



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

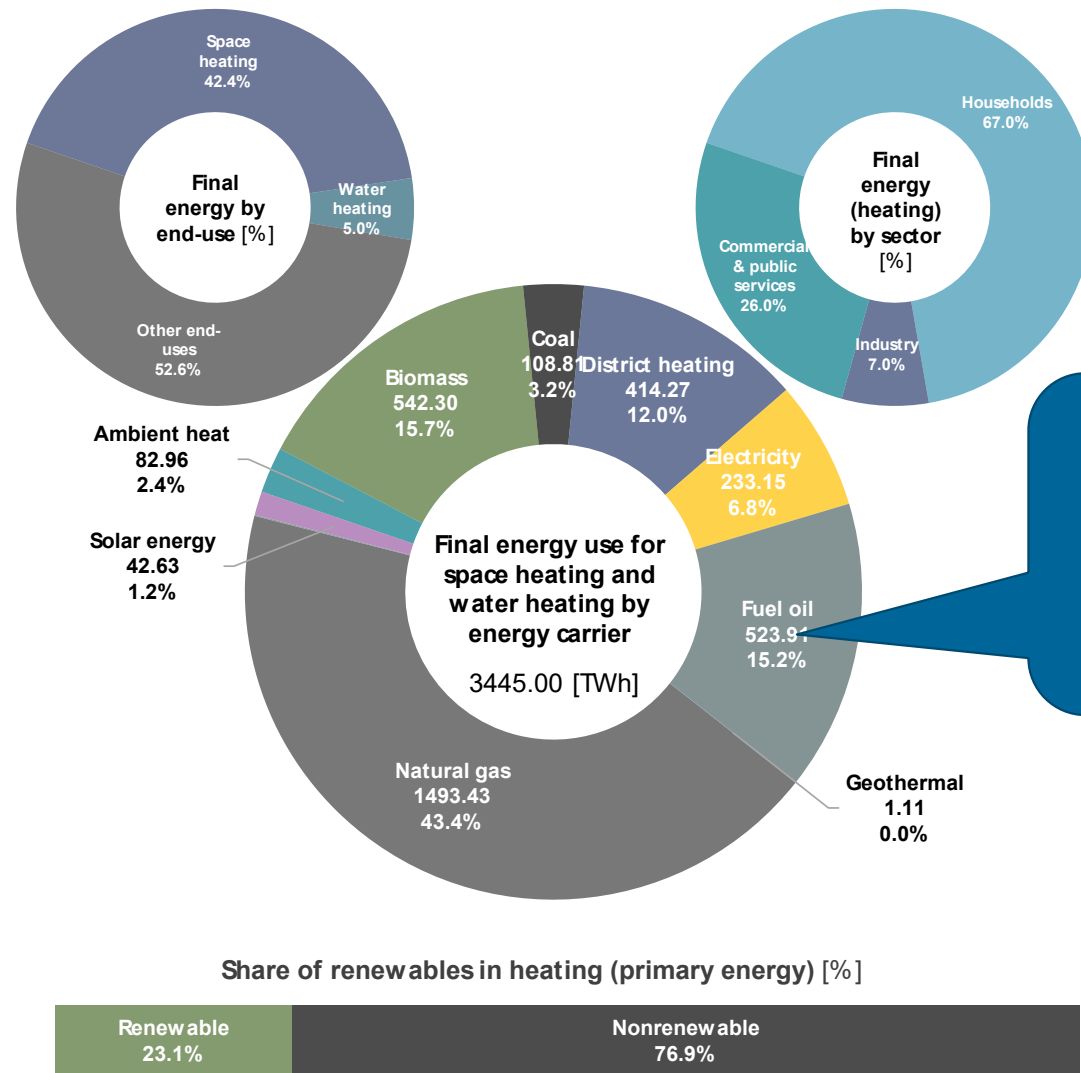


Erneuerbare Wärme: Perspektiven für den Technologie-Mix

Lukas Kranzl

Fachdialog „Erneuerbare Wärme: Gesetz und technische Optionen“, 21.11.2023

Energiebedarf für Raumwärme & Warmwasser, EU-27



Pfade zur Dekarbonisierung?

Inhalt

- ▶ Technologien (exemplarisch)
- ▶ Szenarien
- ▶ Ökonomische Überlegungen
- ▶ Schlussfolgerungen hinsichtlich technologischer Prioritäten

Städtische Wärmewende – Quartiere und Gebäude

▶ Smart-Block Geblergasse, Wien:

- Wohnhäuser wurden erweitert, aufgestockt und gebäudetechnisch komplett saniert
- Erstmalige Nutzung von Geothermie in Österreich im historischen Gebäudebestand

▶ Viertel Zwei, Wien:

- Erste Energiegemeinschaft in Österreich und Handel des über die PV-Anlage erzeugten Stroms über Blockchain
- Geothermie-Sonden mit saisonalem Ausgleich und Anergienetz

▶ Hikari Building, Lyon:

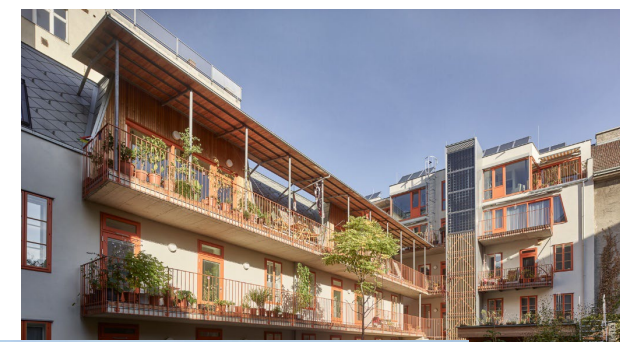
- Erstes Gebäude mit positiver Energiebilanz in Frankreich, das Büros, Geschäfte und Wohnungen kombiniert

▶ Fort d'Issy, France:

- Militärische Festung aus dem 19. Jh. wird in Öko-Viertel umgewandelt
- 750 m tiefe Bohrung versorgt ein geothermisches Netz, zur Deckung von über 50% des Heizungs- und Warmwasserbedarfs des Viertels

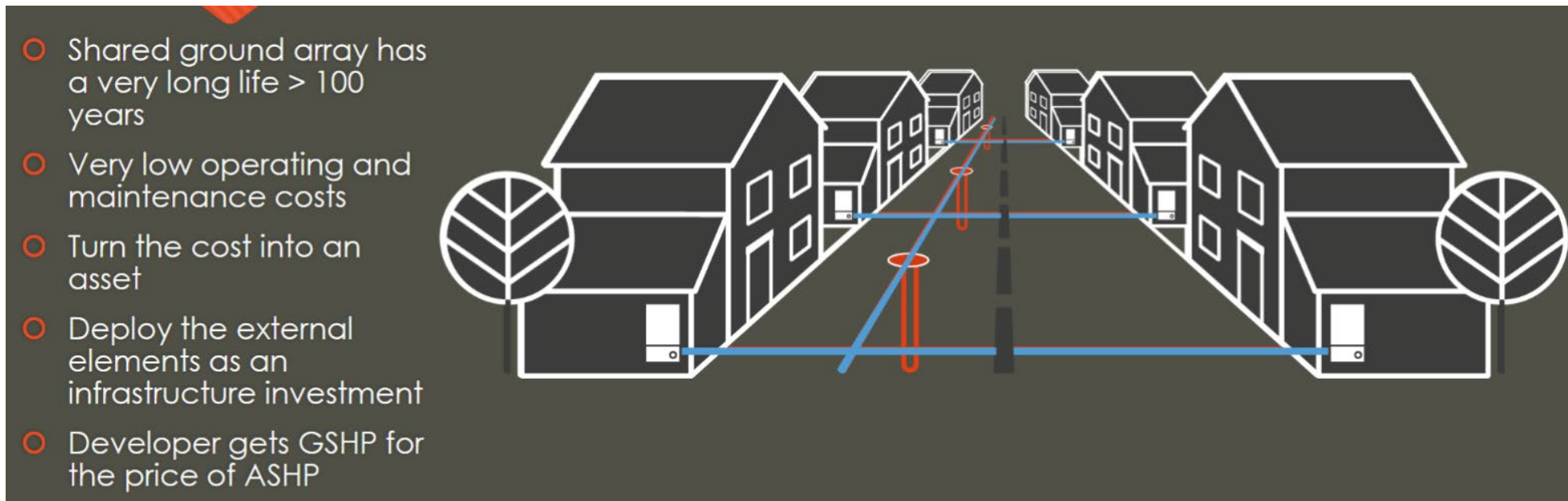
▶ Visp-West, Schweiz:

- Energiestadt seit 2000; Anergienetz, Nutzung von Abwärme



Innovative Technologien, z.B. Erdsonden basierte, lokale Wärmenetze

- ▶ Kensa Group, UK
- ▶ Oberflächennahe Geothermie
- ▶ Geeignet für Gebäude oder Reihenhäuser Häuser mit ähnlicher Baustruktur in nicht zu dicht besiedelten Gebieten
- ▶ Sehr schnelle Implementierung und Dekarbonisierung von Quartieren



Innovative Technologien, z.B. Großwärmepumpen

- ▶ MVV Mannheim (Deutschland), WP aus Flusswasser des Rheins
 - Wärmepumpe, die den Fernwärmerücklauf auf bis zu 99 °C erwärmt.
 - Ab 2023 soll die Anlage 3.500 Haushalte mit Wärme versorgen.
 - Installierte WP-Leistung: 20 MWth,
 - Flusswasser: Winter 5 – Sommer 25°C,
 - WP Vorlauftemperatur: 83 - 99 °C
 - Investition: 15 Millionen EUR



- ▶ Großwärmepumpe auf Basis der Abwässer aus der Kläranlage Simmering

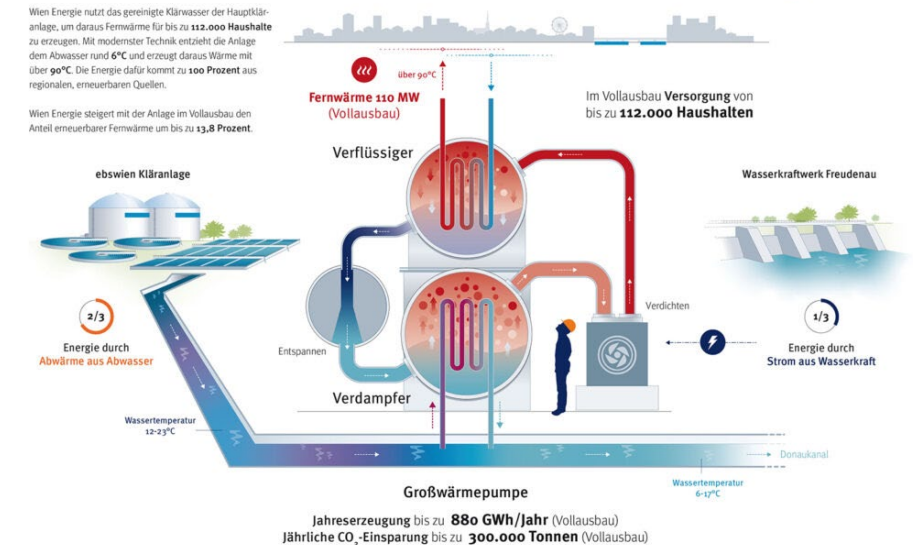
- Mehrere BHKWs werden am Auslauf der Kläranlage installiert
- Die Wärmepumpen werden mit Strom aus einem nahe gelegenen Flusskraftwerk (Donau) versorgt.
- Installierte Wärmepumpen-Kapazität: 55 MWth im Jahr 2023
- Finale Kapazität: 110 MWth im Jahr 2027
- Kläranlage: 6 °C
- Versorgungstemperatur der KWK: 90 °C
- Jährliche Erzeugung: 880 GWh

Großwärmepumpe ebswien Kläranlage Simmering



Wien Energie nutzt das gereinigte Klärwasser der Hauptkläranlage, um daraus Fernwärme für bis zu **112.000 Haushalte** zu erzeugen. Mit modernster Technik entzieht die Anlage dem Abwasser rund 6°C und erzeugt daraus Wärme mit über 90°C. Die Energie dafür kommt zu 100 Prozent aus regionalen, erneuerbaren Quellen.

Wien Energie steigert mit der Anlage im Vollausbau den Anteil erneuerbarer Fernwärme um bis zu **13,8 Prozent**.

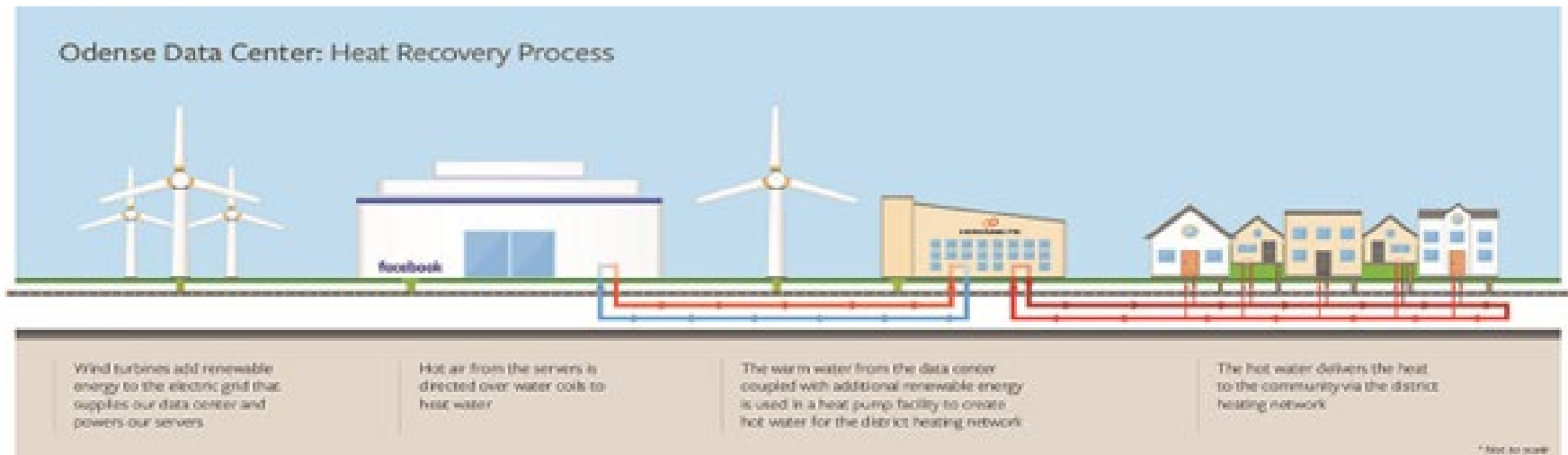


Quelle: Wien Energie

APA-GRAPHIK ON DEMAND

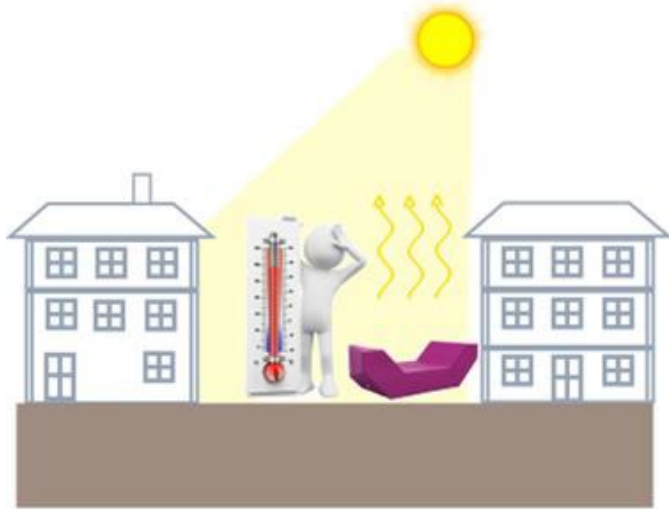
Innovative Technologien, z.B. Abwärmenutzung

- ▶ Beteiligte Organisationen:
 - Betreiber von Rechenzentren: Meta (Facebook) - kostenlose Lieferung von Überschusswärme
 - DH-Betreiber: Fjernvaerme Fyn - übernahm alle Investitionen
- ▶ Wärmerückgewinnung: 176 Kühleinheiten auf dem Dach des Rechenzentrums
- ▶ Wasser wird durch heiße Luft in den Kühlschlangen erhitzt
- ▶ Rückgewonnene Wärme: Bis zu 25 MW, 100 GWh/a
- ▶ Betriebsbeginn: 2023

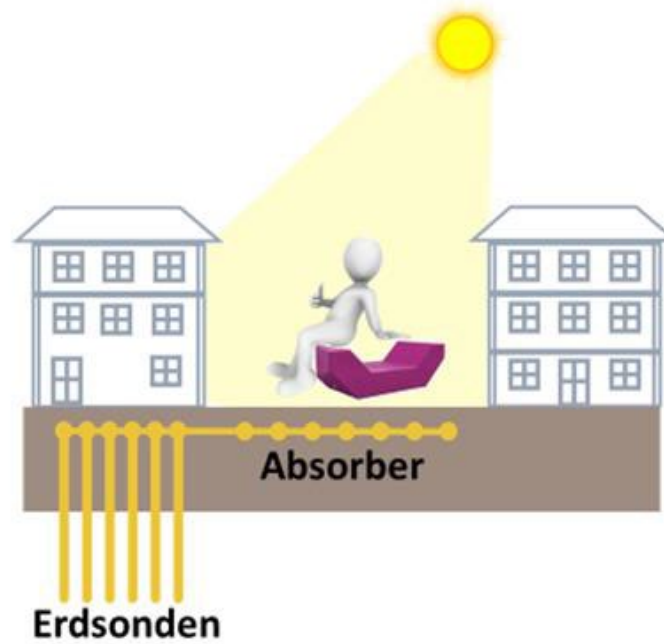


Innovative Technologien, z.B. Asphaltkollektoren

Sommerliche Überhitzung



Heat Harvest

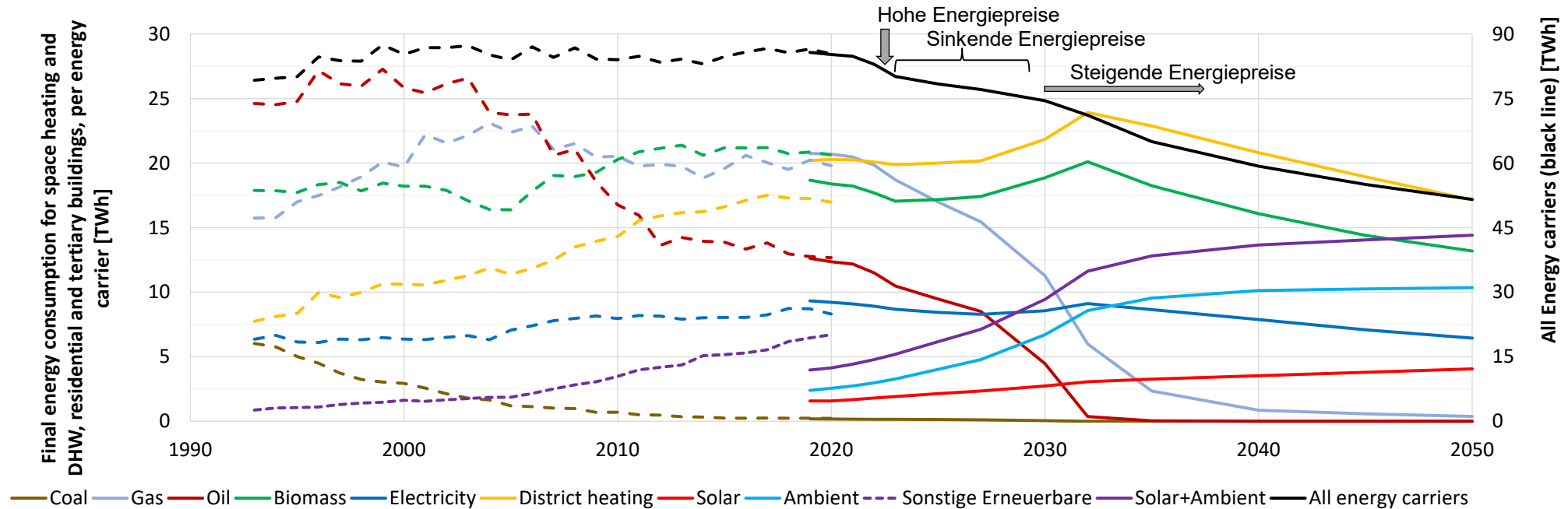


Quelle: Edith Haslinger et al, 2021, „Heat Harvest“

Quelle: Edith Haslinger, „Sozial100%erneuerbar“

Szenario zur Erreichung der Klimaneutralität in Österreich?

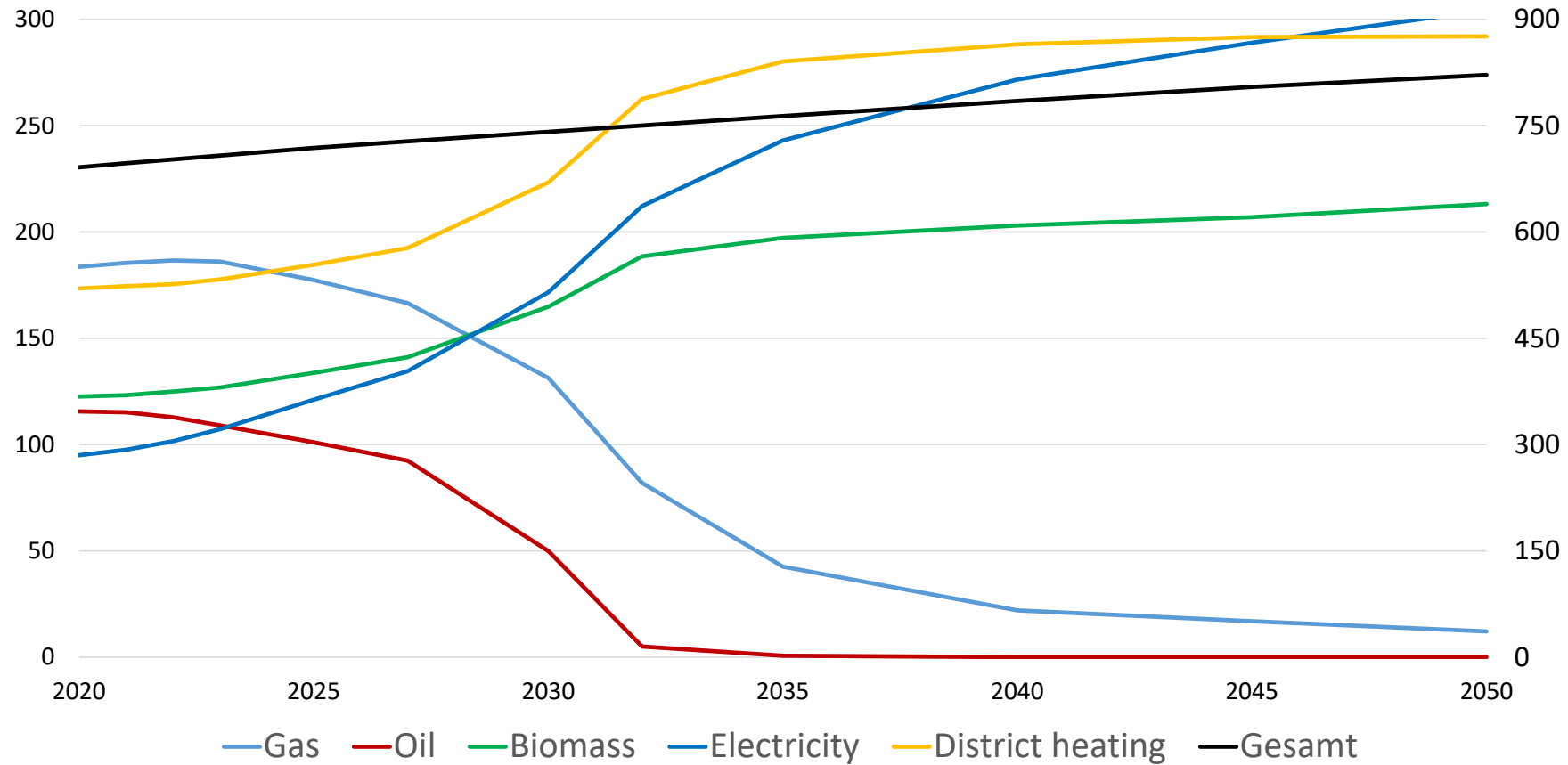
Entwicklung des Endenergieeinsatzes: Haushalte und DL



- ▶ Etwa 15%_{Punkte} des Rückgangs der Bestandsgebäude durch Klimawandel und Gebäudeabriss bis 2050
- ▶ Ausstieg aus Öl und Gas führt zu erheblichen Energieträger umstiegen bis 2035/2040
- ▶ Danach Energieträgeranteil tendenziell konstant

Quelle: Andreas Müller, e-think, 2022

Entwicklung der beheizten Flächen (Mio m²)



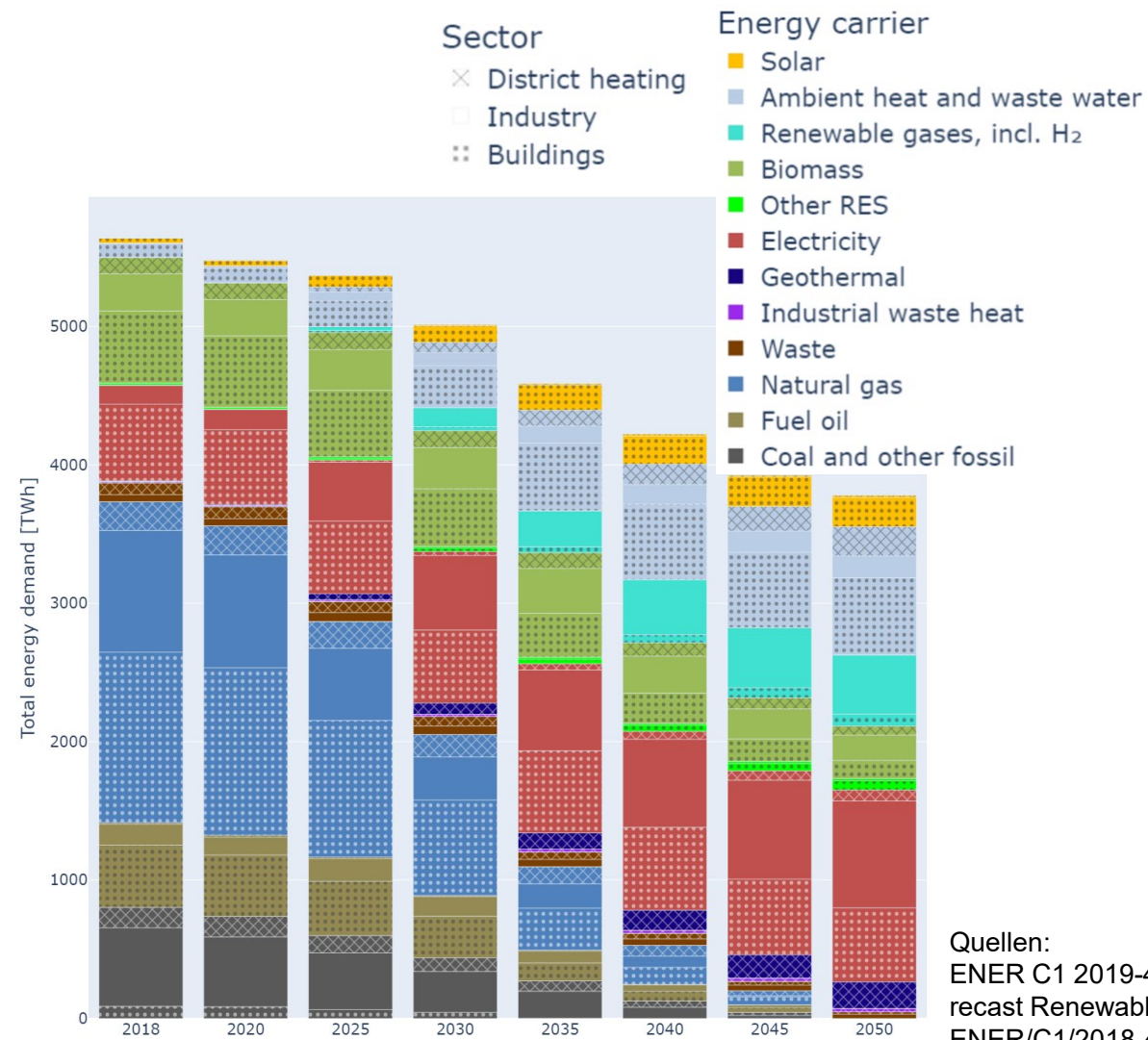
Quelle: Andreas Müller, e-think, 2022

Zwischenfazit I – Charakterisierung eines Dekarbonisierung - Szenarios

- ▶ Reduktion des Heizwärmebedarfs durch Gebäudesanierung
- ▶ Wärmepumpen
- ▶ Fernwärme
- ▶ Biomasse, insbesondere dort, wo sie jetzt schon eine Rolle spielt

Europäische Perspektive?

Prioritäten im Technologie- und Maßnahmenmix für Wärmesektor?



Szenarien zur Dekarbonisierung des Wärme-Sektors zeigen folgende Prioritäten:

- ▶ Effizienzsteigerung an der Gebäudehülle
- ▶ Fernwärme, wo möglich
- ▶ Dezentrale Wärmepumpen
- ▶ Solarenergie, Speicher und smarte, aktive Integration von Gebäuden
- ▶ (Biomasse, wo verfügbar, v.a. im ländlichen Raum; Allokationsfrage)
- ▶ Elektrifizierung und H₂ in der Industrie
- ▶ Keine direkte Nutzung von H₂ bzw. synthetischem Erdgas für Niedertemperatur-Wärme

Quellen:

ENER C1 2019-482 - Renewable Heating and Cooling Pathways, Measures and Milestones for the implementation of the recast Renewable Energy Directive and full decarbonisation by 2050

ENER/C1/2018-494 – Renewable Space Heating under the Revised Renewable Energy Directive. doi: 10.2833/525486

Vergleich von Szenarien zur Dekarbonisierung des Gebäudesektors, EU-27

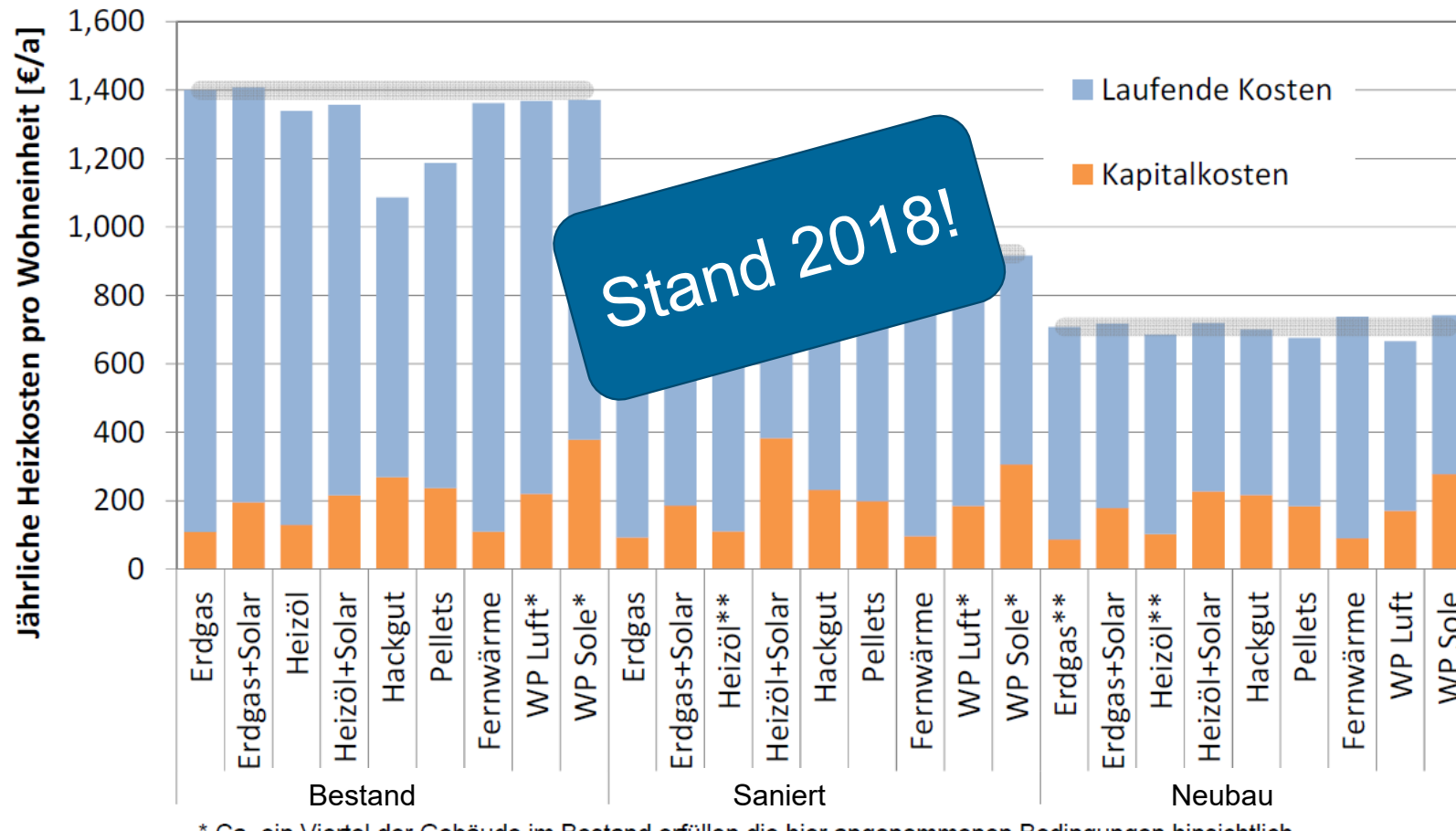


- ▶ Alle Modelle und Szenarien zeigen Anstieg der Elektrifizierung über Wärmepumpen
- ▶ Sowohl „full system models“ als auch sektorale Gebäudebestandsmodelle
- ▶ Das gilt auch für Szenarien, die explizit die Elektrifizierung nicht in den Fokus stellen

Quelle: ECEMF project (www.ecemf.eu), Gusheva et al, 2023

Kosten?

Wirtschaftlichkeit verschiedener Heizsysteme



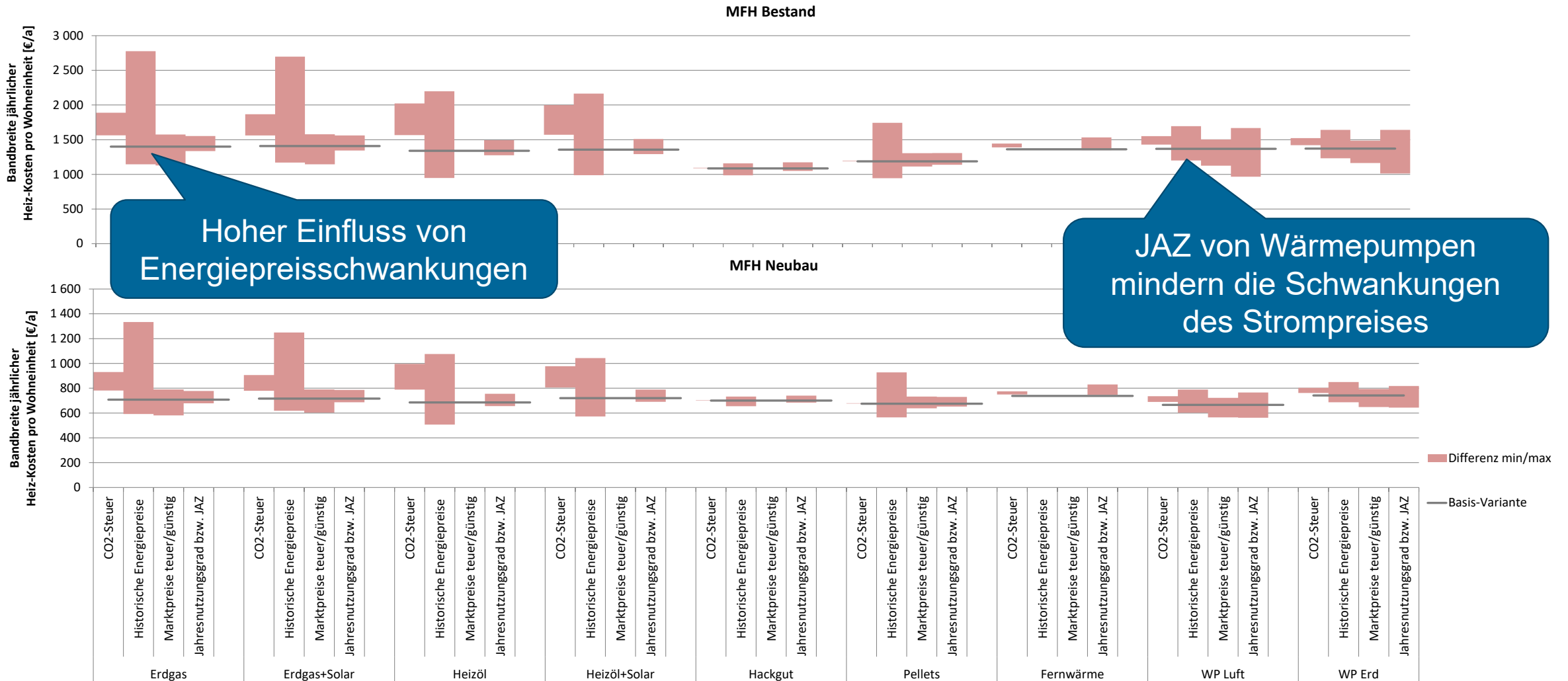
* Ca. ein Viertel der Gebäude im Bestand erfüllen die hier angenommenen Bedingungen hinsichtlich der Vorlauftemperatur des Heizsystems.

** Erfüllen die Anforderungen gemäß OIB-330.6-014/14-012 nicht.

- ▶ Kosten der Heizsysteme generell in sehr ähnlicher Bandbreite
- ▶ Große Unterschiede des Anteils an Kapitalkosten an gesamten Kosten (10% bis über ein Drittel)

- ▶ 80m² Wohneinheit in Mehrfamilienhaus-Referenzgebäuden
- ▶ Graue Balken: Kosten des Systems Erdgas ohne Solarthermie.
- ▶ Fernwärmepreise und –tarifstrukturen variieren

Kostenvergleich Heizsysteme: Stand 2018, Berücksichtigung Unsicherheiten historische Energiepreisschwankungen bis erstes Halbjahr 2023



Quelle basierend auf: Kranzl, L., Müller, A., Maia, I., Büchele, R., Hartner, M., 2018. Wärmезukunft 2050. Erfordernisse und Konsequenzen der Dekarbonisierung von Raumwärme und Warmwasserbereitstellung in Österreich. Auftraggeber: Erneuerbare Energie Österreich, Wien.

Zwischenfazit II

- ▶ Kosten von Heizsystemen in sehr ähnlicher Größenordnung
- ▶ Unsicherheiten (v.a. hinsichtlich zukünftiger Energiepreisentwicklungen) überwiegen bei weitem die Unterschiede in den Kosten
- ▶ Gas- und Öl- basierte Heizsysteme weisen relativ geringe Investitionskosten und relativ hohe laufende Kosten auf
- ▶ Wärmepumpen und (dekarbonisierte) Fernwärme weisen relativ hohe Investitionskosten und relativ geringe laufende Kosten auf

- ▶ Investitionen in Wärmepumpen und (dekarbonisierte) Fernwärme stellen Absicherung gegenüber möglichen Energiepreisschwankungen dar

Argumente für grünes Gas für Raumheizung und Warmwasserbereitung

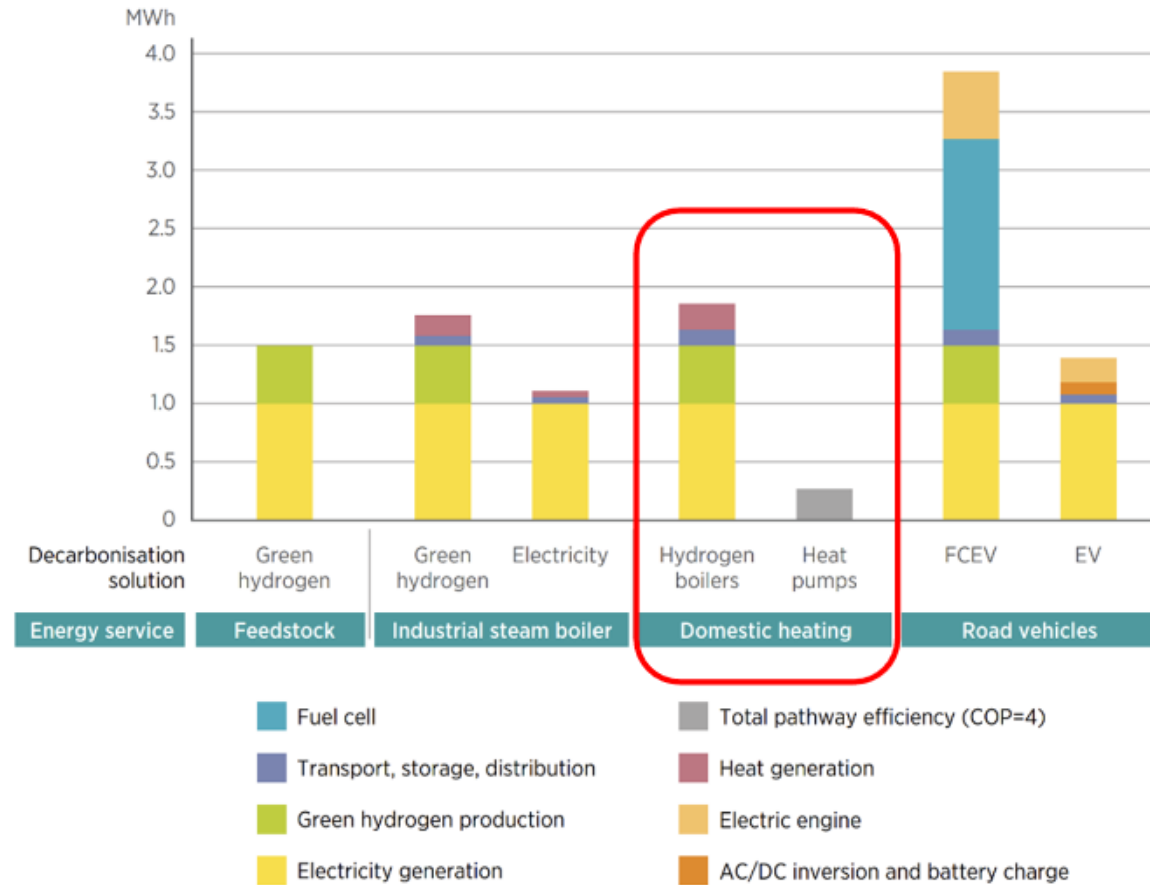
- ▶ Wärmepumpen sind effizient und sinnvoll im Neubau und in umfangreich sanierten Gebäuden (mit niedrigen Vorlauftemperaturen), nicht aber in ineffizienten Gebäuden mit höheren Vorlauftemperaturen.
- ▶ Es wird in absehbarer Zukunft nicht möglich sein, alle Gebäude zu sanieren.
- ▶ Daher wird (erneuerbares) Gas und/oder H₂ in unsanierten Gebäuden benötigt.



Argumentation auf der Grundlage der großen Mehrheit wissenschaftlicher Arbeiten

- ▶ Aufgrund der hohen variablen Kosten von H₂ und grünem Gas müssten sie, wenn überhaupt, in den effizientesten Gebäuden eingesetzt werden.
- ▶ Wenn die Gebäude aber ohnehin saniert werden müssen, gibt es keinen Grund für H₂ und grünes Gas.
- ▶ In jedem Fall sind H₂ und grünes Gas teurer als Alternativen, wenn das System vollständig dekarbonisiert ist.
- ▶ Es konnte gezeigt werden, dass Wärmepumpen auch im Bestand gute Arbeitszahlen erreichen können. (Lerneffekte in den vergangenen Jahren)

Für 1 MWh benötigte Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien nach Energiedienstleistung und Konversionspfad



Quelle: Irena, 2020

Fazit

- ▶ Weitestgehende Einigkeit in der wissenschaftlichen Community, hinsichtlich der Prioritäten zur Dekarbonisierung von Raumwärme und Warmwasser:
 - Effizienzsteigerung an der Gebäudehülle
 - Fernwärme, wo möglich (und innovative Wärme- und Kältenetz-Optionen, Anergienetze etc)
 - Dezentrale Wärmepumpen
 - Solarenergie, Speicher und smarte, aktive Integration von Gebäuden
 - (Biomasse, wo verfügbar, v.a. im ländlichen Raum; Allokationsfrage)
 - Elektrifizierung und H2 in der Industrie
 - Keine direkte Nutzung von H2 bzw. synthetischem Erdgas für Niedertemperatur-Wärme
- ▶ Technologieoffenheit birgt die Gefahr von Lock-in Situationen
- ▶ Technologieoffenheit bedeutet geringeren Schutz von KonsumentInnen vor (potenziell zukünftig) teuren Systemen, v.a. für einkommensschwache Haushalten in Mietwohnungen
- ▶ Höhere Investitionskosten in Sanierung, Wärmepumpen und (erneuerbare) Fernwärme stellen Absicherung gegenüber künftigen Unsicherheiten und Risiken dar.



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN



Lukas Kranzl
TU Wien
Institut für Energiesysteme und elektrische Antriebe
Energy Economics Group
lukas.kranzl@tuwien.ac.at
eeg.tuwien.ac.at