

Horw, 20. Mai 2014
Seite 1/10

Kalte Fernwärme (Anergienetze)

Grundlagen-/Thesenpapier



Horw, 20. Mai 2014
Seite 2/10
Grundlagen-/Thesenpapier Kalte Fernwärme (Anergienetze)

Impressum

Auftraggeber

Bundesamt für Energie BFE
Abteilung Energieeffizienz und erneuerbare
Energien
Mühlestrasse 4
3063 Ittigen

Auftragnehmer

Hochschule Luzern
Technik & Architektur
Zentrum für Integrale Gebäudetechnik ZIG
Technikumstrasse 21
CH-6048 Horw

Verfasser

Matthias Sulzer HSLU
Diego Hangartner HSLU

Verteiler

Teilnehmer Workshop 26. Mai 2014

Dateiname

d_20140513_Grundlagenpapier_Anergienetze_exec

Änderungsverzeichnis

Version	Datum	Status	Änderungen und Bemerkungen	Bearbeitet von
Nr. 1	16.05.2014			had
Nr. 2	16.05.2014	Entwurf		sum
Nr. 3	19.05.2014	Entwurf	Überarbeitung Feedback Nützi	sum
Nr. 4	20.05.2014	Exec		sum

1. Terminologie

Exergie & Anergie

Die Energie in einem geschlossenen System besteht aus Exergie und Anergie, in welchem

$$\text{Energie} = \text{Exergie} + \text{Anergie}$$

ist.

In der Thermodynamik werden Exergie und Anergie mit Hilfe der Umgebungstemperatur unterteilt. Beim absoluten Nullpunkt (- 273.15°C) ist keine Energie vorhanden.

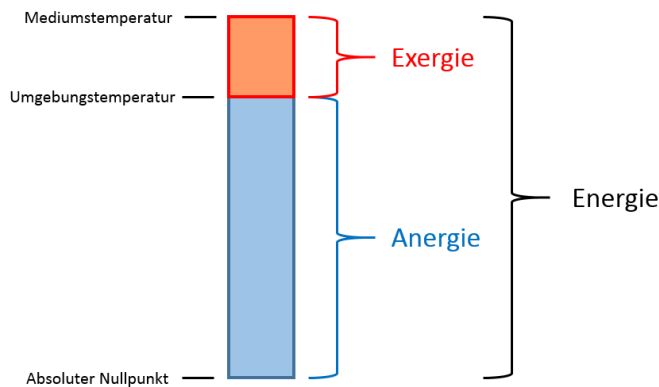


Abbildung 1: Unterscheidung zwischen Exergie und Anergie als Energieform.

Exergie und Anergie sind im Gegensatz zur Energie keine Erhaltungsgrößen, d.h. Exergie kann in einem System vernichtet und in Anergie umgewandelt werden. Der erste Hauptsatz der Thermodynamik (Energieerhaltungssatz) bleibt somit erhalten.

Oft wird der Begriff Anergie in der Literatur als „nicht nutzbarer Teil“ der Energie bezeichnet oder als Energie, die sich nicht in Exergie umwandeln lässt. Dies ist nicht der Fall, wenn Prozesse unterhalb der Umgebungstemperaturen ablaufen (Kühlung). In diesem Fall transportiert das „Anergienetz“ reine Exergie im betrachteten System.

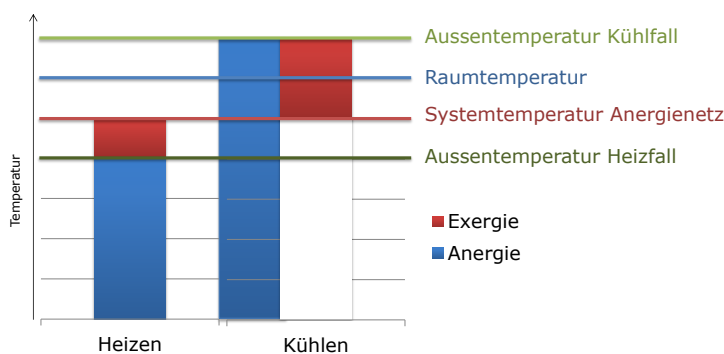


Abbildung 2: Betrachtung der Anergie und Exergie mit ändernder Aussenlufttemperatur und Energiebezug.

Jahreszeit	Temperatur			Wirkung Anergienetz	
	Aussen	Raum	Anergienetz	anergetisch	exergetisch
Winter	-5°C	21°C	16°C	93%	7%
Sommer	25°C	21°C	16°C	0%	100%

Tabelle 1: Wirkung des Anergienetzes auf die Heizung (Winter) und Kühlung (Sommer).

Anergienetze (kalte Nahwärmenetze)

Anergienetze (sogenannte „kalte Nahwärmenetze“) sind Wärme- und/oder Kältenetze, mit denen thermische Energie nahe an der Umgebungstemperatur zwischen Lieferanten und Bezüglern transportiert wird. Zur Bereitstellung der Nutzenergie werden einerseits Wärmepumpen für Heizzwecke dezentral bei den Wärmebezüglern eingesetzt, andererseits kann das Anergienetz direkt oder mittels Kältemaschinen zu Kühlzwecken genutzt werden.

Quellen

Im wissenschaftlichen Bereich der Energietechnik wird die Energiequelle in einem abgeschlossenen System als das Element definiert, welches die Energie meist durch Umwandlung aus einer anderen Energieform zur Verfügung stellt. Der Energieträger hingegen ist die mengenmässige, bilanzierfähige Einheit, welche Energie enthält oder überträgt. Somit verstehen wir die zugeführte Umweltenergie und/oder Abwärme in ein thermisches Netz als Quelle.

Senken

Die Senken stellen das Gegenteil der Quelle dar, d.h. Energie wird aus dem Netz entzogen. In diesem Sinne ist der Heizenergieverbrauch bzw. alle Verluste des Systems „Wärmenetz“ eine Senke.

Speicher (saisonale Erdwärmespeicher)

Um die Energiebilanz zwischen Quellen und Senken in einem bestimmten Zeitraum auszugleichen, sind Energiespeicher notwendig. Bei Anergienetzen mit unterschiedlichsten Quellen und Senken nimmt der Erdwärmespeicher (oder generell der Niedertemperaturspeicher) eine besondere Stellung ein. Erdwärmespeicher haben die Funktion, Wärme saisonal zu speichern. Voraussetzung für eine erfolgreiche thermische Arealvernetzung ist eine über das Jahr ausgeglichene Wärmebilanz: Der jährliche Wärmebezug (Senke) aus dem Anergienetz muss gleich hoch sein wie die jährliche Wärmeeinspeisung (Quelle).

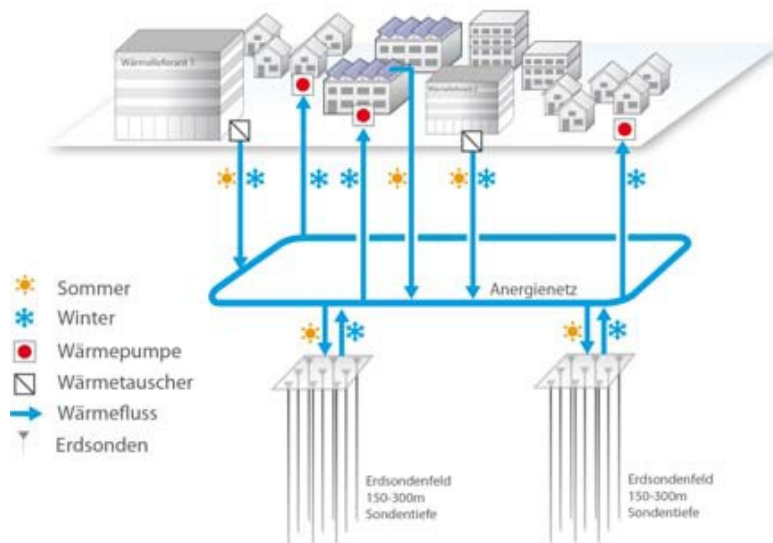


Abbildung 3: Darstellung eines Anergienetzes: Wärme- und Kälteausaustausch zwischen Erdsondenfeldern und Gebäuden (Bild: Amstein+Walthert AG).

2. Technische Grundlagen

2.1. Netztypologien

1-Leiter System: Ein 1-Leiter System besteht ausschliesslich aus einem Vorlauf für den Medientransport. Der Rücklauf, also die Rückgabe des Wassers an die Umwelt, erfolgt in ein offenes System, z.B. Versickerungsschacht, Oberflächengewässer, Regenwasserkanal.

2-Leiter System: Die meisten Energieverbunde oder sogenannte „Anergienetze“ bestehen aus 2 Leitern, d.h. aus einem Vor- und einem Rücklauf (geschlossenes System). Bei einer Heizanwendung weist der Rücklauf eine tiefere Temperatur als der Vorlauf auf, während dies bei einer Kühlanwendung umgekehrt ist.

3-Leiter System: Ein 3-Leiter System verfügt über einen zusätzlichen Leiter mit unterschiedlichem Temperaturniveau, beispielsweise über 35°C. Falls ein Abnehmer, z.B. eine Bodenheizung, auf diesem Temperaturniveau vorhanden ist, kann diese Wärme direkt über einen Wärmetauscher ohne Einsatz einer Wärmepumpe genutzt werden. Analog zum Heizzweck kann der 3. Leiter auch zu Kühlzwecken auf einem tiefen Temperaturniveau ausgelegt werden.

4-Leiter System: Bei einem 4-Leiter System werden vier Leiter mit unterschiedlichen Temperaturen betrieben. Damit kann einerseits die direkte Heizung und Kühlung mittels Wärmetauscher ermöglicht und andererseits das Energieversorgungssystem mit Wärmepumpen / Kältemaschinen unterstützt werden. Bei dieser Netztypologie wird der höchste exergetische Wirkungsgrad erreicht.

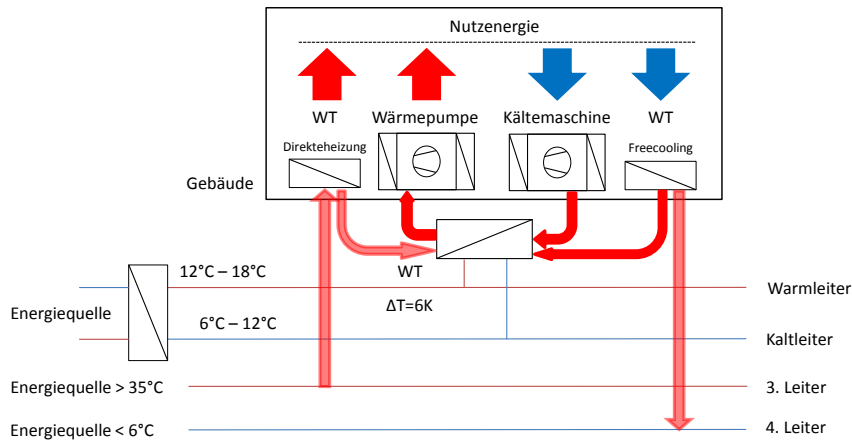


Abbildung 4: Darstellung eines 2-Leiter Systems mit optionaler Integrierung von einem 3. oder 4. Leiter.

2.2. Uni-/bi-direktionale Netze

Bei der Bezeichnung von Netzen durch die Begriffe unidirektional und bidirektional wird der Energiefluss im jeweiligen Netz betrachtet.

Unidirektionale Netze: Ein unidirektionales Netz ist dadurch bestimmt, dass der Energiefluss für alle Bezüger in die gleiche Richtung verläuft. Weisen alle Energiebezüger ausschliesslich einen Wärmebedarf auf, fungiert das Netz als Wärmequelle. Um die Jahresbilanz auszugleichen, muss eine kontinuierliche Wärmezufuhr in das Gesamtsystem erfolgen. Bei analogen Voraussetzungen mit Gebäuden, welche ausschliesslich Kühlbedarf aufweisen, ist das Netz eine Wärmesenke. Hierbei muss kontinuierlich Wärme aus dem Netz abgeführt werden, um die Energiebilanz des Gesamtsystems auszugleichen.

Bidirektionale Netze: In einem bidirektionalen Netz entstehen positive wie auch negative Energieflüsse, d.h. das Netz fungiert als Wärmequelle und Wärmesenke. Im Idealfall gleichen sich die beiden Energieflüsse jederzeit aus. Überschüsse oder Unterdeckungen müssen wie beim unidirektionalen Netz durch Wärmezufuhr oder Wärmeentzug ausgeglichen werden. Alternativ können die Bilanzdefizite auch mittels Speicher, z.B. Erdwärmespeicher ausgeglichen werden.

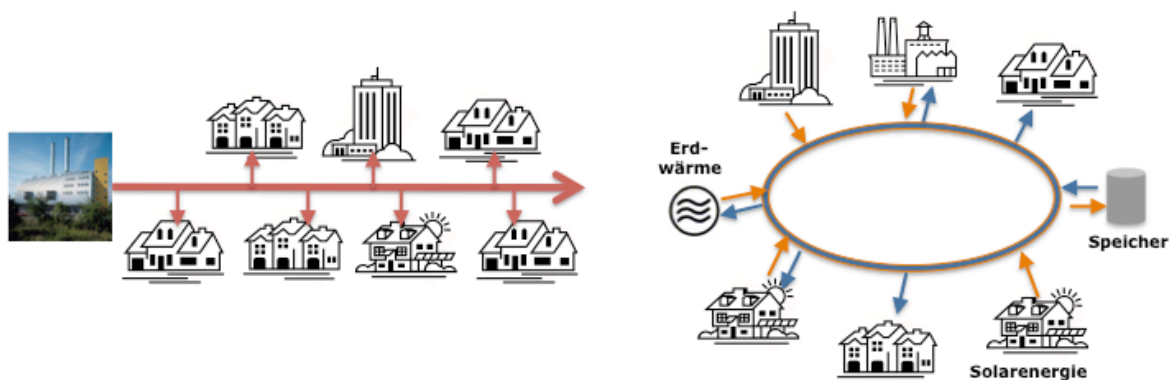


Abbildung 5: Unidirektionale Netze (links) und bidirektionale Netze (rechts).

Mischformen der Netze: Abhängig von der Nutzungscharakteristik der Bezüger kann ein Anergienetz als unidirektionales Netz (im Winter nur Wärmebezug) oder als bidirektionales Netz (im Sommer Raumkühlung und Warmwasseraufbereitung gleichzeitig) funktionieren.

2.3. Gerichtete und ungerichtete Netze

Wenn Netze als ungerichtet oder gerichtet bezeichnet werden, wird der Medienfluss betrachtet.

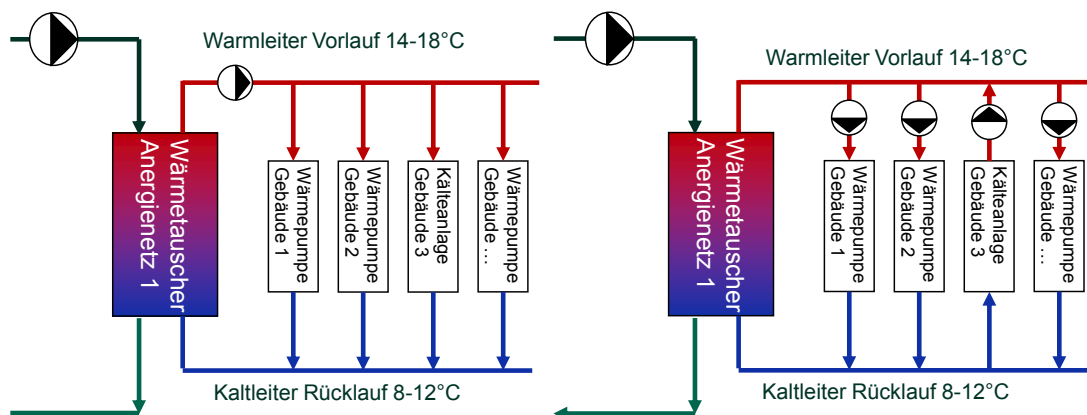


Abbildung 6: Prinzip eines gerichteten Netzes (links) und eines ungerichteten Netzes (rechts).

Gerichtete Netze: Bei einem gerichteten Netz wird eine zentrale Hauptpumpe installiert, um das Medium zu den einzelnen Hauszentralen zu fördern. Durch die Platzierung der Pumpe bei der Wärmequelle bzw. -senke beziehen alle Bezüger aus dem gleichen Leiter (Vorlauf). Jedes traditionelle Fernheizungsnetz wird nach der heutigen Regel der Baukunde als gerichtetes Netz ausgeführt, da der Energiefluss und somit der Medienfluss immer von der Erzeugerzentrale zu den Wärmeverbrauchern führt.

Ungerichtete Netze: In einem ungerichteten Netz wird bei jedem Bezüger eine dezentrale Förderpumpe installiert, um das Medium in die jeweilige Hauszentrale zu fördern. Hierbei bestimmt der Einbau bzw. die Umschaltung der Pumpen den Medienfluss im Netz. Die Richtung ist soweit festgelegt, dass der Kältebezug aus dem Kaltleiter und der Wärmebezug entsprechend aus dem Warmleiter erfolgt. In der Ringleitung entsteht durch die ändernden Entnahmepunkte der Pumpen ein ungerichteter Medienfluss.

Durch die Beibehaltung der jeweiligen Temperaturbereiche im ungerichteten Netz von Warm- und Kaltleiter resultiert ein exergetischer Vorteil gegenüber einem gerichteten Netz. Im ungerichteten Netz werden die Mischverluste reduziert.

		Energiefluss	
		uni-direktional	bi-direktional
Medienfluss	gerichtet	Traditionelle Fernheizungen bzw. Fernkältenetze Beispiele: diverse	Anergienetze mit zentraler Pumpenstation Beispiel: Anergienetz Visp und Naters
	ungerichtet	Fernheizung mit z.B. 2 Produzenten Beispiel: ETH Zentrum (2 Zentralen)	Anergienetze mit dezentralen Pumpen in Hauszentralen Beispiel: Anergienetz ETH

Tabelle 2: Charakteristik verschiedener Netze (Diplomarbeit Hauswirth, Fuchs, Müller, 2014)

3. Sozio-Ökonomische Grundlagen

Wissen: Das entsprechende technische, betriebswirtschaftliche und soziologische Wissen ist erst bei wenigen Pionieren und Interessengruppen vorhanden. Der Bereich Netze zeichnet sich durch ein erhebliches Innovationspotential aus und wurde teilweise in Weissbüchern, Studien und Pilotprojekten aufbereitet (Stichworte dazu: nachhaltige Quartierplanung, Anforderungen an 2000-Watt-Areale, Smartgrids/Smartenergy, Smart Cities).

Marktfähigkeit: Wärmenetze sind marktfähig und können betriebswirtschaftlich erfolgreich sein. Es gibt verschiedene Energiequellen und Technologien, die sich sowohl für Hoch- als auch für Niedertemperaturnetze eignen. Die Kombinationen mit erneuerbaren Wärmequellen (Solarthermie, Erdwärme, Grundwasser...) sowie mit Gas sind technisch machbar, werden in Pilotprojekten angewendet und stehen teilweise vor der Marktreife.

Akzeptanz: Erfahrungen zeigen, dass kleinere Netze oft leichter auf Akzeptanz stossen als grössere, da sich die potentiellen Bezüger eher damit identifizieren können. Planer, die Objekte projektieren, die an Netze angeschlossen werden können, erhalten mehr Honorar für ihre Leistung, wenn sie eine objektspezifische Lösung mit eigener Wärme-/Kälteproduktion wählen, als wenn sie die Variante Anschluss ans Netz wählen. Den Planern fehlen Berechnungsgrundlagen, um den Aufwand zu berechnen und die Argumente, um zu erklären, weshalb die Variante Anschluss ans Netz aufwendiger ist als die Planung einer Solitär-Lösung.

Akteure: Es ist wichtig, zu wissen, welche Akteure in welchen Projektphasen Einfluss auf ein Vorhaben nehmen und zu dessen Erfolg beitragen. Ebenso wichtig ist es zu wissen, wer wen beeinflusst. Mit diesem Wissen können zukünftige Massnahmen gezielt auf jene Personen fokussiert werden, welche die grösste Hebelwirkung im Akteur-System bewirken.

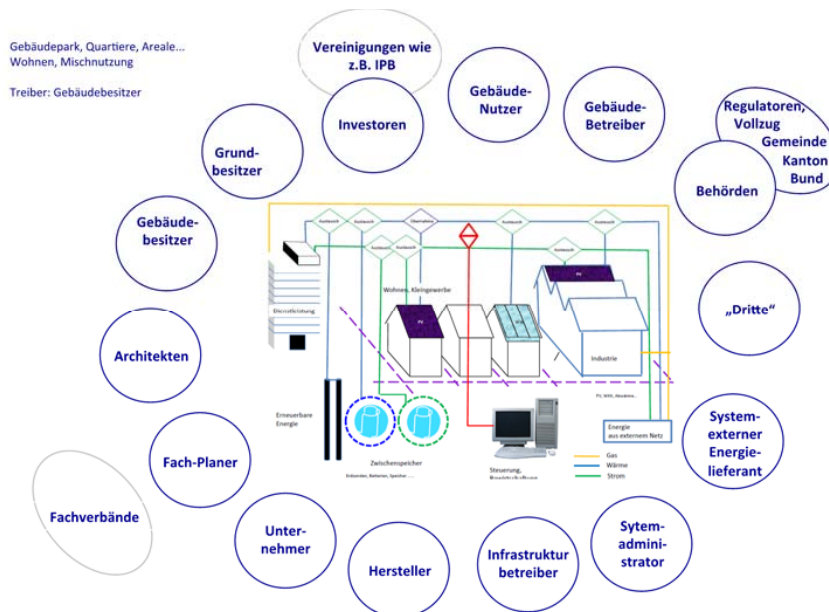


Abbildung 7: Akteure im Themenfeld Energieversorgung (Bild: Grundlagenstudie für die Ausschreibung der Wirkungskettenanalysen).

4. Thesen

Folgende Herausforderungen stellen sich in Konzepten für kalte Fernwärme:

1. Das technische Know-how für den Bau von Wärmenetzen ist weitgehend vorhanden.
2. Es fehlen jedoch umfassende Grundlagen, um das Potential in Regionen, Quartieren und Arealen für eine thermische Vernetzung zu identifizieren.
3. Die Beziehung zwischen Netztypologien und Quartier- oder Arealtypologien ist heute nicht bekannt.
4. Der Gesamtnutzen, der eine thermische Vernetzung in der Energieversorgung zu leisten vermag, wird nicht ausgeschöpft bzw. ist nicht bekannt.
5. Die Akteure setzen sich mit der Etappier- und Adaptierfähigkeit bei grösseren Projekten zu wenig auseinander.
6. Es fehlen Fachleute bzw. Planer, die eine Gesamtsicht haben.
7. Eine Optimierung des Betriebs fehlt oft.
8. Betriebswirtschaftlich bestehen grosse Unsicherheiten.
9. Die Finanzierung der Investitionen, speziell infolge der langen Amortisationszeiten, ist schwierig.
10. Die Individualität steht dem Anschluss an ein Netz entgegen.
11. Die juristischen Aspekte und Abgrenzungen werden immer wichtiger und schwieriger.
12. Rahmenbedingungen im Bereich Raum- und Ortsplanung und gesetzliche Vorgaben behindern den Bau von Wärmenetzen bzw. fördern diese nicht.

5. Literaturverzeichnis

- [1] Kräuchi P., Kolb M., *Simulation Thermischer Arealvernetzung mit IDA-ICE*, Hochschule Luzern – Zentrum für Integrale Gebäudetechnik, Horw & Amstein+Walthert AG Zürich
- [2] Gautschi T., *Arealvernetzung, Energiekonzept Science City*, Zürich, Mai 2012
- [3] Sulzer M., Menti UP., Lüthi D.: *Energieversorgung für ein Areal – Beispiel V-ZUG AG*, Schweizerisches Status-Seminar: Forschen und Bauen im Kontext von Energie und Umwelt, September 2012
- [4] Sulzer M.: *Konsistente Energieversorgung von Quartieren und Arealen - Wie eine koordinierte Vernetzung unabhängiger Energieversorgungssysteme schafft*, Jahreskongress Energie Schweiz, Oktober 2013
- [5] Sulzer M.: *Effizienzsteigerung mit Anergienetzen Potentiale – Konzepte – Beispiele*, energie- cluster.ch Herbstseminar, November 2011
- [6] Impulsprogramm Energie-Gesamtplanung, Grundlagenstudie für die Ausschreibung der Wirkungskettenanalysen, K.M. Marketing AG und zweiweg gmbh im Auftrag des BFE, Energie Schweiz, September 2013