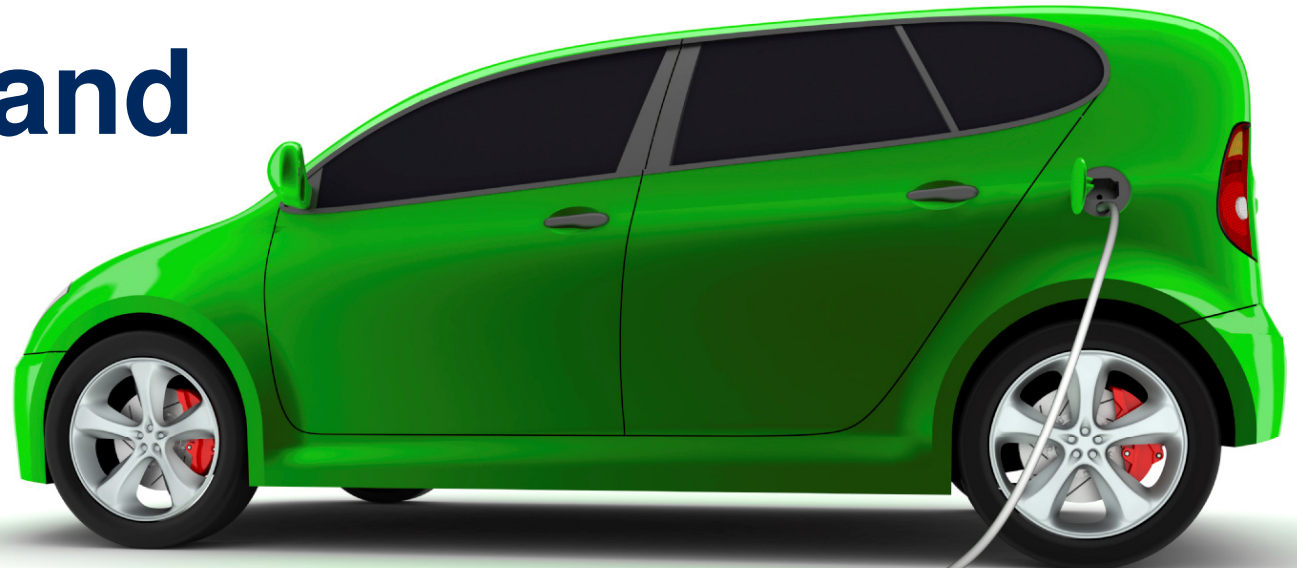


Thesen zur Zukunft der Elektromobilität in Deutschland



Dr. Christian Malorny

**Fachkonferenz für Betriebsrätinnen und Betriebsräte
der Automobilindustrie**

Bad Gögging, 13./14. Juli 2011

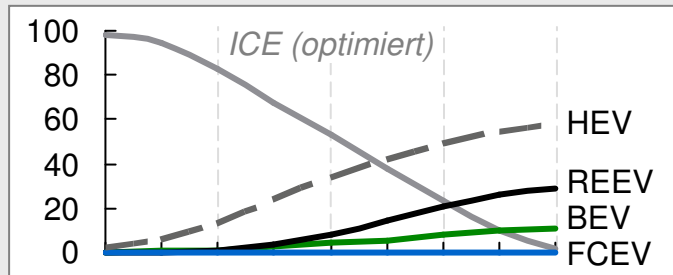
STRENG VERTRAULICH UND RECHTLICH GESCHÜTZT

Jedwede Verwendung dieser Unterlagen ohne ausdrückliche Genehmigung durch McKinsey & Company ist streng untersagt

Die nächsten 40 Jahre lassen weltweit eine bisher nicht bekannte Komplexität neuer Antriebstechnologien erwarten

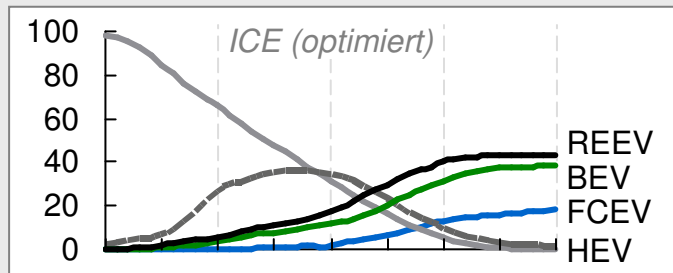
Szenarien 2050
in g CO₂/km

95



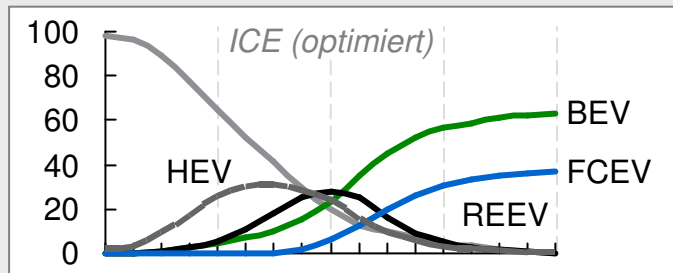
- 60% Hybridfahrzeuge
- 30% Range-Extender-Fahrzeuge

40



- 40% Range-Extender-Fahrzeuge
- 35% reine Elektrofahrzeuge

10¹



- 60% reine Elektrofahrzeuge
- 35% Brennstoffzellenfahrzeuge

2010 20 30 40 2050

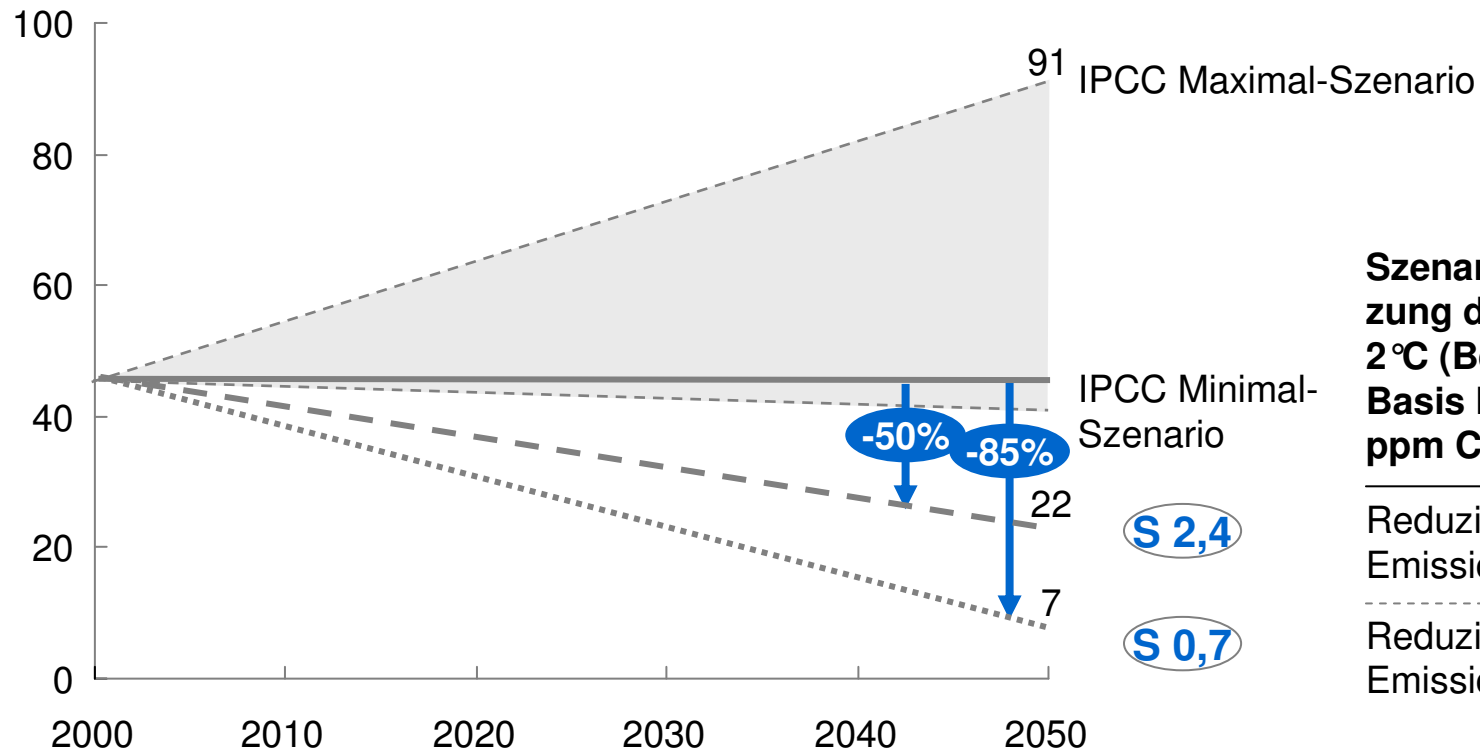
1 Szenario für Erreichen des 2-Grad-Ziels notwendig

Um die globale Erwärmung auf 2°C zu begrenzen, wäre bis 2050 eine Emissionsreduzierung um bis zu 85% gegenüber 2000 erforderlich

Treibhausgasemissionen in Gt CO₂e¹

■ Bereich für 80% der IPCC-Szenarien (Business as usual)

Weltweit



Szenarien zur Begrenzung der Erwärmung auf 2°C (Berechnungen auf Basis IPCC für 445-490 ppm CO₂e)

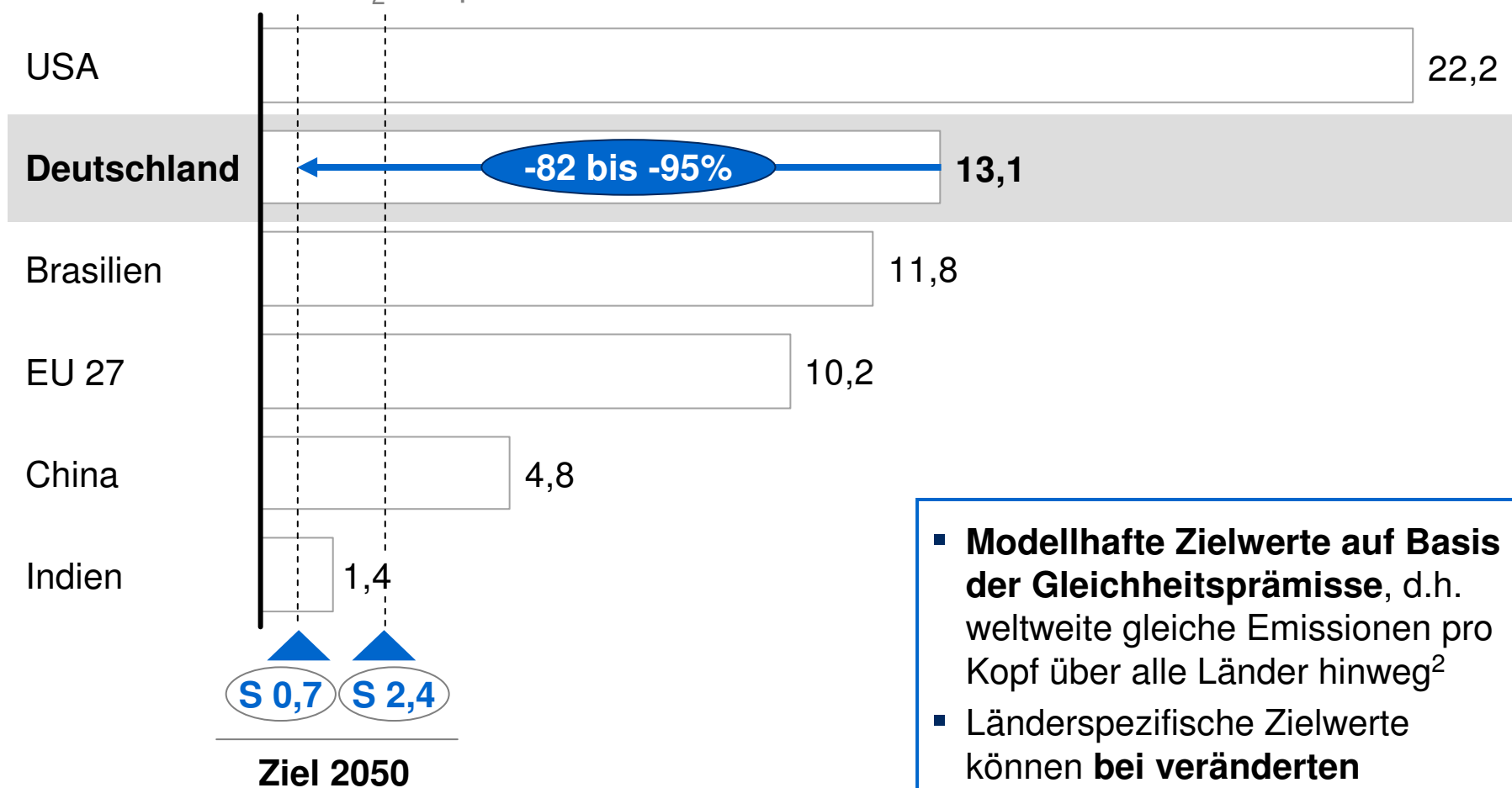
Reduzierung der Pro-Kopf-Emission auf 2,4 t CO₂e¹

Reduzierung der Pro-Kopf-Emission auf 0,7 t CO₂e¹

¹ Bei einer Weltbevölkerung von 9,2 Mrd. Menschen

Bei Anwendung der Gleichheitsprämisse¹ ergäbe sich für Deutschland in 2050 ein rechnerisches Reduktionsziel von 82 - 95% gegenüber 2005

Treibhausgasemissionen pro Kopf – Ist 2005
in t CO₂e/Kopf



- **Modellhafte Zielwerte auf Basis der Gleichheitsprämisse**, d.h. weltweite gleiche Emissionen pro Kopf über alle Länder hinweg²
- **Länderspezifische Zielwerte können bei veränderten Annahmen** deutlich abweichen

¹ D.h. weltweit gleicher erlaubter CO₂-Ausstoß pro Kopf
² Bei 9,2 Mrd. Menschen Weltbevölkerung in 2050

Bezogen auf Pkw wäre in Deutschland eine Reduzierung auf 13 - 43 g CO₂e/km im Fahrzeugbestand 2050 erforderlich

WELL-TO-WHEEL
EMISSIONEN
DEUTSCHLAND¹,
REALVERBRAUCH

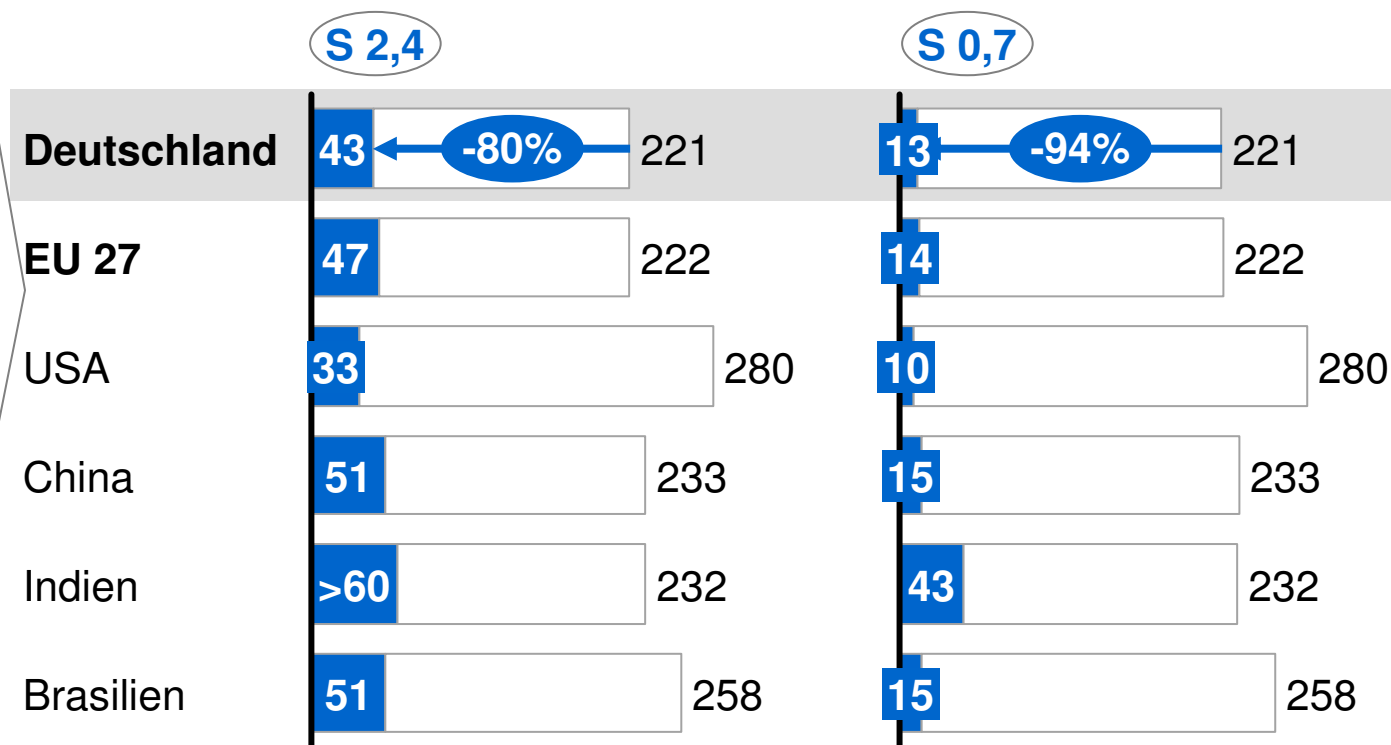
■ Potentielle Ziele Fahrzeugbestand 2050
□ Ist 2005

Modellhafte Zielwerte auf Basis folgender Prämissen für Deutschland

- Gleichheitsprämissen
- Konstanter Anteil Pkw-Verkehr an Gesamtemissionen wie Ist 2005 (12,4%)
- Konstante Fahrleistung mit 13.200 km
- Leichte Reduzierung der Fahrzeuge pro Kopf entsprechend Vorhersage²

CO₂-Emissionen pro Pkw – Ist 2005 vs. potentielle Zielwerte Fahrzeugbestand 2050

in g CO₂e/km



1 Annahme Well-to-Tank-Anteil eines Landes entspricht Anteil an weltweiter Ölförderung und Raffinierung

2 Auf Basis heutiger Prognosen von 0,55 Fahrzeuge pro Kopf in 2005 auf 0,52 Fahrzeuge pro Kopf in 2050

Auch bei weiterer Optimierung der Verbrennungsmotoren wäre bis 2050 68 - 93% elektrisches Fahren in Deutschland erforderlich

Erforderlicher rechnerischer Anteil² "Emissionsfreies Fahren" in Deutschland 2050

□ Grundlage weiterer Berechnungen; Details auf Folgeseite

Einsatz alternativer Antriebe (regenerative Stromerzeugung)

		Elektroantriebe (BEV) ¹	Wasserstoffantriebe (H2-FC)
Verbrennungsmotoren	Status quo	81 bis 96%	87 bis >100%
	Optimierung mit 40% CO ₂ -Reduzierung	68 bis 93%	77 bis >100%
	Optimierung und Beimischung 10% Biotreibstoff	65 bis 93%	75 bis >100%

¹ Alternativ auch über PHEV mit entsprechendem Anteil elektrischen Fahrens abbildbar

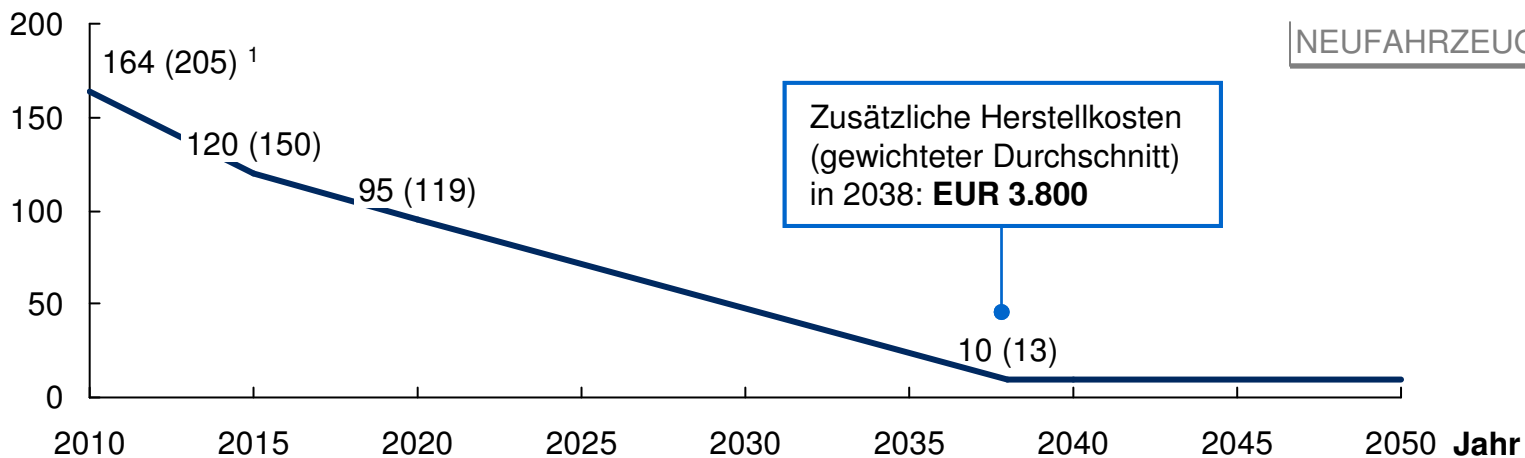
² Untere Grenze entspricht Szenario "S 2,4", obere Grenze entspricht Szenario "S 0,7"

S 0,7 Erforderliche Entwicklung der CO₂-Grenzwerte für Pkw und Herstellkosten verschiedener Antriebstechnologien – Deutschland

CO₂-Emissionen Normzyklus (Real)
in g CO₂e/km

MÖGLICHES MISCH-SZENARIO

NEUFAHRZEUGE



Marktanteil Neufzg., in %

Technologie	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
BEV			2	7	20	70	85	85	85
PHEV			11	41	59	15	14	14	14
Optimierter ICE			87	52	21	15	1	1	1

Kosten pro Fahrzeug², in EUR

Technologie	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
BEV		~ 6.400	~ 5.600	~ 5.000	~ 4.400	~ 3.900	~ 3.400	~ 3.000	~ 3.000
PHEV		~ 3.700	~ 3.300	~ 3.000	~ 2.700	~ 2.400	~ 2.200	~ 2.000	~ 2.000
Optimierter ICE		~ 1.500	~ 1.300	~ 1.300	~ 1.200	~ 1.100	~ 1.000	~ 900	~ 900
Gewichteter Durchschnitt		~ 1.900	~ 2.500	~ 3.000	~ 3.600	~ 3.600	~ 3.200	~ 2.800	~ 2.800

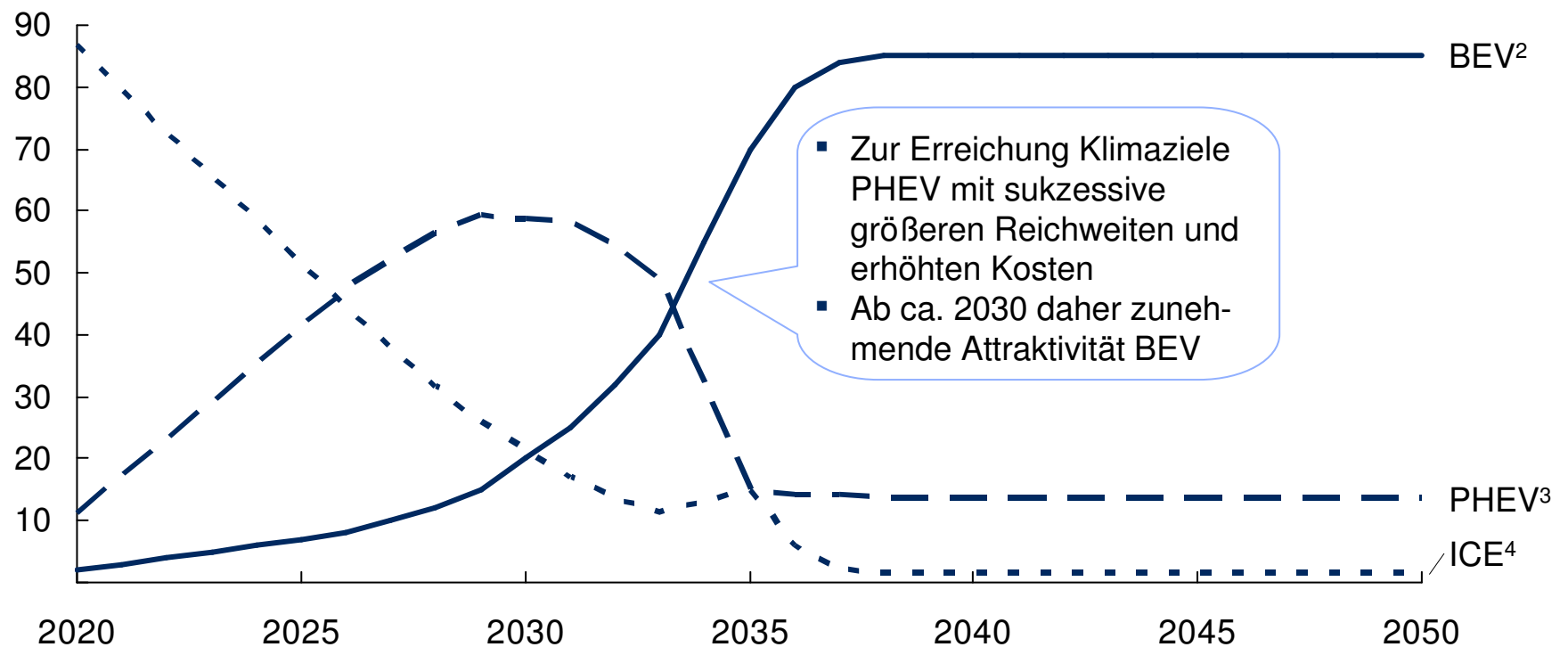
1 Aktueller Durchschnitt

2 Zusätzliche Herstellkosten ggü. nicht optimiertem ICE; BEV mit ca. 130 km Reichweite; PHEV mit ca. 40 km Reichweite

S 0,7 Entwicklung der Marktanteile von BEV, PHEV und optimiertem ICE in einem möglichen Mischszenario

BEISPIELHAFT

Anteil Fahrzeuge am jährlichen Neuwagenabsatz Deutschland¹ in Prozent



1 Annahme einer durchschnittlichen Lebensdauer von 12 Jahren; Absatz Neuwagen p.a.: 3,2 Mio Fahrzeuge

2 Reichweite ~130 km (20 kWh Batterie)

3 Reichweite ~40 km (7 kWh Batterie). 2035-2037 Übererfüllung CO₂-Reduktionsziele

4 Optimiert

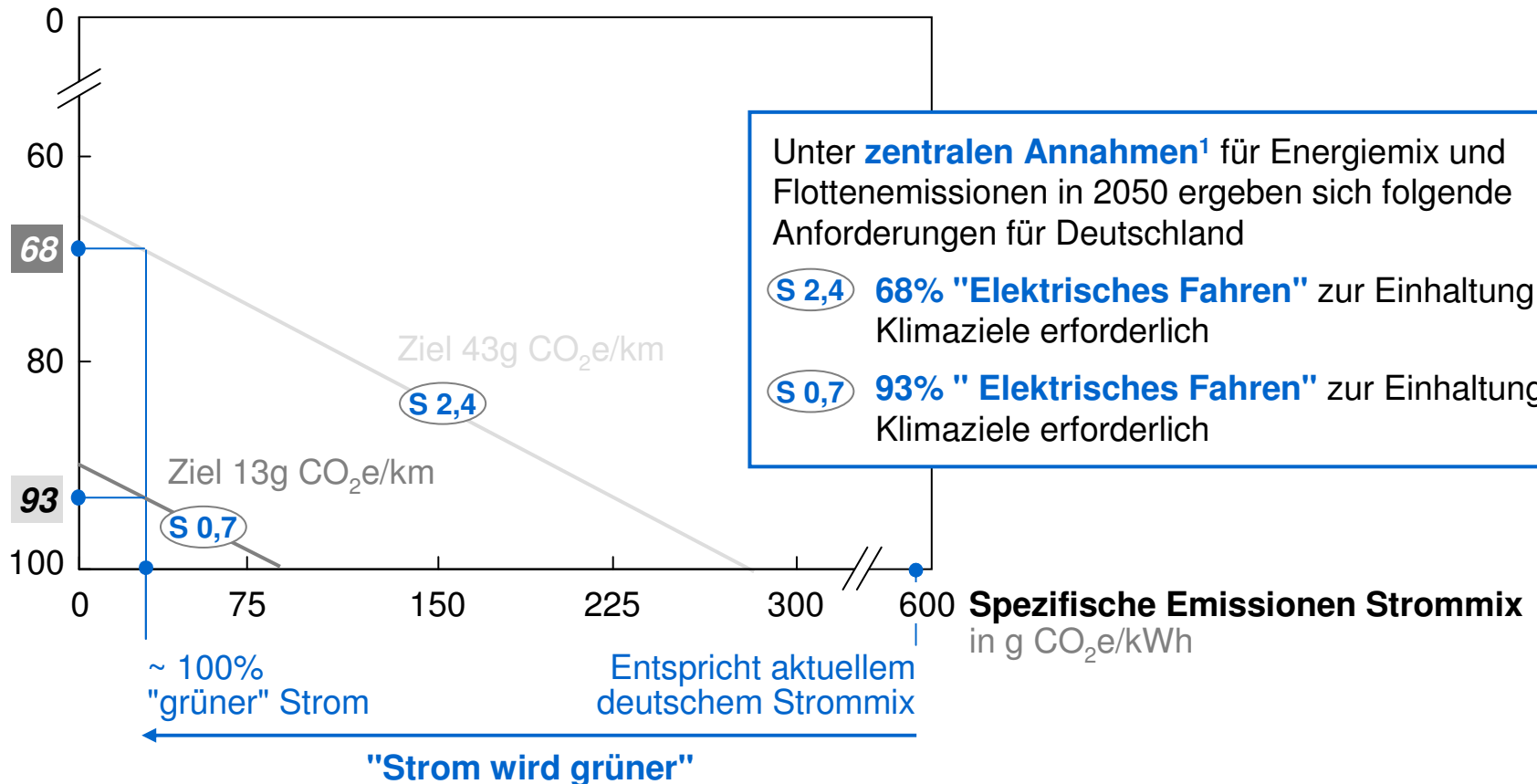
Erreichung der rechnerischen Ziele kann nur mit erhöhtem Anteil an regenerativer Energie gelingen

WELL-TO-WHEEL
EMISSIONEN,
REALVERBRAUCH

GOLF-SEGMENT DEUTSCHLAND

Erforderlicher Anteil "Elektrisches Fahren" bei Optimierung Verbrennungsmotoren

In Prozent



¹ Grobe Werte zu Energiemix und Flottenemissionen: aktueller dt. Energiemix ≈ 597g CO₂e/kWh (2008); vollständig regenerativer Energiemix ≈ 30 g CO₂e/kWh; Optimierter Benzinantrieb ≈ 125 g CO₂e/km (WTW); Energiebedarf BEV: 0,15 kWh/km

Die neuen Antriebstechnologien werden zu massiven Veränderungen entlang der globalen automobilen Wertschöpfungskette führen

Szenario 40g CO₂/km

2030 werden ...

- ... für 270 Mrd. EUR mehr Antriebstechnologien verkauft (5% Wachstum pro Jahr)
- ... wir eine deutliche Marktverschiebung von Verbrennungsmotortechnologie (-200 Mrd. EUR) zu Komponenten der Elektromobilität (+470 Mrd. EUR) erleben
- ... 360.000 mehr Arbeitskräfte Antriebstechnologien produzieren, wovon die Hälfte in China und Indien zu Hause ist
- ... 70.000 neue Ingenieure auf den Gebieten Elektrochemie, Elektronik und Software sowie Werkstoffe arbeiten bei Wegfall von 8.000 traditionellen Stellen
- ... wir doppelt so viel Aluminium, 13-mal mehr Kupfer, 120-mal mehr Neodymium und 200-mal mehr Lithium benötigen

3 kritische Fragestellungen für den Automobilstandort Deutschland

Wie sieht der Business Case 1 Mio. Elektrofahrzeuge bis 2020 in Deutschland aus?

Auf welche Themen kommt es aus einem nationalen Blickwinkel (Industrie und Politik) für den Erfolg besonders an?

Welche Schlussfolgerungen lassen sich aus dem Business Case für die zukünftigen Aufgaben ableiten?

7 Thesen zur Elektromobilität in Deutschland

7 Thesen zur Elektromobilität in Deutschland

- 1 Elektromobilität schafft Arbeitsplätze** – bis 2020 können in Deutschland 115.000 neue Jobs entstehen, davon 82.000 in der Automobilindustrie
- 2 Auf den Export kommt es an** – 820.000 Elektrofahrzeuge könnten 2020 in Deutschland gefertigt werden. 570.000 davon gehen in ausländische Märkte
- 3 Konzentration auf hohe Wertschöpfungstiefe notwendig** – Maximal erreichbare Wertschöpfung von 75% setzt voraus, dass Rohstoffe die einzige importierte Vorleistung sind. 25% weniger Wertschöpfung = 20.000 weniger Arbeitsplätze
- 4 Ohne Premium geht es nicht** – wirtschaftlicher Nutzen für Erstkäufer über die nächsten 10 Jahre nicht darstellbar. Early Adopter aber mit hoher Aufpreisbereitschaft bei entsprechend emotionalem Mehrwert
- 5 Lademöglichkeiten im privaten Raum schaffen** – 75% der benötigten 950.000 Ladepunkte sind zu Hause oder am Arbeitsplatz notwendig
- 6 2020 könnte der Staat 720 Mio. EUR Einnahmen generieren** – Ausfälle bei Mineralölsteuer (-340 Mio. EUR) können durch Einkommenssteuer (+640) sowie weitere Steuereinnahmen überkompensiert werden
- 7 Chance für Deutschland im Wettlauf liegt in der Beherrschung der Systemkompetenz** aus CO₂-freier Energieerzeugung, Smart Grid und Elektromobilität

Der Business Case 1.0 ist ausgelegt auf die integrative Quantifizierung übergreifender Fragestellungen

Das Modell erfüllt 3 wesentliche Funktionen...

1

Kalkulation von gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen politischer Handlungsoptionen (z.B. Arbeitskräftebedarf bei Ansiedelung von Batteriezellenproduktion)

2

Identifikation besonders sensibler Einflussgrößen (z.B. Vergleich der Bedeutung von EV-Bestand in Deutschland und Exportquote für den Arbeitsmarkt)

3

Integration verschiedener Arbeitsthemen in der NPE (z.B. Implikationen der Batteriegrößen für Arbeitsplätze, TCO aus Kundensicht und Infrastrukturanforderungen)

...entlang von 5 Themenfeldern

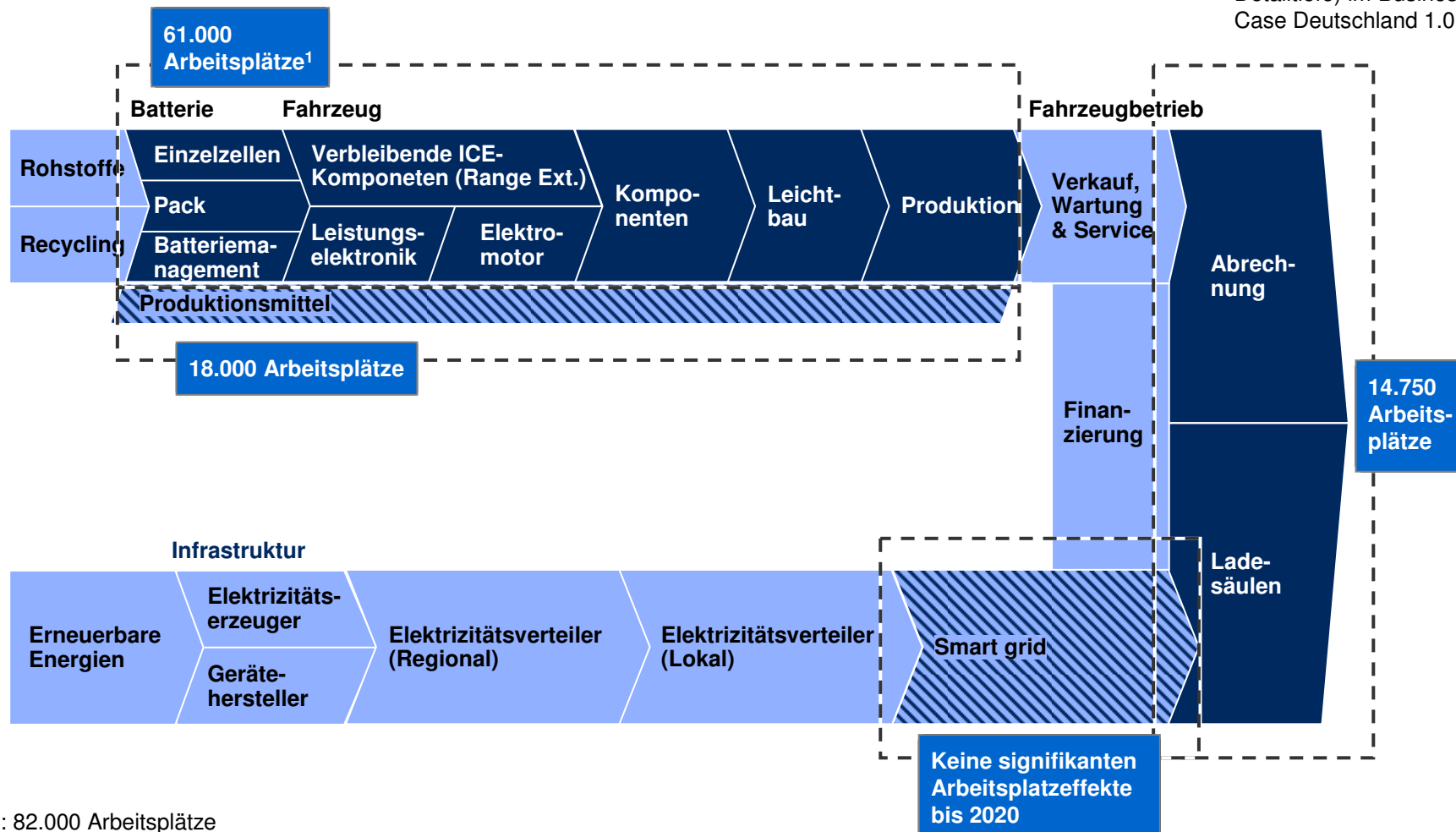
- A Wertschöpfung / Arbeitsplätze** in Fahrzeugproduktion, Infrastrukturaufbau und Maschinenbau
- B Investitionsbedarf** in Infrastruktur und Produktionsmittel
- C Total Cost of Ownership** der Elektromobilität aus Kundensicht
- D CO₂-Implikationen** hinsichtlich Emissionszielen und Strafzahlungen für OEMs
- E Effekte auf die öffentlichen Finanzen**

In Summe könnten bei idealen Voraussetzungen bis 2020 netto nahezu 100.000 Arbeitsplätze im Bereich Elektromobilität entstehen

Wertschöpfungskette Elektromobilität

NETTO-ARBEITSPLÄTZE 2020

■ Abgedeckte Elemente (in unterschiedlicher Detailtiefe) im Business Case Deutschland 1.0



1 Brutto: 82.000 Arbeitsplätze

Interpretation der Ergebnisse erfordert Transparenz über Grundannahmen

ZUR DISKUSSION

Übergreifende Grundannahmen des Business Case 1.0

- **EV-Bestand 2020** gemäß politischen Zielsetzungen: 1 Mio. Fahrzeuge in Deutschland, 26 Mio. weltweit
- Halten der heutigen **deutschen Weltmarktposition** auch bei EVs in 2020
 - 10,5% Anteil deutscher Infrastrukturhardware am Weltmarkt
 - 33% Importquote bei Neufahrzeugen und 6,0% Anteil deutscher Exporte am Fahrzeugweltmarkt
 - 6,4% Anteil deutscher Autoteileexporte am globalen Komponentenmarkt
- **Energiepreise 2020:**
 - Ölpreis: 100 USD / Barrel
 - Strompreis: 20ct/kWh inkl. MwSt



Fahrzeugspezifische Grundannahmen

- **Abgebildete Fahrzeuge**
 - Split in 16 Fahrzeugsegmente, darunter decken 3 NPE-Referenzfahrzeuge 55% des Bestands ab
 - Insgesamt 52% BEVs / 48% PHEVs¹
- **Batteriepreis:** 250 EUR/kWh (Zelle)²
- Gleicher relativer **Wertverlust** von Elektrofahrzeugen und Verbrennern³
- Erreichung des 95g-Ziels für **CO₂-Emissionen** der Neufahrzeugflotte bis 2020 durch OEMs



Infrastrukturspezifische Grundannahmen

- **Modellierung des Bedarfs** (unabhängig von Wirtschaftlichkeit)
- **4 Ladetechnologien:**
 - Wallbox
 - Simple Public
 - Smart Public
 - Rapid Charging (ab 2018)
- 10% p.a. **Kostendegression** bei Hardware-Komponenten durch Übergang von Prototypen zur Serienproduktion



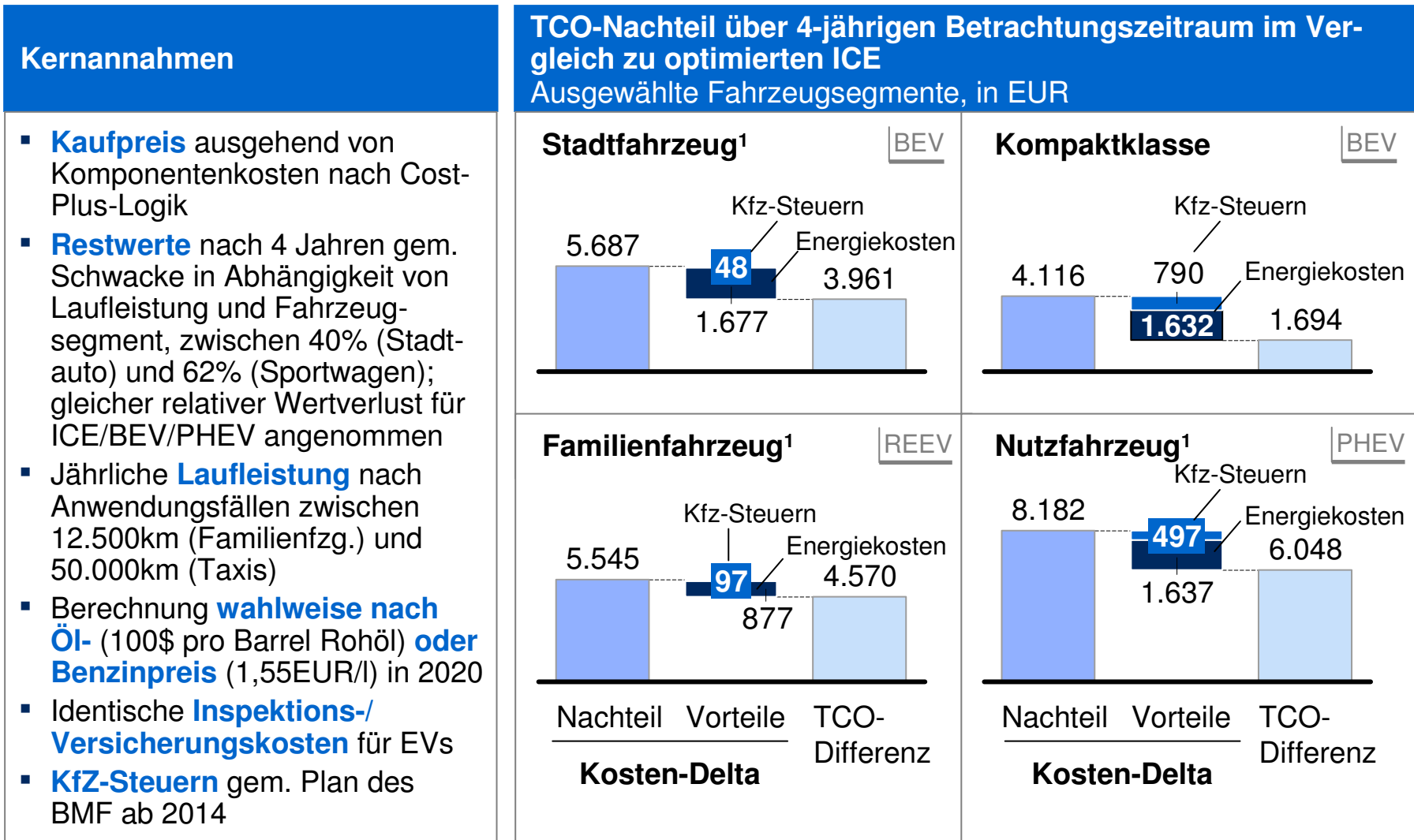
¹ Verteilung nach Segmenten und Antriebsart gemäß Hochlaufprognose OWL Energieimpuls

² gemäß Nationalem Entwicklungsplan Elektromobilität

³ Implikationen kürzerer Gesamtlebensdauer für 4-Jahres-TCO aktuell in der Diskussion und noch nicht quantifiziert

Die TCO-Berechnung zeigt für Fahrzeugsegmente und Anwendungsfälle Kostenlücken aus Erstkäufersicht oder über die Lebensdauer auf

VORLÄUFIG

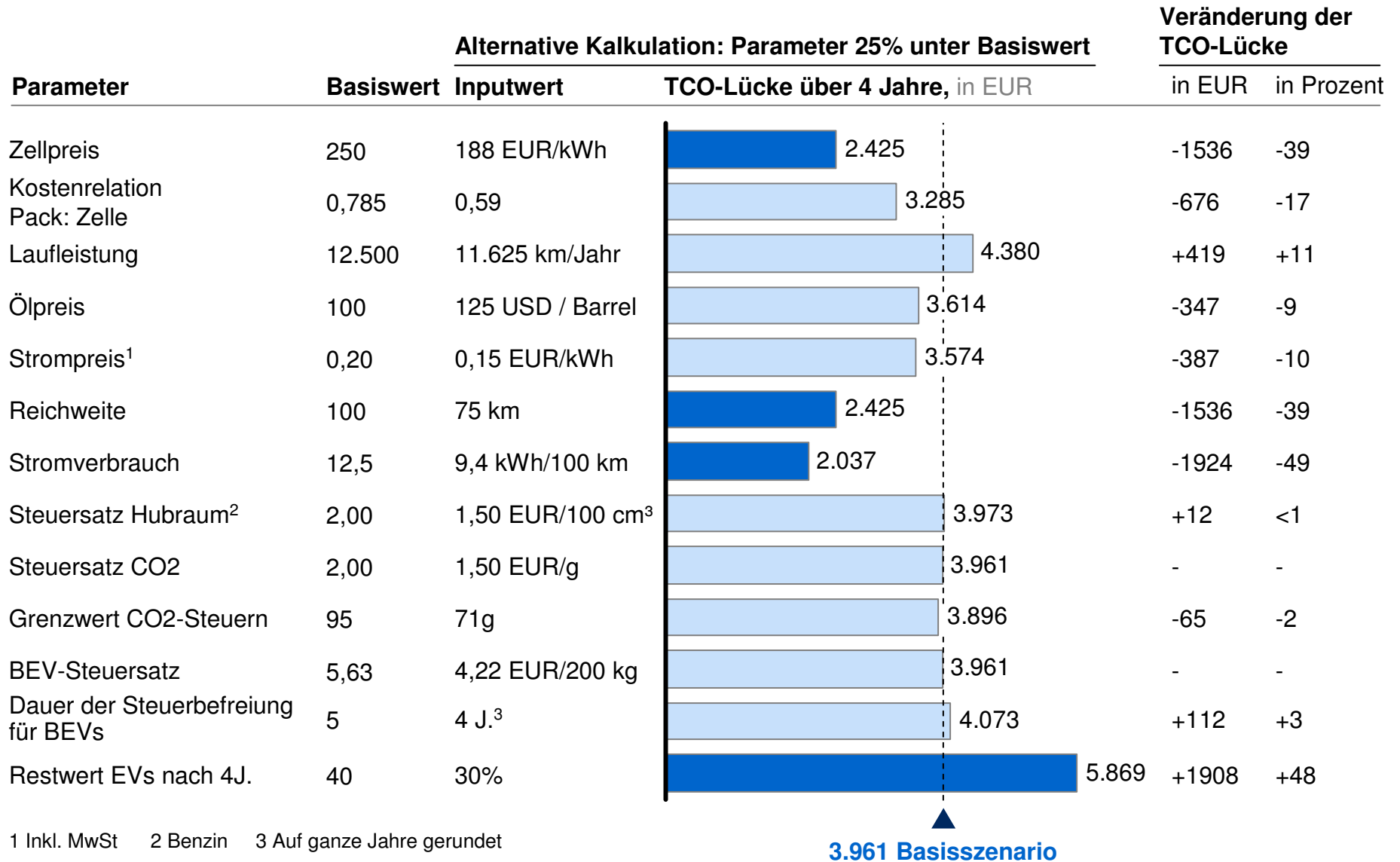


¹ NPE-Referenzfahrzeuge; Abstimmung bzgl. Fahrzeugspezifikationen mit AGn für nächste Phase vorgesehen

Sensitivitätsanalyse identifiziert Stromverbrauch und Restwert als entscheidende Parameter neben Batteriekosten

BEV STADTFAHRZEUG

Überproportionale Reaktion



1 Inkl. MwSt 2 Benzin 3 Auf ganze Jahre gerundet

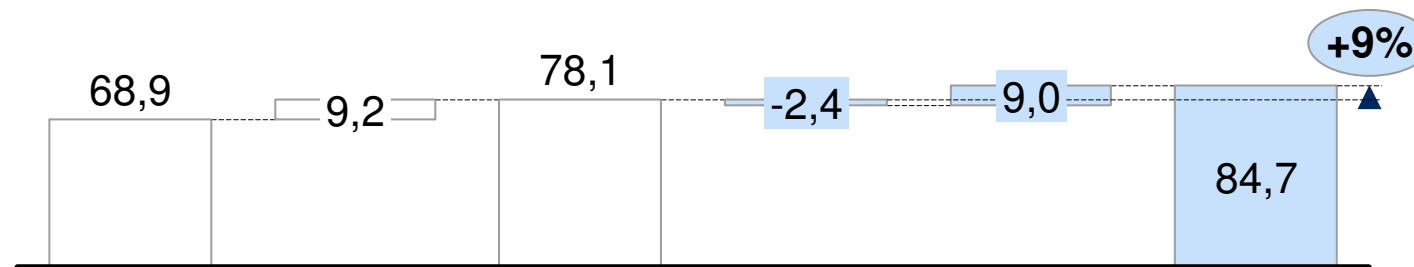
Als Nettoeffekt könnten im Automobilsektor 61.000 zusätzliche Arbeitsplätze entstehen

VORLÄUFIG

ICE-World
EV-World

Wertschöpfung in der deutschen Automobilindustrie

in Mrd. EUR

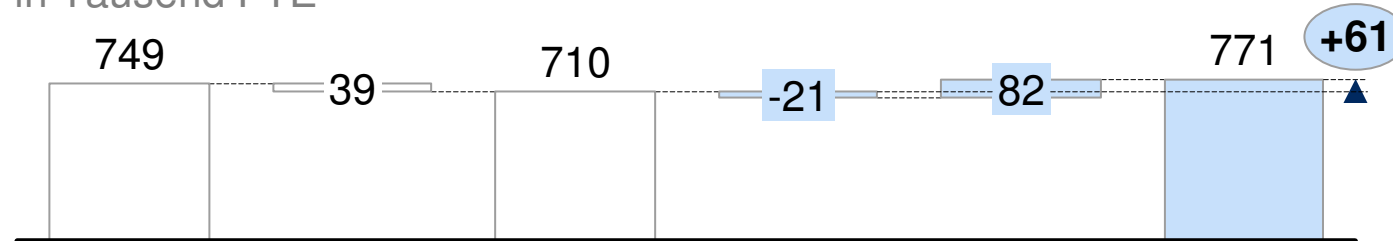


Kernannahmen

- I Halten der aktuellen Import-/Export-Quote
- II Sehr hoher Wertschöpfungsanteil in Deutschland
- III 110.000 EUR Wertschöpfung je Arbeitsplatz

Arbeitsplätze in der deutschen Automobilindustrie

in Tausend FTE

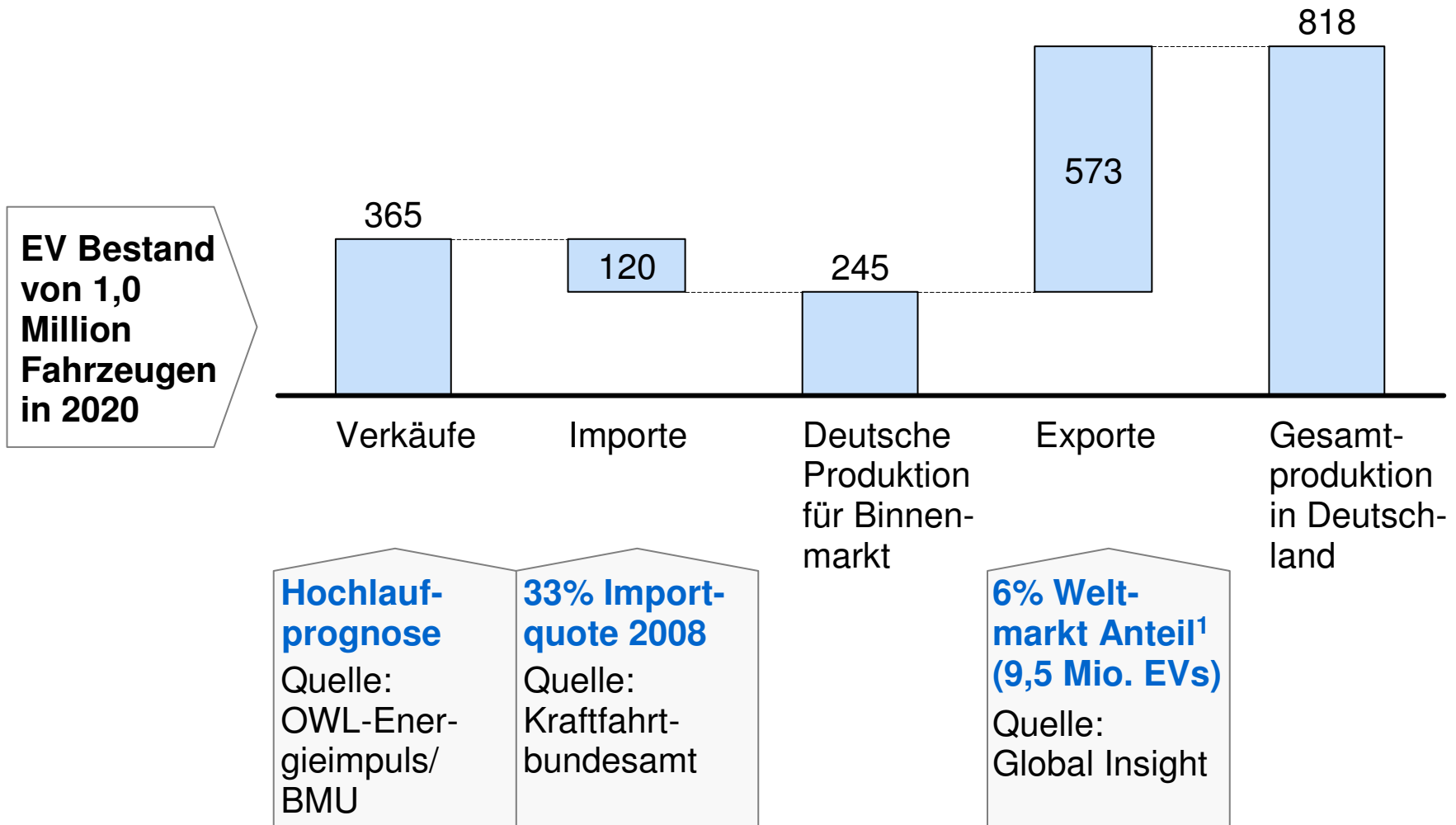


2008	Marktentwicklung	2020 ICE-World ¹	ICE-Komponenten	EV-Komponenten	2020 EV-World
------	------------------	-----------------------------	-----------------	----------------	---------------

¹ Ausgehend von einer technischen ICE-Optimierung um 30% und der restlichen Erreichung des 95g-Ziels durch Segmentverschiebung

EV-Bestandsziele wurden anhand der Hochlaufprognose und aktueller Im- und Exportraten in Produktionszahlen übersetzt

Deutschland 2020, in Tausend

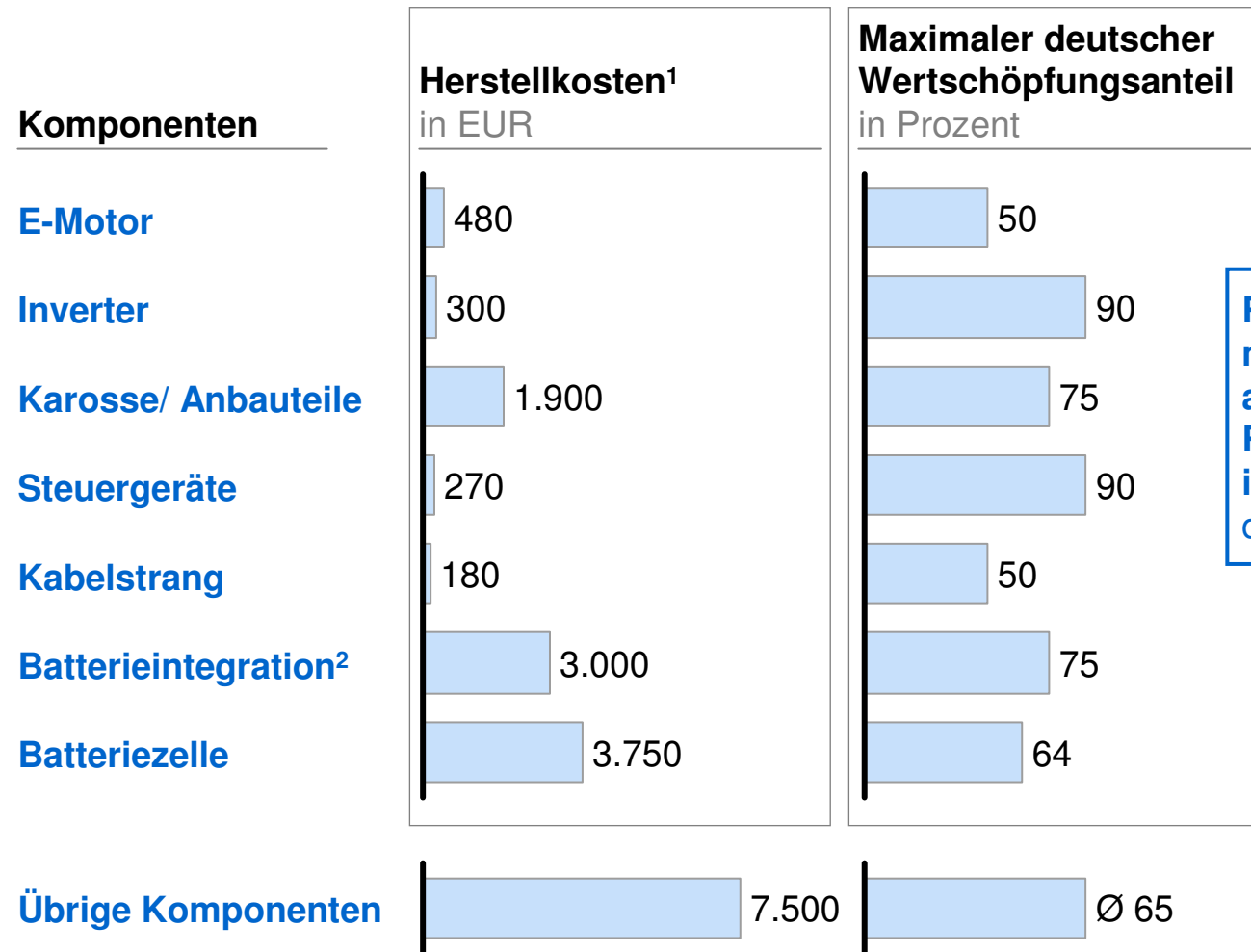


¹ 6% entspricht dem heutigen Anteil in Deutschland produzierter Fahrzeuge am Weltmarkt

Das Erreichen einer hohen Wertschöpfungstiefe ist erfolgskritische für die Schaffung von Arbeitsplätzen

Deutscher Wertschöpfungsanteil in Prozent

ERSTE GROBSCHÄTZUNG



Realisierung des maximalen Wertschöpfungsanteils setzt voraus, dass Rohstoffe die einzige importierte Vorleistung in der Fahrzeugproduktion sind

1 Am Beispiel Kompaktklasse (BEV)

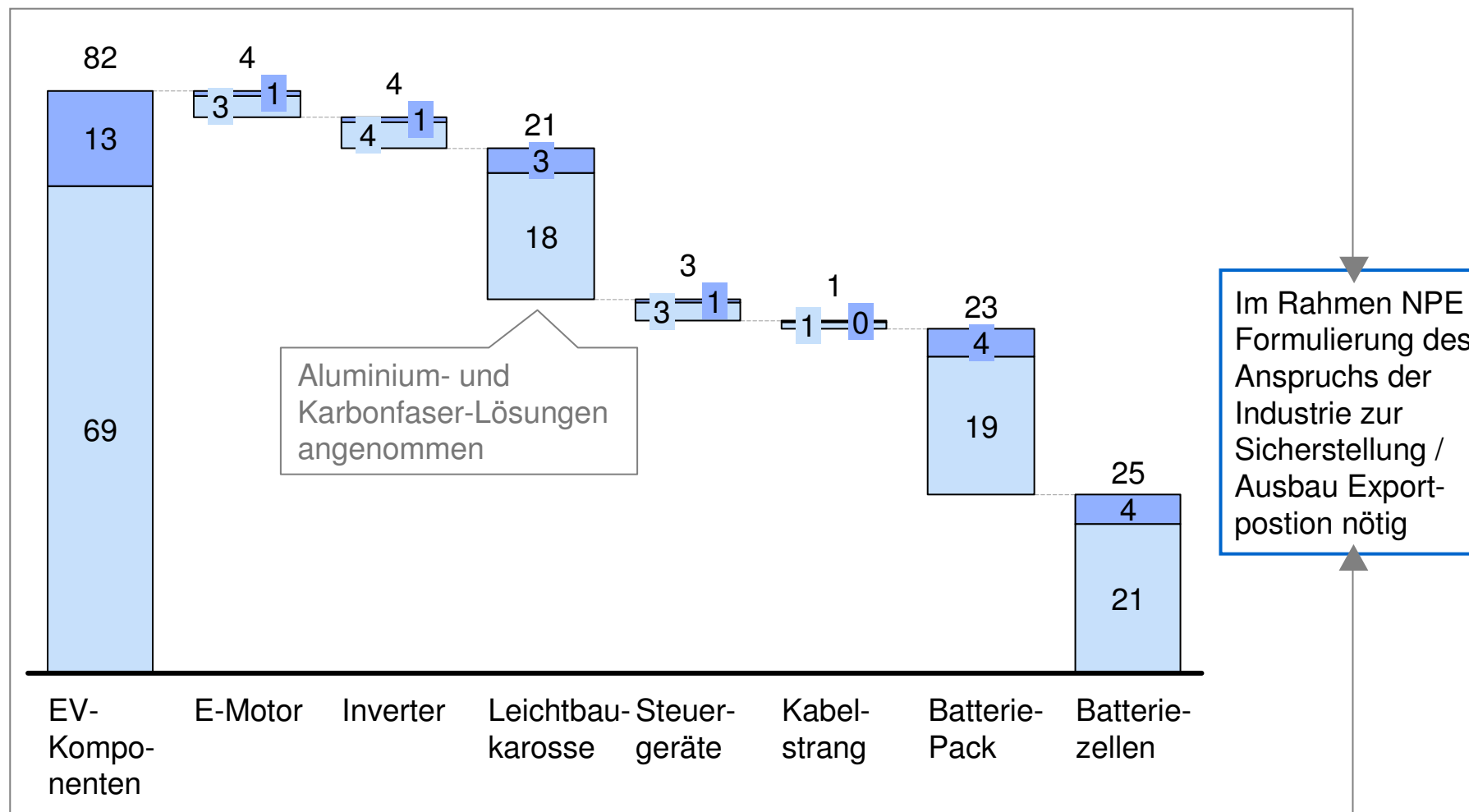
2 Beinhaltet Packaging inkl. Montage, Kühlsystem, Crash Management System

Von etwa 82.000 Arbeitsplätzen in der deutschen Produktion von EV-Komponenten entfiel Großteil auf Batterie und Karosserie

VORLÄUFIG

Arbeitsplätze in der deutschen Automobilindustrie 2020, in Tausend

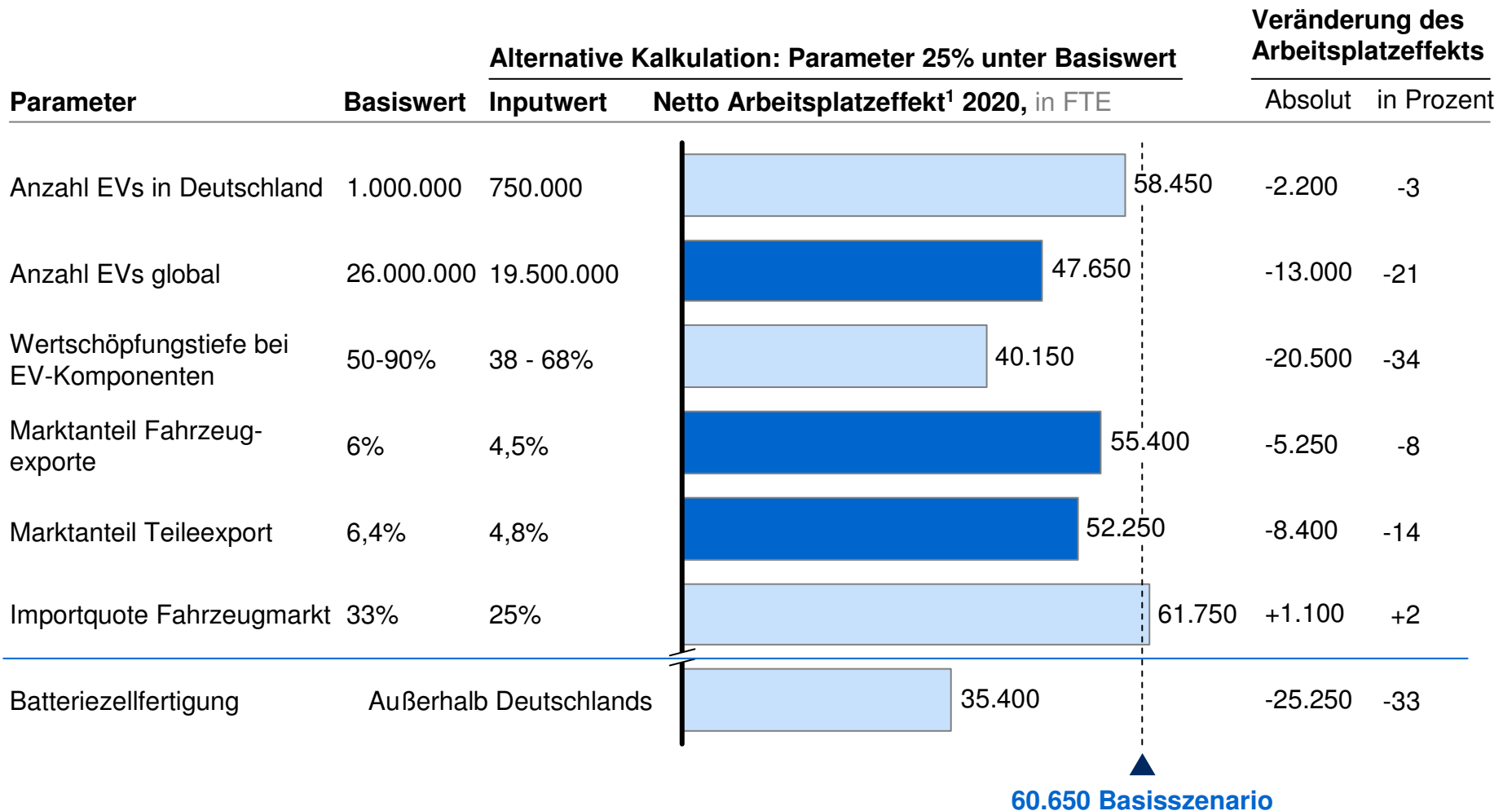
■ Für deutschen Markt ■ Für Exportmarkt



Neben der Wertschöpfungstiefe ist vor allem der Export entscheidend für den Arbeitplatzeffekt

VORLÄUFIG

■ Exportmarkt

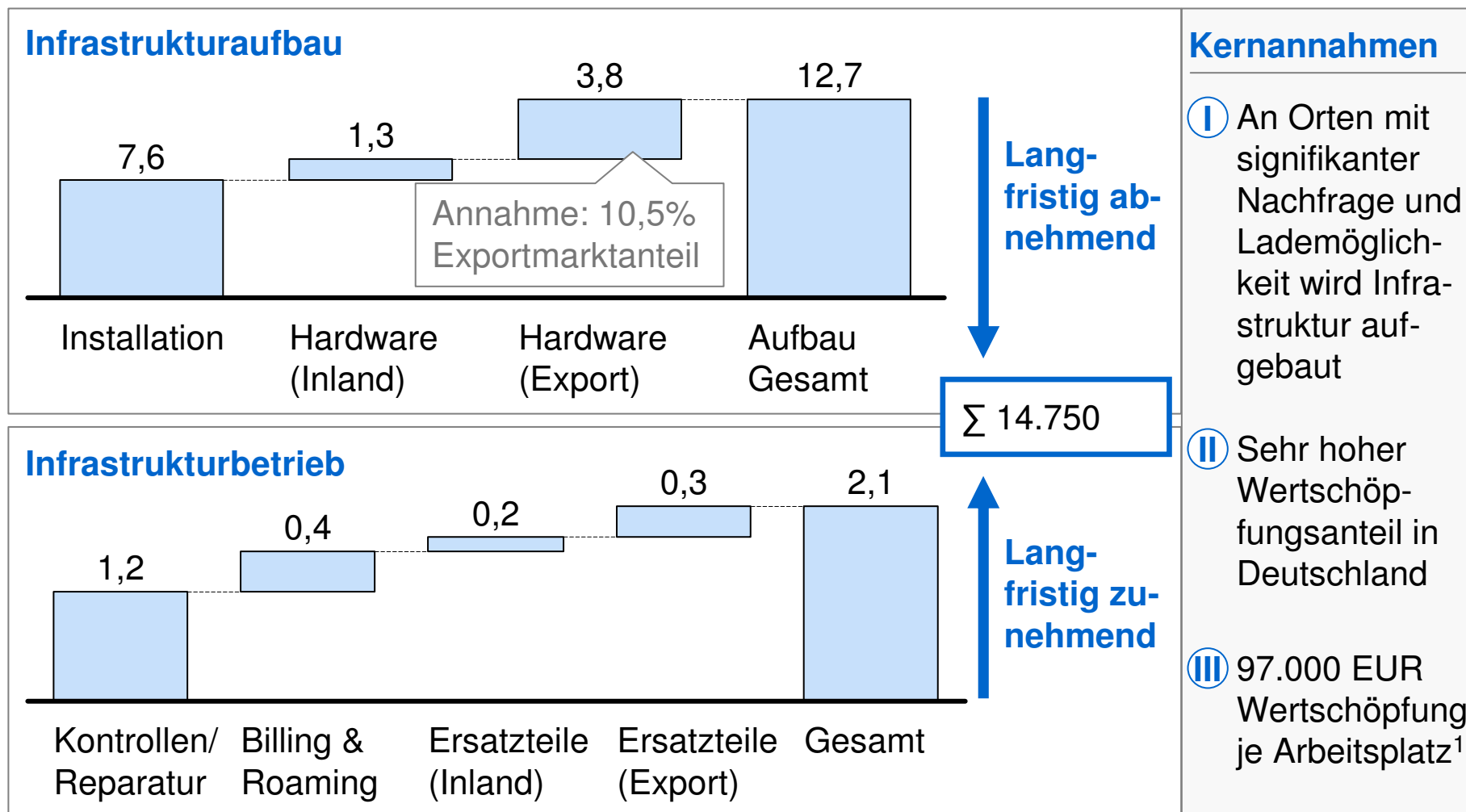


¹ Fahrzeugproduktion und Autoteileexport

Im Aufbau und Betrieb der Infrastruktur können etwa 15.000 Arbeitsplätze entstehen

VORLÄUFIG

Arbeitsplätze im deutschen Infrastrukturmarkt 2020, in Tausend FTE

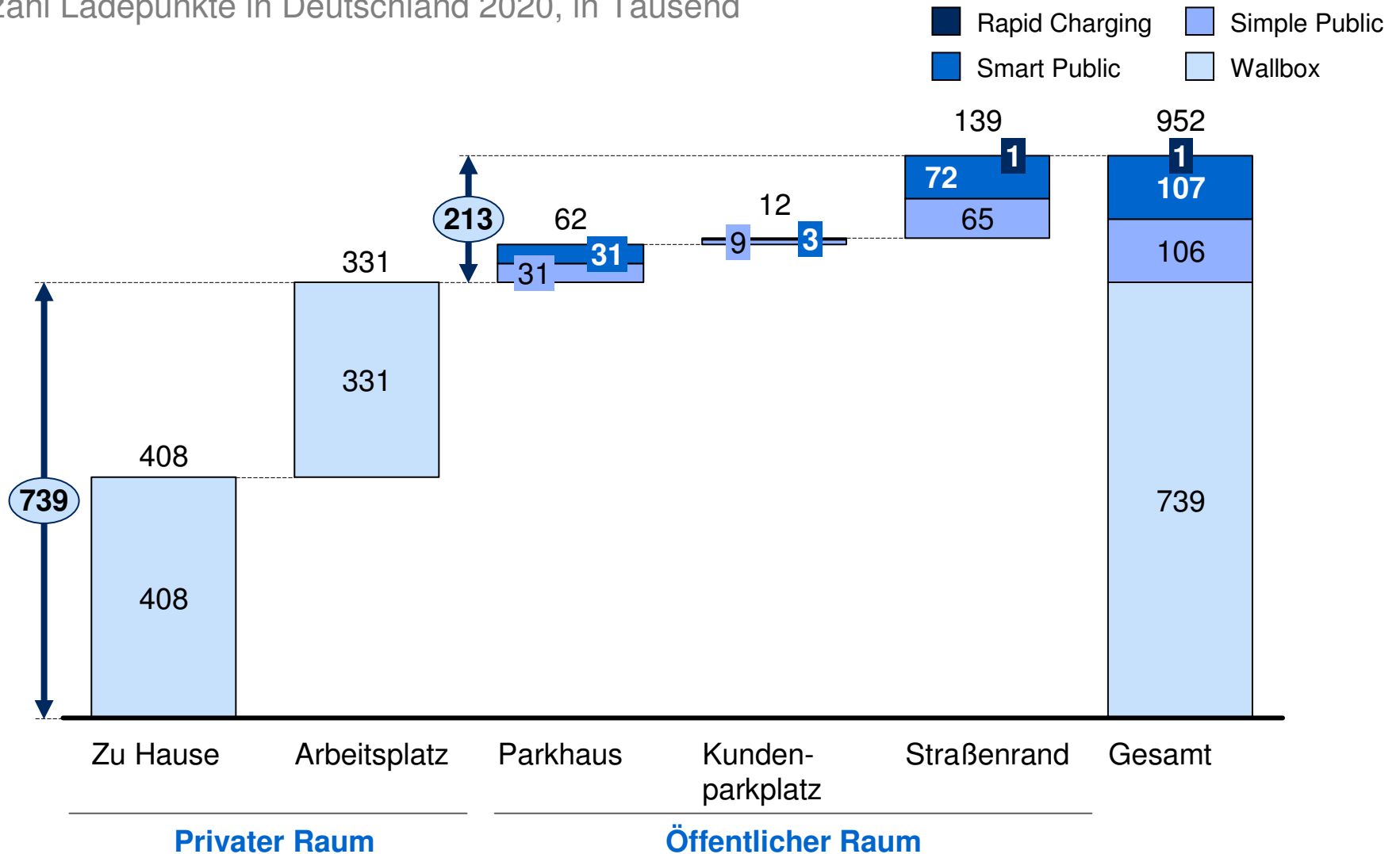


¹ Wert bezieht sich auf Fertigung; im Dienstleistungssektor je nach erforderter Qualifikation zwischen 60.000 - 100.000 EUR pro Arbeitsplatz

Es besteht ein Bedarf von etwa 1 Mio. Ladepunkten, der zu etwa drei Vierteln durch Wallboxen im privaten Raum gedeckt werden kann

PROLÄUFIG

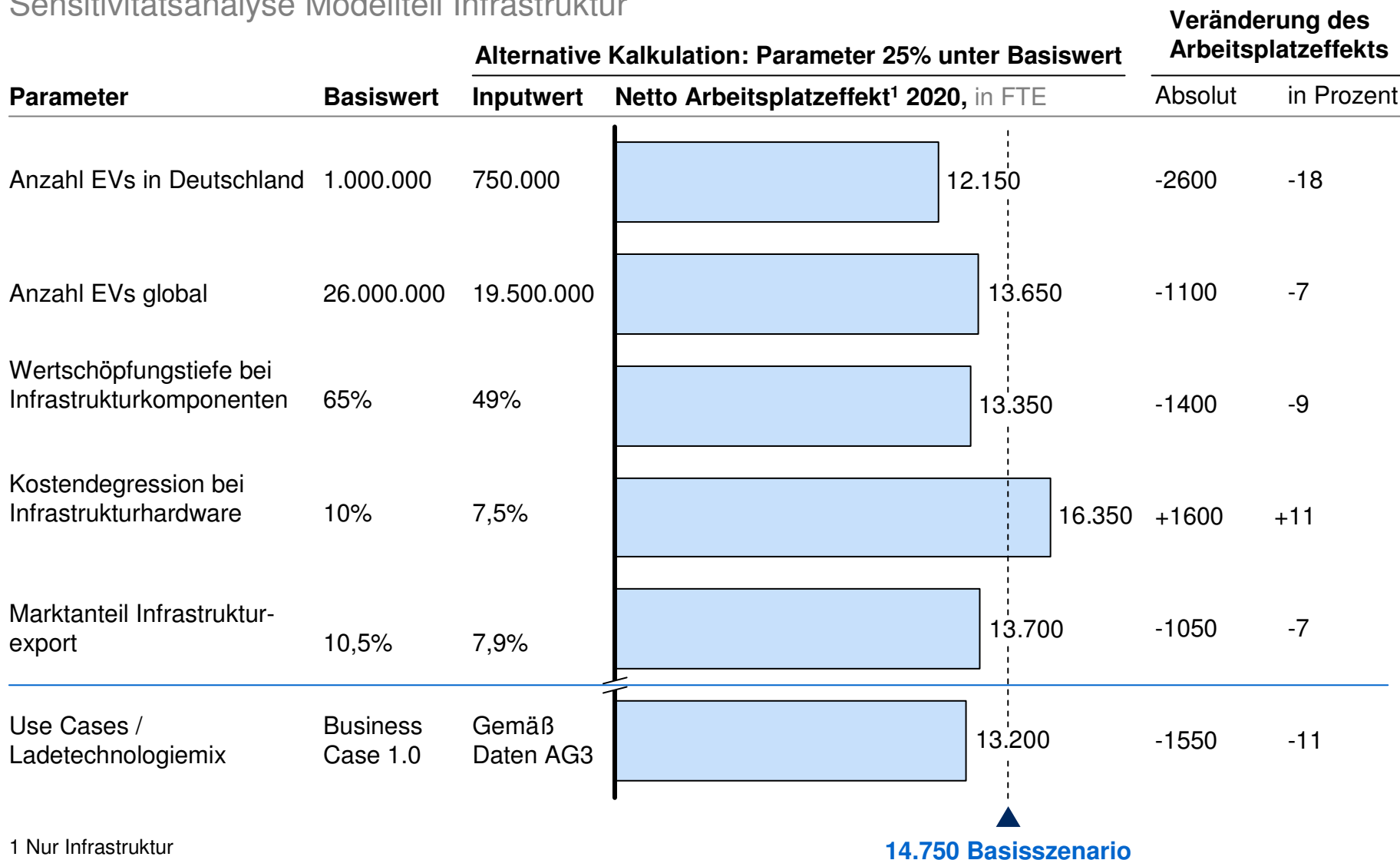
Anzahl Ladepunkte in Deutschland 2020, in Tausend



Der Arbeitsplatzeffekt im Infrastrukturbereich hängt wesentlich von der Anzahl Elektrofahrzeuge in Deutschland ab

VORLÄUFIG

Sensitivitätsanalyse Modellteil Infrastruktur

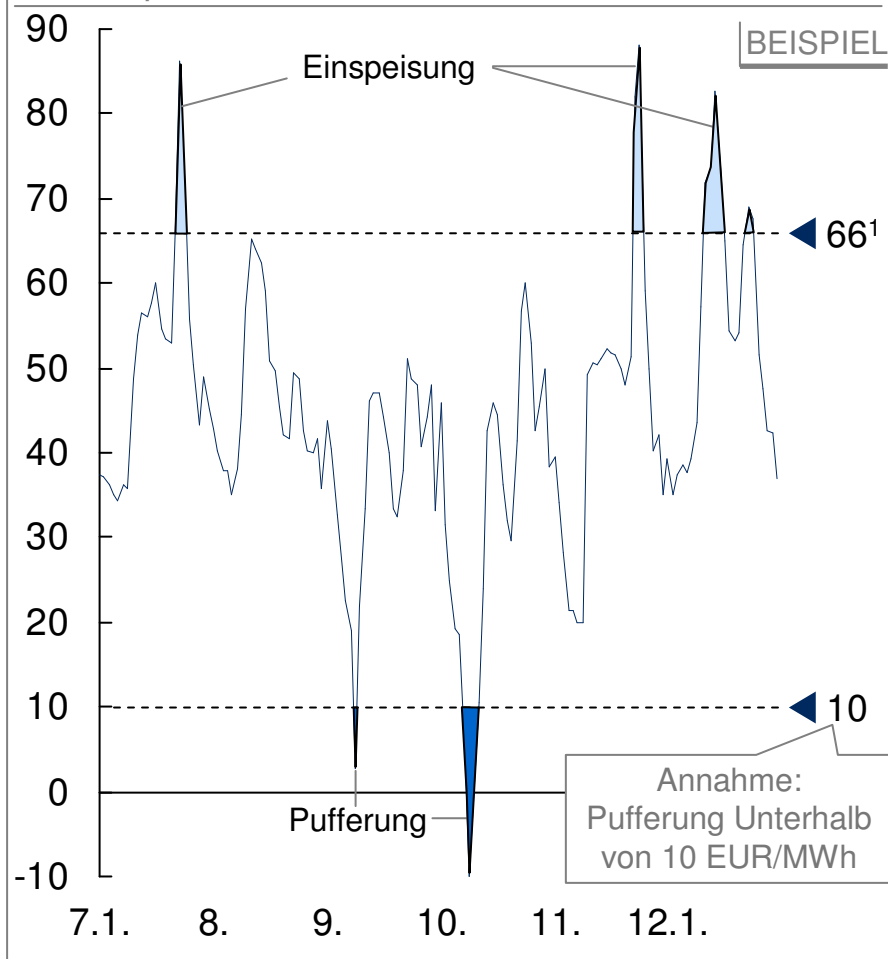


1 Nur Infrastruktur

Der Einsatz von Traktionsbatterien für Arbitrage im Smart Grid birgt nur begrenztes Gewinnpotenzial, das sich zudem nur teilweise realisieren lässt

Strompreise vom 7.-12. Januar 2010

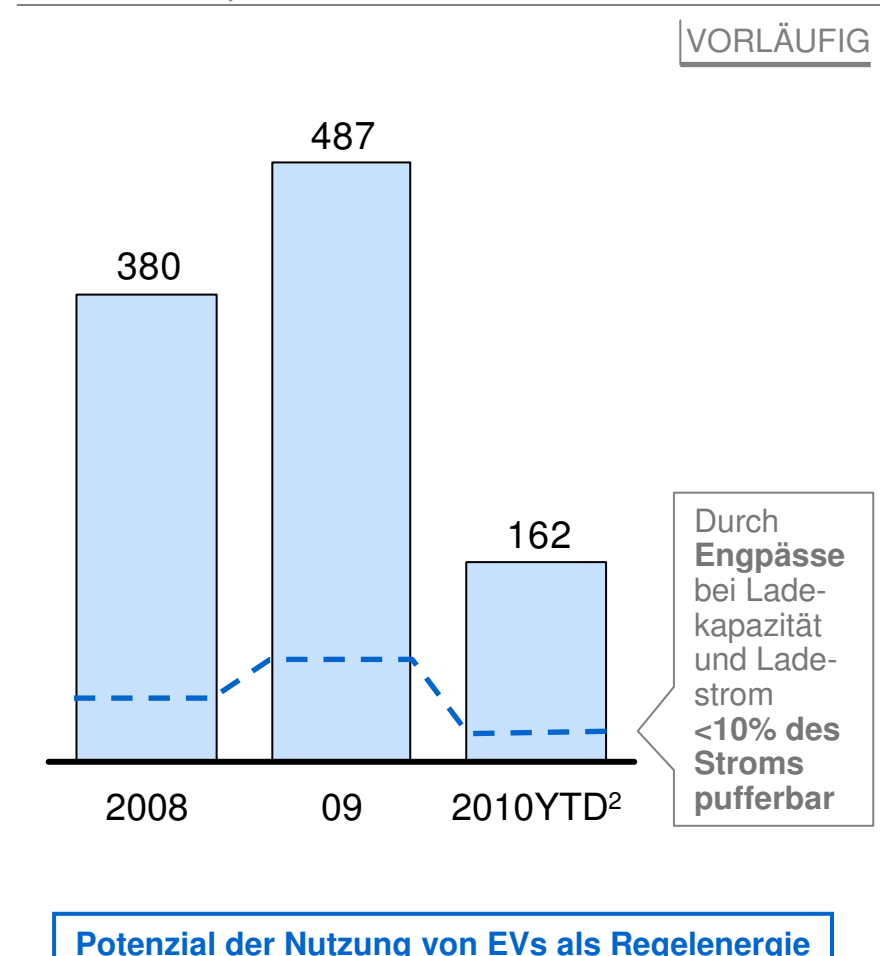
in EUR pro MWh



1 Grenzpreis zur gewinnmaximalen Einspeisung des überschüssigen Stroms
2 Bis 19. August 2010

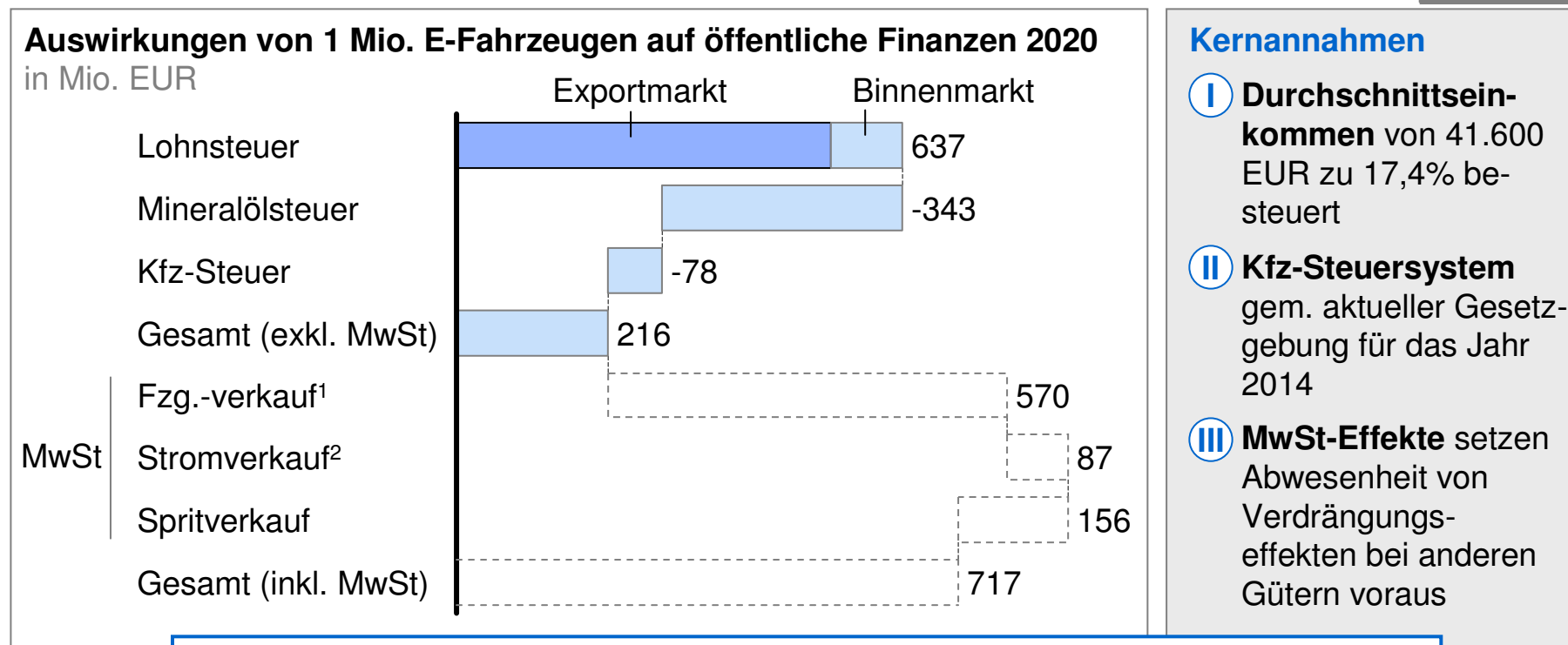
Gewinn durch Pufferung und Rückeinspeisung

in Mio. EUR pro Jahr



Implikationen für öffentliche Finanzen setzen sich aus Verschiebungen bei der Wertschöpfung sowie Fahrzeugabsatz und -betrieb zusammen

VORLÄUFIG



Vertiefte Analyse der Effekte auf öffentliche Finanzen enthielte u.a.




- **Einkommensunterschiede** unter einbezogenen Berufszweigen
- Verschiedene Ansätze zur **Schließung der TCO-Lücke** (z.B. staatliche Förderung, Quersubventionierung durch OEMs)
- Auswirkungen der Arbeitplatzeffekte auf **Sozialversicherungssystem**

1 Basierend auf der Annahme, dass Mehrkosten der EV-Produktion zu 100% auf den Kaufpreis geschlagen werden

2 Basierend auf der Annahme, dass EVs ausschließlich aus erneuerbarer Energie gespeist werden, wurde keine Stromsteuer angesetzt

Vision von Schaufensterprojekten zur Demonstration der Systemkompetenz Deutschlands beim Thema Elektromobilität

Fokus für Bayern

	1	2	3
	Grundsätzliche technische Machbarkeit – Pilotierung in Modellregionen	Schaufensterprojekte – Showcase eines funktionierenden integrierten Gesamtsystems mit hinreichenden Skalen (> 20.000 Fzg.)	Marktdurchdringung – Erfahrbarkeit Elektromobilität in Schaufensterprojekt führt zu beschleunigter Nachfrage
Zielsetzung	<ul style="list-style-type: none"> Entwicklung von Technologie und Prototypen Punktuellem Test von Konzepten (Ladeinfrastruktur, Pilotflotten) Beobachtung von Kundenverhalten bzgl. des elektrischen Fahrens und Ladens 	<ul style="list-style-type: none"> "Sprung in die Zukunft": Demonstration der System- und Integrationskompetenz für „End-to-End-Lösungen“ mit CO2-freier Energieerzeugung, Smart Grid/IT und E-Fahrzeugen Strahlkraft über Deutschland hinaus erreichen Kritische Stückzahlen erreichen, um die gesamthaften Vorteile zu demonstrieren 	<ul style="list-style-type: none"> Nutzen der Erkenntnisse für „Roll-out“ E-Mobilität in Deutschland Weiterentwicklung der Förderinstrumente mit Fokus auf den Volumenmarkt Nutzung der Leuchtturmprojekte zur Akquise internationaler Projekte Gezielte Investitionen der Industrie in erfolgversprechende Technologie
Zeitplan	2009 - 11 	2012 - 15 	2016 - 20 

Early Adopter mit hoher Mehrpreisbereitschaft bei entsprechendem nicht-monitären Gegenwert

Early Adopter mit hoher Aufpreisbereitschaft

Early-Adopter-Potenzial 2015

 **New York**





16%

 **Paris**



9%

 **Shanghai**



5%

Schließung Kostenlücke

BEV

TCO-Lücke aus Erstkäufersicht

4.000

Aufpreisbereitschaft

2.000

Mehrpreisbereitschaft für originäres EV (Design, Ausstattung, Funktionalität, Innovationsgrad)

Nicht monetäre Anreize

1.500

Nicht monetäre Anreize wie Fahren auf Busspuren und freies Parken in der City

Smart Grid

?

Verbleibende Lücke

500

Schlussfolgerungen

- Elektrofahrzeuge schaffen **zusätzliche Mobilitätsoptionen** – sie werden auf Sicht keine vorhandenen Formen verdrängen, aber sie werden Menschen dazu bringen, ihre **Mobilitätsbedürfnisse neu zu segmentieren**
- Elektromobilität wird nur dann Kundennutzen generieren können, wenn wir die Fahrzeuge als Teil eines **Systems** zusammen mit der Verkehrsinfrastruktur sehen, in dessen Zusammenspiel geldwerte Vorteile entstehen
- **Erstkunden** werden diejenigen sein, die ihre Mobilitätsbedürfnisse bereits segmentiert haben und über Alternativen verfügen – Haushalte mit **mehreren verfügbaren Fahrzeugen**, die sie je nach Nutzungszweck auswählen
- **Frühe Elektrofahrzeuge** werden in hohem Maße von differenzierungsfreudigen Kunden (Early Adopters) aus **Imagegründen** nachgefragt werden und müssen entsprechende Komfortmerkmale mitbringen
- Elektromobilität ist nicht in erster Linie ein Umweltthema – **mit gleichem Aufwand** ließe sich mittels entsprechender Steuerungsinstrumente mehr CO₂ vermeiden, speziell solange der Stromerzeugungsmix noch nicht „sauber“ ist

McKinsey & Company