



Wärmezukunft 2050:

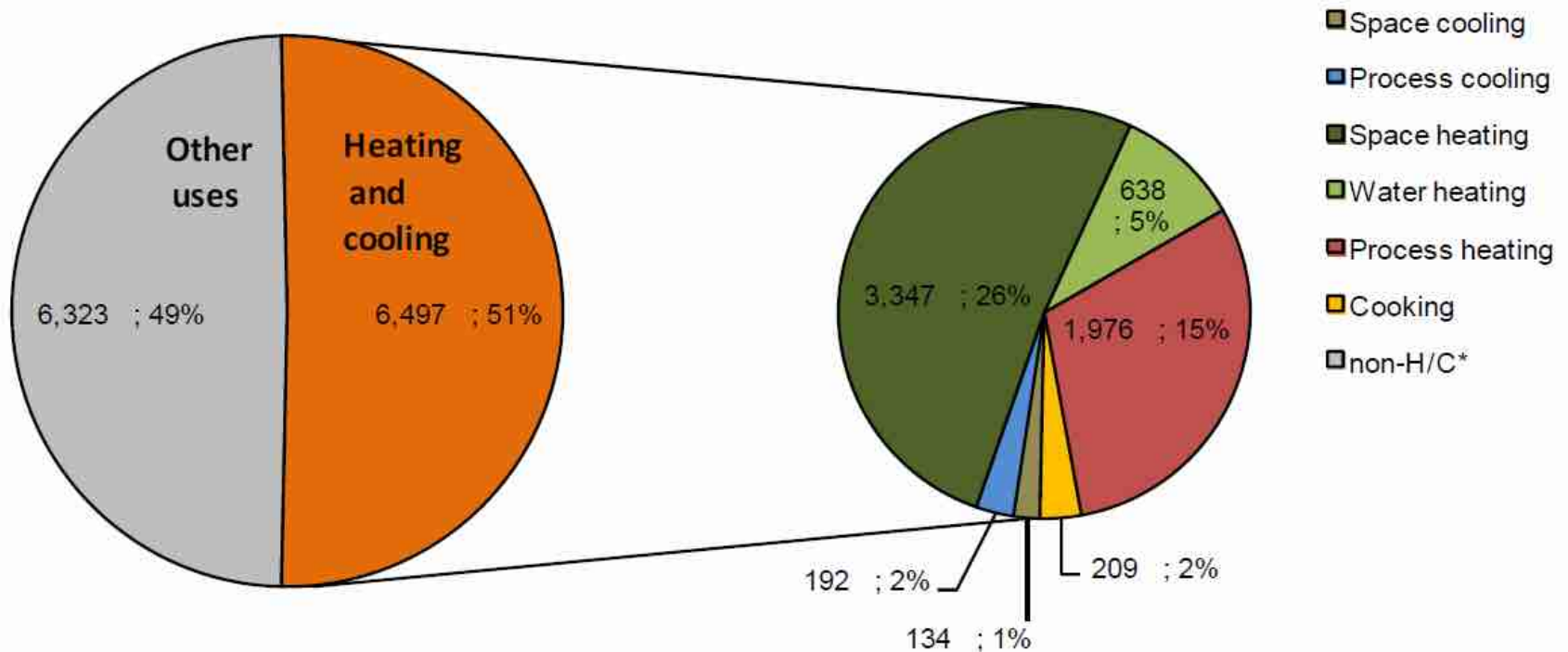
Analyse der Erfordernisse und Konsequenzen für eine Dekarbonisierung der Wärmebereitstellung in Österreich

Lukas Kranzl, Andreas Müller, Richard Büchele, Michael Hartner

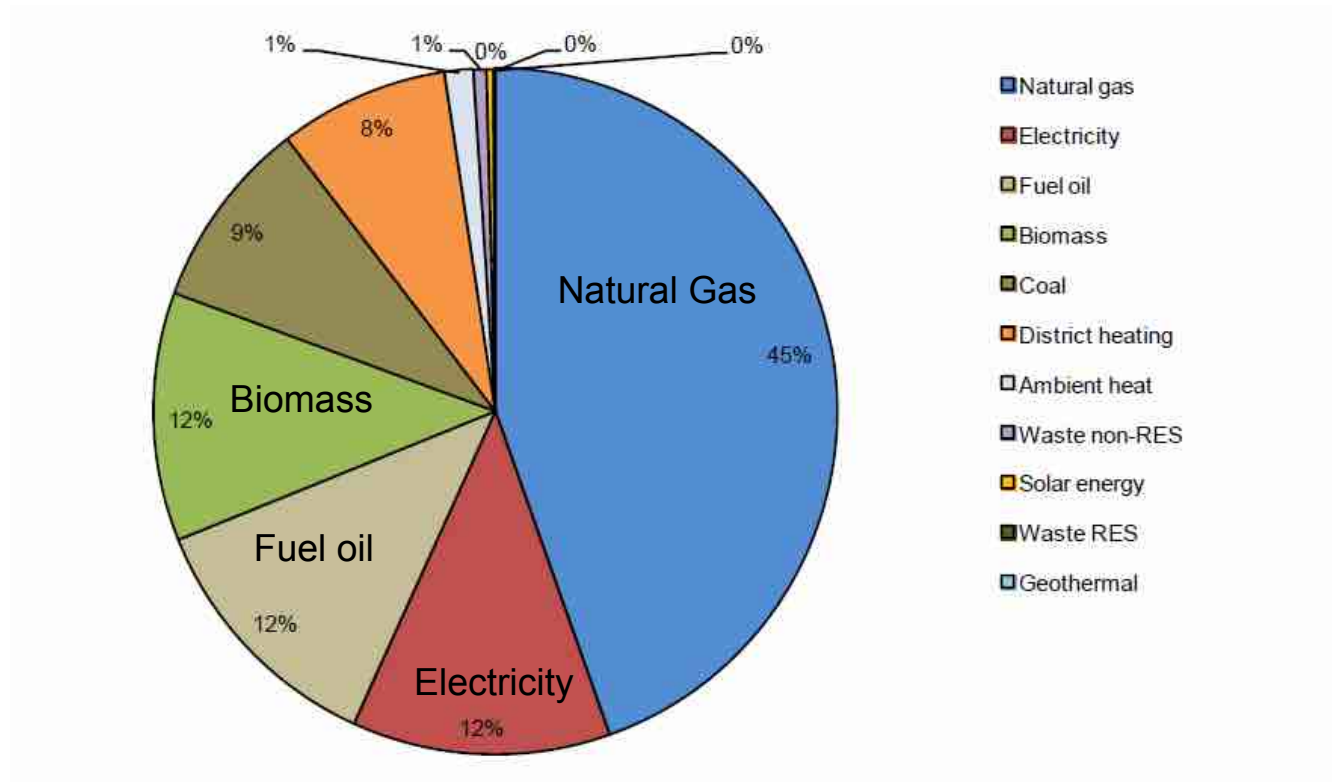
TU Wien

24.1.2018

Mehr als 50% des Energieverbrauchs in Europa wird für Wärme und Kälte eingesetzt.
 Etwa ein Drittel des Energieverbrauchs für Raumwärme und Warmwasser.



Fossile Energieträger dominieren derzeit den Wärme- und Kältesektor in Europa.





COP21 Paris Agreement

Article 2

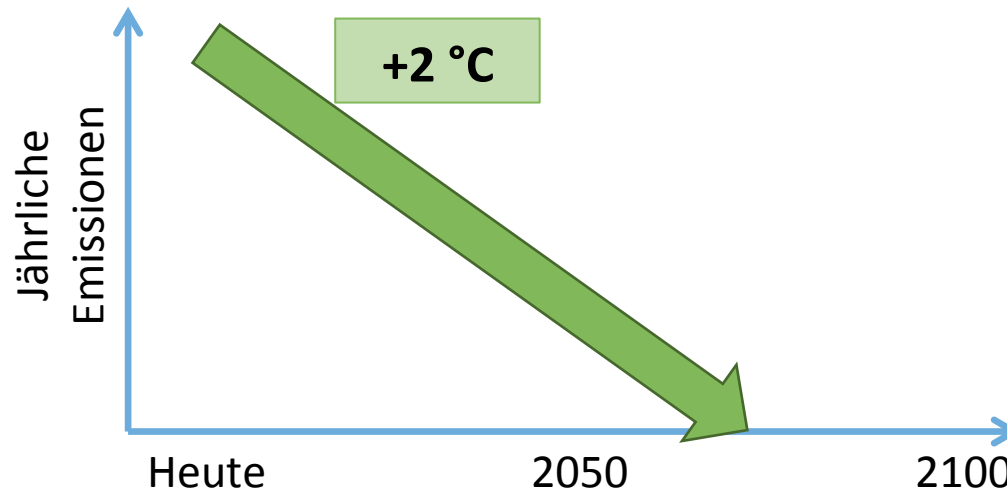
1. This Agreement, in enhancing the implementation of the Convention, including its objective, aims to strengthen the global response to the threat of climate change, in the context of sustainable development and efforts to eradicate poverty, including by:

(a) Holding the increase in the global average temperature to well below 2°C above pre-industrial levels and pursuing efforts to limit the temperature increase to 1.5°C above pre-industrial levels, recognizing that this would significantly reduce the risks and impacts of climate change;

Bestandsaufnahme

Pariser Klimaabkommen

- Globaler Temperaturanstieg auf deutlich unter $+2^{\circ}\text{C}$ begrenzen, derzeit bei $+0,8-0,9^{\circ}\text{C}$



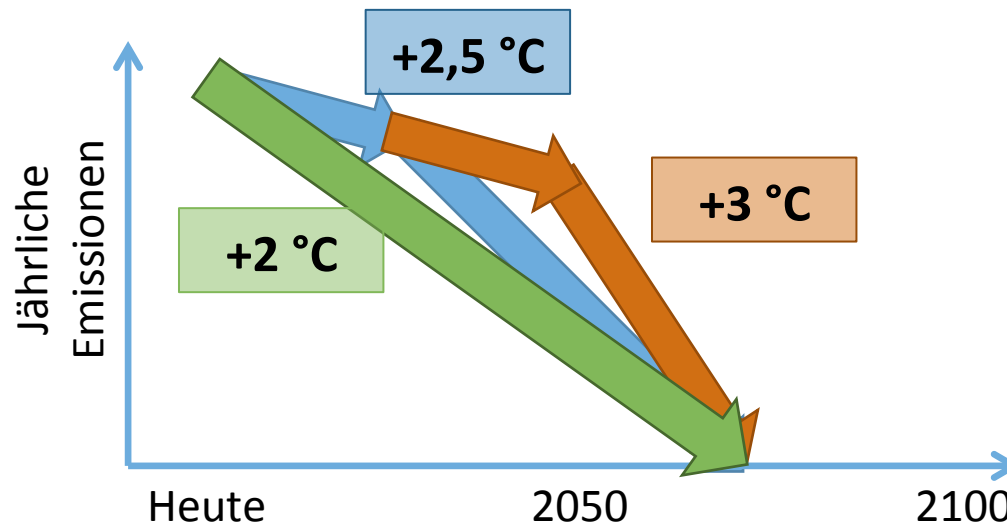
- Globale CO₂-Emission für 2000-2100: $\sim 1200 \text{ GtCO}_2$
 - Davon heute bereits 1/3 verbraucht (in 16 Jahre)
 - Bei gleichem Verbrauch: CO₂-Budget deutlich vor 2050 verbraucht

Quelle: IPCC,
Working Group 1, AR5

Wie realistisch ist es, dass das Ziel von Paris überhaupt erreicht wird?

These:

Wenn das Ziel verfehlt wird, wird es vor allem daran liegen, dass in naher Zukunft zu wenig getan wird, und nicht daran, dass wir den notwendigen Zielzustand (nahezu CO₂-Neutralität) nicht erreichen werden



Fragestellungen

Was sind die Erfordernisse und Konsequenzen einer umfassenden Wärmewende in Richtung einer vollständigen erneuerbaren Deckung des Raumwärme- und Warmwasserbedarfs?

- Was ist ein möglicher Pfad, um die Dekarbonisierung des Wärmesektors zu erreichen?
- Welche Kesseltauschraten und Investitionen in Heizsysteme sind erforderlich?
- Welche Sanierungsraten und Investitionen in Gebäudesanierung sind erforderlich?
- Welche Reduktionen des Heizenergiebedarfs sind möglich und notwendig und welche Reduktionen der Heizkosten resultieren daraus?
- Was ist die Rolle verschiedener erneuerbarer Heizsysteme?
- Welche Rolle kommt der Wärmepumpe und der Kopplung zwischen Strom- und Wärmesektor zu?
- Wie stellt sich die Wirtschaftlichkeit eines solchen Wärmewende-Szenarios dar?
- Welche politischen Instrumente sind empfehlenswert und notwendig, um das angestrebte Szenario zu erreichen?

Key messages

- ▶ Eine **Wärmewende mit weitestgehender Dekarbonisierung bis 2050 ist möglich**, hängt allerdings von mehreren Faktoren ab:
 - Überwindung der hohen Trägheit im Bestand von Heizsystemen und Gebäuden
 - Gelingt die Dekarbonisierung des Strom- und Fernwärmesektors?
 - Kann der verbleibende, geringe Gas-Bedarf erneuerbar gedeckt werden?
- ▶ Die unterschiedlichen **Regionen** in Österreich sind mit unterschiedlichen Herausforderungen der Wärmewende konfrontiert.
- ▶ Erneuerbare Heizsysteme sind im wesentlichen **kostenneutral** oder günstiger als fossile Systeme. Die Unsicherheit bzgl. möglicher zukünftiger Entwicklungen ist bei erneuerbaren geringer als bei fossilen.
- ▶ Die Wärmewende erfordert höhere **Investitionen** in Gebäudesanierung und erneuerbare Heizsysteme und führt zu substanziell **geringeren laufenden Heizenergiekosten**.
- ▶ Die **Kopplung von Strom- und Wärmesektor** ist ein Bestandteil der Wärmewende, der allerdings bestimmte Maßnahmen erfordert.
- ▶ Ein breites Bündel an **politischen Instrumenten** ist für die Umsetzung der Wärmewende erforderlich.

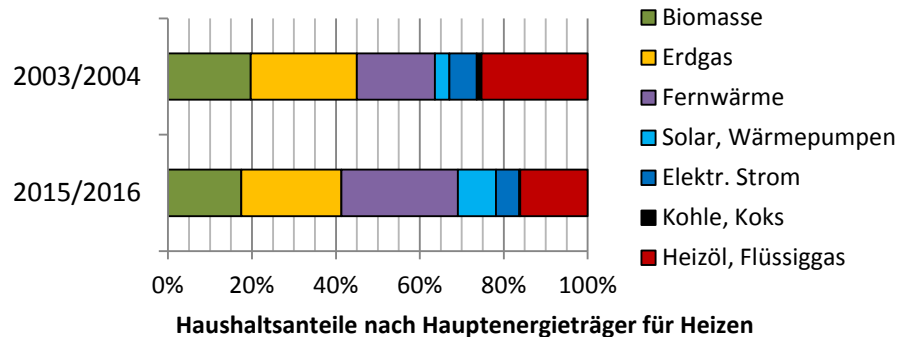
Key messages

- ▶ Eine **Wärmewende mit weitestgehender Dekarbonisierung bis 2050 ist möglich**, hängt allerdings von mehreren Faktoren ab:
 - Überwindung der hohen Trägheit im Bestand von Heizsystemen und Gebäuden
 - Gelingt die Dekarbonisierung des Strom- und Fernwärmesektors?
 - Kann der verbleibende, geringe Gas-Bedarf erneuerbar gedeckt werden?
- ▶ Die unterschiedlichen **Regionen** in Österreich sind mit unterschiedlichen Herausforderungen der Wärmewende konfrontiert.
- ▶ Erneuerbare Heizsysteme sind im wesentlichen **kostenneutral** oder günstiger als fossile Systeme. Die Unsicherheit bzgl. möglicher zukünftiger Entwicklungen ist bei erneuerbaren geringer als bei fossilen.
- ▶ Die Wärmewende erfordert höhere **Investitionen** in Gebäudesanierung und erneuerbare Heizsysteme und führt zu substanziell **geringeren laufenden Heizenergiekosten**.
- ▶ Die **Kopplung von Strom- und Wärmesektor** ist ein Bestandteil der Wärmewende, der allerdings bestimmte Maßnahmen erfordert.
- ▶ Ein breites Bündel an **politischen Instrumenten** ist für die Umsetzung der Wärmewende erforderlich.

Wo stehen wir heute?

Entwicklungen im Wärmemarkt in den vergangenen 15 Jahren

Anteil von Haushalten nach Energieträgern



Quelle: Statistik Austria, Energieeinsatz der Haushalte, Mikrosensuserhebung.

- ▶ Annähernd konstante Anteile an mit Biomasse und Erdgas beheizten Haushalten
=> Absolute Anzahl an Wohnungen blieb in etwa konstant
- ▶ Geringer Rückgang von Direktstromheizungen
- ▶ Starker Anstieg von Fernwärme und Haushalten die mit Wärmepumpen
- ▶ Seit 2003 40 % - Rückgang von Haushalten mit Öl (und Kohle)

Endenergieeinsatz zur Raumwärme und Warmwasserbereitstellung

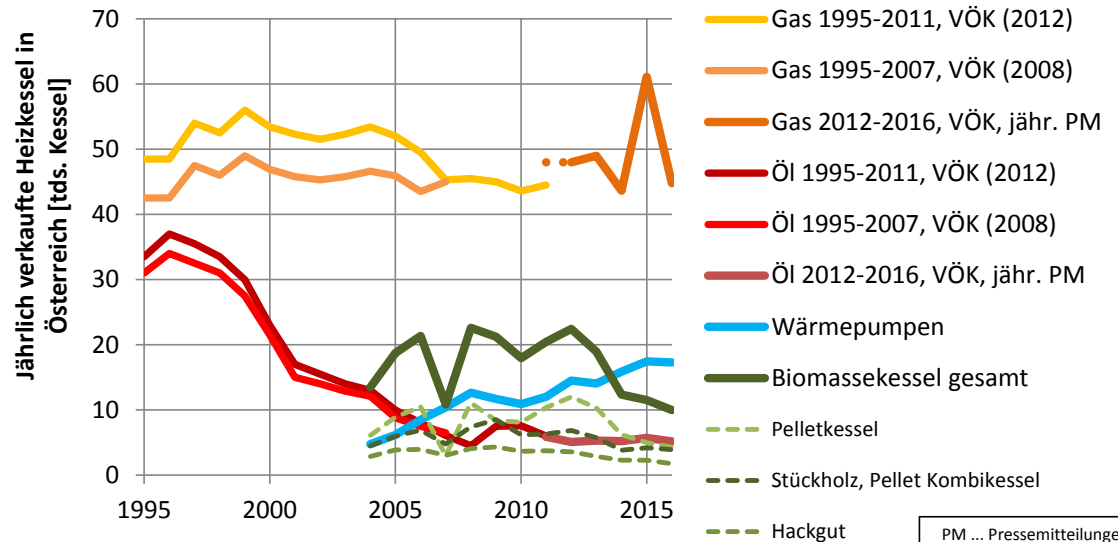
- ▶ Heizgradtag-bereinigter Endenergieeinsatz seit 15 Jahren bei etwa 100 TWh
- ▶ Durch den Rückgang der Heizgradtage ist realer Endenergieeinsatz leicht rückläufig:
-300 Heizgradtage in 20 Jahren (Unterschied zwischen Innsbruck und Wien)

Wo stehen wir heute?

Entwicklungen im Wärmemarkt in den vergangenen 15 Jahren

Kesselmarkt

- ▶ Erdgaskessel auf konstant hohem Niveau
- ▶ Einbruch bei Ölkessel seit Mitte der 1990er Jahre
Stagnation auf niedrigem Niveau
- ▶ Biomassekessel 10 Jahre auf hohem Niveau,
Einbruch seit fünf Jahren
- ▶ Konstantes Wachstum bei Wärmepumpen



Zukunftsprojektionen

Methodischer Ansatz

Modellbasierte Analysen mit einem detaillierten Gebäudebestands- und Energiebedarfsmodell

- ▶ Umfassende Technologie- und Gebäudebestandsdatenbank
- ▶ Fundierte energetische Gebäudebilanzierung
- ▶ Berücksichtigung von Bauteillebensdauern
- ▶ Auf Basis der Wirtschaftlichkeit von unterschiedlichen Maßnahmen und historisch beobachteten Präferenzen werden zukünftige Entscheidungen antizipiert

Zukunftsprojektionen

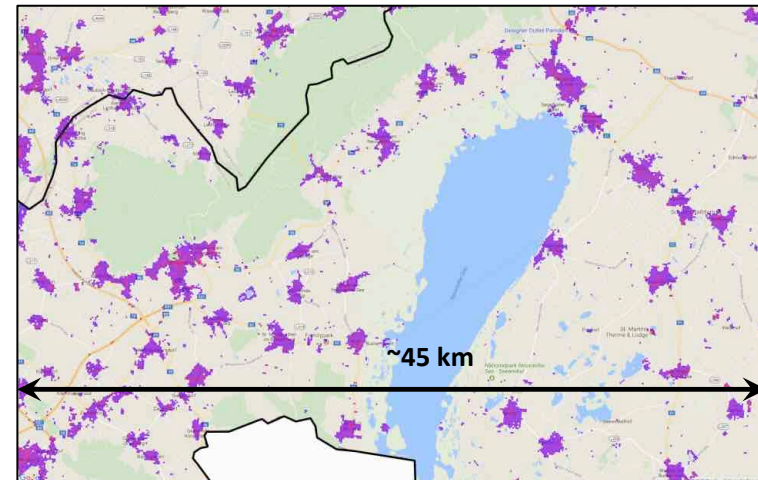
Methodischer Ansatz

Regional disaggregierte Modellierung

Die Auswertungen je Gemeinde nach Wärmebedarfsdichte, (maximal) möglicher Erdgasverfügbarkeit bzw. Anteil der Fernwärmeeignung und Personen in IG-L Regionen sind unter <https://maps.invert.at/> abrufbar.

Auf den lokalen und regionalen Wärmebedarfsstrukturen aufbauend werden

- ▶ 73 Region in Österreich unterschieden
- ▶ Für jede Region wird der Anteil
 - der Bevölkerung in IG-L Zonen
 - der durch Erdgas versorgt werden kann
 - der durch Fernwärme versorgt werden kann ermittelt.



Wärmewende-Szenario

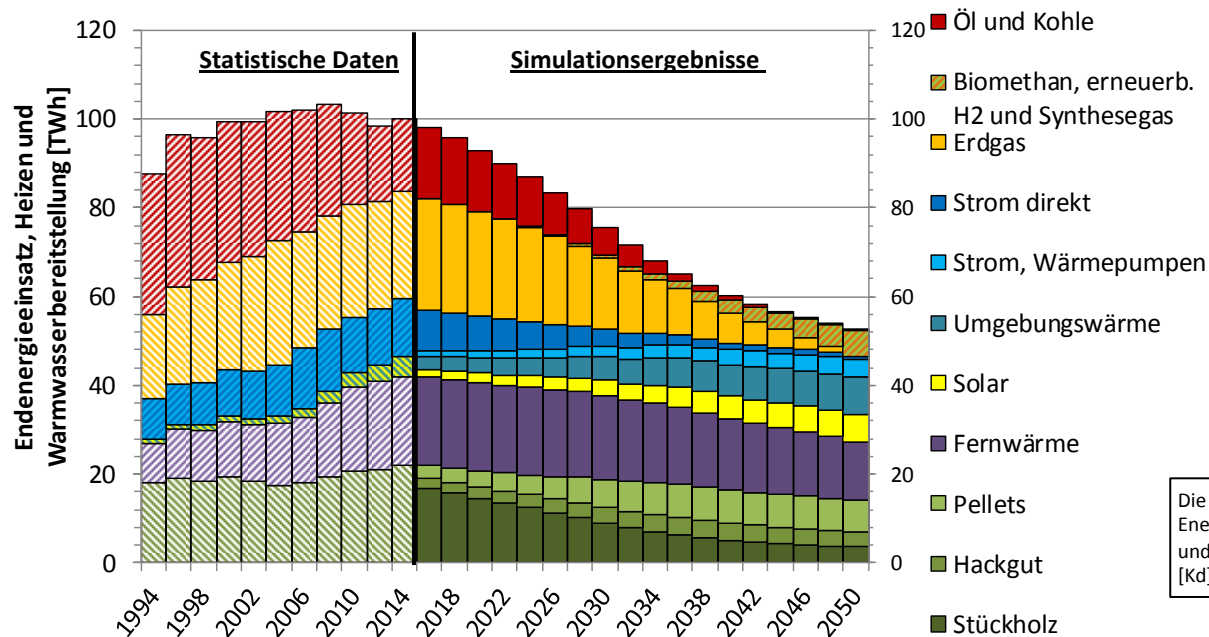
Annahmen

- ▶ Szenario ist in eine europäische Entwicklung hin zu einer massiven Dekarbonisierung des Wirtschaftssystems eingebettet
 - CO₂-Abgabe auf fossile Emissionen
 - Investoren wird durch das Bekenntnis zur Emissionsreduktion eine klares langfristiges Ziel kommuniziert
- ▶ Steigende Anforderung an den Anteil erneuerbarer Energieträger bei Neubauten, Renovierungen und ab 2030 auch im Falle eines Kesseltausches
- ▶ Thermische Sanierungspflicht innerhalb eines angemessenen Zeitraumes (12 Jahre) bei Gebäuden mit sehr schlechtem Wärmeschutzstandard
- ▶ Ab Mitte 2025 keine Neuinstallation von Erdgas wenn:
 - Nicht bereits im Gebäude verwendet
 - Kein IG-L Gebiet
 - Fernwärme potentiell möglich
- ▶ Phase-out von Heizöl und Kohleheizungen:
 - Ab 2021 im Neubau nicht mehr erlaubt
 - Ab 2026 müssen Altanlagen innerhalb eines angemessenen Zeitraumes durch andere Systeme ersetzt werden

Wärmewende-Szenario

Ergebnisse

Entwicklung des Endenergieeinsatzes

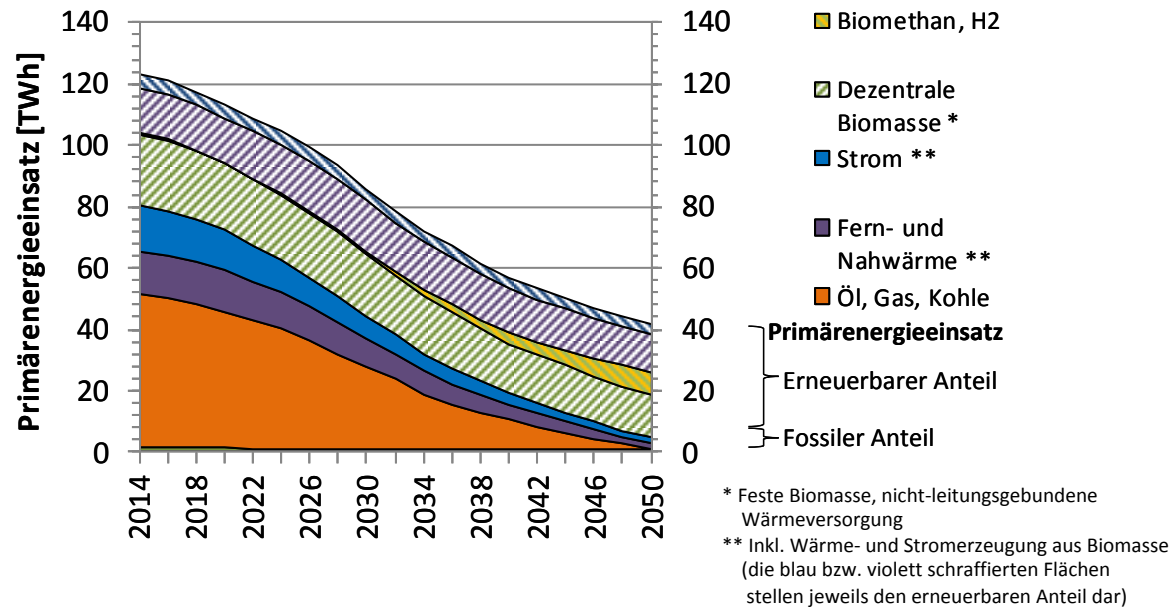


- ▶ Halbierung des Endenergieverbrauches
- ▶ Biomasse (dezentral) gefolgt von Fernwärme und Wärmepumpen stellen insgesamt 75 % der Wärme bereit, Fernwärme zu 75 % aus Biomasse
- ▶ Der Rest durch Solartechnologien und gasförmige Energieträger

Wärmewende-Szenario

Ergebnisse

Primärenergieeinsatz und CO₂-Emissionen

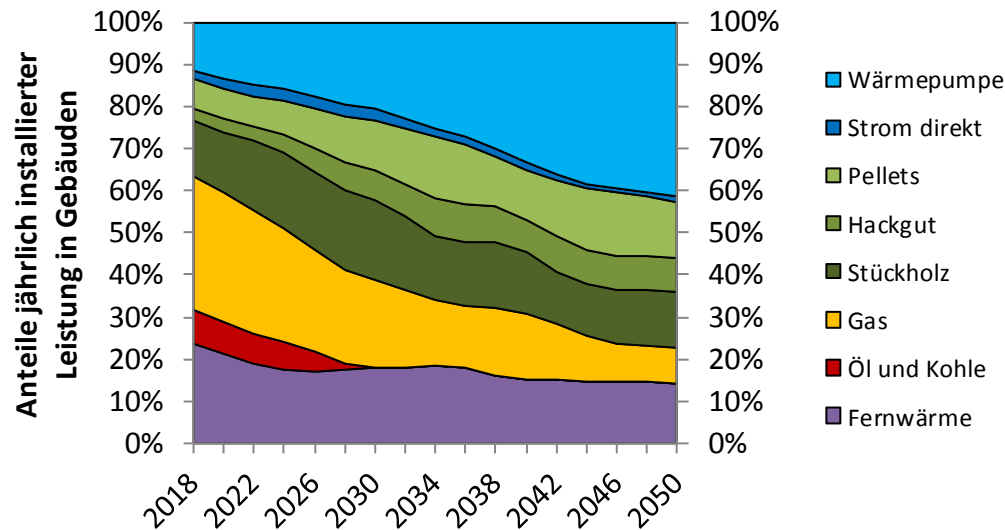


- ▶ Der Primärenergieeinsatz reduziert sich um etwa 2/3 auf 45 TWh
- ▶ Der primärenergetisch erneuerbare Anteil steigt von derzeit (2016) 35 % auf 50 % in 2030 und 90 % in 2050
- ▶ Die CO₂-Emissionen reduzieren sich um etwa 95 % gegenüber 2016

Wärmewende-Szenario

Ergebnisse

Installierte Leistung



- ▶ Kessel für Heizöl, Kohle werden beinahe vollständig aus dem Markt genommen, geringe Neuinstallationen von Gaskessel in urbanen Regionen verbleibt
- ▶ Wärmepumpen bauen Marktanteil von derzeit 10 % auf 40 % aus.
- ▶ Anteile von dezentralen Biomassekessel steigen auf etwa 35 %.

Wärmewende-Szenario

Ergebnisse

Sanierungsraten

- ▶ Für das Szenario sind durchschnittliche Sanierungsraten von etwa 1,5 %p.a. erforderlich
- ▶ Im Zeitraum zwischen 2025 bis 2040 sollten diese bei knapp 2 %p.a. liegen

Kesseltauschrate

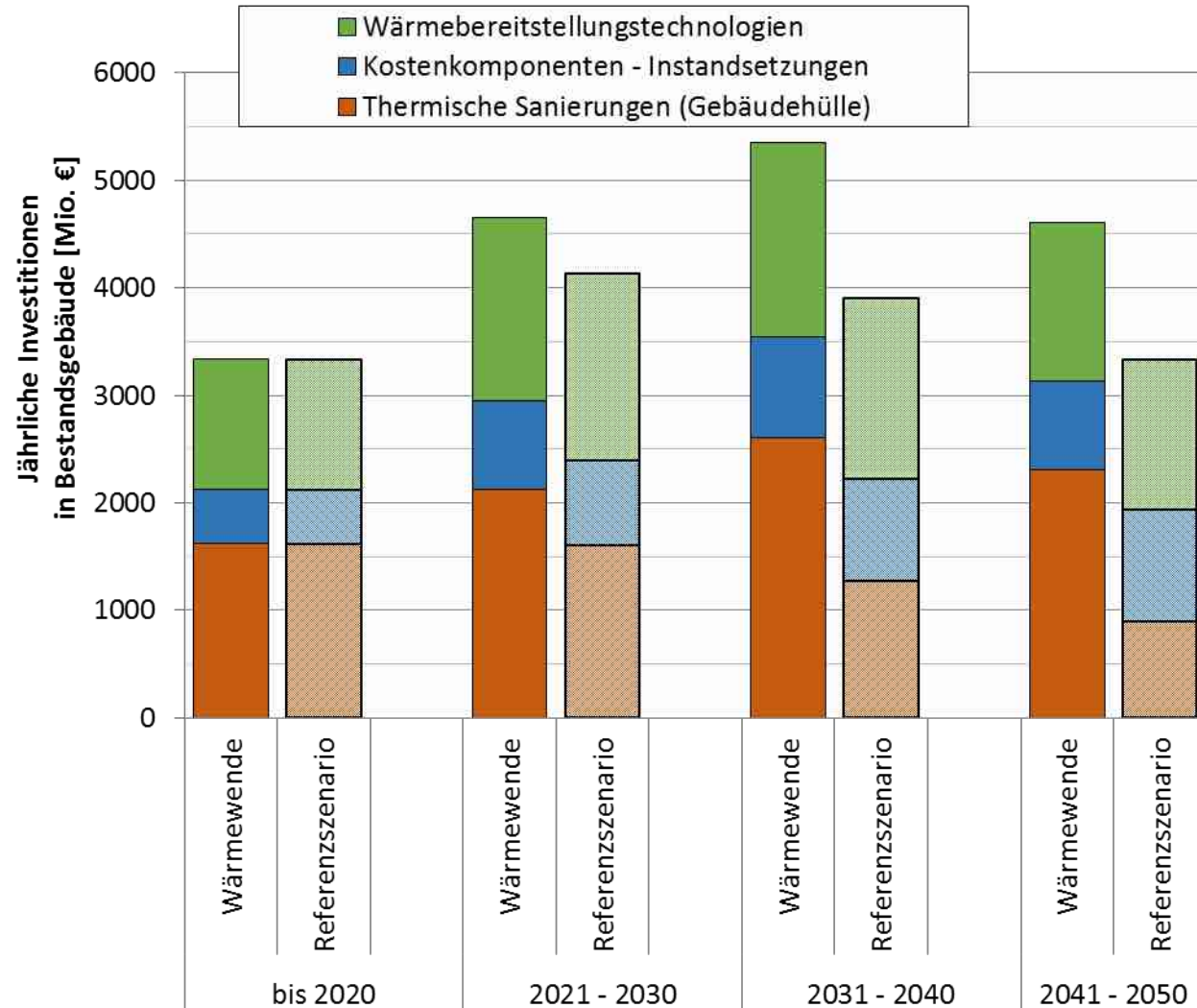
- ▶ Zur Umsetzung des Szenarios sind Kesseltauschraten von etwa 3 %p.a. erforderlich.
- ▶ Das entspricht einer durchschnittlichen Kessellebensdauer von etwa 30 Jahren

Key messages

- ▶ Eine **Wärmewende mit weitestgehender Dekarbonisierung bis 2050 ist möglich**, hängt allerdings von mehreren Faktoren ab:
 - Überwindung der hohen Trägheit im Bestand von Heizsystemen und Gebäuden
 - Gelingt die Dekarbonisierung des Strom- und Fernwärmesektors?
 - Kann der verbleibende, geringe Gas-Bedarf erneuerbar gedeckt werden?
- ▶ Die unterschiedlichen **Regionen** in Österreich sind mit unterschiedlichen Herausforderungen der Wärmewende konfrontiert.
- ▶ Erneuerbare Heizsysteme sind im wesentlichen **kostenneutral** oder günstiger als fossile Systeme. Die Unsicherheit bzgl. möglicher zukünftiger Entwicklungen ist bei erneuerbaren geringer als bei fossilen.
- ▶ Die Wärmewende erfordert höhere **Investitionen** in Gebäudesanierung und erneuerbare Heizsysteme und führt zu substanziell **geringeren laufenden Heizenergiekosten**.
- ▶ Die **Kopplung von Strom- und Wärmesektor** ist ein Bestandteil der Wärmewende, der allerdings bestimmte Maßnahmen erfordert.
- ▶ Ein breites Bündel an **politischen Instrumenten** ist für die Umsetzung der Wärmewende erforderlich.

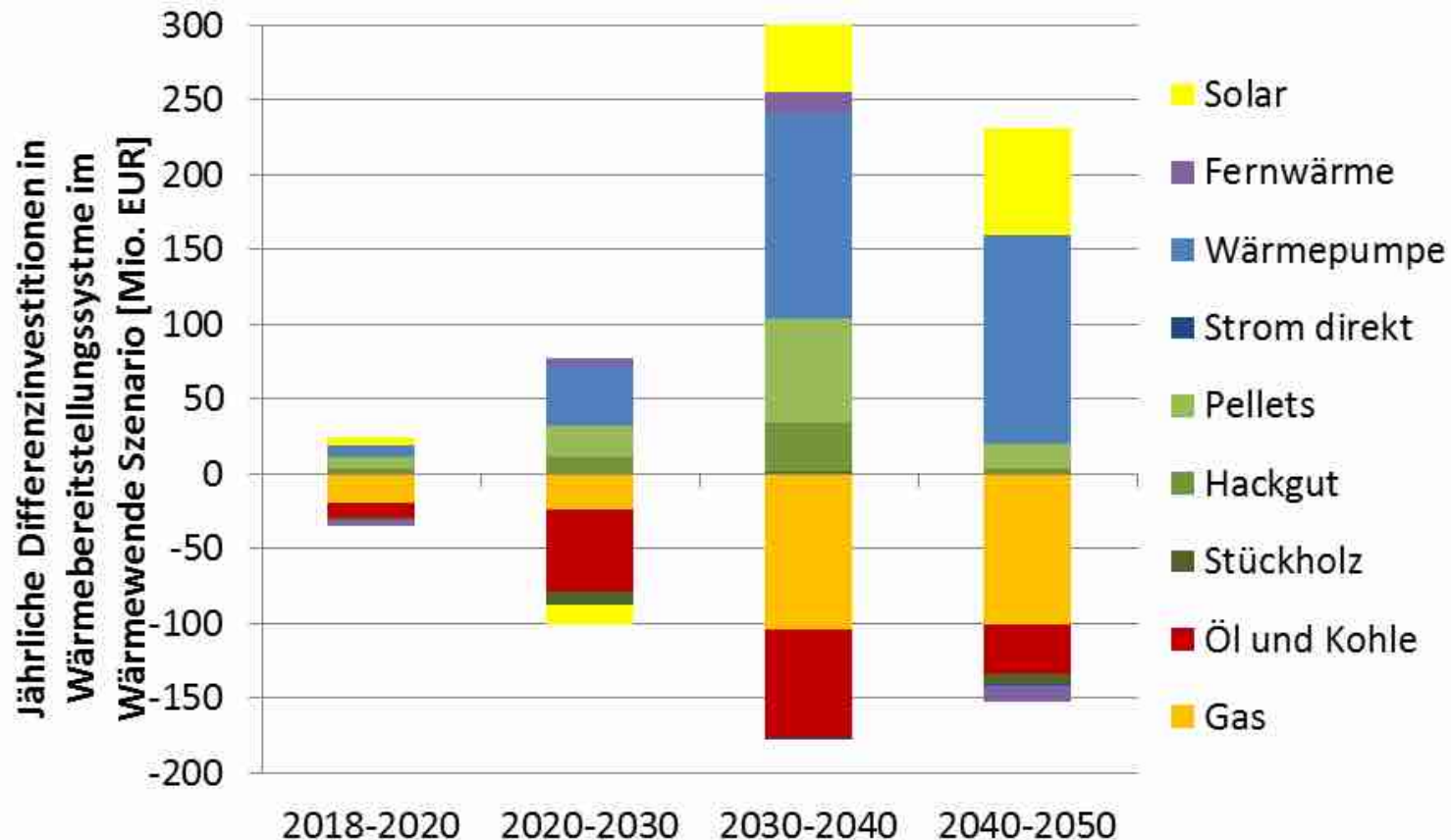
Jährliche Investitionen in Bestandsgebäude

- ▶ Investitionen in thermische Sanierung steigen im Wärmewende-Szenario auf 2-2,5 Mrd Euro jährlich
- ▶ Anstieg der Investitionen in Wärmebereitstellungstechnologien ist etwas geringer

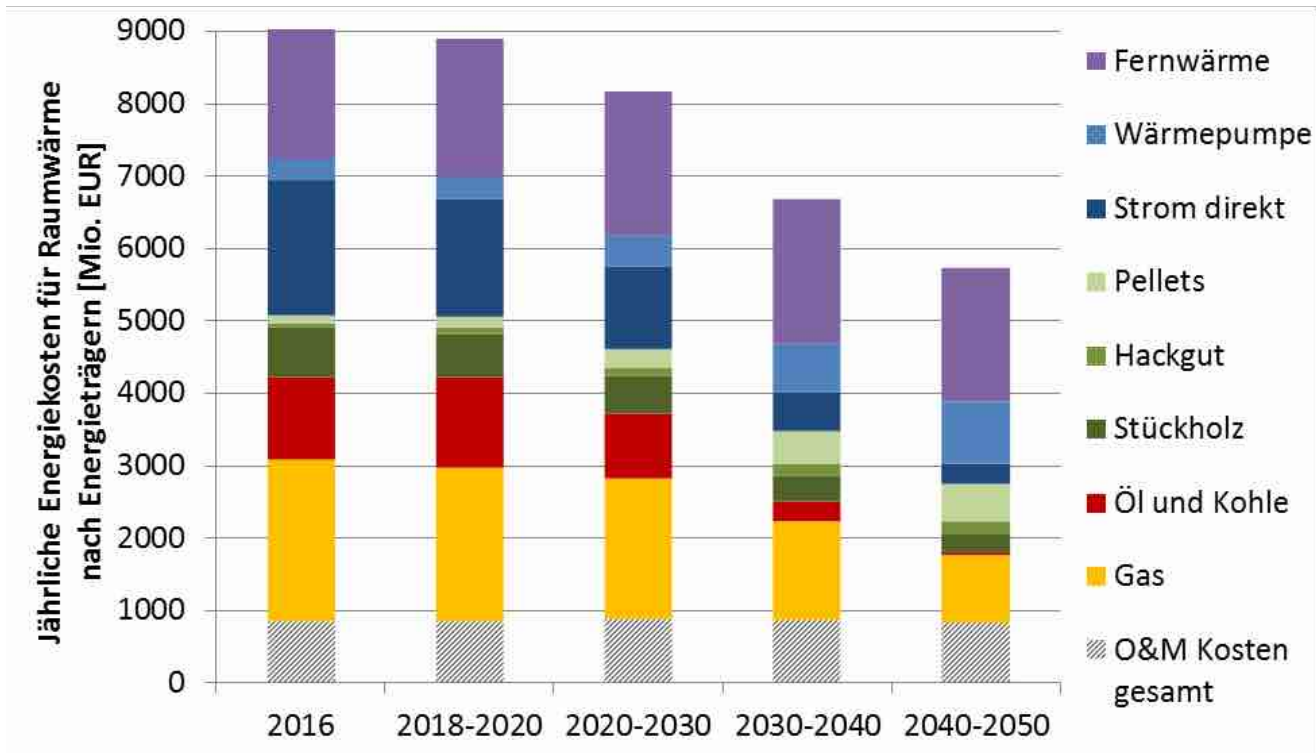


Jährliche Differenz- Investitionen in Heizsysteme gegenüber Referenzszenario

- ▶ Weniger Investitionen in Öl und Gas
- ▶ Zusätzliche Investitionen Biomasse, Wärmepumpen und Solar



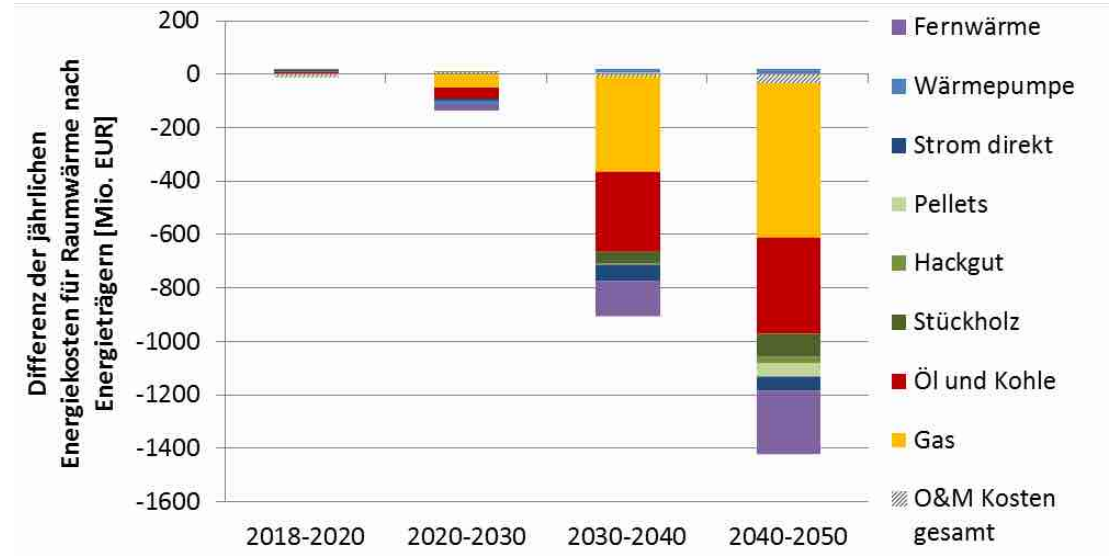
Jährliche Heiz-Energiekosten



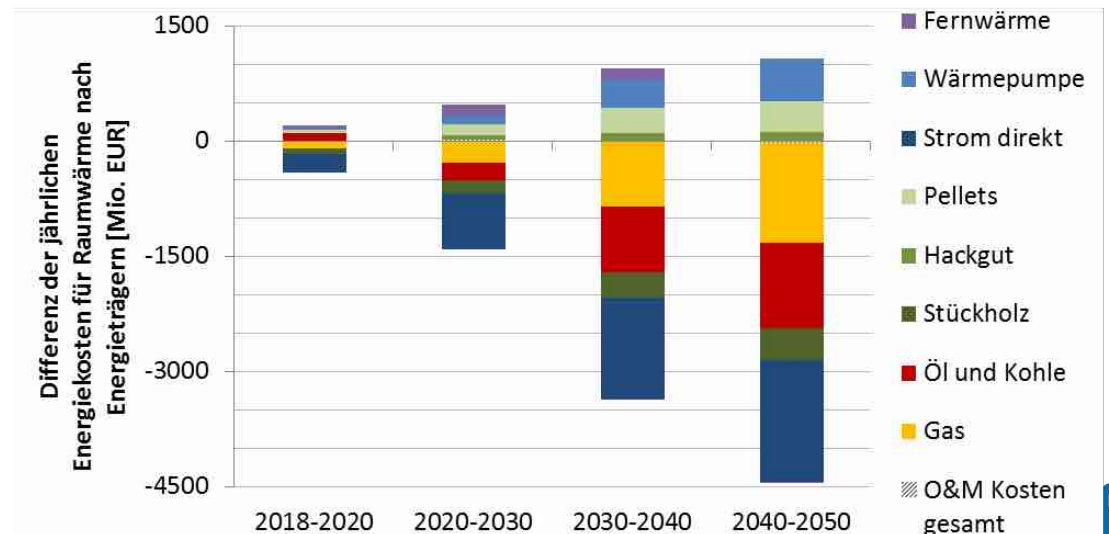
Zum Vergleich: Investitionen in Bestandsgebäude inklusive Heizsysteme liegen im Bereich von 3,5 bis 5 Mrd. EUR

Jährliche Energiekosten – Ersparnis

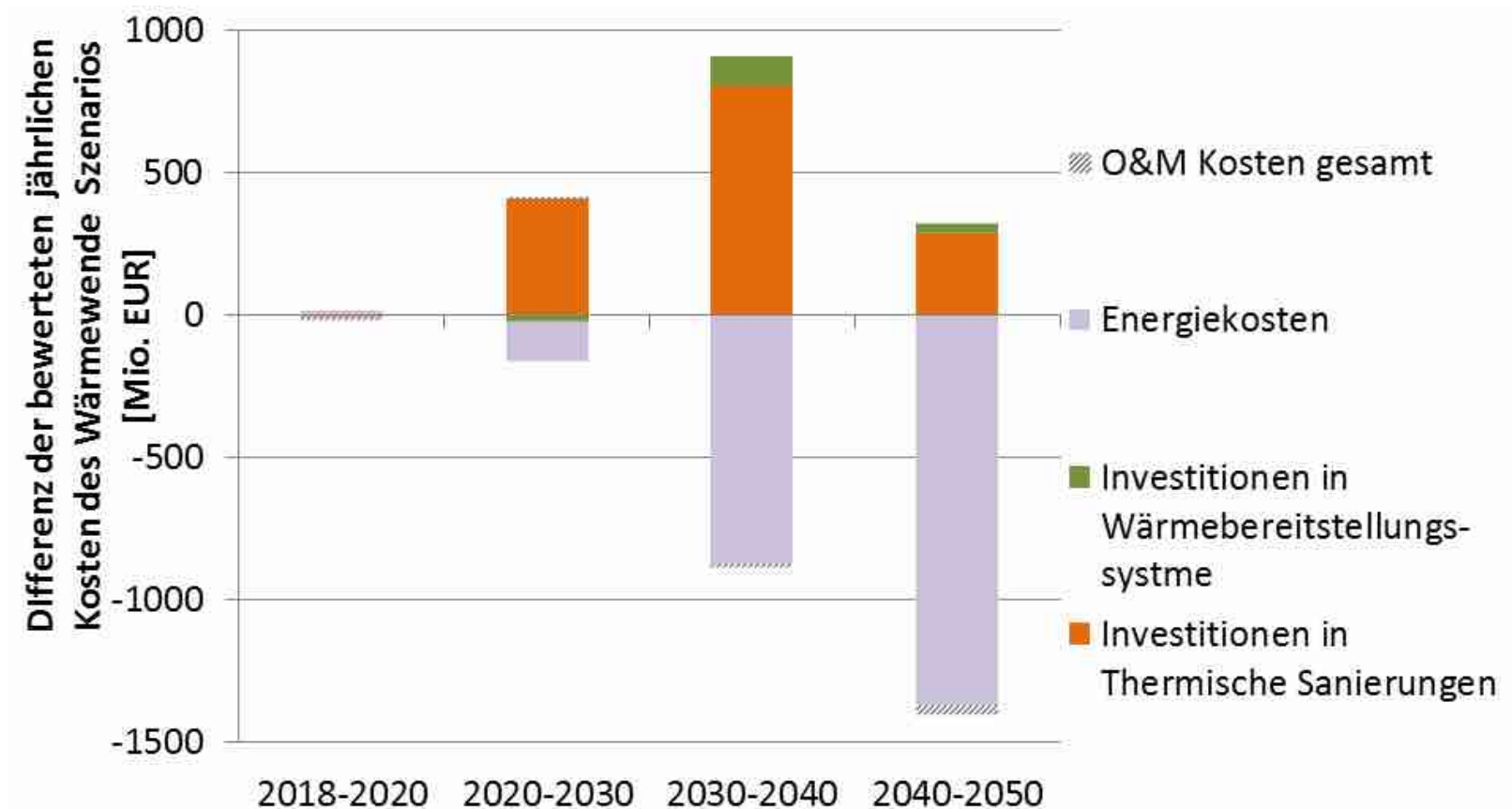
▶ Gegenüber Referenz



▶ Gegenüber 2016



Differenz der bis 2050 wirksamen Gesamtkosten der Wärmewende- gegenüber Referenz-Szenario



- ▶ Mit 3% Abdiskontierung und Abschreibung, die sich an der technischen Lebensdauer orientiert, resultieren geringfügig geringere Gesamtkosten des Wärmewende-Szenarios im Vergleich zum Referenzszenario.

Key messages

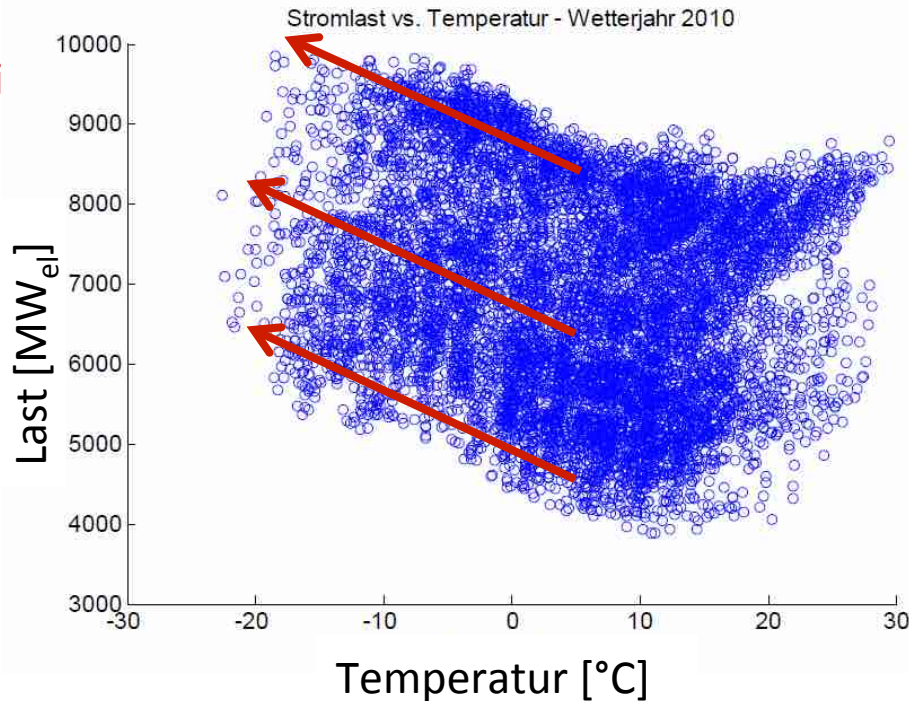
- ▶ Eine **Wärmewende mit weitestgehender Dekarbonisierung bis 2050 ist möglich**, hängt allerdings von mehreren Faktoren ab:
 - Überwindung der hohen Trägheit im Bestand von Heizsystemen und Gebäuden
 - Gelingt die Dekarbonisierung des Strom- und Fernwärmesektors?
 - Kann der verbleibende, geringe Gas-Bedarf erneuerbar gedeckt werden?
- ▶ Die unterschiedlichen **Regionen** in Österreich sind mit unterschiedlichen Herausforderungen der Wärmewende konfrontiert.
- ▶ Erneuerbare Heizsysteme sind im wesentlichen **kostenneutral** oder günstiger als fossile Systeme. Die Unsicherheit bzgl. möglicher zukünftiger Entwicklungen ist bei erneuerbaren geringer als bei fossilen.
- ▶ Die Wärmewende erfordert höhere **Investitionen** in Gebäudesanierung und erneuerbare Heizsysteme und führt zu substanziiell **geringeren laufenden Heizenergiekosten**.
- ▶ Die **Kopplung von Strom- und Wärmesektor** ist ein Bestandteil der Wärmewende, der allerdings bestimmte Maßnahmen erfordert.
- ▶ Ein breites Bündel an **politischen Instrumenten** ist für die Umsetzung der Wärmewende erforderlich.

Die Rolle von Wärmepumpen in der Wärmewende

- ▶ Aktuell hohe Anteile von Wärmepumpen bei Neuinstallationen
- ▶ Im berechneten Wärmewende Szenario steigen die jährlichen Installationen von derzeit ca. 23.000 Stück auf über 50.000 Stück im Jahr 2030
- ▶ Was bedeutet das für das Stromsystem und Emissionen?

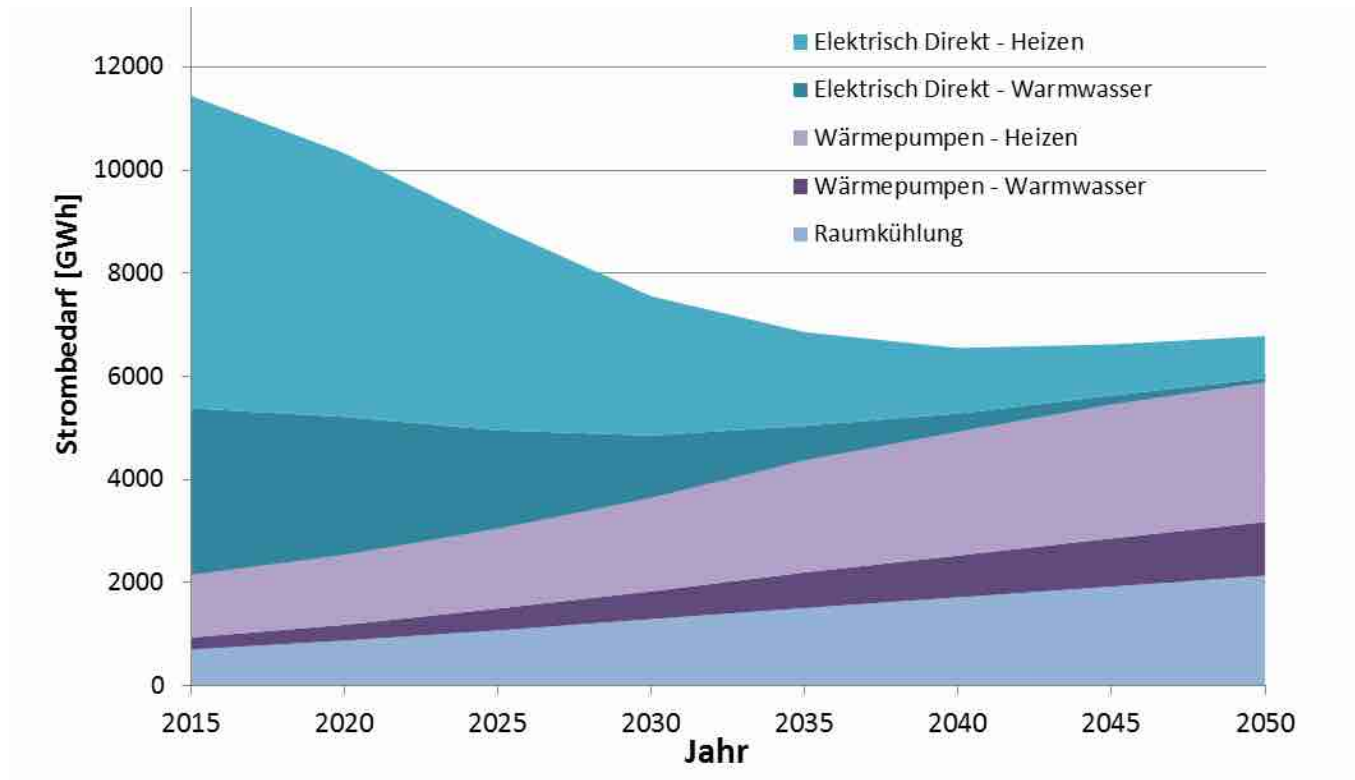
Stromlasten in Abhängigkeit der Außentemperatur

Hohe
Stromlasten bei
niedrigen
Temperaturen



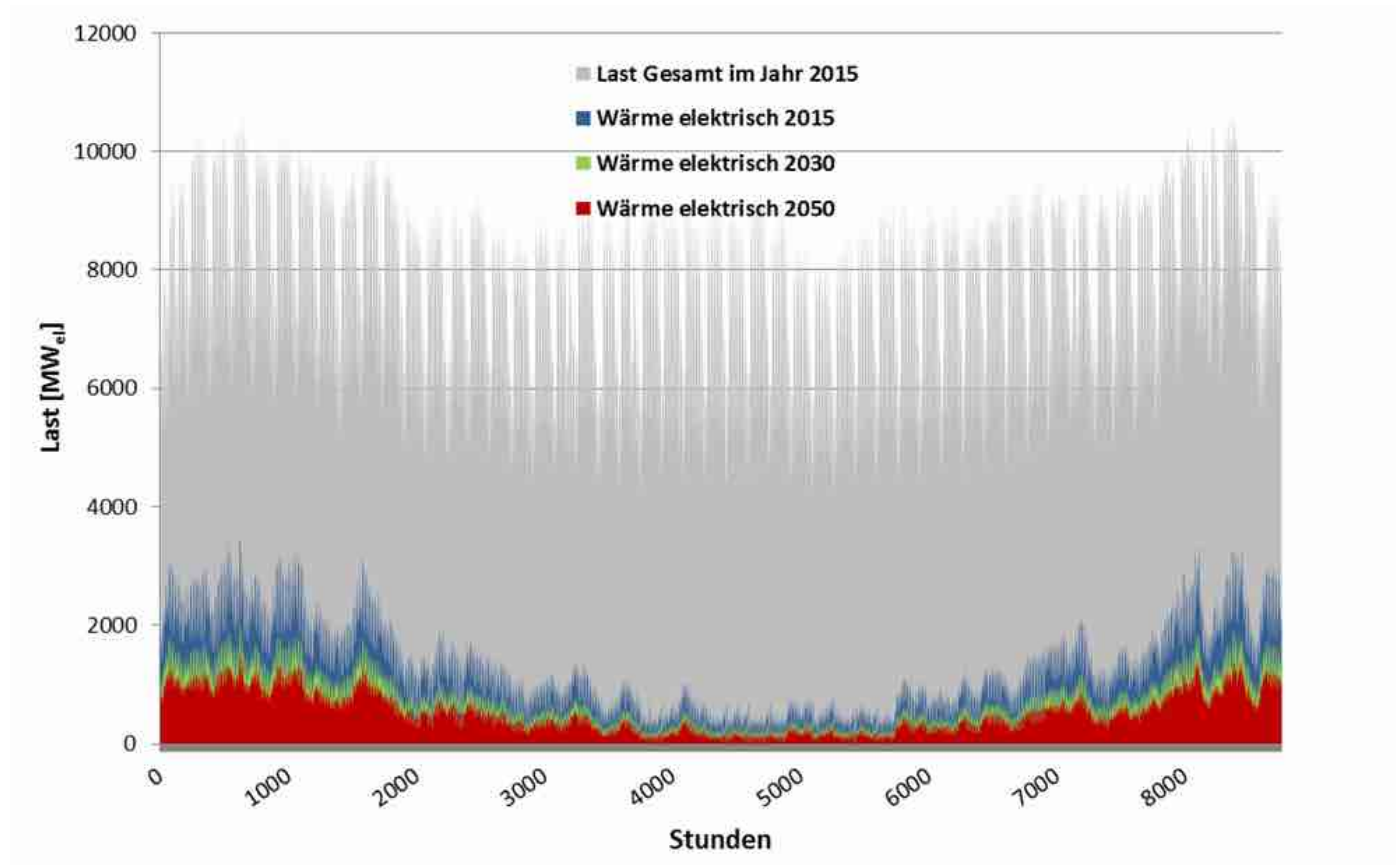
- ▶ Stromlastspitzen entstehen aktuell durch Heizlasten
- ▶ Strom hat derzeit bereits einen relativ hohen Anteil an der Wärmeversorgung – Gesamtstromverbrauch ca. 10-11 TWh
- ▶ Welche Auswirkungen sind bei zukünftig höheren Anteilen von Wärmepumpen zu erwarten?

Szenarioergebnisse Strombedarf für Wärmebereitstellung



- ▶ Trotz starkem Anstieg der Wärmepumpen sinkt der Strombedarf für die Wärmebereitstellung im Wärmewende Szenario
 - Starke Substitution von Stromdirektheizungen
 - Gebäudesanierung führt generell zu geringerem Wärmebedarf
 - Wärmepumpen im Modell vorwiegend im Neubau

Szenarioergebnisse - stündliche Lasten durch elektrische Wärme

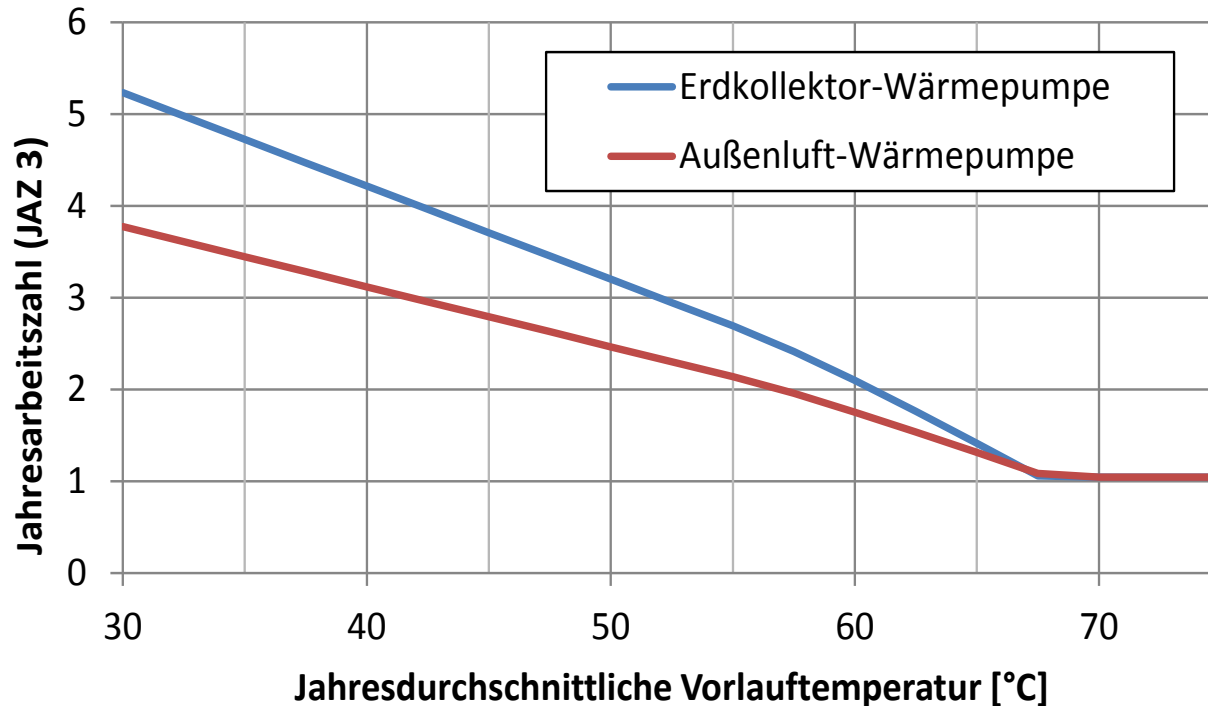


- ▶ Spitzenlasten durch strombasierte Heizungen gehen im Wärmewende-Szenario zurück
- ▶ Szenario erscheint damit aus Sicht des Stromsystems durchführbar
- ▶ Lastverschiebung von Wärmepumpen ist dennoch sinnvoll, besonders relevant bei Luftwärmepumpen (geringe Leistungszahlen bei Wärmelastspitzen)

Sinnvolle Anteile von Wärmepumpen im Gesamtsystem?

- ▶ Vollständige Umstellung auf Wärmepumpen nicht sinnvoll – Stromspitzen wären enorm!
- ▶ Anteile fossiler Energieträger im Stromsystem der Nachbarländer sind immer noch hoch
- ▶ Nur bei gleichzeitiger Dekarbonisierung des Stromsystems (v.a. Kohlekraftwerke) ergeben sich signifikante Emissionseinsparungen
- ▶ Bei geringen Jahresarbeitszahlen (<3) der Wärmepumpen sind die CO₂-Emissionen derzeit vergleichbar mit Erdgasheizungen

Mögliche Jahresarbeitszahlen der Wärmepumpen in Österreich



- ▶ Nur bei entsprechend niedrigen Vorlauftemperaturen des Wärmeverteilsystems sinnvoll
- ▶ Beschränkung auf Neubau und thermisch stark sanierte Bestandsgebäude
- ▶ Nutzung von vorhandenen Wärmequellen wie Erdwärme, Grundwasser, Abwärme für Wärmepumpen zu bevorzugen

Schlussfolgerung Wärmepumpen in der Wärmewende

- ▶ Wärmepumpen können einen signifikanten Beitrag zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung leisten. Voraussetzungen:
 - Gleichzeitige Dekarbonisierung der Stromversorgung
 - Beschränkung der Nutzung von Wärmepumpen auf niedrige Vorlauftemperaturen
- ▶ Im berechneten Wärmewende-Szenario kommt es trotz steigenden Anteils von Wärmepumpen zu einem Rückgang des Strombedarfs für Wärme – aus Sicht des Stromsystems also machbar: Voraussetzung:
 - Substitution von bestehenden Stromdirektheizungen
 - Beschränkung auf effizienten Einsatz der Wärmepumpen
 - Speziell bei Luftwärmepumpen sind Wärmespeicher bzw. Maßnahmen zur Reduktion der Gleichzeitigkeit mit Stromnachfragespitzen wichtig
- ▶ Es gibt große Flexibilitätspotentiale die zur Reduktion der Spitzenlasten bzw. zur Integration von variablen erneuerbaren Energien genutzt werden können.
 - Infrastruktur dafür ist teilweise schon vorhanden (Rundsteuerung von Nachtspeicherheizungen)
 - Finanzielle Anreize für Endkunden nicht immer gegeben

Key messages

- ▶ Eine **Wärmewende mit weitestgehender Dekarbonisierung bis 2050 ist möglich**, hängt allerdings von mehreren Faktoren ab:
 - Überwindung der hohen Trägheit im Bestand von Heizsystemen und Gebäuden
 - Gelingt die Dekarbonisierung des Strom- und Fernwärmesektors?
 - Kann der verbleibende, geringe Gas-Bedarf erneuerbar gedeckt werden?
- ▶ Die unterschiedlichen **Regionen** in Österreich sind mit unterschiedlichen Herausforderungen der Wärmewende konfrontiert.
- ▶ Erneuerbare Heizsysteme sind im wesentlichen **kostenneutral** oder günstiger als fossile Systeme. Die Unsicherheit bzgl. möglicher zukünftiger Entwicklungen ist bei erneuerbaren geringer als bei fossilen.
- ▶ Die Wärmewende erfordert höhere **Investitionen** in Gebäudesanierung und erneuerbare Heizsysteme und führt zu substanziiell **geringeren laufenden Heizenergiekosten**.
- ▶ Die **Kopplung von Strom- und Wärmesektor** ist ein Bestandteil der Wärmewende, der allerdings bestimmte Maßnahmen erfordert.
- ▶ Ein breites Bündel an **politischen Instrumenten** ist für die Umsetzung der Wärmewende erforderlich.

Bündel an erforderlichen politischen Instrumenten



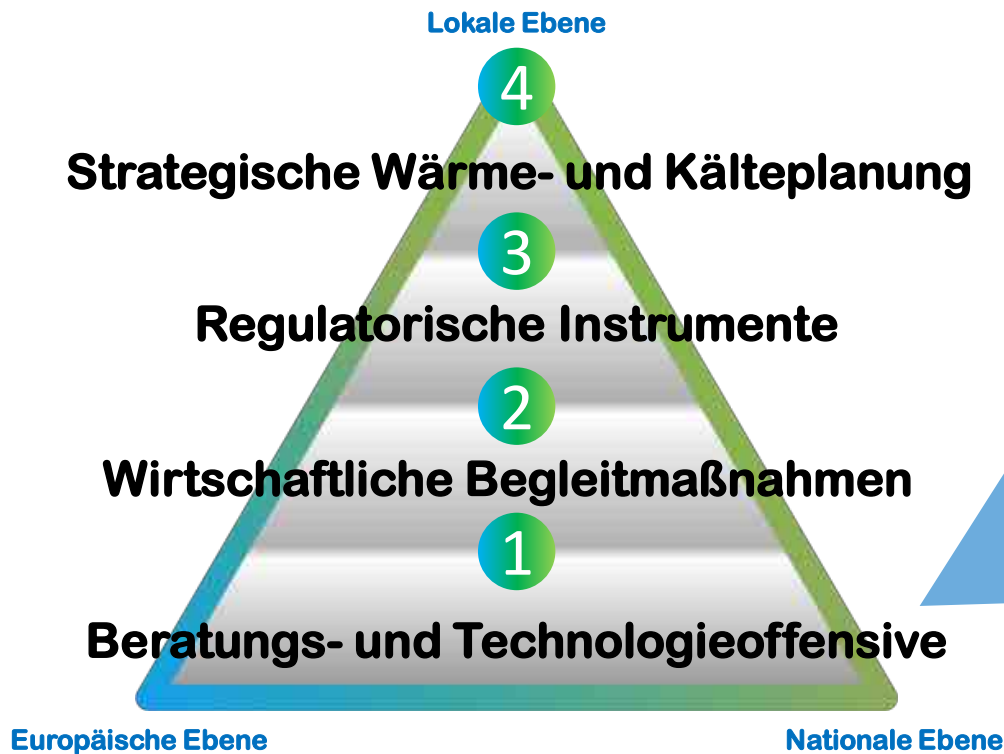
Richard Thaler
(Wirtschaftsnobelpreisträger 2017)

„We all are susceptible to a wide array of routine biases that can lead to an equally wide array of embarrassing blunders in education, personal finance, health care, mortgages and credit cards, happiness, and even the planet itself.“

Status quo bias: Menschen neigen in ihren Entscheidungen dazu, dass sie den status-quo bewahren wollen.



Politische Instrumente: Beratungs- und Technologieoffensive

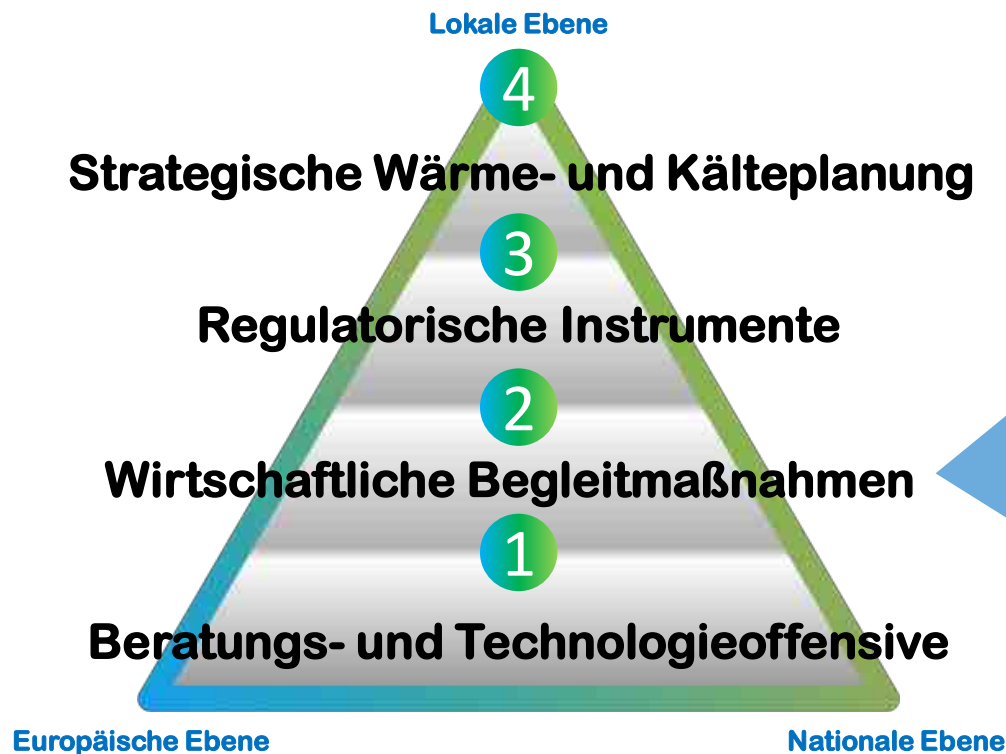


- Kommunikation von Klimaschutzzielen und –maßnahmen
- Change agents der Wärmewende adressieren
- Forschung und Technologieentwicklung
- Qualitätssicherung
- Individuelle Gebäude-Sanierungsfahrpläne

Beispiel individueller Gebäudesanierungsfahrplan

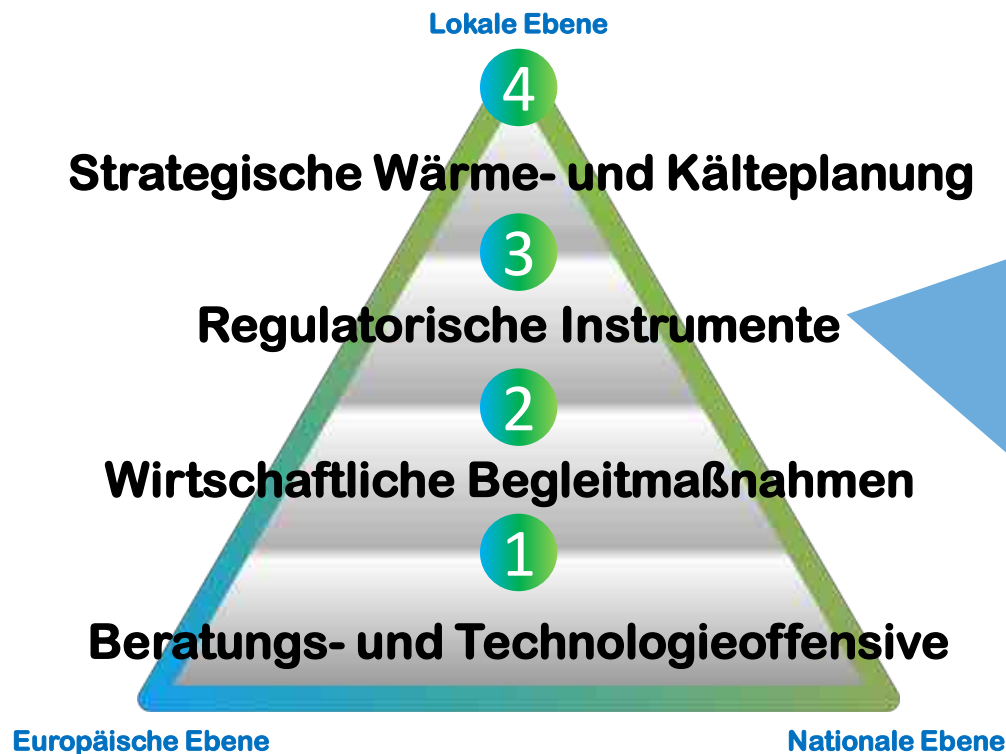


Politische Instrumente: Wirtschaftliche Begleitmaßnahmen



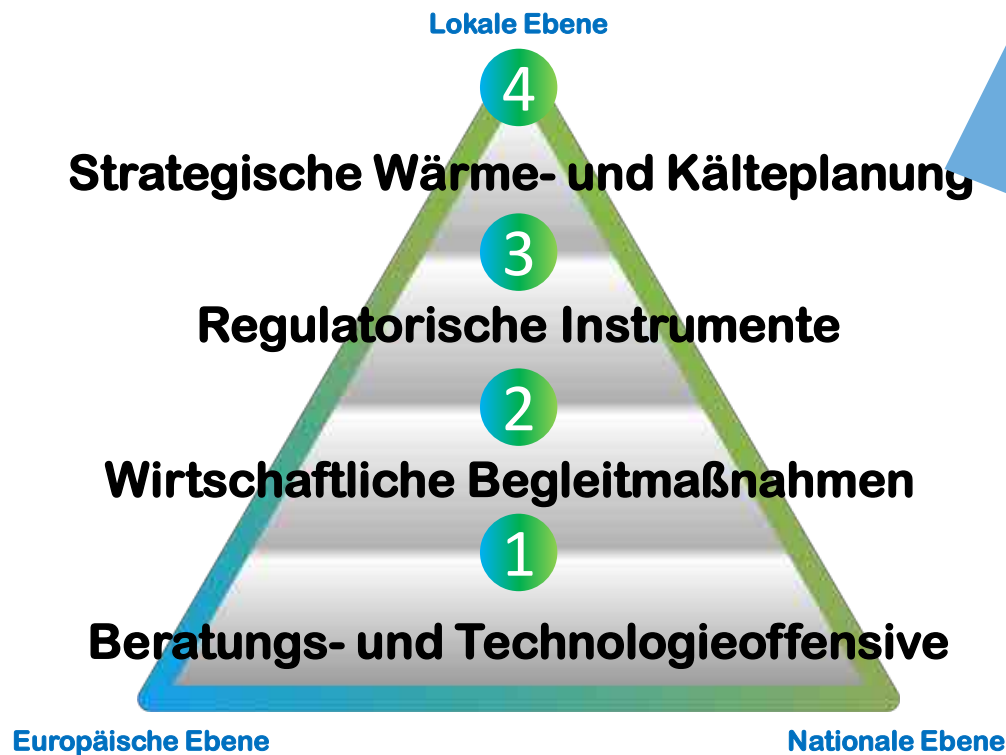
- CO2-Steuer
- Steuerliche Bevorzugung von Heizöl beseitigen
- Förderungen kohärent gestalten, u.a. auf Innovation ausrichten
- Finanzierungsinstrumente (und Standardisierung) vorantreiben
- Energiearmut gezielt adressieren

Politische Instrumente: Ordnungspolitik



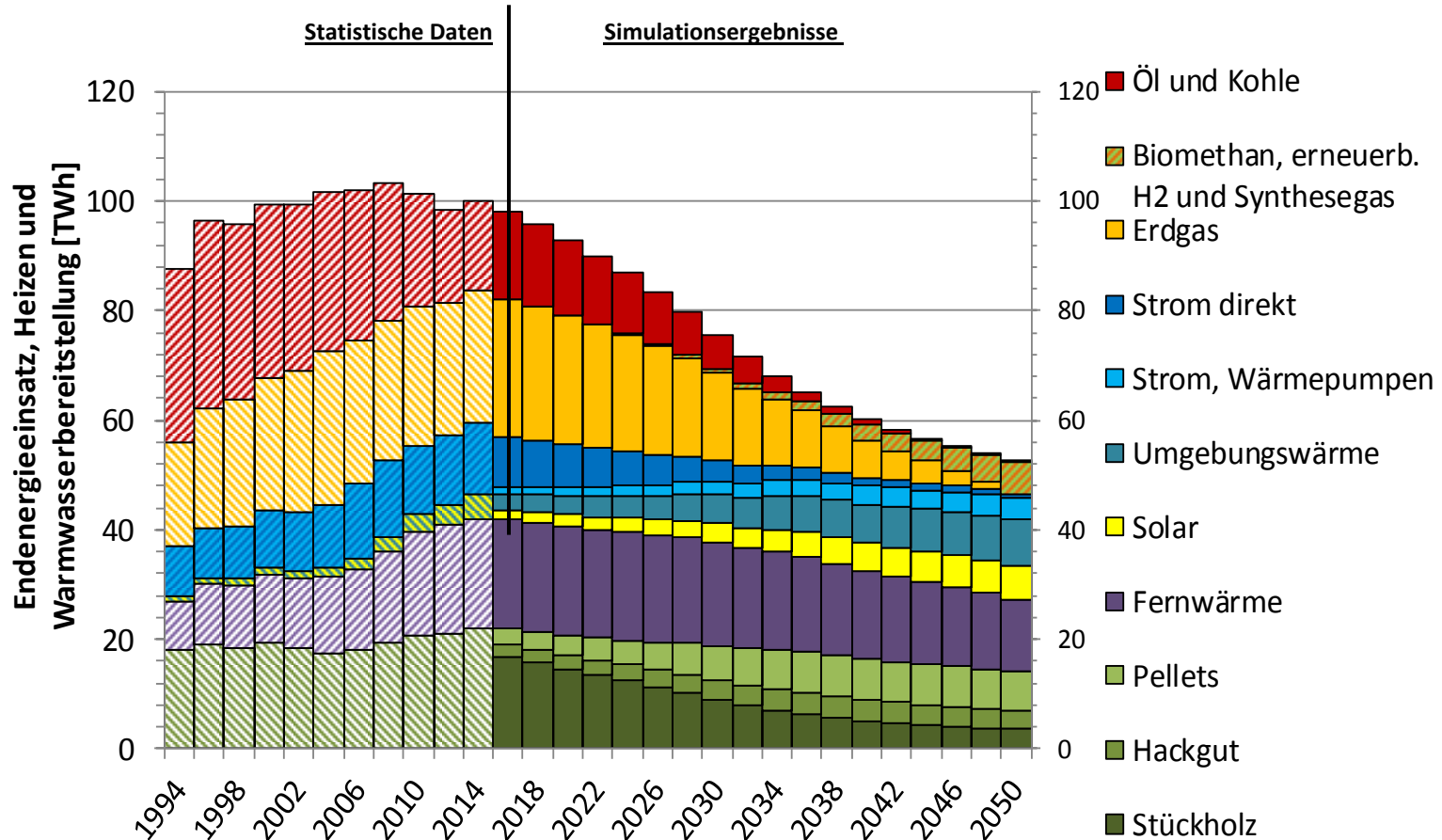
- Verbot der Neuinstallation von Heizölkesseln und fossiler Heizsysteme
- Heizsystem-Pickerl
- Nutzungspflicht erneuerbarer Energieträger
- Konsequente Überprüfung hinsichtlich Erfüllung der Vorgaben gemäß Bauordnung
- Gebäudeindividuelle Sanierungsfahrpläne: für ineffiziente Gebäude an Sanierungsverpflichtung binden

Politische Instrumente: Strategische Wärme- und Kälteplanung



- Erhebung und Kartierung von Wärme- und Kältebedarf, erneuerbaren Potenzialen, Abwärmepotenzialen etc
- Zonierung und Ausweisung von Vorranggebieten z.B. für Fernwärme, aber für Rückbaugelände von Gas-Netzen
- Festlegung von Zielen und Entwicklungspfad für Klimaschutzmaßnahmen im Gebäudesektor auch auf regionaler, kommunaler Ebene
- Wohnbaupolitik

Die Wärmewende ist realisierbar!



Danke für die Aufmerksamkeit!

www.eeg.tuwien.ac.at/waermezukunft_2050

www.invert.at

www.e-think.ac.at

