Wärmewende erfolgreich gestalten – Impulsvortrag für den Strategieworkshop des Verwaltungsrates der Stadtwerke Landsberg

Britta Kleinertz, Serafin von Roon

21.07.2020

2020

Die FfE auf einen Blick

Leitbild

- Zukunftsfähiges Energiesystem in Deutschland, Europa und der Welt
- Chancen durch notwendige Transformation für Gesellschaft, Politik und Wirtschaft aufzeigen
- Unabhängige, wissenschaftliche Analysen als Basis für fundierte Entscheidungen
- Talente junger Wissenschaftler*innen fördern

Zahlen

- Gründung 1949 als gemeinnütziger Verein, seit 2001 Tochter: FfE GmbH
- Mehr als 100 Mitglieder, > 50 korporativ
- 80 Mitarbeitende
- 3 Dissertationen, 30 Abschlussarbeiten pro Jahr

Themenfelder

- Energiesystem
- Energiemärkte
- Energieeffizienz
- Ressourcen und Klimaschutz
- Digitalisierung

Kompetenzen

- Datenanalyse & -management
- Modellierung & Simulation
- Projektkoordination & IT
- Energiemanagement
- Feldtests & Transfer in die Praxis

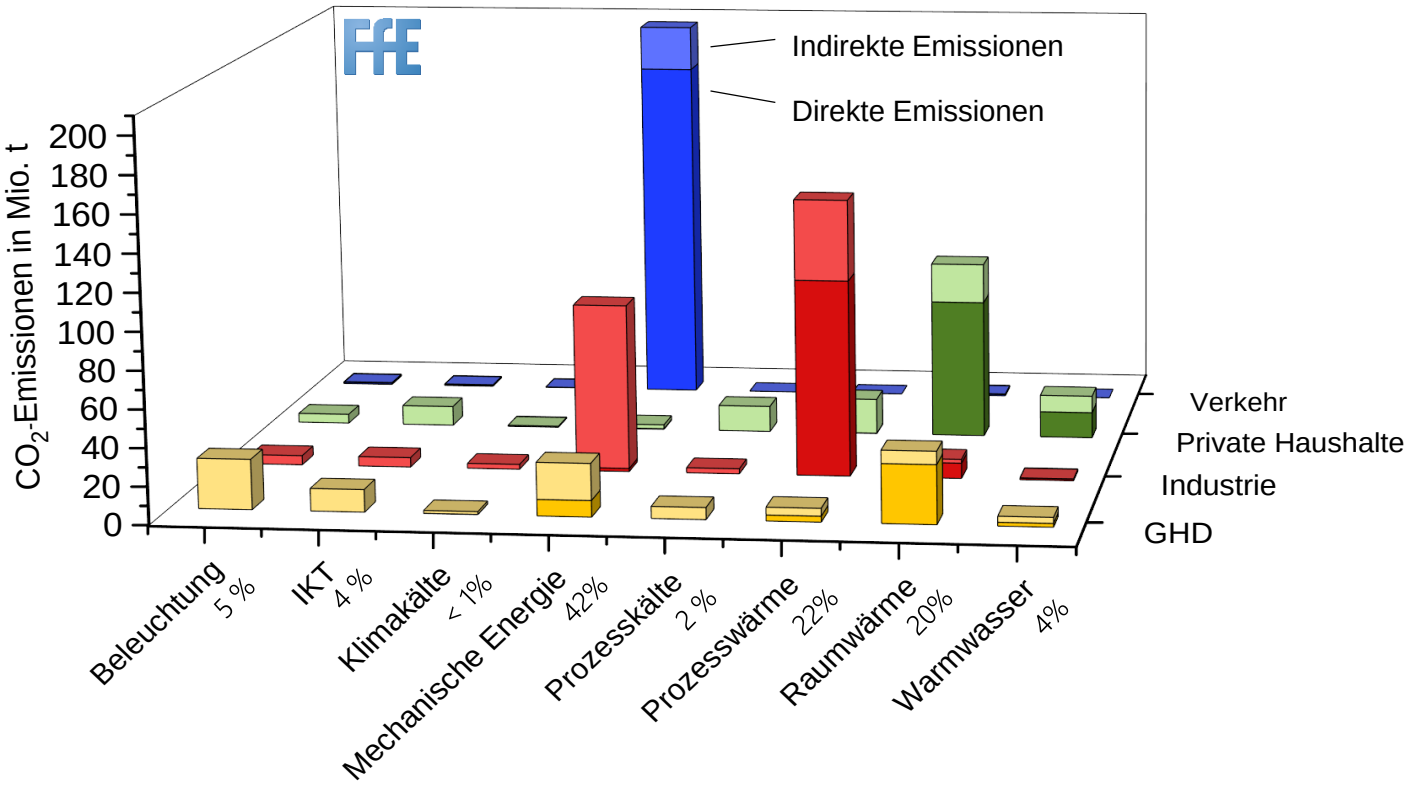
Inhalt

1 Gründe und Erfolgsfaktoren für die Wärmewende

2 Ziel & Inhalte einer Wärmetransformationsstrategie

3 Innovative Wärmenetze für die Wärmetransformation

Anwendungsorientierte Emissionsbilanz zeigt wichtigste Stellhebel der Energiewende - Eine zentrale Herausforderung ist die Wärmewende



IKT=Informations- und Kommunikationstechnik
GHD=Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
Direkte Emissionen=Emissionen, die direkt im Endenergiesektor anfallen
Indirekte Emissionen=Emissionen, die im Bereitstellungssektor z. B. zur Stromerzeugung entstehen

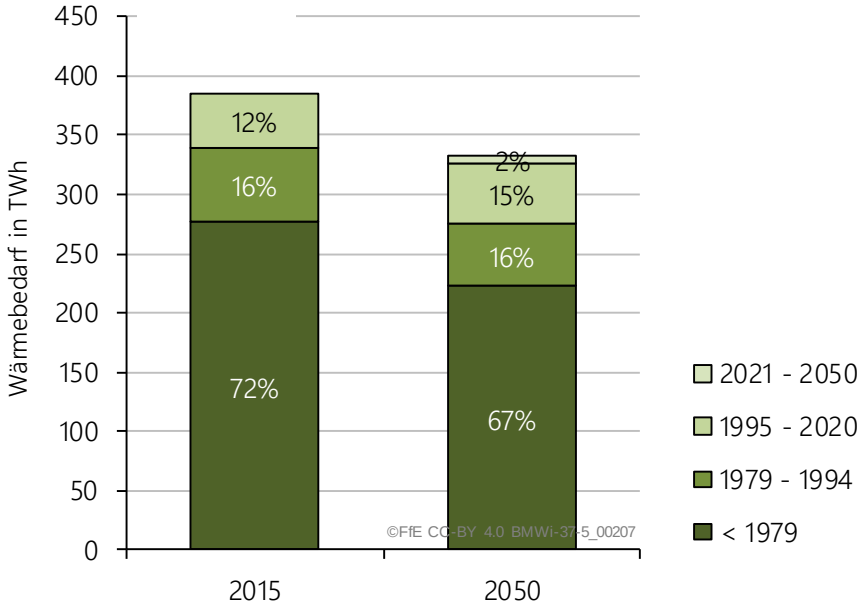
Lösungskomponenten und Limitationen

Lösungskomponenten:

- Effizienzsteigerung
  - Sanierung der Gebäudehülle
  - Effizienzsteigerung
- Integration erneuerbarer Energien
  - Direkt (Heizung mit Solarthermie, Biomasse, etc.)
  - Elektrifizierung mit Nutzung von Umweltwärme (Wärmepumpe)
  - Green Fuels

➢ Häufig Kombination von beidem, hierbei trotz Sanierung immer die Integration von erneuerbaren Energien notwendig

Wärmeverbrauch der Wohngebäude in Deutschland und Entwicklung bei aktueller Sanierungsrate von 1,1 %/a



➢ Es besteht voraussichtlich weiterhin ein immenser Wärmebedarf in Wohngebäuden, welcher über erneuerbare Energieträger gedeckt werden muss.

Inhalt

1 Gründe und Erfolgsfaktoren für die Wärmewende

2 Ziel & Inhalte einer Wärmetransformationsstrategie

3 Innovative Wärmenetze für die Wärmetransformation

Zweck der Erstellung einer Wärmetransformationsstrategie

- Die Potenziale **erneuerbarer Wärmequellen** sind stark limitiert
  - Potenzielle Wärmequellen und Wärmesenken räumlich, zeitlich und kostenseitige sinnvoll **kombinieren**

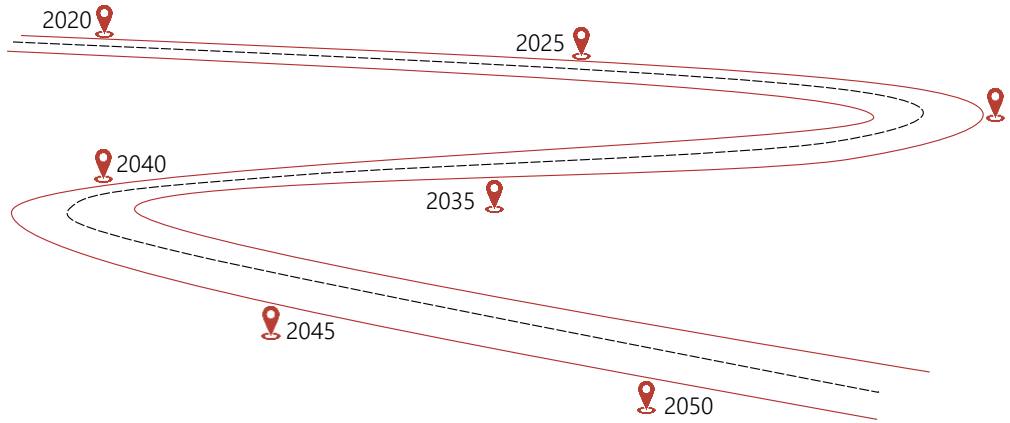
- Erreichung von **Zielwerten**
  - **Investitionszyklen** betrachten und vorausschauend bauen
  - Relevante **Akteure** rechtzeitig einbinden

- Wandel **kosteneffizient** erreichen und Fehlinvestitionen vermeiden
  - **Frühzeitig** festlegen in welcher Region welche Investitionen getätigt werden
  - Anlagen vorausschauend **dimensionieren**

Arbeitspakete zur Erstellung einer Wärmetransformationsstrategie

1. Ermittlung **Wärmebedarf** und vorhandene **Wärmequellen** differenziert nach
   - Region (je genauer desto besser)
   - Aktuell angewendeter Energieträger
   - Erwartete zukünftige Entwicklung
   - Zeitliche Aufschlüsselung
2. Analyse möglicher **Verknüpfungen** von Quellen und Bedarf über **dezentrale** oder **zentrale Versorgung**
3. Veränderung des Wärmebedarfs mit möglichen **Sanierungsszenarien**
4. Ermittlung eines **Zielszenarios** für die Emissionsreduktion sowie die **zeitlich gestaffelten Schritte** dahin

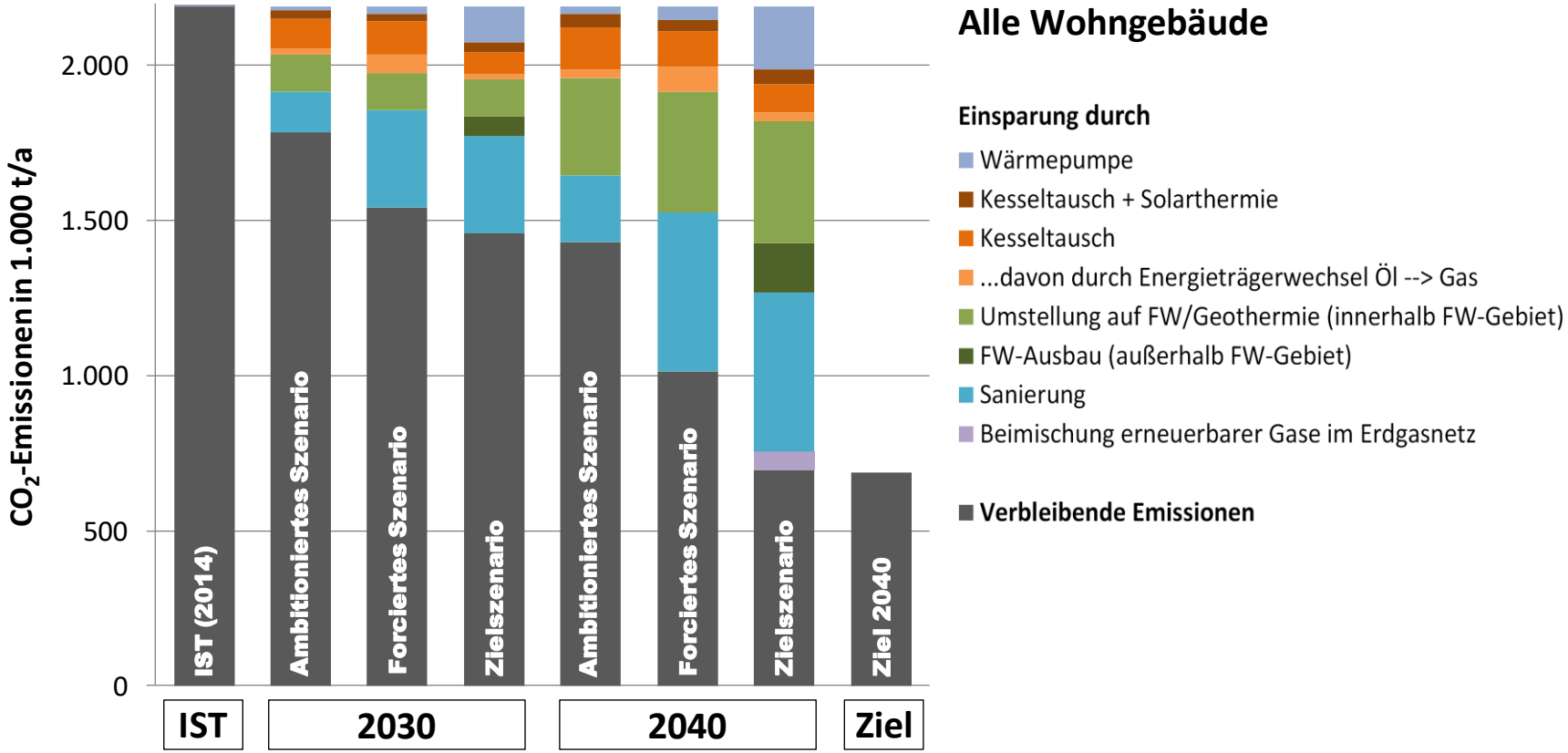
\+ **Projektkommunikation zu relevanten Stakeholdern & Umfeldanalyse**



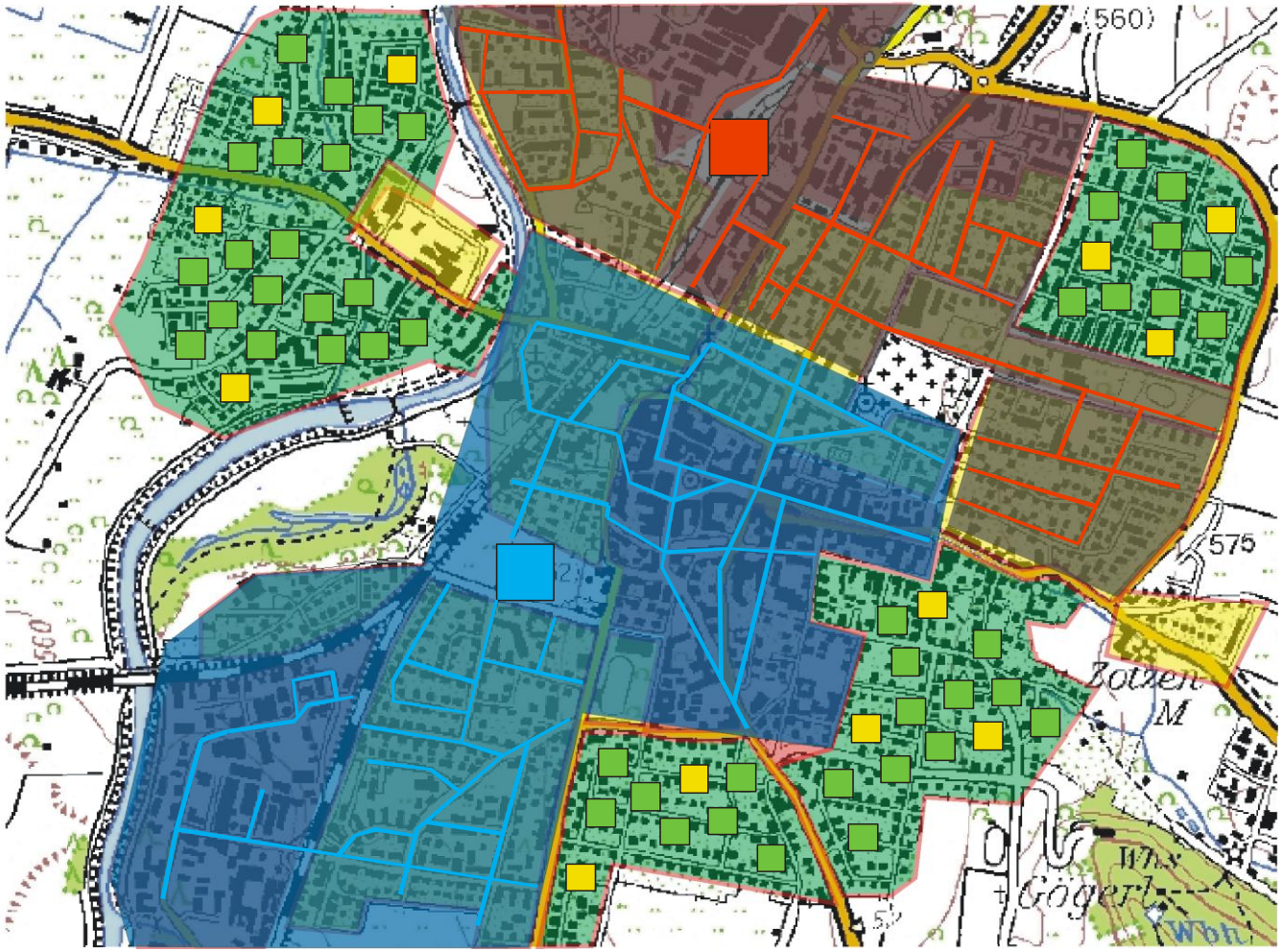
Mögliches Ergebnisse einer Wärmetransformationsstrategie - Großskaliger Betrachtungsraum

Ergebnis aus FfE-Projekt „Wärmewende München 2040““

- Ziel der Studie war die Ermittlung von Maßnahmenszenarien, mit denen die wärmebedingten CO_2-Emissionen in München bis 2040 um 70 % reduziert werden können.



Mögliches Ergebnisse einer Wärmetransformationsstrategie - Umsetzbarer Betrachtungsraum



Zentrale Versorgung Grundwasser-Wärmepumpe, Vorzugs-Sanierungsgebiet

Zentrales Biomasse BHKW

Solarthermie

Dezentrale Wärmepumpen

Inhalt

1 Gründe und Erfolgsfaktoren für die Wärmewende

2 Ziel & Inhalte einer Wärmetransformationsstrategie

3 Innovative Wärmenetze für die Wärmetransformation

Vor- und Nachteile verschiedener Versorgungsarten

Dezentrale Wärmeversorgung

+ je nach Wärmebedarfsdichte häufig erdgas-/ölbasiert kostengünstiger als Fernwärme (vor allem bei geringer Besiedelung)
+ kein vorhandenes Wärmenetz notwendig
+ individuelle Umstellung der Versorgung möglich

o Verbraucher trifft eigenständig die Wahl für einen Wärmeerzeugers

- Hauseigentümer müssen sich eigenständig mit Versorgungstechnologien auseinander setzen (viele Ineffizienzen der Wärmeversorgung mit falscher Installation & falschem Betrieb der Anlagen verbunden)
- Gerade in Ballungsgebieten starke Einschränkung zur Nutzbarkeit erneuerbarer Energie (z.B. Pellets, Wärmepumpe)

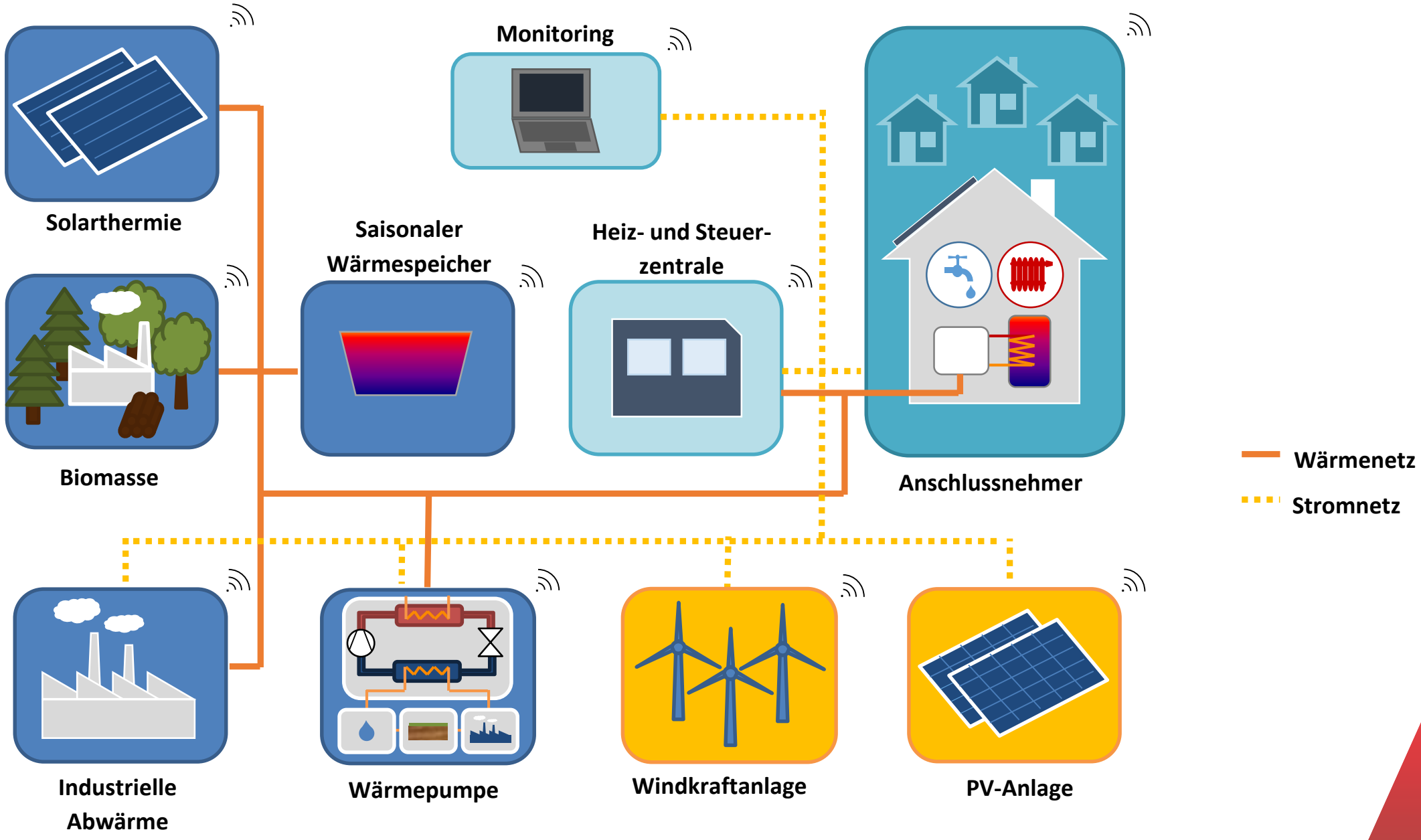
Zentrale Wärmeversorgung (Wärmenetz)

+ Betrieb und Wartung durch Fachpersonal gewährleistet
+ Integration von Abwärmequellen leichter möglich
+ Verknüpfung verschiedener Verbrauchsprofile führt zu gleichmäßiger Ausnutzung der Wärmeerzeuger, hierdurch Kostenersparnis möglich

o Gefühlt stärkere Abhängigkeit vom Versorger (bei Erdgas, Pellets, Strom etc. eigentlich ebenfalls der Fall)

- Zusätzliche Kosten der Netzverlegung
- Kontinuierlich auftretende Verteilverluste

Komponenten eines Wärmenetzes 4.0



Britta Kleinertz

Projektingenieurin, wissenschaftliche Mitarbeiterin
Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH
Tel.: +49(0)89 15 81 21– 39
Email: bkleinertz@ffe.de

Dr. –Ing. Serafin von Roon

Geschäftsführer
Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH
Tel.: +49(0)89 15 81 21– 51
Email: sroon@ffe.de

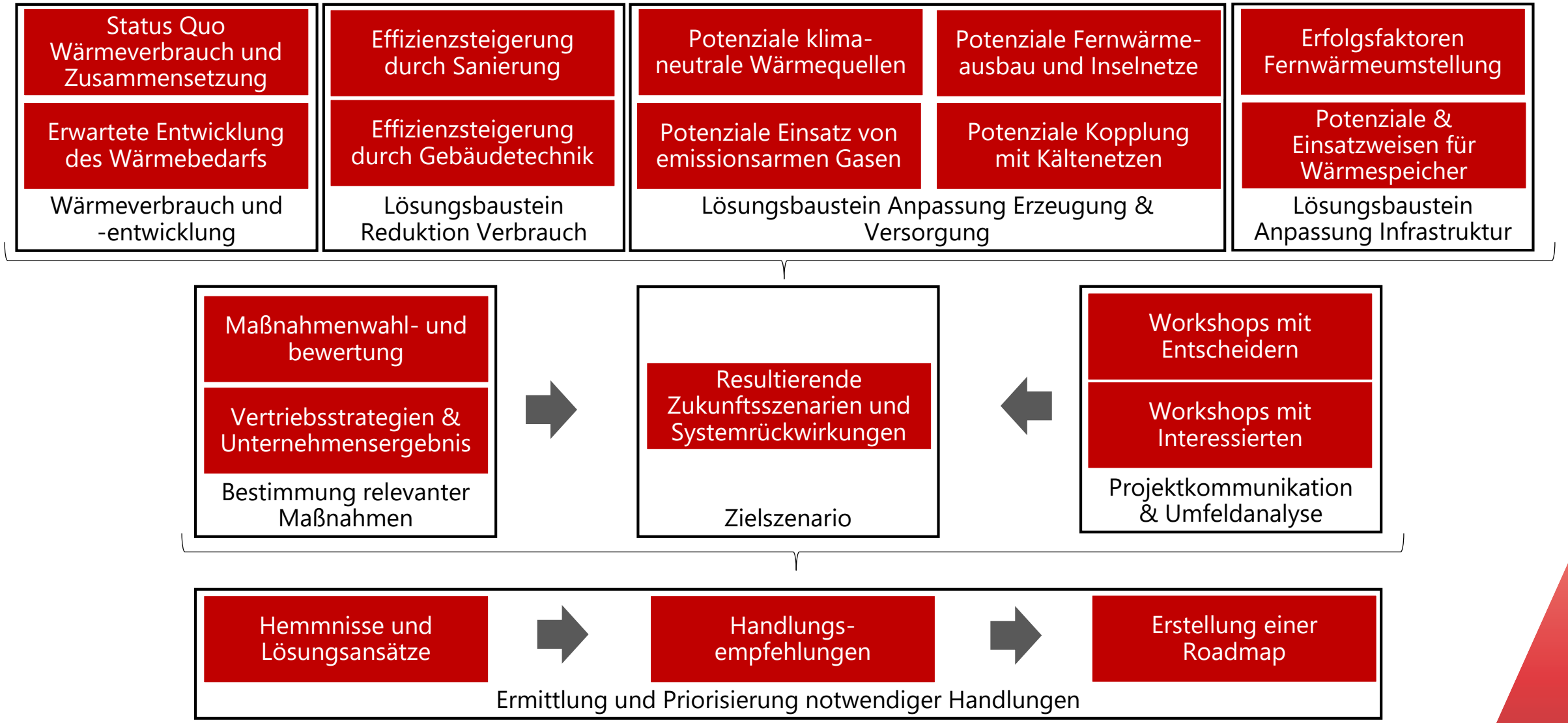
Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH
Am Blütenanger 71
80995 München
Tel.: +49(0)89 15 81 21 – 0
Email: info@ffe.de
Internet: www.ffegmbh.de
Twitter: @FfE_Muenchen

Portraits und Gruppenbild: ©Enno Kapitza

Backup

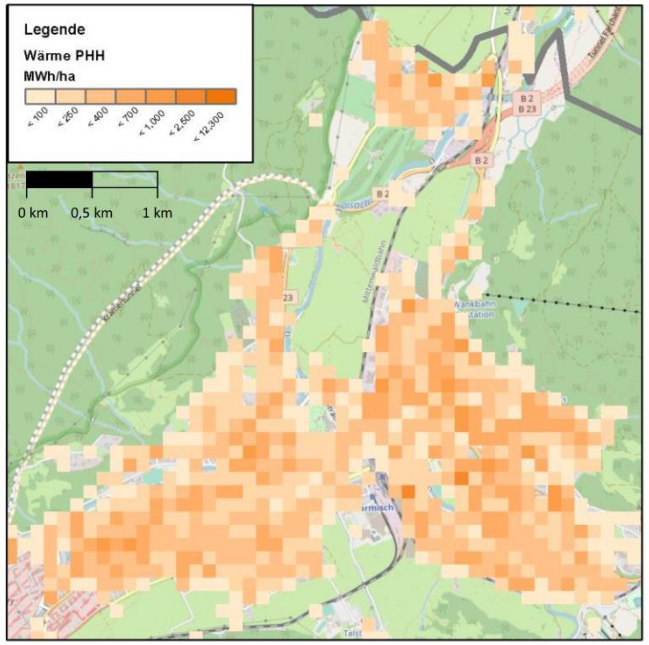
Beschreibung weiterer Schritte für die Transformationsstrategie

Arbeitspakete für die Erstellung einer Wärmestrategie und deren Zusammenhang



Ergebnisse aus dem Arbeitsschritt „Wärmeverbrauch und -entwicklung“ – Disaggregierte Daten

Darstellung der Wärmebedarfsdichte im 100 m x 100 m Raster



Quelle: Dissertation des FfE-Mitarbeiters Tobias Schmid “Dynamische und kleinräumige Modellierung der aktuellen und zukünftigen Energienachfrage und Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien” (2019)

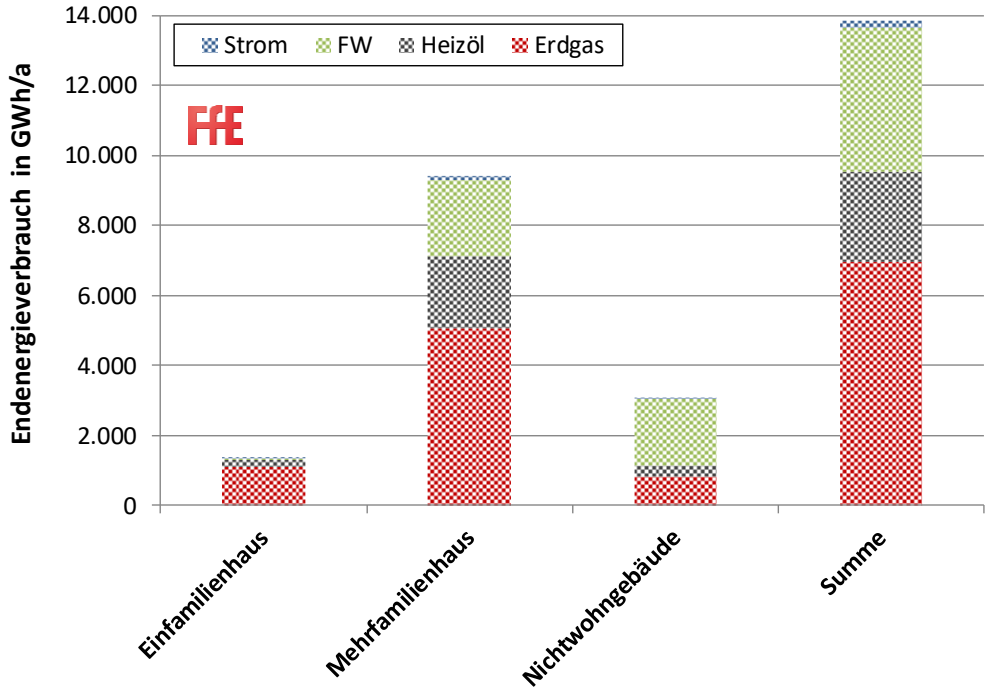
Darstellung des gebäudescharfen Wärmebedarfs

Quelle: Energienutzungsplan erstellt von der FfE

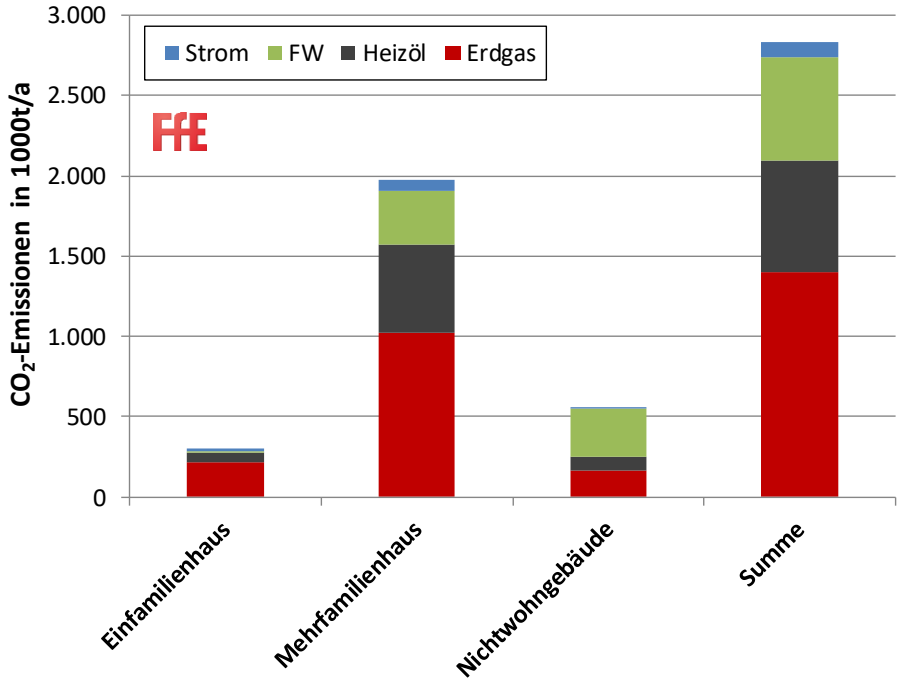
- Ermittlung und Kartierung des Wärmebedarfs sowie dessen aktueller Bereitstellung in Rastern von 100 x 100 m (links) oder gebäudescharf (rechts)
- Aufschlüsselung des durch städtisches Wachstum zusätzlich erwarteten Wärmebedarfs in einer Referenzentwicklung für die Stützjahre 2025, 2030, 2035 und 2050 sowie Ableitung eines weiteren „Extremszenarios“

Ergebnisse aus dem Arbeitsschritt „Wärmeverbrauch und -entwicklung“ – Aggregierte Daten

Bestimmung des Endenergieverbrauchs je Gebäudekategorie und Energieträger



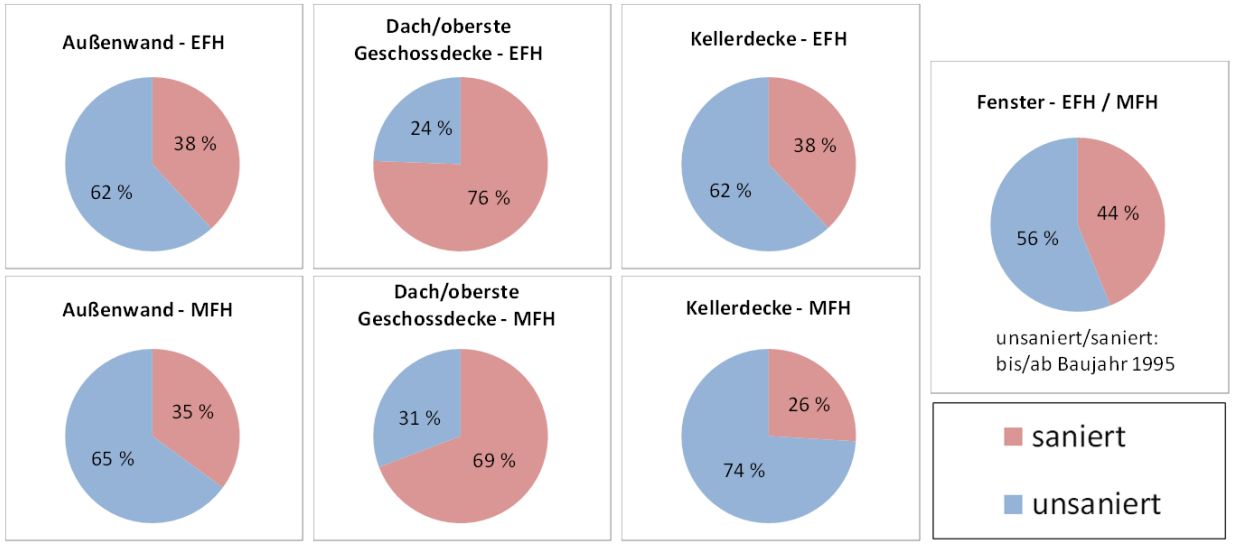
Bestimmung der Emissionen je Gebäudekategorie und Energieträger



Quelle: Wärmewende in München 2040 – Handlungsempfehlungen, FfE (2018)

- Typisierung des aktuellen Wärmebedarfs sowie der resultierenden Emissionen in hilfreiche Cluster für die folgenden Untersuchungen (z.B. nach Gebäudetyp, Energieträger, regionale Verteilung) und visuelle Aufbereitung
- Ableitung eines Wärmebedarfslastgang vom heutigen und zu erwartenden Gebäudebestand (ggf. differenziert für potenzielles Fernwärmegebiet und nicht-Fernwärmegebiet)

Ergebnisse aus dem Arbeitsschritt „Lösungsbaustein Reduktion Verbrauch“ – Effizienzsteigerung durch Sanierung

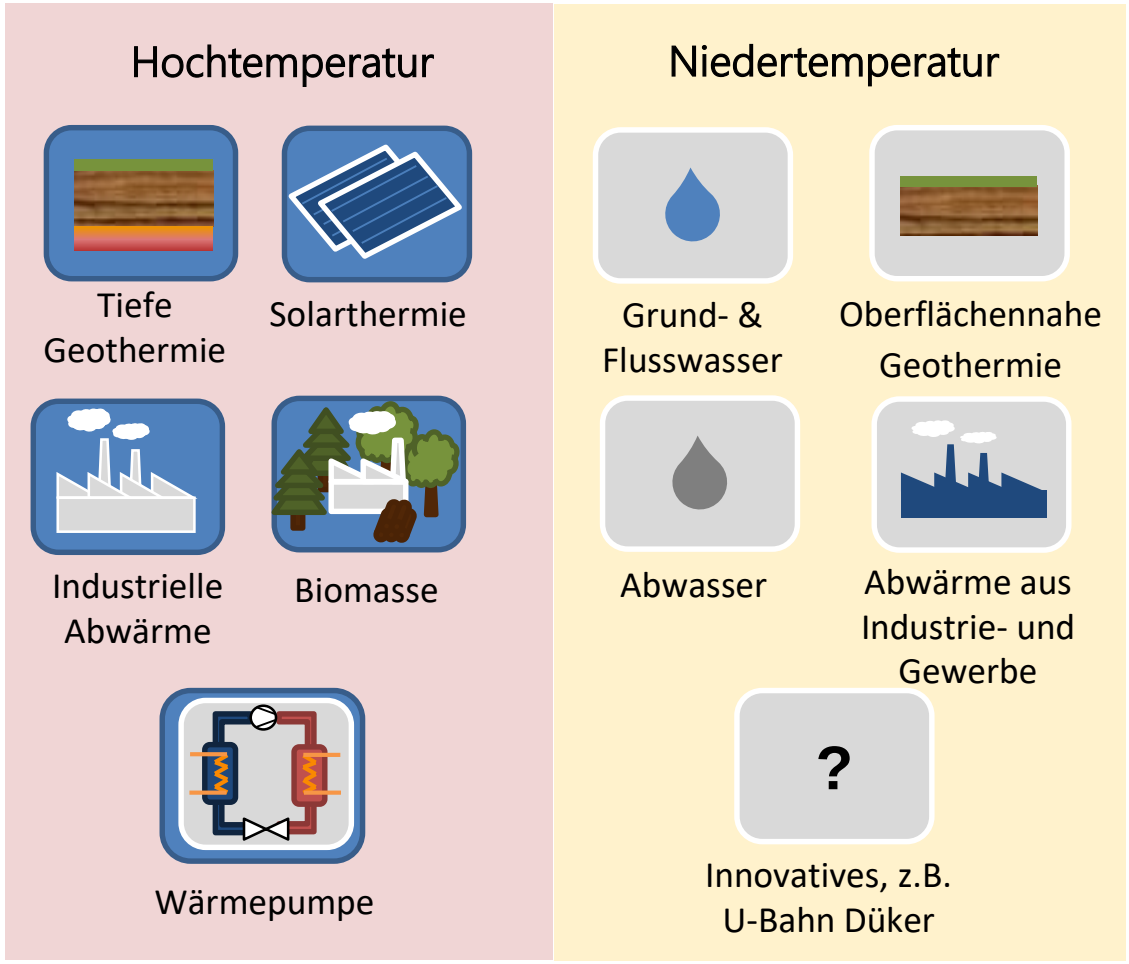


	Einsparung durch Gebäudedämmung
Werte nach normbasierter Berechnung	
Einfamilienhäuser	50 %
Mehrfamilienhäuser	51 %
Große Mehrfamilienhäuser/Hochhäuser	53 %
Werte nach Verbrauchsmessungen	
Einfamilienhäuser	30 %
Mehrfamilienhäuser	35 %
Großer Mehrfamilienhäuser/Hochhäuser	40 %

Quelle: Wärmewende in München 2040 – Handlungsempfehlungen, FfE (2018)

- Aufschlüsselung erreichbarer Wärmeeinsparungen durch Sanierung je Gebäudecluster & Darstellung der jeweiligen Kosten
- Auflistung gebäudetechnischer Maßnahmen zur Effizienzsteigerung und – sofern möglich – Bezifferung erreichbarer Energieeinsparungen sowie notwendiger Kosten
- Beschreibung der Anpassung des Wärmebedarfslastganges durch Sanierung und tatsächlich angepasster Wärmebedarfslastgang (erst nach Festlegung der Zukuftsszenarien final möglich)

Ergebnisse aus dem Arbeitsschritt „Anpassung Erzeugung & Versorgung“ - Potenziale klimaneutraler Wärmequellen

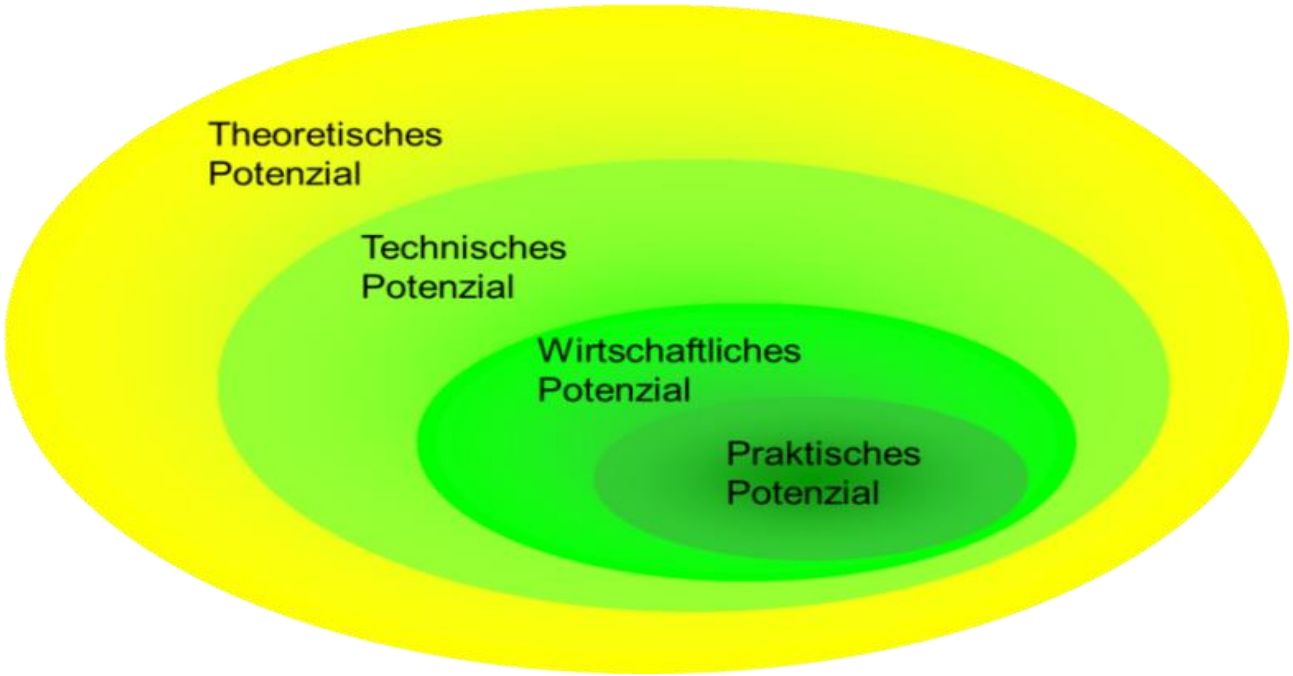


Dargestellte Eigenschaften:

- Verlässlichkeit
- Räumliche & zeitliche Verfügbarkeit
- Zukunftsfähigkeit
- Flexibilisierungsgrad
- Möglicher Lastgradient
- Erreichbares Temperaturniveau
- Ggf. besondere Anforderungen an Infrastruktur der Wärmenetze
- ….

- Darstellung der verfügbaren Wärmequellen und anwendbarer Technologien sowie deren relevanteste Eigenschaften

Ergebnisse aus dem Arbeitsschritt „Anpassung Erzeugung & Versorgung“ – Differenzierung der Potenzialanalyse

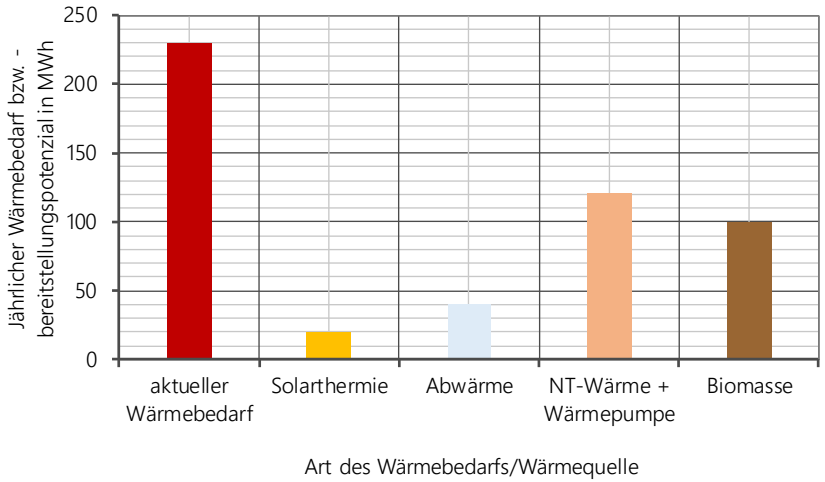


- In der Analyse ist zwischen den verschiedenen Arten von Potenzialen zu unterscheiden
- Verstärkte Hebung der Potenziale kann ermöglicht werden durch
  - Sanierungsmaßnahmen im Rahmen anstehender Instandhaltungszyklen (Gebäudehülle, Heizsystem)
  - Contracting
  - Beratung

- Ermittlung des praktischen Potenzials aus dem theoretisch verfügbaren Potenzial

Ergebnisse aus dem Arbeitsschritt „Anpassung Erzeugung & Versorgung“ - Potenziale klimaneutraler Wärmequellen

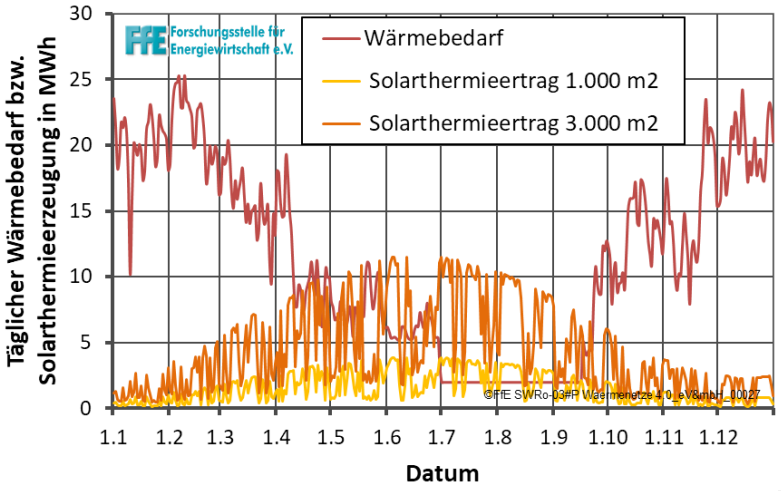
Aggregierte Darstellung der Potenziale und Bedarfe



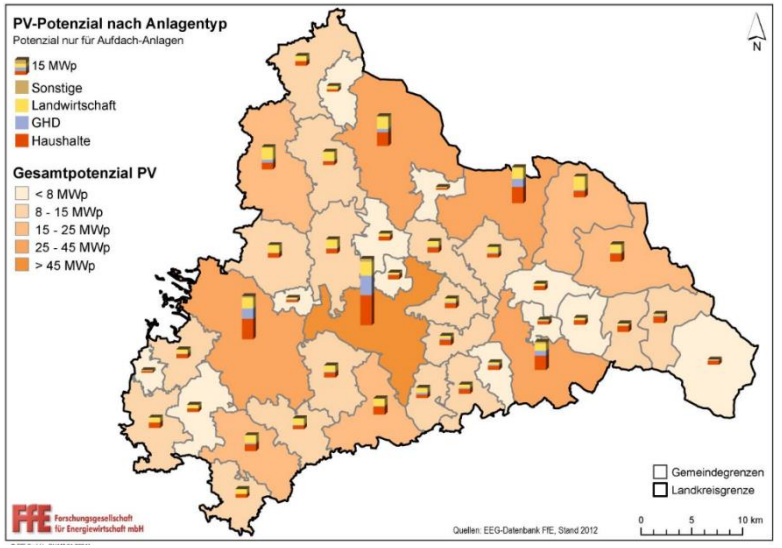
Quelle: Exemplarische Darstellung für die Potenzial-Grobanalyse, FfE (2018)

Zeitlich differenzierte Darstellung der Potenziale und Bedarfe

Quelle: Wärmenetze 4.0 – Machbarkeitsstudie für ein innovatives Wärmenetz der vierten Generation in Rosenheim, FfE (2018)



Kartografische Darstellung der Potenziale

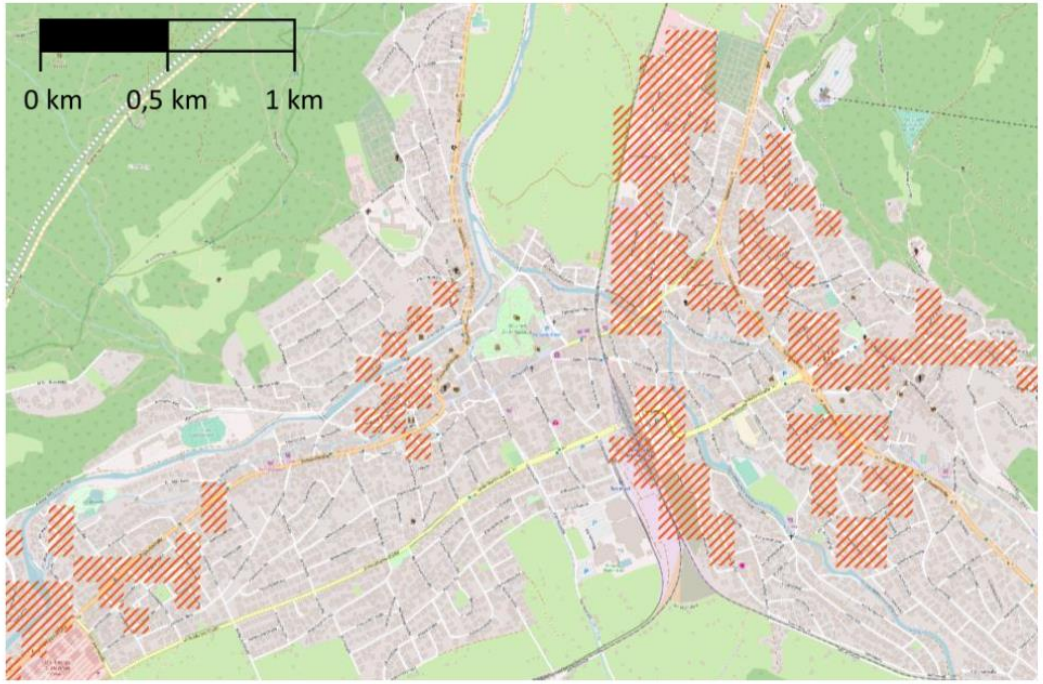


Quelle: Energienutzungsplan, FfE (2013)

- Darstellung aktueller und zukünftiger Potenziale von klimaneutralen Wärmequellen aggregiert (links oben), zeitlich differenziert (links unten) und kartografiert (rechts)

Ergebnisse aus dem Arbeitsschritt „Anpassung Erzeugung & Versorgung“ - Potenziale Fernwärmeausbau und Inselnetze

Bestimmung von Potenzialgebieten für netzbasierte Wärmebereitstellung



Potenzial-gebiet

Abgleich mit Netzplänen Fernwärme & Erdgas

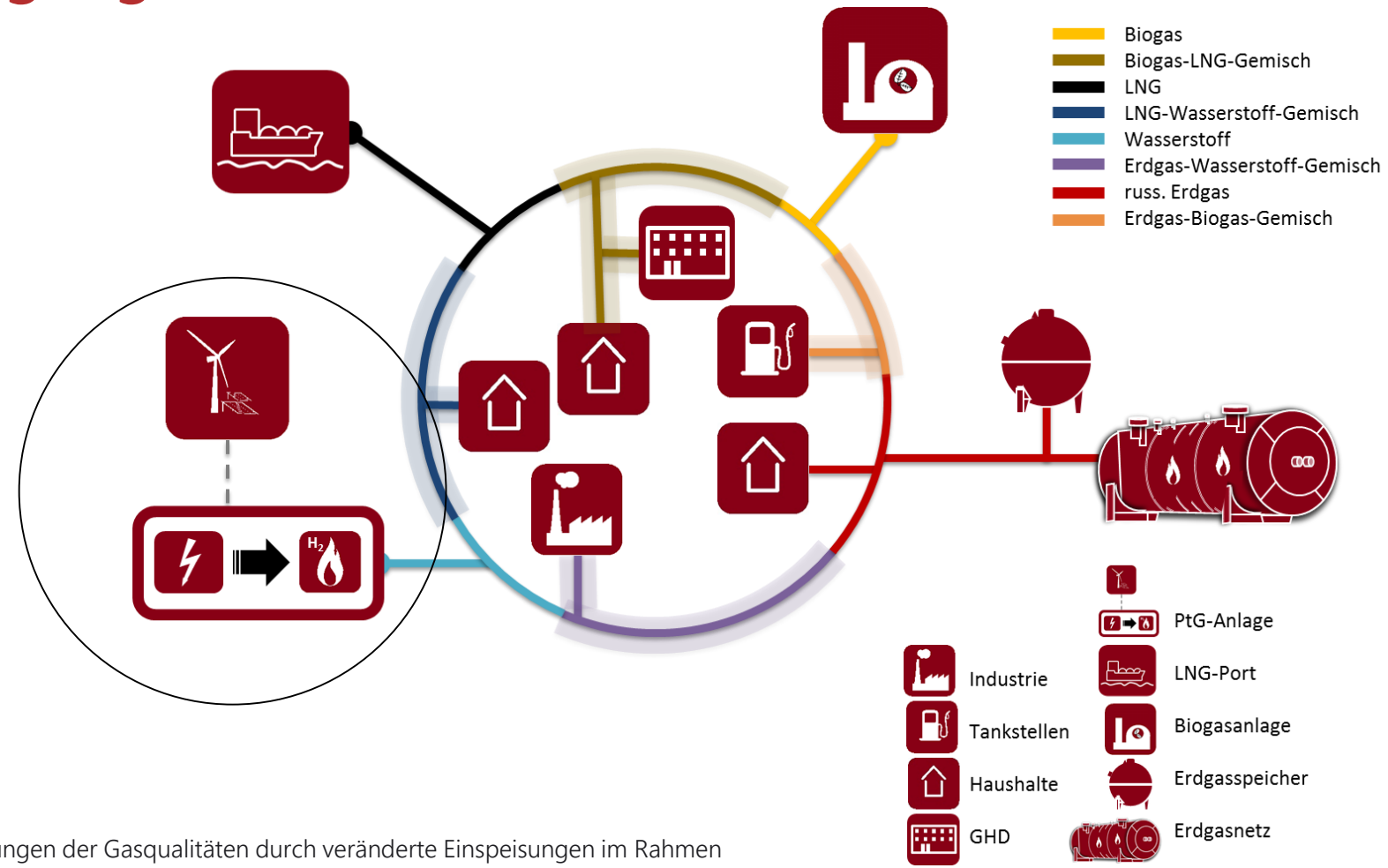
1) Abgleich mit Netzplan Fernwärme
   - ➢ Differenzierung zwischen Fernwärme und Inselnetzen

2) Abgleich mit Netzplan des Gasnetzes
   - ➢ Räumliche Differenzierung Wärme- bzw. Gasnetz und Ableitung einer sinnvollen zeitlichen Entwicklung

Quelle: Dissertation des FfE-Mitarbeiters Tobias Schmid “Dynamische und kleinräumige Modellierung der aktuellen und zukünftigen Energienachfrage und Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien” (2019)

- Ermittlung der Potenzialgebiete für den Ausbau der Fernwärmeversorgung, abhängig von der kritischen Wärmebedarfsdichte
- Ableitung von Ausbaustrategien durch Abgleich der Potenzialgebiete mit aktuellen Netzplänen
- Bestimmung von Präferenzgebieten von Erdgas- bzw. Wärmenetzen

Ergebnisse aus dem Arbeitsschritt „Anpassung Erzeugung & Versorgung“ - Potenziale Einsatz klimaneutraler Gase



Quelle: Auswirkungen der Gasqualitäten durch veränderte Einspeisungen im Rahmen des Projektes Kopernikus SynErgie, FfE (2020)

- Darstellung der erwarteten Arten, Eigenschaften, Kosten und der Verfügbarkeit emissionsarmer Gase
- Analyse der Möglichkeiten zum Einsatz dieser Gase in der untersuchten Region
- Empfehlungen zur Rolle emissionsarmer Gase im Wärmesektor in der untersuchten Region

Ergebnisse aus dem Arbeitsschritt „Lösungsbaustein Anpassung Infrastruktur“ - Erfolgsfaktoren Umstellung Fernwärme

Beispielhafte Maßnahmen zur Fernwärmeumstellung aus der Literatur

- Einbau kaskadierter Hausübergabestationen
- Absenkung Rücklauftemperaturen durch optimierte Regelung Hausübergabestationen
- Schaltung von Niedertemperaturverbrauchern in den Rücklauf
- Geeignetes Monitoring von Komponenten der Fernwärmeversorgung
- Maßnahmen zur Reduzierung der Verteilverluste (Rohrisolierung, gleitende Netztemperaturen in verschiedenen Intervallen, Sommerschaltung,…)
- Hilfreiche Energiekennzahlen
- Kosteneffiziente Rohrverlegung durch Kostensenkung im Tiefbau

Nutzung der Ergebnisse aus Diskussion mit Fernwärmeversorgern im WärmeNetzWerk

3 jährige Arbeitsphase im WärmeNetzWerk

Ist Analyse Vor Ort
- Diskussion von Maß-nahmen zur Effizienz-steigerung, Senkung des Primärenergiefaktors, Einbindung Erneuer-barer Energien

Zielvereinbarung
- Diskussion zu Art und Inhalt des Zieles
- Vorschlag: Erstellung einer Transformationsstrategie
- Unterzeichnung der Zielvereinbarung

Fortschrittsbericht
- Jährliche Diskussion zu Fortschritten bei der Umsetzung innovativer Projekte

Quartalsweise Workshops
- Fachvorträge von Experten zu gemeinsam festgelegten Themen
- Diskussion Zukunftsszenarien und -strategien
- Erfahrungsaustausch
- Ggf. Betriebsbegehungen beim Gastgeber

Experten und Vernetzer Hotline

- Darstellung von Transformationsmaßnahmen in Steckbriefform und Priorisierung der Maßnahmen für das betrachtete Wärmenetz

Ergebnisse aus dem Arbeitsschritt „Lösungsbaustein Anpassung Infrastruktur“ – Potenziale und Einsatzweisen Wärmespeicher

1

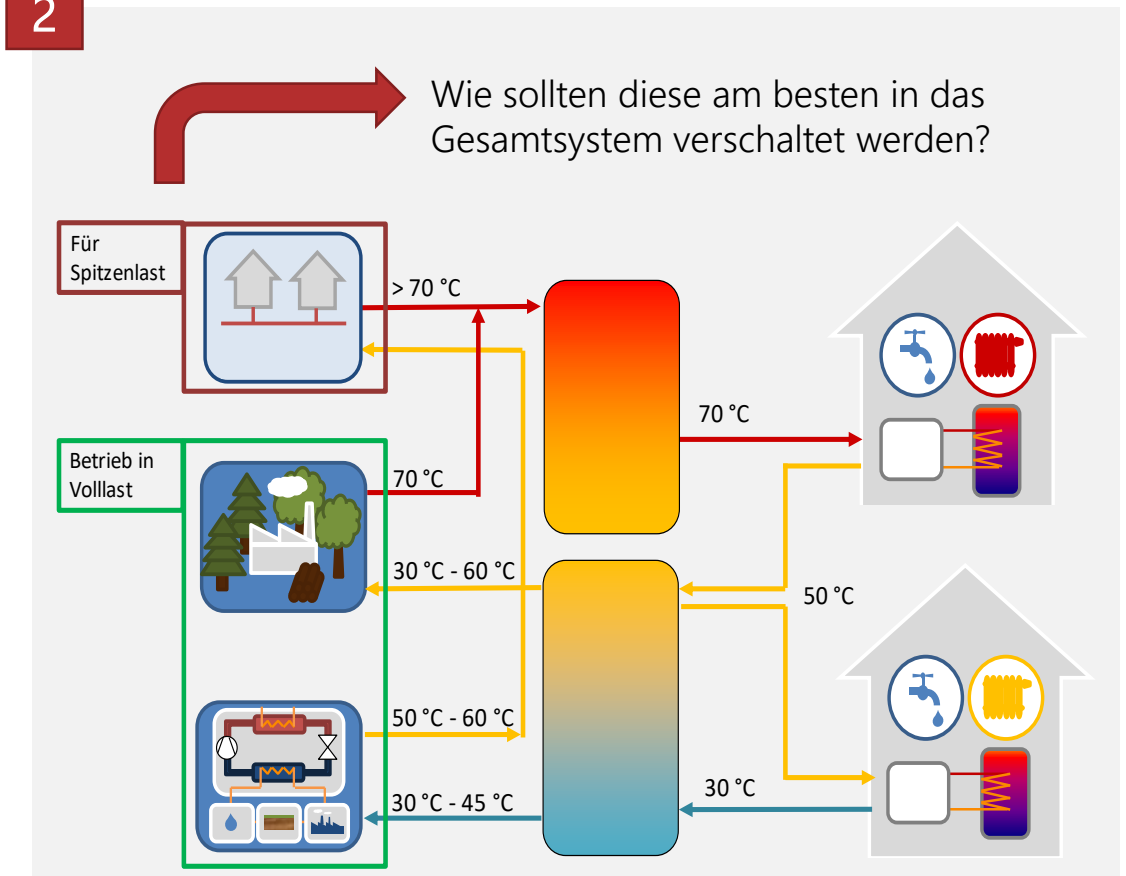
Speichertechnologie	Spezifische Speicherkapazität in kWh/m³	Temperaturniveau in °C	Kosten in €/kWh	Speicher-dauer		Einsatz-bereich	
				Kurz	Lang	Stat.	Mob.
Erdsondenspeicher			4		x	x	
Feststoffspeicher			18	x	x	x	
Behälterspeicher			5	x	x	x	
Kies-Wasser-Erdbecken			4		x	x	
Aquiferspeicher			1		x	x	
Wasser/Eis			150	x	x	x	
Salzhydrate				x	x	x	x
Paraffin				x	x	x	x
Zeolith			75	x	x	x	x
Silikagele				x	x	x	x

0 100 200 300 0 100 200 300

Welche Speicherarten und -größen sind vor Ort verfügbar/möglich?

Quelle: Vergleich und Bewertung verschiedener Speicherkonzepte für Nahwärmenetze der 4.Generation, FfE (2018)

2

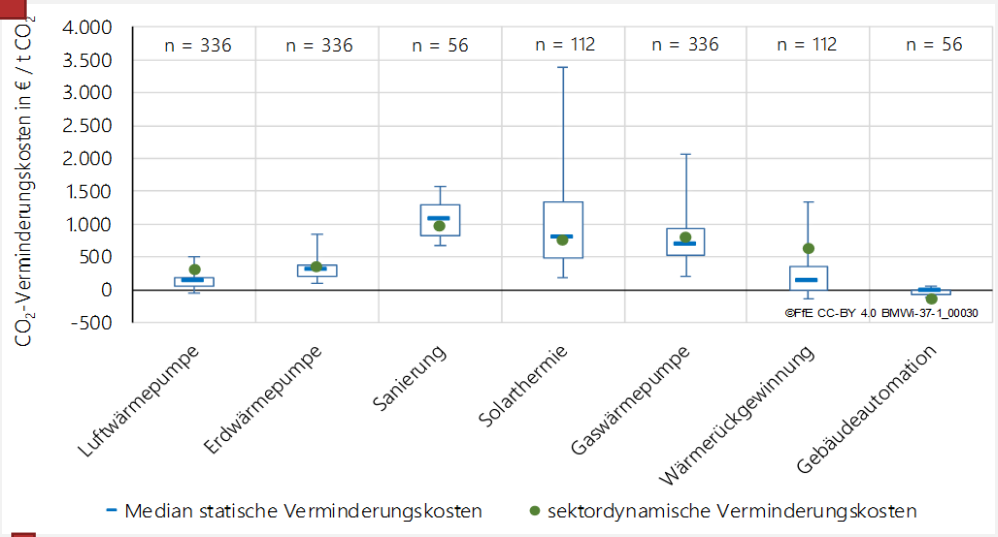


Quelle: Wärmenetze 4.0 – Machbarkeitsstudie für ein innovatives Wärmenetz der vierten Generation in Rosenheim, FfE (2018)

- Darstellung von möglichen Speicherarten und deren Potenziale im Untersuchungsgebiet
- Erstellung verschiedener Varianten, wie diese Speicher in eine optimierte Versorgung integriert werden können

Ergebnisse aus dem Arbeitsschritt „Bestimmung relevanter Maßnahmen“- Maßnahmenwahl und -bewertung

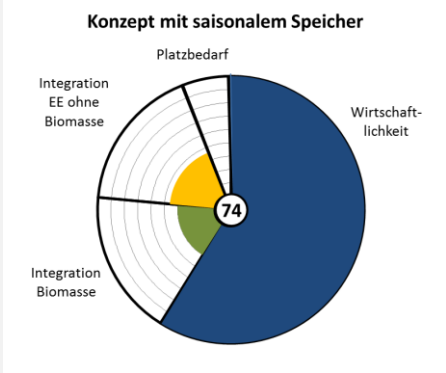
1

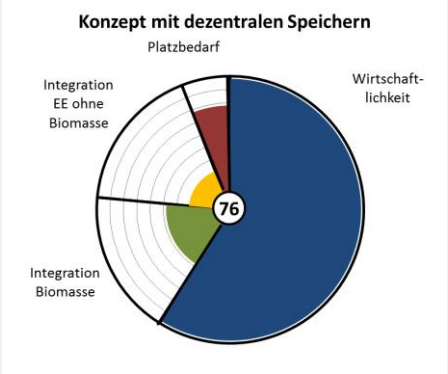


Bestimmung der Wärmebereitstellungs- und CO_2-Verminderungskosten einzelner Technologien

Quelle: Dynamis

2





Integration weiterer Kriterien für den ganzheitlichen Vergleich der Maßnahmen

Quelle: Vergleich und Bewertung verschiedener Speicherkonzepte für Nahwärmenetze der 4.Generation, Kleinertz et al 2018

- Bestimmung der Wärmebereitstellungs- und CO_2-Verminderungskosten für alle Maßnahmen, differenziert nach Kostenart (z.B. fixe vs. variable Kosten)
- Empfehlungen für künftige Entscheidungen zur Nutzung dieser Optionen
- Darstellung technischer Übergangslösungen für Gebiete die langfristig über Fernwärme versorgt werden sollen
- Darstellung und Bewertung der verschiedenen Optionen zur Kompensation von verbleibenden Emissionen

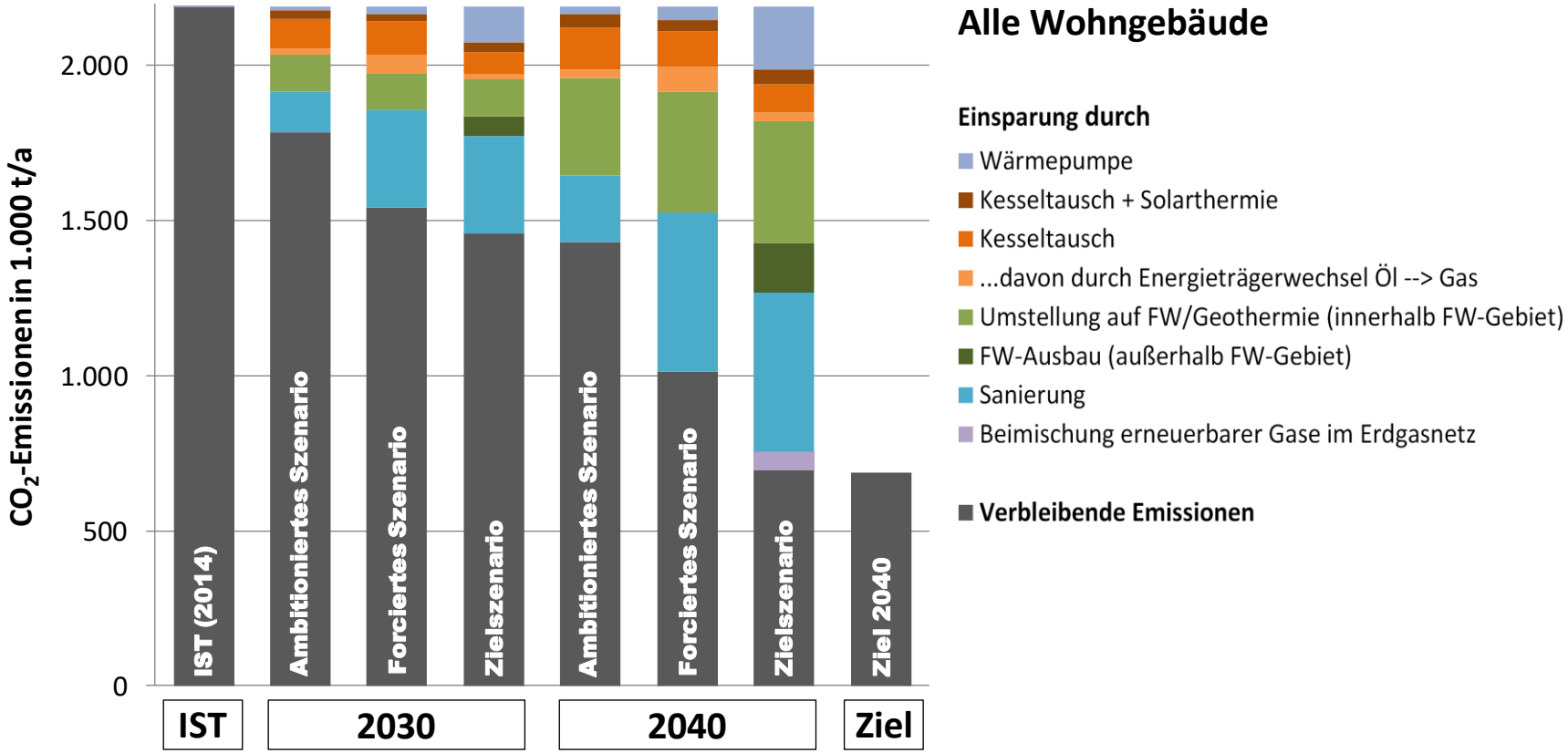
Ergebnisse aus dem Arbeitsschritt „Projektkommunikation & Umfeldanalyse“- Workshops mit Entscheidern/Interessierten

Quelle: Foto der öffentlichen Vorstellung des Energienutzungsplans in Eching

Quelle: Foto Workshop „Masterplan Wärme“ mit dem Energieteam der BSH Hausgeräte GmbH Traunreut

- Mögliche Arbeitspakete:
  - Darstellung relevanter Stakeholder für die erfolgreiche Umstellung der Wärmeversorgung, darunter Bevölkerung, städtische Vertreter, Industriebetriebe, Bürgervereinigungen etc.
  - Durchführung einer Stakeholderanalyse (Chance, Risiken, Präventionsmaßnahmen)
  - Erarbeitung eines Kommunikationskonzeptes für die Einbeziehung von relevanten Stakeholdern
  - Vorbereitung und Moderation von Workshops mit Stakeholdern
  - Präsentation von Projektergebnissen

Ergebnisse aus dem Arbeitsschritt „Zielsznario“ - Resultierende Zukunftsszenarien und Systemrückwirkungen



- Erstellung zweier Szenarien zur Erreichung eines zuvor festgelegten Klimaziels basierend auf den ermittelten Potenzialen und Kosten einzelner Maßnahmen
- Quantifizierung der erzielbaren CO_2-Reduktion und der erwartbaren Gesamtkosten
- Analyse des Effektes der Wärmepumpen/Nachtspeicherheizungen auf den Strombedarf der Region

Ergebnisse aus dem Arbeitspaket „Ermittlung und Priorisierung notwendiger Handlungen“ - Hemmnisse und Lösungsansätze

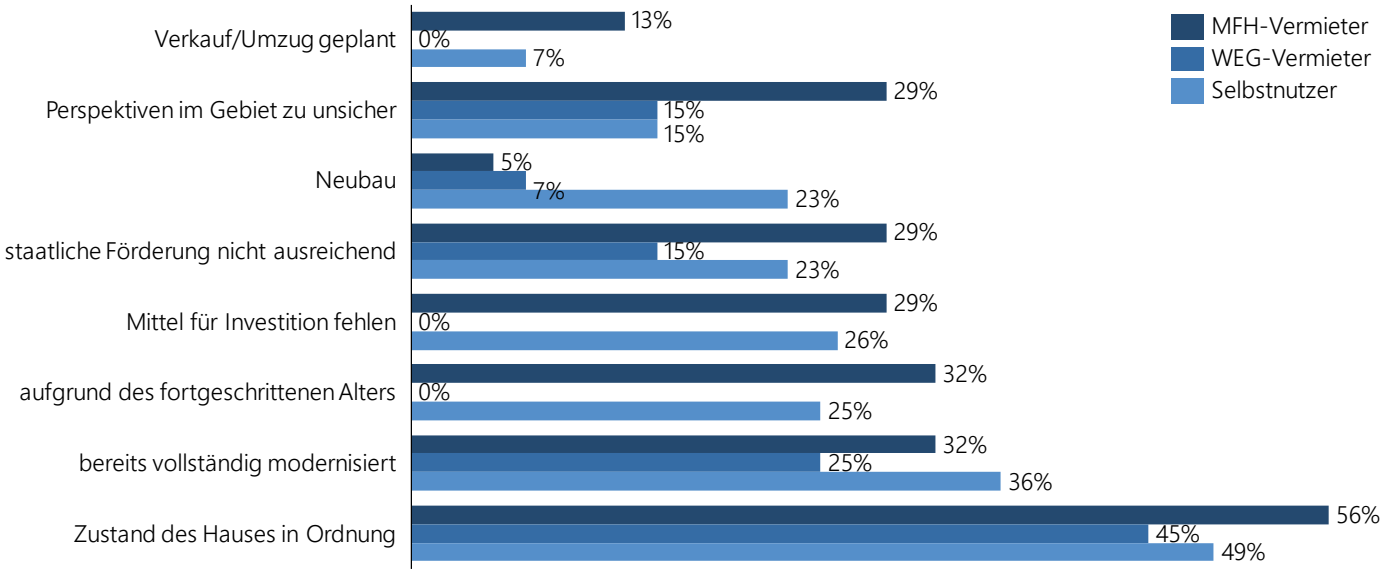
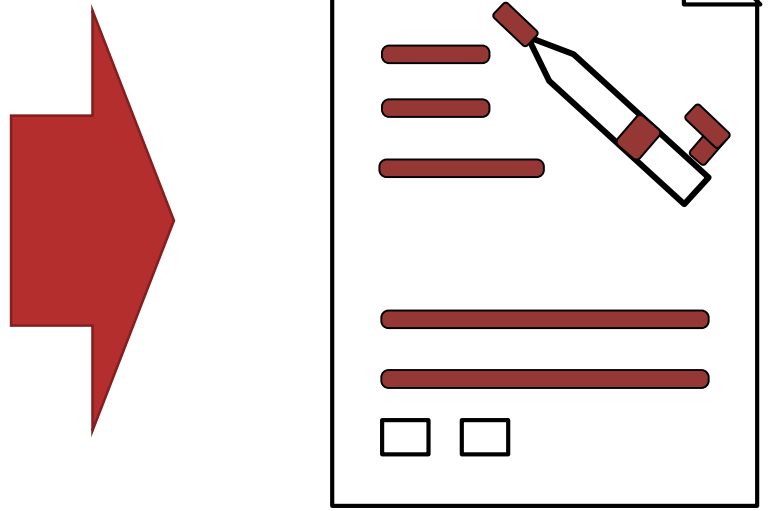


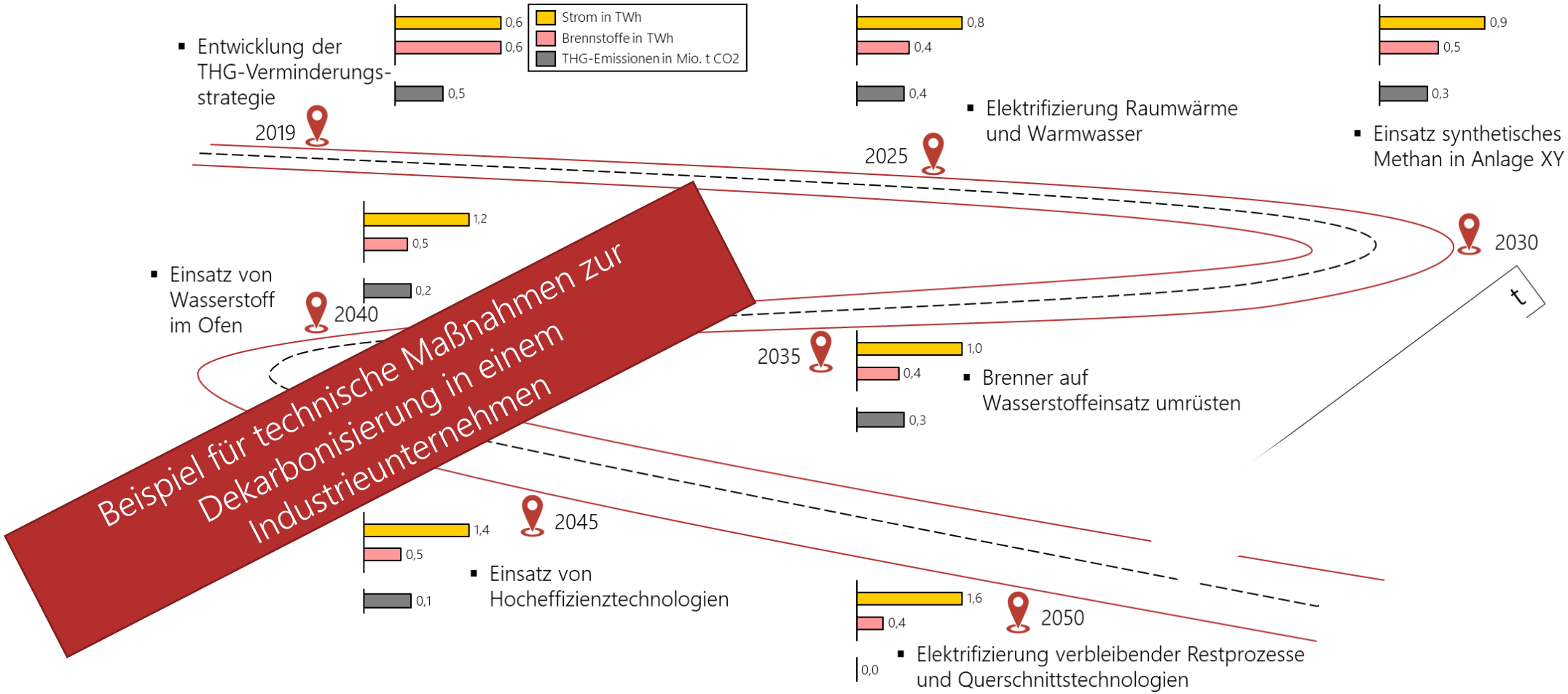
Abbildung: Umfrage zu Gründen des Verzichts auf Investitionen in den nächsten 5 Jahren in Deutschland, Datengrundlage: Schriftliche Befragung der Vermieter und selbstnutzenden Eigentümer /BBSR-07 15/



Quelle: Energierationalität im Eigenheim, FfE (2017)

- Zusammenfassende Darstellung der wichtigsten finanziellen, technischen, regulatorischen, informatorischen und gesellschaftlichen Hemmnisse zur Erreichung der Zielszenarien
- Liste mit themenspezifischen und übergeordneten Handlungsempfehlungen
- Darstellung möglicher politischer Instrumente der Region zur aktiven Gestaltung der städtischen Wärmewende

Ergebnisse aus dem Arbeitspaket „Ermittlung und Priorisierung notwendiger Handlungen“ - Erstellung einer Roadmap



Quelle: Methodik zur Entwicklung einer Treibhausgasverminderungsstrategie in der Industrie, FfE (2020)

- Priorisierung von kommunikativen, organisatorischen und technischen Maßnahmen