

Information für kommunale Behörden und Fachpersonen

Räumliche Energieplanung

Werkzeuge für eine zukunftstaugliche
Wärme- und Kälteversorgung

Modul 1: Zweck und Bedeutung

Modul 2: Vorgehen

Modul 3: Energienachfrage

Modul 4: Energiepotenziale

**Modul 5: Wärmeerzeugung
Einsatzbereiche und Kennwerte**

Modul 6: Thermische Netze

Modul 7: Umsetzung,
Energievorschriften

Modul 8: Erfolgskontrolle

Modul 9: Konzession EDL

Modul 10: Gasstrategie

Stand Dezember 2017

Modul 5 in Kürze

Wärmeerzeugungsarten

Anlagen zur Wärmeerzeugung können in Bezug auf Anwendung, Einsatz und Umweltbelastung auf folgende Arten unterschieden werden:

- Feuerungen
- Wärmepumpen
- Wärmekraftkopplung
- Nutzung der Sonnenenergie

Versorgung im Energieverbund

Ein rationeller und auch wirtschaftlicher Betrieb von verschiedenen Wärmeerzeugungsanlagen, zum Beispiel Wärmekraftkopplung (WKK), Holzheizzentralen und mehrstufige Wärmepumpensysteme, kann bei der Konzeption von zentralen Grossanlagen mit Nah- oder Fernwärmeverbund (thermische Netze) in Gebieten mit einem hohen Wärmebedarf erreicht werden. Die Anlagen können auch zu bivalenten Systemen kombiniert werden.

Besonders interessant bezüglich Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit sind Energieverbunde, die Gebiete mit Kältebedarf gleichzeitig mit Wärme und Kälte versorgen.

Weiterführende Informationen und Links

- Thermische Netze Modul 6
- Separates Beiblatt zu den Modulen 1 bis 10

Verschiedene Arten der Wärmeerzeugung

Für die Wärmeversorgung sind neben unterschiedlichen Energieträgern auch die verschiedenen Erzeugungsarten bedeutend. Die räumliche Energieplanung fördert die Nutzung von Abwärme und erneuerbaren Energien.

Zur Beurteilung der Zweckmässigkeit der unterschiedlichen Wärmeerzeugungsarten ist unter anderem der vorge-sehene Einsatzbereich wichtig (Tabelle 1). Als Bestandteil eines Wärmeerzeugungssystems lassen sich verschiedene Anlagentypen auch miteinander kombinieren:

- Wärmeerzeugung durch Verbrennung: Holz- und fossile Feuerungen ermöglichen Hochtemperaturwärme
- Wärmegewinnung aus Prozessen: Abwärmenutzung auf hohem oder niedrigem Temperaturniveau
- Wärmeumwandlung im Niedertemperaturbereich: Nutzung von Umweltwärme mit Wärmepumpen und von Sonnenstrahlung mit thermischen Solaranlagen

FEUERUNGEN

Durch die Verbrennung von Brennstoffen wie Energieholz – Stückholz, Holzschnitzel oder Pellets – sowie Heizöl, Erd- oder Biogas wird Wärme erzeugt. Diese lässt sich als Raumwärme und zur Warmwasseraufbereitung nutzen oder speziell für Hochtemperaturprozesse in der Industrie einsetzen.

Holzfeuerungen

Für die räumliche Energieplanung sind hauptsächlich Holzheizkraftwerke sowie Holzschnitzelfeuerungsanlagen von Bedeutung, die mit dem erneuerbaren Energieträger Holz der Versorgung im Nah- oder Fernwärmeverbund 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 Planungshandbuch QM Holzheizwerke):

- Der optimale Einsatzbereich von Holzfeuerungen liegt in der Wärmeversorgung (Heizen, Warmwasser) von bestehenden, weniger gut gedämmten Gebäuden.
- Holzschnitzelfeuerungen 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.
- Das Potenzial an Energieholz ist insgesamt noch nicht ausgeschöpft; jedoch stehen die Reserven regional unterschiedlich zur Verfügung. 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.

Fossile Feuerungen

Feuerungen mit Heizöl oder Erdgas sollen künftig nur noch für die Erzeugung von Hochtemperaturwärme oder zur Redundanz und Spitzendeckung eingesetzt werden. Da bei der Verbrennung viel CO₂ ausgestossen wird, sind fossile Feuerungen auf spezielle Anwendungen, beispielsweise unstete Hochtemperaturprozesse, zu beschränken. Die Feuerungstechnik wurde in den letzten Jahren laufend verbessert. Durch die Wärmenutzung der Abgase im Kondensationskessel wird der Wirkungsgrad entsprechend erhöht.

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.

WÄRMERZEUGUNG IM HOCHTEMPERATURBEREICH

Brennstoffe	Einsatzbereich	Kennwerte für die Planung	Emissionen
Holzschnitzel	<ul style="list-style-type: none"> • Heizzentrale mit Energieverbund (ab 150 kW bis 10 MW) und Prozesswärme 	<ul style="list-style-type: none"> • Energieinhalt: 500 bis 1100 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 (22 g/kWh)
Pellets	<ul style="list-style-type: none"> • Normalerweise Ein- und Mehrfamilienhäuser (15 bis 70 kW) • Grossanlagen mit Energieverbund (bis 1 MW) 	<ul style="list-style-type: none"> • Energieinhalt: rund 3300 kWh/Sm³ • Geringeres Lagervolumen erforderlich als bei Holzschnitzelfeuerungen 	<ul style="list-style-type: none"> • nahezu CO₂-neutrale Verbrennung (40 g/kWh)
Fossile Brennstoffe (Heizöl und Erdgas)	<ul style="list-style-type: none"> • Spitzendeckung und Versorgungssicherheit im Energieverbund • Prozesswärme in der Industrie 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoher Wirkungsgrad dank kondensieren der Feuerungstechnik 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoher CO₂-Ausstoss: Erdgas 248 g/kWh, Biogas 140 g/kWh, Heizöl 324 g/kWh

Tabelle1: Energieerzeugung mit Holzfeuerungen und fossilen Feuerungen (CO₂-Äquivalente aus Treeze 2017)

WÄRMEPUMPE

Wärmepumpen (WP) nutzen Energiepotenziale mit tiefem Temperaturniveau. Diese Form der Energieerzeugung ist insofern raumwirksam, als ortsgebundene Wärmequellen aus der unmittelbaren Umgebung – Erdreich, 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 auf Seite 4). 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.

- WP eignen sich für die Erzeugung von Raumwärme in Neubauten oder energetisch sanierten Altbauten, die mit niedrigen Vorlauftemperaturen im Heizungskreislauf auskommen (Bodenheizungen).
- In einem Nahwärmeverbund 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 Grundwasser oder dem Abwasser beziehen, können im Sommer auch für die Kühlung eines Gebäudes genutzt werden. Die aktive und passive Kühlung gewinnt aufgrund höherer interner Wärmelasten, besserer Luftdichtigkeit der Gebäudehülle und steigender Anforderungen an die Behaglichkeit stetig an Bedeutung.

Betriebseffizienz und Jahresarbeitszahl

Als Mass für die Effizienz einer Wärmepumpenanlage wird der Begriff Jahresarbeitszahl (JAZ) verwendet. Sie gibt an, wie viel Wärme im Verhältnis zur eingesetzten Hilfsenergie für den Kompressor erzeugt wird. 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 (Abbildung 1, Temperaturhub idealerweise 20 bis 30 Kelvin).

Arbeitszahl einer WP in Abhängigkeit des Temperaturhubes

Arbeitszahl [-]

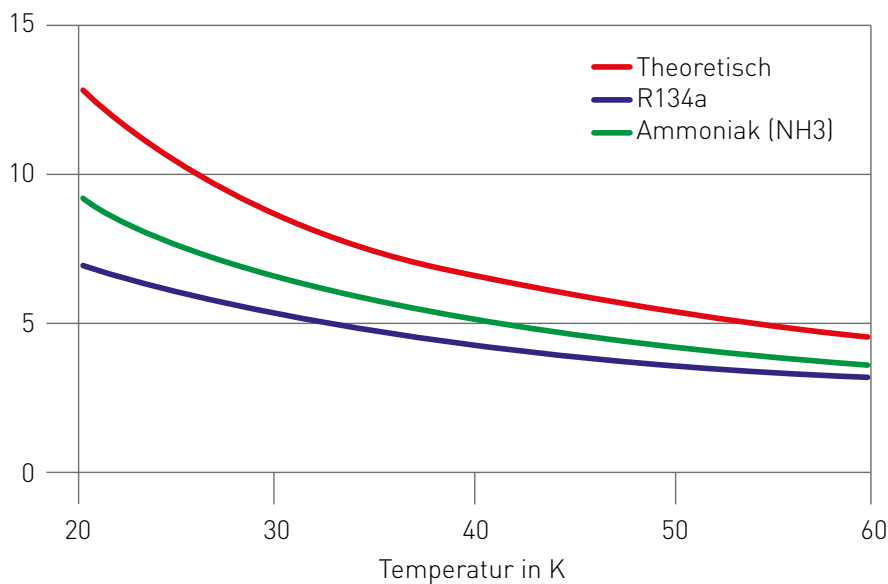


Abbildung 1: Abhängigkeit der Jahresarbeitszahl (JAZ) einer Wärmepumpe bezüglich Wärmehub und Kältemittel (Erb 2009)

WÄRMEDIAKOPPLUNG

Wärmekraftkopplungsanlagen (WKK) erzeugen über einen Verbrennungsprozess Strom und liefern zugleich nutzbare Abwärme. Der wärmegeführte Betrieb einer WKK ist vor allem in der Winterzeit interessant, wenn die Wärme-

und die Stromnachfrage gleichzeitig am grössten sind. WKK-Anlagen eignen sich für die Grundversorgung im Energieverbund 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 WÄRMEPUMPEN UND WKK-ANLAGEN

WP-Wärmequelle	Einsatzbereich
Abwasser	<ul style="list-style-type: none"> • Ab 150 kW Heizleistung sinnvoll (bivalent) • Abwärmenutzung aus gereinigtem Abwasser oder Rohabwasser bei stetem Abwasseranfall (mind. 15 l/s) und zulässiger Abkühlung vor ARA
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)
Grund-, 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 2: Unterschiedliche Einsatzbereiche der Wärmequellen bei Wärmepumpen

WKK-Anlagen	Brennstoff	Mögliche Anwendungen
Heizkraftwerk (HKW)	<ul style="list-style-type: none"> • Dampfturbine mit Erdgas, Heizöl, Kehrlicht, Energieholz 	<ul style="list-style-type: none"> • Holz-Heizkraftwerk mit Fernwärmeverbund • Abwärmenutzung ab Kehrlichtverbrennungsanlage
Blockheizkraftwerk (BHKW)	<ul style="list-style-type: none"> • Gasturbine mit Erdgas, Flüssiggas • Verbrennungsmotor mit Erdgas, Biogas, Biotreibstoff, Heizöl 	<ul style="list-style-type: none"> • Nahwärmeverbund, u.a. für Wohnsiedlungen • Prozesswärme in Industriebetrieb (ev. in Kombination mit einer Notstromgruppe) • grössere Einzelgebäude

Tabelle 3: Einsatzbereiche von WKK-Anlagen



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.

NUTZUNG DER SONNENENERGIE

Die Sonnenenergie kann mit Hilfe 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): Durch Regeneration von Erdsonden im Sommer 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 – sehr zweckmässig. Für die Nutzung der Sonnenenergie zu Heizzwecken existieren eine Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten mit Holzpellets (grosse Heizung), Stückholz (kleine Heizung) oder Erd- und Biogas (sehr grosse Heizung). Die Erträge können durch eine tiefe Betriebstemperaturen optimiert werden.
- Sommerbetrieb von Nahwärmeverbunden: Integriert in einen Nahwärmeverbund ermöglichen Sonnenkollektoren das ausser Betrieb setzen der primären Heizungsanlage in den Sommermonaten.

Je nach Ausrichtung der Sonnenkollektoren (Neigungswinkel und Orientierung) und der örtlichen Sonneneinstrahlung lassen sich unterschiedlich hohe Energieerträge erzielen (Abbildung 2).

- Die örtliche Sonneneinstrahlung hängt vom Sonnenstand, den Witterungsbedingungen, der Höhe des Standortes und der Luftverschmutzung ab. In der Schweiz werden in tiefer gelegenen, nebel- und wolkenreicheren Lagen die geringsten und im hochalpinen Gebiet die höchsten Werte erzielt.
- Von der zur Verfügung stehenden Sonneneinstrahlung können je nach Anlagentyp 1/3 bis 2/3 der einfallenden Strahlung zur Wärmeproduktion genutzt werden.

Flächenbedarf bei Sonnenkollektoren

Unabhängig vom Standort in der Schweiz lassen sich mit 1 bis 1,5 m² Kollektorfläche jährlich bis zu 70% des Warmwasserbedarfs einer Person decken. Dies entspricht einem jährlichen Energieertrag von 400 bis 500 kWh/m². Wenn zusätzlich die Heizung unterstützt werden soll, dann muss eine deutlich grössere Kollektorfläche sowie eine höhere Speicherkapazität eingeplant werden. Je nach Art der Einbindung und dem Verwendungszweck liegt der spezifische Jahresertrag an Wärme bei 300 bis 700 kWh/m² (vgl. Tabelle 4).

OPTIMALE AUSRICHTUNG VON SONNENKOLLEKTOREN

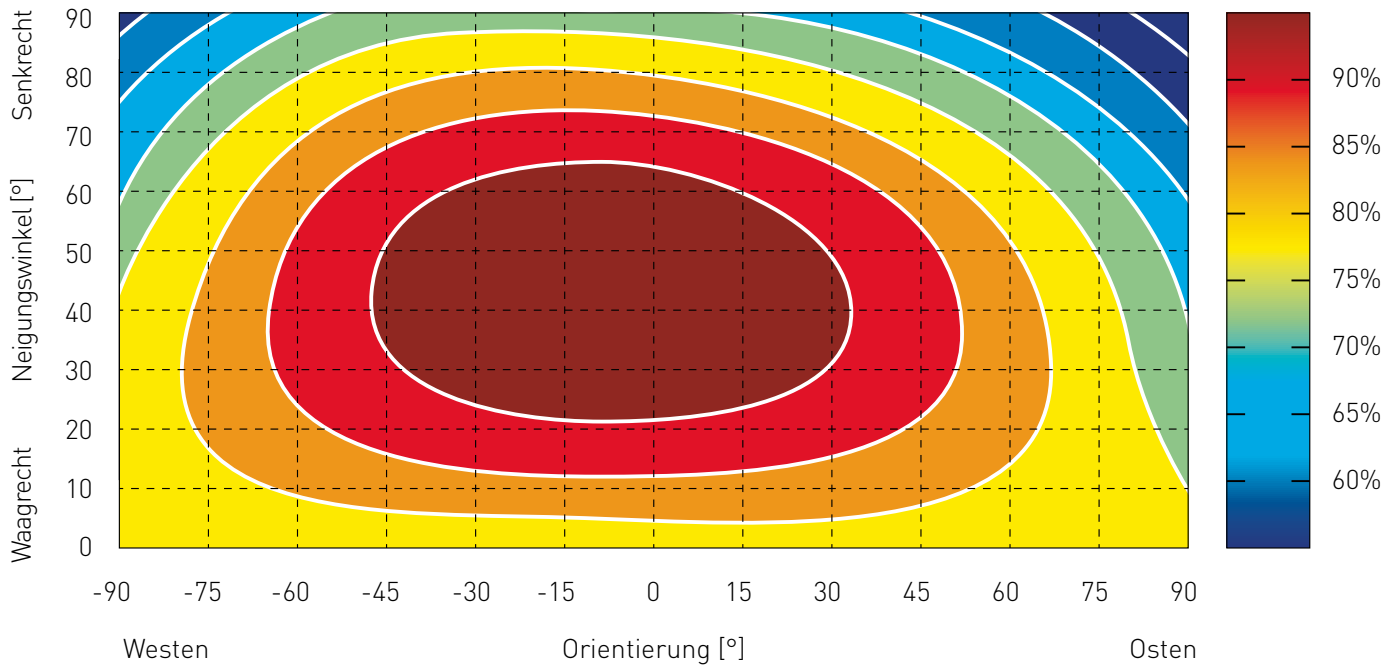


Abbildung 2: Reduktion des Ertrags bei Abweichung von der optimalen Ausrichtung (Swissolar 2017)

KOMBINATIONEN VON WÄRMEQUELLEN

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 sind die Nutzung von Grundwasser oder Holzschnittel in Kombination mit Erd- und Biogas. Es ist jedoch anzumerken, dass solche Lösungen ökologisch nachteilig sein können.

Anlagentyp	Standort Mittelland	Standort Alpenraum
Kompakt-Solaranlagen zur Wassererwärmung	• 330 kWh bis 540 kWh	• 440 kWh bis 720 kWh
Wasservorwärmung im Mehrfamilienhaus	• 420 kWh bis 590 kWh	• 550 kWh bis 740 kWh
Wassererwärmung und Unterstützung der Heizung	• 250 kWh bis 310 kWh	• 380 kWh bis 530 kWh
Regeneration von Erdsonden	• ca. 700 kWh	• ca. 800 kWh

Tabelle 4: Jährlicher Energieertrag pro m² Sonnenkollektor (Swissolar 2017)

Impressum

Herausgeber: EnergieSchweiz für Gemeinden,
c/o Nova Energie GmbH, 8370 Sirmach

Erstdruck: Februar 2011; Revision Dezember 2017

Auftragnehmer: PLANAR AG für Raumentwicklung
Begleitgruppe Revision: Brandes Energie AG, econcept AG,
Hochschule Luzern HSLU

Unterstützung: Kantone Aargau, Bern, Luzern, Schaffhausen,
St.Gallen, Thurgau und Zürich, Amt für Raumentwicklung ARE,
Bundesamt für Energie BFE