Strategische Entwicklungen in der KWK- bzw. FW-Erzeugungslandschaft

Armin Kraft

12.11.2019

EEB ENERKO
Energiewirtschaftliche
Beratung GmbH

changing **energy**

Agenda

- Anforderungen an Wärmenetze der Zukunft
- Optionen
  - Erneuerbare FW Erzeugung
  - Die Rolle der KWK
- Praxisbeispiele
  - Fallbeispiel EE Wärme: Geothermie am Beispiel Grünwald & Unterhaching
  - Fallbeispiel Abwärme: Fernwärmeschiene Rheinland
  - Fallbeispiel NT Netze: Anergienetze als FW 4.0 Projekt
- Fazit und Herausforderungen

Standorte Aldenhoven bei Aachen und Berlin • 40 Mitarbeiter

changing energy

Entwickeln

Bewerten

Realisieren

Konzepte und Gutachten

- Unternehmensentwicklung
- Klimaschutzkonzepte
- Kraftwerks- und KWK-Analysen
- Fernwärmekonzepte
- Primärenergiefaktoren und Hocheffizienznachweise
- Energiemanagement

Energiewirtschaftliche Beratung

- Unternehmensbewertung
- Netzbewertung und -kauf
- Netznutzungsentgelte
- Strom- und Gasbeschaffung
- Emissionshandel
- Betriebswirtschaftliche Begleitung

Technische Planung

- Heizkraftwerke und BHKW
- Netze Strom, Gas, Fernwärme
- Industrielle Medienversorgung
- Speicher für Fernwärme und Gas
- Regenerative Wärme- und Stromerzeugung

Wärmeversorgung

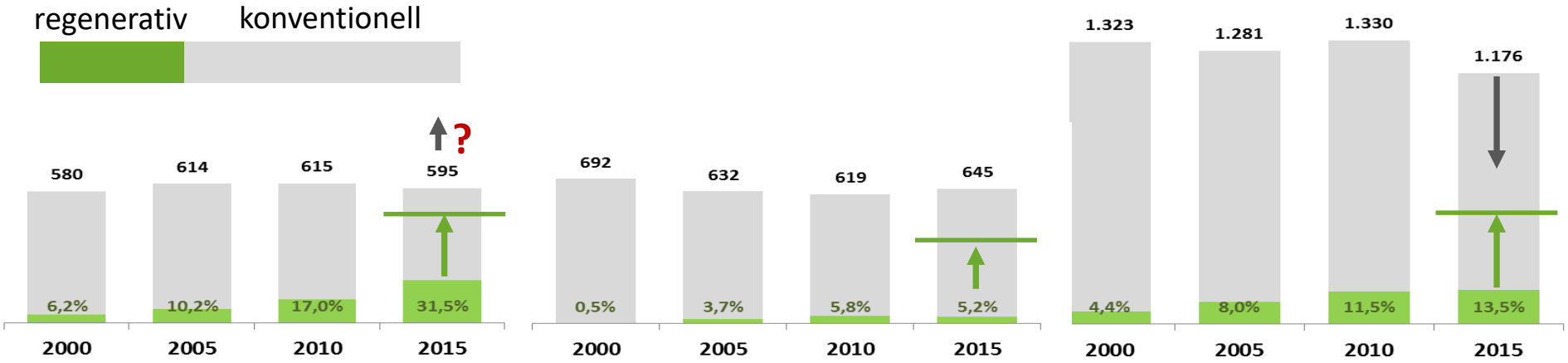
Optimierung zwischen Effizienz und Erneuerbaren Energien

- Bisherige ambitionierte Ziele der energetischen Modernisierung im Gebäudebestand werden in Realität nicht erreicht.
- Anhaltende Diskussionen bei Gebäudesanierung um Kosteneffizienz und Nachhaltigkeit, Stadtbild und Denkmalschutz.
- Ausbau Erneuerbarer Energien im Wärmesektor künftig zunehmend auf Basis Geothermie, Solarthermie, Umweltwärme, EE-Strom,…
- Im städtischen Umfeld sind Wärmenetze für die kostengünstige Integration dekarbonisierter wärme Energien auch in Zukunft sinnvoll und notwendig
- Neue Förderinstrumente für integrierte Wärmenetze
  - Fernwärmenetzsysteme 4.0
  - iKWK
  - Novellierung und Weiterentwicklung KWK-G in 2020 vorgesehen

Wärmemarkt: Größter Verbrauchssektor

Endenergie nach Sektoren in TWh

Quelle: Zeitreihen zur Entwicklung der Erneuerbaren Energien in Deutschland, BMWI

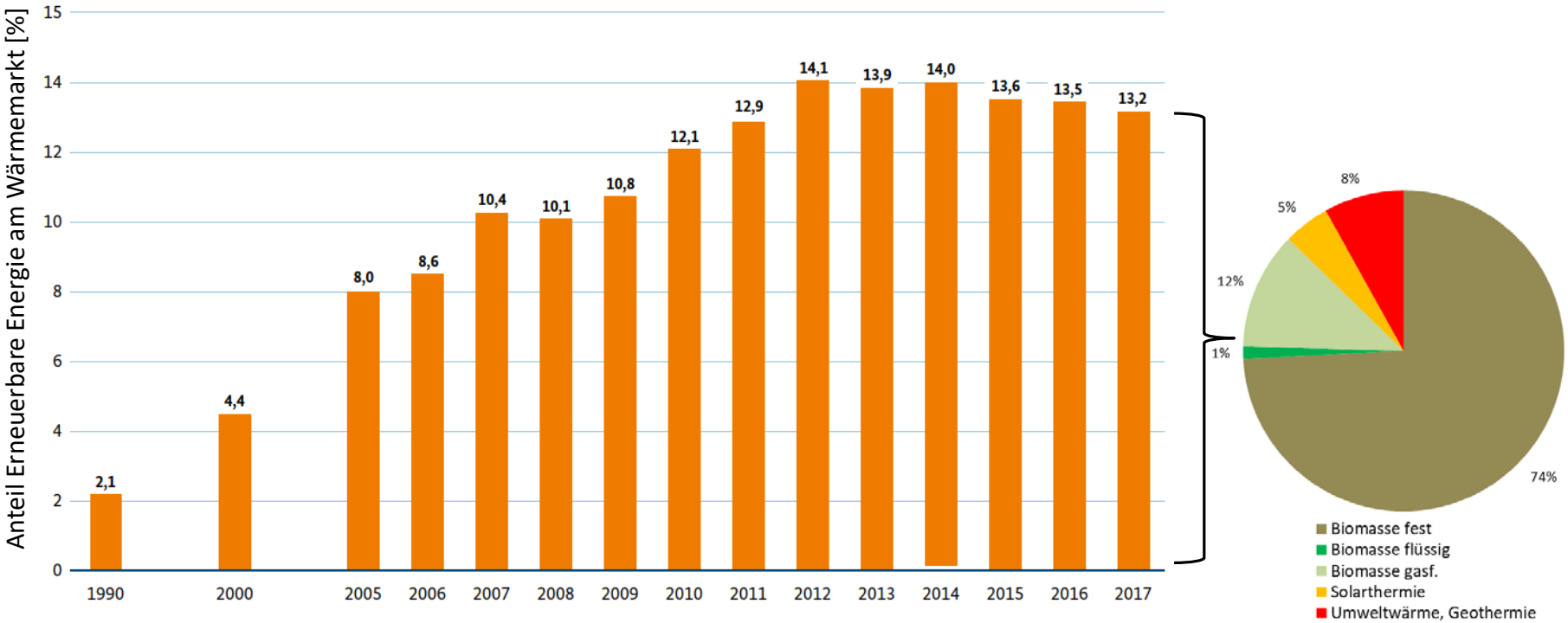


STROM	VERKEHR	WÄRME
Ziel 2050: 80%	Ziel 2050: ~60%	Ziel 2050: ~60%

- Der Anteil EE im Elektrizitätssektor ist durch das EEG deutlich gestiegen
- Größter Sektor ist aber der Wärmemarkt
- Der Ausbau Erneuerbarer Energien im Wärmesektor hinkt „hinterher“

Wärmemarkt: Größter Verbrauchssektor

Größter Verbrauchssektor aber stagnierender EE-Anteil

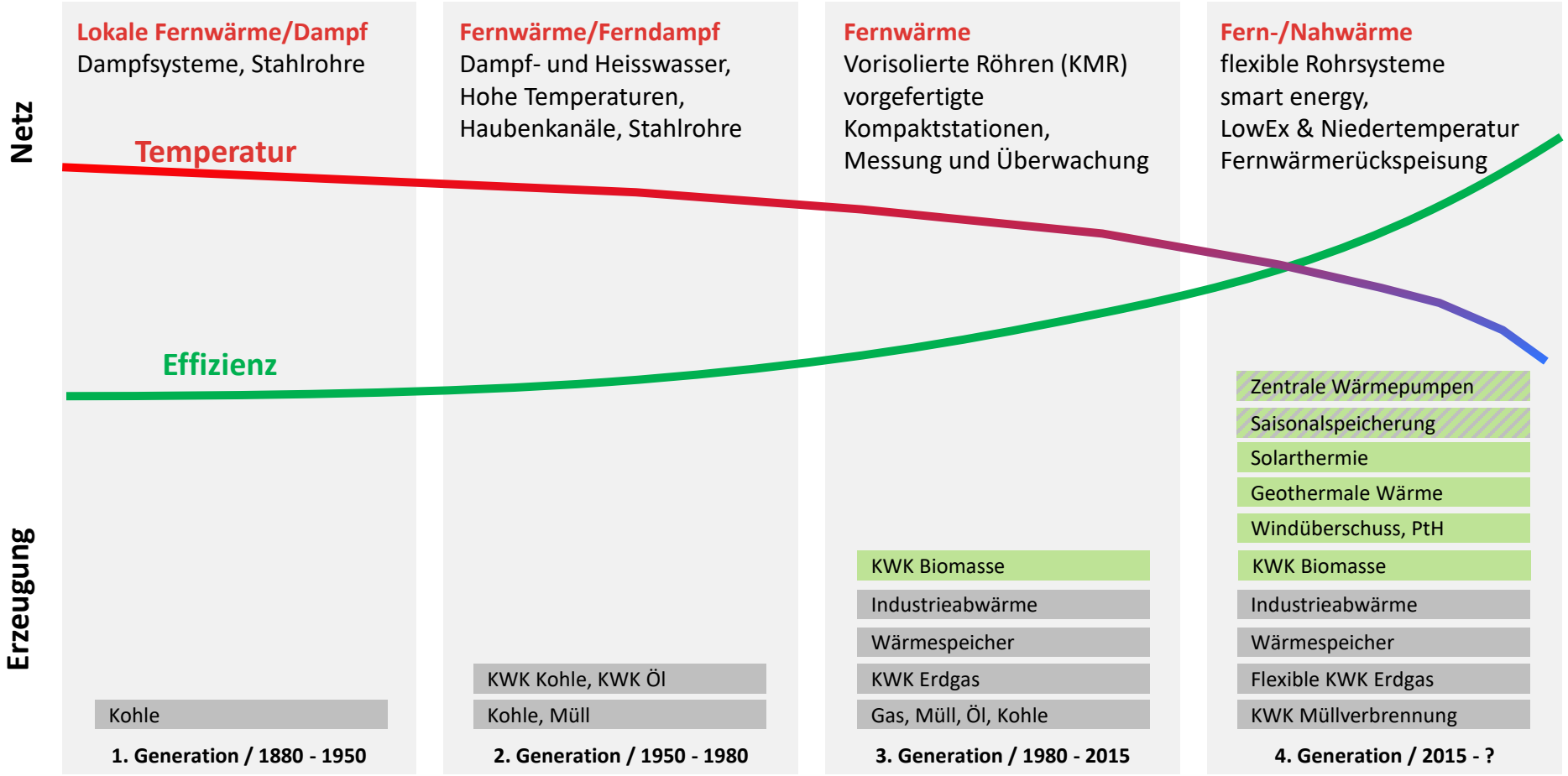


Nach dem Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) ist für das Jahr 2020 ein Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte von 14 Prozent vorgegeben.

Quellen: BMWi auf Basis AGEE-Stat und weiterer Quellen, siehe Abbildung 14; teilweise vorläufige Angaben

Quelle: Zeitreihen zur Entwicklung der Erneuerbaren Energien in Deutschland, BMWI, 2019

Fernwärme: Entwicklung bis heute



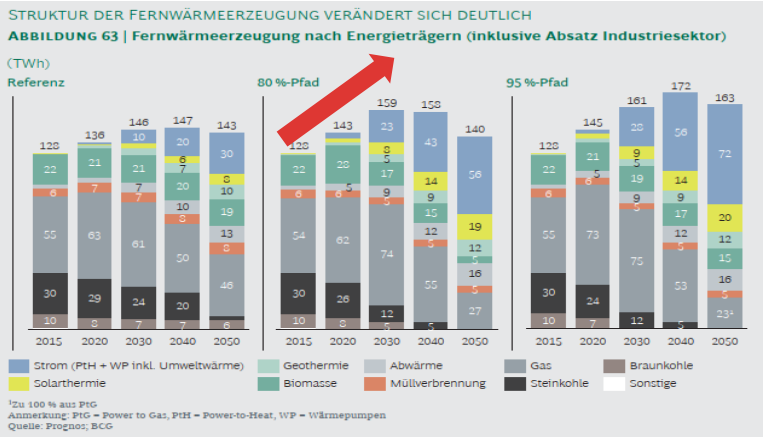
Quelle: Lund et al., Anpassung: ENERKO

Ausgangslage

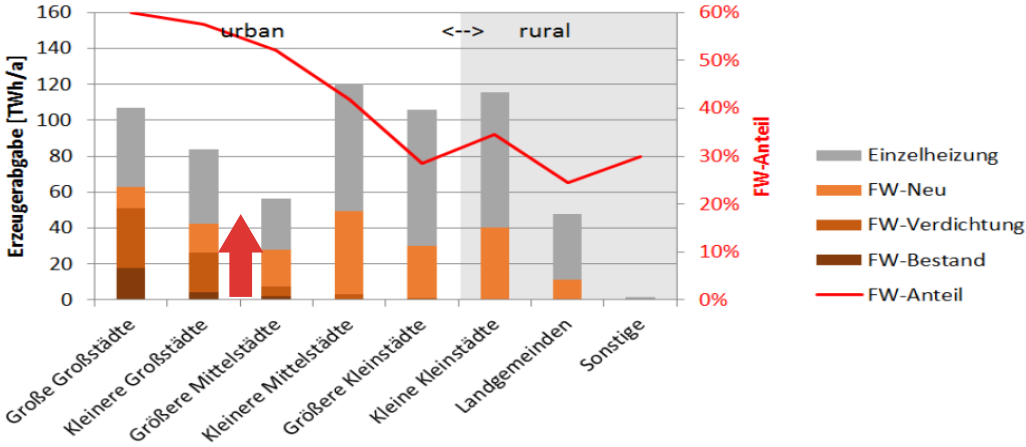
Fernwärme: Schlüsseltechnologie für die Wärmewende ?

- Die meisten aktuellen Studien weisen einen deutlichen FW Ausbau als Baustein der Wärmewende aus => EE und Abwärmeanteile müssen deutlich steigen

bcg/prognos: Klimapfade für Deutschland, 2018



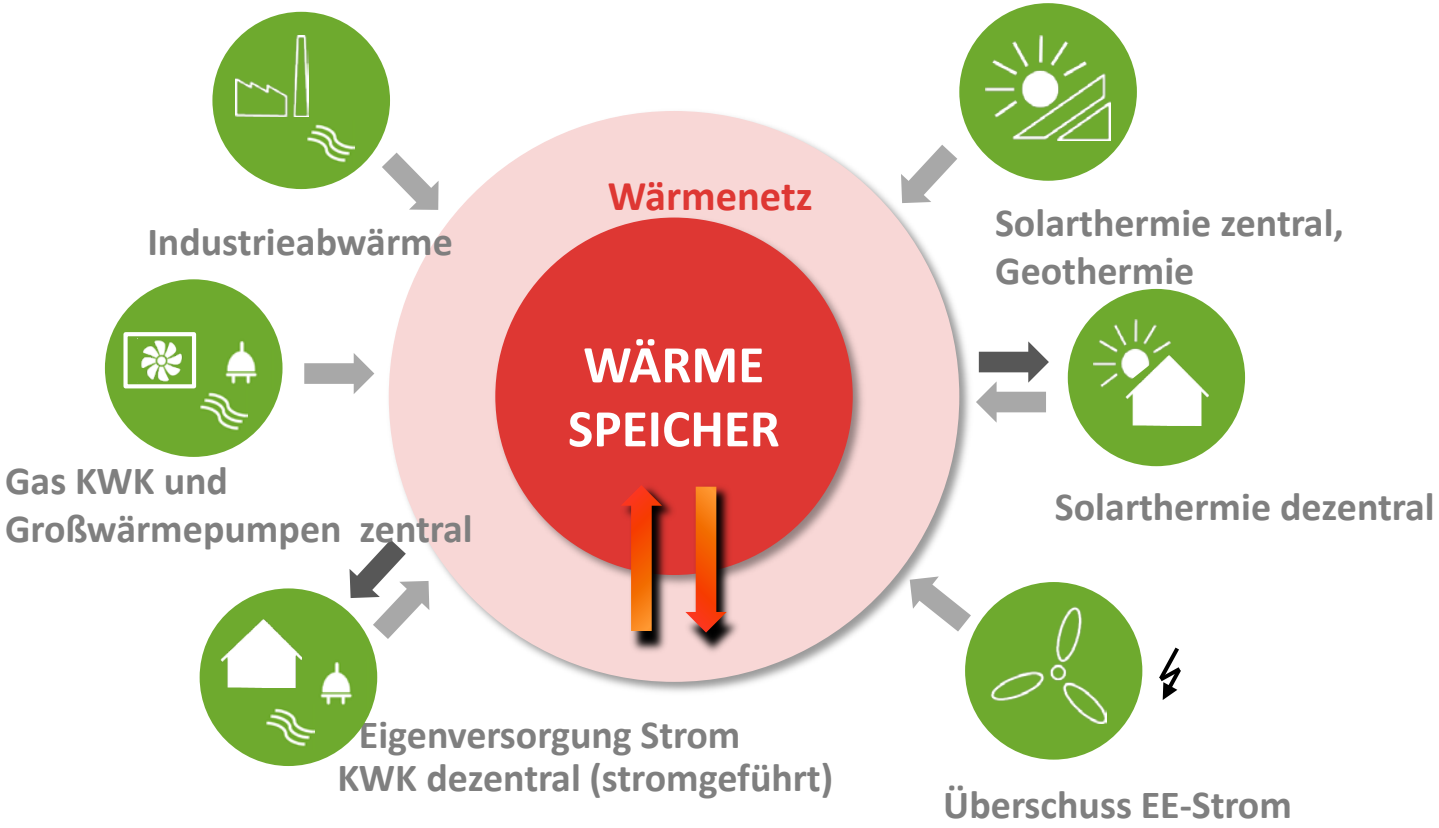
Fraunhofer IEE: Entwicklung der Gebäudewärme und Rückkopplung mit dem Energiesystem in -95% THG Klimaszenarien, 2019



Agenda

- Anforderungen an Wärmenetze der Zukunft
- Optionen
  - Erneuerbare FW Erzeugung
  - Die Rolle der KWK
- Praxisbeispiele
  - Fallbeispiel EE Wärme: Geothermie am Beispiel Grünwald & Unterhaching
  - Fallbeispiel Abwärme: Fernwärmeschiene Rheinland
  - Fallbeispiel NT Netze: Anergienetze als FW 4.0 Projekt
- Fazit und Herausforderungen

FW der Zukunft: Integration von erneuerbare Energien, Abwärme und KWK



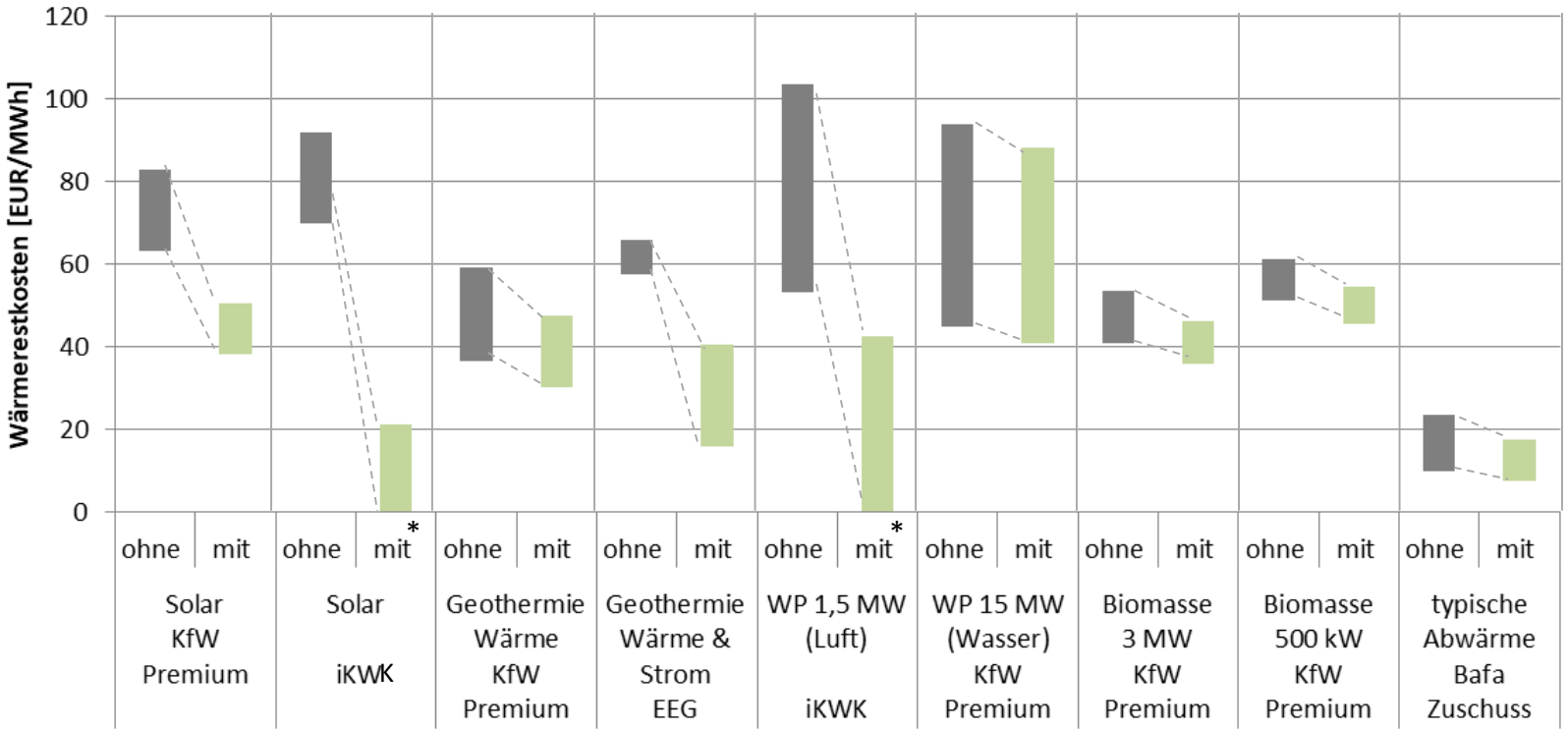
Erneuerbare Wärme

Technologie-Übersicht (ohne Anspruch auf Vollständigkeit…)

	Solarthermie	Erdwärme/Oberfl.	Abwasser	Geothermie	Biomasse	Biomethan
Typische Leistung (max. Tagesmittel)	skalierbar	skalierbar	< 1 MW pro WT	rd. 30 MW pro Bohrdublette	500 kW-20 MW	<10 MW
Temperatur	20-85 °C	~ 10°C	~8-12 °C	Bis 130 °C	130°C	105°C
Einbindung FW System	Direkt (mit Einschränkung)	Wärmepumpe	Wärmepumpe	Direkt (mit Einschränkung)	Direkt	Direkt
Jahresertrag	rd. 175 kWh / m² Fläche	rd. 200 kWh / m² fläche	<3 GWh pro WT	<150 GWh pro Bohrung	< 150 GWh pro Anlage	< 150 GWh pro Anlage
Flächenertrag pro ha	1.500 MWh	2.000 MWh	-	-	50-100 MWh (KuP)	40-80 (Mais)
Restriktionen	Verfügbare Flächen, Sommerlast	Verfügbare Flächen, Regenerierung	Abwassser-durchfluss	Hydrothermales Potenzial, Regenerierung	Holzauf-kommen, Flächen, Preis	Naturschutz, Flächen, Preis
Förder-instrumente	KfW EE Premium, iKWK FW 4.0	KfW EE Premium, iKWK FW 4.0	FW 4.0	KfW EE Premium EEG (Stromseitig) iKWK	KfW EE Premium, EEG (stromseitig) FW 4.0 (max 25%)	EEG (Stromseitig), iKWK (nur GMWP) FW 4.0

Erneuerbare Wärme

Bandbreite typischer Wärmegestehungskosten mit und ohne Förderung



* Bei iKWK auch <0 möglich,
nur Auf EE-Wärmeerzeuger bezogen

Berechnungen: ENERKO, anhand typischer Projektbeispiele, Bandbreiten best/worst

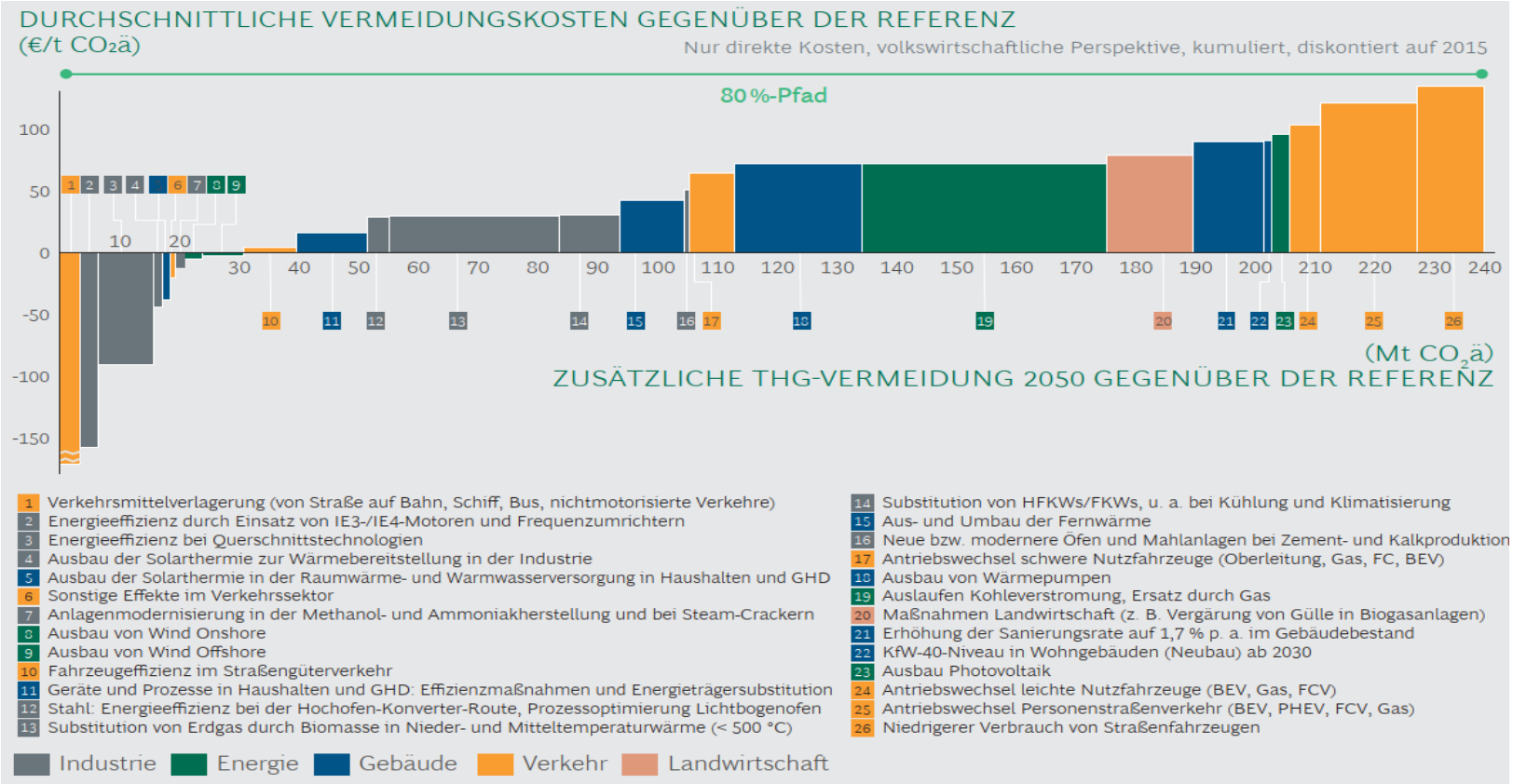
Erneuerbare Wärme

Wärmegestehungskosten und Auswirkungen Förderinstrument

- Die Wirtschaftlichkeit von EE Wärme hängt sehr stark vom Förderinstrumentarium ab:
  - KfW EE Premium: Investitionszuschüsse bis 45% für Solarthermie, Groß-WP und Geothermie (ohne Strom)
  - EEG, iKWK: keine direkte Wärmeförderung, aber „Quersubventionierung“ der Wärme durch Stromvergütung, max. 12 ct/kWh für 45.000 h
  - FW 4.0: Basisförderung 20% Investitionszuschüsse, bei guter Effizienz oder mehr EE Anteil auch mehr für Komponenten und Netze, mit Bonus bis 40%
- Die Bespielrechnungen zeigen teils extreme Veränderungen der Wärmekosten durch das jeweilige Förderinstrument
- Auch die CO_2-Vermeidungskosten liegen in einer großen Bandbreite von 10 EUR/t (Abwärme) bis weit über 100 EUR/t (iKWK Varianten)

Bewertung

Einordnung Vermeidungskosten



Quelle:
bcg/prognos: Klimapfade
für Deutschland, 2018

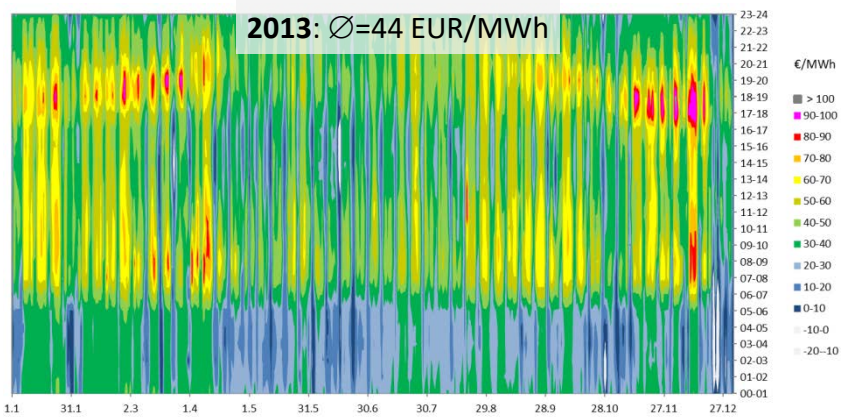
Wärmeerzeugung der Zukunft

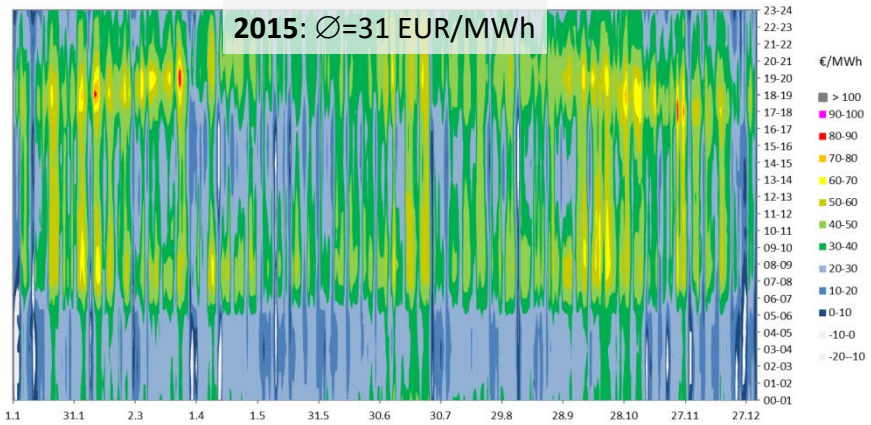
Die Rolle der KWK im Wärmemarkt der Zukunft

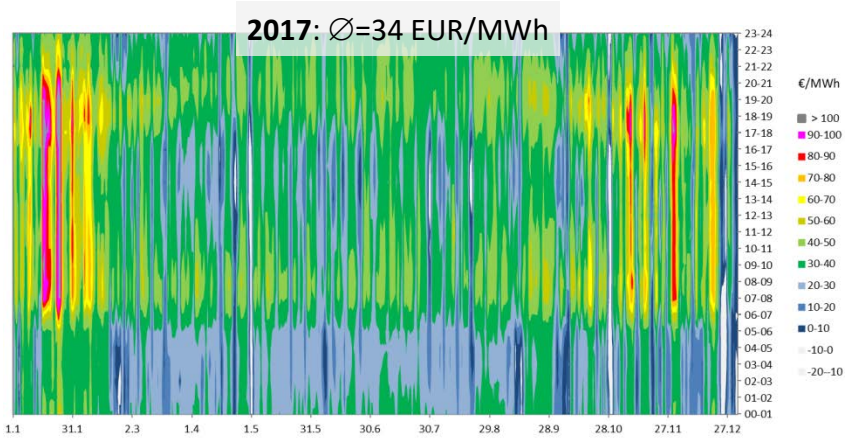
- Weniger Grundlast, mehr Flexibilität: Kein rein wärmegeführter Betrieb mehr !
- KWK Anlagen als Baustein der Kapazitätsvorhalten beim Kohle ausstieg
- Der alte Grundsatz: BHKW brauchen 5.000 h im Jahr gilt nicht mehr und ist auch gesamtwirtschaftlich nicht mehr sinnvoll
- Erste Ansätze zur gezielten Anreizung flexibler und netzdienlicher KWK erkennbar
  - Keine KWK-förderung bei neg. Preisen mehr
  - Im Ausschreibungssegment nur noch max. 3.500 h/a
  - In den Segmenten iKWK und Wärmenetze 4.0 sind EE Wärme KWK-Anlagen bereits „verkoppelt“
- Wärmespeicher als Flexibilitätselement entscheidend
- KWK Anlagen sind ideale Partner für EE Erzeuger und Abwärme =>

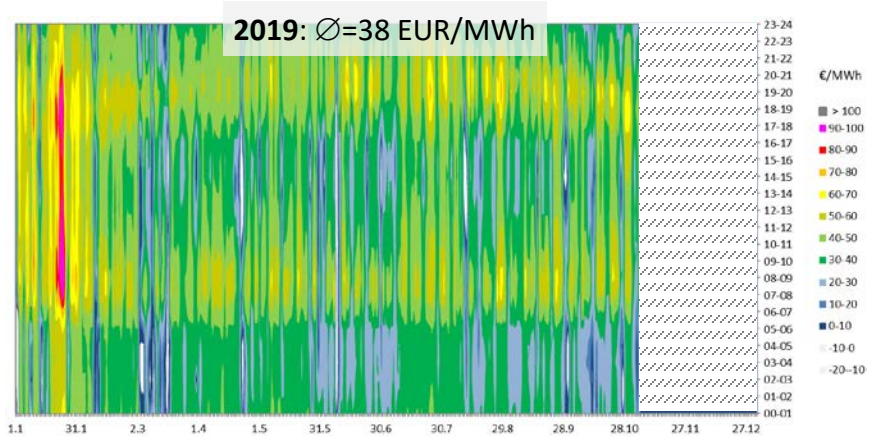
Flexibilisierung von KWK-Anlagen

Entwicklung der Spotmarktpreise seit 2013









Agenda

- Anforderungen an Wärmenetze der Zukunft
- Optionen
  - Erneuerbare FW Erzeugung
  - Die Rolle der KWK
- Praxisbeispiele
  - Fallbeispiel EE Wärme: Geothermie am Beispiel Grünwald & Unterhaching
  - Fallbeispiel Abwärme: Fernwärmeschiene Rheinland
  - Fallbeispiel NT Netze: Anergienetze als FW 4.0 Projekt
- Fazit und Herausforderungen

Anwendungsfall 1: Geothermische Fernwärme

Tiefengeothermie in Grünwald und Unterhaching

Wärme-
verbund

- Geothermieanlage in Laufzorn (bei Grünwald)
- IBN 2010, seit 2014 ORC Stromerzeugung
- 127°C mit 120 l/s => rd. 30 MW_{th}

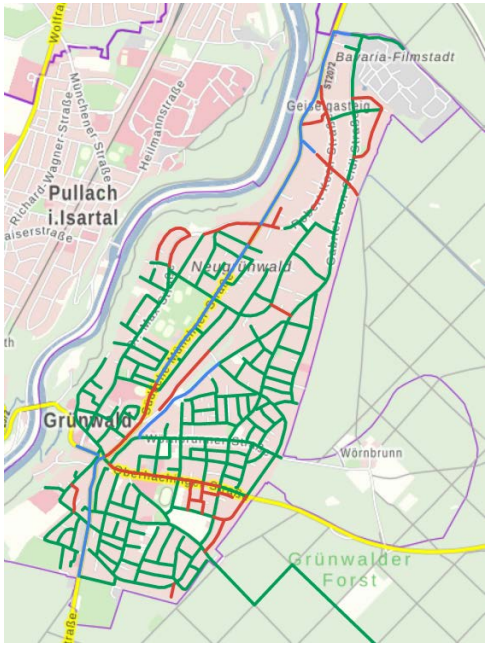
- Geothermieanlage in Unterhaching
- IBN 2007, Kalina-Anlage zur Stromerzeugung
- 123°C mit 120 l/s => rd. 30 MW_{th}

Bilder: Erdwärme Grünwald

Anwendungsfall 1: Geothermische Fernwärme

Tiefengeothermie in Grünwald und Unterhaching

- Die Erdwärme Grünwald (EWG) betreibt die Geothermieanlage in Laufzorn und baut seit 2010 das Fernwärmenetz in Grünwald aus
  - Produktionsbohrung rd. 4.000 Meter, Injektionsbohrung 4.500 Meter => hohe Verfügbarkeit in der Praxis (>90%)
  - >60 km Fernwärmenetz in Grünwald >= fast 100%ige Abdeckung
  - Seit 2012 Wärmeverbund mit Unterhaching
  - Rd. 2.000 angeschlossene Wohneinheiten + Gewerbe & kommunale Gebäude
  - >80% der Wärmeerzeugung aus Geothermie, restliche Menge BHKW + Spitzenwärme
  - $f_{P,FW}$=0,14 , CO_2-Faktor 0,033 kg/kWh, mehr als 40.000 t CO_2 Einsp.
  - Hoher Kapitalbedarf: Gesamtinvestitionen > 200 Mio. EUR



Bilder: Erdwärme Grünwald

Anwendungsfall 1: Geothermische Fernwärme

Fazit und Ausblick

- **Allgemein**:
  - Projekt wurde über 10 Jahre von 0 an aufgebaut, inzwischen wird die ganze Gemeinde versorgt
  - Technisch machbar, aber sehr kapitalintensiv und nur mit langem Zeithorizont machbar
  - Förderregime ist „schief“: Geothermie ist oft nur bei Stromnutzung rentabel, dann aber mit hohem Fördersatz für „wenig“ Strom, dafür aber fast keine Förderung der Fernwärmenetze und der Geothermischen Wärme an sich
- **Strategische und operative Einsatzplanung:**
  - Verbund von 2 Geothermie-anlagen und BHKW+ Wärmespeicher ist sinnvoll und wird genutzt (u.a. zur Deckung Eigenstrombedarf und als Reserve)
  - Niedrige Rücklauftemperaturen sind sehr wichtig => jedes Kelvin zuviel geht in der Injektionsbohrung verloren
  - Einsatzplanung und Monitoring bis in die Hausstationen

Anwendungsfall 2: industrielle Abwärme

Fernwärmeschiene Rheinland - Projektfokus

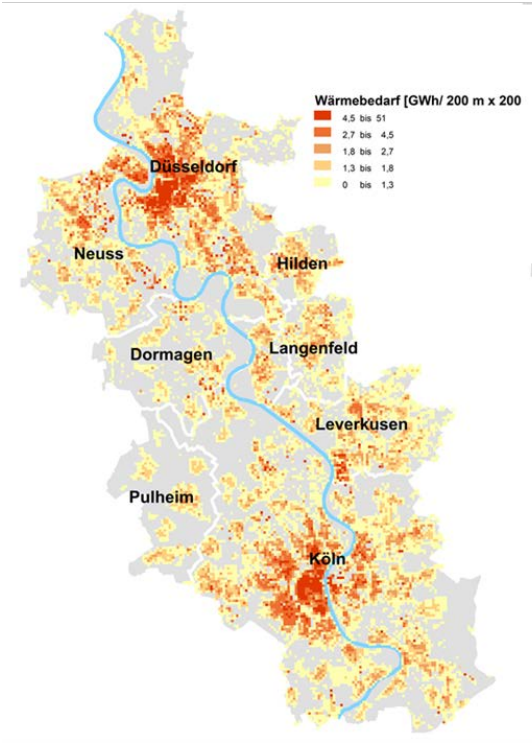
- Ein mit EFRE Mitteln gefördertes Projekt der RheinEnergie AG und der Stadtwerke Düsseldorf
  - Beitrag zur Wärmewende und zu den Klimaschutzzielen
  - Verbindung bestehender und bedarfsgerechter Ausbau neuer Fernwärmenetze
  - Gezielte Nutzung von Abwärmepotenzialen
  - Wärmewende / Kraft-Wärme-Kopplung weiterentwickeln
  - Wirtschafts- und Industriestandort NRW stärken
  - Kooperation von Kommunen, Unternehmen und EVU
  - Gestaltung des Strukturwandels

Bild: SWD

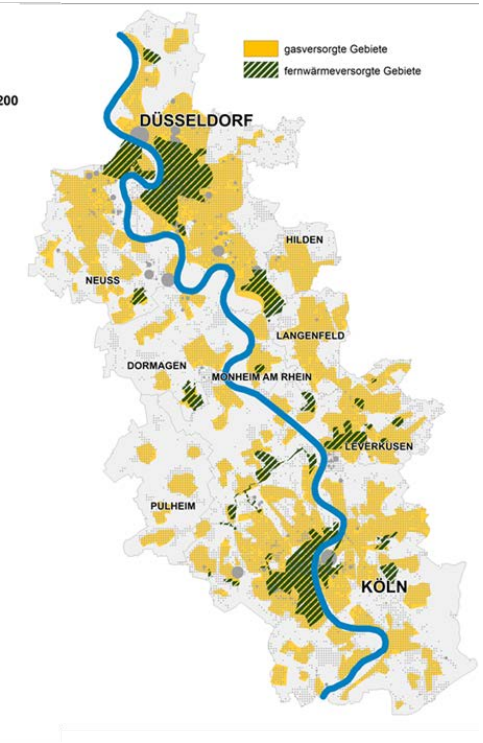
Anwendungsfall 2: industrielle Abwärme

Fernwärmeschiene Rheinland – Überblick Versorgungsstruktur

Wärmedichte



Versorgungsstruktur FW & Gas



Industriestruktur

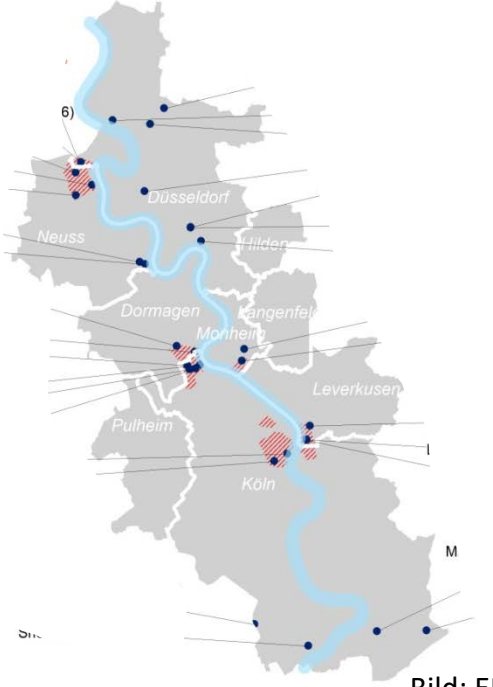


Bild: ENERKO

Anwendungsfall 2: industrielle Abwärme

Fernwärmeschiene Rheinland – erste Ergebnisse Potenzialanalyse

- Erheblicher Beitrag zum Klimaschutz durch eine CO_2-Einsparung von 80.000 bis 100.000 Tonnen pro Jahr (nur aus der Betrachtung der Wärme heraus)
- Signifikante Fern- und Nahwärme-Ausbaupotenziale (rd. 1.000 GWh/a) in den Großstädten Köln und Düsseldorf wie auch im Umfeld möglicher Fernwärmetrassen (u.a. Neuss, Dormagen und Leverkusen) vorhanden
- Sofort nutzbare Abwärmepotenziale (> 500 GWh/a) an mehreren Standorten vorhanden, insgesamt > 1.500 GWh
- Abwärme ist teils direkt nutzbar, teils als Quelle (30-65°C) für Wärmepumpen
- Eignungsflächen für Erneuerbare Wärme und/oder Wärmespeicher sind vorhanden – anders als im städtischen Raum
- Eine Trassenverbindung ist möglich, aber kostenintensiv (>100 Mio. EUR)

Anwendungsfall 2: industrielle Abwärme

Fazit und Ausblick

- **Allgemein**:
  - Abwärme-Einbindung und Verbundoptimierung erlauben signifikante CO_2-Einsparung
  - Technisch machbar, aber sehr kapitalintensiv und nur mit langem Zeithorizont realisierbar
  - Viele mögliche Partner einer Verbundlösung (EVU, Industrie, Kommunen) und fehlende Risikoabsicherung sind eine Herausforderung die Umsetzung
- **Strategische und operative Einsatzplanung:**
  - Einbindung industrieller Abwärme im „großen“ Stil setzt auch neue Herausforderung an die Einsatzplanung:
    - Wann ist die Aufnahme von Abwärme sinnvoll, wann die KWK Eigenerzeugung ?
    - Wie betreibt man große Wärmespeicher im Verbund mit „eigenen“ KWK Anlagen und „fremder“, ggf. fluktuierender Abwärme ?
    - KWK-Anlagen als effiziente „Flex“-option sind unverzichtbar

Anwendungsfall 3: NT Wärmenetze

Allgemein: Anergienetze

- Kalte Nahwärmenetze, Verteilung der Wärme auf niedrigem Temperaturniveau (6 - 18°C)
- Umwandlung in Nutzenergie durch dezentrale Anlagen beim Verbraucher
- Heizen und Kühlen gleichzeitig möglich durch Wärmepumpen und direkte Kühlung

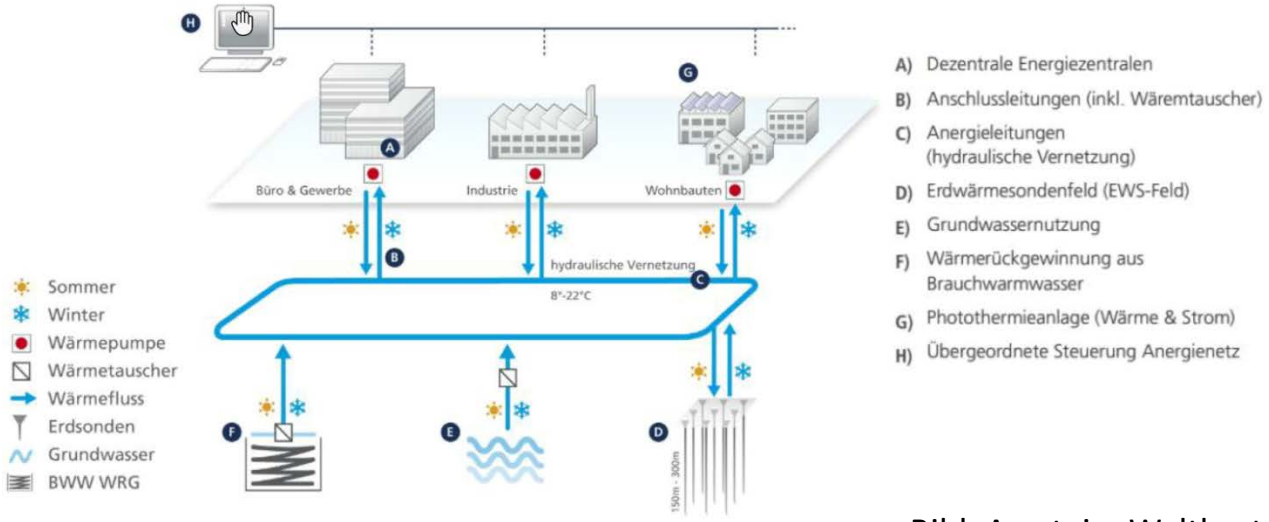


Bild: Amstein+Walthert AG

Anwendungsfall 3: NT Wärmenetze

Energiekonzept Patrick-Henry-Village (PHV) Heidelberg - Projektfokus

Wärmeversorgung der Zukunft

- Sicher
- Flexibel (Wärme und Kälte)
- Prosumer
- Anteil erneuerbare Energien

PHV größte Konversionsfläche in HD

- 10.000 Einwohner, 5.000 Arbeitsplätze
- 1 Mio. m² Gebiet, 700.000 m² NGF
- Erschließung der Flächen im kommenden Jahrzehnt

Ziel

Wärmenetze 4.0 auf PHV

Bild: Stadt HD /kcap

Anwendungsfall 3: NT Wärmenetze

Energiekonzept Patrick-Henry-Village (PHV) Heidelberg – Grundprinzip Anergienetz

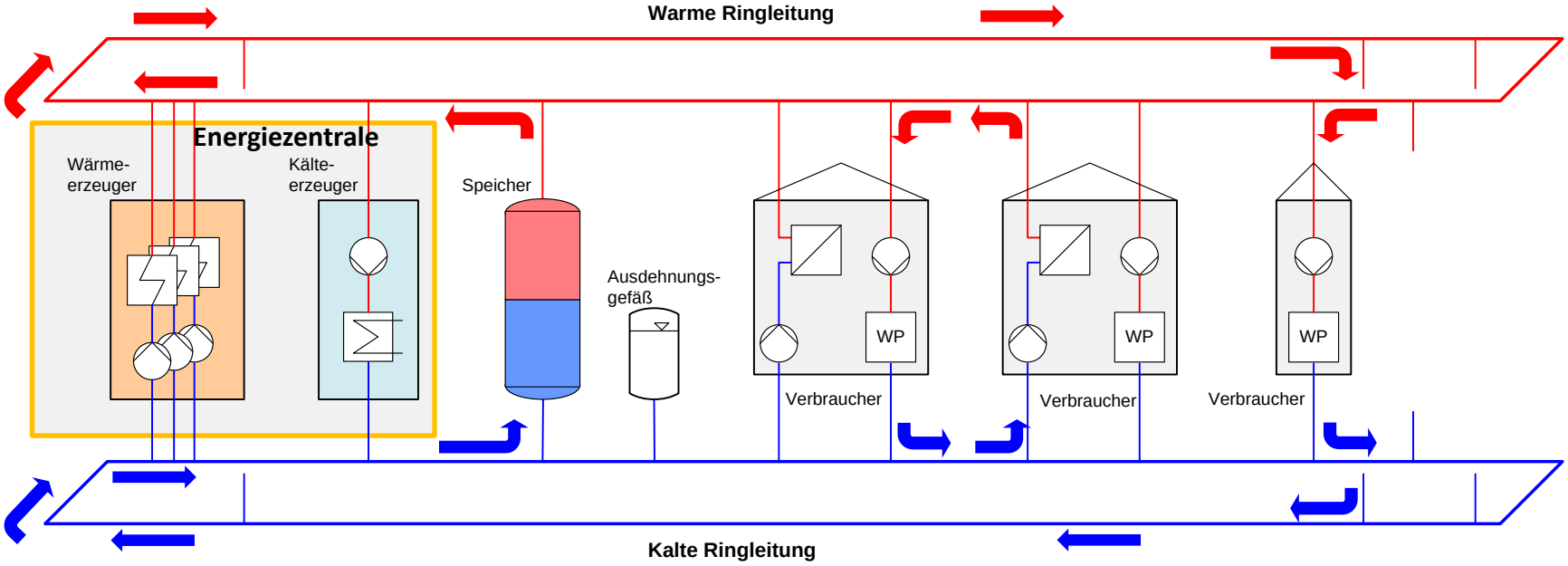


Bild: ENERKO

Anwendungsfall 3: NT Wärmenetze

Energiekonzept Patrick-Henry-Village (PHV) Heidelberg – Fazit und Ausblick

- **Allgemein**:
  - Hoher lokale Autarkiegrade durch Anergienetze machbar durch Netzausgleich Heizen/Kühlen und Integration lokaler Quellen (Erdwärme, Abwasser, PV)
  - Technisch machbar, aber sehr kapitalintensiv und eher in Neubauarealen realisierbar
  - Wärmepumpentechnologie erfordert optimal angepasste Gebäudetechnik
  - Viele - auch regulatorische - Fragen zu Förderung, AVBFernwärmeV, TAB, $F_{p,FW}$, ...
- **Strategische und operative Einsatzplanung:**
  - Einbindung von Niedertemperaturquellen und Flächenheizungen erfordert Einsatzplanung 2.0:
    - Netz- und Verbrauchermonitoring
    - Integration dezentraler Speicher und (möglichst) auch der thermischen Gebäudemassen
    - Ziel: Anlagen-Optimierung entlang der gesamten Wertschöpfungskette Erzeugung – Netz – Gebäude – Nutzer

Agenda

- Anforderungen an Wärmenetze der Zukunft
- Optionen
  - Erneuerbare FW Erzeugung
  - Wärmespeichertechnologien
  - Die Rolle der KWK
- Praxisbeispiele
  - Fallbeispiel EE Wärme: Geothermie am Beispiel Grünwald & Unterhaching
  - Fallbeispiel Abwärme: Fernwärmeschiene Rheinland
  - Fallbeispiel NT Netze: Anergienetze als FW 4.0 Projekt
- Fazit und Herausforderungen

Fazit und Herausforderungen

- Eine Dekarbonisierung der Fernwärme ist möglich, erfordert aber einen „Blumenstrauss“ an Technologieoptionen, die nicht immer skalier- oder übertragbar sind
- KWK bleibt eine wichtige Säule der Fernwärme, muss aber eine neue Rolle finden
- Die digitale Einsatzoptimierung muss der strategischen folgen und den Beeinflussungs-Horizont erweitern um
  - Eigene und dritte Einspeiser (wie Abwärme, fluktuierende EE-Wärme)
  - Netzzustände (besonders bei stärkerem Fokus auf NT und Anergienetze)
  - Gebäudezustände und Haustechnik
- Die Technologien stehen in den Startblöcken: Smart Meter, LoraWan, Intraday, Wetterprognosen, …
- Die drei Fallbeispiele zeigen mögliche Ansätze einer weitgehend CO2-freien FW Versorgung – kein Ansatz ist aber direkt auf eines der anderen Gebiete übertragbar !

=> Die Wärmewende bleibt herausfordernd, Standardlösungen wird es auch zukünftig nicht geben !