



Regulierung
und Planung
der Fernwärme
in Dänemark

Inhalt

Vorwort	3
Hauptmerkmale der heutigen dänischen Fernwärme	4
Die Geschichte der dänischen Fernwärme	11
Regulierung des Fernwärmesektors	15
Künftige Entwicklungstrends für die Fernwärme in Dänemark	20
Die dänische Fernwärmeindustrie	24
Grüne globale Hilfe	25
Anlage 1 - Karte der dänischen Wärmeversorgung	26
Anlage 2 - Zeitrahmen von 1973 bis 2015: Wärmeversorgung im Fokus	27
Dänische Energiebehörde	28

Vorwort

Dänemark ist eines der energieeffizientesten Länder der Welt. Die weit verbreitete Nutzung von Fernwärme (DH) und Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) ist einer der wichtigsten Gründe, warum es gelungen ist, die Energieeffizienz zu steigern und die CO₂-Emissionen über mehrere Jahrzehnte zu reduzieren.

Das Fernwärmesystem (DH) ist ein Eckpfeiler des grünen und effizienten Energiesystems in Dänemark. DH stellt nicht nur sicher, dass Dänemark über eine solide und zuverlässige Wärmeversorgung verfügt, sondern unterstützt Dänemark auch maßgeblich bei der Aufrechterhaltung eines nachhaltigen Energiesektors und der Erfüllung der langfristigen energiepolitischen Ziele. Deshalb haben wir diese Veröffentlichung vorbereitet, um anderen Ländern, die versuchen, einige der gleichen Vorteile von DH zu nutzen wie wir, als Inspiration zu dienen.

Die Veröffentlichung gibt einen Überblick über DH in Dänemark und darüber, wie das DH-System durch seine inhärente Flexibilität in der Lage war, verschiedene energiepolitische Ambitionen Dänemarks im Laufe der Zeit zu unterstützen, einschließlich der Ziele für Energieeffizienz und erneuerbare Energien. DH ist seit vielen Jahren ein sehr wichtiges Element der dänischen Energiepolitik und ist es auch heute noch.

Das erste Kapitel stellt die wichtigsten Merkmale der heutigen Fernwärme vor, bei der DH-Netze fast zwei Drittel der privaten Haushalte in Dänemark sowohl für die Raumheizung als auch für die Warmwasserbereitung mit Wärme versorgen. Ein Schwerpunkt in Dänemark ist die Wiederverwendung von Wärme, die sonst verschwendet würde, z.B. durch die Nutzung von Abwärme aus der Stromerzeugung. Darüber hinaus wird mehr als die Hälfte der DH in Dänemark aus erneuerbaren Energien und Müllverbrennungsanlagen erzeugt.

Kapitel 2 stellt die historische Entwicklung der dänischen DH dar. Das erste Heizkraftwerk wurde vor mehr als 100 Jahren 1903 gebaut, um Strom und Wärme für ein Krankenhaus zu liefern. Doch erst nach den beiden internationalen Ölkrisen in den 1970er Jahren nahm die Entwicklung der DH in Dänemark Fahrt auf.

Inzwischen hat Dänemark jahrzehntelange wertvolle Erfahrungen im Bereich DH und KWK gesammelt.

1979 verabschiedete Dänemark sein erstes Wärmeversorgungsgesetz, und obwohl es mehrere Revisionen gab, ist es bis heute in Kraft. In Kapitel 3 wird das Wärmeversorgungsgesetz beschrieben und wie der wichtige Status der DH heute das Ergebnis einer langjährigen aktiven Energiepolitik, einer systematischen Heizungsplanung und -regelung ist.

Für die Zukunft bleiben DH-Systeme ein Schlüsselement des Energiesystems in Dänemark. Bis 2020 wird etwa die Hälfte des dänischen Stromverbrauchs aus Windkraft gedeckt. Dadurch hat sich der Fokus auf flexible DH/KWK-Systeme, wie zum Beispiel Wärmespeicher, Elektrokessel, Wärmepumpen und Bypässe von Kraftwerken, verstärkt, um die Integration der Windenergie in das Energiesystem zu unterstützen. Kapitel 4 stellt diese neuesten Entwicklungen und Zukunftstrends bei DH in Dänemark vor.

Der letzte Teil dieser Veröffentlichung gibt einen kurzen Überblick über einige der Kernkompetenzen der dänischen DH-Industrie und informiert über die bilaterale Zusammenarbeit der dänischen Energieagentur mit mehreren Ländern im Bereich erneuerbare Energien und Energieeffizienz, darunter DH.

Wir freuen uns darauf, die langjährige dänische Regulierungserfahrung bei der Sicherstellung einer nachhaltigen Entwicklung des Energiesektors weiterzugeben.



Ich hoffe, Sie werden begeistert sein.

Morten Bæk
Generaldirektor der
Dänische Energiebehörde

Hauptmerkmale der heutigen dänischen Fernwärme

Heute sind 63 % aller dänischen Privathäuser an die Fernwärme angeschlossen - nicht nur für die Raumheizung, sondern auch für die Warmwasserbereitung. Dänemark verfügt über sechs große zentrale DH-Gebiete mit einer Gesamtwärmeversorgung von 67 Petajoule (PJ) im Jahr 2014, was 56 % der nationalen DH-Versorgung entspricht. Außerdem gibt es rund 400 kleine und mittlere DH-Bereiche mit einer jährlichen Wärmeversorgung von rund 53 PJ.

Im Jahr 2015 betrug die gesamte DH-Versorgung in Dänemark 128 PJ und 67,4 % aller DH wurden in Kraft-Wärme-Kopplung mit Strom (KWK) erzeugt. Dies spart im Vergleich zur getrennten Erzeugung von Wärme und Strom eine erhebliche Menge an Brennstoff.

PRODUKTION VON HEIZ- UND HEIZBEREICHEN

Optionen zur Wärmeversorgung

Für die Wärmeversorgung in Dänemark werden verschiedene Technologien eingesetzt. Einige Verbraucher nutzen einen einzelnen Ölkessel, Gaskessel, Biomassekessel oder eine Wärmepumpe, aber die meisten Verbraucher (über 60 %) beziehen ihre Wärme aus dem DH-System.

DH wird vor allem dort eingesetzt, wo die Gebäudedichte und damit die Wärmedichte relativ hoch ist (z.B. in städtischen und vorstädtischen Gebieten). Aber auch kleinere Städte und große Dörfer mit rund 500 Haushalten können mit DH versorgt werden.

Um die Wärme innerhalb der Gebäude zu verteilen, verfügen die meisten Wärmeabnehmer über wasserbasierte Heizsysteme, d.h. Heizkörper oder Fußbodenheizungen. Neubauten verfügen über Heizungsanlagen mit relativ großen Wärmeübertragungsflächen, die niedrigere Temperaturen im DH-Netz ermöglichen.

Die Warmwasserbereitung erfolgt typischerweise mit DH über einen Schnellwärmetauscher. Es kann auch

ein Warmwasserspeicher vorhanden sein, um den Spitzenbedarf zu glätten.

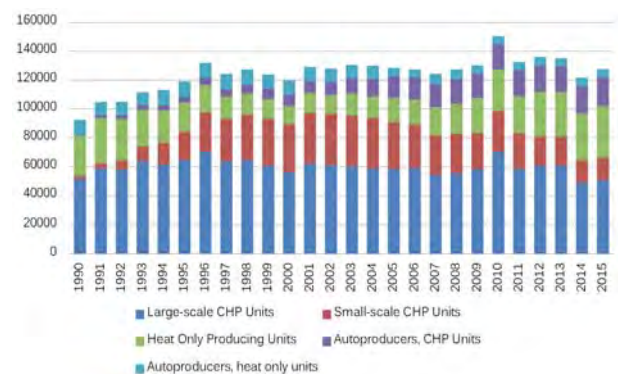
Fernwärmeerzeugung

Die Produktion von DH erfolgt hauptsächlich aus Blockheizkraftwerken (BHKW) oder reinen Heizkesseln (HOB).

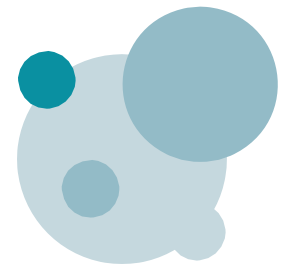
Wärme und Strom aus KWK haben einen deutlich höheren Wirkungsgrad als getrennt erzeugte Wärme und Strom. Typischerweise hat ein reiner Heizkessel einen Wirkungsgrad von etwa 90-95 % und ein Brennkraftwerk, das Strom erzeugt, nur einen Wirkungsgrad von 40-50 %. Eine KWK-Anlage kann einen Gesamtwirkungsgrad von 85-93 % aufweisen, was zu einer Gesamteinsparung von ca. 30 % gegenüber der getrennten Produktion von Wärme und Strom führt.

Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der DH-Produktion in Dänemark in den letzten zwei Jahrzehnten nach Art der Produktionsstätte.

Abb. 1: DH-Produktion nach Art der Produktionsanlage

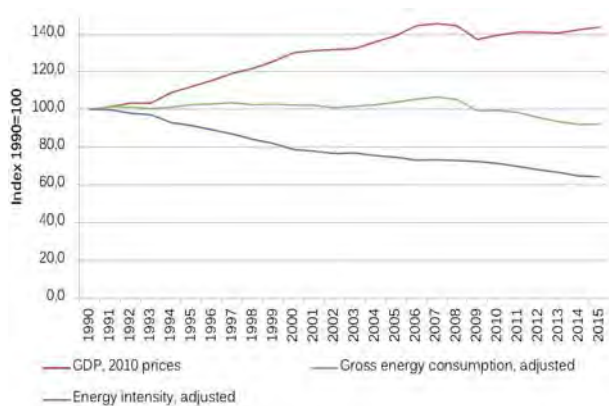


Wie diese Abbildung zeigt, hat sich die DH-Produktion vor allem aus kleinen Blockheizkraftwerken und die Abwärme aus der Industrie (sogenannte Autoproduzenten) im Laufe der Jahre deutlich entwickelt. In den letzten Jahren ist jedoch die Produktion von kleinen Blockheizkraftwerken leicht zurückgegangen und die Produktion von DH-Anlagen (Wärmeessel) entsprechend gestiegen. Dies ist vor allem auf niedrigere Marktpreise für Strom zurückzuführen.



Im Jahr 2014 wurden mehr als 68 % des DH in Dänemark von Blockheizkraftwerken produziert. Der weit verbreitete Einsatz von DH in Verbindung mit dem hohen Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung mit Strom ist einer der Hauptgründe, warum es gelungen ist, die Energieeffizienz zu steigern, die Entwicklung von Energieverbrauch und Wirtschaftswachstum (BIP) zu entkoppeln und die Kohlenstoffemissionen über mehrere Jahrzehnte zu reduzieren. Die Entkopplung von Energieverbrauch und BIP ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

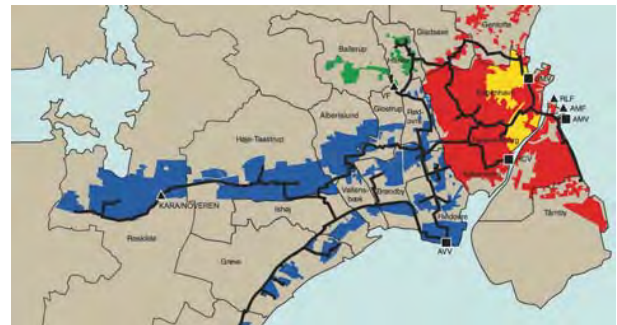
Abb. 2: Energieverbrauch, BIP und Energieintensität



Eine Reihe von großen Blockheizkraftwerken

Im Allgemeinen befinden sich die großen KWK-Anlagen in großen Stadtgebieten, während die kleinen KWK-Anlagen und DH-Kessel in kleineren Städten und Dörfern stehen. Diese Verteilung ist auf der Karte der Wärmeversorgung in Dänemark in Anhang A dargestellt. Die großen Netze bestehen in der Regel aus einer Reihe von Verteilungsnetzen, die durch ein Übertragungsnetz miteinander verbunden sind. Die Wärmeerzeugung erfolgt in einer Vielzahl von Anlagen, darunter Großkraftwerke (auf Basis von Kohle, Biomasse oder Erdgas), Hausmüllwerke, Abwärme aus der Industrie und Spitzenlastkessel. Ein Beispiel für einen großen zentralen DH-Bereich ist das DH-System im Großraum Kopenhagen, wie in der folgenden Abbildung dargestellt. Es ist bei weitem das größte System in Dänemark, das jährlich 35 PJ DH liefert. Die Entfernung vom östlichen zum westlichen Teil des Systems beträgt ca. 50 km.

Abb. 3: Das DH-System im Großraum Kopenhagen - das größte dänische DH-System



Eine Vielzahl von mittleren und kleinen Blockheizkraftwerken und DH-Kesseln.

Die kleineren DH-Bereiche variieren in ihrer Größe, bestehen aber typischerweise aus einem einzigen Verteilnetz in jedem Bereich. Die Erwärmung erfolgt über eine Grundlasteinheit und eine oder mehrere Spitzen- und Reserveeinheiten. Die Grundlasteinheit ist typischerweise ein Erdgas-Blockheizkraftwerk oder ein Biomassekessel (z.B. Stroh oder Hackschnitzel). Die Spitzen- und Reservekessel sind in der Regel reine Heizkessel auf Öl- oder Gasbasis (mit geringen Investitionskosten). Heute verfügen mehrere Bereiche auch über eine zusätzliche Solarheizung oder Elektrokessel.

Der Wert des Wärmespeichers

Ein sehr wichtiges Element aller dänischen DH-Netze ist die kurzfristige Wärmespeicherung. Damit können die KWK-Anlagen ihre Kraft-Wärme-Kopplung entsprechend dem Strombedarf optimieren, ohne die Wärmeversorgung zu beeinträchtigen. Sowohl große als auch kleinere DH-Systeme nutzen kurzfristige Wärmespeicher.

Wärmespeicher ermöglichen es KWK-Anlagen, ihre Produktion zu verringern, wenn viel Strom im System vorhanden ist, z.B. wenn es sehr windig ist. Ebenso können sie ihre Produktion erhöhen, wenn ein höherer Strombedarf besteht. Wenn die Wärmeerzeugung höher ist als der überschüssige Wärmebedarf, wird die Heizung einfach gespeichert. Umgekehrt, wenn die Wärmeerzeugung geringer ist als der Bedarf, kann die Wärme aus dem Speicher genutzt werden.

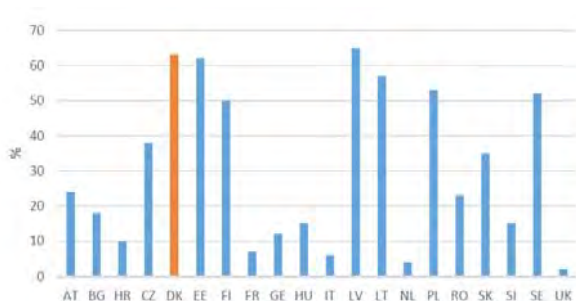
Typischerweise hat ein kurzfristiger Wärmespeicher eine Speicherkapazität, die ca. 12 Stunden Volllastwärmeerzeugung im Heizwerk entspricht.

Der kurzfristige Wärmespeicher bringt eine Flexibilität in das Energiesystem, die für die wirtschaftliche und ökologische Optimierung des Gesamtsystems entscheidend ist.

Dänischer DH- und KWK-Ausbau im EU-Kontext

Die folgende Abbildung zeigt den Prozentsatz der von DH versorgten Bürger in einer Reihe von EU-Ländern.

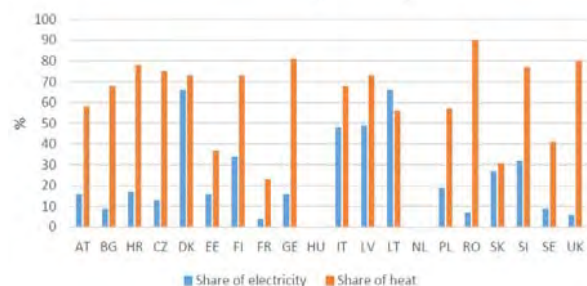
Abb. 4: Prozentsatz der von DH versorgten Bürger, 2013



Unter den EU-Ländern hat Dänemark einen der höchsten Anteile an DH (63 %) und Lettland (65 %). Finnland, Litauen, Polen und Schweden haben ebenfalls einen Anteil von mehr als 50 % an DH.

Die folgende Abbildung zeigt den Anteil der KWK an der Strom- und DH-Produktion für eine Reihe von EU-Ländern.

Abb. 5: Anteil der KWK an der Strom- und DH-Produktion, 2013



Wie man sieht, wurden 2013 mehr als 70 % aller DH in Dänemark in KWK mit Strom erzeugt. Damit ist Dänemark das Land mit dem höchsten Anteil (mehr als 60 %) an der nationalen Stromerzeugung aus KWK. Litauen ist das einzige andere EU-Land mit einem Stromanteil aus der KWK-Produktion von mehr als 50 %.

BRENNSTOFFE FÜR DIE FERNWÄRME

Von fossilen Brennstoffen über Biomasse, Abfall und Solar

Die Brennstoffe zur Wärmeerzeugung an Heizkesseln und Heizkraftwerken umfassen sowohl fossile Brennstoffe (z.B. Kohle, Öl und Erdgas) als auch nicht-fossile Brennstoffe (z.B. Biomasse, Abfall und Solar).

Biomasse

Biomasse ist seit vielen Jahren Teil des dänischen Energieprofils. Die Energiekrisen in den 1970er Jahren zwangen Dänemark, seinen Energieverbrauch zu überdenken, der damals von der Verwendung von importiertem Öl dominiert wurde. Derzeit ist Dänemark bestrebt, bis 2050 ein von fossilen Brennstoffen unabhängiges Energiesystem zu schaffen, und die Biomasseverbrennung wird voraussichtlich ein wichtiger Faktor dieses Übergangs sein.

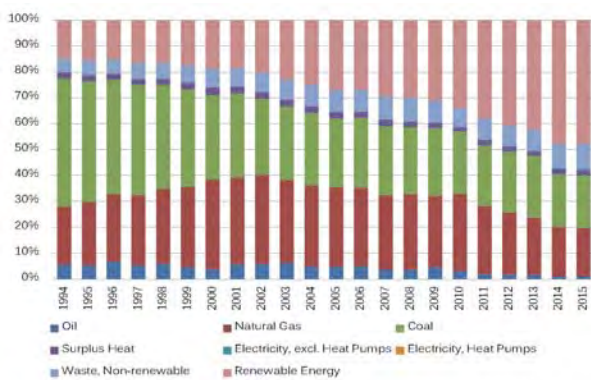
Sowohl fossile als auch nicht-fossile Brennstoffe emittieren bei der Verbrennung CO₂, was sich auf den globalen Klimawandel auswirkt. Es gibt jedoch große Unterschiede, wie viel CO₂ die verschiedenen Kraftstoffe ausstoßen. Ein Gigajoule (GJ) verbrannte Kohle emittiert 95 kg CO₂, während ein GJ-Erdgas 57 kg CO₂ emittiert. Biomasse wird oft als CO₂-neutral angesehen, da davon ausgegangen wird, dass die bei der Verbrennung emittierte CO₂-Menge der Menge an CO₂ entspricht, die während des Wachstums in der Biomasse gebunden ist. Dies gilt natürlich für alle fossilen Brennstoffe, aber die im Vergleich zu Kohle oder Erdgas relativ kurze Regenerationszeit der Biomasse führt zu ihrer Einbeziehung als erneuerbare Quelle.



In den letzten Jahren hat die Menge der Wärme, die aus erneuerbaren Quellen erzeugt und in DH verwendet wird, zugenommen. Dies liegt zum Teil daran, dass einige Heizkraftwerke in den großen DH-Gebieten von der Nutzung fossiler Brennstoffe auf Biomasse umgestellt haben (siehe auch Kapitel 2, "Die Geschichte der dänischen Fernwärme").

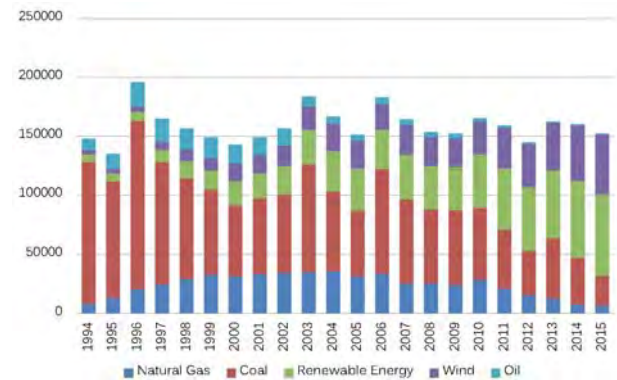
Die wichtigsten in Dänemark genutzten Biomasse-Ressourcen (neben Abfall) sind Holzpellets, Hackschnitzel und Stroh. Biomasse wird hauptsächlich verbrannt und zur Wärme- und Stromerzeugung genutzt, und seit 1993 setzt Dänemark verstärkt große Biomasse-KWK-Anlagen ein. Im Rahmen der Strategie zur Reduzierung der CO₂-Emissionen werden auch ältere kohlebefeuerte Großkraftwerke auf Biomasse umgestellt. Die folgende Abbildung zeigt, wie die Menge an Biomasse DH in den letzten Jahrzehnten deutlich zugenommen hat. Im Jahr 2014 betrug der Anteil der Biomasse mehr als 40 % des gesamten Brennstoffverbrauchs für DH.

Abb. 6: Brennstoffzusammensetzung für Fernwärme, Prozentsatz - Verteilungsalter 1990-2015



Vor 1995 wurde Biomasse für DH hauptsächlich in kleineren reinen Heizkesseln verwendet. Seitdem wurden jedoch sowohl kleine als auch große Biomasseheizkraftwerke errichtet. Darüber hinaus wurden mehrere große KWK-Anlagen von fossilen Brennstoffen auf Biomasse umgestellt oder planen eine Umstellung. Aus diesem Grund hat sich die Stromerzeugung aus Biomasse erhöht, wie die folgende Abbildung zeigt. Im Jahr 2014 betrug die Stromerzeugung aus Biomasse 13,8 TJ, was 11,9 % der gesamten dänischen Stromerzeugung entspricht.

Abb. 7: Stromerzeugung nach Brennstoffart (PJ)



Die Entwicklung der Nutzung von Biomasse für die Fernwärme wurde durch Zuschüsse, Richtlinien und Steuerbefreiungen unterstützt. So wurde beispielsweise 1993 in einer politischen Vereinbarung über Biomasse festgelegt, dass zentralisierte Strom- und Heizkraftwerke bis zum Jahr 2000 19,5 PJ/Jahr Biomasse mit bestimmten Anteilen an Hackschnitzeln und Stroh verwenden sollten. 1997 wurden Änderungen an der Vereinbarung vorgenommen, damit die Anteile der verschiedenen Biomassequellen entsprechend den jährlichen Schwankungen angepasst werden können, um bessere Marktbedingungen zu erreichen.

Heute wird die zum Heizen verwendete Biomasse so unterstützt, dass sie (im Gegensatz zu fossilen Brennstoffen) von der Kraftstoffsteuer befreit ist. Darüber hinaus erhält die Anlage bei der Nutzung von Biomasse zur Stromerzeugung oder KWK einen Zuschlag zum Marktpreis von 20 EUR/MWh.

Abfall-Energie

Neben der Biomasse stellt der Abfall eine wichtige Energiequelle für die Herstellung von DH dar.

In Dänemark wird Abfall im Allgemeinen als "Energiequelle" und nicht als ein zu entsorgendes Problem betrachtet. Fast alle Abfälle, wenn sie nicht recycelt werden, werden zur Energieerzeugung verwendet, und nur ein kleiner Teil der Abfälle wird deponiert.

Somit ist die Energiegewinnung aus Abfall einer der Eckpfeiler des dänischen Abfallmanagementsystems und kommt sowohl den Energieverbrauchern als auch der Umwelt zugute. Typischerweise werden Abfälle in KWK-Anlagen verwendet und produzieren so sowohl Wärme als auch Strom mit einem hohen Gesamtwirkungsgrad.

Solarthermie

Die Solarthermie in Dänemark begann Anfang der 80er Jahre mit einer individuellen Hausinstallation von 8-10 m². Im Jahr 2005 wurde geschätzt, dass etwa 40.000 einzelne Haustechniksysteme installiert wurden. Im Laufe der Zeit gab es verschiedene finanzielle Förderprogramme für Solarthermieanlagen.

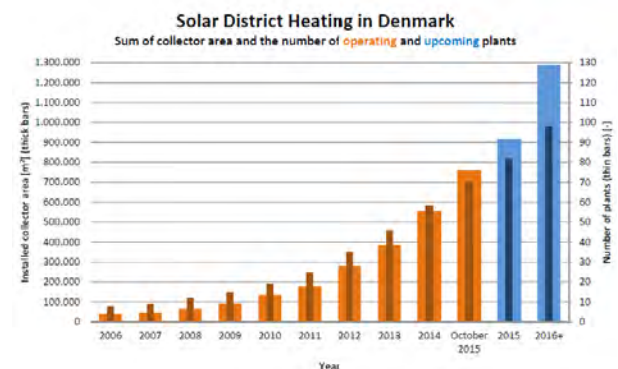
Vor 2005 gab es nur wenige Solarheizwerke in DH-Systemen. Die technologische Entwicklung in der Solarthermie in Verbindung mit einer Änderung der regulatorischen Rahmenbedingungen für Kleinheizkraftwerke begann jedoch mit einer Entwicklung der Solarthermie speziell für die DH-Produktion.

Heute ist Dänemark eines der weltweit führenden Länder auf dem Gebiet der Integration von großflächiger Solarwärme in DH-Systeme. In den letzten Jahren ist die Zahl der Solarthermieanlagen in Dänemark über 1.000 m² deutlich gestiegen. Grund dafür ist, dass die Solarwärmetechnik im Sommer billiger und damit eine sinnvollere Alternative zu Erdgas wird. Darüber hinaus ist auch die solarthermische Heizung von der Kraftstoffsteuer befreit (siehe Kapitel 3, "Regulierung des Fernwärmesektors").

Im Jahr 2015 gab es eine geschätzte Gesamtfläche an solaren Großanlagen (> 1.000 m²) von mehr als 750.000 m², wobei die größten Anlagen 70.000 m² waren. Da die solare Hauptproduktion im Sommer stattfindet und der Wärmebedarf im Winter am höchsten ist, nutzen viele große Solar-DH-Systeme oft saisonale Wärmespeicher mit Kapazitäten bis zu 120.000 m³.

Diese Abbildung zeigt die Entwicklung der Solarwärme in Dänemark (nur Anlagen größer als 1.000 m²).

Abb. 8: Entwicklung der Solarwärme in Dänemark
Quelle: PlanEnergi



STRUKTUR DES DH-SEKTORS

Natürliches Monopol

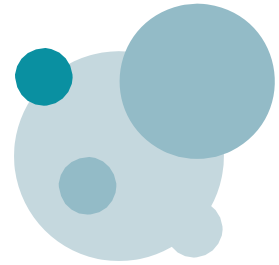
Die Versorgung mit DH ist bis zu einem gewissen Grad ein natürliches Monopol. Dies ist auf die Skaleneffekte sowohl bei Wärmeerzeugungsanlagen als auch bei den Netzkosten zurückzuführen.

Es wäre nicht kostengünstig, ein paralleles Versorgungsnetz zu haben, das die Wärme an einzelne Verbraucher verteilt. Die damit verbundenen Kosten sind so hoch, dass es oft nur einen Anbieter in einem bestimmten Bereich gibt. Auch die Fernwärmeerzeugung für ein Versorgungsnetz ist - wie in der Natur - ein Monopol.

Wem gehören die Werke?

Was das Eigentum an Energieerzeugungsanlagen in Dänemark betrifft, so gibt es verschiedene Eigentumsstrukturen. Die größten Anlagen befinden sich in der Regel im Besitz von großen Energieunternehmen und werden von diesen auch betrieben, während kleinere Anlagen typischerweise im Besitz von Kommunen oder Genossenschaften sind.

Die dänischen DH-Unternehmen sind in zwei verschiedenen Verbänden organisiert: dem dänischen Fernwärmeverband und dem Verband der dänischen Heizkraftwerke.



Von den Verbrauchern kontrollierte Versorgung

Allen DH-Bereichen in Dänemark ist gemeinsam, dass die Wärmeversorgung durch den Wärmebedarf der Verbraucher gesteuert wird. Die Verbrauchermessung misst den tatsächlichen Wärmebedarf, was bedeutet, dass die Verbraucher einen Anreiz haben, Wärme zu sparen. Die Vergütung für die Heizung wird meist in einen festen Teil (pro Anlage und/oder Kapazität) und einen variablen Teil (pro Gigajoule Verbrauch) unterteilt.

KOSTEN UND PREISE

Der Heizpreis

Der Preis für die Wärme ist nicht in allen dänischen DH-Gebieten gleich, aber die Grundsätze der Bestimmung des Wärmepreises sind gesetzlich festgelegt (siehe auch Kapitel 3, "Regulierung des Fernwärmesektors").

Nach den Rechtsvorschriften sollte der vom Verbraucher gezahlte Heizpreis alle notwendigen Kosten für die Wärmeversorgung decken. Dem Wärmeversorgungsunternehmen ist es jedoch nicht gestattet, einen Gewinn zu erzielen. Die Heizkosten beinhalten daher:

- Kraftstoffkosten
- Heizungsproduktionsanlage
- DH-Netzwerk
- Gebäude
- Betrieb und Wartung (O&M)

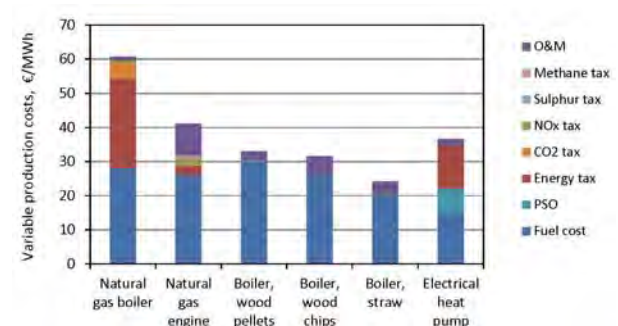
Die Heizwerke können für die Heizung nicht mehr berechnen als die Kosten für die Erzeugung und den Transport von Wärme an die Verbraucher. Hervorzuheben ist jedoch, dass diese Kosten auch die Abschreibung von Vermögenswerten und Finanzierungskosten umfassen, damit die Wärmeunternehmen sowohl kurz- als auch langfristig finanziell nachhaltig sein können. Die Heizkosten für den Verbraucher werden daher durch die folgenden Parameter beeinflusst:

- Investition in Produktionsanlagen
- DH-Netzwerk-Investition
- Produktionsstätte O&M
- DH-Netzwerk O&M

- Kraftstoffpreise
- Effizienz der Produktionsstätte
- Wärmeverluste im DH-Netz
- Steuern und Mehrwertsteuer
- Finanzielle Unterstützung / Zuschüsse
- Strompreis (relevant für DH-Produktionsanlagen, die entweder Strom verbrauchen oder erzeugen)

Im Allgemeinen machen die Kraftstoffkosten einschließlich Steuern und Mehrwertsteuer den größten Teil der Kosten aus. Die Brennstoffkosten sind in der folgenden Abbildung dargestellt, die ein Beispiel für variable Wärmeerzeugungskosten verschiedener Technologien zeigt".

Abb. 9: Brennstoffkosten für die Wärmeerzeugung einschließlich Steuern und Mehrwertsteuer



In großen Netzen ist der Wärmepreis in der Regel niedriger als in den kleineren Netzen. Dies ist vor allem auf Skaleneffekte und eine höhere Heizdichte zurückzuführen, was bedeutet, dass die größeren Netze geringere Investitionskosten und Wärmeverluste pro Wärmeeinheit haben, die an die Verbraucher geliefert wird. Große Produktionsanlagen können auch Brennstoffe zu einem niedrigeren Preis als kleinere Anlagen kaufen.

Generell ist DH für die Verbraucher in den meisten Fällen günstiger, als wenn sie eine eigene individuelle Wärmeversorgung hätten. Dies ist auch einer der entscheidenden Faktoren für die Einführung neuer DH-Systeme in Dänemark.

Investitionskosten versus Betriebskosten

Die Errichtung von DH-Systemen erfordert im Vergleich zu individuellen Wärmeversorgungsmöglichkeiten hohe Investitionen in die Infrastruktur. Allerdings sind die Betriebskosten und die Umweltauswirkungen in vielen Fällen deutlich geringer. Dies ist insbesondere der Fall, wenn die Erwärmung durch ein energieeffizientes Blockheizkraftwerk erfolgt oder wenn die Erwärmung durch die Nutzung von Abwärme aus einem Industrierwerk, zum Beispiel einem Stahl- oder Zementwerk, erfolgt.

Der Standpunkt des Lebenszyklus

Dänische Erfahrungen zeigen, dass es bei der Beurteilung der Machbarkeit von DH wichtig ist, die Kosten über die gesamte Lebensdauer eines Wärmeversorgungssystems zu berücksichtigen (typischerweise als "nivellierte Energiekosten" oder LCOE bezeichnet). In vielen Fällen ist DH die praktikabelste Lösung über eine vollständige Lebenszyklusanalyse. Infrastrukturinvestitionen werden sich nach einigen Jahren durch niedrigere jährliche Kosten amortisieren. Natürlich hängt die Rentabilität von einer Reihe von Faktoren ab, darunter der Wärmebedarf und die Heizdichte in dem jeweiligen Bereich.

Der Einsatz hochwertiger Komponenten führt zwar zunächst zu steigenden Kapitalkosten, aber in der Regel zu niedrigeren Jahreskosten. Daher können in vielen Fällen durch den Einsatz hochwertiger Komponenten niedrigere Lebenszykluskosten durch geringere Wartungskosten und längere Lebensdauer erreicht werden. Dies führt auch zu niedrigeren jährlichen Heizkosten für die Wärmeverbraucher.

Es ist wichtig zu bedenken, dass die technische Lebensdauer eines hochwertigen DH-Netzes typischerweise 40-50 Jahre beträgt.



Die Geschichte der dänischen Fernwärme

Das erste Heizkraftwerk in Dänemark wurde 1903 gebaut. Es handelte sich um eine Müllverbrennungsanlage, die es ermöglichte, Abfälle zu behandeln und ein nahegelegenes Krankenhaus mit Strom und Wärme zu versorgen. Seitdem haben bedeutende Entwicklungen stattgefunden. Dänemark verabschiedete 1979 sein erstes Wärmeversorgungsgesetz, dem weitere erfolgreiche Maßnahmen folgten.

Von Anfang an

In den 1920er und 1930er Jahren wurde ein gemeinsames DH-System auf Basis von Abwärme aus der lokalen Stromerzeugung entwickelt. Von nun an expandierte DH aus KWK in den größeren dänischen Städten, und in den 1970er Jahren wurden rund 30 % aller Häuser mit DH-Systemen beheizt.

Zum Zeitpunkt der Energiekrise 1973/74 war der Energieverbrauch pro Kopf deutlich gestiegen. Die Energiekrise machte deutlich, dass das Energiesparen (einschließlich Heizung) entscheidend ist, um sowohl die Abhängigkeit von importierten Brennstoffen zu verringern als auch die Heizkosten der Verbraucher zu senken. Daher wurde beschlossen, die kraftstoffeffizienten KWK-Systeme nicht nur auf die größeren Städte, sondern auch auf kleine und mittlere Städte in Dänemark auszuweiten.

Erstes Wärmeversorgungsgesetz 1979

Bis 1979 gab es in Dänemark kein spezielles Gesetz zur Regelung der Wärmeversorgung. Die meisten Wärmeverbraucher hatten kleine ölbefeuerte Kessel oder andere Formen der Einzelheizung.

Dänemark war von den internationalen Ölkrisen stark betroffen. Ende der 70er Jahre führte dies zur Formulierung einer Energiepolitik in Dänemark, die darauf abzielte, die Versorgungssicherheit zu verbessern und die Abhängigkeit vom Öl zu verringern.

Um die politischen Ziele zu erreichen und gleichzeitig die Erdgasressourcen zu nutzen, die kürzlich in der dänischen Nordsee entdeckt wurden, verabschiedete Dänemark 1979 sein erstes Wärmeversorgungsgesetz.

Das Gesetz enthielt Vorschriften über Form und Inhalt der Wärmeplanung in Dänemark und wurde zum Beginn einer neuen Ära in der öffentlichen Wärmeplanung, die noch heute besteht.

Die Planung wurde in Schritte unterteilt. In **einem ersten Schritt** mussten die Kommunen den vorhandenen Wärmebedarf, die bestehende Wärmeversorgungsmethode und die eingesetzten Energiemengen (Brennstoffe) erfassen. Die Kommunen schätzten auch den zukünftigen Wärmebedarf und die Möglichkeiten der Wärmeversorgung.

Die von den lokalen Gemeinden aus der Gemeindeplanung bereitgestellten Informationen wurden von den regionalen Behörden (d.h. den Landkreisen) zur Erstellung von Übersichten über die regionale Wärmeversorgung genutzt.

In einem **zweiten Schritt** haben die Kommunen Optionen für die zukünftige Wärmeversorgung erarbeitet, während die Landkreise regionale Zusammenfassungen erstellt haben.

Darauf aufbauend erstellten die Landkreise regionale Wärmepläne, die der **dritte Schritt** in der gesamten Heizungsplanung waren.

Die Wärmepläne wurden identifiziert:

- Die Priorität der Wärmeversorgungsoptionen in einem bestimmten Bereich.
- Die Standorte für zukünftige Wärmeversorgungseinheiten und -netze.

Zoneneinteilung

Im Rahmen des Regionalplans und nach Verhandlungen mit den lokalen Energieversorgern haben die Kommunen kommunale Wärmepläne erstellt. Die Wärmepläne beinhalteten "Zoneneinteilung", die festlegte, welche Gebiete mit DH bzw. Erdgas versorgt werden sollten. Ziel war es, effiziente und emissionsarme Energiesysteme in städtischen Gebieten zu etablieren. Zoning verhinderte auch Überinvestitionen in die Infrastruktur, indem es ganze Gebiete aufdeckte, die für die Infrastrukturentwicklung am geeignetsten waren.

Projekte zur Errichtung, Erweiterung oder sonstigen Änderung des lokalen DH-Systems oder des lokalen Erdgassystems waren genehmigungspflichtig und mussten den regionalen und kommunalen Wärmeplänen entsprechen.

Wahl der Wärmeversorgung nach Aufwand

Die Wahl der Wärmeversorgung sollte (und soll) auf der Grundlage sozioökonomischer Kosten erfolgen. Um den Kommunen bei der Durchführung der entsprechenden Wirtschaftsanalysen zu helfen, wurde der erste dänische Technologiecatalog entwickelt. Der Catalog enthielt Informationen nicht nur über Wärmeversorgungsanlagen, sondern auch über andere wichtige Punkte, wie z.B. die Berechnung der Verteilung des Wärmebedarfs über ein Jahr, die Bewertung der Investitionen in Gasnetze und DH-Netze usw. Außerdem wurden Prognosen für die Kraftstoffpreise erstellt. Dies bildete eine standardisierte und vergleichbare Methode zur Bewertung der Wärmeversorgungsmöglichkeiten für Kommunen in ganz Dänemark.

Fernwärme und Erdgas

Der verstärkte Einsatz von DH und Erdgas spielte eine wichtige Rolle bei der Wärmeplanung, und der Wärmeplanungsprozess führte zu einer umfassenden Entwicklung sowohl von Erdgas- als auch von DH-Netzen. Von 1972 bis 1990 stieg der Anteil von Erdgas zum Heizen von 0 % auf über 10 % und der Anteil von DH von 20 % auf ca. 40 %. Seit 1990 nimmt der Einsatz von Erdgas und DH weiter zu.

Kraft-Wärme-Kopplungsvereinbarung von 1986

Es wurde auch die Möglichkeit der großtechnischen Kraft-Wärme-Kopplung geprüft, um überschüssige Wärme aus der Stromerzeugung zu nutzen.

Mit der Einführung des "Kraft-Wärme-Kopplungsabkommens" im Jahr 1986 wurde die kleinmaßstäbliche Kraft-Wärme-Kopplung zu einer wichtigen energiepolitischen Priorität.

Die Vereinbarung wurde zwischen der Regierung und den nationalen Stromversorgern getroffen, die verpflichtet waren, mindestens 450 MW Stromleistung an kleinen KWK-Blöcken zu installieren. Ein weiterer Schwerpunkt lag auf der Umsetzung eines Programms, das die Prüfung und Demonstration verschiedener Arten von Kesselanlagen, z.B. Biomasse und Abfall, umfasst.

Möglicher obligatorischer Anschluss und Verbot von Elektroheizungen zur Unterstützung der öffentlichen Versorgung.

Das erste Wärmeversorgungsgesetz sah auch für die Kommunen die Möglichkeit vor, neue und bestehende Gebäude an die öffentliche Trinkwasserversorgung oder Gasversorgung anzuschließen.

Im Jahr 1982 wurde diese Option in eine Ausführungsanordnung umgesetzt, die seitdem weitgehend unverändert geblieben ist. Ziel ist es, die Investitionen in die DH-Infrastruktur zu sichern, indem vermieden wird, dass die Haushalte aussteigen. Die Befugnis der Kommunen, Gebäude an das öffentliche Netz anzuschließen, ist nach wie vor in Kraft, wird aber heute sehr selten genutzt.

Um die effiziente Energienutzung zu verbessern, wurde 1988 ein nationales Verbot der Elektroheizung in neuen Gebäuden eingeführt. Später, 1994, wurde das Verbot erweitert, um die Installation von elektrischer Heizung in bestehenden Gebäuden mit wasserbasierten Zentralheizungsanlagen zu verhindern, die sich in Gebieten mit öffentlicher DH- oder Gasversorgung befanden. Das Verbot der Elektroheizung ist nach wie vor in Kraft, obwohl neue Niedrigenergiegebäude ausgenommen sind.

Sowohl der obligatorische Anschluss als auch das Verbot der Elektroheizung entsprachen der 1979 formulierten Energiepolitik. Der obligatorische Anschluss und das Verbot ermöglichten es, ein sicheres Einkommen für die Energieunternehmen zu gewährleisten, was auch die Wettbewerbsfähigkeit der öffentlichen Energieversorgung sicherstellte.

Steuern als Kontrollsystem

In den 1970er und 1980er Jahren wurden auf Kraftstoffe, die zur Wärmeerzeugung verwendet werden, Steuern erhoben, um den Einsatz umweltfreundlicher Energie und eine effiziente Energienutzung zu fördern. Deshalb wurden Biomasse und Biogas von der Steuer befreit.

Als die Öl- und Gaspreise Ende der 80er Jahre sanken, wurde das Steuerniveau für diese Kraftstoffe erhöht. Damit wurde sichergestellt, dass die Verbraucher weiterhin motiviert waren, umweltfreundliche Energiequellen zu nutzen und Energie zu sparen.

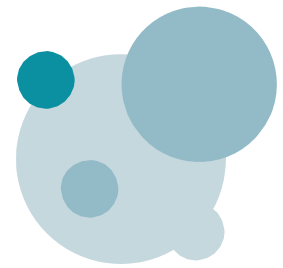


Abb. 10: Installation neuer DH-Rohre in Kopenhagen

Fokus auf Umwelt- und Energieausbau in den 90er Jahren

Mit einer Novelle des Wärmeversorgungsgesetzes im Jahr 1990 wurde ein neues Planungssystem eingeführt. Auf der Grundlage eines in einer politischen Vereinbarung festgelegten allgemeinen Rahmens wurde ein "Projektsystem" entwickelt. Ziel war es, den Ausbau der dezentralen KWK durch:

- Umrüstung bestehender Anlagen auf Kraft-Wärme-Kopplung und Stromversorgung
- Verstärkter Einsatz von Erdgas
- Verstärkter Einsatz von umweltfreundlichen Kraftstoffen
- Steigerung der Energieerzeugung aus KWK-Anlagen

Die Vereinbarung sollte zwei besondere Probleme lösen: die Verringerung der CO₂-Emissionen Dänemarks und die Sicherstellung der wirtschaftlichen Tragfähigkeit des Ausbaus des Erdgasnetzes durch einen höheren Erdgasabsatz.

Die im Vertrag festgelegte Umstellung von reinen Heizkesseln auf KWK erfolgte in drei Phasen:

- In der ersten Phase (1990-1994) wurden die großen kohlebefeuderten DH-Anlagen mit Zugang zur Erdgasversorgung auf gasbefeuderte KWK umgestellt. Außerdem wurden größere erdgasbefeuderte DH-Einheiten auf KWK umgestellt und entsprechende Müllverbrennungsanlagen für die Umstellung auf KWK berücksichtigt.
- In der zweiten Phase (1994-1996) wurden die restlichen kohlebefeuderten DH-Einheiten mit Zugang zur Erdgasversorgung auf gasbefeuderte KWK umgestellt. Auch mittelgroße erdgasbefeuderte DH-Einheiten wurden in KWK-Anlagen umgewandelt und DH-Einheiten ohne Zugang zu Erdgas wurden benötigt, um eine Umstellung auf Stroh, Hackschnitzel oder andere Biokraftstoffe in Betracht zu ziehen.
- In der dritten Phase schließlich mussten die kleineren erdgasbefeuderten DH-Einheiten auf KWK umgestellt werden, und die verbleibenden DH-Einheiten ohne Zugang zu Erdgas mussten die Umstellung auf Stroh, Hackschnitzel oder andere Biokraftstoffe in Betracht ziehen.

Als Ergebnis dieser Initiativen und dank einer Kombination aus attraktiven politischen Anreizen verfügt Dänemark heute über einen der größten Anteile an der Kraft-Wärme-Kopplung in Europa.

Pflanzen auf der grünen Wiese

Anfang der 90er Jahre wurden in einer Reihe größerer Dörfer im ganzen Land neue DH-Anlagen errichtet, die noch nie zuvor DH hatten, so genannte Freilandanlagen.

Die meisten dieser neuen DH-Anlagen produzierten auch Strom. Die Kraft-Wärme-Kopplung sparte Kraftstoff und war damit umweltfreundlicher als die getrennte Produktion.

Ende der 90er Jahre gerieten eine Reihe von Greenfield-Anlagen in finanzielle Schwierigkeiten, die zum Teil auf höhere Erdgaspreise zurückzuführen waren. In mehreren Fällen unterstützten die Regierung und die Erdgasunternehmen. Im gleichen Zeitraum wurde die Besteuerung der Kraft-Wärme-Kopplung zugunsten von Freiflächenanlagen und anderen kleinen KWK-Anlagen geändert.

Subventionen zur Förderung der dezentralen KWK

Im Jahr 1992 wurde eine Subvention für die Stromerzeugung eingeführt. Ziel war es, die Entwicklung von kleinskaliger Kraft-Wärme-Kopplung und Strom auf Basis von Erdgas und erneuerbaren Energien zu fördern. Diese neue Beihilfe ersetzte eine frühere Beihilfe für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien.

1997 wurde die Förderung gekürzt, allerdings nicht für die kleinsten KWK-Anlagen und Freilandanlagen. Die Reduzierung der Förderung führte zu finanziellen Schwierigkeiten für eine Reihe von erdgasbasierten KWK-Anlagen. Daher war es notwendig, dass die Regierung den Betroffenen über einen sogenannten "Hilfspool" eine Entschädigung gewährt.

Im Jahr 2003 traten neue Regelungen in Kraft, nach denen die kleine und industrielle KWK-Erzeugung von einer Steuersenkung profitieren konnte, während die Subventionen auf ihrem reduzierten Niveau blieben.

Heute erhält Strom aus Biomasse einen Zuschlag zum Marktpreis von 20 EUR/MWh.

Erneuerbare Energien als Teil der Wärmeversorgung

Erneuerbare Energien zur Wärmeversorgung wurden in den 90er Jahren zu einer Priorität, als Ziele für die verstärkte Nutzung von Biomasse in zentralen und kleinen Anlagen festgelegt wurden.

Die Nutzung von Biomasse wurde durch politische Maßnahmen und finanzielle Zuschüsse unterstützt. Insbesondere die Nutzung von Biomasse in zentralisierten Anlagen wurde durch die Biomassevereinbarung vom 14. Juni 1993 erleichtert. Diese Vereinbarung sah vor, dass bis Ende 2000 jährlich 1,2 Mio. Tonnen Stroh und 0,2 Mio. Tonnen Hackschnitzel in Kraftwerken eingesetzt werden. Später wurde die Vereinbarung geändert, um eine flexiblere Wahl der Biomasse zu ermöglichen.

1987 wurde ein Biogas-Aktionsplan mit dem Ziel erstellt, wettbewerbsfähige Biogasanlagen zu schaffen. 1995 wurde der Schluss gezogen, dass sich die Biogastechnologie zu einem Punkt entwickelt hatte, an dem sie eine Rolle bei der dänischen Energieversorgung spielen konnte. Im Jahr 2015 trug Biogas zu 1,6 % zur dänischen DH-Produktion bei.

Regulierung des Fernwärmesektors

Die öffentliche Wärmeversorgung ist durch das Wärmeversorgungsgesetz geregelt. Nach dem Wärmeversorgungsgesetz sind die Stadtverwaltungen in Zusammenarbeit mit Versorgungsunternehmen und anderen Beteiligten für die Durchführung der Wärmeplanung für das Gemeindegebiet zuständig. Die übergeordneten Ziele der Wärmeplanung sind: die Förderung der Heizform mit dem größten Nutzen für die Gesellschaft; die Förderung der umweltfreundlichsten Heizform (einschließlich der Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung); und die Verringerung der Abhängigkeit der Energieversorgung von Öl und anderen fossilen Brennstoffen.

DIE ORGANISATION DES DH-SEKTORS UND DER WICHTIGSTEN AKTEURE

Die Gemeinden sind die zentralen Akteure in der kollektiven Wärmeversorgung. Sie führen die Heizungsplanung durch und sind dafür verantwortlich, dass die Erweiterung von DH und Änderungen im DH-System mit dem Wärmeversorgungsgesetz übereinstimmen.

Die dänische Energieregulierungsbehörde und die Beschwerdekammer im Energiebereich überwachen den DH-Sektor und bearbeiten Beschwerden über Preise und Konditionen. Beschwerden gegen Entscheidungen von Behörden und die Auslegung von Gesetzen und Vorschriften können an die Energy Appeal Board gerichtet werden.

KOMMUNALE WÄRMEPLANUNG UND WÄRMEVERSORGUNGSGESETZ

Die heutige kommunale Wärmeplanung

In Dänemark sind die Gemeinden für die Erstellung und Aktualisierung von kommunalen Wärmeplänen und die Genehmigung von Wärmeprojekten verantwortlich. Damit ist es die Stadtverwaltung, die die endgültige Entscheidung über die Heizungsplanung und den Ausbau der Wärmeversorgung in der Gemeinde trifft.

Behörden, die den DH-Sektor beaufsichtigen und Beschwerden bearbeiten.

Die dänische Energiebehörde beaufsichtigt den DH-Sektor und bearbeitet Beschwerden allgemeiner Art. Alle DH- und KWK-Anlagen sind verpflichtet, der dänischen Energieregulierungsbehörde Informationen über Preise und Bedingungen vorzulegen, damit die Behörde Beschwerden und Einwände bearbeiten kann. Die dänische Energieregulierungsbehörde befasst sich hauptsächlich mit allgemeinen Fragen wie Tarifen und Bedingungen für die Wärmelieferung.

Beschwerden privater Verbraucher über DH-Unternehmen bezüglich des Kaufs und der Lieferung von Wärme werden vom Verwaltungsrat innerhalb des Energiebereichs bearbeitet.

Der ENERGY APPEAL BOARD bearbeitet Beschwerden über die Entscheidungen der Behörde im Einzelfall und mögliche Fehlinterpretationen des Gesetzes. Beschwerden können an das Ministerium für Energie, Versorgung und Klima, die dänische Energieregulierungsbehörde und die einzelnen Gemeinden gerichtet werden.

Das wichtigste Gesetz in der dänischen Wärmeversorgung ist das Wärmeversorgungsgesetz. Dieses Gesetz regelt öffentliche Wärmeversorgungsanlagen (einschließlich sogenannter "Blockheizkraftwerke") mit einer Heizleistung von mehr als 250 kW und Blockheizkraftwerke mit einer Heizleistung von bis zu 25 MW.

Blockheizkraftwerke

Eine Blockheizkraftwerk ist eine Wärmeerzeugungsanlage, die in Verbindung mit einem größeren Gebäudekomplex errichtet wird und eine vorgegebene Anzahl von Wärmeabnehmern, z.B. eine Wohnanlage oder ein Krankenhaus, mit Wärme versorgt. Eine Blockheizkraftwerk in oder in der Nähe einer öffentlichen Energieversorgungsanlage, z.B. eines DH-Netzes, sollte in den meisten Fällen an dieses System angeschlossen werden.

Große Heizkraftwerke sind durch das Stromgesetz geregelt. Die Wärmeversorgung aus diesen Anlagen wird jedoch durch das Wärmeversorgungsgesetz geregelt.

Die Notwendigkeit eines Projektantrags

Bei der Errichtung einer DH-Anlage oder eines DH-Netzes oder einer größeren Änderung eines bestehenden Systems (z.B. Kraftstoffwechsel, technisches Konzept oder Produktionserweiterung) muss ein sogenannter Projektvorschlag erstellt und der Gemeinde zur Genehmigung vorgelegt werden. Bei Demonstrationsprojekten und dergleichen ist es möglich, eine Freistellung/Ausnahme vom Projektantrag zu beantragen.

Der Projektvorschlag muss in Übereinstimmung mit bestimmten Politiken und Regeln durchgeführt werden, die eine Reihe von Anforderungen enthalten, z.B. die Wahl der Brennstoffe und die Kraft-Wärme-Kopplung von Wärme und Strom.

Der Projektantrag muss sozioökonomische, benutzerökonomische, unternehmensfinanzielle und umweltbezogene Analysen verschiedener Projektalternativen umfassen. Mit anderen Worten, verschiedene Optionen für die Wärmeversorgung werden nach einer festgelegten Methodik verglichen. Der Stadtrat muss dann die Projektalternative mit dem größten sozioökonomischen Nutzen genehmigen.

Als Grundlage für die Vorbereitung des Projektvorschlags liefert die dänische Energiebehörde eine Reihe von sozioökonomischen Annahmen. Zu diesen Annahmen gehören unter anderem Kraftstoffpreise, Strompreise, externe Kosten von Emissionen und Zinssätzen. Die dänische Energiebehörde stellt auch Technologiedaten zur Verfügung, die als Referenz dienen können.

Gemeinnütziges Prinzip

Die öffentliche Wärmeversorgung unterliegt gemeinnützigen Regeln und Vorschriften. Das Gemeinnützigkeitsprinzip wird aus den folgenden beiden kommunalrechtlichen Grundsätzen definiert:

- Versorgungsleistungen dürfen nicht zu einer indirekten Besteuerung der Verbraucher führen. Mit anderen Worten, die Gemeinde darf ihr Einkommen nicht durch Versorgungsleistungen erhöhen.

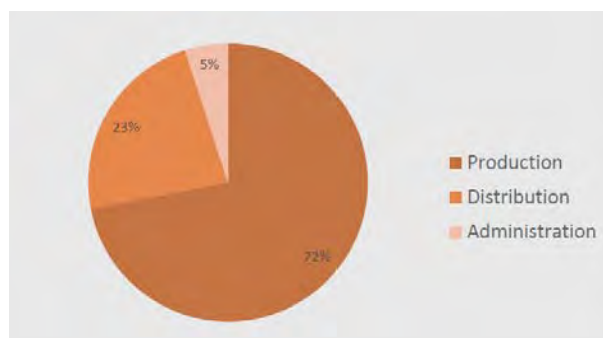
- Versorgungsleistungen dürfen nicht zu einer indirekten Subventionierung der Verbraucher führen. Mit anderen Worten, die Gemeinde darf keine Zuschüsse an die Nutzer der Versorgungsleistung gewähren.

Es ist die DH-Gesellschaft selbst, die dem Gemeinnützigkeitsprinzip unterliegt. Alle Dienstleistungen und Lieferungen an das DH-Unternehmen in Bezug auf Kraftstoffversorgung, Rechtsbeistand und Beratungsleistungen gelten als gewerbliche Tätigkeit.

Das Wärmeversorgungsgesetz definiert, welche Kosten in den Wärmepreis einbezogen werden können, und nur diese Kosten können einbezogen werden. Darüber hinaus ist es Voraussetzung, dass der Aufwand ein "notwendiger Aufwand" ist.

Die folgende Abbildung zeigt, wie sich die Kosten der dänischen DH-Unternehmen nach Produktion, Vertrieb und Verwaltung verteilen. Wie man sieht, entfallen 95 % der Kosten auf die Erzeugung und Verteilung von Wärme.

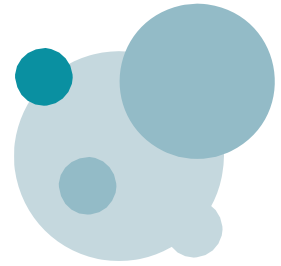
Abb. 11: Aufteilung der Kosten der dänischen DH-Unternehmen, 2011 (noch relevant)



Quelle: Dänischer Fernwärmeverband

Rentabilität der Investition

Abschreibungen, Rückstellungen für zukünftige Investitionen sowie Zinsen auf das eingesetzte Kapital können in Einzelfällen als notwendiger Aufwand berücksichtigt werden.



Sozioökonomische Kosten-Nutzen-Analyse zur Bewertung von Wärmeprojekten

Eines der wichtigsten Genehmigungskriterien für Wärmeprojekte in Dänemark ist die sozioökonomische Kosten-Nutzen-Analyse. Nur Projekte, die den größten Nutzen für die Gesellschaft bringen, werden priorisiert.

Eine sozioökonomische Analyse stellt sicher, dass alle gesellschaftlichen und externen Kosten der Wärmeprojekte in die Projektbewertung einbezogen werden. Die Analyse ist immer ein Vergleich zwischen zwei oder mehreren Alternativen, bei denen Steuern ausgeschlossen sind und externe Effekte, wie z.B. Kosten für Emissionen, einbezogen werden. Die Projektalternativen werden immer über die gesamte erwartete technische Lebensdauer bewertet. Wenn die technischen Laufzeiten verschiedener Technologien nicht gleich sind, werden Schrottwerte oder Reinvestitionen in die Analyse einbezogen.

Die sozioökonomische Analyse muss auf einer Methodik und auf Daten der dänischen Energiebehörde beruhen. Die Daten bestehen aus Prognosen über die künftigen Energiepreise, die Kosten für die Emission bestimmter Schadstoffe und anderen Überlegungen, die für eine vollständige Abrechnung der sozioökonomischen Analyse eines Projekts erforderlich sind. Dadurch wird sichergestellt, dass verschiedene Wärmeprojekte auf der Grundlage vergleichbarer Analysen und Methoden bewertet und ausgewählt werden.

Die dänische Energiebehörde ist für die Bereitstellung eines nationalen Technologiekatalogs und von Daten über:

- Zukünftige Kraftstoffpreise
- Zukünftige Strompreise
- Kosten für Externalitäten
- Kosten und technische Spezifikationen verschiedener Wärmeerzeugungsanlagen

Diese Daten helfen Gemeinden und Wärmeunternehmen, genaue Kostenschätzungen zu erstellen, was den Planungs- und Genehmigungsprozess stärkt. Wenn das Heizgesellschaft, das eine Projektgenehmigung beantragt, jedoch genauere lokale Daten hat, müssen diese Daten anstelle der Daten der dänischen Energiebehörde verwendet werden. Dies ist beispielsweise bei den Wärmepreisen immer der Fall, wenn es um Projekte in bestehenden Fernwärmegebieten geht.

Schutz der Verbraucher

Das Non-Profit-Prinzip stellt sicher, dass die Verbraucher vor dem Missbrauch des natürlichen DH-Monopols geschützt sind, da der DH-Preis auf einer kostenorientierten Preisgestaltung basiert. Der Verbraucherschutz vor ineffizientem Management und Betrieb wird jedoch nicht durch das gemeinnützige Prinzip gewährleistet. Um die Effizienz zu gewährleisten, werden die DH-Unternehmen jährlich freiwillig miteinander verglichen.

Verpflichtung zum Anschließen und Aufrechterhalten der Verbindung

Die Anschlusspflicht bedeutet, dass die Stadtverwaltung Gebäude für den Anschluss an die öffentliche Wärmeversorgung vorschreiben kann. Dies bedeutet in der Tat, dass die Verbraucher verpflichtet sind, eine Anschlussgebühr und/oder eine feste Jahresgebühr an das Wärmeversorgungsunternehmen zu zahlen, unabhängig davon, ob sie Wärme nutzen oder nicht.

In einigen Fällen kann es auch zu einer Verpflichtung kommen, tatsächlich Wärme zu beziehen. Besteht jedoch keine Verpflichtung zum Kauf von Wärme, ist es dem Verbraucher möglich, eine alternative individuelle Wärmeversorgungsquelle zu etablieren, sofern er auch weiterhin den jährlichen Fixbetrag an das öffentliche Wärmeversorgungsunternehmen zahlt. Die Verbindungsverpflichtung oder der obligatorische Anschluss kann sowohl für neue als auch für bestehende Gebäude gelten.

Für bestehende Gebäude tritt die Verpflichtung jedoch erst nach einer Nachfrist von neun Jahren nach dem Beschluss des Stadtrates über Pflichtanschlüsse in Kraft. In bestimmten Fällen kann es jedoch erforderlich sein, dass ein bestehendes Gebäude vor Ablauf der neunjährigen Nachfrist an die öffentliche Wärmeversorgung angeschlossen wird. Dies kann beispielsweise vorgeschrieben werden, wenn das Gebäude seine Heizungsanlagen ohnehin ersetzen muss.

Der Stadtrat kann auch Gebäude, die bereits an die öffentliche Wärmeversorgung angeschlossen sind, weiterhin mit einem Anschluss versehen. Dies wird als "Verbindungspflicht" bezeichnet. Das Verfahren und die Rechtswirkungen sind gleich wie bei der allgemeinen Anschlusspflicht und die Anschlusspflicht tritt unmittelbar nach der Entscheidung des Stadtrates in Kraft.

Dispensation

In einigen Fällen können die Verbraucher von der Verpflichtung zum Anschluss oder zur Aufrechterhaltung der Verbindung befreit werden. So sind die Kommunen beispielsweise verpflichtet, für neue Niedrigenergiegebäude eine Ausnahmegenehmigung zu erteilen. Eine Ausnahme kann auch im Falle des Abrisses eines bestehenden Gebäudes und des Baus eines neuen Niedrigenergiegebäudes gewährt werden.

Kraftstoffauswahl

Beim Auf- oder Ausbau der DH-Versorgung in einem Gebiet regeln Vorschriften, welche Kraftstoffe verwendet werden dürfen. Im Falle der KWK können mehr oder weniger alle Kraftstoffarten gewählt werden. Für die reine Wärmeerzeugung (ohne Kraft-Wärme-Kopplung mit Strom) sind die zulässigen Brennstoffarten jedoch davon abhängig, ob sich die DH-Anlage in einem Gebiet mit oder ohne Erdgasversorgung befindet.

Befindet sich die DH-Anlage in einem Gebiet mit Erdgasversorgung, kann nur Erdgas zur reinen Wärmeerzeugung verwendet werden. Befindet sich die DH-Anlage in einem Gebiet ohne Erdgasversorgung, können die Brennstoffe entweder Biomasse, Abfall, Biogas, Deponiegas und andere vergaste Biomasse sein.

In den Jahren 2013 und 2015 wurde jedoch einer Reihe von DH-Unternehmen mit außergewöhnlich hohen Heizpreisen in Gebieten mit öffentlicher Gasversorgung gesetzlich gestattet, einen 1-MW-Heizkessel auf Biomassebasis einzuführen. Da Biomasse von der Steuer befreit ist, konnten diese DH-Unternehmen ihren Wärmepreis für die Verbraucher senken.

Aufteilung der Kosten und Erträge aus Wärme und Strom

Eine Herausforderung der Monopolregulierung besteht darin, eine Quersubventionierung zwischen den Monopolaktivitäten und den kommerziellen Aktivitäten zu vermeiden. Dies gilt insbesondere für DH, die durch die KWK eng mit dem liberalisierten/gewerblichen Stromsektor verbunden ist.

Im Rahmen der KWK kommt es zu einer Quersubventionierung von der regulierten Wärmeversorgung zur liberalisierten Stromversorgung, wenn der Wärmepreis höher ist als ohne KWK-Erzeugung und der Strom zu einem Preis verkauft wird, der unter den Grenzkosten der Stromerzeugung liegt. Innerhalb dieser Definition gibt es jedoch noch eine Reihe von Möglichkeiten, die Kosten und Erträge zwischen der Strom- und der Heizungsseite zu teilen.

Die Kostenteilung bei großen KWK-Anlagen, die auf dem Strommarkt Gewinne erzielen dürfen, basiert heute auf Verhandlungen zwischen der Strom- und der Heizungsseite. Für kleine KWK-Anlagen, die auf dem Strommarkt keine Gewinne erzielen dürfen, werden die Kosten der Wärmeerzeugung einfach als "Netto-Wärmeerzeugungskosten" ermittelt, die auch die Erträge aus dem Verkauf von Strom berücksichtigen. Mit anderen Worten, bei kleinen KWK-Anlagen reduziert der mögliche Gewinn aus dem Verkauf von Strom den Wärmepreis für die Verbraucher.

SUBVENTIONEN UND STEUERN

Subventionen

In den 90er Jahren erhielten einige Wärmekraftwerke Investitionszuschüsse. Die meisten dieser Zuschüsse sind jedoch inzwischen entfallen, da die Technologien kommerziell ausgereifter geworden sind.

Heute verkaufen alle zentralen und die meisten dezentralen KWK-Anlagen Strom zum Marktpreis im nordischen Strommarkt. Daher müssen sie ihre Produktion nach dem Marktpreis für Strom auf dem Spotmarkt optimieren, wo die Preise für jede Stunde festgelegt werden. Daher ist es das Ziel der KWK-Anlagenbetreiber, bei hohen Strompreisen Strom und Wärme in KWK zu erzeugen.

Ebenso versuchen sie, ihre Produktion bei niedrigen Strompreisen zu minimieren. Diese Betriebsweise wird durch die aktive Nutzung des Wärmespeichers im System erleichtert.



Neben den Erträgen aus dem Stromverkauf am Spotmarkt erhalten die meisten dezentralen KWK-Anlagen einen Stromerzeugungszuschuss. Ursprünglich wurde diese Förderung als Einspeisevergütung mit drei verschiedenen Vergütungsniveaus je nach Lieferzeitpunkt gewährt, wurde aber in einen festen Jahresbetrag umgewandelt, der bis Ende 2018 zur Verfügung steht.

Nach 2018 erhalten nur noch Strom- und Heizkraftwerke, die erneuerbare Energieträger nutzen, einen Zuschlag zum Marktpreis für Strom. So erhält beispielsweise Strom aus Biomasse einen Zuschlag zum Marktpreis von 20 EUR pro MWh.

Steuern auf Brennstoffe, die zur Wärmeerzeugung verwendet werden

Auf die Verwendung fossiler Brennstoffe zur Wärmeerzeugung werden Steuern erhoben, aber Biomasse ist von der Steuer befreit. Daher haben dänische DH-Produzenten einen Anreiz, Biomassebrennstoffe zu verwenden.

Die in Abbildung 9 (Seite 9) dargestellten Steuern gelten zusammen mit den Brennstoffkosten für Brennstoffe, die zur Wärmeerzeugung verwendet werden. Die Besteuerung von Brennstoffen, die für die Stromerzeugung verwendet werden, ist anders, da die Steuer auf den Stromverbrauch der Verbraucher und nicht auf den Brennstoff selbst erhoben wird.

Da die Besteuerung von Brennstoffen zur Stromerzeugung nicht direkt (mit Ausnahme der Mehrwertsteuer) erfolgt, ist es notwendig, den Brennstoffverbrauch in KWK-Anlagen in Wärme- und Stromerzeugung aufzuteilen. Dies kann auf unterschiedliche Weise geschehen, aber aus steuerlichen Gründen wird in vielen Fällen ein steuerlicher Wärmeerzeugungswirkungsgrad von 120 % verwendet. Produziert ein Heizkraftwerk also 1 MWh Wärme in Kraft-Wärme-Kopplung mit 0,65 MWh Strom, wird eine Brennstoffmenge von $(1 / 120 \%) \text{ MWh} = 0,83 \text{ MWh}$ auf die Wärmeerzeugung und der Rest auf die Stromerzeugung verteilt.

Brennstoffzuteilung an der KWK für Wärme und Strom

Es gibt keine genaue Möglichkeit, den Brennstoff in einem Heizkraftwerk zwischen Wärme- und Stromerzeugung aufzuteilen. Wenn der Nutzen / die Brennstoffeinsparung der KWK ausschließlich auf die Heizungsseite übertragen wird, entspricht der Wirkungsgrad der Stromerzeugung dem Wirkungsgrad einer Referenzanlage (z.B. 40 %). In diesem Fall kann der marginale Wirkungsgrad der Wärme-Produktion je nach KWK-Anlage auf 250-300 % geschätzt werden. Wenn der Nutzen / die Brennstoffeinsparung der KWK ausschließlich auf die Stromseite bezogen wird, liegt der Wirkungsgrad der Strom- und Wärmeerzeugung bei 85-90 %. Mit anderen Worten, der Wirkungsgrad der Stromerzeugung kann zwischen 40 % und 90 % und der Wirkungsgrad der Wärmeerzeugung zwischen 90 % und 250-300 % variieren, je nachdem, wie der Nutzen / die Kraftstoffeinsparung der KWK verteilt wird.

Künftige Entwicklungstrends für die Fernwärme in Dänemark

Die dänischen energiepolitischen Ziele haben sich im Laufe der Zeit verändert, und DH-Systeme haben ihre Flexibilität bewiesen, um die verschiedenen politischen Ziele zu entwickeln und kontinuierlich zu unterstützen. Auch in Zukunft wird DH ein wichtiger Faktor bei der Erreichung der politischen Ziele sein, sowohl kurzfristig in Bezug auf die Erfüllung der EU 2020-Ziele als auch in Bezug auf die langfristigen Ziele bis 2050.

Energiepolitische Ziele

Es wird erwartet, dass die DH in Dänemark eine wichtige Rolle bei der Erreichung der folgenden Ziele spielen wird:

- Zu den Energiezielen der EU für 2020 gehören eine Verringerung der CO₂-Emissionen um 20 % gegenüber dem Stand von 1990, eine Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien auf 20 % der Energie (der Anteil Dänemarks beträgt 30 %) und eine Steigerung der Energieeffizienz um 20 %.
- Im Jahr 2020 sollen die Windturbinen in Dänemark voraussichtlich 50 % der heimischen Stromversorgung abdecken.
- Bis 2030 sollen 50 % des Bruttoenergieverbrauchs durch erneuerbare Energien gedeckt werden.
- Längerfristig, d.h. 2050, soll das Energiesystem in Dänemark unabhängig von fossilen Brennstoffen sein.

Die Erfüllung der oben genannten politischen Ziele erhöht unter anderem die Herausforderungen der Bilanzierung der Windenergie im Stromnetz. Die Windenergie ist naturgemäß zeitweise auftretend, und die Windenergieproduktion kann nicht mit der Nachfrage Schritt halten. Manchmal deckt die Windkraft nur einen kleinen Teil des Strombedarfs, während die Stromproduktion aus Windkraftanlagen einen sehr großen Teil des Strombedarfs deckt oder sogar übersteigt. Flexible DH-Systeme können helfen, diese Schwankungen im Stromnetz auszugleichen und damit die Integration der Windenergie zu unterstützen.

Nach den längerfristigen Zielen des Jahres 2050 muss ein sehr großer Teil der Strom- und Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien stammen. In dieser Hinsicht hat DH einen großen Vorteil, weil es sowohl hinsichtlich der Brennstoffe als auch der Wärmeerzeugungstechnologien flexibel ist.

Flexible DH-Systeme

Einige technische Maßnahmen können die Flexibilität des DH/KWK-Systems verbessern und beispielsweise zur Integration der Windenergie beitragen:

- Wärmespeicher
- Elektrokessel und Wärmepumpen
- Bypass von Turbinen

Durch den Einsatz von **Wärmespeichern**, wie sie bereits in Dänemark üblich sind, können DH-Anlagen ihre KWK-Produktion verringern, wenn genügend Strom aus Windkraftanlagen im System vorhanden ist und dennoch Wärme aus dem Wärmespeicher liefern können.

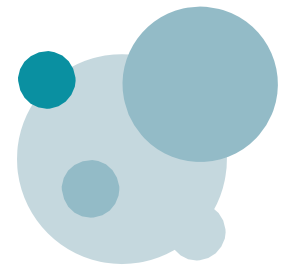
Durch den Einsatz von **Elektrokesseln** und **Wärmepumpen**, können DH-Anlagen überschüssigen Strom aus Windkraftanlagen direkt zur Wärmeerzeugung nutzen.

Durch den **Bypass von Turbinen** kann ein Heizkraftwerk die Stromerzeugung bei Überschuss im System vermeiden. Stattdessen kann nur Wärme mit dem gleichen Wirkungsgrad wie bei einem reinen Heizkessel erzeugt werden.

Die Flexibilität des DH/KWK-Systems ist daher ein wichtiger Aspekt bei der Integration eines großen Teils der Windenergie in das Energiesystem.

Niedertemperatur-DH-Systeme

In vielen dänischen DH-Netzen liegt die Vorlauftemperatur bei etwa 80 °C oder höher und die Rücklauftemperatur bei 40-45 °C. Viele DH-Unternehmen haben sich darauf konzentriert, die Temperaturen in ihren Netzwerken zu senken, in einigen Fällen sogar bis zu 50/25 °C Vor- und Rücklauf. In Zukunft können noch niedrigere Temperaturen möglich sein. Niedrigere Temperaturen haben eine Reihe von Vorteilen:



- Niedrigere Temperaturen reduzieren die Wärmeverluste im Rohrleitungsnetz.
- niedrigere Rücklauftemperatur erhöht den Wirkungsgrad der thermischen Wärmeerzeugungsanlage, insbesondere bei der Rauchgaskondensation.
- Eine niedrigere Vorlauftemperatur erhöht den Wirkungsgrad der Wärmepumpen in einem DH-System und erhöht die Möglichkeiten, verschiedene Niedertemperaturheizquellen für die DH-Produktion zu nutzen.

Niedertemperatur-DH-Systeme sind besonders relevant in Neubauten mit modernen Fußbodenheizungen. In einigen älteren Gebäuden können jedoch die alten Gebäudeinstallationen (Kühleranlagen usw. mit kleinen Flächen) eine hohe Temperatur erfordern, um das Gebäude zumindest in Spitzenlastzeiten ausreichend zu erwärmen.

Eine Reihe bestehender DH-Bereiche haben in den letzten Jahren das Temperaturniveau im DH-Netz erfolgreich reduziert. Gerade bei großen Netzen ist es wichtig, dass das Temperaturniveau kontinuierlich entsprechend dem tatsächlichen Bedarf im DH-Netz optimiert wird (Online-Optimierung).

Niedertemperatur-DH ist ein Schlüsselement der nächsten Generation von DH. Dies wird eine optimale und effiziente Nutzung verschiedener Energiequellen wie überschüssige Wärme, Wärmepumpen, Solarthermie und Geothermie ermöglichen. Die nächste Generation von DH kann auch kombiniertes Heizen und Kühlen sowie Zweiwege-DH beinhalten, bei denen Häuser mit einer möglichen Wärmeversorgung während einiger Stunden, z.B. durch lokale Solarwärme, Wärme an das Netz abgeben können.

BIOMASSE

Wie in Kapitel 1, "Hauptmerkmale der heutigen dänischen Fernwärme", besprochen, ist die Menge der für DH in Dänemark verwendeten Biomasse in den letzten Jahrzehnten deutlich gestiegen, und der Anteil der Biomassebrennstoffe an der dänischen DH-Produktion betrug 2015 mehr als 45 %.

Der Anteil der Biomasse wird in den kommenden Jahren voraussichtlich noch weiter steigen, unter anderem durch die weitere Umstellung bestehender KWK-Anlagen von fossilen Brennstoffen auf Biomasse.

Die zunehmende Nutzung von Biomasse für Energiezwecke hat zu Nachhaltigkeitsbedenken von Wissenschaftlern und Umweltgruppen geführt. Nachhaltigkeitsaspekte umfassen CO₂-Belastungen, Landnutzungsänderungen und Biodiversität.

Im Dezember 2014 haben die dänischen Energieverbände eine Branchenvereinbarung zur Sicherstellung der Nachhaltigkeit von Holzpellets und Hackschnitzeln in dänischen Heizkraftwerken mit einer Leistung von mehr als 20 MW verabschiedet. Dazu gehört auch, dass die in den KWK-Anlagen verwendete Biomasse aus nachhaltiger Forstwirtschaft stammt, die durch eine Reihe von Parametern wie Wiederaufforstung und Biodiversität, Schutz der Ökosysteme und globaler Kohlenstoffkreislauf definiert wird.

Elektrokessel und Wärmepumpen

Bei einem hohen Anteil an Windenergie im System wird es Zeiten geben, in denen die Stromerzeugung aus Windkraftanlagen den Bedarf übersteigt. In diesen Zeiten kann es sowohl aus wirtschaftlicher als auch aus sozioökonomischer Sicht von Vorteil sein, Strom zur Wärmeerzeugung in einem Elektrokessel oder einer Wärmepumpe zu nutzen.

Ein Elektrokessel hat relativ niedrige Investitionskosten und eine schnelle Reaktionszeit, was ihn zu einer guten Ergänzung zu elektrisch betriebenen Wärmepumpen macht. Wärmepumpen haben in der Regel höhere Investitionskosten, längere Inbetriebnahmezeiten, aber auch einen höheren Wirkungsgrad. Im Gegensatz zu Wärmepumpen sind Elektrokessel nicht auf die Verfügbarkeit einer Niedertemperatur-Wärmequelle angewiesen, z.B. industrielle Abwärme, Meerwasser oder Abwasser.

Verschiedene Arten von Wärmepumpen
Allen Wärmepumpen ist gemeinsam, dass sie etwas Energie verbrauchen, um Wärme von einem Niedertemperaturspeicher zu einem Hochtemperaturspeicher zu "transportieren". Diese Energie kann Strom, Dampf oder Erdgas sein. Um die Integration der Windkraft in das System zu unterstützen, sind elektrisch betriebene Wärmepumpen am wichtigsten. Eine elektrisch angetriebene Wärmepumpe kann relativ schnell abgeschaltet werden, wenn die Stromerzeugung aus Windkraftanlagen sinkt.

Der Wirkungsgrad der Wärmepumpe wird als COP-Wert (Coefficient of Performance) ausgedrückt, der als Verhältnis zwischen Wärmeerzeugung und Energieeinsatz berechnet wird. Je höher die Temperatur der Wärmequelle und je niedriger die Temperatur im DH-Netz, desto höher der COP. Daher können Wärmepumpen in Kombination mit Niedertemperatur DH eine besonders gute Option sein.

Wärmepumpen können sowohl zur Kühlung der Produktion als auch zur Heizung eingesetzt werden. Bei kombinierter Wärme- und Kälteerzeugung kann ein sehr hoher Gesamtwirkungsgrad erreicht werden.

Da der Stromverbrauch in Dänemark besteuert wird, stellt dies eine Herausforderung für den Einsatz von Elektrokesseln in DH-Systemen dar. Daher wurde eine Sonderregelung eingeführt, die die Steuern und Abgaben auf Strom, der für DH-Zwecke verwendet wird, reduziert und auch für andere Wärmeerzeugungseinheiten einen Steuerabzug vorsieht. Die Steuer-senkungen für Elektrokessel haben es finanziell attraktiver gemacht, Elektrokessel bei niedrigen Strompreisen einzusetzen.

Solarthermie im DH-System

Die großflächige Solarthermie in Dänemark erlebt eine sehr schnelle Expansion. In den langfristigen Energieszenarien beinhaltet die dänische Energiebehörde eine Wärmeerzeugung aus Solarwärme von 6.000 TJ im Jahr 2025, was etwa dem Siebenfachen der Menge im Jahr 2015 entspricht.

An DH-Netze angeschlossene Solarwärmeanlagen sind in der Regel so ausgelegt, dass sie jährlich etwa 20 % des gesamten DH-Verbrauchs decken. In der Praxis bedeutet dies, dass die Anlage den größten Teil des Wärmebedarfs im Sommer decken kann, so dass die bisherige Grundlastanlage abgeschaltet werden kann und nur die Spitzenlastkessel übrig bleiben. Eine Gesamtversorgung von 20 % erfordert in Kombination mit der Solarthermieanlage einen kurzfristigen Wärmespeicher. Wird ein größerer Prozentsatz der Wärme aus der Solaranlage benötigt, kann es notwendig sein, einen saisonalen Wärmespeicher einzurichten.

Ein kurzfristiger Wärmespeicher für die Solarthermie ist typischerweise ein großer isolierter Stahlspeicher, ähnlich dem in Heizkraftwerken. Saisonale Wärmespeicher sind typischerweise eine Grube, d.h. ein großes Loch im Boden, das mit einem Liner abgedeckt, mit Wasser gefüllt und mit einer schwimmenden Abdeckung abgedeckt ist. Die Abdeckung ist einer der teuersten Teile der Saisonlagerung, und deshalb wurde viel Aufwand in die Untersuchung verschiedener Designs und Materialien gesteckt.

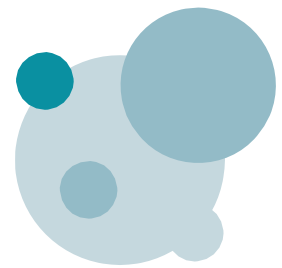
Neueste Energieanalysen der DEA

Im Jahr 2014 führte die dänische Energiebehörde eine Reihe von Studien durch, darunter eine umfassende Analyse des DH-Systems und der zukünftigen Rolle von DH.

Eine zentrale Frage, die von der DH-Analyse abgedeckt werden sollte, war, in welchen Situationen der sozio-ökonomische und betriebswirtschaftliche Nutzen von DH die Kosten übersteigt.

Die Vorteile von DH liegen insbesondere in Größenvorteilen bei der Nutzung fester Brennstoffe für die Kraft-Wärme-Kopplung, in der Möglichkeit der Nutzung von überschüssiger Wärme und in der erhöhten Flexibilität, die eine effizientere Einbindung der Windenergie in das Energiesystem ermöglicht.

Die Umstellung des Energiesystems auf eine fossile Energieversorgung stellt für das DH-System eine Herausforderung dar:



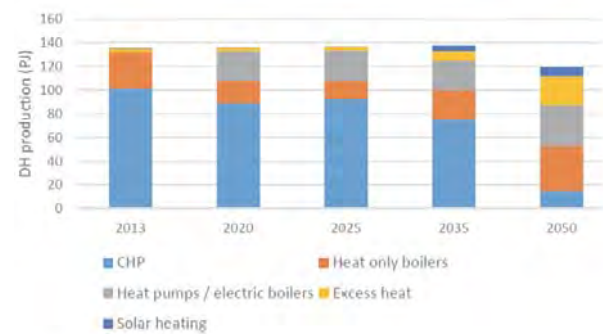
- **Geringerer Energiebedarf.** Die Anforderungen an Neubauten sowie an die Energieeinsparung im Gebäudebestand werden die Machbarkeit von DH verringern, da die spezifischen Heizkosten von DH in EUR/ MWh mit abnehmender Heizdichte steigen.
- **Verminderte thermische Produktion.** Eine weitere Herausforderung ist der steigende Anteil der Windenergie, der die thermische Stromerzeugung (und damit auch die Wärmeerzeugung) in KWK-Anlagen verringert. Wenn die Anzahl der jährlichen Volllaststunden in den KWK-Anlagen sinkt, können die spezifischen Kosten für die Erzeugung von DH in diesen Anlagen steigen.

Die Analyse ergab, dass DH in Dänemark nach wie vor sehr relevant ist und dass es Potenzial für noch mehr DH geben könnte. Die Analyse ergab, dass es für die Verbraucher in einem DH-Bereich, die heute nicht angeschlossen sind, möglich sein kann, sich mit dem DH-System zu verbinden. Darüber hinaus zeigte die Analyse, dass es möglich sein wird, einige Gebäude, die sich heute außerhalb eines Bereichs mit DH-Versorgung befinden, in DH umzubauen.

Bezüglich der zukünftigen Produktion von DH zeigte die Analyse, dass langfristig eine signifikante Menge an DH aus Windkraft in Wärmepumpen und Elektrokesseln, aus überschüssiger Wärme aus der Industrie und aus Solarthermie erzeugt werden sollte. Da Biomasse als endliche Ressource betrachtet wird und aufgrund einer hohen Durchdringung der Windkraft in das System, wird erwartet, dass die thermisch basierte DH-Produktion abnehmen wird.

Die folgende Abbildung zeigt die zukünftige DH-Produktion, wie sie im sogenannten "Wind-Szenario" in der Analyse geschätzt wird. Der Grund, warum die gesamte DH-Produktion im Jahr 2050 niedriger ist als heute, liegt nicht an einer geringeren DH-Abdeckung, sondern an einem geringeren Wärmebedarf in Gebäuden aufgrund von Renovierungen und Neubauten von Niedrigenergiehäusern.

Abb. 12: DH-Produktion in Dänemark wie in der DH-Analyse geschätzt (Windszenario)



Die dänische Fernwärmeindustrie

Dänemark hat sich zu einem führenden Land innerhalb von DH entwickelt und eine eigene DH-Industrie mit weltweit führenden Technologien und Erkenntnissen bei der Einführung kosten- und energieeffizienter, hochwertiger DH-Systeme entwickelt.

Aufgrund der fortgeschrittenen Entwicklung von DH in Dänemark hat eine große Anzahl von Unternehmen, die im DH-Sektor tätig sind, einschließlich Design, Engineering, Konstruktion und Fertigung verschiedener DH-Komponenten, ihren Sitz in Dänemark. Viele dieser Unternehmen haben ihre Aktivitäten auch auf den internationalen Bereich ausgedehnt.

Die dänischen Kompetenzen innerhalb der DH gliedern sich in Hersteller, Beratungsunternehmen und Versorgungsunternehmen und umfassen:

Herstellung von Komponenten für DH, z.B:

- Biomassekessel
- Steuerungen und Wärmeübertragungslösungen.
- Pumpen und Pumpensysteme.
- Vorgeämmte Rohrsysteme.
- Energie- und Automatisierungstechnik.
- Lösungen für die Messung von Strom, Wärme und Kälte Kühlung, Wasser und Erdgas.

Beratungsexpertise im Bereich:

- Energieplanung und Energiesystemanalysen einschließlich Analysen von KWK und DH.
- Konzeptionelle Planung und Design von DH-Systemen.
- Optimaler Betrieb von DH-Systemen einschließlich Temperaturoptimierung.
- Niedertemperatursysteme und Integration verschiedener erneuerbarer Technologien in ein DH-System.

- Kombiniertes Heizen und Kühlen.
- Die praktischen Erfahrungen der Versorgungsunternehmen mit dem Betrieb aller dänischen DH-Systeme verschiedener Größen und Typen und auf der Grundlage verschiedener Wärmequellen.
- Darüber hinaus haben dänische Forschungseinrichtungen und Universitäten weltweit führende akademische Kenntnisse mit F&E-Aktivitäten im Bereich DH-Systeme, Komponenten, Wärmeerzeugung und Systemintegration erworben.

Dänische Hersteller decken alle Aspekte der DH-Lieferkette ab, von der Produktion, Übertragung und Verteilung bis hin zur Gebäudeinstallation einschließlich Messsystemen. Der Hauptgrund, warum die DH-Industrie mit bedeutenden Exporten, auch in Länder außerhalb Europas, so weit fortgeschritten ist, ist die jahrzehntelange Erfahrung mit DH in Dänemark mit einem kontinuierlichen Fokus auf qualitativ hochwertige Produkte, sowohl in Bezug auf Leistung als auch auf Lebensdauer.

Die dänischen Beratungsunternehmen von DH, einschließlich Energieplanung, Energieerzeugung und Energieeffizienz, waren während der gesamten Entwicklung von DH aktiv. In der Anfangsphase unterstützten sie die Kommunen bei der Wärmeplanung und die DH-Unternehmen bei der Realisierung von Produktionsanlagen und DH-Netzen. Heute unterstützen die Beratungsunternehmen nationale und lokale Behörden bei der Analyse von DH und der Rolle von DH im Energiesystem. Darüber hinaus unterstützen die Beratungsunternehmen Versorgungsunternehmen bei der kontinuierlichen Weiterentwicklung und Optimierung ihrer DH-Systeme sowie bei der Integration erneuerbarer Technologien.

Die Energieversorger modifizieren und verbessern ihre DH-Systeme kontinuierlich entsprechend den gesetzlichen Rahmenbedingungen, zu denen unter anderem auch die Umstellung von fossilen Brennstoffen auf erneuerbare Energien gehört.

Das dänische Beratungsunternehmen COWI erwartet, dass der dänische Export von Fernwärmanlagen bis 2025 um rund 60 % steigen wird.

Grüne globale Hilfe

Dänemark unterhält bilaterale Kooperationen zwischen Regierung und Regierung mit mehreren Ländern, um die dänischen Erfahrungen bei der Minderung der Treibhausgasemissionen bei gleichzeitigem Wirtschaftswachstum auszutauschen. Das dänische Beispiel dient als Katalysator für andere Länder, um die Nachrüstung ihrer Energiesysteme voranzutreiben und die Verpflichtungen zu erfüllen, die auf der COP21 zugesagt wurden. Die dänische Energieagentur bietet globale Unterstützung bei der Szenariomodellierung, erneuerbaren Energien, Energieeffizienz und Fernwärme.

Durch internationale Zusammenarbeit wollen wir unsere Partner bei der Entwicklung eines saubereren und zuverlässigeren zukünftigen Energiesystems unterstützen. Der Schwerpunkt der internationalen Initiative der dänischen Energieagentur liegt auf der Unterstützung der Regierungen, inspiriert von der langjährigen Erfahrung Dänemarks im Energiebereich. Ziel ist es, den Aufbau von Kapazitäten, konkrete Energieeinsparungen und Emissionsreduktionen zu fördern sowie die Zusammenarbeit der Regierungen durch Expertenberatung zu fördern.

Als sekundärer und abgeleiteter Schwerpunkt der DEA, der die dänischen Hochburgen in grünen Lösungen beleuchtet, kann ein erweiterter Markt für dänische Energieprodukte und -lösungen entstehen. Dies kann zu einer weiteren Handelskooperation sowohl direkt als auch indirekt führen.

Die Unterstützung konzentriert sich auf Wachstumsökonomien. Geografisch gesehen konzentriert sich die Unterstützung der dänischen Energiebehörde auf Wachstumsökonomien. Dänemark arbeitet derzeit mit China, Mexiko, Vietnam und Südafrika zusammen. Außerdem gibt es neu eingeleitete Kooperationen mit der Türkei, Indonesien und der Ukraine. Hier kann der dänische Ansatz zur Gestaltung von Energiesystemen helfen, das zukünftige Energiesystem nachzurüsten und zu entwickeln, um sauberer, effizienter und flexibler in Bezug auf Energiequellen zu sein und gleichzeitig zuverlässig zu sein.

Die dänische Energiebehörde bietet Beratung und Expertenberatung in den folgenden Bereichen an:

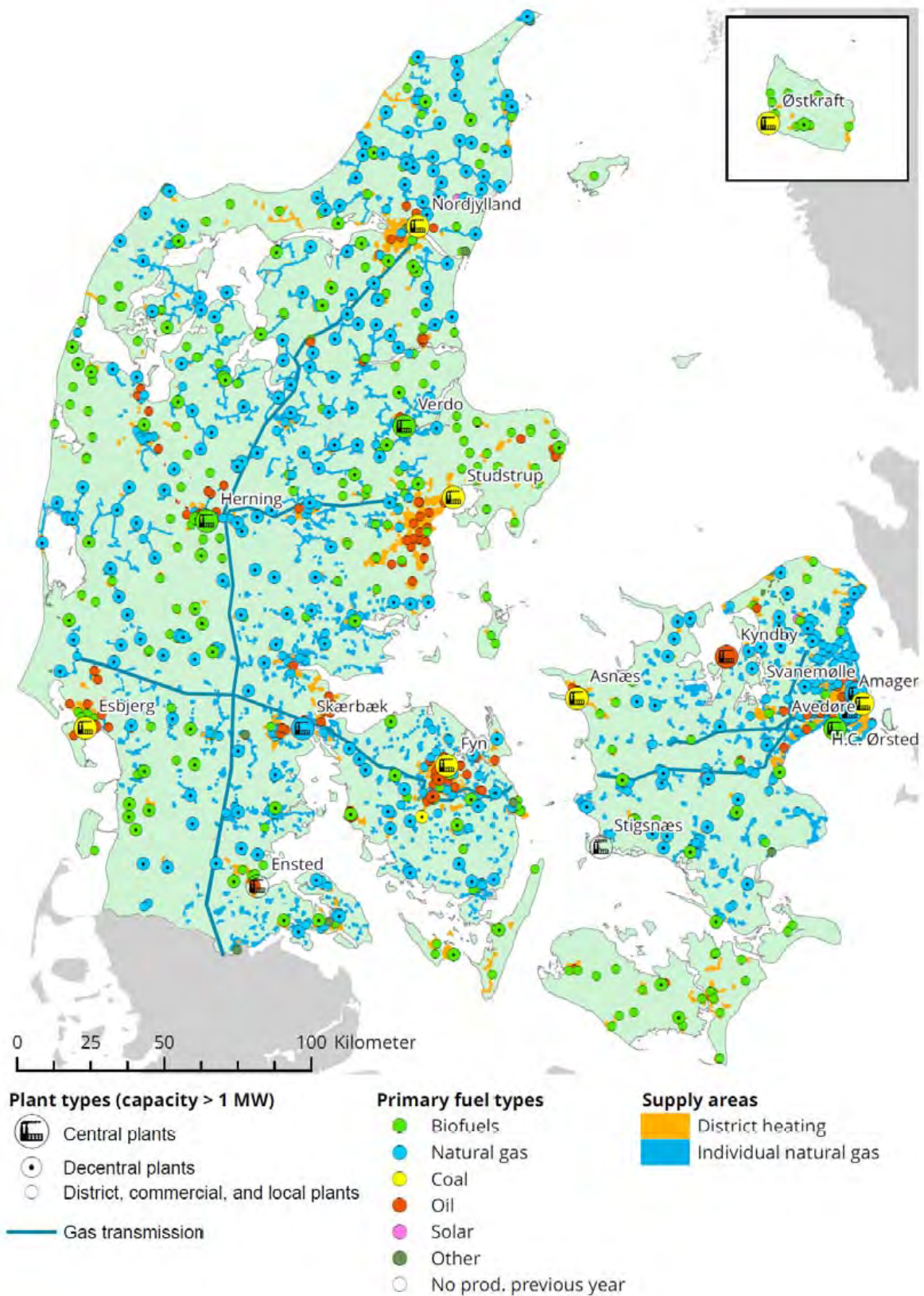
- Fernwärme: Kraft-Wärme-Kopplung, Nutzung von Abwärme im DH-System und flexible DH-Systeme als Mittel zur effizienten Integration erneuerbarer Energien in das Energiesystem.
- Windenergie: Kartierung der Windressourcen und Integration der Windenergie in flexible Netze.
- Energieeffizienz: Nachrüstung bestehender Energiesysteme, um Energie so effizient wie möglich zu nutzen und mit Energieeffizienz durch Gebäudeanforderungen zu arbeiten.
- Energieplanung: Energiesystemanalysen, Modellierung und Szenarienplanung

Kombination von nachhaltiger Zukunftsenergie mit nachhaltigem Wachstum

Die dänische Energieagentur bietet globale Leitlinien mit dem Ziel, es unseren Partnern zu ermöglichen, dem künftigen wachsenden Energiebedarf vorzubeugen, indem sie es ermöglicht, einen höheren Anteil erneuerbarer Energien in die Energieversorgung zu integrieren und ein effizientes System zu schaffen. Ziel ist es, die Emissionen zu mindern und gleichzeitig das Wirtschaftswachstum zu sichern und so das Bewusstsein für die einzigartige dänische Politik und Regulierungserfahrung im Bereich der Energiepolitik zu stärken.

Anlage 1

Karte der dänischen Wärmeversorgung



Anlage 2 - Zeitrahmen von 1973 bis 2015: Wärmeversorgung im Fokus

Fokus auf Energieeffizienz und Versorgungssicherheit

1973/74. Die hohen Energiepreise, die durch die internationale Energiekrise verursacht wurden, verstärkten den dänischen Fokus auf die Kraftstoffunabhängigkeit und motivierten Verbesserungen der Energieeffizienz.

Januar 1976. Der erste Gesamtenergieplan Dänemarks bildet die Grundlage für eine langfristige Energiepolitik. April 1976. Die dänische Energiebehörde wird gegründet (Name wurde später in dänische Energiebehörde geändert).

1979. Mit dem ersten Wärmeversorgungsgesetz beginnt eine neue Ära in der öffentlichen Wärmeplanung, die noch heute besteht. Ein Hauptzweck des Gesetzes war es, heimisches Erdgas in die Wärmeversorgung einzubringen und sicherzustellen, dass Überschuss-/Abwärme-KWK aus den großen Wärmekraftwerken in der dänischen Energieversorgung genutzt wird, wo dies wirtschaftlich vertretbar ist.

1979. Die zweite internationale Energiekrise tritt ein.

1981-1982. Die nationale Wärmeplanung findet im ganzen Land statt. Die Wärmepläne beinhalten "Zoneneinteilung" mit dem Ziel, effiziente, emissionsarme Energiesysteme zu etablieren und Überinvestitionen in teure Infrastrukturen zu vermeiden (z.B. durch Vermeidung des Ausbaus von Gasleitungen und DH-Netzen in den gleichen Gebieten).

Verstärkter Fokus auf Haushaltskraftstoffe

1984. Die dänische Nordsee-Erdgasförderung beginnt. Das Energieministerium weist Kraftwerke an, Erdgasanlagen zu errichten.

1985. Parlamentarische Entscheidung über die öffentliche Energieplanung ohne Kernkraft. Kohle wurde von der Wärmeplanung ausgeschlossen.

1985. Die Energiesteuern werden aufgrund des Rückgangs der Ölpreise erhöht (um sicherzustellen, dass der Schwerpunkt weiterhin auf Energieeffizienz und erneuerbaren Energien liegt).

1986. Im Kraft-Wärme-Kopplungsabkommen werden kleine KWK-Anlagen als eine der wichtigsten energiepolitischen Prioritäten hervorgehoben.

1990. Politische Einigung über die verstärkte Nutzung sowohl von erdgasbetriebenen KWK-Anlagen als auch von Biomasse zur Wärmeerzeugung in DH. Darüber hinaus wurde durch die Vereinbarung die Installation von Windenergie erhöht.

Wechsel von der nationalen Planung zum Projektansatz

1990. Mit der Gesetzesrevision zur Wärmeversorgung wird ein neues Planungssystem eingeführt. Planungsrichtlinien und Richtlinien für die Brennstoffauswahl und Kraft-Wärme-Kopplung werden allen lokalen Behörden/Kommunen zur Verfügung gestellt.

1992. Es werden eine Reihe von Subventionen eingeführt, um Energieeinsparungen, KWK und erneuerbare Energiequellen zu unterstützen.

1993. Politische Einigung über die Nutzung von Biomasse zur Stromerzeugung. In der so genannten Biomasse-Vereinbarung wurde festgelegt, dass die Kraftwerke bis zum Jahr 2000 jährlich 1,2 Millionen Tonnen Stroh und 0,2 Millionen Tonnen Hackschnitzel verbrauchen sollen.

2000. Überarbeitung des Gesetzes über die Wärmeversorgung. Eine politische Mehrheit im dänischen Parlament beschließt, die Bedingungen für 250 kleine und mittlere KWK-Anlagen außerhalb der Großstädte zu verbessern.

Fokus auf Klima und erneuerbare Energien

2008. Politische Einigung zur Verbesserung der Bedingungen für Windenergie und andere erneuerbare Energiequellen.

2012. Große politische Einigung über die dänische Energiepolitik für den Zeitraum 2012-2020, die eine breite Palette ehrgeiziger Initiativen und Investitionen in den Bereichen Energieeffizienz, erneuerbare Energien und Energiesystem enthält. Ergebnisse: Im Jahr 2020 werden etwa 50 % des Stromverbrauchs durch Windenergie und mehr als 35 % des Endenergieverbrauchs durch erneuerbare Energiequellen abgedeckt. Eine Reihe von Initiativen wird die individuelle Erwärmung von Gebäuden durch Öl und Gas reduzieren und erneuerbare Alternativen fördern. Dazu gehören die Einstellung der Installation von Öl- und Gaskesseln in Neubauten ab 2013 und die Einstellung der Installation von Ölkesseln in bestehenden Gebäuden ab 2016 in Gebieten mit Fernwärme oder Erdgas.

Dänische Energiebehörde

Dänemark unterhält bilaterale Kooperationen zwischen Regierung und Regierung mit mehreren Ländern, um die dänischen Erfahrungen bei der Minderung der Treibhausgasemissionen bei gleichzeitigem Wirtschaftswachstum auszutauschen. Das dänische Beispiel dient als Katalysator für andere Länder, um die Nachrüstung ihrer Energiesysteme voranzutreiben und die Verpflichtungen zu erfüllen, die auf der COP21 zugesagt wurden. Die dänische Energieagentur bietet globale Unterstützung bei der Szenariomodellierung, erneuerbaren Energien, Energieeffizienz und Fernwärme.

Lesen Sie mehr unter
www.ens.dk/en/our-responsibilities/global-cooperation

Die Veröffentlichung wurde mit Unterstützung
von COWI A/S erstellt.

Juni 2017

