung und Begleitung zu trennen.

Bestandteile und Inhaltsraster der Energieplanung

Die räumliche Energieplanung setzt sich inhaltlich folgendermassen zusammen:

- Plan zur Visualisierung der behördenverbindlichen Festlegungen und der relevanten Grundinformationen
- Planungsbericht mit verbindlichen Zielen, den Interessenabwägungen, Grundlagenplänen, Erläuterungen und einer Wirkungsabschätzung
- Massnahmenkatalog mit einem zeitlichen Horizont von maximal 15 Jahren für die Umsetzung der Massnahmen

Räumliche Koordination nach Planungsprioritäten

Die räumliche Koordination ergibt sich aus dem schlüssigen Zusammenführen verschiedenster räumlicher Aspekte unter Beachtung vorgegebener Ziele, Strategien und politischer Aktionspläne (Planungsprioritäten).

Umsetzung

Mit der Umsetzung entfaltet die Energieplanung ihre Wirkung auf den Ressourcenverbrauch und die Treibhausgasemissionen. Die Aktivitäten erfolgen in verschiedenen Handlungsfeldern, wobei die Gemeinde als Informantin, als Planende (Raumplanung), als Initiatorin bis hin zur Gesetzgeberin auftreten kann.

Weiterführende Informationen und Links

- Separates Beiblatt zu den Modulen 1 bis 10

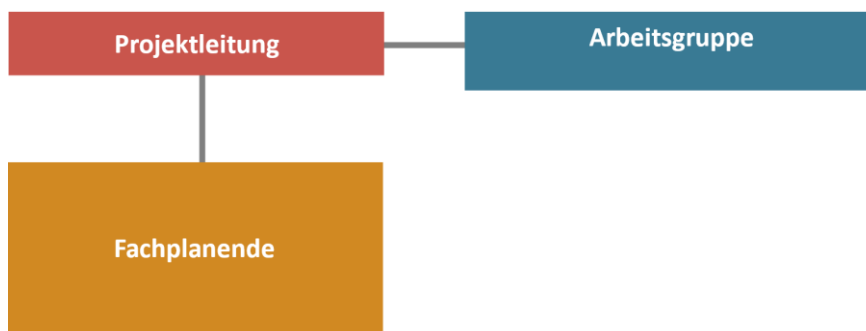
2.1 Organisation und Ablauf der räumlichen Energieplanung

Entscheidungs- und Wissenstragende sind frühzeitig in die Erarbeitung der räumlichen Energieplanung einzubeziehen. Damit wird die Akzeptanz für die Umsetzungsphase merklich verbessert.

Die Verfahrensschritte entsprechen dem Aufbau des vorliegenden Leitfadens. Die auftraggebende Gemeinde übernimmt die Gesamtprojektleitung. Sie kann bei Bedarf die Erarbeitung einem Energieplaner oder einer Energieplanerin übertragen.

2.1.1 Kleine und mittlere Gemeinden

Organisatorisch wird die Erarbeitung der räumlichen Energieplanung in kleineren und mittleren Gemeinden häufig einer externen Fachperson aus den Bereichen Energie- und Raumplanung übertragen. Zur Begleitung der Fachplanung soll eine Arbeitsgruppe zusammengestellt werden, in welcher die verantwortlichen Personen aus den Bereichen Politik, Verwaltung sowie Versorgung und Werke angemessen vertreten sind. Eigene Werkbetriebe werden vorzugsweise von Beginn weg Mitglieder der Arbeitsgruppe sein, bei externen Energieversorgern ist der richtige Zeitpunkt des Einbezugs zu Beginn der Arbeiten zu bestimmen.



2.1.2 Grosse Gemeinden

Bei umfangreicheren Planungsprojekten, beispielsweise gemeindeübergreifenden Vorhaben, regionalen Energieplanungen oder für eine grössere Stadt, kann es sinnvoll sein, den Arbeitsprozess auf zwei begleitende Gruppen mit unterschiedlichem Zuständigkeitsbereich aufzuteilen:

- Steuergruppe: Für die Projektsteuerung werden breitere Kreise eingebunden; auf jeden Fall sind die massgeblichen Entscheidungsträger und Schlüsselpersonen für die künftige Umsetzung, unter anderem eine Vertretung aus der Exekutive, zu beteiligen. Diese bilden eine Steuergruppe, welche auf Antrag der Begleitgruppe strategische Zwischenentscheide trifft.
- Begleitgruppe: Für die Facharbeit wird den Fachplanenden eine Begleitgruppe zur Seite gestellt. Diese Gruppe bindet in erster Linie Sachverständige und Wissenstragende aus Politik, Verwaltung (gemeindeinterne Wissenstragende, Vertretung der Nachbargemeinden oder des Kantons), parlamentarischen Kommissionen sowie Versorgungswerken (Betreiberin von thermischen Netzen oder Gasnetzen) ein.

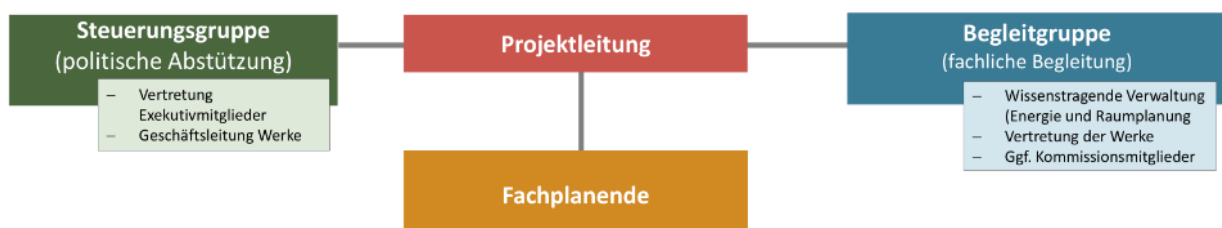


Abbildung 4: mögliche Organisation einer kommunalen Energieplanung. Die Steuergruppe trifft die politischen/strategischen Entscheide, die Begleitgruppe unterstützt in der Facharbeit.

Bei der räumlichen Energieplanung ist zudem die Gasversorgung zwingend einzubeziehen, da in vielen Gemeinden eine Gasinfrastruktur existiert. Der künftige Umgang mit der Gasinfrastruktur ist entscheidend für die Erreichung des Netto-Null-Zieles. Die Gasversorgerin kann je nach Eigentumsverhältnis in der (erweiterten) Begleitgruppe und der Steuergruppe Einsitz nehmen. Auch eine individuelle Einbindung bei externen Gasversorgern ist möglich (vgl. Modul 6 –Gasnetz der Zukunft).

Best-Practice-Beispiel: Vernetzung von Akteuren als Erfolgsfaktor

Gemeinde Sins (AG)

Die Gemeinde Sins integrierte die Energieplanung als ständiges Thema in die Sitzungen der Energiekommission, um umfassendes Know-how in den Entscheidungsprozess einzubringen und die Umsetzung kontinuierlich zu überwachen. Der zuständige Gemeinderat fördert zudem aktiv den Austausch mit Energieversorgern, Genossenschaften und privaten Firmen. Durch diese Vernetzung können Projekte direkt initiiert und eigenständig von den Akteuren umgesetzt werden (EBP 2024a).

2.2 Bestandteile und Inhaltsraster

Entsprechend den Vorgaben der Kantone und dem Verwendungszweck in den Gemeinden können räumliche Energieplanungen unterschiedliche Formen aufweisen. Die Elemente und die inhaltliche Gliederung bleiben sich jedoch weitgehend gleich.

In Abbildung 2 sind die Themen aufgeführt, welche inhaltlich in der räumlichen Energieplanung zu behandeln sind. Formal werden die Ergebnisse des Planungsprozesses in der Regel folgendermassen dokumentiert:

- Plan zur Visualisierung der behördenverbindlichen Festlegungen und der relevanten Grundinformationen
- Planungsbericht mit verbindlichen Zielen, den Interessenabwägungen, Grundlagenplänen, Erläuterungen und einer Wirkungsabschätzung
- Massnahmenkatalog mit einem zeitlichen Horizont von maximal 15 Jahren für die Umsetzung der Massnahmen (Ausrichtung auf die Erreichung des Netto-Null-Zieles.).

In einigen Kantonen bestehen Anforderungen zu Inhalten, Planvorgaben (Geodatenmodell) oder einem zusätzlichen Richtplanteil.

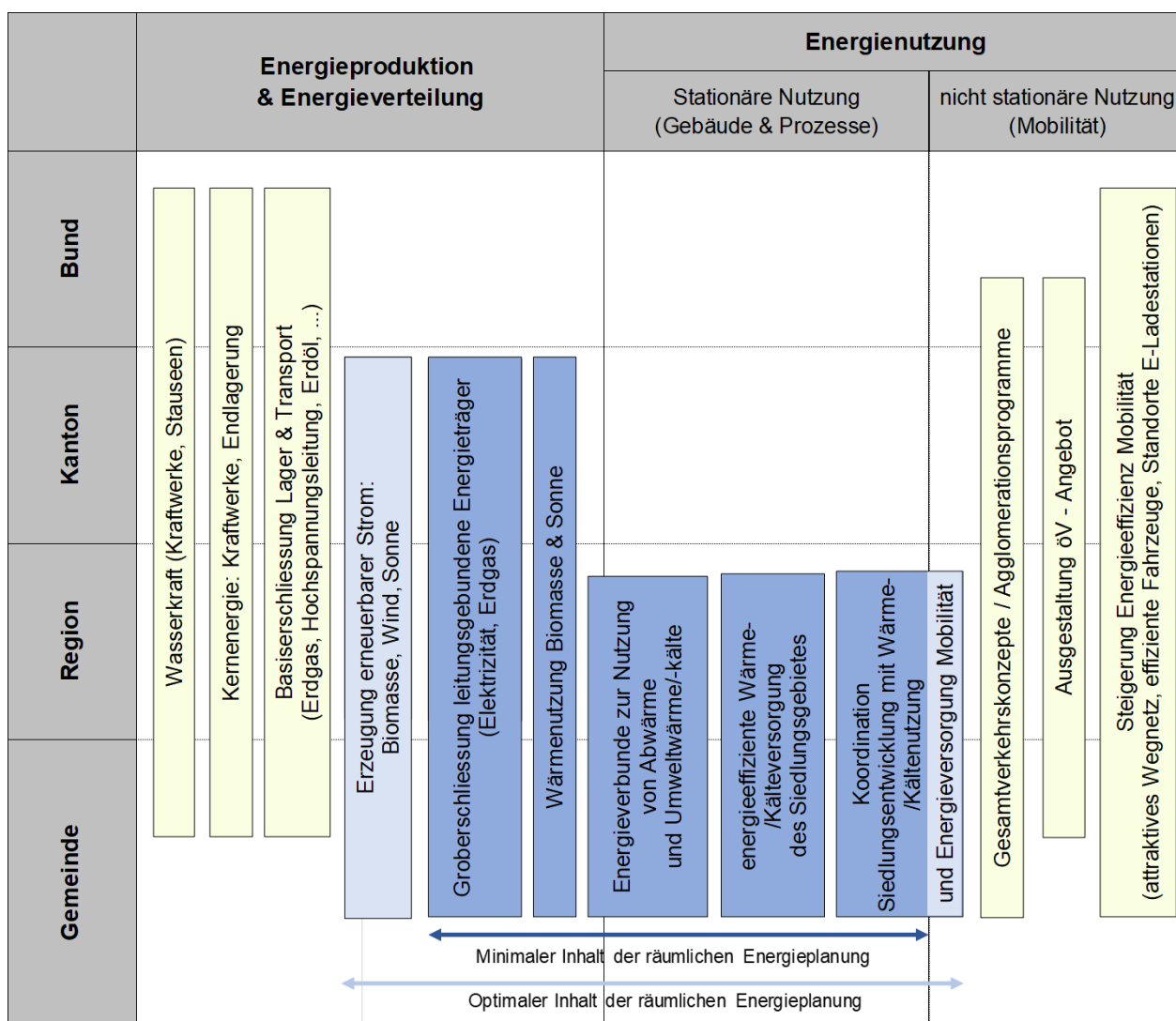


Abbildung 5: Koordinationsbedarf und Vollzugebenen innerhalb der räumlichen Energieplanung.

2.2.1 Visualisierung der Planungsinhalte

Die Plankarte visualisiert die wesentlichen Festlegungen und relevanten Informationen der räumlichen Energieplanung. Zu den möglichen Festlegungen gehören:

- Künftig zu nutzende, ortsgebundene Energiepotenziale wie Abwärme oder erneuerbare Energieträger
- Verbundgebiete für die Versorgung mit thermischen Netzen
- Eignungsgebiete, innerhalb welcher ein bestimmter Energieträger für die Wärmeversorgung vorrangig eingesetzt werden soll
- Zielnetz der Gasversorgung für Prozesse und Spitzendeckungen (inkl. Stilllegungsplan für die restlichen Gebiete)
- Standortsicherungen für Anlagen und Infrastrukturen
- zusätzlich sind die ortsgebundenen Massnahmen (vgl. Massnahmenkatalog) aufzuführen
- Grundlagenkarte mit Gebäuden, Grundstücksgrenzen, Strassen, Gewässern und Waldflächen sowie Gemeindegrenzen

2.2.2 Planungsbericht

Der Planungsbericht erläutert die Ziele, Voraussetzungen, Abklärungen und Annahmen der räumlichen Energieplanung. Im Weiteren umfasst der Bericht die wichtigsten Hintergrundinformationen und die vorgenommenen Interessenabwägungen inklusive einer groben Wirkungsabschätzung. Das mögliche Inhaltsraster des Berichts zur räumlichen Energieplanung gliedert sich wie folgt:

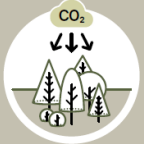
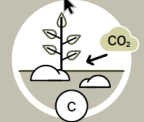
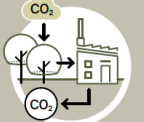
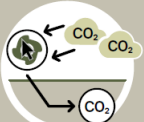
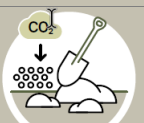
- Einleitung: Motivation und Verbindlichkeit der räumlichen Energieplanung
- Rahmenbedingungen: Übersicht über Vorschriften und gesetzliche Vorgaben, Strategien und Konzepte, Planungen und Programme, Visionen und Leitbilder von Bund, Kanton, Region sowie Gemeinde zu massgeblichen Themen wie Energie und Klima (insbesondere Netto-Null-Zielsetzung)
- Infrastruktur: Beschrieb der bestehenden Energie-Infrastruktur wie bestehende thermische Netze und Gasleitungsnetze, ggf. Erdsonden, Grundwasserfassungen zur thermischen Nutzung, thermische Solaranlagen.
- Detailanalyse des Energie- und Wärmebedarfs: Auswertung und Darstellung der heutigen Energienutzung und -versorgung inkl. der Treibhausgasemissionen
- Entwicklungsprognose: Herleitung und Visualisierung der voraussichtlichen Siedlungs- und Energieverbrauchsentwicklung. Evtl. Darstellung von speziellen Siedlungsinformationen wie Baudichte, Liegenschaften der öffentlichen Hand, Entwicklungs-, Umsetzungs- oder Sanierungsgebiete in einem Grundlagenplan.
- Energiepotenziale: qualitative und quantitative Beschreibung der lokal und regional verfügbaren Energiequellen, wie z. B. Abwärme und erneuerbare Energieträger. Darstellung in einem Potenzialplan, evtl. kombiniert mit bestehenden Infrastrukturanlagen wie Gasnetz oder Leitungsnetz grosser thermischer Netze.
- Zielsetzungen: Der Zielpfad zu Netto-Null wird aufgezeigt. Dabei fliessen die Entwicklungsprognose und die vorgesehenen Festlegungen der Gebiete mit ein.
- Räumliche Koordination: Synthese, Überlagerung der Grundlagenpläne wie Wärmebedarfsdichte (heute und zukünftig), Potenziale und Siedlungsentwicklung. Daraus erfolgten die Zuordnung, Folgerung, Interessenabwägung und Festlegung der Versorgungsgebiete. Bei den Festlegungen ist die Gasstrategie/Gasnetzplanung aufzuzeigen. Wirkungsabschätzung, ob die empfohlenen Festlegungen das Erreichen des Zielpfades Netto-Null gewährleisten und welche Massnahmen dazu zwingend erforderlich sind. Dabei besteht eine Unsicherheit bei der Entwicklung der Treibhausgas-Emissionsfaktoren. Um das Ziel Netto-Null Treibhausgasemissionen zu erreichen, sind auch Negativemissions-Massnahmen mitzudenken.
- Massnahmenübersicht: Eine Übersicht zu den empfohlenen Massnahmen zur Umsetzung der räumlichen Energieplanung.

2.2.3 Massnahmenkatalog

Die für die Zielerreichung wirksamen Massnahmen bilden das Kernstück der räumlichen Energieplanung. Zur Zielerreichung gehören auch Massnahmen zu Negativemissionen. In einzelnen Massnahmenblättern sind die Handlungsanweisungen zu umschreiben und in ihrer Wirkung grob abzuschätzen. Der Horizont für die Umsetzung der Massnahmen soll aufgrund des sich rasch wandelnden Umfelds im Energiebereich maximal 15 Jahre betragen. Der Massnahmenkatalog ist zudem alle vier Jahre zu überprüfen, zu aktualisieren und fortzuschreiben. Mit der Überprüfung ist festzustellen, ob der Energieplan einer Überarbeitung bedarf oder nicht. Eine regelmässige Überprüfung allfälliger untergeordneter Wärmepläne auf die Konsistenz zum rechtskräftigen räumlichen Energieplan ist ebenfalls durchzuführen.

Negativemissionstechnologien

Negativ-Emissionstechnologien (NET) entziehen der Atmosphäre mit biologischen oder technischen Ansätzen Treibhausgase und speichern diese dauerhaft. Sie sind deshalb bedeutend für die Erreichung der Netto-Null-Zielsetzung. Im Folgenden werden verschiedene Ansätze für Negativemissionen aufgezeigt.

| | |
|---|--|
|  | Aufforstung, Wiederaufforstung, Waldbewirtschaftung und Holznutzung: Baumwachstum entzieht der Luft CO ₂ . Dieses kann in Bäumen, Böden und Holzprodukten gespeichert werden. |
|  | Bodenmanagement (inkl. Pflanzenkohle): Einbringung von Kohlenstoff (C) in die Böden, z. B. mittels Ernterückständen oder Pflanzenkohle. Kann C im Boden anreichern. |
|  | Bioenergienutzung mit CO ₂ -Abscheidung und -Speicherung (BECCS): Pflanzen wandeln CO ₂ in Biomasse um, die Energie liefert. CO ₂ wird aufgefangen und im Untergrund gespeichert. |
|  | Maschinelle CO ₂ -Luft-Filtrierung und Speicherung (DACCS): CO ₂ wird der Umgebungsluft durch chemische Prozesse entzogen und im Untergrund gespeichert. |
|  | Beschleunigte Verwitterung: Zerkleinerte Mineralien binden chemisches CO ₂ und können anschliessend in Produkten, im Boden oder Meer gelagert werden. |

BAFU (2022; S.11)

Festsetzung und Mitwirkung

- Gemäss der Verfassung (Art. 75 Abs. 1) legt der Bund die Grundsätze der Raumplanung fest. Die genauere Umsetzung der Raumplanung unterliegt dann den Kantonen. Das Verfahren für die räumliche Energieplanung – Mitwirkung, Vorprüfung, Festsetzung und Genehmigung – hat sich deshalb nach der kantonalen Energie- bzw. Planungs- und Baugesetzgebung zu richten, welche wiederum auf den Grundsätzen des Bundes beruht.
- Im Interesse einer guten Umsetzung lohnt es sich, die behördenverbindliche Planung ortsansässigen Unternehmen, weiteren Interessenvertretern (z. B. Parteien, Energieversorgenden) und ggf. der Bevölkerung zur Mitwirkung und Anhörung zu unterbreiten.
- Bei Energierichtplänen ist die öffentliche Auflage und die Mitwirkung der Bevölkerung Pflicht.

Datenaufbereitung und -abgabe

Mögliche Formen für die Datenaufbereitung eines Energieplans sind:

- GIS-Plan mit Link zu Massnahmen-Datenbank als verwaltungsinternes Arbeits- und Beratungstool
- GIS-Plan mit Link zu Massnahmen-Datenbank als öffentliche online-GIS-Dienstleistung (z. B. Geoportal Kantone Aargau, Basel-Stadt, Bern, St. Gallen, Thurgau und Zürich oder EnerGIS Städte Zürich und Bern, Gemeinde Thalwil)
- Fakultativ bieten Städte und Gemeinden auch Wärmeversorgungskarten an. Diese sind jedoch nicht rechtsverbindlich.

2.3 Räumliche Koordination nach Planungsprioritäten

Bei der Energieproduktion, -verteilung und -nutzung handelt es sich um Themenfelder und Querschnittsaufgaben, an denen gleichzeitig mehrere staatliche Vollzugsebenen beteiligt sind.

Nicht alle raumwirksamen Belange liegen deshalb massgeblich im Einflussbereich der Städte und Gemeinden. Eine möglichst umfangreiche Koordination ist bereits bei der Planung anzustreben.

2.3.1 Planungsprioritäten

Kantonale Energiegesetze, Richtpläne oder Energiestrategien geben Planungsprioritäten für die Nutzung lokal verfügbarer Energieträger vor. Grundlegende Kriterien für die Wärmeversorgung (Gebietsausscheidungen) sind dabei die Wertigkeit der Energiequelle, die Ortsgebundenheit und die Umweltverträglichkeit. Die Planungsprioritätenfolge lautet generell:



1. **Ortsgebundene hochwertige Abwärme und Umweltwärme:**

unter anderem Industriebetriebe, Kehrlichverwertungsanlagen (KVA), Kraftwerke oder bestehende Wärmekraftkopplungsanlagen (WKK), mitteltiefe und tiefe Geothermie.



2. **Ortsgebundene niederwertige Abwärme und Umweltwärme:**

unter anderem aus Abwasser (Sammelkanäle, ARA), Industrie, Rechenzentren, Grund-, Quell-, Oberflächen- oder Trinkwasser sowie untiefe Erdwärme.



3. **Regional verfügbare erneuerbare Energieträger:**

effiziente Nutzung von Biomasse wie Grünabfälle, Speisereste.



4. **Nutzung örtlich ungebundener Umweltwärme:**

Nutzung von Solarwärme und Wärme aus der Umgebungsluft



5. **Regional verfügbare erneuerbare Energieträger (knappe Ressourcen):**

Energieholz

2.3.2 Nutzungsprioritäten und räumliche Koordination

Die räumliche Koordination der Wärmeversorgung erfolgt durch das schlüssige Zusammenführen der Informationen zur Siedlungsstruktur, zur räumlich-strukturellen Entwicklung der Gemeinde (vgl. auch Regelungstypen in Modul 9), der Energiebezugsdichte sowie zu den örtlich und regional verfügbaren Energiepotenzialen (Abbildung 3). Die massgeblichen Festlegungen (Nutzungsprioritäten wie Gebietsausscheidungen und Standortsicherungen) resultieren aus einer umsichtigen Interessenabwägung. Dabei sind die räumliche Allokation, die energiepolitische Bewertung sowie die allenfalls durch den Kanton vorgegebenen Planungsprioritäten gleichermassen zu berücksichtigen.

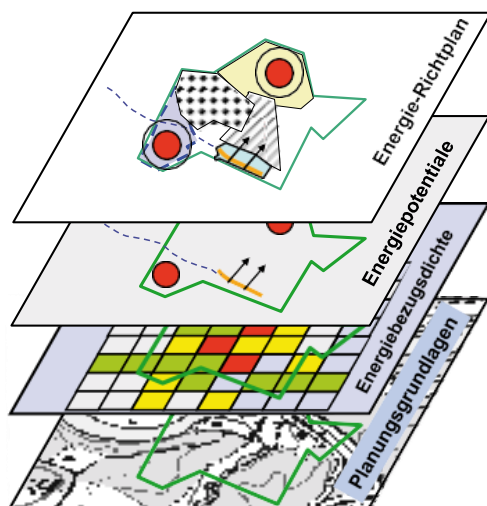


Abbildung 3: Zusammenführen der Informationen über räumlich-strukturelle Grundlagen sowie zur Wärmeversorgung.

2.4 Umsetzung der räumlichen Energieplanung

Die räumliche Energieplanung ist in der Regel behördenverbindlich (abhängig von der kantonalen Gesetzgebung), womit die Gemeinde mit der Umsetzung der räumlichen Energieplanung im Rahmen ihres Handlungsspielraums beauftragt wird. Einige Handlungsfelder werden nachfolgend erläutert und in den Modulen 6, 7, 8 und 9 vertieft.

2.4.1 Energievorschriften in der Nutzungs- und Sondernutzungsplanung (Modul 9)

Soll die behördenverbindliche Energieplanung grundeigentümerverbindlich werden, können je nach kantonalen Gesetzgebung Energievorschriften in der Nutzungs- und Sondernutzungsplanung festgelegt werden. In Abhängigkeit der Siedlungsdichte und des Gebietstyps sind unterschiedliche Vorschriften sinnvoll, z. B.:

- Anschlussverpflichtung an ein thermisches Netz
- Vorgabe zu gemeinsamen Heizzentralen
- Erhöhte energetische Anforderungen an Neubauten und Umbauten
- Erhöhter Anteil erneuerbarer Energiequellen bei einem Heizungsersatz
- Produktion von erneuerbarer Energie (Strom oder Wärme) im oder am Gebäude

2.4.2 Aufbau thermischer Netze (Modul 8)

Der Aufbau eines thermischen Netzes muss situativ erfolgen. Je nach Ausgangslage sind die Initiatoren, Eigentumsverhältnisse und der/die Betreiber der thermischen Netze unterschiedlich.

Mögliche Trägerschaften von thermischen Netzen sind nachfolgend aufgeführt:

- Die Gemeinde übergibt die Realisierung eines thermischen Netzes an Dritte.
- Die Gemeinde (oder ein gemeindeeigenes Werk) wird Eigentümerin und Betreiberin des thermischen Netzes.
- Die Gemeinde realisiert ein thermisches Netz gemeinsam mit einem Partner.

2.4.3 Kooperation mit Energiedienstleister (Modul 8)

Wird ein thermisches Netz erstellt, so ergeben sich oft die Notwendigkeit und/oder Gelegenheit für vertragliche Regelungen mit dem Anbieter. Diese Regelung ist je nach Eigentumsverhältnis unterschiedlich ausgeprägt.

Ist der Betreibende eine gemeindeeigene Institution, können Ziele in der Eignerstrategie festgehalten werden, ansonsten können Leistungsvereinbarungen, Konzessionsverträge abgeschlossen werden, um die Rechte und Pflichten der Gemeinde und des Energiedienstleisters festzuhalten.

Die verschiedenen Formen der Trägerschaft und vertraglichen Regelungen sind in Modul 9 beschrieben.

2.4.4 Koordination Gasversorgung (Modul 6)

Da Erdgas als fossiler Energieträger einen hohen Beitrag zum CO₂-Ausstoss der Gebäude leistet, ist eine umfassende Gasstrategie zur Erreichung der Treibhausgasemissionsziele und Effizienzziele notwendig. Ist eine Gemeinde mit einem Gasnetz erschlossen, bedarf es während der Erarbeitung der räumlichen Energieplanung einer Koordination mit dem Gasnetzbetreibenden.

Das Modul 6 befasst sich mit der zukünftigen Ausgestaltung einer Gasstrategie, der Rolle des Gasnetzes und der Koordination mit der räumlichen Energieplanung.

2.4.5 Information, Beratung, Coaching (Modul 9)

Die Umsetzung der räumlichen Energieplanung kann durch Information der Grundeigentümer und Beratungsangebote erleichtert werden.

Eine Informationsveranstaltung, eine Broschüre zur Erklärung und ggf. das Aufschalten der räumlichen Energieplanung oder eines flexibel anpassbaren Wärmeversorgungsplans auf der Homepage (GIS-basiert im Ortsplan) helfen beim Erklären der Absicht der räumlichen Energieplanung und bei der Umsetzung, indem Grundeigentümer die Information parzellengenau abrufen können.

Vor einem Anschluss einer Liegenschaft an einen Wärmeverbund lohnt sich eine energetische Sanierung, um zu hohe Anschlusskosten zu vermeiden. Dasselbe gilt bei einem Wärmeerzeugersersatz. Ein umfassendes Beratungsangebot der Gemeinde unterstützt die Grundeigentümer beim Energiesparen und Optimieren.

2.5 Quellen

- Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2022): CO₂ aus der Luft entfernen. Magazin «die umwelt» 2/2022.
- EBP (2024a): Empfehlungen für Energieplanungen. Best Practice Beispiele. Zürich, Schweiz.

Modul 3: Energienachfrage

Energie- und Treibhausgasbilanz einer Gemeinde

Modul 3 in Kürze

Grobbilanz: Gesamtenergienachfrage

Für die Grobbilanz der Gesamtenergienachfrage in der Gemeinde werden die schweizerischen Durchschnittswerte verwendet und mit einfach zu erhebenden, gemeindespezifischen Angaben angepasst. Diverse Kantone bieten mit einem Energiespiegel oder einer Energiestatistik bereits Grobbilanzen pro Gemeinde an.

Detailbilanz: Energienachfrage im Wärmebereich

Für die Detailbilanz werden gemeindespezifische Daten erhoben und die Energienachfrage im Wärmebereich vertieft untersucht, das heisst für jede mögliche Energiequelle auf dem Gemeindegebiet wird die aktuelle Nutzung erfasst. In diesem Modul werden auch Hinweise für die Entwicklung der zukünftigen Energienachfrage gemacht.

Treibhausgasbilanz: Energiebedingte Treibhausgasemissionen

Der Energiebedarf wird anhand von Treibhausgasemissionsfaktoren berechnet und spezifisch für den Wärme- und Kältebedarf ausgewiesen.

Weiterführende Informationen und Links

– Separates Beiblatt zu den Modulen 1 bis 10

3.1 Grobbilanz: Gesamtenergienachfrage

Die Energiebilanz einer Gemeinde erfasst die Endenergienachfrage aller Verbrauchenden im Gemeindegebiet.

Das Erstellen einer gemeindebezogenen Energiebilanz erfolgt in zwei unterschiedlich detaillierten Schritten:

- Die Grobbilanz gibt den Überblick über die Endenergienachfrage und wird nach Energieträgern differenziert.
- Mit der Detailbilanz werden die Resultate ortsspezifisch vertieft, und zusätzlich wird die anwendungsspezifische Nachfrage im Wärmebereich erhoben.

3.1.1 Grobbilanz versus Detailbilanz

Die Grobbilanz zur Bestimmung der Endenergienachfrage basiert im Wesentlichen auf den nationalen Durchschnittswerten für die einzelnen Energieträger, wie sie in Abbildung 1 (linke Säule) angegeben sind. Die Detailbilanz mit gemeindespezifischen Anpassungen erfolgt anhand folgender Hinweise (rechte Säule):

- Gas-, Fernwärme-/Fernkälte- und Elektrizitätsabsatz in kommunalen Versorgungsgebieten sind in der Regel einfach über die Energieversorger zu erheben.
- Für eine Analyse der Energieträger im Elektrizitätsbereich wird die Herkunftsdeklaration des lokalen Stromversorgers beigezogen.¹
- Teilweise liegen auch für erneuerbare Energien gemeindespezifische Werte vor.
- Die Menge der fossilen Brennstoffe wird als Residualgrösse² bestimmt oder als Abschätzung anhand der installierten Feuerungsleistungen.
- Als Kenngrösse für den Treibstoffverbrauch gilt: Im Jahr 2022 wurden durchschnittlich 212 kWh erneuerbarer Treibstoff/Strom für individuelle Mobilität pro Einwohner eingesetzt.

3.1.2 Verwendungszweck

Die eingesetzten End-Energieträger werden zu rund 40 % für Wärmezwecke, 29 % für Mobilität (ohne Flugverkehr), 12 % Prozesswärme und 19 % für die übrigen Anwendungen wie Licht, Haustechnik, Information und Kommunikation verwendet (BFE 2022). Die Wärmeanwendungen bestimmen also den Energiebedarf massgebend.

¹ Dabei handelt es sich oft nicht um die in der Gemeinde effektiv eingesetzten Energieträger, sondern um die Lieferung an alle Kunden des Energieversorgers.

² Berechnet sich aus der Differenz zwischen dem CH-Durchschnitt und dem gemessenen Gasabsatz.

Energieverbrauch gemäss der nationalen Gesamtenergiestatistik

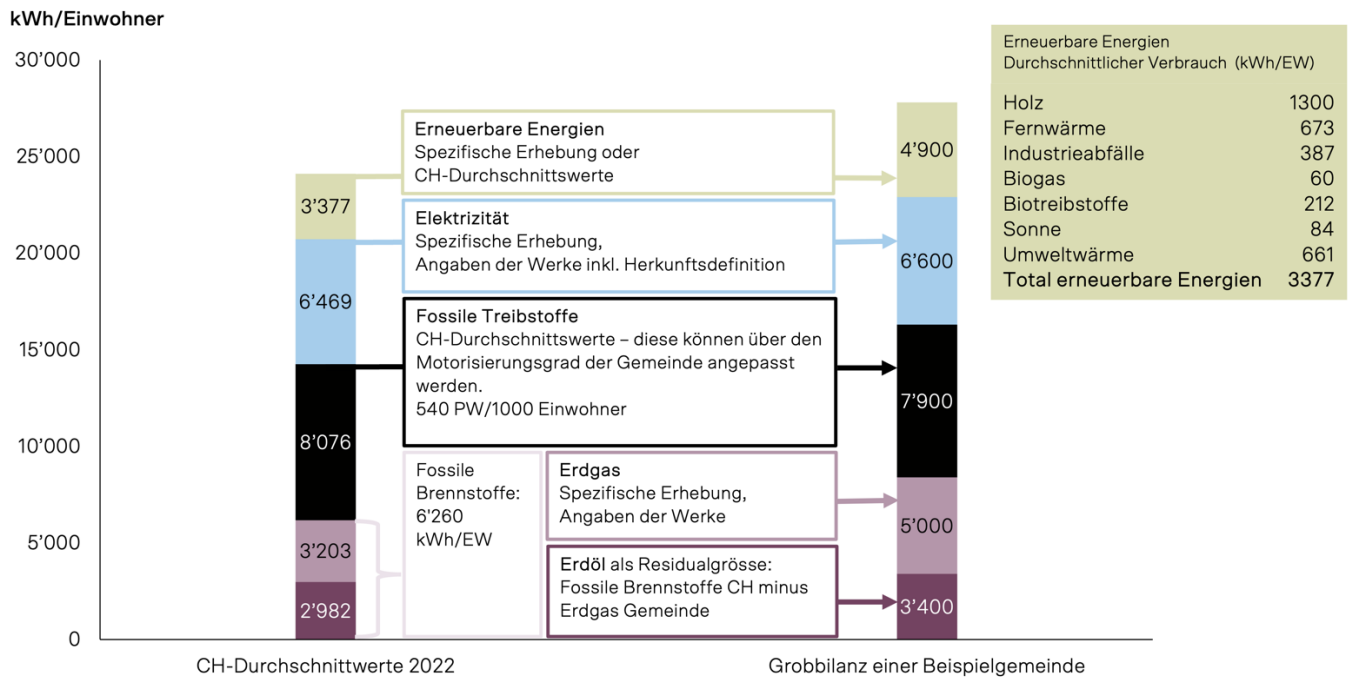


Abbildung 1: Schweizer Durchschnittswerte für den Endenergieverbrauch dienen als Basis von Energiebilanzen (BFE 2022).

3.2 Detailbilanz: Energienachfrage im Wärmebereich

Die Nachfragebilanz im Wärmebereich bezieht sich auf die Raumwärme und das Warmwasser im Gebäudebereich, auf die räumliche Verteilung sowie auf den Bedarf an Prozesswärme.

3.2.1 Daten für Detailbilanz

Für Detailbilanzen steht von EnergieSchweiz der Energie- und Klimakalkulator zur Verfügung. Einige Kantone unterstützen Bilanzierungs-Tools (ZH) oder stellen eigene Bilanzen in unterschiedlichem Detaillierungsgrad pro Gemeinde zur Verfügung (AG, BL, BE, SG, VD).

Für die Erstellung einer Detailbilanz sind die möglichen Energiequellen in der Tabelle 2 im Kapitel Entwicklung der Energienachfrage aufgelistet.

3.2.2 Verwendungszweck der Wärme im Gebäude

Für die räumliche Energieplanung ist der Verwendungszweck der Wärme von Interesse. Die Nachfrage im Gebäudebereich ist deshalb gemäss dem Bedarf für Raumwärme oder Warmwasser zu differenzieren. Das Bestimmen der jeweiligen Anteile ist auf die Qualität und das Alter des jeweiligen Gebäudebestands zu beziehen. Die entsprechenden Näherungswerte sind in der Tabelle 1 aufgeführt.

| Neubau | Gebäudebestand |
|-----------------|-----------------|
| 46 % Raumwärme | 86 % Raumwärme |
| 54 % Warmwasser | 14 % Warmwasser |

Tabelle 1: Näherungswerte Energiebedarf für Raumwärme und Warmwasser (Quelle SIA 2024:2021)

3.2.2.1 Räumliche Verteilung der Wärmenachfrage

In der Analyse der Energienachfrage für den Gebäudebereich gilt es, die räumliche Verteilung zu beachten. Der Bund stellt auf <https://map.geo.admin.ch> unter dem Stichwort «Wärme-/Kältenachfrage» eine räumliche Verteilung der Wärmenachfrage zur Verfügung. Daneben stellen die Kantone die Verteilung der «Wärme-/Kältenachfrage» oftmals ebenfalls in ihrem Geoportal zur Verfügung. Diese Daten basieren auf dem eidgenössischen Gebäude- und Wohnungsregister (GWR). Dessen Aktualität bezüglich der Energiedaten ist zu klären. Bei Bedarf kann der Energiebedarf einzelner Gebiete und Zonen anhand folgender Kennwerte genauer bestimmt werden:

- Bauperiode: Die durchschnittliche Bauperiode der Gebäude pro Zone bzw. das Baualter ist eine kennzeichnende Grösse zur Abschätzung der typischen Energiekennzahl. Diese Erhebung kann teilweise mit den Datengrundlagen des kantonalen GIS oder mit Daten aus dem GWR durchgeführt werden. Alternativ dazu ist eine Abschätzung durch die kommunale Bauverwaltung möglich.
- Energiekennzahl: Die Energiekennzahl von Gebäuden kann anhand der Abbildung 2 – geordnet nach Baualtersklassen – bestimmt werden.
- Energiebezugsfläche (EBF): Die Energiebezugsfläche ist für Wohnbauten oft im GWR enthalten. Alternativ kann sie über die zonenspezifische Ausnutzungsziffer und das noch vorhandene Verdichtungspotenzial abgeschätzt werden.

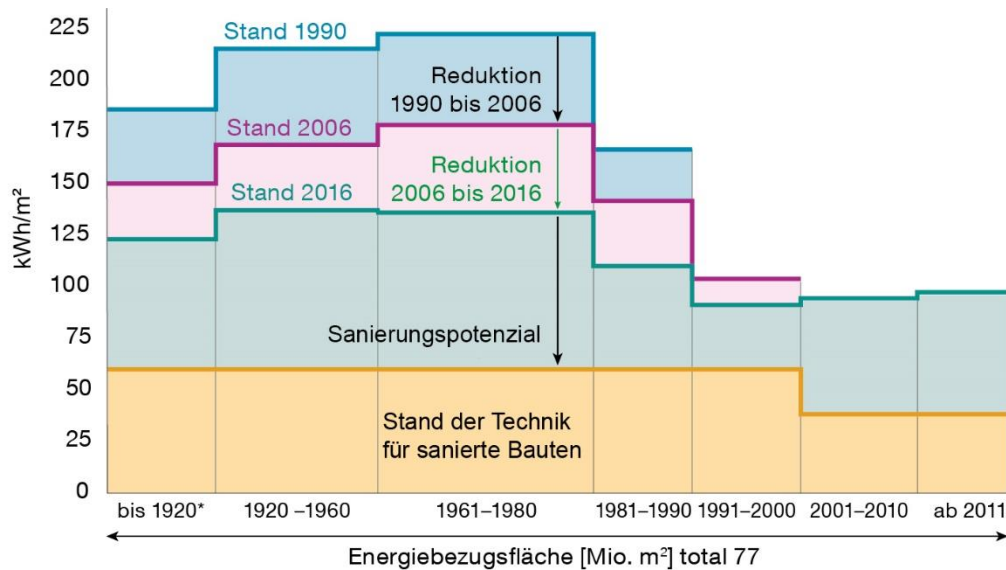


Abbildung 2: Spezifischer Endenergiebedarf (Energiekennzahl) der Gebäude in kWh/m² EBF*a, bezogen auf die Bauperioden; Kanton Zürich (2018)

Grundsätzlich beziehen sich die Energiekennzahlen auf Wohngebäude. Für Dienstleistungs- und Industriegebäuden liegen sie etwas zu hoch, da tendenziell weniger Energie für Raumwärme und Warmwasser gebraucht wird. Bei Bedarf kann der Energiebedarf für spezifische Gebäudetypen gemäss SIA 2024:2021 bestimmt werden.

3.2.3 Entwicklung der Energienachfrage

Abbildung 2 gibt Hinweise über mögliche zukünftige Entwicklungen der Energienachfrage im Gebäudebestand: Je nach Bauperiode und Sanierungsstandard kann der Endenergiebedarf bestehender Gebäude deutlich reduziert werden. In einer realistischen Energiebedarfsprognose sind jedoch weitere Faktoren zu berücksichtigen. Es empfiehlt sich, die Energieperspektiven des Bundes und des Standortkantons für die jeweilige Gemeinde umzurechnen. Bei Bedarf können auch gemeindespezifische Entwicklungsparameter für die Berechnung von Energieszenarien verwendet werden. Die folgenden Indikatoren sind dazu beizuziehen:

- Bevölkerungs- und Siedlungsentwicklung: Anteil an neuen Wohnbauten
- Arbeitsplatzentwicklung: Anteil an neuen Industrie- und Dienstleistungsbauten
- Energienachfrage: Baustandards für Neubauten; Sanierungsrate und energetische Massnahmen; Effizienzsteigerungen bei Energieerzeugungsanlagen
- Klimatische Einflüsse: Abnahme der Heizgradtage resp. Zunahme der Kühlgradtage

Ortsgebundene hochwertige Abwärme

| Energiequelle | Bezug von Informationen und Daten | Weiterführende Infos |
|---|---|---|
| Abwärme aus KVA und Industrie, mitteltiefe und tiefe Geothermie | – Angaben von Anlagenbetreibenden – Verwendung von Angaben der kantonalen Energieplanung | siehe Modul 7 «Grundsätze thermische Netze» www.geothermie-schweiz.ch |

Ortsgebundene niederwertige Abwärme und Umweltwärme

| Energiequelle | Bezug von Informationen und Daten | Weiterführende Infos |
|--|---|---|
| Abwärme aus Industrie, ARA und Abwasserkanälen | – Angaben von Anlagenbetreibenden – Verwendung von Angaben der kantonalen Energieplanung | siehe Modul 7 «Grundsätze thermische Netze» |

Ortsgebundene niederwertige Abwärme und Umweltwärme

| | | |
|---|---|--|
| Umweltwärme (Erdreich, Grundwasser, Trinkwasser, Oberflächenwasser) | <ul style="list-style-type: none">– Anzahl bewilligter Wärmepumpen im Kanton (mögliche Quelle: GIS-Browser); Angaben der zuständigen Ämter (anhand von Konzessionen)– Angaben Energieversorgungsunternehmen (EVU) über WP-Leistungen, -Tarife und/oder Stromverbrauch– Angaben von Kanton oder Gemeinde: Erdsondenkarte, Grundwasserwärmekonzessionen– Angaben allfälliger Geothermieprojektbetreibender | <ul style="list-style-type: none">– Kantonale GIS-Angebote– www.fws.ch– www.geothermie-schweiz.ch |
|---|---|--|

Regional verfügbare erneuerbare Energieträger

| Energiequelle | Bezug von Informationen und Daten | Weiterführende Infos |
|---------------|--|---|
| Holz | <p>Es bestehen zwei Optionen zur Ermittlung:</p> <ul style="list-style-type: none">– Angabe von Waldbewirtschaftern (Holzkooperation, IG Holz, Gemeindeförster) zur auf Gemeindegebiet verkauften Holzmenge– Berechnung der Nachfrage anhand der Daten der kommunalen Feuerungskontrolle: Multiplikation der installierten Leistung aller Holzfeuerungen mit einer Schätzung der jährlichen Volllaststunden (ca. 1500 h). In der Regel wird bei grösseren Feuerungen (> 350 kW) der Brennstoffverbrauch direkt für den Emissionskataster erfasst | <p>Energieinhalt von Holz: www.holzenergie.ch</p> |
| Biomasse | <ul style="list-style-type: none">– Angaben von Biogasanlagenbetreibern | <p>www.biomassesuisse.ch</p> |

Örtlich ungebundene Umweltwärme und erneuerbare Energieträger

| Energiequelle | Bezug von Informationen und Daten | Weiterführende Infos |
|---------------|--|--|
| Sonne | <ul style="list-style-type: none">– Angaben der Gemeinde zur Anzahl bewilligter Anlagen– Informationen aus kommunalen und kantonalen Förderprogrammen (neuere Anlagen)– Auszählen der Dachflächen im GIS bzw. Kartenmaterial der Gemeinde– Abschätzung der Anzahl Anlagen | <p>www.swissolar.ch www.sses.ch</p> |
| Umgebungsluft | <ul style="list-style-type: none">– Angaben EVU zu WP-Leistung, -Tarif und Stromverbrauch (Abgrenzung zu den anderen Umweltwärmenutzungen vornehmen) | |

Leitungsgebundene Energieträger

| Energiequelle | Bezug von Informationen und Daten | Weiterführende Infos |
|---------------|-----------------------------------|----------------------|
|---------------|-----------------------------------|----------------------|

Leitungsgebundene Energieträger

Fernwärme/Fernkälte – Verbrauchsdaten des Fernwärme-/Fernkältenetzbetreibers (regional oder kommunal), nach Möglichkeit unterteilt nach Prozessen, Raumwärme und Warmwasser

Gas – Verbrauchsdaten des Gasversorgungsunternehmens (regional oder kommunal), nach Möglichkeit unterteilt nach Prozessen, Raumwärme und Warmwasser

Elektrizitätseinsatz im Wärmebereich – Angaben EVU über Stromheizungstarife und Stromverkauf oder Verwendung des schweizerischen Durchschnittswerts (2022): 558 kWh/ Einwohner
– Elektrizität für Warmwasser: Daten aus GWR anhand Energiebezugsflächen und Energieträger abschätzen (Strom und Heizung) oder Verwendung des schweizerischen Durchschnittswerts (2022): 334 kWh/Einwohner

BFE (2023b): Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs nach Verwendungszweck

Örtlich ungebundene fossile Energieträger

Energiequelle Bezug von Informationen und Daten

Erdölbrennstoffe – **Option 1:** Berechnung der Nachfrage anhand der Daten der kommunalen Feuerungskontrolle. Multiplikation der installierten Leistung aller Ölfeuerungen mit einer Schätzung der jährlichen Volllaststunden (ca. 1'500 h für Heizung und Warmwasser). Anlagen für Industrie und Gewerbe weisen eher 1'750 Volllaststunden auf. In der Regel wird bei grösseren Feuerungen (> 350 kW) der Brennstoffverbrauch direkt erfasst. Der Verbrauch an Prozessenergie kann auch direkt bei Grossverbrauchern erhoben werden.

– **Option 2:** Gesamtwärmebedarf im Gebäudebereich abschätzen (Gesamtwärmebedarf abzüglich Fernwärme, Erdgas und erneuerbare Energien) und Angaben von industriellen Grossverbrauchern (Prozessenergie)

– **Option 3:** Ermittlung der Energienachfrage im Gebäudebereich anhand typischer altersabhängiger Energiekennzahlen (siehe Abbildung 2) und anschliessende Berechnung des Heizölverbrauchs (Gesamtwärmebedarf abzüglich Fernwärme, Erdgas und erneuerbare Energien). Der Verbrauch an Prozessenergie kann auch direkt bei Grossverbrauchern erhoben werden.

Tabelle 2: Erstellung Detailbilanz der wichtigsten Energieträger anhand verfügbarer Datenquellen.

3.2.4 Prozesswärme

Wärme wird in Gewerbe und Industrie häufig auch als Prozessenergie eingesetzt. Angaben zum Bedarf sind direkt bei den Industrie- und Dienstleistungsbetrieben zu erfragen. In Gemeinden mit Fernwärme- oder Gasversorgung hilft alternativ auch eine Anfrage an das Versorgungswerk weiter (Strom für Prozesswärme: analoge Anfrage bei Elektrizitätsversorgungsunternehmen). Fehlende Daten können mit Referenzwerten des Bundes ersetzt werden; dabei wird nach Arbeitsplatz und Branche unterschieden (BFE 2018a).

3.2.5 Treibhausgasbilanz – Emissionsfaktoren

Emissionsfaktoren bilden die Grundlage für die Berechnung der Treibhausgasemissionen. Die Entwicklung dieser Treibhausgasemissionsfaktoren, Primärenergiefaktoren und Umweltbelastungspunkte bewegen sich tendenziell nach unten, da Effizienzgewinne und die Verwendung von erneuerbaren Energien in Produktions- und Transportprozessen steigen. Wie schnell diese Entwicklung vor sich geht, hat einen entscheidenden Einfluss auf Zielerreichung von Netto-Null-Treibhausgasemissionen und den Bedarf an Negativemissionspotenzialen. Eine Abschätzung der Entwicklung ist jedoch nicht möglich. Für die Berechnung der Treibhausgasbilanz stehen zwei verschiedene Systeme zur Verfügung:

1. KBOB-Ökobilanzdaten: Die KBOB-Ökobilanzdaten (enthalten u.a. Treibhausgas-Emissionsfaktoren) wurden von der Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane des öffentlichen Bauwesens (KBOB) in der Schweiz entwickelt und sind auf nationale Daten und spezifische Bedingungen der Schweiz abgestimmt. So verwenden die MuKEen ebenfalls die KBOB-Ökobilanzdaten. Die KBOB-Ökobilanzdaten werden für verschiedene Instrumente, welche den Gemeinden zur Verfügung stehen, verwendet (Energie- und Klimakalkulator) (KBOB 2023).
2. GHG-Protokoll Treibhausgasfaktoren: Das GHG-Protokoll ist ein international verwendeter Standard. Damit ermöglicht es eine umfassende, standardisierte Emissionsberechnung über verschiedene Stufen der Wertschöpfungskette hinweg. Das Klima- und Innovationsgesetz verwendet das GHG-Protokoll für die Berechnung der Treibhausgasemissionen (BAFU 2024).

Beide Emissionsfaktorendatenbanken werden regelmässig aktualisiert. Die Bilanzierung sollte immer nach demselben System erfolgen, um die Vergleichbarkeit der Daten über die Jahre zu gewährleisten, da sich die Emissionsfaktoren der beiden Systeme unterscheiden können.

3.2.6 Entwicklung der Wärme- und Kältenachfrage

Aufgrund mehrerer Faktoren nimmt die Wärmenachfrage in Zukunft ab, die Kältenachfrage wird jedoch steigen. Die Gründe für die Abnahme der Wärmenachfrage sind Gebäudesanierungen und die milderen Winter. Eine Empa-Studie geht von einem Rückgang der Heizgradtage von heute 3'300 auf maximal 2'500 Heizgradtage aus (R. Mutschler et al., 2021). Der Faktor für die Zunahme der Kältenachfrage sind primär die zunehmenden Hitzeperioden im Sommer. Dabei geht die Empa (vgl. oben) von einer Zunahme von heute 200 Kühlgradtagen auf maximal 400 Kühlgradtage aus. Beide Abschätzungen gehen vom extremsten Klimaszenario RCP 8.5 (BFE 2023b) aus. Die Kältenachfrage bleibt aber auch zukünftig deutlich unter der Wärmenachfrage.

Um zu gewährleisten, dass die thermischen Netze auch in Zukunft ökonomisch tragbar sind, sollte das Netz auf die zukünftige Wärme-/Kältenachfrage ausgelegt werden. Dazu sind die obigen Angaben bei der Abschätzung zu berücksichtigen.

Glossar

Primärenergie: Unter Primärenergie versteht man die Energie in ihrer natürlichen Form, bevor sie in nutzbare Energie umgewandelt wird (z. B. Brennwert von Kohle). Im Primärenergieverbrauch werden eventuelle Umwandlungs- oder Übertragungsverluste der vom Verbrauchenden nutzbaren Energiemenge eingerechnet.

Endenergie: Energie, die dem Verbraucher direkt zugeführt wird. Der Begriff Endenergie umfasst die kommerziell gehandelten Energieträger wie Heizöl, Erdgas, Strom, Benzin, Diesel, Holzbrennstoffe oder Fernwärme.

3.3 Quellen

- Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (2018): Energie in Wohnbauten 2018. Kanton Zürich. Zürich, Schweiz.
- Bundesamt für Energie (BFE) (2018a): Energieverbrauch in der Industrie und im Dienstleistungssektor. Bern, Schweiz.
- Bundesamt für Energie (BFE) (2022): Energieverbrauch der Privaten Haushalte 2000–2021 Ex-PostAnalyse. Bern, Schweiz
- Bundesamt für Energie (BFE) (2023b): Gesamtenergiestatistik 2022. Verfügbar unter: <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/gesamtenergiestatistik.html/> (Zugriff am [17.03.2024]).
- Bundesamt für Statistik (BFS): Eidg. Gebäude- und Wohnungsregister (GWR). Verfügbar unter: Gebäude- und Wohnungsregister (Zugriff am [17.07.2024]).
- Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2024): Latest greenhouse gas inventory of Switzerland.
- <https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/topics/climate/state/data/climate-reporting/ghg-inventories/latest.html> (Zugriff am [17.10.2024])
- Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB (2023): Ökobilanzdaten im Baubereich. Verfügbar unter: https://www.kbob.admin.ch/kbob/de/home/themenleistungen/nachhaltiges-bauen/oekobilanzdaten_baubereich.html (Zugriff am [17.07.2024]).
- SIA (2021): Raumnutzungsdaten für die Energie 2024:2021. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein. Zürich, Schweiz.

Modul 4: Energiepotenziale

Abwärme und erneuerbare Energien

Modul 4 in Kürze

Verfügbare Energiequellen

Verschiedene erneuerbare Energieträger und Abwärmequellen können für die energetische Nutzung in einer Gemeinde infrage kommen.

Für die Analyse der ökologischen Potenziale – in Bezug auf die Wärme- und Kältenutzung und die Stromproduktion – werden sowohl die genutzten als auch die ungenutzten erneuerbaren Energieträger und Abwärmequellen erhoben.

Lokale Voraussetzungen

Mit der räumlichen Energieplanung und den vorgeschlagenen Planungsprioritäten werden die lokalen Voraussetzungen für die sinnvolle Nutzung der ökologischen Potenziale auf dem Gemeindegebiet geschaffen.

Weiterführende Informationen und Links

– Separates Beiblatt zu den Modulen 1 bis 10

4.1 Potenziale für die Wärmenutzung

Zur Abschätzung der Energiepotenziale auf dem Gemeindegebiet ist das Erfassen des Angebots lokaler erneuerbarer Energieträger und Abwärmequellen notwendig.

Entsprechend den Planungsprioritäten für die Energieversorgung (siehe Modul 2 «Vorgehen») umfasst das Spektrum der möglichen Ressourcen folgende Quellen:

- Ortsgebundene hochwertige Abwärme und Umweltwärme
- Ortsgebundene niederwertige Abwärme und Umweltwärme
- Regional verfügbare erneuerbare Energieträger
- Nutzung örtlich ungebundener Umweltwärme
- Regional verfügbare erneuerbare Energieträger (knappe Ressourcen)

4.1.1 Nutzung erneuerbarer Energien

Die Energiequellen sind hinsichtlich des ökologischen Potenzials und der technischen Nutzungsvoraussetzungen zu überprüfen. Bei Kehrlichtverwertungsanlagen (KVA) und anderen ortsgebundenen Quellen ist beispielsweise darauf zu achten, ob sich im nahen Umfeld genügend Wärmeabnehmer befinden. Für die Nutzung von Wärme aus Abwasserkanälen ist hingegen zu beachten, dass die Abschätzung des Energieangebots auf maximal mögliche Abkühlung des Abwassers und Schwankungen der Abwassermengen im Tagesverlauf Rücksicht nimmt.

Die Kältenutzung gewinnt an Bedeutung. Einige erneuerbare Energiequellen (wie Grundwasser, Oberflächengewässer, Erdwärme) eignen sich unter Umständen nicht nur für den Wärmebezug, sondern auch für eine effiziente, direkte Rückkühlung.

Bezüglich den Potenzialabschätzungen sind folgende Begriffe zu unterscheiden (Abbildung 1):

- Das theoretische Potenzial basiert auf den physikalischen Möglichkeiten zur Nutzung erneuerbarer Ressourcen; z. B. Intensität der Sonneneinstrahlung.
- Das technische Potenzial umschreibt, welcher Anteil des theoretischen Potenzials tatsächlich genutzt werden kann; z. B. Wirkungsgrad von Sonnenkollektoren.
- Das ökologische Potenzial bezeichnet die mit verfügbaren Technologien nachhaltig nutzbaren erneuerbaren Ressourcen; z. B. Sonnenkollektoren auf überbauten Flächen.
- Das wirtschaftliche Potenzial bezeichnet die wirtschaftlich tragbare Realisierung zur Nutzung des Potenzials; z. B. rentabler Bau von Sonnenkollektoren.

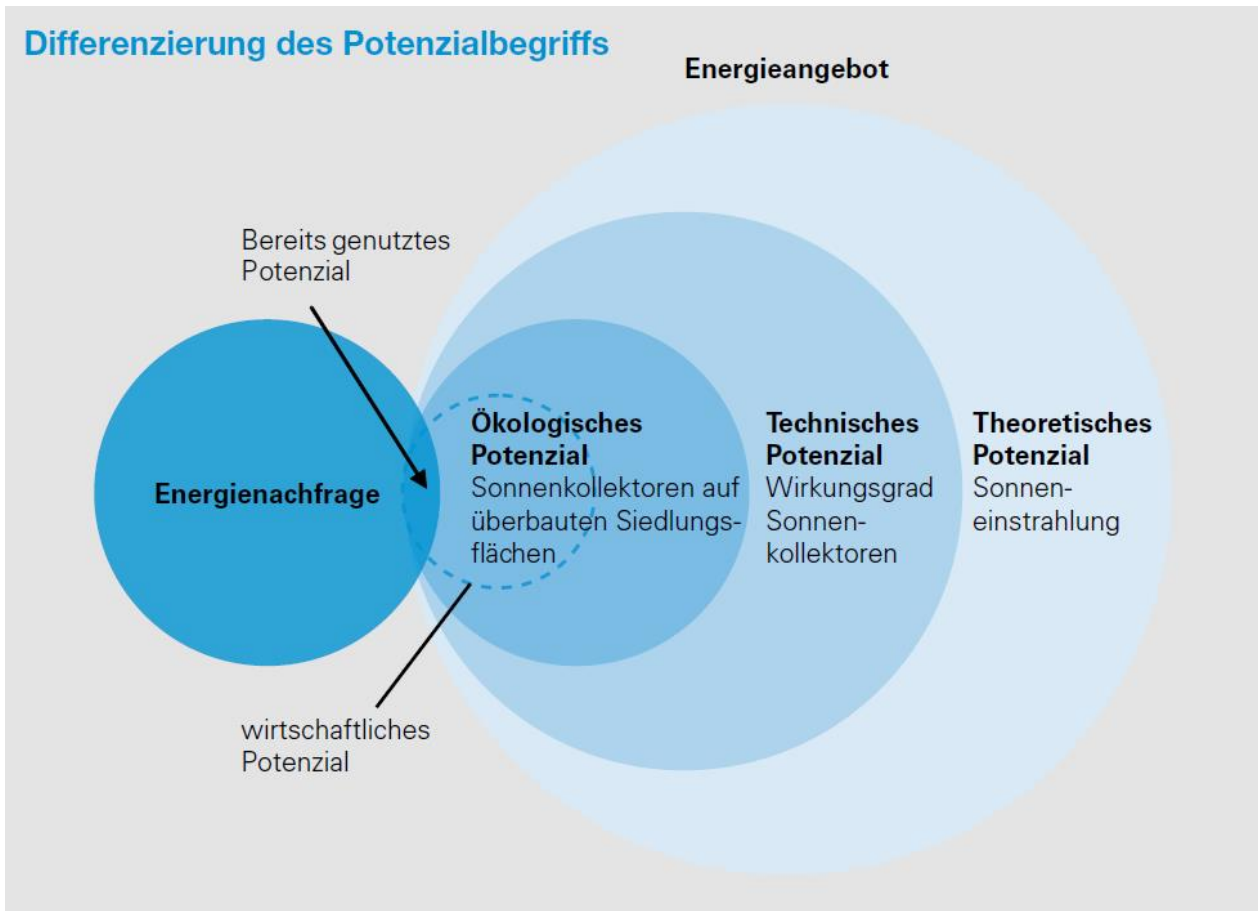


Abbildung 6: Die Unterschiede zwischen theoretischem, technischem, ökologischem und wirtschaftlichem Potenzial am Beispiel der Sonnenenergie.

Best-Practice-Beispiel: Effiziente Grundlagenerarbeitung für kleine Gemeinden

Region Zürichsee-Linth (SG)

Der Verein Region Zürichsee-Linth hat in enger Zusammenarbeit mit seinen Gemeinden und den regionalen Wärmeversorgern eine umfassende Wärmeplanung entwickelt. Durch die koordinierte regionale Herangehensweise ist es dem Verein gelungen, eine effiziente und tragfähige Grundlage für weiterführende Aktivitäten in sämtlichen Gemeinden zu schaffen. Dieses Vorgehen zeigt, wie durch gemeinsame Anstrengungen und eine übergreifende Planung Synergien genutzt und Ressourcen optimal eingesetzt werden können (EBP 2024a).

4.1.2 Erhebungsmethode

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die potenziellen Energieträger, ergänzt mit Informationen, aus welchen Grundlagen die ökologischen Potenziale erhoben bzw. abgeleitet werden können. Aufgeführt sind daher die wesentlichen Kenn- und Erfahrungswerte. Und weiter wird erwähnt, wo die relevanten Informationen über die Energiequellen und die verschiedenen Arten der Wärme- und Kälteerzeugung jeweils erfragt werden können.



Ortsgebundene hochwertige Abwärme und Umweltwärme

| Ressourcen | Bezug von Informationen zum ökologischen Potenzial | Nutzungsmöglichkeiten |
|---|---|---|
| Abwärme Kehrichtverwertungsanlage | <ul style="list-style-type: none"> – KVA- und Wärmenetzbetreiber (bei Abwärmenutzung) – Abfallstatistik des Bundes <p>Zukünftige Abfallentwicklung (KVA-Planung, Bevölkerungsentwicklung, Bewirtschaftung des Abfalls, saisonale Lagerung von Abfall, Kreislaufwirtschaft)</p> <p>Bemerkungen</p> <ul style="list-style-type: none"> – Nutzung von Strom und Wärme oder Wärmedirektnutzung möglich (WKK mit Abfall) – Eigenbedarf an Wärme und Strom berücksichtigen (insbesondere unter Beachtung der kommenden Verpflichtung zu Carbon-Capture-and-Storage (CCS)) | <p>Wärme und Kälte:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Thermisches Netz erforderlich und möglich, sofern genügend Energienachfragedichte vorhanden (vgl. Modul 7) <p>Wärme:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Ganzjährige Wärmenachfrage bzw. Prozesswärme- oder Grossbezüger sind interessant <p>Kälte:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Kälteproduktion in Absorptionskältemaschinen möglich; relativ schlechter Wirkungsgrad |
| Industrielle Abwärme | <ul style="list-style-type: none"> – Grössere Gewerbe- und Industriebetriebe aus der produzierenden Branche – Carbon-Capture-Anlagen <p>Bemerkung</p> <ul style="list-style-type: none"> – Eigenbedarf berücksichtigen (insbesondere bei evtl. zukünftigem CCS) | <p>Wärme und Kälte:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Thermisches Netz erforderlich und möglich, sofern genügend Energienachfragedichte vorhanden <p>Kälte:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Kälteproduktion in Absorptionskältemaschinen möglich; relativ schlechter Wirkungsgrad |
| Mitteltiefe und tiefe Geothermie (ab 500 m) | <ul style="list-style-type: none"> – Geologische Verhältnisse abklären <p>Bemerkung</p> <ul style="list-style-type: none"> – Nutzung von Strom und Wärme oder Wärmedirektnutzung möglich | <p>Wärme und Kälte:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Thermisches Netz erforderlich und möglich, sofern genügend Energienachfragedichte vorhanden – Wärmenetz bei kombinierter Strom- und Wärmeproduktion erforderlich <p>Kälte:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Kälteproduktion in Absorptionskältemaschinen möglich; relativ schlechter Wirkungsgrad |



Ortsgebundene niederwertige Abwärme und Umweltwärme

| Ressourcen | Bezug von Informationen zum ökologischen Potenzial | Nutzungsmöglichkeiten |
|--|---|--|
| Betriebliche Abwärmequellen³ <ul style="list-style-type: none">– Industriebetriebe– Energieumwandlung– Kälteproduktion | <ul style="list-style-type: none">– Grössere produzierende Betriebe– Trafostationen oder andere Energieumwandlungsanlagen (Gemeinde, Energieversorgungsunternehmen (EVU))– Rechenzentren– Carbon-Capture-Anlagen <p>Bemerkung:</p> <ul style="list-style-type: none">– Eigenbedarf berücksichtigen | <p>Wärme und Kälte:</p> <ul style="list-style-type: none">– Thermisches Netz erforderlich und möglich, sofern genügend Energienachfragedichte vorhanden <p>Kälte:</p> <ul style="list-style-type: none">– Niedertemperaturnetze sind für Kälteproduktion interessant (Aufbereitung mit Wärmepumpen⁴) (vgl. Modul 7) |
| Abwärme aus gereinigtem Abwasser (ARA) | <ul style="list-style-type: none">– ARA-Betreibende (Temperaturkurve; Trockenwetterabfluss)– Abschätzung Kenngrössen vgl. Abwärme aus Abwasserkanälen <p>Bemerkung</p> <ul style="list-style-type: none">– Eigenbedarf berücksichtigen | |
| Abwärme aus Abwasserkanälen | <ul style="list-style-type: none">– Gemeinde/ARA: Informationen über den durchschnittlichen mittleren Trockenwetterabfluss, mittlere Temperatur und Durchmesser der Kanäle– Abschätzung mit folgenden Kenngrössen:<ul style="list-style-type: none">– Durchschnittlicher mittlerer Trockenwetterabfluss mindestens 10 l/s– Durchschnittliche Temperatur von über 10 °C nach der Wärmenutzung nötig, sofern keine Wiedererwärmung bis ARA○ max. Entzugsleistung (kW) = Tagesmittelwert Trockenwetterabfluss (m³/h) x spezifische Wärmekapazität Wasser c_p (kWh/m³ K) x Abkühlung dT (K) <p>Bemerkungen</p> <ul style="list-style-type: none">– Genügend lange und grosse (Minstdurchmesser 80 cm) Kanalabschnitte müssen vorhanden sein (Alternative Bypass-Leitung)– Benötigte Mindesttemperatur und Reserve bei ARA überprüfen– Sanierungszeitpunkt der Kanäle berücksichtigen | <p>Wärme und Kälte:</p> <ul style="list-style-type: none">– Thermisches Netz erforderlich und möglich, sofern genügend Energienachfragedichte vorhanden <p>Kälte:</p> <ul style="list-style-type: none">– Kälteverteilung über Niedertemperaturnetze möglich (Aufbereitung mit Wärmepumpen) |
| Wärmenutzung aus Gewässern <ul style="list-style-type: none">– Grundwasser– Seewasser | <ul style="list-style-type: none">– Kantonale Wärmenutzungskarten (GIS-/Geoportale: Grundwasser/Erdbwärme, Gewässerschutzkarten) | <p>Wärme und Kälte:</p> <ul style="list-style-type: none">– Thermisches Netz möglich, sofern genügend Energienachfragedichte vorhanden |

³ Weitere Informationen finden sich in folgender Quelle: Energie Schweiz 2023: Abwärmenutzung von Rechenzentren – Potenzialstudie und Empfehlungen für Betreiber und Gemeinden. *eicher + pauli*.

⁴ Weitere Informationen zu Wärmepumpen finden sich in BFE (2018b)



Ortsgebundene niederwertige Abwärme und Umweltwärme

- Fließgewässer
- Trinkwasser (Reservoir oder Quellüberlauf)
- Abschätzung des Potenzials aufgrund gemeindespezifischer Gegebenheiten (z. T. Kenntnisse bei Brunnenmeister):
 - See
 - Fließgewässer
 - Kanäle
 - Grundwasservorkommen
 - Trinkwasserreservoir
 - Quell- und Grundwasserfassungen
- Kälte:
 - Dezentrale Anlagen für Einzelobjekte: direkte Kältenutzung unter Beachtung des Wärmeeintrags in die Gewässer möglich

Bemerkung

- Einzelne Kantone fordern eine minimale Kälteleistung zur Erteilung einer Konzession.

Untiefe Geothermie (50 m bis 500 m)

- Kantonale Erdwärmekarten (GIS-/Geoportale)
- Strombedarf für Wärmepumpen vom Temperaturhub abhängig (COP: 4 bis 5)
- Wärme und Kälte:
 - Dezentrale Anlagen für Einzelobjekte
 - Nutzung als Saisonspeicher möglich (Regeneration der Sonden im Sommer via Kühlung oder Solarwärme)
- Bemerkungen
 - Für eine nachhaltige Nutzung sollten die Sonden ab einer Wärmebedarfsdichte von ca. 150 MWh/ha*a regeneriert werden.
 - Berücksichtigung Grundwasser- und Gewässerschutzzonen
- Wärme:
 - Sondenfelder können auch als Saisonspeicher in thermische Netze eingebunden werden
- Kälte:
 - Direkte Kältenutzung möglich

Spezialfälle

- Abluft Tunnel
 - Entwässerung Tunnel
 - Spezifische Gegebenheiten im Gemeindegebiet abklären
 - Wirtschaftlichkeit abklären
 - Wärme und Kälte:
 - Thermisches Netz möglich Gebiete mit mittlerer bis hoher Energienachfragedichte nötig
 - Kälte:
 - Kälteproduktion bedingt möglich
-



Regional verfügbare erneuerbare Energieträger

| Ressourcen | Bezug von Informationen zum ökologischen Potenzial | Nutzungsmöglichkeiten |
|--|---|--|
| Biomasse (ohne Holz), Vergärung | Gewerbliche Biogasanlagen >10'000 t Grüngut pro Jahr <ul style="list-style-type: none">– Betreiber Grüngutsammlung– Organische Abfälle aus Lebensmittelindustrie sowie Gastronomie– Abfallstatistik des Bundes– Pro Tonne organische Abfälle: 100 m³ Biogas (WKK: 200 kWh_{el} resp. 200 kWh_{th}) Landwirtschaftliche Biogasanlagen: Nutzung in grösseren Anlagen (regional): geeignet ab 80 bis 100 Grossvieheinheiten (GVE) bzw. 3'000 – 4'000 t Gülle und Mist: <ul style="list-style-type: none">– Kantonale Statistiken für Tierbestand in Gemeinden– Umrechnung des Tierbestandes in GVE gemäss «Verordnung über landwirtschaftliche Begriffe und die Anerkennung von Betriebsformen», Anhang (Art. 27)– Pro GVE entstehen rund 1,5 m³ Biogas pro Tag | Wärme- und Strom- oder Treibstoffproduktion (Biogas) <ul style="list-style-type: none">– Thermisches Netz möglich, sofern genügend Energienachfragedichte vorhanden (mittlere bis hohe Energienachfrage nötig)– Abwärme WKK– Alternativ Einspeisung von Biogas ins Gasnetz |



Nutzung örtlich ungebundener Umweltwärme

| Ressourcen | Bezug von Informationen zum ökologischen Potenzial | Nutzungsmöglichkeiten |
|---------------------------------------|---|--|
| Sonnenenergie | <ul style="list-style-type: none"> – In der Regel basiert die Potenzialabschätzung im Wärmebereich auf der nutzbaren Dachfläche (www.sonnendach.ch) oder Fassadenfläche (www.sonnenfassade.ch) und dem lokalen Wärmebedarf – Der solare Deckungsgrad sowie die Jahreserträge im Mittelland und im Alpenraum sind im Modul 5 eingehend beschrieben. <p>Bemerkung</p> <ul style="list-style-type: none"> – Dachflächen, die nicht für die Wärmenutzung benutzt werden, können zur Stromproduktion verwendet werden (etwa Turnhallen, Mehrzweckhallen, Scheunendächer) | <p>Wärme:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Dezentrale Anlagen in Einzelobjekten zur Warmwassererwärmung mit oder ohne Heizungsunterstützung – Einbindung in thermische Netze für Sommerbetrieb interessant – Überschusswärme für Regeneration von Erdsonden nutzbar |
| Wärmenutzung aus Umgebungsluft | <ul style="list-style-type: none"> – Top-Down-Ansatz zur Deckung des Wärmebedarfs <p>Bemerkungen</p> <ul style="list-style-type: none"> – Nutzung von Erdwärme sowie Wärme aus Gewässern sind der Nutzung der Umgebungsluft vorzuziehen (bessere COP) – Die Nutzung in energetisch sanierten oder neu erstellten Bauten ist der Nutzung in schlecht gedämmten Altbauten vorzuziehen (bessere COP) – Lärmschutzthematik ist zu berücksichtigen (z. B. Mehrfamilienhäuser) | <p>Wärme und Kälte:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Dezentrale Anlagen, primär in Einzelobjekten |



Regional verfügbare erneuerbare Energieträger

| Ressourcen | Bezug von Informationen zum ökologischen Potenzial | Nutzungsmöglichkeiten |
|-------------|---|--|
| Holz | <p>Restholz und Altholz</p> <ul style="list-style-type: none"> – Holzverarbeitende Betriebe – Restholz aus Wald und Landwirtschaft – Regionale Sammelstellen für Altholz <p>Energieholz und Landschaftsholz</p> <ul style="list-style-type: none"> – Lokale und regionale Holzkooperationen – Kantonale Studien und Planungen – www.map.geo.admin.ch > verholzte Biomasse – GIS: Waldfläche der Gemeinde <p>Bemerkung: Holz ist gut lagerbar. Das freie Potenzial an Holz ist schweizweit knapp. Holz sollte deshalb für neue Anlagen nicht mehr für Raumwärme eingesetzt werden (vgl. Kasten).</p> | <p>Wärme:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Heizwerk oder Heizkraftwerk (mit Stromerzeugung) mit thermischen Netzen bei vorhandener hoher Energienachfragedichte (bei fehlenden Alternativen und gesicherter Verfügbarkeit) – Bei fehlenden Alternativen geeignet für einen Gebäudebestand, der hohe Vorlauftemperaturen erfordert. |

Tabelle 4: Potenziale für die Wärmenutzung

Energieholzpotenzial Schweiz

Zum Energieholzpotenzial gehören folgende Kategorien: Waldholz, Restholz, Landschaftsholz, Altholz. Diese werden in den Sortimenten Stückholz, Schnitzel und Pellets angeboten.

Das Energieholzpotenzial in der Schweiz ist bereits zu 7/8 genutzt und die Tendenz ist steigend. Das Potenzial von Energieholz ist somit knapp. Die Reserven stehen regional unterschiedlich zur Verfügung. Daher wird den Investierenden von grösseren Anlagen mit Energieholz empfohlen, ihre benötigte Energieholzmenge vorgängig zu sichern (BAFU 2023).

Der Einsatz der Kategorien nach Sortimenten wird wie folgt empfohlen:

| | Stückholz | Schnitzel | Pellets |
|--|-----------------------------|---|--|
| Stückholz-Öfen | Waldholz Landschaftsholz | | |
| Stückholz-Kessel | Waldholz Landschaftsholz | | |
| Automatische Feuerungen < 300 kW | | Waldholz Restholz | Restholz Importe (Waldholz) |
| Automatische Feuerungen 300 kW – 1'000 kW | | Waldholz Landschaftsholz Restholz Neue Biomasse (Altholz) | Restholz Neue Biomasse Importe (Waldholz) |
| Automatische Feuerungen 1'000 – 10'000 kW | | Waldholz Landschaftsholz Restholz Altholz Neue Biomasse | (Waldholz) |
| Automatische Feuerungen > 10'000 kW | | (Restholz) (Altholz) (Neue Biomasse) | |

Tabelle 3: Eignung der Holz kategorien nach Sortiment und Anlagengrösse (Quelle: Energieholz-Versorgung Grundlagen und Strategie, Energieholz Schweiz 2022)In Klammern ist die Verwendung in zweiter Priorität aufgeführt, die dritte Priorität wurde zugunsten der Lesbarkeit weggelassen.

Unabhängig von obiger Zuteilung sollte Holz in erster Linie stofflich verwendet werden. Neue Heiz-Anlagen für Komfortwärme sollten, wenn immer möglich, auf die Verwendung von Holz verzichten.

In bestehenden thermischen Netzen ist zu prüfen, inwiefern alternative Energiequellen Holz ersetzen können.

4.2 Potenziale zur Stromproduktion

Die Potenzialanalyse für die räumliche Energieplanung kann die Produktion von Strom aus erneuerbaren Quellen auf dem Gemeindegebiet miteinschliessen. Grundsätzlich sind folgende Quellen für die Stromproduktion geeignet:

4.2.1 Abwärme aus Kehrrechtverwertung

Kehrrechtverwertungsanlagen (KVA) liefern hochwertige Abwärme, die für die Stromerzeugung nutzbar ist; die Restwärme wird in ein thermisches Netz eingespeist. Eigenbedarf an Wärme und Strom ist zu berücksichtigen (insbesondere bei Beachtung der kommenden Verpflichtung zu CCS).

4.2.2 Klärgas aus Abwasserreinigung

Optimalerweise nutzen die Abwasserreinigungsanlagen (ARA) das Klärgas in der Regel für den Betrieb eigener Wärmekraftkopplungsanlagen (WKK), um einen Teil des Stromeigenbedarfs zu decken und geben die Abwärme an einen Wärmeverbund ab. Falls keine der beiden Möglichkeiten für die weitere Nutzung des Klärgases umgesetzt wird, sollte die Einspeisung ins Gasnetz geprüft werden. Das Einspeisen von Klärgas ins Erdgasnetz ist bei mittleren und grossen Anlagen möglich.

4.2.3 Sonnenenergie

Dachflächen und Fassaden mit entsprechender Neigung und Exposition können für die Wärme- oder Elektrizitätsproduktion genutzt werden. Das Potenzial zur Stromproduktion ist primär durch die vorhandenen Flächen begrenzt und beträgt 67 TWh/a (www.sonnendach.ch).

Grundsätzlich kann mit einem jährlichen Stromertrag pro Solarzellenmodul zwischen 150 und 230 kWh/m² gerechnet werden (BFE 2023d). Genauere Aussagen zum Potenzial für die Photovoltaikanwendung in einer Gemeinde können für Dächer und Fassaden pro Gebäude oder pro Gemeinde unter: www.sonnendach.ch, www.sonnenfassade.ch abgefragt werden.

4.2.4 Wind

Die Nutzung von Windenergie ergänzt die Sonnenenergie ideal, da Windenergie zu 2/3 im Winter anfällt und auch in der Nacht verfügbar ist, wenn die Sonnenenergie knapp ist. In der Schweiz sollen bis ins Jahr 2050 über 4 TWh/a mit Wind erzeugt werden. Das Gesamtpotenzial beläuft sich auf 29.5 TWh/a (BFE 2023).

Das lokale Potenzial ist, basierend auf der Windpotenzialkarte von Bund und Kanton, im Einzelfall anhand folgender Kriterien abzuklären: minimale durchschnittliche Windstärke von 4,5 m/s; genügende Distanz zum Siedlungsgebiet unter Beachtung der Lärmschutzverordnung und Landschaftsschutz (regionale Eignungskarten: www.windatlas.ch). Zusätzlich gelten nationale Einschränkungen, die unter map.geo.admin.ch im Bereich "Wind: Bundesinteresse" eingesehen werden können. Gemäss dem Bundesgesetz über eine sichere Stromversorgung mit erneuerbaren Energien (Art. 10 Abs. 1-1^{ter}) sind die Kantone verpflichtet, in ihrem Richtplan Wind und Wasserkraft geeignete Gebiete im Richtplan festzulegen. In den meisten Kantonen sind im Richtplan bereits Gebiete oder Kriterien zur Windstromproduktion ausgeschieden.

4.2.5 Wasserkraft

Für eine Wasserkraftnutzung fallen Fliessgewässer und die Trinkwasserversorgung in Betracht. Letztere ist unter Ausnutzung des Gefälles machbar, aber für jeden Einzelfall abzuklären. Eine nähere Abklärung lohnt sich, wenn eine Quelle mindestens 500 l/min ausschüttet und die Höhendifferenz mindestens 50 m beträgt (EnergieSchweiz 2003). Ausserdem sind für bestehende Wasserkraftanlagen mögliche Erweiterungen bzw. bei Neuanlagen nicht mehr genutzte Wasserrechte oder -konzessionen zu betrachten. Dies unter Berücksichtigung, dass das ökologische Potenzial bis auf wenige Ausnahmen ausgeschöpft ist.

Der Bund stellt auf maps.admin.ch Daten zum Potenzial von Wasserkraftwerken zur Verfügung. Weiter verfügen gewisse Kantone über eine Potenzialbetrachtung der Gewässer (z. B. Kt. Bern, Kt. Zürich) und publizieren diese in Studien und/oder im Geoportale.

4.2.6 Geothermie

Die Nutzung der tiefen Geothermie zur Erzeugung von Elektrizität ist grundsätzlich möglich. In der Schweiz werden immer wieder Erkundungen durchgeführt. Erfolgreiche Projekte liegen noch keine vor.

4.2.7 Biomasse und Holz

Effiziente Technologie zur Nutzung von erneuerbaren Brennstoffen für die Stromerzeugung bei vollständiger Abwärmenutzung sind die Wärmekraftkopplungs-Anlagen (siehe Modul 5 «Wärmeerzeugung»). Solche Anlagen besitzen einen hohen Wirkungsgrad, sofern auch die Wärme vollständig genutzt werden kann. WKK-Anlagen sind daher wärmegeführt zu betreiben und in unmittelbarer oder naher Umgebung sollten genügend Wärmeabnehmer vorhanden sein. Werden sie fossilfrei betrieben, dann sind sie ein wichtiges Element der Sektorkopplung.

WKK-Anlagen mit Biomasse und Holz setzen eine Anlagegrösse im Megawattbereich voraus; die Wärme ist für die Versorgung in einem Wärmeverbund abzugeben. Die Anlage sollte wärmegeführt betrieben werden. Als Richtwerte für die Anteile erzeugter Energie gelten bei Strom: 25 % bis 40 %, und bei Wärme: 50 % bis 65 %. Dabei werden nur Anlagen nach Energieförderungsverordnung genehmigt (EnFV 730.03).

Energienetz der Zukunft

Mit zunehmender Stromproduktion aus Quellen mit schwankendem Angebot, beispielsweise Sonnen- oder Windenergie, steigen die Anforderungen an die Regelung der Stromversorgung. Mit der Wasserkraft besitzt die Schweiz ein grosses Mass an Regelenergie (Speicherkraftwerke). Mit neuen Technologien lässt sich das Zusammenspiel von schwankendem Angebot und Steuerung der Nachfrage verbessern, auch auf kommunaler Ebene.

- Der Eigenverbrauch (in Gemeinschaften oder Quartieren) von Strom aus dezentraler Erzeugung entlastet das Stromnetz und erhöht die Wirtschaftlichkeit von Anlagen.
- Mit Smart Grids als Stromnetze der Zukunft lassen sich dezentrale Energieproduktion, schwankende Nachfrage und dezentrale Speicherung, beispielsweise mit den Batterien von Elektrofahrzeugen, optimal und energieeffizient koordinieren. In einem Smart Grid kann die Stromnachfrage teilweise dem Angebot angepasst werden.
- Eine Überproduktion von erneuerbarem Strom kann künftig evtl. zur Produktion von synthetischem Gas genutzt werden, das erneuerbare Gas kann dann gespeichert werden (Power-to-Gas-Technologie vgl. Modul 6)

Effizienzpotenziale

Neben der Nutzung von regionalen Potenzialen für die Wärme-, Kälte- und Stromerzeugung aus Abwärme und erneuerbaren Energien sind auch die Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz zu beachten. Diese ermöglichen zum einen eine Senkung der Treibhausgasemissionen und zum anderen eine Reduktion der Energiekosten.

Wärme: Im Bereich der Gebäude sieht der Bund eine Senkung des Energiebedarfes von etwa 90 TWh im Jahr 2023 auf rund 65 TWh im Jahr 2050 vor (BFE 2023e). Der Bund setzt im Rahmen der Energiestrategie 2050 verschiedene Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz um. Im Bereich Wärme ist dies die Förderung von energetischen Sanierungen von Gebäuden über das Gebäudeprogramm und steuerliche Anreize (BFE 2020). Für die Verbesserung der Energieeffizienz im Wärmebereich gibt es noch weitere Handlungsmöglichkeiten wie den Einsatz smarter Heizsysteme oder die optimale Einstellung der Heizungstemperatur (EnergieSchweiz 2024d).

Strom: Im Strombereich sind die Umrüstung auf effiziente Geräte (Beachtung der Energieetikette) oder die vollständige Umstellung der Beleuchtung auf effiziente Leuchtmittel (LED) wichtige Handlungsmöglichkeiten. Zusätzlich können intelligente Stromzähler und Energiemanagementsysteme eingesetzt werden, um den Stromverbrauch zu optimieren und weitere Einsparpotenziale zu identifizieren.

Kälte: Durch die steigenden Temperaturen aufgrund des Klimawandels wird die Kälteeffizienz in der Zukunft an Bedeutung gewinnen. Um in der Zukunft möglichst kühle Wohnungen ohne Kälteanlagen zu ermöglichen, ist die Bauweise des Gebäudes bedeutend (klimaresilientes Bauen). So spielen unter anderem die Grösse, Lage und Ausrichtung von Fenstern eine zentrale Rolle (Hochschule Luzern 2021). Daneben wird aber auch die aktive Kühlung wichtiger werden. Um effiziente Systeme oder sogar Fernkühlsysteme via thermische Netze rechtzeitig zur Verfügung stellen zu können, sind diese bereits heute mitzudenken.

4.3 Quellen

- Bundesamt für Energie (BFE) (2018b): Handbuch Wärmepumpen: Planung, Optimierung, Betrieb, Wartung. Bundesamt für Energie, <http://faktor.ch/faktor-buecher/waermepumpen-planung-optimierung-betrieb-wartung.html>
- Bundesamt für Energie (BFE) (2020): Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz. Verfügbar unter: <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/politik/energiestrategie-2050/erstes-massnahmenpaket/massnahmen-zur-steigerung-der-energieeffizienz.html> (Zugriff am [25.07.2024]).
- Bundesamt für Energie (BFE) (2023a). Wärmestrategie 2050. Bern, Schweiz. Verfügbar unter: <https://www.newsd.admin.ch/newsd/message/attachments/74920.pdf> (Zugriff am [17.07.2024]).
- Bundesamt für Energie (BFE) (2023d): Energieperspektiven 2050+. Verfügbar unter: <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/politik/energieperspektiven-2050-plus.html>. (Zugriff am [17.07.2024]).
- Bundesamt für Energie (BFE) (2023e): Gebäude Verfügbar unter: <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/effizienz/gebaeude.html> (Zugriff am [25.07.2024]).
- Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2023): Holzenergie. Verfügbar unter: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wald/fachinformationen/holzverwendung/holzenergie.html> (Zugriff am [17.07.2024]).
- EBP (2024a): Empfehlungen für Energieplanungen. Best Practice Beispiele. Zürich, Schweiz.
- EnergieSchweiz (2003): Im Trinkwasser schlummert Ökostrom. Bundesamt für Energie (BFE). Bern, Schweiz.
- EnergieSchweiz (2024d): Energieeffizient und erneuerbar Heizen. Verfügbar unter: <https://www.energieschweiz.ch/haushalt/heizen/> (Zugriff am [25.07.2024]).
- Hochschule Luzern (HSLU) (2021): Klimagerecht bauen. Verfügbar unter: <https://www.hslu.ch/de-ch/hochschule-luzern/ueber-uns/medien/medienmitteilungen/2021/08/16/klimagerecht-bauen/> (Zugriff am [25.07.2024]).
- Holzenergie Schweiz (2022): Energieholz-Versorgung. Grundlagen und Strategie. Zürich, Schweiz

Modul 5: Wärme- und Kälteerzeugung

Einsatzbereiche und Kennwerte

Modul 5 in Kürze

Wärme- und Kälteerzeugungsarten

Für die Wärme- und Kälteversorgung sind nicht nur die verschiedenen Energieträger, sondern auch die unterschiedlichen Erzeugungsarten von grosser Bedeutung für eine möglichst effiziente Wärme- und Kälteproduktion.

Die Wärmeerzeugung kann in Bezug auf Anwendung, Einsatz und Umweltbelastung auf folgende Arten unterschieden werden:

- Wärmepumpen
- Feuerungen
- Nutzung von Sonnenenergie
- Wärmekraftkopplung

Um thermische Netze effizient und wirtschaftlich zu betreiben, können verschiedene Wärmeerzeugungsanlagen wie Wärmekraftkopplung, mehrstufige Wärmepumpen und Holzheizungen eingesetzt und kombiniert werden. Mit thermischen Netzen ist es zudem auch möglich, Gebiete mit Kältebedarf gleichzeitig mit Wärme und Kälte zu versorgen.

Sektorkopplung

Die Sektorkopplung ist eine Voraussetzung zur Dekarbonisierung der Energieversorgung. Für entsprechende Anlagen sind Standortsicherungen notwendig.

Weiterführende Informationen und Links

- Grundlagen thermische Netze Modul 7
- Separates Beiblatt zu den Modulen 1 bis 10

5.1 Wärmeherstellungsarten

Für die Wärmeversorgung sind neben unterschiedlichen Energieträgern auch die verschiedenen Erzeugungsarten bedeutend. Auf die Energieträger und den Einsatzbereich abgestimmte Wärmeerzeuger ermöglichen eine möglichst effiziente Wärmeproduktion.

Zur Beurteilung der Zweckmässigkeit der unterschiedlichen Wärmeerzeugungsarten ist unter anderem der vorgesehene Einsatzbereich wichtig (Abbildung 1).

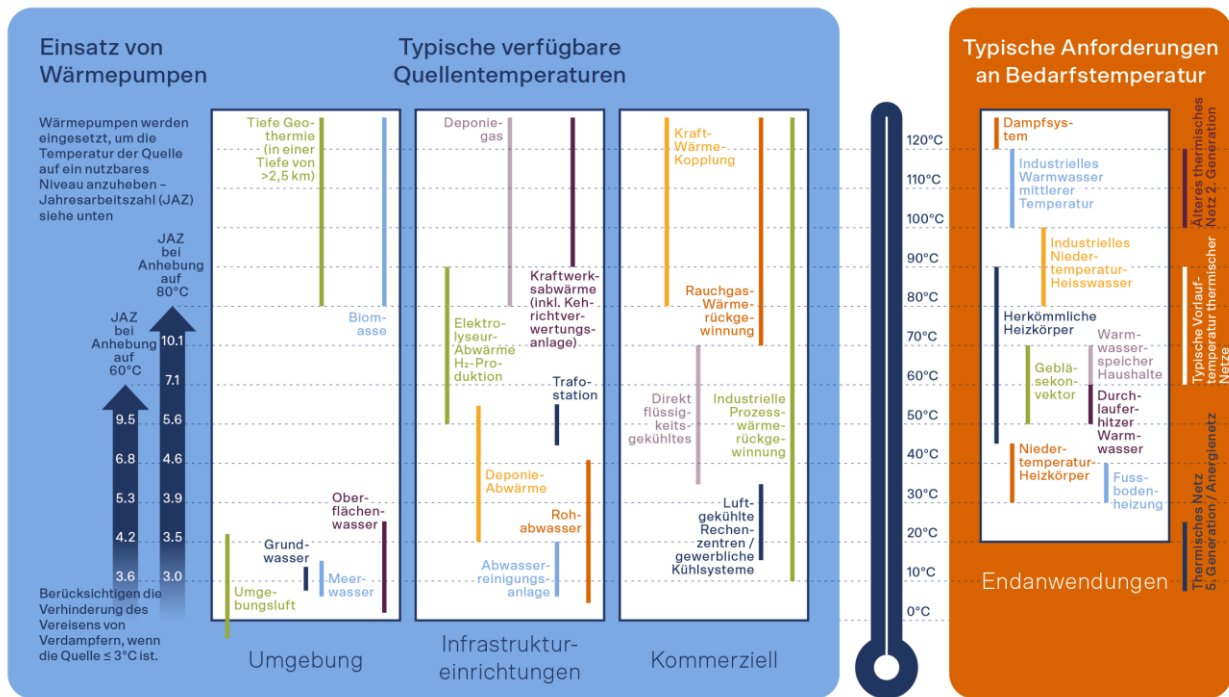


Abbildung 7: Temperaturbereich von Energiequellen und Anforderungen an das Temperaturniveau auf Seiten des Nutzers (Quelle: In Anlehnung an Codema Dublin's Energy Agency)

Die in Abbildung 1 dargestellten Energiequellen können mit unterschiedlichen Technologien in Wärme umgewandelt werden. Folgende Technologien stehen dazu zur Verfügung:

5.1.1 Wärmepumpe

Wärmepumpen (WP) nutzen Energiepotenziale mit tiefem Temperaturniveau. Diese Form der Energieerzeugung bedarf der räumlichen Koordination, wenn ortsgebundene Wärmequellen aus der unmittelbaren Umgebung – Erdreich, Umgebungsluft, Oberflächen- und Grundwasser – verfügbar sind. Ausserdem kann auch Abwärme, beispielsweise aus dem Abwasser, für Heizzwecke genutzt werden. Für den effizienten Betrieb einer WP ist sowohl auf die Qualität der Wärmequelle als auch auf den Einsatzbereich zu achten (Tabelle 2). Denn je geringer der Temperaturunterschied zwischen der Wärmequelle und dem Heizsystem ist, desto weniger Hilfsenergie (Strom oder Bio- und Erdgas) wird für den WP-Antrieb benötigt. Umgebungsluft sollte in der Regel nur genutzt werden, wenn keine anderen Umweltwärmequellen verfügbar sind.

- WP eignen sich für die Erzeugung von Raumwärme in Neubauten oder energetisch sanierten Altbauten, die mit niedrigen Vorlauftemperaturen im Heizungskreislauf auskommen (ggf. mit Bodenheizungen).
- In einem thermischen Netz oder zur Erzeugung von Warmwasser sollten aus Effizienzgründen in Serie geschaltete Wärmepumpen respektive Wärmepumpen mit zweistufigen Kompressoren eingesetzt werden (inkl. Spitzendeckung, bivalente Systeme).

- Wärmepumpen, die ihre Energie aus dem Erdreich, dem Oberflächen- und Grundwasser oder dem Abwasser beziehen, können im Sommer auch für die Kühlung von Gebäuden genutzt werden.

Betriebseffizienz und Jahresarbeitszahl

Als Mass für die Effizienz einer Wärmepumpenanlage wird der Begriff Jahresarbeitszahl (JAZ) verwendet. Die JAZ entspricht dem Verhältnis zwischen der Energie, die pro Jahr erzeugt wird (abgegebene Wärme) und der Energie, die pro Jahr zugeführt wird (Strom). Je höher die JAZ, desto effizienter ist die Wärmepumpe. Eine hohe Betriebseffizienz ist realisierbar, wenn die Vorlauftemperatur im Heizsystem möglichst tief ist und die Wärmequelle in den heizungsrelevanten Wintermonaten eine konstant hohe Temperatur aufweist.

Einsatzbereiche für Wärmepumpen

| WP-Wärmequelle | Einsatzbereich |
|---|--|
| Abwasser | <ul style="list-style-type: none"> – Ab 150 kW Heizleistung sinnvoll (bivalent) – Abwärmenutzung aus Rohabwasser oder gereinigtem Abwasser bei stetem Abwasseranfall (mindestens 10 l/s) und zulässiger Abkühlung vor ARA. – Bei geringerem Abwasseranfall kann ggf. mittels Tagesspeichern und Wärmepumpen Wärme aus dem Rohabwasser auch bei geringerer Menge genutzt werden. Die Abwassermengen unterliegen starken Schwankungen im Tagesverlauf. In der Nacht bis in den Morgenpeak (höchster Wärmebedarf) ist die Abwassermenge jeweils am geringsten. Durch den Einsatz von Tagesspeichern können die Schwankungen abgefangen werden. |
| Untiefe Geothermie | <ul style="list-style-type: none"> – Meistens sehr effiziente Systeme; Regeneration der Erdsonden empfohlen (Saisonspeicher) – Erdsonden nur ausserhalb von Grundwasservorkommen und Karstgebieten (kantonale Bewilligung) möglich |
| Grundwasser (Quell- und Trinkwasser) | <ul style="list-style-type: none"> – Ab 20 kW Heizleistung sinnvoll (Vorschriften der Kantone bzgl. Mindestleistung beachten) – Fassungen nur mit kantonaler Konzession |
| Oberflächenwasser | <ul style="list-style-type: none"> – Ab 20 kW Heizleistung sinnvoll (Vorschriften der Kantone bzgl. Mindestleistung beachten) – Fassungen nur mit kantonaler Konzession |
| Umgebungsluft | <ul style="list-style-type: none"> – Nur Kleinanlagen sinnvoll (tiefe Aussenluft-Temperaturen in Heizperiode; Luft-Wasser WP haben tiefere JAZ; Lärmproblematik beachten) |

Tabelle 1: Unterschiedliche Einsatzbereiche der Wärmequellen bei Wärmepumpen

Glossar

Mono- und bivalente Systeme: Die Wärmeerzeugungssysteme werden nach der Anzahl eingesetzter Wärmeerzeuger unterschieden. Muss ein System in allen möglichen Betriebszuständen die erforderliche Heizleistung erbringen, spricht man von monovalenten Systemen. Bei bivalenten Systemen werden zusätzliche Erzeuger zur Abdeckung der Spitzenlasten alternativ oder parallel zugeschaltet.

5.1.2 Feuerungen

Durch die Verbrennung von Brennstoffen wie Energieholz – Stückholz, Holzschnitzeln oder Pellets – sowie Heizöl oder Gas wird Wärme erzeugt. Aufgrund der Klimaschädlichkeit der meisten Brennstoffe und der Knappheit von Energieholz dieser Energieträger, sind diese primär für Hochtemperaturprozesse in der Industrie einzusetzen und nur bei fehlenden Alternativen zur Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser zu nutzen.

5.1.2.1 Holzfeuerungen

Für die räumliche Energieplanung sind hauptsächlich Holzheizkraftwerke sowie Holzsnitzelfeuerungsanlagen von Bedeutung, die mit dem erneuerbaren Energieträger Holz der Versorgung im thermischen Netz dienen. Grosse Holzfeuerungsanlagen haben den Vorteil, dass sie effizienter betrieben werden können als Kleinanlagen und spezifisch weniger Schadstoffe ausstossen. Wichtige Voraussetzung dazu bildet die sachgerechte Dimensionierung der Anlagen (siehe QM Holzheizwerke 2022):

- Der optimale Einsatzbereich von Holzfeuerungen liegt in der Prozesswärme. In Ausnahmefällen eignen sich Holzfeuerung auch für die Wärmeversorgung (Raumwärme und Warmwasser) von weniger gut gedämmten Gebäude. Holzsnitzelfeuerungen werden eher bei Mehrfamilien- oder Schulhäusern eingesetzt; bei kleineren Gebäuden und Einfamilienhäusern bewähren sich automatische Pelletfeuerungen.
- Die Verbrennung erfolgt CO₂-neutral; hingegen werden auch andere Luftschadstoffe ausgestossen – Feinstaub, Stickoxide (NO_x) und Kohlenmonoxid (CO). Schadstoff-belastete Gebiete sind unter Umständen zu meiden.
- Holzenergie ist heute nach Wasserkraft der am zweitmeisten genutzte erneuerbare Energieträger der Schweiz. Das Energieholzpotenzial in der Schweiz ist bereits zu 7/8 genutzt und die Tendenz ist steigend. Das Restpotenzial von Energieholz ist somit knapp. Die Reserven stehen regional unterschiedlich zur Verfügung. Daher wird den Investierenden von grösseren Anlagen mit Energieholz empfohlen, ihre benötigte Energieholzmenge vorgängig zu sichern (BAFU 2024b).
- Die Nutzung von Energieholz ist Bestandteil der nachhaltigen Waldbewirtschaftung. Ausserdem kann die regionale Wertschöpfung erhöht werden. Nach wie vor gilt, dass die stoffliche Verwertung Vorrang vor der energetischen erhält.

5.1.2.2 Holzheizkraftwerke

Da bei Holzheizkraftwerken auch ein grosser Teil der bei der Stromproduktion anfallenden Wärme genutzt werden muss, gibt es nur wenige Standorte, an denen die Voraussetzungen für einen wirtschaftlichen Betrieb von Holzheizkraftwerken gegeben sind.

5.1.2.3 Fossile Feuerungen

Feuerungen mit Heizöl oder Erdgas stossen viele Treibhausgase aus. Fossile Feuerungen sind deshalb auf spezielle Anwendungen, etwa unstete Hochtemperaturprozesse und ggf. auf Redundanz, Spitzendeckung von thermischen Netzen und die Versorgungssicherheit kritischer Infrastrukturen zu beschränken. Zudem ist die Spitzendeckung durch Betriebsoptimierungen und Wärmespeicherung so weit wie möglich zu reduzieren. Die Feuerungstechnik wurde in den letzten Jahren laufend verbessert. Durch die Wärmenutzung der Abgase im Kondensationskessel wird der Wirkungsgrad entsprechend erhöht. Wo möglich, sollen Heizöl und Erdgas durch erneuerbare Energieträger oder erneuerbares Gas ersetzt werden. Erneuerbare Spitzendeckungen können u. a. mit Biogas, Elektrodenkessel (Strom), Wasserstoff, Methanol oder Holz erfolgen.

Wärmeerzeugung durch Feuerungen

| Brennstoffe | Einsatzbereich | Kennwerte für die Planung | Emissionen |
|--------------------|--|---|---|
| Holzsnitzel | <ul style="list-style-type: none"> – Heizzentrale mit thermischem Netz – (ab 150 kW – bis 10 MW) und Prozesswärme | <ul style="list-style-type: none"> – Energieinhalt: 500 bis 1'100 kWh/Sm³ – Anlagen weisen einen variablen Leistungsbereich auf – Oft bivalente Systeme mit zusätzlichem Öl-, oder Gaskessel – Anlagen werden mit Speicher und in der Regel auch mit Feinstaubabscheider – realisiert | <ul style="list-style-type: none"> – CO₂-neutrale Verbrennung (11 g CO₂/kWh) |

| | | | |
|-------------------------|---|--|---|
| Pellets | <ul style="list-style-type: none"> – Normalerweise Ein- und Mehrfamilienhäuser (15 bis 70 kW) – Grossanlagen mit thermischen Netz (bis 1 MW) | <ul style="list-style-type: none"> – Energieinhalt: rund 3'300 kWh/Sm³ – Geringeres Lagervolumen erforderlich als bei Holzschnitzelfeuerungen | <ul style="list-style-type: none"> – nahezu CO₂-neutrale – Verbrennung (28 g CO₂/kWh) |
| Erneuerbare Gase | <ul style="list-style-type: none"> – Nur noch bei fehlender Alternative bei: – Prozesswärme in der Industrie – Versorgungssicherheit kritischer Infrastrukturen (z. B. Spitäler) – Spitzendeckung und Versorgungssicherheit im thermischen Netz | <ul style="list-style-type: none"> – Hoher Wirkungsgrad dank kondensierender Feuerungstechnik | <ul style="list-style-type: none"> – Hoher CO₂-Ausstoss: – Biogas 124 g CO₂/kWh, – |

Tabelle 2: Energieerzeugung mit Feuerungen (CO₂-Äquivalente aus KBOB 2023)

5.1.3 Nutzung der Sonnenenergie

Die Sonnenenergie kann mithilfe von Sonnenkollektoren auf dem Dach oder an einer Gebäudefassade zur Erzeugung von Wärme genutzt werden. Die gewonnene Wärme kann für folgende Zwecke verwendet werden:

- Bereitstellung von Brauchwarmwasser: Unabhängig vom Isolationszustand des Gebäudes kann das Beheizen von Brauchwarmwasser mit Sonnenkollektoren realisiert werden. Es empfiehlt sich, in den Wintermonaten neben der Sonnenenergie eine zweite Wärmequelle beizuziehen, um die Bereitstellung ganzjährig zu gewährleisten.
- Regeneration von Erdsonden (als Saisonspeicher) und Grubenspeicher: Durch Regeneration von Erdsonden und Grubenspeicher kann im Sommer die überschüssige Wärme der Solaranlage ins Erdreich geleitet werden. Damit können einerseits im Winter höhere Temperaturen aus der Erdsonde erzielt und andererseits ein Auskühlen des Untergrundes über die Betriebsjahre hinweg vermieden werden.
- Heizungsunterstützung: Besonders bei gut gedämmten Gebäuden ist die Unterstützung der Heizung durch eine Solaranlage – ergänzt mit einem grosszügig dimensionierten Speicher – zweckmässig. Die Nutzung der Sonnenenergie zu Heizzwecken kann mit allen Heizsystemen kombiniert werden. Besonders in Kombination mit thermischen Netzen, mit dem Energieträger Biomasse, lassen sich die Vorteile der Solarwärme optimal nutzen. Bei korrekter Auslegung von Kollektorfläche und Speicher lässt sich der Sommerbedarf an Wärme komplett mit Solarwärme decken. Die Erträge können durch tiefe Betriebstemperaturen optimiert werden.
- Sommerbetrieb von thermischen Netzen: Integriert in ein thermisches Netz ermöglichen Sonnenkollektoren die Ausserbetriebsetzung der primären Heizungsanlage in den Sommermonaten.
- Bereitstellung von Prozesswärme: Etwa die Hälfte aller Produktionsprozesse braucht nur Temperaturen bis 250 °C. Diese Energie kann mit der Wärme von der Sonne bereitgestellt werden. Die bisherigen Anlagen sind vorwiegend in der Lebensmittel- und Getränkeindustrie, in der Textil- und Chemieindustrie sowie bei einfachen Waschprozessen, wie Autowaschanlagen, installiert. Aber auch in Freibädern wird Solarthermie häufig genutzt (Swissolar 2024).

Wie viel Sonnenenergie produziert wird, hängt unter anderem von folgenden Faktoren ab:

- Örtliche Sonneneinstrahlung: Die örtliche Sonneneinstrahlung hängt vom Sonnenstand, den Witterungsbedingungen, der Höhe des Standortes und der Luftverschmutzung ab. In der Schweiz werden in tiefen, nebel- und wolkenreicheren Lagen die geringsten und im hochalpinen Gebiet die höchsten Werte erzielt.
- Ausrichtung der Sonnenkollektoren: Je nach Ausrichtung der Sonnenkollektoren (Neigungswinkel und Orientierung) und der örtlichen Sonneneinstrahlung lassen sich unterschiedlich hohe Energieerträge erzielen (Abbildung 2).

Von der zur Verfügung stehenden Sonneneinstrahlung können je nach Anlagentyp ca. 60 % der einfallenden Strahlung zur Wärmeproduktion genutzt werden.

OPTIMALE AUSRICHTUNG VON SONNENKOLLEKTOREN

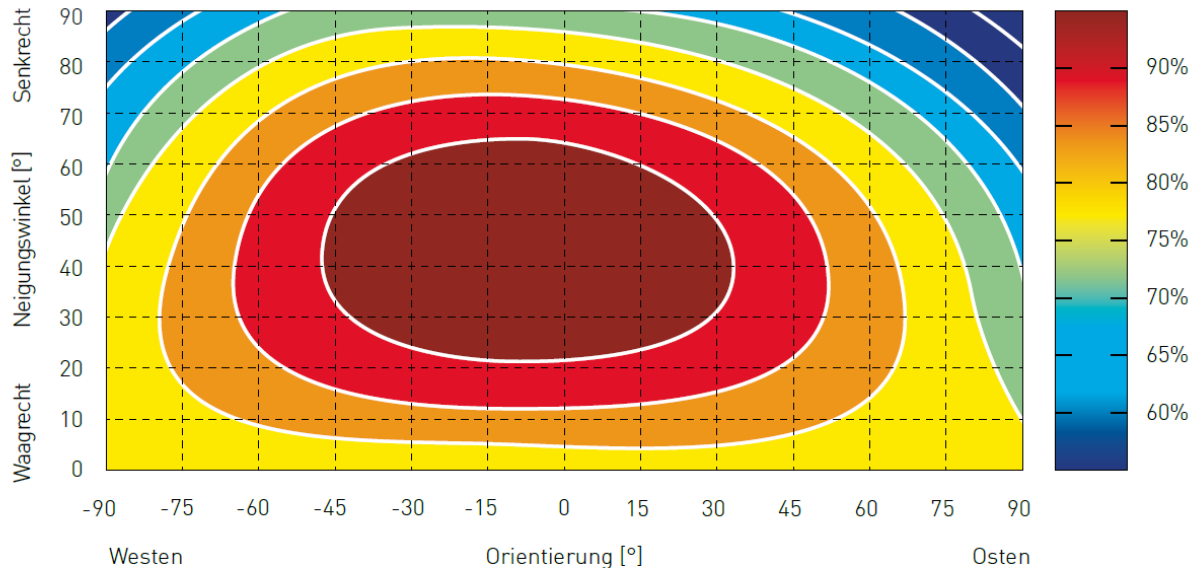


Abbildung 2: Reduktion des Ertrags bei Abweichung von der optimalen Ausrichtung [Swissolar 2017]

Abbildung 8: Ausrichtung und Ertrag von Solarstromanlagen (Swissolar 2024)

Regeneration von Erdwärmesonden

In Gebieten, wo mehrere Erdwärmesonden dicht nebeneinander liegen, kann das Erdreich über die Jahre auskühlen und die Effizienz der Anlage beeinträchtigen. Um das Auskühlen des Erdreiches zu verhindern, können die Sonden in den Sommermonaten regeneriert werden. Dies kann über Free-Cooling (nur Betrieb der Umwälzpumpen des Heizsystems) oder über aktive Speicherung der Wärme (z. B. von Sonnenkollektoren) in den Sonden erfolgen (EnergieSchweiz 2024a). Die SIA-Norm 384/6:2021 regelt die Auslegung und die Regeneration von Erdsonden.

Flächenbedarf bei Sonnenkollektoren

Unabhängig vom Standort in der Schweiz lassen sich je nach Wärmebedarf, Ausrichtung, Neigung und Effizienz mit 1 m² Kollektorfläche jährlich bis zu 60 % des Warmwasserbedarfs einer Person decken. Wenn zusätzlich die Heizung unterstützt werden soll, dann muss eine deutlich grössere Kollektorfläche sowie eine höhere Speicherkapazität eingeplant werden. Sonnenkollektoranlagen, die für Warmwasser und Raumheizung genutzt werden, decken meist mindestens 30 % des jährlichen Wärmebedarfs ab. (vgl. Tabelle 4) (Swissolar 2024).

| Anlagentyp | Standort Mittelland | Standort Alpenraum |
|---|---------------------|---------------------|
| Hoher Deckungsgrad (mindestens 60 %) | 350 kWh bis 450 kWh | 400 kWh bis 500 kWh |
| Mittlerer Deckungsgrad (30 bis 60 %) | 400 kWh bis 550 kWh | 500 kWh bis 600 kWh |
| Vorwärmung (unter 30 %) | 450 kWh bis 650 kWh | 600 kWh bis 700 kWh |

Tabelle 4: Jährlicher Energieertrag pro m² Sonnenkollektor (Swissolar 2015)

5.1.3.1 Wärmekraftkopplung

Wärmekraftkopplungsanlagen (WKK-Anlagen) erzeugen über einen Verbrennungsprozess Strom und liefern zugleich nutzbare Abwärme. Der wärmegeführte Betrieb einer WKK ist insbesondere in der Winterzeit interessant, wenn die Wärme- und die Stromnachfrage gleichzeitig am grössten sind. WKK-Anlagen eignen sich für die Grundversorgung im thermischen Netz sowie zur Deckung eines ganzjährigen Bandlastbedarfs bei Grossverbrauchern (Tabelle 3). Ein wirtschaftlicher Betrieb ist auf eine hohe Betriebsstundenzahl (über ca. 4000 h/a) angewiesen.

Einsatzbereiche für WKK-Anlagen

| WKK-Anlagen | Brennstoff | Mögliche Anwendungen |
|----------------------------------|---|--|
| Heizkraftwerk (HKW) | – Dampfturbine mit erneuerbarem Gas, Kehricht, Energieholz | – Holz-Heizkraftwerk mit thermischem Netz – Abwärmenutzung ab Kehrichtverwertungsanlage |
| Blockheizkraftwerk (BHKW) | – Gasturbine mit erneuerbarem Gas/Flüssiggas – Verbrennungsmotor mit erneuerbarem Gas, Biotreibstoff | – thermisches Netz, u. a. für Wohnsiedlungen – Prozesswärme in Industriebetrieb (evtl. in Kombination mit einer Notstromgruppe) – grössere Einzelgebäude |

Tabelle 3: Einsatzbereiche von WKK-Anlagen

5.1.4 Kombinationen von Wärmequellen (bivalente Systeme)

In Gebieten, in welchen ein einzelner erneuerbarer Energieträger nicht ausreicht, um die Wärmeversorgung ganzjährig sicherzustellen, oder bei Anlagen, in denen die Wirtschaftlichkeit nicht gegeben ist, kann eine Kombination von mehreren Wärmequellen in Betracht gezogen werden. Beispiele solcher Kombinationen in der Vergangenheit sind die Nutzung von Grundwasser, Abwasser oder Flusswasser in Kombination mit Holzschnitzeln oder Erd- und Biogas als Spitzendeckung. Wichtig ist es, dabei ein ausreichendes Speichervolumen bereitzustellen.

5.2 Kälteerzeugungsarten

5.2.1 Verschiedene Arten der Kälteerzeugung

Es gibt verschiedene Methoden zur Kälteerzeugung. Diese können in passive und aktive Systeme unterteilt werden.

| Name | Beschreibung | Einsatzbereich/ Einschränkungen |
|------------------------------------|--|--|
| Passive Kälteerzeugung | | |
| Free-Cooling | <ul style="list-style-type: none"> – Beim Free-Cooling werden die Umgebungstemperaturen genutzt, um eine Kühlung der Raumluft zu erreichen, ohne dass Energie benötigt wird. – Beispiel für Free-Cooling ist, das Fenster in der Nacht zu öffnen. – Energieträger: Luft | <ul style="list-style-type: none"> – Universell – Eine kühle Umgebungstemperatur wird benötigt. |
| Geo-Cooling | <ul style="list-style-type: none"> – Das Geo-Cooling nutzt das Temperaturgefälle zwischen der Raumtemperatur und dem Grundwasser, dem Erdreich oder dem Seewasser, um Wärme passiv abzuleiten. Dabei wird nur wenig Strom für die Umwälzpumpe benötigt, da die Übertragung über einen Wärmetauscher erfolgt (EnergieSchweiz 2024e). – Geeignete Energieträger: Erdwärme, Grundwasser und Oberflächenwasser | <ul style="list-style-type: none"> – Gebäude mit Flächenheizungen – Limitierte Kühlleistungen bei extremen Temperaturen oder hohem Kühlbedarf (insbesondere bei Grund- und Oberflächenwasser) – Besonders geeignet bei Gebäuden, welche bereits über eine Wärmepumpe verfügen (keine zusätzlichen Investitionskosten, Regeneration von Erdwärmesonden). |
| Aktive Kälteerzeugung | | |
| Kompressions-Wärmepumpen | <ul style="list-style-type: none"> – Wenn eine Wärmepumpe reversibel betrieben wird, kann bei Kühlbedarf Kälte statt Wärme erzeugt werden. Dabei wird die gleiche Wärmequelle wie beim Heizen genutzt. – Das System ist grundsätzlich aufs Heizen ausgelegt. – Geeignete Energieträger: Erdwärme, Grundwasser und Seewasser, teilweise Abwasser | <ul style="list-style-type: none"> – Gebäude mit Flächenheizungen – Besonders geeignet bei Gebäuden, welche bereits über eine Wärmepumpe verfügen (keine zusätzlichen Investitionskosten). – Optimaler Einsatzbereich bei der Nutzung der entstehenden Abwärme für die Vorwärmung von Brauchwarmwasser oder zur Regeneration von Erdsonden. |
| Split-Anlagen (Klimageräte) | <ul style="list-style-type: none"> – Eine Split-Anlage verfügt über einen ausserliegenden Kompressor und Verdampfer sowie eine innen liegende Kälteabgabe. – Das System ist aufs Kühlen ausgelegt. – Energieträger: Luft | <ul style="list-style-type: none"> – Die Ausseneinheit verursacht Lärm, was besonders in dicht besiedelten Wohngebieten problematisch sein kann. – Die Installation der Ausseneinheit erfordert ausreichend Platz im Freien. |
| Absorptionskälte | <ul style="list-style-type: none"> – Das System der Absorptionskälte nutzt Wärme, um ein Kältemittel zu verdampfen und so Kälte zu erzeugen. Dabei wird kein Kompressor verwendet. – Geeignete Energieträger: Hochtemperaturabwärme (Bsp. KVA-Abwärme) | <ul style="list-style-type: none"> – Hohe Temperatur der verwendeten Wärme wird benötigt (120 °C bis 180 °C) – Dieses System ist nur bei einem Überschuss an Wärme sinnvoll, da der Wirkungsgrad eher tief ist. |

Neben den beschriebenen dezentralen Systemen können auch thermische Netze Kälte verteilen. Die bei der Kälteproduktion entstehende Abwärme kann dabei im parallelen Wärmenetz genutzt werden, wodurch Energieverluste vermieden und die vorhandene Energie optimal genutzt wird.

5.3 Sektorkopplung

Unter Sektorkopplung versteht man die Verbindung der Energiesektoren Strom, Wärme und Mobilität. Die Sektorkopplung spielt eine wichtige Rolle in der Dekarbonisierung der Energieversorgung.

Wärmestrategie Bund: «Wärmepumpen sind bereits heute eine Schlüsseltechnologie der Sektorkopplung und insbesondere im Industriebereich werden erneuerbare Gase und synthetische Brennstoffe immer wichtiger. Die Dekarbonisierung führt durch die zunehmende Verbreitung von Wärmepumpen und Elektromobilität zu einer stärkeren Elektrifizierung des Energiesystems. Dabei müssen die Energiesektoren Strom, Wärme und Verkehr eng miteinander verknüpft und intelligent gesteuert werden. Nur so können die erneuerbaren Energien optimal genutzt, möglichst effizient ins Energiesystem integriert und die CO₂-Emissionen in allen Bereichen gesenkt werden.» (BFE 2023a).

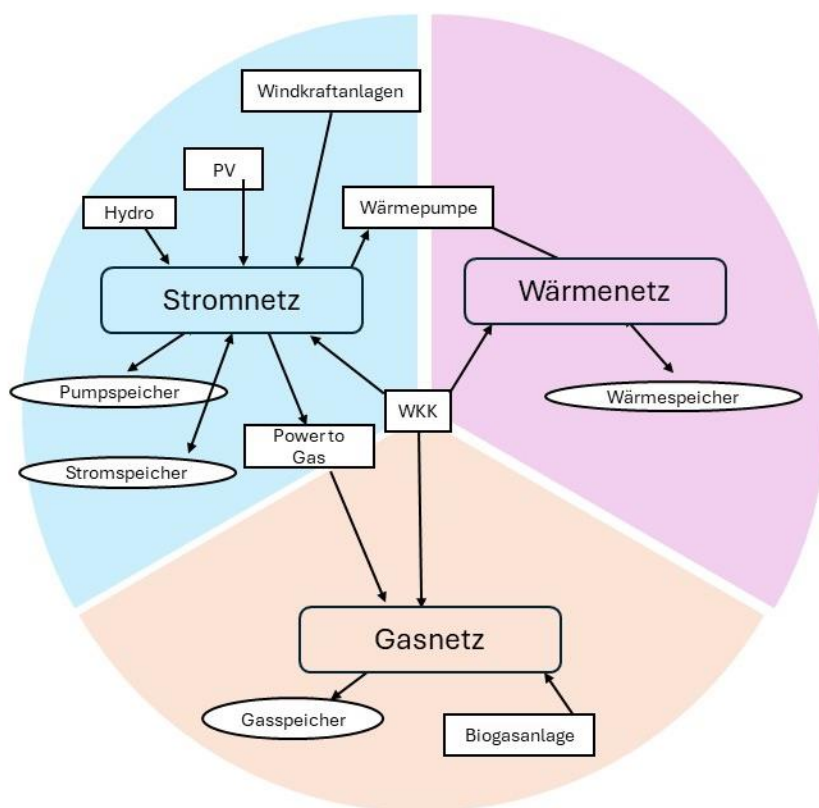


Abbildung 9: Grafische Darstellung der Sektorkopplung der Energienetze (basierend auf Forschungsstelle Energienetze FEN, PLANAR 2024)

Im Zuge der räumlichen Energieplanung sollen geeignete Standorte für WKK- oder Power-to-Gas-Anlagen eruiert werden. Via Energieplan kann auch eine Standortsicherung im kommunalen Richtplan erfolgen.

5.4 Quelle

- Bundesamt für Energie (BFE) (2023a). Wärmestrategie 2050. Bern, Schweiz. Verfügbar unter: <https://www.newsd.admin.ch/newsd/message/attachments/74920.pdf> (Zugriff am [17.07.2024]).
- Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2023): Holzenergie. Verfügbar unter: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wald/fachinformationen/holzverwendung/holzenergie.html> (Zugriff am [17.07.2024]).
- EnergieSchweiz (2024a): Dank einer Solaranlage verbraucht Ihre Erdwärmepumpe weniger Strom. Verfügbar unter: <https://www.energieschweiz.ch/stories/ratgeber-erdwaermepumpe/> (Zugriff am [17.07.2024]).
- EnergieSchweiz (2024e): Erdwärme: Die Energie aus der Erde. Verfügbar unter: <https://www.energieschweiz.ch/erneuerbare-energien/erdwaerme/> (Zugriff am [22.08.2024]).
- Forschungsstelle Energienetze FEN (2024): Systemplanung. Verfügbar unter: <https://www.fen.ethz.ch/de/> (Zugriff am [26.07.2024]).
- Swisssolar (2015): Sonnenkollektoren. Dimensionierungshilfe. EnergieSchweiz, Bern, Schweiz.
- Swisssolar (2024): Anwendung Solarwärme. Verfügbar unter: <https://www.swisssolar.ch/de/wissen/solar-technologien/solarwaerme/anwendung> (Zugriff am [17.07.2024]).
- QM Holzheizwerke (2022): Planungshandbuch. QM Heizwerke. 3 Auflage.

Modul 6: Gasnetz der Zukunft

Energieträger Gas

Modul 6 in Kürze

Die aktuelle Klimapolitik des Bundes mit dem Pariser Klimaabkommen, der Energiestrategie 2050, den Energieperspektiven 2050+, der Wärmestrategie und dem Klima- und Innovationsgesetz strebt eine massive Reduktion der Treibhausgasemissionen an. Dies führte in der Gasindustrie zu einem Paradigmenwechsel. Daher ist eine engere Kooperation zwischen den Gemeinden und den Gasversorgungsunternehmen (GVU) mit einer weitsichtigen und etappierten Planung des zukünftigen reduzierten Gasnetzes unumgänglich.

In diesem Modul wird differenziert auf das Thema Gasstrategie der Gemeinden und der GVU eingegangen werden. Es zeigt die Bedeutung der Gasversorgung, die Grundsätze der Energieversorgung sowie die Handlungsmöglichkeiten der Gemeinden und der Gasversorgungsunternehmen auf.

Weiterführende Informationen und Links

- Separates Beiblatt zu den Modulen 1 bis 10
- Modul 7: Grundsätze thermische Netze
- Modul 8: Organisation und Finanzierung von thermischen Netzen

6.1 Zukunftsperspektiven der Gasversorgung

Gas ist ein wertvoller, vielseitig nutzbarer Energieträger, der seit den 1980er Jahren stark an Bedeutung gewonnen hat. Die Gasversorgung basiert heute hauptsächlich auf Erdgas. Als fossile Energie trägt Erdgas mit seinen Treibhausgasemissionen zur Klimaveränderung bei. In der Zukunft wird sich die Gasversorgung vermehrt auf die aktuellen Ziele des Bundes und der Kantone ausrichten.

6.1.1 Politische Rahmenbedingungen: Energieträger Gas

Verschiedenen klimapolitische Ebenen beeinflussen den zukünftigen Umgang mit dem Energieträger Gas:

6.1.1.1 Nationale Ebene

Für die Erreichung des Netto-Null-Zieles der Schweiz hat der Bund in der nationalen Wärmestrategie festgelegt, dass erneuerbares Gas (Biogas und synthetische Gase aus erneuerbaren Quellen) nur noch in Bereichen verwendet werden soll, in denen keine erneuerbaren Alternativen verfügbar sind. Die vorgesehenen Anwendungsbereiche sind Prozesswärme, Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen und die Abdeckung von Spitzenlasten in thermischen Netzen.

In der Volksabstimmung im Jahr 2023 wurde das Klima- und Innovationsgesetz angenommen. Das Gesetz sieht vor, dass der Verbrauch von Öl und Gas durch Anreize wie finanzielle Fördermittel für klimafreundliche Heizungen und innovative Technologien reduziert wird (UVEK 2023).

6.1.1.2 Kantonale Ebene

Im Jahr 2014 wurde in den «Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich» (MuKE) eine bedeutende Neuerung im Bereich des Heizungsersatzes eingeführt. Konkret müssen bei Wohngebäuden 10 % der Energie beim Austausch des Wärmeerzeugers aus erneuerbaren Quellen stammen. Bei den Kantonen, welche diese Regelungen eingeführt haben, führt dies dazu, dass 90 % der neuen Heizungen in Wohnbauten vollständig mit erneuerbarer Energie oder Abwärme betrieben werden (EBP 2022). Derzeit arbeiten die Kantone an einer Teilrevision der MuKE. Mit der Teilrevision der MuKE 2024 wurde der Teil F verabschiedet und verlangt neu, dass beim Austausch des Wärmeerzeugers der Wärmebedarf vollständig mit erneuerbarer Energie oder nicht anderweitig nutzbarer Abwärme gedeckt werden muss.

6.1.1.3 Gasindustrie

Die Gasindustrie trifft Massnahmen, um die Gasversorgung durch die vermehrte Einspeisung von Biogas umweltfreundlicher zu machen. Zudem bestehen erste Anlagen zur Erzeugung und Nutzung von Wasserstoff (aus der Elektrolyse von Wasser mit erneuerbarem Strom) oder Methan (aus Wasserstoff und CO₂) und einige weitere sind in Planung.

6.1.2 Verfügbare Gase

6.1.2.1 Biogas

Biogas kann aus Hofdünger, Grüngut, landwirtschaftlichen Nebenprodukten, organischen Abfällen aus Haushalten, Industrieabfällen und Klärschlamm hergestellt werden. Im Jahr 2023 wurden insgesamt 439 GWh Biogas ins Gasnetz eingespeist. Der Anteil des eingespeisten Biogases am gesamten Gasverbrauch stieg auf 1.4 % (BFE 2024).

Das Potenzial an einheimischem Biogas ist beschränkt; es wird auf maximal 15 % des aktuellen schweizerischen Gasabsatzes geschätzt (Studie WSL 2017). Zudem ist Biogas deutlich teurer als Erdgas. So kostet der Bezug von Biogas über das Verteilnetz rund doppelt so viel wie Erdgas (EBP 2020, Aussagen GVU 2023).

6.1.2.2 Synthetische Gase

Die «Power-to-Gas»-Technologien produzieren mit Strom synthetische Gase in Form von Wasserstoff, Methan oder komplexerer Moleküle (z. B. Methanol), die als Brenn- und Treibstoff verwendet oder in der Industrie genutzt werden können. Die so hergestellten Gase können zu unterschiedlichen Anteilen ins Gasnetz eingespeist werden. Wasserstoff kann nicht beliebig viel eingespeist werden. Wie die Gasnetze der Zukunft ausgestaltet sein werden, ob ein Wasserstoffnetz entstehen und ob das Methannetz bestehen bleiben wird, ist noch unklar. Absehbar ist jedoch, dass die Netze ein viel geringeres Ausmass haben werden als das heutige Gasnetz.

Erste «Power-to-Gas»-Anlagen existieren bereits, jedoch sind diese teuer und der Wirkungsgrad ist zurzeit noch gering. Sofern die Technologien in absehbarer Zeit konkurrenzfähiger werden, können sie zunehmend zur Substitution von Erdgas eingesetzt werden. Energie- und klimapolitisch ist der Einsatz von «Power-to-Gas» jedoch nur dann sinnvoll, wenn ein ausreichender Überschuss von erneuerbarem Strom vorhanden ist. Das Potenzial an einheimischen synthetischen Gasen ist denn auch vom Überschuss von erneuerbarem Strom abhängig und wird auf max. 15 % des aktuellen schweizerischen Gasabsatzes geschätzt (EBP 2020). Aufgrund der hohen Produktionskosten und nicht optimalen Standortvoraussetzungen in der Schweiz im Vergleich zum Ausland werden erneuerbare Gase in Zukunft wohl mehrheitlich importiert werden.

6.1.2.3 Erdgas

Erdgas ist nach wie vor verfügbar. Zur Erreichung der Klimaziele muss jedoch auf erneuerbare Energieträger gewechselt werden (vgl. Abbildung 1).

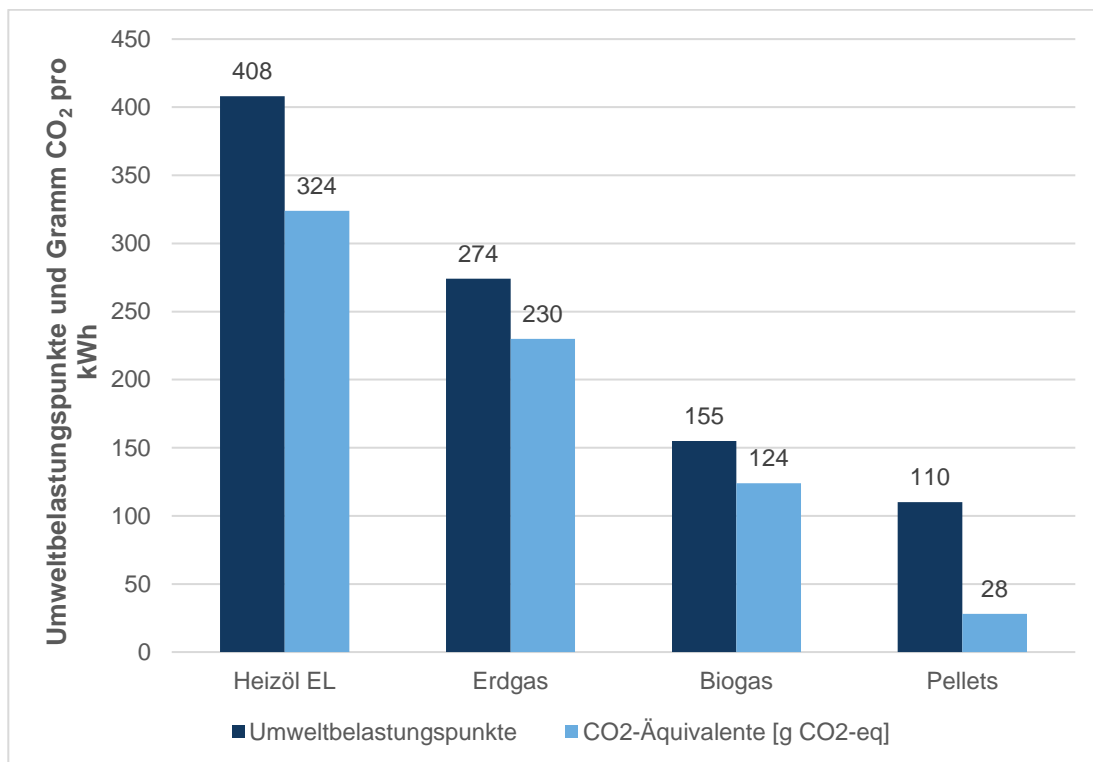


Abbildung 10: Emissionsfaktoren von Feuerungen (Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB (2023))

Hinweis: KBOB rechnet mit durchschnittlichen Werten. Im Einzelfall können diese Werte je nach Anlagentyp und -betrieb deutlich davon abweichen. Beispielsweise werden bei «naturemade star» zertifiziertem Biogas aus Schweizer Anlagen deutlich niedrigere Werte bilanziert, im Durchschnitt 46 g CO₂-eq pro kWh.

6.1.3 Entwicklung Gasabsatz

Im Jahr 2023 betrug der Gasabsatz 26 TWh; dies entspricht etwa 12 % des gesamten Endenergieverbrauchs der Schweiz. In den vergangenen Jahren hat der Erdgasverbrauch stetig abgenommen (BFE 2024).

Basierend auf den nationalen Energie- und Wärmestrategien hängt die Entwicklung des Gasabsatzes hauptsächlich vom Rückgang des spezifischen Wärmebedarfes der Gebäude, den Bau- und Energievorschriften, der Heizungswahl der Kunden, der wirtschaftlichen Entwicklung, dem Ausbau von thermischen Netzen, den Heizgradtagen und von städtebaulichen Verdichtungs- und Erneuerungsprozessen ab. Die neuen Regelungen der MuKE 2014 haben den Gasabsatz beeinflusst, wie eine Studie von EBP zeigt, die die Auswirkungen dieser Vorschriften untersuchte. In Kantonen, welche die Regelungen zum Heizungsersatz aus den MuKE 2014 übernommen haben, wurden fossile Heizsysteme wie Gasheizungen fast ausschliesslich durch erneuerbare Heizsysteme ersetzt (EBP 2022). Die MuKE 2014 befinden sich zurzeit in Revision, um den Anteil erneuerbarer Energie weiter zu erhöhen, womit der Trend weg vom Gasnetz verstärkt würde.

Die Energie- und Klimapolitik hat somit einen erheblichen Einfluss auf den Gasabsatz. Ein rückläufiger Gasabsatz führt zu einer geringeren Auslastung des Gasnetzes, was die Fixkosten pro verbleibendem Gaskunden erhöht und somit zu höheren Gaspreisen führt. Diese Dynamik könnte die Attraktivität von Gas als Energieträger weiter verringern und eine verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien begünstigen.

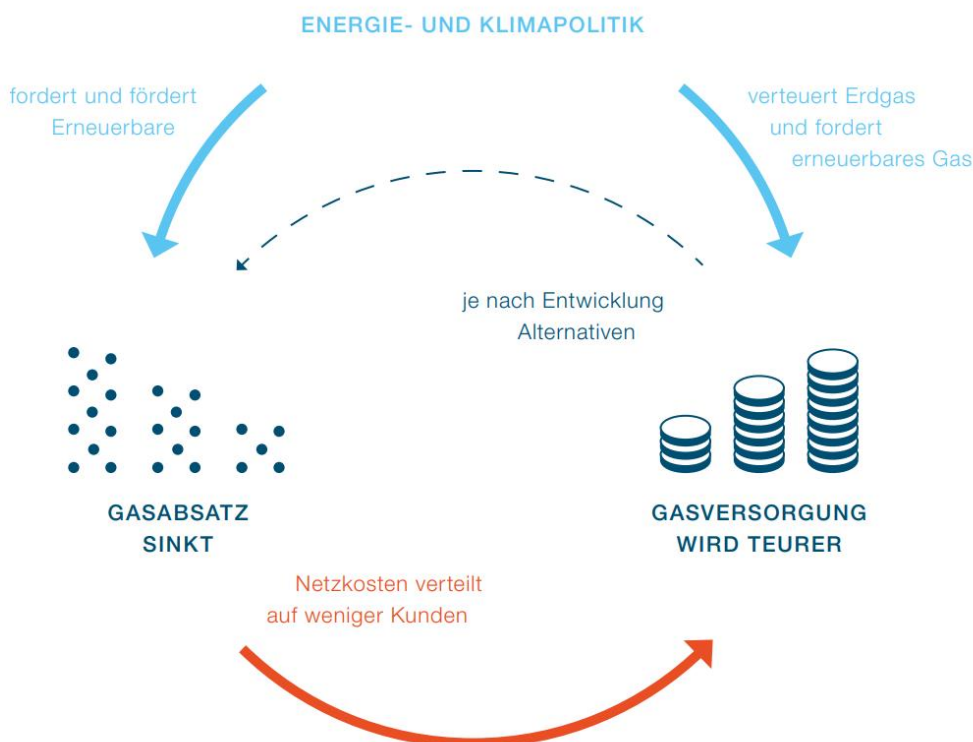


Abbildung 11: Wirkung des Energie- und Klimapolitik auf den Gasabsatz und den Gaspreis (EBP 2020)

6.2 Planungsgrundsätze der Gasversorgung

Um die neuen energiepolitischen Ziele erreichen zu können, müssen die Gemeinden und GVV gemeinsam die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung sorgfältig planen und schrittweise umsetzen.

Der Verband der schweizerischen Gasindustrie hat die Dekarbonisierung der Gasversorgung als Ziel formuliert. Als Zwischenschritte sollen die Anteile an Biogas und erneuerbaren synthetischen Gasen bis 2030 15 %, bis 2040 50 % und bis 2050 100 % betragen. Ein strategisches Restgasnetz wird dabei beibehalten.

6.2.1 Künftige Gasnutzung

Gas ist ein vielseitig einsetzbarer Energieträger, der sowohl als Brennstoff für Hochtemperaturanwendungen und Treibstoff als auch als Rohstoff für chemische Prozesse verwendet werden kann. Somit ist auch der Einsatz von Gas auf die besonders wertvollen und effizienten Einsatzbereiche zu fokussieren und soll künftig mittels erneuerbarer Gase erfolgen. Dies ist vorwiegend in folgenden Prozessen erforderlich:

- industrielle Prozesse (Chemie- und Hochtemperatur-Prozesse).
- effiziente Gasnutzung mittels WKK-Anlagen (während Heizperiode, wärmegeführt)
- Redundanz und Spitzendeckung (bei fehlenden Alternativen) in Energiezentralen von thermischen Netzen mit Nutzung von Abwärme und erneuerbaren Energien

6.2.2 Gasnetz der Zukunft

Die GVV bezeichnen im Rahmen der kommunalen oder regionalen räumlichen Energieplanung oder einer Gaszielnetzplanung, in welchen Gebieten das Gasnetz zurückgebaut und stillgelegt, umgenutzt oder bestehen bleiben soll. Grundsätzlich liegen allen Entscheiden wirtschaftliche Kriterien zugrunde. Dabei sind regionale und kantonale Aspekte zu berücksichtigen. Die Gebietsarten können in zwei Typen unterschieden werden:

- Das **strategische Gasnetz** bezieht sich, wie oben im Abschnitt künftige Gasnutzung aufgeführt, auf die besonders wertvollen und effizienten Einsatzbereiche von Gas im Hochtemperaturbereich. Dazu gehören Transport- und Ringleitungen (zur Gewährung der Versorgungssicherheit), die Erschliessung von Industriebetrieben mit Chemie- und Hochtemperatur-Prozessen, Energiezentralen thermischer Netze (WKK, Redundanz) und Tankstellen. Dieses Netz soll, sofern wirtschaftlich rentabel, auf erneuerbare Gase umgestellt, langfristig erhalten und erneuert werden.

Das **Verteilnetz** erschliesst und versorgt das übrige Siedlungsgebiet mit Gas (z. B. Wohn-, Gewerbegebiete und öffentliche Bauten). Da in diesen Gebieten mit einer abnehmenden Gasbezugsdichte (vgl. Entwicklung Gasabsatz) zu rechnen ist, sollte der optimale Stilllegungszeitpunkt ermittelt werden (wann ist eine Stilllegung kostengünstiger als eine Erneuerung von Gasleitungen). Je früher die Gaskunden über eine geplante Stilllegung informiert würden, desto geringer wäre die allenfalls zu bezahlende Restwertenschädigung.

Restwertentschädigung.

Bei der Stilllegung des Gasnetzes sind Restwertentschädigungen mitzudenken. Dabei wird zwischen zwei verschiedenen Arten von Restwertentschädigungen unterschieden:

- **Restwertentschädigungen für Gasgeräte:** Bei der Stilllegung eines Gasnetzes kommt es zwangsläufig zur Wertvernichtung von nicht amortisierten Gasthermen. Um diesen vorzeitigen Ersatz der Heizungsanlagen zu kompensieren, werden Restwertentschädigungen gezahlt.
- **Restwertentschädigungen für Gasnetze an Versorger:** Wenn ein Gasnetz stillgelegt wird, kann der optimale Zeitpunkt anhand des technischen Lebensendes der Leitungen bestimmt werden. Da dies selten für das gesamte Netz gleichzeitig zutrifft, ist eine mögliche Lösung, dass die Gemeinde dem Gasversorger den Restwert des Netzes zahlt, falls dieser nicht im Gemeindeeigentum steht. Dies geschieht im Rahmen einer Vereinbarung zur Stilllegung bestimmter Netzgebiete (EBP 2024).

6.3 Gasversorgung in der räumlichen Energieplanung

Mit dem Werkzeug der kommunalen räumlichen Energieplanung analysieren Gemeinden ihre Energieversorgung und legen darauf basierende Massnahmen fest, um ortsgebundene Abwärme und erneuerbare Energien vermehrt zu nutzen und mit der Gasversorgung zu koordinieren. Die räumlichen Energieplanung ordnet einzelnen Gebieten Prioritätsgebiete für thermische Netze zu (siehe Modul 7) und formuliert geeignete Umsetzungsmassnahmen. Gleichzeitig wird die zukünftige Rolle des Gasnetzes in diesen Gebieten festgelegt.

6.3.1 Energieplankarte

Die Energieplankarte legt abhängig von den örtlichen Verhältnissen unterschiedliche Handlungsanweisungen fest, sowohl für die Betreiber von thermischen Netzen als auch für die GVV (vgl. Abb. 3).

Für eine koordinierte Festlegung erarbeitet das GVV parallel zur räumlichen Energieplanung eine Gaszielnetzplanung. Dabei wird untersucht, wie sich das heutige Netz in Bezug auf die Altersstruktur und das Material zusammensetzt, welche regionalen und überregionalen Gaszielnetze definiert wurden und wie sich der Absatz zukünftig mit den gegebenen Rahmenbedingungen entwickeln wird. Auch die Auswirkungen auf die Netzkosten und die Konkurrenzfähigkeit können analysiert werden. Auf diesen Grundlagen erarbeitet das GVV einen Entwurf einer Gaszielnetzplanung.

Liegen die Entwürfe der Gaszielnetzplanung und des Energieplans vor, können diese anschliessend aufeinander abgestimmt und im Nachgang je angepasst werden. Das detaillierte Wissen über das Netz und der direkte Austausch mit dem GVV ermöglicht es, gemeinsame Festlegungen im Energieplan zu definieren, welche für das GVV umsetzbar sind (EBP 2024).



Abbildung 12: Schematische Darstellung einer kommunalen räumlichen Energieplanung mit gebietsspezifischen Handlungsanweisungen für Energiedienstleister und GVV im Siedlungsgebiet (Hoesli B. & Passaglia M. 2019).

Bestehende oder beschlossene thermische Netze → schrittweiser Rückzug des Gas-Verteilnetzes

In diesen Gebieten haben Anschlüsse an das thermische Netz Vorrang. Neuanschlüsse ans Gasnetz für die Erzeugung von Komfortwärme sind nicht mehr zugelassen. Fokus auf langfristigen Betrieb des strategischen Gasnetzes; schrittweises Stilllegen des Verteilnetzes (vgl. Gasnetz der Zukunft). Die Beschleunigung des Umstiegs von Gas aufs thermische Netz soll vorangetrieben werden (vgl. unten).

Geplantes thermisches Netz → Gasnutzung als Übergangsenergie sowie zur Redundanz und Spitzendeckung

In Gebieten mit einem geplanten thermischen Netz sind alle Vorkehrungen zu treffen, damit ein späterer Anschluss von Liegenschaften an das thermische Netz ohne technische / wirtschaftliche Probleme erfolgen kann (z. B. Heizzentralen für Neubauten, angepasste Vorlauftemperaturen bei Gebäudesanierung und Heizungsersatz). Gas ist als Übergangs-Energieträger zu betrachten und entsprechend einzusetzen. Auf Neuanschlüsse ist zu verzichten.

Gebiet für dezentrale Nutzung erneuerbarer Energien → Verzicht auf Gaserschliessung

Genereller Verzicht auf Neuerschliessungen mit Gas. Planung des Stilllegungszeitpunkts unter Berücksichtigung u.a. des Alters der installierten Feuerungen und Leitungen sowie Abstimmung der Stilllegung mit den Betreibern der Gas- und Stromversorgung.

Gebiet mit fehlender erneuerbarer Alternative → Gas zur Wärmeerzeugung in Ausnahmefällen

Sollte der Einsatz von erneuerbaren Energieträgern in Ausnahmefällen nicht möglich sein (z. B. Altstädte), sollte möglichst auf erneuerbare Alternativen wie Luft-Wasser-Wärmepumpen oder Pelletheizungen zurückgegriffen werden. Die Nutzung von Gas als Energieträger sollte nur in Ausnahmefällen vorgesehen und dann, wenn möglich, ein Einsatz von WKK zur Wärme- und Stromproduktion angestrebt werden. Spätestens ab 2050 sollten die Kunden ausschliesslich mit erneuerbaren Gasen versorgt werden.

Festlegung der Gasversorgungsgebiete

Das strategische Restgasnetz ist in der räumlichen Energieplanung mit einem eigenen, ggf. überlagernden Versorgungsgebiet festzuhalten. Für das Verteilnetz ist aufgrund von wirtschaftlichen Analysen, Netto-Null-Betrachtungen und Entwicklungsabschätzungen ein Stilllegungsplan auszuarbeiten und dieser in der räumlichen Energieplanung, wenn möglich, mit Stilllegungszeitpunkt, zu kommunizieren.

6.4 Handlungsempfehlungen für Gemeinden mit Gasversorgung

Die Gemeinden sind verantwortlich für die Umsetzung der von Bund und Kanton vorgegebenen energie- und klimapolitische Ziele. Zu ihren Aufgaben gehören auch die Planung und Koordination der Siedlungsentwicklung und der Infrastruktur der Ver- und Entsorgung inkl. der Versorgung mit Energie. Die wichtigsten Instrumente dazu werden im Folgenden bezogen auf den Einfluss der Gemeinde auf das GUV eingeordnet.

- Ist die Gemeinde die Gasversorgerin oder hat sie grosse Anteile am Unternehmen, kann sie die Entscheidung, die das Gasnetz betreffen, mitbeeinflussen und hat folglich einen **grossen Einfluss**.
- Wird das Gasnetz durch einen externen Gasversorger betrieben, hat die Gemeinde einen **kleinen Einfluss** auf den Umgang mit dem Netz.

Neben dem Einfluss der Gemeinde sind auch weitere Faktoren wie das Verhältnis des allenfalls bestehenden thermischen Netzes zum Gasnetz, das Alter der Gasleitungen oder die kantonalen Vorschriften bedeutend für die Wahl des Instrumentes (EBP 2024b).

| Instrumente | Einfluss auf GVU | |
|---|------------------|-------|
| | gross | klein |
| <p>Koordinierte räumlichen Energieplanung und Zielnetzplanung Gas Die Gemeinde erarbeitet eine räumliche Energieplanung mit Eignungsgebieten für thermische Netze sowie für die Nutzung von Abwärme und Umweltwärme und legt entsprechende Massnahmen fest (vgl. Abb. 3). Dieser Planungsprozess soll in enger Kooperation mit den in der Gemeinde aktiven EDL (Stromversorger, Betreiber thermischer Netze und GVU) erfolgen. Um die parallele Erarbeitung der Energieplanung und der Gaszielnetzplanung zu ermöglichen (vgl. Abschnitt Gasversorgung in der Energieplanung), sollte die Gemeinde deshalb frühzeitig mit dem GVU-Kontakt aufnehmen.</p> | ✓ | (✓) |
| <p>Vorgaben an GVU Wenn die Gemeinde Eigentümerin oder Miteigentümerin des GVU ist, kann sie Ziele wie das Netto-Null-Ziel, einen Anteil erneuerbarer Gase und die Stilllegung von Netzen in bestimmten Gebieten vorgeben.</p> | ✓ | X |
| <p>Anpassung Konzession Viele Gemeinden in der Schweiz haben Konzessionsverträge mit den GVU abgeschlossen, die oft keine Regelungen zur Stilllegung enthalten. Diese Konzessionen sollten angepasst oder durch Nachträge ergänzt werden, um die Stilllegung der Gasnetze zu ermöglichen und zu regeln.</p> | (✓) | ✓ |
| <p>Einführung oder Erhöhung der Konzessionsgebühr Gemeinden können mit den GVU über die Einführung oder Erhöhung von Konzessionsgebühren verhandeln (sofern die kantonale Gesetzgebung dies zulässt). Dies kann durch Vertragskündigung und Neuaushandlung geschehen. Höhere Gebühren könnten zu steigenden Gaspreisen führen und Verbraucher zur Umstellung auf alternative Heizsysteme bewegen.</p> | (✓) | ✓ |
| <p>Desinvestitionsbeiträge für frühzeitige Ausserbetriebnahme von Gasheizungen Desinvestitionsbeiträge kompensieren den Ersatz von Gasheizungen, die noch nicht vollständig abgeschrieben sind. Diese Lösung fördert den Aufbau kleiner Versorgungsnetze oder die Erschliessung neuer Gebiete, um eine ausreichende Anschlussdichte für den wirtschaftlichen Betrieb zu erreichen.</p> | ✓ | ✓ |
| <p>Restwertentschädigungen für Gasheizungen Bei der Stilllegung eines Gasnetzes können Eigentümer und Eigentümerinnen von Liegenschaften, deren Gasheizungen noch nicht amortisiert sind, Widerstand leisten. Restwertentschädigungen bieten ihnen eine finanzielle Kompensation für den vorzeitigen Ersatz ihrer Anlagen.</p> | ✓ | ✓ |
| <p>Restwertzahlung für das Netz an den Gasversorger Bei der Stilllegung eines Gasnetzes kann der Zeitpunkt anhand des technischen Lebensendes der Leitungen optimiert werden. Da dies selten für das gesamte Netz gleichzeitig möglich ist, kann die Gemeinde mit dem Gasversorger die Stilllegung von Netzgebieten vereinbaren und dafür den Restwert des Netzes bezahlen, wenn der Versorger nicht im Gemeindeeigentum steht.</p> | (✓) | ✓ |

Abbildung 13: Übersicht über die Instrumente der Gemeinde in der Ausrichtung der Gasversorgung auf Netto-Null. Legende: x= eignet sich nicht, (✓) mittlere Eignung, ✓= gute Eignung (EBP 2024b).

6.5 Handlungsempfehlungen für Gasversorgungsunternehmen (GVU)

Die Geschäftspolitik der GVU soll auf allen Ebenen die neuen energiepolitischen Ziele berücksichtigen. Dies erfordert eine langfristig ausgerichtete Strategie und gebietsspezifische Handlungsvereinbarungen mit den Gemeinden.

6.5.1 Klimapolitische Ziele

Die betrieblichen Ziele der GVU sind an die aktuellen energiepolitischen Zielsetzungen des Bundes, der Kantone und der Gemeinden bei gleichzeitiger Wahrung der betriebswirtschaftlichen Anforderungen und der Gewährleistung der Versorgungssicherheit anzupassen. Dazu gehören insbesondere das Netto-Null-Ziel des Bundes, das es bis 2050 zu erreichen gilt, sowie die Wärmestrategie 2050 und die Vision des Verbands der Schweizerischen Gasindustrie. Die Statuten, die Eigentümerstrategie oder der Leistungsauftrag der GVU sind dementsprechend zu revidieren.

6.5.2 Entwicklungsstrategie

Die betriebliche Entwicklungsstrategie der GVU ist auf künftige Bedürfnisse in der Wärmeversorgung, der Industrie und der Gewerbebetriebe (Prozessenergie) und der erhöhten Wechselwirkungen zwischen den Energienetzen (Konvergenz der Netze) auszurichten.

Das GVU soll eine räumliche Strategie für die weitere Entwicklung des Gasnetzes ausarbeiten (vgl. Gasnetz der Zukunft), die auch die regionale und überregionale Planung berücksichtigt. Dabei soll die zukünftige Versorgung aufgrund sinkender Absätze und der damit verbundenen erhöhten relativen Kosten überprüft werden. Ebenso ist eine Neuausrichtung auf thermische Netze zu prüfen. Ergänzend baut das GVU eine vorausschauende Informations- und Beratungsstrategie auf, mit der sie die Gemeinden mit ihren Kommunikations-Strukturen unterstützen kann.

6.5.3 Wirtschaftliche Aspekte

Gebietsspezifische Voraussetzungen sollen in der räumlichen Energieplanung und / oder in einem Zusammenarbeits- oder Konzessionsvertrag zwischen der Standortgemeinde und den Betreibern der thermischen Netze und dem GVU festgelegt werden. Dies ermöglicht langfristige Planungen mit erhöhter Rechtssicherheit für alle Beteiligten.

Die Abschreibung und Verzinsung der Gasleitungen liegen in der Grössenordnung von 5 bis 10 % des Gas-Verkaufspreises (Preisüberwacher, 2011). Bei einer deutlichen Abnahme des Gasabsatzes, insbesondere durch Gebäudesanierungen und Umstieg der Kunden auf erneuerbare Energien, kann dieser Anteil deutlich steigen. Ob diese höheren Kosten vollständig auf die Kunden überwältzt werden können, ist unklar. Es können nicht amortisierbare Kosten für das GVU resultieren. Bei Stilllegungen von Teilen des Gas-Verteilnetzes resultieren zudem Kosten für die operative Ausserbetriebnahme und die Sicherung der Leitungsinfrastruktur. Eine Verkürzung der Amortisationsdauer des Verteilnetzes oder ein kalkulatorischer Risikozuschlag bei der internen Verzinsung wirken diesen Risiken entgegen und vergrössern in der Zukunft den unternehmerischen Spielraum.

Eine offene Kommunikation zwischen dem GVU, den Betreibern der thermischen Netze und der Standortgemeinde ist Voraussetzung für eine gute Kooperation in der Umsetzung der in der räumlichen Energieplanung festgelegten Massnahmen.

6.6 Quellen

- Bundesamt für Energie (BFE) (2024): Gesamtenergiestatistik 2023. Verfügbar unter: <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/gesamtenergiestatistik.html/> (Zugriff am [18.07.2024]).
- EBP (2020): Ratgeber Zukunft der Gasinfrastruktur. Metropolitankonferenz Zürich. Zürich, Schweiz.
- EBP (2022): Grundlagenstudie für die Weiterentwicklung der MuKE. Energiefachstellenkonferenz der Kantone. Zürich, Schweiz.
- EBP (2024b): Thermische Netze und Gas. EnergieSchweiz. Bern, Schweiz.
- Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) (2023): Klima- und Innovationsgesetz. Verfügbar unter: <https://www.uvek.admin.ch/uvek/de/home/uvek/abstimmungen/klima-und-innovationsgesetz.html> (Zugriff am [17.07.2024]).
- Hoesli B. & Passaglia M. (2019): Erdgas in der kommunalen Energieplanung. Aqua & Gas
- Konferenz Kantonaler Energiedirektoren: Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE) 2014. Verfügbar unter: <https://www.endk.ch/de/energiepolitik-der-kantone/muken> (Zugriff am [17.07.2024]).
- Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB (2023): Ökobilanzdaten im Baubereich. Verfügbar unter: https://www.kbob.admin.ch/kbob/de/home/themenleistungen/nachhaltiges-bauen/oekobilanzdaten_baubereich.html (Zugriff am [17.07.2024]).

Modul 7: Grundsätze thermische Netze

Eignung und Wirtschaftlichkeit

Modul 7 in Kürze

Überblick thermische Netze

Die räumliche Energieplanung ist eine wichtige Voraussetzung für die Realisierung von thermischen Netzen (wie Wärme-/Kälteverbünde oder Anergienetze). Diese eignen sich für die Versorgung von Siedlungsgebieten mit Wärme im Hoch- und im Niedertemperaturbereich bzw. mit Kälte aus Abwärme und ortsgebundenen erneuerbaren Energien.

Wirtschaftlicher Betrieb thermischer Netze

Um den wirtschaftlichen Betrieb eines thermischen Netzes zu prüfen, sind Abklärungen zu den Gesteungskosten bei der Energieerzeugung, zur Wärme- und Kältebedarfsdichte, zu den Anforderungen des Gebäudebestandes sowie den Kosten für die Energieverteilung im Versorgungsgebiet erforderlich. Zwingend ist auch die Koordination mit einer allfällig bestehenden Gasversorgung.

Weiterführende Informationen und Links

- Organisation und Finanzierung von thermischen Netzen, Modul 8
- Separates Beiblatt zu den Modulen 1 bis 10

7.1 Überblick thermische Netze

Wo ist der Aufbau von thermischen Netzen zweckmässig? Welche Faktoren beeinflussen die Eignung für einen thermischen Verbund? Neben den technischen und räumlichen Voraussetzungen sind dafür auch die Wirtschaftlichkeit und die Koordination mit bereits bestehenden Versorgungsnetzen zu beachten.

7.1.1 Bedeutung der thermischen Netze für die Wärmetransformation

Bis 2050 müssen fossile Heizungen durch CO₂-freie Heizsysteme ersetzt werden. Thermische Netze sind dabei von zentraler Bedeutung für die CO₂-freie Wärmeversorgung von Gebäuden und teilweise auch von Industriebetrieben in Gebieten mit grosser Energiebezugsdichte. Sie ermöglichen die Nutzung von standortgebundener Abwärme sowie von Wärme aus erneuerbaren Quellen wie Kehrlichtverwertungsanlage, ober- und unterirdischen Gewässern, Abwasser, Geothermie und Biomasse.

Fast 40 % des Endenergiebedarfs für Raumheizung und Warmwasser könnten bis 2050 durch thermische Netze gedeckt werden. Dadurch würden rund 700'000 Haushalte über thermische Netze versorgt und im Durchschnitt 2'500 Liter Öl je Haushalt ersetzt. Insgesamt könnten auf diese Weise die CO₂-Emissionen um 5 Millionen Tonnen reduziert werden (BFE 2023a; EnDK 2019). Thermische Netze stellen somit eine Alternative zum Gasnetz dar. In den nächsten Jahren werden viele fossile Heizungen durch erneuerbare ersetzt. In einigen Kantonen ist dies gesetzlich vorgegeben. Der Aufbau eines thermischen Netzes muss demnach in den nächsten zehn bis fünfzehn Jahren erfolgen, um nicht zu viele potenzielle Kunden an individuelle Lösungen zu verlieren.

7.1.2 Verständnis thermischer Netze

Ein thermisches Netz ist die leitungsgebundene Verteilung von Wärme und/oder Kälte aus einer gemeinsamen Energiequelle. Innerhalb der thermischen Netze wird zwischen Hoch- und Niedertemperaturnetzen unterschieden (vgl. Abb. 1).

- Hochtemperaturnetze weisen eine Vorlauftemperatur von mehr als 60 °C auf.
- Niedertemperaturnetze eine Vorlauftemperatur von weniger als 60 °C auf. Die neueste Generation von thermischen Netzen sind die Anergienetze. Sie verteilen Energie, welche auf einem niedrigen Temperaturniveau (<30 °C), aus Abwärme oder Umweltwärme (Erdwärme, Grund- und Oberflächenwasser, Luft) produziert wurde. Der Temperaturhub auf das benötigte Temperaturniveau erfolgt dabei nicht zentral, sondern beim jeweiligen Nutzer. Mit Anergienetzen kann sowohl geheizt als auch gekühlt werden und auch niederwertige Abwärme aus Industrie und Gewerbe andernorts genutzt werden.

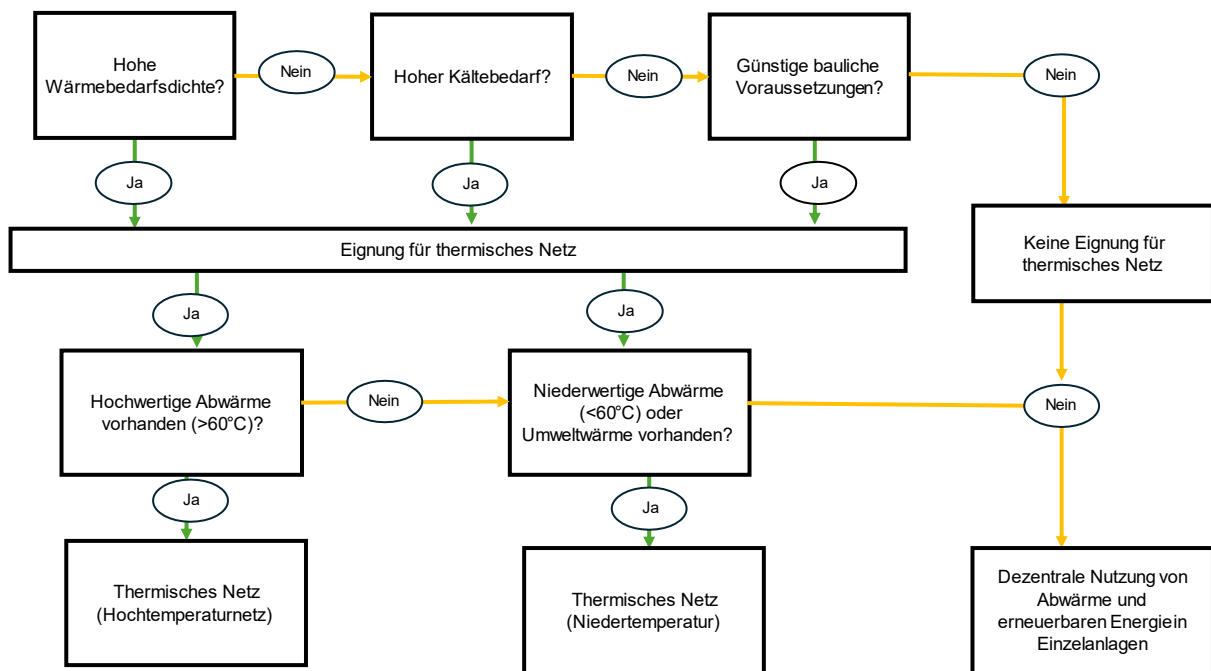


Abbildung 15: Entscheidungsverfahren für den Aufbau eines thermischen Netzes

Folgende weitere Voraussetzungen begünstigen den Aufbau eines thermischen Netzes:

- Grossverbraucher mit ganzjährigem Wärmebedarf (Schlüsselkunden wie Schulen, Spitäler, Altersheime, Wäschereien)
- Grossverbraucher mit ganzjährigem Kältebedarf (Schlüsselkunden wie Rechenzentren)
- Wohngebiete: Eine hohe Wärmebedarfsdichte weisen ältere, dicht bebaute Wohngebiete auf; Transformations- und Neubaugebiete mit geringerer Wärmedichte lassen sich oft auch mit Niedertemperaturnetzen versorgen, bei denen die Wärmeerzeugung mit Wärmepumpen dezentral in den Gebäuden erfolgt.
- Betriebsdauer: Bei der Eignungsabklärung von Gebieten ist auf den künftigen Wärmebedarf (unter Beachtung von Gebäudesanierungen, Ersatzbauten) sowie die zeitliche Verfügbarkeit der Energiequellen zu achten.
- Steigende Kältenachfrage: Aufgrund der klimatischen Veränderung wird die Kältenachfrage steigen. Dies ist bei der Planung abzuschätzen und zu beachten. So kann z. B. ein flexibles System im Winter Wärme und im Sommer Kälte verteilen.
- Zonen mit einem hohen Anteil an Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen: Die Erschliessung von Industrie- und Gewerbegebieten mit Wärme- oder kombinierten Kältenetzen ist detailliert und im Einzelfall zu prüfen.

7.1.4.1 Kombination von Wärme- und Kältelieferungen

Die Nachfrage nach Kälte zur Klimatisierung von Dienstleistungsgebäuden, Serveranlagen und Rechenzentren nimmt deutlich zu (Klimaerwärmung, Hitzeinseln in Innenstädten, Abwärme EDV sowie steigende Komfortansprüche). Die konventionelle Kälteproduktion – mit Strom angetriebene Kältemaschinen – verursacht Abwärme, die in Hitzeperioden das Mikroklima in Innenstädten zusätzlich aufheizt.

Die Versorgung mit Wärme und Kälte kann in thermischen Netzen sinnvoll kombiniert werden. Dabei gibt es verschiedenen Arten von möglichen Kombinationen, welche je nach Nachfrage gewählt werden sollen:

- Anergienetz: Dieses Zweileitersystem ist auf niedrige Temperaturen ausgelegt. Im Idealfall kann das Anergienetz direkt, ohne zusätzliche Wärmepumpe zum Kühlen genutzt werden. Dies ist thermodynamisch äusserst effizient. Die Leitungen eines Anergienetzes haben einen verhältnismässig grossen Durchmesser, da nur ein geringer Temperaturunterschied zwischen vor und Rücklauf (bzw. warmer und

kalter Seite) besteht. Dafür ist keine Dämmung der Rohrleitungen nötig. Vierleiter-System: In diesem System wird neben Wärme auch Kälte geliefert, die je einen Vor- und einen Rücklauf benötigt, also vier Leitungen. Mit zentralen Wärme- und Kältemaschinen werden Wärme und Kälte erzeugt, welche in je einem separaten Netz zur Verfügung gestellt werden können. Ein grosser Vorteil dieses Systems ist, dass die Abwärme der Kälteerzeugung direkt in die Wärmeverteilung eingespeist werden kann. Das System kann daher besonders effizient sein. Da die Baukosten mit der Anzahl der Leiter steigen sind solche Netze meist räumlich stark begrenzt.

- Change-Over-System (Zweileiter-System): Bei diesem Zweileiter-System wechselt halbjährlich der Betriebsmodus: im Winter ist die Vorlauftemperatur auf direktem Nutzniveau ($> 60\text{ °C}$), im Sommer beträgt die Vorlauftemperatur weniger als 20 °C , sodass direkt gekühlt werden kann. Dieses System lohnt sich jedoch nur, wenn im Winter kein Kühlbedarf besteht und im Sommer der Kühlbedarf höher ist als der Heizbedarf. Dies ist insbesondere dann interessant, wenn das Brauchwarmwasser lokal erzeugt wird (Wärmepumpenboiler). Zudem muss die Alterung der Rohrleitungen genau betrachtet werden, da diese durch grosse Temperaturschwankungen beschleunigt werden kann.

Koordination mit der Gasversorgung

Die Koordination der Gasversorgung mit bestehenden und geplanten thermischen Netzen ist eine wesentliche Aufgabe der räumlichen Energieplanung. Entsprechende Erwägungen, Planungsgrundsätze und Massnahmen werden in Modul 6 «Gasnetz der Zukunft» beschrieben. Die wichtigsten Punkte sind dabei folgende:

- In Gebieten mit bestehenden oder geplanten thermischen Netzen, die bereits mit Gas versorgt sind, ist für die beteiligten Energie- und Gasversorgungsunternehmen das Vorgehen bei Interessenkonflikten festzulegen. Der direkte Umstieg von Gasversorgung auf ein thermisches Netz ist oft kostengünstiger, bedarf aber einer sehr guten Koordination mit allen Beteiligten.
- Sind keine thermischen Netze vorhanden, können die für das jeweilige Gebiet am besten geeigneten erneuerbaren Energieträger festgelegt werden.
- Um eine Koordination zwischen Gasversorgung und thermischen Netzen zu gewährleisten, sollte die Gasversorgung am besten im Vorfeld der räumlichen Energieplanung ihr Netz analysieren (Alter und Zustand der Leitungen) und im Idealfall bereits eine Zielnetzplanung vornehmen, die, wenn möglich, auch die regionale und überregionale Situation berücksichtigen. Dabei ist zu beachten, dass Erdgas und Wasserstoff zukünftig nicht für den Einsatz in der Raumwärme vorgesehen sind.

7.1.5 Dekarbonisierung von thermischen Netzen

Für die Erreichung von Netto-Null 2050 ist es von Bedeutung, dass die thermischen Netze ohne fossile Energien betrieben werden. Die Technologien zur Betreibung eines thermischen Netzes ohne fossile Energien in der Grundlast sind bereits verbreitet. Oft werden für die Spitzenlastdeckung noch Heizöl oder Gas eingesetzt. Für die Dekarbonisierung von thermischen Netzen gibt es gemäss dem Leitfaden für emissionsfreie thermische Netze (Planair SA & Verenum AG 2023) verschiedenen Möglichkeiten:

- Thermische Speicher: Für die Deckung oder Minimierung der Spitzenlast können Speicher (Langzeit- und saisonale Speicher) eingesetzt werden. Die Wahl der Art des Speichers ist abhängig von den örtlichen Begebenheiten.
- Betriebsoptimierung: Eine optimale Einstellung des Betriebs von der Erzeugung über die Verteilung bis zum Nutzer ermöglicht die Minimierung der Spitzendeckung z. B. durch erhöhte Effizienz und Verminderung der Gleichzeitigkeit des Bedarfs (Lastverschiebung).
- Erzeugungsseitige Optimierung: Die Regelung von thermischen Netzen funktioniert oft reaktiv, d. h. Betreiber reagieren auf Signale, indem der Wärmeerzeuger beeinflusst wird. Da erneuerbare Energie meist weniger flexibel auf Bedarfsänderungen reagieren kann als fossile Energien, dienen Bedarfsprognosen dazu, das System zu optimieren.

- Alternative Energieträger (Grundlast): Anstelle von fossilen Energieträgern können erneuerbare Energiequellen in Kombination mit einer Nacherwärmung durch synthetische Brennstoffe oder Elektrodenkessel erfolgen.
- Alternative Energieträger (Spitzenlast): Heute bereits verfügbare erneuerbare Alternativen zur fossilen Spitzenlastabdeckung sind Biogas und Elektrodenkessel. Bei Biogas sollte die Verfügbarkeit im Voraus abgeklärt werden, da Biogas eine knappe Ressource ist (Planair SA & Verenum AG 2023). Zirka ab 2040 könnten auch synthetische Brennstoffe oder Wasserstoff eine Alternative darstellen (Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen 2022).

7.2 Standorte von Energiezentralen und -speicher

Für die Einrichtung eines thermischen Netzes ist der Bau einer Energiezentrale unverzichtbar. Oft werden weitere Infrastrukturen wie Wasserfassungen bei Seen oder Flüssen, Erdsondenbohrungen oder Pumpbrunnen bei Grundwassernutzung benötigt. Auch Energiespeicher werden in Zukunft eine wichtigere Rolle spielen. Angesichts der zunehmenden Verdichtung der Bebauung wird die Standortfindung jedoch zunehmend komplexer, weshalb eine frühzeitige Sicherung geeigneter Standorte essenziell ist. Verschiedene Faktoren sind dabei für die Auswahl eines Standorts für Energiezentralen und -speicher von Bedeutung:

- Nähe zu Versorgungsgebiet
- Verfügbarkeit Energiepotenziale und der Energieabnehmer
- Wirtschaftliche Faktoren (Bsp. Nähe zu Versorgungsgebiet)
- Anschluss an Infrastruktur
- Topographie des Standortes
- Gesetzliche Vorgaben (BNO/ BZO, Umwelt- und Naturschutzaufgaben)
- Umwelt- und Naturschutzaufgaben
- Grundeigentümerin/innen des Standortes

Die Bedeutung dieser Faktoren variiert je nach Standort und geplantem Energieträger für die notwendigen Infrastrukturen. Die Gemeinde verfügt über verschiedene Optionen zur Absicherung von Standorten für Infrastrukturanlagen. Dabei sind unterschiedliche Ausgangslagen zu berücksichtigen:

- Eigentumsverhältnisse des Standorts
- Gemeindееigenes Land: Ist der Standort bereits im Besitz der Gemeinde, kann diese ohne zusätzliche Grundstücksverhandlungen über das Gebiet verfügen und die erforderlichen Genehmigungen erteilen. Das ermöglicht häufig eine schnellere und kostengünstigere Umsetzung des Projekts.
- Privateigentum: Befindet sich der Standort in Privatbesitz, muss die Gemeinde Verhandlungen führen und gegebenenfalls Pacht- oder Kaufvereinbarungen abschließen. Dies kann längere Verhandlungen und finanzielle Kompromisse erfordern.
- Zone des Standortes
- Standort innerhalb der Bauzone: Liegt der Standort innerhalb einer Bauzone, lässt sich die Entwicklung meist schneller realisieren, da in der Regel keine grundlegenden Änderungen am Zonenordnung notwendig sind. Besonders geeignet für den Bau einer Energiezentrale oder eines Speichers sind Industrie- oder Gewerbezone oder Zonen für öffentliche Bauten; reine Wohngebiete eignen sich dafür hingegen weniger.
- Standort ausserhalb der Bauzone: Befindet sich das benötigte Land ausserhalb einer Bauzone, ist meistens eine Einzonung erforderlich. Dieser Prozess kann langwierig sein und erfordert eine enge Abstimmung mit den übergeordneten Behörden und der Öffentlichkeit.

Je nach Ausgangslage hat die Gemeinde verschiedene Handlungsmöglichkeiten, um geeignete Standorte für Energiezentralen oder Energiespeicher zu sichern. Sie kann beispielsweise eigene Grundstücke für diesen Zweck nutzen und damit eine direkte Umsetzung ohne zusätzliche Erwerbsprozesse ermöglichen. Alternativ besteht die Möglichkeit, Flächen von privaten Eigentümern und Eigentümerinnen zu erwerben, um notwendige Standorte zu sichern. Sollte das geplante Gebiet nicht in einer geeigneten Bauzone liegen, kann die Gemeinde zudem eine Einzonung anstreben, um den Bau einer Energiezentrale oder eines Speichers rechtlich zu ermöglichen. Bei Einzonungen ist ein Nachweis der Standortgebundenheit notwendig.

7.3 Wirtschaftlichkeit thermischer Netze

Die Wirtschaftlichkeit eines thermischen Netzes ist schwierig allgemein zu beurteilen, da sie von vielen Faktoren abhängt. Die Energiekosten und die Investitionskosten beeinflussen unter anderem den angebotenen Energietarif und damit die Konkurrenzfähigkeit gegenüber individuellen Heizungs-lösungen. Die Wirtschaftlichkeit muss deshalb im Rahmen einer Machbarkeitsstudie zwingend genauer untersucht werden. In diesem Kapitel werden einige begünstigende Bedingungen für den wirtschaftlichen Betrieb thermischer Netze aufgezeigt.

7.3.1 Schlüsselparameter für die Wirtschaftlichkeit thermischer Netze

Die Versorgung in thermischen Netzen erfolgt wirtschaftlich, wenn über den ganzen Lebenszyklus die Aufwendungen inkl. externer Kosten nicht höher sind als eine dezentrale Versorgung mit Wärme und Kälte (SIA 480). Folgende Faktoren beeinflussen die Wirtschaftlichkeit eines thermischen Netzes stark:

1. **Energiebedarfsdichte:** Die Energiebedarfsdichte ist der Energiebedarf pro Jahr aller Verbraucher im Verhältnis zur Grundfläche eines Versorgungsgebiets. Ab einer Energiebezugsdichte von rund 400 MWh pro Jahr und Hektare kann ein Gebiet interessant werden.
2. **Anschlussgrad:** Der Anschlussgrad gibt das Verhältnis angeschlossener zu potenziell möglicher Energiebezugsmenge an. Für einen wirtschaftlichen Betrieb sind oft Grössenordnungen von 50 Prozent oder höher erforderlich.
3. **Anschlussdichte (auch Liniendichte oder lineare Energiedichte):** Die Anschlussdichte beschreibt das Verhältnis zwischen der an die Kunden gelieferten Energie pro Jahr und der gesamten Länge der Leitungen. Je höher der Energiebedarf pro Fläche und je geringer die Leitungslänge, umso wirtschaftlicher lässt sich ein thermisches Netz betreiben. Ab einer Leistungsdichte von mehr als 1 kW pro Trassenmeter (Tm) bzw. mehr als 2 MWh/(Tm · a) bei Ganzjahresbetrieb kann ein Gebiet interessant werden. Da die Länge des Leitungsnetzes vor der Machbarkeitsstudie oftmals noch unbekannt ist, kann die Faustregel von ca. 200 bis 300 Tm Leitungsbedarf pro Hektare Siedlungsfläche für die Haupterschliessung verwendet werden.

Wärmedichte in Neubaugebieten

In Neubaugebieten ist aufgrund erhöhter Wärmedämmungsanforderungen mit einem geringeren Heizwärmebedarf zu rechnen; der Wärmebedarf für Brauchwarmwasser bleibt etwa konstant. Die Gebäude können auf niedrigem Temperaturniveau beheizt werden. Dies begünstigt die individuelle Versorgung pro Gebäude mit erneuerbaren Energiequellen (z. B. Erdwärme). Somit beschränkt sich die Eignung für thermische Netze auf Neubaugebiete mit sehr hoher baulicher Dichte, mit lokal verfügbarer Abwärme und Umweltwärme, mit hohem Kühlbedarf oder mit besonderen baulichen Voraussetzungen. Zur Deckung eines kombinierten Bedarfs von Wärme und Kälte können Anergienetze eine interessante Option darstellen.

Tabelle 1 liefert erste Anhaltspunkte dafür, in welchen Bereichen ein thermisches Netz wirtschaftlich betrieben werden kann und daher eine vertiefte Prüfung sinnvoll ist.

| Ausnutzungsziffer | Bestehende Bauten | | Neubauten | |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|--|--|
| | HT-Netze (≥ 60 °C) | NT-Netze (< 60 °C) | HT-Netze (> 60 °C, fossil max. 20 %) | NT-Netze (Abwärme oder erneuerbar) |
| < 0,5 | wenig geeignet | wenig geeignet | wenig geeignet | wenig geeignet |
| < 0,5 bis 0,80 | bedingt geeignet | bedingt geeignet | wenig geeignet | bedingt geeignet |
| 0,80 bis 1,10 | geeignet | geeignet | bedingt geeignet | bedingt geeignet |
| > 1,10 | geeignet | geeignet | geeignet | geeignet |

Tabelle 5: Nutzerseitige Eignung von Wohngebieten bzw. Zonen mit mehrheitlich Wohnbauten für Hoch (HT)- und Niedertemperatur (NT)-Netze. Annahmen: Anschlussdichte ca. 1 kW / Tm (ca. 2 MWh / a Trassenmeter (Tm)). Verteilungskosten bei Neubauten: 800 Fr. / Tm; bestehende Gebäude: 1200 Fr. / Tm; Wirtschaftlichkeitsgrenze bei Verteilungskosten von 40 Fr. / MWh

Glossar

Ausbaugrad: Verhältnis gebauter zur im Zonenplan erlaubten Gebäudesubstanz (Tab. 1: Annahme 100 %).

Anschlussdichte: Verhältnis angeschlossener zu potenziell bezogener Energiemenge (Tab. 1: Annahme 75 %). Für Gebiete mit ähnlichen Verbrauchern entspricht dies auch dem anzahlmässigen Anteil der angeschlossenen Wärmeabnehmer.

Ausnutzungsziffer: Verhältnis zwischen der anrechenbaren Bruttogeschossfläche des Gebäudes und der anrechenbaren Landfläche

7.3.2 Ermittlung der ungefähren Energiegestehungskosten

Die Energiegestehungskosten werden oftmals verwendet, um die Wirtschaftlichkeit einer Anlage zu bestimmen und die Kosten mit anderen Systemen zu vergleichen. Die Energiegestehungskosten geben an, wie viel es kostet, eine bestimmte Menge an Energie zu erzeugen. Sie werden berechnet, indem man alle Kosten, die für die Erzeugung dieser Energiemenge anfallen, durch die erzeugte Energiemenge teilt:

Energiegestehungskosten = $\frac{\text{Gesamtkosten}}{\text{Erzeugte Energiemenge}}$. Zu den Gesamtkosten zählen Investitionskosten, Betriebskosten, Kapitalkosten und Entsorgungskosten. Berücksichtigt wird auch die finanzielle Unterstützung, beispielsweise aus Förderprogrammen oder Klimakompensationsprojekten. Die Gestehungskosten bei thermischen Netzen bewegen sich typischerweise zwischen 50 und 170 CHF/MWh. (*Verband Fernwärme Schweiz 2022*)

Grundsätzlich gilt: Je geringer die Energiegestehungskosten ausfallen, umso mehr Aufwand darf für die Verteilung im thermischen Netz eingesetzt werden. Die Verteilungskosten werden entscheidend von der Wärme-/Kälteabgabe (MWh / a) pro Tm beeinflusst (Tabelle 1).

Investitionskosten

Die Investitionskosten umfassen sämtliche Kosten zur erstmaligen Erstellung des thermischen Netzes. Sie umfassen die Planungskosten, die Kosten für die Energieerzeugung, die Energieverteilung und die Übergabe an die Kundinnen und Kunden. Bei den Kosten für die Energieverteilung spielen insbesondere die Leitungskosten eine grosse Rolle, diese wiederum sind von folgenden Faktoren abhängig (nicht abschliessend):

- *Verlegungsort:* Innerstädtisch können Baukosten 1,5-mal bis 5-mal höher sein als im ländlichen Gebiet. Erfolgt die Erschliessung eines Gebiets gleichzeitig mit den übrigen Werkleitungen und Strassen, kann mit tieferen Kosten gerechnet werden.
- *Linienführung:* Eine hohe Dichte an Werkleitungen, sowie Querungen von Gewässern, Bahnlinien oder Autobahnen sind besonders kostentreibend.
- *Temperaturniveau und Wärmemedium:* Niedertemperaturnetze ohne Isolation sind oft günstiger als Hochtemperaturnetze (Richtgrösse für kanalverlegte Dampfleitung mit DN 100: 4 000 CHF/Tm) (*Verband Fernwärme Schweiz 2022*).

7.3.3 Risiken und weiterführende Überlegungen

Der Bau von Energiezentralen und thermischen Netzen ist eine langfristige Investition. Die Amortisationszeit für Energieerzeuger beträgt zwischen 20 bis 25 Jahren und für thermische Netze rund 40 Jahre. Daher ist es bei der Wirtschaftlichkeitsanalyse wichtig, auch eine Risikobewertung für Abweichungen von der geplanten Entwicklung vorzunehmen. Solche Abweichungen könnten zum Beispiel bedeuten, dass der geplante Ausbau nicht vollständig erreicht wird. Auch kann der Energieverkauf durch Renovierungen von Gebäuden oder durch neue wirtschaftliche und gesetzliche Vorgaben sinken. Zusätzlich könnten die Energiepreise ändern, die Investitionskosten steigen oder die Zinssätze ändern. (*Arbeitsgemeinschaft QM Fernwärme 2022*)

Weitere Schritte nach Bestätigung der Machbarkeit eines thermischen Netzes werden in Modul 8 aufgezeigt.

7.4 Quellen

- Bundesamt für Energie (BFE) (2023a). Wärmestrategie 2050. Bern, Schweiz. Verfügbar unter: <https://www.news.admin.ch/newsd/message/attachments/74920.pdf> (Zugriff am [17.07.2024]).
- Gnehm, Rita (2022): Guidance for cities developing H/C plans. Decarb City Pipes 2050.
- Hochschule Luzern (HSLU) (2024): Seminar thermische Netze Schweiz.
- Konferenz Kantonaler Energiedirektoren (EnDK) (2019): Merkblatt Fernwärme in Kürze. Verfügbar unter: https://www.endk.ch/de/ablage/energieberatung/Merkblatt%20Fernwaerme%20in%20Kuerze%2020190502_d.pdf (Zugriff am [17.07.2024]).
- PLANAR (2016): Rechte und Pflichten bei der Wärmeversorgung im Verbund. EnergieSchweiz, Kantone LU, SG, TG, SH, ZH. Bern, Schweiz.
- PLANAR (2017): Energievorschriften in der Nutzungs- und Sondernutzungsplanung. EnergieSchweiz. Bern, Schweiz.
- Planair SA & Verenum AG (2023): Leitfaden für emissionsfreie thermische Netze. RES DHC.
- SIA 480: Wirtschaftlichkeitsrechnung für Investitionen im Hochbau. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein. Zürich, Schweiz.
- Verband Fernwärme Schweiz (2022): Leitfaden Fernwärme / Fernkälte. EnergieSchweiz & fernwärme. Bern, Schweiz.
- Verbund Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE) (2022): Spotlight Wasserstoff. Energiezukunft 2050. Wege in die Energie und Klimazukunft der Schweiz.
- Arbeitsgemeinschaft QM Fernwärme (2022): Planungshandbuch Fernwärme. EnergieSchweiz & QM Fernwärme. Bern, Schweiz.

Modul 8: Organisation und Finanzierung thermischer Netze

Insbesondere durch Gemeinden

Modul 8 in Kürze

Vorgehen für die Realisierung von thermischen Netzen

Für die Realisierung eines thermischen Netzes kann ein vierstufiges Vorgehen angewendet werden:

- *Projektidee konkretisieren*: Die Gemeinde erstellt eine Energieplanung, um potenzielle Verbundgebiete zu identifizieren.
- *Machbarkeit und Konkurrenzfähigkeit beurteilen*: In einem nächsten Schritt wird die technische und wirtschaftliche Machbarkeit geprüft.
- *Organisations- und Finanzierungsvarianten analysieren*: Die Gemeinde bewertet verschiedene Organisationsmodelle (z.B. durch Dritte, Partnerschaften oder allein) und deren finanzielle Anforderungen.
- *Varianten beurteilen und Vorgehen festlegen*: Basierend auf festgelegten Beurteilungskriterien werden die Optionen verglichen und die geeignete Lösung ausgewählt.

Rechtliche Aspekte

Für die Realisierung eines thermischen Netzes gibt es einige rechtliche Fragen zu klären. In diesem Modul wird auf folgende Fragen eingegangen:

- Ausschreibung eines thermischen Netzes
- Konzession von thermischen Netzen und weitere Vertragsformen
- Einbezug der Bevölkerung

8.1 Vorgehen zur Realisierung von thermischen Netzen für Gemeinden

Die Initiative zum Aufbau eines thermischen Netzes kann von verschiedensten Akteuren her kommen wie von der Standortgemeinde selbst, ihrem Energiedienstleister, einem externen Energiedienstleister, von Grundeigentümern oder einem Betrieb mit der Auflage der Abwärmenutzung. Je nach Initiator oder Initiatorin gibt es unterschiedliche Möglichkeiten die Rechte und Pflichten des Betreibers des thermischen Netzes zu Regeln. Im folgenden Modul werden nur die Möglichkeiten vorgestellt, bei welchen die Gemeinde an der Realisierung des thermischen Netzes federführend beteiligt ist.

Das hier beschriebene Vorgehen wird im Leitfaden «Organisation und Finanzierung von thermischen Netzen» von EnergieSchweiz für Gemeinden ausführlicher beschrieben.

Die Organisation und Finanzierung von thermischen Netzen sind eng miteinander verbunden. Die Art, wie das thermische Netz organisiert wird, bestimmt, welche finanziellen Mittel benötigt werden. Gleichzeitig beeinflusst das verfügbare Budget, welche Organisationsformen überhaupt infrage kommen. Öffentliche, private oder gemischte Modelle erfordern jeweils unterschiedliche Finanzierungsansätze. Eine Gemeinde mit begrenzten Mitteln kann möglicherweise nicht jede Organisationsform umsetzen. Ausserdem gilt: Je mehr Geld die Gemeinde beisteuert, desto grösser ist ihr Einfluss auf die Organisationsstruktur und die Entscheidungen.

Um die beste Lösung für die Organisation und Finanzierung zu finden, kann die Gemeinde einen vierstufigen Prozess nutzen (vgl. Abbildung 1). Dieser umfasst das Erarbeiten von Optionen, das Abwägen von Vor- und Nachteilen, die Bewertung der Möglichkeiten und schliesslich die Entscheidung. Der im Folgenden vorgestellte Ansatz hilft der Gemeinde, eine Lösung zu finden, die sowohl zum finanziellen Rahmen als auch zu den organisatorischen Zielen passt.

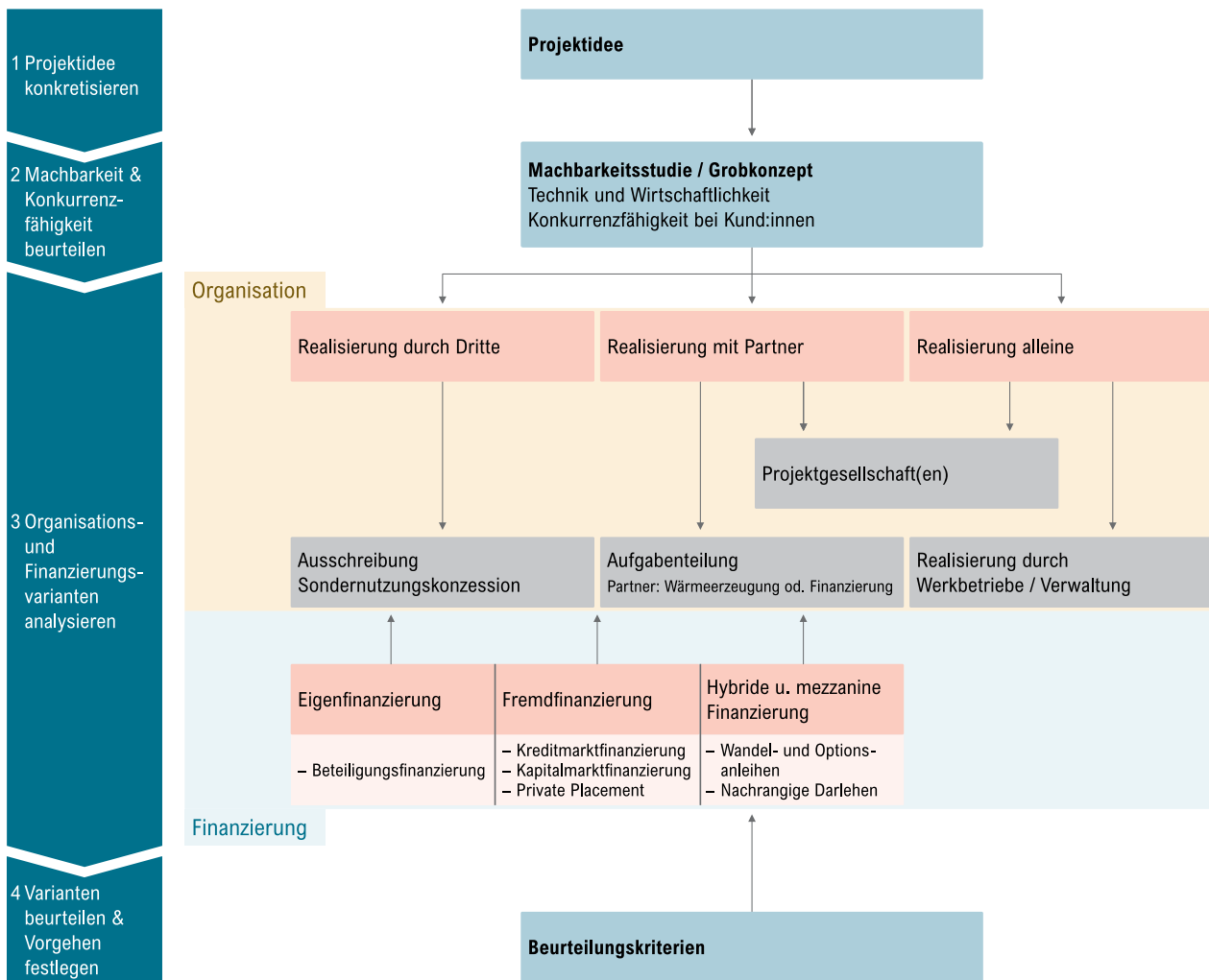


Abbildung 2: Vier Schritte für Gemeinden, um die Organisation und Finanzierung von thermischen Netzen zu klären

8.1.1 Schritt 1: Projektidee konkretisieren

Der erste Schritt für die Gemeinde ist die Erarbeitung einer räumlichen Energieplanung. Die Energieplanung gibt der Gemeinde einen Überblick über die potenziellen Energiequellen (vgl. Modul 4) und die räumliche Verteilung der Wärme- und Kältenachfrage (vgl. Modul 3).

Falls in der Energieplanung eines oder mehrere Gebiete als mögliche Verbundgebiete ausgeschieden wurden, folgt der zweite Schritt.

Die Projektidee kann auch von Contractoren oder anderen Akteuren kommen (Abwasserreinigungsanlage, Private etc.). In diesem Fall ist für die Gemeinde eine gute Regelung der Rechte und Pflichten in einem entsprechenden Vertrag wichtig (vgl. Kapitel «Rechtliche Frage»).

8.1.2 Schritt 2: Machbarkeit und Konkurrenzfähigkeit beurteilen

In den Gebieten, die in der Energieplanung als (mögliche) Verbundgebiete ausgeschieden wurden, muss zunächst deren Machbarkeit abgeklärt werden. Viele Kantone und zum Teil das BFE unterstützen die Erarbeitung von Machbarkeitsstudien finanziell (maximal 50%). Dazu zählt die technische Machbarkeit, bei welcher Aspekte wie Standort der Energiezentrale, das Temperaturniveau, die Hydraulik sowie die Leitungsführung berücksichtigt werden müssen. Darauf aufbauend sind wirtschaftliche Analysen erforderlich. Dazu gehören insbesondere:

- **Ermittlung der ungefähren Energiegestehungskosten (vgl. Modul 7):** Diese ermöglicht es, die Kosten unterschiedlicher Energiequellen miteinander zu vergleichen.
- **Finanzierungsplanung:** Hierbei sind die Investitionskosten (vgl. Modul 7) für den Aufbau des Netzes zu ermitteln und der Cashflow zu berücksichtigen, um die Rentabilität und Finanzierbarkeit des Projekts zu beurteilen. Eine Anschlussverpflichtung (vgl. Modul 7) kann allenfalls die Risiken minimieren.

Weitere Empfehlungen für die Inhalte der Machbarkeitsstudie finden sich in der Checkliste von Energieschweiz (2023). Die gewonnenen Erkenntnisse ermöglichen es, die Konkurrenzfähigkeit des thermischen Netzes mit anderen Lösungen zu vergleichen und später mit Kapitalgebern zu verhandeln.

Die Machbarkeitsabklärung sollte von Fachexperten und Fachexpertinnen mit Expertise mit thermischen Netzen durchgeführt werden: In einzelnen Gemeinde können dies die eigenen Werkbetriebe übernehmen oder es wird ein spezialisiertes Ingenieurbüro beauftragt. Eine Gemeinde mit begrenztem Know-how im Bereich thermischer Netze hat die Möglichkeit, die Entwicklung des Netzes – von der Machbarkeitsstudie über die Ausführungsplanung bis hin zu Umsetzung und Betrieb – auszuschreiben. Nach der Vergabe kann die Gemeinde gemeinsam mit einem Partner gezielt die Weiterentwicklung des Netzes vorantreiben. Erweist sich das thermische Netz im Rahmen der Machbarkeitsprüfung als realisierbar, kann die Gemeinde im nächsten Schritt verschiedene Organisations- und Finanzierungsmodelle miteinander vergleichen.

8.1.3 Schritt 3: Organisations- und Finanzierungsvarianten analysieren

Organisation und Finanzierung von thermischen Netzen sind untrennbar miteinander verwoben. Die gewählte Organisationsform bestimmt den finanziellen Bedarf, während umgekehrt das verfügbare Budget allenfalls die möglichen Organisationsformen einschränkt. Gleichzeitig gilt: Je höher die finanzielle Beteiligung der Gemeinde, desto mehr kann sie (mit)entscheiden. Grundsätzlich gibt es drei Organisationsmöglichkeiten, mit jeweils Vor- und Nachteilen sowie unterschiedlichen finanziellen Voraussetzungen.

| Realisierung: | durch Dritte | mit einem Partner | Allein |
|---|--|---|--|
| Mitspracherecht der Gemeinde | Gering, hauptsächlich über die Konzession | Abhängig von der finanziellen Beteiligung, von gering bis massgeblich | Vollständig bei der Gemeinde |
| Kapitalbedarf der Gemeinde | Minimal; Finanzierung erfolgt durch Dritte | Variiert von gering bis sehr hoch | Maximal, die Gemeinde kümmert sich um die ganze Finanzierung |
| Erforderliches Know-how der Gemeinde | Minimal; Know-how wird durch Dritte bereitgestellt | Variiert von gering bis sehr hoch | Maximal; die Gemeinde muss das Know-how intern zur Verfügung haben |
| Aufwand der Gemeinde im Betrieb | Minimal; das thermische Netz wird durch Dritte betrieben | Variiert von gering bis sehr hoch | Maximal; die Gemeinde ist für den Betrieb und Unterhalt zuständig |
| Notwendigkeit einer Ausschreibung | In der Regel erforderlich | In der Regel erforderlich | Nicht erforderlich |
| Vertragliche Grundlagen | Konzession, Regelung der Zusammenarbeit | Konzession, Regelung der Zusammenarbeit | Nicht erforderlich |

8.1.3.1 Realisierung durch Dritte und Realisierung allein

Bei der Realisierung durch Dritte sind sowohl der Aufwand als auch das Mitspracherecht der Gemeinde minimal, während sie bei der Realisierung allein vollständig in der Hand der Gemeinde liegen. Bei der Realisierung durch Dritte ist der Abschluss einer Konzession (siehe weiter unten) dringend zu empfehlen. Entscheidet sich die Gemeinde hingegen für die selbstständige Umsetzung des thermischen Netzes, entfällt die Notwendigkeit zur Zusammenarbeit mit externen Partnern, und eine Konzession ist auch nicht erforderlich.

8.1.3.2 Realisierung mit einem Partner

Die Realisierung mit einem Partner kann in unterschiedlichen Formen gestaltet werden:

- Die einfachste organisatorische Lösung ist eine punktuelle Zusammenarbeit: Die Gemeinde überträgt beispielsweise den Betrieb des thermischen Netzes an einen Partner, während sie den Vertrieb der Energie selbst übernimmt. Diese Kooperation wird vertraglich geregelt.
- Komplexer wird es, wenn die Gemeinde gemeinsam mit dem Partner ein Unternehmen gründet. In der Regel handelt es sich dabei um eine Aktiengesellschaft im Rahmen einer Public-Private-Partnership. Wesentlich ist hierbei der Anteil der Aktien, den die Gemeinde an der AG hält.

| | Anteil ≤ 33 % | 33 % < Anteil ≤ 50 % | 50 % < Anteil ≤ 66 % | Anteil > 66 % |
|---|---|---|--|---|
| Rechtliche Möglichkeiten der Einflussnahme | Minimal; Möglichkeit im Aktionärsbindungsvertrag ⁵ weitere Regelungen zu treffen | Sperrminorität für wichtige Beschlüsse ⁶ ; Möglichkeit im Aktionärsbindungsvertrag weitere Regelungen zu treffen | Mehrheit des Stimmrechts; wichtige Beschlüsse können nicht gegen den Willen der anderen Aktionäre gefällt werden | Mehrheit des Stimmrechts; wichtige Beschlüsse können auch gegen den Willen der anderen Aktionäre gefällt werden |

Je höher die Investition der Gemeinde, desto mehr Mitspracherecht erwirbt sie. Dabei sollte jedoch beachtet werden, dass eine Beteiligung von beispielsweise 45 % zwar höhere Kosten verursacht als eine von 40 %, jedoch keine wesentliche zusätzliche Mitsprache gewährt.

Die Gemeinde kann in eine Aktiengesellschaft nicht nur finanzielle Mittel, sondern auch Sachwerte wie ein bestehendes Gasnetz oder thermisches Netz einbringen und somit den direkten finanziellen Bedarf geringer halten.

Allgemein bieten sich bei der Aktiengesellschaft verschiedene Möglichkeiten der Finanzierung, beispielsweise hybride und mezzanine Finanzierungen, die sich einer Gemeinde nur selten erschliessen.

⁵ Ein Aktionärsbindungsvertrag ist eine privatrechtliche Vereinbarung zwischen Aktionärinnen und Aktionären, die zusätzlich zur Statutenregelung spezifische Rechte und Pflichten der Aktionäre festlegt, wie etwa Stimmrechtsausübung, Verkaufsbeschränkungen oder Verhaltensregeln im Unternehmen. Im Gegensatz zu den Statuten ist er nur zwischen den beteiligten Aktionären verbindlich und kann vom Unternehmen selbst nicht direkt durchgesetzt werden.

⁶ Gemäss OR sind mindestens 2/3 der Aktien notwendig, um «wichtige Beschlüsse» zu genehmigen. Mit der Sperrminorität von «1/3 + 1 Aktie» kann eine Gemeinde im Alleingang «wichtige Beschlüsse» gegen den Willen des Mehrheitsaktionärs verhindern → Sperrminorität. Die «wichtigen Beschlüsse» sind im OR, Art. 704 aufgezählt.

Glossar Finanzierungsformen

Eigenfinanzierung

Eigenfinanzierung bedeutet, dass die Gemeinde Kapital aus eigenen Mitteln aufbringt. Das Kapital kann sie aus bestehendem Vermögen, aus der laufenden Rechnung oder beispielsweise durch einen von der Bevölkerung genehmigten Kredit aufbringen.

Fremdfinanzierung

Fremdfinanzierung bezeichnet die Finanzierung durch Mittel, die von externen Kapitalgebern zur Verfügung gestellt werden, beispielsweise von Banken, Versicherungen, Pensionskassen oder externen EDL. Die Kapitalgeber prüfen zwar, ob und zu welchem Schuldzins sie bereit sind, in das thermische Netz zu investieren, verlangen aber kein Mitspracherecht.

Hybride und mezzanine Finanzierung

Hybride und mezzanine Finanzierung sind Finanzierungsformen, die insbesondere für Aktiengesellschaften interessant sind. Dabei werden sowohl Elemente der Eigen- als auch der Fremdfinanzierung kombiniert. Sie bieten den Kapitalgebern eine Zwischenstellung zwischen Eigen- und Fremdkapital, oft mit höheren Risiken, aber auch höheren Erträgen. Mezzanine Kapitalgeber stehen im Insolvenzfall zwischen den Fremdkapitalgebern und den Eigenkapitalgebern in der Rangfolge. Sie erhalten also erst nach den Fremdkapitalgebern, aber vor den Eigenkapitalgebern, eine Rückzahlung.

Ein Beispiel ist die Wandelanleihe, die dem Gläubiger das Recht einräumt, die Anleihe zu einem späteren Zeitpunkt in Eigenkapital umzuwandeln, meist in Form von Aktien. Dies ermöglicht es dem Investor, von einer möglichen Wertsteigerung des Unternehmens zu profitieren.

8.1.4 Schritt 4: Varianten beurteilen und Vorgehen festlegen

Die Gemeinde entscheidet, welche Varianten sie genauer prüfen möchte und legt die Beurteilungskriterien fest. Danach werden die Varianten beschrieben, bewertet und miteinander verglichen. Im besten Fall ergibt sich ein klares Bild, welche Option umgesetzt werden soll, und die Gemeinde kann das weitere Vorgehen planen.

8.1.4.1 Beurteilungskriterien

Durch die Wahl geeigneter Beurteilungskriterien kann die Gemeinde sicherstellen, dass die für ihre spezifische Situation relevanten Rahmenbedingungen berücksichtigt werden und eine möglichst passende Lösung gefunden wird. Kriterien für die Bewertung sind beispielsweise:

- Know-how bei der Gemeinde vorhanden
- Kapitalbedarf der Gemeinde
- Beitrag zum zukünftigen Umgang mit dem gemeindeeigenen Gasnetz
- Aufwand für die Gemeinde während Betrieb
- Einflussmöglichkeiten für die Gemeinde
- Realisierungsgeschwindigkeit
- Akzeptanz der Wärmekundinnen und -kunden

Anschliessend sollten die Beurteilungskriterien und die Bewertung der Gemeinde festgehalten werden, beispielsweise:

| Beurteilungskriterien | Bewertung der Gemeinde | Begründung |
|------------------------|--|---|
| Geringer Kapitalbedarf | Besser, je geringer der Kapitalbedarf ist. | In den nächsten 10 Jahren sind bereits anderweitige Investitionen in der Höhe von rund 150 Millionen Franken für Schulraum geplant. |

8.1.4.2 Variantenbeschrieb

Anschliessend werden die Varianten beschrieben, die Stärken und Schwächen festgehalten und die Beurteilungskriterien angewandt:

| Beurteilung Variante 1 | |
|------------------------|----|
| Geringer Kapitalbedarf | ++ |

8.1.4.3 Vergleich

Sobald alle Varianten beschrieben sind, können sie verglichen werden. Im besten Fall zeigt sich dabei ein klarer Favorit. Wenn nicht, sind möglicherweise weitere Abklärungen nötig, um die vielversprechendsten Varianten besser vergleichen zu können.

| Beurteilung | Variante 1 | Variante 2 | Variante 3 |
|------------------------|------------|------------|------------|
| Geringer Kapitalbedarf | ++ | -- | - |

8.1.4.4 Weiteres Vorgehen

Die weitere Vorgehensweise orientiert sich am Ergebnis des Vergleichs und erfordert eine individuelle Planung. Entscheidet sich die Gemeinde für die eigenständige Entwicklung des thermischen Netzes, kann die Umsetzung zügig vorangetrieben werden. In allen anderen Fällen gilt es, geeignete Partner zu identifizieren. Hier empfiehlt sich die Vorbereitung von Ausschreibungen, um den optimalen Partner für die Realisierung des Projekts zu gewinnen.

8.2 Rechtliche Fragen

8.2.1 Gibt es eine Pflicht, das thermische Netz auszuschreiben?

Das thermische Netz muss *nicht* *ausgeschrieben* werden,

...wenn das thermische Netz durch einen kommunalen Energiedienstleister (EDL), der Teil der öffentlichen Verwaltung ist, aufgebaut wird oder

...wenn die Gemeinde die Konzession einem Unternehmen überträgt, über welches die Gemeinde eine ähnliche Kontrolle ausübt wie über eine Verwaltungsabteilung und wenn dieses Unternehmen seine Dienstleistungen grösstenteils für die Gemeinde erbringt.

In allen anderen Fällen muss/müsste *mit grösster Wahrscheinlichkeit* *ausgeschrieben* werden. Jedoch ist die rechtliche Vorgehensweise bei einer Konzessionsvergabe für den Bau und Betrieb eines thermischen Netzes derzeit juristisch nicht abschliessend geklärt. Grundsätzlich gilt laut Art. 2 Abs. 7 des Bundesgesetzes über das Binnenmarktgesetz (BGBM), dass die Übertragung der Nutzung kantonaler und kommunaler Monopole auf Private prinzipiell über eine Ausschreibung erfolgen muss. Dies soll Diskriminierung verhindern und Transparenz gewährleisten (*Weiterführende Informationen: Abegg, Andreas & Seferovic, Goran 2024*).

Glossar Energiedienstleister (EDL)

Ein Energiedienstleister (EDL) ist ein Unternehmen, das verschiedene Dienstleistungen im Bereich der Energieversorgung und -nutzung anbietet. Dazu gehören die Planung, der Bau und die Betriebsführung von Energieanlagen, die Bereitstellung von Energielösungen sowie die Optimierung des Energieverbrauchs. So verfügen EDL im Idealfall über das nötige Fachwissen im Bereich der Realisierung von thermischen Netzen.

Die Organisationsform der EDL kann sich stark unterscheiden und reicht von Verwaltungsabteilungen über Aktiengesellschaften bis zu Genossenschaften. EDL sind wichtige Partner der Gemeinden für den Aufbau von thermischen Netzen zur Nutzung von Abwärme und örtlich gebundener Umweltwärme.

8.2.2 Was ist eine Konzession und was kann in einer Konzession geregelt werden?

Die Konzession legt die Bedingungen für die Nutzung öffentlichen Bodens zum Bau und Betrieb eines thermischen Netzes fest. In dem Sinne ist die Konzession eine mitwirkungsbedürftige Verfügung zwischen der Gemeinde und dem Betreiber des thermischen Netzes.

Folgende Aspekte können im Rahmen einer Konzession geregelt werden, müssen aber dadurch auch ausgehandelt werden:

- die Nutzung der Wärmequellen (sofern die Gemeinde darüber bestimmen kann);
- die Abgrenzung des Versorgungsgebietes (Versorgungspereimeter);
- der Standort der Energiezentrale und Auflagen zum Gebäude;
- die Nutzung des öffentlichen Grundes und die Durchleitungsrechte;
- die Planung und der Bau der Infrastruktur;
- der gegenseitige, frühzeitige und regelmässige Informationsaustausch;
- die gemeinsame Information der Bevölkerung;
- eine koordinierte Beratung und Akquisition von Kundinnen und Kunden;
- die Koordination mit anderen leitungsgebundenen Energieträgern;
- der Themenbereich der Anschlussverpflichtung mit Versorgungspflicht;
- allfällige Zielvorgaben bezüglich Klimaschutz (z. B. Zielpfad bezüglich Anschlussdichte, Anteil erneuerbarer Energie und Abwärme oder CO₂-Emissionen).

- Transparenz der Preise sowie Gleichbehandlung gleichartiger Kundinnen und Kunden;
- Dauer der Konzession bzw. Kriterien, wann eine Konzession verfällt, falls das thermische Netz nicht zeitgerecht aufgebaut wird.
- Heimfall (bezieht sich im Rahmen von Konzessionen auf eine vertragliche Regelung, bei der die Eigentumsrechte an einer Infrastruktur oder Anlage am Ende der Konzessionslaufzeit auf den Konzessionsgeber (beispielsweise die Gemeinde) zurückfallen können)
- Konzessionsabgaben (nicht in allen Kantonen möglich (z. B. Kt. ZH seit 2021 nicht mehr möglich))

8.2.3 Weitere mögliche Vertragsformen zwischen EDL und Gemeinde

Je nach Regelungsbedarf und Zielen der Zusammenarbeit eignen sich unterschiedliche Vertragsformen und Handlungsspielräume. Im Folgenden wird eine Übersicht über die Vertragsformen gegeben:

- **Dienstbarkeitsvertrag:** Ein Dienstbarkeitsvertrag regelt die Nutzung von Grundstücken im Finanzvermögen, um beispielsweise den Leitungsbau zu ermöglichen und die erforderlichen Rechte zur Nutzung dieser Flächen rechtlich festzulegen.
- **Eigentümerstrategie:** Sofern der EDL mehrheitlich im Besitz der Gemeinde ist, kann mittels der Eigentümerstrategie Einfluss auf die Ausrichtung der Geschäftsleitung genommen werden.
- **Wärmelieferungsvertrag:** Ein Wärmelieferungsvertrag eignet sich, wenn lediglich die Wärmelieferung ohne weiteres öffentliches Interesse geregelt werden soll und die Gemeinde Wärmebezügerin ist.
- **Zusammenarbeitsvertrag:** Ein Zusammenarbeitsvertrag ist geeignet, wenn die Gemeinde und der EDL projektspezifisch zusammenarbeiten möchten, beispielsweise für Pilotprojekte oder Machbarkeitsstudien.
- **Sondernutzungskonzession:** Eine Sondernutzungskonzession kann vergeben werden, wenn die Initiative zur Erstellung eines thermischen Netzes vom EDL kommt und keine Ausschreibung erfolgen soll. Darin kann die Gemeinde jedoch keine Vorgaben zu Zielen, dem Anteil erneuerbarer Energien oder Ähnlichem machen.

Mehr Informationen zum Inhalt solcher Verträge sind im Dokument «Rechte und Pflichten bei der Wärmeversorgung im Verbund» von PLANAR (2016) enthalten.

8.2.4 Braucht es Volksentscheide für den Aufbau eines thermischen Netzes?

Energieplanungen müssen in der Regel nur von der Gemeindeexekutive und allenfalls vom Kanton genehmigt werden. Energierichtplanungen durchlaufen das übliche Richtplanverfahren und werden von der Exekutiven (Parlament oder Gemeindeversammlung) beschlossen. Die konkrete Umsetzung, wie der Bau eines thermischen Netzes (z. B. Kreditentscheide), kann ebenfalls Volksentscheide notwendig machen. Dabei sind die Gemeindeordnung und die Ausgabekompetenzen der Gemeindeexekutive zu berücksichtigen. Auch bei der Festlegung oder Änderung von Bau- und Zonenordnungen (bzw. Bau- und Nutzungsordnungen) sind Volks- oder Parlamentsentscheide notwendig. Bei einer Zusammenarbeit mit einem Partner könnte die gemeinsame Gründung einer projektspezifischen Firma die Zustimmung der Legislative oder der Bevölkerung notwendig machen.

Generell hat eine Gemeinde aber immer die Möglichkeit, eine fakultative Urnenabstimmung durchzuführen, wenn sie sich den politischen Rückhalt durch die Zustimmung der Bevölkerung sichern will.

8.2.5 Kann die Gemeinde dazu verpflichtet werden, einen Gasversorger für entgangene Umsätze oder Gewinne zu entschädigen, wenn dieser durch die Konkurrenz des thermischen Netzes möglicherweise Kundinnen und Kunden verliert?

Massgeblich sind hier die bestehenden Verträge bzw. die Konzession zwischen der Gemeinde und dem Gasnetzbetreiber. Liegen solche nicht vor, kann die Gemeinde davon ausgehen, dass allein durch die zusätzliche Konkurrenz durch das thermische Netz kein Entschädigungsanspruch besteht.

8.3 Quellen

- Abegg, Andreas & Seferovic, Goran (2024): Ausschreibungsverfahren bei Gebietskonzessionen für thermische Netze am Beispiel der Stadt Zürich. *sui generis* 2024, S. 31.
- Econcept (2024): Organisation und Finanzierung von thermischen Netzen. EnergieSchweiz für Gemeinden. Bern, Schweiz.
- EnergieSchweiz (2023): Empfehlung für den Inhalt einer Machbarkeitsstudie für thermische Netze. Verfügbar unter: https://www.local-energy.swiss/dam/jcr:d630273a-24ac-4a7a-b3cd-de1613cb2e4e/Empfehlung_fuer_den_Inhalt_einer_Machbarkeitsstudie_fuer_thermische_Netze.pdf
- PLANAR (2016): Rechte und Pflichten bei der Wärmeversorgung im Verbund. EnergieSchweiz, Kantone LU, SG, TG, SH, ZH. Bern, Schweiz.

Modul 9: Umsetzung und Energievorschriften

Instrumente und Beispiele

Modul 9 in Kürze

Um eine zügige Umsetzung der räumlichen Energieplanung zu erreichen, werden Massnahmen in verschiedenen Handlungsfeldern empfohlen:

- Regionale und Kommunale Energie- und Klimapolitik (Strategie, Ressourcen, Förderung)
- Raumplanung (Anreize und Vorgaben)
- Wärme- und Kälteversorgung
- Organisation, Information und Beratung

Die Wahl der Instrumente zur Umsetzung der kommunalen räumliche Energieplanung ist direkt abhängig von den in der räumlichen Energieplanung festgelegten Massnahmen und von den rechtlichen Vorgaben der kantonalen Raumplanungs- und Energiegesetze.

Grundsätzlich besteht eine breite Palette an Instrumenten für die Umsetzung.

Weiterführende Informationen und Links

Separates Beiblatt zu den Modulen 1 bis 10

9.1 Relevante Handlungsfelder für die Umsetzung

Um die räumliche Energieplanung zielgerichtet umsetzen zu können, müssen die relevanten Handlungsfelder definiert werden.

Folgende Handlungsfelder sind grundsätzlich für eine erfolgreiche Umsetzung der räumlichen Energieplanung relevant. Kommunale Energie- und Klimapolitik

Kohärente Energie- und Netto-Null-Ziele der Gemeinde sowohl für ihre Strategien, ihre Planungen als auch für ihre Werkbetriebe und den eigenen Gebäudepark. Die dazu erforderlichen Ressourcen sind in die Finanzplanung zu integrieren.

9.1.1 Raumplanung

Verkehrs- und siedlungsplanerische sowie baurechtliche Massnahmen im Sinne der kommunalen Energiepolitik und der angestrebten Wärme- und Kälteversorgung (Vorgaben und Anreize)

9.1.2 Energieeffizienz

Sanierung und energetische Erneuerung des bestehenden Gebäudeparks

9.1.3 Wärme- und Kälteversorgung

Aufbau von thermischen Netzen, deren betriebliche Optimierung oder dezentrale Bereitstellung von Wärme und Kälte mit erneuerbaren Energiequellen.

9.1.4 Organisation, Information und Beratung

Zielgruppenorientierte Informations- und Mitwirkungsveranstaltungen sowie ein aktives Beratungs- und Coachingangebot.



Abbildung 16: Die sechs Handlungsfelder im Energiestadt-Prozess (Energiestadt 2024)

In sämtlichen oben beschriebenen Handlungsfeldern lassen sich Massnahmen in der räumlichen Energieplanung definieren. Wichtig ist, dass die Massnahmen auf andere bereits bestehende Instrumente wie eine Klimastrategie oder Energiestadt abgestimmt sind.

9.1.5 Räumliche Energieplanung als Basis

Basis für die energiepolitische Umsetzung ist eine kommunale, regionale Energieplanung, die die künftige Wärme- und Kälteversorgung räumlich koordiniert und auf erneuerbare Energieträger ausrichtet. Sie ist damit eine geeignete Arbeits- und Koordinationsgrundlage zur Dekarbonisierung der Wärme- und Kälteversorgung (siehe auch Modul 2).

Die kommunale, räumliche Energieplanung legt Massnahmen fest, die geeignet sind, die Umsetzung und den Vollzug sicherzustellen. Die einzelnen Massnahmen werden auf verschiedenen Ebenen umgesetzt. Diese können die Organisations-, die Planungs-, die Projekt- und/oder die Ausführungsebene betreffen. Eine Konkretisierung der Massnahmen in separaten Massnahmenblättern erleichtert deren Vollzug und Umsetzung.

Massnahmenblätter

Massnahmenblätter geben Handlungsanweisungen und Auskunft über:

- Gegenstand (Ausgangslage, Beschreibung und Erläuterung der Massnahme)
- Räumliche Lage
- Zielsetzungen
- Wirkungen in Bezug auf Energienachfrage, Energieträgermix, CO₂-Emissionen
- Vorgehen, nächste Realisierungsschritte
- Prioritäten und Fristen
- Kostenfolge und Finanzierung
- Beteiligte Personen aus Amts- und Verwaltungsstellen und privaten Unternehmen
- Verantwortlichkeiten
- Stand der Koordination: Vororientierung, Zwischenergebnis oder Festsetzung
- Abhängigkeiten und Zielkonflikte
- Hinweise zum Controlling

9.2 Energievorschriften in der Nutzungs- und Sondernutzungsplanung

In der Nutzungs- und Sondernutzungsplanung kann die räumliche Energieplanung grundeigentümerverschreibend umgesetzt werden. Die folgenden Ausführungen bilden das Modul C (Zusammenfassung) der gleichnamigen Studie von EnergieSchweiz, die in Kooperation mit vier Kantonen erarbeitet wurde (PLANAR 2017), sowie die Labels und Standards in der Schweiz.

Ein Gebäude beansprucht Energie und erzeugt Treibhausgasemissionen sowohl im Betrieb (Komfortwärme und Kühlung, Brauchwarmwasser) als auch bei der Erstellung (Bau, Sanierung und Rückbau, linear berechnet auf die Lebensdauer der Gebäudeteile) und durch die gebäudeinduzierte Mobilität (vgl. Abb. 2).

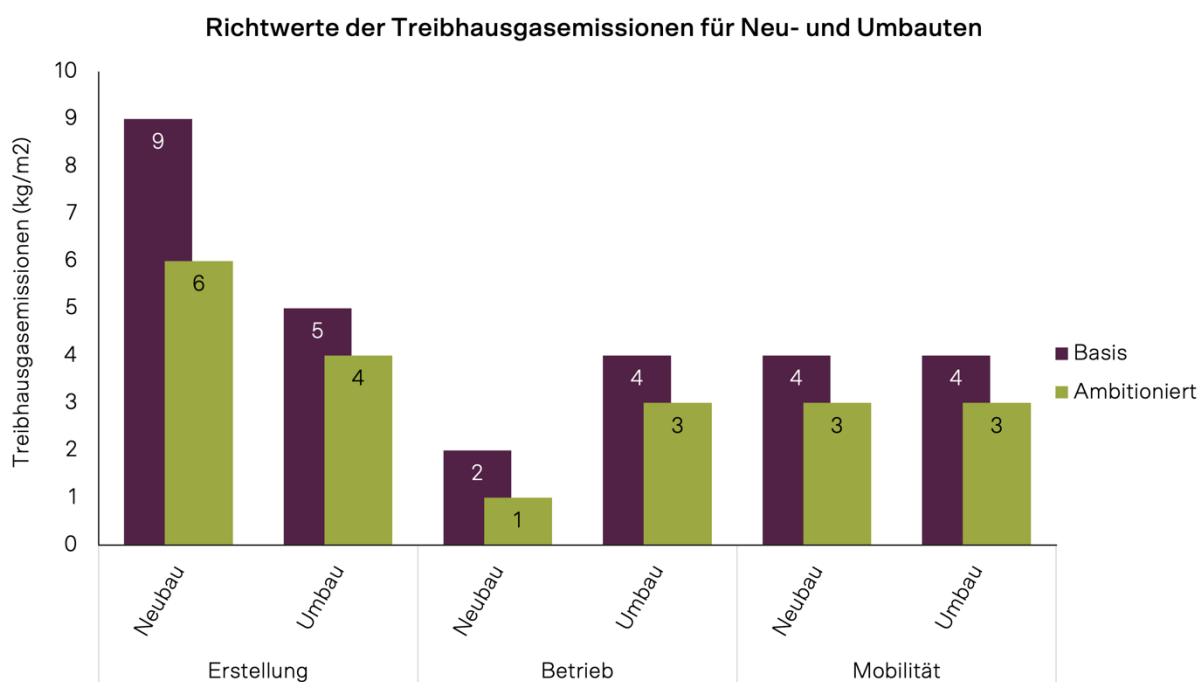
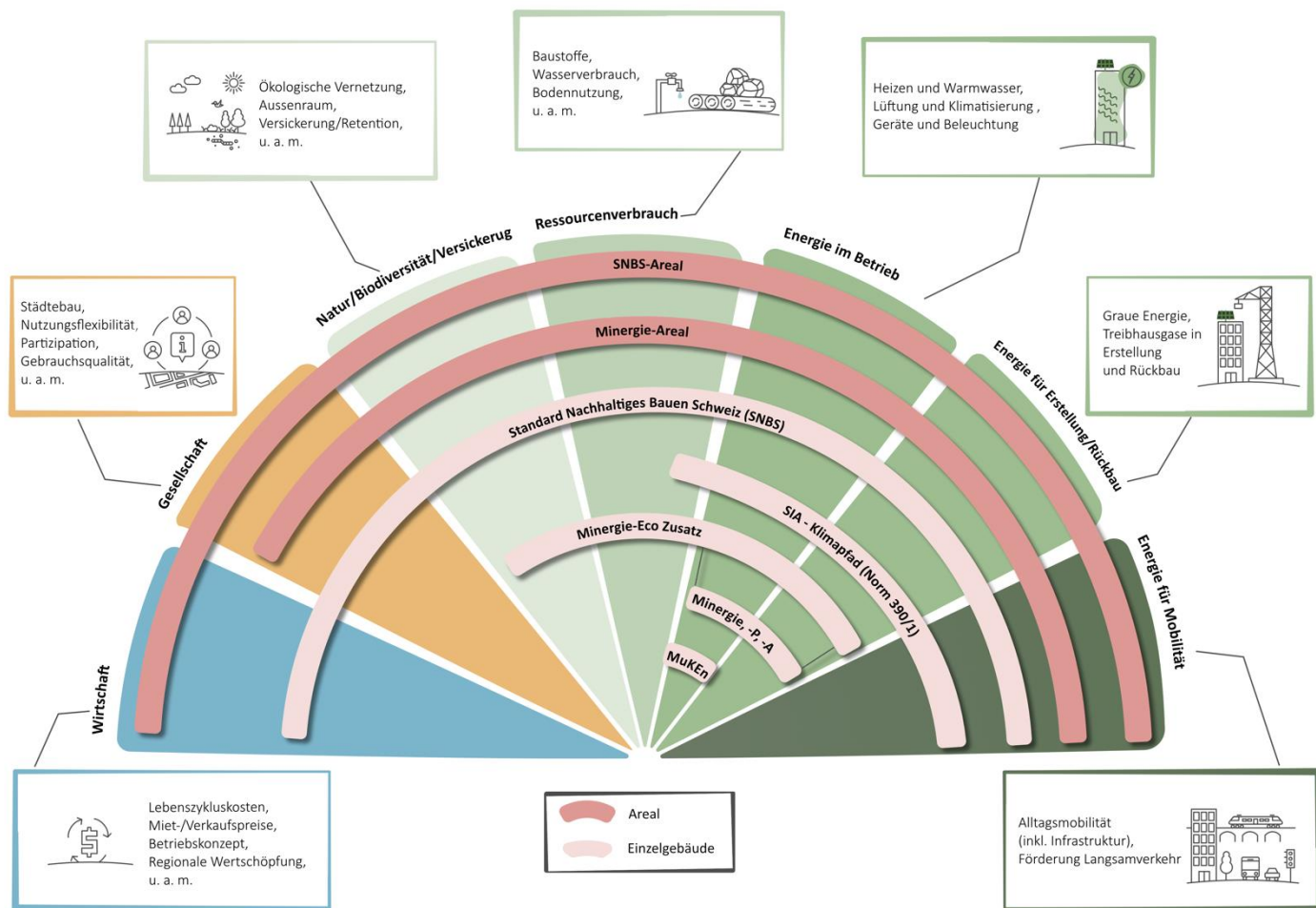


Abbildung 17: Richtwerte der jährlichen Treibhausgasemissionen für Neu- und Umbauten gemäss SIA 390/1 Klimapfad für ambitionierte Bauten. Diese Werte sind durch kompakte Gebäude an geeigneten Standorten erreichbar.

Wichtige Erkenntnisse sind:

- Mit den grossen Effizienz-Fortschritten bei Neubauten (im Bereich "Betrieb") gewinnen bezüglich der Treibhausgasemissionen die übrigen Bereiche "Erstellung" und "Mobilität" gemäss SIA-Effizienzpfad Klimapfad an Bedeutung. Deshalb sollen auch diese Bereiche vermehrt berücksichtigt werden. Mit zunehmendem Kühlbedarf sind auch der sommerliche Wärmeschutz und eine gute Umgebungsgestaltung zur Optimierung des Mikroklimas wichtige Themen.
- Der Fokus der Energievorschriften soll je nach Art der Entwicklungsgebiete («Regelungstyp») unterschiedlich ausgerichtet werden: So hat der Bereich Erstellung bei Neubauten einen deutlich höheren Stellenwert als bei bestehenden Gebäuden (vgl. Abschnitt Fokus der Energievorschriften je nach Regelungstyp).
- Die Kantone definieren in der Nutzungsplanung sehr unterschiedliche Handlungsspielräume der Gemeinden. Bei Sondernutzungsplanungen besteht allgemein ein wesentlich grösserer rechtlicher Spielraum bzw. kann von der Regelbauweise nach Massgabe der festgelegten Vorschriften abgewichen werden.



Zur Regelung des Energiebedarfs und der entsprechenden Treibhausgasemissionen stehen verschiedene Standards und Instrumente zur Verfügung (vgl. Abb. 3).

Abbildung 18: Übersicht über die verschiedenen Regelungen und Standards im Gebäudebereich (Quelle: PLANAR 2024)

Fokus der Energievorschriften je nach Regelungstyp Bund und Kantone fordern eine wesentliche Verringerung der Treibhausgasemissionen bei Sanierungen von Gebäuden und bei Neubauten sowie in der Mobilität. Die Gemeinden sind aufgefordert, diese neuen Ziele und Vorgaben zielgerichtet anzuwenden und umzusetzen. Dies kann insbesondere durch zweckmässige Energievorschriften in der Nutzungs- und Sondernutzungsplanung erfolgen. Der Fokus dieser Vorschriften ist eingeteilt in verschiedene Bereiche:

- Erstellung: graue Energie für Erstellung, Erneuerung und Rückbau
- Betrieb: hohe Energieeffizienz der Gebäude (Kompaktheit, Wärmedämmung und Beschattung)
- Betrieb: Bereitstellung der erforderlichen Komfortwärme (Heizung und Warmwasser) und Kälte durch erneuerbare Energieträger
- Betrieb: Anschlussverpflichtung bei verfügbarem thermischem Netz
- Betrieb: Vorkehrungen für einen vereinfachten späteren Anschluss (z. B. durch zentrale Wärmeerzeugung und Niedertemperaturverteilung) bei geplantem thermischem Netz
- Mobilität: Parkplatzbeschränkung und -bewirtschaftung, Sammelparkierung, Abstellplätze für Fahrräder, Ausrüstung für Elektromobilität (Ladestationen, SIA 2060), flankierende Massnahmen

Abhängig vom Regelungstyp ist der Fokus einer Regelung mit obigen Themen unterschiedlich zu gewichten. Es werden vier unterschiedliche Regelungstypen definiert und behandelt:

- 1 Neubau, Transformation zu dichter Mischnutzung:** Neubau- und Transformationsgebiete (andere Nutzungsarten, Verdichtung) mit Mischnutzung oder für Wohnnutzungen mit hoher Dichte; in der Regel mit hoher Eignung für thermische Vernetzung; eine Arealentwicklung erfolgt oft mit Sondernutzungsplanungen.
- 2 Neubau Wohnnutzungen von geringer Dichte**
- 3 Im Gebäudebestand mit dichter Mischnutzung:** stabiler Gebäudebestand (Altbaugebiete) mit Mischnutzung oder für Wohnnutzungen mit hoher Dichte; in der Regel mit hoher Eignung für thermische Netze.

4 Bestand der Wohnnutzungen mit geringer Dichte: stabiler Bestand (Altbaugebiete) für vorwiegende Wohnnutzungen mit kleiner bis mittlerer Dichte.

Der Hauptfokus der Energievorschriften ist bei den vier Regelungstypen unter Beachtung der Wirkung und des Handlungsspielraums wie folgt auszurichten:

| Regelungstyp | | 1 Neubau, Transformation dichte Mischnutzung | 2 Neubau Wohnen geringe Dichte | 3 Gebäudebestand dichte Mischnutzung | 4 Bestand Wohnen geringe Dichte |
|--------------|--|--|--------------------------------------|--|---------------------------------------|
| Bereich | | | | | |
| Erstellung | | ++ | ++ | + | + |
| Betrieb | Energieeffizienz Gebäude | + | + | + | + |
| | erneuerbarer Anteil | + | ++ | + | ++ |
| | Anschlussverpflichtung bei verfügbarem Verbund | ++ | – | ++ | – |
| | Energiezentrale bei geplantem Verbund | ++ | + | ++ | – |
| Mobilität | | ++ | ++ | + | + |

Regelung + wichtig ++ besonders wichtig – in der Regel ohne

Abbildung 4: Regelungstypen in Abhängigkeit von Nutzungsart, baulicher Dichte und Gebietstyp

Der Fokus der Energievorschriften soll je nach Art des Regelungstyps unterschiedlich ausgerichtet werden.

- Beim Regelungstyp 1 liegt der Fokus auf der Erstellung, der Mobilität und der Vernetzung der Gebäude. Die Bau- und Planungsbehörden haben in Neubaugebieten grossen Spielraum: Sie können etwa durch Sondernutzungspläne oder Verträge strengere energetische Vorgaben machen. Nahwärmenetze lassen sich bei Neubauten kostengünstiger gemeinsam mit der Erschliessung errichten als in bestehenden Gebieten.
- Beim Regelungstyp 2 liegt der Fokus bei der Erstellung und der Mobilität, da bei Neubauten der Betrieb bereits sehr effizient ist. Weiter können Neubauten mit niedrigen Vorlauftemperaturen beheizt werden, was Umweltwärme begünstigt.
- Die Gebäude im Regelungstyp 3 sind oft ältere Bauten mit Sanierungsbedarf. Hier liegt der Fokus auf der Dekarbonisierung mittels eines thermischen Netzes und der Effizienz im Betrieb. Die Gebäude des Regelungstyps 3 eignen sich gut für ein thermisches Netz, da sie einen verhältnismässig hohen Wärmebedarf aufweisen. Ebenfalls wichtig ist die Sicherung eines Standorts für eine Energiezentrale eines thermischen Netzes.
- Der Regelungstyp 4 zeichnet sich durch eine geringe Wärmebedarfsdichte aus und die Gebäude eignen sich aus diesem Grund oftmals nicht für eine Versorgung im Verbund. Daher liegt der Fokus stärker auf der Dekarbonisierung und den energetischen Sanierungen.

9.2.1 Ausgewählte Mustervorschriften für die beschriebenen Bereiche

Die Energievorschriften müssen im Einklang mit den kantonalen Rechtsgrundlagen sowie dem den Gemeinden eingeräumten Handlungsspielraum in Nutzungs- und Sondernutzungsplanungen stehen. Nach-

folgend sind ausgewählte Musterbestimmungen aus der Grundlagenstudie (PLANAR 2017) und der Praxis für die beschriebenen Bereiche zusammengestellt. Für einige dieser Musterbestimmungen fehlen in bestimmten Kantonen die entsprechenden Rechtsgrundlagen. Es ist zudem zu beachten, dass einige Kantone eigene Mustervorschriften entwickelt haben (z. B. Kanton Bern). Die Mustervorschriften sind auf die von den Gemeinden definierten Ziele auszurichten. Dabei eignen sich die entsprechenden schweizerischen Labels und Standards für folgende Ziele:

Umfangreiche Nachhaltigkeit

- Minimum SNBS Gold
- SNBS Areal, mit Vorgabe, dass Einzelgebäude SNBS Gold zertifiziert werden sollen.

Erreichung der Klimaneutralität

- SIA 390/1 (Klimapfad)
- SNBS Gold mit Mindestnote 5.0 bei Treibhausgasemissionen, Energie für Erstellung, Betrieb und Mobilität
- SNBS-Areal mit Vorgabe, dass Einzelgebäude SNBS Gold mit obiger Mindestnote zertifiziert werden

Geringe Erstellungs- und Betriebsenergie

- Minimum Minergie-P
- Minergie Areal mit Einzelgebäuden mindestens Minergie-P

| Bereich | Musterbestimmungen |
|--|---|
| Energieeffizienz, inkl. Erstellung (graue Energie) | <p>Neubauten haben die zum Zeitpunkt der Baueingabe geltenden energetischen Kennwerte gemäss Minergie-P-Eco-Standard, sofern für die betreffende Gebäudekategorie ein solcher Standard festgelegt ist. Ist nur der Minergie-P-Standard oder der Minergie-Eco-Standard festgelegt, ist diesen Energiewerten zu entsprechen. Zusätzlich sind mit einem Mobilitätskonzept Massnahmen zugunsten einer umweltschonenden Verkehrserschliessung aufzuzeigen.</p> <p>Neubauten haben die zum Zeitpunkt der Baueingabe geltenden Zielwerte und Zusatzanforderungen des SIA-Klimapfad (SIA 390/1) für die Treibhausgas-Emissionen, die gesamte wie auch die nicht erneuerbare Primärenergie einzuhalten.</p> <p>Neubauten haben eine Zertifizierung mit dem zum Zeitpunkt der Baueingabe geltenden Label SNBS Gold zu erzielen, wobei bei den Kriterien 311, 312, 313, 321 und 322 mindestens die Note 5 erreicht werden muss. Bei allen übrigen Kriterien sind die Regeln der SNBS-Benotung einzuhalten.</p> |
| Erneuerbarer Energieanteil | Neubauten und Erweiterungen bestehender Bauten (Aufstockungen, Anbauten) müssen so gebaut und ausgerüstet werden, dass der Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser mit erneuerbaren Energien gedeckt wird. |
| Anschlussverpflichtung bei bestehendem Verbund | <p>Beheizte Gebäude müssen ans thermische Netz angeschlossen werden. Ausnahmen sind möglich bei Gebäuden, deren Wärmeversorgung ökologische Vorteile (insbesondere bezüglich Treibhausgasemissionen) gegenüber einem Anschluss an den Wärmeverbund aufweist.</p> <p>Weitere Ausnahmen sind möglich, wenn nachgewiesen werden kann, dass der Anschluss nicht wirtschaftlich oder technisch nicht möglich ist.</p> |
| Gemeinsame Heizzentrale | Neubauten und Erweiterungen von bestehenden Bauten (Aufstockungen, Anbauten) sowie Umbauten mit Heizungsersatz von mehreren benachbarten Gebäuden sind mit einer gemeinsamen Heizzentrale auszurüsten und es sind geeignete Vorkehrungen für einen späteren Anschluss an ein thermisches Netz zu schaffen. |
| Mobilität, Abstellplätze für Motorfahrzeuge | Die Abstellplätze für Personenwagen und Motorräder sind in Sammelparkierungsanlagen anzuordnen. |
| Mobilität, Nebenbestimmungen | Die Vermietung einer Wohnung darf nicht zwingend mit der Vermietung eines Parkfeldes gekoppelt sein. Der Mietzins für die Parkfelder ist mindestens kostendeckend zu bemessen. |

| Bereich | Musterbestimmungen |
|---------|--|
| | Die Parkieranlagen sind mit baulichen Vorkehrungen für die Realisierung von individuell abrechenbaren, elektrischen Ladestationen für Fahrzeuge zu versehen. |

Abb. 5: Musterbestimmungen für ausgewählte Bereiche (gemäss oben erwähnter Grundlagenstudie und PLANAR).

Klimavorgaben

Neben den Energievorschriften gibt es noch weitere Vorschriften, welche auf die Klima-Anpassung abzielen. Mit Klima-Anpassungsmassnahmen, insbesondere zum Schutz vor Hitze, kann der Energiebedarf für Kühlung minimiert werden. Im Folgenden werden einige mögliche Vorschriften aufgelistet, welche die Gemeinde erlassen kann:

- **Umgebungsgestaltung:** Die Umgebungsflächen sind vermehrt zu begrünen und so auszugestalten, dass der Überhitzung entgegengewirkt wird.
- **Durchlüftung:** Die Durchlüftung des Stadtkörpers soll durch neue Bauten nicht behindert werden, um die Nachtauskühlung nicht zu behindern.
- **Dachbegrünung:** Dächer mit einer wesentlichen, bewachsenen Substratschicht speichern mehr Regenwasser, das bei der Verdunstung für Kühlung sorgt.
- **Versickerung:** Wird Regenwasser nicht direkt in die Kanalisation abgeführt, steht es der Vegetation zur Verfügung und kühlt über Verdunstung die Umgebung.

9.3 Weitere Umsetzungsinstrumente

Neben für die Grundeigentümer und Grundeigentümerinnen verbindlichen Energievorschriften stehen den Gemeinden weitere Instrumente zur Verfügung, um die Reduktion von Treibhausgasemissionen wirksam zu unterstützen.

9.3.1 Marktwirtschaftliche Anreizsysteme (Fördermassnahmen)

In Bezug auf marktwirtschaftliche Anreizsysteme steht den Gemeinden eine finanzielle Unterstützung von Energieprojekten offen. Dabei können bestehende Förderprogramme des Bundes und des Kantons sinnvoll und sachgerecht ergänzt bzw. die Beiträge dieser Programme aufgestockt werden. Die räumliche Energieplanung liefert dazu ortsspezifische Grundlagen für den Einsatz der kommunalen Mittel.

Für Gemeinden geeignete Fördermassnahmen sind:

- Beiträge an Varianten- und Machbarkeitsstudien
- Organisation von gleichzeitiger Beschaffung von z. B. PV-Anlagen, Sondenbohrungen oder Wärmepumpen
- Pilot- und Demonstrationsprojekte (Risikobeteiligungen)
- Beiträge an Sanierung erhaltenswerter oder geschützter Bauten
- Vorleistungen für den Aufbau thermischer Netze auf Basis erneuerbarer Energieträger
- Beiträge an den Ersatz fossiler Feuerungen durch erneuerbare Energien, ggf. gekoppelt an einen Energieplan, was bedeutet, dass in einem Verbundgebiet keine individuellen erneuerbaren Lösungen gefördert werden.

9.3.2 Unterstützung beim Aufbau von thermischen Netzen und Einzel-Wärmelösungen

Der Aufbau neuer thermischer Netze generiert oft Koordinationsbedarf oder benötigt einen Initianten. Die Gemeinde kann nicht nur beim Aufbau thermischer Netze unterstützen, sondern auch bei der Förderung von Einzel-Wärmelösungen. An diesen Punkten kann die Unterstützung durch die Gemeinde anknüpfen:

- Gemeindeeigene Werke initiieren das thermische Netz.
- Die Gemeinde schreibt das thermische Netz zur Versorgung durch einen externen Energiedienstleister (EDL) aus.
- Angebot von Ausführungs-Contracting für Einzellösungen, wobei der Contractor die Heizung nur plant und baut (z.B. durch eigene Werke oder in Zusammenarbeit mit externen EDL)
- Information und Beratung (vgl. unten)

9.3.3 Vereinbarungen und Verträge

Freiwillige Kooperationsabkommen zwischen der Gemeinde und weiteren Akteuren bieten oft eine flexible und tragbare Alternative zu generell abstrakten Vorschriften. Für entsprechende Vereinbarungen stehen sehr unterschiedliche rechtliche Formen zur Verfügung:

- Anpassung der Eigner-/Eigentümerstrategie des EDL, sofern die Gemeinde daran beteiligt ist. So kann zum Beispiel ein Netto-Null-Ziel des EDL in dessen Eigner-/Eigentümerstrategie verankert werden.
- Leistungsvereinbarungen oder Konzessionsverträge mit dem EDL (vgl. Modul 8)
- Städtebauliche Verträge zur Regelung von Erschliessungs- und Infrastrukturaufgaben mit Arealentwicklern
- Vertragliche Regelungen zur Wärmeversorgung oder zu Mobilitätskonzepten mit beteiligten Grundeigentümern und Grundeigentümerinnen (wie Vorverträge für thermische Netze, Beteiligung benachbarter Parzellen, Sharinglösungen für Parkierung oder Fahrzeuge)

Abhängig vom Inhalt der Regelungen genügen privatrechtliche Verträge oder sie erfordern eine grundbuchrechtliche Verankerung (z. B. bei baurechtlicher Relevanz).

9.3.4 Information und Beratung

Die Akzeptanz der Umsetzung sowie die Wirkung der Fördermassnahmen können erhöht werden, wenn die räumliche Energieplanung öffentlich thematisiert und als Grundlage von Beratungsangeboten genutzt wird. Für die Informationskampagnen sollen möglichst etablierte Gefässe – Austauschplattformen, Veranstaltungen und Medien – genutzt werden.

Denkbar sind Kommunikationsmittel wie:

- Informationsbroschüren, Flyer, Zeitungsartikel
- Informationsveranstaltungen (mit Erfahrungsberichten und Fachpersonen)
- EnerGIS, internetgestützte Systeme zum parzellengenauen Aufzeigen von verfügbaren erneuerbaren Energien (Solarkataster, Geothermie etc.)
- Energieberatungen für Bauwillige durch die Bauverwaltung oder neutrale Fachpersonen
- Energiecoaching während der Planung und Ausführung von Sanierungs- und Erneuerungsprojekten
- Referate an Fachtagungen
- Präsenz und Auftritte an kommunalen oder regionalen Gewerbe- und Immobilienmessen

Best Practice Beispiel: Koordinierte Kommunikation zu Energieplanung und Gasstilllegung

Gemeinde: Thalwil (ZH)

Die Gemeinde Thalwil hat eine digitale Informationsplattform eingerichtet, um Themen rund um die Energieplanung zu kommunizieren. Diese Plattform bietet Informationen zu den Wärmeverbunden in der Gemeinde, der Stilllegung des Gasnetzes und den Möglichkeiten, wie Hausbesitzende klimafreundliche Heizsysteme mit erneuerbarer und lokal verfügbarer Wärme nutzen können. Grundeigentümerinnen und -eigentümer erhalten gezielt auf ihre Bedürfnisse abgestimmte Hinweise für eine erneuerbare Wärmeversorgung. Dabei werden die Empfehlungen der Energieplanung verständlich und nachvollziehbar dargestellt (EBP 2024a).

Link: <https://energie.thalwil.ch/fernwarmer/>

9.4 Quellen

- EBP (2024a): Empfehlungen für Energieplanungen. Best Practice Beispiele. Zürich, Schweiz.
- Energiestadt (2024): Energiestadt-Prozess. Verfügbar unter: www.energiestadt.ch (Zugriff am [17.07.2024]).
- PLANAR (2017): Energievorschriften in der Nutzungs- und Sondernutzungsplanung. EnergieSchweiz. Bern, Schweiz.
- SIA (2017): SIA-Effizienzpfad: SIA 2040:2017. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein. Zürich, Schweiz.
- SIA (2025): SIA 390/1:2025 Klimapfad - Treibhausgasbilanz über den Lebenszyklus von Gebäuden. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein. Zürich, Schweiz.

Modul 10: Erfolgskontrolle

Methodik und Indikatoren

Modul 10 in Kürze

Vollzugs-, Wirkungs- und Prozesskontrolle

Um die Umsetzung der räumlichen Energieplanung nachverfolgen und die Wirkung der umgesetzten Aktivitäten nachvollziehen zu können, ist eine Erfolgskontrolle der kommunalen Energieplanung notwendig. Die Vollzugskontrolle befasst sich mit der zeitgerechten Umsetzung der beschlossenen Massnahmen, die Wirkungskontrolle mit der Erreichung der vorgegebenen Ziele und Zwischenziele. Beide orientieren sich an den in der Energieplanung festgelegten Zielen, Massnahmen und Prioritäten. Zudem ist eine periodische Kontrolle des Prozesses notwendig, um Abläufe zu optimieren.

Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Bereich Wärme

Der Wärmeverbrauch (inkl. Energieträgermix) bildet den wichtigsten Anhaltspunkt für die Wirkungskontrolle der räumlichen Energieplanung, sowie die dazu erforderliche Endenergie oder Primärenergie mit den entsprechenden Treibhausgasemissionen. Für die Wirkungskontrolle ist die Auswahl des Auswertungsinstrumentes entscheidend. Bei allen Indikatoren soll ein Bezug zur Zielerreichung und zum vorab festgelegten Absenkpfad vorhanden sein. Als Grundlage sollen die aktuellen Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft, des Klima- und Innovationsgesetzes und des Gebäudestandards verwendet werden.

Weiterführende Informationen und Links

- Gebäudestandard EnergieSchweiz
- Separates Beiblatt zu den Modulen 1 bis 10

10.1 Wirkungsziele der räumlichen Energieplanung

Die räumliche Energieplanung konzentriert sich vorrangig auf die Wärme- und Kälteversorgung. Insofern ist auch die Wirkungskontrolle auf die entsprechenden Ziele und Massnahmen auszurichten.

Ein übergeordnetes Ziel ist das im Klima- und Innovationsgesetz festgehaltene Netto-Null-Ziel bis 2050:

– Netto 0 Tonnen Treibhausgasemissionen pro Kopf und Jahr aus Energieanwendungen.

Neben diesem nationalen Netto-Null-Ziel sind auch kantonale und kommunale Ziele zu beachten. Die Wärmestrategie 2050 konkretisiert dieses übergeordnete Klimaziel und bezieht es speziell auf den Wärmebereich.

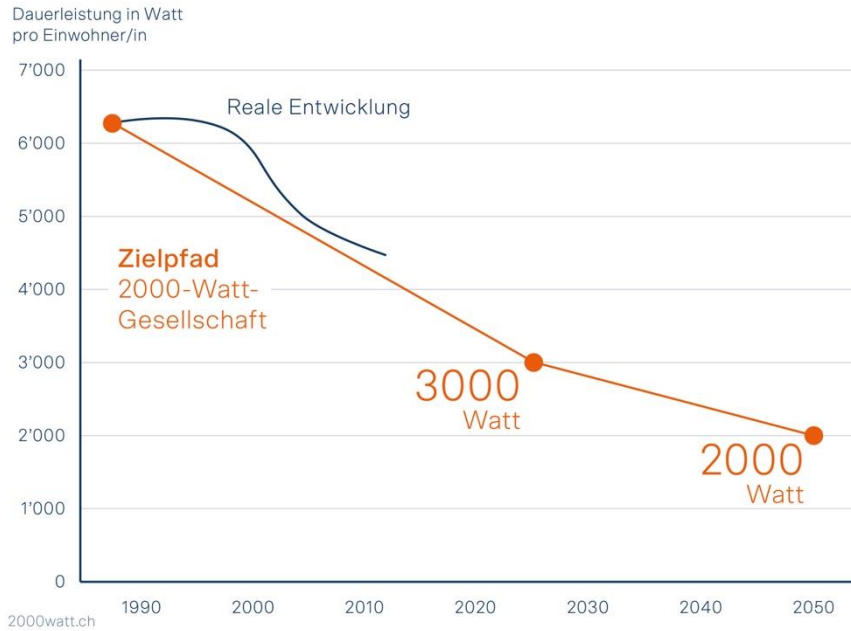
– Gemäss der Wärmestrategie 2050 des Bundes gilt es die Wärmeversorgung folgendermassen auszurichten: Die Raumwärme und Warmwasser werden ausschliesslich mit erneuerbarer Energie erzeugt.

– Die Gebäude sind im Jahr 2050 energetisch saniert und werden effizient und intelligent betrieben.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Suffizienz, also die Reduzierung des Energiebedarfs. Dieses Thema wird von der 2000-Watt-Gesellschaft aufgegriffen.

Zielpfad Primärenergie Schweiz

Daten gemäss Gesamtenergiestatistik Schweiz mal Primärenergiefaktoren gemäss KBOB



Zielpfad energiebedingte Treibhausgase Schweiz

inklusive Supply-Chain der Energieträger

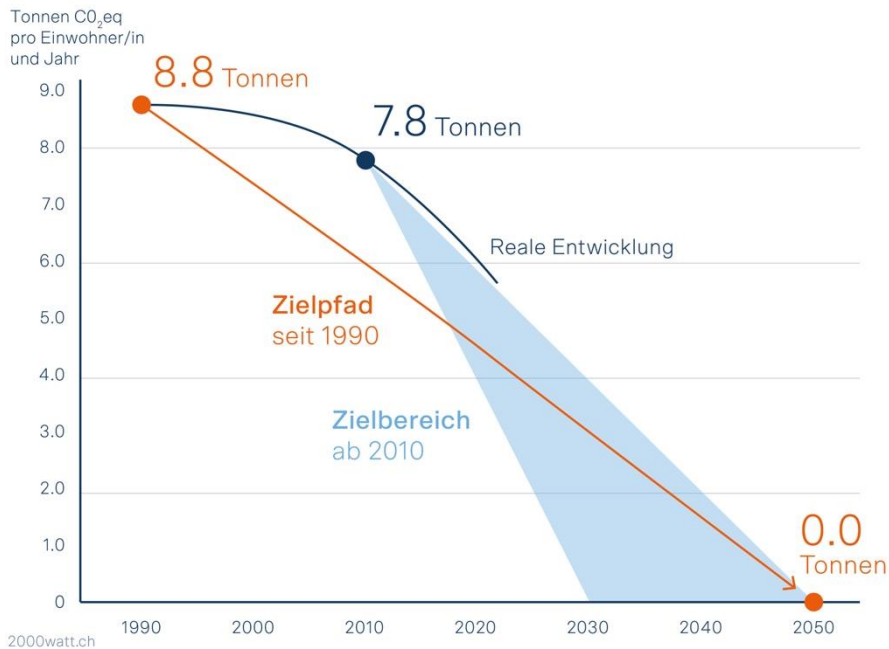


Abbildung 19: Zielpfade Primärenergie und Treibhausgasemissionen (2000-Watt-Gesellschaft 2020)

Zur Wirkungskontrolle der räumliche Energieplanung empfiehlt sich, zusätzlich zu dieser Zielvorgabe, kommunale Zwischenziele (z. B. für 2030 und 2040) sowie Unterziele für den Wärmebereich zu definieren. Diesen Unterzielen sollen geeignete Indikatoren zugeordnet werden, die mit vertretbarem Aufwand erfasst werden können.

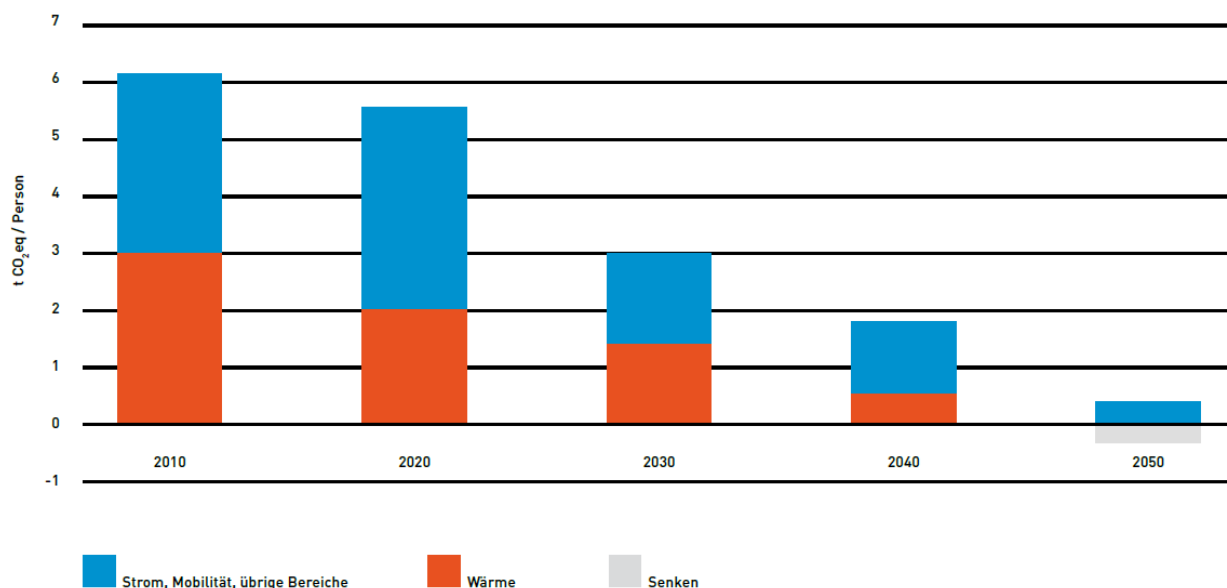


Abbildung 20: Visualisierte Zwischenziele / Unterziele für den Bereich Wärme; die Gesamtziele 2050 sind im Leitkonzept für die 2000 Watt-Gesellschaft festgehalten (vgl. oben).

Kommunale Zwischenziele berücksichtigen die aktuellen Ausgangswerte (bezüglich Primärenergie und Treibhausgasemissionen der Bereiche Strom, Mobilität und Wärme) und werden auf die kommunalen Ziele ausgerichtet. Allenfalls ist es sinnvoll, zusätzlich Umsetzungsziele spezifisch für die Massnahmen im Wärmebereich mit einer Unterteilung in öffentliche Gebäude und gesamtes Gemeindegebiet festzulegen. Damit wird dem unterschiedlichen Handlungsspielraum der Gemeinden in diesen beiden Teilbereichen Rechnung getragen.

10.2 Methodik der Erfolgskontrolle

Der Erfolg der räumlichen Energieplanung wird nicht nur an der quantifizierbaren Reduktionswirkung gemessen. Die Kontrolle erfolgt auf drei unterschiedlichen Ebenen.

Eine verlässliche Erfolgskontrolle der räumlichen Energieplanung beinhaltet die laufende Beobachtung des Umsetzungsprozesses, die Beurteilung und Prüfung der Organisationsstruktur, der getätigten Leistungen sowie der quantitativ messbaren Wirkung (vgl. Abbildung 3):

- Die periodische Prozesskontrolle überprüft das Vorgehen, die Organisation und die Strukturierung der Umsetzung.
- Die laufende Vollzugskontrolle prüft die zeitgerechte Umsetzung von Massnahmen und Aktivitäten und ermittelt zusätzlichen Handlungsbedarf bei einer stockenden Umsetzung.
- Demgegenüber wertet die Wirkungskontrolle die Zielerreichung anhand der eingesparten Energie und Treibhausgasemissionen aus.

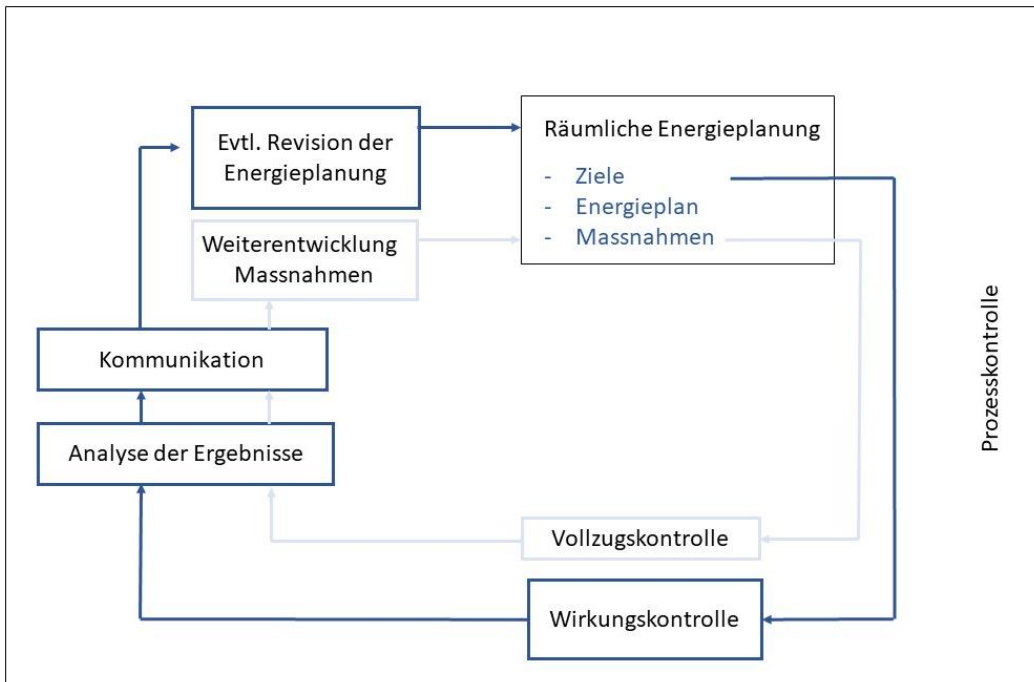


Abbildung 21: Ablauf der Erfolgs- und Prozesskontrolle

Die Erfolgskontrolle (Prozess-, Vollzugs- und Wirkungskontrolle) erfolgt in der Regel durch eine Umwelt- oder Energiekommission, in der alle relevanten Akteure vertreten sind. Oftmals ist es dieselbe Kommission, die auch den Energiestadt-Prozess oder als fachliche Begleitkommission den Energieplanungs-Prozess begleitet.

10.2.1 Prozesskontrolle: Rahmenbedingungen und Organisation

Die Prozesskontrolle zeigt auf, ob die grundsätzlich notwendigen Rahmenbedingungen für die Erarbeitung und Umsetzung der räumlichen Energieplanung vorliegen. Diese Prozesskontrolle erfolgt meistens im Rahmen der Erarbeitung der räumlichen Energieplanung oder periodisch mit der Überprüfung der kommunalen Energiepolitik durch das Programm «Label Energiestadt» (EnergieSchweiz 2024b).

10.2.1.1 Checkliste für die Prozesskontrolle

Die Checkliste beinhaltet die definierten Zuständigkeiten, die frei gegebenen Ressourcen sowie die Kommunikation:

- Sind die wichtigen Entscheidungsträger im Verfahren eingebunden?

- Reichen die personellen Ressourcen für die Erarbeitung des Energieplanes und den Umsetzungsprozess aus?
- Sind die Zuständigkeiten klar definiert und kommuniziert?
- Genügen die finanziellen Ressourcen für das Erarbeiten und die Umsetzung der räumlichen Energieplanung?
- Sind die Zuständigkeiten für die Wirkungskontrolle der Umsetzung definiert?
- Sind für die Wirkungskontrolle ausreichende Ressourcen vorgesehen?
- Ist eine umfassende und zielgerichtete Information und Kommunikation der Ergebnisse vorgesehen?

10.2.2 Vollzugskontrolle: Umsetzungsstand der Massnahmen

Die Vollzugskontrolle überprüft periodisch (mindestens jährlich) die Umsetzung von Massnahmen (siehe Modul 8 «Umsetzung, Energievorschriften») im Energiebereich. Diese Massnahmen umfassen insbesondere die in der Energieplanung oder im Aktivitätenprogramm von Energiestadt oder in separaten Klimaplänen (Reduktion der Treibhausgasemissionen in allen Bereichen und Adaption an Klimawandel) festgelegten Massnahmen.

Der Stand und der Fortschritt in der Umsetzung der Massnahmen kann durch ein Ampelsystem einfach signalisiert werden:

- **grün** werden alle Massnahmen bezeichnet, die planungsgemäss umgesetzt werden
- **gelb** werden Massnahmen signalisiert, deren Umsetzung stockt
- **rot** werden Massnahmen signalisiert, deren Umsetzung stark im Rückstand ist.

Die Ergebnisse sind mindestens jährlich den Verantwortlichen (Amtsleitern und politischen Gremien) mitzuteilen und in geeigneter Form öffentlich bekanntzumachen.

Best-Practice-Beispiel: Die Energieplanung als «rollende Planung»

Gemeinde: Birsfelden (BL)

Die Gemeinde Birsfelden passt ihre Energieplanung kontinuierlich an, indem sie regelmässig neue Erkenntnisse und den Fortschritt beim Ausbau der Wärmeverbunde berücksichtigt. Eine Arbeitsgruppe aus Vertretern der Gemeindeverwaltung, des Gemeinderats und der Energieversorger trifft sich viermal jährlich, um diese Bemühungen zu koordinieren. Dieses dynamische Vorgehen ermöglicht eine flexible Reaktion auf aktuelle Entwicklungen und sichert eine effektive Planung (EBP 2024a).

10.2.3 Anforderungen an ein Auswertungsinstrument

Die Wirkungskontrolle erfolgt idealerweise mit einem Instrument, das Erfassung, Eingabe und Auswertung möglichst standardisiert. Das Auswertungsinstrument soll folgende Elemente enthalten:

- Indikatoren und Zielpfade
- Auswertungszyklen
- Erfassungswerte (inkl. Masseinheit)
- Quellen, Links und Hilfsmittel für den Datenbezug
- Grafische Auswertung

Es ist wichtig, diesen Prozess gut zu dokumentieren, damit immer gleich vorgegangen und die ermittelten Werte nachvollzogen werden können.

10.2.4 Wirkungskontrolle: Energieverbrauch

Die Wirkungskontrolle erfasst die Entwicklung der Endenergie und damit auch der Primärenergie und der Treibhausgasemissionen. Dies im Sinne einer Gesamtbilanz der Energienutzung, auf der Ebene einzelner Handlungsfelder (z. B. Wärmeverbände oder kommunale Gebäude) und in Bezug auf besonders relevante Einzelindikatoren (z. B. Umweltwärme). Diese Indikatoren sollen auf die kommunalen Zwischen- und Unterziele ausgerichtet und mit vertretbarem Aufwand mess- und erfassbar sein (Tabelle 6).

Die mit der Wirkungskontrolle verbundene Bilanzierung soll immer mit derselben Methode erfolgen, damit eine aussagekräftige Entwicklung aufgezeigt werden kann. Dabei empfiehlt sich eine Gesamtbilanz (vgl. unten).

Die Wirkungskontrolle erfolgt periodisch in gleichen Zeitabständen. Sie soll mindestens 4-jährlich durchgeführt werden (Re-Audits, Legislatur); in grösseren Gemeinden werden ausgewählte Indikatoren, wie Anzahl Anschlüsse an das thermische Netz oder Anzahl neuer Wärmepumpen, oft auch jährlich ermittelt.

10.2.5 Indikatoren (keine abschliessende Liste)

Entwicklung gesamtes Gemeindegebiet

| | |
|---|--|
| Endenergieverbrauch der Wärmeversorgung | Total und pro Einwohner/in (fossile Brennstoffe, erneuerbare Energien, Abwärme, Strom für Wärmezwecke) |
| Primärenergiebedarf | Total und pro Einwohner/in (Umrechnung aus dem Endenergiebedarf) |
| Treibhausgasemissionen | Total und pro Einwohner/in (Umrechnung aus dem Endenergiebedarf) |

für jährliche Kontrollen einfacher zu erhebende Indikatoren:

| | |
|---|--|
| Anzahl oder Leistung fossile Feuerungen | Aus Feuerungskataster |
| Verkaufte Gasmenge | Pro Einwohner/in (von Gaslieferant; Total und Anteil Biogas/synthetisches Gas) |
| Verkaufte Menge Fernwärme/-kälte | Total und Anzahl Anschlüsse (von Betreibern thermische Netze; Total und Anteil Abwärme erneuerbar/ fossil) |
| Anzahl Elektroheizungen | Stromversorger oder Gebäude- und Wohnungsregister |
| Anzahl GEAK+ | Total aus Bewilligungen |
| Anzahl energetische Sanierungen | Total aus Bewilligungen |
| Anzahl Heizungsersatz | Verhältnis Ersatz fossil/erneuerbar |

Entwicklung kommunale Gebäude

| | |
|-------------------------|---|
| Endenergieverbrauch | Fossile Brennstoffe, erneuerbare Energien, Abwärme, Strom für Wärmezwecke |
| Energiekennzahl | Endenergie Wärme pro Energiebezugsfläche für ausgewählte Gebäudekategorien |
| Stromverbrauch | Endenergie Strom pro Energiebezugsfläche |
| Treibhausgas-Emissionen | Ermittlung aufgrund des Endenergiebedarfs Total und pro Energiebezugsfläche |

Tabelle 6: Indikatoren zur Wirkungskontrolle

Weitere Indikatoren sind im Energiestadt-Katalog und unter <https://www.local-energy.swiss/> beschrieben.

10.2.6 Gesamtbilanz

Im Idealfall wird auch eine Gesamtbilanz der Energienutzung auf dem Gemeindegebiet erstellt und mit den Zielwerten und -pfaden verglichen. Dabei wird der Endenergieverbrauch der Wärmeversorgung ergänzt mit den übrigen Energienutzungsbereichen (Mobilität, Strom etc.). Zur Ermittlung der Primärenergie und Klimagase können ausgehend von der Endenergie Umrechnungsfaktoren für den Primärenergiebedarf und die Treibhausgasemissionen (siehe Modul 3 «Energienachfrage») verwendet werden.

10.2.7 Visuelle Darstellung

Die ausgewählten Indikatoren können auf einer Zeitachse visualisiert, erfasst und mit allfälligen Zielwerten verglichen werden. Ihre Entwicklung kann mit einer Grafik veranschaulicht werden. Dadurch lässt sich einfach und verständlich prüfen, ob sich die Gemeinde auf dem definierten Zielpfad befindet.

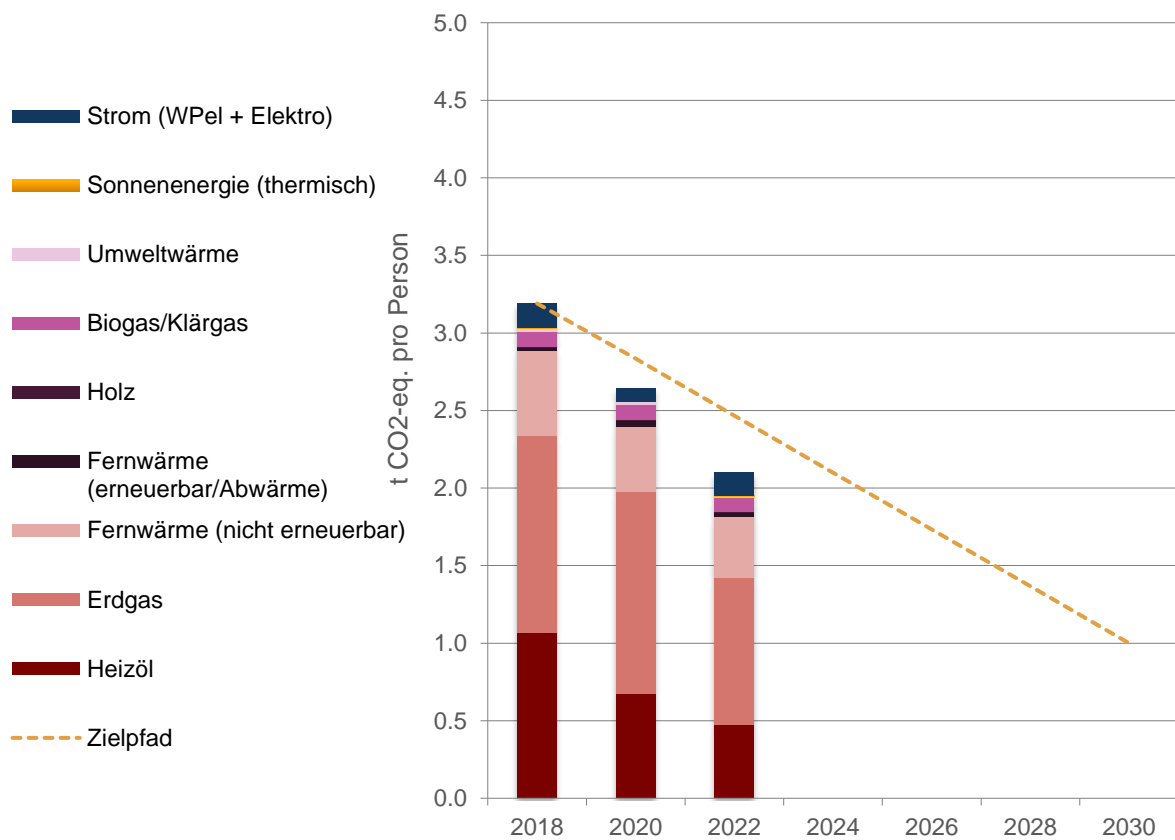


Abbildung 22: Wirkungskontrolle wärmebedingte Treibhausgasemissionen im Vergleich zum Zielpfad. Beispielgemeinde

10.2.8 Verfügbare Kontrollinstrumente

Für die Erfolgskontrolle stehen Hilfsinstrumente zur Verfügung. Die Kosten sind dabei oft abhängig von der Gemeindegrösse. Abhängig vom Kanton werden einige dieser Instrumente (teil-)finanziert. Weiter gibt es auch Angebote des Bundes.

10.2.9 Prozess-Steuerung

Geeignet für die Prozess-Steuerung sind klassische Qualitätsmanagementprozesse, welche einen fortlaufenden Kreislauf von Zielen – Massnahmen – Überprüfung – Anpassung etablieren. Dazu gehört auch der Energiestadt-Prozess, welcher ein Begleitgremium, ein genehmigtes Aktivitätenprogramm und die externe Begleitung als Pflichtelemente enthält. In die Prozess-Steuerung sollten alle Stakeholder wie Gas-/Fernwärme-/Energieversorger, Vertretung aus Politik und Verwaltung der Gemeinde, Kommunikationsverantwortliche und lokale Interessenvertretung einbezogen werden.

Energiestadt: umfassendes Programm

Mit dem Energiestadt-Programm wird die gesamte Energiepolitik bestehend aus den Bereichen «Entwicklungsplanung», «Kommunale Gebäude und Anlagen», «Ver- und Entsorgung» und «Mobilität» sowie «Interne Organisation» und «Kommunikation/Kooperation» betrachtet.

Eine Massnahmenplanung ist auf Zwischenziele ausgelegt, enthält Umsetzungstermine für jede Massnahme und entsprechende Zuständigkeiten. Sie ist mit einer Finanzierungsplanung verknüpft und wird mindestens einmal jährlich aktualisiert (im Rahmen der Vollzugskontrolle). Für folgende Aufgaben bei der Massnahmenumsetzung sollten Verantwortlichkeiten definiert und in den Stellenbeschreibungen der betroffenen Personen verankert werden:

- für die Führung des ganzen energiebedingten Dekarbonisierungsprozesses
- für die Koordination der verschiedenen Akteure im Wärmebereich
- für die Umsetzung aller im Rahmen der räumlichen Energieplanung festgelegten Massnahmen inklusive deren Anpassungen an sich verändernde Rahmenbedingungen
- für das Monitoring der Indikatoren: wer liefert zu welchem Zeitpunkt die Daten für die Indikatoren an wen, wer macht die Auswertung?
- für das Reporting

Die Regelung der Aufgabenteilung zwischen der Gemeinde und den Energieversorgern zur Umsetzung schafft klare Rahmenbedingungen, Verbindlichkeiten und Orientierung. Das genauere Vorgehen dazu ist im Modul 8 beschrieben.

10.2.10 Kommunikation und Reporting

Die Eckpunkte für das Reporting zur Umsetzung der räumlichen Energieplanung und die zugehörige Kommunikation sollten zu Beginn des Prozesses festgelegt werden. Diese Eckpunkte beinhalten Kommunikations-Ziele, Zielgruppen, Periodizität, Kanäle, Absender und verantwortliche Personen.

Notwendige Ziele für das Reporting und die Kommunikation sind:

- Informationen und Daten des Monitorings werden zur Verfügung gestellt.
- Periodische Information der politisch Verantwortlichen über die termingerechte Umsetzung der Massnahmen und den Grad der Zielerreichung
- Information der Öffentlichkeit zum Stand der Zielerreichung. Dies dient der Vertrauensbildung, der Motivation für eigene Aktivitäten und zur Vorbereitung von allfälligen Entscheidungen durch die Stimmbewölkerung.
- Information der von Änderungen betroffenen Kundschaft

Mögliche Kanäle für Reporting

- Medienmitteilungen
- Jahresberichte
- Legislaturberichte (Umweltbericht)
- Newsletter
- Webauftritt des EVU/der Gemeinde
- Evaluationsrapport

Die Wahl der verwendeten Kanäle sollte auf das Zielpublikum abgestimmt sein, da die verschiedenen Kanäle unterschiedliche Zielgruppen ansprechen. Die verschiedenen Zielgruppen wiederum erfordern teilweise unterschiedliche Periodizität und Absender für das Reporting. Für die Öffentlichkeitsarbeit eignet sich die Gemeinde als Absenderin. Für das Reporting zuhanden der politischen und administrativen Führung ist der Absender derjenige, welcher die Daten ausstellt.

| Berichterstattung | Jährlich | Alle 4 Jahre | | |
|---|--|---|--|---------------------------------------|
| Zielgruppe | Stand Umsetzung der Massnahmen (Vollzugskontrolle) | Erfolge, offene Aufgaben, Meinungsbildung und Handlungsfelder | Stand der Zielerreichung (Wirkungskontrolle) | Langfristige, mehrstufige Information |
| Politische Führungsebene Mehrstufiger, breiter Einbezug von – Behörden (Kommissionen), – Parlament, – Exekutivmitgliedern, – einzelnen PolitikerInnen mit Schlüsselaufgaben | X | | X | |
| Verwaltungsstellen mit Kernkompetenzen und -aufgaben im Umsetzungsprozess (Hoch- und Tiefbau, Amtsleiterkonferenz (Geschäftsleitung), Gemeindeschreiber, Werke) | X | | X | |
| Wichtige Stakeholder: Aktive Anbieter von Wärme, Installateure, Investoren | | X | X | |
| Breite Öffentlichkeit: bei dieser Zielgruppe spielt die sorgfältige Eingrenzung der Kommunikation eine sehr wichtige Rolle. | | X | X | |
| Die von Änderungen betroffene Kundschaft (der Gasversorgung oder von thermischen Netzen) | | | X | X |

Tabelle 7: Berichterstattung nach Zielgruppe

10.3 Quellen

- 2000-Watt-Gesellschaft (2020): Leitkonzept für die 2000-Watt-Gesellschaft, Energie-Schweiz, Verfügbar unter: <https://www.local-energy.swiss/programme/2000-watt-gesellschaft.html#/> (Zugriff am [17.07.2024]).
- EBP (2024a): Empfehlungen für Energieplanungen. Best Practice Beispiele. Zürich, Schweiz.
- EnergieSchweiz (2024b): Neustart Energiestadt. Verfügbar unter: <https://www.local-energy.swiss/neustart-energiestadt.html#/> (Zugriff am [17.07.2024]).
- EnergieSchweiz (2024c): Energie- und Klimakalkulator. Verfügbar unter: <https://www.local-energy.swiss/arbeitsbereich/netto-null-2000-watt-pro/werkzeuge-und-instrumente/energie-und-klima-kalkulator.html#/> (Zugriff am [17.07.2024]).