

# Ökologische Bewertung der Nutzungsphase von Elektrofahrzeugen basierend auf einer Kraftwerkseinsatzplanung

Institut für Hochspannungstechnik

Eva Szczechowicz

## Einleitung

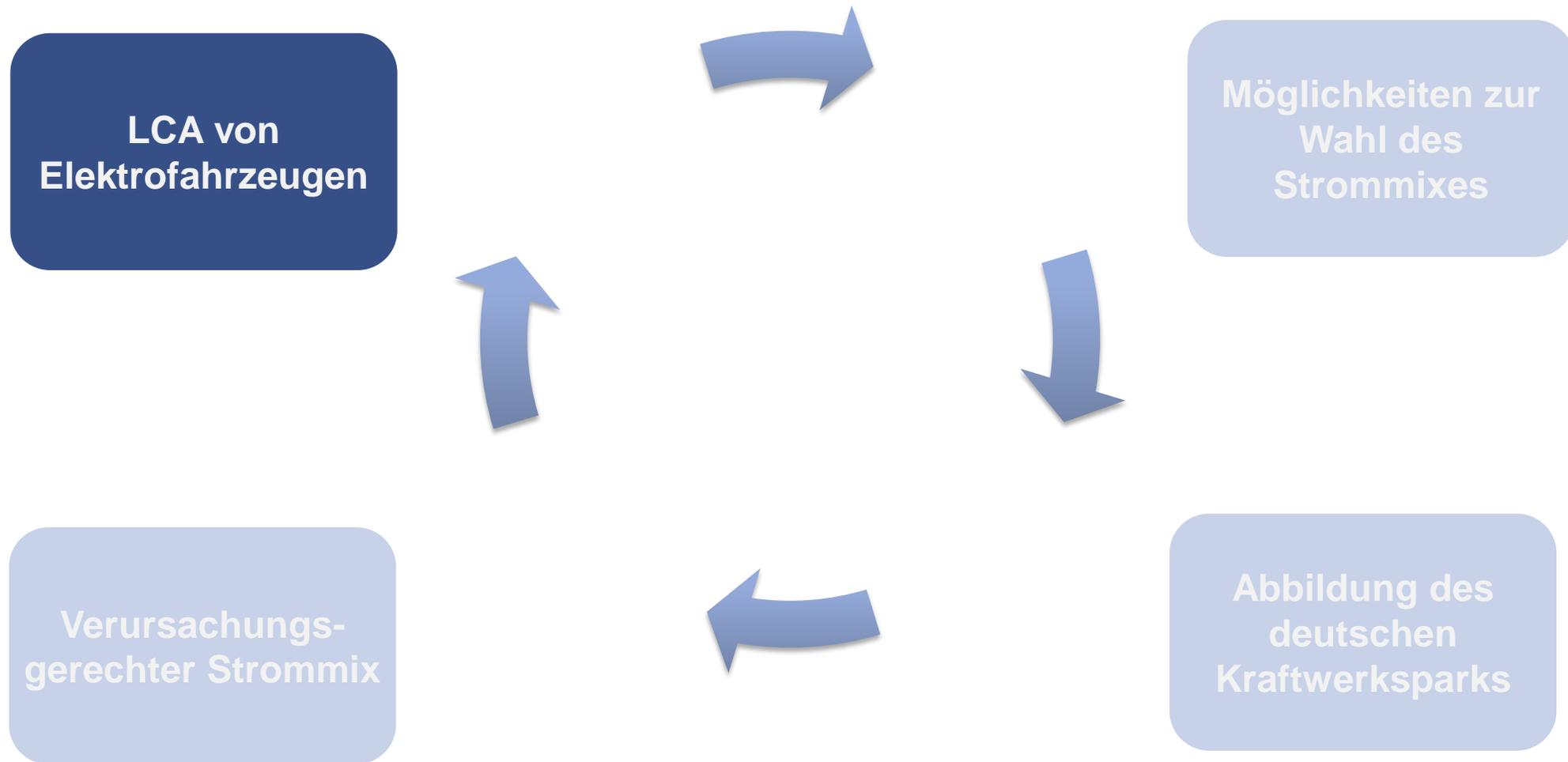
### Energie- und Klimaschutzkonzept für Deutschland

- Ziel: Reduktion von Treibhausgasen im Vergleich zu 1990

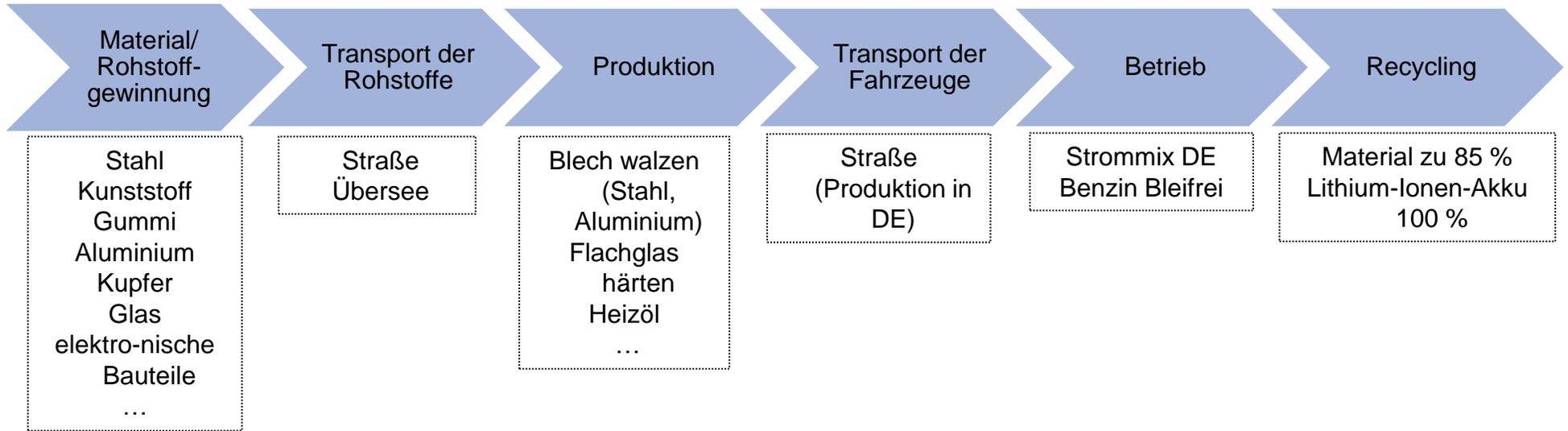
	2020	2050	Einflußmaßnahme
Deutschland	- 20%	- 50%	
Primärenergieverbrauch	- 20%	- 50%	Umweltzertifikate mit fixen Obergrenze + Nationale Allokationspläne
Verkehrssektor	- 10%	- 40%	Einführung verbindlicher CO <sub>2</sub> -Werte durch die EU 120 g CO <sub>2</sub> /km Flottenwert

- Mögliche Lösung für den Verkehrssektor: Elektrofahrzeuge

## Übersicht



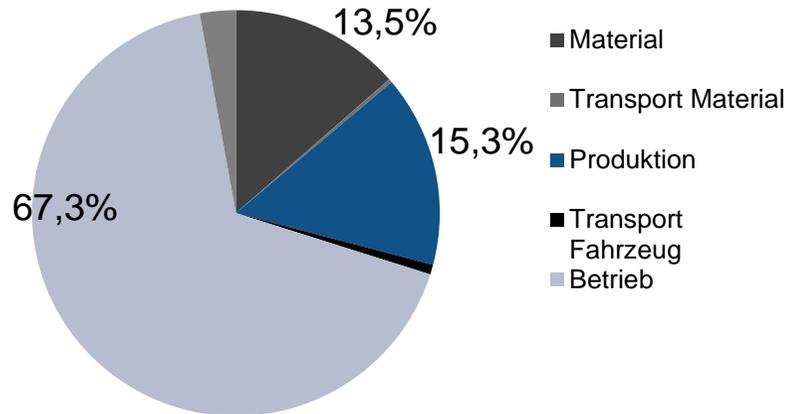
# LCA für Elektrofahrzeuge - Abschätzung der ökologischen Auswirkungen je nach Lebenszyklusphase



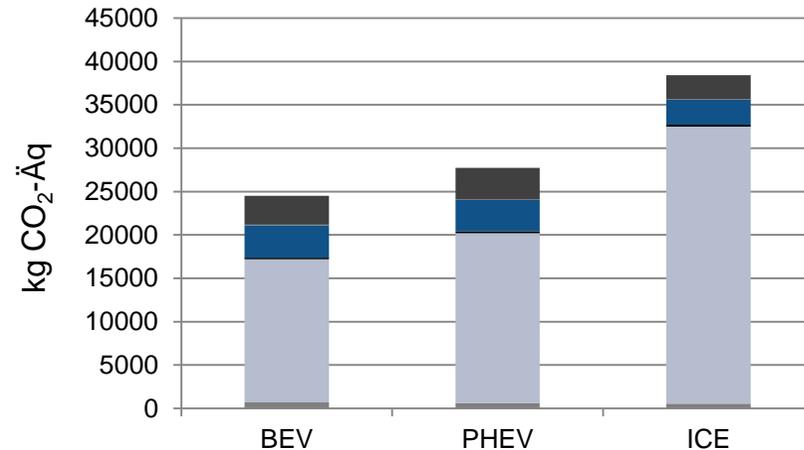
# LCA für Elektrofahrzeuge - Abschätzung der ökologischen Auswirkungen je nach Lebenszyklusphase



**Lebensphasen BEV**

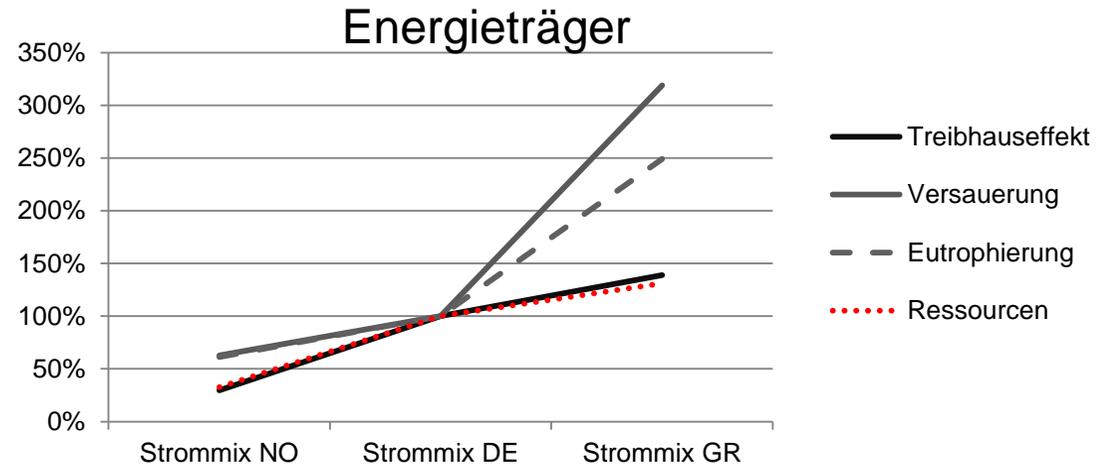
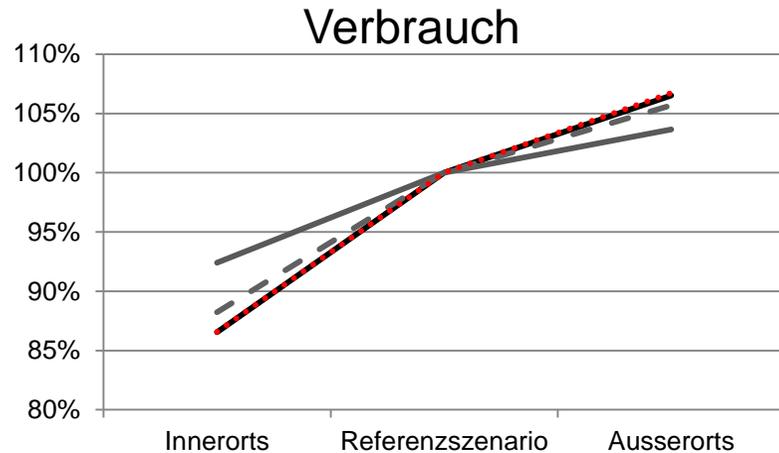


**Vergleich der Fahrzeuge**



- Betrieb nimmt bei allen drei Fahrzeugen die meisten Emissionen ein
  - Transport und Recycling fallen in Relation minimal aus
- ➔ Die Nutzungsphase hat einen hohen Einfluss aufs LCA Ergebnis!

# Variation kritischer Parameter der Nutzungsphase



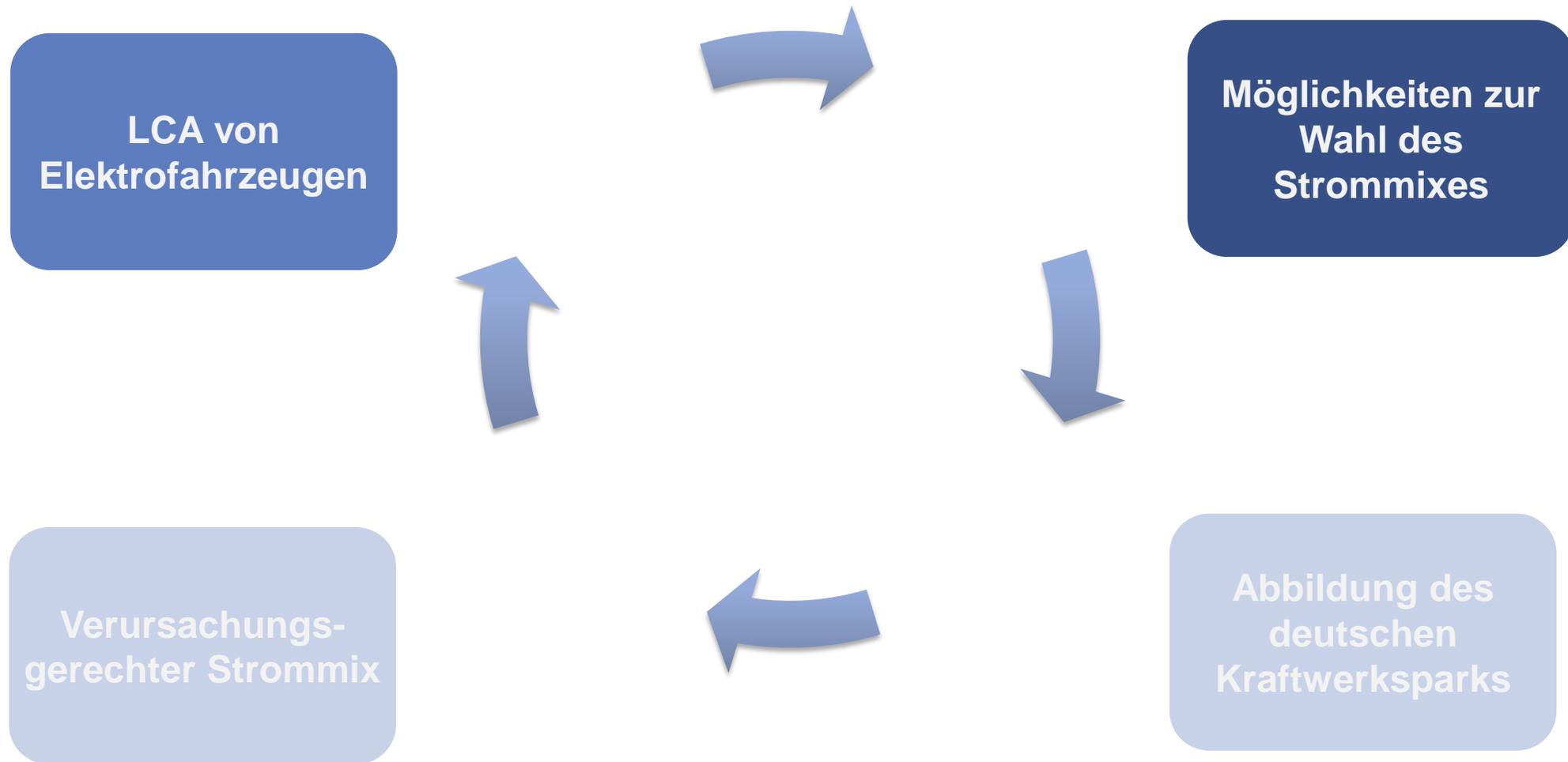
	Strommix DE	Strommix GR	Strommix NO
g CO <sub>2</sub> -Äq/kWh	640	975	32

	Innerorts	Referenzszenario	Außerorts
BEV [kWh/100 km]	15,5	17,15	18,8
g CO <sub>2</sub> -Äq/km	<b>141</b>	<b>163</b>	<b>174</b>

	Strommix NO → Wasser	Strommix DE → Mix	Strommix GR → Kohle
Konventionell thermischer Anteil	0,36 %	55,46 %	81 %
g CO <sub>2</sub> -Äq/km	<b>49</b>	<b>163</b>	<b>226</b>

- Die Wahl des genutzten Strommixes kann das Ergebnis für Elektrofahrzeuge signifikant beeinflussen!

## Übersicht



# Ansätze zur Wahl des Strommixes für den Ladestrom

## Durchschnittsmix DE

- Durchschnittswert in Deutschland
- Abhängig vom Jahr und Kraftwerkspark
- Elektrofahrzeuge sind nicht viel vorteilhafter als konventionelle Fahrzeuge!
- **580 g CO<sub>2</sub>eq/kWh**

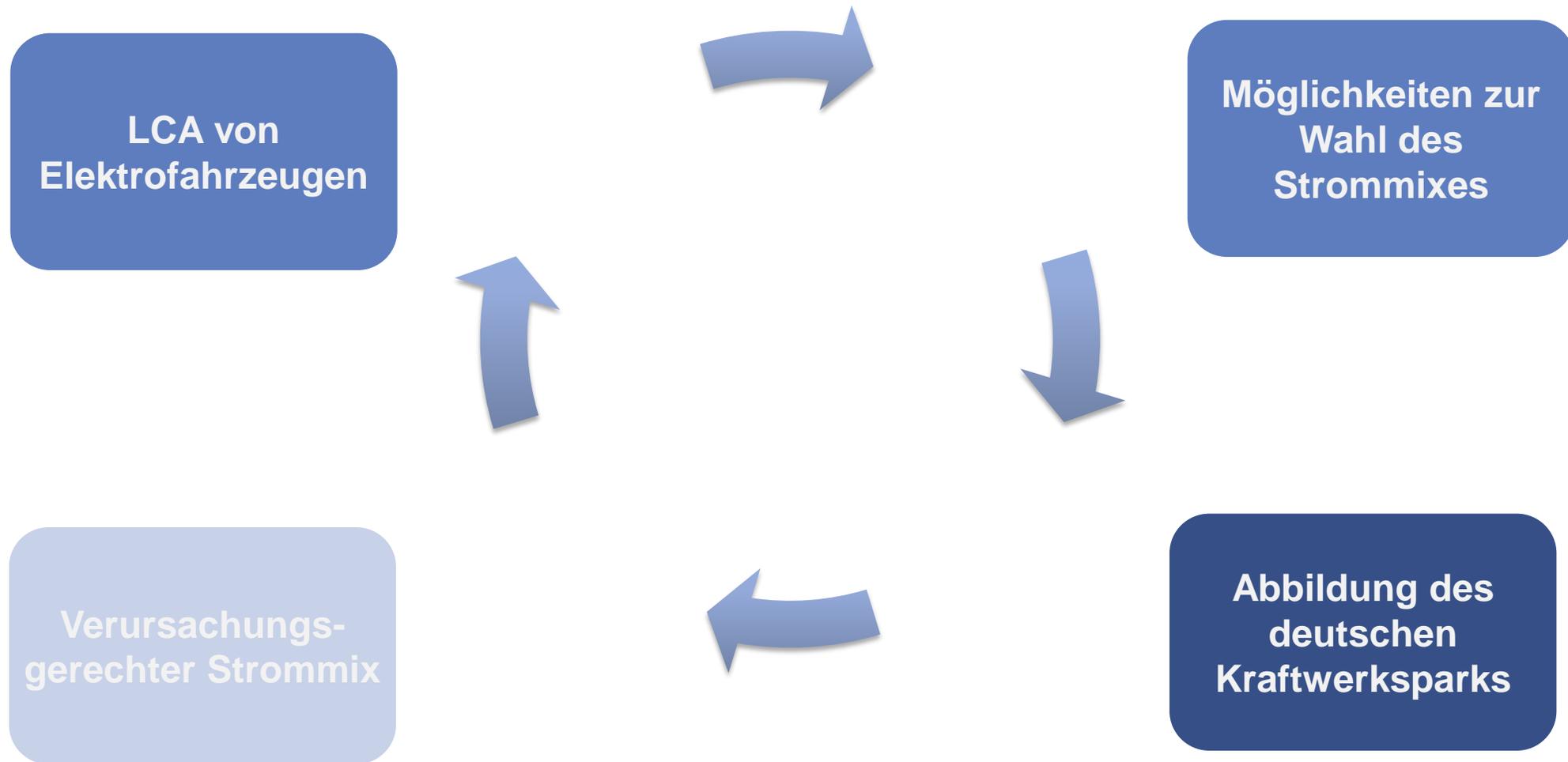
## Ökostrom

- Stromtarif: Ökostrom
- Zumeist Energie aus Wasserkraft
- Elektrofahrzeuge sind bilanziell ökologische deutlich vorteilhafter als konventionelle Fahrzeuge.
- **< 5 g CO<sub>2</sub>eq/kWh**

## Verursachungsgerecht

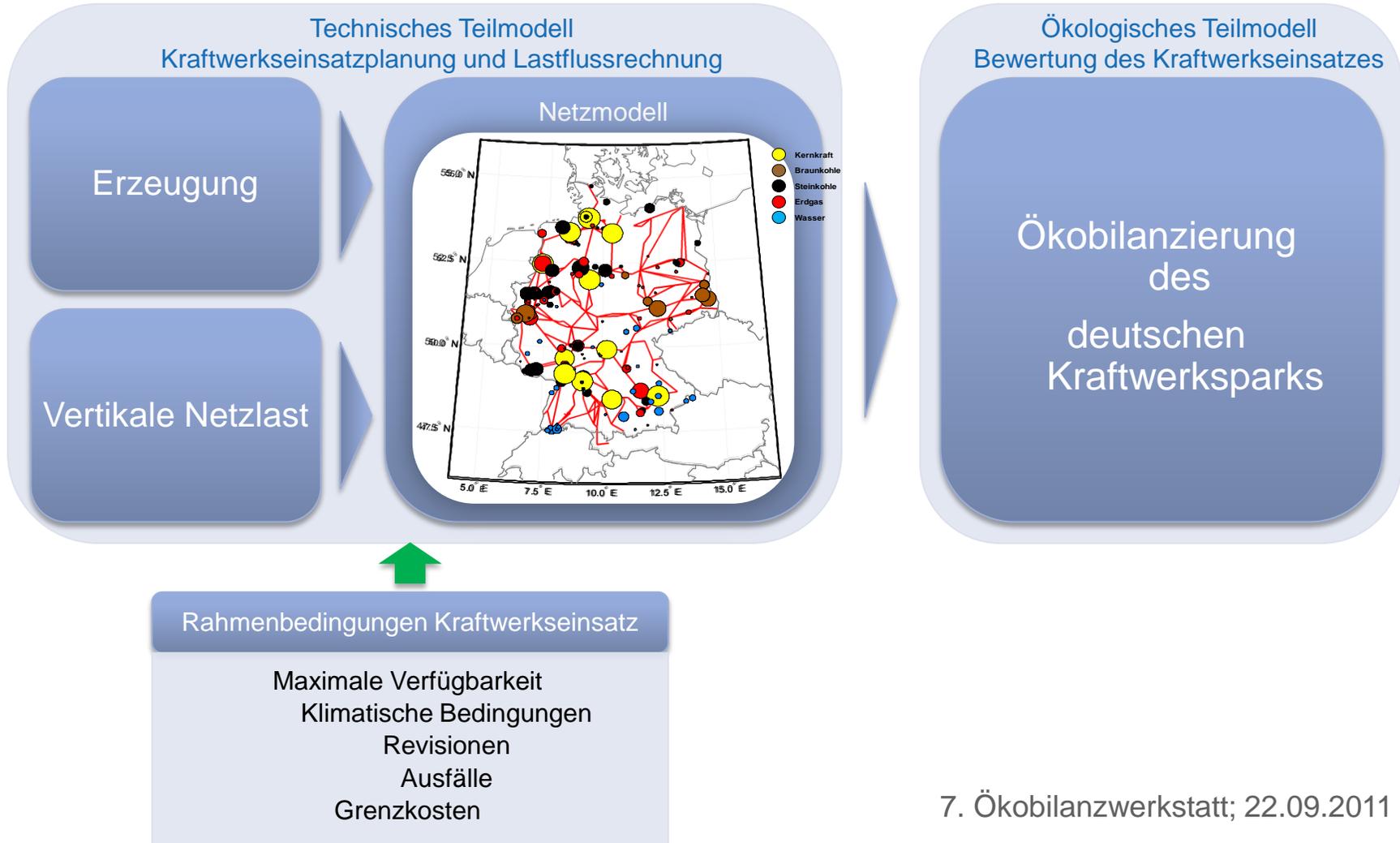
- Kraftwerkseinsatzplanung notwendig
- Ökologische Auswirkungen können untersucht werden
- Hohe zeitliche Auflösung möglich
- Steuerungsstrategien für Elektrofahrzeuge können den Anteil an erneuerbaren Energie erhöhen

## Übersicht

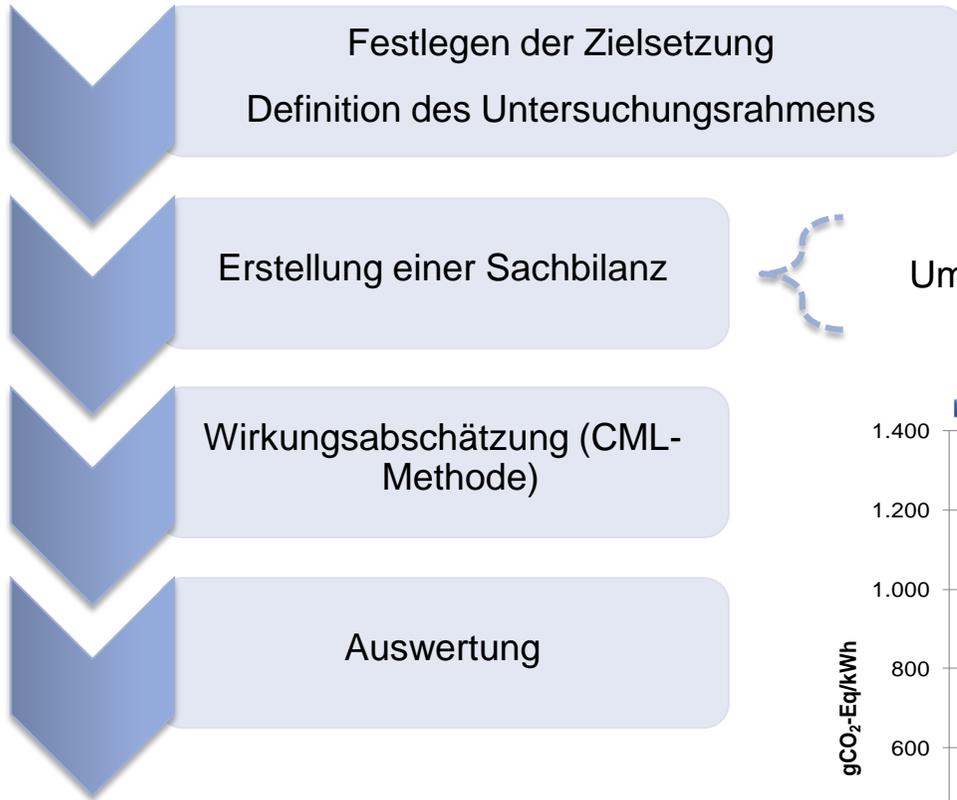


# Verursachungsgerechte Emissionen

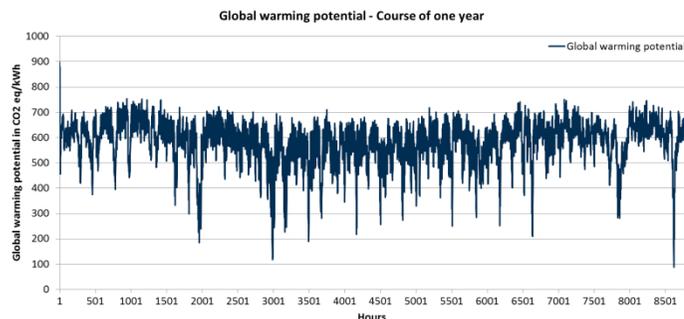
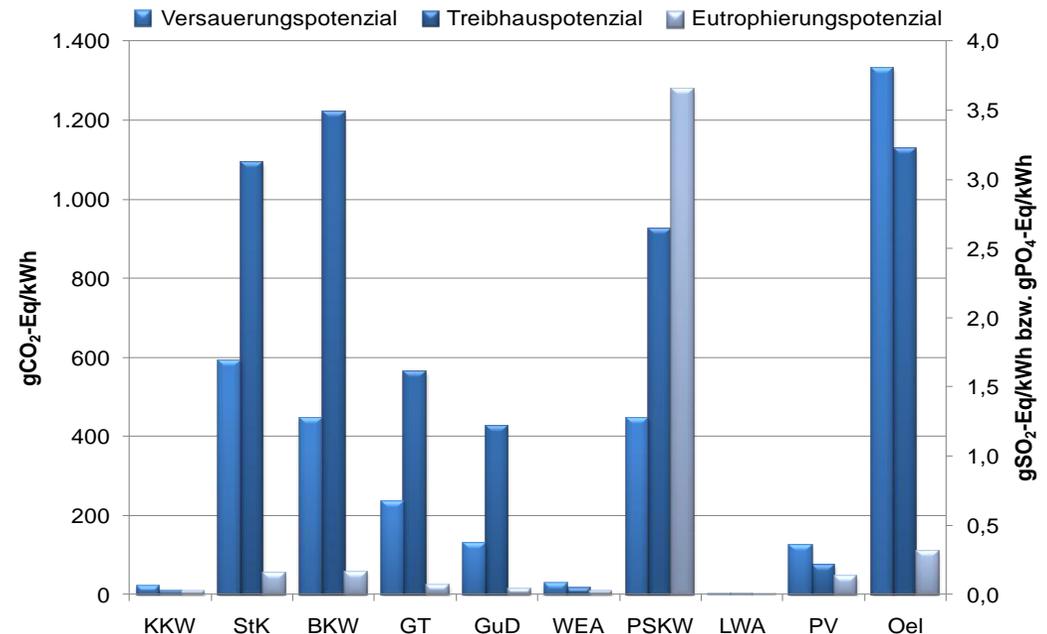
## Modellierung des deutschen Kraftwerksparks



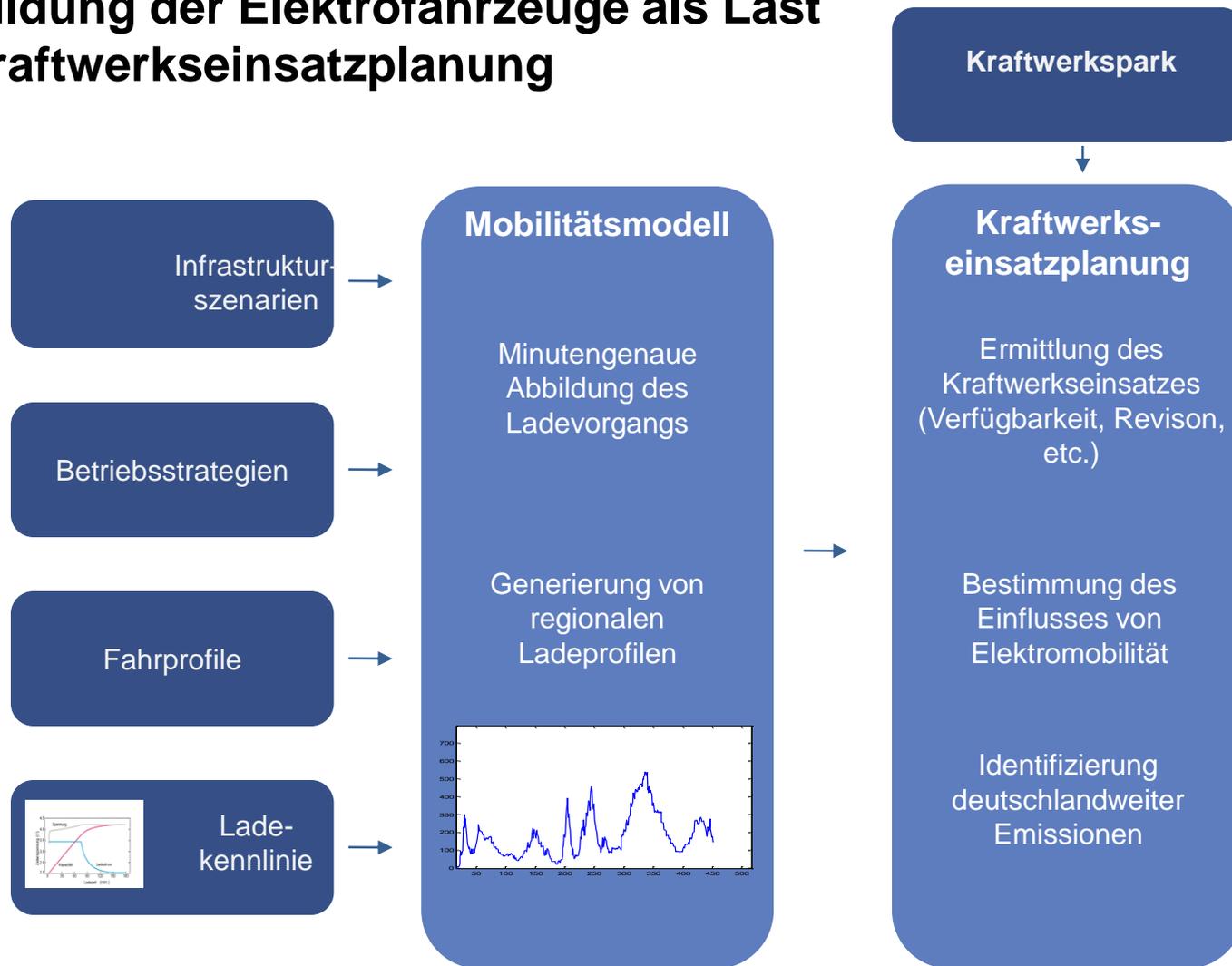
# Vorgehensweise der Ökobilanzierung des Kraftwerksparks



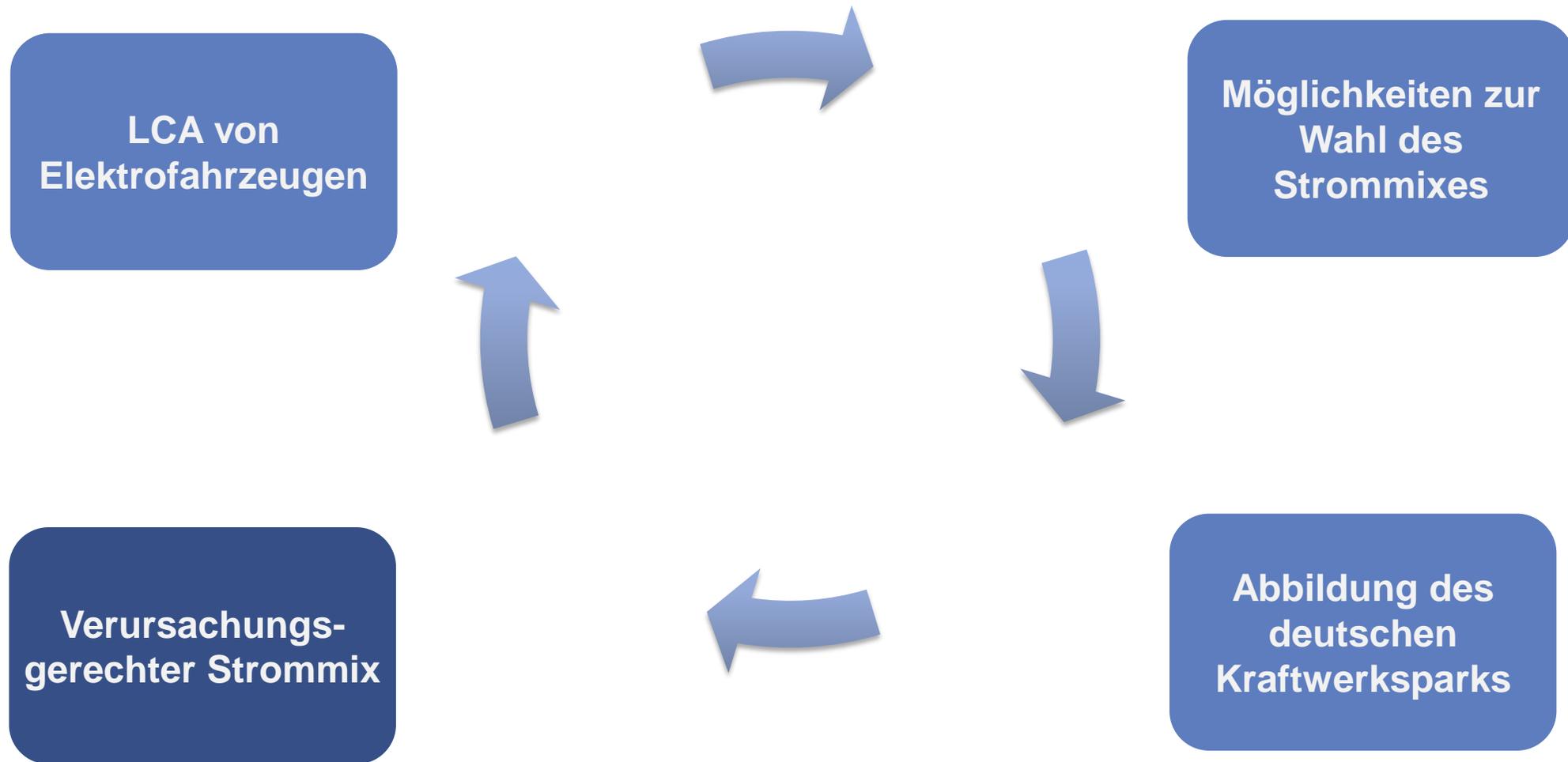
Umberto 5.5 EcoInvent



# Modellbildung der Elektrofahrzeuge als Last in der Kraftwerkseinsatzplanung



## Übersicht



# Verursachungsgerechter Ansatz

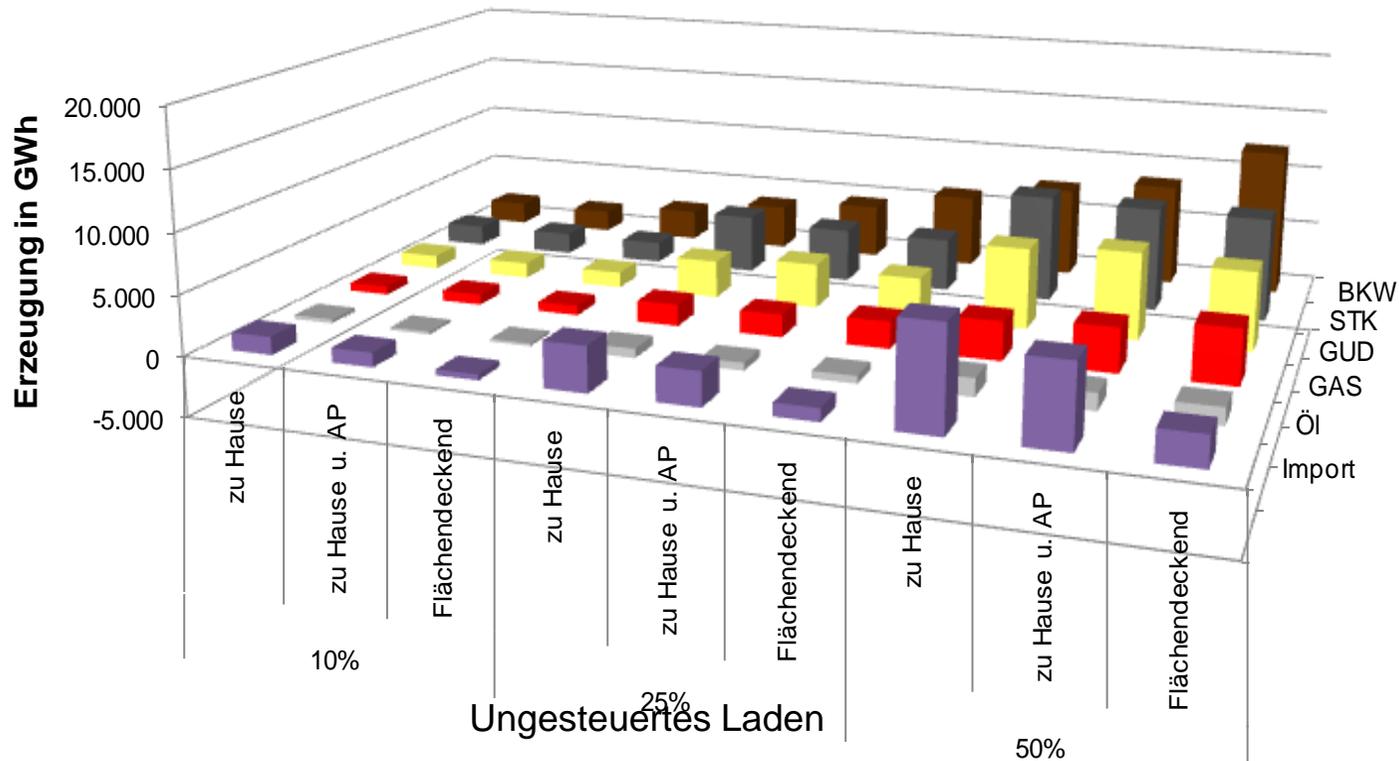
Verursachungsgerecht

- Kraftwerkseinsatzplanung notwendig
- Ökologische Auswirkungen können untersucht werden
- Hohe zeitliche Auflösung möglich
- Steuerungsstrategien für Elektrofahrzeuge können den Anteil an erneuerbaren Energie erhöhen

- Zwei Ansätze zur Ermittlung der Emissionen möglich
  - Spezifische Emissionen
    - Zeitlich aufgelöste Emissionen
    - Jede Last bekommt die Emissionen, die in dem Zeitschritt entstanden sind, in dem die Energie verbraucht wurde
  - Grenzemissionen
    - Die neuen Lasten im System verursachen eine Systemveränderung und bekommen die Emissionen dieser Systemveränderung bilanziell zugeordnet.

# Ungesteuertes Laden

## Zusätzliche Erzeugung zur Deckung des Energiebedarfs 2030



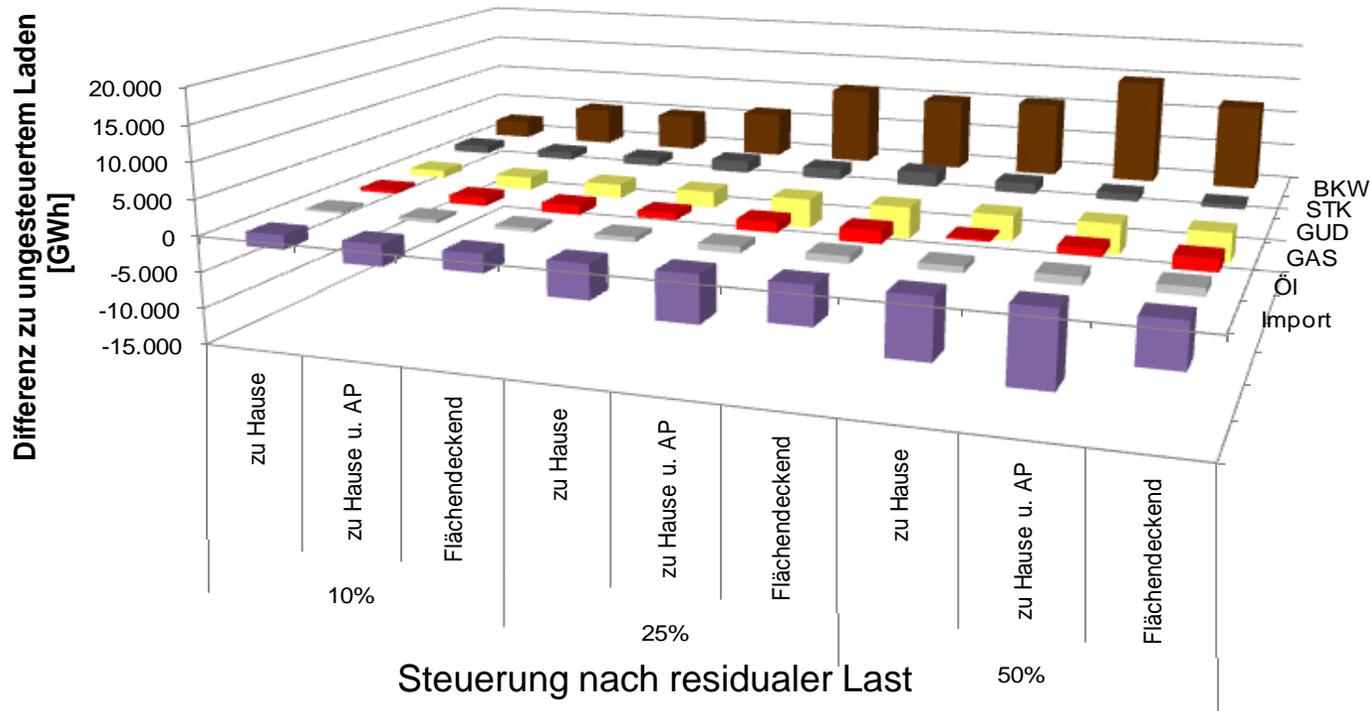
### Ungesteuertes Laden

### Spezifische Emissionen

50%	g CO <sub>2</sub> eq/kWh
Zu Hause	548
Z.H. und AP	532
Flächendeckend	512

- Bei geringen Durchdringungen ist kein Effekt nachweisbar
- Erzeugung der notwendigen Energie durch Braunkohle, Steinkohle und GuD-Kraftwerke
- Signifikanter Einfluss der Ladeinfrastruktur

## Differenz zum ungesteuerten Ladevorgang: Steuerung nach residualer Last



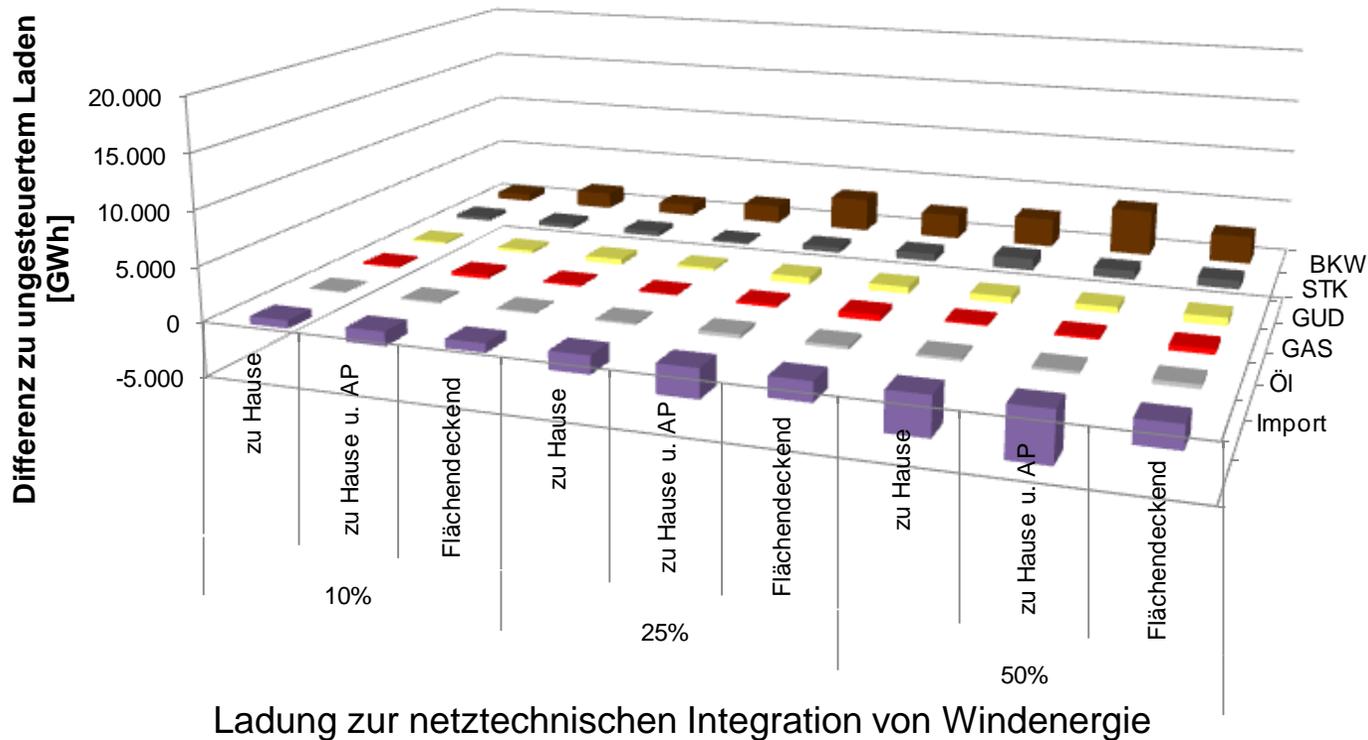
Steuerung nach residualer Last

### Spezifische Emissionen

50%	g CO <sub>2</sub> eq/kWh
Zu hause	512
Z.H. und AP	491
Flächendeckend	484

- Erzeugung der notwendigen Energie erfolgt hauptsächlich durch Braunkohle, Importe gehen zurück
- Spezifische Emissionen sinken um fast 20%

# Differenz zum ungesteuerten Ladevorgang: Ladung zur netztechnischen Integration von Windenergie

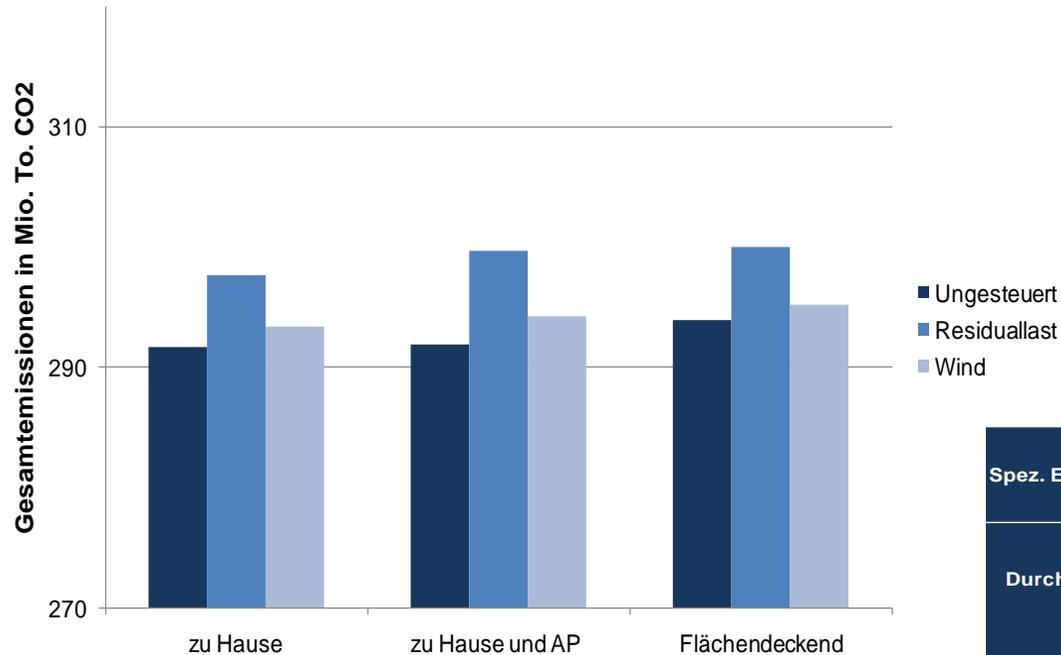


Laden nach Winddargebot

Spezifische Emissionen	
50%	g CO <sub>2</sub> eq/kWh
Zu hause	530
Z.H. und AP	512
Flächendeckend	501

- Braunkohle als wichtigster Energieträger zur Bereitstellung der Ladeenergie
- Erhöhung der Integration von Windenergie

# Auswirkungen auf die Gesamtemissionen

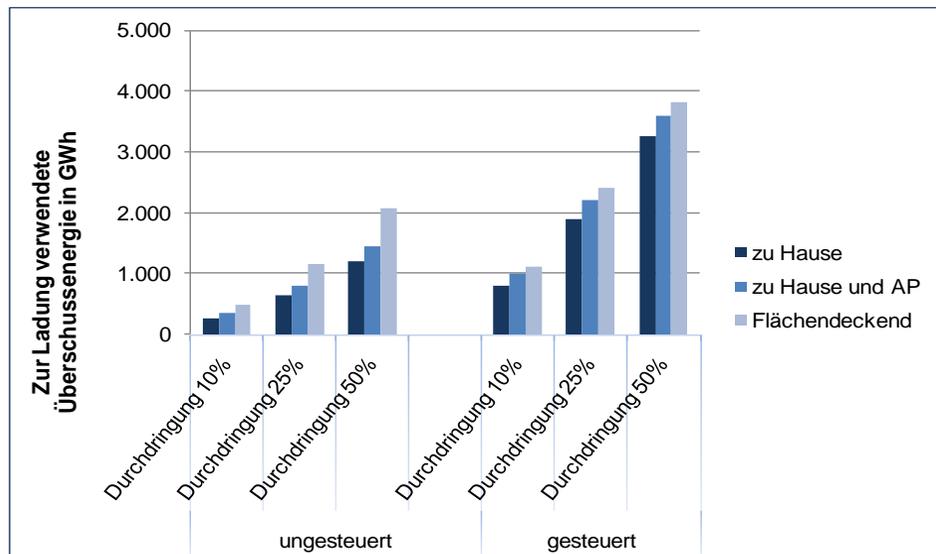


Spez. Emissionen in gCO2eq/kWh		ungesteuert	Laden nach residualer Last	Ladung zur netztechnischen Integration von Windenergie
Durchdringung 50%	zu Hause	548	512	530
	zu Hause und AP	532	491	512
	Flächendeckend	516	484	501

- Gesamtemissionen steigen durch den zeitkontinuierlichen Einsatz von Steuerstrategien, da Kraftwerke mit hohen Emissionen kontinuierlicher produzieren
- Steuerungsstrategien reduzieren die spezifischen Emissionen, aber führen absolut gesehen zu einer Erhöhung der Gesamtemissionen

## Potential zur Integration erneuerbarer Energien: Steuerung nach residualer Last

Jahr 2030  
vorhandene Überschussenergie ca. 6.000 GWh



- Deutlich gesteigertes Potential zur Integration erneuerbarer Energien im Jahr 2030 aufgrund des Ausbaus regenerativer Erzeugung
- Bei 50% Durchdringung können ca. 76% des zur Verfügung stehenden Überschussstroms zur Ladung von Elektrofahrzeugen genutzt werden
- Durch die Steuerung kann zusätzliche Erneuerbare Energie ins System integriert werden.

# Vergleich der drei Strommix-Alternativen

## Durchschnittsmix DE

- Einfache Lösung
- Die entstehenden Emissionen werden gleichmäßig auf alle Lasten verteilt.
- → Elektrofahrzeuge können die Emissionen im Verkehrssektor nur marginal senken!

## Ökostrom

- Die Gesamtemissionen des Systems steigen (Ungesteuerte Ladung)
- Die Menge an erneuerbarer Energie erhöht sich nicht, da vorhandene erneuerbare Energien genutzt werden.
- Verschiebung der Emissionen vom Verkehrssektor in den Energiesektor

## Verursachungsgerecht

- Ermittlung des verursachungsgerechten Emissionen möglich
- Kausale Zusammenhänge müssen nachgewiesen werden
- Systemrauschen erschwert einen Nachweis vor allem bei geringen Durchdringungen
- Zusätzliche erneuerbare Energie kann integriert werden

## Zusammenfassung

- Die Nutzungsphase ist ausschlaggebend für die ökologische Bewertung von Elektrofahrzeugen
- Unterschiedliche Ansätze zur ökologischen Bewertung des Ladestromes existieren und führen zu stark unterschiedlichen LCA Ergebnissen
- Die Integration von Elektrofahrzeugen erhöht die Emissionen im Stromsektor
- Ladesteuerungen erhöhen die eingespeiste Energie aus erneuerbaren Quellen, aber führen dennoch zu erhöhten Emissionen des gesamten Kraftwerkparks

## 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