

## Große Solarthermie in Wärmenetzen Beispiel Dänemark – In Deutschland Alternative zu Biogas

Juli 2014

In Dänemark werden insbesondere in Wärmegebieten, die aus mit Erdgas betriebenen BHKW versorgt werden, zunehmend sehr große Solarthermianlagen (10.000 bis über 50.000 m<sup>2</sup>) – marktgetrieben (!) - eingesetzt: **Wärmegestehungskosten etwa 4 Ct./kWh incl. Langzeitwärmespeicher**. Hintergrund: Steuern und Abgaben auf Erdgas sowie die Einbeziehung der Fernwärme in den Emissionshandel verteuern die Wärmeerzeugung. Deshalb senkt Solarthermie ohne Abgaben die Erzeugungskosten nachhaltig. Darüber hinaus werden Wärmenetze zunehmend aus mehrvalenten Wärmeversorgungssystemen versorgt, um die Wärme jeweils so kosteneffizient wie möglich bereit zu stellen. In Deutschland kann die große Solarthermie eine Alternative zu Biogas werden.

In Dänemark unterliegt der Wärmesektor seit rund 40 Jahren (nach der 1. Ölkrise) einer verbindlichen kommunalen Wärmeplanung<sup>1</sup>. Ziel der Wärmeplanung war es, die Ölabhängigkeit zu minieren und die Effizienz der Wärmeversorgung zu steigern. Als Ergebnis dessen wird der **Wärmebedarf heute zu knapp 60 % leitungsgebunden** (über Wärmenetze) gedeckt.

Ein neuer Baustein dieser klimaschutzorientierten dänischen Wärmepolitik sind Maßgaben aus der **Energiestrategie 2050**<sup>2</sup>:

- Verbot fossiler Heizungen im Neubau seit 1.1.2013,
- Verbot des Ersatzes abgängiger fossiler Heizungen durch fossile ab 2016,
- Ausbau der leitungebundenen Wärmeversorgung bis 2050 auf 80 %.

### Wärmenetze

Aus heutiger Sicht sind Wärmenetze hoch zukunftsflexibel weil sie offen sind für alle Effizienztechnologien und für den **großvolumigen** Einsatz von EE:

- Für die Kraft-Wärme-Kopplung mit fossilen Energien (fossile KWK als Brückentechnologie) und industrielle Abwärme,

- für den Einsatz von Biomasse in Heizwerken (auch ohne KWK) mit verbessertem Immissionschutz durch größere Anlageneinheiten, den Vorzug sollten heute aber immer KWK-Anlagen haben,
- für die Verstromung von Biogas in KWK (Biogas ist nicht nur knapp, es lediglich zu verheizen ist auch ineffizient!),
- sie sind Sammler für erneuerbare Energien (Solarthermie mit Langzeitwärmespeichern, Tiefengeothermie) aber auch für die Nutzung z.B. von Abwasserwärme.

### Mehrvalente Heizsysteme

In Hinblick auf den zunehmenden Einsatz erneuerbarer Energien und die Kopplung von Strom- und Wärmesektor ist der Zusammenschluss der Wärmeverbraucher über ein Wärmenetz statt Einzelhausfeuerungen auch deshalb optimaler, weil **die Regelbarkeit des Gesamt-System einfacher und kostengünstiger** wird<sup>3</sup>.

- Deshalb werden **Bi- und mehrvalente** Wärmesysteme für die Wärmebereitstellung von Wärmenetzen in Dänemark immer mehr zum Standard (fossile oder erneuerbare KWK in Verbindung mit Solarthermie und/oder Groß-Wärmepumpen).
- Weitere wesentliche Grundlage dafür ist die **signifikant höhere Besteuerung fossiler Energien** (gegenüber Deutschland), womit Anreize gegeben werden, den Einsatz erneuerbarer Energien **marktgesteuert** (ohne staatliche Förderung) voranzutreiben.

<sup>1</sup> Während in Deutschland seit Anfang der 70er Jahre bundesweit der Aufbau einer Erdgasversorgungsinfrastruktur forciert wurde, die die effizienteren Wärmeversorgungsstrukturen flächendeckend verhindert hat, ist in Dänemark Ende der siebziger Jahre in drei Schritten eine Wärmeplanung eingeführt worden. Die Kommunen mussten (etwa analog zur Bauleitplanung) das Gemeindegebiet in Hinblick auf Wärmebedarf und Wärmedeckung vollständig überplanen. Auf dieser Grundlage wurden Vorranggebiete für Fern- und Nahwärme verbindlich festgelegt.

<sup>2</sup> Initiiert 2011 von der konservativen Regierung, nach dem Regierungswechsel 2012 übernommen.

<sup>3</sup> Selbstverständnis dänischer Wärmeplaner. Dies gelte auch für den Einsatz von Wärmepumpen.

### Abgaben und Steuern für Erdgaseinsatz 2013

|                                | Ö Nm <sup>3</sup> | Ct./Nm <sup>3</sup> | Ct./kWh     |
|--------------------------------|-------------------|---------------------|-------------|
| Erdgassteuer                   | 279,5             | 37,53               | 3,26        |
| CO <sub>2</sub> -Steuer/Abgabe | 37,0              | 4,96                | 0,43        |
| NO <sub>x</sub> -Steuer/Abgabe | 4,0               | 0,54                | 0,05        |
| Methan-Steuer/Abgabe           | 6,3               | 0,84                | 0,07        |
| <b>Summe Abgaben</b>           |                   |                     | <b>3,81</b> |

10 DKK = 1,34 €      Annahme 1 Nm<sup>3</sup> = 11,5 kWh

Während in Dänemark auf Erdgas rund **3,81 Ct/kWh** Abgaben und Steuern zu zahlen sind, beträgt die Erdgassteuer in Deutschland **0,55 Ct/kWh** !

Die angegebenen Abgaben für 2013 steigen jedes Jahr kontinuierlich geringfügig (die Steigerung ist auf mehrere Jahre im Voraus festgelegt). Darüber hinaus werden mit fossiler Energie betriebene Fernwärmanlagen ab einer bestimmten Größe in den **Emissionshandel** einbezogen.

### Strategien dänischer Wärmeunternehmen

Dies hat einen großen Teil der im dänischen Fernwärmeverband (dansk fjernvarme) zusammengeschlossenen Unternehmen veranlasst, **alternative Strategien** zu entwickeln. Der dänische Staat schränkt die Handlungsfreiheit aber insoweit ein, als Erdgas solange eingesetzt werden muss, solange die Erdgaszuführungsleitungen in die jeweilige Ortschaft noch nicht refinanziert sind (man geht von Abschreibungen der Transportleitungen über 50 Jahre aus - im Fall Gram wäre das 2045).

### Von der Verpflichtung zur Erdgasnutzung ist dann lediglich Solarthermie ausgenommen.

- Als kosteneffizienteste Alternative hat sich deshalb der ergänzende Einsatz der Solarthermie herausgestellt.
- Solarthermie kann steuer- und abgabenfrei genutzt werden und ihre **Produktionskosten** sind mit etwa **4 Ct./kWh** (Vollkosten incl. Wärmespeicher) besonders günstig.
- **Der Einsatz der Solarthermie erlaubt sogar die Wärmepreise zu senken.**

Wegbereiter war bereits 1996 die Fjernvarme Marstal auf der Insel Ærø, deren Anlage bis heute auf 33.000 m<sup>2</sup> ausgebaut wurde. Aktuell sind bei <http://www.solar-district-heating.eu/de/en-gb/startseite.aspx> allein für **Dänemark 40 existierende Großanlagen** von 700 m<sup>2</sup> bis 33.000 m<sup>2</sup> aufgelistet. Darüber hinaus bestehen weitere konkrete Umsetzungsplanungen für 350.000 m<sup>2</sup> (in der Größenordnung von jeweils 10.000 – 45.000 m<sup>2</sup> (Angaben von „Solar district heating in Denmark“).

Als Zwischenfazit ist festzuhalten:

Um die Effizienz der Wärmeversorgung im Bestand und den großvolumigen Einsatz erneuerbarer Energien im Wärmesektor signifikant zu steigern, ist deshalb der Zusammenschluss vieler Wärmeverbraucher über ein Wärmenetz erforderlich und dafür wiederum eine Politik, die den Infrastrukturwechsel einleitet.

### Beispiel Fernwärmeversorgung Gram

Gram ist eine Ortschaft im Westen der Kommune Hadersleben im nördlichen Sønderjylland (deutsch: Nordschleswig).



Gram hat heute rund 2.440 Einwohner. Gram-fjernvarme ist wie die meisten Fernwärmeunternehmen in Dänemark als Genossenschaft organisiert. Die Wärmekunden sind zugleich Genossenschaftsmitglieder.

Die Ortschaft ist seit 1963 mit einem Wärmenetz ausgestattet. Ursprünglich wurde das Wärmenetz mit Kohle betrieben. Gram-fjernvarme hat am 23.08.2013 sein 50-jähriges Jubiläum gefeiert.

- **Umstellung auf Erdgas BHKW: 1995** (Erdgas können in Gram außer der Gram-fjernvarme direkt nur ein Industriebetrieb sowie einige kleinerer Betriebe beziehen).
- **BHKW Leistung** 5.312 kWel / 6.508 kWthe (41 % Wirkungsgrad).
- **Wärmespeicher** (zylindrisch/oberirdisch): 2.300 m<sup>3</sup>, 150 MW bei 90°C
- **Spitzenkessel:** 2 x 5.000 kW
- Erzeugungsanlagen sind 2018 abgeschrieben.
- **Wärmenetzlänge:** 21,08 km, Hausanschlusslängen: 13,27 km
- **Wärmekunden:** 1.130,
- **Wärmeerzeugung:** 28.000 MWh/a,
- **Wärmenetzkarte** unter: [http://www.lednings.net/aimPort/webgis/Modul\\_Gis/main.aspx?AID=GRAMOFF&STDUSR=true](http://www.lednings.net/aimPort/webgis/Modul_Gis/main.aspx?AID=GRAMOFF&STDUSR=true)

### Wärme-Durchschnittspreis für 20.000 kWh

|  | DKK    | €                  |
|--|--------|--------------------|
| Pro MWh 560 DKK incl. MWSt   | 11.200 | 1.500,80           |
| + GP/Lp pro m <sup>2</sup> = 21,25 z.B. für 120 m <sup>2</sup> -Gebäude) | 2.550  | 341,70             |
| + Genossenschaftsbeitrag/a   | 500    | 67,00              |
|  | 14.250 | 1.909,50           |
| <b>1 kWh =</b>   |        | <b>9,55 Ct/kWh</b> |

10 DKK = 1,34 € / Es gibt keinen Rabatt für Gewerbekunden

### Hausanschlusskosten Gram

|                                      |              |
|--------------------------------------|--------------|
| max 22.500 DKK incl MWSt.            | max. 3.015 € |
| + Erdarbeiten (4.000 DKK incl. MWSt. | 536 €        |

Hausübergabestationen sind in den Hausanschlusskosten enthalten.

### Daten der bereits realisierten Solarthermie

2009 Installation von 10.000 m<sup>2</sup> Solarmodule (Größe von je 12,5 m<sup>2</sup> von ARCON Solar<sup>4</sup> → dänisches Unternehmen – Ergebnis der europaweiten Ausschreibung), selbst im Januar 2012 konnte zeitweise 55° warmes Wasser gewonnen werden).

- Das Dach des Industriebetriebes konnte aus statischen Gründen nicht genutzt werden (Dachaufstellung wäre auch deutlich teurer geworden).
- Man beurteilt die Wirtschaftlichkeit nicht nach Jahresnutzungsstunden oder nach dem Beitrag zur „gesicherten Leistung“ sondern nach der geleisteten Jahresarbeit.
- Grundstückskosten: 30 DKK/m<sup>2</sup> = rund 4 €<sup>5</sup>, im Ergebnis 3 % der Gesamtkosten der Anlage (die Preise für Grundstücke, die einem öffentlichen Zweck dienen sollen, dürfen nicht marktorientiert steigen, ggf. wird ein Preis festgesetzt, wobei der Ertrag als Gegenleistung des Staates von der Steuer befreit wird).
- Rund **15 %** des gesamten Wärmebedarfes werden derzeit solar bereit gestellt
- **Abschreibung** über 10 Jahre (Erweiterung wird aber – wegen Erdbeckenspeicher - über 20 Jahre abgeschrieben).
- Lebensdauer 20 – 25 Jahre.



**Thermische Solaranlage Gram**, im Hintergrund die Industrieanlage, deren Dach statisch nicht geeignet war, rechts davon das BHKW-Gebäude mit Wärmespeicher, in der Mitte das bestehende Solarkollektorfeld, im Vordergrund ein Teil der Ausbaufäche für die Erweiterung der Solarthermieanlage sowie den Erdbeckenspeicher (Bild: Gram-fjernvarme)

<sup>4</sup> <http://www.arcon.dk/>

<sup>5</sup> Zum Vergleich: Flächenkosten in SH bei landwirtschaftlich genutzten Flächen durchschnittlich **2,30 €/m<sup>2</sup>**: [http://www.proplanta.de/Maps/Bodenpreise+Schleswig-Holstein\\_poi1317910492.html](http://www.proplanta.de/Maps/Bodenpreise+Schleswig-Holstein_poi1317910492.html), Bauland im Mittel **111 €/m<sup>2</sup>**; Quelle: <http://www.welt.de/finanzen/article4253800/Preise-fuer-Bauland-sinken-erstmalig-seit-Jahren.html>

## 2. Ausbaustufe: Erweiterung um 30.000 m<sup>2</sup>

**Geplant ist die Erweiterung für 2014** (nach Freigabe durch erforderliche UVP).

- Ausbau um weitere **32.000 m<sup>2</sup> Solarmodule**; Module seien inzwischen sogar preiswerter geworden, es könnten als Ergebnis der Ausschreibung aber auch Module anderer Hersteller zur Anwendung kommen (müssen!) – man ist mit den ARCON-Modulen aber sehr zufrieden. Pro m<sup>2</sup> Solarmodul werden rund 2,5 - 3,0 m<sup>2</sup> Grundstücksfläche benötigt, also rund 80.000 m<sup>2</sup> Land.
- Errichtung eines **Erdbeckenspeichers, 110.000 m<sup>3</sup>**, 150 x 150 m = 22.500 m<sup>2</sup> Grundstücksfläche, 12 m tief mit 5 m hohem Erdwall aus dem Aushub, schwimmender Deckel aus „perlite“-ähnlichem Material (Polystyrol sei zu teuer, 3 FW-Betreiber wollten dieses „neue“ Material testen). Kosten ca 165 DKK/m<sup>3</sup> (rund **22 €/m<sup>3</sup>**). Erste Erdbeckenspeicher sind bereits realisiert worden, u.a. in Marstal.<sup>6</sup>
- Flächenbedarf: 80.000 m<sup>2</sup> für die Solarmodule + 22.500 m<sup>2</sup> für den Erdbeckenspeicher = rund 102.500 m<sup>2</sup> x 30 DKK = 3.075.000 DKK = rund 412.000 €.
- **PV-Anlage** zur Bereitstellung des Pumpstroms für das Wärmenetz (160 kW el),
- **Elektrische Wärmepumpe 900 kW** (z.Zt. sehr teure Wärmebereitstellung, die Regierung hat aber angekündigt, dass der Strompreis für Wärmepumpen deutlich von Abgaben befreit wird)
- Installation eines **10 MW-Elektroden Kessel** für die Bereitstellung von Regelenergie gegenüber dem ÜNB Energinet.dk (Betreiber des 400 kV-Netzes in Dänemark), der Kessel wird nicht in den bestehenden Speicher integriert.
- Die 2. Ausbaustufe wird insgesamt **100.000.000 DKK** (13,4 Mio. €) kosten:

| Aufteilung der Gesamtkosten von 100 Mio. DKK auf die Gewerke |                 |                    |
|--|-----------------|--------------------|
|  | DKK             | €                  |
| Solarmodule 30.000 m <sup>2</sup>                            | 48 Mio.         | 6,43 Mio. *        |
| Erdbeckenspeicher, 120.000 m <sup>3</sup>                    | 19 Mio.         | 2,55 Mio.          |
| PV-Anlage  | 5 Mio.          | 0,67 Mio.          |
| Elektrische Wärmepumpe                                       | 3 Mio.          | 0,40 Mio.          |
| 10 MW-Elektroden Kessel                                      | 6 Mio.          | 0,80 Mio.          |
| Planung, Grunderwerb, Gebäude, Risikoaufschlag               | 19 Mio.         | 2,55 Mio.          |
| <b>Summe</b>   | <b>100 Mio.</b> | <b>13,4 Mio. €</b> |

10 DKK = 1,34 €

\*Entspricht im Durchschnitt 214 €/m<sup>2</sup>

- Nach Realisierung werden aufgrund des Wärmespeichers **56 % des Wärmebedarfes** solar bereitgestellt.
- **Im Ergebnis werden die Wärmekosten in Gram um rund 20 % sinken können.**

<sup>6</sup> Marstal gehört zur dänischen Kommune Ærø, an der Südostspitze der Insel Ærø (2.730 Einwohner).



**Übersicht über die Erweiterung:** links der Erdbeckenspeicher, Mitte (blau umrandet): bestehende Solaranlage, Mitte unten: Erweiterung der Solaranlage. (Bild: Gramfjernvarme)

Kontakt: **Gram Fjernvarme** Sonderbyvej 24  
DK 6510 Gram \*45 73820000

[www.gram-fjernvarme.dk](http://www.gram-fjernvarme.dk)

Geschäftsführer: Lars M. Damkjær

[lm@gramfjernvarme.dk](mailto:lm@gramfjernvarme.dk)

## Schlussfolgerungen für Schleswig-Holstein

Dänemark zeigt: Mit großer Solarthermie kann Wärme incl. Langzeit-Wärmespeicher für rund 4 Ct./kWh bereitgestellt werden – soweit die dafür erforderlichen Grundstückskosten 4 €/m<sup>2</sup> (bzw. eine entsprechende Pacht) nicht übersteigen (was nur mit landwirtschaftlicher Nutzfläche möglich ist). Für die Realisierung des Langzeitwärmespeichers ist Einfachsttechnologie erforderlich (Erdbeckenwärmespeicher), die lediglich Kosten von rund 22 €/m<sup>3</sup> verursacht gegenüber deutscher Technologie, für die mehr als 200 €/m<sup>3</sup> anzusetzen sind.

Solarwärme konkurriert in Dänemark gegen fossile Energien, die mit rund 3,8 Ct/kWh Steuern und Ab-

gaben belegt wird (der Großhandelspreis für Erdgas ohne Steuern liegt bei rund 3 Ct/kWh). Deshalb erfolgt der rasante Zubau großer Solarthermieanlagen in Dänemark **marktgesteuert**.

**Einen Ausgleich für diese unterschiedlichen Rahmenbedingungen bieten in Deutschland Förderprogramme.**

**Insbesondere mit den Tilgungszuschüssen der KfW werden vergleichbare Rahmenbedingungen geschaffen:**

### KfW-Programm Erneuerbare Energien - Premium (271, 281, 272, 282)

Gefördert wird/werden

- die Errichtung und Erweiterung von **großen Solarkollektoranlagen** mit mehr als 40 m<sup>2</sup> Bruttokollektorfläche mit überwiegender Bereitstellung von Wärme für ein Wärmenetz.
- **Wärmenetze**, die aus erneuerbaren Energien gespeist werden und die Wärme zu mindestens 20 % aus Solarwärme und ansonsten fast ausschließlich Wärme aus hocheffizienten KWK-Anlagen, aus Wärmepumpen oder aus industrieller oder gewerblicher Abwärme stammt und im Mittel über das gesamte Netz einen **Mindestwärmeabsatz von 500 kWh pro Jahr und Meter** Trasse hat.
- **Große Wärmespeicher** mit mehr als 10 m<sup>3</sup>, sofern sie überwiegend aus erneuerbaren Energien gespeist werden (und nicht nach dem KWK-G gefördert werden).

**Kreditbetrag:** Mit dem Förderprogramm können, auch wenn der Antragsteller nicht zum Vorsteuerabzug berechtigt ist, bis zu 100 % der förderfähigen Nettoinvestitionskosten ohne Mehrwertsteuer finanziert werden. Der Kredit höchstbetrag beträgt in der Regel maximal 10 Mio. € pro Vorhaben.

**Laufzeit:** Dafür stehen mehrere Varianten zur Verfügung (5, 10 oder 20 Jahre mit 1 – 3 tilgungsfreien Jahren).

**Zinssatz:** Bei Krediten mit bis zu 10 Jahren Laufzeit wird der Zinssatz für die gesamte Kreditlaufzeit festgeschrieben (für evtl. weitere 10 Jahre gibt es danach ein Prolongationsangebot).

**Tilgungszuschüsse:** maximal 30 % der förderfähigen Nettoinvestitionskosten für förderfähige große **Solarkollek-**

**toranlagen, maximal 40 %, wenn die Nutzung überwiegend durch ein Wärmenetz mit mindestens 4 Abnehmern erfolgt**, maximal 50 %, wenn die Nutzung überwiegend durch Prozesswärme- oder solare Kältenutzung erfolgt.

- **Bonus für die Errichtung eines Pufferspeichers.** Die Grundförderung und die Boni sind kumulierbar. Der maximale Tilgungszuschuss mit Bonusnutzung beträgt 100.000 € je Anlage.
- **Förderung Wärmenetze:** 60 € je neu errichtetem Meter, höchstens jedoch 1 Mio. €.
- Zuzüglich zur Wärmenetzförderung pro Meter Trasse können die **Hausübergabestationen von Bestandsgebäuden** mit jeweils bis zu 1.800 Euro gefördert werden, wenn die Investitionen vom Investor und Betreiber des Wärmenetzes durchgeführt werden und kein kommunaler Anschlusszwang besteht.
- **Wärmespeicher:** 250 € je m<sup>3</sup> Speichervolumen für große Wärmespeicher mit mehr als 10 m<sup>3</sup> Wasservolumen. Die Förderung ist auf 30 % der für den Wärmespeicher nachgewiesenen Nettoinvestitionskosten beschränkt. Maximaler **Tilgungszuschuss je Wärmespeicher 1 Mio. €.**

Mit dem Vorhaben darf erst begonnen werden, wenn der Antrag bei der KfW eingegangen ist. Ausschreibungen und Planungsleistungen dürfen vor Antragsingang erbracht werden

Die KfW gewährt Kredite grundsätzlich über Kreditinstitute (Banken und Sparkassen), die für die von ihnen durchgeleiteten Kredite vollständig die Haftung übernehmen.