

Prof. Dr.-Ing. Markus Lienkamp

Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik | TU München

Status der Elektromobilität 2018

Der Kunde wird es entscheiden

Status der Elektromobilität 2018



Relevante Megatrends

Mögliche Energieträger

Herausforderungen batterieelektrischer Fahrzeuge (BEV)

Reichweite

Infrastruktur

Preis

Nachhaltigkeit

Die Ingenieurssicht

Die Kundensicht

Einfluss des autonomen Fahrens und der Mobilität

Konsequenzen für Hersteller (OEM), Stufe I

Agenda

Status der Elektromobilität 2018

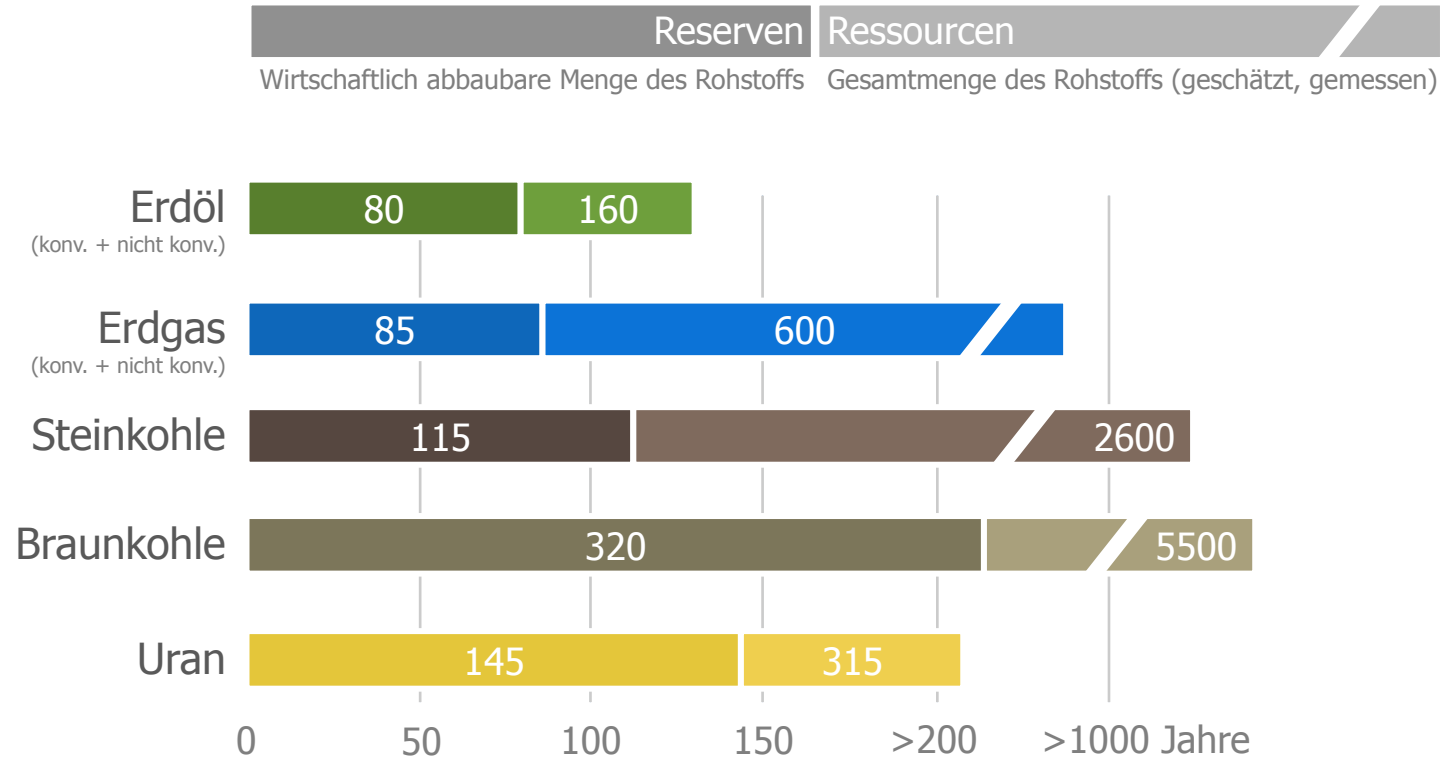
▶ Relevante Megatrends

Agenda



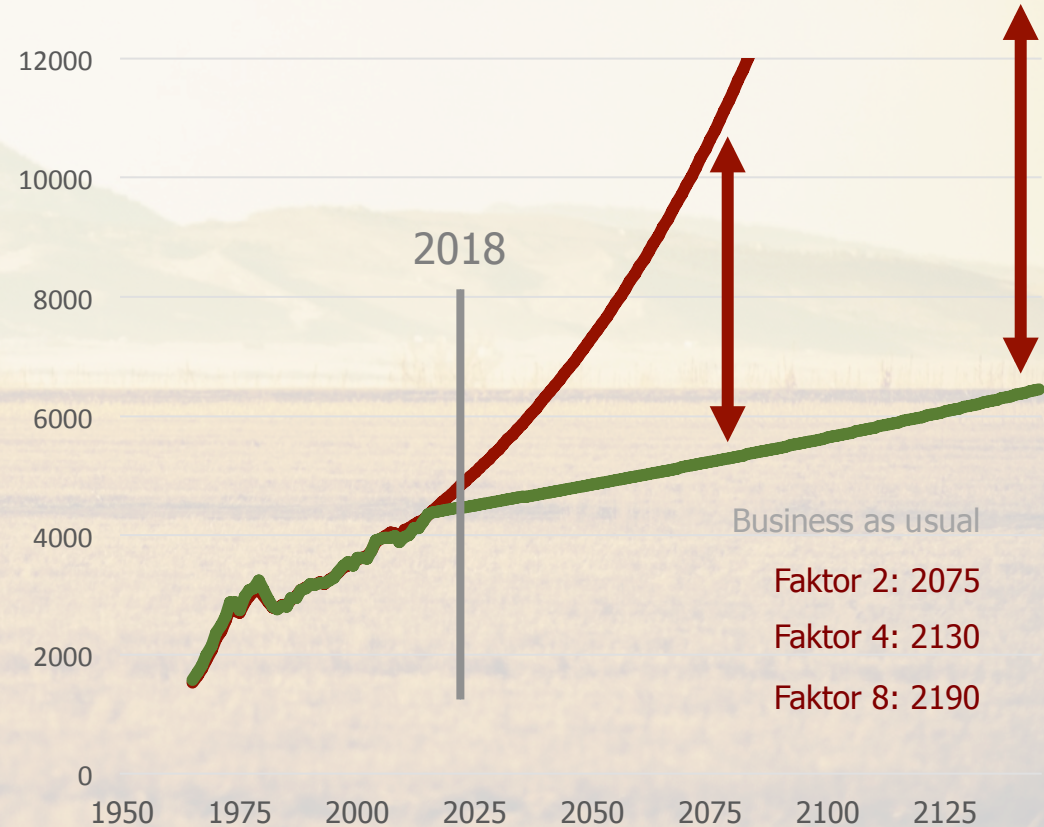
Ressourcen

Verfügbarkeit nicht erneuerbarer Energien



Weltweite Erdölförderung 1950-2200

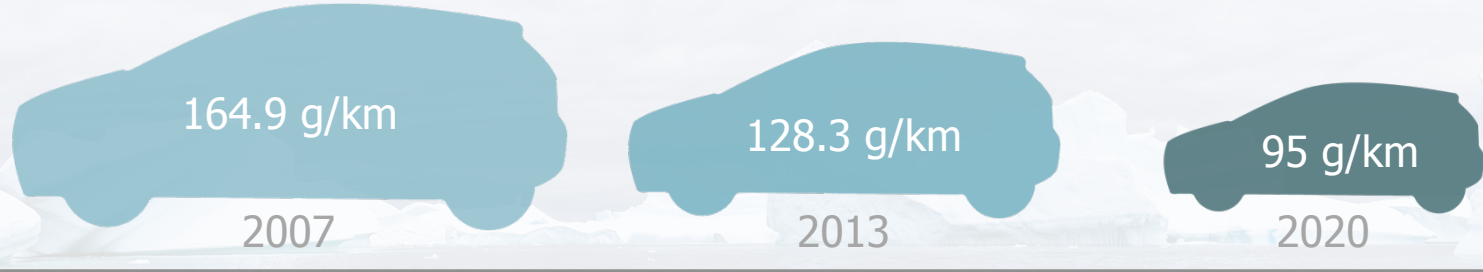
Bei 1,5% Bedarfssteigerung und 0,3% Förderungssteigerung
nach Prognose der Ölfirmen in Millionen Tonnen



A wide-angle photograph of an Antarctic landscape. In the foreground, numerous icebergs of various sizes float in the dark blue water. The middle ground shows a large, flat-topped ice shelf or glacier. In the background, rugged, snow-covered mountains rise against a cloudy sky. The overall scene conveys a sense of a cold, icy environment.

CO₂-Emission

CO₂ - Emissionsziele



Relevante Megatrends | Lokale Emission: Gesetzlich begrenzt

Lokale Emission



Herausforderung lokale Emissionen



► Umweltplaketten
für Fahrzeuge

► Umweltzonen

► Einführung von
City-Maut-Zonen

unter anderem:
Mailand | Stockholm | London

Status der Elektromobilität 2018

Relevante Megatrends

► Mögliche Energieträger

Agenda

CO₂-Ausstoß und Kraftstoffkosten

Benzin	Diesel	Erdgas CNG	Erdgas LNG	LPG	Strom	Wasserstoff	Biokraftstoff	eFuels
					CO ₂ Einsparpotential			
0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	40%	100%
					Lokal emissionsfrei			
nein	nein	quasi	quasi	quasi	ja	ja	nein	quasi
					Energieeinsatz			
gering	gering	gering	gering	gering	gering	5x >Strom	gering	5x >Strom
					Kraftstoffkosten*			
3,00 €	2,50 €	2,40 €	2,40 €	3,00 €	3,50 €	12,50 €	4,20 €	12,50 €
					Infrastruktur			
vorhanden	vorhanden	vorhanden Ausbau nötig	4,5 Mrd Tankstellen	vorhanden Ausbau nötig	vorhanden Ausbau nötig	5 Mrd Tankstellen	vorhanden	umbaubar
					Mehrkosten Fahrzeug			
gleich	gleich	2.000 €	3.000 €	1.000 €	5.000 €	>10.000 €	gleich	gleich
					Gesamtbewertung			
CO ₂ Emissionen	CO ₂ Emissionen	CO ₂	CO ₂ Kosten	CO ₂	Initialkosten TCO ok	Kosten Energie	Land	Kosten Energie

* pro 100 km, ohne Steuern

Status der Elektromobilität 2018

Relevante Megatrends

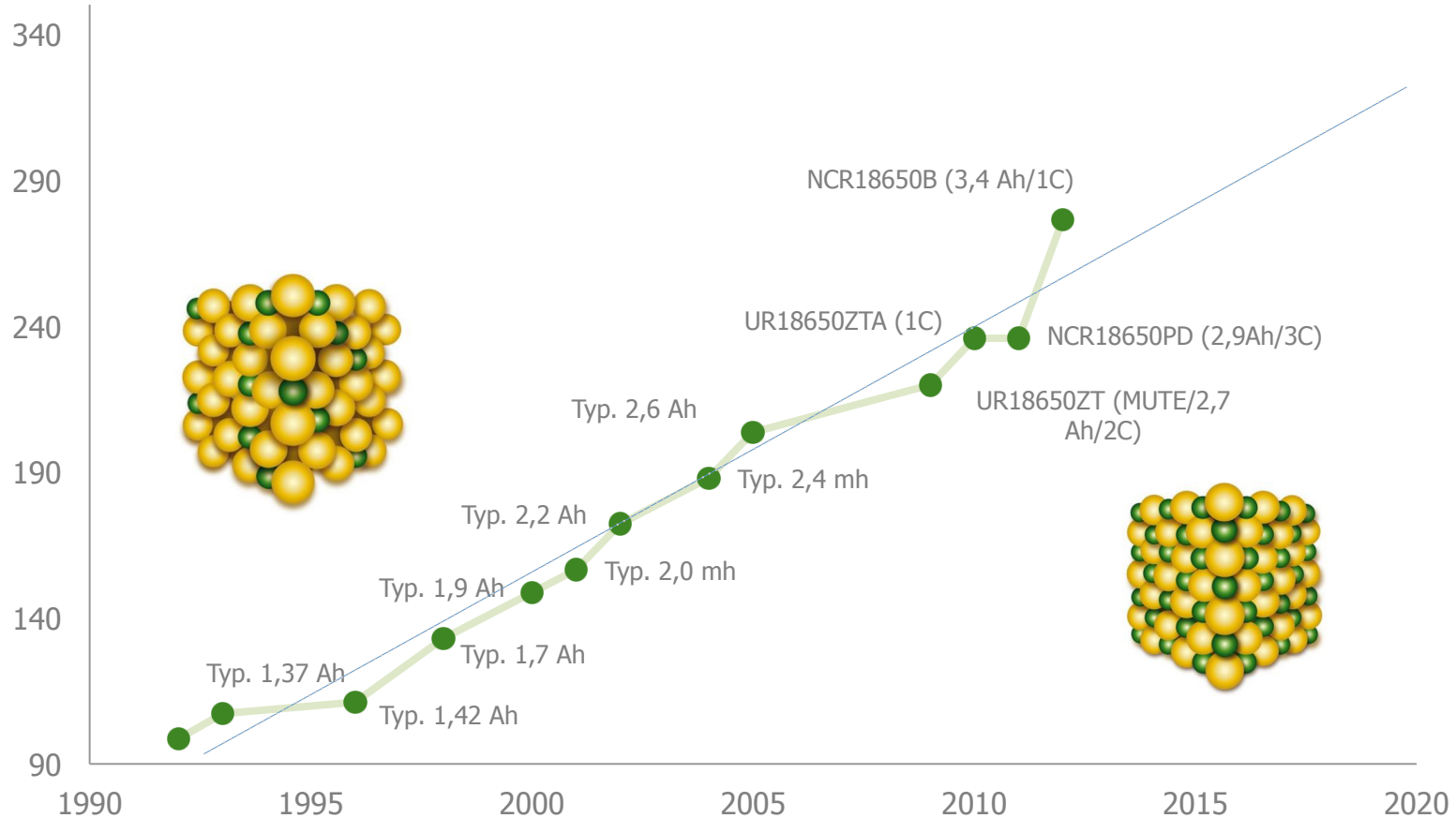
Mögliche Energieträger

▶ Herausforderungen batterieelektrischer Fahrzeuge (BEV)

Reichweite

Agenda

Evolution der Energiedichte von Li-Ion Zellen



Reichweite



Status der Elektromobilität 2018

Relevante Megatrends

Mögliche Energieträger

► Herausforderungen batterieelektrischer Fahrzeuge (BEV)

Reichweite

Infrastruktur

Agenda



Bidirektional



Status der Elektromobilität 2018

Relevante Megatrends

Mögliche Energieträger

► Herausforderungen batterieelektrischer Fahrzeuge (BEV)

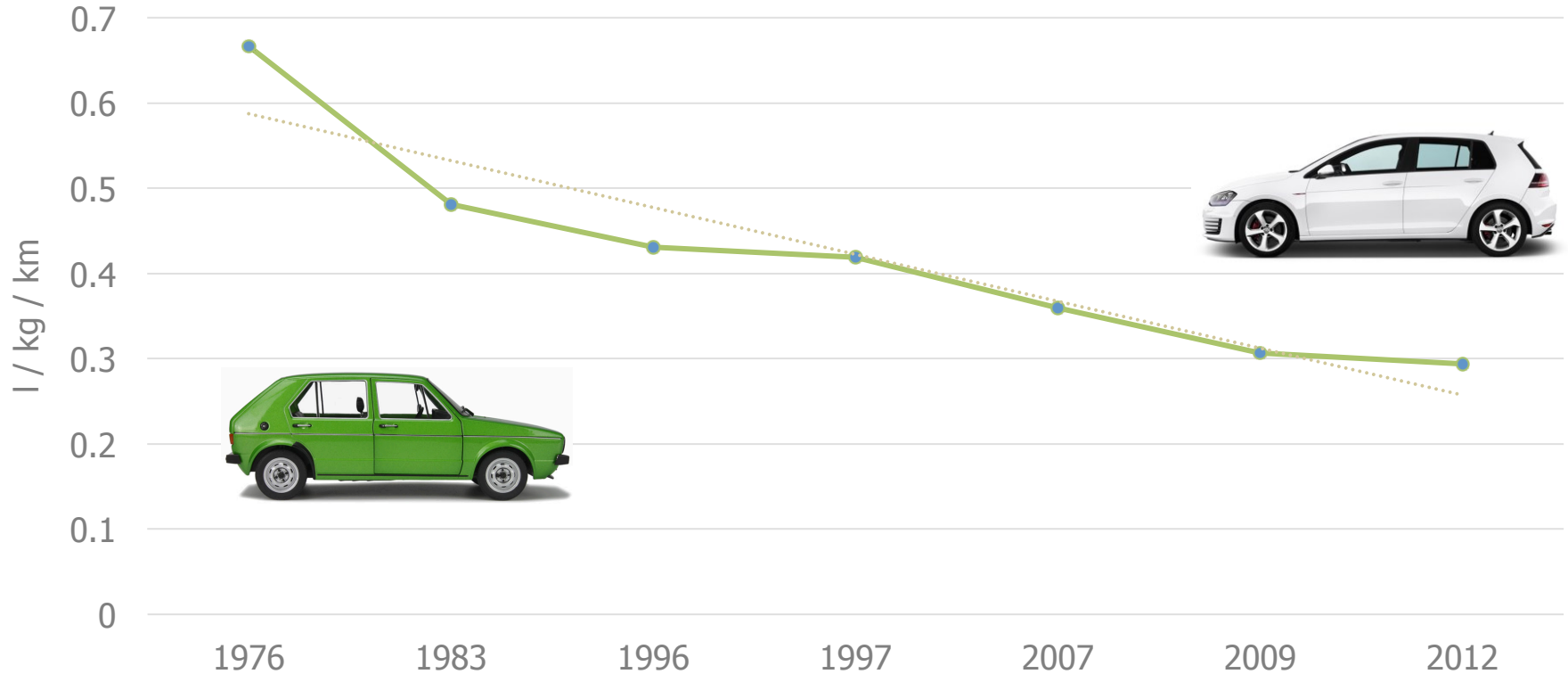
Reichweite

Infrastruktur

Preis

Agenda

Entwicklungstempo Golf I bis Golf VII



Neue Technologien zur Effizienzsteigerung

TDI, TSI, DSG, Hybrid, Alu, EU6d, Aerodynamik



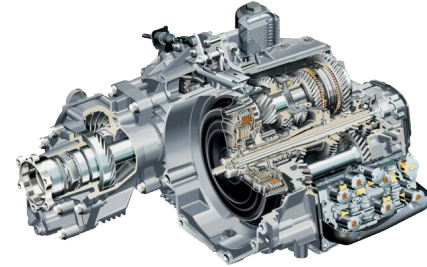
TDI

Turbocharged Direct Injection



TSI

Twincharged Stratified Injection



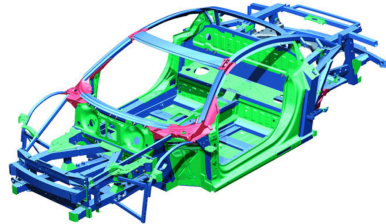
DSG

Direktschaltgetriebe



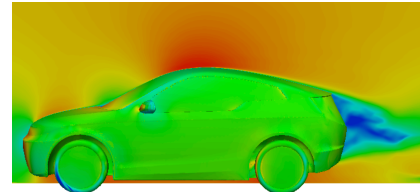
Hybrid

Verbrennungsmotor + Elektromotor



Leichtbauweise

Verwendung von Aluminium



Efficient Dynamics

Optimierung der Aerodynamik

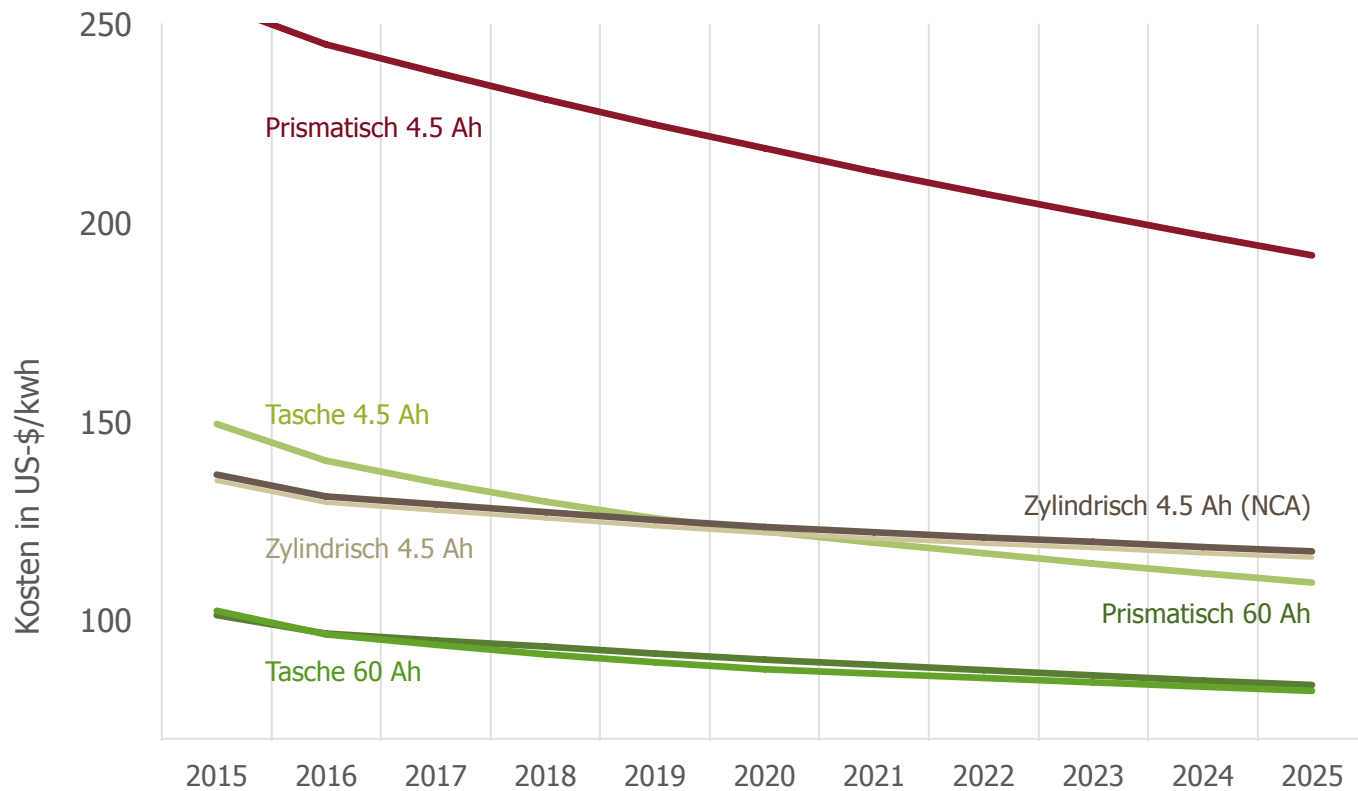


EU6d

Abgasnorm zur Schadstoffreduktion

Batteriekosten

Kostenentwicklung 2015-2025



Visio.M

Leichtfahrzeugkonzept für urbane Elektromobilität



Visio.M

Leichtfahrzeugkonzept für urbane Elektromobilität



Verbesserung der Wirtschaftlichkeit

- ▶ Erhöhte Laufleistung im Kurzstreckenbetrieb



- ▶ Senkung Batteriekosten
[Massenfertigung | Innovation]

- ▶ Staatliche Förderung



- ▶ Schaffung von Monopolsituationen
[Benutzung von Busspuren]
[Zonen ohne Verbrennungsmotor]



Purpose Design



Purpose Design



Status der Elektromobilität 2018

Relevante Megatrends

Mögliche Energieträger

► Herausforderungen batterieelektrischer Fahrzeuge (BEV)

Reichweite

Infrastruktur

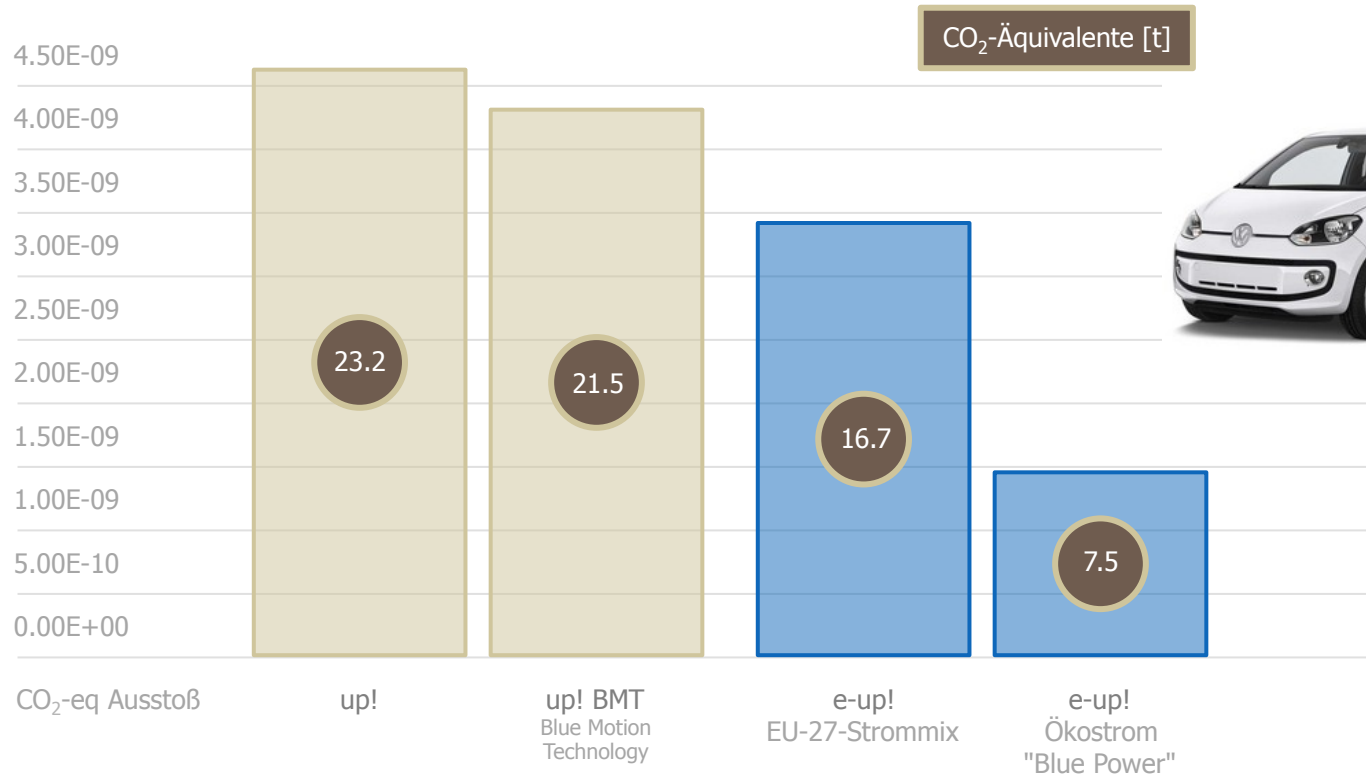
Preis

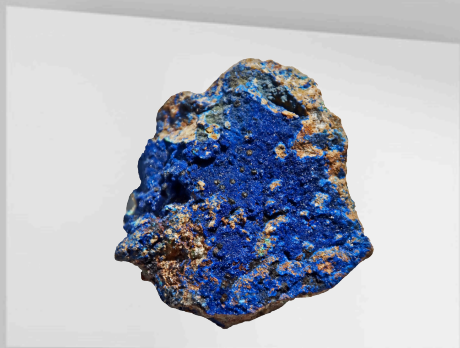
Nachhaltigkeit

Agenda

CO₂ Emissionen in der Produktion

Vergleichende Umweltprofile (normiert)





Kobalt



Natürlicher Graphit



Status der Elektromobilität 2018

Relevante Megatrends

Mögliche Energieträger

Herausforderungen batterieelektrischer Fahrzeuge (BEV)

Reichweite

Infrastruktur

Preis

Nachhaltigkeit

► Die Ingenieurssicht

Agenda

Stadt

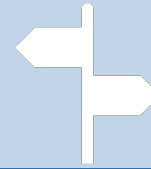


BEV

Mittlere Distanz



Plug-In Hybrid



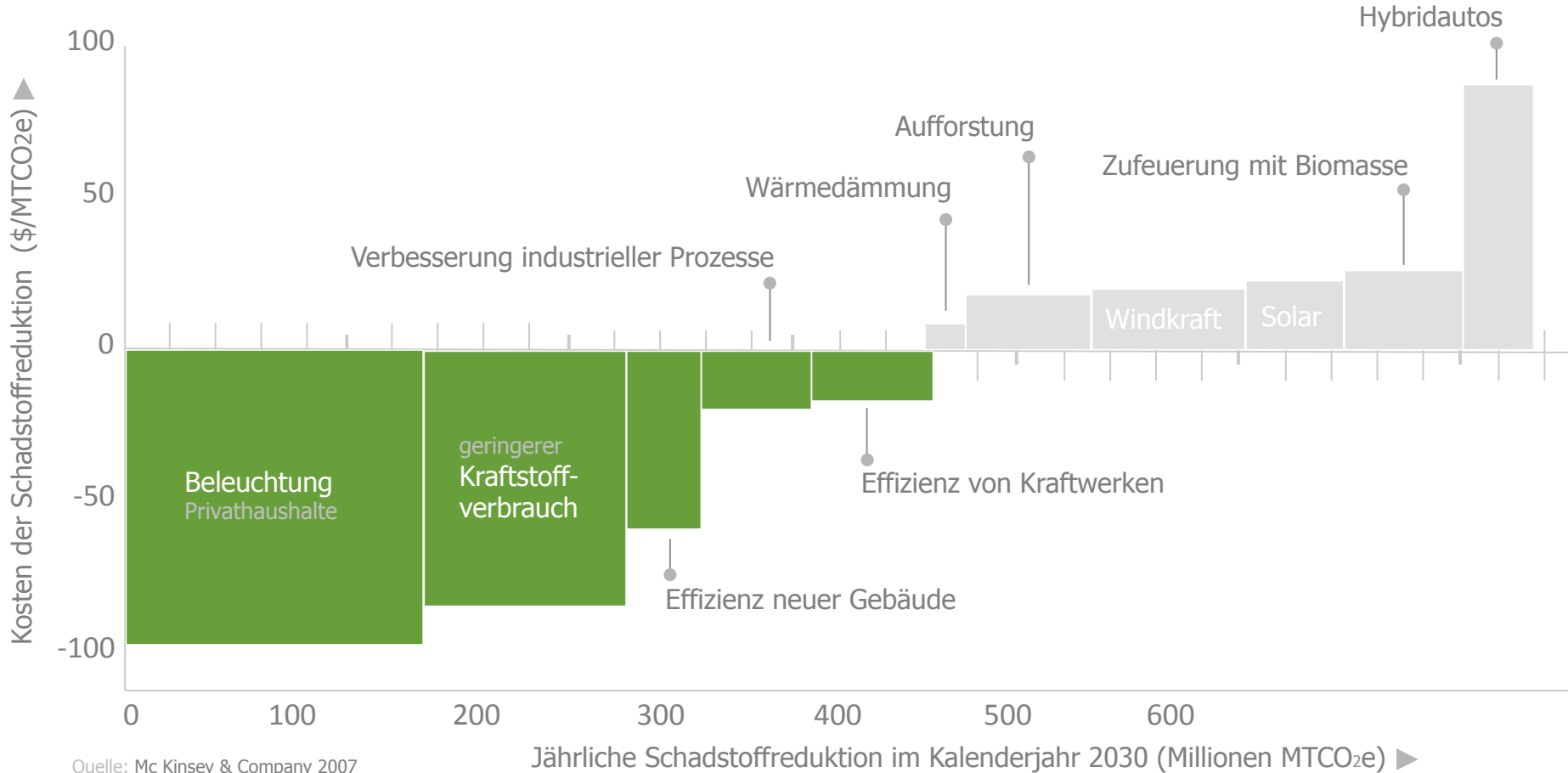
Langstrecke



Diesel

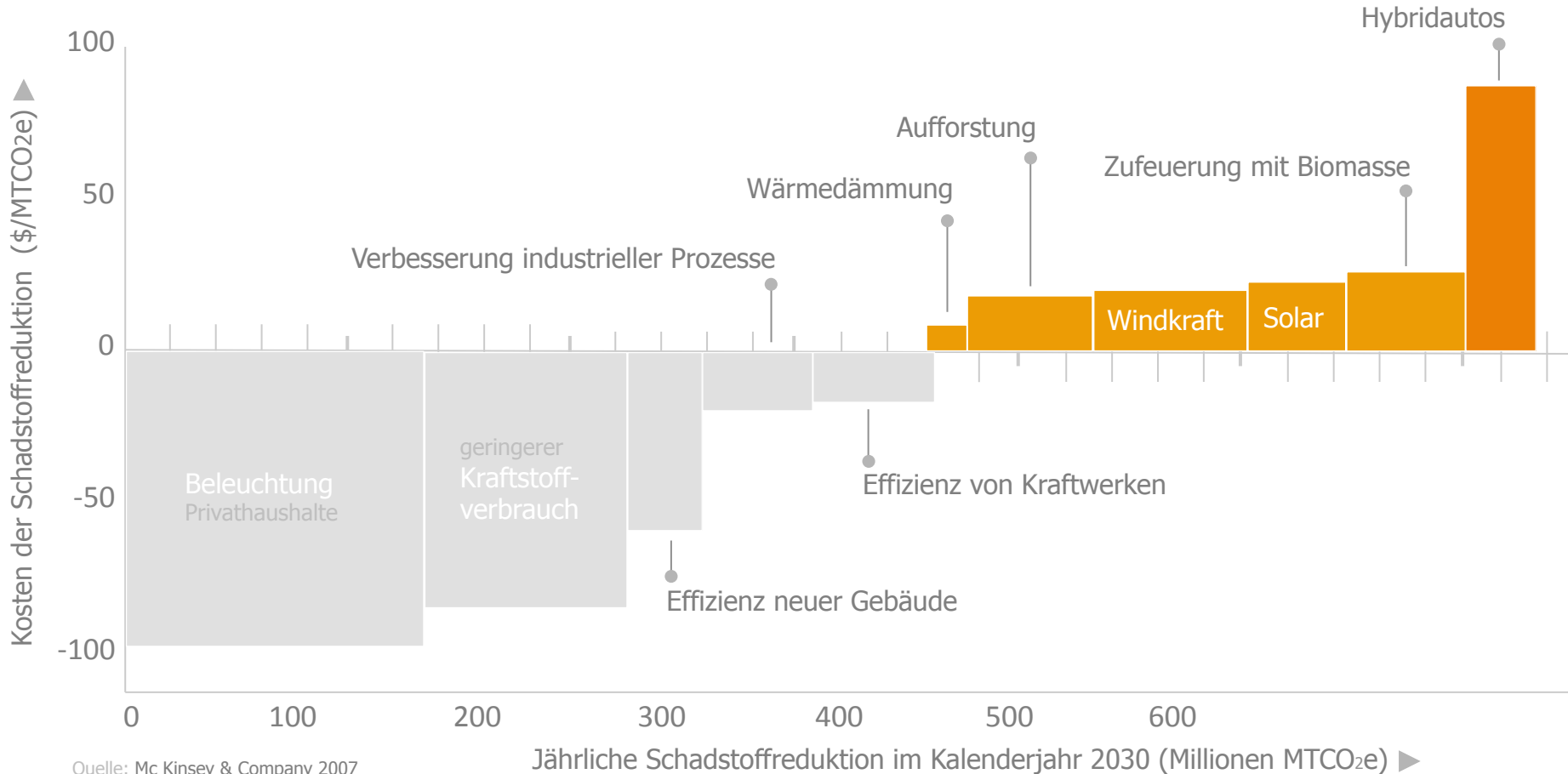
Schätzung der Kosteneffektivität

Möglichkeiten der Reduktion von Schadstoffemissionen in den USA



Schätzung der Kosteneffektivität

Möglichkeiten der Reduktion von Schadstoffemissionen in den USA



Status der Elektromobilität 2018

Relevante Megatrends

Mögliche Energieträger

Herausforderungen batterieelektrischer Fahrzeuge (BEV)

Reichweite

Infrastruktur

Preis

Nachhaltigkeit

Die Ingenieurssicht

► **Die Kundensicht**

Agenda

Kundensicht

"Wir kriegen dann ein Fahrzeug mit den Außenabmessungen des Golf, dem Interieur eines Passat und den Fähigkeiten eines Tesla zum Preis eines Diesels."

Dr. Diess, Mitte 2017

▶ Die Reichweite soll bei bis zu 600 km liegen

▶ VW will ab 2025 rund 1 Mio Autos jährlich verkaufen



Umbruchzeiten

Mechanik 1% / Jahr



Elektronik 7% / Jahr



Informatik 70% / Jahr



Pferd



< 10 Jahre



Auto



Röhrenfernseher



< 5 Jahre



Flachbildschirm



Analogkamera



< 5 Jahre



Digitalkamera



Umbruchzeiten

Mechanik 1% / Jahr



Elektronik 7% / Jahr



Informatik 70% / Jahr



ICEV

Internal Combustion Engine Vehicle



???



BEV

Battery Electric Vehicle



Pferd

< 10 Jahre

Auto



Röhrenfernseher

< 5 Jahre

Flachbildschirm



Analogkamera

< 5 Jahre

Digitalkamera



Disruption im Transportwesen

5th Avenue, New York (1900)

Wo ist das Auto?



Disruption im Transportwesen

5th Avenue, New York (1900)

Wo ist das Auto?



Disruption im Transportwesen

5th Avenue, New York (1913)



Wo ist das Pferd?

Disruption im Transportwesen

5th Avenue, New York (1913)



Wo ist das Pferd?

Was wird der Kunde tun, wenn...

- ▶ die Ladeinfrastruktur noch fehlt?
- ▶ die Hersteller nicht genügend Stückzahl liefern können?
- ▶ die Kosten noch etwas zu hoch sind?

er wird warten!



Status der Elektromobilität 2018

Relevante Megatrends

Mögliche Energieträger

Herausforderungen batterieelektrischer Fahrzeuge (BEV)

Reichweite

Infrastruktur

Preis

Nachhaltigkeit

Die Ingenieurssicht

Die Kundensicht

► Einfluss des autonomen Fahrens
und der Mobilität

Angekündigte Level



Fahrer
[Mensch]

nur Antriebssystem

Längs- oder
Querführung

Längs- oder
Querführung

Verkehrs-
überwachung

Längs- oder
Querführung

Übernahme-
bereitschaft

Übernahme-
aufforderung

Kein Fahrereingriff
erforderlich

Fahrzeug
[Maschine]

Keine
Übernahme-
aufforderung



Anpassung Rechtsrahmen notwendig →

Level 0	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
nur Fahrer	assistiert	teilautomatisiert	hochautomatisiert	vollautomatisiert	[BAST]
No Automation	Driver Assistance	Partial Automation	Conditional Automation	High Automation	Full Automation [SAE]

Assistiertes Fahren

Chauffiertes Fahren

Fahrer ist Rückfallebene

System ist Rückfallebene

Angekündigte Level



ZOOX



Interieur des ZOOX



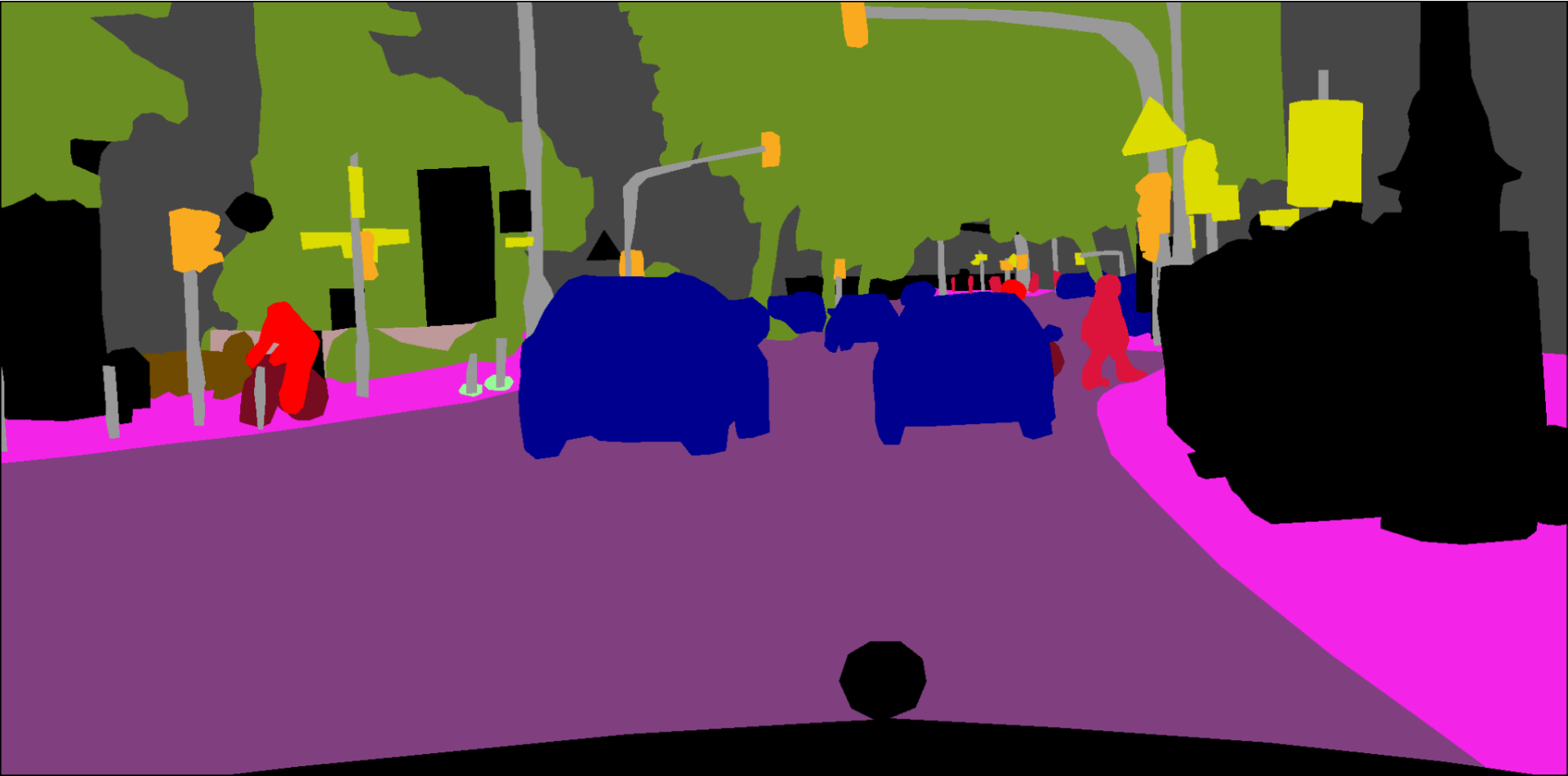
Waymo Fahrzeuge

Audi [2019]
Daimler
BMW [2021]

ZOOX
Moia
Waymo [2018]

Level 3	Level 4	Level 5
hochautomatisiert	vollautomatisiert	[BAST]
Conditional Automation	High Automation	Full Automation [SAE]
Chauffiertes Fahren		
System ist Rückfallebene		





 DriveNow



 BlaBlaCar





München ohne Privatfahrzeuge

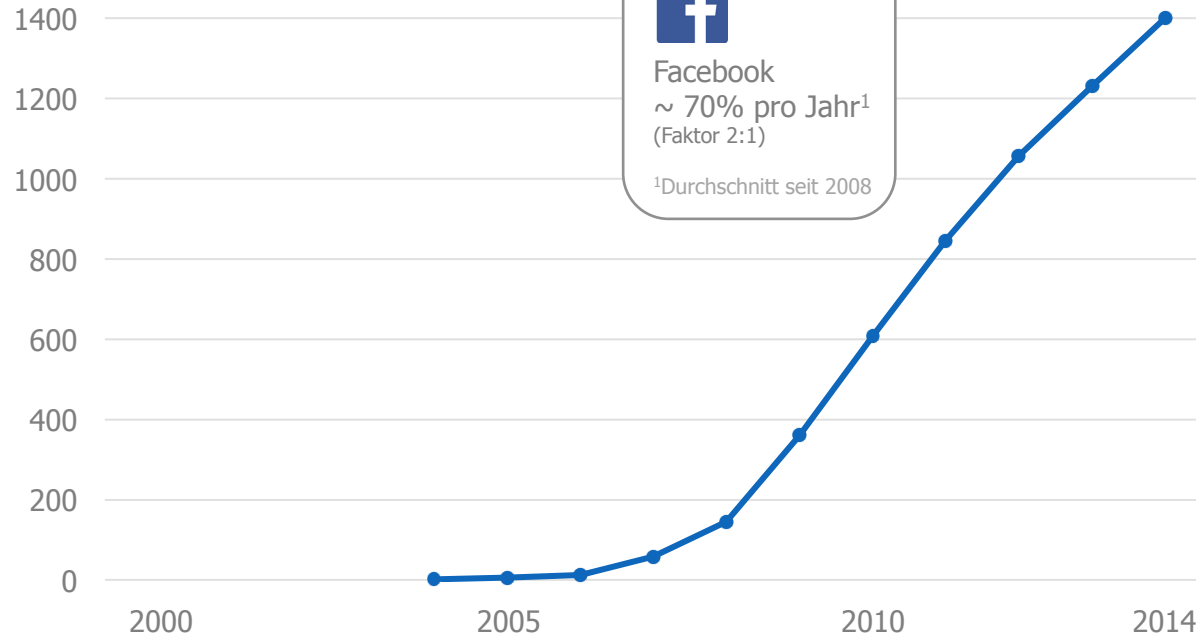


▶ 34.000 geteilte autonome Fahrzeuge
▶ 1.370 Ladestationen

Vernetzte Mobilität

Wachstumsrate von Facebook und Metcalfe's Law

Millionen Nutzer




Facebook
~ 70% pro Jahr¹
(Faktor 2:1)
¹Durchschnitt seit 2008

Metcalfe's Law

↑ Nutzen

↗ Kosten

Quelle: Jäger et al. Agent-Based Simulation of A Shared, Autonomous and Electric On-Demand Mobility Solution

Status der Elektromobilität 2018

Relevante Megatrends

Mögliche Energieträger

Herausforderungen batterieelektrischer Fahrzeuge (BEV)

Reichweite

Infrastruktur

Preis

Nachhaltigkeit

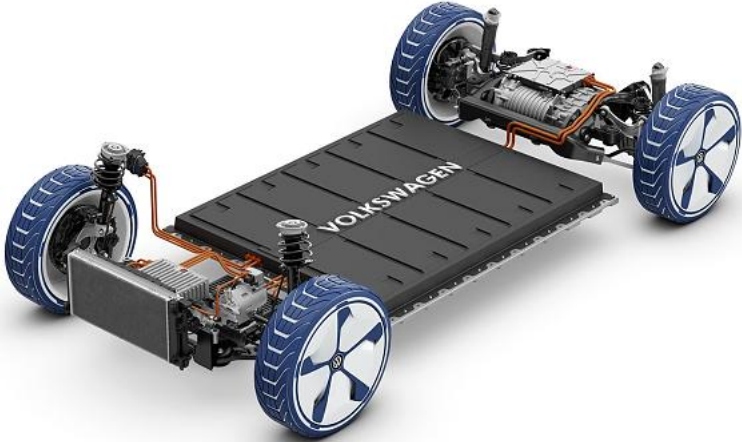
Die Ingenieurssicht

Die Kundensicht

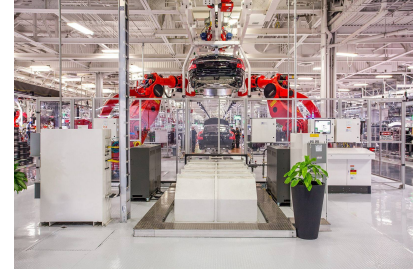
Einfluss des autonomen Fahrens und der Mobilität

► **Konsequenzen für Hersteller**

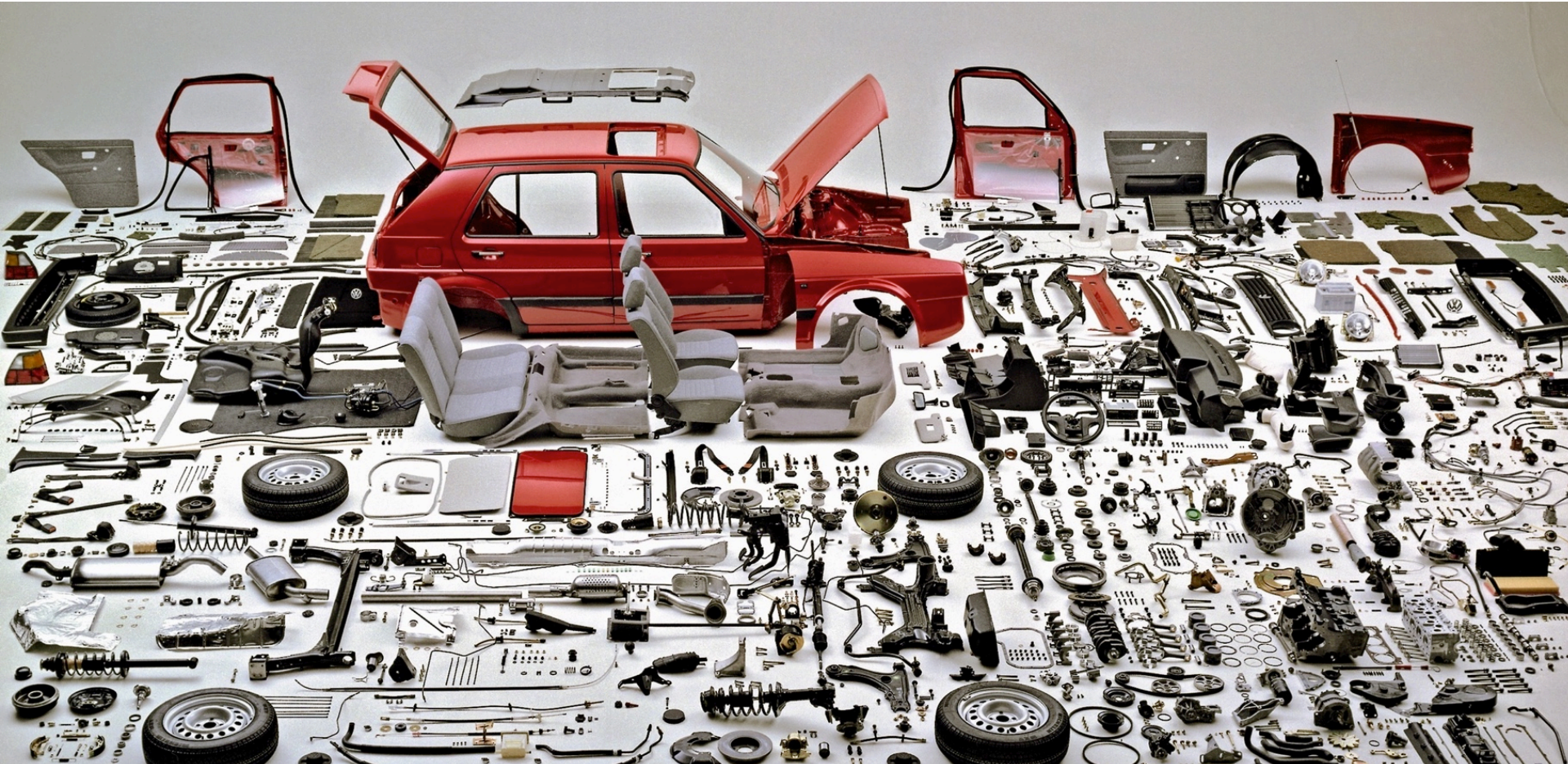
Hersteller: BEV Purpose Design



Hersteller: Investition für Massenfertigung



Zulieferer: Gewinner und Verlierer



- 
- The background of the slide features a blurred photograph of a large, classical-style building with a prominent dome, likely the main building of the Technical University of Munich. The building is set against a sky with scattered clouds. In the foreground, there is a field of green grass, which is in sharp focus, creating a sense of depth.
- ▶ **Abwarten**
 - ▶ **Infrastruktur schaffen**

► Elektroautos sind technisch umsetzbar

Fazit



- ▶ Ab 2020 sind Elektrofahrzeuge für zahlreiche Anwendungen auch betriebswirtschaftlich sinnvoll
[total cost of ownership]

Fazit

- ▶ Der Kunde wird es entscheiden
und das neue Produkt haben wollen

Fazit

- ▶ Wenn dann der Markt nicht liefern kann, wird der Kunde warten

Fazit



STATUS ELEKTRO- MOBILITÄT 2014

Der Ausblick bis 2025 zeigt eine stille Revolution der bisherigen automobilen Welt

Status Electromobility 2016 or how Tesla will not win



STATUS ELECTRO- MOBILITY 2016 OR HOW TESLA WILL NOT WIN

The outlook up to 2025 indicates a rapid revolution of the previous world of the automobile

ABSTRACT

The time has come: The Electromobility revolution has started. How does this look? How fast will it take place? Where will it start? Who is well-prepared for it? Who can be successful?

Markus Lienkamp

Status Elektromobilität 2018: Der Kunde wird es entscheiden



STATUS ELEKTROMOBILITÄT 2018: DER KUNDE WIRD ES ENTSCHEIDEN

Zwischen 2020 und 2025 werden die Karten neu gemischt

EXPOSÉ

Vom Hype zur Revolution: Spätestens 2025 werden Elektrofahrzeuge billiger sein als von Verbrennungsmotoren betriebene Fahrzeuge. Zudem drohen Fahrverbote. Wer wird dann überhaupt noch die „alte“ Technologie kaufen? Es kann schon ab 2020 zu einer jahrelangen Kaufzurückhaltung kommen, solange die Automobilindustrie weder ausreichend Elektrofahrzeuge liefern kann noch genügend Ladestationen zur Verfügung stehen.

Markus Lienkamp, Thomas Pöck, Florian Homm



Prof. Dr. Markus Lienkamp
Technische Universität München
Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik
+49 89 289 15345
lienkamp@ftm.mw.tum.de