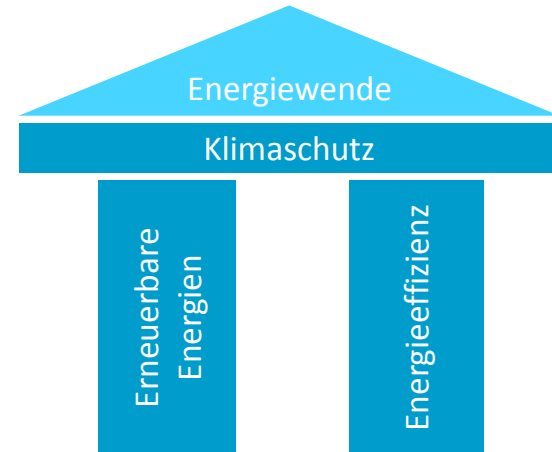


## Wege eines Klimaschutzbeitrags in der Wärmeversorgung

STRise-Fachtagung „2. Stuttgarter Energiedialog“  
09. November 2018, Bosch-Haus Heidehof Stuttgart

Prof. Dr.-Ing. Kai Hufendiek

- Ziele der Energiewende
- Wo stehen wir?
- Pfade zur Dekarbonisierung im Wärmesektor
- Zusammenfassung



Bei gleichzeitigem Ausstieg aus der Kernenergienutzung

# Ziele der Energiewende

# Ziele der Energiewende

## Historie

- **Wirtschaftlichkeit treibt Wandel im Energiesystem**
  - z. B. Raumwärmebereitstellung
    - 1960 – 1980 Heizöl verdrängt Kohle
    - 1970 – 2000 Erdgas verdrängt Heizöl
- **Politische Ziele beginnen Energiesystem zu wandeln**
  - 1972 Studie Club of Rome „Grenzen des Wachstums“<sup>1</sup>
  - 1973/79 Ölpreiskrisen: Kernenergie und Erdgas ersetzen Öl
  - 1977 Amory Lovins (USA) entwickelt Vision eines Energiesystem auf Basis erneuerbarer Energien (EE)<sup>2</sup>
  - 1980 Öko-Institut verwendet erstmals Begriff „Energiewende“ für Studie zur Abkehr von Erdöl und Uran<sup>3</sup>
  - BReg „Energiewende“: Energiekonzept 2010<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Meadows, D.H. et al.: The Limits to Growth. Universe Books, New York, 1972

<sup>2</sup> Lovins, A.B.: Soft Energy Paths: Towards a Durable Peace. Harper & Row, New York, 1977

<sup>3</sup> Krause, F. et al.: Energie-Wende: Wachstum und Wohlstand ohne Erdöl und Uran. S. Fischer, Frankfurt a. M., 1980; nach Zeit Online: Sprachforschung: The Energiewende. abgerufen unter <https://www.zeit.de/2012/47/Energiewende-Deutsche-Begriffe-Englisch> am 20.7.2018

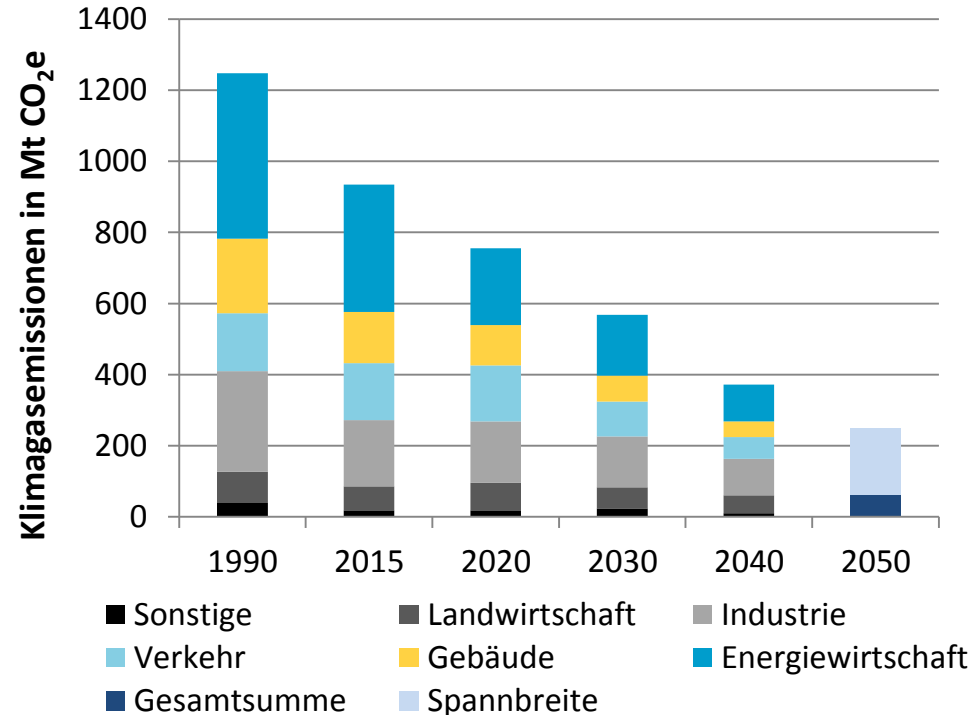
<sup>4</sup> BMWi: Eine Zielarchitektur für die Energiewende. abgerufen unter <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/zielarchitektur.html> am 19.7.2018.



# Ziele des Klimaschutzplans der Bundesregierung

## Zielerreichung ist anspruchsvoll




- Für 2030 sind erhebliche Minderungen vor allem im Bereich der Energiewirtschaft, Gebäude und Verkehr zu erreichen
  - Wird Verkehr langsamer als geplant reduziert, müssen Gebäude und Energiewirtschaft höhere Ziele erreichen (wäre kosteneffizient)
- Ziele 2050 sind bislang nicht sektoral aufgelöst:
  - Emissionen in Landwirtschaft und Industrie sind sehr aufwendig zu reduzieren, so dass hieraus eine (nahezu) vollständige Dekarbonisierung der anderen Sektoren folgt



Quelle: Projekt E-Navi, gefördert durch BMBF

# Ziele der Energiewende

EU, national, BW

	Klimagasreduktion	Erneuerbare Energien	Energieeffizienz
 <b>EU<sup>1</sup></b>	2020: -20% 2030: -40% 2050: -80/95%	2020: 20% 2030: 27% 2050: 75%	2020: 20% <sub>PE, Ref. Szenario</sub> 2030: 27% <sub>PE, Ref. Szenario</sub> 2050: 41% <sub>PE, 2005</sub>
 <b>Deutschland<sup>2</sup></b>	2020: -40% 2030: -55% 2050: -80/95%	2020: 18% 2030: 30% 2050: 60%	2020: 20% <sub>PE, 2008</sub> 2030: 30% <sub>PE, 2008</sub> 2050: 50% <sub>PE, 2008</sub>
 <b>Baden- Württemberg<sup>3</sup></b>	2020: -25% 2030: -45% 2050: -90%	2020: 25% 2030: 43% 2050: 80%	2020: 16% <sub>EndE, 2010</sub> 2030: 32% <sub>EndE, 2010</sub> 2050: 50% <sub>EndE, 2010</sub>

1) EU Klima- und Energiepaket 2030, Oktober 2014; Energiefahrplan 2050, 12/2011

2) Integriertes Energie- und Klimaschutzprogramm, 08/2007; Energiekonzept 2011; Klimaschutzplan 2050, 11/2016

3) Klimaschutzgesetz BW, Juli 2013/Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept BW (IEKK), Juli 2014

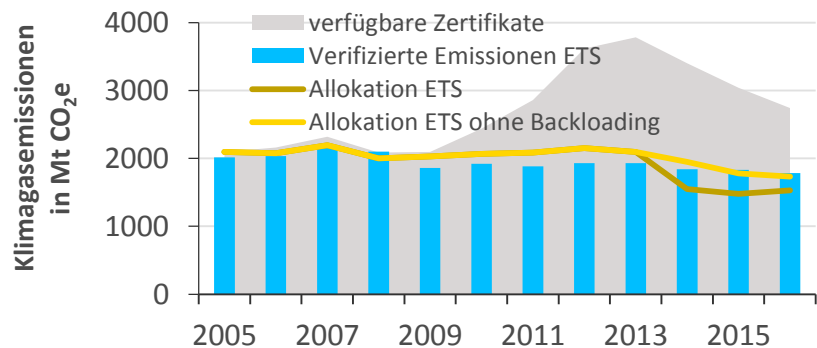
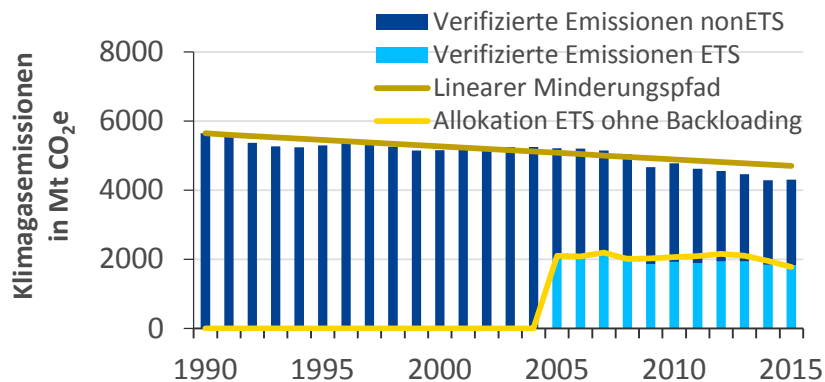
PE – Primärenergie, EndE – Endenergie

**Wo stehen wir?**

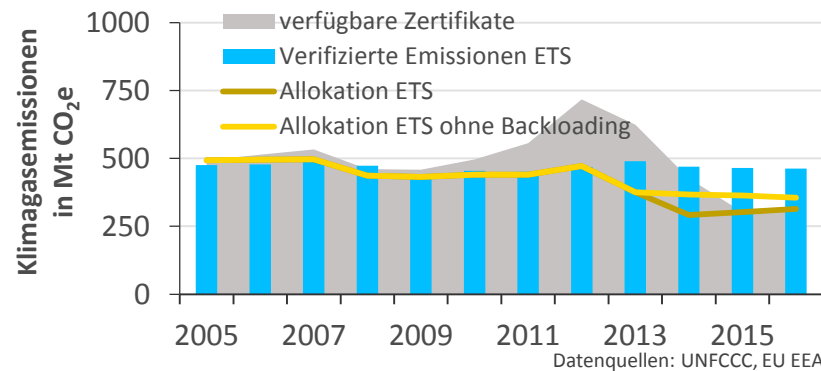
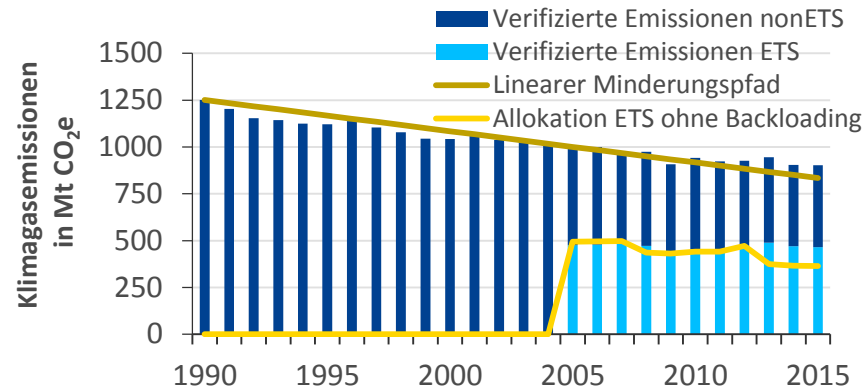
# Klimaschutz und Emissionshandel

Deutschland in EU integriert

## Treibhausgasemissionen: EU-28



## und D



Datenquellen: UNFCCC, EU EEA



# Status quo Deutschland

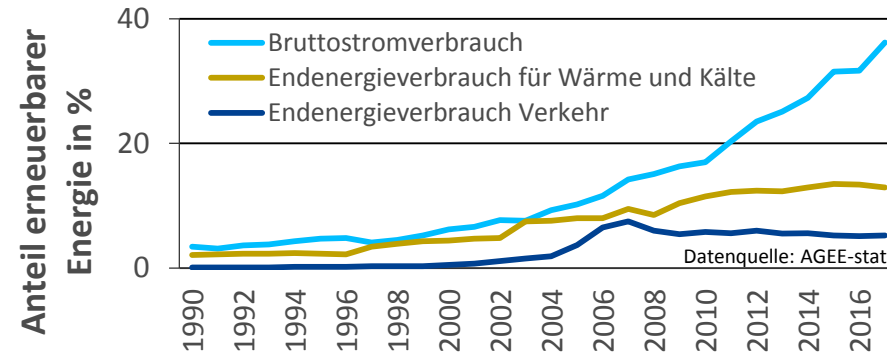
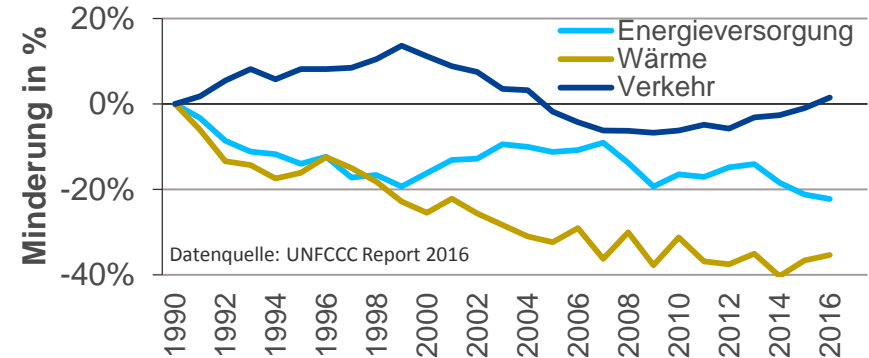
## Klimagasreduktionen und Anteile erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch

### Klimagasreduktionen

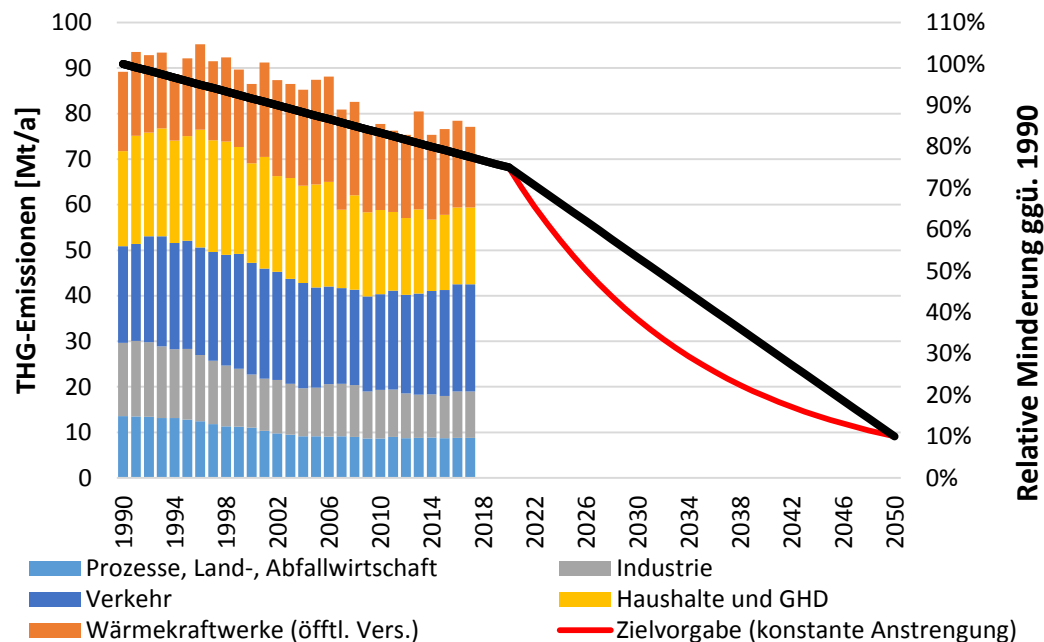
- Wärmesektor ist aktuell führend
- Bei gleichen Emissionsminderungszielen für alle Sektoren (-40%):
  - Wärme hat Ziel nahezu erreicht, stagniert aber
  - Energieversorgung hat ca. Hälfte erreicht
  - Verkehr keine nennenswerten Reduktionen
- Zu erwarten, dass Ziele 2020 nicht mehr erreicht werden können

### Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch

- Bei Anteil EE ist Stromversorgung führend
- Stromversorgung liegt lt. BMWi „im Plan“
- Wärme und Verkehr haben vor allem langfristig noch erhebliche Strukturveränderungen zu erreichen



# Erreichung der Minderungsziele (2030) durch Dekarbonisierung der Stromerzeugung in BW



Datenquelle IST-Daten: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg

## Emissionen gesamt:

- 89,2 Mt. (1990)
- 78,4 Mt. (2016)
- - 12,1%

## Ziele nach KSG-BW:

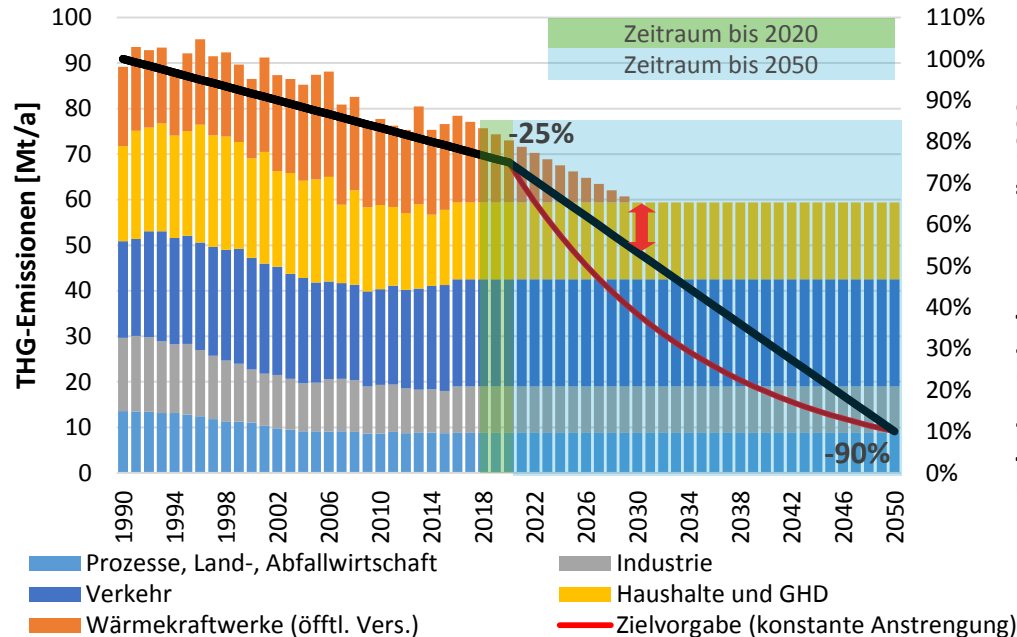
Gesamtsumme Treibhausgasemissionen

- -25% (2020)
- -90% (2050)

## Reduktionspfade:

- Linear
- Konstante relative Minderung

# Erreichung der Minderungsziele (2030) durch Dekarbonisierung der Stromerzeugung in BW



Datenquelle IST-Daten: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg

## Annahmen:

- Vollständige Dekarbonisierung der Stromerzeugung bis 2030
- Übrige Sektoren unverändert auf Niveau 2016

## Ziele nach KSG-BW:

- -45% (2030) IEKK (nur energetische)
- -47% (2030) linearer Pfad

## Resultat in 2030:

- Verfehlung des Ziels (IEKK) um rund 12 Mt CO<sub>2</sub>e bzw. 13 Prozentpunkte

## Fazit:

- **Umsetzung der Energiewende in allen Sektoren notwendig!**



**Wärmesektor spielt aufgrund eines breit genutzten Technologieportfolios und bestehender Lock-in-Effekte eine entscheidende Rolle bei Erreichung der Klimaschutzziele**

# Pfade zur Zielerreichung im Wärmesektor

# Pfad zur Einhaltung der Ziele des Klimaschutzplans (2050 90%)

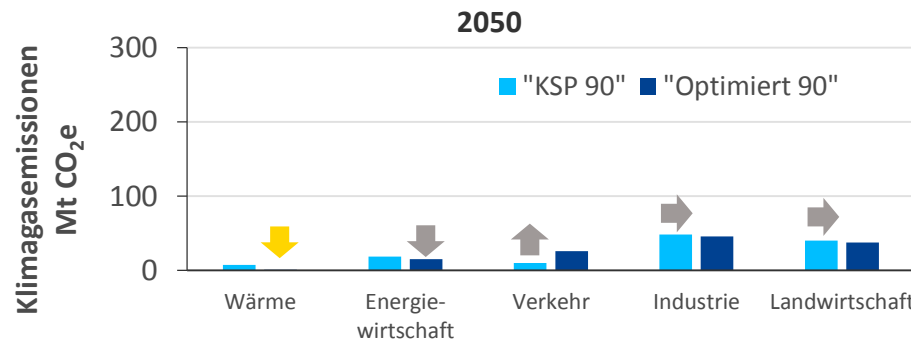
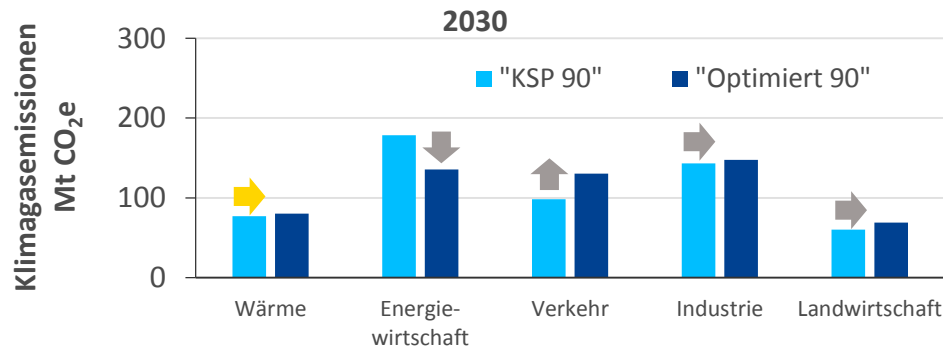
Kostenoptimale Sektorverteilung führt 2050 zu höheren Zielen im Wärmesektor

- Ziel des Wärmesektors trifft **mittelfristig (2030)** kostenoptimales Ziel gut
- **Langfristig (2050)** muss bei kostenoptimaler Verteilung **Wärmesektor stärker mindern**
- Gleichzeitig hat **Energiewirtschaft** bei kostenoptimaler Verteilung **erheblich höhere Minderungsziele** zu erreichen



**Hebel“ im Wärmesektor sind:**

- Steigerung der **Energieeffizienz**
- Erhöhung des Anteils **Erneuerbare (EE)**



Quelle: Projekt E-Navi, gefördert durch BMBF

Hufendiek – 2. Stuttgarter Energiedialog 2018

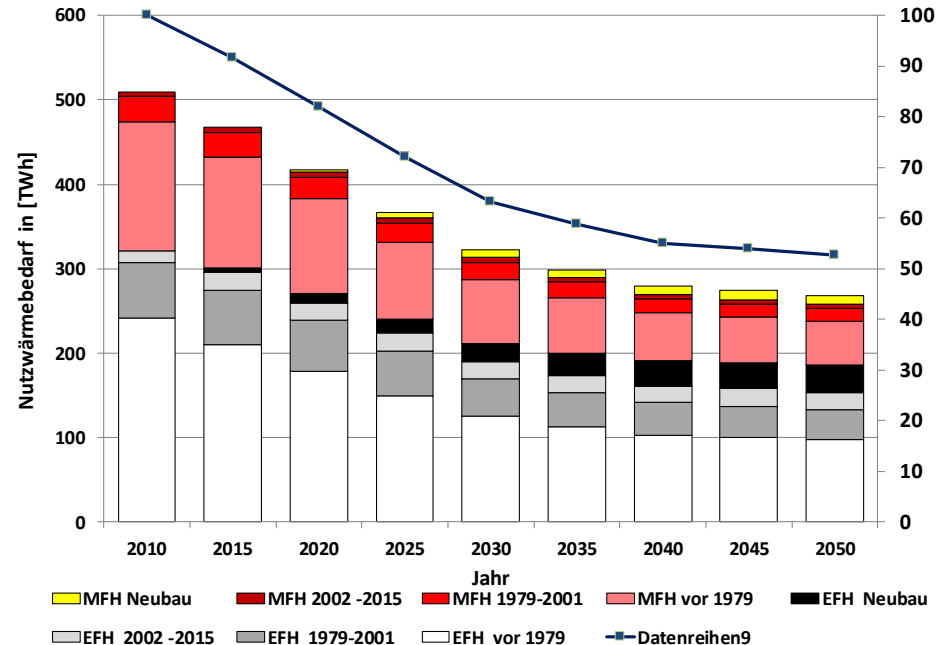
# Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudesektor

## Neubau und Bestand

- Neubau erfolgt mit hohem bis höchstem energetischem Standard, so dass **Nutzwärmebedarf Neubau kaum Einfluss auf Gesamtbedarf** hat
- **Bestandsgebäude** dominieren auch langfristig Nutzwärmebedarf
- Energetische Sanierung sollte **Nutzwärmebedarf** für Wohngebäude **bis 2040 um rd. 50% senken**



**Fortschritt wird verzögert, wenn Sanierungszyklen verzögert werden können, da kosteneffizient nur im Zyklus**



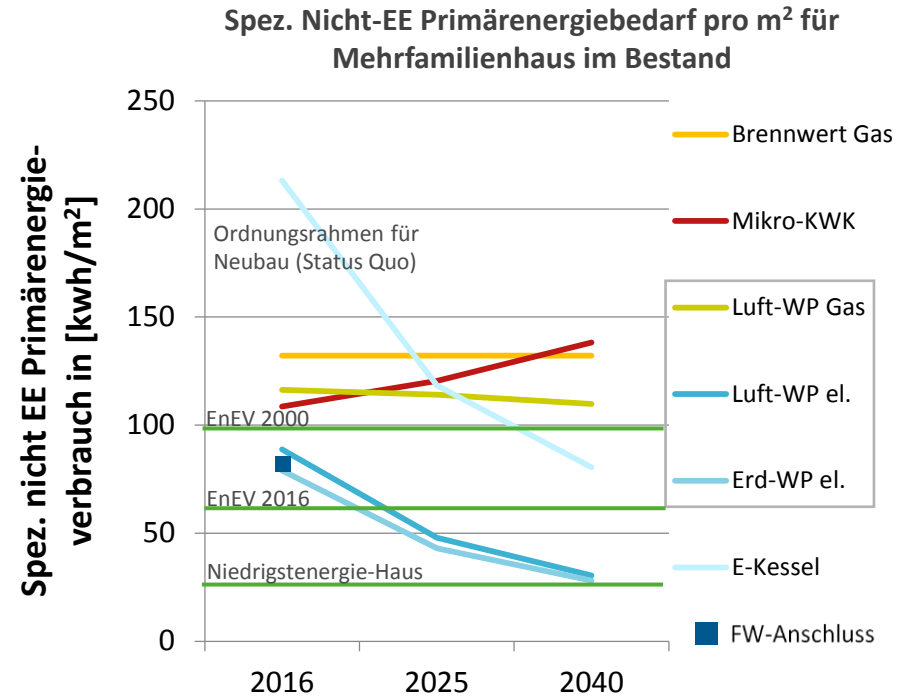
Quelle: Projekt TGZ InEnergy für MVV Energie AG

# Veränderung der Rolle von Heizungstechnologien

## Mittelfristige Veränderungen des spezifischen Primärenergiebedarfs

- Energetische Standards für Neubau lassen sich im Bestand kaum erreichen
- Ohne energetische Sanierung ist Dekarbonisierung im Wärmesektor nicht möglich
- Kennwerte von fossiler KWK verschlechtern sich mit zunehmend dekarbonisiertem Strommix
- Wärmeerzeugung auf Strombasis erreicht bei zunehmend dekarbonisiertem Strommix erheblich verbesserte Kennwerte

- **Zukünftige Umweltwirkungen der Technologien sollten berücksichtigt werden**
- **Relevante Zielgröße instrumentieren, um wettbewerbliche Balance Effizienz/Einsatz zu erreichen**




Quelle: Projekt TGZ InEnergy für MVV Energie AG

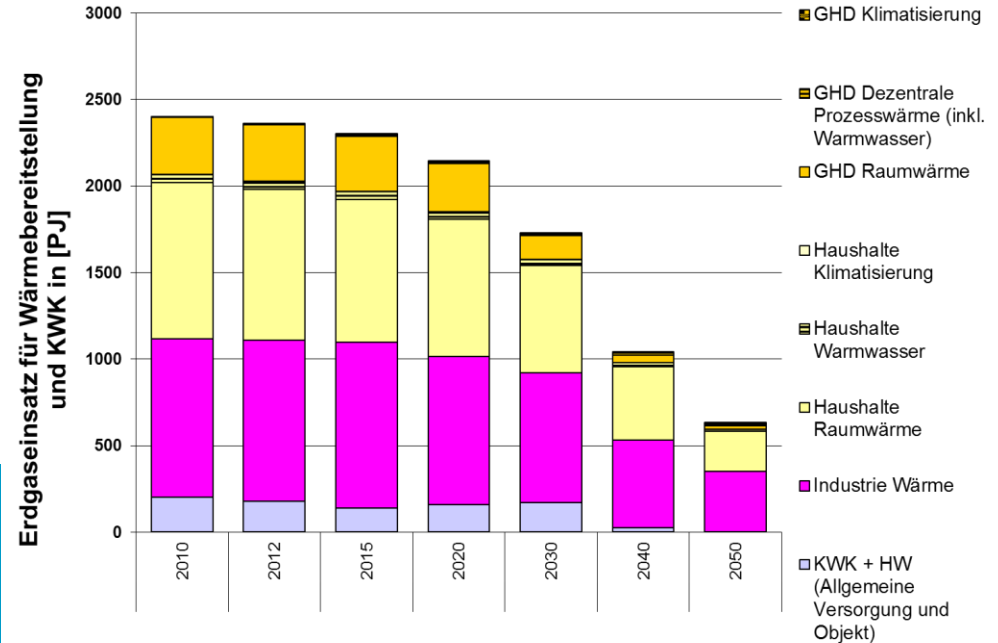
Hufendiek – 2. Stuttgarter Energiedialog 2018

# Kosteneffizienter Pfad zur Zielerreichung in Baden-Württemberg

## Erdgaseinsatz rückläufig

- Zunächst erhebliche Anstrengungen im Bereich der Energieeffizienz der Gebäude
  - Im Rahmen von Sanierungszyklen und Neubau kostengünstig
  - Teilweise Voraussetzung für Heizsystemwechsel zu Wärmepumpe, LowEx-Fernwärme

- 
- **Massive Reduktion des Erdgasabsatzes im Verteilnetz**
  - **Zukünftige Rolle als Netz für H<sub>2</sub> / synthetisches Methan?**



Quelle: Projekt EnSyS BaWü, gefördert durch UM BW

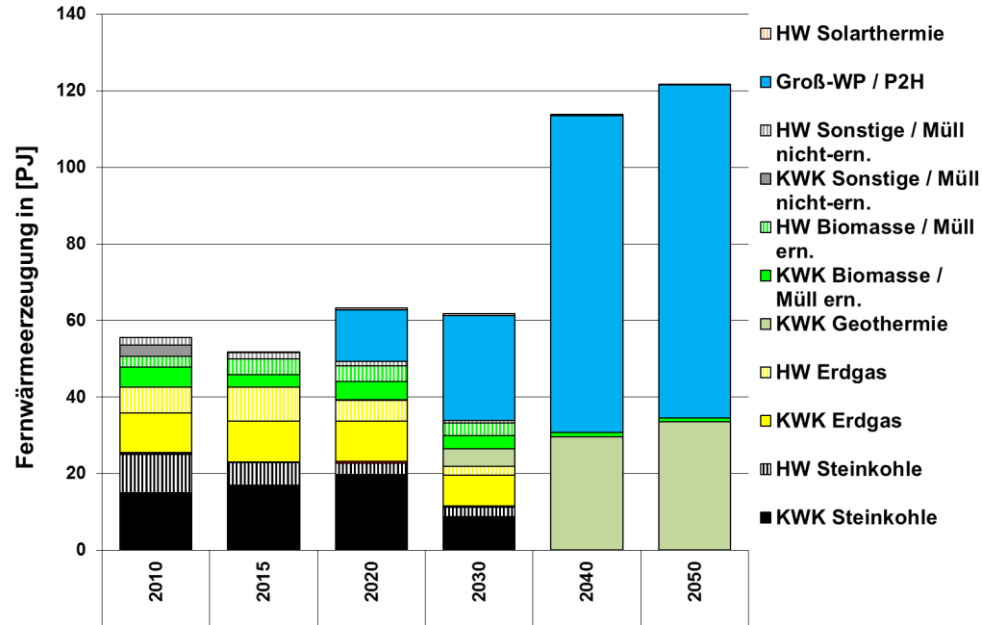


# Kosteneffizienter Pfad zur Zielerreichung in Baden-Württemberg

Entwicklung Fernwärme: Durch „Vergrünung“ nimmt Bedeutung langfristig zu

- „Vergrünung“ Fernwärme erfordert mittelfristig erhebliche Umstellungen
  - Umstellung auf Großwärmepumpen (PtH) und Geothermie
  - Einsatz von Großwärmepumpen bzw. Abwärmenutzung erfordert LowEx-Netze
- „Grüne“ Fernwärme bietet langfristig erhebliche Chancen, da „gleitende“ Umstellung Abnehmer möglich

**Wärmenetze spielen langfristig wichtige Rolle, mittelfristig sind aber Umstellungskosten bei zunächst nur stabilem Absatz Herausforderung**

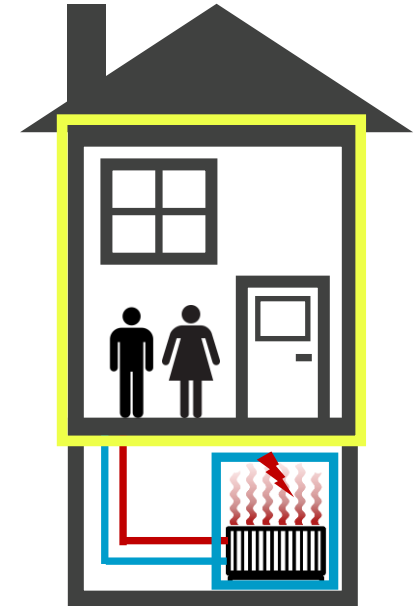
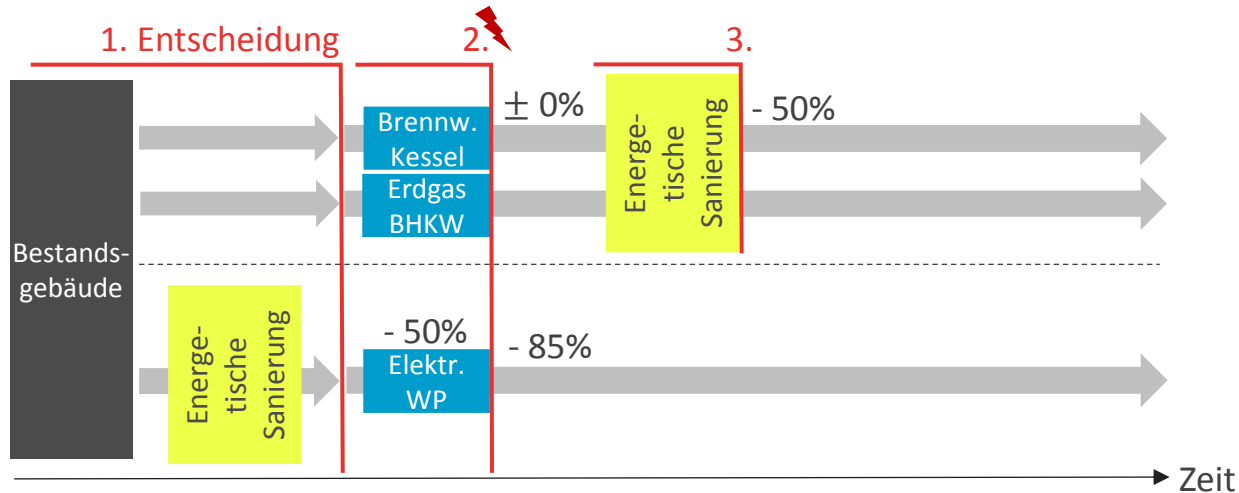


Quelle: Projekt EnSys BaWü, gefördert durch UM BW

# Umbau der Wärmeversorgung birgt noch Herausforderungen

## Komplexität: Pfadabhängigkeiten

- Vielzahl von Nutzern (Eigentümer, Mieter, Gemeinschaft) und Entscheidungsträger
- Hohe Lock-in-Effekte bzw. Pfadabhängigkeiten
- Zeitliche Abfolge einzelner Maßnahmen und Lebenszyklus der Bauteile im Bestand entscheiden in erheblichem Maße mögliche Pfade



# Zusammenfassung

# Zusammenfassung

## Umbau der Wärmeversorgung birgt noch erhebliche Herausforderungen

### Spezielle Situation im Wärmesektor

- Wärmesektor muss bereits bis 2030 erhebliche Anteile zur Erreichung der Klimaziele beitragen
- Balance zwischen Energieeffizienz und erneuerbarer Erzeugung im Wärmesektor gebäudespezifisch und komplex

### Wichtige Fragen bei Gestaltung der Transformationspfade im Wärmesektor

- Bislang keine stringente Anreizstruktur für Klimaschutz vorhanden
- Chancen der Sektorintegration müssen nutzbar sein
- Direkte Wirkung auf Treibhausgasemissionen könnte sektorintegrierenden, zielgerichteten Ansatz darstellen
- Aufgrund unmittelbarer, individueller Wirkung auf jeden Haushalt sind Verteilungseffekte und soziale Gerechtigkeit unbedingt zu beachten
- Betrieb von Netzen für leitungsgebundene Energieträger (Gas und Fernwärme) wird zumindest mittelfristig aufgrund sinkenden Wärmebedarfs wirtschaftlich unter Druck kommen: zukünftige Nutzungen sinnvoll?

**Vielen Dank!**

**STRise**

Stuttgart Research Initiative on  
Integrated Systems Analysis for Energy



**Prof. Dr.-Ing. Kai Hufendiek**

kai.hufendiek@ier.uni-stuttgart.de

+49 (0) 711 685 – 878 01

Universität Stuttgart

Institut für Energiewirtschaft und  
Rationelle Energieanwendung (IER)

Heßbrühlstraße 49a

70565 Stuttgart