

Ökologische Bewertung der Nutzungsphase von Elektrofahrzeugen basierend auf einer Kraftwerkseinsatzplanung

Institut für Hochspannungstechnik

Eva Szczechowicz

Einleitung

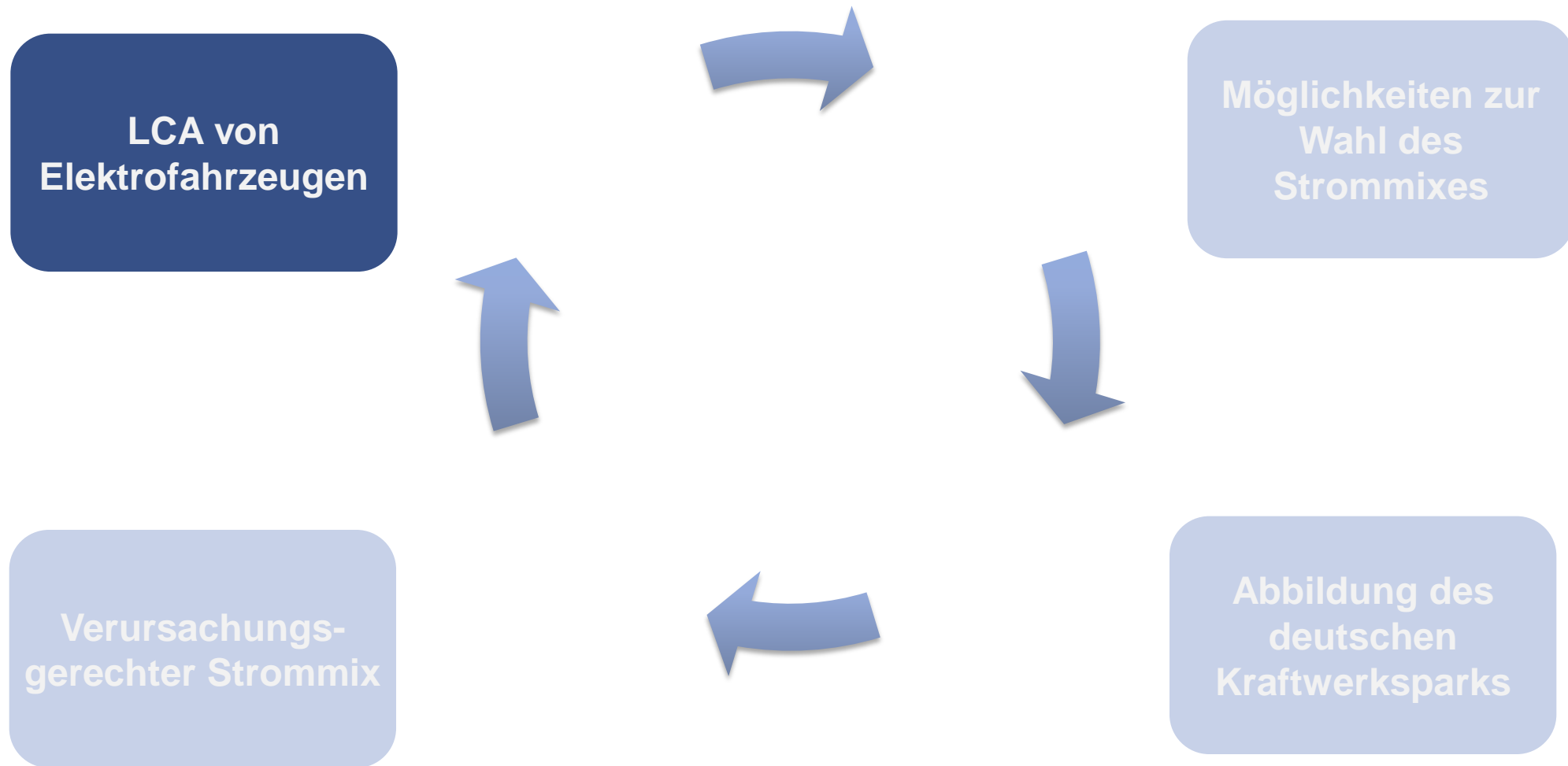
Energie- und Klimaschutzkonzept für Deutschland

- Ziel: Reduktion von Treibhausgasen im Vergleich zu 1990

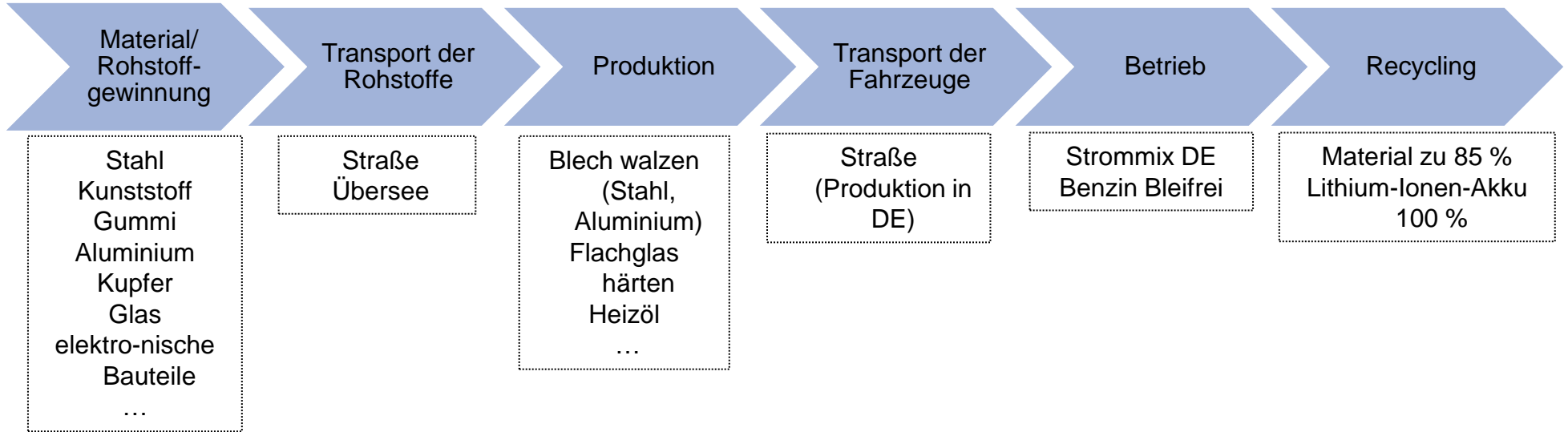
	2020	2050	Einflußmaßnahme
Deutschland	- 20%	- 50%	
Primärenergieverbrauch	- 20%	- 50%	Umweltzertifikate mit fixen Obergrenze + Nationale Allokationspläne
Verkehrssektor	- 10%	- 40%	Einführung verbindlicher CO ₂ -Werte durch die EU 120 g CO ₂ /km Flottenwert

- Mögliche Lösung für den Verkehrssektor: Elektrofahrzeuge

Übersicht



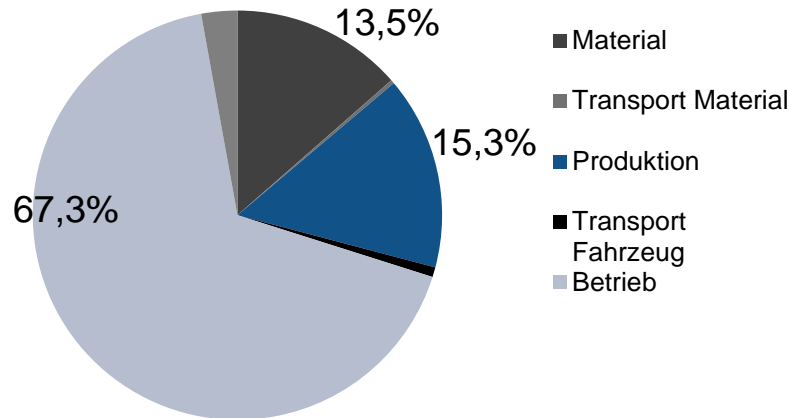
LCA für Elektrofahrzeuge - Abschätzung der ökologischen Auswirkungen je nach Lebenszyklusphase



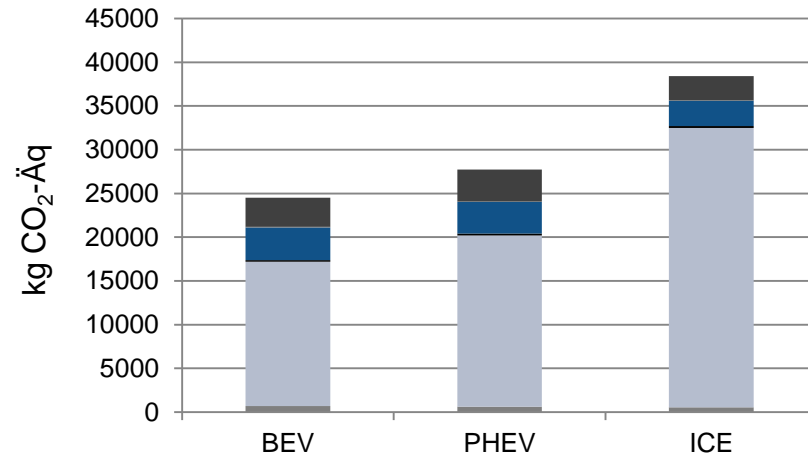
LCA für Elektrofahrzeuge - Abschätzung der ökologischen Auswirkungen je nach Lebenszyklusphase



Lebensphasen BEV

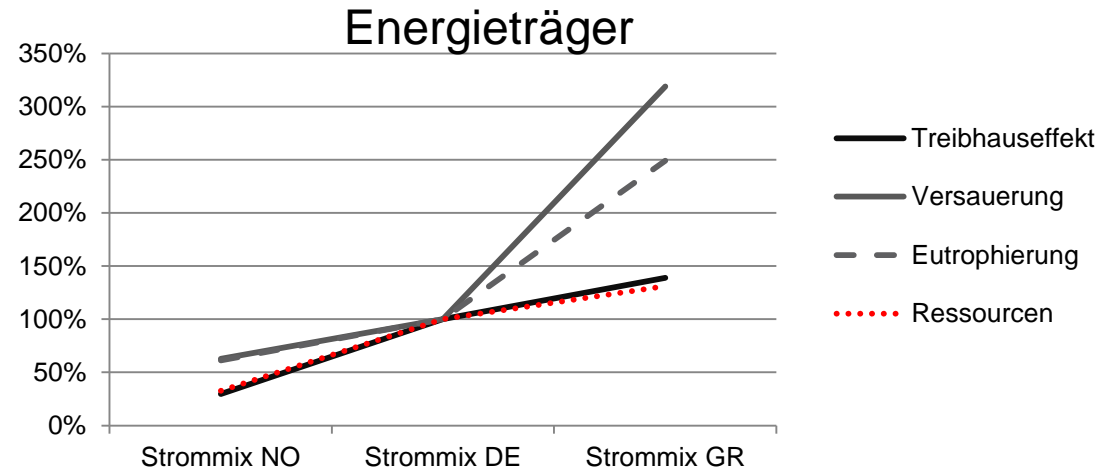
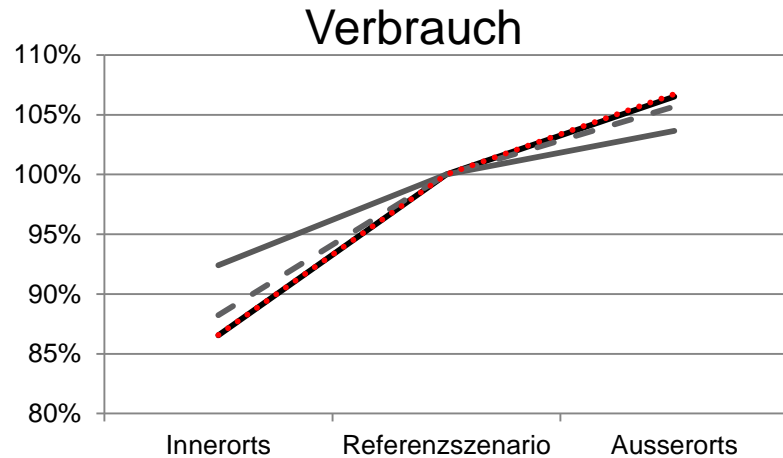


Vergleich der Fahrzeuge



- 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



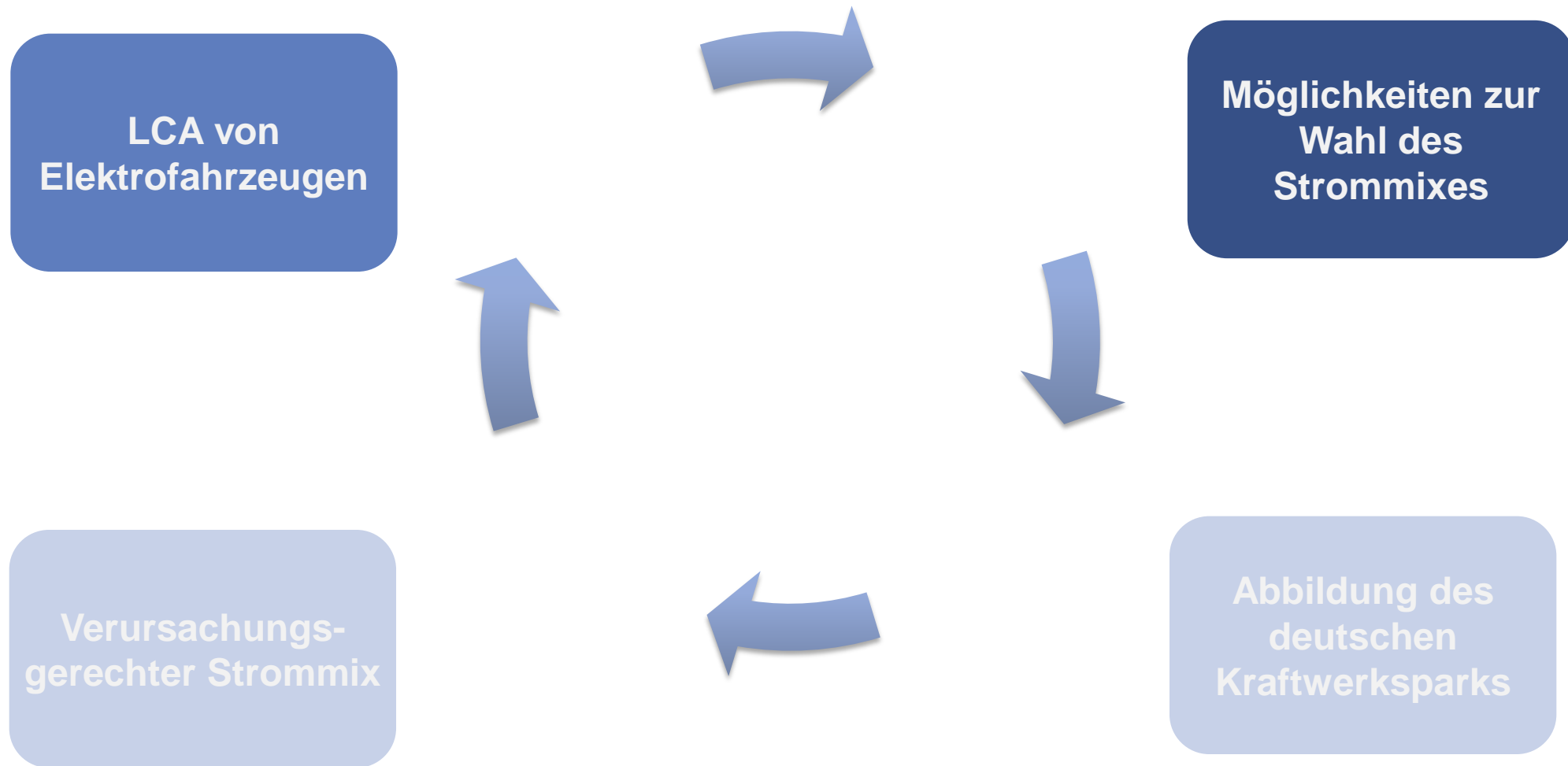
	Strommix DE	Strommix GR	Strommix NO
g CO ₂ -Äq/kWh	640	975	32

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

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

- 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 CO₂eq/kWh**

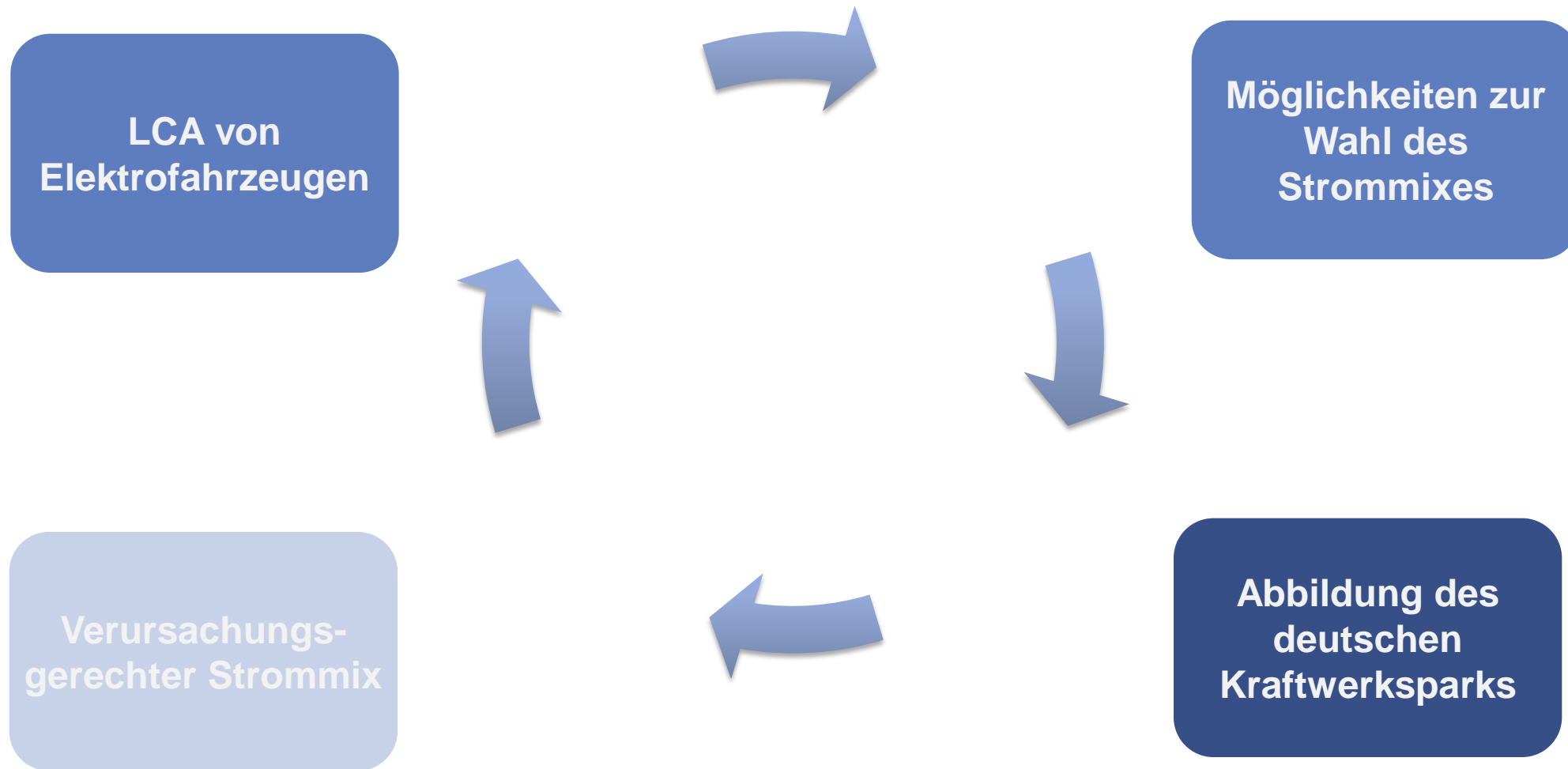
Ökostrom

- Stromtarif: Ökostrom
- Zumeist Energie aus Wasserkraft
- Elektrofahrzeuge sind bilanziell ökologische deutlich vorteilhafter als konventionelle Fahrzeuge.
- **< 5 g CO₂eq/kWh**

Verursachungsgerecht

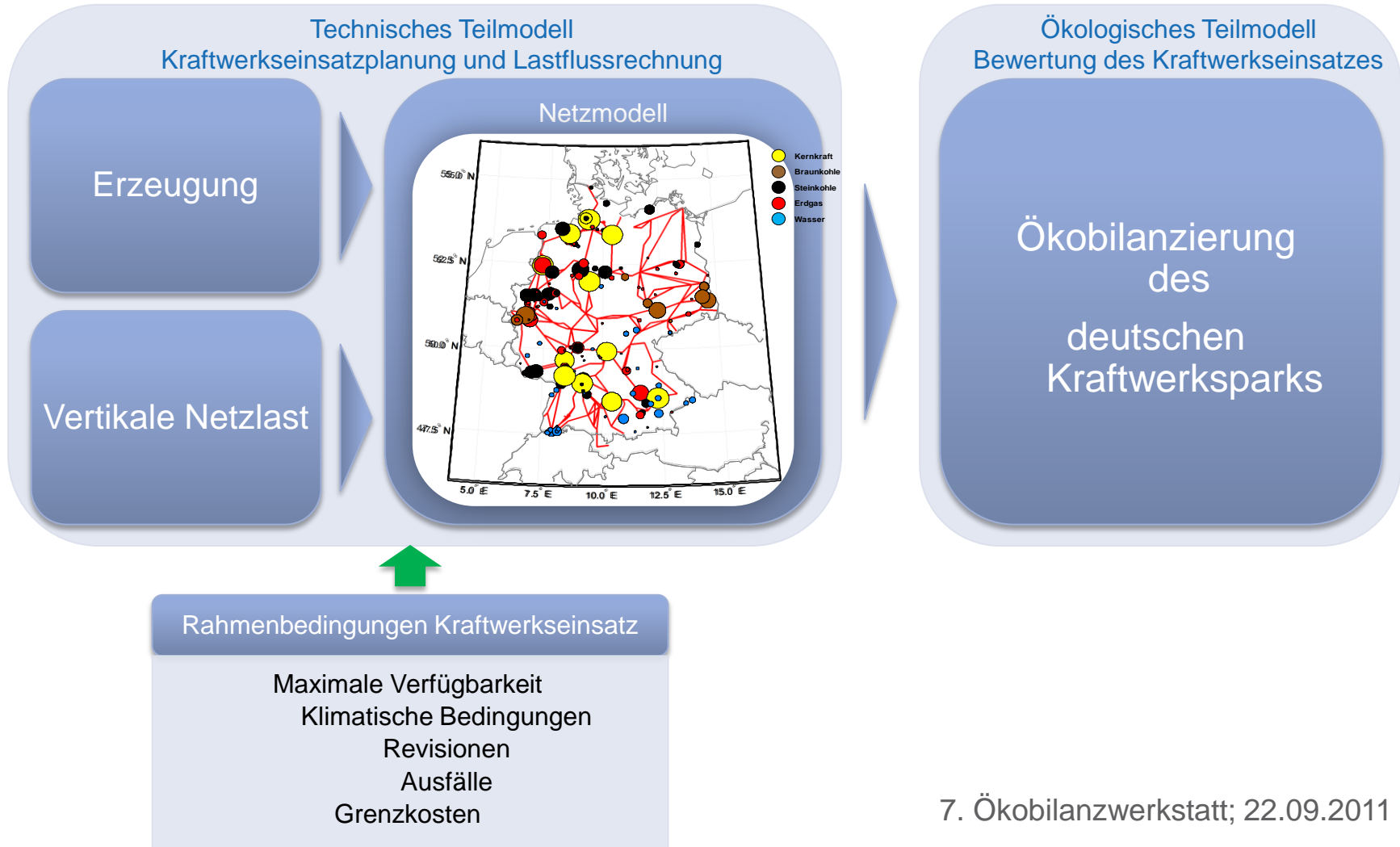
- Kraftwerkseinsatzplanung notwendig
- Ökologische Auswirkungen können untersucht werden
- Hohe zeitliche Auflösung möglich
- Steuerungsstrategien für Elektrofahrzeuge können den Anteil an erneuerbaren Energie erhöhen

Übersicht

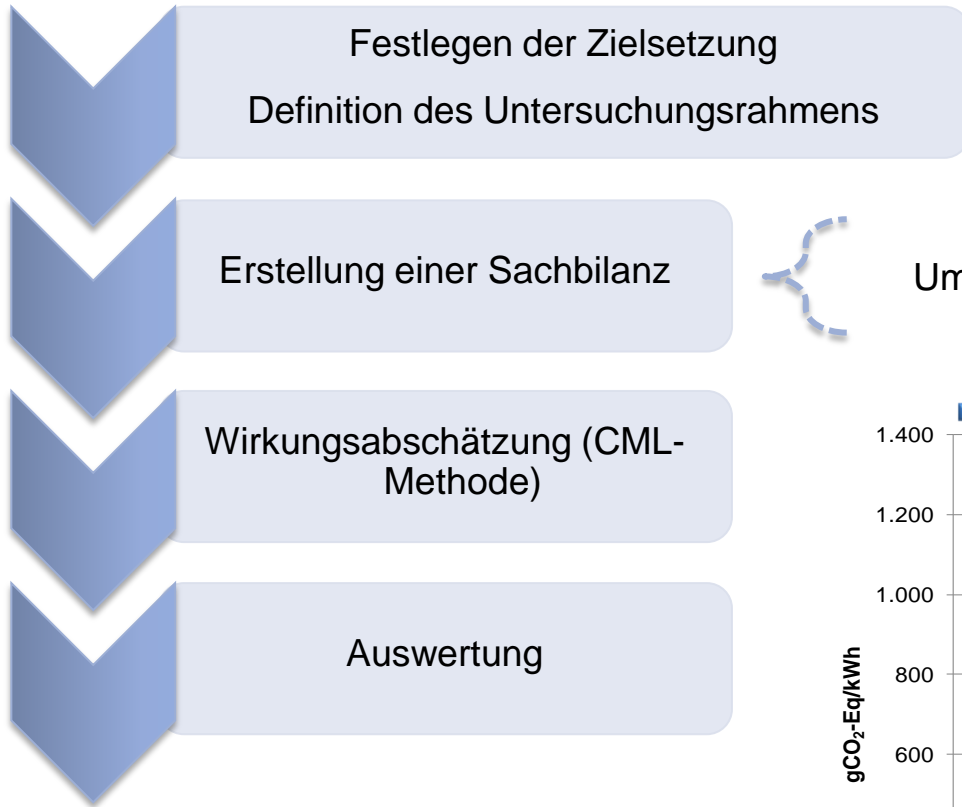


Verursachungsgerechte Emissionen

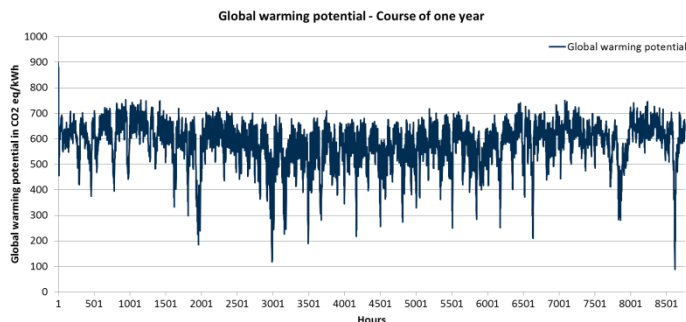
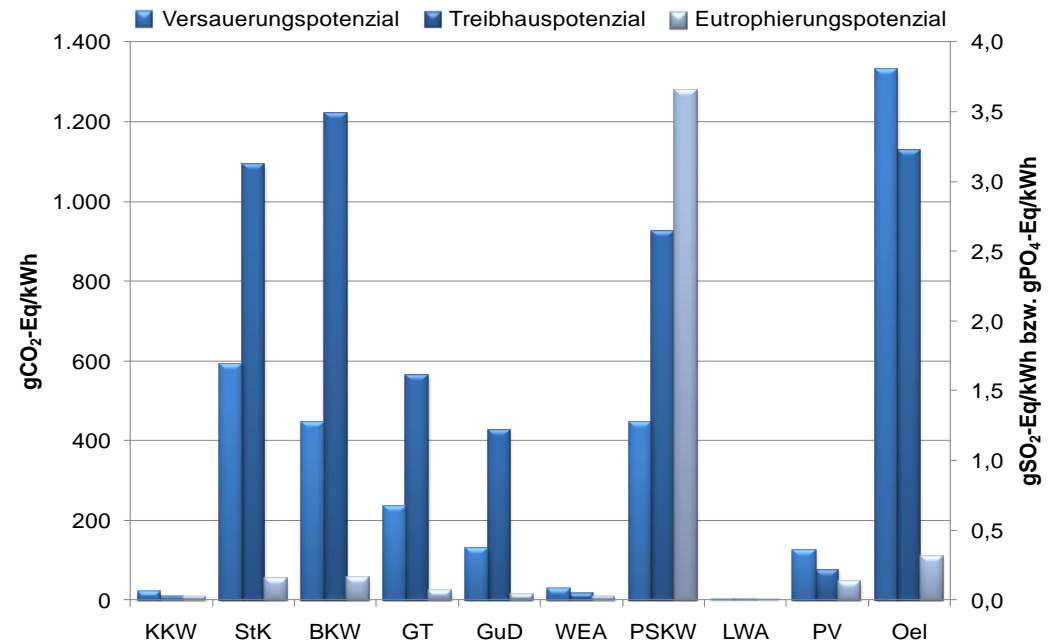
Modellierung des deutschen Kraftwerksparks



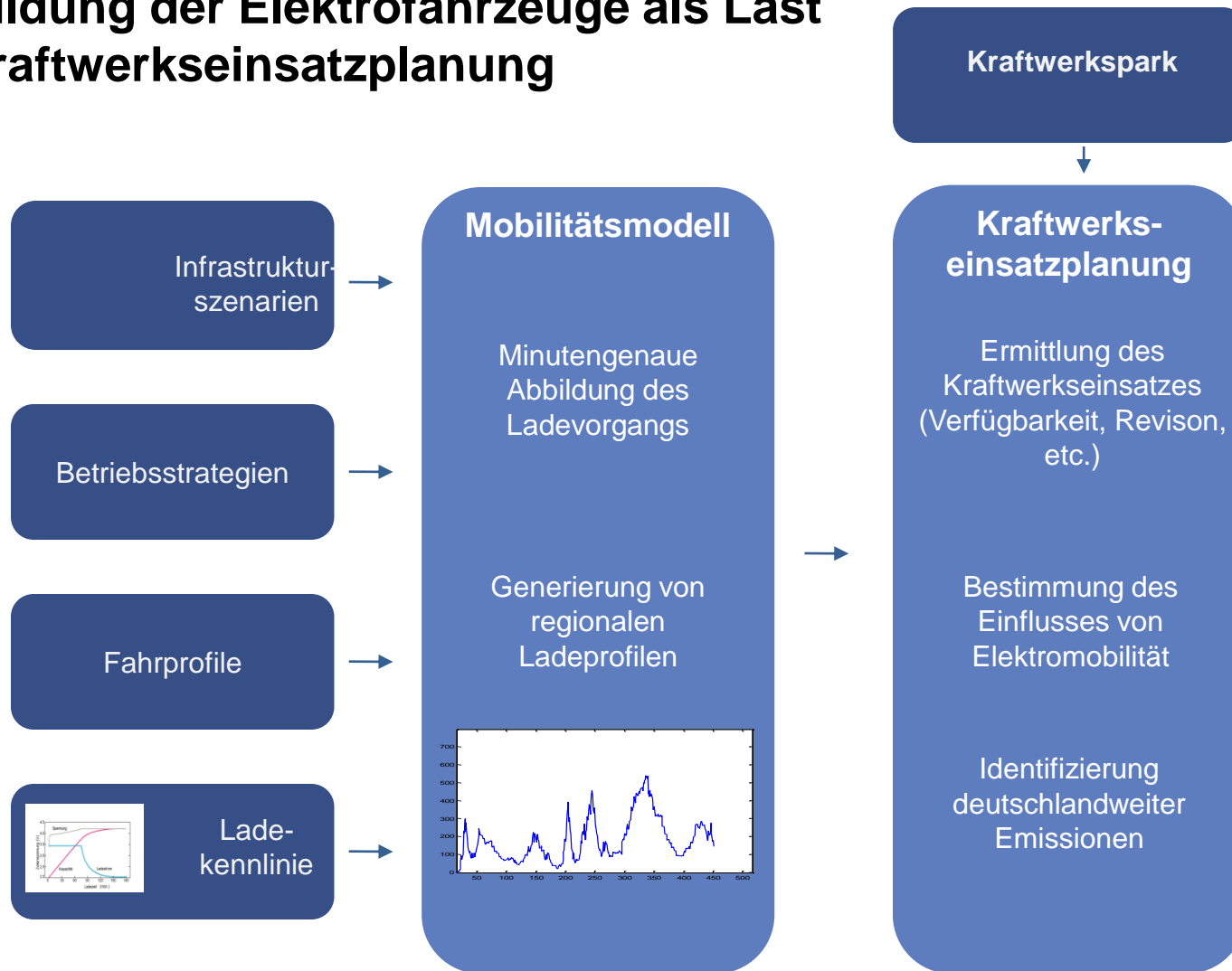
Vorgehensweise der Ökobilanzierung des Kraftwerksparks



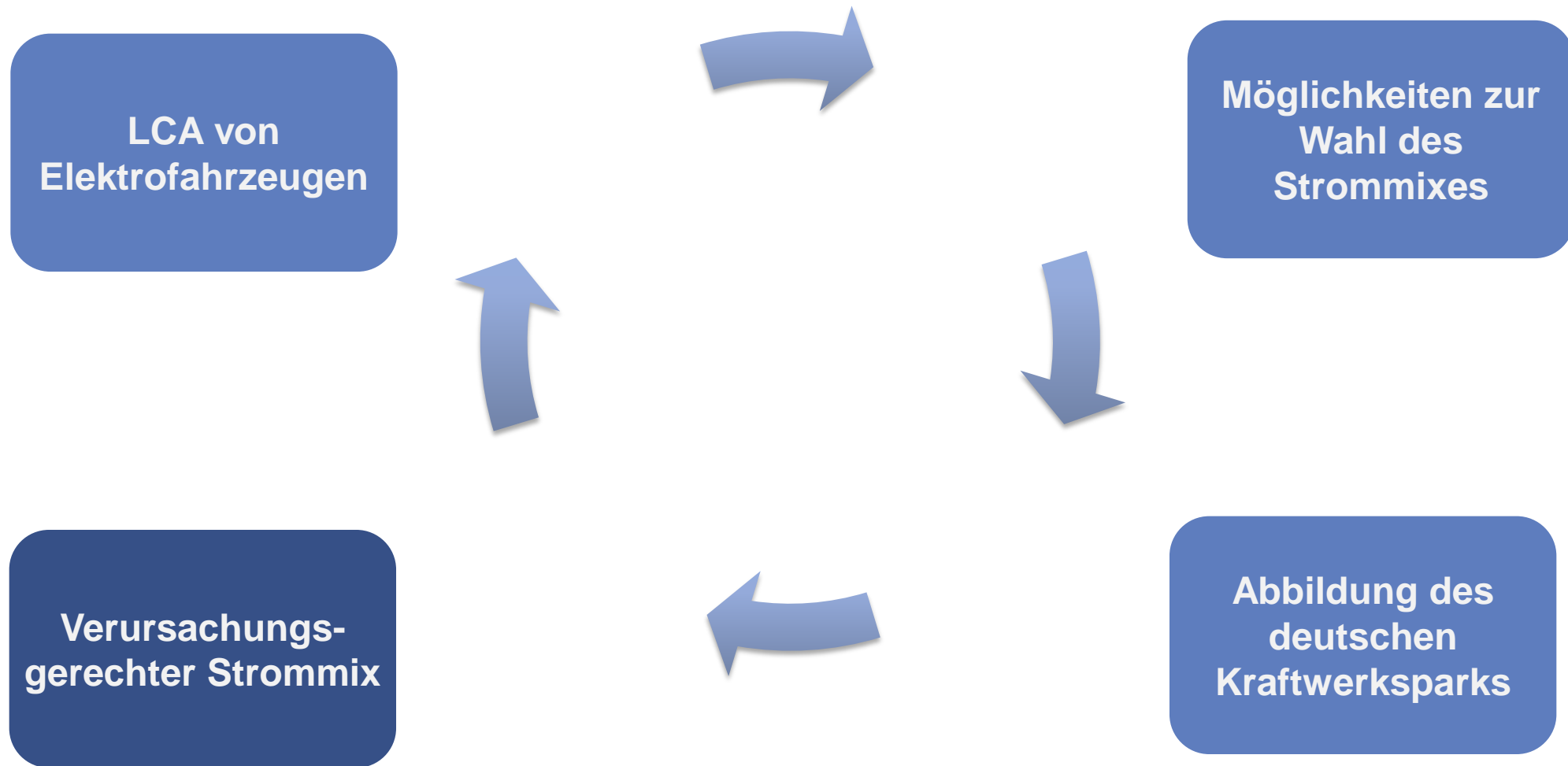
Umberto 5.5 EcoInvent



Modellbildung der Elektrofahrzeuge als Last in der Kraftwerkseinsatzplanung



Übersicht



Verursachungsgerechter Ansatz

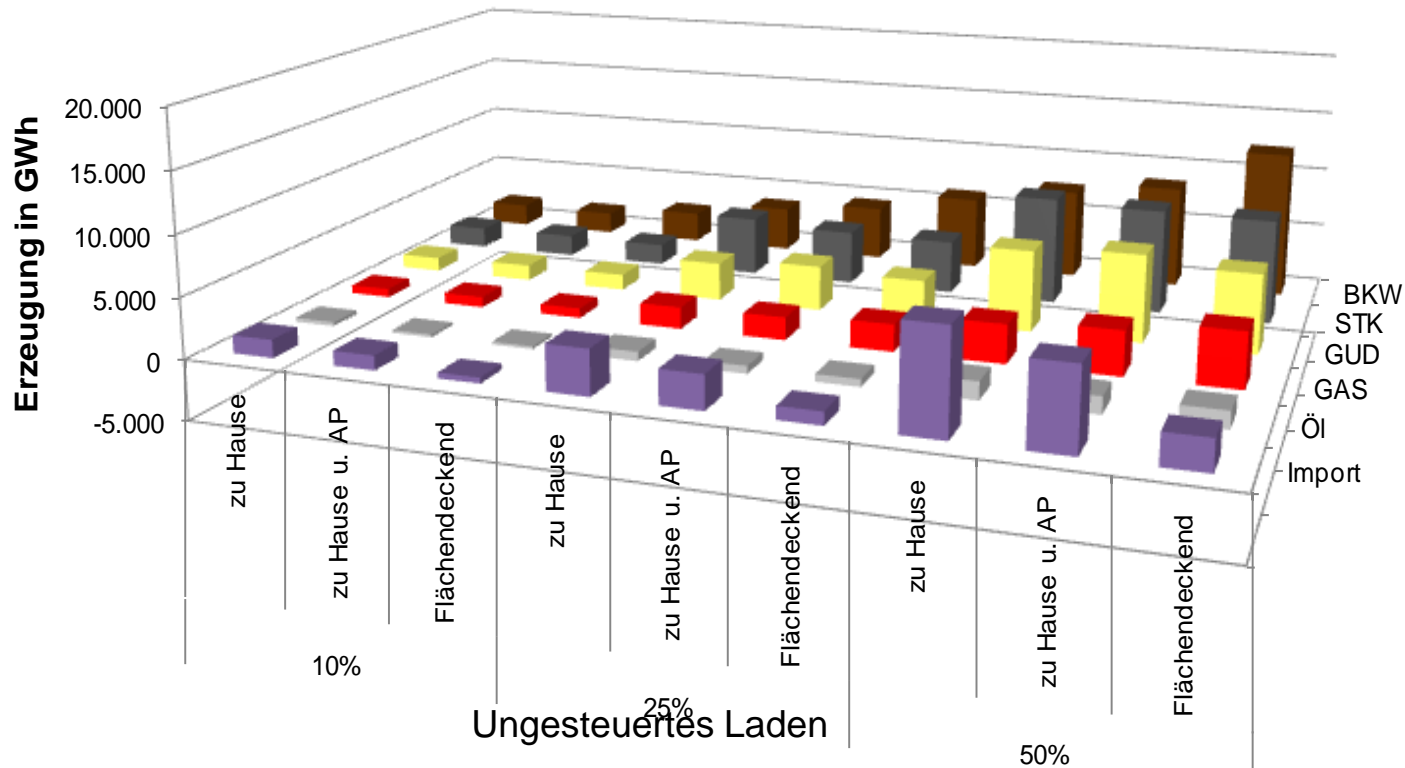
Verursachungsgerecht

- 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



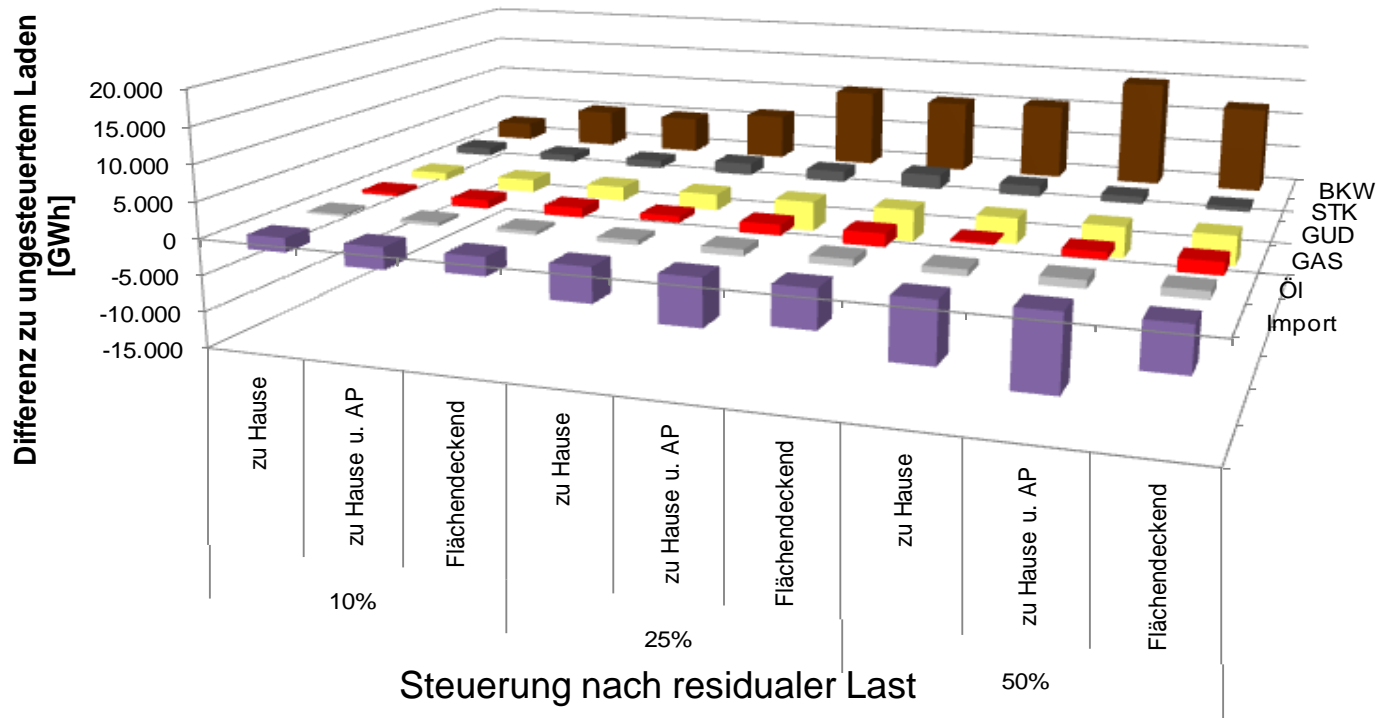
Ungesteuertes Laden

Spezifische Emissionen

50%	g CO ₂ 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



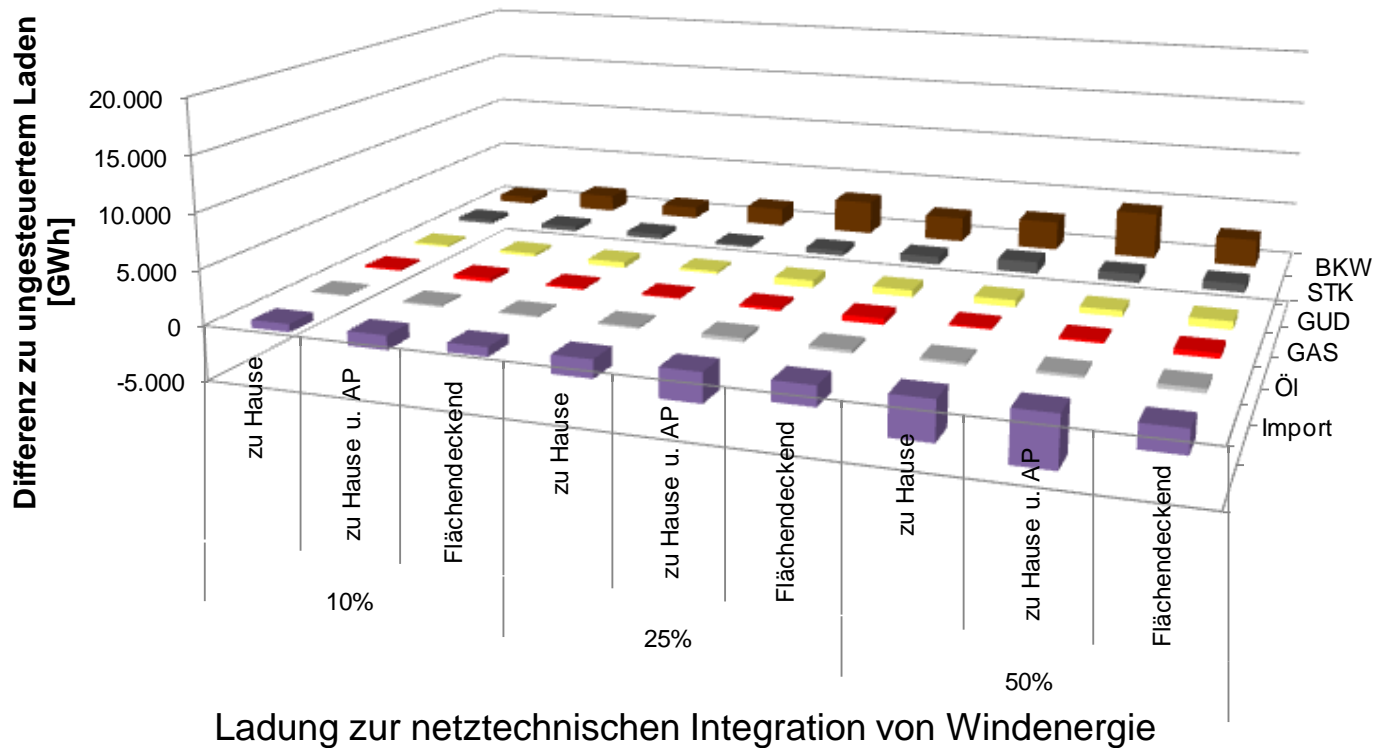
Steuerung nach residualer Last

Spezifische Emissionen

50%	g CO ₂ 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

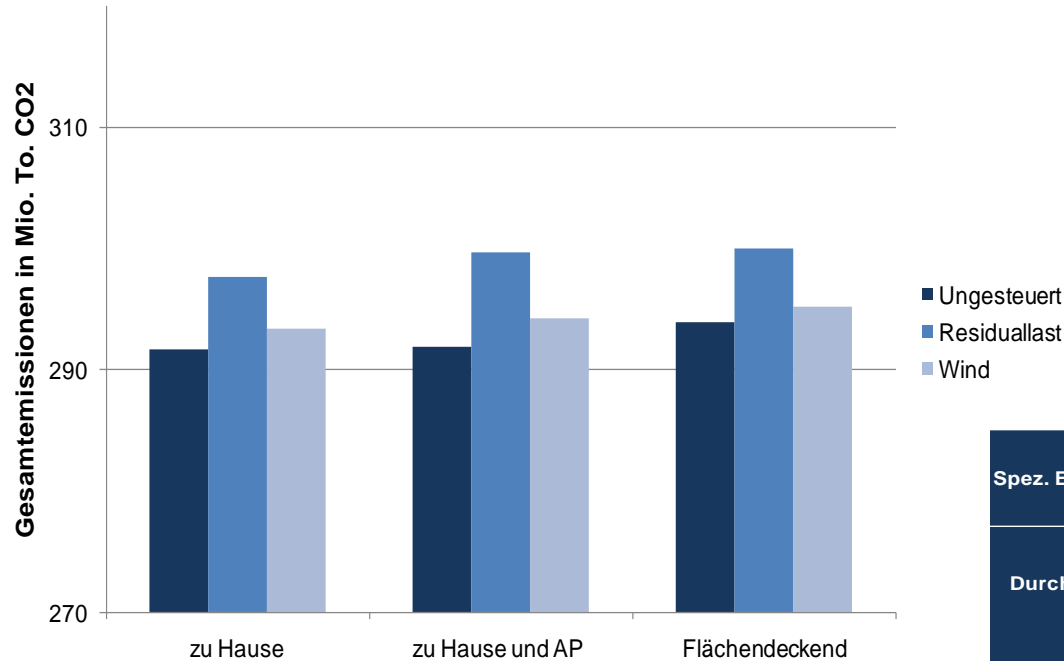


Laden nach Winddargebot

Spezifische Emissionen	
50%	g CO ₂ 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

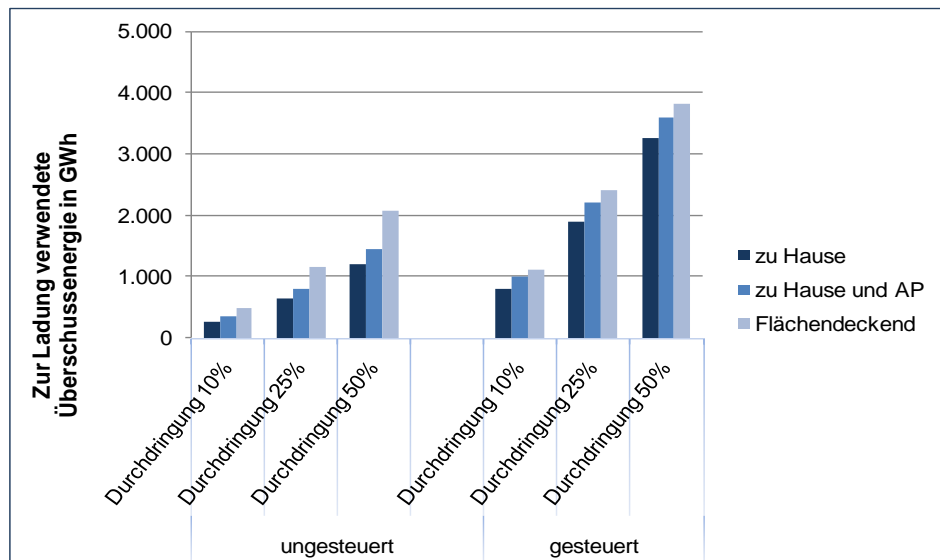


Spez. Emissionen in gCO2eq/kWh		ungesteuert	Laden nach residualer Last	Ladung zur netztechnischen Integration von Windenergie
Durchdringung 50%	zu Hause	548	512	530
	zu Hause und AP	532	491	512
	Flächendeckend	516	484	501

- 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

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