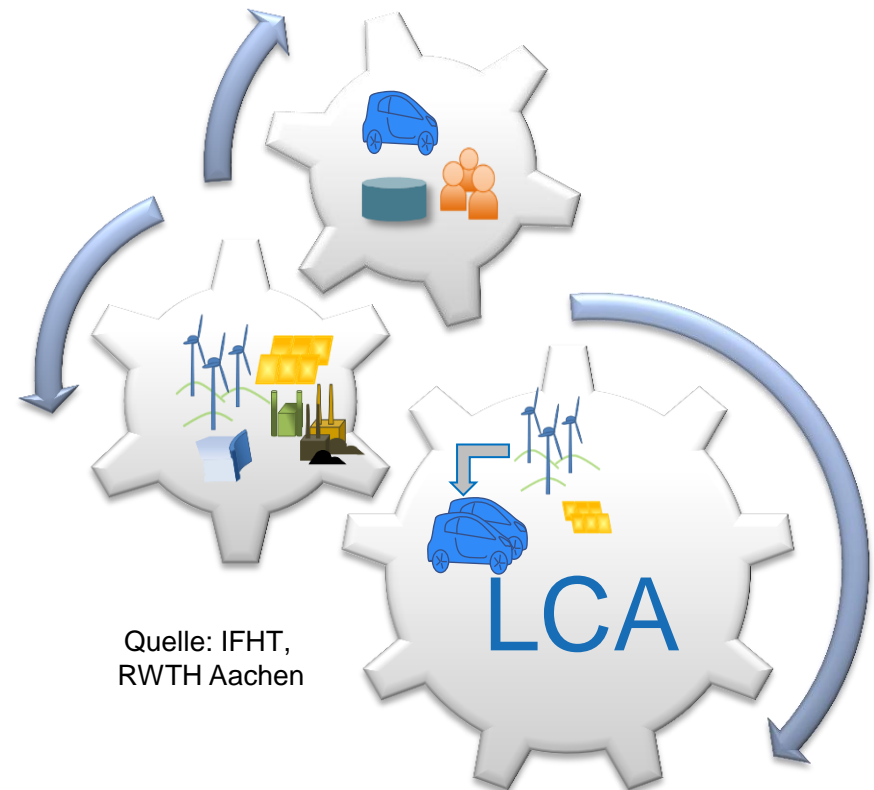


# Szenariobasierte Ökoeffizienzbewertung des Einsatzes von Flexibilisierungsmaßnahmen im Elektrizitätsversorgungssystem

Institut für Hochspannungstechnik

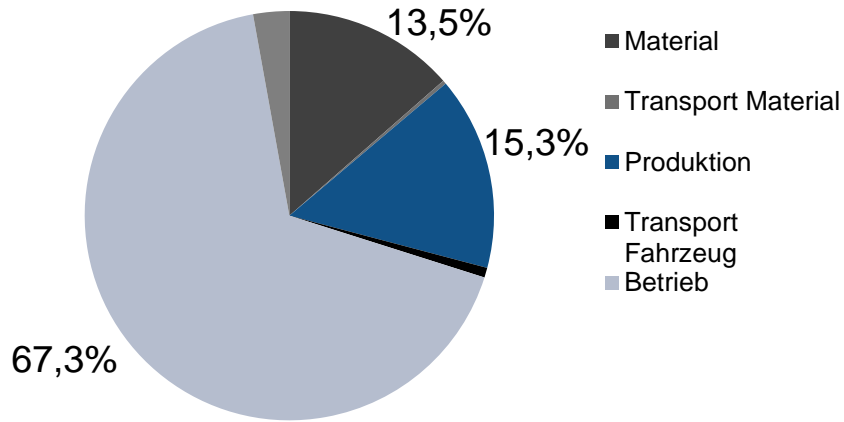
**Eva Szczechowicz**



# Motivation

## Beispiel: Ökobilanz von Elektrofahrzeugen

**Lebensphasen BEV**



- Die Nutzungsphase hat einen hohen Einfluss aufs LCA Ergebnis
- Wesentlich: Ladeenergie

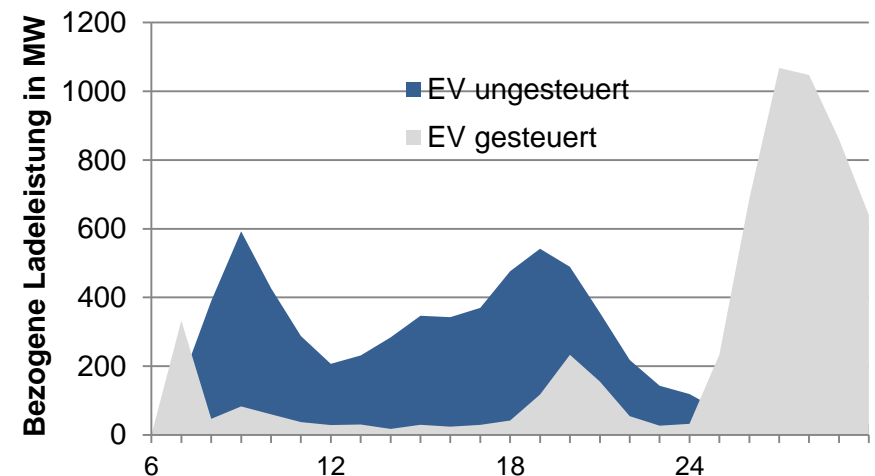
➔ Fokus auf die Nutzungsphase!



## Motivation

### Beispiel: Verschiebepotential von 1 Million Elektrofahrzeuge

- Neuartige Technologien zur Flexibilisierung der Last können zur Beeinflussung des elektrischen Energieversorgungssystems genutzt werden
- Steuerungsstrategien ermöglichen das Verschieben des Ladevorganges mit unterschiedlichen Zielen
  - ➔ Ökologisches Laden
  - ➔ Entlastung des Übertragungsnetzes
  - ➔ Vermeidung des ansonsten notwendigen Kraftwerkszubaues

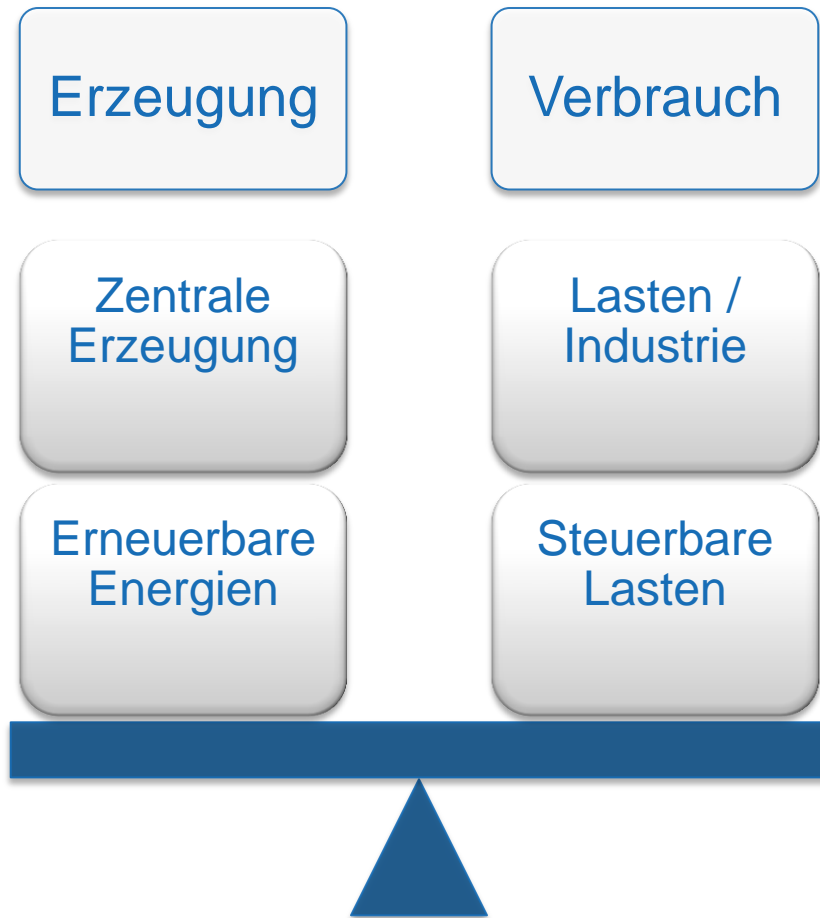


- Wie kann das in einer LCA berücksichtigt werden?

- Typischer Wochentag
- Verschiebepotential ca. 70% der Gesamtenergie
- Ca. 4,5 GWh für 1 Mio. Fahrzeuge

# Zielsetzung

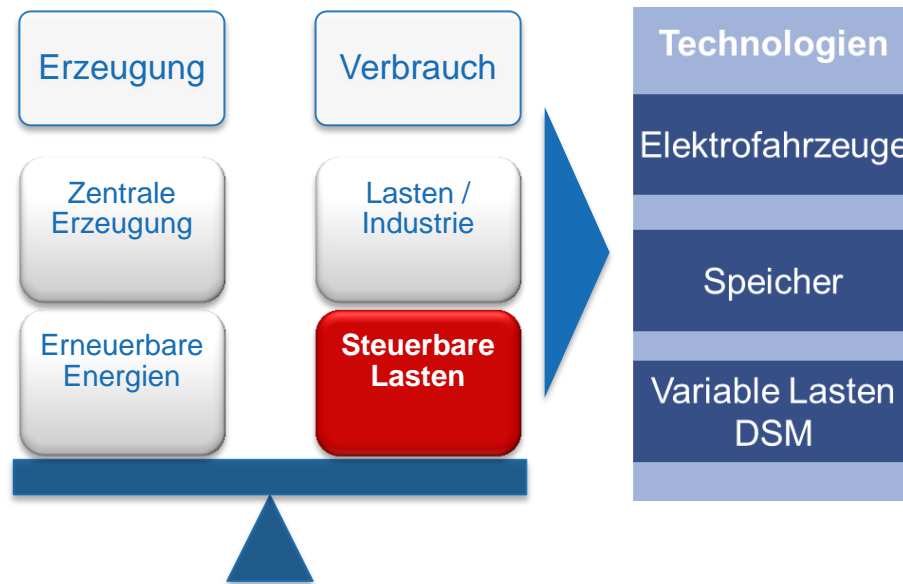
## Nachhaltige Energieversorgung in der Zukunft



- Welchen Beitrag zur nachhaltigen Energieversorgung können lastseitige Flexibilisierungsmaßnahmen leisten?
  - Wie lässt sich das Potential verschiedener Technologien ökologisch sowie ökonomisch bewerten?
- ➔ **Methode zur Ökoeffizienzbewertung verschiedener Technologien**

# Lastseitige Flexibilisierungsmaßnahmen

## Vergleich von gleichartigen Technologien im Gesamtsystem



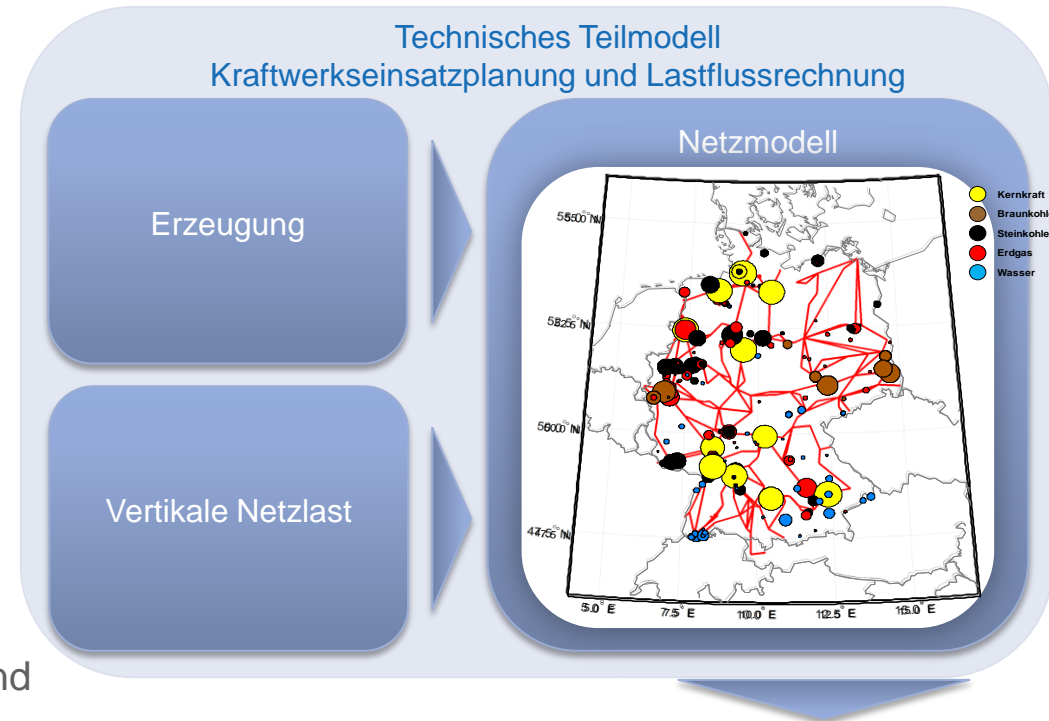
### ■ Technologieauswahl :

1. Steuerbarkeit
2. Keine Erzeuger
3. Gesamtpotential hoch genug, um Einfluss auf das Gesamtsystem zu besitzen

- LCA der Technologien im Gesamtsystem mit Fokus auf der Nutzungsphase
- ➔ Ab wann müssen die Auswirkungen auf das Energiesystem in die ökologische Untersuchung mit aufgenommen werden? (z.B. Durchdringungsrate)

# Modellierung Strommarktmodell mit Netzrestriktionen

- Optimierungsmodell
- Anforderungen
  - ➔ Hohe zeitliche Auflösung
  - ➔ Räumliche Auflösung
  - ➔ (Integration eines Emissionsmarktes)
  - ➔ Berücksichtigung von Netzrestriktionen
  - ➔ Abbildung des Teillastbetriebs
- Integration von Bewertungsmethoden
  - ➔ LCA des Kraftwerksparks, Komponenten und Technologien (Speicher, EV, etc)
  - ➔ Output: Gesamtkosten, verschiedene Emissionen (erweiterbar)
- Ziel:
  - ➔ **Umsetzung einer Ökoeffizienzbewertung der Auswirkungen der untersuchten Technologien auf das Gesamtsystem**



# Modellierung Szenarioanalyse für die zukünftige Entwicklung

1. Szenarioanalyse
2. Trendextrapolation

■ Zeithorizont:  
2010 - 2040

## ■ Erzeugungsseite

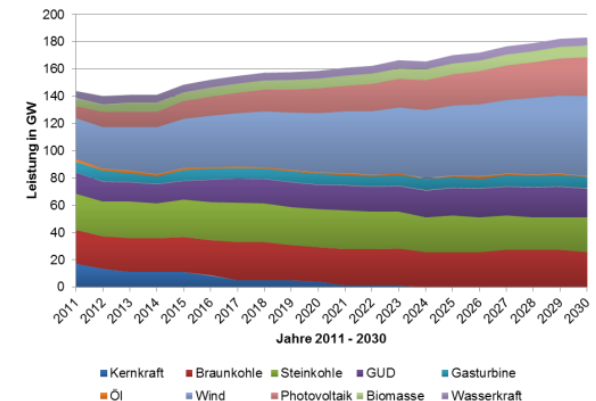
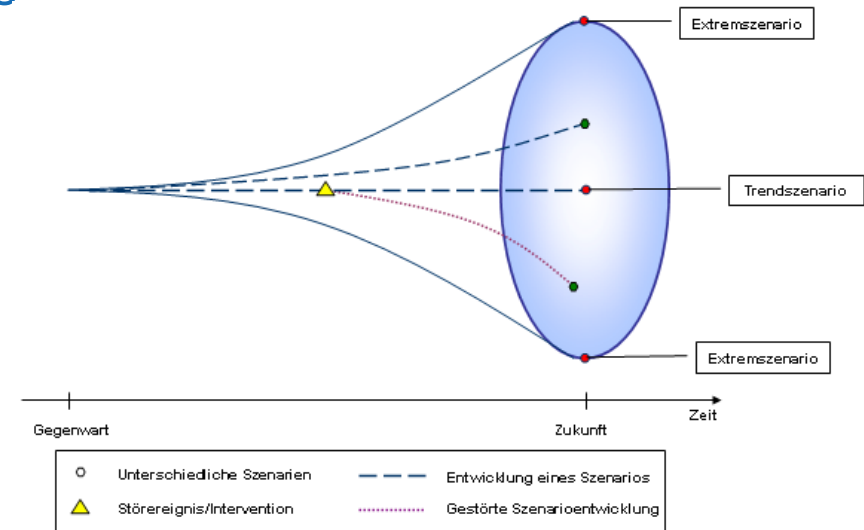
➔ BMU Leitszenarien + geplanter Netzausbau

## ■ Verbraucherseite

➔ Verschiedene Trendextrapolationen der Last-Entwicklungen und Effizienzsteigerungen

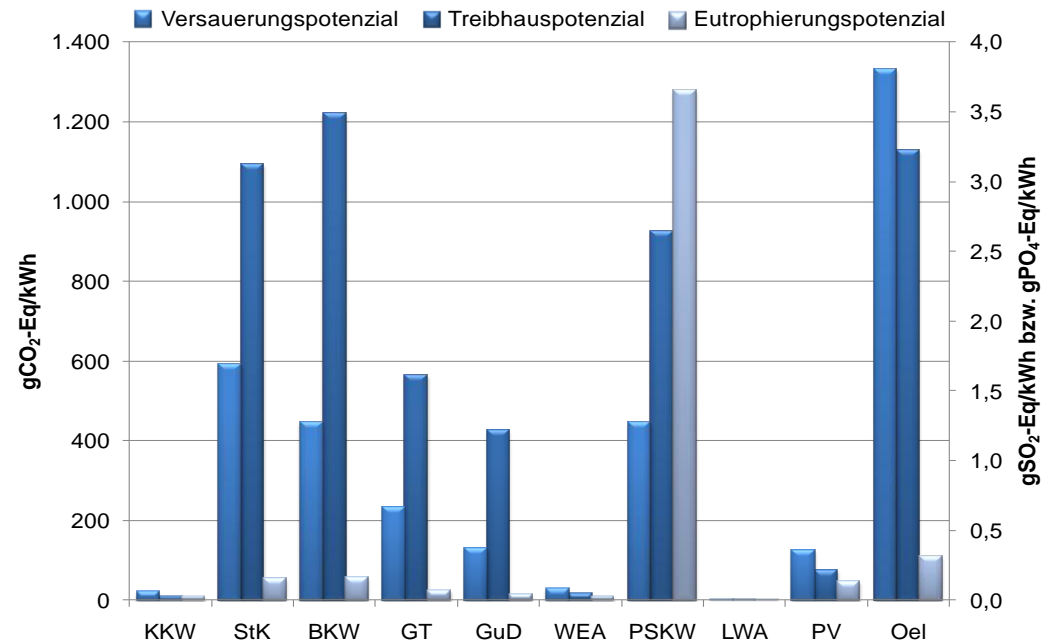
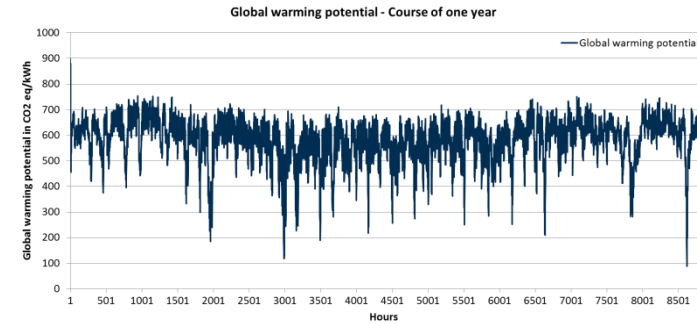
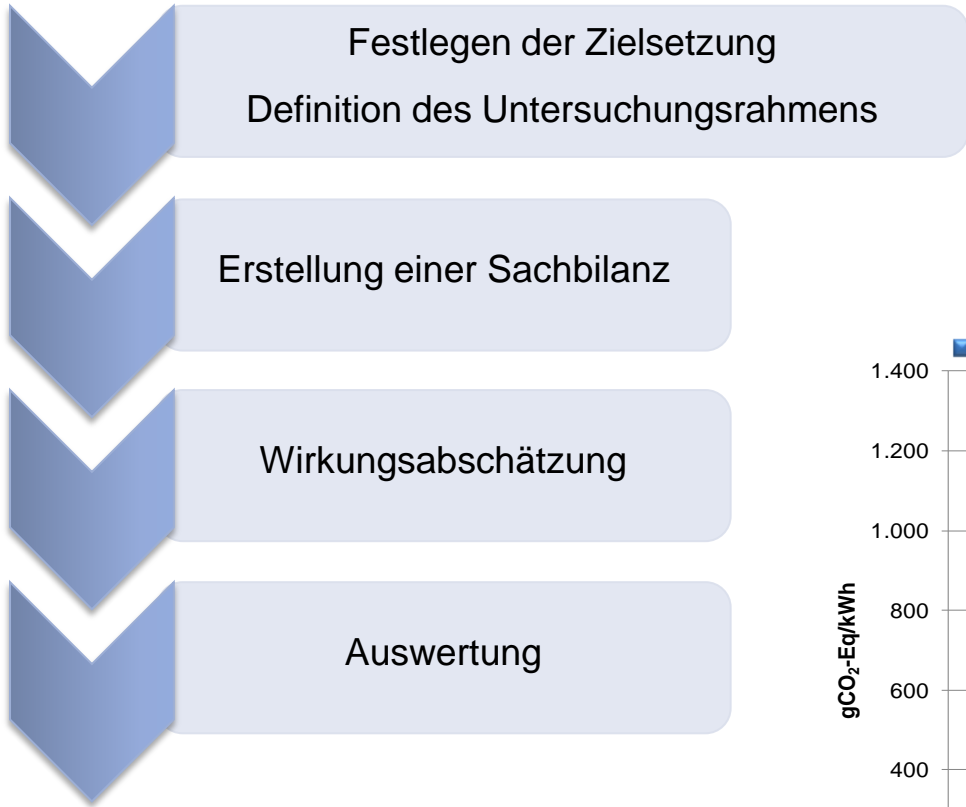
## ■ Technologienentwicklungen

➔ Unsicherheiten in der ökologischen Modellierung von zukünftigen Entwicklungen der Energieversorgung



# Modellierung

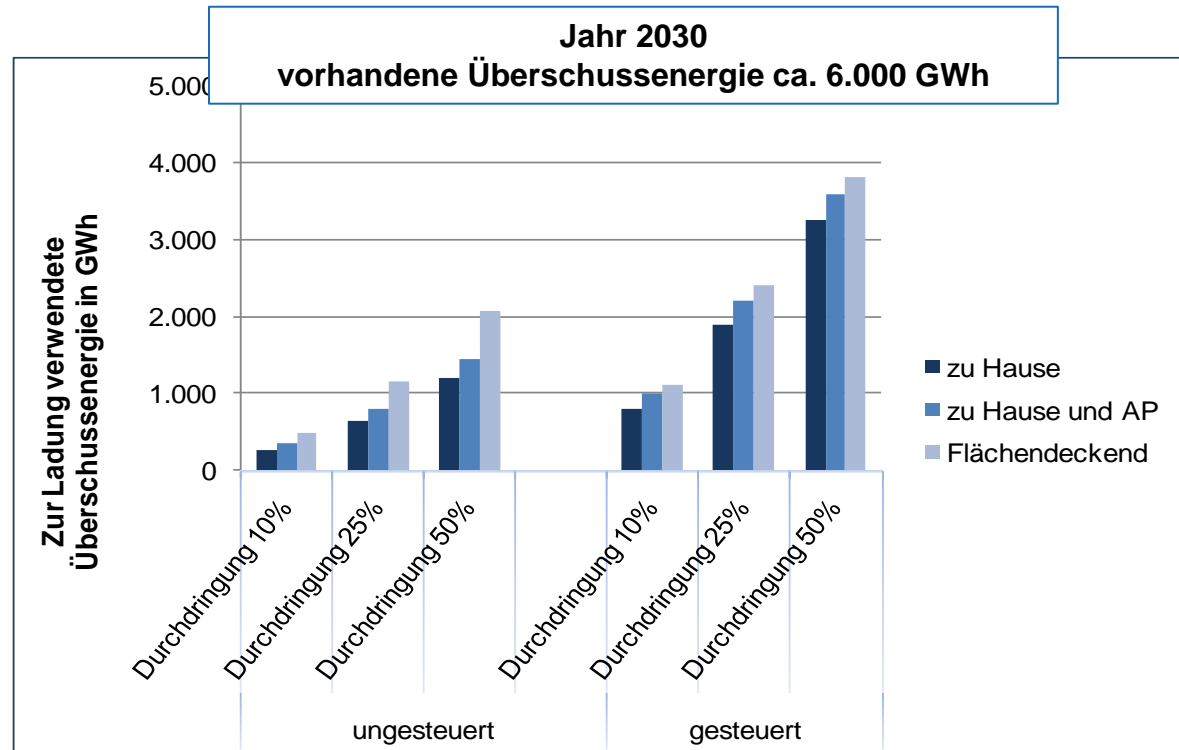
## Vorgehensweise der Ökobilanzierung des Kraftwerksparks





# Technologiebeispiel: Elektrofahrzeuge

## Potential zur zusätzlichen Integration erneuerbarer Energien



- Durch die Steuerung kann zusätzliche Erneuerbare Energie ins System integriert werden, die ansonsten exportiert oder abgeregelt werden müsste.
- ➔ Ökologische und ökonomische Beeinflussung des Gesamtsystems durch die Einbindung von neuen Technologien

# LCA: Nutzungsphase

## Vergleich unterschiedlicher Strommix-Alternativen

Durchschnittsmix DE	Ökostrom	Verursachungsgerecht	Zeitliche Zuordnung
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einfache Lösung</li> <li>• Die entstehenden Emissionen werden gleichmäßig auf alle Lasten verteilt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Gesamtemissionen des Systems steigen (Ungesteuerte Ladung)</li> <li>• Die Menge an erneuerbarer Energie erhöht sich nicht, da vorhandene erneuerbare Energien genutzt werden.</li> <li>• Verschiebung der Emissionen vom Verkehrssektor in den Energiesektor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ermittlung des verursachungsgerechten Emissionen möglich</li> <li>• Kausale Zusammenhänge müssen nachgewiesen werden</li> <li>• Systemrauschen erschwert einen Nachweis vor allem bei geringen Durchdringungen</li> <li>• Zusätzliche erneuerbare Energie kann integriert werden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Genaue zeitliche Zuordnung der Emissionen zum jeweiligen Betriebszeitpunkt</li> <li>• Steuerungen haben einen Einfluss auf die Emissionshöhe der untersuchten Technologien</li> </ul>

- Ökologisches Potential hängt vom Einsatz der Technologien ab!
- Unterschiedliche Herangehensweisen abhängig von Durchdringungsraten notwendig

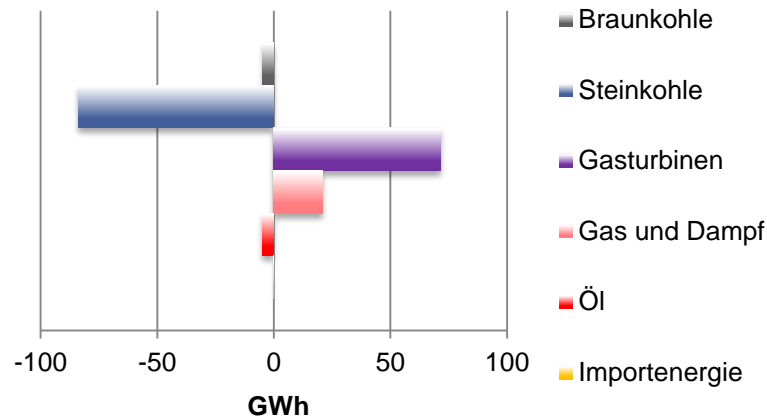
→ Modellierung von komplexen systemischen Zusammenhängen

# Ökoeffizienz

## Vergleich von zwei beispielhaften Steuerungsoptionen für Speicher

- Maximale Emissionsreduktion durch die eingesetzte Technologie

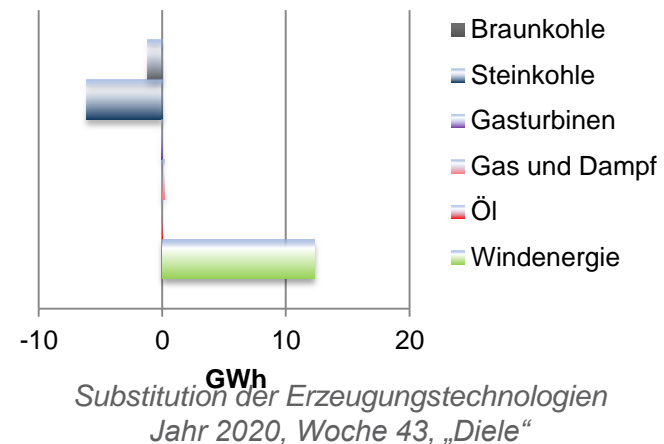
Veränderung der Erzeugungsstruktur nach Speichereinsatz (AA-CAES, 900 MW, Woche 43, 2020)



- ➔ Geringere Emissionen zu deutlich höheren Gesamtkosten!

- Vermehrte Einspeisung emissionsarmer Windenergie

Änderungen der Energiemengen der Kraftwerkstechnologien durch Speicher



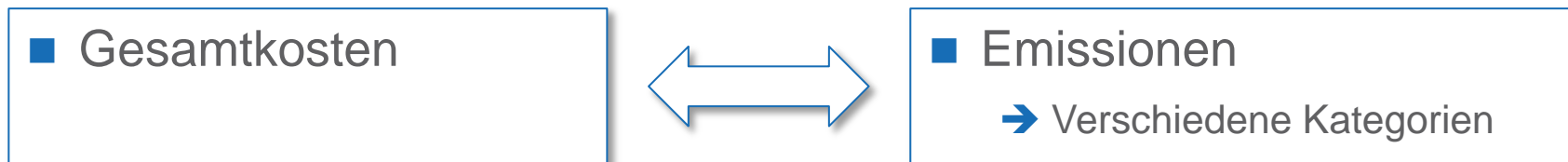
- ➔ Geringere Emissionen und geringere Gesamtkosten

- Methode zur Ermittlung eines ökoeffizienter Einsatz von steuerbaren Technologien zur Optimierung der Kosten und Emissionen

# Ökoeffizienz

## Multikriterielle Bewertung

- Bestimmung des optimalen Einsatzes von Flexibilisierungsmaßnahmen
  - ➔ Bestimmung der Zielfunktion für die Optimierung abhängig von der Gewichtung



- Pareto-effiziente Lösungen
  - ➔ Kein Wert darf sich im Vergleich zum Ausgangssystem verschlechtern.
- Offene Punkte:
  - ➔ Möglichkeit zu Rückschlüssen auf den Einfluss einzelner Technologien
  - ➔ Gewichtung zwischen den einzelnen Bewertungskriterien

## Zusammenfassung

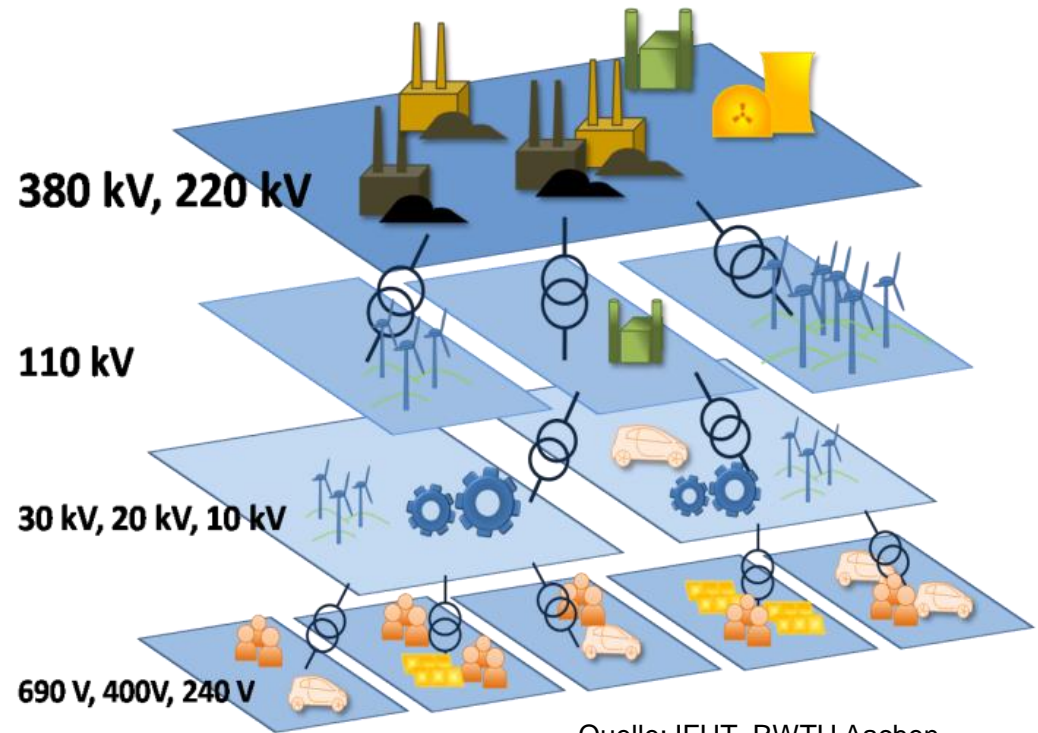
- Neue Technologien (Speicher, EV, DSM) haben zukünftig hohe Auswirkungen auf das gesamte Energieversorgungssystem und können es beeinflussen
- Detaillierte Modellierung der Nutzungsphase notwendig
  - ➔ Energie-Datenbankwerte für die länderspezifischen Emissionen sind für große Durchdringungsraten nicht ausreichend.
  - ➔ Bestimmung der ökologischen Auswirkungen mithilfe einer genauen Optimierung der Technologien im elekt. Energieversorgungssystem inkl. Netzrestriktionen
  - ➔ Abbildung der zukünftigen Entwicklung des Gesamtsystems mithilfe der Szenarioanalyse
- Entwicklung einer Methode zur Ökoeffizienzbewertung von Technologien im Gesamtsystem zur Bestimmung des ökologischen sowie ökonomischen Potentials der verschiedenen, lastseitigen Technologien

## Kontakt:

■ Eva Szczechowicz

[szczechowicz@ifht.rwth-aachen.de](mailto:szczechowicz@ifht.rwth-aachen.de)

Institut für Hochspannungstechnik  
 Abteilung: Nachhaltige Energiesysteme  
 Schinkelstr. 2  
 52056 Aachen  
 Tel.: 0241 80 949 16



Quelle: IFHT, RWTH Aachen