



Kreis  
Paderborn



## Zukunftskongress

Klimafreundliche (E-)Mobilität im  
ländlichen Raum



Software Innovation Campus Paderborn

# Elektromobilität in Paderborn – ein simulationsbasierter Forschungsansatz

Dr. Stefan Sauer

14. Juni 2016

Paderborn

gefördert durch:

**Ziel2.NRW**

Regionale Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung



EUROPÄISCHE UNION  
Investition in unsere Zukunft  
Europäischer Fonds  
für regionale Entwicklung

Ministerium für Wirtschaft, Energie,  
Industrie, Mittelstand und Handwerk  
des Landes Nordrhein-Westfalen



# SMART-EM

## Domänenübergreifende Simulation von Marktmodellen für eine effektive Elektromobilitätsinfrastruktur



Dr. Stefan Sauer

Laufzeit: Februar 2013 – Juni 2015



UNIVERSITÄT PADERBORN  
*Die Universität der Informationsgesellschaft*



Westfalen Weser  
Netz



SAFRAN  
Morpho

**Orga Systems.**  
it's all about real time

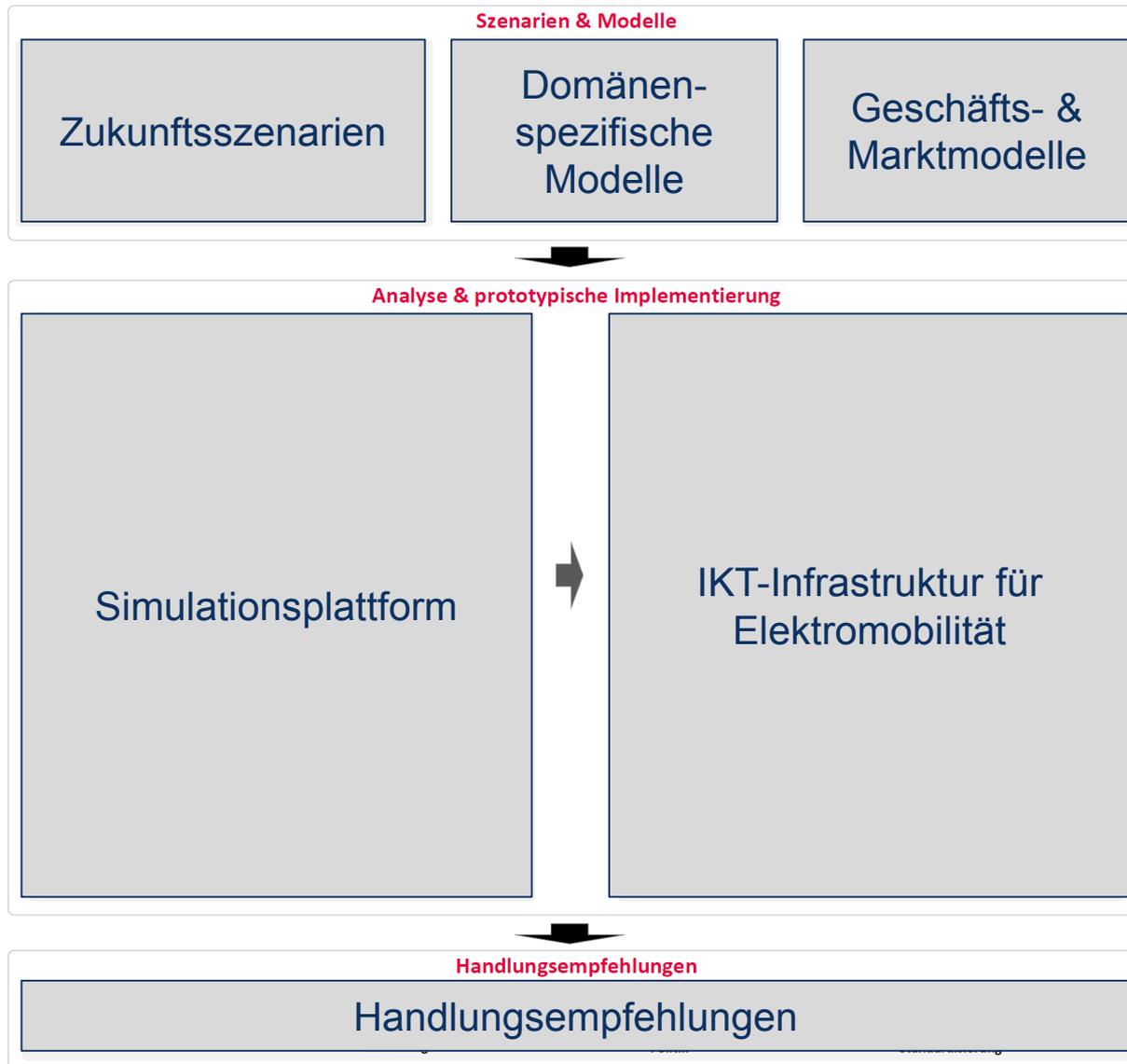


# Das Projekt ...



- Identifikation von **Geschäfts- und Marktmodellen** sowie **Infrastrukturen** zur Realisierung einer **nachhaltigen und tragfähigen Elektromobilität** mit dem Fokus **Individualverkehr**.
  - a) Abbildung von Szenarien und relevanten Aspekten in ein **domänenübergreifendes Modell**
  - b) **Analyse, Simulation** und mathematische **Optimierung** des Modells
  - c) Untersuchung der **Auswirkungen technologischer Entwicklungen** auf das Nutzer- und Systemverhalten unter Berücksichtigung der erforderlichen **Verkehrs-, Energie- und IKT-Infrastrukturen**

- **Simulationsmodell**
- **aussichtsreiche Markt- und Geschäftsmodelle**
- **Software-Komponenten einer intelligenten Lade-, Netz- und IKT-Infrastruktur**
- **Simulationsplattform Elektromobilität**

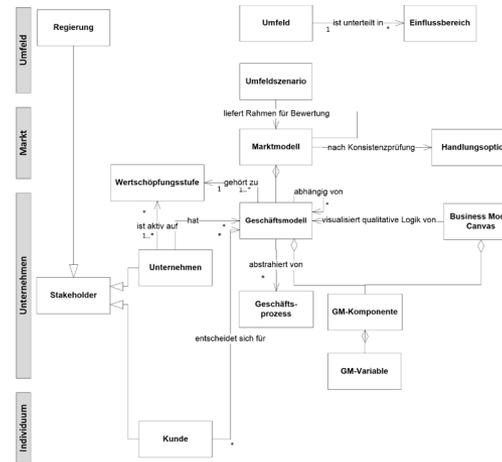


# Domänenspezifische Modelle

Beziehungen analysieren zwischen Elektromobilität, Simulation und IKT

Parameter → Daten → Modelle

- Verkehrsmodelle
- Energiemodelle
- Tarifmodelle
- Standards & Normen

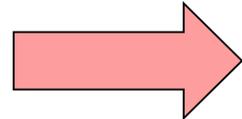


## Typische Parameter

- Geschäftsmodelle & Kundensegmente: z.B. Mehrpreisbereitschaft für Elektroautos, Reichweite oder Benzinpreis
- Energienetz: z.B. Lastprofile und Pläne des Energienetzes
- Energieverhalten von Fahrzeugen: z.B. Batterieentladung und -kapazität

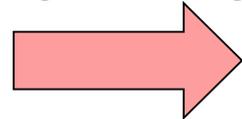
Paramid	15	16	25	StartValue	DiffPerPerio
18	3			363	0
18	3			363	0
18	3			343	-20
18	3			343	-20
19	3			800	0
19	3			800	0
19	3			790	-10
19	3			790	-10
20				0,27277778	0,00344444
20				0,29055556	0,00788889
20				0,29055556	0,00788889
20				0,27277778	0,00344444
21				0,20388889	0,00222222
21				0,21944444	0,00611111
21				0,21944444	0,00611111
21				0,20388889	0,00222222

Parameter, Daten,  
Geschäftsmodell-  
arten



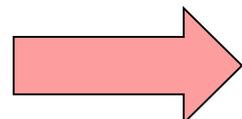
Geschäftsmodellierung,  
Szenariotechnik

Parameter, Daten,  
Modelle,  
Fragestellungen

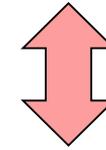
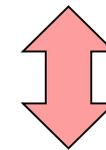


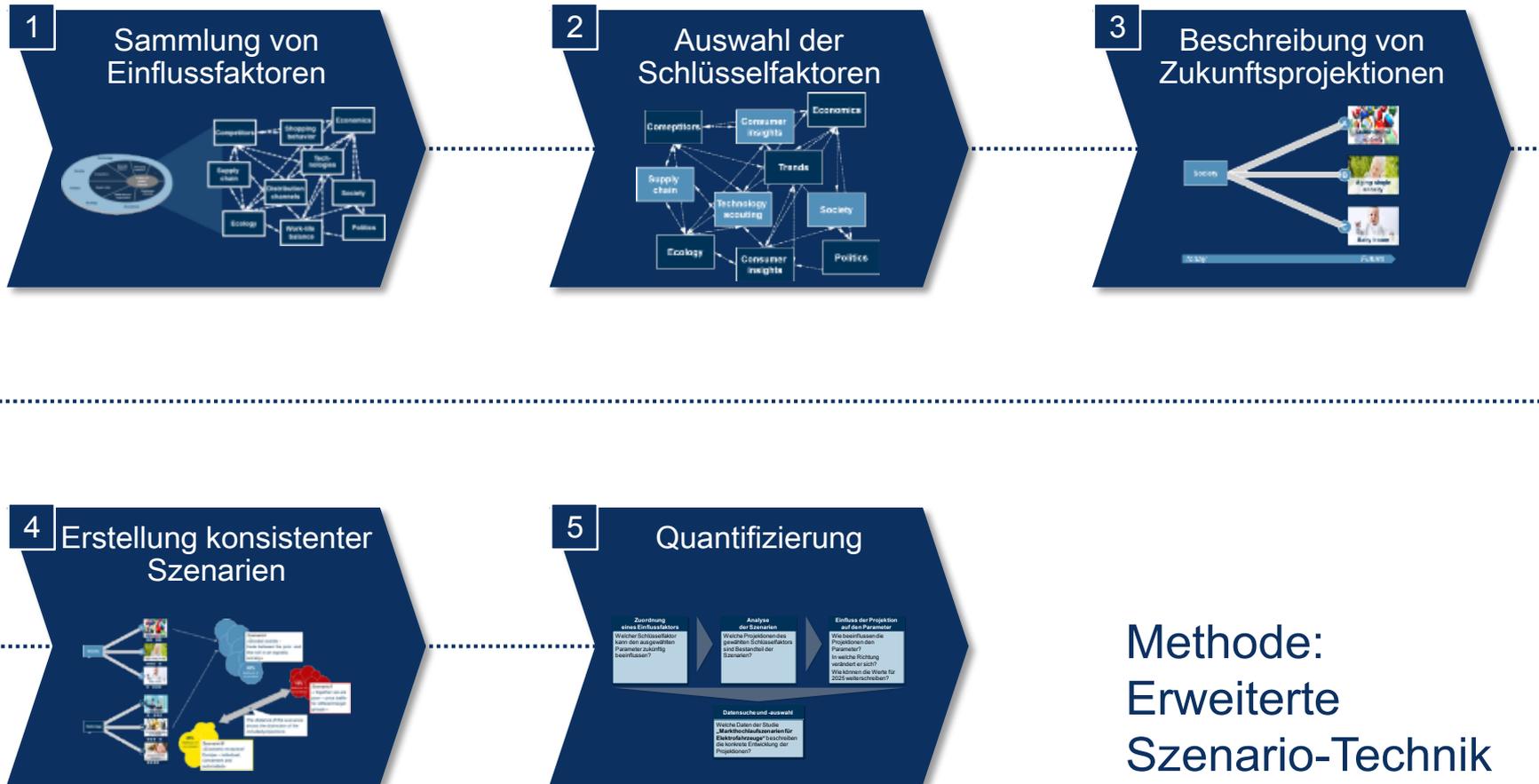
Ökonomische Simulation,  
Sozio-technische Simulation

Modelle  
State of the Art



IKT-  
Infrastrukturkomponenten





Methode:  
Erweiterte  
Szenario-Technik

# Übersicht der Schlüsselfaktoren SMART-EM

## Gesellschaft

1. Demographie
2. Siedlungsstruktur
3. Haushaltsgröße
4. Bildungsniveau
5. **Grad der Individualisierung**
6. Veränderungen in den Wertevorstellungen
7. Einkommensverteilung
8. Konsumentenverhalten
9. Anwendung von Informations- und
  - Kommunikationstechnologien
10. Arbeitskräfteangebot
11. Arbeitszeit vs. Freizeit
12. Wohnsituation

## Politik

13. **Einflussnahme des Staates**
14. Schutz von technologischem Vorsprung
15. Politische Stabilität
16. Außenhandelspolitik
17. Informations- und Pressefreiheit
18. Staatliche und internationale Anreize für
  - bzw. Regulierung von "Grünen
  - Technologien"
19. Energiehandel

## Umwelt

20. Umweltbewusstsein
21. Klimaschutz
22. **Produktspezifische Regulierung von CO2 Emissionen**
23. **Regulierung des Verkehrs**
24. Recycling-Kosten

## • Transportinfrastruktur

25. Verkehrsinfrastruktur
26. Infrastrukturbetreiber und Eigentümer
27. **Verkehrsvolumen**
28. Entwicklung der Reisekosten

## • Wirtschaft (1/2)

29. Ausmaß der Globalisierung
30. **Wirtschaftliche Entwicklung**
31. Investitionsfreude/ Verfügbarkeit von Kapital
32. Branchenbezogener Strukturwandel
33. Stellung der Automobilindustrie
34. Kooperation zwischen Lieferant und OEM
35. **Innovationsfähigkeit**
36. Image und Attraktivität eines Produktionsstandorts
37. Arbeitsumfeld
38. Lohnkosten
39. Logistikdienstleistungen
40. **Benzinpreis**
41. **Verfügbarkeit und Preis von Energie**
42. Verfügbarkeit von Rohstoffen
43. Ladestationskosten
44. Lebensdauer der Batterien
45. Herstellungskosten Batterie
46. Herstellungskosten Fahrzeug
47. **Diversifikation von (IKT-)Dienstern**
48. Wettbewerb in Bezug auf Energie
49. Regel-/Reserveenergie
50. (Fortschreitende) Dezentralisierung der Stromnetze und -erzeugung

## • Wirtschaft (2/2)

51. Sicherheits- und Datenschutzbewusstsein
52. Kundenbindung
53. Relevanz für andere Branchen

## • Individuelle Mobilität

54. Hintergründe/Treiber von Mobilität
55. **Stellenwert des Automobils in der Gesellschaft**
56. Investitionswille
57. Bedeutung von Sicherheit und Komfort
58. **Mobilitätsverhalten**
59. Reiseentfernung / Reisedauer
60. **Bedeutung der Flexibilität im Mobilitätssektor**
61. **Modal Split**
62. V2G / Rückspeisung

Schlüsselfaktoren

# Beschreibung der Zukunftsprojektionen

### Übersicht der Schlüsselfaktoren



<b>Gesellschaft</b> 1. Demographie 2. Bildungsstruktur 3. Haushaltsgröße 4. Bildungsniveau 5. Grad der Individualisierung 6. Veränderungen in den Wertvorstellungen 7. Einkommensverteilung 8. Konsumenverhalten 9. Anwendung von Informations- und Kommunikationstechnologien 10. Arbeitsmarktsegmente 11. Arbeitszeit vs. Freizeit 12. Wohnsituation <b>Politik</b> 13. Einflussnahme des Staates 14. Schutz von technologischem Vorsprung 15. Politische Stabilität 16. Außenhandelspolitik 17. Informations- und Pressefreiheit 18. Staatliche und internationale Anreize für bzw. Regulierung von "grünen Technologien" 19. Energiehandel <b>Umwelt</b> 20. Umweltbewusstsein 21. Klimaschutz 22. Produktstrategische Regulierung von CO2 Emissionen 23. Regulierung des Verkehrs 24. Recycling-Kosten	<b>Wirtschaft (11/2)</b> 25. Transportinfrastruktur 26. Verkehrsnetzbetreiber und Eigentümer 27. Verkehrspläne 28. Entwicklung der Reisekosten <b>Wirtschaft (12)</b> 29. Ausmaß der Globalisierung 30. Wirtschaftliche Entwicklung 31. Investitionsföhde/Verfügbarkeit von Kapital 32. Branchenbezogener Strukturwandel 33. Stellung der Automobilindustrie 34. Kooperation zwischen Lieferant und OBM 35. Innovationsfähigkeit 36. Image und Attraktivität eines Produktionsstandorts 37. Arbeitsumfeld 38. Lohnkosten 39. Logistikdienstleistungen 40. Benzinpreis 41. Verfügbarkeit und Preis von Energie 42. Verfügbarkeit von Rohstoffen 43. Ladestationskosten 44. Lebensdauer der Batterien 45. Herstellungskosten Batterie 46. Herstellungskosten Fahrzeug 47. Diversifikation von (Kfz-)Dienstleistungen 48. Wettbewerb in Bezug auf Energie 49. Regel-/Reserveenergie 50. (Fort)wandelnde Dezentralisierung der Stromnetze und -erzeugung	<b>Wirtschaft (12)</b> 61. Sicherheits- und Datensicherheitsbewusstsein 62. Kundenbindung 63. Relevanz für andere Branchen <b>Individuelle Mobilität</b> 54. Hintergründe/Treiber von Mobilität 55. Stellenwert des Automobils in der Gesellschaft 56. Investitionsfälle 57. Bedeutung von Sicherheit und Komfort 58. Mobilitätsverhalten 59. Reiseentfernung / Reisedauer 60. Bedeutung der Flexibilität im Mobilitätssektor 61. Nodal Split 62. V2O / Rückspiegelung
---	---	---

17-10-2016 | Smart\_Workshop\_2\_Projektionen | © UNITY

### SF 8: Stellenwert des Automobils in der Gesellschaft (1/9) Übersicht



**Einfussbereich: Individuelle Mobilität**

**Definition:**  
 Der Stellenwert des Automobils in der Gesellschaft kann sehr unterschiedlich sein. Auf der einen Seite kann es emotional als reines Commodity-Produkt, auf der anderen Seite sehr emotional als Produkt wahrgenommen werden, das entscheidend für die Lebensqualität ist. Der zukünftige Stellenwert des Automobils in unserer Gesellschaft wird sich nicht nur entscheidend auf das künftige Produktprogramm der OEMs, sondern auch auf das Design und die Ausstattung von Fahrzeugen im Allgemeinen aus.

**Aktuelle Situation:**

- Die Autos in der deutschen Gesellschaft haben hohen Stellenwert. Es kann der Charakter und die Wertvorstellungen des Besitzers ausstrahlen und als Unterscheidungsmerkmal dienen (PS26). Ein Blick auf die Designcharakteristika der verschiedenen Automarken unterstreicht die besondere Bedeutung des Autos in der Gesellschaft. Die Autostiftung in Wolfsburg zeigte 2011 z. B. 3,27 Mio. Deutscher (141.502).
- Umfragen zeigen, dass 85% der Deutschen es wichtig finden, ein eigenes Auto zu besitzen (5713-05). 70% geben sogar an, dass sie durch ihr Auto zufrieden sind und sich von anderen scheiden (AUS2).
- Im Gegensatz zur Bedeutung von Smartphones für Privatpersonen misst, lag das individuelle Verkehrsmittel (Auto, Motorrad, Fahrrad) mit 45% auf Platz 2. Weiterhin bemerkt wird jedoch das eigene Haus bei der eigenen Wohnung mit 70%.
- Mehr als 90% der über 25-Jährigen besitzen ein Auto, das die Zahl der jährlichen Führerscheinprüfungen (1,5 bis 1,2 Mio. Bewerber an (2012)).
- Die Treue für Neuwagen sind in der letzten darüber hinaus die Kosten, die mit der Nutzung eines Neuwagens verbunden sind (fast 20% höher als noch 20).

**Indikatoren:**

- Jährliche Führerscheinneuerwerbungen
- Anzahl der Neuzulassungen
- Prävalenzrate im Automobilsektor
- Verhältnis Kauf- und Gebrauchtwagen

17-10-2016 | Smart\_Workshop\_2\_Projektionen

### SF 8: Stellenwert des Automobils in der Gesellschaft (3/9) Indikatoren



**3** Preisentwicklung in der Automobilindustrie  
 Die wichtigste Preisentwicklung für Neuwagen in der Automobilbranche bestimmt sich allerdings anhand der Preisentwicklung der relevanten Techniken (Elektromotoren, vs. Hybridantriebe). Insgesamt steigt der Preis der Preisentwicklung der Komponenten (2012/13).

**4** Verhältnis Neuzulassung und Gebrauchtwagenanteil  
 Der Indikator zeigt, wie viele die Kaufpreise im Vergleich zu Kauf- und Gebrauchtwagen.

**5** Verkaufsentwicklung für Neuzulassung und individuelle Personalausstattung  
 Die Entwicklung der Neuzulassung und der individuellen Personalausstattung zeigt, dass die Zahl der jährlichen Führerscheinprüfungen (1,5 bis 1,2 Mio. Bewerber an (2012)).

**6** Anzahl der Personen in Deutschland, die in den nächsten Jahren ein Auto kaufen wollen, nach Neuwagen und Gebrauchtwagen, von 2007 bis 2013 (in Millionen)

**SF 8: Stellenwert des Automobils in der Gesellschaft (7/9) Projektionen**



**Erfüllt seinen Zweck (A)**  
 Nutzer fragen Automobile nach, die nur über Basisfunktionen verfügen; die Preise für Neuwagen stabilisieren sich und steigen nicht weiter an.  
 Es existiert keine emotionale Bindung zum Automobil; der Führerschein verliert seine Bedeutung als Indikator; die Anzahl an Führerscheinneuerwerbungen sinkt.  
 Vor allem in Städten kann das Mobilitätsbedürfnis auch mit anderen Verkehrsmitteln befriedigt werden; die Zahl an Neuzulassungen geht zurück.  
 Die Gesellschaft nimmt das Automobil als reines Verkehrsmittel wahr.

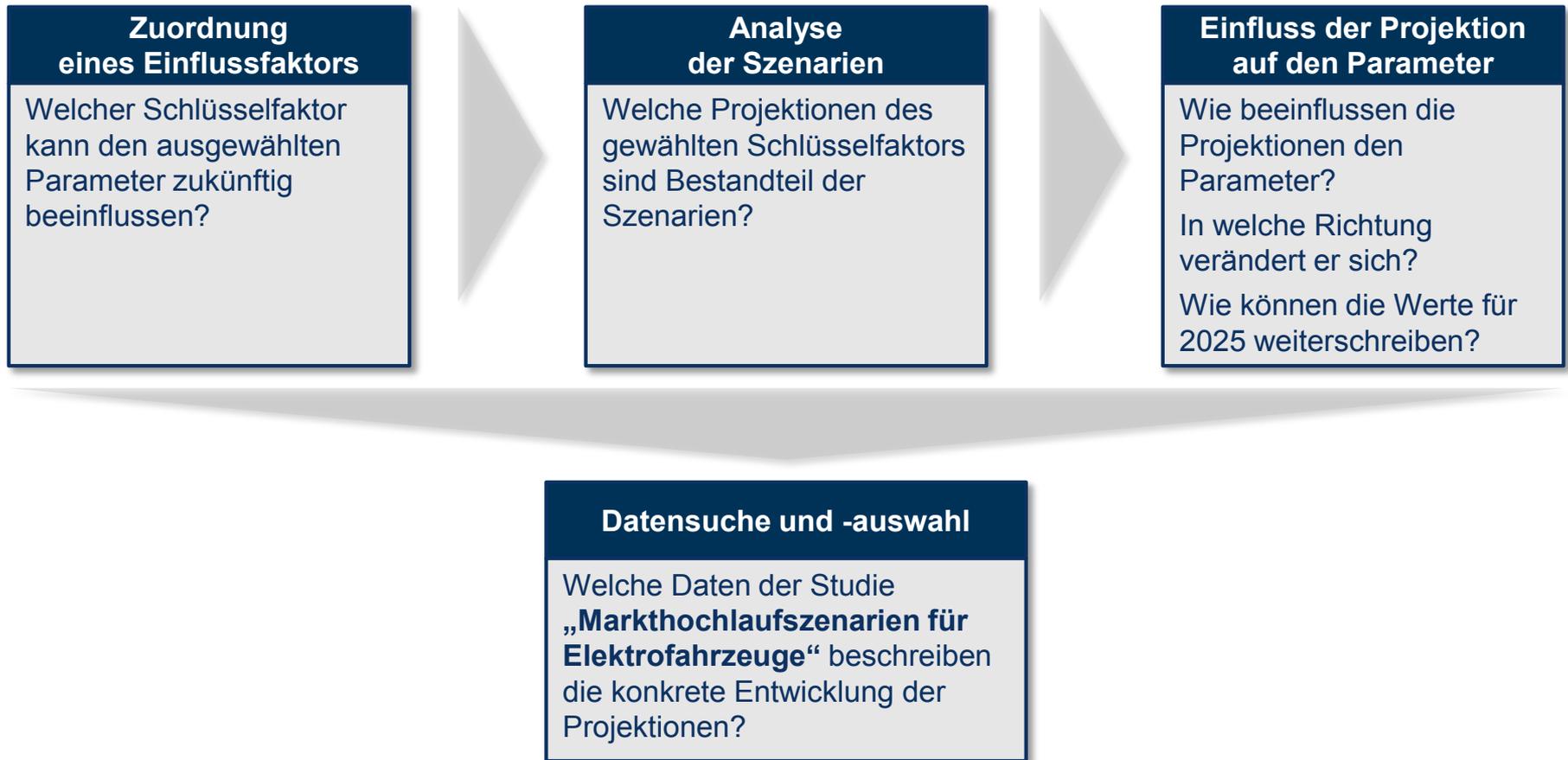
**Liebhabschaft (B)**  
 Obwohl sich Nutzer hoch emotional mit dem Automobil identifizieren, werden lediglich Basisfunktionen nachgefragt.  
 Die Preiselastizität der Automobilmärkte ist aufgrund der emotionalen Bindung reduziert; Hersteller können höhere Preise für ihre Neuwagen durchsetzen, Zusatzkomponenten können hingegen nicht gegen einen Preisrückgang verteidigt werden.  
 Die Anzahl an Fahrzeugen und jährlichen Führerscheinneuerwerbungen steigt an, da das Auto als Statussymbol anerkannt ist.  
 Es besteht wenig Interesse an technischen Produktmerkmalen.

**Ledenschaft für Fahrzeug und Technik (C)**  
 Nutzer identifizieren sich besonders stark mit dem Produkt; das Auto wird als Statussymbol anerkannt.  
 Technische Produktmerkmale haben eine große Bedeutung; Multifunktionalität des Automobils ist gefragt.  
 Die Anzahl an Führerscheinneuerwerbungen und jährlichen Neuzulassungen steigt.  
 Eine geringe Preiselastizität der Kunden und eine hohe Bereitschaft für Zusatzkomponenten mehr zu zahlen, führen zu einem raschen Anstieg des Preises für Neuwagen.

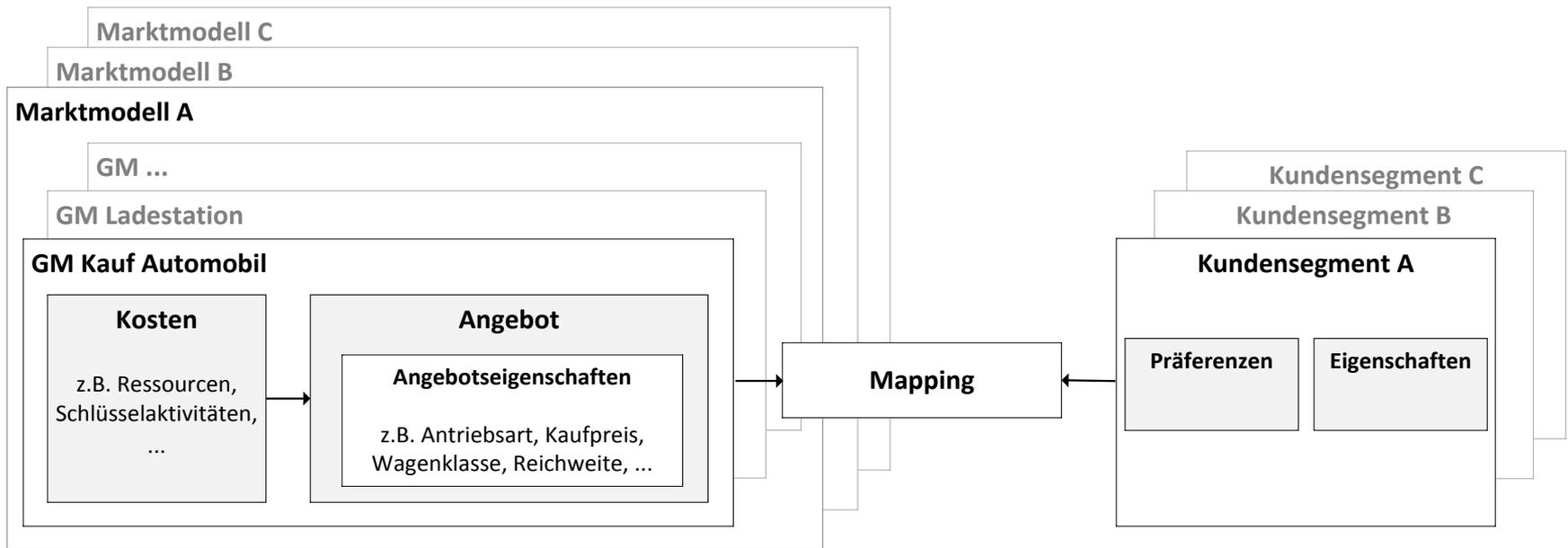
**Einsatzvielfalt steht im Vordergrund (D)**  
 Der Nutzer verlangt nach Multifunktionalität; identifiziert sich aber nicht mit dem Automobil.  
 Technische Produktmerkmale sind von großer Bedeutung für den Kunden.  
 Preise für Neuwagen steigen nur in dem Umfang an, in dem die Hersteller in der Lage sind, den Kunden die Vorteile der Multifunktionalität bzw. der technischen Neuerungen anschaulich darzustellen.  
 Das Auto ist als technisches Konstrukt von großem Interesse für die Gesellschaft; andere Verkehrsmittel werden jedoch auch genutzt; sofern sie dem Mobilitätszweck besser erfüllen.

17-10-2016 | Smart\_Workshop\_2\_Projektionen | © UNITY



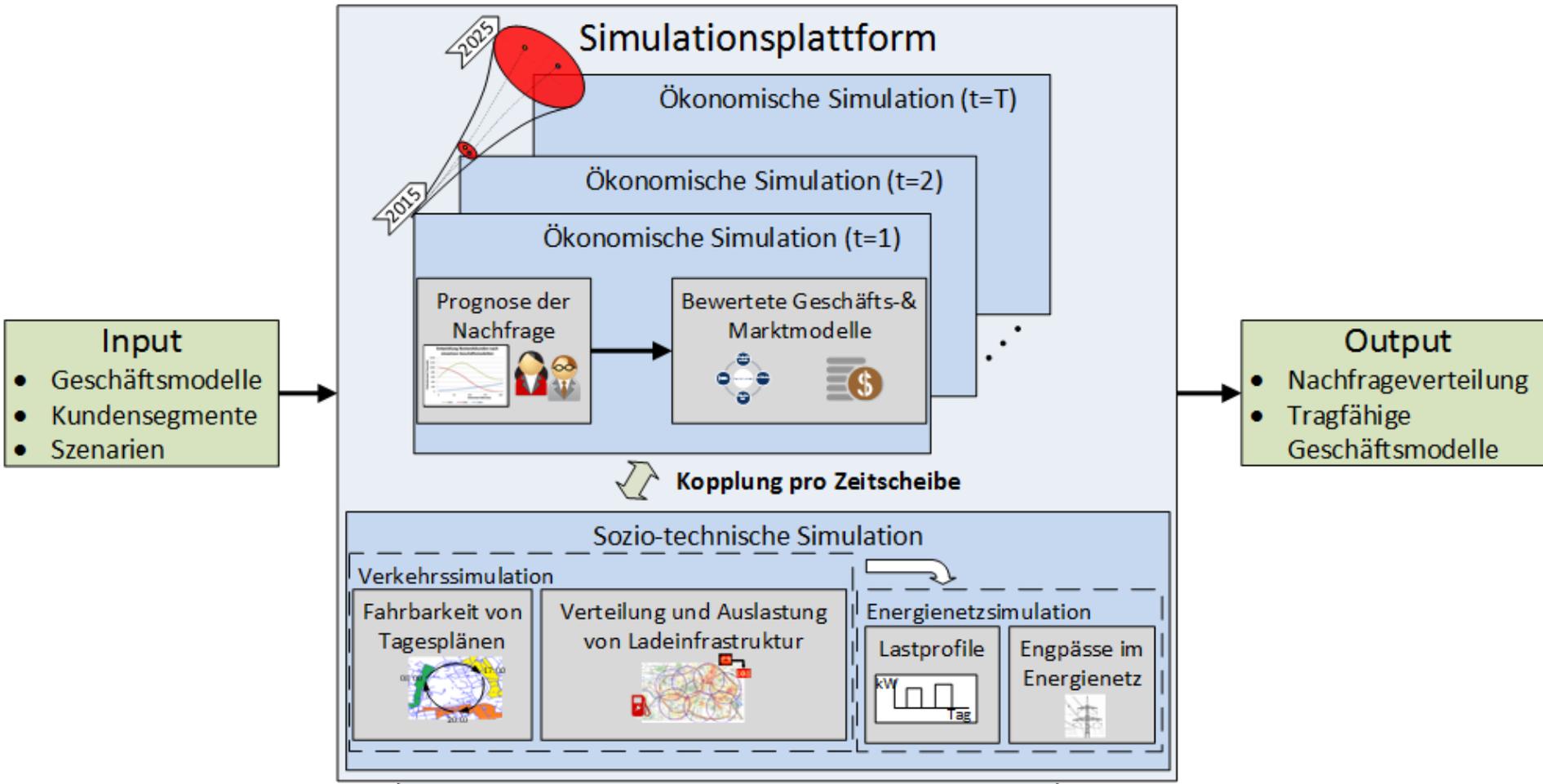


Durch eine Zuordnung von Schlüsselfaktoren und Parametern können konkrete Werte für die zukünftige Entwicklung abgeleitet werden.



Bewertung: Komplementäre Geschäftsmodelle  
in konkurrierenden Marktmodellen

**Ziel:** Entscheidungsunterstützungssystem für die Bewertung und Auswahl von Geschäfts- und Marktmodellen



- Betrachtete Fragestellungen

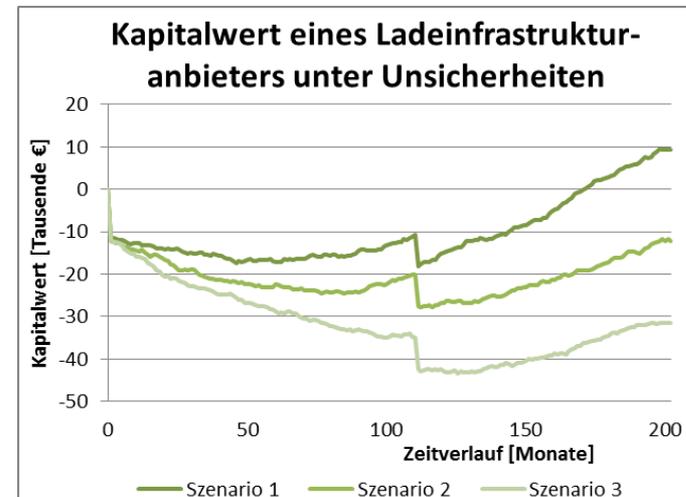
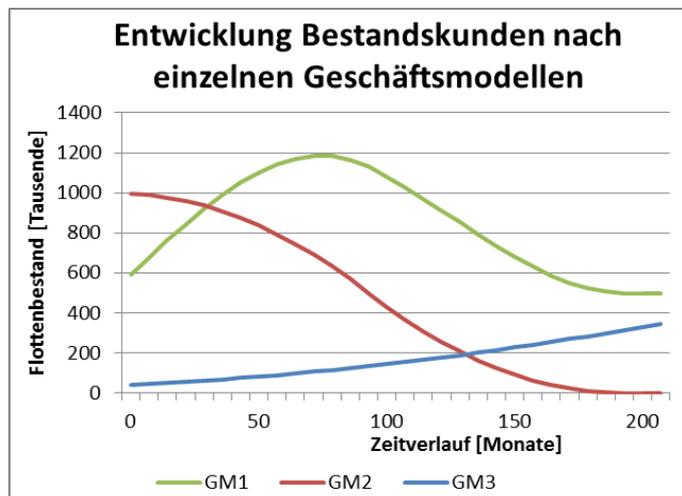
## Ermittlung von Marktanteilen pro Marktmodell

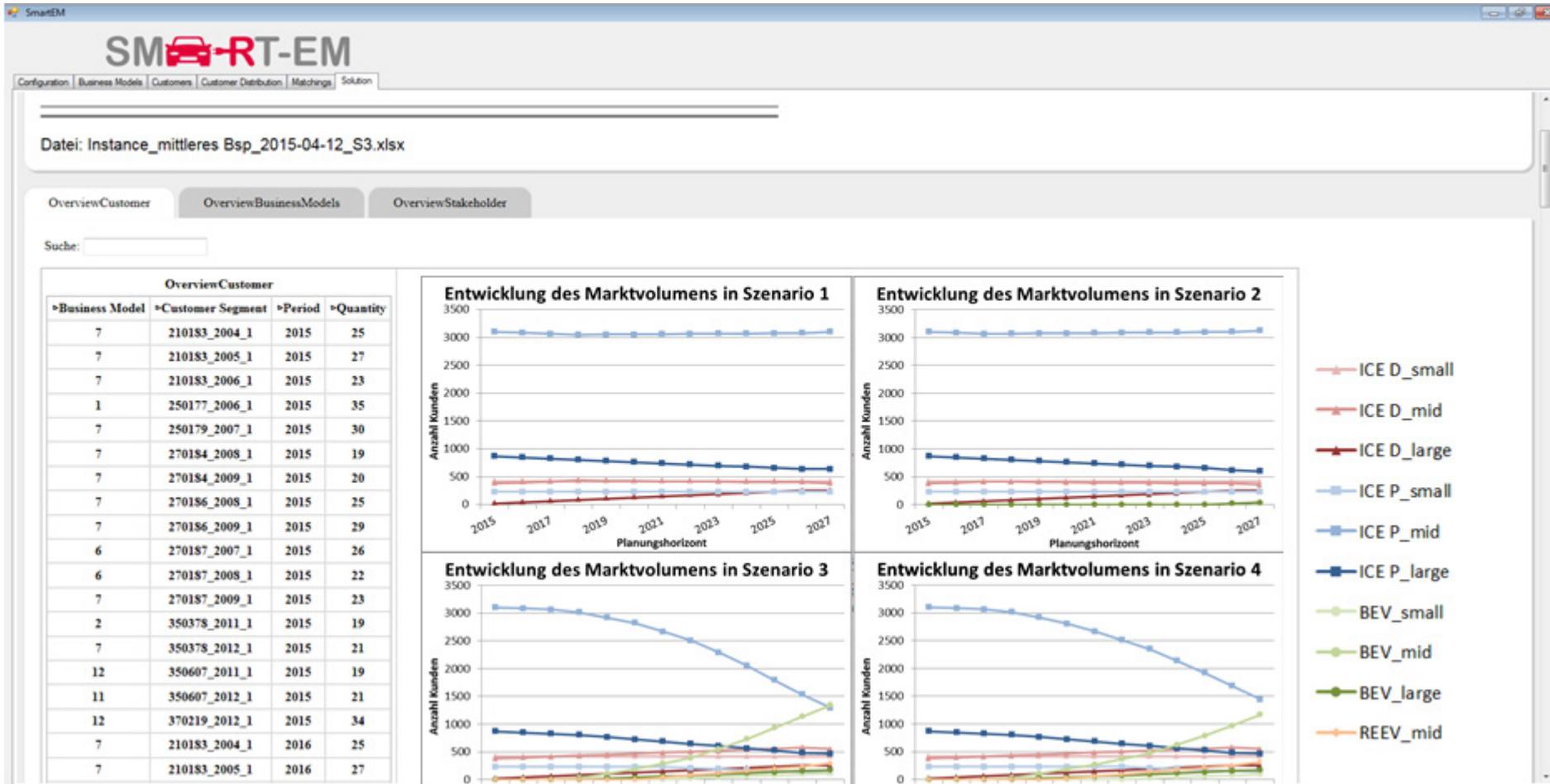
Welches Marktmodell generiert unter welchen externen Einflüssen im zeitlichen Verlauf welche Nachfrage?

## Ermittlung von tragfähigen (Ladeinfrastruktur-) Geschäftsmodellen

Welches Geschäftsmodell generiert unter welchen Einflüssen im zeitlichen Verlauf welche finanziellen Kennzahlen?

- Erwartete Antworten





- Betrachtete Fragestellungen

## Ermittlung von fahrbaren Tagesplänen

Sind konkrete Tagespläne von Kunden mit einem Elektrofahrzeug fahrbar?

## Ermittlung von Bedarf an öffentlicher Ladeinfrastruktur

Ist Bedarf an öffentlicher Ladeinfrastruktur in einer Region vorhanden?

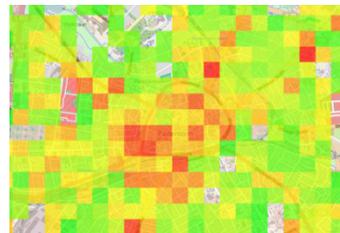
## Standortidentifikation von öffentlicher Ladeinfrastruktur

Wo sollte öffentliche Ladeinfrastruktur in der Region installiert werden und wie hoch ist die zu erwartende Auslastung?

- Erwartete Antworten



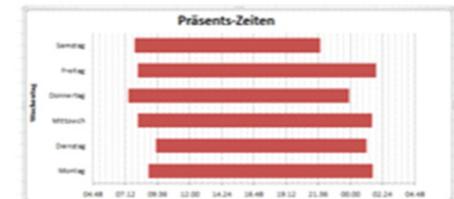
Fahrbarkeit  
Tagespläne ja/nein



Bedarf nach  
Ladeinfrastruktur



Positionierte  
Ladeinfrastruktur



Ladevorgänge an  
Ladeinfrastruktur



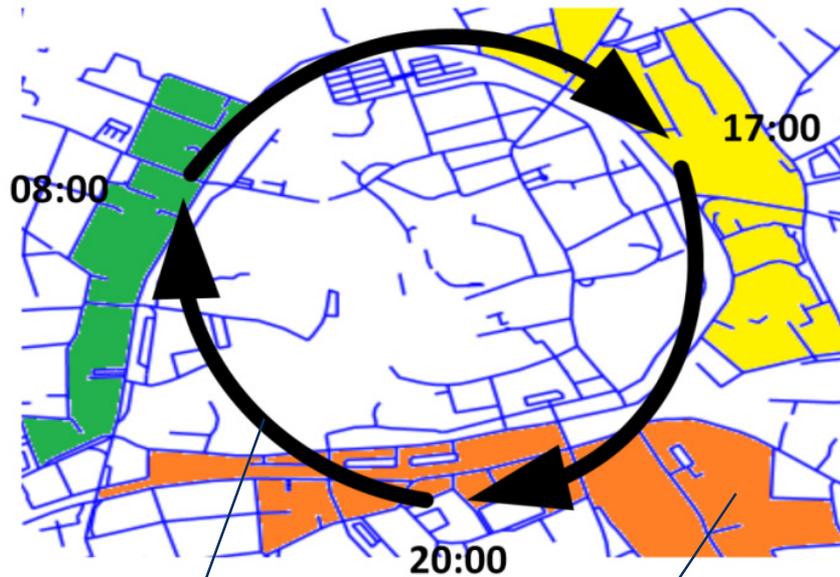
Fahrer



Fahrzeuge



Ladeinfrastruktur



Tagespläne

Straßenkarte

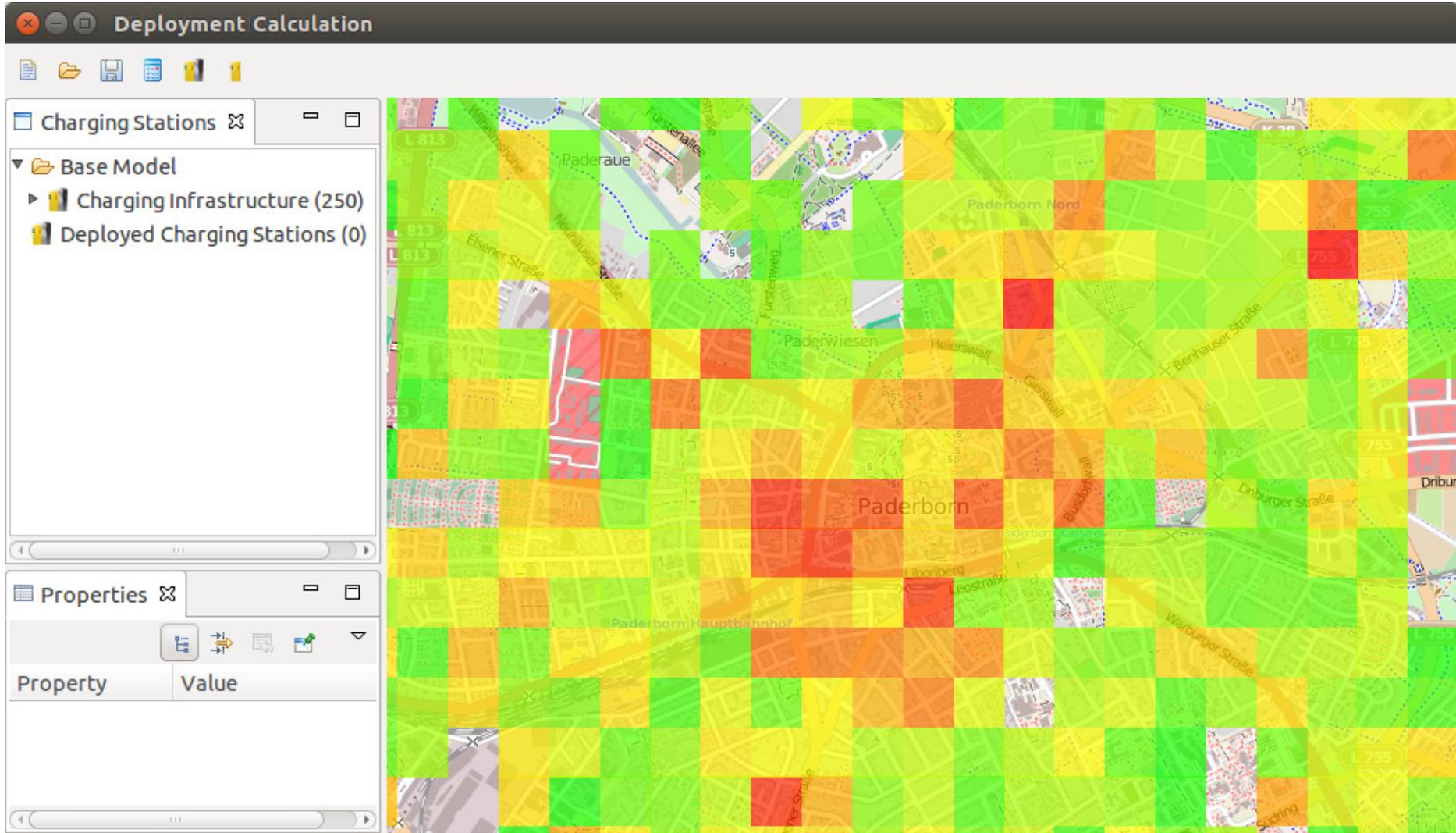
## Verkehrssimulation

- Tagespläne
- Berechnung der Batterieladestände
- Verwendung von Ladeinfrastruktur



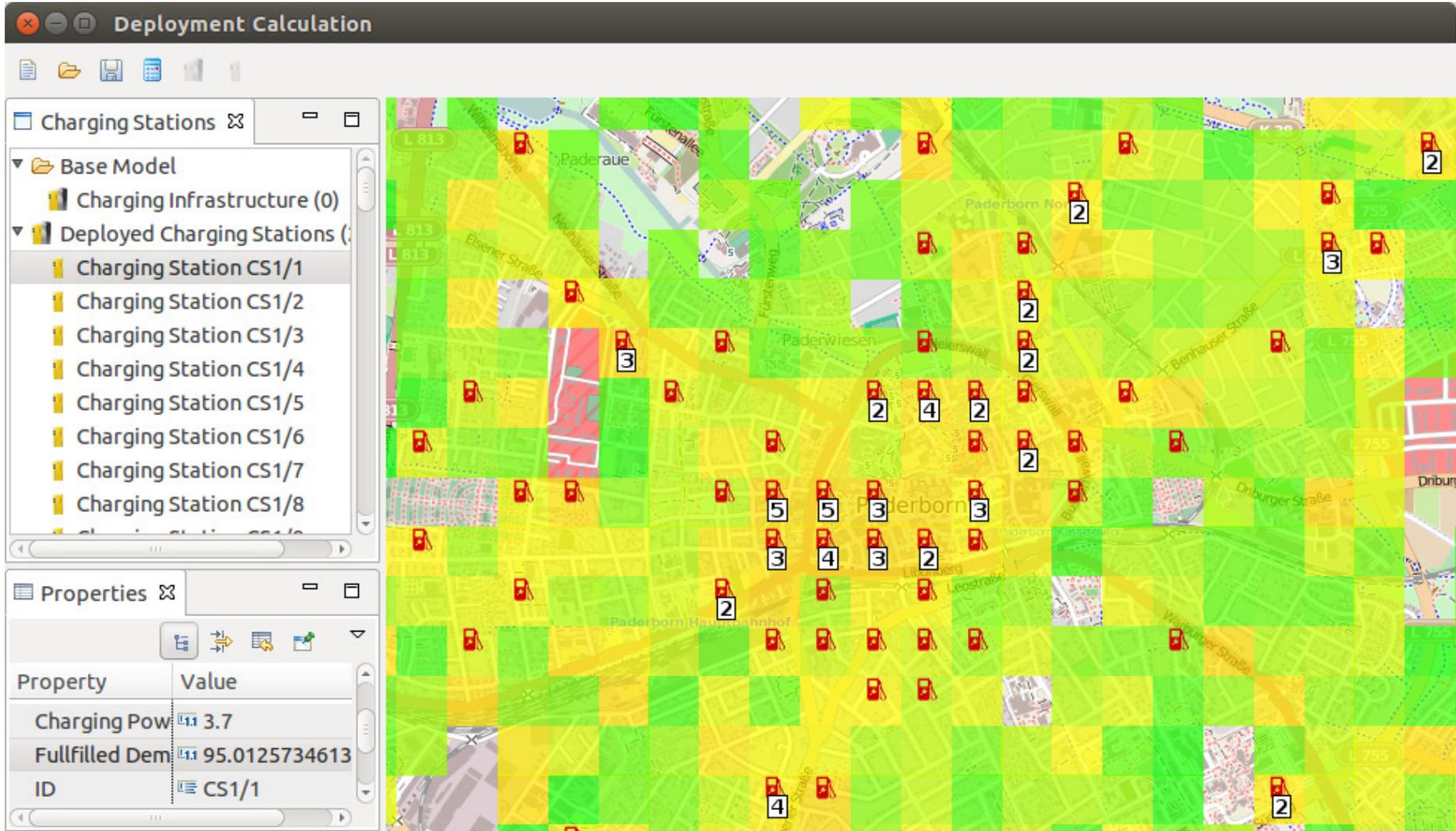
# Ladeinfrastrukturverteilung

## Potentielle Auslastung



# Ladeinfrastrukturverteilung

## Positionierte Ladeinfrastruktur



- Betrachtete Fragestellungen

## Berechnung von Lastprofilen

Welche Ausprägungen können neue Abnehmergruppen unter der Berücksichtigung von Einflussgrößen der Elektromobilität haben?

## Untersuchung der Netzstabilität

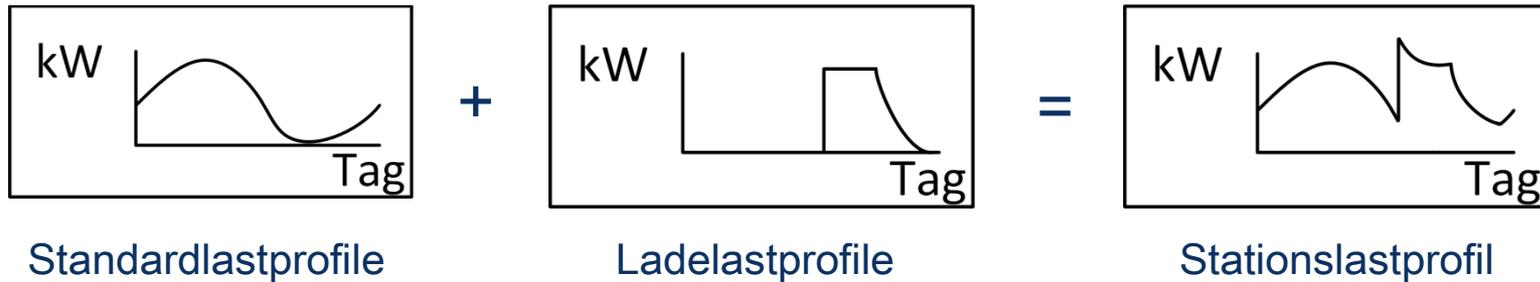
Muss mit Engpässen in einem Teilnetz aufgrund von Ladevorgängen von Elektrofahrzeugen gerechnet werden?

- Erwartete Antworten

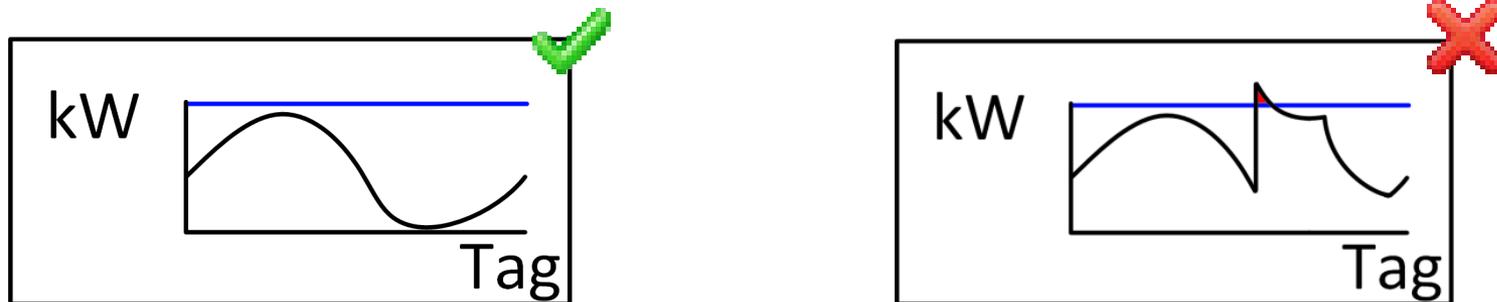


Lastprofile mit Erkennung von überschrittenen Belastungsgrenzen

- Aus der Summe der Stromverbräuche der Hausanschlüsse und der Ladevorgänge wird die Belastung der Ortsnetzstation berechnet



- Es wird überprüft ob die maximale Belastbarkeit der Ortsnetzstation zu einem Zeitpunkt überschritten wird



Powergrid Simulation

Step size: 100  Monitor 24h only Quick Access

**PowergridView**

Edit

- Station SL01\_226
- Station SL01\_472
- Station SL07\_005
- Station SL01\_428
- Home Connector 120987619
- Home Connector 224026610

**ChargeProfileConfigurationView**

Edit

- Charge Profile Configuration 3.7kW
- Charge Profile Configuration 11kW
- Charge Profile Configuration 22kW

**ScenarioConfigurationView**

Edit Generate Scenario

- Scenario Paderborn 15%
- Scenario Paderborn 20%
- Scenario Paderborn 25%
- Scenario Paderborn 50%
- Scenario Paderborn 100%

**Properties**

Property	Value
ID	SL01_428
Lat	51.7165786844044
Long	8.758120993253208
Max Load	630.0

**MapView**

**ResultView** **LoadView**

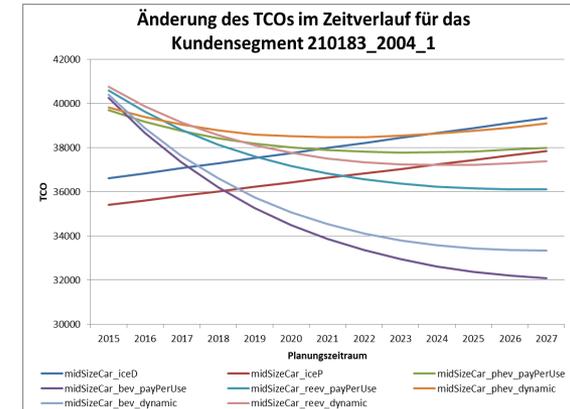
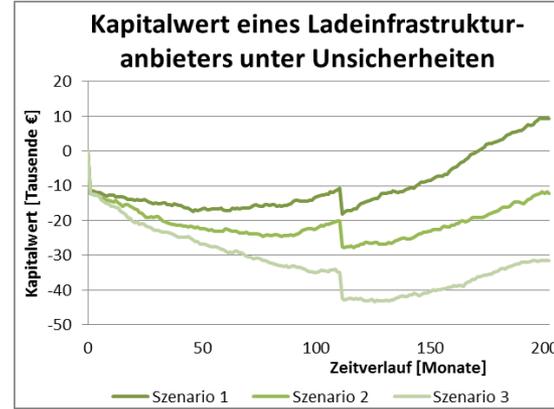
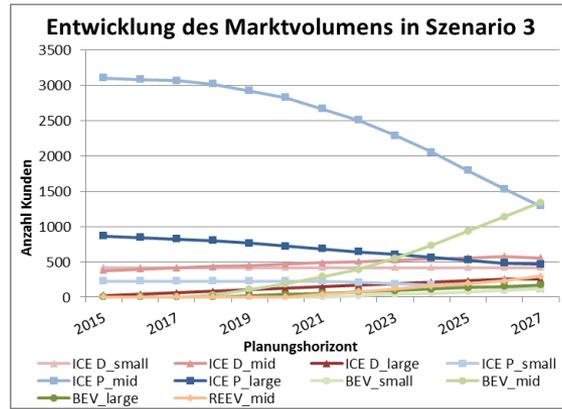
Load of day: Freitag, 2013-01-11  show maximum power of station SL01\_428

## Gesamtmarkt

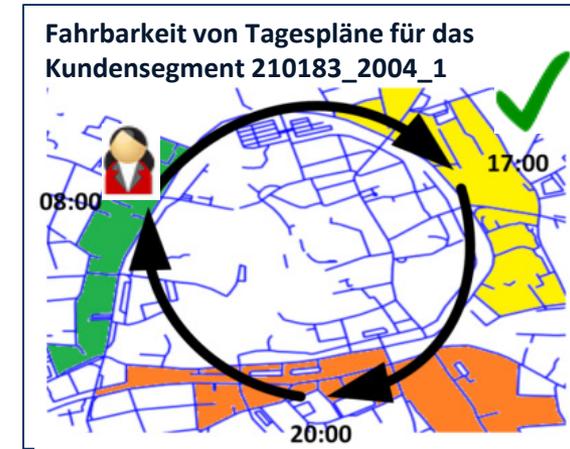
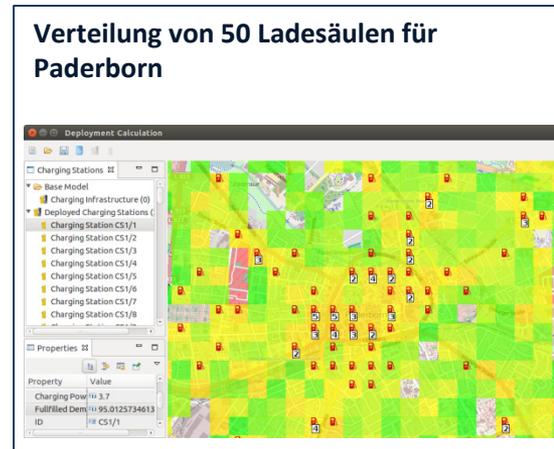
## Stakeholdersicht

## Kundensegmentsicht

Ökonomische Ebene

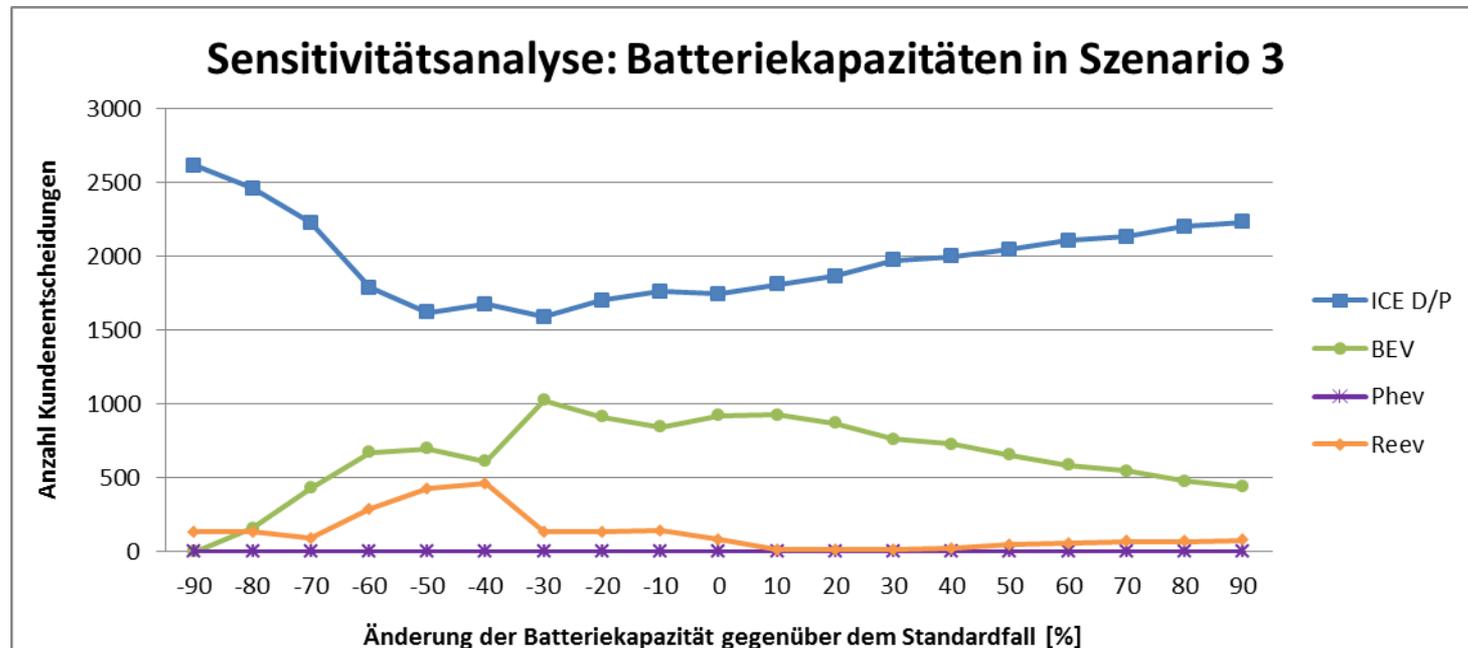


Sozio-technische Ebene



Ermittlung der Marktanteile pro Fahrzeugtyp bzw. Geschäftsmodell  
Welches Geschäftsmodell generiert unter welchen Einflüssen im zeitlichen Verlauf welche Nachfrage?

- Sensitivitätsanalysen
  - Welchen Einfluss hat bspw. die Änderung der Batteriekapazität
  - Ziel: Bessere Entscheidungsgrundlage schaffen



## Identifikation von wesentlichen Hebeln

## Sensitivitätsanalysen je Hebel

## Ableitung von Handlungsempfehlungen für Geschäftsmodelle

- **Durchführung von ersten Simulationsläufen für die Parameter**
  - ▶ Auto-Verkaufspreis
  - ▶ Batteriepreis
  - ▶ Kaufprämie absolut
  - ▶ Kaufprämie in der Entwicklung
  - ▶ KFZ-Steuer konventionell
  - ▶ KFZ-Steuer elektrisch
  - ▶ Konventioneller Verbrauch
  - ▶ Verkaufspreis Strom
  - ▶ Treibstoffpreise
- **Vergleich der Parameter hinsichtlich Auswirkungen auf die Anzahl der E-Fahrzeuge zur Identifikation der wesentlichen Hebel (Parameter mit dem größten positiven Einfluss auf Anzahl E-Fahrzeuge)**
- **Durchführung von weiteren Simulationsläufen je Hebel zur Verfeinerung der Analysen**
- **Veränderung der Parameter um jeweils +25%, +50%, +75% und um -25%, - 50%. -75%**
- **Analyse der Auswirkungen auf die Anzahl der Fahrzeuge je Antriebsart und auf die Kapitalwertentwicklung je simuliertem Stakeholder**
- **Ableitung der Handlungsempfehlungen für die Geschäftsmodelle der simulierten Stakeholder und damit verbundener Stakeholder**
- **Betrachtung der Handlungsempfehlungen hinsichtlich:**
  - ▶ Maximierung des Kapitalwerts je Stakeholder
  - ▶ Maximierung der Anzahl an Elektrofahrzeugen insgesamt

These: Einige Parameter beeinflussen den Absatz an Elektroautos besonders stark. Ihre Ausprägung nimmt somit eine besondere Relevanz in den Simulationsmodellen ein.

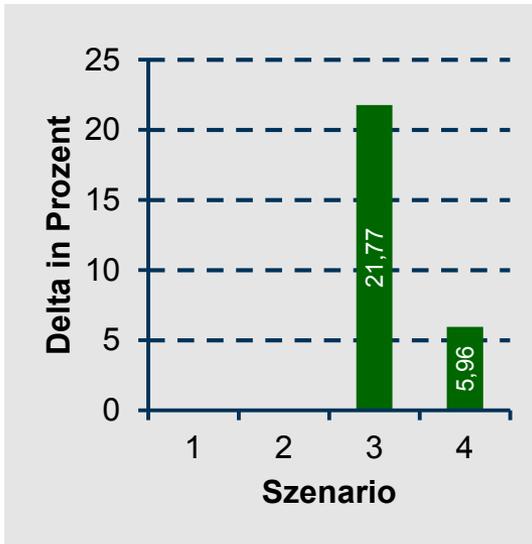
**These: Eine höhere Kaufprämie im Startjahr motiviert mehr Kunden sich ein Elektroauto zu kaufen. Auch in den Folgejahren ist so eine erhöhte Kaufprämie vorhanden.**

## Anpassung

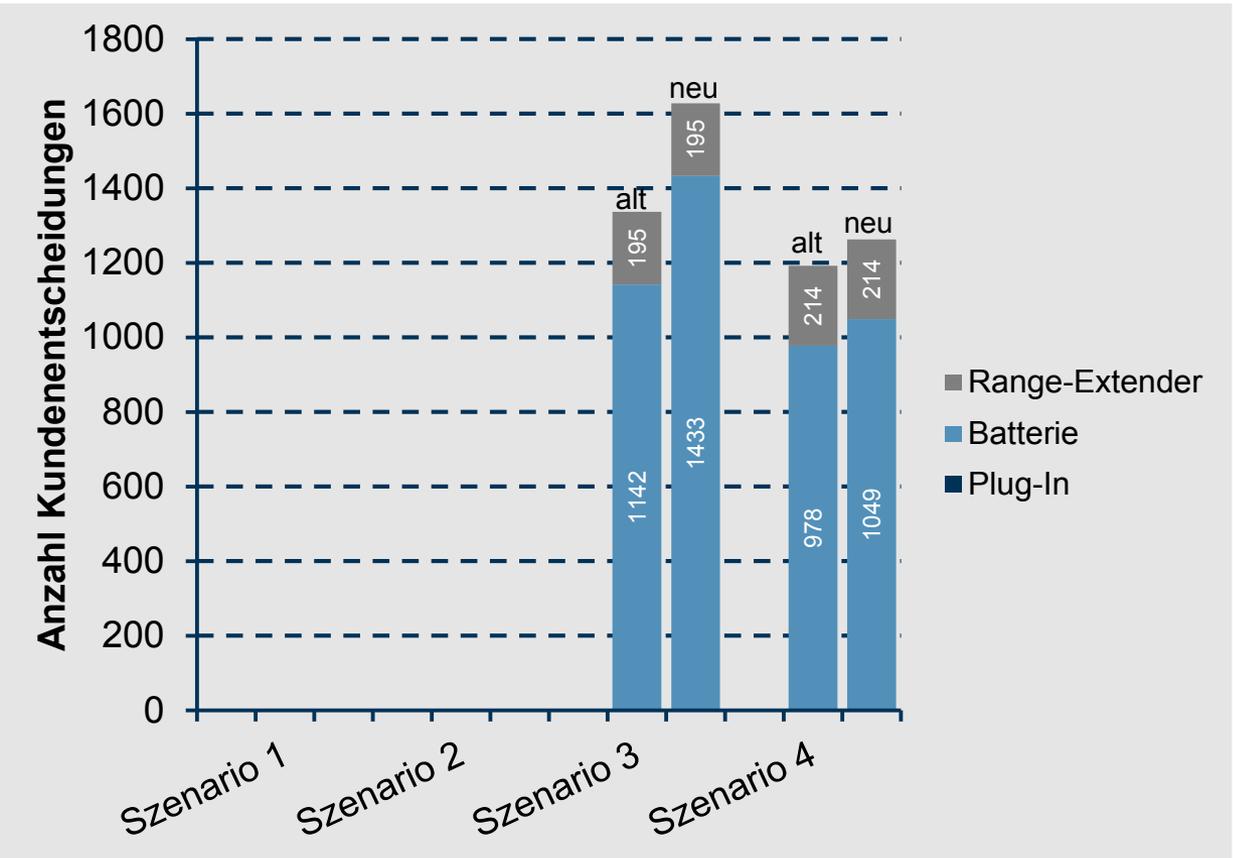
Für die Szenarien 3 und 4 sind die Kaufprämien im Jahr 2015 um 50% erhöht worden gegenüber dem neutralen Szenario (Ausgangsparameter in der Simulation). Der neutrale Wert ist hierfür um den Faktor 1,5 gesteigert worden.

Nr.	Szenario	Prämie neutral	Prämie neu
1	Geringe Chance Für Elektromobilität	0 €	0 €
2	Konventionelle Massenmobilität Im Abschwung	0 €	0 €
3	Elektromobilität Als Gleichwertige Alternative	1600 €	2400 €
4	Nachhaltige Individuelle Computergestützte Elektromobilität	800 €	1200 €

Szenario	Veränderung	
	alt	neu
1	0	0
2	0	0
3	1337	1628
4	1192	1263



## Anteil der Businessmodelle



**Die Parameteranpassung in Szenario 3 und 4 führt zu einer erhöhten Kaufentscheidungen für Elektroautos. Besonders im dritten Szenario findet eine Steigerung statt.**

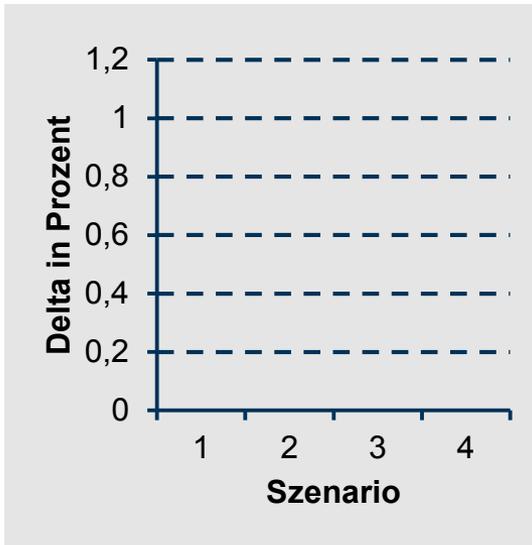
**These: Eine schwächer abnehmende Kaufprämie führt zu erhöhten Kaufprämien in den künftigen Perioden und somit zu einer größeren Nachfrage nach Elektromobilität.**

## Anpassung

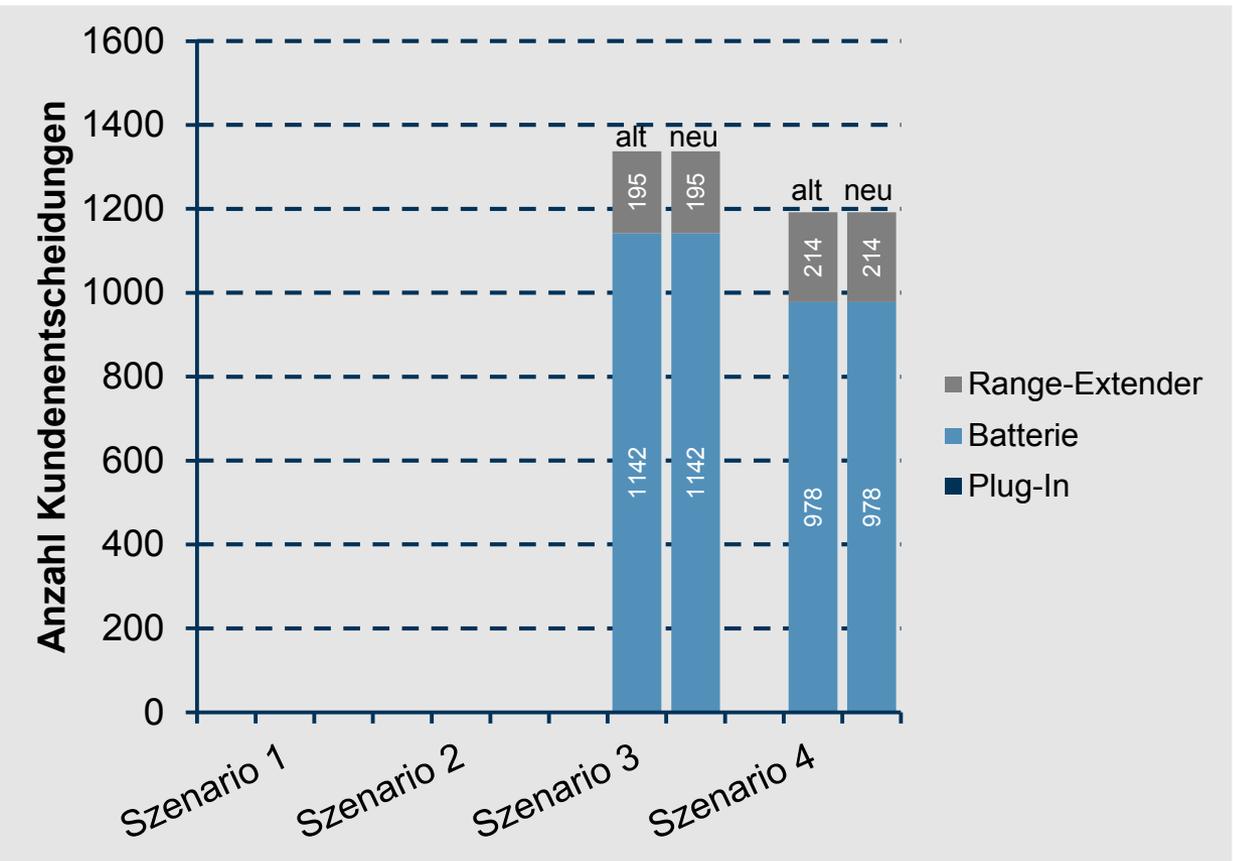
Die Differenz pro Periode ist von 20% auf 13,3% halbiert worden. Dies betrifft nur Szenario 3 und 4, da es in den beiden anderen Szenarien keine Prämie gibt.

Periodenweises sinken neutral	Periodenweises sinken neu
20 %	13,3 %

Szenario	Veränderung	
	alt	neu
1	0	0
2	0	0
3	1337	1337
4	1192	1192



## Anteil der Businessmodelle



Die langsamer abnehmende Kaufprämie hat keine Auswirkungen auf die Anzahl an Kundenentscheidungen.

# Vergleich der Simulationsergebnisse

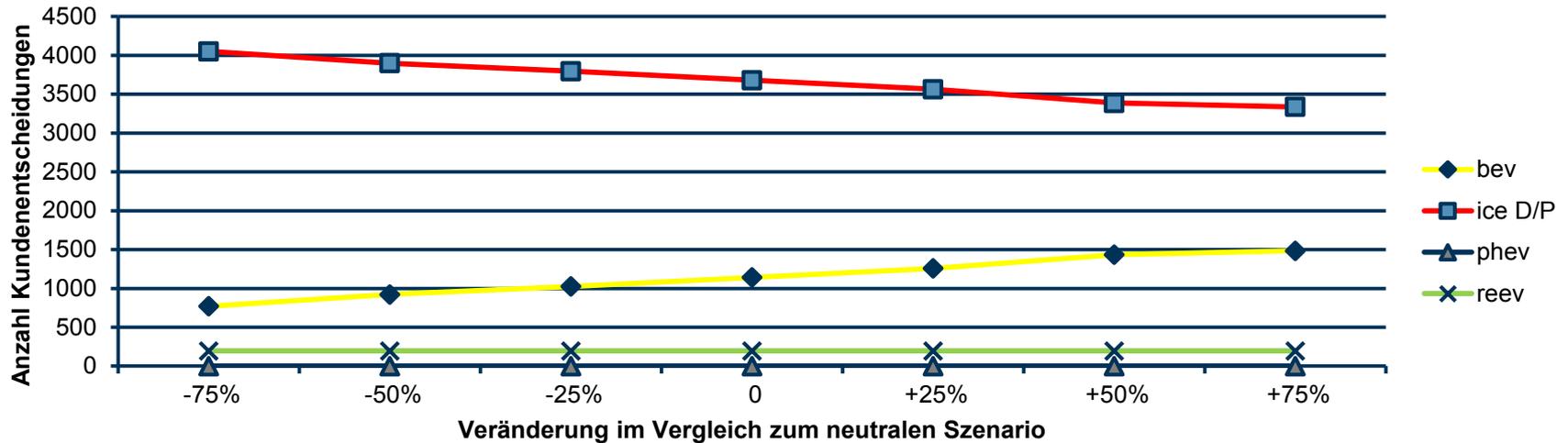
Elektrofahrzeuge 2025	Szenario	1		2		3		4	
Simulationslauf		Anzahl E-Fahrzeuge	Δ% zum neutralen Szenario						
neutrales Szenario 40 Ladesäulen		0	-	0	-	1337	-	1192	-
Auto-Verkaufspreis		0	-	0	-	1376	2.92%	1233	3.44%
Batteriepreis		220	-	95	-	1763	31.86%	1681	41.02%
Kaufprämie absolut		0	-	0	-	1628	21.77%	1263	5.96%
Kaufprämie Entwicklung		0	-	0	-	1337	0.00%	1192	0.00%
KFZ-Steuer elektrisch		0	-	0	-	1337	0.00%	1192	0.00%
KFZ-Steuer konventionell		38	-	57	-	1545	15.56%	1401	17.53%
Konventioneller Verbrauch		877	-	987	-	2090	56.32%	2022	69.63%
Verkaufspreis Strom		248	-	371	-	1722	28.80%	1557	30.62%
Treibstoffpreise		508	-	668	-	2002	49.74%	1879	57.63%

**Basierend auf den Simulationsläufen wurden die Parameter Batteriepreis, Kaufpreisprämie absolut, Verbrauch konventionell, Verkaufspreis Strom und Treibstoffpreise als größte Hebel für die Elektromobilität identifiziert.**

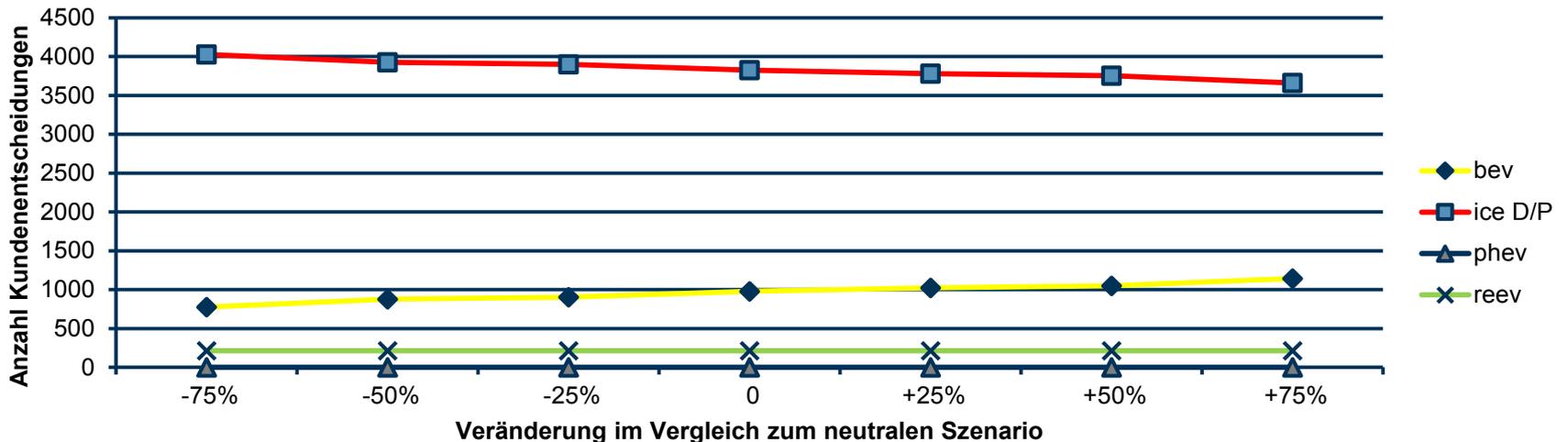
# Parameter absolute Kaufprämie SMART-EM

## Kundenentscheidungen

### Szenario 3



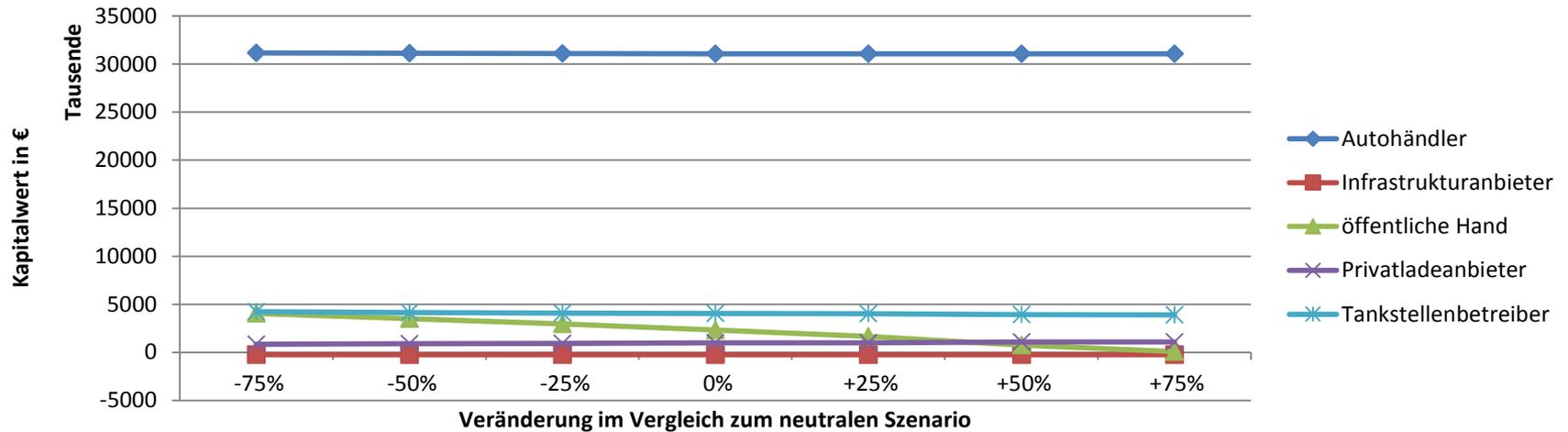
### Szenario 4



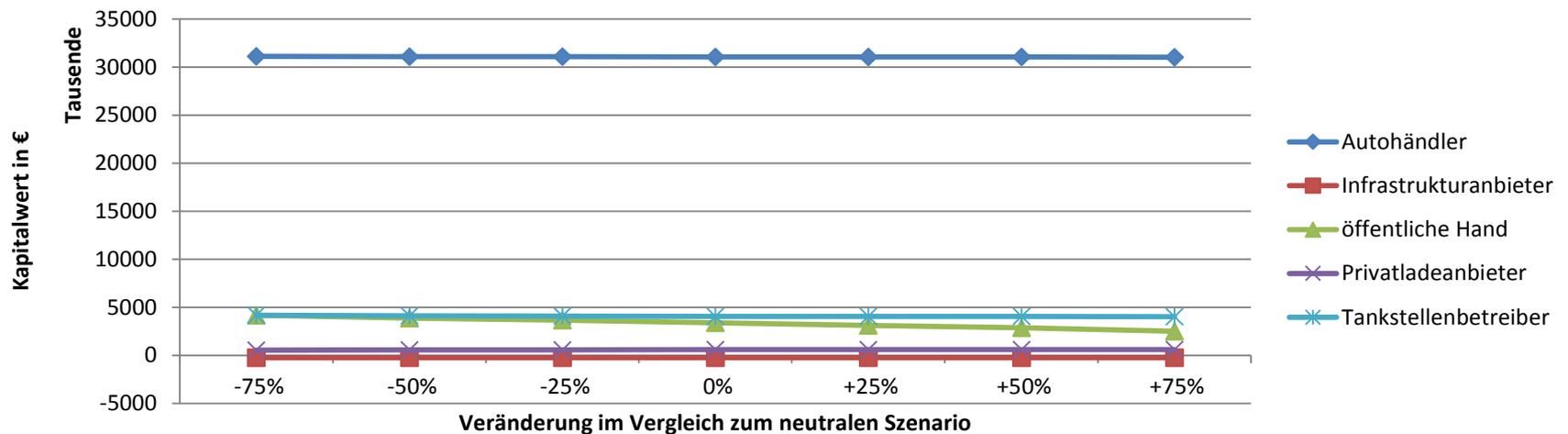
# Parameter absolute Kaufprämie SMART-EM

## Kapitalwerte Stakeholder

### Szenario 3



### Szenario 4



## Kapitalwertentwicklung

Parameteränderung für die Elektromobilität	Auswirkungen auf den Kapitalwert
hoher konv. Verbrauch	
niedrige Batteriepreise	
hohe Treibstoffpreise	
niedriger Strompreis	
hohe Kaufprämie	

## Förderung der Elektromobilität

- Ausbau der Ladeinfrastruktur
- Erhöhung der Forschungsaktivitäten für schnelleres, kundenfreundliches Laden von Elektroautos (Alternativen zu klassischen Ladesäulen)
- Öffentliche Förderung

## Verbesserung des Kapitalwerts

- Verkauf und Vermietung von Ladestationen an z.B. Tankstellenbetreiber
- Kooperationen mit Energie- und Automobilkonzernen sowie Abwicklungsanbietern

## Fazit

Bisher hohe Investitionen und lange Amortisationszeiten führen dazu, dass der Aufbau einer Infrastruktur erschwert wird. Denkbar wäre eine gemeinschaftliche Finanzierung durch verschiedene Stakeholder (Staat, Automobilunternehmen, Energiekonzerne, etc.).

## Kapitalwertentwicklung

Parameteränderung für die Elektromobilität	Auswirkungen auf den Kapitalwert
hoher konv. Verbrauch	↓
niedrige Batteriepreise	↓
hohe Treibstoffpreise	↓
niedriger Strompreis	↓
hohe Kaufprämie	↓

## Verbesserung des Kapitalwerts

- Subventionen von EM durch Strafzölle auf konventionelle Antriebe ersetzen
- Weitere Einnahmequellen erschließen (z.B. Sondersteuer auf „Schnellstrom“ an Tankstellen)
- Strenge Bußgelder für die Behinderung von EM durch konventionelle Fahrzeuge, z.B. durch Parkverbot an Ladesäulen

## Förderung der Elektromobilität

- Steuern auf Treibstoffe erhöhen
- Förderung von verbrauchsreduzierenden Forschungen einstellen
- Strenge Umweltauflagen festlegen
- Strom „grüner“ machen
- Förderung der Infrastruktur von Ladesäulen

## Fazit

Insgesamt wirkt sich die Etablierung der Elektromobilität negativ auf die Einnahmen des Staates aus. Da die Ziele nicht nur monetärer Natur sind, gilt es einen Kompromiss zwischen Klimaschutz und Einnahmen zu schaffen. Nach erfolgreicher Einführung der Elektromobilität gilt es neue wachsende Cashflows zu generieren.

## Kapitalwertentwicklung

Parameteränderung für die Elektromobilität	Auswirkungen auf den Kapitalwert
hoher konv. Verbrauch	
niedrige Batteriepreise	
hohe Treibstoffpreise	
niedriger Strompreis	
hohe Kaufprämie	

## Förderung der Elektromobilität

- Auch für die Ladestation zu Hause muss ein zügiges Laden ermöglicht werden
- Standards schaffen (über alle Anbieter von Elektromobilität)

## Verbesserung des Kapitalwerts

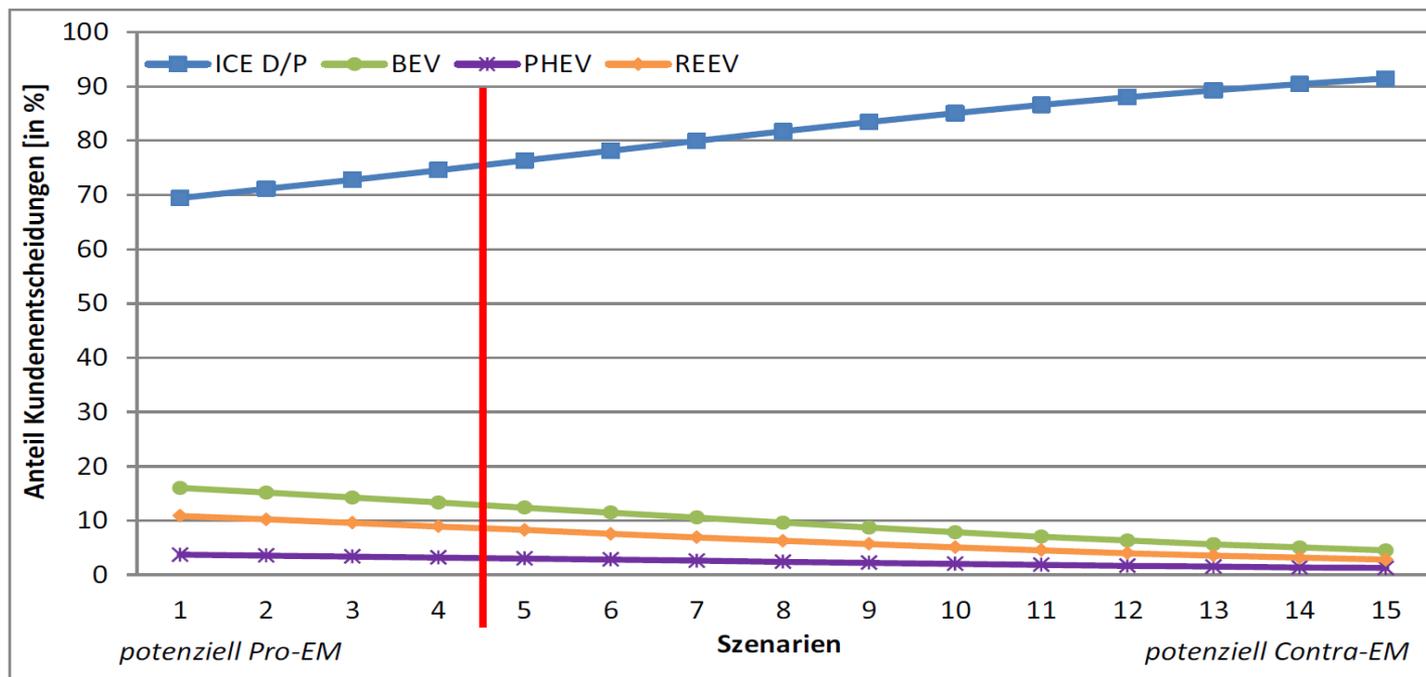
- Erweiterte Verkaufsmodelle, z.B. Leasing
- Komplettlösungen anbieten (Beratung, Verkauf, Installation, Wartung)
- Eine Ladestation für Auto, Roller, Fahrrad, Rasenmäher etc.

## Fazit

Die Privatladeanbieter sind von einer hohen Elektromobilität abhängig. Die Privatkunden benötigen neben Beratung auch ein einfach zu bedienendes System. Durch die Schaffung von Standards für den Ladevorgang kann die Attraktivität der Elektromobilität gesteigert werden.

# Marktchancen ohne Kaufprämie SMART-EM

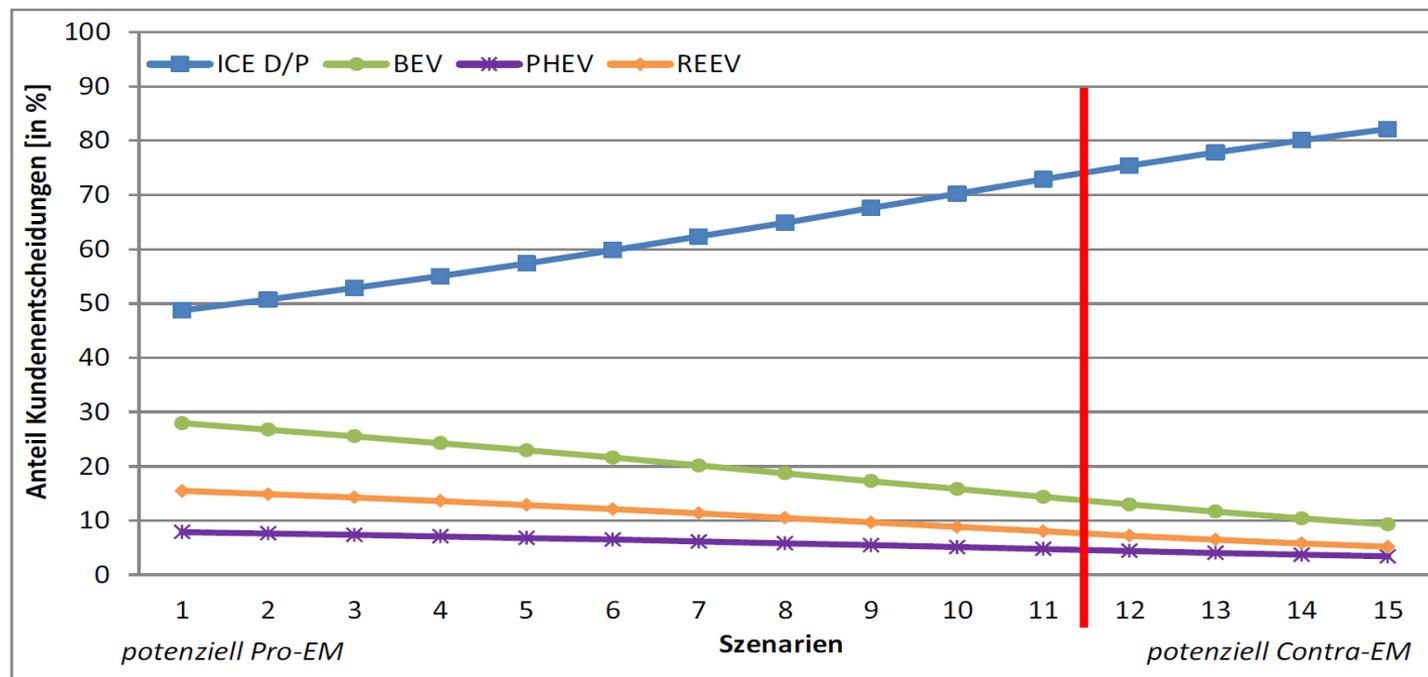
- Neue Sensitivitätsanalysen (2016): Chance-Risiko-Verhältnis, eine gewisse Marktdurchdringung (hier: 25% Elektromobilität) zu erreichen bzw. nicht zu erreichen
  - im Rahmen der in der Fallstudie getroffenen Annahmen (d.h. Fahrprofile der Kunden, Mehrpreisbereitschaft der Kunden, usw.)
  - Szenarien enthalten Einflussfaktoren (Entwicklung Batteriepreis, Strompreis, usw.)



Planungshorizont:  
2015-2027

# ... mit aktuellen Kaufprämien

- Sensitivitätsanalysen zum Einfluss der aktuellen Fördersummen (4000 € für Elektrofahrzeuge, 3000 € für Plug-in-Hybridfahrzeuge)
- ➔ Chancen eines positiven Markthochlaufs werden signifikant verbessert
- potenziell Pro-EM Szenarien profitieren stärker von Förderprämie als potenziell Contra-EM Szenarien



Planungshorizont:  
2015-2027

# Ordnungspolitische Handlungsempfehlungen

- **Kaufanreize für Elektrofahrzeuge**
- **Flexibilisierung von Strompreistarifen**
- **Förderung des Ausbaus der Ladeinfrastruktur**
  - Investitionsanreize für private Betreiber
  - Öffentliche Betreiber
- **Standardisierung und Innovationsförderung von IKT Infrastrukturkomponenten für**
  - Elektromobilität
  - Erweiterte Verkehrskonzepte um Elektromobilität

## Szenarien & Modelle

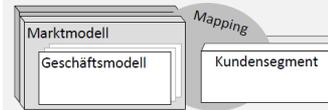
### Zukunftsszenarien durch erweiterte Szenariotechnik

Wenig Chancen für E-Mobilität	Nachhaltige individuelle computergestützte E-Mobilität
Konventionelle Massenmobilität im Abstieg	E-Mobilität als gleichwertige Alternative

### Domänenspezifische Modelle

Fahrzeug- & Verkehrsmodelle	Energiemodelle
Tarifmodelle	Standards & Normen

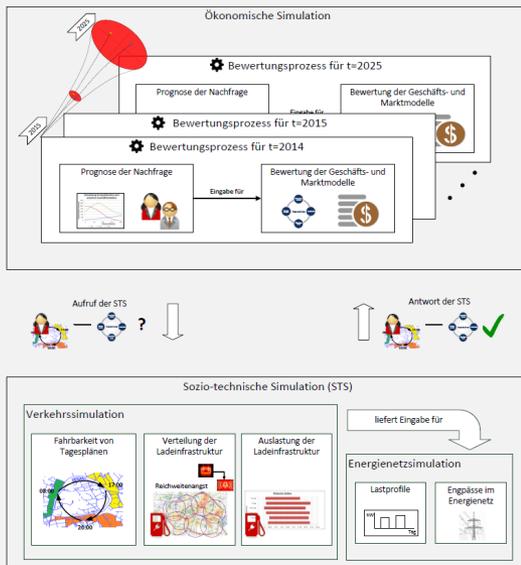
### Geschäfts- & Marktmodelle



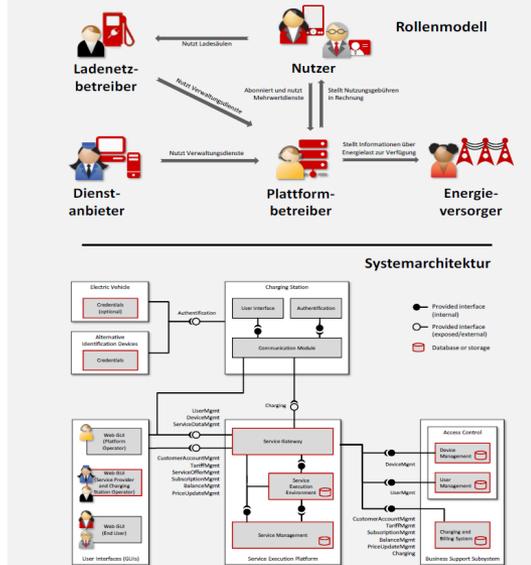
Komplementäre Geschäftsmodelle in konkurrierenden Marktmodellen

## Analyse & prototypische Implementierung

### Simulationsplattform



### IKT-Infrastrukturkomponenten



## Handlungsempfehlungen

€  
Wirtschaft

Aussichtsreiche Geschäfts- & Marktmodelle

Forschung

Konzeption von Feldstudien  
Weiterführende Forschungsfragen

§  
Politik

Ordnungspolitische Handlungsempfehlungen

DIN ISO  
Standardisierung

Authentisierungsmethoden & Abrechnung  
Schnittstellendefinitionen

SMART-EM

SICP

Software Innovation Campus Paderborn

**Vielen Dank  
für Ihre  
Aufmerksamkeit**

**Dr. Stefan Sauer**

Software Innovation Campus Paderborn

Universität Paderborn

Zukunftsmeile 1

33102 Paderborn

[sauer@sicp.de](mailto:sauer@sicp.de) – [www.sicp.de](http://www.sicp.de)

- Elektrofahrzeuge als Bestandteil der **Mobilitätskonzepte**
- **Erreichbarkeit** der Einrichtungen der Grundversorgung
- **Chancen & Risiken, Kosten & regionale Wertschöpfung**
- Kombination von Elektromobilität und **erneuerbaren Energien**

## Wesentliche Aspekte

- Reichweite: kein Grund zur Panik
  - Reichweiten von 100 bis 200 km i.d.R. auch für Pendler ausreichend (durchschnittliche tägliche Wegstrecke im ländlichen Raum ca. 40-50 km)
  - ansonsten: Range Extender oder Plug-in-Hybridfahrzeuge nutzen
- Ladeinfrastruktur: technischer Aufwand & Investitionen
  - Laden zu Hause oder am Arbeitsplatz meistens ausreichend
  - öffentliches Netz insbesondere von Schnellladestationen (u.a. P+R)
- Daseinsvorsorge: Mobilität & Wirtschaftlichkeit
  - Anschaffungs- vs. Betriebskosten (u.a. Energiekosten)
  - übergreifende, innovative Mobilitätskonzepte (z.B. Carsharing, Bahn + E-Auto + ÖPNV + E-Bikes)
- Tourismuskonzepte: neue Geschäftsmodelle
  - Wertschöpfungspotenziale in der Region – zum Nutzen von Touristen und Einheimischen

- **Pfleg!E-mobil**
  - Integration von Elektrofahrzeugen in gewerbliche Flotten am Beispiel des Pflegedienstes
- **Elektrisch.Mobil.OWL**
  - Mobilitätskonzepte für den ländlichen Raum am Beispiel des Kreises Lippe
- **EMiLippe**
  - "Elektromobilität in Lippe": elektromobiler Wirtschaftsverkehr in Ostwestfalen-Lippe, gespeist mit Strom aus regenerativen Energien

- Webseite des Projekts: [www.smart-em.de](http://www.smart-em.de)
- ElektroMobilität NRW: <http://www.elektromobilitaet.nrw.de/>
- Nationale Plattform Elektromobilität:  
<http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/>
- Erneuerbar mobil: <http://www.erneuerbar-mobil.de/de>