

Umstellung bestehender städtischer Heiz- und Kühlsysteme von fossilen auf erneuerbare Energiequellen

Erneuerbare Energiequellen in Wärme- und Kältenetzen

Leitfaden für emissionsfreie thermische Netze

Massnahmenkatalog für die Dekarbonisierung und Flexibilisierung von thermischen Netzen



Dieses Projekt wurde von der Europäischen Union finanziert, im Rahmen des Forschungs- und Innovationsprogrammes "Horizont 2020" der EU, unter der Finanzhilfvereinbarung Nr. 952873.

Dokumentinformationen:

Autorinnen/Autor: Laure Deschaintre, Planair SA
Martine Felber, Planair SA
Stefan Thalmann, Verenum AG



PLANAIR
ingénieurs conseils en énergies et environnement

Kontakt: Planair SA
Rue Galilée 6
1400 Yverdon-les-Bains

Letzte Aktualisierung: August 2023
Titelbild: Solites/RES-DHC-Projekt

Projektwebseite: www.res-dhc.eu

Disclaimer:

Die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und dem Autor. Sie spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung der Europäischen Union wider. Weder die Europäische Kommission noch die Autorinnen und der Autor sind für jegliche Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich.

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einführung.....	3
2. Methodik.....	3
3. Planung.....	4
3.1. Energie- und Raumplanung: Auf dem Weg zum Netto-Null-Emissions-Ziel.....	5
3.2. Machbarkeitsstudien	6
3.3. Übergangslösungen	7
4. Flexibilität und Energieeffizienz	9
4.1. Erzeugungsseitige Optimierung.....	10
4.2. Thermische Speicherung.....	11
4.3. Kundenseitige Optimierung	14
4.4. Senkung der Temperaturen.....	15
5. Integration von Abwärme und erneuerbaren Energien.....	16
5.1. Hochtemperatur-Abwärme	17
5.2. Niedertemperatur-Abwärme	19
5.3. Umweltwärme	22
5.4. Biomasse	25
5.5. Solarthermie.....	29
6. Schlusswort.....	30
7. Bibliografie	30

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Titelbild : (Bild: mast3r – stock.adobe.com)	
Abbildung 1 : Die möglichen Schritte zur Umsetzung der Massnahmen.....	4
Abbildung 2 : Ausgangssituation / Umsetzungsplan der Stadt Zürich (Bild: Präsentation der Stadt Zürich)	5
Abbildung 3: Vergleich der Szenarien im Rahmen einer Machbarkeitsstudie	6
Abbildung 4: Angebot an Übergangslösungen, die bei der Planung berücksichtigt werden müssen.	7
Abbildung 5: Beispiele unterschiedliche Speicherlösungen (Bilder: o.l.: Renergia Zentralschweiz AG; o.r.: AGRO Energiezentrum Rigi; u.l.: © Energie Wasser Bern; u.r.: Solites).....	11
Abbildung 6: Illustration der ECCO2-Lösung. (Bild: ECCO2).....	14
Abbildung 7: Analyse des Genfer Netzes durch die Uni Genf	15
Abbildung 8: Energiezentrale des AV Morgental (Schweiz). (Bild: AV Morgental)	18
Abbildung 9 : Distanz, die die Abwärme überbrücken kann.....	19
Abbildung 10: Gebäude, in dem die Wärme aus dem Auslauf der ARA Yverdon-les-Bains ans Wärmenetz geliefert wird.	20
Abbildung 11: Das Bürgerspital in Solothurn (Bild: Alexander Gempeler).	21
Abbildung 12: Konzept des Wärmenetzes in Biel. (Bild: ESB).....	22
Abbildung 13: Nutzungsprinzip - Geothermie in Riehen (Quelle Hydro-Géo Environnement / Schädle GmbH)	23
Abbildung 14: Bohrung für das Wärmenetz. (Bild: EWD AG)	23
Abbildung 15: Direktor Mauro Suà von der Azienda Multiservizi Bellinzona (rechts) und sein Spezialist Lorenzo Bardelli (links). (Foto AMB)	24
Abbildung 16: Prinzipschema einer Anlage mit zwei Holzkesseln und mit Speicher. (Bild 13.8 aus Planungshandbuch QM Holzheizwerke, 3. Auflage 2022).....	25
Abbildung 17: Prinzipschema einer Anlage mit mehreren Holzkesseln und mit Speicher. (Bild 13.9 aus Planungshandbuch QM Holzheizwerke, 3. Auflage 2022)	26
Abbildung 18: Prinzipschema einer monovalenten Anlage mit zwei Holzkesseln sowie mit einem Zusatz-Holzkessel mit Qualitätsbrennstoff für den Sommerbetrieb. (Bild 13.13 aus Planungshandbuch QM Holzheizwerke, 3. Auflage 2022).....	26
Abbildung 19: Heizzentrale und Brennstofflager WV Sarnen (Quelle: WV Sarnen).....	27
Abbildung 20: Gesamtansicht des SolarCAD II-Kraftwerks (Foto: Magali Girardin SIG).....	29

1. EINFÜHRUNG

In der Schweiz steht eine Vielzahl von thermischen Netzen in Betrieb, welche in grösseren Städten vielfach die Abwärme von Kehrrichtverwertungsanlagen (KVA) oder in kleineren Städten und Gemeinden die lokalen Energieholzressourcen nutzen. Immer mehr werden auch thermische Netze entwickelt und betrieben, welche die Umweltenergie aus Grundwasser, Flüssen und Seen nutzen. In diesen bestehenden Netzen ist der Anteil an erneuerbarer Energie oft bereits hoch [1]. Allerdings versorgen thermische Netze in der Schweiz nur etwa 11 % der Wärmeproduktion. In Anbetracht der Ziele der Energiestrategie müssen diese Gasnetze vielerorts ersetzt werden. Diese Transformation hat in diversen Städten wie zum Beispiel Zürich oder Basel bereits begonnen. Es gibt also zwei parallele Herausforderungen für die bestehenden Wärmenetze:

1. Die Kapazitäten für die Versorgung mit erneuerbaren Energien zu erhöhen und die thermischen Netze auszubauen, um den Wärmebedarf der wachsenden Bevölkerung mit erneuerbaren Energien zu decken.
2. Den Anteil an fossilen Energien zu reduzieren, die derzeit noch für Lastspitzen eingesetzt werden.

Dieser Leitfaden zeigt mit konkreten Beispielen aus dem Projekt RES-DHC Lösungen auf, wie diese Herausforderungen angegangen werden können.

2. METHODIK

Jedes Wärmenetz ist einzigartig, keine Ausgangssituation ist exakt gleich. Aus diesem Grund bietet dieser Leitfaden einen Katalog möglicher Massnahmen, damit jede Betreiberin oder Entscheidungsträger die Massnahmen in Betracht ziehen kann, die für ihren/seinen speziellen Fall am besten geeignet sind. Keine der vorgeschlagenen Massnahmen ist für sich allein genommen geeignet, eine 100 % nachhaltige und erneuerbare Energieversorgung zu erreichen. In Kombination mit anderen Massnahmen können sie aber dazu beitragen, dieses Ziel zu erreichen, oder sich dem Ziel zumindest stark anzunähern. Wenn bisher noch keine Massnahmen ergriffen wurden, ist ein gesamtheitlicher Ansatz am sinnvollsten, wie in Abbildung 1 in verschiedenen Schritten dargestellt.

Schritt 1 ist die Planung von geeigneten Massnahmen, danach folgt die Umsetzung von Energieeffizienzmassnahmen und die Flexibilisierung der Energieproduktion. Anschliessend müssen die Kapazitäten an erneuerbaren Energien ausgebaut und schliesslich betriebliche Fragen eines Netzes geklärt und optimiert werden.



Abbildung 1 : Die möglichen Schritte zur Umsetzung der Massnahmen.

3. PLANUNG

Der Bau von Wärmenetzen ist langwierig und erfordert hohe Investitionen. Daher ist es wichtig, Planungs- und Investitionssicherheit zu schaffen. Um eine hohe Wärmeabsatzdichte im geplanten Versorgungsgebiet zu erreichen, gibt es drei Instrumente für Gebäudeeigentümerinnen und Netzbetreiber:

1. Erstens geht es um eine übergeordnete und politisch abgesicherte Energieplanung (Richtplan), in welcher zukünftige Versorgungsgebiete festgelegt sind. Diese Energieplanung sollte die betroffene Bevölkerung so weit wie möglich einbeziehen, um eine hohe Akzeptanz des Projekts zu ermöglichen und eine hohe Anschlussquote zu gewährleisten.
2. Zweitens ist die Qualität der Machbarkeitsstudien entscheidend.
3. Drittens ist ein Angebot an Übergangslösungen für künftige Kunden notwendig, die nicht auf die Inbetriebnahme des Netzes warten können.

3.1. Energie- und Raumplanung: Auf dem Weg zum Netto-Null-Emissions-Ziel

Die kommunale Energieplanung ist eine wichtige Grundlage für die Umsetzung der Netto-Null-Ziele im Gebäudebereich. Damit werden der zukünftige Energiebedarf sowie das Angebot an erneuerbaren Energien und Abwärme abgeschätzt. Hier wird die gewünschte, auf einen Planungshorizont von 15 Jahren ausgerichtete Entwicklung der Energieversorgung und -nutzung festgelegt und die notwendigen Mittel und Massnahmen für den Weg dorthin bezeichnet. Wichtige Elemente sind zum einen der Ausbau der Versorgung über das Wärmenetz und die räumliche Koordination dieses Ausbaus mit anderen Nutzungen des Untergrunds, zum anderen der Ersatz von fossilebetriebenen Feuerungsanlagen durch individuellen erneuerbaren Lösungen in Gebieten, die in Zukunft nicht über ein thermisches Netz versorgt werden können.

Ebenso muss der Standort von Heizzentralen für erneuerbare Energien und Speicherlösungen sowie die städtebauliche und architektonische Akzeptanz sichergestellt werden. In diesem sich schnell verändernden Umfeld wird die Planung ständig aktualisiert. Sie ist für den Gemeinderat, die Verwaltung und die kommunalen Energieversorgungsunternehmen verbindlich.

Beispiel: Netto-Null-Emissionen bis 2040 in der Stadt Zürich

Derzeit sind es 13 Tonnen Treibhausgase pro Person und Jahr an direkten und indirekten Emissionen.



Abbildung 2 : Ausgangssituation / Umsetzungsplan der Stadt Zürich (Bild: Präsentation der Stadt Zürich)

Die Wärmeversorgung wird 2040 voraussichtlich mit 45 % Anschluss an Wärmenetze, 50 % mit Erdwärme- oder Luft-Wasser-Wärmepumpen und 5 % mit Biogas und Holzheizung erfolgen. Soweit möglich, werden die Kunden mindestens 15 Jahre im Voraus über eine mögliche Unterbrechung der Gasversorgung informiert. Ihnen sollten Übergangslösungen angeboten werden, wenn der Austausch ihres Heizkessels erforderlich ist und der Anschluss an das Netz noch nicht möglich ist. Eine weitere Herausforderung ist die Dekarbonisierung der Spitzenlasten, damit die Wärmenetze zu 100% erneuerbar werden (bis 2040). Die Energieversorgungsunternehmen, welche die Wärmenetze im Auftrag der Stadt Zürich (Schweiz) betreiben, müssen bis 2023 für jedes Netz ein umfassendes Dekarbonisierungskonzept ausarbeiten.

Unterlagen

[Räumliche Energieplanung \(local-energy.swiss\)](https://www.local-energy.swiss/)

Vortrag der Stadt Zürich: [Folien](#), [Video](#)

3.2. Machbarkeitstudien

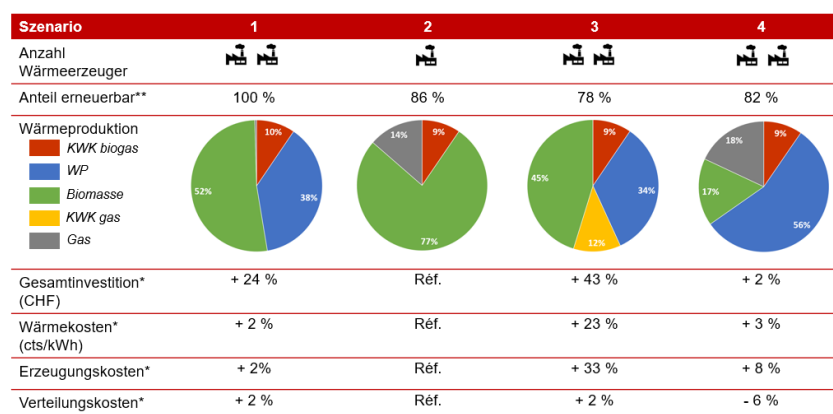
Wenn ein potenziell interessantes Gebiet für ein Wärmenetz identifiziert wurde oder wenn ein bestehendes Wärmenetz erweitert oder dekarbonisiert werden soll, ist der erste Schritt des Projekts in der Regel eine Machbarkeitsstudie. Dieser Schritt ist sehr wichtig, da er den weiteren Verlauf des Projekts bestimmt. Es geht also darum, alle Möglichkeiten in Bezug auf die Energiequellen zu untersuchen (siehe Prioritäten, die in Kapitel 5 dieses Leitfadens erläutert werden) und Varianten vorzuschlagen, die den Zielen der Netto-Null-Emissionen entsprechen, also zu 100 % erneuerbar sind. Allzu oft wird die Wirtschaftlichkeit dieser Varianten immer noch auf der Grundlage eines Vergleichs mit einzelnen fossilen Lösungen beurteilt. Dabei wird es in vielen Kantonen bald nicht mehr möglich sein, fossile Heizkessel zu installieren. Es geht zukünftig also darum, nur die Technologien miteinander zu vergleichen, die als Lösung überhaupt noch zur Verfügung stehen – also thermische Netze und dezentrale Energieversorgungslösungen basierend auf erneuerbaren Energieträgern.

Beispiel: Fleurier und Neyruz (Schweiz)

Im Rahmen dieses Projekts wurden zwei Machbarkeitsstudien durchgeführt.

Sie haben gezeigt, dass Szenarien mit 100 % erneuerbaren Energien durch die Kombination mehrerer Energiequellen realisierbar sind, was dem Netz mehr Flexibilität und Versorgungssicherheit verleiht. Bei Lösungen mit 100 % erneuerbaren Energien sind zwar die Anfangsinvestitionen höher, aber die niedrigeren Betriebskosten, die durch den langfristigen Kauf von Brennstoffen entstehen, führen zu ähnlichen Wärmekosten.

Im Rahmen der Studie für die Gemeinde Neyruz konnten mehrere Synergien mit der Stromerzeugung gefunden werden, indem eine Photovoltaikanlage vor Ort installiert und eine Wärmepumpe zur Versorgung des Wärmenetzes eingesetzt wurde.



* Relative Abweichung vom Referenzszenario (Szenario 2)

** In der Tat bleiben im Mix von Szenario 1 einige Zehntelprozent Gas übrig

Abbildung 3: Vergleich der Szenarien im Rahmen einer Machbarkeitsstudie

Unterlagen

[Empfehlungen Pflichtenheft Machbarkeitsstudien thermische Netze \(local-energy.swiss\)](#)

Link Ergebnisse der Machbarkeitsstudien: [Neyruz](#), [Fleurier](#)

3.3. Übergangslösungen

Es ist sehr wichtig, dass potenzielle Energiekunden früh in den Prozess eingebunden werden, damit sie bei der Planung zur Erneuerung ihrer Energieerzeugung bereits von der Möglichkeit eines Anschlusses an ein thermisches Netz informiert sind.

Um zu verhindern, dass individuelle (dezentrale) Lösungen umgesetzt werden, sind geeignete temporäre Wärmeversorgungs-lösungen, sogenannte Übergangslösungen, anzubieten. So kann die Zeit überbrückt werden, bis die Energie des thermischen Netzes den Kunden zur Verfügung steht.

Eine Übergangslösung ist daher nicht nur als technische Einrichtung zur Wärme- und Kälteversorgung zu sehen, sondern ist für den Kunden auch als eine Art Versorgungssicherheit zu betrachten. Diese frühzeitige Kundenbindung ist auch eine wirtschaftliche Notwendigkeit aus Sicht des Betreibers, weil es die Anschlussdichte im Netz gewährleistet.

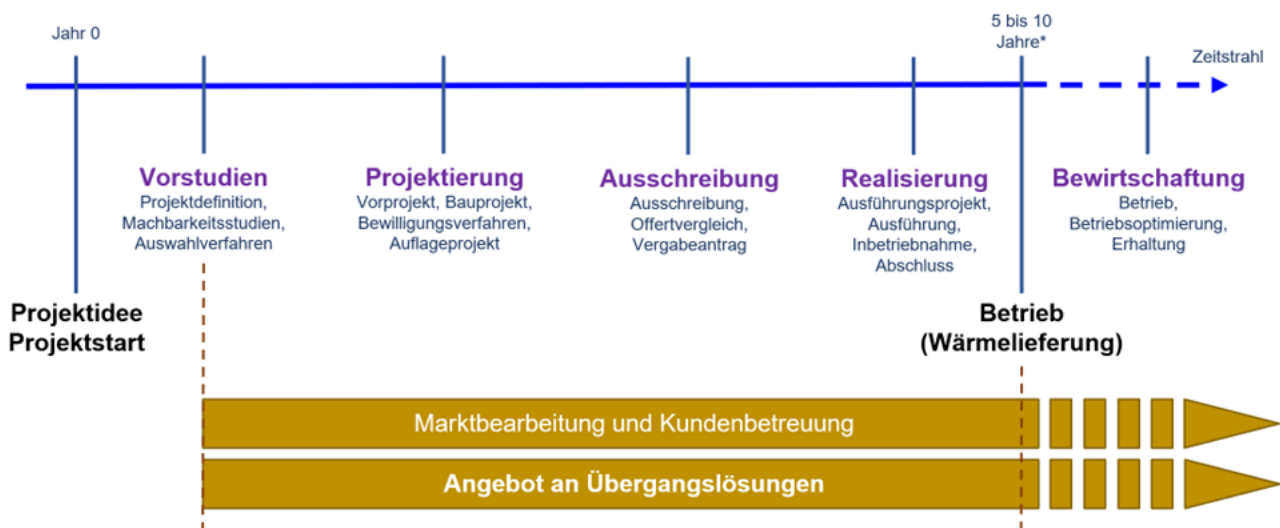


Abbildung 4: Angebot an Übergangslösungen, die bei der Planung berücksichtigt werden müssen.

Konkret kann sich eine Übergangslösung an eine Einzelperson (für ein Gebäude) oder an ein ganzes Stadtviertel richten. Da es sich um eine vorübergehende Lösung handelt, erfüllt eine Übergangslösung nicht unbedingt die gesetzlichen Anforderungen, weshalb eine frühzeitige Planung der Übergangslösung zwingend notwendig ist (Bewilligungen, Installationszeiten, Bedingungen vor Ort etc.). Idealerweise wird diese Möglichkeit bereits im kommunalen Bebauungsplan vorgesehen.

Der im Projekt RES-DHC erarbeitete Leitfaden zeigt die Möglichkeiten von Übergangslösungen aus technischer, wirtschaftlicher, betrieblicher und rechtlicher Sicht auf. Die aufgearbeiteten Informationen sollen eine optimale Planung und eine gute Umsetzung unterstützen und dazu beitragen, die Wirtschaftlichkeit und den Ausbau thermischer Netze zu verbessern (siehe Unterlagen).

Unterlagen

[Leitfaden Übergangslösungen](#)

[Übersicht Übergangslösungen](#)

[Übersicht mobile Energiezentralen](#)

Subnetze oder Insellösungen

In bestimmten Fällen, wie z. B. beim Anschluss neuer Stadtviertel, kann die Schaffung eines lokalen Mikronetzes oder eines sogenannten Subnetzes, das an das Hauptwärmenetz angeschlossen ist, eine geeignete Lösung sein. Das Subnetz kann dabei mit tieferen Temperaturen betrieben werden. Je nach Situation am Einspeisepunkt ins Hauptnetz und den Temperaturanforderungen des Subnetzes ist sogar ein Dreileiteranschluss möglich (hauptsächliche Versorgung aus dem Rücklauf).

Ausserdem kann der schnelle Aufbau eines lokalen (temporären) Netzes dazu führen, dass Kunden schneller angeschlossen werden können, auch wenn der Anschluss ans Hauptnetz erst zu einem späteren Zeitpunkt erfolgt. Teilweise werden diese Insellösungen mit fossilen Energien betrieben bis sie ans Hauptnetz angeschlossen werden. Es kann aber eine sehr gute Gelegenheit sein, lokale Energiequellen zu integrieren und gleich ein effizientes Subnetz zu erstellen.

Beispiele

In der Stadt Bern sind einige Stadtteile an ein Netz angeschlossen, das eine viele geringere Vorlauf-temperatur aufweist (85°C) als das Hauptnetz (> 140°C). Es ist aber auch möglich, noch weiter zu gehen. In Graz, Österreich, ist das Quartier Berliner Ring an ein lokales Netz angeschlossen, das mit 988 MWh Solarenergie von den Dächern gespeist wird, während der Rest der Energie aus dem Hauptwärmenetz von Graz stammt. Der Kreislauf arbeitet mit Rücklauftemperaturen von 30-35°C, während das Hauptnetz mit höheren Temperaturen arbeitet. Dasselbe gilt für Crailsheim in Deutschland, wo ein besonderes Augenmerk auf die Qualität der Heizanlagen für die Gebäude gelegt wurde, wodurch eine Rücklauf-temperatur von 40°C eingehalten werden kann.

4. FLEXIBILITÄT UND ENERGIEEFFIZIENZ

Die fossilen Energieträger, die derzeit in den Wärmenetzen der Schweiz eingesetzt werden, dienen hauptsächlich dazu, den Spitzenbedarf in sehr kalten Winterperioden zu decken. Zudem stehen grosse Leistungsreserven als Redundanz zur Verfügung. Jedoch sind Investitionen in grosse Heizkessel mit erneuerbarem Energieträger, die nur einige Stunden im Jahr genutzt werden, vielfach nicht wirtschaftlich. Die Optimierungsansätze bestehen darin, die Bedarfsspitzen möglichst zu vermeiden und die Produktion flexibler zu gestalten, was für die Integration erneuerbarer Energien von Vorteil ist (siehe Kapitel 5).

Die Umsetzung dieser Massnahmen erfolgt relativ langsam, da ihre Rentabilität schwer zu berechnen ist. Sie bringen nämlich oft viele nicht bezifferbare Vorteile mit sich (z. B. bessere Netzkontrolle, Betriebssicherheit), insbesondere solange relativ günstige fossile Energieträger verfügbar sind. Allerdings ist die Umsetzung dieser Massnahme auch relativ zeitaufwändig, insbesondere wenn sie eine intensivere Zusammenarbeit mit den Kunden erfordern. Daher sollten diese Überlegungen so bald wie möglich in Angriff genommen werden.

4.1. Erzeugungsseitige Optimierung

Die Regelung von Wärmenetzen wird oft noch reaktiv durchgeführt. Das heisst, der Betreiber reagiert auf Signale (Temperatur- oder Druckabfall im Netz), indem er die Wärmeerzeugung beeinflusst. Der Einsatz der verschiedenen Wärmeerzeuger sowie der Einsatz von Speichern (zentral oder im Netz selbst) kann jedoch optimiert werden, wenn der Bedarf der Verbraucher vorhergesehen werden kann. Es gibt verschiedene Ansätze in diese Richtung und verschiedene Tools sind nun auf dem Markt verfügbar. Dies ist ein wichtiger Punkt für die Dekarbonisierung der Netze, da erneuerbare Energien meist weniger flexibel sind als fossile Energieträger und weniger schnell auf Bedarfsänderungen reagieren können. Hier muss an der Vorhersehbarkeit des Wärme- oder Kältebedarfes gearbeitet werden.

Beispiel: Künstliche Intelligenz bei der AEW

Die AEW Energie AG betreibt ein Wärmenetz in der Gemeinde Mägenwil, mit hauptsächlich industriellen Verbrauchern und mehreren Privathaushalten. Die Fernwärme wird durch einen Holzkessel und zwei erdgasbefeuerten Zusatzkessel bereitgestellt. Ein Speicher ist installiert, um kurzfristige Nachfrageschwankungen auszugleichen. Die Be- und Entladung des Speichers erfolgt entsprechend dem aktuellen Wärmeverbrauch, ohne Rücksicht auf den zukünftigen Bedarf. Ziel des gesamten Projekts ist es, den zukünftigen Bedarf im Voraus zu bestimmen (Zeithorizont 6 bis 12 Stunden) und diesen bei der Regelung des Wärmespeichers und des Holzkessels zu berücksichtigen.

In Zukunft wird die vorausschauende Bedarfsermittlung auf einem Ansatz der künstlichen Intelligenz (KI) basieren, und ein Regelalgorithmus wird die Speicherung verwalten. Mit dem KI-Ansatz wird der Bedarf auf der Grundlage historischer Daten im Voraus ermittelt und in die Speicherbewirtschaftung mit einbezogen. In diesem Zusammenhang ist es wichtig, dass die Verbrauchsdaten in Echtzeit oder nahezu in Echtzeit vorliegen.

Genaue Zahlen können erst nach der vollständigen Umsetzung genannt werden, aber die Einsparung von Erdgas wird auf 200'000 kWh/a geschätzt, was etwa 50 % des jährlichen Erdgasbedarfs entspricht. Dementsprechend kann der erneuerbare Anteil (Holz) von 90 % auf 95 % gesteigert werden.

Unterlagen

[Präsentation AEW](#)

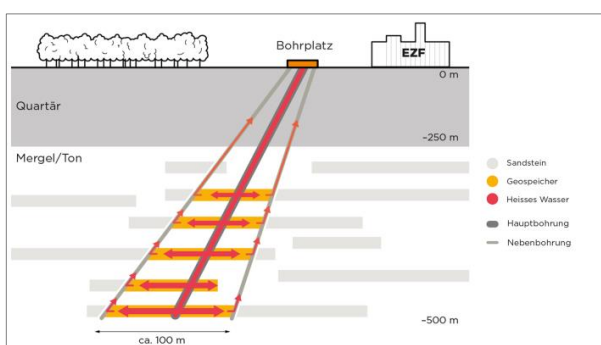
[Präsentation SiL](#)

4.2. Thermische Speicherung

Zur Glättung von Verbrauchsspitzen können auch grössere Speichervolumina genutzt werden. Es gibt zahlreiche technische Lösungen, welche je nach örtlichen Begebenheiten, insbesondere geologischer Art oder verfügbarer Fläche, besser geeignet sind. Zum Beispiel weisen Langzeitspeicher eine hohe Flexibilität auf und ermöglichen einen effizienteren Betrieb der Wärmeerzeugungsanlagen. Denkbar ist bei Saisonspeichern auch eine Einspeicherung von überschüssigem Strom im Sommer (Power-to-Heat). Das Angebot von Regeldienstleistungen kann zudem zu zusätzlichen Einnahmen für das Unternehmen führen.

Speicher bieten viele Vorteile, wie die unten aufgeführten Beispiele zeigen und sind für die Dekarbonisierung der Netze unersetzlich. Das Potenzial ist sehr gross, da zentrale und dezentrale saisonale Wärmespeicher können helfen, den zusätzlichen Winterstrombedarf um bis zu 3 TWhel und damit um bis zu 30 Prozent zu senken [11].

Beispiele: Wasser- und Untergrundspeicher



Erdsonden-Wärmespeicher

Durch von Wasser durchflossene Erdwärmesonden, die in vertikale Bohrlöcher eingegossen werden, wird das Gestein im Untergrund erwärmt und wieder abgekühlt.

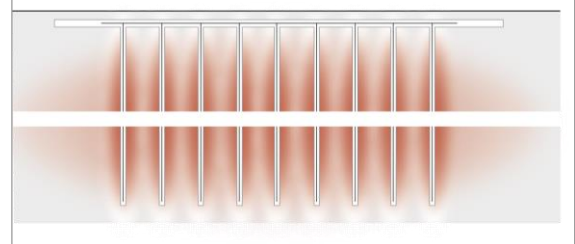


Abbildung 5: Beispiele unterschiedliche Speicherlösungen (Bilder: o.l.: Renergia Zentralschweiz AG; o.r.: AGRO Energiezentrum Rigi; u.l.: © Energie Wasser Bern; u.r.: Solites).

Heisswasserdruckspeicher

Die Kehrrichtverwertungsanlage Renergia verwertet seit 2015 im luzernischen Perlen den Zentralschweizer Abfall zu Energie. Mit der aus der Verwertung von Abfall entstehenden Abwärme wird Prozessdampf für die benachbarte Perlen Papier AG, Wärme für mehrere Fernwärmenetze und

Strom für tausende Haushalte produziert. Die Renergia Zentralschweiz AG ist somit das grösste Kraftwerk im Kanton Luzern.

Im 33 m hohen Speicher werden 5'000 m³ Heisswasser unter Überdruck bei 145°C gespeichert. Durch diese Pufferung (max. 400 MWh) kann im dynamischen Umfeld eine nachfrageorientierte Energienutzung gewährleistet werden. Während den Lastspitzen können so Wärmebedürfnisse in einem breiten Leistungsbereich erfüllt werden. Das Fernwärmenetz kann über mehrere Stunden aus dem Speicher versorgt werden, ohne die anderen Energiekunden einschränken zu müssen. Zudem können Tagesschwankungen sowie Wetterabhängigkeiten der Fernwärme ohne negative Auswirkungen auf die Stromproduktion ausgeglichen werden. Umgekehrt kann nachts Energie in den Speicher geladen werden, wenn in den Haushalten weniger Wärme benötigt wird.

Druckloser Wärmespeicher

Einer der grössten Speicher der Schweiz befindet sich in Küsnacht am Rigi und wird in Kombination mit dem Holzheizkraftwerk betrieben. Er ermöglicht es, das Kraftwerk entsprechend des Strombedarfes zu betreiben und bei der Wärmelieferung flexibel zu sein. Mittels Speicher ist es auch möglich, bei einem Ausfall die Wärmelieferung lange genug zu sichern, um eine Notanlage in Betrieb zu nehmen. Zudem wird damit auch der Betrieb stabilisiert, was die Emissionen durch das Anfahren des Holzkraftwerks reduziert.

Untergroundspeicherung

In der Energiezentrale Forsthaus betreibt Energie Wasser Bern (ewb) eine Kehrichtverwertungsanlage, ein Holzheizwerk und ein Gas- und Dampf-Kombikraftwerk zur Produktion von Strom und Wärme. Die Wärme wird in das bestehende Wärmenetz von ewb eingespeist. Vor allem im Sommer kann die bei der Kehrichtverwertung anfallende Wärme nicht vollständig genutzt werden. Im Rahmen des Pilotprojekts "Geologische Speicherung" soll die ungenutzte Abwärme mit einer thermischen Leistung von 3 bis 12 MW_{th} am Standort Forsthaus in den Sandsteinschichten der unteren Süsswassermolasse in einer Tiefe von 200 bis 500 Metern gespeichert werden. Die saisonale Nutzung umfasst Ladezyklen in den Sommermonaten und Entladezyklen in den Wintermonaten, in denen die Wärme in das Wärmenetz von ewb überführt wird. Zunächst muss die technische Machbarkeit nachgewiesen werden, bevor der saisonale geologische Speicher an die Energiezentrale und das Wärmenetz angeschlossen und in Betrieb genommen werden kann.

Erdwärmesondenfeld

In Itschnach in Küsnacht (ZH) wurde ein Erdwärmesondenfeld umgesetzt, um die Abwärme der Kunsteisbahn für die Versorgung des benachbarten Wohngebiets zu nutzen. Im Sommer wird die Abwärme der Eisbahn hauptsächlich in das Erdwärmesondenfeld geleitet, um im Winter wieder für die Beheizung der Gebäude verwendet zu werden.

Unterlagen

[Allgemeines zu thermischen Speichern: der Forum Energiespeicher Schweiz](#)

[Faktenblätter BigStoreDH](#)

[Renergia-Webseite](#)

[AGRO-Energiezentrum-Webseite](#)

[ewb-Webseite](#)

[Artikel über Itschnach](#)

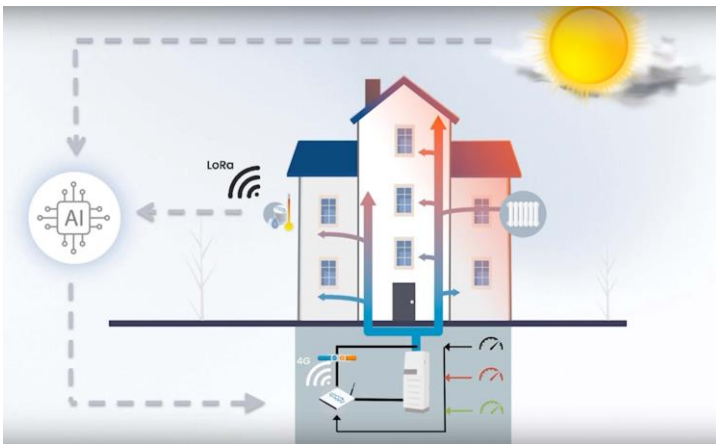
4.3. Kundenseitige Optimierung

Die Leistungsgrenze des Betreibers des Wärmenetzes liegt in der Regel am Wärmetauscher. Was danach auf Kundenseite passiert, liegt nicht in seinem Verantwortungsbereich. Die Sekundärseite hat aber einen starken Einfluss auf das Netz (Rücklauftemperatur, notwendige Vorlauftemperatur, Energieverbrauch Pumpen). Die Senkung der Temperaturen des Netzes ist eine eigenständige Massnahme (siehe 4.4), aber es ist auch möglich, auf die Heizkurve des Gebäudes oder die Warmwasseraufbereitung einzuwirken. Neben den technischen Lösungen wurden in verschiedenen Workshops auch "organisatorische" Hemmnisse angesprochen, die es zu überwinden gilt:

- Hat der Kunde ein Interesse daran, Massnahmen zu ergreifen, die dem Betreiber nützen?
- Hat der Betreiber ein Interesse daran, dem Kunden weniger Wärme zu verkaufen oder weniger Leistung zu liefern?

Die genannten Lösungsansätze reichen von Anpassungen in der Tarifgestaltung über die Einführung eines dynamischen, leistungsgebundenen Tarifs bis hin zur Einrichtung genossenschaftlicher Strukturen, die es den Kunden ermöglicht, sich zu beteiligen. Diese Diskussion muss in den kommenden Jahren fortgesetzt werden und die Ergebnisse von Pionieren wie ERZ in Zürich [6] (Tarife, die Anreize zur Begrenzung der Rücklauftemperatur bieten) werden dazu beitragen, sie zu befeuern.

Beispiel: Spitzenlastmanagement beim Kunden



Die Technologie der ECCO2 Solutions AG ermöglicht die Optimierung der bestehenden Heizungsregulierung auf Basis von Wetterprognosedaten und Innenraumtemperaturen und erlaubt Heizkosteneinsparungen von 15 - 20%. Diese Lösung wird im Rahmen eines CO₂-Kompensationsprojekts des Bundesamtes für Umwelt BAFU in zahlreichen Gebäuden eingesetzt.

Abbildung 6: Illustration der ECCO2-Lösung. (Bild: ECCO2)

Die Technologie eignet sich auch für das Spitzenlastmanagement, wurde aber in dieser Konfiguration noch nie in Zusammenarbeit mit einem Wärmenetzbetreiber getestet, um sie in grossem Massstab bei allen Kunden zu implementieren. Das Schnittstellenkonzept Wärmelieferant/-kunde ist flexibel. Wenn der Wärmelieferant bereits die Sekundärseite des Kunden managt, dann wird die technische Implementation allerdings besonders effizient.

Unterlagen

[Präsentation ECCO2](#)

[Präsentation Gruyère Energie Auswahl Übergabestationen](#)

[Leitfaden zur Planung von Fernwärme-Übergabestationen](#)

4.4. Senkung der Temperaturen

Die Senkung der Betriebstemperaturen in den Netzen stellt ein grosses Potenzial für Energieeinsparungen dar. Darüber hinaus ermöglicht die Senkung der Betriebstemperaturen eine bessere Integration erneuerbarer Energien.

Die Möglichkeiten zur Absenkung der Vor- und Rücklauftemperatur in einem bestehenden Wärmeverbund sind daher prüfenswert, insbesondere wenn Vorlauftemperaturen über 110°C (Heisswasser) gefahren werden. Zu beachten ist aber, dass bei einer Absenkung der Vorlauftemperatur in der Regel mit einer geringeren Temperaturspreizung zu rechnen ist, da in der Regel die Rücklauftemperatur nicht im gleichen Masse abgesenkt werden kann. Dies hat Auswirkungen auf den Pumpenstrombedarf und auf die Belastung der bestehenden Leitungen.

Die Vorlauftemperatur ist abhängig von den Anforderungen der Wärmeabnehmer, vom eingesetzten Energieträger und der Grösse des Verteilnetzes. Die Rücklauftemperatur wird grundsätzlich von der Wärmeübertragung der Wärmeabnehmer definiert. Eine regelmässige Beurteilung der Wärmeübertragung bei den Wärmekunden ist daher zu empfehlen. Systematische oder spontan auftretende Fehlfunktionen sind dadurch schnell erkennbar und die Rücklauftemperatur kann auf konstant tiefer Temperatur gehalten werden. Eine einfache Methode zur Analyse und Optimierung von Wärmeverbrauchern ist im Planungshandbuch Fernwärme von QM-Fernwärme detailliert beschrieben. Weiter stellt QM-Fernwärme auch ein einfaches Excel-Tool zur Beurteilung zur Verfügung.

Beispiel Genf

Die Methode wurde von der Uni Genf auf das SIG-Netzwerk angewendet. Die Ergebnisse zeigen, dass durch die Optimierung der zwanzig Unterstationen mit den grössten Auswirkungen 80 % des übermässigen Volumens, das im Netz transportiert wird, vermieden werden kann.

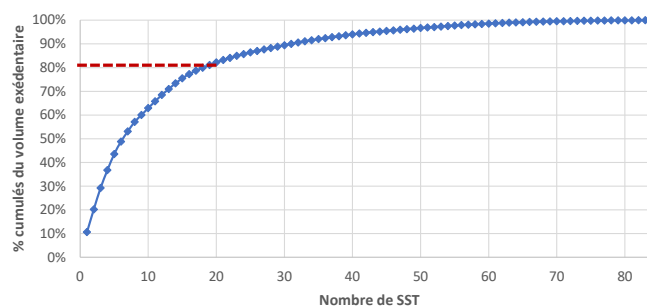


Abbildung 7: Analyse des Genfer Netzes durch die Uni Genf

Unterlagen

[Präsentation UNIGE](#)

[Methodik und Tools von QM Fernwärme](#)

Präsentationen von QM-Fernwärme: [Video](#) (1.09.2021) und [Folien](#) (14.6.2023)

5. INTEGRATION VON ABWÄRME UND ERNEUERBAREN ENERGIEN

In potenziellen Versorgungsgebieten gibt es zahlreiche (noch) ungenutzte Energiequellen. Da ist zunächst Abwärme auf hohem Temperaturniveau aus der Industrie oder der Abfallverwertung aber auch auf tiefem Temperaturniveau wie bei Abwasseranlagen oder Rechenzentren. Zweitens gibt es zahlreiche Ressourcen, die auf natürliche Weise in unserer Umwelt vorhanden sind: Wasser, Erdreich und die Strahlung der Sonne. Zudem nutzen viele Wärmenetze in der Schweiz die Ressource Holz zur Wärmeherzeugung, da sie den fossilen Energieträgern am ähnlichsten ist: Sie ist speicher- und transportierbar, flexibel und erzeugt Wärme auf hohem Temperaturniveau.

Da die Holzressourcen jedoch begrenzt sind, muss Holzenergie in Zukunft vor allem für industrielle Zwecke genutzt werden, für die es aufgrund der benötigten hohen Temperaturen weitaus weniger Alternativen gibt [7]. Aus diesem Grund ist die Reihenfolge, in der die Lösungen in diesem Kapitel vorgestellt werden, nicht zufällig gewählt. Sie entspricht der Reihenfolge, in der die Ressourcen vorrangig genutzt werden sollten. Darüber hinaus kann die Nutzung von Holz für Komfortwärme im Sommer, durch die Integration eines solarthermischen Kraftwerks in das Wärmenetz, reduziert werden.

5.1. Hochtemperatur-Abwärme

5.1.1. Kehrrechtverwertungsanlagen

Kehrrechtverwertungsanlagen (KVA) erzeugen Strom und Wärme aus der Verbrennung von Siedlungsabfällen. Wenn die Wärme nicht verwertet wird, wird sie an die Umwelt abgegeben. Es handelt sich um Hochtemperaturwärme, die sich leicht in Wärmenetzen verwerten lässt. Mit 4 TWh pro Jahr decken KVA heute ca. 36% des Fernwärmebedarfs. Nimmt man die effizientesten Schweizer KVA als Massstab, ist das Potenzial an nutzbarer Abwärme aus KVA mit 8 TWh pro Jahr doppelt so hoch [2].

Beispiel: Wärmerückgewinnung aus Rauchgasreinigung IWB

Die Kessel des HKW1 (Holzkraftwerk Basel AG) sowie des HKW2 und der KVA der IWB Basel verfügen über Wäscher für die Rauchgasreinigung. Mit der Kühlung der Rauchgase wird Wasser aus dem Rauchgas kondensiert und die latente Wärme zurückgewonnen. Mit einer H₂O/LiBr-Absorptions-Wärmepumpe wird die Wärme auf ein für die Fernwärme (FW) ausreichendes Temperaturniveau angehoben. Es werden dabei die Verfahren „Direktkondensation im Wäscher“ und „Kondensation mit Wärmepumpe“ kombiniert.

Für eine optimale Wärmeausbeutung sind möglichst tiefe Rücklauftemperaturen der Fernwärme von Vorteil.

Unterlagen

[Faktenblätter zur Optimierung von Grossfeuerungsanlagen \(SVUT\)](#)

5.1.2. Industrielle Prozess-Abwärme

Viele Industrien produzieren über ihre Prozesse auch Wärme. Diese Ressource wird noch wenig genutzt, da dies häufig mit einem Risiko für den Investor oder mit erheblichen organisatorischen Einschränkungen verbunden ist. Allerdings beginnen ökologische und wirtschaftliche Interessen diese Überlegungen zu überlagern und die Rahmenbedingungen verbessern sich.

Beispiel: Wärme aus einem Stahlwerk in Strassburg

In Strassburg zum Beispiel ist geplant, die Wärme eines Stahlwerks auf der anderen Seite des Rheins zu nutzen [3][1]. So sollen etwa 70 GWh bisher nicht genutzte Hochtemperaturabwärme zur Beheizung von Gebäuden in Strassburg genutzt werden.

Unterlagen

[Home - ReUseHeat](#)

[BFE Bericht – Wärme- und Kältenachfrage Industrie](#)

5.1.3. Blockheizkraftwerke auf Kläranlagen

Klärgas ist ein erneuerbarer Energieträger, welcher auf vielen Schweizer Kläranlagen kontinuierlich aus dem Klärschlamm anfällt. Damit kann beispielsweise ein Blockheizkraftwerk (BHKW) betrieben werden, das erneuerbaren Strom und Abwärme erzeugt. Die Abwärme sollte vollständig genutzt und nicht an die Umgebung abgegeben werden. Immer öfters werden ARA deshalb als Energiequelle für Wärmenetze genutzt. Dabei kann einerseits hochwertige BHKW-Abwärme, die Wärme aus dem gereinigten Abwasser oder dem Zulauf (vgl. Kap. 5.2) oder eine Kombination der beiden genutzt werden.

Die rund 500 Biogasanlagen auf ARA (Klärgas) und in Industriebetrieben (Biogas) in der Schweiz erzeugten im Jahr 2017 rund 125 GWh Strom oder anders gesagt: Sie lieferten 3,4% der erneuerbaren Energie [8].

Beispiel Abwasserverband AV Morgental



Abbildung 8: Energiezentrale des AV Morgental (Schweiz).
(Bild: AV Morgental)

Der Abwasserverband Morgental (AVM), der unter anderem das Abwasser der Stadt Arbon und diverser weiterer Gemeinden in der Umgebung reinigt, gehört mit seinem Energiepark bei den Kläranlagen schweizweit zu den Vorreitern in Sachen Nutzung alternativer Energien. Das im Faulturn und in der Nachfaulung gebildete Klärgas wird in den Gasspeicher geleitet. Mittels vier Gasturbinen und einem Blockheizkraftwerk wird das gesamte Gas in Strom und Wärme umgewandelt.

Der Strom wird ins ARA-interne Stromnetz und die Wärme in das Fernwärmenetz eingespeist. Ein Teil des gereinigten Abwassers der Kläranlage wird zu den Wärmepumpen geführt. Die elektrisch angetriebenen Wärmepumpen entziehen dem gereinigten Abwasser Wärme, bevor es via Ableitung in den Bodensee geführt wird. Die so gewonnene Wärmeenergie wird zusammen mit der Abwärme des Blockheizkraftwerkes und der Klärgasturbinen in den Wärmeverbund eingespeist.

Unterlagen

www.infrawatt.ch

[Leitfaden Energie in ARA](#)

<https://www.morgental.ch/energie/>

5.2. Niedertemperatur-Abwärme

5.2.1. Abwasser

Die Technologie der Abwasserwärmenutzung ist nicht neu. Im In- und Ausland sind Anlagen seit mehreren Jahrzehnten in Betrieb und haben sich bewährt. Der technische Fortschritt erweitert laufend die Einsatzgrenzen und macht das Verfahren für immer kleinere Einheiten bzw. für immer grössere überbrückbare Distanzen zu den Wärmekunden interessant. Die Wärmerückgewinnung kann dabei im Gebäude selbst, in der Kanalisation oder auf der Kläranlage erfolgen [4]. Für Wärmenetze sind folgende zwei Anwendungen interessant:

- Aus dem Sammelkanal
- Auf der ARA

Abwärme aus dem Sammelkanal

Der Wärmetauscher kann entweder im Abwasserkanal selbst installiert werden (Solenwärmetauscher), oder das Abwasser wird für die Wärmeentnahme in einen externen Schacht umgeleitet. Der Vorteil dieser Nutzung ist, dass die Nähe zu den Wärmebezüglern gegeben ist. Das Abwasser weist auch an sehr kalten Tagen eine verhältnismässig günstige Temperatur auf, wodurch die Wärmepumpen effizienter arbeiten. Analog zur Wärmenutzung auf der Kläranlage muss eine Bewilligung bei Kanton und Kanalisationsbetreiber eingeholt werden.

Auf der ARA

Nach der Behandlung wird das gereinigte Wasser in den Vorfluter (See oder Fluss) geleitet, wo es je nach Jahreszeit noch Temperaturen von 10 bis 22°C aufweist. Die Menge an Wärmeenergie, die über einen Wärmetauscher und Wärmepumpen genutzt werden kann, ist beträchtlich. In der Schweiz sind bereits über 100 Systeme zur Nutzung von Wärme aus Abwasser in Betrieb. Je näher die Wärmeverbraucher an der ARA oder dem Abwasserkanal liegt, umso rentabler. Die überbrückbare Distanz von der Kläranlage oder dem Sammelkanal zu den Wärmeabnehmern ist oft grösser als vielfach angenommen. So liegt z. B. die Gemeinde Jegenstorf (Schweiz), mehr als 2 km von der ARA entfernt. Trotzdem ist dort 2014/2015 ein Fernwärmenetz realisiert worden, da die Wärmeabgabe entsprechend gross ist (1,9 MW). Als Erfahrungswert gilt pro kW Wärmeleistungsbedarf der Abnehmer eine überbrückbare Distanz mittels Wärmenetz von 1 m, bei 2'000 kW rund 2'000 m. Sobald sich aber die Grabarbeiten z.B. in überbautem Gebiet verteuern, verkürzen sich die wirtschaftlich machbaren Distanzen. Für die Wärmeentnahme wird in der Regel eine Bewilligung benötigt.

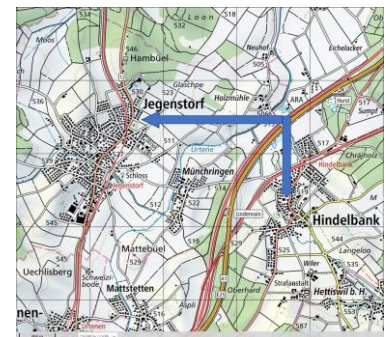


Abbildung 9 : Distanz, die die Abwärme überbrücken kann.

Unterlagen

[Wärmeverbund Jegenstorf-Hindelbank](#)

[Broschüre Heizen und Kühlen mit Abwasser:](#)

[Potenzial der Abwasserreinigungsanlagen für Wärmenutzung \(BFE, 2022\)](#)

Beispiel: WV ARA in Yverdon-les-Bains (CAD STEP)



Abbildung 10: Gebäude, in dem die Wärme aus dem Auslauf der ARA Yverdon-les-Bains ans Wärmenetz geliefert wird.

CAD STEP ist ein Niedertemperatur-Wärmenetz für die Wärmeversorgung eines grossen Perimeters rund um die ARA Yverdon-les-Bains. Dieses 1'300 m lange Wärmenetz mit einer Leistung von ca. 1.0 MW in Phase I und 3.6 MW in Phase II nutzt die Wärmeenergie des geklärten Abwassers. Bei den Endnutzern wird die dem behandelten Abwasser entnommene Wärmeenergie mittels Wärmepumpen für Heizung und Warmwasser bei neuen Gebäuden und mit Erdgasunterstützung bei älteren Gebäuden auf ein höheres Temperaturniveau (ca. 55°C bis 65°C) gebracht. Bei diesem Wärmerückgewinnungsprozess stammen 60-70% der gelieferten Energie aus dem behandelten Abwasser, die restlichen 30-40% werden durch Strom, der die Wärmepumpen antreibt, und Erdgas gedeckt.

Unterlagen

[Informationen zum CAD STEP](#) (auf Französisch)

<https://www.yverdon-energies.ch>

5.2.2. Abwärme von Rechenzentren

Jeder Computernutzer kennt das Problem: Bei hoher Leistung erzeugt das Gerät Wärme. Die Firma NTS Colocation AG Bern hat sich schon immer bemüht, diese Abwärme sinnvoll für Heizzwecke zu nutzen. Sie betreibt mehrere Rechenzentren in der Schweiz, eines davon in Bern. Dort stehen den Kunden Racks oder eigene Räumlichkeiten zur Verfügung, in denen sie ihre Server aufstellen und betreiben können. Das Unternehmen kümmert sich unter anderem um die Netzwerkanbindung, eine sichere Stromversorgung und eine ständige Kühlung der Infrastruktur. Bereits seit 2014 wird das gesamte Gebäude, in dem sich das Rechenzentrum befindet, vollständig durch die Abwärme der Server und anderer IT-Komponenten beheizt. Da es jedoch nicht möglich war, das gesamte Wärmepotenzial zu nutzen, plante das Unternehmen eine Erweiterung des Wärmenetzes, das seit 2017 in Betrieb ist und die Anwohner der Chutzen- und Schwarzenburgstrasse mit durchschnittlich 800 MWh Wärme pro Jahr versorgt.

Unterlagen

[Studie «Abwärmennutzung von Rechenzentren – Potenzialstudie und Empfehlungen für Betreiber und Gemeinden»](#)

www.bfe.admin.ch

5.2.3. Abwärme von Gebäuden

Im Rahmen des Bauprojekts auf dem Gelände des Bürgerspitals in Solothurn wurde das bestehende Heiz- und Kühlsystem (Fernwärme, Gas-Blockheizkraftwerk, Ölkessel, Kältemaschine) evaluiert und neue Lösungen gesucht. Ziel war es, nicht nur die beiden neuen Gebäude, sondern das gesamte Gelände möglichst energieeffizient und mit erneuerbaren Energien zu versorgen. Nach dem Vergleich zahlreicher Varianten konnte nachgewiesen werden, dass die Abwärme der neuen Gebäude auf dem gesamten



Abbildung 11: Das Bürgerspital in Solothurn (Bild: Alexander Gempeler).

Gelände genutzt werden kann. Dies wurde durch die Einspeisung von Abwärme der Sterilisation, der Radiologiegeräte und des Rechenzentrums, in die bestehenden Wärmenetze sowie durch die Errichtung eines Kältenetzes erreicht, welches das Wasser des Flusses Aare als zusätzliche Energiequelle nutzt. Um den Spitzenbedarf an Wärme zu decken, wurde der Anschluss an das Wärmenetz der Kehrlichtverwertungsanlage beibehalten. Dies ermöglicht eine Versorgung mit Wärme und Kälte aus 100% erneuerbaren Energien.

Unterlagen

www.infrawatt.ch

www.solothurnerspitaeler.ch

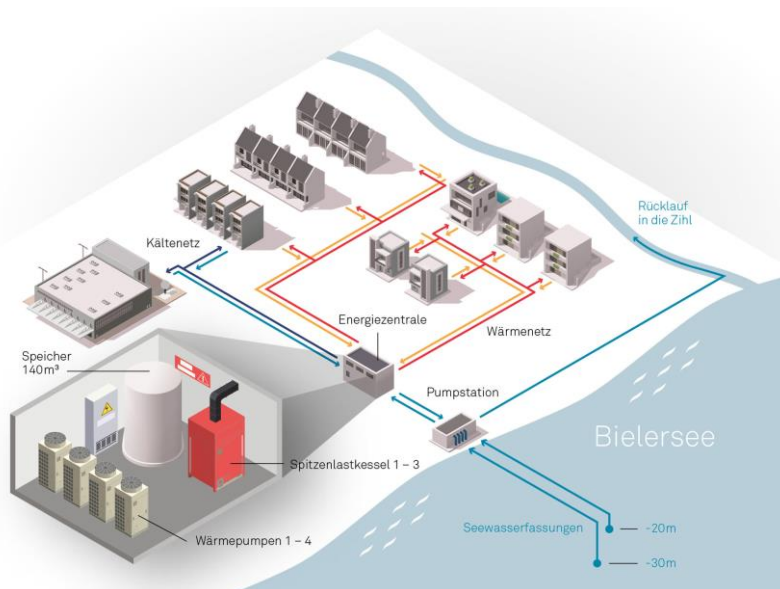
5.3. Umweltwärme

5.3.1. Seewasser oder Flusswasser

Gemäss einer Studie der Eawag ist das Potenzial der Schweizer Seen und Flüsse beträchtlich. Wenn nur die Hälfte der geschätzten Nachfrage dem jeweiligen See oder Fluss zugeordnet werden kann, entspricht das bereits rund 40% des Kühl- und Heizbedarfs der Schweiz [9]. Das Wärmeangebot der Schweizer Seen und Flüsse ist deutlich grösser als die Nachfrage – mit Ausnahme der dicht besiedelten Gebiete um den Zürich- und Bielersee.

Beispiel Biel (Schweiz)

Die Arbeiten am Energienetz Bielersee haben im Frühjahr 2021 begonnen. Ziel ist es, bis 2026 die Quartiere westlich des Bahnhofs Biel und grosse Teile der Stadt Nidau mit erneuerbarer Wärme und Kälte aus dem See zu versorgen. Das Wärmenetz soll eines der grössten in der Schweiz werden, das Seewasser nutzt.



Das Wasser des Sees wird über zwei Leitungen, die 20 bzw. 30 m tief im See liegen, gefasst und zur Pumpstation geleitet. Die Übertragung der Energie auf den Zwischenkreislauf erfolgt über grosse Plattenwärmetauscher. Aus dem Zwischenkreislauf wird die Kälte an die Endverbraucher verteilt. Zur Gewinnung von Heizenergie durchläuft der Zwischenkreis die Heizzentrale des Alpha-Gebäudes. Dort sind drei Wärmepumpen mit einer Leistung von jeweils etwa 1400 kW installiert. Sie speisen zum einen direkt die Wärme des Seewassers und zum anderen die Abwärme des Kältenetzes in das Fernwärmenetz ein. Um bei der Rückgabe des genutzten Wassers eine ausreichende Durchmischung zu gewährleisten und die ökologischen Anforderungen einzuhalten, erfolgt die Einleitung direkt in den Vorfluter. Wird unterhalb der Einleitungsstelle eine Temperaturänderung in der Thielle von mehr als 0,5 °C festgestellt, muss der Konzessionär in Absprache mit dem kantonalen Amt für Wasser und Abfall die notwendigen Untersuchungen durchführen, um die Auswirkungen auf die Hydroökologie zu prüfen.

Abbildung 12: Konzept des Wärmenetzes in Biel. (Bild: ESB)

Um bei der Rückgabe des genutzten Wassers eine ausreichende Durchmischung zu gewährleisten und die ökologischen Anforderungen einzuhalten, erfolgt die Einleitung direkt in den Vorfluter. Wird unterhalb der Einleitungsstelle eine Temperaturänderung in der Thielle von mehr als 0,5 °C festgestellt, muss der Konzessionär in Absprache mit dem kantonalen Amt für Wasser und Abfall die notwendigen Untersuchungen durchführen, um die Auswirkungen auf die Hydroökologie zu prüfen.

Unterlagen

[Artikel im Aqua & Gas](#)

[Ressourcen zum Thema Seewassernutzung](#)

www.esb.ch

5.3.2. Geothermie mittlerer Tiefe

Die mitteltiefe Geothermie (zwischen 500 und 3000 m, also Wassertemperaturen zwischen 20 und ca. 90°C) ist in der Schweiz sehr wenig entwickelt, obwohl die Branche in Europa ausgereift ist. Die Wärme aus der mitteltiefen Geothermie kann in Wärmenetzen mit typischen Leistungen von 1 bis 20 MW genutzt werden. Es handelt sich um eine reichlich vorhandene, ganzjährig verfügbare Energie, die zur Erzeugung von Wärme, Kälte und Strom genutzt werden kann. Das Potenzial für Wärmenetze ist erheblich und wird auf 8 TWh geschätzt.

Beispiele Riehen und Davos (Schweiz)

In Riehen wurde 1994 eine erste geothermische Dublette (25 l/s und 66 °C) mit 3 Wärmepumpen in Betrieb genommen. Anschliessend wurde das Wärmenetz erweitert, mit anderen Netzen, u.a. dem von Basel, verbunden und die Heizzentralen erneuert (WKK, WP, Kessel). Die Kombination der verschiedenen Ressourcen ermöglicht schlussendlich die Vermeidung von 5'500 t CO₂/Jahr.

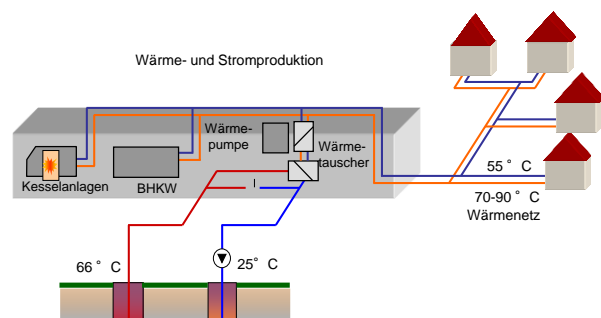


Abbildung 13: Nutzungsprinzip - Geothermie in Riehen (Quelle Hydro-Géo Environnement / Schädle GmbH)



In Davos wird Grundwasser aus 450 m Tiefe genutzt. Das Grundwasser wird mit einer Temperatur von ungefähr 9 – 10 °C gefasst, wobei die konzessionierte Entnahmemenge bei 1'400 Litern pro Minute liegt. Die Wärmeübertragung geschieht in der 50 Meter entfernten, bereits bestehenden, aber umgebauten Heizzentrale eines Oberstufenschulhauses. Mittels Wärmepumpen wird der Kreislauf auf eine nutzbare Temperatur gebracht. Der Leistungsentzug aus dem Grundwasser beträgt dabei etwa 550 kW. Die angeschlossenen Wärmekunden, unter anderem auch Gemeindebauten (Schulen), werden mittels eines warmen Nahwärmenetzes bedient.

Abbildung 14: Bohrung für das Wärmenetz. (Bild: EWD AG)

Unterlagen

[Artikel über Davos](#)

[Videopräsentation über Riehen](#)

[Mehr Informationen von Geothermie Schweiz](#)

5.3.3. Umweltwärme aus Trinkwasser

Wasserversorgungsunternehmen spielen eine wesentliche Rolle bei der Versorgung der Bevölkerung mit sauberem Trinkwasser. Sie können aber auch eine Rolle bei der lokalen und kohlenstoff-freien Energieerzeugung spielen. Ein Potenzial liegt in der Wärme, die im Wasser enthalten ist. Durch die Nutzung der Wärme aus Grundwasserpumpstationen oder direkt aus Trinkwasserleitungen können ganze Siedlungsgebiete über Wärmenetze versorgt werden. Trinkwasser, das auch im Winter um die 10 bis 12 °C warm ist, kann mithilfe von Wärmepumpen effizient zum Heizen genutzt werden.

Beispiel Bellinzona

Darüber haben die Verantwortlichen (siehe Bild) der Azienda Multiservizi Bellinzona (AMB) nachgedacht, als sie ihre Grundwasserfassung im Herzen der Stadt Bellinzona schliessen mussten. Dank der Nutzung der Wärme aus diesen Pumpstationen werden seit November 2019 verschiedene öffentliche Gebäude in der Umgebung über ein Wärmenetz versorgt [5][4].

Die Idee ist nicht neu: In Münsingen wird bereits seit 20 Jahren die Wärme aus Trinkwasserleitungen, Grundwasserfassungen und dem Abwasser der Kläranlage für das Wärmenetz genutzt. Auch heute noch funktionieren die Anlagen einwandfrei, die Gemeindewerke generieren zusätzliche Einnahmen und die Wärmeversorgung ist sicher, CO₂ neutral und kostengünstig.



Abbildung 15: Direktor Mauro Suà von der Azienda Multiservizi Bellinzona (rechts) und sein Spezialist Lorenzo Bardelli (links). (Foto AMB)

Unterlagen

www.infrawatt.ch

[Artikel in Aqua & Gas](#)

[Fachinformation Wärmenutzung WF 15000, SVGW](#)

5.4. Biomasse

Wenn vor Ort die Abwärme- oder Umweltwärmeressourcen nicht vorhanden sind bzw. nicht effizient genutzt werden können oder die benötigten Temperaturen sehr hoch sind, dann bietet sich Biomasse als Energieträger an. In Form von Holzhackschnitzel oder Pellets kann der Energieträger auch sehr gut an den benötigten Ort transportiert werden und kann selbst hohe Temperaturen in Form von Heisswasser oder Dampf abdecken. Sinnvollerweise sollte die Ressource Holz aus der Region stammen und in genügender Menge vorhanden sei, um die langfristige Versorgung sicherzustellen. Bisherige Holzheizwerke wurden aus wirtschaftlichen Gründen vielfach mit einem fossilen Spitzenlastkessel ergänzt. Es ist jedoch zunehmend gewünscht und auch wirtschaftlich vertretbar, dass mit Mehrkessel- oder Kaskadenanlagen in Kombination mit thermischen Energiespeichern auf die Installation von Heizöl- oder Erdgas-betriebenen Spitzenlastkesseln verzichtet werden kann. Um Holzressourcen zu sparen, ist es auch möglich, den Heizzentrale durch eine thermische Solaranlage (siehe Punkt 5.5) zu ergänzen oder bei tiefen Rücklauftemperaturen eine Rauchgaskondensationsanlage zu installieren.

Konzeptionelle Beispiele:

Die folgenden Beispiele stammen aus dem Planungshandbuch QM Holzheizwerke [10] und zeigen konzeptionell die Möglichkeit auf, wie Holzheizzentralen mit 100 % Biomasse ausgeführt werden können. Prinzipiell sind Einkesselanlagen mit Speicher möglich. Für einen ganzjährigen Betrieb mit Holz sind jedoch zwei oder mehrere Kessel zu installieren, die in einer Kaskade und im Zusammenspiel mit einem thermischen Energiespeicher den Wärmebedarf abdecken. Nachfolgend sind beispielhaft drei Konzepte aufgeführt, welche je nach Situation, Leistungsbedarf am Auslegepunkt und im Sommerbetrieb, gewünschte Flexibilität in der Versorgungssicherheit und Redundanz gewisse Vor- und Nachteile aufweisen. Ausführlicher darauf eingegangen wird im oben erwähnten Planungshandbuch QM Holzheizwerke.

Mit dem Ziel 100 % erneuerbare Energieproduktion bieten sich auch Kombinationen mit anderen Systemen und Energieträgern, wie zum Beispiel Wärmerückgewinnung aus dem Abgas, Solarthermie, Abwärme und Umweltwärme in Kombination mit Wärmepumpen, an. Für eine zukunftsgerichtete, effiziente energetische Nutzung des Potenzials an Energieholz ist auch die Installation von Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen (WKK-Anlagen) zu prüfen.

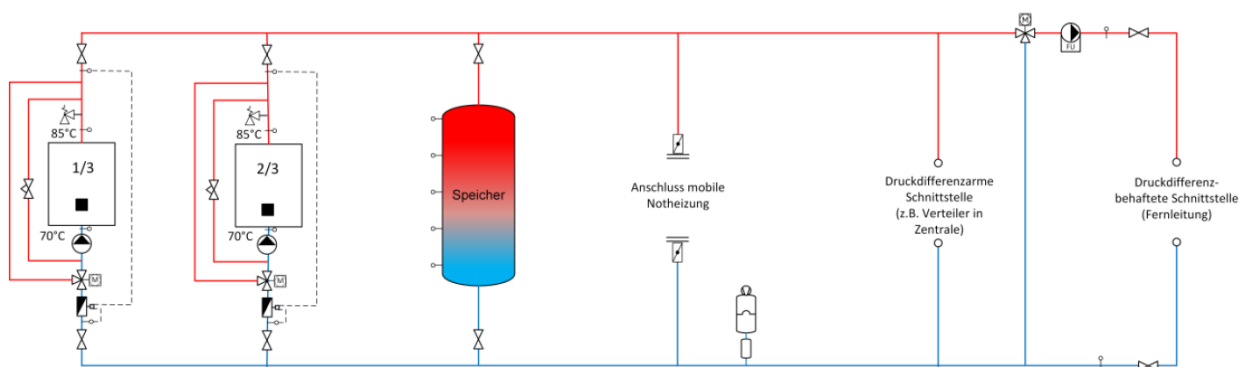


Abbildung 16: Prinzipschema einer Anlage mit zwei Holzkesselelementen und mit Speicher.
(Bild 13.8 aus Planungshandbuch QM Holzheizwerke, 3. Auflage 2022)

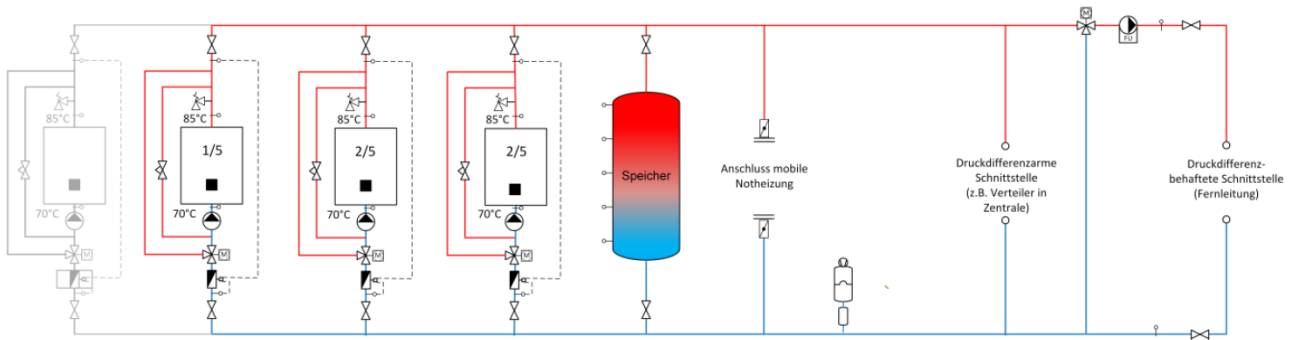


Abbildung 17: Prinzipschema einer Anlage mit mehreren Holzkeseln und mit Speicher.
(Bild 13.9 aus Planungshandbuch QM Holzheizwerke, 3. Auflage 2022)

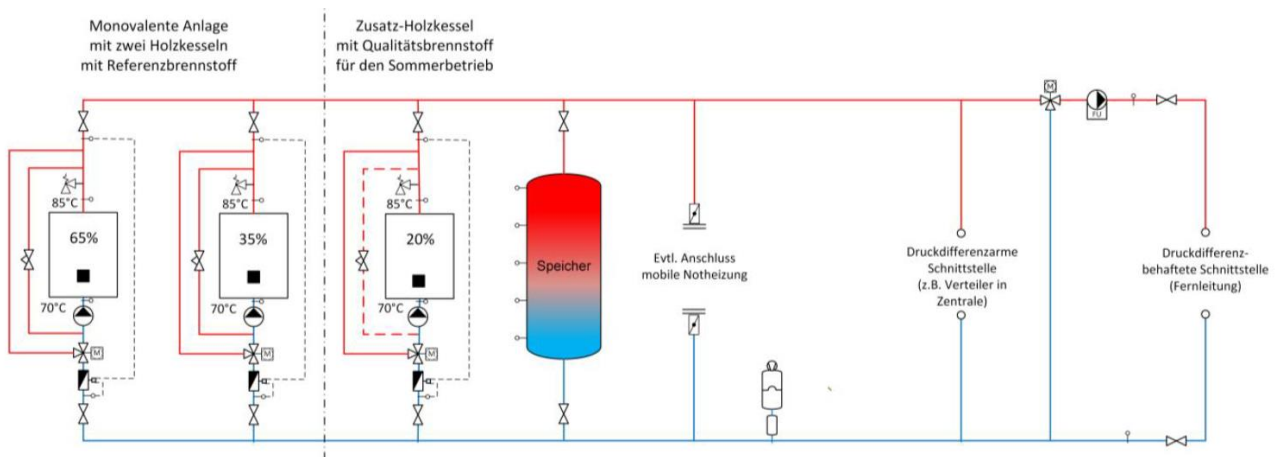


Abbildung 18: Prinzipschema einer monovalenten Anlage mit zwei Holzkeseln sowie mit einem Zusatz-Holzessel mit Qualitätsbrennstoff für den Sommerbetrieb.
(Bild 13.13 aus Planungshandbuch QM Holzheizwerke, 3. Auflage 2022)

Praxisbeispiel Wärmeverbund Sarnen:

Die Holz-Fernwärme Sarnen AG betreibt in Sarnen eine Heizzentrale mit thermischem Netz, welches die Kunden mit 100 % erneuerbarer Energie aus Biomasse versorgt.

Die monovalente Wärmeerzeugung mit zwei Holzkesseln und einem Energiespeicher wird mit diversen Holzsortimenten bestehend aus Altholz, Schwemholz und Waldhackschnitzeln betrieben. Der Brennstoff stammt aus der Region. Das Wärmenetz versorgt das Kantonsspital, öffentliche Bauten von Bund, Kanton und Gemeinde sowie private Wohn- und Geschäftsliegenschaften ganzjährig mit Wärme für die Raumheizung und Warmwasserversorgung.

Jahreswärmebedarf (Wärmeverkauf 2022)	9'602 MWh/a
Anschlussleistung Kunden (abonnierte Leistung)	5'986 kW
Anzahl Wärmekunden	72
Trassenlänge Wärmenetz	8'500 m
Anschlussdichte Wärmenetz	1.13 MWh/(a m)
Jährliche Netzverluste	9.7 %
Nennleistung Holzkessel 1	1'200 kW
Nennleistung Holzkessel 2	3'200 kW
Energiespeicher	109 m ³
Anschlussmöglichkeit für Notheizung	ca. 2'000 kW
Platzreserve in Zentrale für Holzkessel 3	3'200 kW
Ausbaureserve für zusätzliche Zentralenerweiterung	

Brennstoffbedarf (2022)

Waldhackschnitzel	ca. 3'400 Sm ³
Altholz	ca. 13'500 Sm ³
Schwemholz	ca. 400 Sm ³

Sm³ = Schüttkubikmeter



Abbildung 19: Heizzentrale und Brennstofflager WV Sarnen (Quelle: WV Sarnen).

Biogas-betriebene WKK

Heute handelt es sich vielfach um Anlagen in der Nähe der Quellen der Biogasproduktion. Zum Beispiel verfügt der Standort von Agri Bio Val in Fleurier derzeit über zwei 180 kW_{th} Biogas-Kraft-Wärme-Kopplungsmotoren die Wärme an ein kleines Wärmenetz abgeben. Langfristig ist es jedoch möglich, dass diese Anlagen eine Rolle bei der Dekarbonisierung von Spitzenlasten in Grosstädten spielen, je nachdem, wie viel erneuerbares Gas tatsächlich verfügbar ist und zu welchem Preis.

Unterlagen

[Video Präsentation zum Thema](#) (Ab der Minute 62)

www.qm-chauffage-bois.ch

5.5. Solarthermie

Solarthermische Energie wird hauptsächlich im Sommer produziert. In Kombination mit einer Speicherung für einige Tage kann sie den Sommerbedarf eines Netzes decken (15 bis 20% der Jahresenergiebedarf). Einige europäische Beispiele gehen mithilfe von saisonalen Wärmespeichern darüber hinaus. Solarthermie ist besonders interessant, wenn sie die Nutzung fossiler Ressourcen vermeidet oder begrenzte Ressourcen wie Holz einspart.

Beispiel: Kombination Holz und Sonne

In Büsingen, Deutschland, wird zum Beispiel die Wärmebereitstellung für das rund 6 km lange Wärmenetz mit über 100 Hausanschlüssen, darunter Grossverbraucher wie eine Schule, ein Hotel und öffentliche Gebäude, zu 87 % von den Holzfeuerungen mit Hackhackschnitzel mit einer thermischen Leistung von 900 kW und 450 kW und zu 13 % von der thermischen Solaranlage übernommen. Mit einem Wärmeertrag von über 500 MWh pro Jahr sparen die Sonnenkollektoren etwa 800 Kubikmeter Holzhackhackschnitzel pro Jahr ein.

Beispiel in der Schweiz

Das solarthermische Kraftwerk SolarCAD II in Genf erzeugt jährlich mehr als 0,5 GWh Energie. Mit 800 m² Sonnenkollektoren wird die erzeugte Wärme in das grösste Fernwärmenetz des Kantons, das CAD SIG (60'000 Haushalte sind daran angeschlossen), eingespeist und spart dort Erdgas ein. Dank einer innovativen Technologie erhitzen diese Paneele das Wasser in einem geschlossenen Kreislauf das ganze Jahr über auf 75 bis 90 °C. Die von der Genfer Firma TVP Solar SA hergestellten Paneele dieses neuen solarthermischen Kraftwerks sind flach und durch ein Vakuum isoliert, wodurch das ganze Jahr über ein Maximum an Sonnenenergie eingefangen werden kann. Diese neue Technologie ermöglicht es, im Winter mehr Energie zu erzeugen als mit herkömmlichen Paneelen und bei höheren Temperaturen, auch bei schlechtem Wetter. Ein Drittel der Wärmeproduktion wird in den 6 kühlest Monaten des Jahres erzielt.



Abbildung 20: Gesamtansicht des SolarCAD II-Kraftwerks (Foto: Magali Girardin SIG)

Unterlagen

[Präsentation TVP Solar](#), [Artikel SIG](#)

www.solar-district-heating.eu

[Bericht SolCAD-Projekt](#)

6. SCHLUSSWORT

Im Rahmen des EU-Projekts RES-DHC Renewable energies for district heating and cooling wurden mehrere Unterlagen zur Thematik der Dekarbonisierung von thermischen Netzen erstellt. Einige dieser Dokumente oder Videos werden im vorliegenden Leitfaden zitiert. Generell sind alle Ergebnisse des Projekts über die folgenden Links zugänglich:

Ergebnisse des Projektes in der Schweiz:

[Forschungsprojekte | Thermische Netze Schweiz \(thermische-netze.ch\)](https://thermische-netze.ch)

You Tube Kanal für Workshops und Webinare:

[RES-DHC Webinare - YouTube](#)

Internationale Ergebnisse:

[Home - RES-DHC](#)

Toolbox:

[Free tools for decarbonizing district heating and cooling - RES-DHC](#)

7. BIBLIOGRAFIE

- [1] Thalmann, S. und Deschaintre L., [Erneuerbare Fernwärme in der Schweiz](#), 2021
- [2] TNS, InfraWatt, VBSA (Juni 2023): Wie Thermische Netze zur Dekarbonisierung der Schweiz beitragen <https://infrawatt.ch/ja-zum-klimaschutzgesetz-thermische-netze-leisten-einen-unersetzlichen-beitrag-zur-netto-null-schweiz/>
- [3] November 2022: <https://www.d-f-plattform.de/fr/projets/alliance-chaueur-kehl-strasbourg/>
- [4] Grelot, J. et al. (2021): Abwasser als Schlüsselement der Energiestrategie, Aqua & Gas
- [5] Müller, E.A. et al. (2020): Trinkwasser ist auch eine Energiequelle, Aqua & Gas Nr. 1
- [6] Tarif ERZ Fernwärme Tarifsysteem Fernwärme 2022 - Ausgabe Oktober 2022
- [7] Bundesamt für Energie, Januar 2023, Wärmestrategie 2050
- [8] Bundesamt für Statistik: Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2017
- [9] Gaudard, A. et al. (2018): Thermische Nutzung von Seen und Flüssen – Potenzial der Schweizer Oberflächengewässer, Aqua & Gas No 2
- [10] ARGE QM Holzheizwerke: Planungshandbuch, Schriftenreihe QM Holzheizwerke Band 4, 3. Komplet überarbeitete Auflage, CARMEN e.V. Straubing 2022, ISBN 978-3-93744196-2
- [11] Forum Energie Speicher Schweiz, [Positionspapier Mai 2022](#)