



# Energiekonzept für Quartiere und Areale am Beispiel Solar Decathlon

Die energiepolitisch ambitionierten Ziele, die Endenergieverbräuche sowie die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu senken wie auch Integration erneuerbarer Energieformen, fördern den Stellenwert der thermischen Energieversorgung. Der bestehende dezentrale Systembau kann mit der Ergänzung eines intelligenten thermischen Vernetzungssystems, den direkten gegenseitigen Energieaustausch ermöglichen. Dicht bebaute Areale und Quartiere bieten ein hohes Potenzial für eine solche Vernetzung. Die Entwicklung und Realisierung dieses intelligenten Teilens hat bereits in der elektrischen Vernetzung Einhalt gefunden und soll nun auf die thermische Vernetzung adaptiert werden.

Dieser Bericht untersucht ein Anergienetz, das eine neuartige Form der thermischen Vernetzung darstellt. Auf dem Niveau der Umgebungstemperatur erfolgt der Energieaustausch zwischen Gebäuden für Heizung und Kühlung. Vernetzt werden die Gebäude ringförmig. Saisonale Speicher wie beispielsweise ein Erdspeicher ermöglichen die Energieverschiebung zwischen den Jahreszeiten. Die vorhandene Energie bleibt im System erhalten und kann wiederverwendet werden. Verschiedene Pionierprojekte verwenden bereits eine solch neuartige thermische Vernetzung in Form eines Anergienetzes.

Physikalisch betrachtet ist die Bezeichnung eines Anergienetzes nicht korrekt. Jedes Anergienetz enthält neben Energie auch Exergie. Die Addition dieser beiden Bestandteile bestimmt die Energie des Systems. Dabei erhält der umwandelbare Energieanteil die Bezeichnung Exergie während sich die Energie auf die Umgebungstemperatur bezieht. Bei der Wärme wird der Exergieanteil mit der Differenz von Medientemperatur zur Umgebungstemperatur berechnet. Elektrizität beispielsweise kann komplett in jede Energieform umgewandelt werden und besteht daher vollständig aus Exergie.

In Stromnetzen hat das intelligente Teilen von Energie bereits einen übergreifenden Namen erhalten. Ein Smart Grid beinhaltet alle Komponenten für eine effizientere Energieausnutzung, um den Strommarkt zu revolutionieren. Kombiniert man ein intelligentes Stromnetz mit den beiden Netzwerken für thermische Energie und Gas, entsteht ein Multi Energy Grid. Die Interaktion und Verbindung der drei Netzwerke erlaubt eine vielseitige Energieverschiebung und Speicherung, was zu einer Aufwertung aller drei Energieformen führt.

Bei dieser Verbindung setzt die neue Bezeichnung der *Smart Networks* ein (siehe Abbildung 1). Eine Vereinheitlichung der verschiedenen Vernetzungsarten findet unter dem Begriff Smart Grid statt, der somit zu einem Überbegriff avanciert. Für die thermische Vernetzung in einem Smart Grid wird die Bezeichnung *Smart Thermal Network (ST-Netz)* vorgeschlagen.

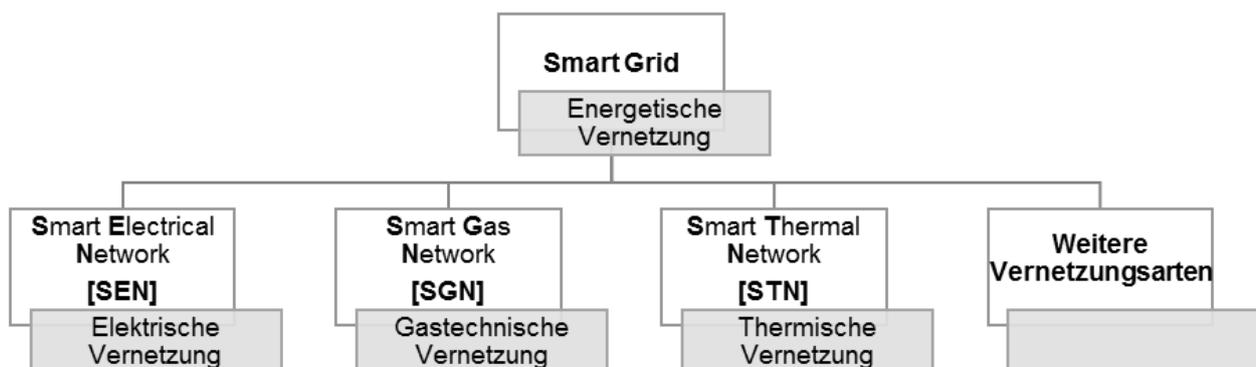


Abbildung 1 Übersicht Smart Grid mit Smart Thermal Network

## Umsetzung eines *Smart Thermal Network*

Bei der Umsetzung von einem thermischen Netz lassen sich zwei grundsätzliche Merkmale zur Klassifizierung definieren. Ein unidirektionales Netz weist einen Energiefluss auf, der nur in eine Richtung verläuft. Dies ist die klassische Ausführung eines Fernwärmeverbunds; ein Erzeuger versorgt die Verbraucher mit der benötigten Energie zum Heizen. Mit der Bezeichnung bidirektional ist somit ein Netz gemeint, das sich für die Versorgung von thermischer Energie zum Heizen wie zum Kühlen eignet. Weist ein Netz einen Medienfluss in eine Richtung auf, ist es gerichtet. Hierbei sind die Förderpumpen zentral installiert und jeder Verbraucher wird von diesen Pumpen versorgt. Damit der Medienfluss in beide Richtungen erfolgen kann, muss ein Netz ungerichtet installiert werden. Jeder Verbraucher erhält seine eigenen Förderpumpen und versorgt sich selber aus dem Netz.

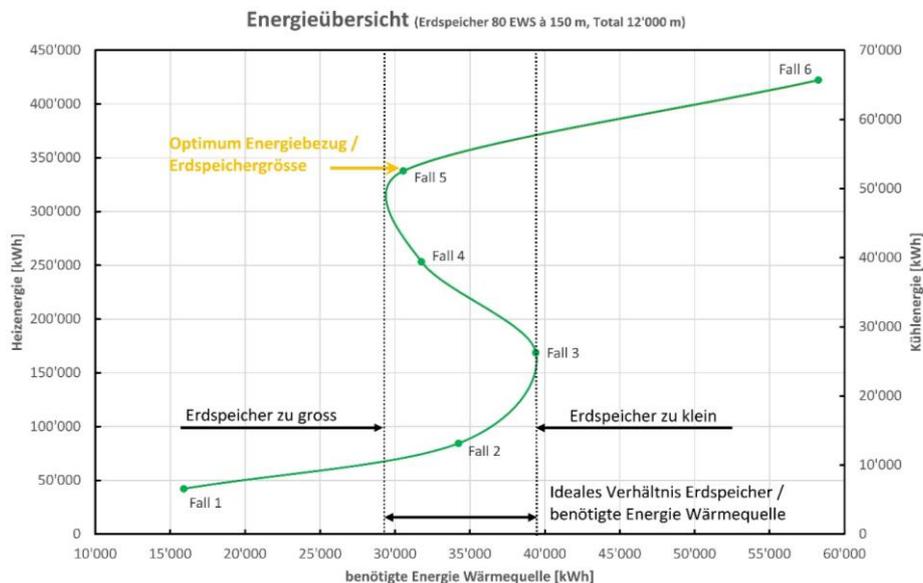
Die nachfolgende **Klassifizierung thermische Netze** Tabelle 1 visualisiert die verschiedenen Fälle.

**Tabelle 1** Klassifizierung thermische Netze

		Energiefluss	
		Unidirektional	Bidirektional
Medienfluss	Gerichtet	Fernheizung Nahwärmeverbund Fernkälte  Beispiel Fernwärme Zürich	ST-Netz mit Mischungsverlust (keine Temperaturtrennung Vorlauf / Rücklauf)  Beispiel Anergienetz Visp
	Ungerichtet	Fernheizung mit z.B. 2 Produzenten  Beispiel ETH Zentrum zu Krankenhaus (2 Zentralen)	Optimales ST-Netz (Temperaturtrennung Leiter in Warm- und Kalt-leiter)  Beispiel Anergienetz ETH

## Ermittlung der optimalen Erdspeichergrosse

In einem gegebenen System herrscht meistens ein Ungleichgewicht zwischen Wärmebezug (Heizung) und Wärmeregeneration (Kühlung). Bei überwiegendem Wärmebezug kühlt das Netz inklusive dem Erdspeicher aus und muss durch eine Wärmequelle auf dem Auslegungstemperaturniveau gehalten werden. Die thermischen Simulationen dienen der Untersuchung vom Zusammenspiel von Erdspeichergrosse und benötigter Wärmemenge für die Temperaturhaltung des Systems. Die exemplarischen Ergebnisse für den Fall eines Erdspeichers mit 80 Erdsonden à 150m Tiefe zeigen die minimal benötigte Wärmeenergie für die bezogene Heiz- und Kühlenergie (siehe Abbildung 2).



**Abbildung 2** Diagramm Simulationsergebnisse

## Hydraulische Optimierung

Grundlage für die Optimierung des Systems bildet ein ringförmiges 2-Leiter System, mit einem integrierten Erdspeicher. In der Verbraucherzentrale ist nur eine Pumpengruppe notwendig, da das System zwischen den Fällen für Heizung und Kälte umschalten kann. Dies bietet die Möglichkeit der direkten Energienutzung innerhalb einer Zentrale. Durch platzierte Umschaltungen ist jede Reihenfolge der Verbraucher möglich (siehe Abbildung 3).

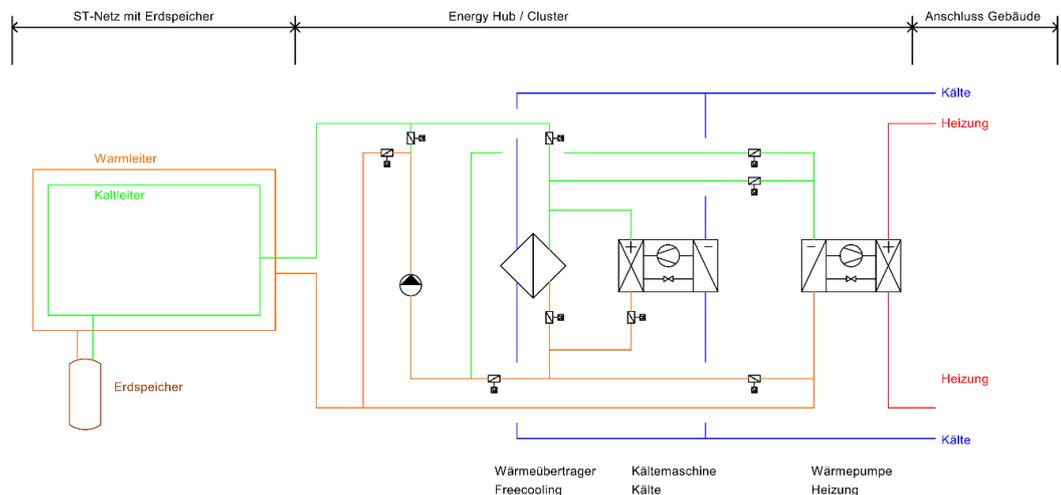


Abbildung 3 Prinzipschema optimiertes 2-Leiter System

## Zukünftiges Entwicklungspotential

In Bezug auf die technische Machbarkeit, die Optimierung im Betrieb und die Verifizierung der Annahmen in den Planungsgrundlagen steckt das Thema bidirektionale thermische Vernetzung noch in den Kinderschuhen. Die Entwicklung im Bereich von Fernwärmenetzen trägt dazu bei, viele allgemeingültige Grundlagen zu erarbeiten. Bei einem komplizierteren hydraulischen System sowie der Kombination von Wärme- und Kältenutzung in einem bidirektionalen Verteilungsnetz, treten jedoch andere physikalische Gegebenheiten auf. Die folgenden Fragestellungen für die Zukunft, dienen als Anstoss, um eine Optimierung und dadurch eine Effizienzsteigerung vorzunehmen:

- Wie verhält sich die Hydraulik bei einer bidirektionalen und ungerichteten Vernetzung?
- Wie können die Synergien zwischen thermischer, elektrischer und gastechnischer Vernetzung optimal im System eingebunden werden?
- Wann ist eine Ausweitung der Netztypologie auf weitere Leiter sinnvoll?
- Wie lässt sich die Vermaschung des Systems mit anderen Netzen hydraulisch optimal lösen?
- In welchem Fall findet die Bewirtschaftung des Erdspeichers optimalerweise aktiv durch Pumpen beim Speicher statt? Wann wäre stattdessen eine passive Bewirtschaftung durch Verbraucherpumpen geeigneter?

## Solar Decathlon als Anwendungsbeispiel

Der Solar Decathlon ist ein internationaler Hochschul-Wettbewerb und bildet die Grundlage für das Anwendungsbeispiel. Im Fokus des Wettbewerbes steht die Entwicklung eines zukunftsgerichteten Wohnkonzeptes. Dabei werden Nachhaltigkeitskriterien wie Bevölkerungsdichte, Suffizienz, Erreichbarkeit, Mobilität und Innovation im lokalen Kontext betrachtet. Um ein entsprechendes Wohnkonzept als Antwort auf diese Herausforderungen zu präsentieren. Die Ausrichtung des Wettbewerbs auf den lokalen Kontext bildet eine ideale Ausgangslage für das Konzept einer neuartigen thermischen Vernetzung in Form eines *Smart Thermal Networks*.

Das Team der Hochschule Luzern nimmt mit dem Projekt your+ am Wettbewerb in Versailles teil. Weitere Informationen [www.solardecathlon.ch](http://www.solardecathlon.ch)