

Räumliche Energieplanung, November 2024

# Modul 5: Wärme- und Kälteerzeugung Einsatzbereiche und Kennwerte

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 alleine die Autoren verantwortlich.

## **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

# Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Wärmeerzeugungsarten .....</b>	<b>4</b>
1.1	Wärmepumpe .....	4
1.2	Feuerungen.....	5
1.2.1	Holzfeuerungen.....	6
1.2.2	Holzheizkraftwerke.....	6
1.2.3	Fossile Feuerungen .....	6
1.3	Nutzung der Sonnenenergie .....	7
1.3.1	Wärmekraftkopplung.....	8
1.4	Kombinationen von Wärmequellen (bivalente Systeme).....	9
<b>2.</b>	<b>Kälteerzeugungsarten .....</b>	<b>10</b>
2.1	Verschiedene Arten der Kälteerzeugung .....	10
<b>3.</b>	<b>Sektorkopplung.....</b>	<b>11</b>
<b>4.</b>	<b>Quelle .....</b>	<b>12</b>

# 1. Wärmeerzeugungsarten

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

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

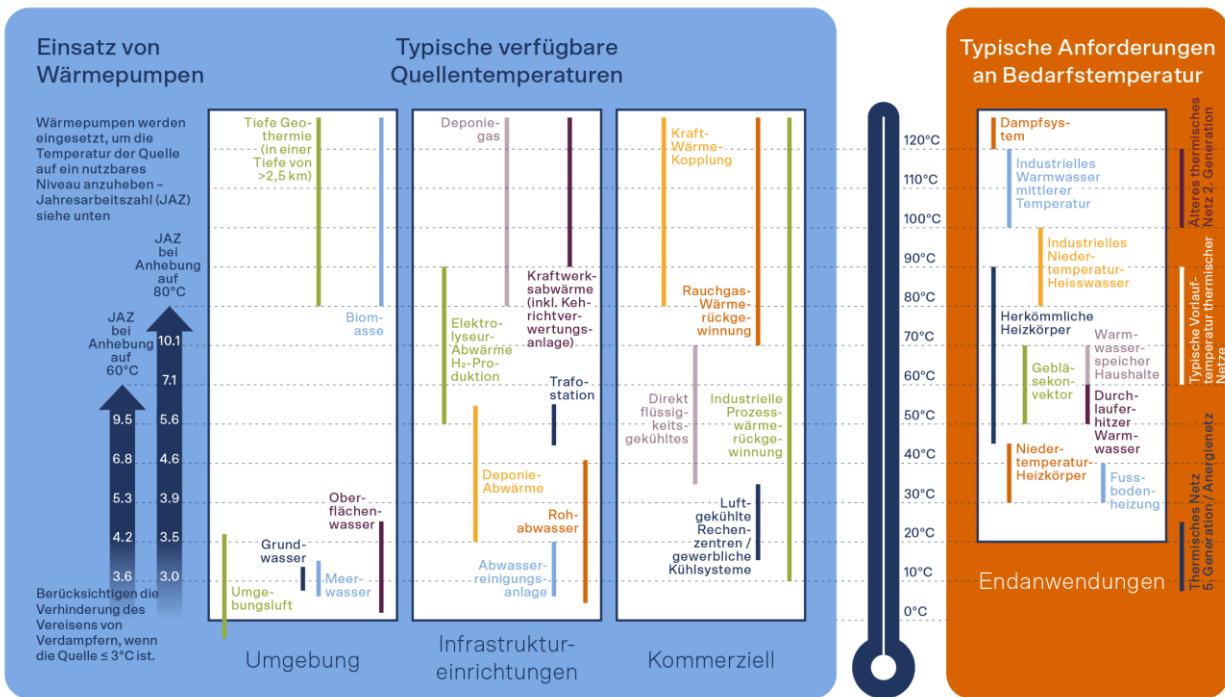


Abbildung 1: Temperaturbereich von Energiequellen und Anforderungen an das Temperaturniveau auf Seiten des Nutzers (Quelle: In Anlehnung an Codema Dublin's Energy Agency)

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

## 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
<b>Abwasser</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ab 150 kW Heizleistung sinnvoll (bivalent)</li> <li>– Abwärmenutzung aus Rohabwasser oder gereinigtem Abwasser bei stetem Abwasseranfall (mindestens 10 l/s) und zulässiger Abkühlung vor ARA.</li> <li>– 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.</li> </ul>
<b>Untiefe Geothermie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Meistens sehr effiziente Systeme; Regeneration der Erdsonden empfohlen (Saisonspeicher)</li> <li>– Erdsonden nur ausserhalb von Grundwasservorkommen und Karstgebieten (kantonale Bewilligung) möglich</li> </ul>
<b>Grundwasser (Quell- und Trinkwasser)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ab 20 kW Heizleistung sinnvoll (Vorschriften der Kantone bzgl. Mindestleistung beachten)</li> <li>– Fassungen nur mit kantonaler Konzession</li> </ul>
<b>Oberflächenwasser</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ab 20 kW Heizleistung sinnvoll (Vorschriften der Kantone bzgl. Mindestleistung beachten)</li> <li>– Fassungen nur mit kantonaler Konzession</li> </ul>
<b>Umgebungsluft</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Nur Kleinanlagen sinnvoll (tiefe Aussenluft-Temperaturen in Heizperiode; Luft-Wasser WP haben tiefere JAZ; Lärmproblematik beachten)</li> </ul>

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.

## 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.

### 1.2.1 Holzfeuerungen

Für die räumliche Energieplanung sind hauptsächlich Holzheizkraftwerke sowie Holzschnitzelfeuerungsanlagen 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 Gebäuden. Holzschnitzelfeuerungen werden eher bei Mehrfamilien- oder Schulhäusern eingesetzt; bei kleineren Gebäuden und Einfamilienhäusern bewähren sich automatische Pelletfeuerungen.
- Die Verbrennung erfolgt CO<sub>2</sub>-neutral; hingegen werden auch andere Luftschatdstoffe ausgestossen – Feinstaub, Stickoxide (NO<sub>x</sub>) 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.

### 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.

### 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
<b>Holzschnitzel</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Heizzentrale mit thermischem Netz</li><li>– (ab 150 kW</li><li>– bis 10 MW) und Prozesswärme</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Energieinhalt: 500 bis 1'100 kWh/Sm<sup>3</sup></li><li>– Anlagen weisen einen variablen Leistungsbereich auf</li><li>– Oft bivalente Systeme mit zusätzlichem Öl-, oder Gaskessel</li><li>– Anlagen werden mit Speicher und in der Regel auch mit Feinstaubabscheider realisiert</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– CO<sub>2</sub>-neutrale Verbrennung (11 g CO<sub>2</sub>/kWh)</li></ul>
<b>Pellets</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Normalerweise Ein- und Mehrfamilienhäuser</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Energieinhalt: rund 3'300 kWh/Sm<sup>3</sup></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– nahezu CO<sub>2</sub>-neutrale</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– (15 bis 70 kW)</li> <li>– Grossanlagen mit</li> <li>– thermischen Netz (bis 1 MW)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Geringeres Lagervolumen erforderlich als bei Holzschnitzelfeuerungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Verbrennung (28 g CO<sub>2</sub>/kWh)</li> </ul>
<b>Erneuerbare Gase</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Nur noch bei fehlender Alternative bei:</li> <li>– Prozesswärme in der Industrie</li> <li>– Versorgungssicherheit kritischer Infrastrukturen (z. B. Spitäler)</li> <li>– Spitzendeckung und Versorgungssicherheit im thermischen Netz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Hoher Wirkungsgrad dank kondensierender Feuerungstechnik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Hoher CO<sub>2</sub>-Ausstoss:</li> <li>– Biogas 124 g CO<sub>2</sub>/kWh,</li> <li>–</li> </ul>

Tabelle 2: Energieerzeugung mit Feuerungen (CO<sub>2</sub>-Äquivalente aus KBOB 2023)

### 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 wolkenreicher 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 Anlagetyp ca. 60 % der einfallenden Strahlung zur Wärmeproduktion genutzt werden.

## OPTIMALE AUSRICHTUNG VON SONNENKOLLEKTOREN

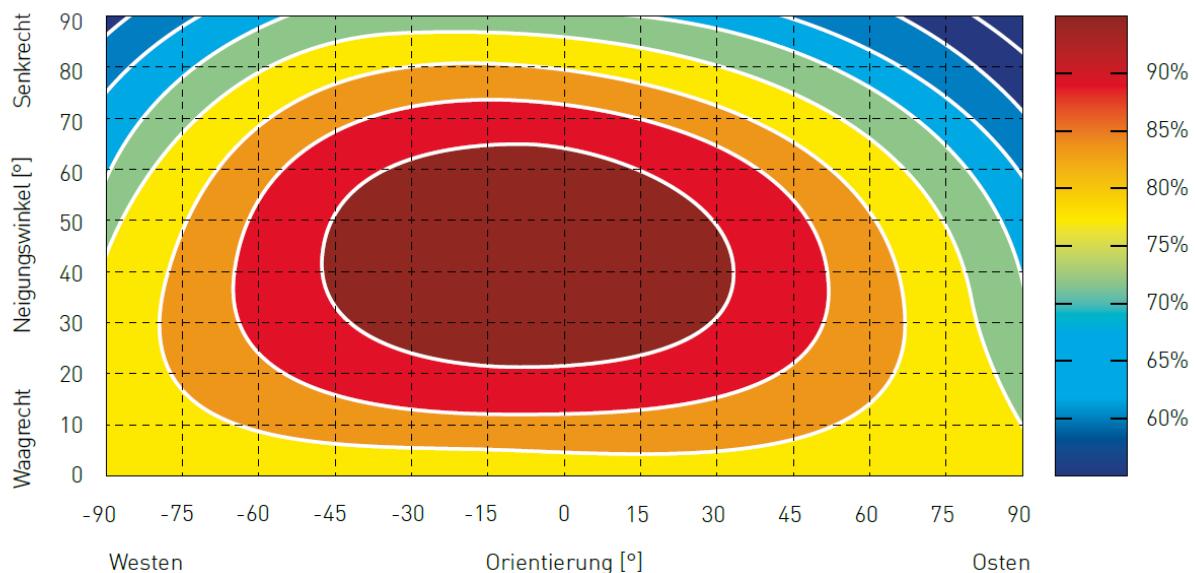


Abbildung 2: Reduktion des Ertrags bei Abweichung von der optimalen Ausrichtung (Swissolar 2017)

Abbildung 2: 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 m<sup>2</sup> Kollektorfläche jährlich bis zu 60 % des Warmwasserbedarfs einer Person decken. Wenn zusätzlich die Heizung unterstützt werden soll, dann muss eine deutlich grösitere 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).

Anlagetyp	Standort Mittelland	Standort Alpenraum
<b>Hoher Deckungsgrad (mindestens 60 %)</b>	350 kWh bis 450 kWh	400 kWh bis 500 kWh
<b>Mittlerer Deckungsgrad (30 bis 60 %)</b>	400 kWh bis 550 kWh	500 kWh bis 600 kWh
<b>Vorwärmung (unter 30 %)</b>	450 kWh bis 650 kWh	600 kWh bis 700 kWh

Tabelle 4: Jährlicher Energieertrag pro m<sup>2</sup> Sonnenkollektor (Swissolar 2015)

#### 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
<b>Heizkraftwerk (HKW)</b>	– Dampfturbine mit erneuerbarem Gas, Kehricht, Energieholz	– Holz-Heizkraftwerk mit thermischem Netz – Abwärmenutzung ab Kehrichtverwertungsanlage
<b>Blockheizkraftwerk (BHKW)</b>	– 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

### 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.

## 2. Kälteerzeugungsarten

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

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.

### 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 CO<sub>2</sub>-Emissionen in allen Bereichen gesenkt werden.» (BFE 2023a).

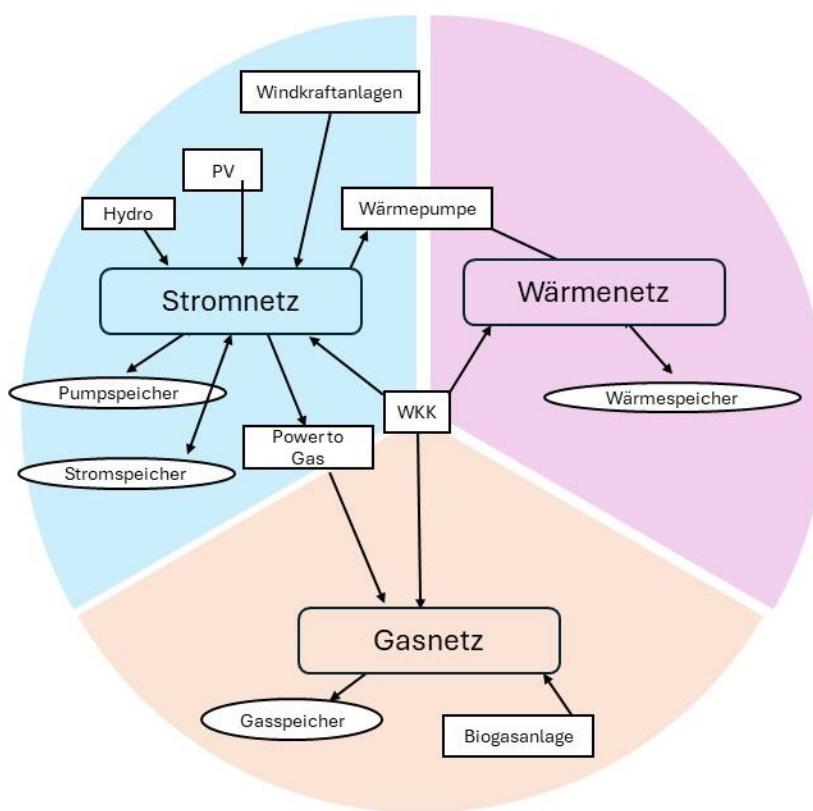


Abbildung 3: Grafische Darstellung der Sektorkopplung der Energienetze (basierend auf Forschungsstelle Energienetze FEN, PLANAR 2024)

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.

## 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]).
- Swissolar (2015): Sonnenkollektoren. Dimensionierungshilfe. EnergieSchweiz, Bern, Schweiz.
- Swissolar (2024): Anwendung Solarwärme. Verfügbar unter: <https://www.swissolar.ch/de/wissen/solar-technologien/solarwaerme/anwendung> (Zugriff am [17.07.2024]).
- QM Holzheizwerke (2022): Planungshandbuch. QM Heizwerke. 3 Auflage.