

Auswirkungen einer CO₂-Steuer auf Dezentrale Energieversorgungssysteme mit Kraft-Wärme-Kopplung und deren Interaktion mit dem Verteilnetz, analysiert am Beispiel eines städtischen Mikronetzes



24. September 2002, Technische
Museum, Wien

Michael Stadler

Kontakt: stadler@risc.iew.tuwien.ac.at



DEV Team: Jennifer L Edwards, Ryan M Firestone, Chris Marnay, Srijay Ghosh, Afzal Siddiqui, Michael Stadler

Inhalt des Vortrags

- Einleitung – Ziel des Vortrags
- Daten zu Dezentralen Energieversorgungssystemen (DEV) in den USA
- Das Konzept des Mikronetzes
- Lösungsansatz, Modellbeschreibung und vereinfachtes mathematisches Modell
- Daten (Lastprofile, Technologien, Tarife)
- Auswirkungen (in Abhängigkeit einer CO₂ Steuer)
 - auf die installierten Technologien
 - auf die CO₂ Emissionen
 - auf das (Makro-) Netz
- Schlussfolgerungen

Einleitung - Ziel des Vortrags

- Auswirkung von DEV (und CO₂ Steuer) auf das Verteilnetz
- Auswirkung einer CO₂ Steuer auf die Einführung von DEV
... zu untersuchen, anhand eines städtischen Mikronetzes in Kalifornien.

Beantwortung dieser Fragen:

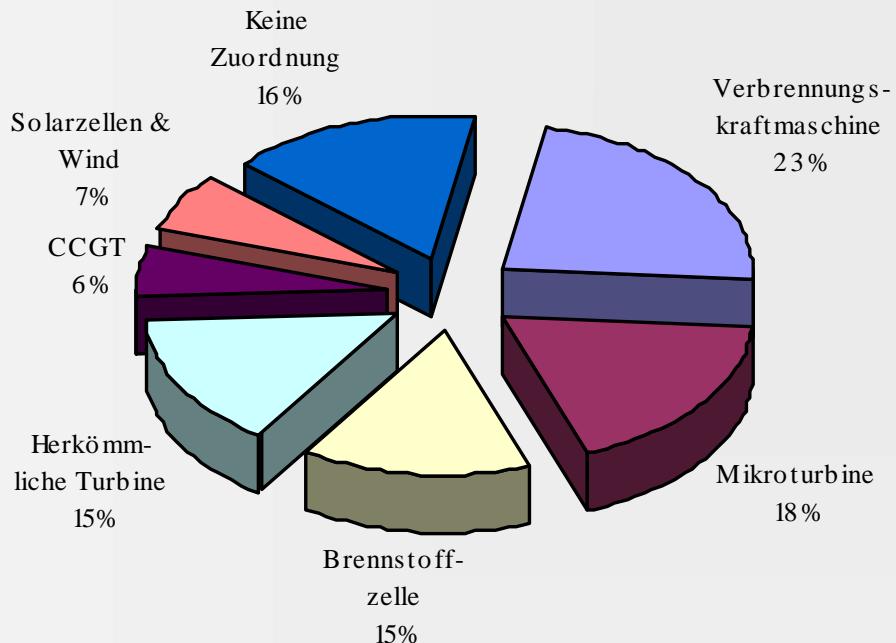
Ökonomisches Modell (Customer Adoption Model), entwickelt am Lawrence Berkeley Laboratory.

Es zeigt sich:

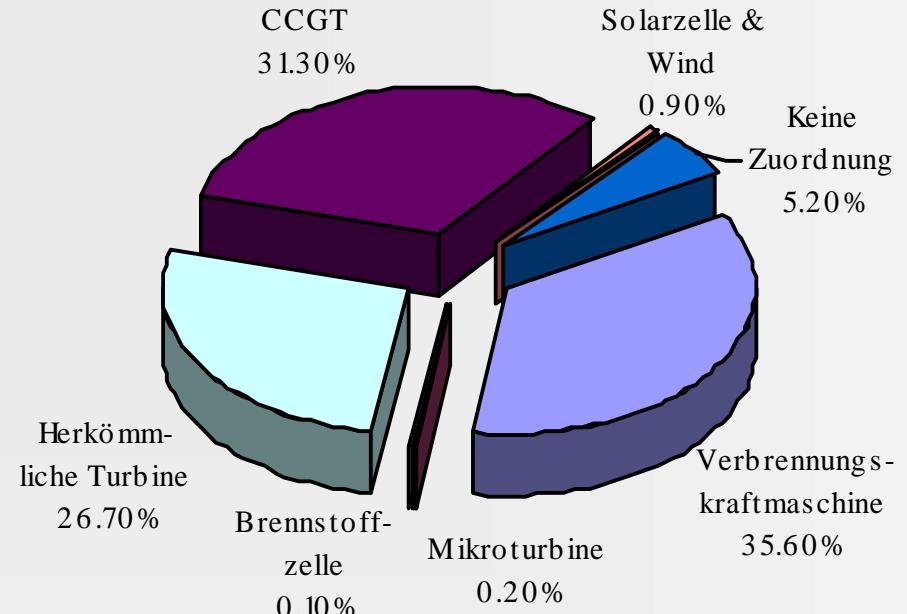
- ✓ DEV erhöht die Zuverlässigkeit der Stromversorgung
- ✓ Erhöht die Energieeffizienz
- ✓ Reduktion der Spitzenlast
- ✓ DEV kann Investitionen in Netze verzögern...

Fakten zu DEV in den USA (1)

DEV nach installierten Anlagen

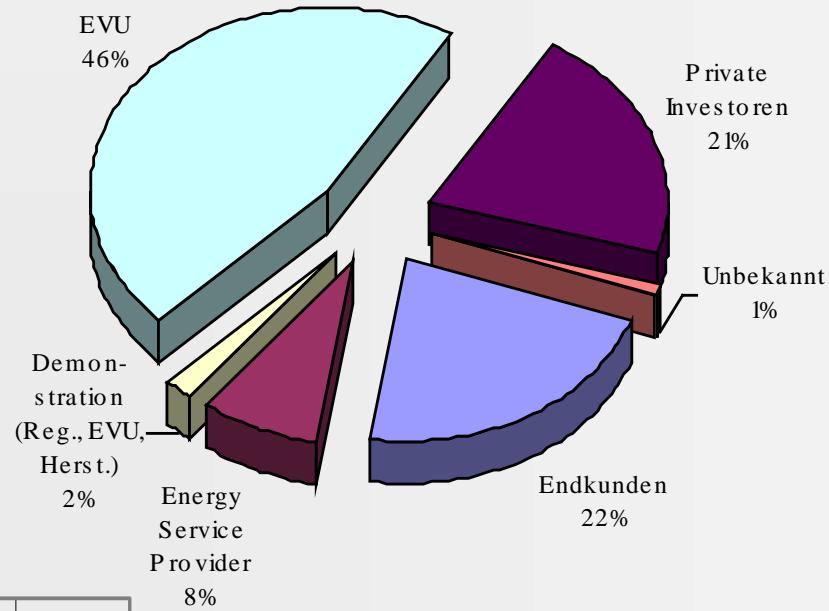


DEV nach installierten Leistungen

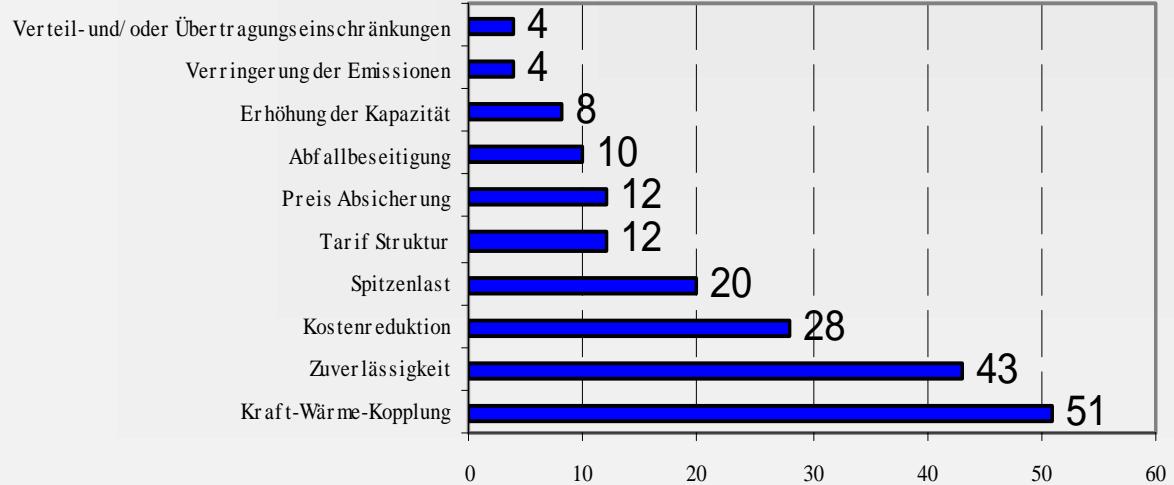


Fakten zu DEV in den USA (2)

46% der DEV in Besitz der EVU!



Gründe für die Installation von DEV



Rund 2000 DEV mit Kraft-Wärme-Kopplung in den USA 1999 in Betrieb

Das Konzept des Mikronetzes

Ein μ Netz besteht aus einer lokalen semi autonomen Gruppierung von Lasten, Erzeuger und Speicher, welche koordiniert zusammenarbeiten, entweder passiv oder aktiv.

Warum DEV vermehrt in näherer Zukunft:

- ✓ Kleinkraftwerkstechnologien werden in Kosten sinken und ihre Performance wird sich verbessern
- ✓ Umweltbetrachtungen, Fossile Brennstoffkosten, Zuverlässigkeit und andere Randbedingungen werden die Erweiterung von existierenden Stromversorgungsinfrastrukturen schwierig machen.
- ✓ Aufgrund der Nähe zwischen Erzeuger und Verbraucher wird der Vorteil der Economics of Scale immer mehr in den Hintergrund gedrängt werden.
- ✓ Leistungselektronik wird kostengünstig im Stande sein asynchrone Netze zu synchronisieren und einen reibungsfreien Betrieb von μ Netz und Verteilnetz zu gewährleisten.

Das Konzept des Mikronetzes (2)

“Virtuelles” Mikronetz in San Diego

Name	Anzahl	Fläche (m ²)	Stromverbrauch (MWh/Jahr)	Spitzenlast(kW)	Spitzenlast-Stunde
Wohnung	45	45	242	50	Dezember Wochenende 17:00
Büro	6	1119	234	72	Juli Arbeitstag 13:00
Arztpraxis	1	758	242	87	Juli Arbeitstag 13:00
Händler 1	4	2549	647	172	Juli Wochenende 15:00
Händler 2	2	314	111	26	Juli Wochenende 15:00
Händler 3	2	1280	256	54	Oktober Arbeitstag 18:00
Händler 4	4	556	141	37	Juli Wochenende 15:00
Restaurant	3	533	366	69	Juli Wochenende 19:00
Spital	1	15530	2449	406	Januar Wochenende 8:00
Wäscherei	1	333	67	18	Juni Arbeitstag 18:00
Total		15863	2516	886	Juli Arbeitstag 15:00

Lösungsansatz & Modellbeschreibung

Strikt kundenorientierter Ansatz

Zielfunktion des Modells: Kosten für die Energiebereitstellung zu minimieren

Annahmen des Modells:

- Die Entscheidungen basieren rein auf ökonomischen Überlegungen, d.h. der einzige messbare Vorteil für das µNetz ist eine Kostenreduktion.
- Keine zusätzliche Dienstleistungen oder bilaterale Verträge werden berücksichtigt.
- Es werden keine „Start Up“ Kosten berücksichtigt. Diese Tatsache überschätzt DEV.
- Economics of Scale in den Betriebs- und Wartungskosten werden vernachlässigt. Diese Tatsache unterschätzt DEV.

Ergebnisse der Optimierung:

- Installierte Technologien
- Stündliche Einsatzplan
- Gesamtkosten für die Energiebereitstellung
- C-Emissionen
- Kosten der C-Emissionen...

Vereinfachtes mathematisches Modell

$$\begin{aligned}
 & \min_{\substack{\text{InstallierteAnzahl}_i \\ \text{ErzeugteLeistung}_{i,m,t,h,u} \\ \text{GasKauf}_{m,t,h,u} \\ \text{Abwaerme}_{i,m,t,h,u}}} \\
 & \sum_m \sum_t \sum_h \sum_u \text{StromLastEVU}_{m,t,h,u} \cdot \left(\begin{array}{l} \text{StromTarif}_{m,t,h} \\ + \text{CSteuer} \cdot \text{CEmissionsRateNetz} \end{array} \right) \\
 & + \sum_i \sum_m \sum_t \sum_h \sum_u \text{ErzeugteLeistung}_{i,m,t,h,u} \cdot \text{VariablekWh}_i \\
 & + \sum_i \sum_m \sum_t \sum_h \text{ErzeugteLeistung}_{i,m,t,h} \cdot \text{CSteuer} \cdot \text{CEmissionsRate}_i \\
 & + \sum_i \text{InstallierteAnzahl}_i \cdot (\text{Kapitalkosten}_i) \cdot \text{Annuitaet}_i \\
 & + \sum_m \sum_t \sum_h \sum_u \text{GasKauf}_{m,t,h,u} \cdot \text{Umrechnungsfaktor} \cdot \\
 & \quad \left(\text{Gas Preis}_{m,t,h} + \text{CSteuer} \cdot \text{CEmissionsRateGas} \right) \\
 & + \text{Rest} \quad (\$)
 \end{aligned}$$

Randbedingungen:

$$\begin{aligned}
 \text{Last}_{m,t,h,u} &= \sum_i \text{ErzeugteLeistung}_{i,m,t,h,u} + \text{StromLastEVU}_{m,t,h,u} + \beta_u \cdot \text{GasKauf}_{m,t,h,u} \\
 &+ \sum_i (\gamma_{i,u} \cdot \text{Abwaerme}_{i,m,t,h,u}) \quad \forall m, t, h, u
 \end{aligned}$$

$$\sum_u \text{ErzeugteLeistung}_{i,m,t,h,u} \leq \text{InstallierteAnzahl}_i \cdot \text{MaxLeistungDEV}_i \quad \forall i, m, t, h$$

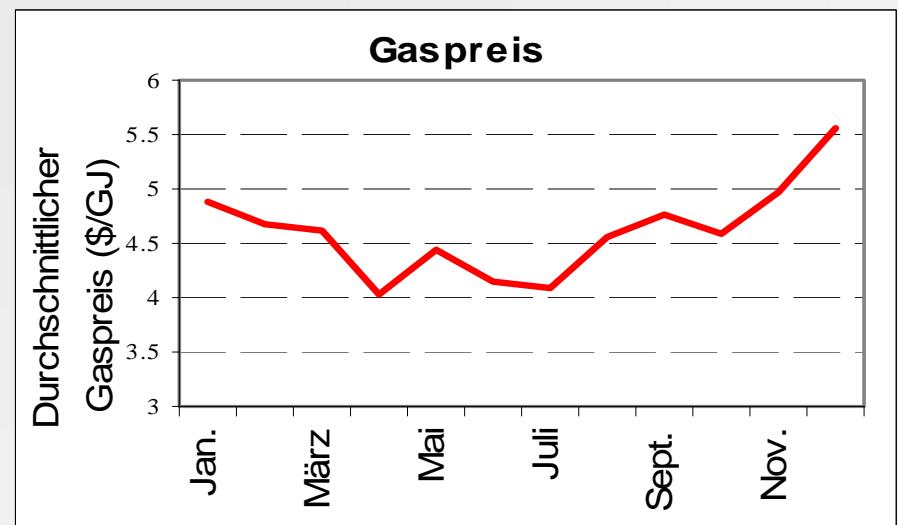
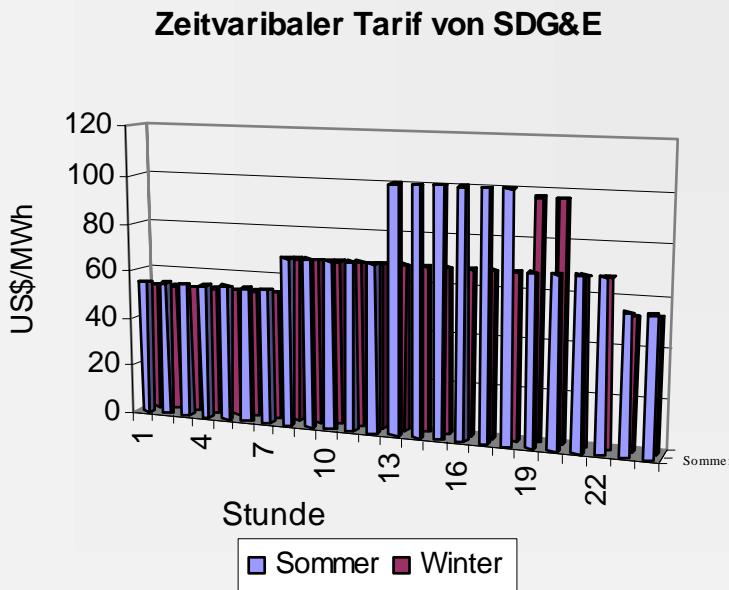
$$\begin{aligned}
 \sum_m \sum_t \sum_h \sum_u \text{ErzeugteLeistung}_{i,m,t,h,u} &\leq \text{InstallierteAnzahl}_i \cdot \text{MaxLeistungDEV}_i \cdot \\
 &\cdot \text{MaxEinsatzdauerDEV}_i \quad \forall i
 \end{aligned}$$

$$\sum_u \text{Abwaerme}_{i,m,t,h,u} \leq \alpha_i \cdot \sum_u \text{ErzeugteLeistung}_{i,m,t,h,u} \quad \forall i, m, t, h$$

Daten

Die notwendigen Eingabedaten in das Modell sind:

- Die Strom und Gaslasten des μ Netz
- Der Strom- und Gas/Diesel Tarif
- DEV Technologien (Backup Systeme (Diesel & Gas), Mikroturbinen, Brennstoffzellen, Solarzellen), Kapitalkosten, Betriebskosten, Wartungskosten, Lebensdauer, Zinsraten
- Emissionsrate des Makronetzes
- Thermodynamische Parameter für die Kraft-Wärme-Kopplungen
- CO₂ Steuer

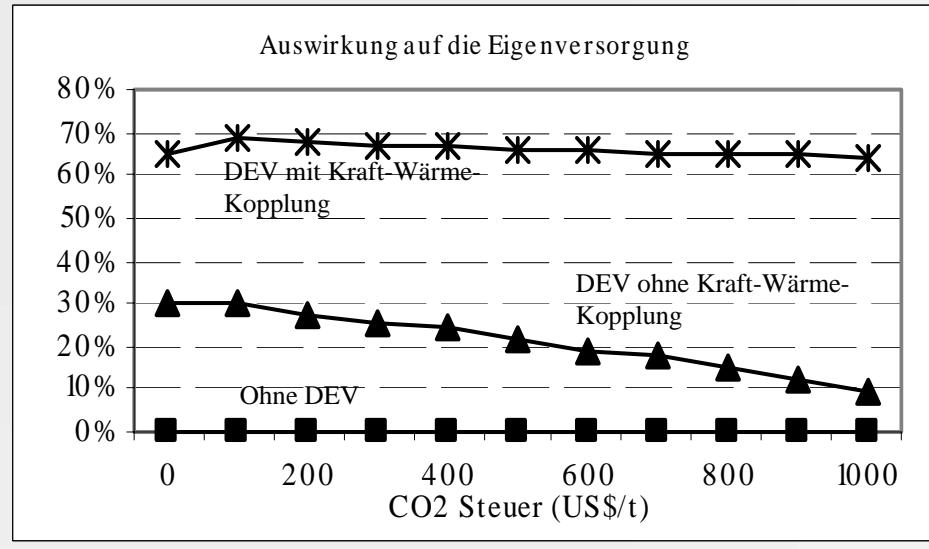
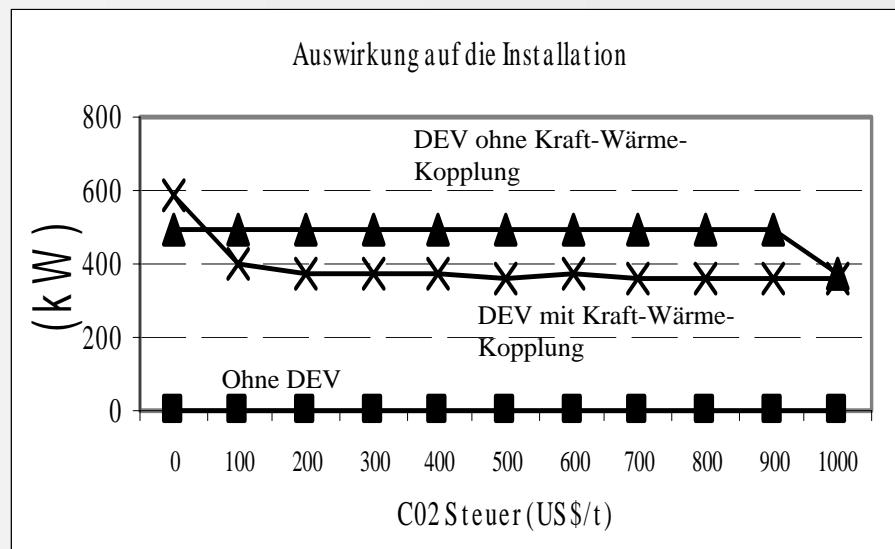


Auswirkungen (1)

Drei verschiedene Fälle:

- Do-Nothing: Keine Installation von DEV (Bezug der gesamten Energie vom Makronetz)
- Installation von DEV ohne Kraft-Wärme-Kopplung
- Installation von DEV mit Kraft-Wärme-Kopplung

Einfluss der CO₂ Steuer auf die installierten Technologien

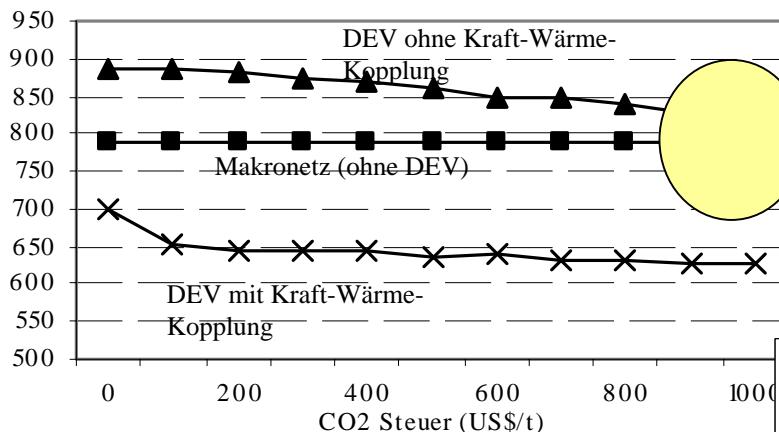


Es werden praktisch nur kostengünstige Diesel- und Gas-Backup Systeme installiert
 Höhere Gesamteffizienz der DEV mit Kraft-Wärme-Kopplung

Auswirkungen (2)

Einfluss der CO₂ Steuer auf die Emissionen

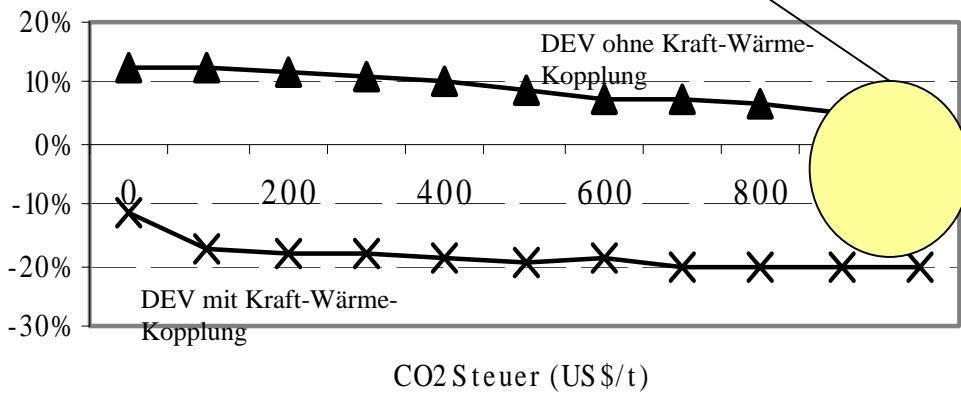
Kohleinstoffemissionen



DEV ohne Kraft-Wärme-Kopplung emittiert mehr CO₂ als das Makronetz!

Solarzellen

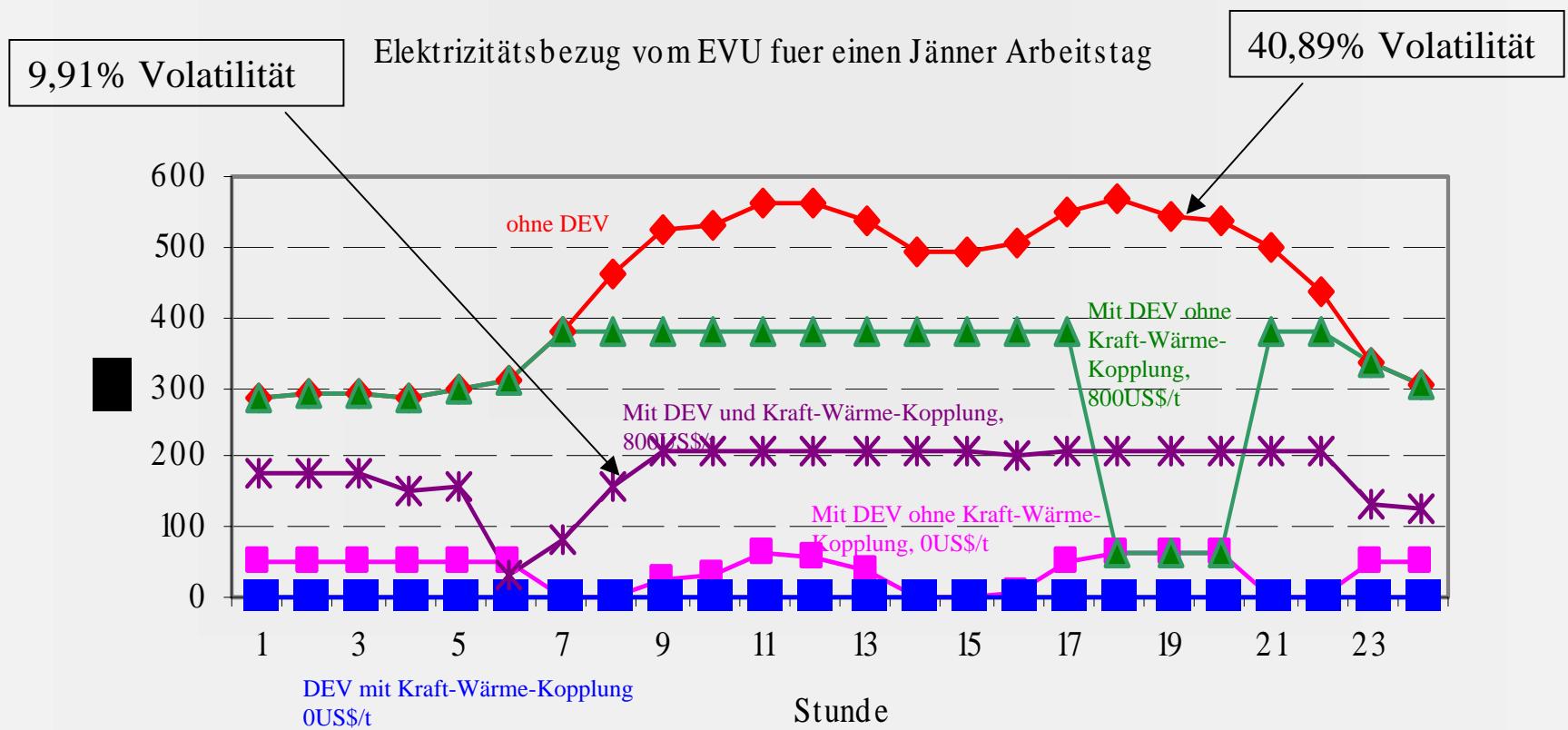
Prozentuelle Änderung in den C-Emissionen verglichen mit "Do Nothing"



DEV mit Kraft-Wärme-Kopplung reduziert die CO₂ Emissionen um 10% ohne jeglicher Steuer!

Auswirkungen auf das Makronetz

Der Bezug von Elektrizität während Spitzenlastzeiten wird stark reduziert



Schlussfolgerungen

C-Emissionsrate (0% CO₂-Steuer):

Do-Nothing (ohne DEV): 0,07kg /kWh_{Energie}

DEV ohne Kraft-Wärme-Kopplung: 0,079kg/kWh_{Energie}

DEV mit Kraft-Wärme-Kopplung: 0,062kg/kWh_{Energie}

	Kunde		EVU		Umwelt
	Reduktion in Kosten	Erhöhung der Zuverlässig.	Reduktion der Spitzenlast	Verzögerg. von Investit.	Redukt. in C-Emiss.
DEV ohne Kraft-Wärme-Kopplung	+	+	(+)	+	-
DEV mit Kraft-Wärme-Kopplung	++	++	+(+)	+	+