



Wärmewende – Vorbild Dänemark

Was können wir von der Wärmewende in Dänemark lernen?

Referent: Peter Ritter

EMD: Softwarelösungen und Dienstleistungen für die Energiewende seit 1986



Peter Ritter

- Dipl.-Ing Elektrotechnik
- 30 Jahre Erfahrungen im Bereich der Erneuerbaren Energien
- EMD Deutschland Niederlassung der dänischen Firma EMD A/S Aalborg
- Softwarevertrieb und Consulting für Energiesysteme, Wind und PV Projekte



windPRO

Weltweit führende Software für die Windenergieprojektierung



windDPS

Performance-Überwachung von Windparks



energyPRO

techno-ökonomische Simulation von Energiesystemen



energyTRADE

tägliche Einsatzoptimierung von Energiesystemen



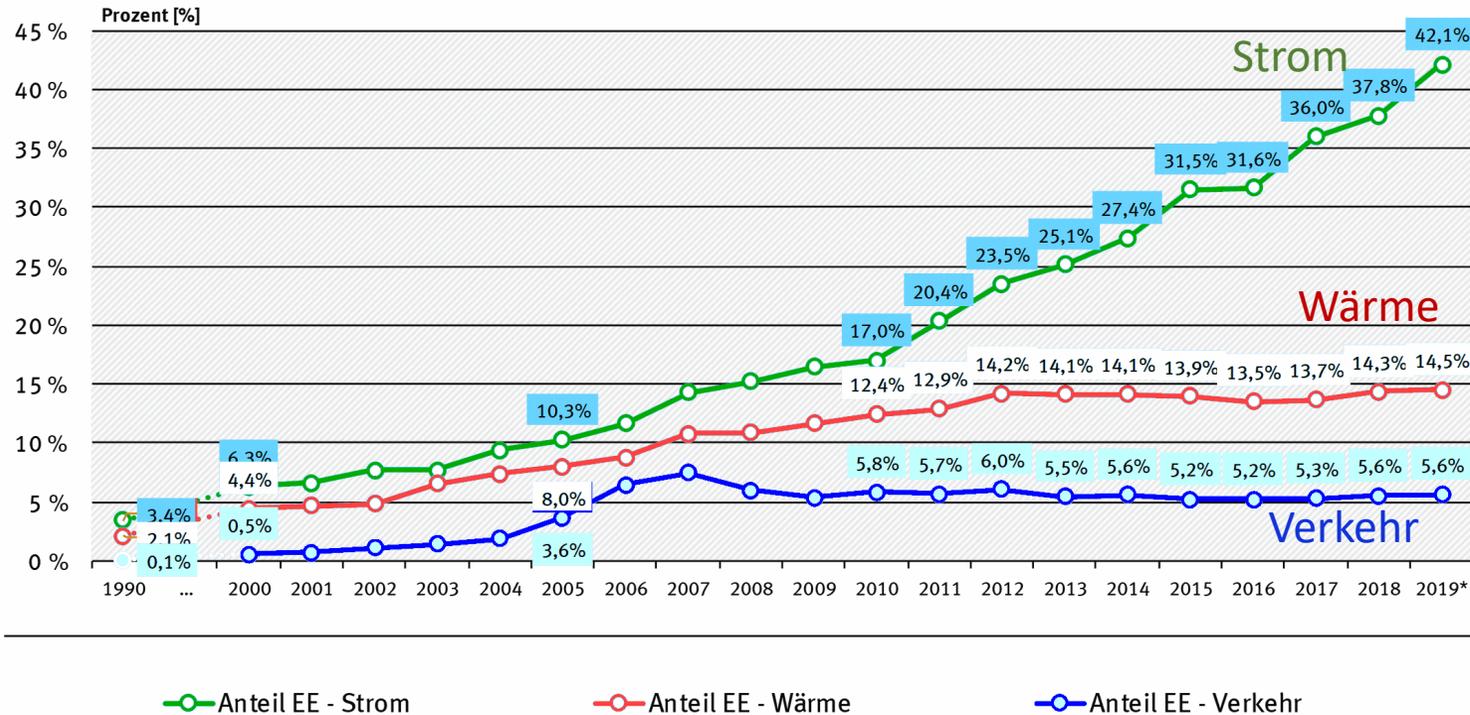
Inhalt

- Vergleich Energiesektor Dänemark und Deutschland
- Motivation und Erfolgsfaktoren in Dänemark
- Typische Beispiele aus Dänemark
- Herausforderungen in Deutschland
- Lösungswege in der Wärmewende in Deutschland
- Zusammenfassung

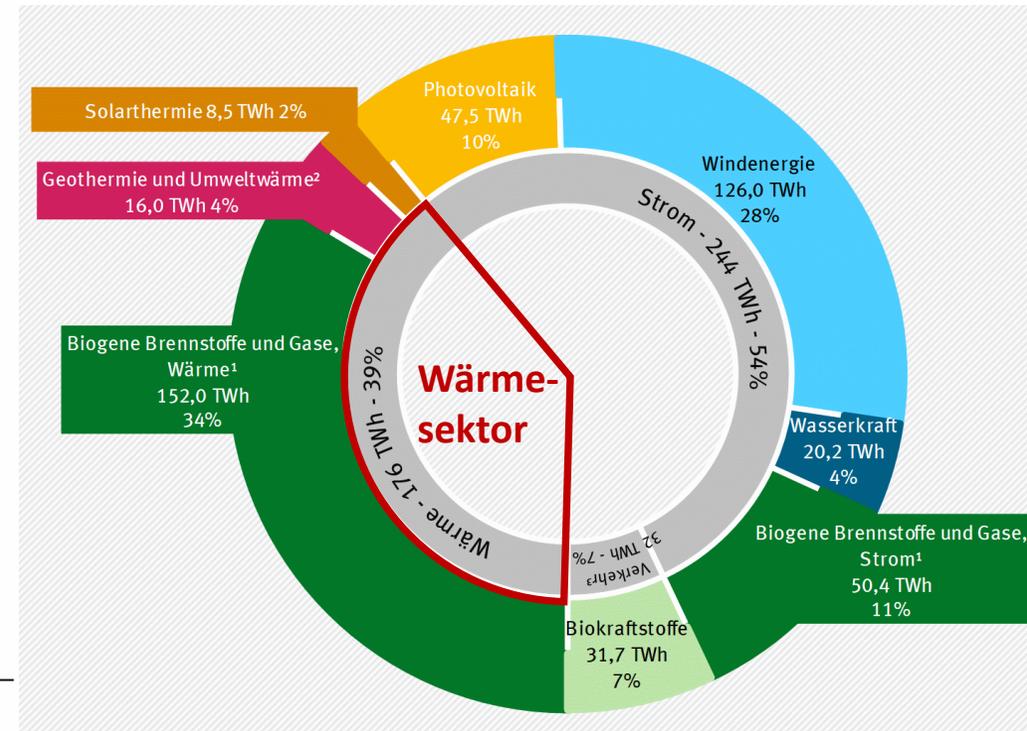
Anteile Erneuerbare Energien am Energiebedarf in DE

Strom 42,1%, **Verkehr 5,6%,** **Wärme 14,5%**

Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch, am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte sowie am Endenergieverbrauch im Verkehrssektor
Entwicklung von 1990 bis 2019



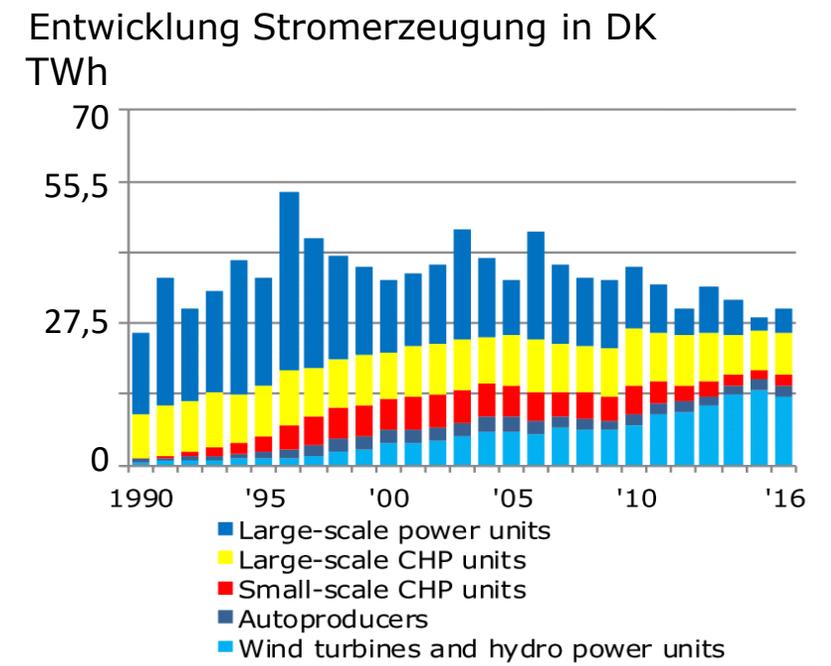
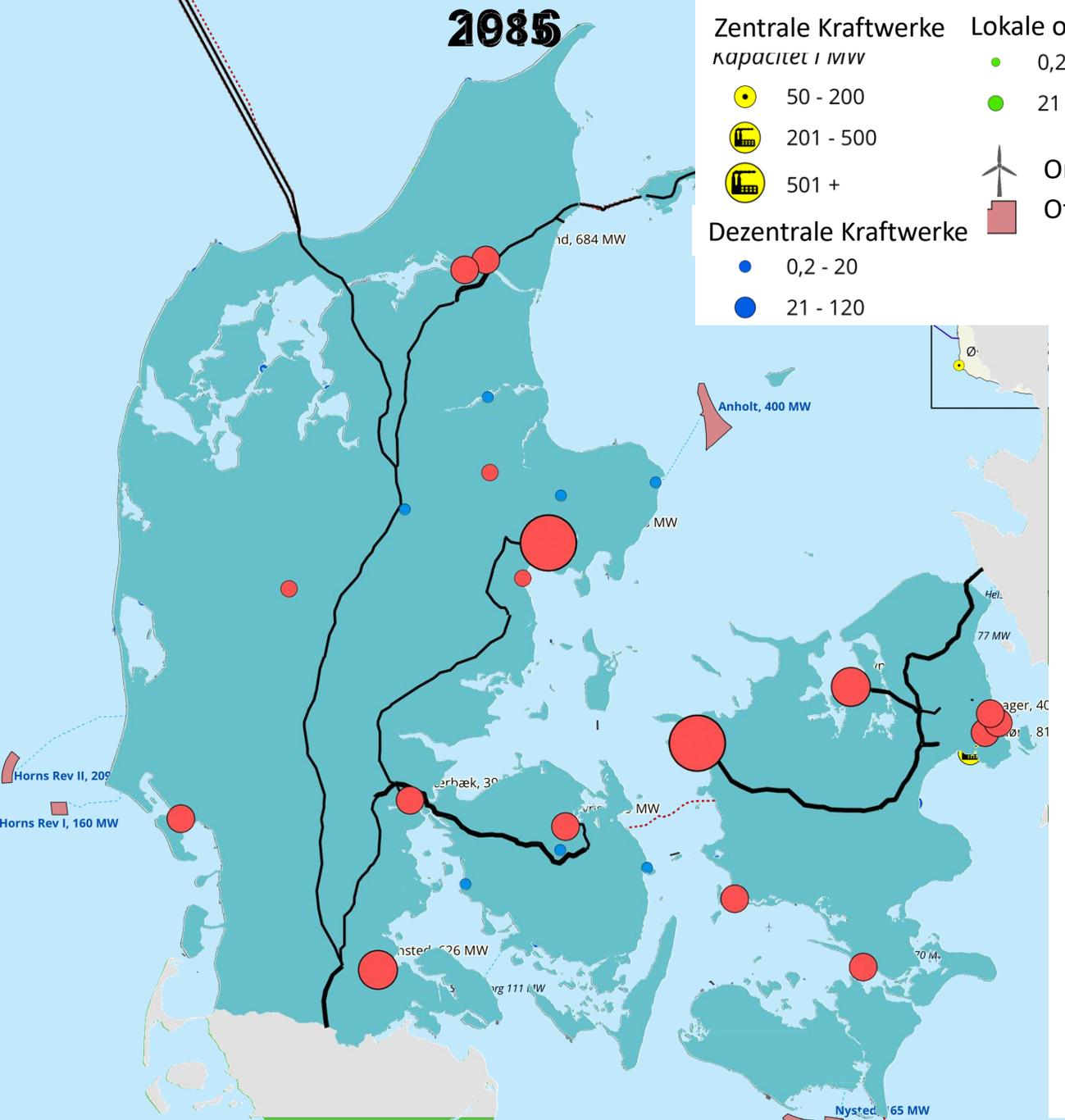
Aufteilung Erneuerbare Energien



Quelle: [UBA](#) Stand 2/2020

Vergleich Wärmewende Dänemark & Deutschland

	 Dänemark 5,8 Mio. Einw.	 Deutschland 83,1 Mio. Einw.
WÄRMESEKTOR DEKARBONISIERT BIS	~ 2030	~ 2050
ERNEUERBARER STROM	51 %	42 %
Strom aus KRAFT-WÄRME-KOPPLUNG (KWK)	53 %	14 %
Anteil Wärme aus NAH-/FERNWÄRME & Länge	64 % / 40Tkm	14 % / 20Tkm
Anteil ERNEUERBARE WÄRME	45 %	14 %
Betreiber Nah-/Fernwärmeanlagen	12,5 % Kommunen 85% Energieversorgungs- gemeinschaften	Stadtwerke, Contractoren, Energieversorgungs- gemeinschaften



Status DK	2016	1994
Maximale Lastspitze (MW)	~6.000	
Großkraftwerke (MW)	5.688	9.126
Windenergieanlagen (MW)	5.245	521
Photovoltaik (MW)	851	0
Verteilte KWK Anlagen (MW)	1.839	773
Gesamte Leistung (MW)	14.2500	10.750



Beispiel Skagen:
 BHKWs: 3 x 4,7 MWeI
 E-Kessel: 11 MW
 Speicher 4.700 m³
 und 6.300 m³

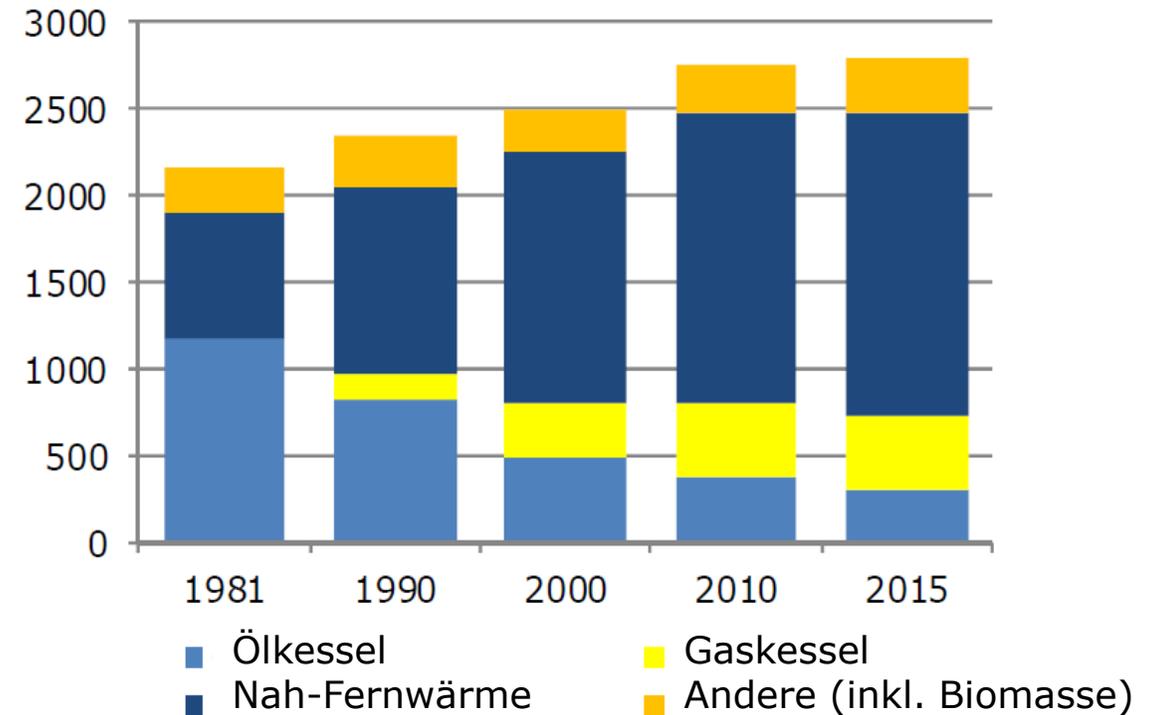


Historisches Drei-Tarif-System, heute Direktvermarktung
 Anreiz zur flexiblen Auslegung mit Speicher



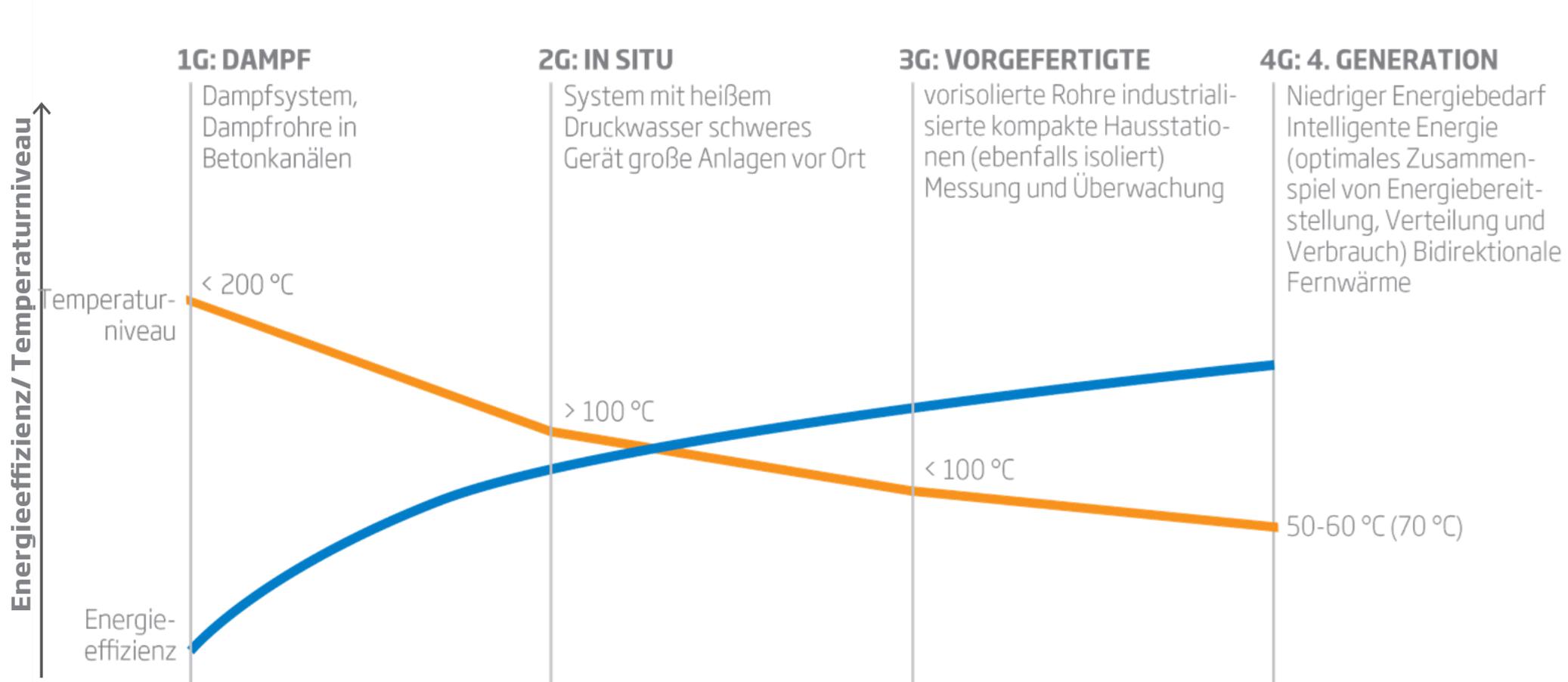
Organisatorisches Modell – hohe Akzeptanz

- Kommunale Wärmeplanung für optimale Wärmeversorgung (einheitlicher Methodik)
- Wahl der Wärmeversorgung basierend auf sozioökonomischen und Umweltaspekten
- Höchstmöglicher Anteil an KWK
- Vermeidung Konkurrenz zwischen Gas- und Fernwärmeversorgung
- Fernwärmeversorgung grundsätzlich non-profit, enthält alle Kosten
- Regulator genehmigt bzw. begrenzt Tarif
- Anspruch der Verbraucher auf günstigste Lösung (Fernwärme oder Alternative)
- Überschüsse fließen an Verbraucher zurück



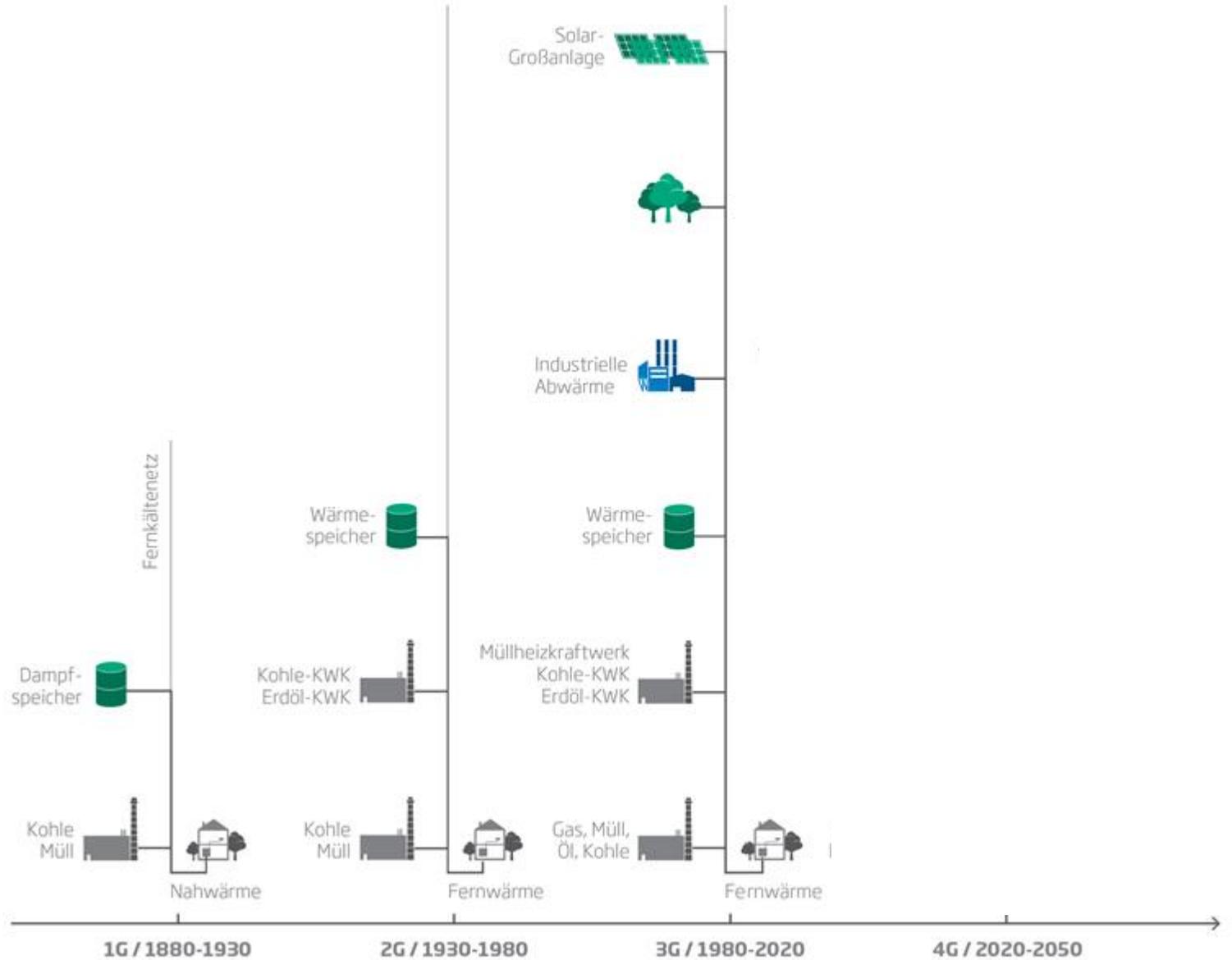
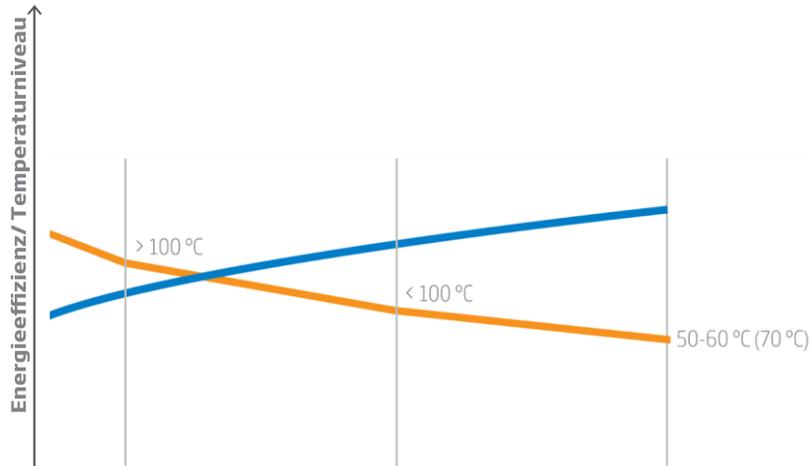
Entwicklung der Nahwärme-Fernwärme Versorgung in DK

Reduktion der Vorlauf-Rücklauftemperaturen → Steigerung der Effizienz



Quelle: State of Green
<https://stateofgreen.com/de/>

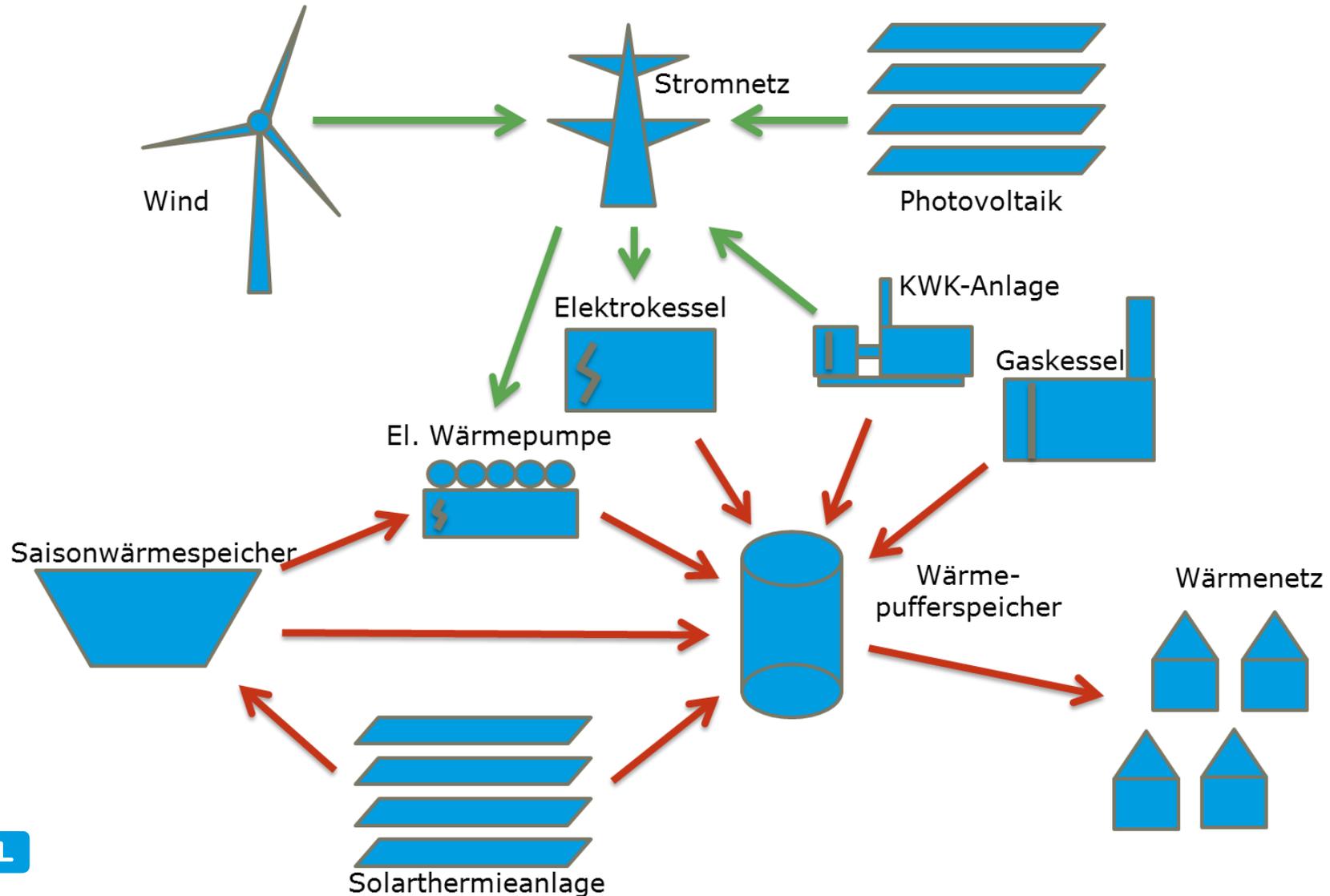
Nah- und Fernwärme der 4. Generation in DK



Entwicklung der dänischen Wärmewende

- Ausbau der Wärmenetze
 - Nutzung von Skaleneffekten – Wirtschaftliche Lösungen
 - Breiter Anlagen- und Energieträgermix
- Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung
- Errichtung von Wärmespeichern
- Umbau Kohle- und Ölkraftwerke zu Gas und Biomasse
- Absenkung der Netztemperaturen
- Ausbau der Müllverbrennung
- Integration von Abwärmenutzung, Tiefengeothermie
- Große Solarthermie
- Power-to-X (Wärmepumpen und Elektrokessel)

Hybride Energiesysteme mit hohem Anteilen regenerativer Energien



Quelle

RAMBOLL

Vojens Nahwärme 50 % solare Deckung

Daten

70.000m² Solarthermie 28,7 MW
Wärmeerz. 36.700 MWh/a
120.000 m³ Erdbeckenspeicher
Kombination mit:

- 10 MW Elektrokessel,
- 950 kW el. Wärmepumpe
- Gasmotoren und Gaskessel

Ergebnis

2.000 Haushalte erhalten erneuerbare
Wärme zu wettbewerbsfähigen Preisen
und mit höchster Versorgungssicherheit

Erweiterung der Anlagen mit Solarthermie und Wärmepumpen

Beispiel Ringkøbing District Heating (4.000 Anschlüsse)

Quelle: EMD
www.emd.dk/plants/rfvv/

Gaskessel	4 x 10 MW
Gasturbine	6,2 MW _{el}
BHKW	8,9 MW _{el}
E-Kessel	12 MW
Wärmepumpe	2 x 2 MW _{th}
Wärmespeicher	5200 m ³
Wärmeabgabe	114.000 MWh

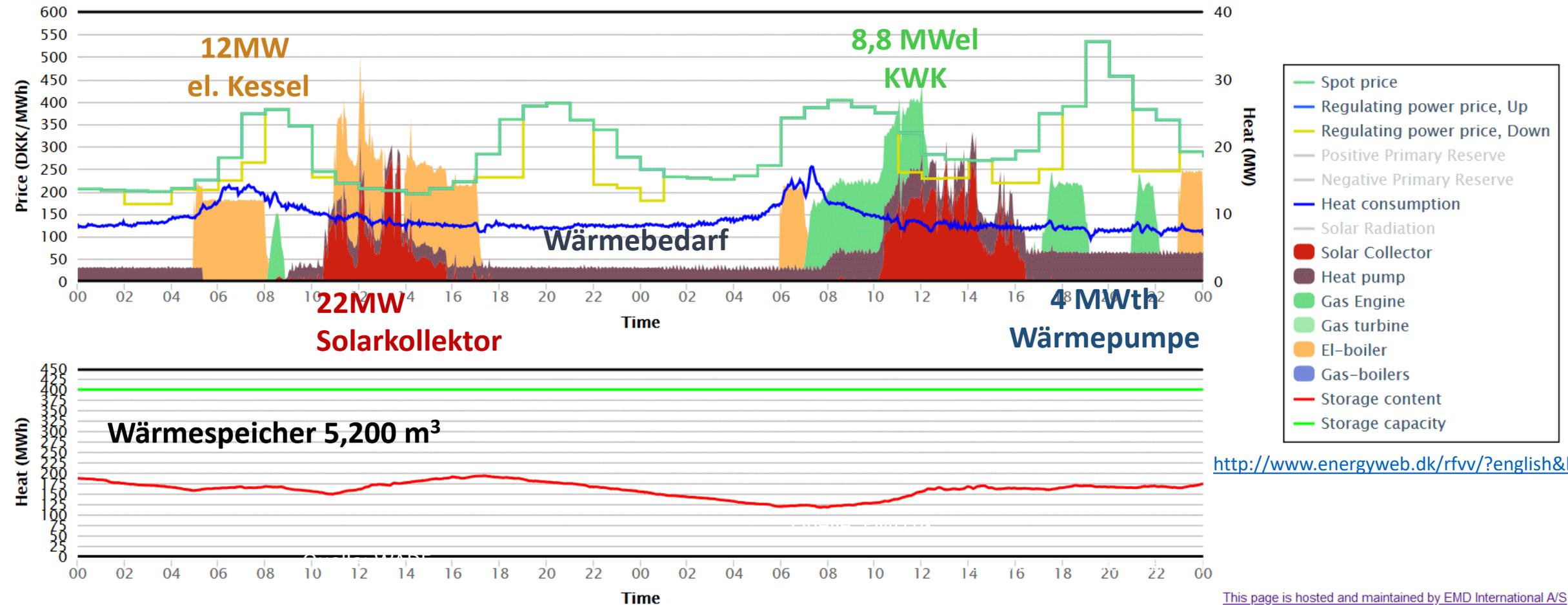


Solarthermie: 22 MW_{th}
Kollektorfläche 30.000 m²
Wärmespeicher 3000 m³ (150MWh)



Power2Heat, E-Kessel Beispiel KWK-Anlage Ringkøbing

Ringkøbing District Heating, Wednesday, 2019-09-18 to Thursday, 2019-09-19



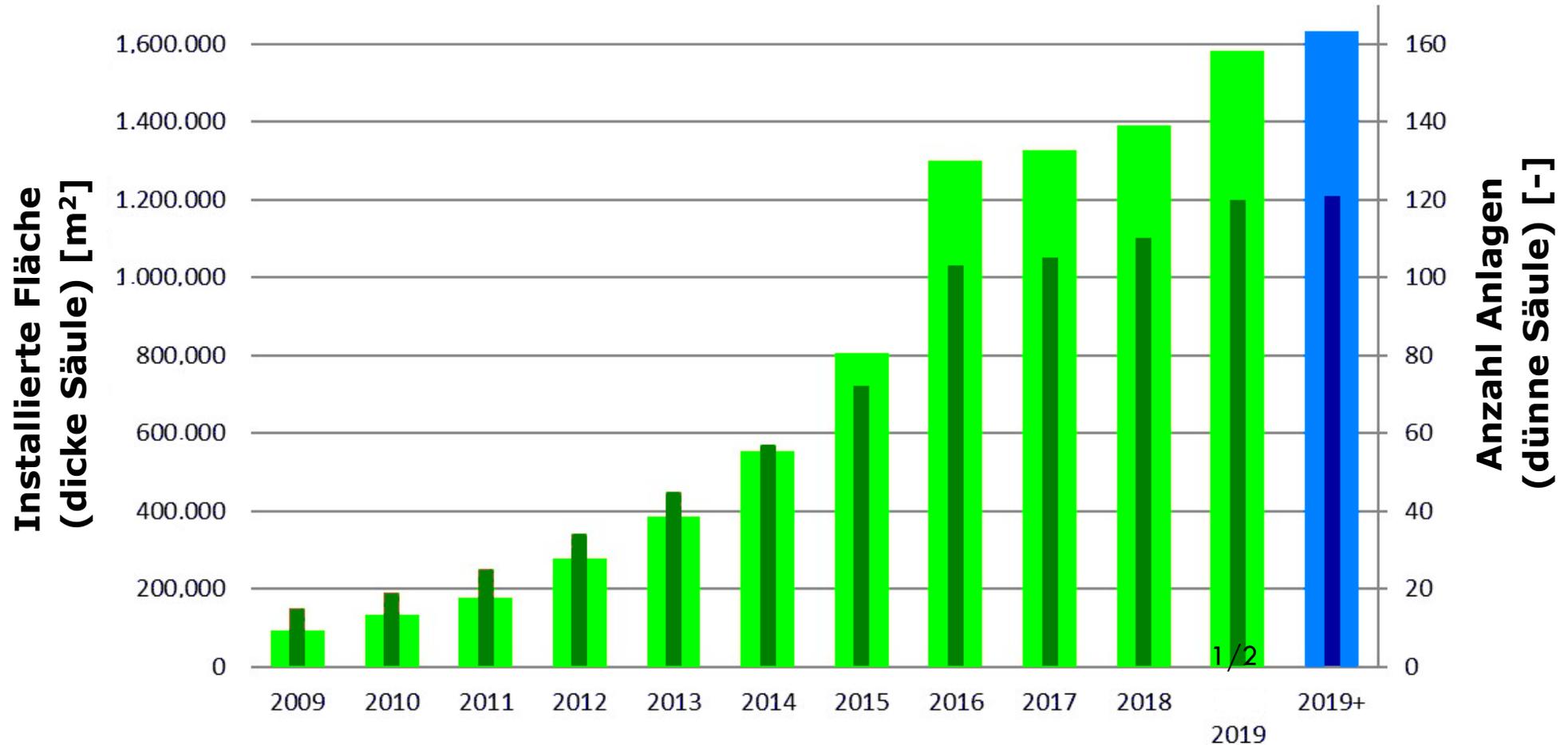
<http://www.energyweb.dk/rfvv/?english&history>

This page is hosted and maintained by EMD International A/S

Entwicklung Solarthermieanlagen in Dänemark

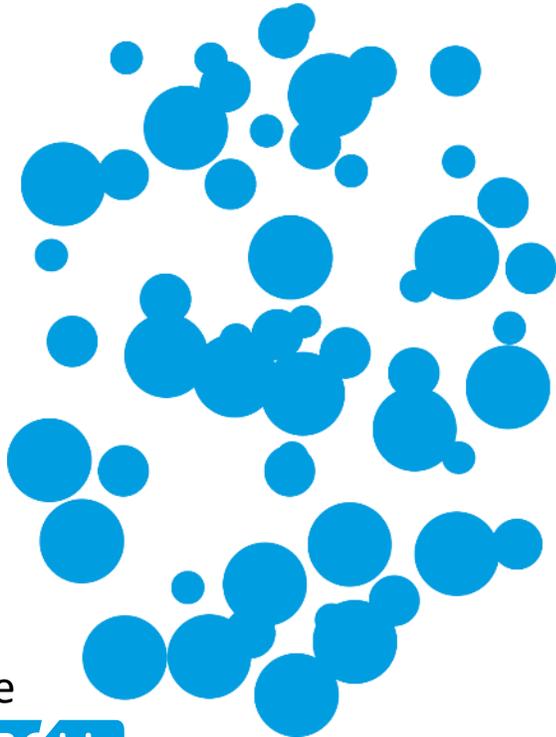
Solarthermieanlagen in Dänemark

Fläche und Anzahl der Solarthermieanlagen in **Betrieb** und **geplant**

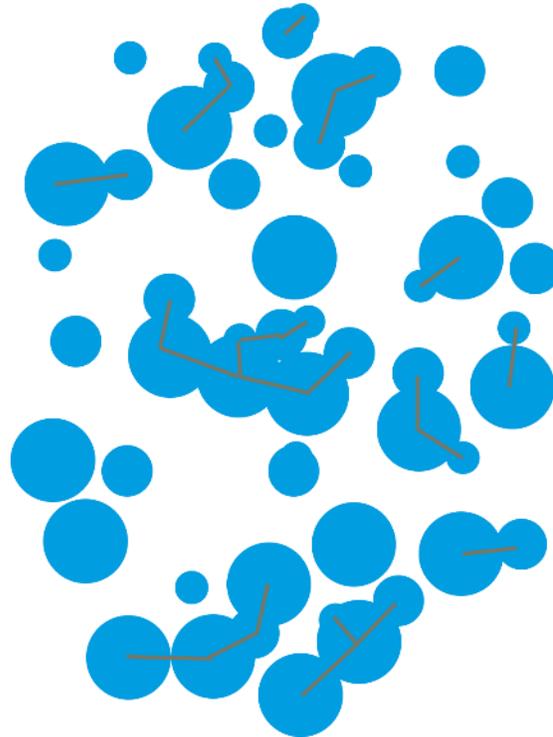


Strategische Kommunale Wärmeplanung unterschiedliche Vernetzungsgrade

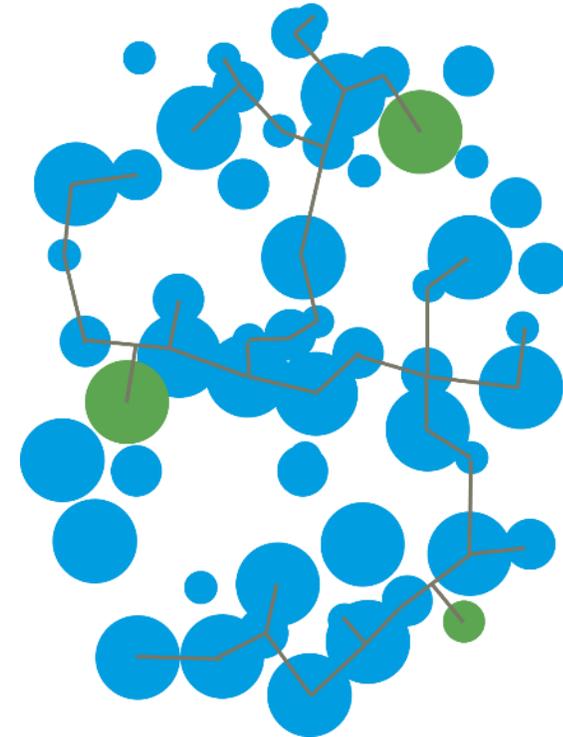
OBJEKTBEZOGEN



INSELNETZE



INTEGRIERTES NETZ



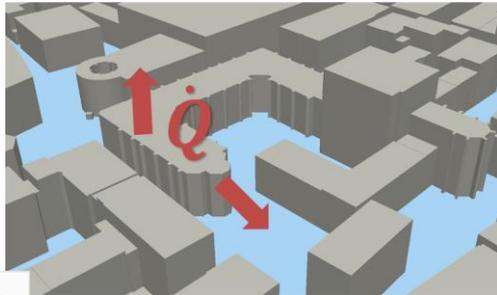
Quelle

RAMBOLL

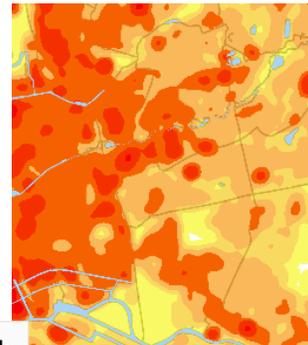
Je größer eine gemeinschaftliche Wärmeversorgung, desto besser lassen sich erneuerbare Energien und Abwärme (grüne Punkte) einbinden.

Kommunale Wärmeplanung Wärmeentwicklungsplanung in sechs Schritten

Visualisierung des Vorgehens



a



b



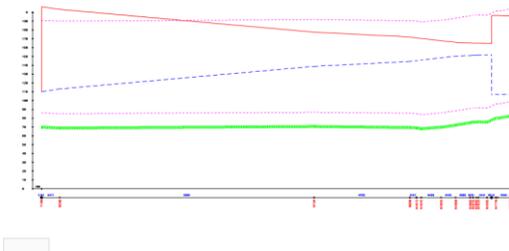
c



d

CS-Daten	Einsubstrat			
AreaName	Erweiterung			
Netzmodifikation	1	2	3	4
Szenario				
Kosten Netz				
spez. Press Hauptleitung	2200	2800		
spez. Press Verteilung	1400	1700		
spez. Press Hausanschluss	700	700		
spez. Press Hausanschluss	4200	4500		
Kosten Hauptleitung	2200000	2800000		
Kosten Verteilungen	1064000	1328000		
Kosten Hausanschlüsse	1156800	21171500		
Kostenersatz Pumpstation, sonst	360900	768200		
Summe Investitionskosten Netz	28067200	54330700		
Summe spez. Kosten	1800	1900		
herangezogene spez. Kosten Netz	3500	3500		
herangezogene Investitionskosten	53758390	97682424		
Abschreibedauer	20	20		
Wartung und Instandhaltung (1%)	537583,9	976824,24		
jährliche Kosten Netzausbau	3225303,4	3860945,4		
Anteil Netzverdichtung / Netzlänge				
Kosten Erzeugung (bei Inselnetzen)				
Ausbauleistung				
Anlagenpreis				
spez. Ausbauleistung				
Ausbauleistung				
Abschreibedauer				
jährliche Kosten Erzeugung				
Auswertung				
Gesamtinvestitionskosten Netz	53758390	97682424		
herangezogene Investitionskosten	3225303,4	3860945,4		
Wartung / jährliche Invest.	8,7176471	20,158913		
spezifische Invest. / Anschlusspunkt	304,51363			
Wartungs- / Instandhaltung	1800	4200		
Wartungs- / Instandhaltung	0,9796068	1,1151984		

e



f

Beschreibung des Vorgehens

- a) **Wärmebedarfsermittlung**
- b) **Wärmekarten**
- c) **Potenzialgebiete**
- d) **Energiesysteme und Erzeugungsparks:**
Modellierung, Simulation, Optimierung
- e) **Wirtschaftlichkeitsanalysen**
inkl. CAPEX- und OPEX
- f) **Thermohydraulische Bewertung**
Handlungsoptionen bzgl. Netz und Erzeugung

Was wir von Dänemark lernen können

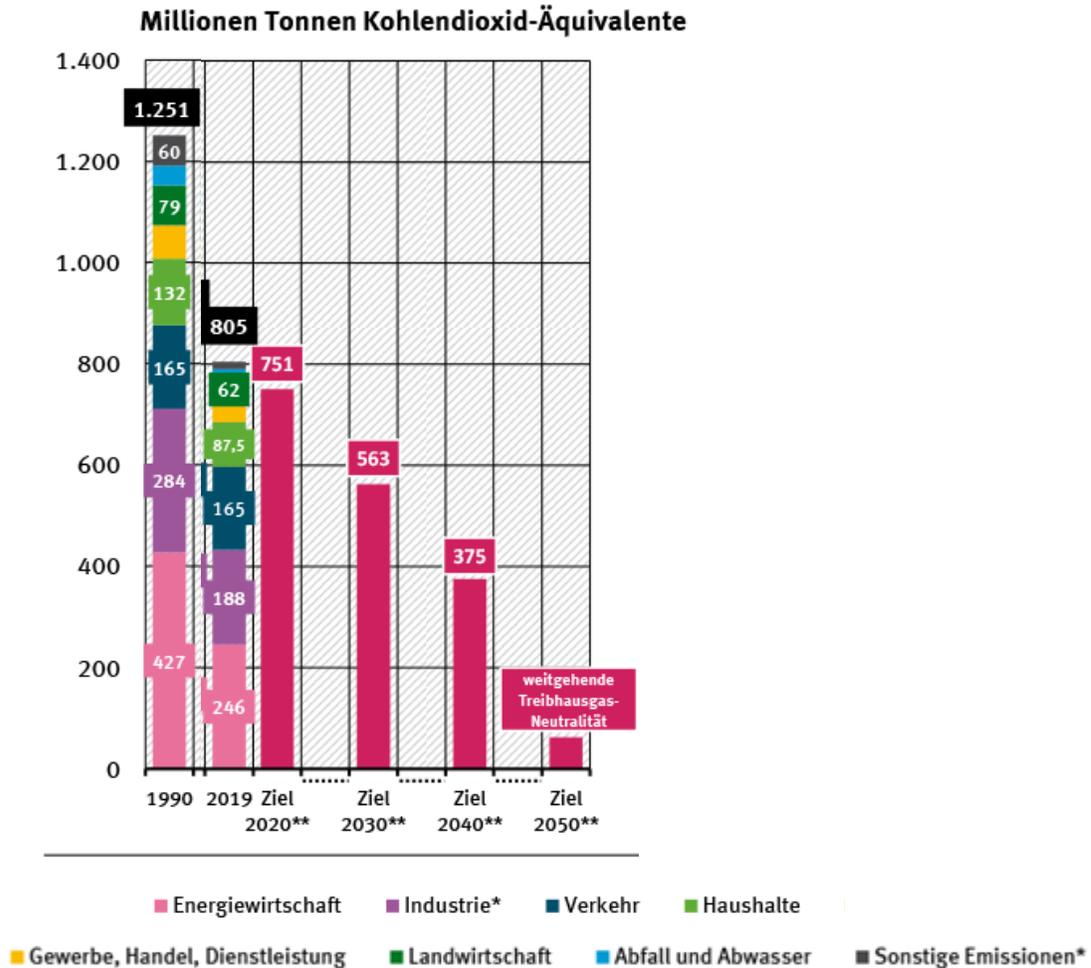
- Langfristige, Legislaturperioden übergreifende Energiepolitik
- Regulierung, Besteuerung, ggf. Verbote – nicht nur Zielsetzungen
- Übergreifende, landesweite Strategien und Pläne (verpflichtend) (Energie-Masterplanung, Wärmeleitplanung)
- Kommunen Initiative abverlangen, Stadtwerken Spielräume ermöglichen, genossenschaftliche Modelle (Verbrauchereigentum)
- Gebäude-Autarkie und Dezentralisierung nicht zum Selbstzweck erheben
- Gemeinschaftliche Versorgung (“Fernwärme”, “Nahwärme”) überall dort wo sinnvoll, wirtschaftlich und ökologisch vorteilhaft
- Pragmatismus statt Ideologie: Keine prinzipiellen Vorbehalte gegen einzelne Lösungen oder Technologien
- Abwärmennutzung, Energierecycling

EU - Green Deal

CO₂ Einsparung im Energiesektor

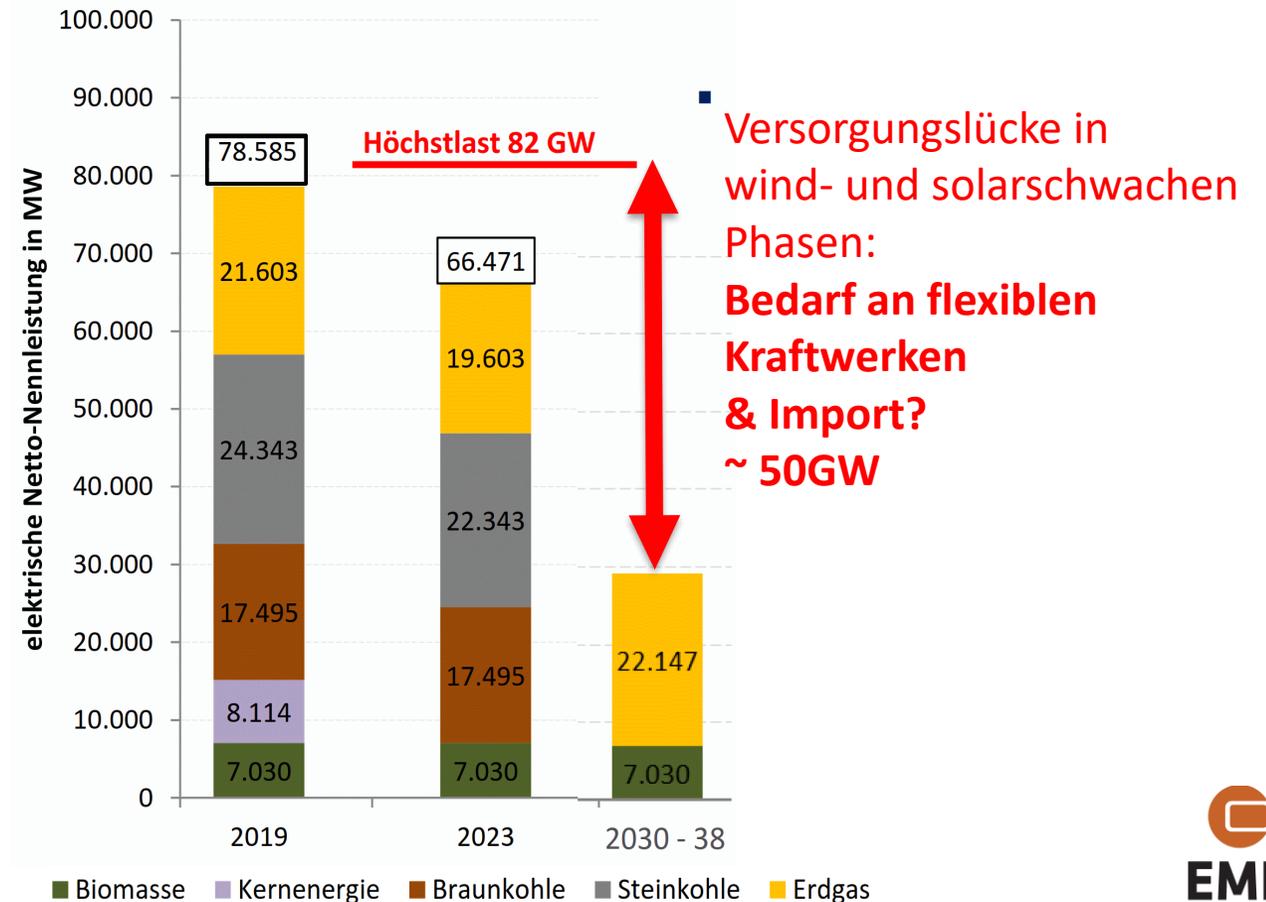


CO₂ Einsparung [Quelle UBA]

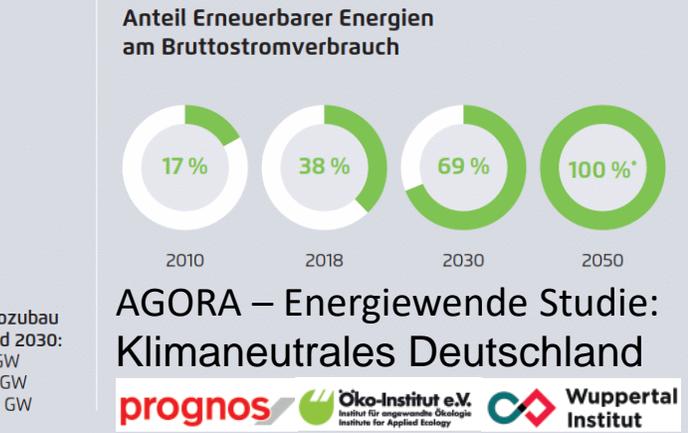
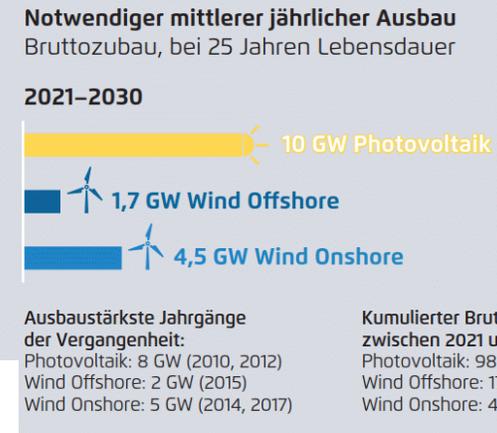
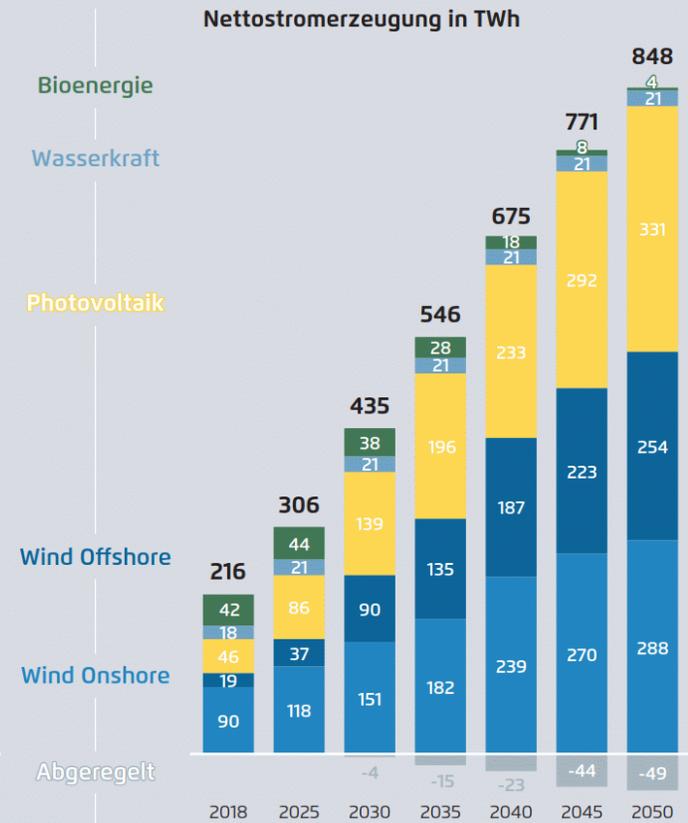
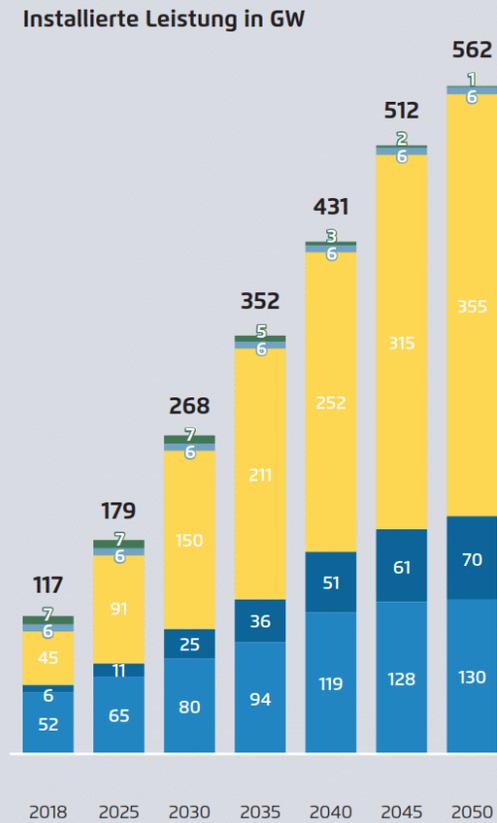
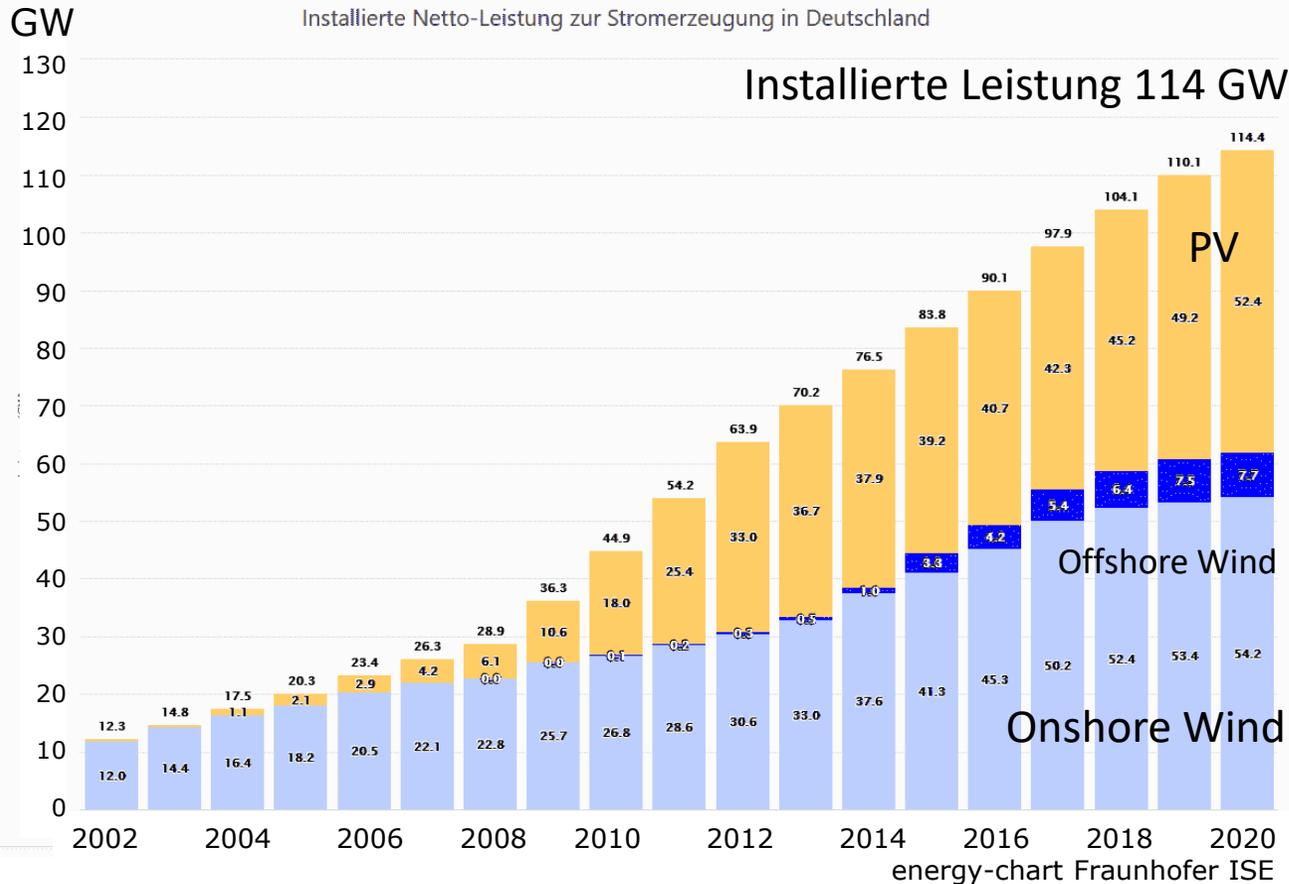


Abschaltung von Fossilen Kraftwerken

[Quelle BNetzA & FI(EX)PERTEN]

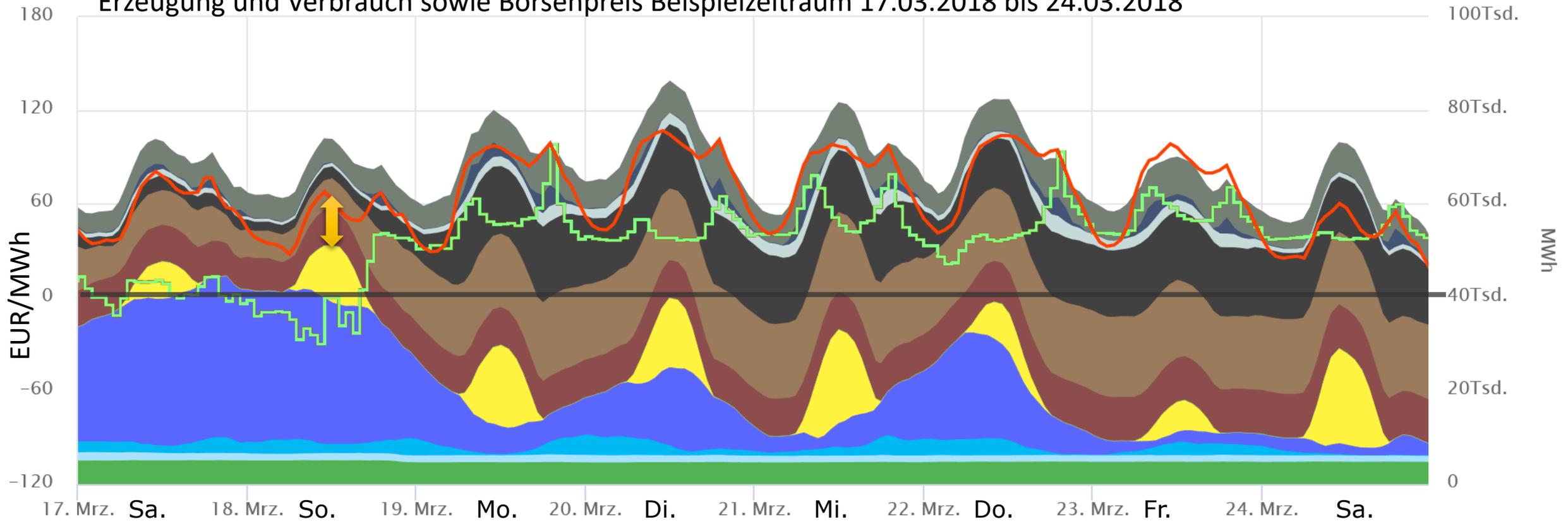


Herausforderung Klimawandel Notwendiger Ausbau Wind & PV



Herausforderung Volatilität

Erzeugung und Verbrauch sowie Börsenpreis Beispielzeitraum 17.03.2018 bis 24.03.2018

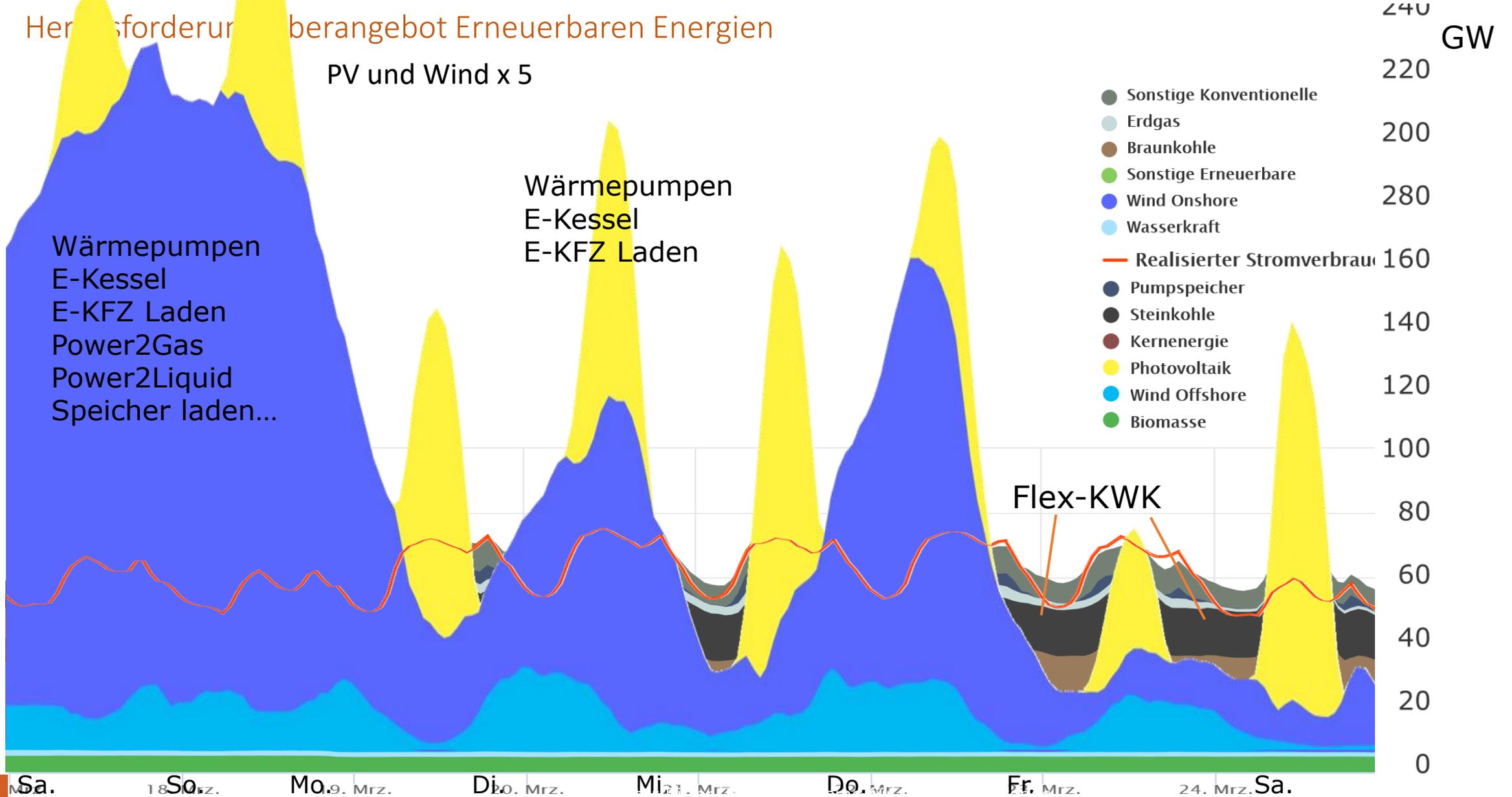


Quelle: SMARD, Bundesnetzagentur

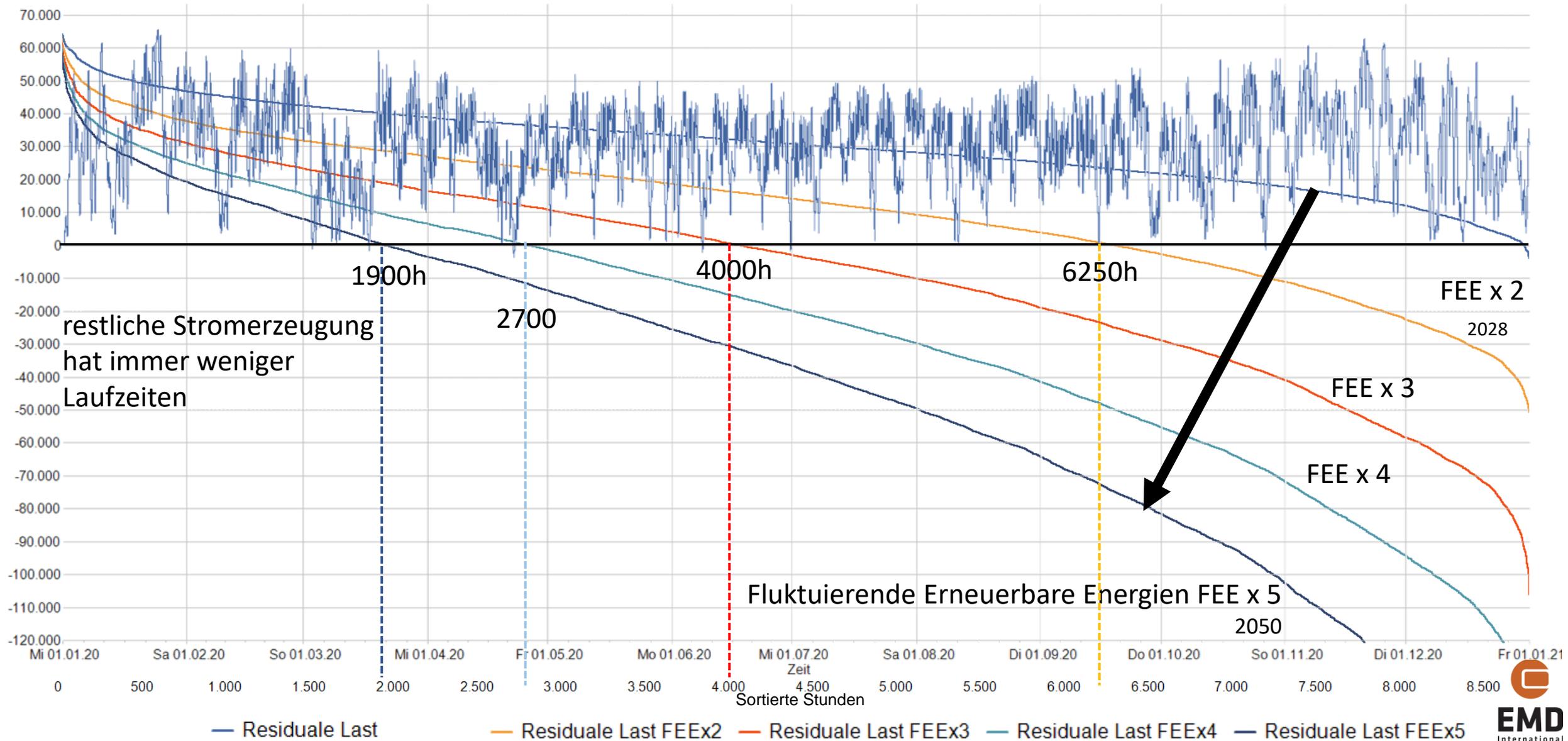
- | | | |
|---------------------------|-----------------|-------------------------------|
| ● Sonstige Konventionelle | ● Pumpspeicher | — Realisierter Stromverbrauch |
| ● Erdgas | ● Steinkohle | — Großhandelspreise |
| ● Braunkohle | ● Kernenergie | |
| ● Sonstige Erneuerbare | ● Photovoltaik | |
| ● Wind Onshore | ● Wind Offshore | |
| ● Wasserkraft | ● Biomasse | |

2. Flexibilität als Baustein der Energiewende

Herausforderung: Überangebot Erneuerbaren Energien



Residuale Last mit Ausbau von Wind und Solaranlagen



Fazit für Deutschland

- Die “Wärmewende” ist machbar, doch eine strategische Wärmeplanung ist notwendig
- Die Weichen müssen heute gestellt werden, damit die 2030/2050-Klimaziele erreicht werden können (Gebäude sind sehr langlebig und Heizungsanlagen haben Lebensdauern > 15 Jahre)
- Lösungen reichen von anspruchsvollen Neubaustandards, langfristigen Sanierungsstrategien bis hin zur Abkehr von fossilen Heizungssystemen
- Wärmenetze (bei hohen Wärmedichten mit niedrigen Temperaturen) sind volkswirtschaftlich sinnvoll und ermöglichen die Integration von Erneuerbaren und Abwärme und profitieren von Skaleneffekten (Kostendegression)
- Sektorenkopplung mit Hybrid Anlagen (KWK, Solarthermie, Wärmepumpen, Wärmespeicher, ...) schafft Flexibilität im Stromsektor und ermöglicht Klimaschutz im Wärmesektor (und Verkehrssektor)
- Mit dem weiteren Ausbau Wind- und Solar-Energien brauchen wir hochflexible Verbraucher und Erzeugungsanlagen
- Transparenz und Bürgerbeteiligung sind wichtige Akzeptanzmaßnahmen, besonders bei Nah- und Fernwärmenetze um hohe Anschlussdichten zu erreichen (Überzeugung)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

FRAGEN?



Peter Ritter

Tel.: +49 561 310 59-68

E-mail: pr@emd.dk

Gerne stehen wir Ihnen mit unseren Softwarelösungen und Dienstleistungen zur Verfügung

EMD Deutschland

Tel.: +49 561 310 59-60

E-mail: emd-de@emd.dk

Breitscheidstraße 6, 34119 Kassel

<https://www.emd.dk/energypro-germany/>