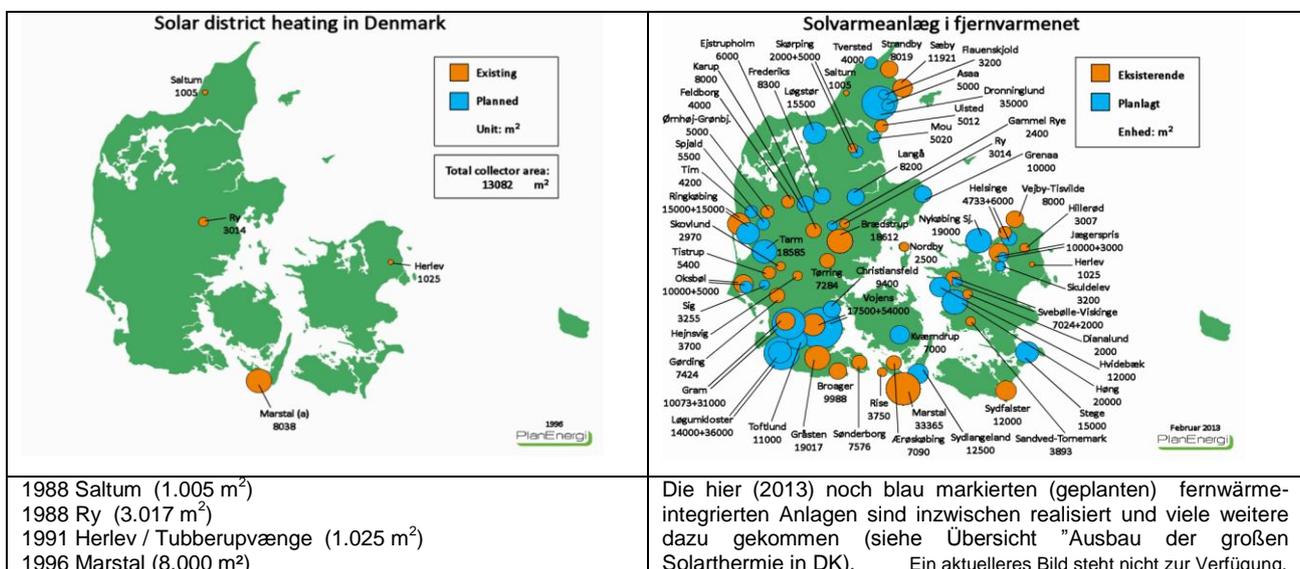


## Entwicklung der großen Solarthermie in Dänemark

1996 gab es in Dänemark lediglich 4 große (nach heutigen Gesichtspunkten verhältnismäßig kleine) Solarthermieanlagen, die in Wärmenetze einspeisten. Der aktuelle Stand liegt bei rund 500.000 m<sup>2</sup>, 2015 werden rund 200.000 m<sup>2</sup> dazukommen (aktuelle Mitteilung von Per Alex Sørensen [Plan-Energi]). Der Markt für die große Solarthermie wächst in Dänemark (und in diesem Ausmaß nur in Dänemark) um bis zu 50 % pro Jahr. Den Gründen für dieses außergewöhnliche Wachstum soll in diesem Info nachgegangen werden.

Ich danke Bjarne Rasmussen, Sebastian Løk, Ole Dam, Tamo Wenteroth sowie Hans Eimannsberger für die tatkräftige Unterstützung bei der Erstellung dieses Infos. Die Verantwortung für die Inhalte liegt natürlich bei mir.



**Bis Ende 1988** waren in Dänemark auf Grundlage eines Förderprogramms neben über 2.000 kleinen solarthermischen Haus-Anlagen (Förderquote 30 %) auch erste Pilotvorhaben durchgeführt worden, Solarthermie in bestehende Fernwärmenetze zu integrieren. Schon damals ging es darum, „brennstoffbetriebene“ Anlagen im Sommer gänzlich außer Betrieb zu nehmen. Darüber hinaus sollte auch untersucht werden, inwieweit eine verstärkte thermische Solarenergienutzung eine Alternative zur Sanierung der Gebäudehülle darstellen könnte, soweit aus unterschiedlichen Gründen eine Sanierung zu aufwändig wäre<sup>1</sup>.

Zu dieser Zeit war allerdings Schweden noch Vorreiter der großen Solarthermie in Europa, wie die Übersichten von „Solar-district-heating“ zeigen:  
<http://www.solar-district-heating.eu/ServicesTools/Plantdatabase.aspx>

<sup>1</sup> Vgl. Holger Krawinkel: Das System der dänischen Energieplanung als Modell für die Entwicklung einer regionalisierten Energieplanung auf Länderebene in der Bundesrepublik Deutschland, (Dissertation, Manuskript), Universität Oldenburg 1999, S. 147.

**Zentrale Voraussetzung für den Einsatz sehr großer Solarthermieanlagen: Wärmenetze.**

Wärmenetze haben in Dänemark bereits seit den fünfziger Jahren eine Tradition. Die Wärme wurde seinerzeit aber im Wesentlichen aus Kesseln bereitgestellt, die mit Schweröl, Heizöl oder Kohle betrieben wurden.

Heute gibt es in Dänemark (5,627 Mio. Einwohner) 425<sup>2</sup> Fernwärmenetz-Betreiber. Die Wärmenetzlänge beträgt rund 60.000 km. 63% der dänischen Haushalte werden mit Fernwärme versorgt, was einem Äquivalent von etwa 3,2 Millionen Dänen entspricht.

<http://www.fjernvarme.info/Udbredelse-i-DK.261.aspx>

**Wie kam es dazu?**

<sup>2</sup> Nach Angaben von „energitilsynet“ (der dänischen Energie-Regulierungsbehörde).

## Konsequenzen aus der Ölkrise

### Bezogen auf den Wärmesektor

Bis Mitte der **70er Jahre** war Dänemark beinahe vollständig von Erdölimporten abhängig (93 % der eingesetzten Primärenergieträger). Aufgrund dieser hohen Abhängigkeit wurden umfassende Konsequenzen aus der Energiekrise gezogen:

### Besteuerung fossiler Energien:

Bereits 1974 wurden die Steuern auf Benzin, Diesel und Heizöl erhöht, 1982 wurde eine Steuer auf Kohle eingeführt; 1985, als die Ölpreise fielen, folgte eine weitere Steuererhöhung. 1992 wurde eine CO<sub>2</sub>-Abgabe eingeführt. Heute liegen die Steuern und Abgaben für fossile Energien im Wärmebereich **über 3,8 Ct./kWh**. U.a. gibt es in DK seit mehr als 10 Jahren kein Kohlekraftwerk mehr ohne KWK.

### Strukturpolitische Maßnahmen:

Parallel begann die erste Phase staatlicher und in der Folge auch kommunaler energiepolitischer Aktivitäten mit zahlreichen gesetzgeberischen und administrativen Initiativen:

- Gründung einer **Energiebehörde** ("Energistyrelsen")
- Verabschiedung eines **Wärmeversorgungsgesetzes**.

**Das Wärmeversorgungsgesetz** (siehe Kasten) **räumt Staat und Gemeinden seit 1979 rechtliche Kompetenzen im Zuge einer hoheitlichen Fachplanung im Wärmebereich ein.**

### Integrierte Wärmeplanung

Während in Deutschland seit Anfang der 70er Jahre bundesweit eine Erdgasversorgungsinfrastruktur aufgebaut wurde, die die effizienteren Wärmeversorgungsstrukturen flächendeckend verhindert hat, ist in Dänemark **Ende der siebziger Jahre** in drei Schritten eine Wärmeplanung eingeführt worden<sup>3</sup>. 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**.

1. In einer ersten Stufe mussten die größeren Städte prüfen, inwieweit die Abwärme bestehender Kraftwerken zu Heizzwecken verwendet werden kann.
2. In einer zweiten Stufe wurden die kleineren und mittleren Gemeinden über eine regionale Wärmeplanung einbezogen (dezentrale Heizkraftwerke auf Basis erneuerbarer Energien oder Erdgas).
3. Zur Realisierung dieser Potentiale kam es in der dritten Stufe auf Grundlage einer **verbindlichen Vereinbarung** mit den kommunalen und regionalen Stromversorgungsunternehmen. Sie verpflichteten sich, dezentrale Heizkraftwerke mit einer Gesamtleistung von min. 1.200 MW zu errichten (20 % der damaligen Höchstlast). Öffentliche Mittel gab es nur für Fernwärmeleitungen und für Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, stets ausschließlich auf der Grundlage verbindlicher Aussagen in den jeweiligen Wärmeplänen).

<sup>3</sup> Vgl. Holger Krawinkel: „Wir brauchen ein integriertes Wärmeversorgungsgesetz!“, in EuroHeat&Power Heft 1-2 2008 S. 38-41

## Gesetz über die Wärmeversorgung

(Bekendtgørelse af lov om varmforsyning)

<https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=165652>

### Übersicht:

<u>Kap. 1</u>	Gegenstand und Begriffsbestimmung
<u>Kap. 2</u>	Wärmeversorgungsplanung
<u>Kap. 3</u>	Enteignung
<u>Kap. 4</u>	Preise
<u>Kap. 4 a</u>	Energieaufsicht, Verantwortlichkeit usw.
<u>Kap. 4 b</u>	Übertragung des Unternehmens, die Trennung von Aktivitäten und Stärkung der Verbraucherrechte
<u>Kap. 5</u>	Aufsichtsbehörden
<u>Kap. 6</u>	Widersprüche usw.
<u>Kap. 7</u>	Öffentliches Engagement für die Wärmeversorgung
<u>Kap. 8</u>	Penalty, Endbestimmungen usw.

Die relevanten Gesetze und Verordnungen finden sich unter: <https://www.retsinformation.dk/>

### Die Grundprinzipien des Gesetzes sind<sup>4</sup>:

- Die Gemeinden sind verpflichtet, Wärmepläne aufzustellen. Sie sind für die Umsetzung der wirtschaftlichsten Varianten verantwortlich.
- Bei gravierenden Änderungen der Verhältnisse sind die Wärmepläne zu überarbeiten.
- Wärme ist vorrangig in KWK zu erzeugen.
- Fernwärmepreise werden kostenorientiert reguliert, die Regulierungsbehörde "Energitilsynet" überwacht die Preisvorschriften des Wärmeversorgungsgesetzes und genehmigt die Fernwärmepreise.
- Die Behörden können Fernwärmeunternehmen mit den höchsten Preisen zu einer Revision des Wärmeplanes veranlassen.

Mit dem Wärmeversorgungsgesetz besteht in Dänemark seit 1979 für den Bereich der Niedertemperaturwärmeversorgung eine **verbindliche gesetzliche Grundlage** für systematisch abgeleitete energiepolitische Entscheidungen auf regionaler und kommunaler Ebene (Wärmepläne).

**Der potentielle Interessenkonflikt zwischen dem Ausbau der Fernwärmeversorgung und dem Aufbau des Erdgasnetzes wurde im Zuge der Wärmeplanung reguliert.**

Im Ergebnis folgte die Forcierung des Wärmenetzausbaues auf einen Anteil von heute 63 % (Ziel 2050 = 80 %, vgl. Energiekonzept der Regierung: „Energistrategi 2050“).

<sup>4</sup> Darüber hinaus gibt es eine Reihe von Verordnungen und Mitteilungen der Energiebehörde zur Wärmeversorgung, z.B.:

- Nr. 1295 vom 13. Dezember 2005 über die Genehmigung von Projekten für Fernwärmeanlagen,
- Nr. 690 des 21. Juni 2011 über den Anschluss an die Fernwärme.

### Zur Preisregulierung von Fernwärme:

- Nr. 394 vom 25. Mai 2009 über die Veröffentlichung von Preisen, Kostenzuordnung und andere Bedingungen,
- Nr. 175 vom 18. März 1991 über operative Abschreibungen, Finanzierung von Investitionen, Verzinsung des eingesetzten Kapitals und Abschreibungen,
- Nr. 234 vom 23. März 2006 zur Festsetzung der Preisobergrenzen und Höchstpreise für Fernwärme aus Müllverbrennungsanlagen,
- Nr. 1332 vom 2. Dezember 2010 über Ausnahmen von Kapitel 4 (Preise) des Wärmeversorgungsgesetzes.

### Wirkung der Steuern und Abgaben

Ende der 90er Jahre begannen erste Überlegungen zur Änderung der Konzepte, ausgelöst u.a. durch die hohen Steuern und Abgaben für fossile Brennstoffe, die deren Einsatz zunehmend unattraktiv machten:

#### Abgaben und Steuern für Erdgaseinsatz

	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

Zum Vergleich: Die Erdgassteuer in Deutschland beträgt **0,55 Ct./kWh** !

### Auswirkung des Wandels im Stromsektor

Deutlich früher als in Deutschland führte bereits Ende der 90er Jahre der steigende Anteil an Windstrom in der Stromversorgung Dänemarks sukzessive dazu,<sup>5</sup> dass es zu einer Absenkung der Stromerlöse aus KWK-Anlagen und damit zunehmend zu einer veränderten Betriebsweise der BHKW-Anlagen kam. Durch den sinkenden Bedarf an konventionell erzeugtem Strom und der damit höheren Dynamik in der gesamten Stromerzeugung verlagerten sich die BHKW-Betriebsstrategien weg von der Erzeugung möglichst hoher Strommengen mit langen Laufzeiten hin zu einem Betrieb zu Spitzenzeiten mit einer **Teilnahme am Regelmarkt** und an der Stromnetzstabilisierung.

Die verkürzten BHKW-Laufzeiten führen zugleich zu einer verminderten Wärmeproduktion, was zwingend alternative Strategien zur Deckung der Wärmelieferungsverpflichtungen erforderte.

**Zunehmend sichtbar wurde dies an der Entwicklung der Wärmepreise, die von der Regulierungsbehörde "Energitilsynet" regelmäßig veröffentlicht werden.**

### Alternative: Große Solarthermie

Vor diesem Hintergrund (hohe Belastung fossiler Energien mit Steuern und Abgaben, dem Wandel im Stromsektor wurden Strategien entwickelt, sich von der bisherigen **monovalenten** Anlagenstruktur (BHKW mit Spitzenkessel) zu verabschieden und **mehrwertige** Systeme zu entwickeln.

**ARCON Solar:** Sicher begünstigt (und m.E. nicht zu unterschätzen) wurde die Entwicklung vom unternehmerischen Engagement des dänischen Kollektorherstellers ARCON Solar. Seit 1974 auf dem Markt spezialisierte das Unternehmen sich bereits vor 35 Jahren auf Kollektoren für größere bis Großanlagen. Gemäß dänischem Pragmatismus wurden Kollektoren entwickelt, mit denen zunehmend konkurrenzfähige Wärmegestehungskosten erreichbar waren<sup>6</sup>.

<sup>5</sup> Vgl.: „Smart District Heating - Solare Wärmenetz in Dänemark“ von Klaus Oberzig (Juli 2013) <http://experts.top50-solar.de/4868/smart-district-heating-solare-w%C3%A4rmenetz-in-d%C3%A4nemark>

<sup>6</sup> ARCON Solar hat inzwischen mehr als 450.000 m<sup>2</sup> Kollektorfläche installiert, und z.B. die Kollektoren für 19 der 20 größten Anlagen in Europa geliefert. Vgl. <http://www.arcon.dk>

Insbesondere die genossenschaftlich organisierten non-profit-Wärmeversorger (Fjernvarme amba) erwiesen sich dabei als flexibel. Hervorzuheben ist hier v.a. **Marstal**:

### Marstal Fjernvarme amba

Marstal auf der dänischen Insel Ærø hatte seinerzeit 3.500 Einwohner. Bereits 1996 realisierte Marstal Fjernvarme amba (nach einem Probelauf mit 75 m<sup>2</sup>) ein Solarkollektorfeld von 8.000 m<sup>2</sup> in Verbindung mit einem Pufferspeicher von 2100 m<sup>3</sup>. Schon 1999 wurde die Anlage zum ersten Mal um 1.000 m<sup>2</sup> erweitert<sup>7</sup>. Die Investitionen von 2,9 Mio. € + 241 T€ wurden seinerzeit noch von der dänischen Energiebehörde gefördert (28,4 %). Zusätzlich wurde ein zinsbegünstigter Kommunalkredit gewährt. Ziel war die vollständige Deckung des sommerlichen Wärmebedarfes durch Solarthermie (rund 15 % des Jahreswärmebedarfes).

Bereits zu diesem Zeitpunkt (2000) propagierte der Initiator der ersten Ausbaustufe in Marstal (Leo Holm) **„Europas solare Zukunft“** in der österreichischen Zeitschrift „Erneuerbare Energien“ (s.Fn.7).

Die positiven Erfahrungen veranlasste Marstal Fjernvarme in Kooperation mit der dänischen Energiebehörde, eine deutliche Vergrößerung des Kollektorfeldes und v.a. einen **ersten saisonalen Wärmespeicher** zu testen.

2003 wurde das System auf eine Gesamtkollektorfläche von **18.300 m<sup>2</sup>** ausgebaut und ein **Erdbeckenwärmespeicher** mit einem Volumen von **10.340 m<sup>3</sup>** errichtet.

Auch diese Ausbaustufe wurde noch gefördert.

Die **4. Ausbaustufe** im Jahre 2012 („SUNSTORE 4“) schließlich wurde **allein marktgetrieben** realisiert<sup>8</sup>:

<http://www.solarmarstal.dk/default.asp?id=111086>

<sup>7</sup> Vgl. insbesondere zur ersten Phase Leo Holm: „Europas solare Zukunft“ in: Erneuerbare Energien, Heft 3, 2000: [http://www.aee.at/aee/index.php?option=com\\_content&view=article&id=683&Itemid=113](http://www.aee.at/aee/index.php?option=com_content&view=article&id=683&Itemid=113)

Vgl. auch: <http://www.solarmarstal.dk/default.asp?id=111086> sowie Thomas Pauschinger, Thomas Schmidt (Solites): „Dänisches Pilotprojekt Sunstore 4 - Solarunterstützte Kraft-Wärme-Kopplung mit saisonalem Wärmespeicher“, EuroHeat&Power 5/2013

<sup>8</sup> Die **4. Ausbaustufe** im Jahre 2012 („SUNSTORE 4“):

- Weitere 15.000 m<sup>2</sup> Solarkollektoren,
- ein 4,0 MW Biomasse-Kessel,
- eine 750 kW<sub>el</sub> ORC-Anlage,
- eine 1,5 MW<sub>th</sub> CO<sub>2</sub> – Kompressions-Wärmepumpe,
- ein 75.000 m<sup>3</sup> Erdbeckenwärmespeicher (Kapazität 5 GWh).

Heute verfügt Marstal Fjernvarme über:

- 33.300 m<sup>2</sup> Solarkollektorfläche
- 18,3 MW Bioöl-Kessel
- 85.340 m<sup>3</sup> Erdbeckenwärmespeicher (10.340 m<sup>3</sup> + 75.000 m<sup>3</sup>)
- 2100 m<sup>3</sup> Pufferspeicher
- 4,0 MW Biomassekessel mit einer Thermoölkessel ORC-Anlage. Wärmeleistung 3,25 MW
- 750 kW<sub>el</sub> ORC-Anlage
- 1,5 MW<sub>th</sub> CO<sub>2</sub> – Kompressions-Wärmepumpe

Die Wärmebereitstellung erfolgt heute zu

- **55% durch Solarthermie**
- 40% durch Holz
- 4% durch die Wärmepumpe
- 1% durch einen vorhandenen Ölkessel, der mit Bio-Öl betrieben wird.

### 2005/06: Initiative von "Energistyrelsen"

Angetrieben durch die positiven Erfahrungen von Marstal und durch die sich verändernden Rahmenbedingungen hat "Energistyrelsen" (die dänische Energiebehörde) in 2005 eine Arbeitsgruppe gebildet um die Einbindung großer Solarthermieanlagen in Wärmenetze zu untersuchen (federführend war dabei Energienet.dk<sup>9</sup>). Die Empfehlungen wurden 2006 vorgestellt. Auf dieser Grundlage wurden kurzfristig noch einmal **2 weitere Anlagen gefördert**:

- Brædstrup (in Betrieb 2007), 8.000 m<sup>2</sup> (2012 + 10.600 m<sup>2</sup>) in Verbindung mit einer "Ammoniak gekühlten Schraubenkompressor-Wärmepumpe", einem 10 MW Elektrodenkessel sowie (dem bisher einzigen) Erdsondenwärmespeicher (19.000 m<sup>3</sup>) und
- Strandby (in Betrieb 2008), 8.000 m<sup>2</sup> in Kombination mit einer Absorptionskälteanlage und BHKW.

**Ein Förderprogramm wurde nicht etabliert, weil absehbar allein die Entwicklung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für mit fossiler Energie betriebene BHKW (fallende Erlöse) den marktgetriebenen Ausbau der großen Solarthermie bewirkte.**

### Seit 2007: Marktgetriebener Ausbau

Auf dieser Grundlage wurden eine ganze Reihe kommunaler Wärmepläne dahingehend überarbeitet, einen **mehr oder weniger hohen solaren Deckungsanteil** zu erreichen: Diese Wärmepläne werden insbesondere seit 2010 umgesetzt: **marktgesteuert, ohne staatliche Förderung !!!**

Solarkollektorfelder ergänzen (oder ersetzen auch !) die Wärmeerzeugung durch BHKWs, sie werden kombiniert mit Pufferspeichern sowie (teilweise) mit einem Saisonalwärmespeicher.

Nicht in jedem Fall werden zugleich große Elektrodenkessel installiert, um die technischen Voraussetzungen zur **Verknüpfung von Strom- und Wärmesektor** zu schaffen – i.d.R. für die Teilnahme am **Regelenergiemarkt**.

Im Ergebnis werden durch die Neuordnung die Wärmepreise für die Wärmekunden langfristig stabilisiert und teilweise **um bis zu 20 % gesenkt**.

### Entwicklung der großen Solarthermie seit 1988

Da die Rankingliste von Solar-District-Heating seit 2013 nicht aktualisiert worden ist, sind in der nachstehenden Übersicht deren Daten mit aktuellen Daten von Arcon A/S und eigenen Recherchen ergänzt (im Fall Vojens auch korrigiert) worden. Anspruch auf Vollständigkeit kann aber nicht erhoben werden.

<sup>9</sup> **Energinet.dk**

(<http://www.energinet.dk/DA/Sider/default.aspx>) ist der dänische Übertragungsnetzbetreiber für Gas und Strom, 2005 entstanden durch den Zusammenschluss der Stromnetzbetreiber Eltra, Elkraft System und Elkraft Transmission sowie dem Erdgasnetzbetreiber Gastra. Energinet.dk ist ein öffentliches (non-profit) Unternehmen des dänischen Staates und wird vom dänischen Energieministerium gelenkt. Aufgabe des Unternehmens ist es u.a., die „grüne“ Transformation des Energiesystems zu forcieren. Deshalb engagiert sich energinet.dk auch bei der Entwicklung von Strategien zur Systemintegration von Strom und Wärmesektor (z.B. Verknüpfung von großer Solarthermie mit Elektrodenkessel).

Ausbau der großen Solarthermie in DK <i>chronologisch</i>		
Ort	Betriebsbeginn	Solarthermiefläche
Ry	1988	3.040 m <sup>2</sup>
Saltum	1988	1.005 m <sup>2</sup>
Herlev/Tubberupvænge	1991	1.030 m <sup>2</sup>
<b>Marstal 1</b>	<b>1996</b>	<b>8.000 m<sup>2</sup></b>
Ærøskøping	1998	7.090 m <sup>2</sup>
<b>Marstal 2</b>	<b>1999</b>	<b>+ 1.000 m<sup>2</sup></b>
Rise	2001	3.750 m <sup>2</sup>
Nordby	2002	2.500 m <sup>2</sup>
<b>Marstal 3</b>	<b>1999</b>	<b>+ 9.300 m<sup>2</sup></b>
Ulsted	2006	5.012 m <sup>2</sup>
Braedstrup	2007	18.612 m <sup>2</sup>
Hilleroed/Ulleroed	2007	3.007 m <sup>2</sup>
Strandby	2008	8.012 m <sup>2</sup>
Soenderborg/Vollerup	2008	7.681 m <sup>2</sup>
<b>Gram 1</b>	<b>2009</b>	<b>10.073 m<sup>2</sup></b>
Broager	2009	9.988 m <sup>2</sup>
Tørring	2009	7.284 m <sup>2</sup>
<b>Ringkøbing 1</b>	<b>2010</b>	<b>15.000 m<sup>2</sup></b>
Oksbøl	2010	14.745 m <sup>2</sup>
Jægerspris	2010	13.300 m <sup>2</sup>
Hejnsvig	2010	5.763 m <sup>2</sup>
Tistrup	2010	5.400 m <sup>2</sup>
Veggerløse	2011	12.075 m <sup>2</sup>
Sæby	2011	11.921 m <sup>2</sup>
Svebølle-Viskinge	2011	7.024 m <sup>2</sup>
Ejstrupholm	2011	6.243 m <sup>2</sup>
Dianalund	2011	2.000 m <sup>2</sup>
<b>Marstal 4</b>	<b>2012</b>	<b>+ 15.000 m<sup>2</sup></b>
Gråsten	2012	19.017 m <sup>2</sup>
<b>Vojens 1</b>	<b>2012</b>	<b>17.500 m<sup>2</sup></b>
Vejby-Tisvilde	2012	8.000 m <sup>2</sup>
Gørding	2012	7.400 m <sup>2</sup>
Ørnhøj-Grønberg	2012	5.000 m <sup>2</sup>
<b>Helsinge 1</b>	<b>2012</b>	<b>4.733 m<sup>2</sup></b>
Feldborg	2012	4.000 m <sup>2</sup>
Skovlund	2012	2.970 m <sup>2</sup>
Skørping	2012	2.000 m <sup>2</sup>
Hørsholm	2012	1.275 m <sup>2</sup>
Tarm	2013	18.585 m <sup>2</sup>
Sydlangeland	2013	12.512 m <sup>2</sup>
Hvidebæk	2013	12.000 m <sup>2</sup>
Toftlund	2013	11.000 m <sup>2</sup>
Christiansfeld	2013	9.300 m <sup>2</sup>
Frederiks	2013	8.438 m <sup>2</sup>
Karup	2013	8.000 m <sup>2</sup>
Mou	2013	4.737 m <sup>2</sup>
Tim	2013	4.235 m <sup>2</sup>
Tversted	2013	4.000 m <sup>2</sup>
Sandved-Tornemark	2013	3.893 m <sup>2</sup>
Sig	2013	3.479 m <sup>2</sup>
Karup	2013	8.000 m <sup>2</sup>
Frederiks	2013	8.505 m <sup>2</sup>
Dronninglund	2013	37.500 m <sup>2</sup>
Darm	2013	18.586 m <sup>2</sup>
Mou	2013	4.775 m <sup>2</sup>
Christiansfeld	2013	9.576 m <sup>2</sup>
<b>Helsinge 2</b>	<b>2014</b>	<b>+ 14.822 m<sup>2</sup></b>
Hvide Sande	2014	9.576 m <sup>2</sup>
Sveboelle	2014	2.998 m <sup>2</sup>
Asaa	2014	5.650 m <sup>2</sup>
Isenvad	2014	3.000 m <sup>2</sup>
Vildbjerg	2014	21.244 m <sup>2</sup>
Nykøbing	2014	20.084 m <sup>2</sup>
Gl. Rye	2014	2.495 m <sup>2</sup>
Gjerlev	2014	3.528 m <sup>2</sup>
Flauenskjold	2014	3.000 m <sup>2</sup>
<b>Ringkøbing 2</b>	<b>2014</b>	<b>+ 15.000 m<sup>2</sup></b>
Grenaa	2014	12.000 m <sup>2</sup>
Løgumkloster	2014	50.000 m <sup>2</sup>
<b>Vojens 2</b>	<b>2014</b>	<b>+ 54.000 m<sup>2</sup></b>
<b>Gram 2</b>	<b>2 / 2015</b>	<b>+ 34.763 m<sup>2</sup></b>
Tars	I / 2015	5.960 m <sup>2</sup>
Vraa	I / 2015	12.600 m <sup>2</sup>
Hohe Taastrup	2015	3.000 m <sup>2</sup>

Quellen:

<http://www.solar-district-heating.eu/ServicesTools/Plantdatabase.aspx>  
[http://www.arcon.dk/NY\\_Reference.aspx](http://www.arcon.dk/NY_Reference.aspx) + eigene Recherchen

Mit einigen der realisierten oder in Umsetzung befindlichen Solarthermieprojekten werden **solare Deckungsraten von über 50 %** erreicht. Der Anteil wird maßgeblich davon bestimmt, ob ein Saisonalwärmespeicher eingesetzt wird. Dabei hat sich in Dänemark bisher der sog. **Erdbeckenwärmespeicher** durchgesetzt.



Querschnitt: Erdbeckenwärmespeicher

Übersicht über die 11 größten Solarthermieanlagen in DK				
		Kollektorfläche	Saisonalwärmespeicher	Solarer Deckungsgrad *
1.	<b>Vojens 1 + 2</b>	71.500 m <sup>2</sup>	220.000 m <sup>3</sup>	45 %
2.	<b>Løgumkloster</b>	50.000 m <sup>2</sup>	150.000 m <sup>3</sup>	45 %
3.	<b>Dronninglund</b>	37.500 m <sup>2</sup>	60.000 m <sup>3</sup>	50 %
4.	<b>Gram 1 + 2</b>	35.800 m <sup>2</sup>	110.000 m <sup>3</sup>	56 %
5.	<b>Marstal 1 - 4</b>	33.400 m <sup>2</sup>	10.000 m <sup>3</sup> + 75.000 m <sup>3</sup>	55 %
6.	<b>Ringkøbing 1 + 2</b>	30.000 m <sup>2</sup>		nicht bekannt
7.	<b>Vildbjerg</b>	21.244 m <sup>2</sup>		nicht bekannt
8.	<b>Nykøbing.</b>	20.084 m <sup>2</sup>		nicht bekannt
9.	<b>Helsingø 1 + 2</b>	19.588 m <sup>2</sup>		nicht bekannt
10.	<b>Gråsten</b>	19.017 m <sup>2</sup>		28 %
11.	<b>Braedstrup</b>	18.612 m <sup>2</sup>	19.000 m <sup>3</sup>	20 %
Erdbeckenwärmespeicher				
Erdsondenwärmespeicher				
Kein Saisonalpeicher				

\* Solarer Deckungsgrad nach Endausbau (eigene Recherchen)

### Fazit:

Der Ausbau der großen Solarthermie in Dänemark ist im Wesentlichen bestimmt von:

- Der Wärmegegesetzgebung mit der Verpflichtung zur kommunalen Wärmeplanung und im Ergebnis einem Ausbau der Wärmenetzinfrastruktur auf heute 63 %,
- der Steuerpolitik, die dazu führt, dass fossile Energien heute mit über 3,8 Ct./kWh belegt werden,
- der Focussierung von ARCON Solar auf die große Solarthermie,
- dem Engagement von Marstal Fjernvarme amba,
- der Initiative von "Energistyrelsen" von 2005/06 zur Untersuchung der Einbindung großer Solarthermieanlagen in Wärmenetze,
- den Auswirkungen des Wandels im Stromsektor, d.h. der zunehmend stromgeführten Fahrweise von KWK-Anlagen mit reduzierten Betriebsstunden (verminderte Wärmeproduktion) und der Notwendigkeit, Wärmelieferungsverpflichtungen zu decken.

Eine große Rolle in der Energiepolitik Dänemarks spielen auch „**Energievereinbarungen**“, weil es traditionell immer wieder auch Minderheitsregierungen gibt. Solche Energievereinbarungen dokumentieren den **konsensorientierten** Ansatz dänischer Politik in zentralen Politikbereichen. Statt Koalitionsvereinbarungen werden zu bestimmten Themen „All-Parteienvereinbarungen“ oder zumindest Verein-

barungen auf breiter parlamentarischer Basis getroffen, zuletzt:

- Energievereinbarung 2008
- Energievereinbarung 2012

Das dänische Energiekonzept (**Energistrategi 2050**)

[http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/dokumenter/publikationer/downloads/energy\\_strategy\\_2050.pdf](http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/dokumenter/publikationer/downloads/energy_strategy_2050.pdf)

hingegen ist ein Dokument der Regierung, basiert aber im Wesentlichen auf den Vereinbarungen.

Neben diesen parlamentarischen Vereinbarungen hinaus gibt es seit 1988 viele weitere, u.A. mit Industrie- und oder Gewerbeverbänden und z.T. auch Unternehmen, in denen Ziele und Aktivitäten abgestimmt werden. Eine Übersicht findet sich hier:

[www.ens.dk/sites/ens.dk/files/politik/dansk-klima-energi-politik/politisk-aftaler-paa-energiomraadet/energi-aftalen-22-marts-2012/Aftale\\_22-03-2012\\_FINAL\\_ren.doc.pdf](http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/politik/dansk-klima-energi-politik/politisk-aftaler-paa-energiomraadet/energi-aftalen-22-marts-2012/Aftale_22-03-2012_FINAL_ren.doc.pdf)

Zweck ist es jeweils, für alle Beteiligten stabile Rahmenbedingungen zu schaffen. Auch wenn nicht jede Vereinbarung 100%ig erfüllt wird, halten sich alle Beteiligten im Wesentlichen daran und haben sukzessive die Änderung der dänischen Energieversorgungsstruktur bewirkt.

Diese Vereinbarungen haben sich zwar mittelbar auch auf den Trend zur Solarthermie ausgewirkt, es ist aber **keine spezielle Vereinbarung zur großen Solarthermie** getroffen worden.

Vor diesem Hintergrund hat sich nicht nur die Wärmeversorgung der Fernwärme-Unternehmen signifikant verändert, die auf große Solarthermie setzen. Heute kommen immer mehr Biomasse (Stroh), Biogas, Müll und Abwasserwärme (letztere primär in Großstädten) zum Einsatz (selbst in Kopenhagen wird der Kohleeinsatz in 2015 fast vollständig abgebaut sein<sup>10</sup>).

Ralf Radloff – Februar 2015

### Zum Vergleich:

#### Konsequenzen aus der Ölkrise in Deutschland

In Folge des 2. und 3. **Energieprogramms** der Bundesregierung (1977 u. 1981) wurde das „Arbeitsprogramm örtliche und regionale Energieversorgungskonzepte“ beschlossen. Mit großem Aufwand wurden mit Parameterstudien, Planstudien, Siedlungsstrukturstudien) methodische Grundlagen entwickelt und v.a. Beispiele ausgearbeitet. Ergebnis:

- Den Regionen und Kommunen wurde die Erstellung von Energieversorgungskonzepten lediglich **anheim gestellt**.
- Erdgas konnte seit Anfang der 60er Jahre den Heizenergiesektor ungehindert sukzessive erobern und effizientere Verwendungsformen verhindern.

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

<sup>10</sup> Vgl.: „Potentiale städtischer Wärmenetze“ – Expertengespräch, Berlin 16.05.2013, Matthias Sandrock Hamburg-Institut,

## Ausgewählte Kostenbeispiele:

### Solarkollektorfelder:

	Kollektorfläche	Kosten m <sup>2</sup>	Quelle
Gram	30.000 m <sup>2</sup>	214 €/m <sup>2</sup>	WW-I 03
Gråsten	19.000 m <sup>2</sup>	297 €/m <sup>2</sup>	WW-I 14
Vojens 1	17.000 m <sup>2</sup>	200 €/m <sup>2</sup>	WW-I 15
Vojens 2	54.000 m <sup>2</sup>	186 €/m <sup>2</sup>	

Alle Angaben jeweils incl. Installationskosten

### Pufferspeicher

Der Verband der dänischen Fernwärmeindustrie gibt für Pufferspeicher von 3.000 m<sup>3</sup> Preise zwischen 1.000 und 4.000 DKK an (entspricht 134 – 546 €/m<sup>3</sup>).

<http://fjernvarmeindustrien.dk/portfolio-items/varmelagring-er-noglen-til-fremtidens-fjernvarme/>

Tatsächlich werden sogar Preise unter 100 €/m<sup>3</sup> erreicht:

	Volumen	Kosten m <sup>3</sup>	Quelle
Vojens	3.000 m <sup>3</sup>	156,70 €/m <sup>3</sup>	WW-I 15
Gråsten	5.500 m <sup>3</sup>	122,00 €/m <sup>3</sup>	WW-I 14
Løgumkloster	5.500 m <sup>3</sup>	85,50 €/m <sup>3</sup>	WW-I 17 (in Arbeit)

In Deutschland wird – soweit bekannt - von Kosten um 500 bis 600 €/m<sup>3</sup> ausgegangen<sup>11</sup>.

### Erdbeckenwärmespeicher



Querschnitt: Erdbeckenwärmespeicher

Der Verband der dänischen Fernwärmeindustrie gibt für Erdbeckenwärmespeicher Preise von bis zu 38 €/m<sup>3</sup> an.

<http://fjernvarmeindustrien.dk/portfolio-items/varmelagring-er-noglen-til-fremtidens-fjernvarme/>

Tatsächlich können die Kosten deutlich niedriger liegen:

	Volumen	Kosten m <sup>3</sup>	Quelle
Marshall	75.000 m <sup>3</sup>	39,00 €/m <sup>3</sup>	*
Gram	110.000 m <sup>3</sup>	22,00 €/m <sup>3</sup>	WW-I 03
Dronninglund	noch nicht recherchierbar		
Vojens	200.000 m <sup>3</sup>	23,50 €/m <sup>3</sup>	WW-I 15

\* Pauschinger/Schmidt: Solar unterstützte Kraft-Wärme-Kopplung mit saisonalem Wärmespeicher, *Euroheat & Power 5/2013*



Erdbeckenwärmespeicher Dronninglund mit Abdeckung (Foto Fjw Dronninglund)

<sup>11</sup> Die Stadtwerke Kiel haben bei ihren Plänen für den GKK-Ersatz, im sog. Projektplan D (mit 20 x 10 MW BHKW) 2 Pufferspeicher von jeweils 15.000 m<sup>3</sup> vorgesehen und dafür incl. aufwändiger Pumpentechnik jeweils 15 Mio.€/Stück angesetzt, also **1.000 €/m<sup>3</sup>**.



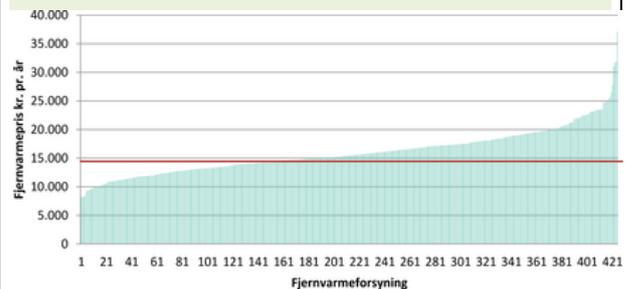
Wärmespeicher Vojens zu Beginn der Befüllung (Foto Fjw Vojens)

### Veröffentlichung aller Fw-Preise

„energitilsynet“ (die dänische Energie-Regulierungsbehörde) veröffentlicht gemäß Wärmegesetz regelmäßig (2-3 mal pro Jahr) sämtliche Fernwärmepreise **aller** (derzeit) 425 Fernwärmelieferanten im Lande und zwar:

- den Arbeitspreis pro MWh,
- die Wärmekosten für eine Standard-Wohnung von 75 m<sup>2</sup> mit einem Wärmebedarf von **15 MWh** (Ap. incl. Gp, ggf. Messpreis und MWSt.)
- die Wärmekosten für ein Standard Einfamilienhaus von 130 m<sup>2</sup> und einem Wärmebedarf von **18,1 MWh**. (Ap. incl. Gp, ggf. Messpreis und MWSt.)

Damit ist das Preisniveau aller Wärmeunternehmen miteinander vergleichbar:



Quelle: <http://energitilsynet.dk/varme/statistik/prisstatistik/udvidet-prisstatistik-pr-8-december-2014/>

### Die Spannweite der Wärmepreise ist erheblich:

Für 18,1 MWh reicht sie von 7.956 DKK (1.068 € = 5,9 Ct./kWh) bis 37.090 DKK (4.981 € = 27,5 Ct./kWh). Beide Angaben sind extreme Ausschläge. Der Durchschnitt liegt etwas über 11 Ct./kWh.

**Für den Vergleich mit deutschen Fernwärmepreisen ist zu berücksichtigen, dass fossile Brennstoffe mit Steuern und Abgaben von über 3,8 Ct./kWh belastet werden** (Deutschland für KWK = 0, für Erdgas im Kessel 0,55 Ct./kWh) **und die MWSt. in Dänemark 25 % beträgt.**

Zu berücksichtigen ist auch, dass die dänischen Fernwärmepreise **regulierte** Preise sind, also nur kostenorientiert genehmigt werden. Aufgrund der Kostenorientierung der Preisbildung kommt es regelmäßig zu geringfügigen Preisschwankungen – und zwar durchaus auch nach unten !!! Auch darüber berichtet **energitilsynet** regelmäßig:

<http://energitilsynet.dk/varme/statistik/prisstatistik/udvidet-prisstatistik-pr-8-december-2014/>

