



Die Wärmewende gelingt (nur) mit Wärmenetzen

**Michael Nast
DLR, Stuttgart
Institut für Technische Thermodynamik**

**1. Stadtwerke-Forum Nahwärme Schleswig-Holstein
26. April 2016 in Neumünster**



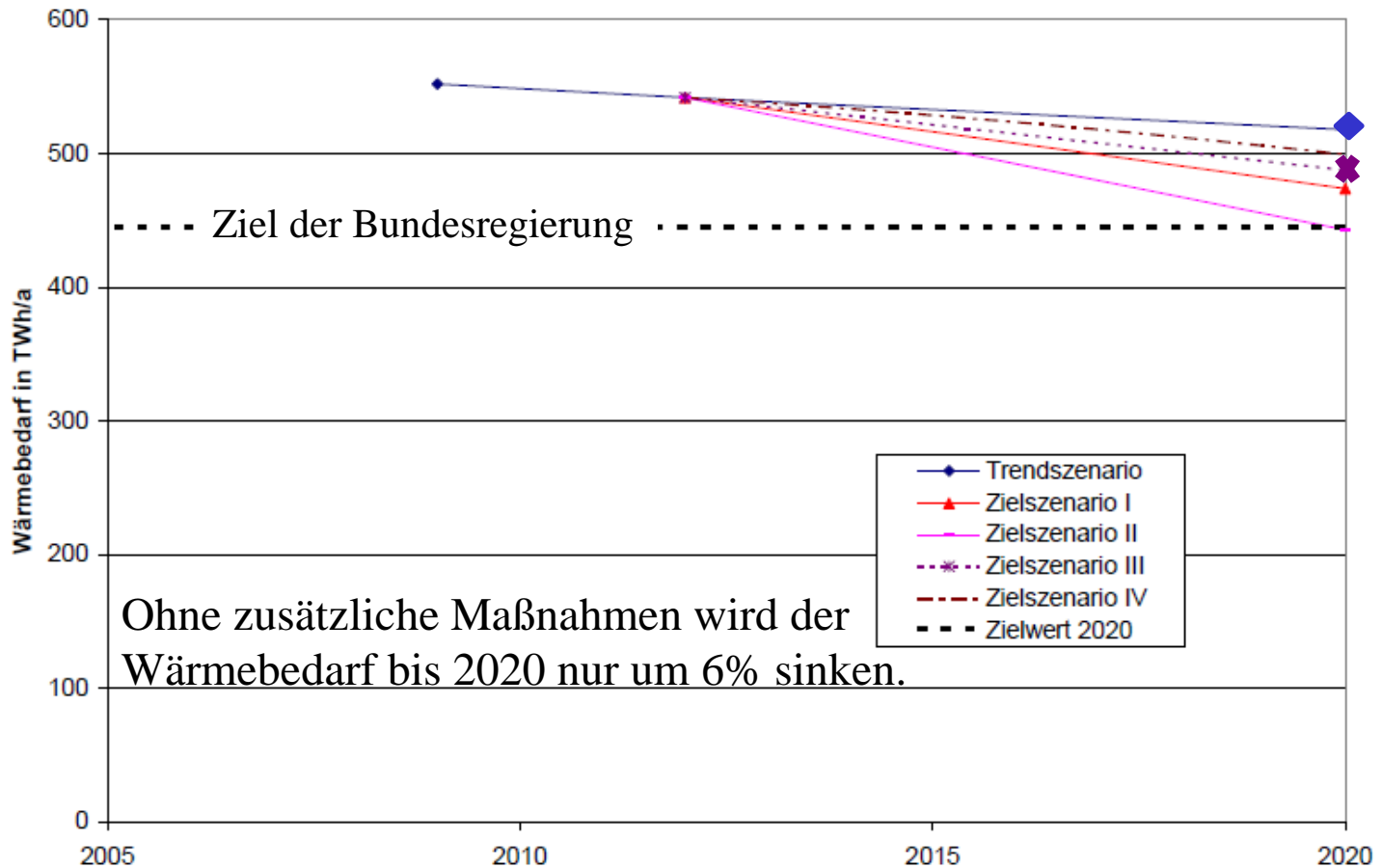
Gliederung



1. Problemfelder der Wärmewende
2. Vorteile und Bedeutung der Wärmenetze am dänischen Beispiel
3. Erforderliche Maßnahmen in Deutschland
4. Fazit

Szenarien des IWU

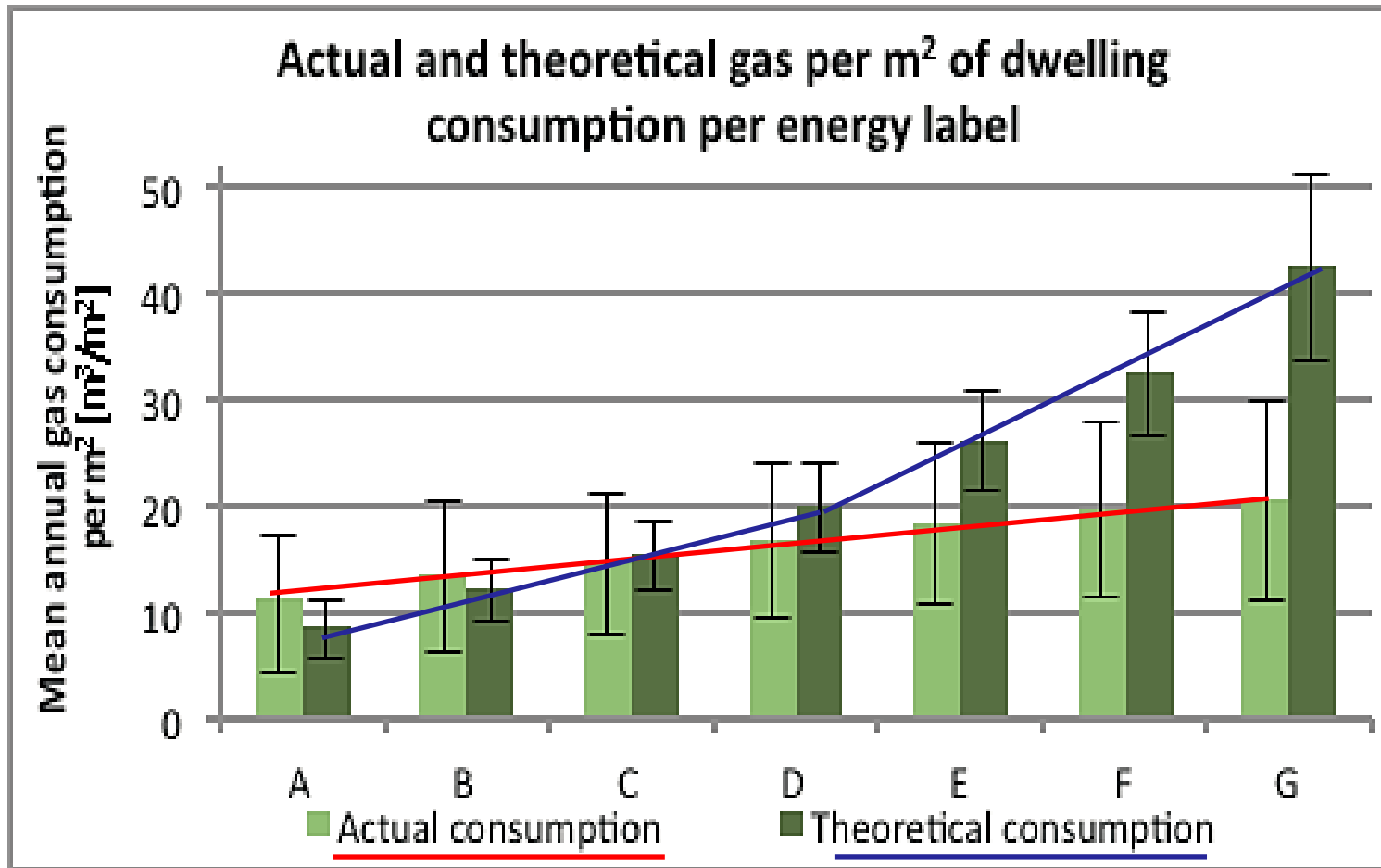
Abnahme des Wärmebedarfs aufgrund verbesserter Wärmedämmung



Quelle: IWU

„Maßnahmen zur Umsetzung der Ziele des Energiekonzepts im Gebäudebereich – Zielerreichungsszenario“.

BMVBS-Online-Publikation, Nr. 03/2013



Quelle: Majcen, Itard, Visscher, Delft, 2013

Reboundeffekt: Die tatsächliche Einsparung beträgt etwa 1/3 der berechneten.
 Datengrundlage: 200.000 mit Gas beheizte holländische Gebäude.

Zwischenfazit zu Wärmedämmung

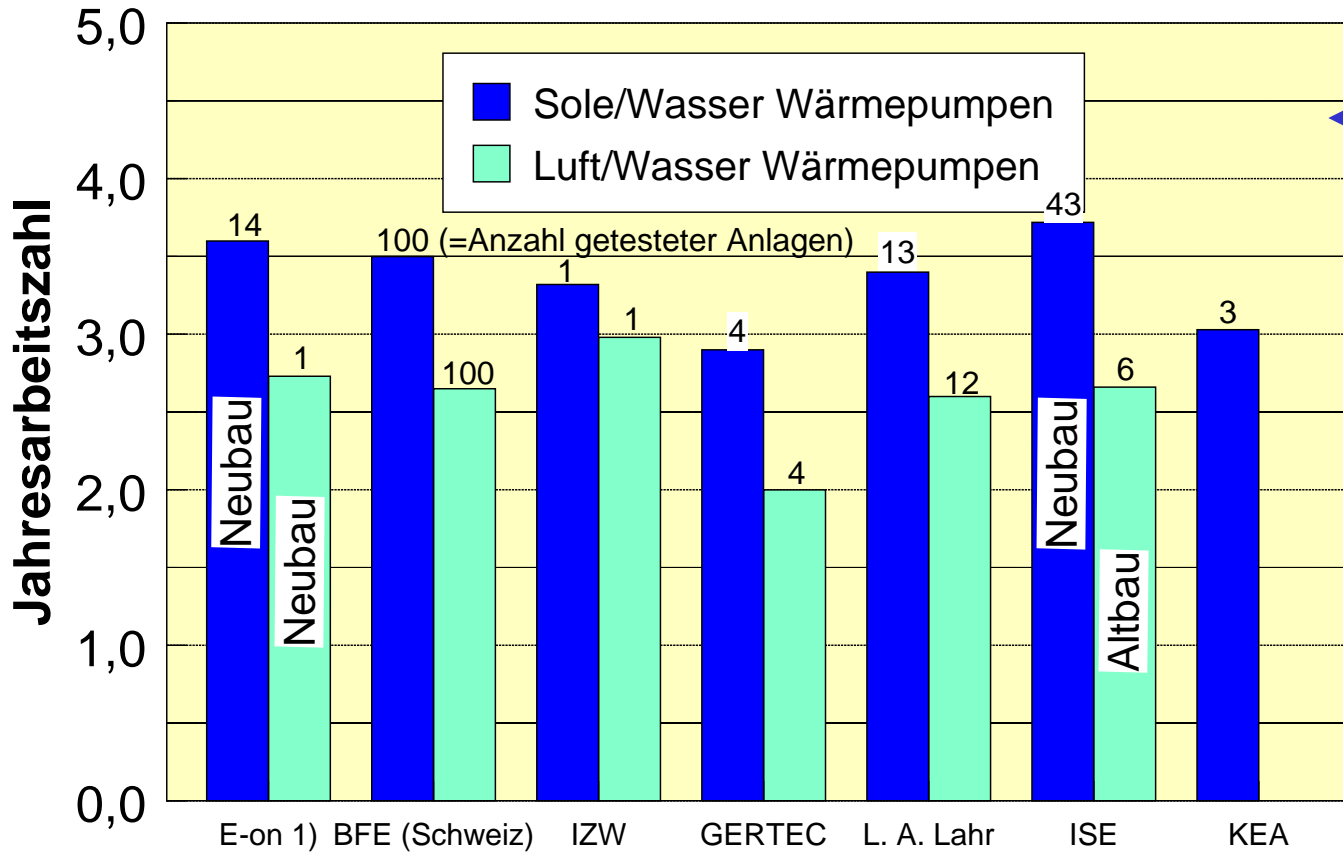
- Wärmedämmung ist eine sehr wirtschaftliche Maßnahme, wenn
 - a. Eine Sanierung ohnehin erforderlich ist
 - b. Bei der Wirtschaftlichkeitsrechnung die volle Lebensdauer des sanierten Bauteils berücksichtigt wird.
- Zur Erreichung der Energiewende müssen die bisherigen Anstrengungen vervielfacht werden.
- Rebound-Effekte mindern die erwartete Einsparung.
- Der spez. Förderbedarf ist derzeit bei Wärmedämmung höher als bei Erneuerbaren Energien.

Absatzzahlen von Heizungswärmepumpen in Deutschland von 2008 bis 2014



Der Absatz der effizienten erdgekoppelten Wärmepumpen nimmt (leider) ab.

Messergebnisse für Jahresarbeitszahlen aus Feldtests



Von Fachunternehmern berechneter Mittelwert von 4,4 für die Jahresarbeitszahl von Sole/Wasser-Wärmepumpen

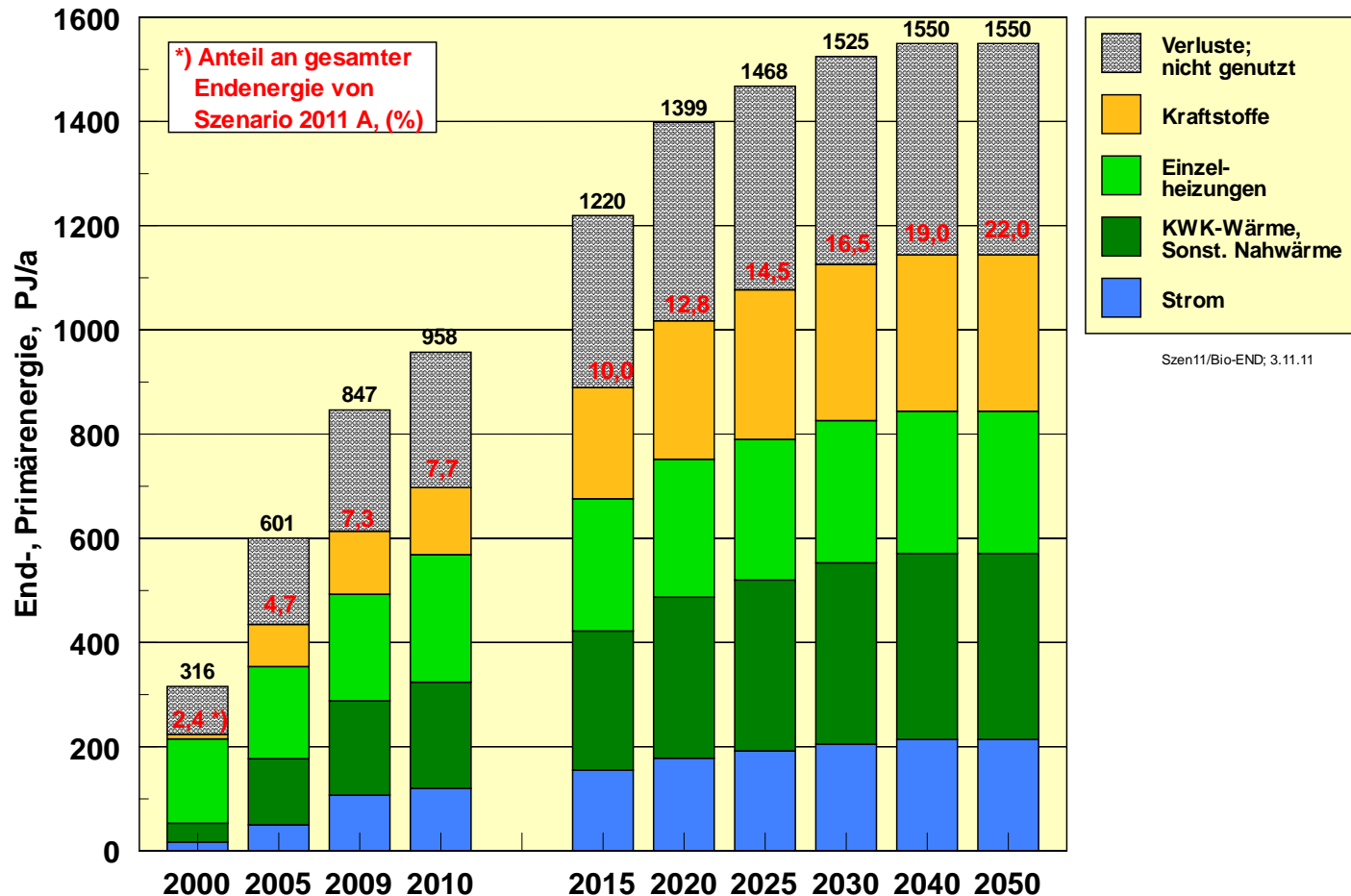
1) nur ausgewählte Anlagen wurden durch E.ON publiziert

Field-Te.pre

Quellen: F. Auer, Lokale Agenda Lahr; M. Miara, FhG-ISE; M. Sawillion, KEA

Wärmepumpen sollten heute wenigstens eine Jahresarbeitszahl von 3,5 aufweisen, um merklich zum Klimaschutz beizutragen.

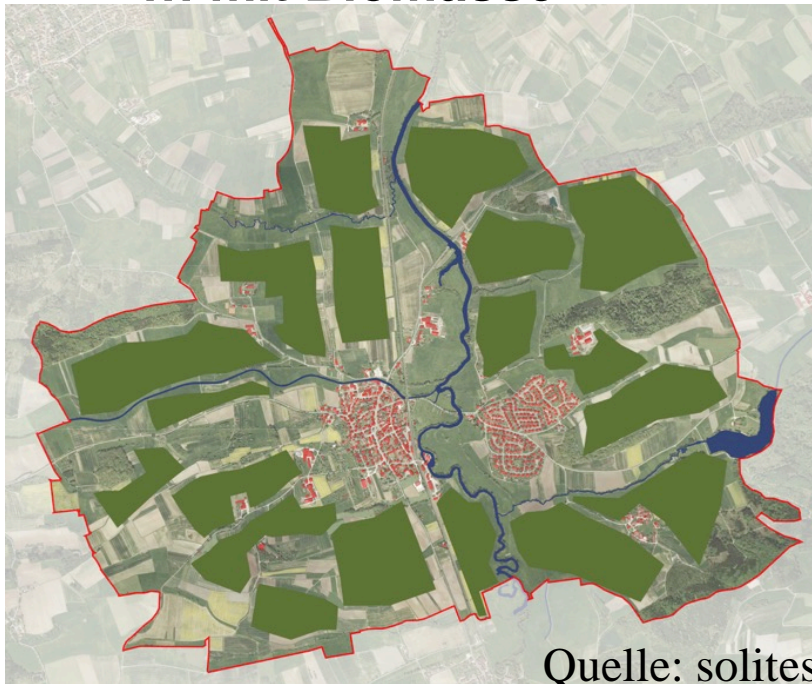
Nutzung von Biomasse in der Leitstudie



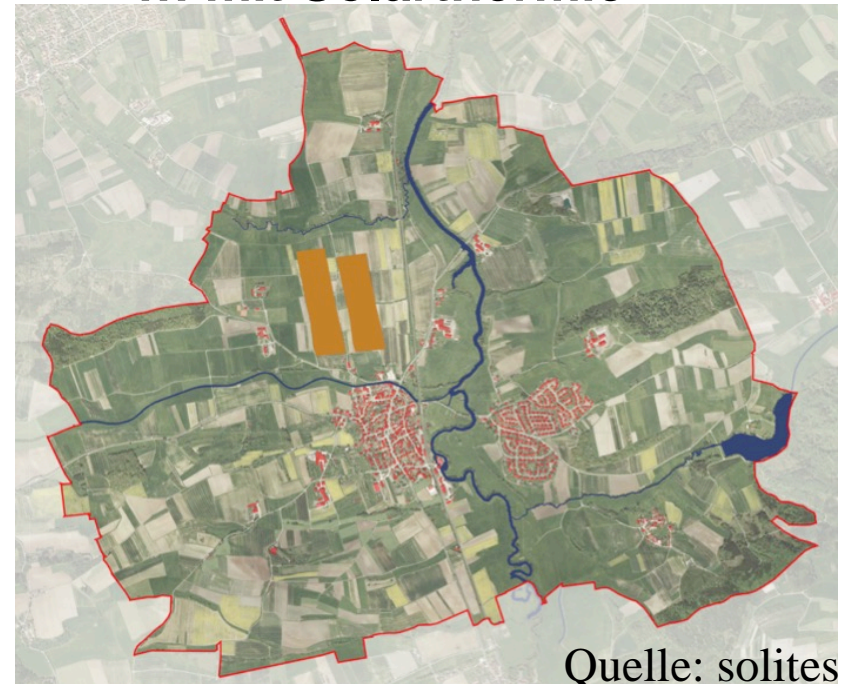
Das inländische Biomassepotenzial setzt sich aus Reststoffen (800 PJ/a) und Anbaufläche für Energiepflanzen (max. 4,2 Mio. ha) zusammen. Davon wird der größte Teil bereits genutzt.

Volldeckung des Wärmebedarfs aus erneuerbaren Energien am Beispiel der Gemeinde Jagstheim

... mit Biomasse

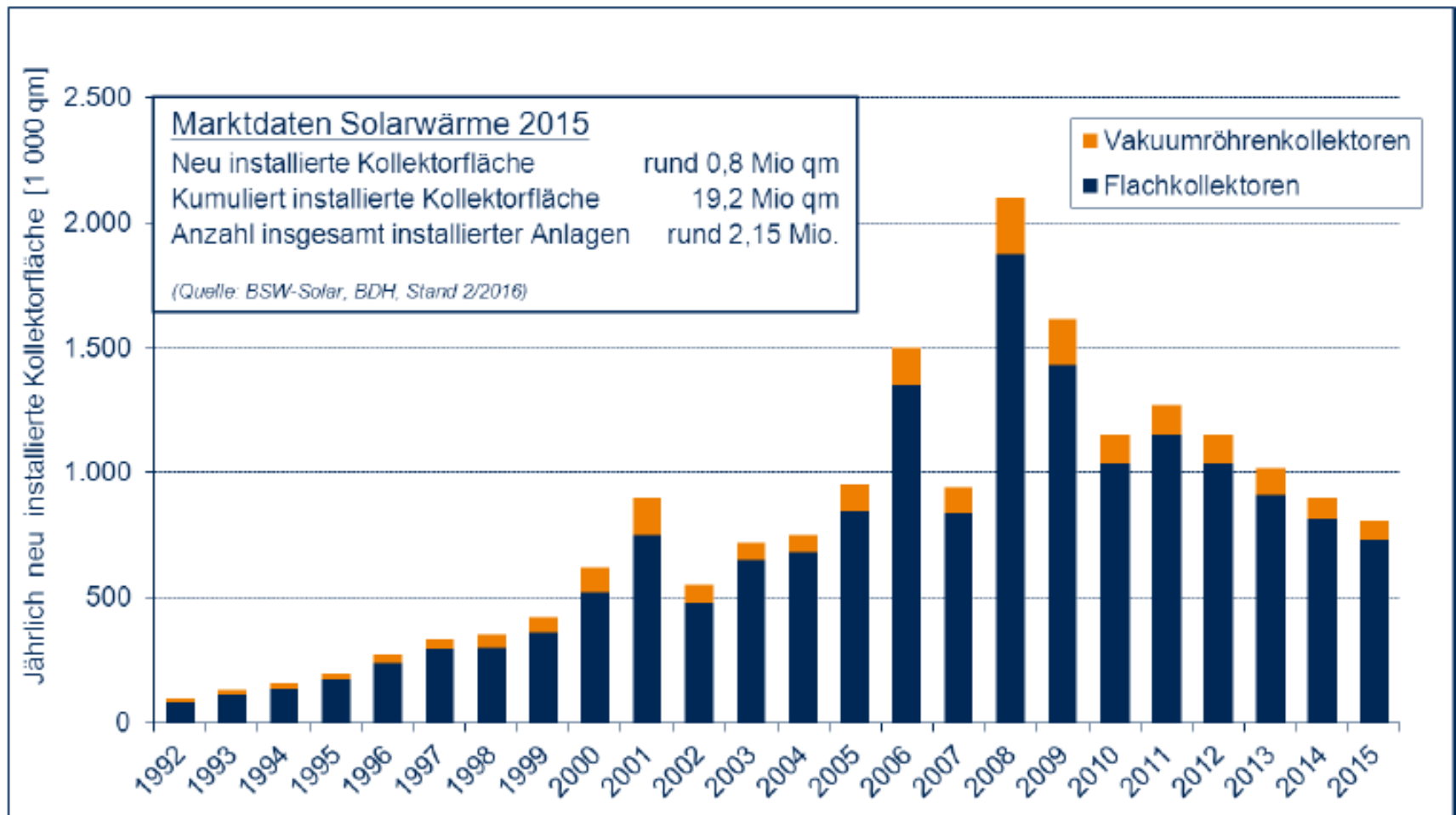


... mit Solarthermie



Der Flächenbedarf für den Anbau von Biomasse ist um wenigstens den Faktor 30 größer als die Stellfläche für Solarthermie.

Absatzentwicklung Solarwärme in Deutschland

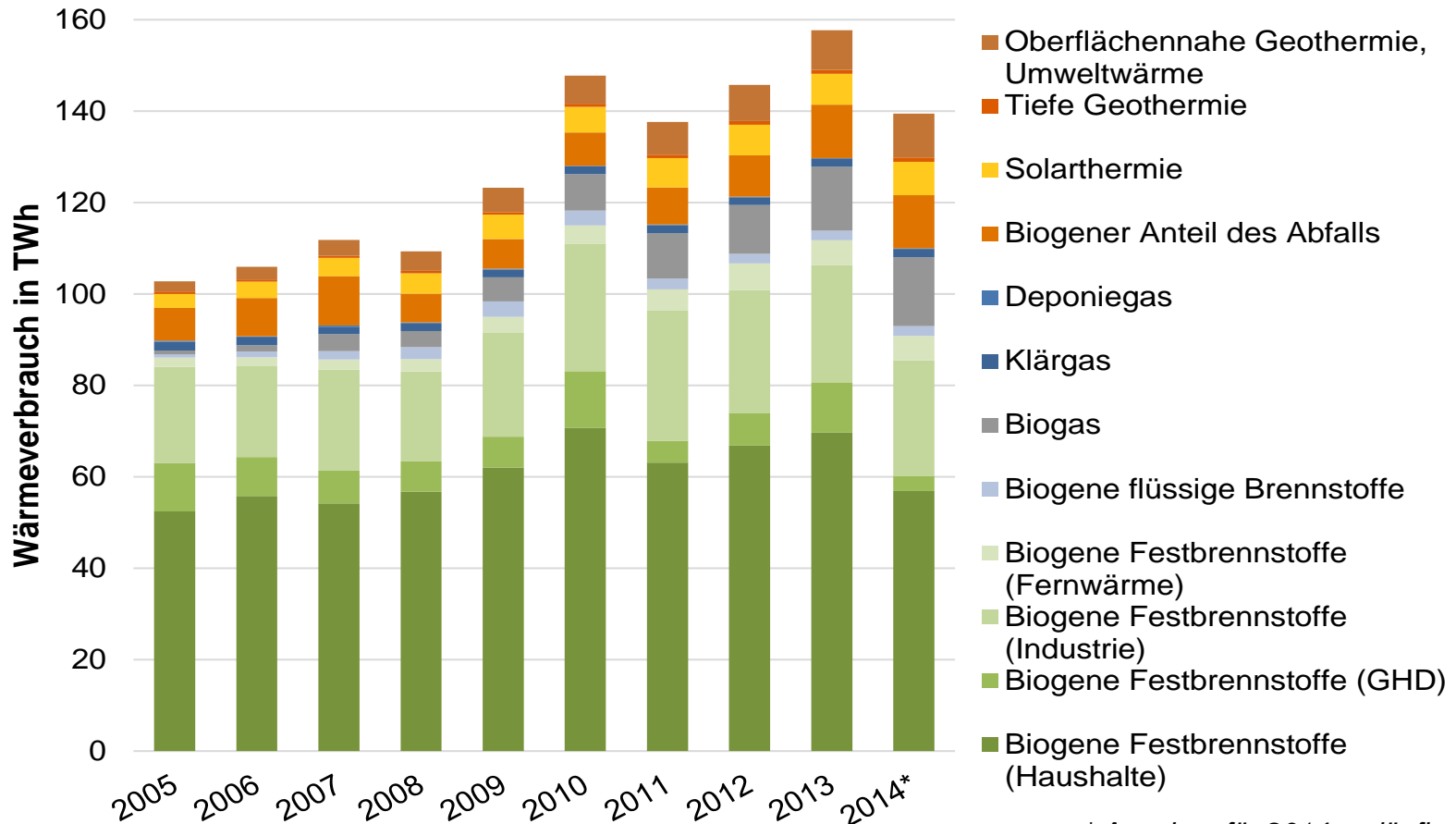


Der derzeitige Zubau liegt weit unter den in der Leitstudie definierten Zielen.

Quelle: BSW

Entwicklung der erneuerbaren Energien

(nicht witterungsbereinigt)

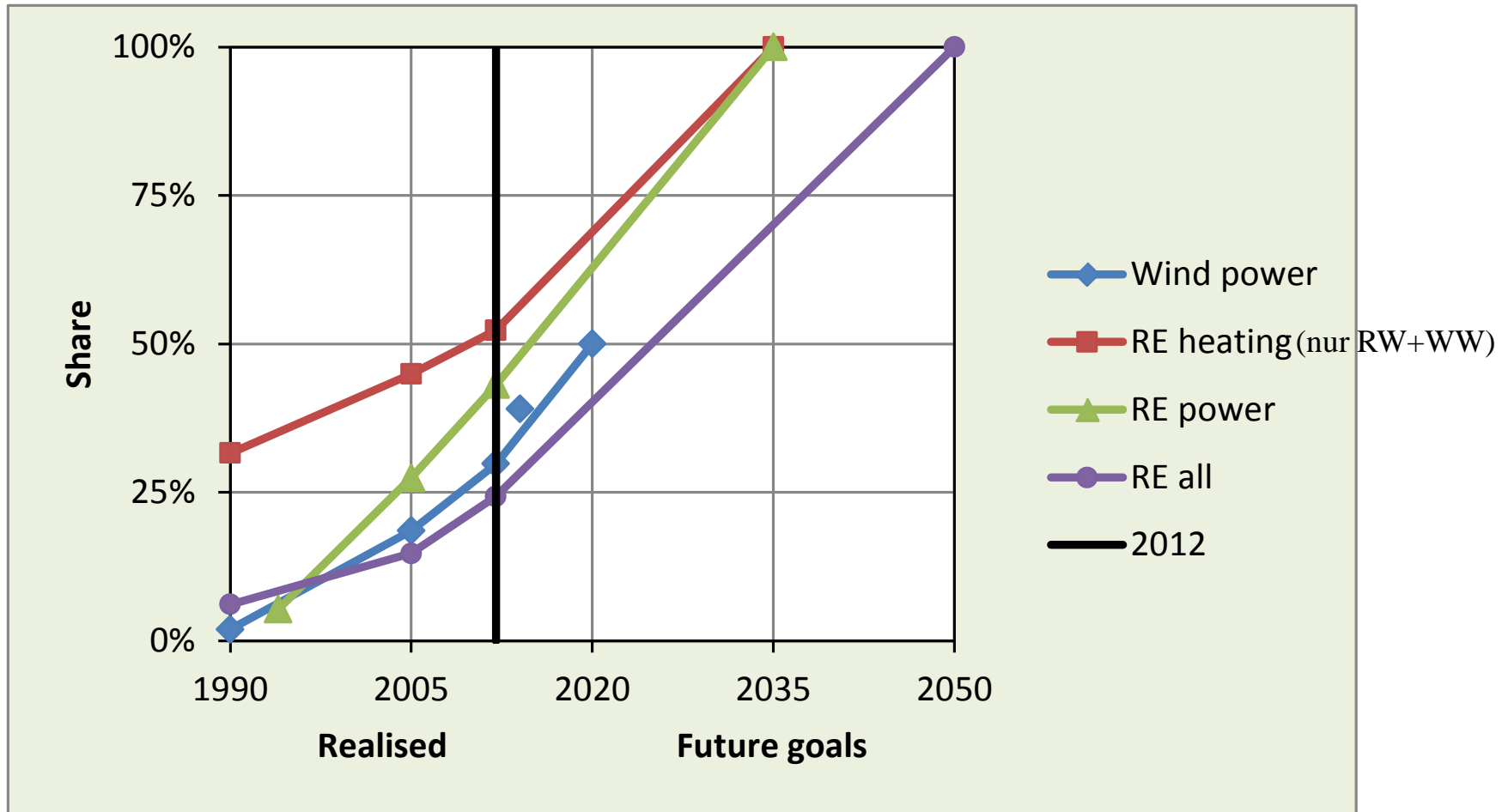


* Angaben für 2014 vorläufig

Quelle: 2. Erfahrungsbericht EEWärmeG

Erneuerbare Wärme: Wenig Dynamik auf niedrigem Niveau.

National climate goals in Denmark



Quelle: PlanEnergi

Zwischenfazit Erneuerbare Energien in Deutschland

- Das Potenzial an Umweltwärme ist unbegrenzt. Bisher trägt aber nur der bessere Teil der Wärmepumpen merklich zum Klimaschutz bei.
- Das nationale Potenzial von Biomasse ist bereits zum größeren Teil ausgeschöpft
- Das Potenzial solarer Wärme ist nahezu unbegrenzt.
- Absatz von Solarwärme geht in Deutschland zurück. Eine Besserung ist nicht in Sicht
- In Dänemark boomt die Installation von Großanlagen für Wärmenetze

Gliederung



1. Problemfelder der Wärmewende
2. Vorteile und Bedeutung der Wärmenetze am dänischen Beispiel
3. Erforderliche Maßnahmen in Deutschland
4. Fazit

Vorteile von Wärmenetzen

- Systemdienlicher Einsatz kostengünstiger Fernwärmespeicher zum Ausgleich des fluktuierenden Angebots an erneuerbaren Energien (Elektroheizer, Großwärmepumpen, Solarwärme)
- Flexibilität bei der Wahl von Technik und Brennstoff.
- kostengünstige Großanlagen bei solarer Wärme und Geothermie
- räumliche Entkopplung von Erzeugung und Verbrauch
- Wärme aus Biogas-BHKW kann genutzt werden.
- Biomasse-KWK mit fester Biomasse wird möglich.
- Kostengünstiger Brennstoff und saubere Abgase bei Holz- und Strohverbrennung
- höherer elektrischer Wirkungsgrad bei größeren, fossil befeuerten KWK-Anlagen
- Industrielle Abwärme kann genutzt werden.
- Große Wärmepumpen können günstige (Ab-)Wärmequellen nutzen

Nutzen von Fernwärmespeichern für die Flexibilisierung des Energiesystems

- Große Speicher sind deutlich kostengünstiger als kleine Speicher. Sie halten zudem die Wärme länger. Sie sind geeignet, den Wärmeoutput einer KWK-Anlage für mehrere Tage zwischenzuspeichern.
- Dagegen kann aus einem 1 m³-Pufferspeicher, der gerade noch in den Keller passt, der Wärmebedarf eines Hauses, das mit einer 12 kW-Wärmepumpe beheizt wird, an kalten Tagen **nur für ca. 2 Stunden** gedeckt werden. Der Beitrag zur Flexibilisierung des Energiesystems ist somit sehr begrenzt.

Meilensteine der dänischen Energiepolitik

The government's energy policy milestones up to 2050

In order to secure 100 pct. renewable energy in 2050 the government has several energy policy milestones in the years 2020, 2030 and 2035. These milestones are each a step in the right direction, securing progress towards 2050.

2020

Half of the traditional consumptions of electricity is covered by wind power

2030

Coal is phased out from Danish power plants
Oil burners phased out

2035

The electricity and heat supply covered by renewable energy**

2050

All energy supply – electricity, heat, industry and transport – is covered by renewable energy*

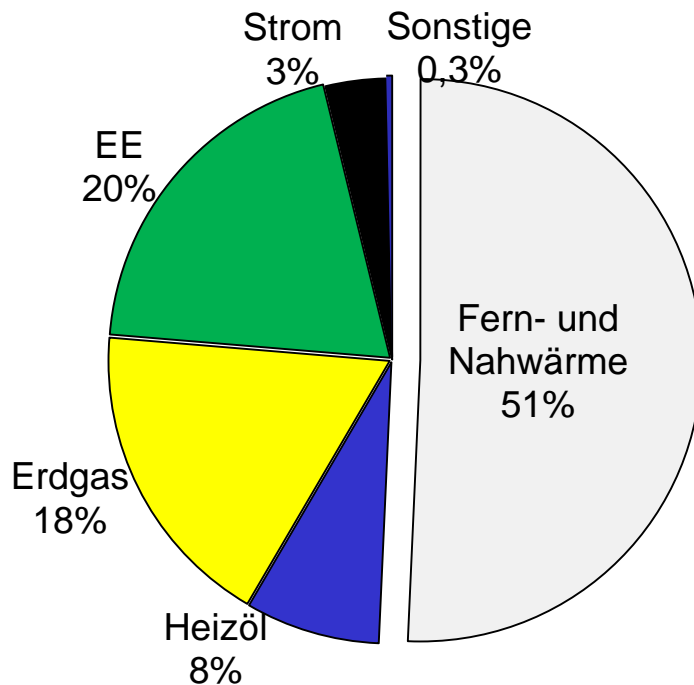
The initiatives up to 2020 will result in a greenhouse gas reduction by 35 pct. in relation to 1990.

Kopiert aus: Our future energy. The Danish Government, November 2011.

- * Dieses Ziel wurde auch von der Nachfolgeregierung bestätigt.
- ** Dieses Ziel wurde von der Nachfolgeregierung nicht bestätigt.

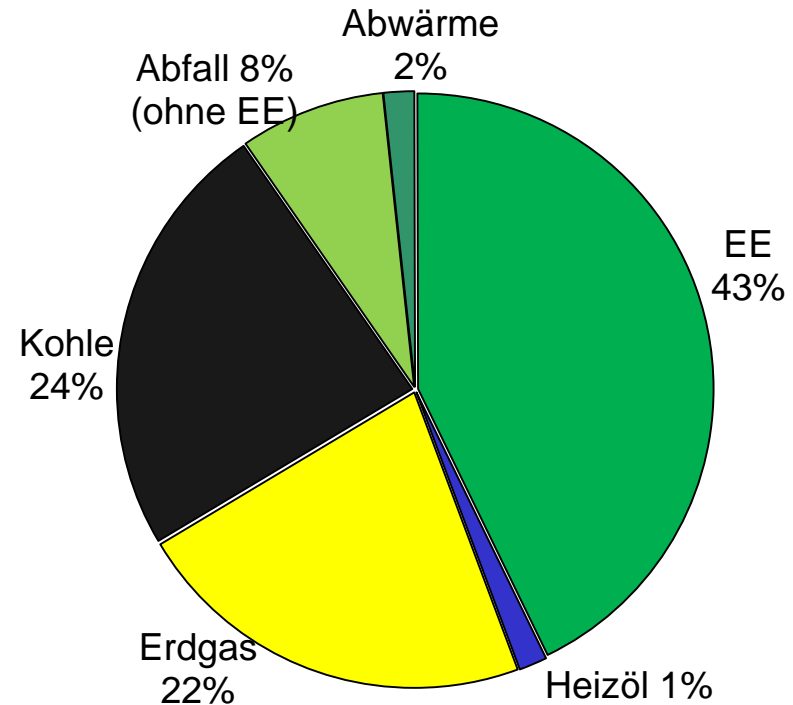
Beheizungsstruktur Dänemark 2013

Endenergie für Wärme in Haushalten und GHD



100% = 197 PJ

Fernwärmeerzeugung nach Energieträgern



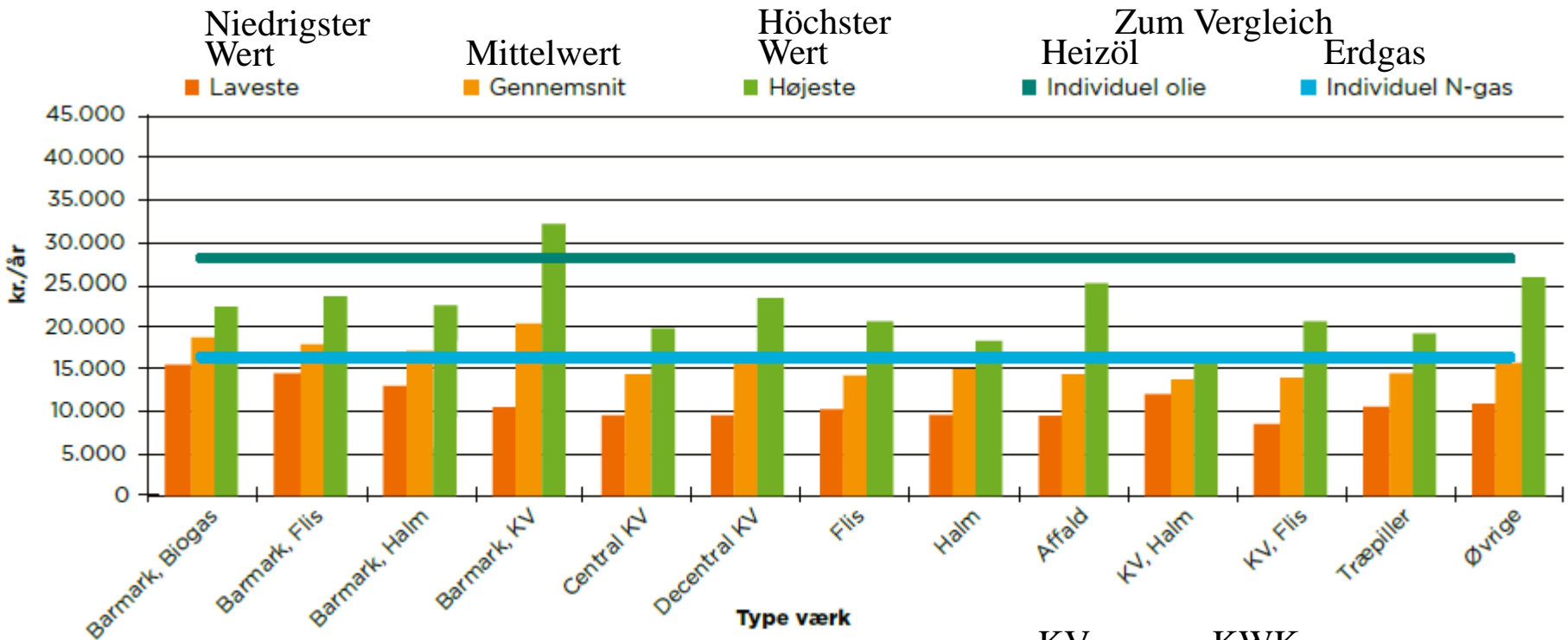
100% = 135 PJ (inkl. Industrie und Netzverluste)
(davon 73% aus Kraft-Wärme-Kopplung)

Fernwärme_Dänemark_2013 (Stand 16-10-2015).xlsx



Jährliche Heizkosten in Dänemark 2014

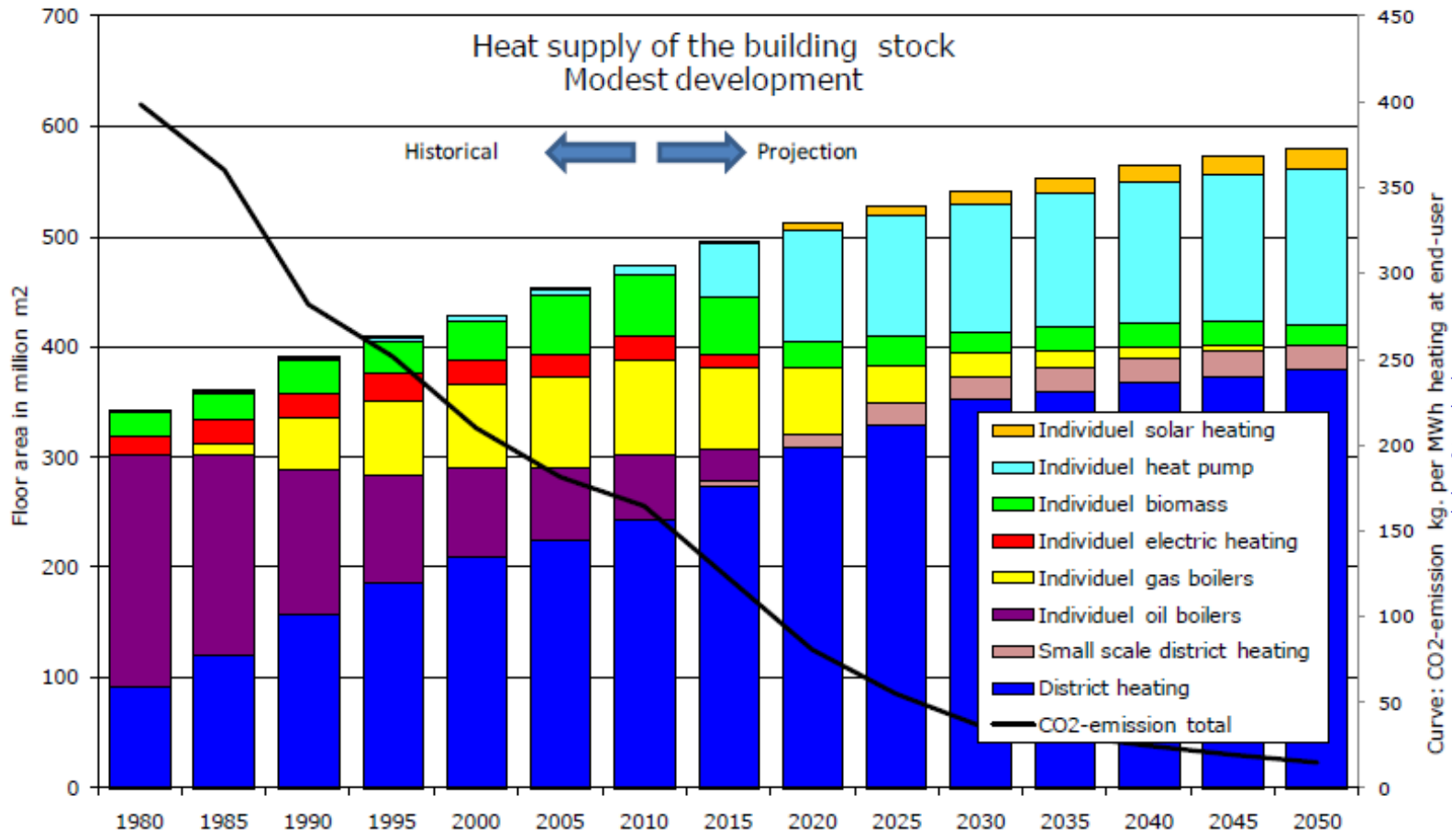
für ein typisches EFH (18,1 MWh/a)



KV = KWK
 Flis = Hackschnitzel
 Halm = Stroh
 Traepiller = Pellets
 Affald = Müllverbrennung
 Barmark = Energiepflanzen

Quelle:
 Dansk Fjernvarme: Benchmarking 2014

Beheizungsstruktur des dänischen Gebäudebestandes



Fernwärmeanteil = 66% in 2050

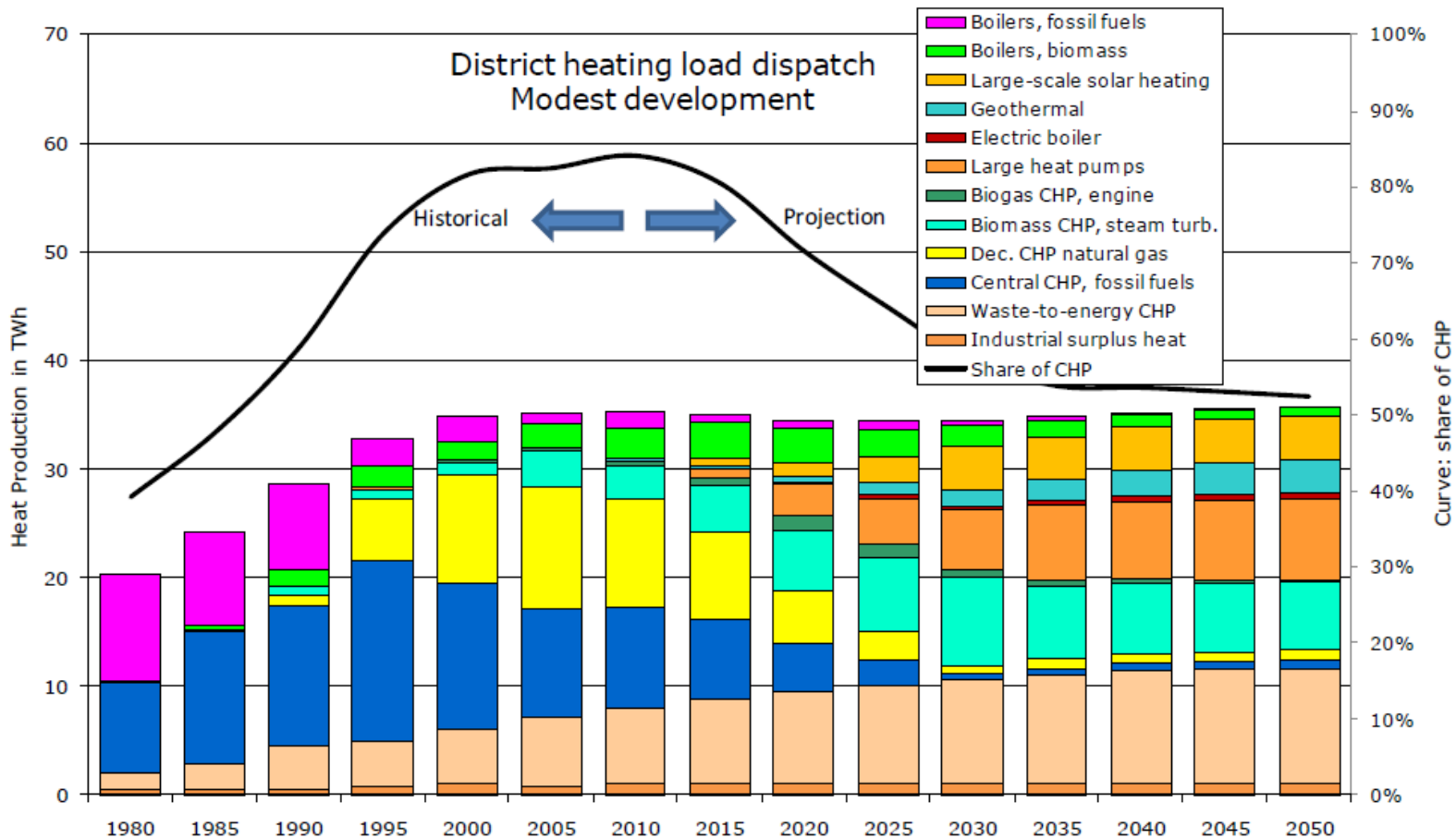
Quelle:
A. Dyrelund (Ramboll): Heat Plan Denmark 2010

Szenarioannahme: Bis 2050 nimmt der gemittelte spez. Wärmebedarf der Gebäude um 40% auf dann 70 kWh/m²,a ab

Erschließung von bisher mit Gas versorgten Gebieten für die Fernwärme

- Um die langfristigen dänischen Ziele zu erreichen, wurden in vielen Gemeinden die bisher der Gasversorgung vorbehaltenen Gebiete auch für die Fernwärme geöffnet.
- Wenn sich dort ein bisheriger Gaskunde für die Fernwärme entscheidet, muss der Fernwärmeversorger eine Kompensation an den bisherigen Gasversorger zahlen. Z.B. in Naestved bei einem EFH 1000 € für den verlorenen Gasabsatz und weitere 1000 € für den Rückbau des Gasanschlusses.
- Diese Umrüstung kommt wegen der preislichen Vorteile von Fernwärme gut voran.

Brennstoffeinsatz in der dänischen Fernwärme



Quelle:
A. Dyrelund (Ramboll): Heat Plan Denmark 2010

Solare Nahwärme, Braedstrup, Dänemark

(Kollektorfläche 8 000 m², Investition 220 €/m², solare Wärmekosten 3-4 ct/kWh)

In Dänemark wird pro Kopf mehr Kollektorfläche in Fernwärmanlagen installiert als in Deutschland für alle Solarwärmanlagen zusammen genommen.



Foto: Michael Nast, DLR

Kollektorfeld in Dronninglund (37.600 m², 162 €/m²)



Foto: Michael Nast, DLR

Bau des saisonalen Wärmespeichers in Marstal



Quelle: Leo Holm



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Saisonaler Wärmespeicher in Marstal (75.000 m³, T_{max} = 85°C)



Quelle: Leo Holm

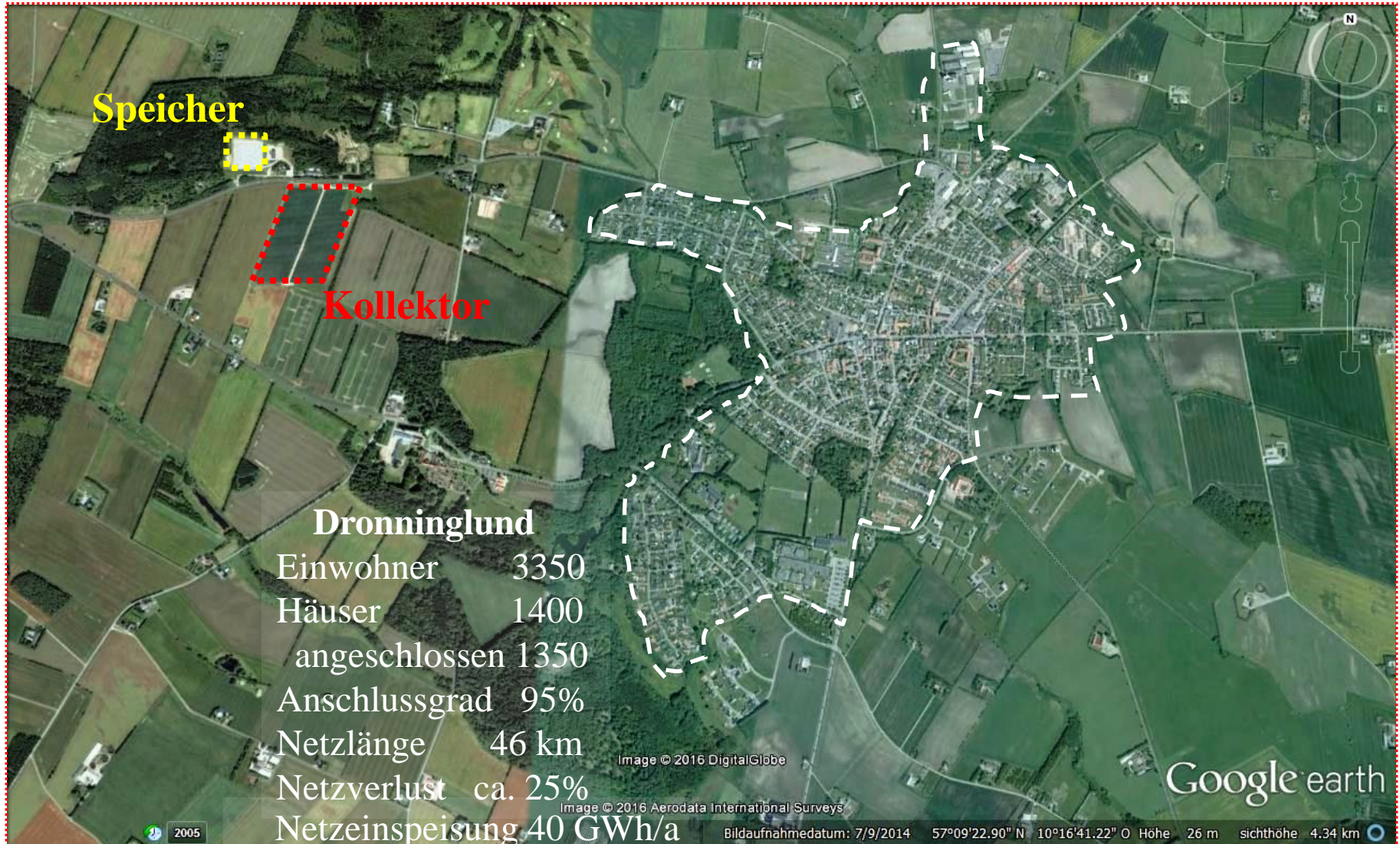


Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Abdeckung des saisonalen Wärmespeichers in Dronninglund (62.000 m³, T_{max} = 90°C)

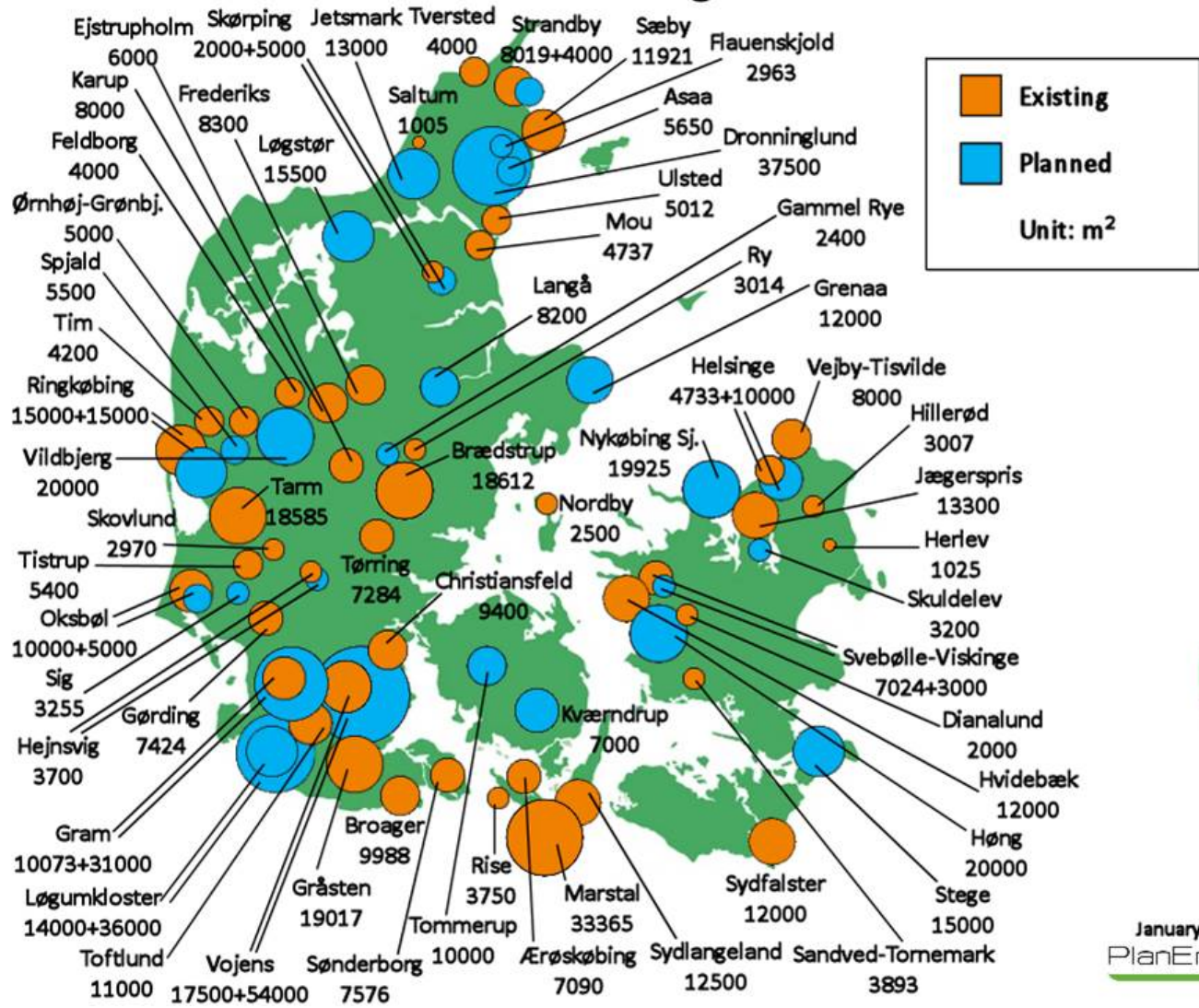


Dronninglund: Flächenverbrauch für 40% solaren Deckungsanteil



2013

Solar district heating in Denmark



Informationen zu den einzelnen Anlagen unter www.solvarmedata.dk

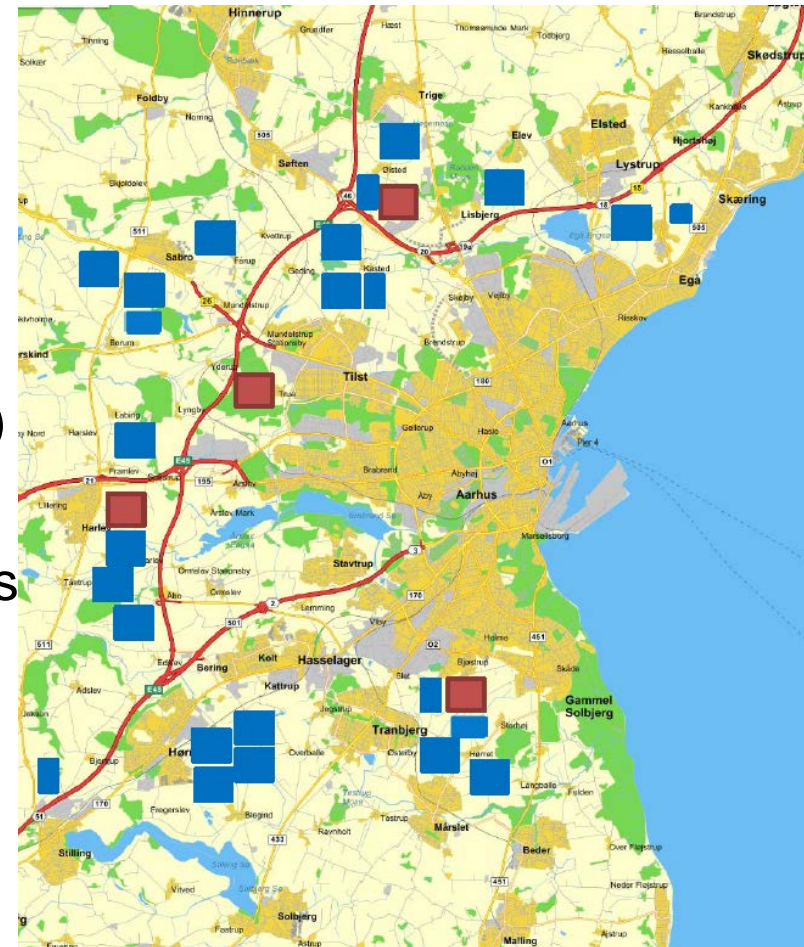
January 2014
PlanEnergi

Case study with 100% solar thermal!

- Aarhus – 260.000 citizens
- 8,500,000 m² collector area
- 37,000,000 m³ pit heat storage
- Investment 1,600 M€
(for comparison: Studstrup CHP 700 M€)


Blue = Solar fields
Red = Pit heat storages

Die Erneuerung aller vorhandenen Heiz-
(kraft)werke würde ähnlich viel kosten
wie die Solaranlagen inkl. Speicher.



Quelle: PlanEnergi

Gliederung

1. Problemfelder der Wärmewende
2. Vorteile und Bedeutung der Wärmenetze am dänischen Beispiel
-  3. Erforderliche Maßnahmen in Deutschland
4. Fazit

Übertragbarkeit der hohen dänischen Fernwärmeanteile auf Deutschland

- In Deutschland sind die Bevölkerungs- und Siedlungsdichten höher als in Dänemark.
- Eine Abschätzung des Fernwärmepotenzials für die meisten europäischen Staaten nach einer einheitlichen Methode kommt zu dem Ergebnis, dass das Fernwärmepotenzial in Deutschland höher ist als in Dänemark (59% versus 51%)
- Die mittlere Wärmebelegungsichten in Dänemark liegt bei gut $900 \text{ kWh/m}_{\text{Trasse}}$. In vielen dänischen Wärmenetzen werden nur ca. $500 \text{ kWh/m}_{\text{Trasse}}$ erreicht. Der deutsche Mittelwert liegt derzeit bei $3300 \text{ kWh/m}_{\text{Trasse}}$ (Hauptbericht der AGFW). Folgerung: Auch in Deutschland könnten mehr Wärmenetze im ländlichen Raum entstehen, da dort das Potenzial der erneuerbaren Energien am größten ist.
- In den deutschen Energieszenarien liegt der Anteil der Fernwärme am gesamten Wärmebedarf der Gebäude auch im Jahr 2050 noch unter dem in Dänemark bereits heute erreichten Wert (Ausnahme: Leitstudien des DLR).

Wärmeplanung ermöglichte die dänischen Erfolge

- Ab 2016 darf keine Ölheizung mehr installiert werden. Gilt für Neubauten schon seit Anfang 2013
- Die dänischen Erfolge konnten nur erreicht werden, weil die Kommunen schon seit Beginn der 80er Jahre ordnend in die Wärmeversorgung eingreifen.
- Dazu wurde 1979 das erste Wärmegesetz erlassen. Die kommunalen Planungen wurden durch die Regierung unterstützt (u.a. mit einem 2000-seitigen „Versorgungskatalog“). Besonders profitierten davon Wärmenetze und KWK.
- Neuerdings werden Wärmenetze in die bisher der Gasversorgung vorbehaltenen Gebiete ausgedehnt.
- Lokal verfügbare Solare Nahwärme ersetzt zunehmend KWK-Wärme, die wegen geringer Strompreise nicht mehr erzeugt wird.

Eignung von Kommunen für die Erstellung von Wärmeplänen

- Für den Bau von Wärmenetzen werden kollektive Entscheidungen benötigt.
- Kommunen sind Gemeinschaftseinrichtungen mit lokalem Bezug
- Zuständigkeit für Flächennutzungs- und Bauleitplanungen
- Daseinsvorsorge (Wasser, Abwasser, Klimaschutz...)
- Kenntnis des lokalen Potenzials erneuerbarer Energien
- Bürgermeister ist vertraut mit lokalen Befindlichkeiten und sozialen Strukturen
- Günstige Gelegenheiten können erkannt und genutzt werden (Straßensanierungen, lokale Bürgerinitiative...)
- Sanierungsgebiete können beschlossen, gefördert und gezielt beeinflusst werden
- Das EEWärmeG spricht die Träger kollektiver Entscheidungen bisher kaum an. Die vom EEWärmeG verpflichteten einzelnen Bauherren können kollektive Entscheidungen kaum beeinflussen.

Anforderungen an deutsche Wärmepläne

Folgende Bedingungen sollten erfüllt sein, damit Wärmepläne eine größere Wirksamkeit entfalten als die bereits heute üblichen Energiekonzepte:

1. Flächendeckende Erstellung von Wärmeplänen in jeder Kommune
2. Erstellung nach einer einheitlichen Struktur (das erlaubt sowohl das Aufaddieren der Klimaschutzbeiträge als auch Vergleiche zwischen beliebigen Kommunen)
3. Herunterbrechen der nationalen Ziele auf einzelne Gemeinden. (Dazu ist noch ein Verfahren zu entwickeln, welches den unterschiedlichen Möglichkeiten in ländlichen und städtischen Gemeinden gerecht wird.)

Eine einheitliche Struktur kann z.B. durch die Verwendung von Satellitendaten erreicht werden.

Forderungen an die deutsche Fernwärmewirtschaft

- Die Fernwärme muss dekarbonisiert werden. Der Anteil erneuerbarer Energien liegt bisher bei nur 5% (inkl. Müllverbrennung bei 16%).
- Die Netztemperaturen müssen verringert werden, sowohl um die Nutzung erneuerbarer Energien zu erleichtern als auch um die Netzverluste zu verringern. In Dänemark liegen die Vor/Rücklauftemperaturen im Mittel bei nur 75/35°C. In Deutschland liegen insbesondere die Rücklauftemperaturen wesentlich höher. Es gibt hierzu aber kaum Daten.
- Die Wärmespeicher müssen zur Verbesserung der Flexibilität vergrößert werden. Das Volumen typischer dänischer Speicher reicht aus, um daraus den Wärmebedarf eines Wochenendes zu decken, wenn die Stromvergütung für die KWK-Anlage gering ist. Das Volumen deutscher Speicher dürfte um eine Größenordnung geringer sein.

Minderung von Wärmeverlusten

Beispiel: 1. und 9. Bioenergiedorf der Firma Solarcomplex. Die Wärmeverluste konnten mehr als halbiert werden. Nur etwa die Hälfte der Verbesserung ist auf die höhere Netzbelegung zurückzuführen.

	Mauenheim	Büsing
Einwohner	ca. 450	ca. 1.400
Baujahr des Wärmenetzes	2006	2012
Angeschlossene Gebäude	ca. 70	ca. 105
Wärmebedarf dieser Gebäude	1.719 MWh/a (Mittelwert über 6 Jahre)	3.771 MWh/a (Mittelwert über 2 Jahre)
Trassenlänge (inkl. HA)	4.000 m	5.800 m
Netzbelegung	416 kWh/(m*a)	636 kWh/(m*a)
$T_{\text{vor}}/T_{\text{rück}}$ im Winter	85°C/57°C	82°C/50°C
$T_{\text{vor}}/T_{\text{rück}}$ im Sommer	80°C/60°C	75°C/57°C
Wärmeverlust, berechnet	32%	16,8%
Wärmeverlust, gemessen	38%	17,8%

Anmerkung: Auch in Mauenheim wurden schon flexible Doppel-Rohre verwendet.

Fördermöglichkeiten und Wärmenetzzubau

- In Dänemark wird der Bau von Wärmenetzen schon seit langem nicht mehr gefördert. In Deutschland ist dies noch nötig.
 - Die Förderung nach dem KWKG beträgt mindestens 100 € pro Trassenmeter
 - Die Förderung durch das MAP liegt bei 60 €/m. Hinzu kommt eine Förderung von 1800 € je Hausübergabestation.
 - Erhöhung der Förderung um 10% für KMU
 - Erhöhung durch APEE-Bonus um 20% für Hausanschlussleitung und Übergabestation, falls ineffizienter Kessel ersetzt wird.

Speziell in ländlichen Gebieten mit niedrigen Verlegekosten deckt diese Förderung einen signifikanten Anteil der Netzkosten.
- Aufgrund dieser Förderung erfolgt der Zubau an Fernwärmeleitungen zügiger als häufig ausgewiesen. Gemäß AGFW erhöhte sich die Netzlänge von 2013 auf 2014 um gut 700 km. Aber allein durch das MAP wurden in 2014 mehr als 1300 km regenerative Netze gefördert - meist kleinere Netze, die durch die AGFW-Statistik nicht erfasst werden.

Zusammenfassung und Fazit (1)

Ohne Wärmenetze gelingt die Wärmewende nicht, weil

- keine Tiefengeothermie
- viel weniger solare Wärme
- viel weniger Flexibilität im Energiesystem
- keine außerbetriebliche Abwärmenutzung
- keine thermische Nutzung von Müll, Stroh und sonstigen problematischen Biomassefraktionen
- schlechterer Stromwirkungsgrad bei KWK
- deutlich höhere Kosten für das Gesamtsystem.

Zusammenfassung und Fazit (2)

Mit Wärmenetzen gelingt die Wärmewende, weil

- Dänemark es vormacht
- Die Technik von Dänemark auf Deutschland übertragen werden kann
- Das Wärmenetzpotenzial in Deutschland aus struktureller Sicht wenigstens ebenso groß ist wie in Dänemark.

Die Einführung einer flächendeckenden Wärmeplanung als Teil der kommunalen Daseinsvorsorge würde die deutsche Wärmewende stark fördern.



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

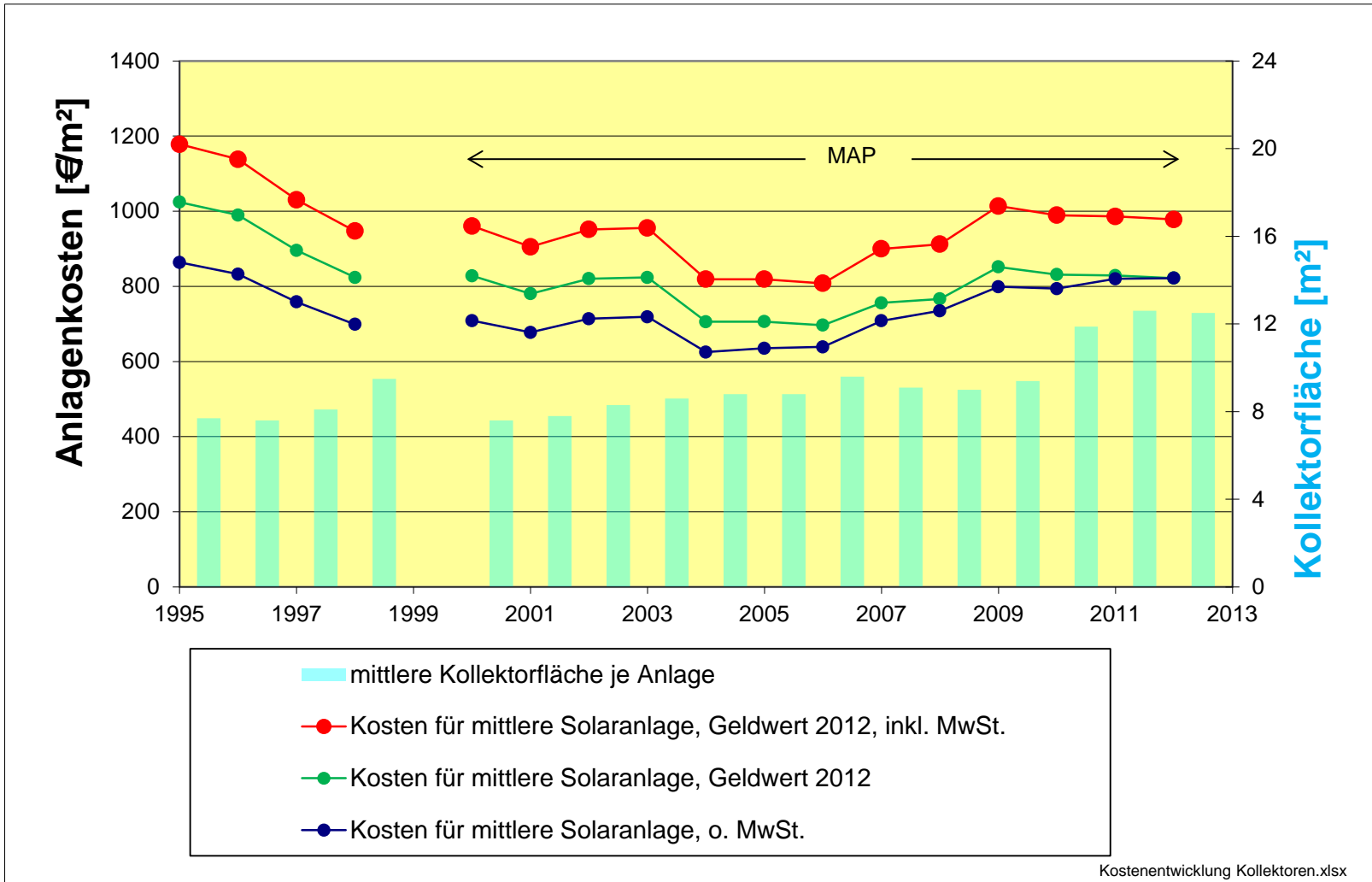


Es folgen

Ergänzende Reservefolien



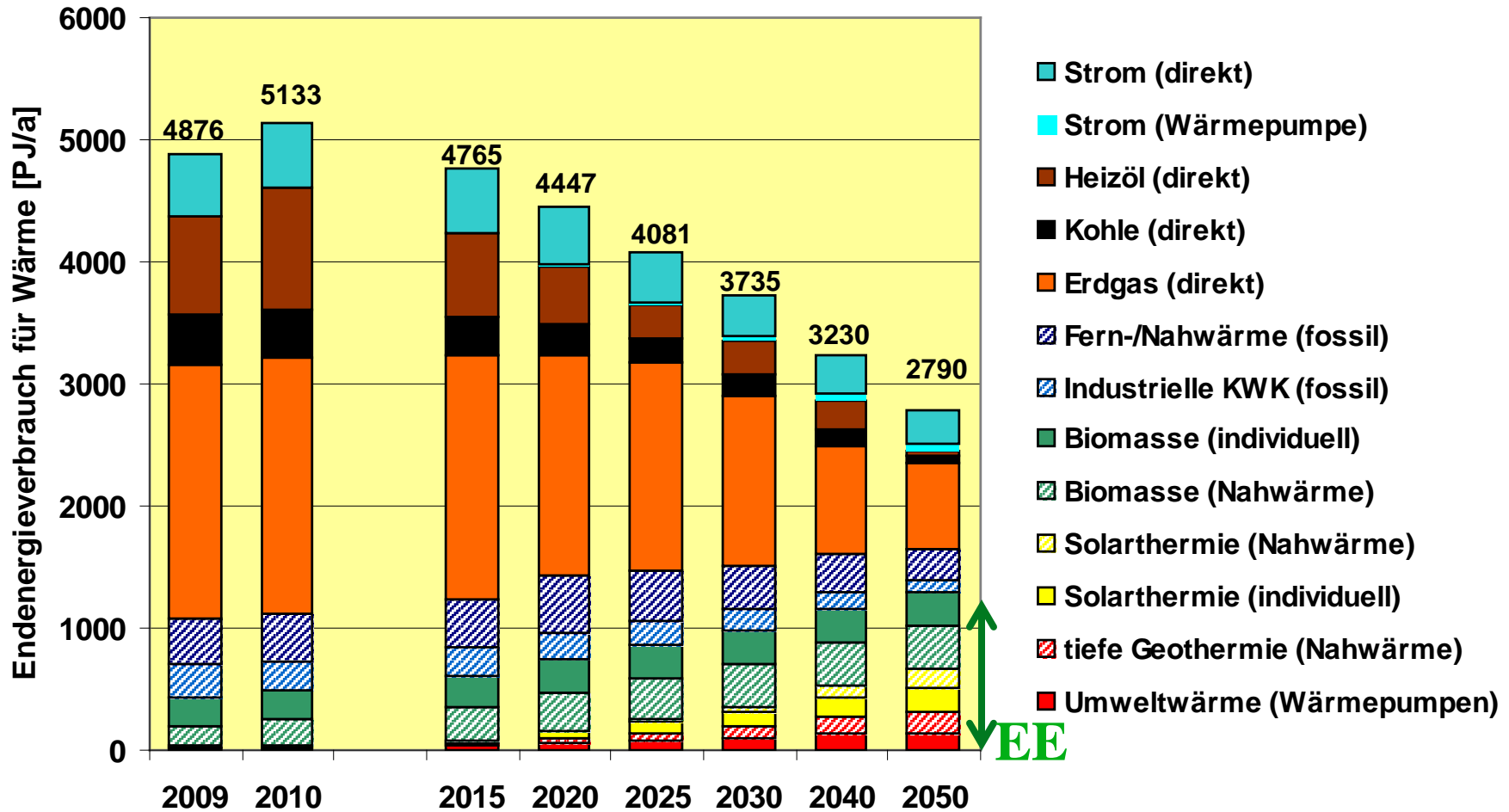
Kostenentwicklung von kleinen Solaranlagen



Quelle: Evaluationen des Marktanzreizprogramms (MAP) und dessen Vorgänger
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
 in der Helmholtz-Gemeinschaft

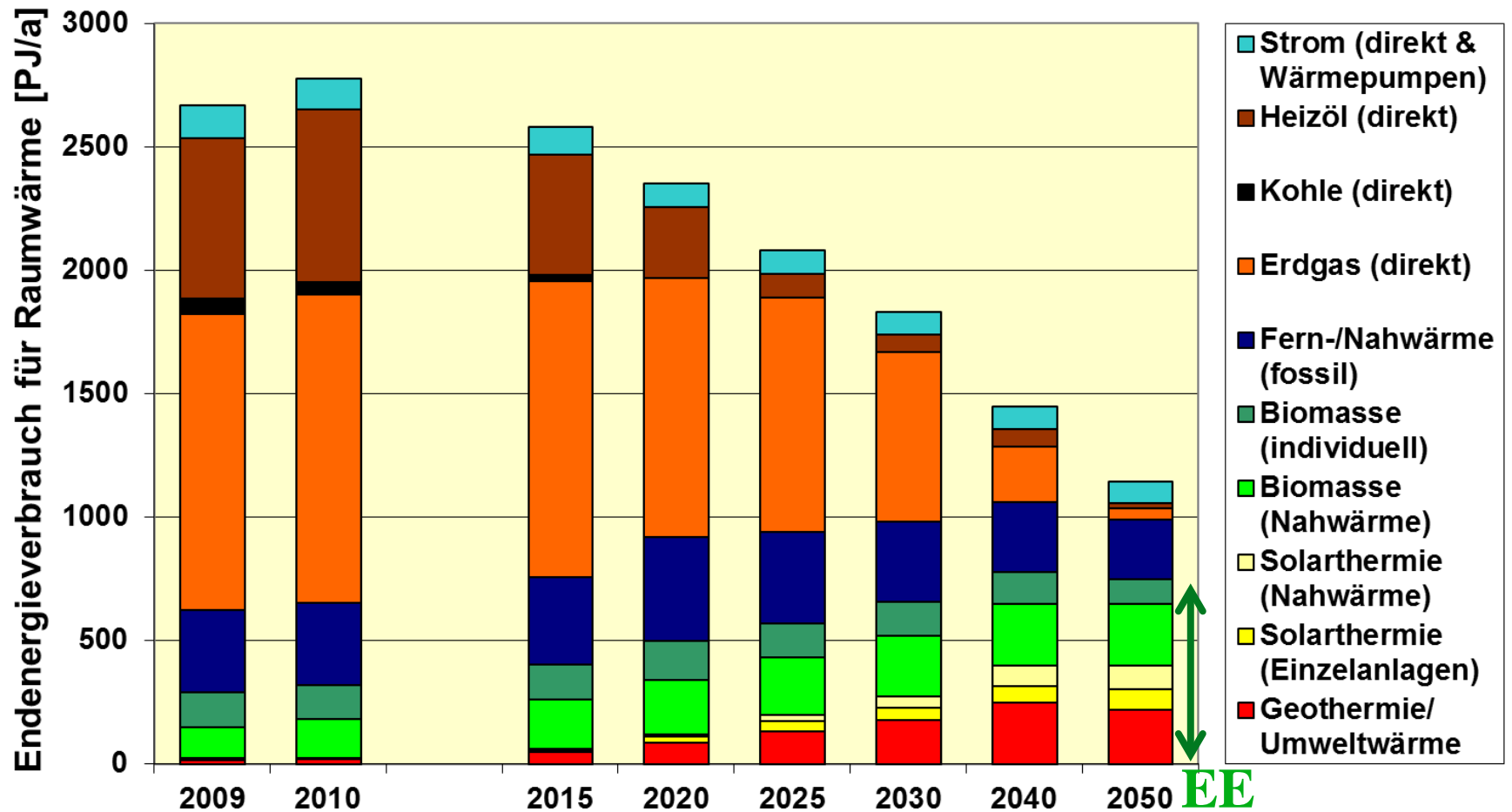
Endenergieverbrauch für Wärme in der Leitstudie 2011

(einschl. Prozesswärme, einschl. Stromeinsatz für Wärme) Szenario A



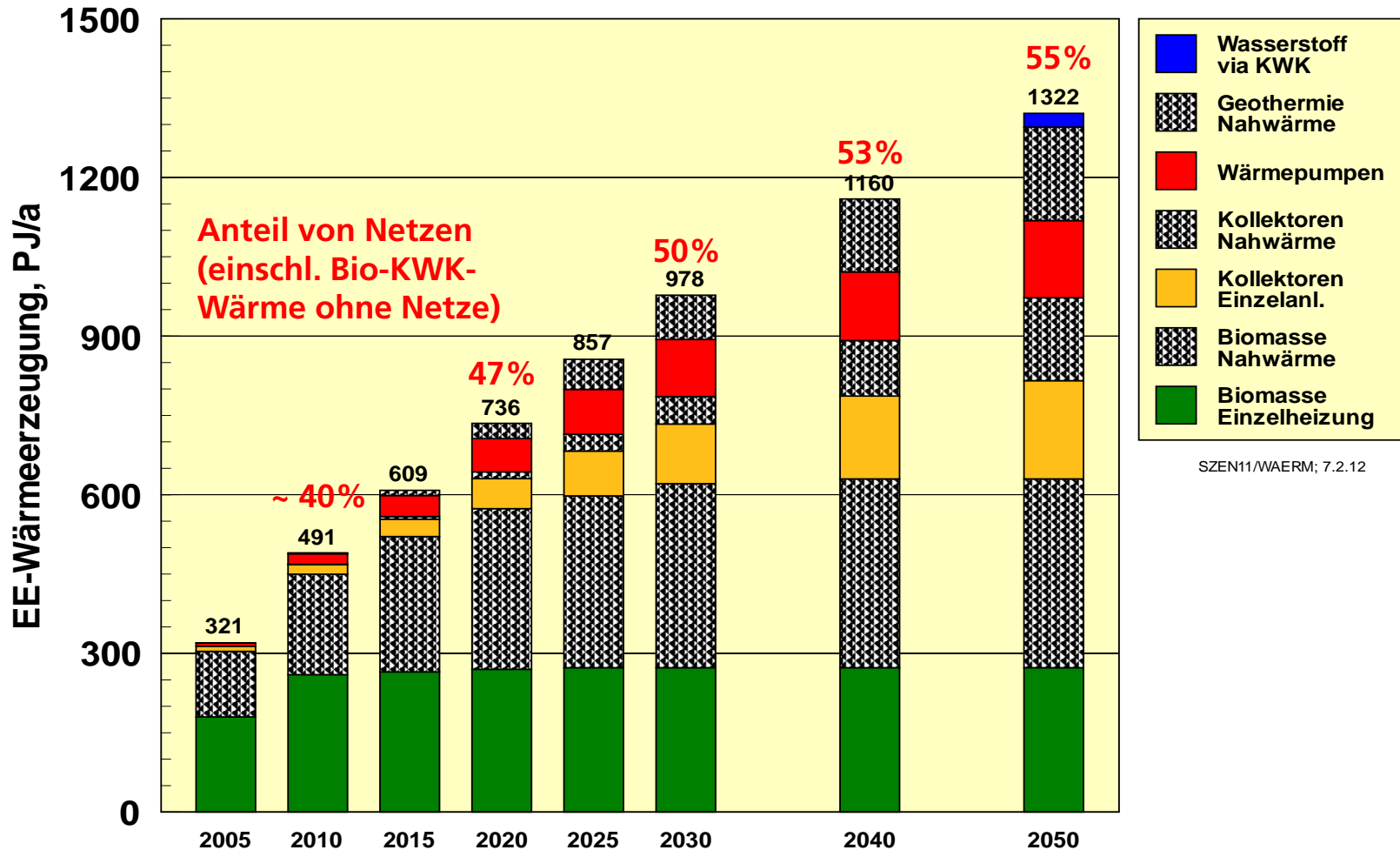
Ziele im Wärmesektor bis 2050: -45% Endenergie, 50% EE-Anteil, -75% CO₂-Emission

Endenergieeinsatz für Raumwärme in der Leitstudie 2011

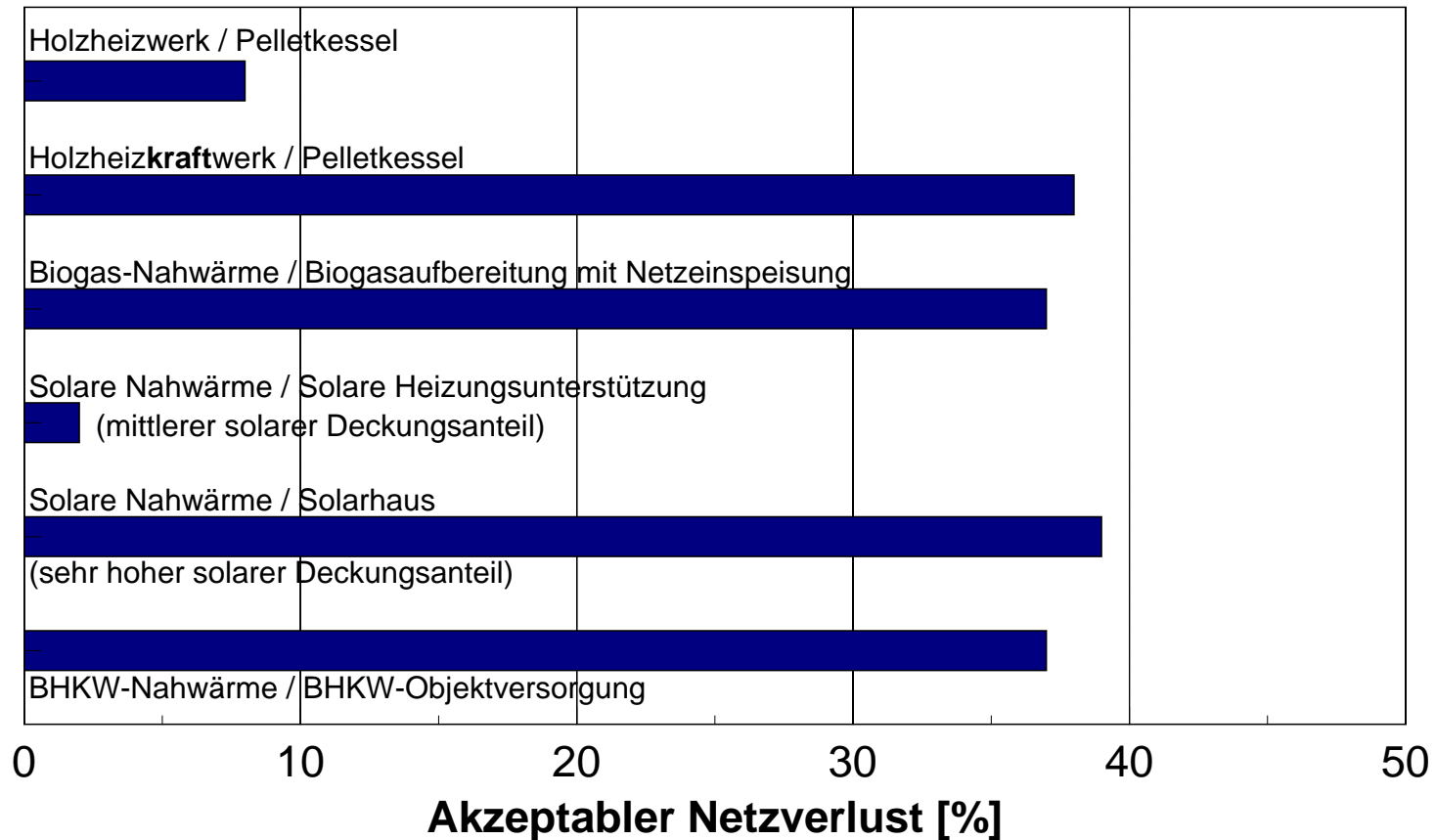


Erneuerbare Wärme aus Wärmenetzen und Einzelanlagen

- Szenario 2011 A -



Bewertung von Netzverlusten bei knappen Ressourcen durch den Vergleich von konkurrierenden Nutzungsmöglichkeiten



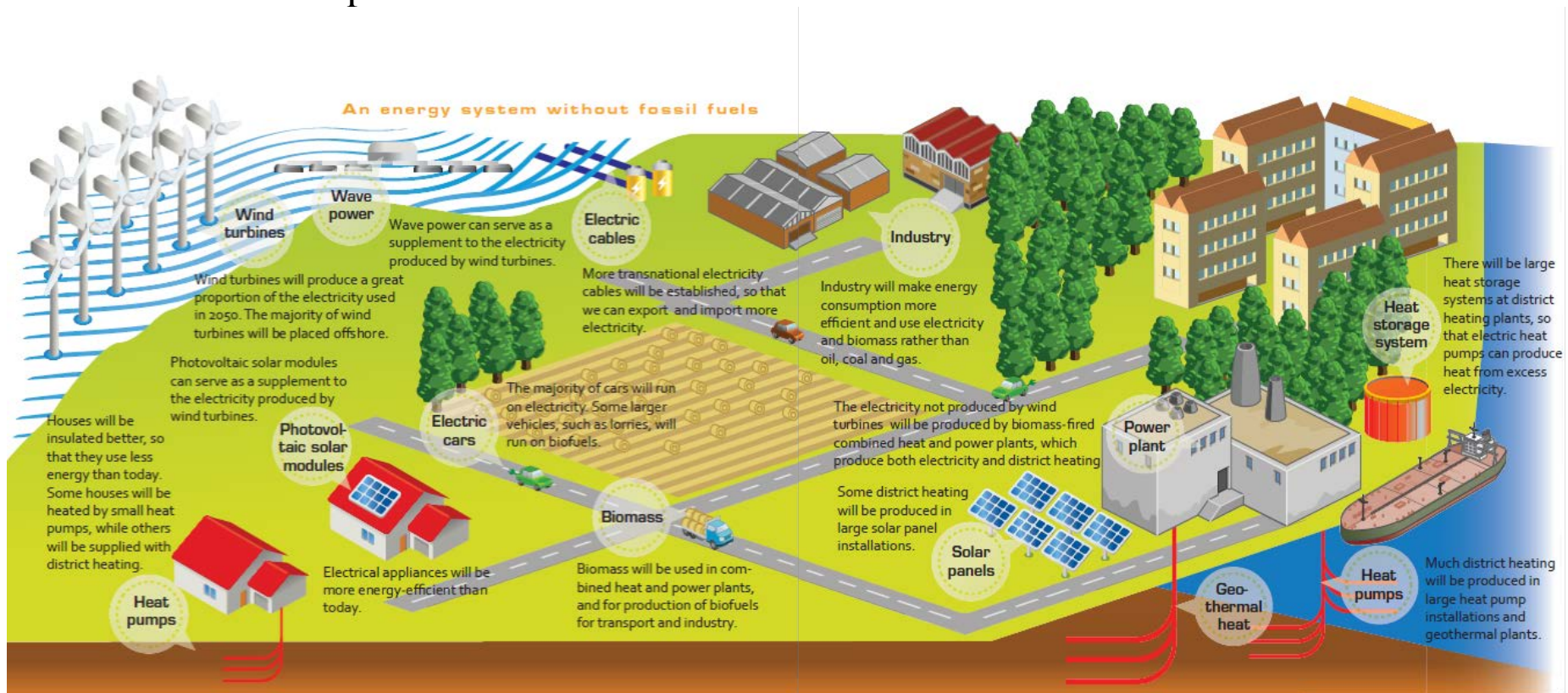
Der akzeptable Netzverlust gibt an, bis zu welchem Netzverlust die Brennstoffeinsparung des Nahwärmesystems höher ist als bei dem konventionellen Vergleichssystem.

Bei Biogasanlagen ist die Klimawirkung der Methanverluste, bei saisonalen Wärmespeichern der Herstellungsaufwand berücksichtigt.

Die dänische Vision

Offizielle dänische Ziele:

- 100% Erneuerbare Energien für Wärme und Strom **bis 2035**
- Überhaupt keine fossilen Brennstoffe mehr nach 2050



Quelle: Klimakommissionen, Green energy – the road to a Danish energy system without fossil fuels.

Mögliches Ablaufschema für eine kommunale Wärmeplanung

