

Gråsten Fjernvarme: 100 % erneuerbar für 8,6 Ct./kWh Kombination großer Solarthermie mit Stroh, Holzpellets und Wärmepumpe

Gråsten (über 4.200 Einwohner) verfügt über ein Wärmenetz. Bis 2012 wurde die Wärme aus mit Erdgas betriebenen KWK-Anlagen bereitgestellt. Dann wurde mit den Zielen der Kostensenkung sowie CO₂-Minimierung mit einem Aufwand von rund 11,5 Mio. € vollständig auf erneuerbare Energien umgestellt.

Besondere Merkmale: (1) Der Einsatz von 19.000 m² Solarthermie sowie einer Absorptionswärmepumpe (angetrieben von einem Holzpelletkessel) die die Effizienz der Solarthermie signifikant steigert. (2) Der Einsatz eines 12 MW Strohheizkessels. (3) Der Verzicht auf die Systemintegration von Strom- und Wärmesektor (es kommt kein Elektrodenkessel zum Einsatz). (4) Die mit der Umstellung verbundene Senkung der Wärmepreise um 20 %.

Mein besonderer Dank gilt Peter Bielenberg von der Energiemanufaktur Nord für die Organisation einer Tour u.a. nach Gråsten, Anders Fonager Christensen (PRO Kultur) für Übersetzungsunterstützung, Dan Christof Appel von Gråsten Fjernvarme für die geduldige Beantwortung vieler Nachfragen sowie Hans Eimannsberger für die Erläuterung technischer Details und Unterstützung bei der Endredaktion.

Gråsten

Gråsten (dt. „Gravenstein“) liegt ziemlich genau in der Mitte des Städtedreiecks **Apenrade, Flensburg** und **Sønderborg**. Gråsten hat (1/2014) **4234 Einwohner**, gehörte bis 2007 zum Sønderjyllands Amt und ist seitdem Teil der **Sønderborg Kommune** in der Region Syddanmark.



http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Syddanmark_municipalities.svg

Gråsten Fjernvarme

Die Geschichte der Fernwärme in Gråsten begann **1956** mit einem zentralen Heizölkessel. **1984** wurde auf Erdgas umgestellt, **1994** erfolgte die Installation von 2 Rolls-Royce-Triebwerken.

Erneuerung

In Gråsten lagen die Wärmepreise vor 2012 bei etwa **11 Ct./kWh** (Durchschnitt aus Grund-, Arbeits- und Messpreis). Aufgrund anstehender Erneuerungs-investitionen wurde eine grundlegende Erneuerung der Wärmebereitstellung auf den Weg gebracht.

Allgemeiner Hintergrund:

- Die Forcierung v.a. der Windenergienutzung führt in Dänemark nach der Jahrtausendwende (ähnlich wie derzeit in Deutschland) **sukzessive zu einer Absenkung der Stromerlöse aus KWK-Anlagen**. Zugleich waren und sind aus den KWK-Anlagen Wärmelieferungsverpflichtungen zu erfüllen, was die Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen zunehmend infrage stellt bzw. die Wärmepreise in die Höhe treibt.
- Darüber hinaus werden in Dänemark fossile Energien (auch bei Einsatz in KWK-Anlagen) mit aktuell über **3,8 Ct./kWh** und kontinuierlich weiter steigend **mit Abgaben belegt** (vgl. detailliert WWI 03). Das Wärmepreisniveau für Endverbraucher erreicht aus solchen Anlagen 11 Ct./kWh und mehr (Durchschnitt aus Grund-, Arbeits- und Messpreis).
- Auf dieser Grundlage ließen sich eine ganze Reihe von dänischen Fernwärmeversorgungsunternehmen **alternative Strategien** entwickeln, die insbesondere seit 2010 umgesetzt werden.
- Alle diese Strategien setzen darauf, **fossile Energien teilweise oder vollständig durch erneuerbare Energien zu ersetzen: marktgesteuert, ohne staatliche Förderung !!!**
- Überwiegend – aber nicht in jedem Fall – geht es zugleich um die **Verknüpfung von Strom- und Wärmesektor**, in dem die technischen Voraussetzungen (Installation von großen Elektrodenkesseln) für die Teilnahme am **Regelenergiemarkt** geschaffen werden.
- Im Ergebnis werden durch die Neuordnung die **Wärmepreise für die Wärmekunden um bis zu 20 % gesenkt**.

„Projekt Zero“

Sønderborg Kommune – wozu Gråsten gehört - hat einen Plan aufgestellt, bis zum Jahr 2029 CO₂-neutral zu werden (Project Zero). Für die Umsetzung in Gråsten gab es zwar keine finanzielle Förderung, aber Unterstützung bei Baugenehmigungen, Bürgschaften für Kredite (was einen niedrigen Zinssatz bewirkte) etc.

Bestandteile des neuen multivalenten Fernwärmesystems Gråsten

Gråsten Fjernvarme hat eine vollständig neue Heiz- und Verwaltungszentrale am neuen Standort Sønderborg Landevej errichtet. Die Alt-Anlage am Bocks Bjerg dient ausschließlich dem back up. Die Triebwerke kommen allenfalls 30 h/Jahr zum Einsatz, wenn der Börsen-Strompreis besonders hoch ist.

Investiert wurden insgesamt 11,5 Mio. € für:

1. das neue **Verwaltungs- und Betriebsgebäude**,
2. ca 19.000 m² **Solarthermiekollektoren**, die rund 28 % des Jahreswärmebedarfes abdecken,
3. ein **Strohheizwerk** (ca. 55 % Jahreswärmeb.),
4. einen **Pufferspeicher** (5.500 m³ = 350 MWh),
5. einen **Holzpelletkessel** (ca. 17 % Jahreswärmeb.),
6. eine **Absorptionswärmepumpe**, mit der insbesondere die Effizienz der Solarthermie gesteigert wird,
7. 627 m² **Photovoltaik-Module**, mit denen etwa ein Drittel des Stromeigenbedarfs gedeckt wird.

Die Refinanzierung wird nach Angaben der Geschäftsleitung in 20 Jahren erfolgt sein.

1. Das neue Verwaltungs- und Betriebsgebäude



Gråsten Fjernvarme A/S am neuen Standort am Sønderborg Landevej 3 mit Verwaltungsgebäude samt PV-Anlage an den Schräg-Fassaden, Solarthermie-Freianlage, Strohheizwerk und Strohhallenlager sowie Pufferspeicher.

2. Große Solarthermie

Insgesamt sind 1.519 Solarkollektoren von Arcon Sonnen A/S in Reihe installiert. Das entspricht einer **Kollektorfläche von 19.024 m²**.



Darüber hinaus stehen Erweiterungsflächen zur Verfügung, so dass die Kollektorfläche auf insgesamt 50.000 m² ausgebaut werden kann. Derzeit erbringt der solarthermische Teil des Systems rund 28 % der Jahreswärmeleistung.

In 2013 wurden 9.000 MWh erzeugt, pro Tag max. 75 MWh. Die Temperatur beträgt 98 °C im Solarkollektor, 92°C im Speicher. In 2013 mußten rund 250 MWh weggekühlt werden, dieser Anteil wird sich mit dem Anschluss einer Reihe von neuen Abnehmern verringern. Solarwärme kostet ohne Langzeitwärmespeicher **deutlich unter 4 Ct./kWh** (vgl. Wärmewende-Info 03).

Die Effizienz der Solarthermie-Anlage wird durch den Einsatz einer Absorptionswärmepumpe erheblich gesteigert, indem die Rücklauftemperatur des Netzes durch die Wärmepumpe abgesenkt wird.

Die Sonnenwärme kann im 5.500 m³ "Hochspeicher" zwischengespeichert werden.

Gråsten Fjernvarme hat für die Pflege der Fläche zwischen den Kollektoren 40 Schafe angeschafft.

3. 12 MW Strohkessel

Installiert wurde ein 12 MW Strohheizkessel der zweiten Generation, der bivalent auch mit Holzpellets betrieben werden kann. Damit will man für Zeiten mit Strohangel vorsorgen. Beim Einsatz von Pellets sei aber Vorsicht geboten, weil diese im Strohheizkessel sehr heiß werden. Der Kessel ist mit einem DeNOx-Rauchgasentstickungs-System ausgestattet. Die Stickoxid-Emissionen werden offiziell gemessen, u.a. für die Veranlagung zur NO_x-Steuer.

Die Strohlagerhalle hinter dem Kesselhaus ist 1.800 m² groß und fasst über 1.100 Großballen, was für 8-10 Heiztage reicht. Die Zulieferung ist über 2 Zufahrten automatisiert. In sehr kalten Perioden werden täglich bis zu 150 Großballen eingesetzt. Ein Strohhallen wiegt rund 500 – 600 kg, Stroh wird mit etwa 17 % Feuchtigkeit geliefert und kostet 0,50 DDK/kg + MWSt (entspricht etwa 0,07 Ct./kg). Die liefernden Landwirte sind für die trockene Lagerung verantwortlich.

4. Pufferspeicher¹

Die Solarwärme kann – je nach Bedarf – vor der tatsächlichen Einspeisung ins Wärmenetz in einem **5.500 m³** fassenden Pufferspeicher zwischen gespeichert werden (entspricht rund 350 MWh). Das reicht im Sommer für 8-10 Tage., im Winter für 1 ½ Tage. Der Speicher hat 4 Wärmezonen. Das Warmwasser wird in die jeweils geeignete Zone geleitet.

Der 28 m hohe Speicher ersetzt im Sommer den Energieeinsatz der Umwälzpumpe.

5. Holzpelletkessel

Der **Holzpelletkessel** hat eine Leistung von 1.950 kW. Pro Jahr werden über 1.000 Tonnen Holzpellets eingesetzt.

¹ In Gråsten steht man dem **Erdbeckenwärmespeicher**, wie er seit Jahren in Marstal betrieben wird, aus "hygienischen" Gründen kritisch gegenüber: Verunreinigungen des Wassers während der Füllphase könnten zu erheblichen Korrosionsschäden an den Zu- und Abführungssystemen führen (so - nach Angaben von Dan Appel von Fjernvarme Gråsten - angeblich in Marstal geschehen). Tatsächlich ist z.B. beim neuen Erdbeckenwärmespeicher in **Voje** die Spezialfolie zur Abdichtung gegenüber dem Erdreich gleich mit einem Foliendeckel verschweißt, so dass der Speicher wie ein Sandwich befüllt wird und der Inhalt während der Füllphase nicht verunreinigt werden kann.

6. Absorptionswärmepumpe

Die Absorptionswärmepumpe von SEG A/S wird statt durch Strom durch die Wärme (145°C) des 1 MW Holzpelletkessels angetrieben.

Während der Übergangszeiten im Frühjahr und Herbst kann die Solarthermieanlage nur Temperaturen von 40 – 50°C erbringen. Deshalb entzieht die Absorptionswärmepumpe während dieser Zeit dem Rücklauf des Fernwärmesystems, das mit 37°C ankommt, Wärme und kühlt das Rücklaufwasser auf etwa 20°C ab. Das abgekühlte Wasser wird im (Schichtenspeicher) „unten“ zwischengelagert (bleibt im System) und wird dann nach Bedarf den Solarkollektoren zugeführt.

Dadurch, dass den Kollektoren dann Wasser von 20°C zugeführt wird, **steigt die Effizienz der Solarkollektoren**, weil sie nicht mehr eine Erwärmung von 37°C auf 40 oder 50°C vornehmen, sondern von 20°C auf 40-50°C leisten können.

Aufgabe der Absorptionswärmepumpe ist es zugleich, das 40-50 grädige Wasser aus der Solarthermieanlage während der Übergangszeit auf die gewünschte Vorlauftemperatur von 75 °C zu „pumpen“.

7. Photovoltaik: 75 kW (627 m²)

Alle drei geeigneten Fassaden der neuen Fernwärmezentrale sind mit 502 CIS- **Solarzellen** von Solar Frontier bedeckt (Fläche 627 m²). Dies entspricht einer Leistung von etwa 75 kW_{peak}. Die Zellen liefern pro Jahr rund 70.000 kWh elektrischer Arbeit, was einem knappen Drittel des Stromverbrauchs von Grästen Fjernvarme entspricht.

Zusammensetzung der Investitionen

1 DKK = 0,1343 €	DKK	€
Grundstückskosten (70.000 m ²) = 7,7 €/m²	4 Mio.	0,55 Mio.
Verwaltungs- und Betriebsgebäude, 19.000 m ² Solarthermiekollektoren (297 €/m ²)	7 Mio.	0,94 Mio.
	42 Mio.	5,64 Mio.
Strohheizkessel	20,5 Mio.	2,76 Mio.
Pufferspeicher (5.500 m ³) = 122 €/m³	5 Mio.	0,67 Mio.
Holzpelletkessel	3 Mio.	0,41 Mio.
Absorptionswärmepumpe	2,5 Mio.	0,36 Mio.
Photovoltaik-Module	1 Mio.	0,14 Mio.
Gesamtsumme	85 Mio.	11,5 Mio.

Zusammensetzung der Wärme seit 2013

- 28 % aus Solarthermie
- 17 % aus Pellets
- 55 % aus Stroh

Wärmepreis 2014

Grästen Varne A/S Preisblatt 2014 http://www.graasten-fjernvarme.dk/priser	DKK ohne moms	€ ohne MWSt.
Verbrauchskosten		
Messpreis	950	127,67
Grundpreis pro m ² Wohnfläche	18	2,42
Arbeitspreis (soweit die Rücklauftemperatur mindestens 25 °C unter der Vorlauftemperatur liegt)	0,325	0,0437
Aufschlag auf den Arbeitspreis bei ungenügender Abkühlung der Rücklauftemperatur	0,0437 €/kWh + 1 % pro fehlendes Grad Abkühlung	

Heizenergiekosten

für ein Durchschnittsgebäude mit 130 m² Wohnfläche und einem Verbrauch von 18 MWh/a .

Messpreis		127,67 €
Grundpreis 130 m ²	2,42 € / m ²	384,80 €
Arbeitspreis 18 MWh	0,0437 €/kWh	786,18 €
Summe		1.298,65 €
Ø pro kWh ohne MWSt.		7,21 Ct./kWh
+ moms / MWSt.	DK = 25 %	D = 19 %
Endpreis in DK zum Vergleich in D	9,01 Ct./kWh	8,58 Ct./kWh

Der Wärmepreis für ein 130 m² Haus liegt bei 18 MWh/a Wärmeabnahme unter Berücksichtigung von Grund-, Arbeits- und Messpreis sowie MWSt. bei **9,01 Ct/kWh**.

Vor 2012 lag der durchschnittliche Wärmepreis bei etwa **11 Ct./kWh**. Die Umstellung auf 100 % erneuerbare Energien hat also eine **Preissenkung um rund 20 %** bewirkt.

Ecoquent-Positions

<http://www.ecoquent-positions.com/>

Interview mit **Matthias Sandrock** - Hamburg Institut:

Über solare Fernwärme:

„... Solare Fernwärme ist unverzichtbar, um den Transformationsprozess im Wärmesektor hin zu erneuerbaren Energien zu schaffen. Gerade in der heutigen Situation, in der die gesamte Energiewirtschaft sich zurück hält mit Investitionen, weil niemand weiß, wie sich der Markt und die Preise entwickeln, da **kann die Solarthermie Kostensicherheit geben**. Die notwendigen Investitionen lassen sich gut kalkulieren und abzinsen. Brennstoffkosten fallen dann keine mehr an. Es wäre so möglich, eine **langfristige Wärmepreisgarantie für die Solarwärme** zu geben. Da kann kaum eine andere Technologie mithalten...“

Über das EU-Projekt **SmartReFlex²**

„...Über Wärmenetze ist es möglich, viele Abnehmer gerade in den Städten kostengünstig mit erneuerbarer Energie zu versorgen. Das vor kurzem gestartete EU-Forschungsprojekt SmartReFlex hat das Ziel, **die technischen, rechtlichen und ökonomischen Rahmenbedingungen zur Integration erneuerbarer Energien in Wärmenetze zu analysieren und zu optimieren**. Dazu schauen wir auch viel auf Dänemark und werden versuchen, mit unseren dänischen Partnern im Projekt möglichst viel von deren positiven Erfahrungen in andere Länder zu übertragen.“

<http://www.ecoquent-positions.com/matthias-sandrock-solare-fernwaerme-braucht-einfach-mehr-selbstvertrauen/>

„Ecoquent-Positions“ ist der erste Blog rund ums Thema Solarthermie und ökologisches Heizen, der ausschließlich von Frauen betrieben wird.

Fazit

Die Kosten des Gesamtprojektes incl. neuer Verwaltungszentrale und Grundstück betragen 85 Mio. DKK, entspricht **11,5 Mio. €**. Die Refinanzierung wird

² Schleswig-Holstein ist über das MELUR daran beteiligt.

nach Angaben der Geschäftsleitung in 20 Jahren erfolgt sein. Synergieeffekte wurden u.a. dadurch erzielt, dass die Erschließung weiterer Wohngebiete mit Tiefbauarbeiten für die Abwasserinfrastruktur verknüpft werden konnten.

Das Wärmenetz hat eine Netzlänge von rund 50 km. 2013 sind **35.304,80 MWh** Wärme erzeugt und **26.691,00 MWh** abgesetzt worden. Die Wärmeverluste im Netz waren 2013 mit 8.613,8 MWh deshalb so hoch, weil 2013/14 das Versorgungsgebiet erweitert wurde. Im Jahr 2015 wird mit rund 20% Netzverlust gerechnet.

Die **Anschlussdichte** liegt inzwischen nahe 100 %. Die Vorlauftemperatur beträgt 75°C. Eine unzureichende Abkühlung der Rücklauftemperatur wird über Aufschläge auf den Arbeitspreis bestraft (siehe Wärmepreise). Auf der Netzkarte wird kundenintern angezeigt, wessen Rücklufttemperatur zu hoch ist.

Der Wärmepreis ist mit rund 9 Ct./kWh für dänische Verhältnisse niedrig.

„Trotz der hohen Investitionen in die CO₂-neutrale Wärme gehören wir zu den 70 (von 452) günstigsten Fernwärmeunternehmen in Dänemark“, sagt der Direktor von Gråsten Fjernvarme Peter Mikael Kjer Stærdahl (internet-Präsentation).

Systemintegration ist hier nicht zentrales Thema, weil die Erneuerbaren Energien im Wesentlichen nicht im Wege der KWK bereit gestellt werden, kein Elektrokessel zum Einsatz kommt und die eingesetzte Absorptionswärmepumpe nicht mit Strom sondern durch die Wärme (145°C) des 1 MW Holzpelletkessels angetrieben wird.

Unternehmen Gråsten Fjernvarme

Gråsten Fjernvarme **besteht aus zwei Unternehmen:**

- **Gråsten Fjernvarme A.m.b.a** (eine A.m.b.a. ist die für die dänische Fernwärmewirtschaft typische Organisationsform einer "Genossenschaft mit beschränkter Haftung") sowie
- **Gråsten Varme A/S** (Die „Aktieselskab“ (kurz A/S oder Å/s) ist die dänische Form der Aktiengesellschaft).

Die A.m.b.a. ist die Muttergesellschaft und die A/S die 100%ige Tochter, die für das komplette operative Geschäft zuständig ist. **Die Aufteilung habe steuerliche Gründe**, so Direktor Stærdahl.

Beide Unternehmen haben den gleichen Verwaltungsrat. Die Verbraucher wählen jährlich für jeweils 2 Jahre Mitglieder in den Vorstand der Unternehmen. Der Vorstand besteht aus sieben Mitgliedern, wovon abwechselnd 3 bzw. 4 jährlich für 2 Jahre neu gewählt werden.

Die Unternehmen beschäftigen incl. Direktor **6 Mitarbeiter.**

Direktør: Peter Mikael Kjer Stærdahl
Tel.: 51282912 / Mail: pm@graasten-fjernvarme.dk
Driftslederassistent Dan Appel (spricht deutsch)
Tel.: 24277795 • Mail: da@graasten-fjernvarme.dk

Gråsten Fjernvarme
Sønderborg Landevej 3 • 6300 Gråsten
Tel: 74 65 12 29 • Mail: info@graasten-fjernvarme.dk

Fernwärme Dänemark Aktuell:

Ausfallbürgschaften für Tiefengeothermie Förderprogramm Großwärmepumpen

<http://www.danskfjernvarme.dk/vi-mener/pressemeddelelser/141112finanslovsaftale-aabner-den-groenne-doer-til-geotermi-og-store-varmepumper>

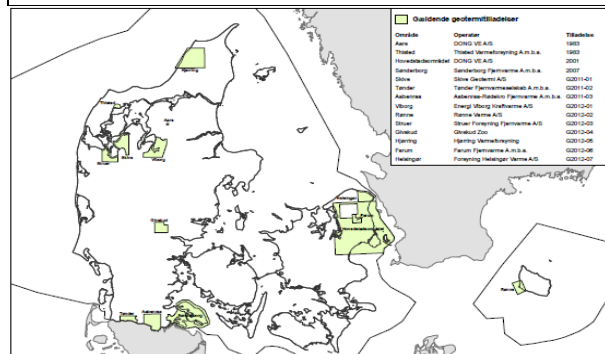
Mitte November 2014 hat die dänische Regierung mit den beiden Parteien "SF" (Socialistisk Folkeparti) und die „Enhedslisten“ eine Vereinbarung über die weitere „Ergrünung“ der dänischen Fernwärme getroffen:

- Die Forcierung der Anwendung der Tiefengeothermie in Fernwärmenetzen durch ein Budget für **Ausfallbürgschaften für fehlgeschlagene Tiefbohrungen**. Dafür werden in den Jahren 2015, bis 2017 20 Mio. DKK zur Verfügung gestellt.
- Die Forcierung der Anwendung von **Großwärmepumpen in Wärmenetzen** durch ein Förderprogramm in Höhe von 55 Mio. DKK für die Jahre 2015 – 2017.

Tiefengeothermie: Einer Übersicht von Energistyrelsen zufolge (s.u.) gibt es in Dänemark 32 mehr oder weniger große Regionen, in denen die Fündigkeit für gut befunden ist, es gibt aber immer noch nur drei realisierte Projekte in Thisted, auf Amager und in Sønderborg. Mit dem Programm soll das Fündigkeits-Risiko minimiert werden.

Groß-Wärmepumpen: Offiziell wird das Programm damit begründet, dass „Überschüsse“ dänischen Windstroms derzeit zu oft ins Ausland „verramscht“ werde, statt in Dänemark die Fernwärme zu „vergrünen“. Deshalb soll im Rahmen des Programms insbesondere untersucht werden, wie die Verwendung großer elektrisch betriebener Wärmepumpen für Fernwärme vorangetrieben werden kann.

Die Antwort erscheint einfach: soweit Wärmepumpen nicht mit (negativer) Regelenergie betrieben werden können, bleibt nur eine signifikante Befreiung von Steuern und Abgaben, die auch in Dänemark jenseits der 10 Ct./kWh liegen – unter Berücksichtigung der Folgen, die eine solche Befreiung für diejenigen hat, die die Ausfälle ggf. kompensieren müssen (RR).



Energistyrelsen: Geothermie Konzessionsgebiete 2012
http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/undergrund-forsyning/ anvendelse- undergrunden/geotermi/ansoegning-geotermiitladelser/miljoevurdering/Geotermi_Koncessionskort.pdf

Abbildungen: Gråsten Fjernvarme A/S, Energistyrelsen

Ralf Radloff 23701 Eutin Wilh.-Wisser-Str. 2 a