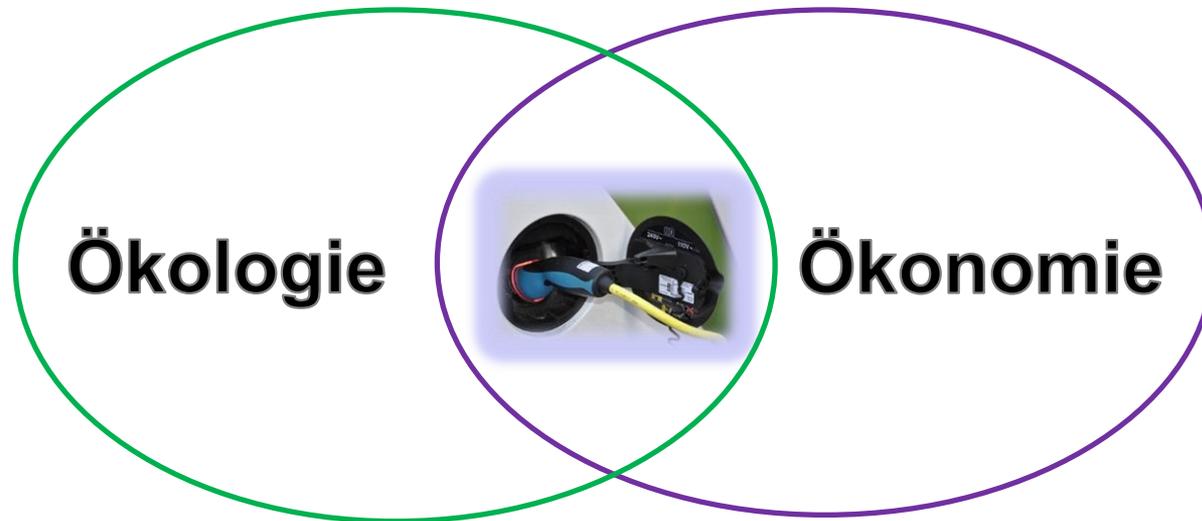


# Elektromobilität im Wirtschaftsverkehr: Ökonomischer Einsatz von E-Fahrzeugen unter „Total Cost of Ownership“ Gesichtspunkten



Vortrag auf dem 1. „Fleet & Electric“ Day in Hamburg am 22.05.2012

# Vorstellung

## ■ HAW Hamburg

- Eine der größten Hochschulen für Angewandte Wissenschaften in Deutschland
- Vier Fakultäten: Design, Medien & Information, Life Sciences, Wirtschaft und Soziales, Technik und Informatik

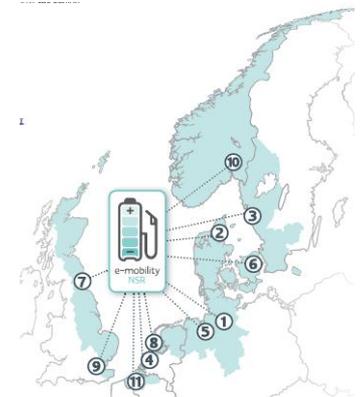


## ■ Competence Center Logistik und Nachhaltigkeit

- Interdisziplinäre Forschung im Bereich der Logistik
- Mitarbeit am einem europäischen Großprojekt zum Thema „E-Mobility“
- Spezialisierung auf Elektromobilität im urbanen Transportbereich

## ■ Prof. Dr. Tobias Held

- Fakultät Technik und Informatik /  
Department Maschinenbau und Produktion /  
Institut für Produkt- und Produktionsmanagement
- Mitglied des Arbeitskreises Nachhaltigkeit der  
Logistikinitiative Hamburg



# Agenda

---

- 1. Treiber und Herausforderungen der Elektromobilität**
- 2. Ökonomische Bewertung**
- 3. Zusammenfassung und Ausblick**

# Agenda

---

- 1. Treiber und Herausforderungen der Elektromobilität**
2. Ökonomische Bewertung
3. Zusammenfassung und Ausblick

**Neue Vorkommen auszubeuten ist teuer, technisch aufwendig und verschlingt viel Energie**

**Umweltexperten für Lkw-Verkehr mit**

**25 000**  
Euro kostete eine E-Auto-batterie 2008, jetzt gibt es sie ab 5000 Euro

**Oberleitung auf der Autobahn** **Ladenhüter E-Auto**

**Schmutziges Wachstum**

Die meisten Industrie- und Schwellenländer haben 2010 das Ziel verfehlt, mehr Wirtschaftswachstum bei weniger Kohlendioxid ausstoß zu schaffen

**Studie sieht Elektroautos nicht vor Durchbruch**

**E-Mobilität braucht Fahrerlebnisse** **Preissturz bei Autobatterie**

**Saubere Städte**

Politisch gewünschte Anzahl der Elektroautos 2020 (in Millionen)



Quelle: McKinsey

**Elektroautos –**

**die überschätzten Stars**

**Eine saubere Sache**

Er stinkt nicht, dreckt nicht rum und macht keinen Mucks: Seit September verstärkt der neue Mercedes Vito E-Cell die Firmen-Flotte von Globetrotter Ausrüstung in Hamburg.

**Alternative Antriebe legen im Pkw-Bestand zu**

**Fieberkurve Rohölpreis**

**Zustellfahrzeuge im Elektrobetrieb**

**Suche nach Alternativen zu Li-Ionen-Akkus**

**VOLKSWAGEN** Ferdinand Piëch

**Ein-Liter-Auto rollt an**

**IN THE RIGHT CIRCUMSTANCES EVS CAN PROVIDE A CLEAR BENEFIT FOR BUSINESS NOW.**

**Strom nimmt Müllsammler den Dieseldurst**

**22**  
Milliarden Dollar an Steuergeldern stecken die USA in das E-Auto

**KARABAG** | Niemand in Deutschland baut so viele Elektroautos. Doch das Geschäftsmodell des Gründers ist in Gefahr.

**Starcar setzt auf Elektroautos**

**Stromladestellen nicht rentabel**

# Treiber der Elektromobilität (Auswahl)



Quelle: Hartmut910 pixelio.de

## Rohölknappheit

- Steigende, volatile Treibstoffpreise
- Abhängigkeiten von Förderländern
- ...



Quelle: Petra Bork pixelio.de

## „Erneuerbar“ tanken

- „Günstiges Laden“ je Tonnenkilometer
- Speicheroption erneuerbarer Energien
- ...



Quelle:  
Florentine pixelio.de

## Wachsende Verkehrsbelastungen

- Klimawandel und CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Lokale Abgas-/Lärm-Emissionen
- ...



Quelle:  
Kurt f. Dommik  
pixelio.de

## Lokal emissionsfrei

- Keine (lokalen) Treibhausgase
- Weniger Lärm
- ...

**Der Einsatz von E-Fahrzeugen ist in mehreren Dimensionen vorteilhaft  
– dies gilt es situationsadäquat zu analysieren und ggf. zu nutzen!**

# Herausforderungen der Elektromobilität (Auswahl)



Quelle: BirgitH pixelio.de

## Antriebs-/speziell Batterietechnik

- Hohe Anschaffungskosten (Abschreibungen bzw. Leasingraten)
- z.T. „Kinderkrankheiten“ bei Prototypenfahrzeugen, ...



Quelle: Google maps

## Begrenzte Reichweiten

- Vielfach 70 – 150 km (bei Abhängigkeit von u.a. Nebenverbrauchern)
- Ladezeiten: ca. 4 – 8h (230V) / wenig Schnellladeoptionen im Einsatz, ...



Quelle: Renault

## Verfügbare Fahrzeugmodellvielfalt

- Zunehmend, aber weit geringer als mit Verbrennungsmotoren
- Transportsektor wünscht vielfach speziell mehr Ladevolumen, ...



Quelle: Margot kessler pixelio.de

## „Unternehmerische Probleme“

- Fahrzeugrestwerte problematisch zu ermitteln
- „Subunternehmerkultur“ – Mix aus Firmen- und Privatfahrten, ...

**Elektro-Fahrzeuge stehen aktuell vor einer Vielzahl Herausforderungen!**

# Agenda

---

1. Treiber und Herausforderungen der Elektromobilität
- 2. Ökonomische Bewertung**
3. Zusammenfassung und Ausblick

# „Total Cost of Ownership“ ?

---

**„Umweltfreundliche Antriebe müssen im Kostenwettbewerb zu konventionellen Antriebsvarianten bestehen, um am Markt erfolgreich zu sein.“**

**(Stangner 2011)**

# Ökonomische Bewertung

## Verfahren der Bewertung von Investitionen

### Verfahren der quantitativen Investitionsbewertung

### Verfahren der qualitativen Investitionsbewertung

**Statische  
Verfahren**

**Dynamische  
Verfahren**

**Risikomaß  
basierte Verfahren**

**Kostenvergleichs-  
rechnungen**

**Gewinnvergleichs-  
rechnungen**

...

**Kapitalwert-  
methoden**

**Interne  
Zinssatz-  
methoden**

...

**Amortisations-  
rechnungen**

...

**Argumentenbilanzen**

**Technologieportfolios**

**Nutzwertanalysen**

...

# Preis + Strom-/Treibstoffkosten = Gesamtkosten?

Preis	117 800 Euro
Verbrauch auf 100 km	12,7 kWh
Verbrauch auf 200 000 km	25 400 kWh
Kosten je kWh	0,25 Euro
Stromkosten für 200 000 km	6350 Euro

Preis	38 410 Euro
Verbrauch auf 100 km	7,3 Liter Super
Verbrauch auf 200 000 km	14 600 Liter Super
Kosten je Liter	1,61 Euro
Spritkosten für 200 000 km	23 503 Euro

▲ Kostenrechnung Tesla Roadster gegenüber Lotus Elise, der die technische Basis des Tesla ist

„Bild“  
11.05.2012

„Kostengleichheit“  
hier bei rd. 925.000 km

# Es gilt zuerst *alle* Kostenarten („Kosten- & Erlöspositionen“) zu erfassen!

## Mögliche Gliederung

### ■ Anschaffungs-/Inbetriebnahmekosten:

- Fahrzeug (ohne Batterie) („bereinigt“ um Restwerte, Fördermittel etc.)
- Batterie (ggf. nach x Ladezyklen Ersatz)
- Ladeinfrastruktur (Ladesäule(n))
- „Informationskosten“
- (Fahrerschulungen)
- ...

### ■ Haltungs-/Betriebskosten:

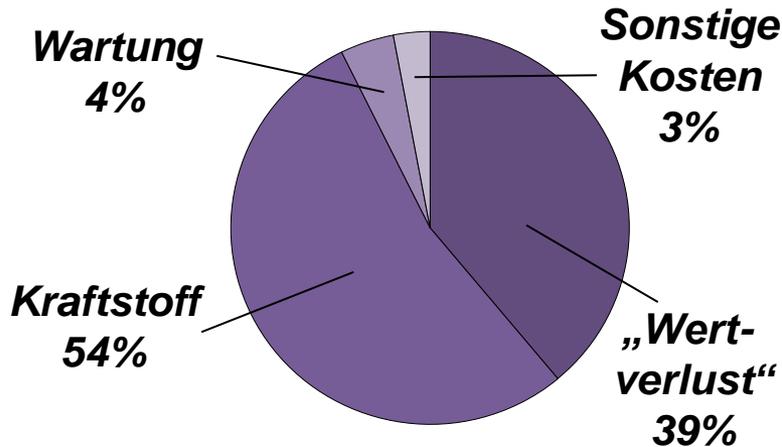
- Energie- bzw. Treibstoffkosten (incl. Energiesteuer, Ökosteuer, ...)
- KFZ –Steuern (z.T. keine für E-Fahrzeuge)
- Evtl. Umstieg des Betriebes auf „Grünstrom“
- Versicherungen
- ...

### ■ Wartung und Service:

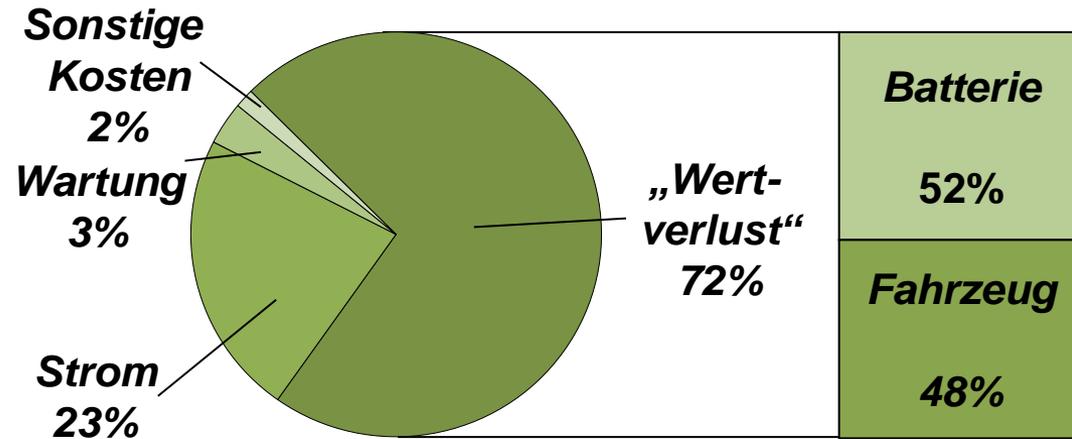
- Ausfallkosten
- Kosten für Reparaturen und Ersatzteile
- Kosten für Wartung & Service (z.B. keine Ölwechsel für E-Fahrzeuge)
- Hauptuntersuchung („TÜV“) (Keine „AU“ für E-Fahrzeuge)
- ...

# Exemplarischer Kostenvergleich (für Stand Anfang 2012)

## Diesel-Fahrzeug



## Elektrisches Fahrzeug



- Nutzfahrzeug 7,5t
- Berechnungszeitraum: 5 Jahre
- 1l Diesel: 1,50€; 1kwh: 19ct (ohne Preissteigerungen)
- Fahrleistung: 25.000 km/Jahr
- ...

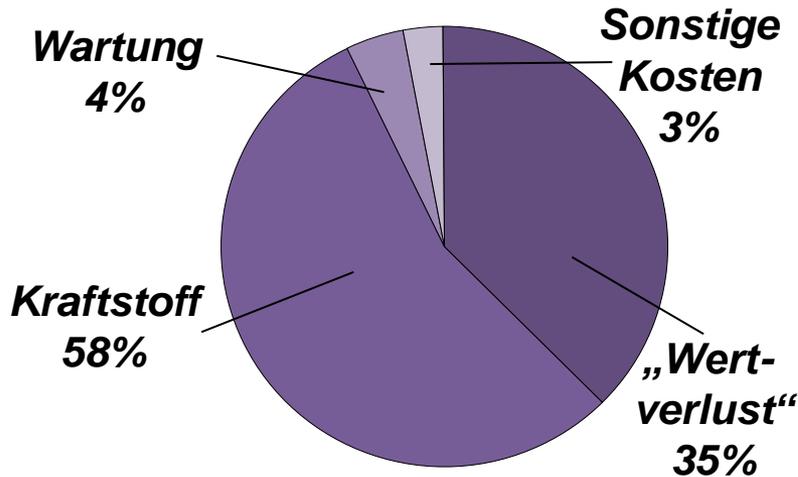
## Gesamtkosten über 5 Jahre



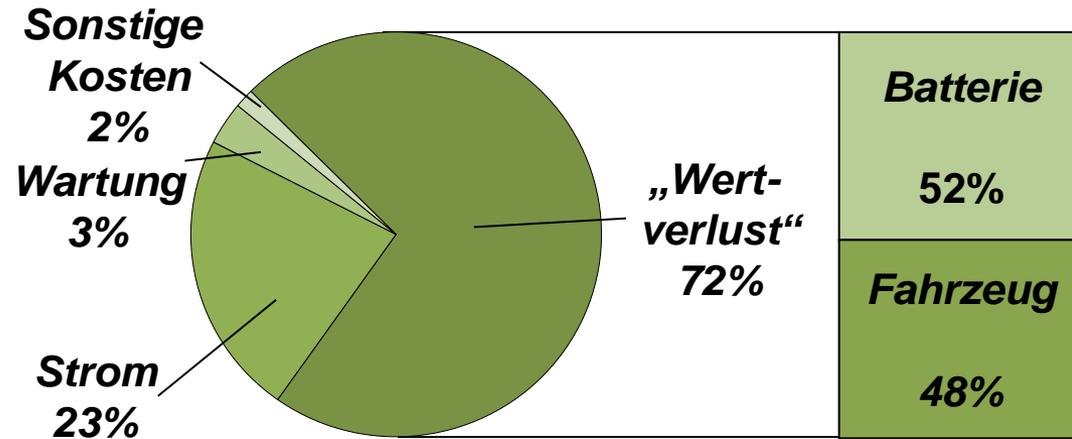
**In obigem Beispielszenario sind die Gesamtkosten in etwa vergleichbar – hohe Anschaffungskosten werden durch geringere Betriebs- und Wartungskosten nahezu ausgeglichen!**

# Exemplarischer Kostenvergleich (für Stand Anfang 2012)

## Diesel-Fahrzeug

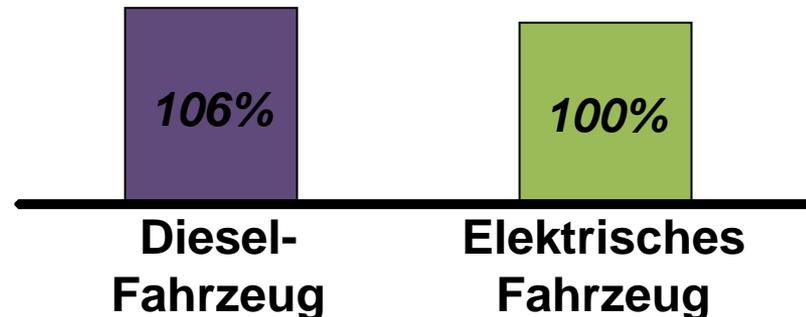


## Elektrisches Fahrzeug



- Nutzfahrzeug 7,5t
- Berechnungszeitraum: 5 Jahre
- 1l Diesel: **1,80€**; 1kwh: 19ct (ohne Preissteigerungen)
- Fahrleistung: 25.000 km/Jahr
- ...

## Gesamtkosten über 5 Jahre

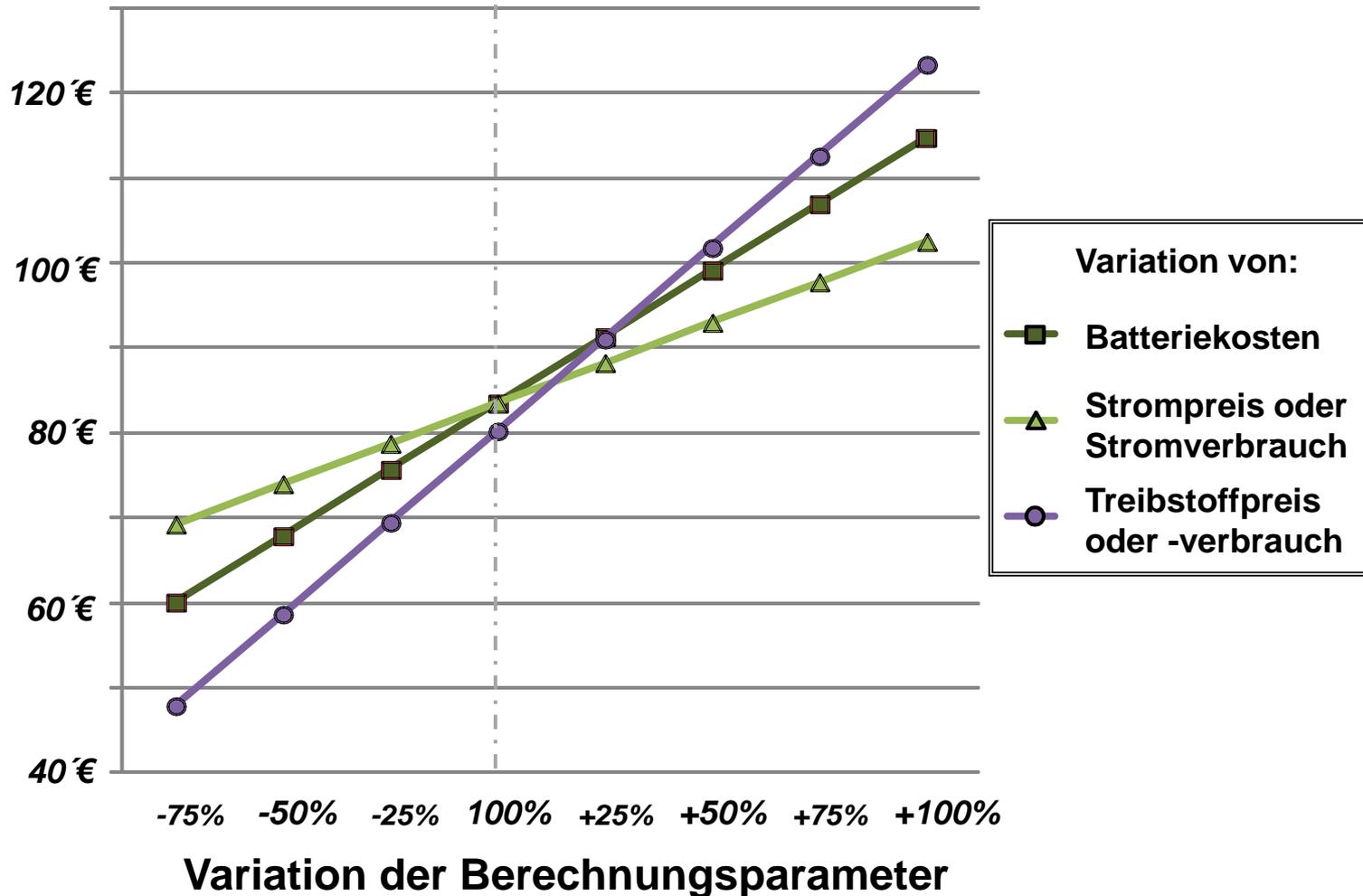


**In obigem Szenario – bei nun mehr Dieselpreisen von 1,80€ je Liter – sind die Gesamtkosten des Elektrofahrzeuges überlegen !**

# Variation von Berechnungsparametern – „Sensitivitätsanalyse“

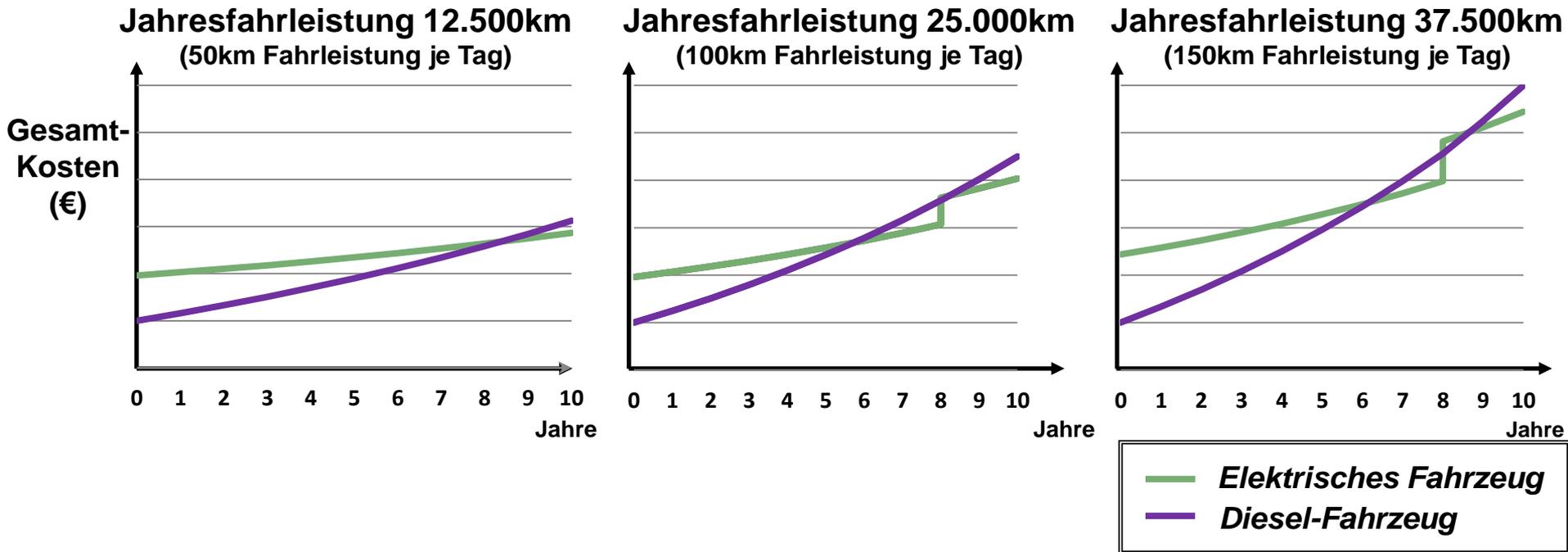
## Gesamtkosten

(Annahmen wie  
Vorfolien: 5 Jahre,  
7,5t Fahrzeug, ...)



**Die in Zukunft zu erwartenden fallenden Batterie- und steigenden Treibstoffpreise haben erheblichen Einfluss auf Kostenhöhe und -struktur!**

# Kostenvergleich „7,5t elektrischer und konventioneller Transporter“



- Annahmen analog zu Vorfolien, zudem jährlich 10% Preissteigerung bei Strom und Diesel
- Fahrleistung 50km/Tag & 100km/Tag: 80kWh Batterie; Fahrleistung 150km/Tag: 120kWh Batterie
- 250 jährliche Ladezyklen, neue Batterie nach 2.000 Ladevorgängen zu Batteriekosten von dann 350€/kWh (bei 50km/Tag im 10-Jahres Zeitraum kein Batterieersatz nötig)

**E-Fahrzeuge werden mit steigender Fahrleistung im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen wirtschaftlicher, dem sind aber aufgrund des Standes der Batterietechnik durch Reichweiten und Ladezeiten Grenzen gesetzt!**

# Kostenbetrachtung eines Paketzustellfahrzeuges

- MORE EXPENSIVE TO OWN AN EV
- MARGINALLY MORE EXPENSIVE TO OWN AN EV
- CHEAPER TO OWN AN EV

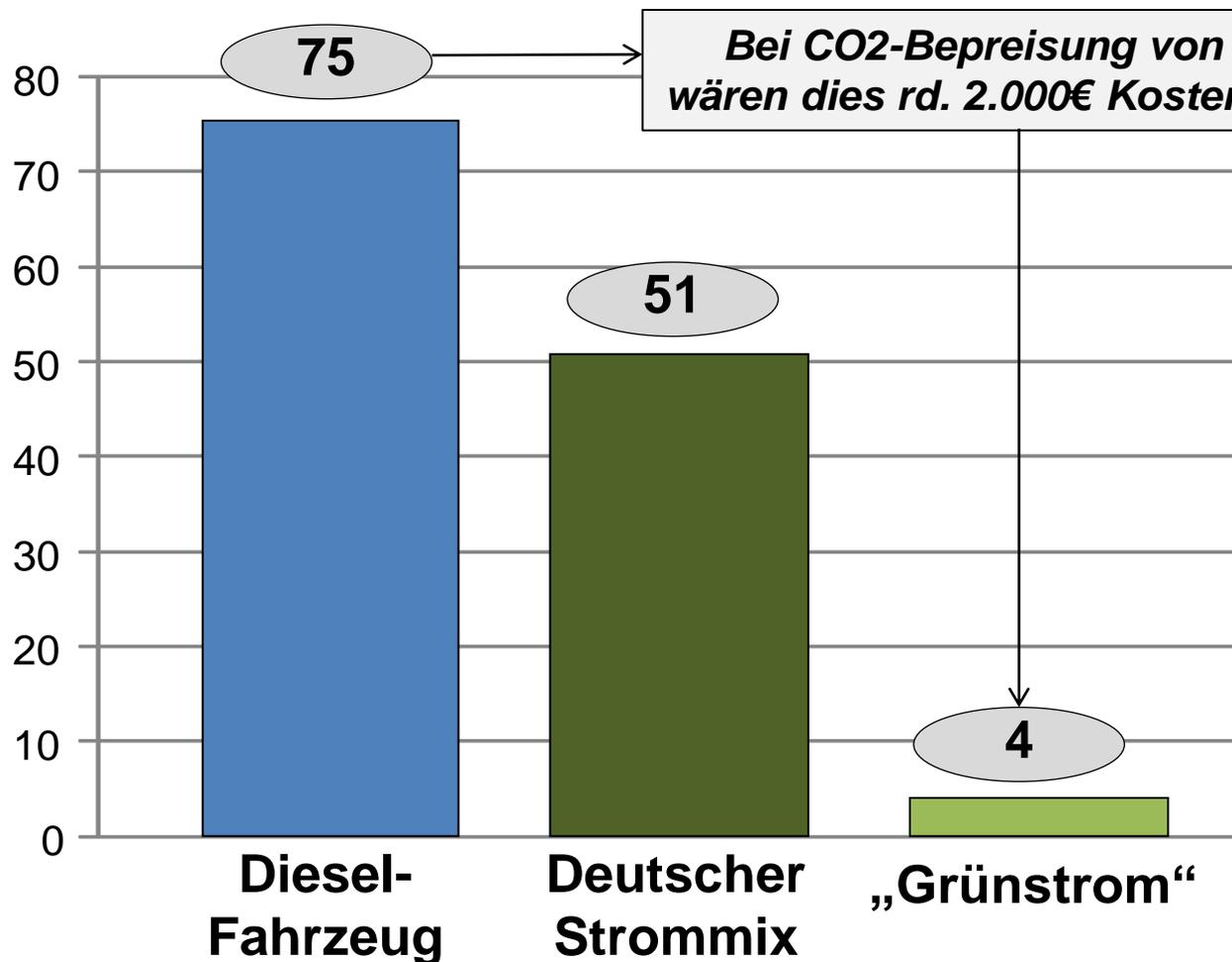
		ELECTRIC PANEL VAN											
		CURRENT ENERGY PRICES						LINEAR RISING ENERGY PRICES					
		90% PEAK			90% OFF-PEAK			90% PEAK			90% OFF-PEAK		
DRIVE CYCLE		3 YR	5 YR	7 YR	3 YR	5 YR	7 YR	3 YR	5 YR	7 YR	3 YR	5 YR	7 YR
BASE MILEAGE	URBAN CYCLE	● 3095	● 979	● 157	● 2806	● 689	● -132	● 2011	● -828	● -2373	● 1721	● -1118	● -2663
	DELIVERY CYCLE	● 4935	● 2819	● 1997	● 4832	● 2716	● 1894	● 4521	● 2129	● 1031	● 4418	● 2026	● 927
INCREASED MILEAGE	URBAN CYCLE	● 2170	● -99	● -995	● 1764	● -505	● -1401	● 651	● -2629	● -4538	● 245	● -3034	● -4944
	DELIVERY CYCLE	● 4478	● 2361	● 1539	● 4333	● 2216	● 1395	● 3897	● 1395	● 186	● 3753	● 1250	● 41

**RISING ENERGY PRICES AND UTILISATION OF OFF-PEAK TARIFFS**

Base Case: Urban Cycle: 80km/Tag // Delivery Cycle: 35km/Tag // 6-Tage-Woche  
 Increased Mileage: 40% längere Strecken

# CO2 Ersparnis bei Betrieb eines elektrischen 7,5t LKWs

CO2-Emissionen  
(Tonnen)  
für 125.000km  
Fahrleistung



**Das CO2-Einsparungspotential von Elektrofahrzeugen, die mit „Grünstrom“ betrieben werden, ist erheblich!**

# Agenda

---

1. Treiber und Herausforderungen der Elektromobilität
2. Ökonomische Bewertung
- 3. Zusammenfassung und Ausblick**

# Zusammenfassung und Ausblick

---

- Fossile Treibstoffe sind begrenzt und werden allen Prognosen nach stetig teurer, zudem wird das Themenfeld „CO<sub>2</sub>“ weiter an Bedeutung gewinnen!
- Alternative Antriebstechnologien werden deshalb politisch gefördert und von vielen Fahrzeugherstellern intensiv verfolgt!
- Elektrische Nutzfahrzeuge können bereits heute unter bestimmten Bedingungen bei passenden Einsatzfeldern ökonomisch sinnvoll eingesetzt werden!
- Dies setzt u.a. voraus, dass die (deutlich) höheren Anschaffungskosten durch die geringeren Betriebskosten egalisiert werden können!
- Hierzu sind entsprechend hohe Fahrleistungen nötig, die unter Berücksichtigung von Reichweiten und Ladezeiten gesehen werden müssen!
- Die Anwendung der Elektromobilität erscheint u.a. beispielsweise im urbanen Güterverteilterverkehr besonders geeignet!
- Neben direkt kostenseitig bewertbaren Größen, gilt es Lärm- und Schadstofffreiheit, und mögliche Privilegien wie Zugang zu Umweltzonen, erweiterte Parkrechte, Mitnutzung von Busspuren etc. in die Bewertung der Vorteilhaftigkeit einzubeziehen!

# Über Fragen von Ihnen und weitere Diskussionen freuen wir uns !

## Kontaktinformationen:

HAW Hamburg

Competence Center Logistik und Nachhaltigkeit

<http://www.haw-hamburg.de/ccln.html>

Berliner Tor 5

20099 Hamburg

Dipl.-Ing. Tessa Taefi

[tessa.taefi@haw-hamburg.de](mailto:tessa.taefi@haw-hamburg.de)

Prof. Dr. Jochen Kreutzfeldt

[jochen.kreutzfeldt@haw-hamburg.de](mailto:jochen.kreutzfeldt@haw-hamburg.de)

Prof. Dr. Tobias Held

[tobias.held@haw-hamburg.de](mailto:tobias.held@haw-hamburg.de)

