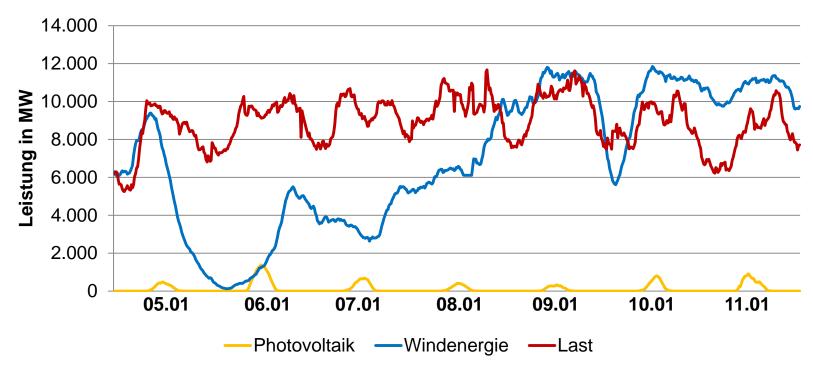


#### **Motivation**



Ziel der Bundesregierung: Reduktion der Emissionen von min. 40% bis 2020 und 80 - 95% bis 2050 gegenüber 1990



Welche positiven Effekte hat eine verstärkte Nutzung von Wärmepumpen auf die zukünftige Energieversorgung Hamburgs und wie stark ist der Einfluss auf die resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen?

Daten: 50Hz GmbH, 2015



## Gliederung



- Grundlagen & Modellbildung
  - Wärmepumpe
  - Wärmespeicher
  - Wärmeverbraucher
- Szenario-Beschreibung
- Ergebnisse
  - Veränderung des Gesamtwärmebedarfs
  - Veränderung des Gesamtstrombedarfs
  - Veränderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen
  - Potenzial zur Energieverschiebung

Grundlagen

Potenzial zur Leistungsverschiebung

000

Fazit und Ausblick



Bild: Mediaserver Hamburg, 2015

**Fazit** 

00000



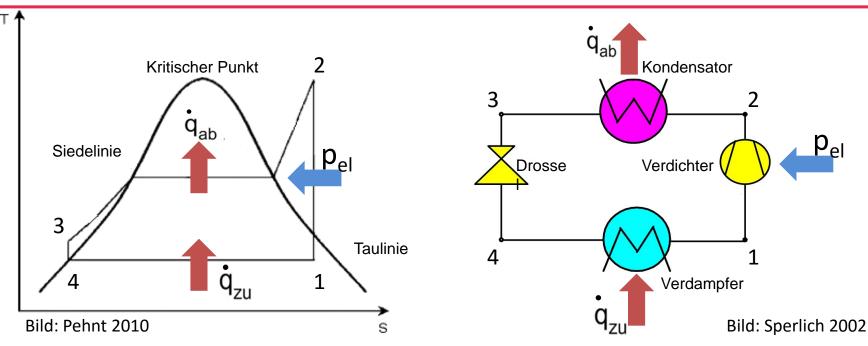
Einleitung O

Rahmenbedingungen •

**Ergebnisse** 

## Wärmepumpe





$$COP = \frac{\dot{Q}_{ab}}{P_{el}} = COP_{Carnot} \cdot \eta$$
 $COP_{Carnot} = \frac{T_{emit}}{T_{emit} - T_{amb}}$ 

$$COP_{Carnot} = \frac{T_{emit}}{T_{emit} - T_{amb}}$$

$$JAZ = \frac{E_{therm}}{E_{el}}$$

Umsetzung im Modell:

- Nur Luftwärmepumpen mit variabler Verdichterdrehzahl
- Abbildung der Energiebilanz, kein thermodynamischer Kreislauf
- Konstanter Wirkungsgrad über alle Betriebszustände





Grundlagen



Rahmenbedingungen •











### Wärmespeicher



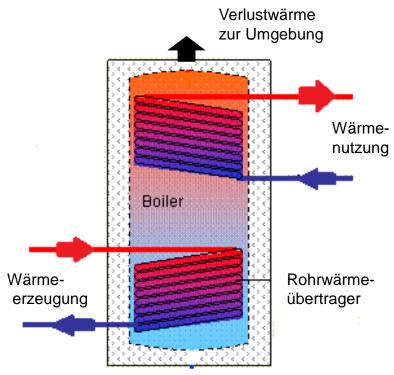


Bild: Ingenieurbüro Junge 2015

$$\frac{dE_{\text{stor}}}{dt} = \dot{Q}_{\text{gen}} - \dot{Q}_{\text{cons}} - \dot{Q}_{\text{water}} - \dot{Q}_{\text{loss}}$$

Grundlagen •••

#### Umsetzung im Modell:

- Berücksichtigung von vier Wärmeströmen
  - Vom Erzeuger
  - Zum Heizsystem
  - Zur Brauchwassererwärmung
  - Verlustwärmestrom in die Umgebung
- Wärmeübertragung mittels Rohrwärmeübertragern
- Keine Temperaturschichten im Speicher (Speichertemperatur 45°C)
- Speichervolumen: 200 500 Liter
- Brauchwassertemperatur: 60°C

Einleitung 0

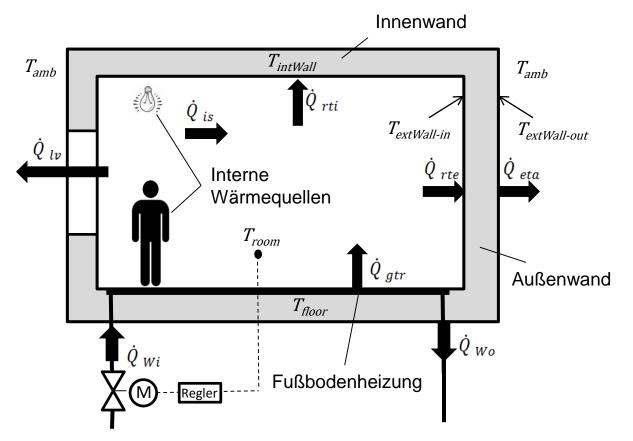






#### Wärmeverbraucher





Umsetzung im Modell:

- Energiebilanz Fußboden
- Interne Wärmequellen
- Lüftungswärmeverlust
- Energiebilanz Innenwand
- Energiebilanz Außenwand
- Gebäudetypen nach der Energieeinsparverordnung

$$\frac{dU_{\text{room}}}{dt} = \dot{Q}_{\text{gtr}} + \dot{Q}_{\text{is}} - \dot{Q}_{\text{lv}} - \dot{Q}_{\text{rti}} - \dot{Q}_{\text{rte}}$$







Rahmenbedingungen •





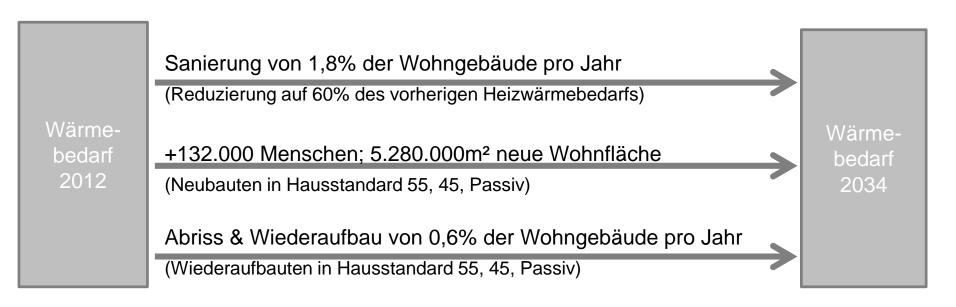






#### Szenario





- Entwicklung des Stromversorgungsystems nach Netzentwicklungsplan Szenario 2034b und Ausbaupfad RE Bundesregierung
- 3 Szenarien:

Einleitung •

- 2034Erdgas Brennwertkessel mit Erdgas, RE 2034
- 2034WP 100% Wärmepumpen, RE 2034
- **2050WP** 100% Wärmepumpen, RE 2050

Grundlagen •••





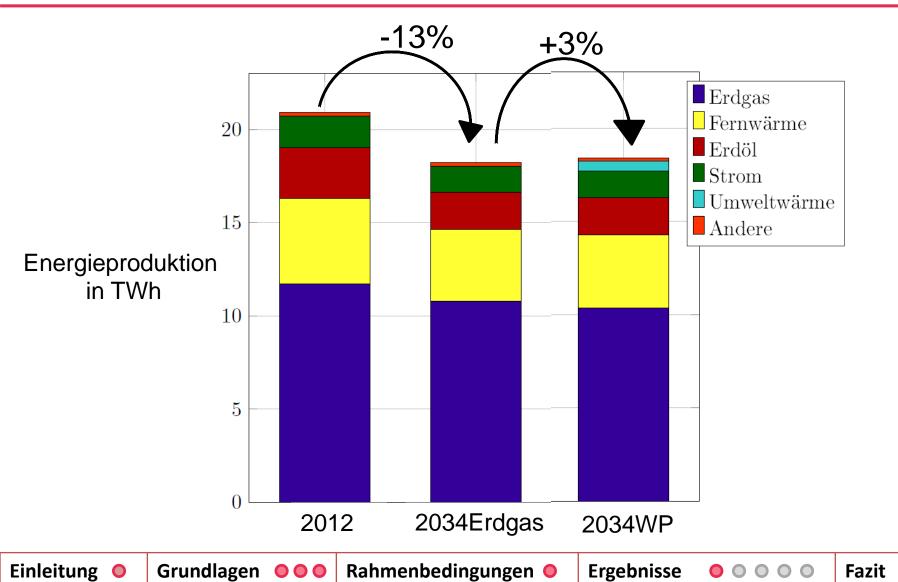






### Struktur der Wärmeversorgung

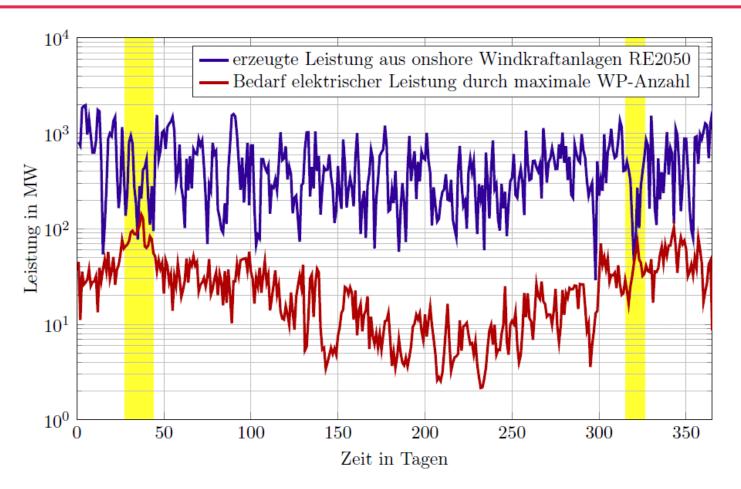






### Korrelation: Winderzeugung & Wärmebedarf

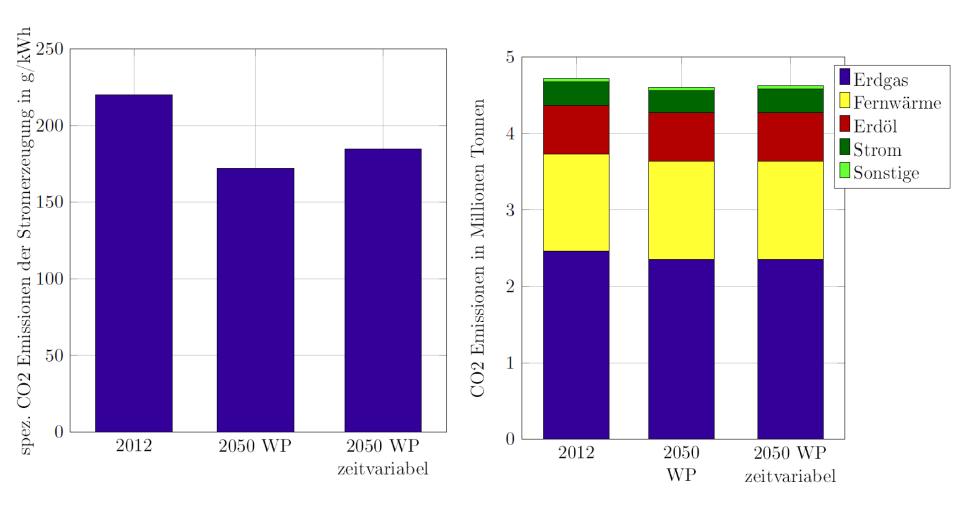




#### Dynamische Berechnung der Emissionen notwendig!

## Veränderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

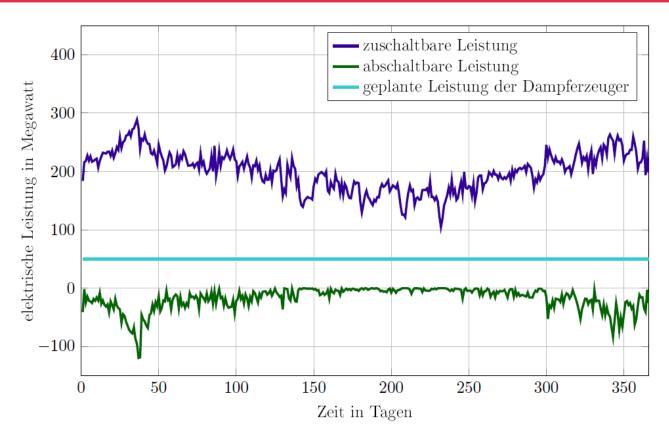






## Potenzial zur Leistungsverschiebung





- Nutzungspotenzial elektrischer Überschussleistung besonders groß, wenn COP gering
- Im Sommer nahezu kein Potenzial zur Bereitstellung positiver Regelleistung
- Aufgrund hoher installierter Leistung dauerhaft relativ großes Potenzial für negative Regelleistung



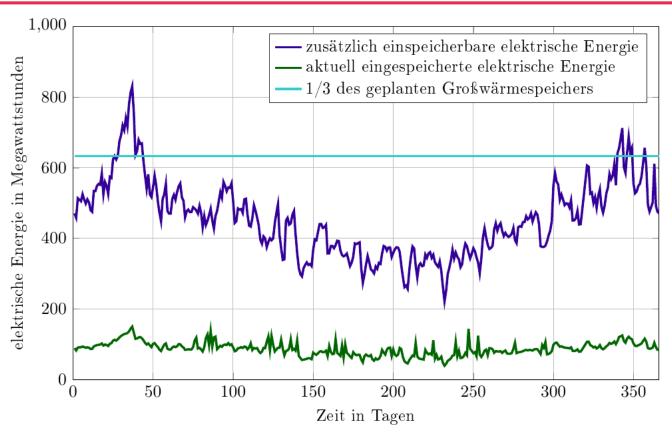






## Potenzial zur Energieverschiebung





- Gespeicherte Energie reicht für 10-20 Stunden eines Wintertages
- Großwärmespeicher:3x16.000m³
- Gesamtvolumen der Haushaltswasserspeicher: 34.000m³



#### Fazit und Ausblick



#### Fazit:

- Wärmepumpen können die CO<sub>2</sub>-Emissionen senken
- Wärmepumpen haben ein großes Potenzial kurzfristig Überschussleistung aufzunehmen

#### Ausblick:

- Auswirkung der Nutzung des Verschiebepotenzials auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Grundlagen •••



Bild: Mediaserver Hamburg, 2015



Einleitung 0







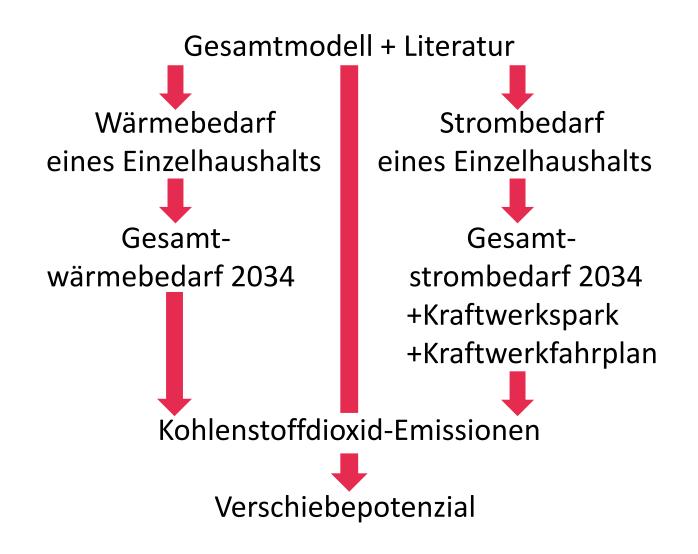


Inken Knop



### Vorgehen

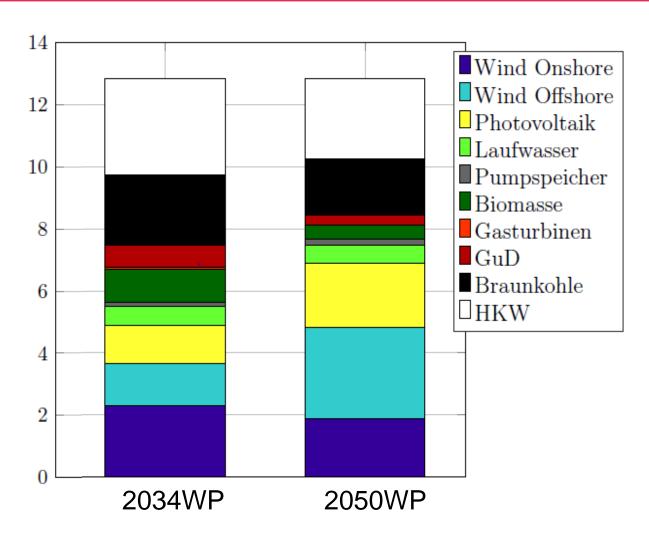




### Struktur der Stromerzeugung



Energieproduktion in TWh



### Kritische Betrachtung



Annahme	Gesamt- strombedarf	Gesamt- wärmebedarf	CO <sub>2</sub> - Emissionen	Verschiebe- potenzial	
Betrachtung von nur Wohngebäuden	<b>↑</b>	<b></b>	<b></b>	$\rightarrow$	
Hoher Brauchwasserbedarf	<b>↑</b>	<b>↑</b>	<b></b>	-	
Nur Luftwärmepumpen	1	-	<b>↑</b>	$\uparrow$	
Volllaststunden der RE von 2012	-	-	<b>↑</b>	-	

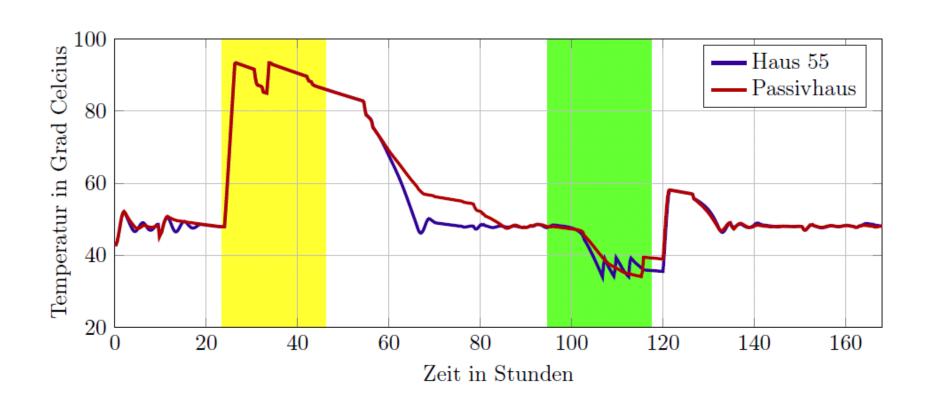
#### Weitere Unsicherheiten:

- Bevölkerungsentwicklung
- Entwicklung der installierten Leistung
- Verhalten in anderen Wetterjahren

- ↑ Überschätzung
- ↓ Unterschätzung
- Kein direkter Einfluss

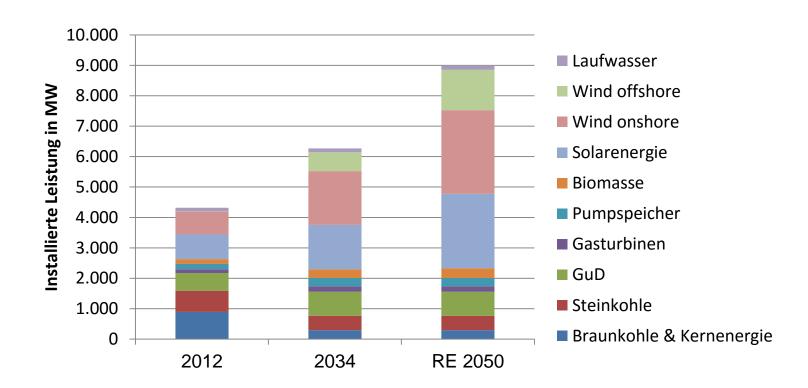
#### Potenzial eines einzelnen Haushalts





## CO<sub>2</sub>-Emissionen – Annahmen

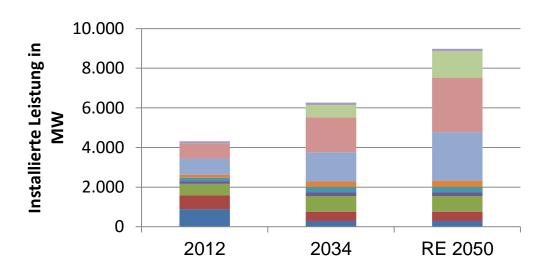




	Braun- kohle	Stein- kohle	Gas- Turbinen	GuD	Wind- energie	Photo- voltaik	Wasser- kraft	Bio- masse
CO <sub>2</sub> -Emission [g/kWh <sub>th</sub> ]	403	337	202	52	0	0	0	0
Wirkungsgrad [%]	34	40	35	20	-	-	-	-

# CO<sub>2</sub>-Emissionen – Annahmen





	Erdgas	Fernwärme	Elekt. Energie	Erdöl	Sonstige
CO <sub>2</sub> -Emissionen [g/kWh <sub>th</sub> ]	227	327	230 / 172	317	243

	Braun- kohle	Stein- kohle	Gas- Turbinen	GuD	Wind- energie	Photo- voltaik	Wasser- kraft	Bio- masse
CO <sub>2</sub> -Emission [g/kWh <sub>th</sub> ]	403	337	202	52	0	0	0	0
Wirkungsgrad [%]	34	40	35	20	-	-	-	-