

Herausforderungen bei der Ökoeffizienzanalyse von virtuellen Energieversorgungssystemen

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Armin Schnettler

Dipl.-Ing. Stefan Krengel

Gliederung

- Einleitung und Motivation
- Grundlagen
- Herangehensweise
- Diskussion der Ergebnisse

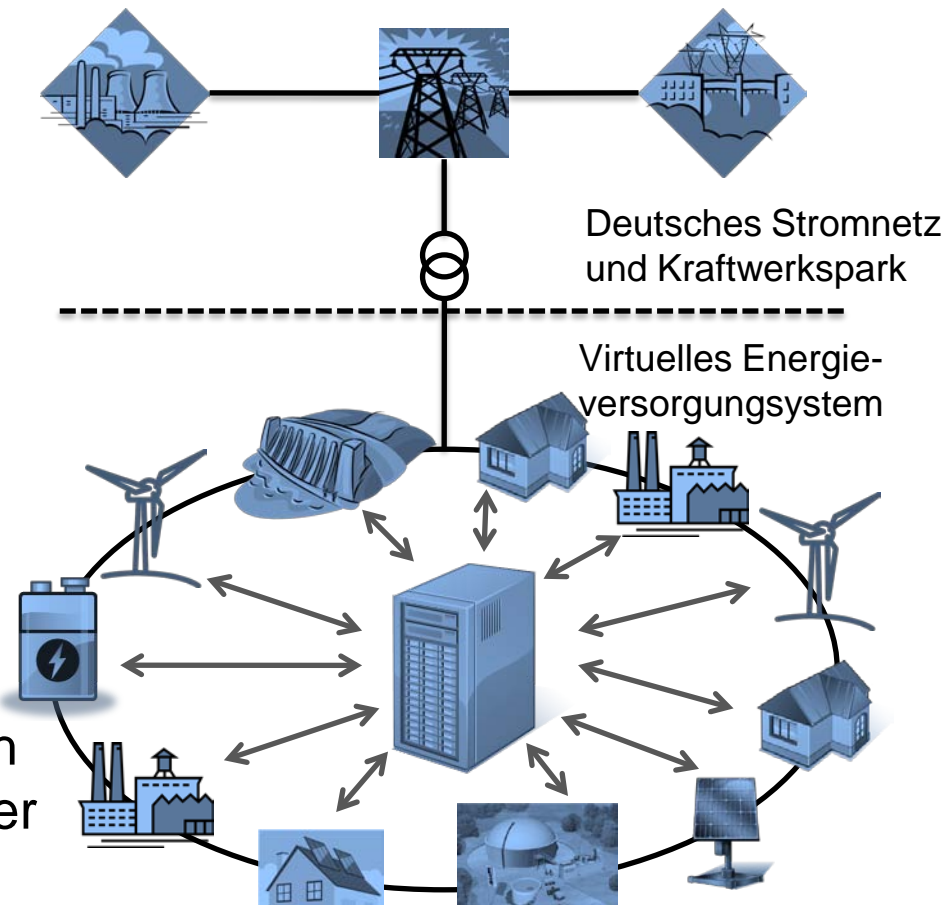
Motivation

- Strombereitstellung aus regenerativen Quellen und Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) steigt
- Fluktuierende, nicht steuerbare Erzeugung
- Anschluss erfolgt meist im Verteilungsnetz

→ Lösungsstrategie zur Beherrschung der fluktuierenden Einspeisung: Virtuelles Energieversorgungssystem (EVS)

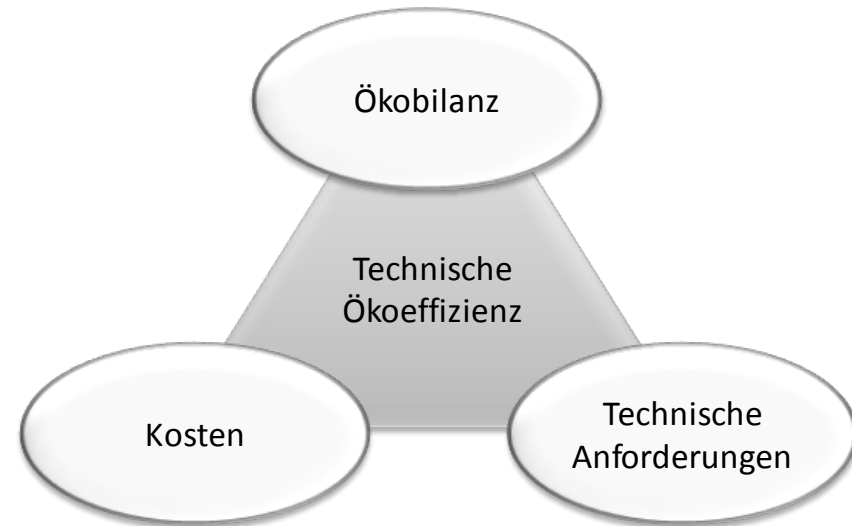
Virtuelles Energieversorgungssystem

- Interaktives, zentral steuerbares Netzwerk von dezentralen Erzeugungsanlagen, Speichern und Verbrauchern
- Monitoring und Steuerung durch Informationstechnologien
- Beeinflussung von aktueller Einspeisung und Verbrauch durch Erzeugungs- und Lastmanagement
- Ziel: Wirtschaftlich und technisch sinnvoller sowie klimaschonender Verbundbetrieb

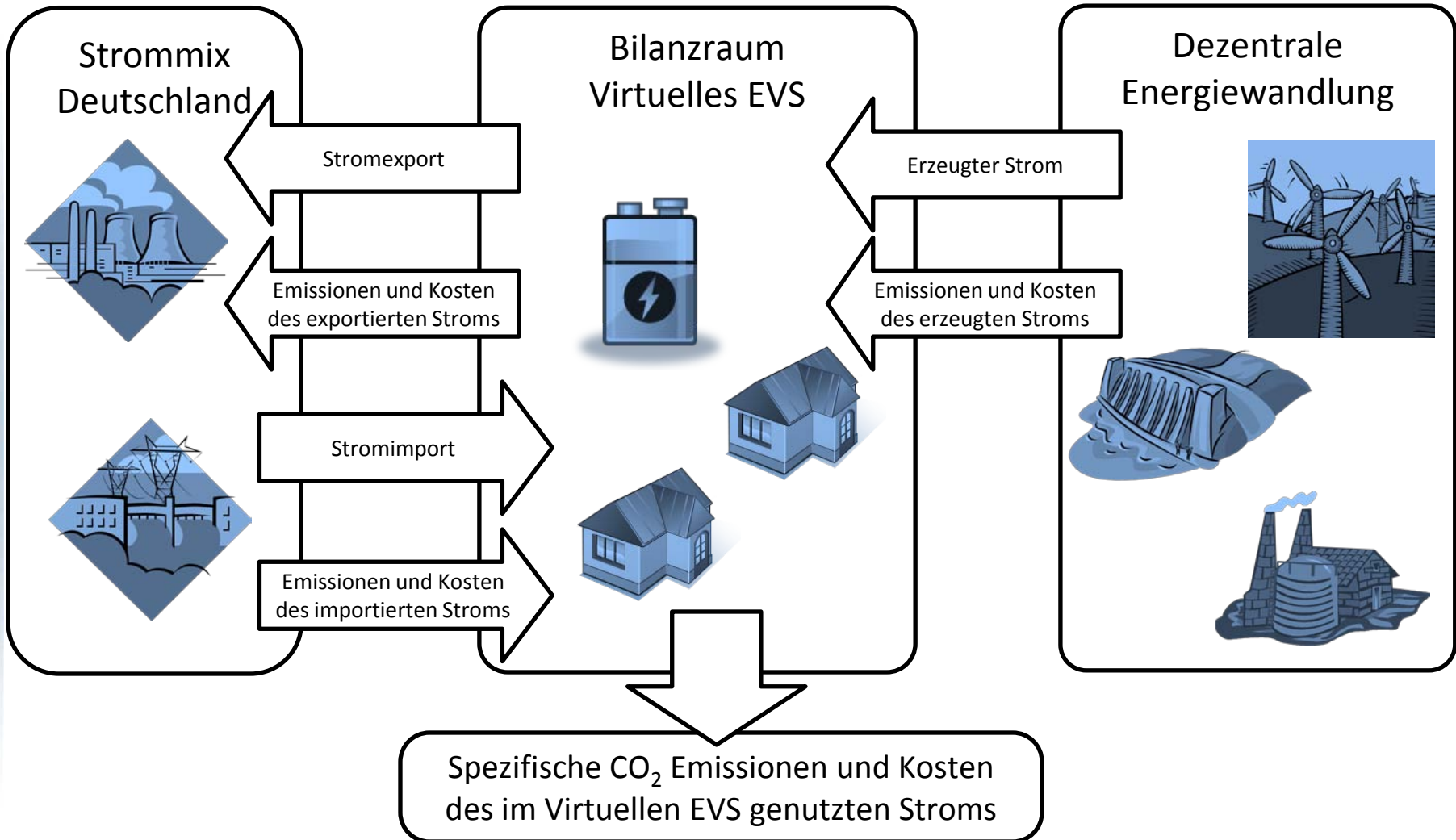


Technische Ökoeffizienz

- Ökoeffizienz verknüpft Ökologie und Ökonomie
- Ökoeffizientes System: Maximaler Nutzen bei minimalen Umweltauswirkungen
- Bestimmung der technischen Ökoeffizienz aus berechneter Einsatzplanung
- Kriterien:
 - Ökologie: CO₂ Emissionen der Strombereitstellung
 - Ökonomie: Kosten Strombezug
 - Technologie: Lastflussanalysen, Anlagenparameter, Autarkiegrad



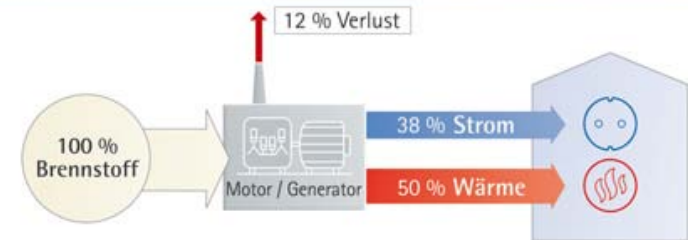
Bilanzraum des Virtuellen EVS



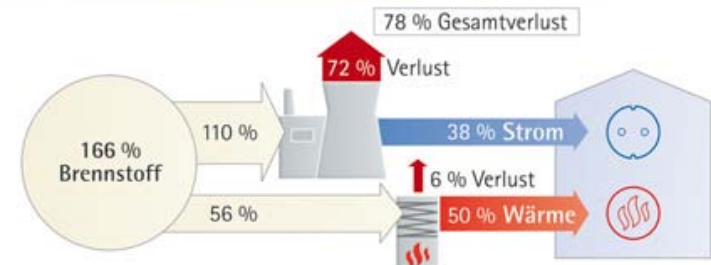
THG Emissionen der Kraft-Wärme-Kopplung

- Größere Brennstoffnutzung als getrennte Erzeugung
- Betrachtetes BHKW
 - 50 kW_{el} , $\eta = 0,293$
 - 100 kW_{th} , $\eta = 0,586$
- THG Emissionen
 - $729 \text{ g CO}_2 \text{ eq je } 1 \text{ kWh}_{el} \text{ und } 2 \text{ kWh}_{th}$
- Zum Vergleich
 - Strommix: $583 \text{ g CO}_2 \text{ eq}$
 - Heizungsmix: $320 \text{ g CO}_2 \text{ eq}$

KRAFT-WÄRME-KOPPLUNG (Blockheizkraftwerk)



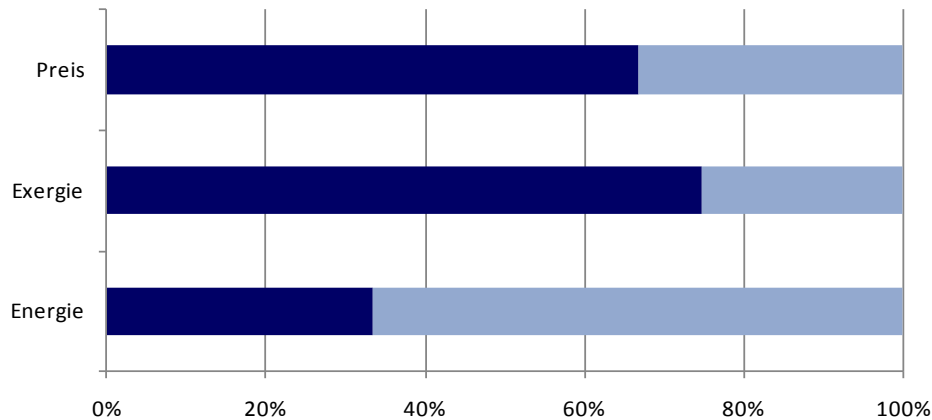
GETRENNTE ERZEUGUNG (Strom im Kraftwerk / Wärme im Kessel)



Quelle: Currenta GmbH & Co. OHG

Allokation THG Emissionen der KWK

- Möglich z.B. nach Preis, Exergie und Energie



$$AF_{ex} = \frac{w_{el}}{w_{el} + w_{th}} = \frac{1}{1+0,17} = 0,855$$

$$AF_{spez} = \frac{AF_{ex} \eta_{el}}{AF_{ex} \eta_{el} + (1-AF) \eta_{th}} \frac{E_{th,genutzt}}{E_{th,gesamt}} + \frac{E_{th,ungenutzt}}{E_{th,gesamt}}$$

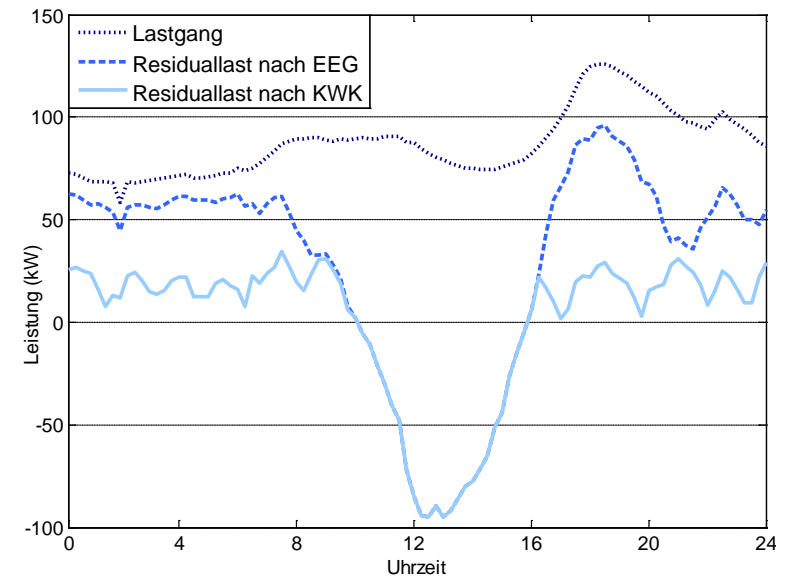
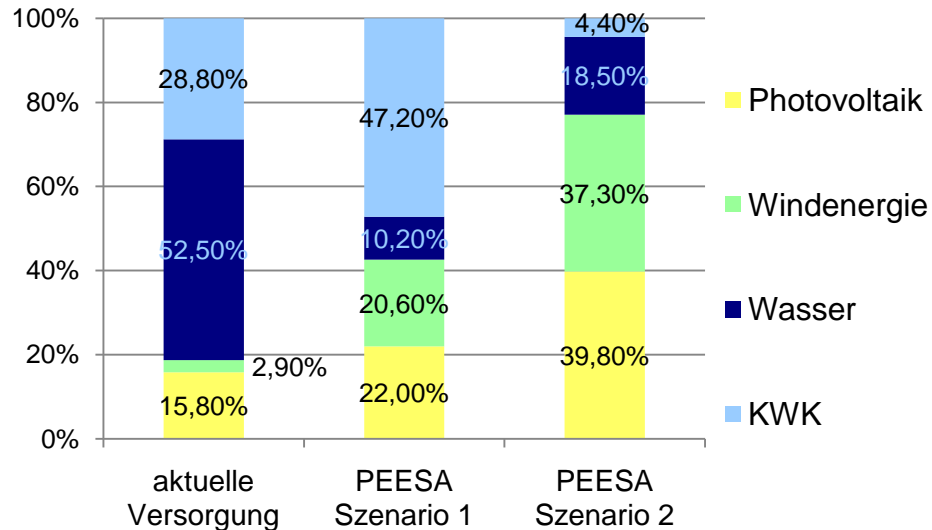
THG Emissionen pro kWh in g CO ₂ eq	Energie	Exergie	Preis
Elektrisch	243	544	486
Thermisch	243	92	122

Erweiterung des Bilanzraums

- Betrachtung der vollständigen Strom- und Wärmeversorgung
 - Gesamte Emissionen unabhängig von der Allokation
- Unsicherheiten
 - Heizungstechnologien im Untersuchungsgebiet
 - Wärmebedarf der einzelnen Haushalte
- Versorger verkauft Strom, keine Wärme
 - Stromkennzeichnung

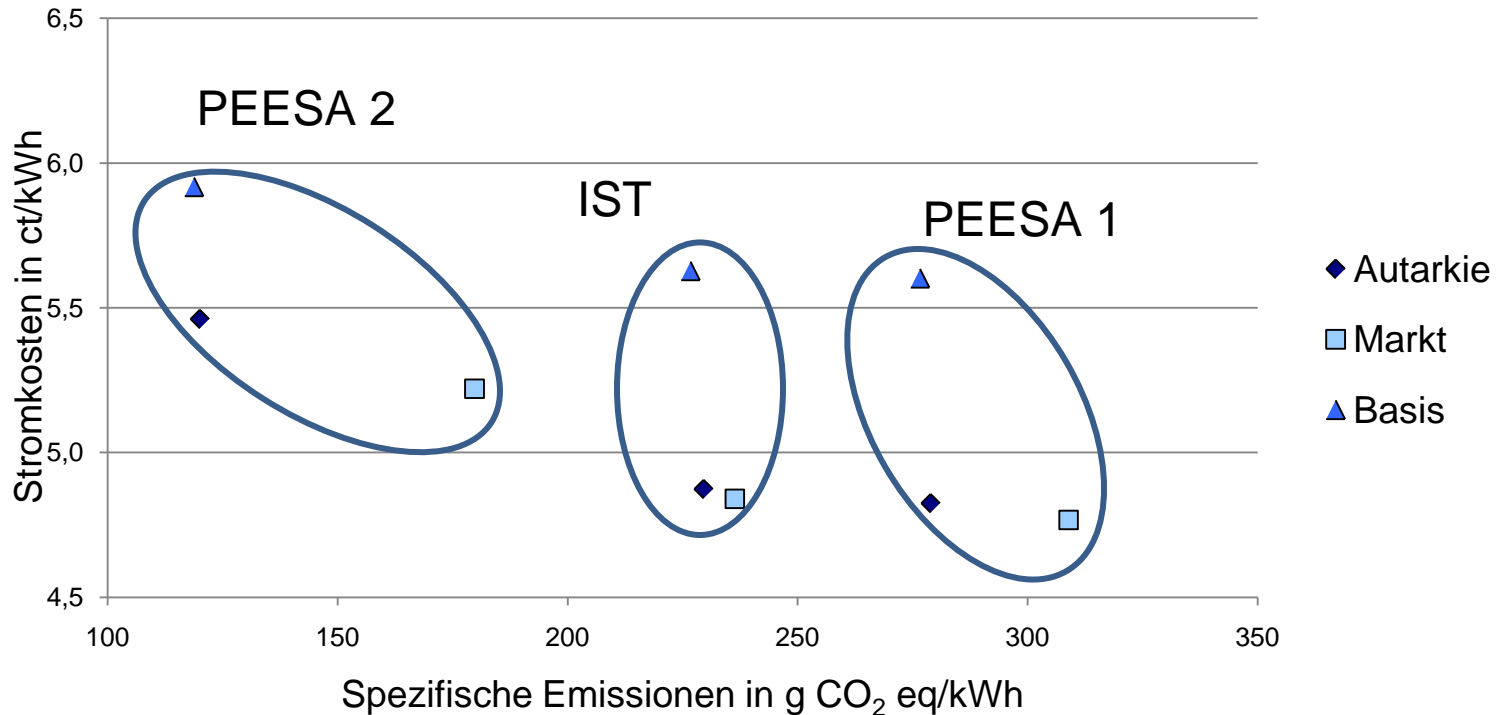
Betrachtetes Versorgungsgebiet

- Ländliches Netz, ca. 200 private Haushalte
- Verbrauch: 1 GWh/Jahr
- 3 Ausbauszenarien mit Schwerpunkten Wasser, KWK und PV/Wind



Ergebnisse Ökoeffizienz

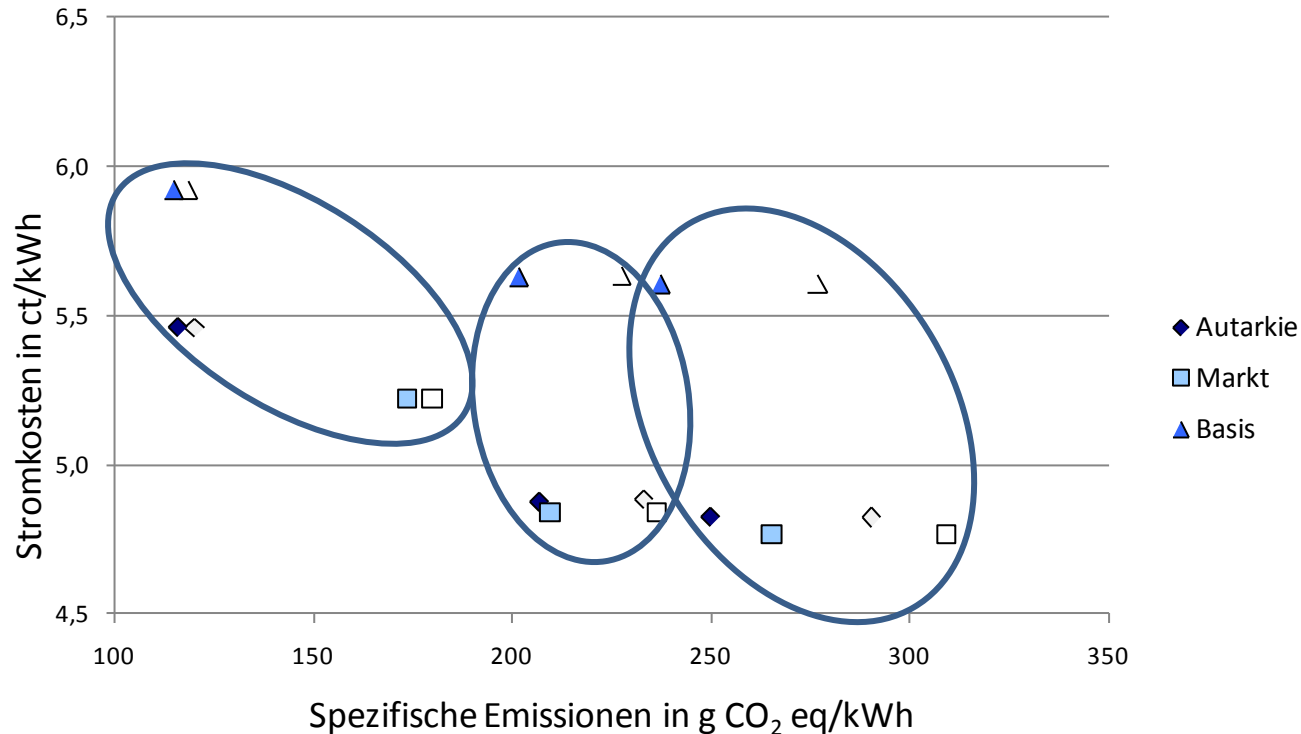
Vergleich der Betriebsstrategien



- Reduktion der Stromkosten durch Betrieb und Vermarktung im Virtuellen EVS
- Betriebsstrategie Markt erhöht spezifische CO₂ Emissionen

Einfluss des Allokationsfaktors

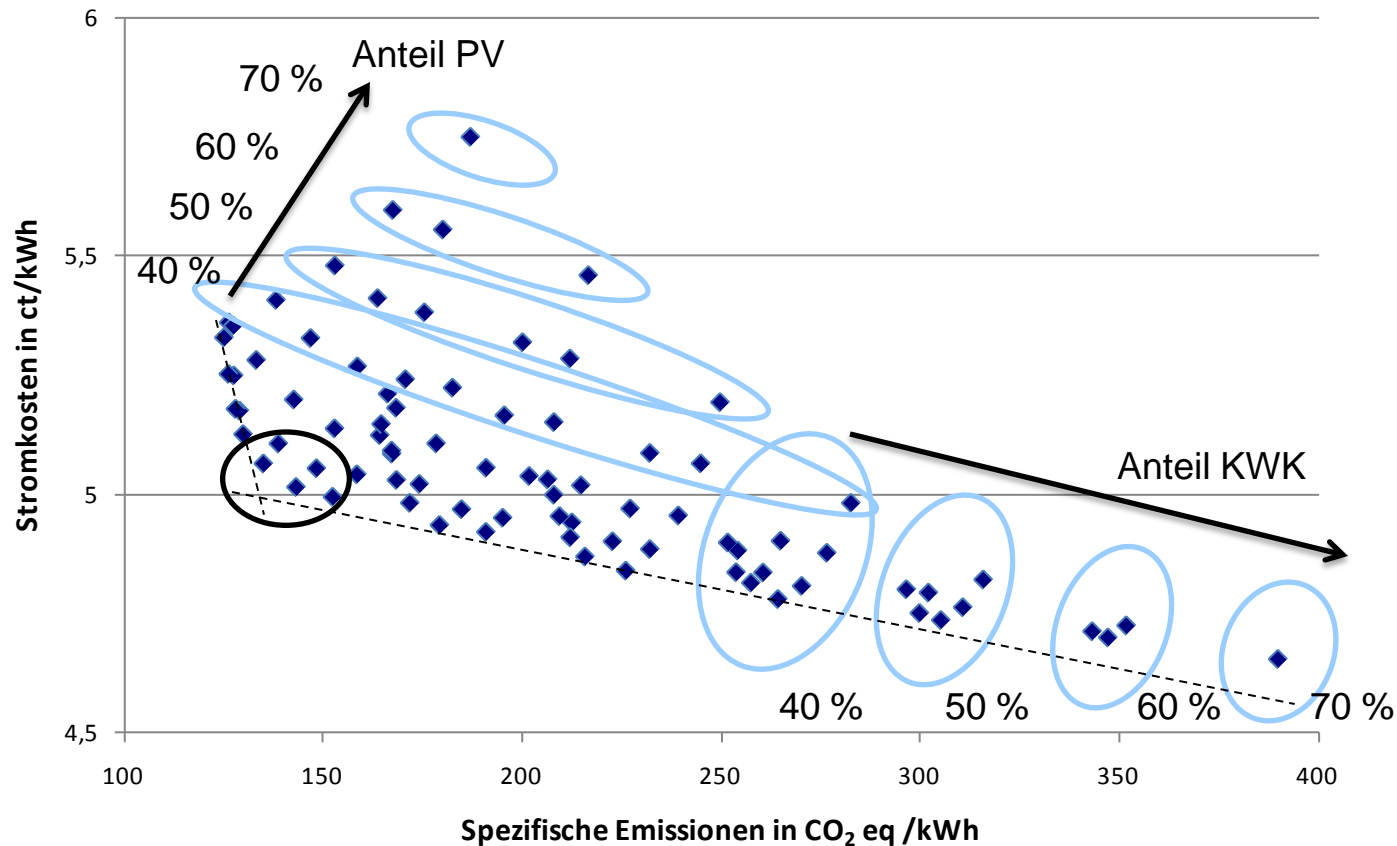
$AF_{\text{Energie}} = 0,85$ (grau) und $AF_{\text{Preis}} = 0,75$ (blau)



- Allokationsfaktor beeinflusst massiv Szenarien mit hohem KWK-Anteil

Ergebnisse Ausbauplanung

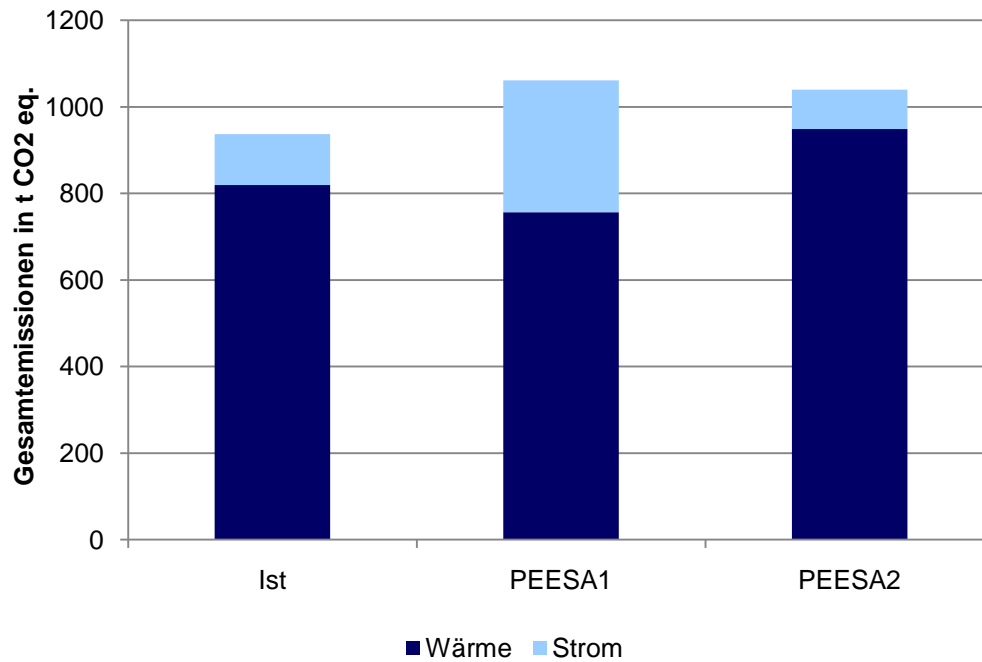
Stromkosten (Allokation Exergie)



- KWK senkt die Kosten bei Steigerung der CO₂ Emissionen
- Ökoeffiziente Szenarien mit kleinen Anteilen der Photovoltaik

Systemerweiterung

- Wärme wird durch KWK oder Heizung (nach D-Mix) bereitgestellt
- Festes Heat-To-Power Ratio



Zusammenfassung

- Ökoeffizienzanalyse von Energieversorgungssystemen mit KWK bringen oft Fragestellungen der Allokation
- Technische Aspekte werden berücksichtigt
- Zielkonflikt erschwert Wahl eines notwendigen Allokationsfaktors
- Strombezugskosten zwischen 4,8 und 6,5 ct / kWh und damit auf Niveau wie bei Bezug über Strombörse
- Reduktion der spezifischen CO₂ Emissionen um 50 bis 75 % im Vergleich zum deutschen Strommix auf 120 bis 300 g CO₂ eq / kWh

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Armin Schnettler

Dipl.-Ing. Stefan Kregel

Institut für Hochspannungstechnik

RWTH Aachen

Schinkelstr. 2

52056 Aachen

kregel@ifht.rwth-aachen.de