

Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „Energieeffizienz und zukünftige Energieversorgung im Wohngebäudesektor: Analyse des zeitlichen Ausgleichs von Energieangebot und Nachfrage (EE-GebäudeZukunft, Förderkennzeichen: 03ET4019, abgeschlossen 2019). Projekt-Webseite: <https://www.iwu.de/forschung/gebaeudebestand/ee-gebaeudezukunft/>
Projektpartner: Hochschule Darmstadt (Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik), Büro für Energiewirtschaft und Technische Planung (BET), Aachen

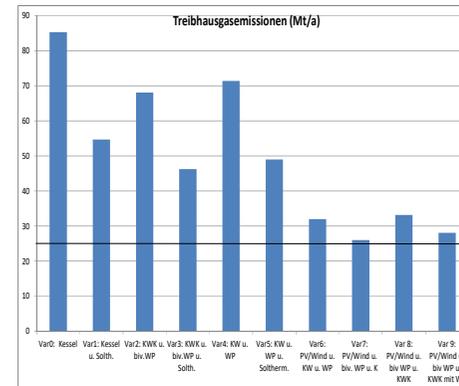
Basisinformationen zum Projekt

- Entwicklung und Anwendung eines Simulationsmodells für die Wohngebäude-Energieversorgung zur Analyse des Zusammenspiels Strom/Wärme: Komplexe Wärmeversorgungssysteme ⇔ zeitlich variable Solar- und Windstromerzeugung
- Generelle Schlussfolgerungen für das Klimaschutzziel 2050 (hier: 87,5 % Emissionsminderung gegenüber 1990): Schlüsselrolle für Wärmeschutz sowie die Nutzung von Solar- und insbesondere Windenergie durch Wärmepumpen

Hauptthema des Posters (untere Hälfte)

- Entwicklung eines vereinfachten Modellansatzes parallel zum komplexen Simulationsinstrument:
=> besseres Verständnis grundlegender Einflussmechanismen
=> einfachere Durchführung von Parametervariationen

Vergleich von 10 „idealtypischen“ Wärmeversorgungsvarianten mit dem komplexen Simulationsmodell



Varianten ohne Windstrom / teils mit Solarenergie (hier Solarthermie):

- Var 0: Heizkessel
- Var 1: Heizkessel + Solarthermie
- Var 2: KWK + bivalente Wärmepumpen
- Var 3: KWK + bivalente Wärmepumpen + Solarthermie
- Var 4: Kraftwerke + monovalente Wärmepumpen
- Var 5: Kraftwerke + monovalente Wärmepumpen + Solarthermie

Varianten mit Windstrom und Solarenergie (hier: Photovoltaik*):

- Var 6: Photovoltaik-/Windstrom + Kraftwerke + monovalente Wärmepumpen
- Var 7: Photovoltaik-/Windstrom + Kraftwerke + bivalente Wärmepumpen
- Var 8: Photovoltaik-/Windstrom + KWK + bivalente Wärmepumpen
- Var 9: Photovoltaik-/Windstrom + KWK kombiniert mit Wärmepumpen + bivalente Wärmepumpen

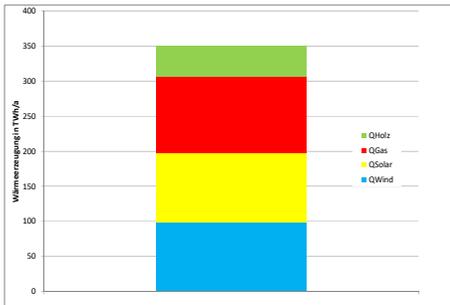
Randbedingungen für die Wohngebäude-Wärmeversorgung (2050):

- Treibhausgas-Emissionsziel: 25 Mt/a (durchgezogene Linie)
- Wohngebäude-Wärmebedarf (Heizung/Warmwasser/Verteilung): 350 TWh/a (setzt erhebliche Wärmeschutz-Fortschritte voraus, Trend wäre ca. 450 TWh/a)
- Wind-/PV-Strom (für Wohngebäude-Wärmeversorgung): 80/40 TWh/a
- Biomassepotential (Holz): 50 TWh/a

*separat analysiert:

Solarthermie ⇔ PV/Wärmepumpen können sich weitgehend substituieren.

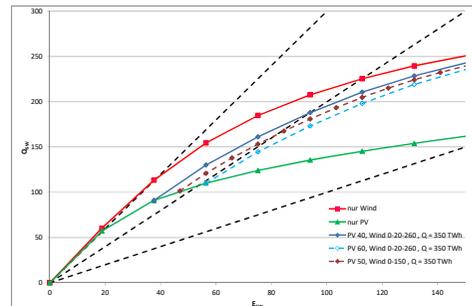
Vereinfachter Modellansatz



Deckung des Wohngebäude-Wärmebedarfs (hier 350 TWh/a) durch die verfügbaren Energieträger: Biomasse (hier: Holz), fossile Brennstoffe (hier: Erdgas), Solar- und Windenergie:
 $Q = Q_{\text{Holz}} + Q_{\text{Gas}} + Q_{\text{Solar}} + Q_{\text{Wind}}$

- Berücksichtigung der generellen Potentialgrenzen aller Energieträger (bei Erdgas: aufgrund Treibhausgasziel)
- Elementare Überlegungen zu Jahresnutzungsgraden (effiziente Erzeugung Gas-Kraftwerke/KWK + el. Wärmepumpen, ergänzende Heizkessel) => $Q_{\text{Gas}} \approx 109 \text{ TWh/a}$, $Q_{\text{Holz}} \approx 43 \text{ TWh/a}$
- Bei Solar- und Windenergie: Zusätzliche Potentialgrenzen wegen zeitlichem Auseinanderfallen von Produktion und Bedarf
=> Ableitung vereinfachter Ansätze mit dem Simulationsmodell

Analyse der Beiträge von Solar/Windenergie



E_{SW} : Für die Wärmeerzeugung (el. Wärmepumpen) eingesetzter Solar/Windstrom (TWh/a)

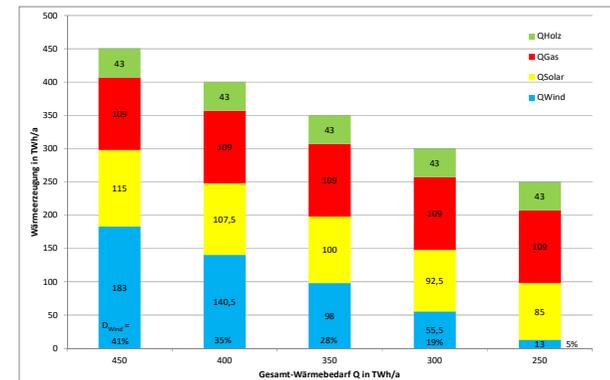
$Q_{\text{SW}} = Q_{\text{Solar}} + Q_{\text{Wind}}$: resultierende Wärmeerzeugung (TWh/a)
gestrichelte Linien: $m = Q_{\text{SW}}/E_{\text{SW}} = 1,0 / 2,0 / 3,0$

- Windstrom effizienter nutzbar als Solarstrom (rote ⇔ grüne Kurve)
- Ausloten der begrenzten Windstrompotentiale: Zunächst Solarenergie weitgehend nutzen (bis $m = \text{ca. } 2,0$) und Deckung des Restwärmebedarfs durch Windenergie (hellblaue / dunkelblaue / braune Kurven): $Q_{\text{Wind}} = Q - (Q_{\text{Holz}} + Q_{\text{Gas}} + Q_{\text{Solar}})$

Weitere Analysen:

- $Q_{\text{Solar}} \approx 100 \text{ TWh/a}$ weitgehend unabhängig von Q (genauer: $Q_{\text{Solar}} = 85 - 115 \text{ TWh/a}$ für $Q = 250 - 450 \text{ TWh/a}$)
- Ableitung von parametrisierten Funktionen zur vereinfachten Beschreibung des Verlauf des Windstrombedarfs $E_{\text{Wind}} = f(Q_{\text{Wind}})$

Beispielanwendung: Variation des Gebäude-Wärmebedarfs: $Q = 250 - 450 \text{ TWh/a}$



Ergebnisse:

- Die Wärmeerzeugung durch Windstrom Q_{Wind} hängt sensibel vom Wärmebedarf Q (und damit vom Wärmeschutzniveau) im Wohngebäudesektor ab:
 $Q : 300 \Rightarrow 400 \text{ TWh/a}$ (+ 33 %)
 $Q_{\text{Wind}} : 55,5 \Rightarrow 140,5 \text{ TWh/a}$ („Faktor 2,5“)
- (nicht dargestellt): Noch stärkere Abhängigkeit beim Windstrombedarf E_{Wind} („Faktor 3“)
- generell: Vereinfachtes Modell kann helfen, grundlegende Zusammenhänge transparent zu machen.