

## Alles Gute zu Deinem Geburtstag!





... und Pommes machen nicht dick...



...den Weihnachtsmann gibt es wirklich...



... Schokolade hat keine Kalorien...



... Schafe können fliegen ...



# Die Zukunft der Mobilität!



Und macht Euch keine Sorgen Seit 30 Jahren bekommen wir schon erzählt, das Öl geht zu Ende!



... das Auto ist ein Statussymbol ...



... Batterien kosten 1000 €/kWh ...



... jeder will sein eigenes Auto, CarSharing hat noch nie funktioniert ...



... mit E-fahrzeugen fährt man schon auf Reserve los ...





#### Stand und Zukunft der Mobilität

Prof. Dr. Markus Lienkamp





# Agenda

- 1. Megatrends der nächsten Jahrzehnte
- 2. Wie eine Vision der Mobilität aussehen könnte
- 3. Faktor 2: Verbrennungsmotoren brauchen nur noch die Hälfte Treibstoff
- 4. Faktor 4: Kurzstreckenmobilität mit Elektrofahrzeugen
- 5. Faktor 8: Vernetzte Mobilität
- 6. Was müssen wir in Zukunft dafür lernen?





# 1. Megatrends der nächsten Jahrzehnte











### Verfügbarkeit nicht erneuerbarer Energien

**Erdöl** 

Kohle

kohle

Uran

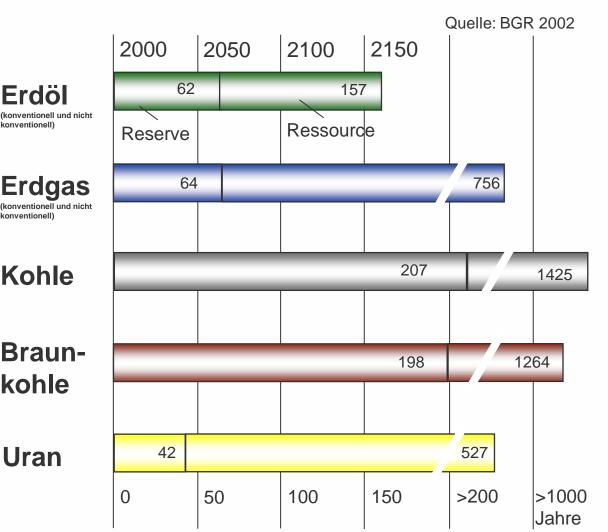
konventionell)



Aktuell wirtschaftlich abbaubare Menge des Rohstoffs

#### Ressourcen:

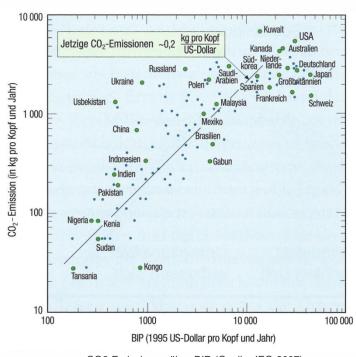
Gesamtmenge des Rohstoffs (inferred, indicated, measured)







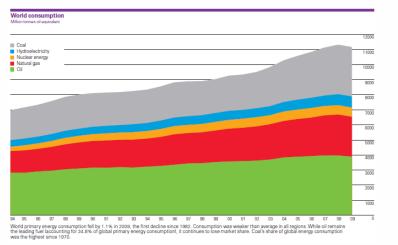
### Steigender Ölverbrauch durch steigende Wirtschaftsleistung



CO2 Emissionen über BIP (Quelle: IEO 2007)



Wirtschaftswachstum und Änderung des Ölverbrauchs (Quelle: WEO 2008)

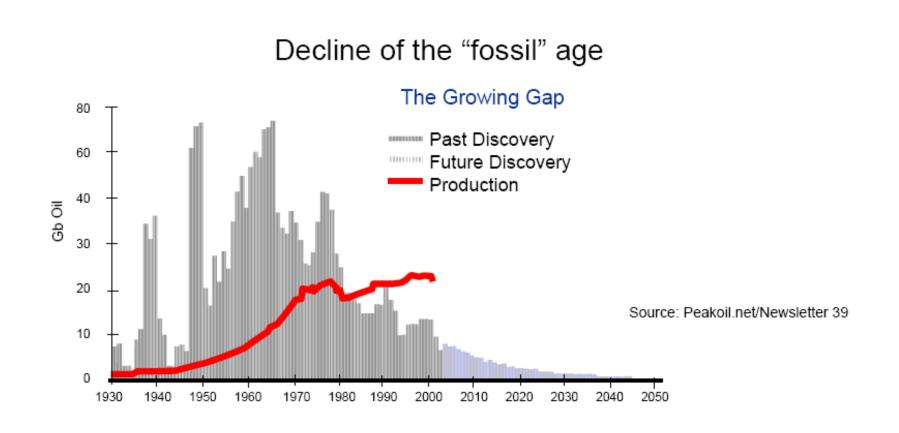


Weltenergieverbrauch (Quelle: BP Statistical Review of World Energy June 2010)





#### Erschließen von Ölvorräten





#### IEA Prognose



Daran messen wir: Nobuo Tanaka

### Die düsteren Öl-Prognosen der Internationalen Energieagentur

EIGENTLICH IST ES die Aufgabe von Nobuo Tanaka, Chef der Internationalen Energieagentur, die Industriestaaten über Entwicklungen auf dem Energiemarkt auf dem Laufenden zu halten. Doch Informationsvermittlung allein ist Tanakas Sache nicht - der Japaner übt sich ebenso gern in der Rolle des unheilvollen Propheten. Seine jüngste Vorstellung als düsterer Mahner gab Tanaka in Wien, wo er der Organisation Erdöl exportierender Länder (Opec) die nächste Ölkrise für 2013 prophezeite. Es werde zu wenig in die Suche nach neuen Ölvorkommen investiert, warnte er. Ziehe die Konjunktur 2010 wieder an, "steuern wir auf eine neue Krise zu, deren Ausmaß die gegenwärtige übertreffen könnte". Dann seien

Doch außerhalb des Kartells würden wohl nur wenige Experten noch Wetten auf das Eintreffen seiner Prognosen abschließen.

"Sobald sich die Weltwirtschaft erholt, droht das Ölangebot knapp zu werden."

NOBUO TANAKA am 18. März auf einem Opec-Seminar in Wien

"Es ist einigermaßen erstaunlich, mit welcher Gewissheit beute auslösen sollen", wundert sich etwa der deutsche Energie Informationsdienst.

Auch der Chefvolkswirt des Energiekonzerns BP, Christof Rühl, hält Tanakas Zahlen für "fragwürdig". Er jedenfalls könne keine Vorboten einer Angebotsverknappung erkennen, sagt Rühl: Durch die Produktionskürzungen der Opec hätten sich die Reservekapazitäten auf fünf bis sechs Millionen Barrel pro Tag mehr als verdoppelt. "Selbst wenn morgen die Ölnachfrage wieder auf den Durchschnitt der Jahre 2000 bis 2009 zurückkehren würde - was wegen der Weltwirtschaftskrise ausgeschlossen werden kann -, würde es mehr als drei Jahre dauern, bis die Reserve-





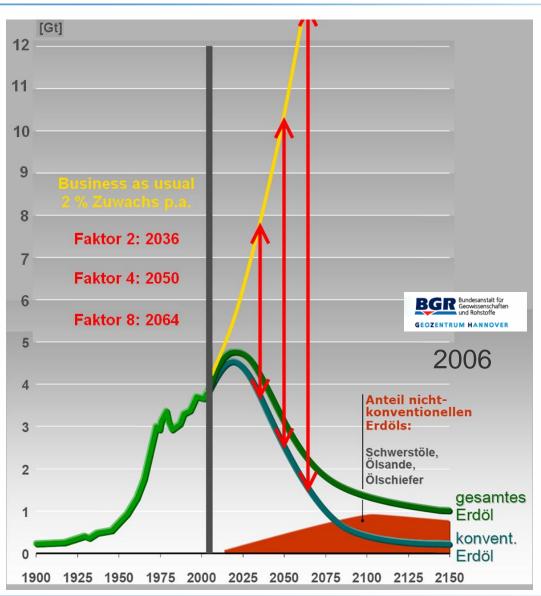
# Weltweite Erdölförderung: 1900 - 2150

Bei 2% Steigerung des jährlichen Verbrauchs:

Faktor 2: im Jahr 2036

Faktor 4: im Jahr 2050

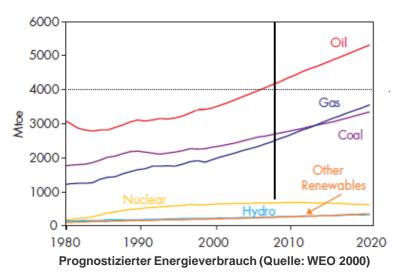
Faktor 8: im Jahr 2064

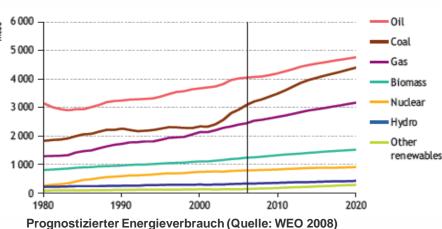






### IEA Prognosen – 2000 und 2008





|   | 1997  | 1998  | 1999  | 2010 | 2020  |
|---|-------|-------|-------|------|-------|
| IEA crude oil import price in US\$/barrel         | 16.0  | 10.5  | 13.9  | 16.5 | 22.5  |
| OECD steam coal import price in US\$/tonne        | 36.8  | 32.8  | 29.3  | 37.4 | 37.4  |
| US natural gas wellhead price in US\$/thousand cf | 1.9   | 1.6   | 1.7   | 2.5  | 3.5   |
| Natural gas import price into Europe in US\$/toe  | 90.5  | 79.2  | 67.3  | 80.9 | 132.8 |
| Japan LNG import price in US\$/toe                | 136.2 | 106.2 | 102.2 | 132  | 182.3 |

Prognostizierte Energiekosten (in 1990 USD → 2007 USD: ca. x 1,5 bei 2,5% p.a. Inflation) (Quelle: WEO 2000)

|   |                          | Unit   | 2000  | 2007  | 2010   | 2015   | 2020   | 2025   | 2030   |
|---|--------------------------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
|   | Real terms (2007 prices) |        |       |       |        |        |        |        |        |
|   | IEA crude oil imports    | barrel | 33.33 | 69.33 | 100.00 | 100.00 | 110.00 | 116.00 | 122.00 |
|   | Natural gas              |        |       |       |        |        |        |        |        |
|   | US imports               | MBtu   | 4.61  | 6.75  | 12.78  | 13.20  | 14.57  | 15.35  | 16.13  |
|   | European imports         | MBtu   | 3.35  | 7.03  | 11.15  | 11.50  | 12.71  | 13.45  | 14.19  |
|   | Japan LNG                | MBtu   | 5.63  | 7.80  | 12.70  | 13.16  | 14.52  | 15.28  | 16.05  |
|   | OECD steam coal imports  | tonne  | 40.06 | 72.84 | 120.00 | 120.00 | 116.67 | 113.33 | 110.00 |
|   | Nominal terms            |        |       |       |        |        |        |        |        |
|   | IEA crude oil imports    | barrel | 28.00 | 69.33 | 107.34 | 120.27 | 148.23 | 175.13 | 206.37 |
|   | Natural gas              |        |       |       |        |        |        |        |        |
| 5 | US imports               | MBtu   | 3.87  | 6.75  | 13.72  | 15.88  | 19.64  | 23.18  | 27.28  |
| _ | European imports         | MBtu   | 2.82  | 7.03  | 11.97  | 13.83  | 17.13  | 20.31  | 24.00  |
|   | Japan LNG                | MBtu   | 4.73  | 7.80  | 13.63  | 15.83  | 19.56  | 23.08  | 27.16  |
|   | OECD steam coal imports  | tonne  | 33.65 | 72.84 | 128.81 | 144.32 | 157.21 | 171.11 | 186.07 |

Prognostizierte Energiekosten (in 2007 USD, Quelle: WEO 2008)





#### Alternative Flüssigkraftstoffe

 Biogene Kraftstoffe: Biodiesel (Raps), Ethanol (Weizen, Zuckerrübe)



Biomass to liquid (2. Generation)



Bioethanol (2. Generation)



· Gas to liquid



Coal to liquid

Ca. 10 %
des aktuellen
Bedarfs abdeckbar





#### Wasserstoff



- + Wasserstoff hat Potenzial als umweltfreundlicher Energieträger, wenn er aus überschüssigen erneuerbaren Energien erzeugt würde
- Aus Strom-Mix schlechte CO2-Bilanz
- + Praxistauglichkeit durch Daimler nachgewiesen



- Betriebswirtschaftliche Sinnhaftigkeit noch offen (Kosten für Platin als Katalysator zu hoch)
- Erzeugung und Verteilung von Wasserstoff offen (aber machbar) (Energiequelle, Infrastruktur)





#### Zwischenfazit

- Der Klimawandel wird kurzfristig nur über politische Maßnahmen Druck ausüben
- Haupttreiber in der Mobilität wird ein erheblicher Preisanstieg sein, wenn der Bedarf das Angebot übersteigt
- Die alternativen Flüssigkraftstoffe sind mengenmäßig nicht relevant

Pro Kopf wird langfristig nur noch ca. 1/8 der heutigen Menge an Flüssigkraftstoff zur Verfügung stehen.





# Agenda

- 1. Megatrends der nächsten Jahrzehnte
- 2. Wie eine Vision der Mobilität aussehen könnte
- 3. Faktor 2: Verbrennungsmotoren brauchen nur noch die Hälfte Treibstoff
- 4. Faktor 4: Kurzstreckenmobilität mit Elektrofahrzeugen
- 5. Faktor 8: Vernetzte Mobilität
- 6. Was müssen wir in Zukunft dafür lernen?





#### 2. Wie eine Vision der Mobilität aussehen könnte:

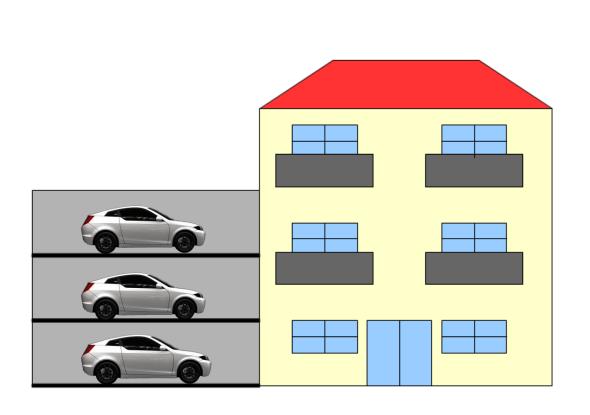








#### 2. Wie eine Vision der Mobilität aussehen könnte:

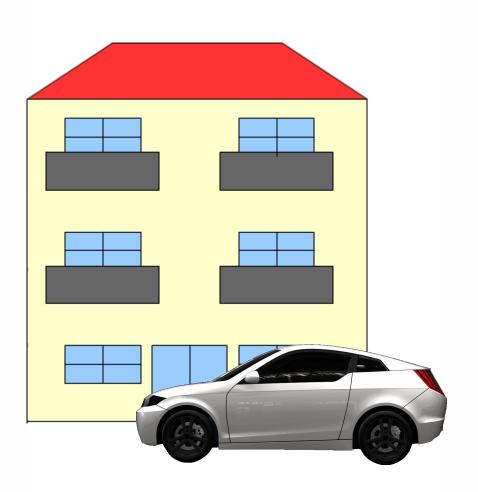








#### 2. Wie eine Vision der Mobilität aussehen könnte:









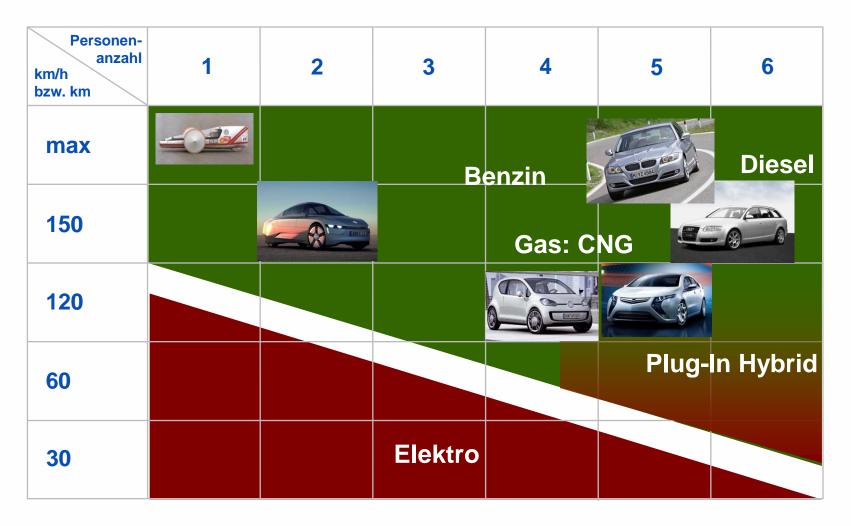
## Agenda

- 1. Megatrends der nächsten Jahrzehnte
- 2. Wie eine Vision der Mobilität aussehen könnte
- 3. Faktor 2: Verbrennungsmotoren brauchen nur noch die Hälfte Treibstoff
- 4. Faktor 4: Kurzstreckenmobilität mit Elektrofahrzeugen
- 5. Faktor 8: Vernetzte Mobilität
- 6. Was müssen wir in Zukunft dafür lernen?





# 3. Faktor 2: Verbrennungsmotoren







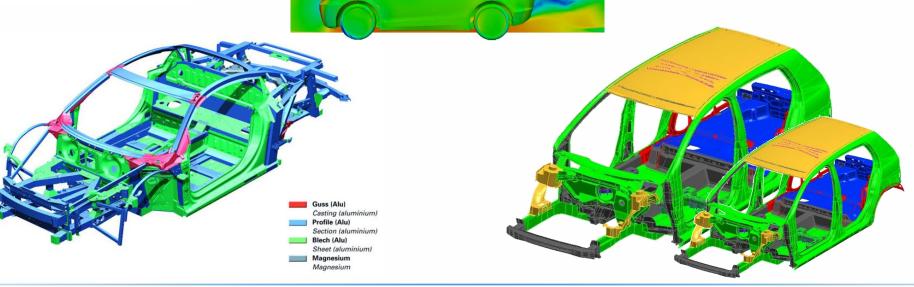
# TDI, TSI, DSG, Hybrid, Alu





**Efficient Dynamics** 









# Fahrzeuge heute:













#### Punktfahrzeuge: 1-Liter Auto für Langstreckenmobilität











### Gas: CNG (Compressed Natural Gas)

- 25% geringerer CO<sub>2</sub> Ausstoß als Benzin aufgrund chemischer Zusammensetzung
- Aus Strom erzeugbar Sabatier:
   2 H<sub>2</sub>O → O<sub>2</sub> + 2 H<sub>2</sub>
   CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub> → H<sub>2</sub>O + CH<sub>4</sub> (Methan)
- Problemlos über mehrere Wochen speicherbar
- Größere Vorkommen durch neue Verfahren erschließbar als bei Öl









# Agenda

- 1. Megatrends der nächsten Jahrzehnte
- Wie eine Vision der Mobilität aussehen könnte
- 3. Faktor 2: Verbrennungsmotoren brauchen nur noch die Hälfte Treibstoff
- 4. Faktor 4: Kurzstreckenmobilität mit Elektrofahrzeugen
- 5. Faktor 8: Vernetzte Mobilität
- 6. Was müssen wir in Zukunft dafür lernen?





# ÖPNV: Garching - Haar



10 Minuten Gehen

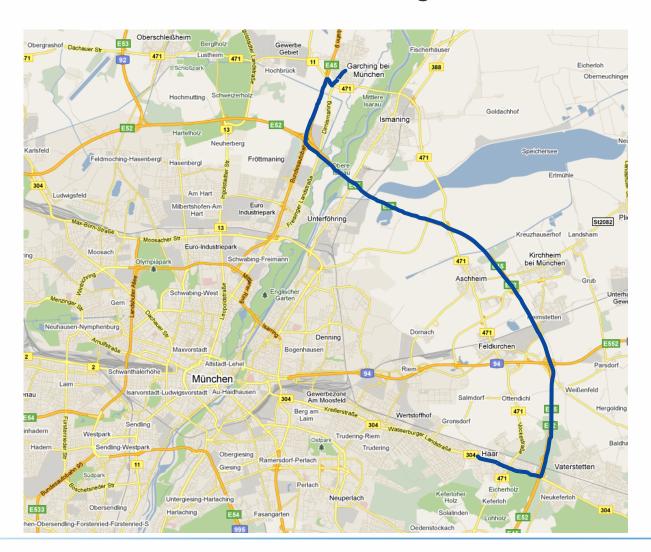
Fahrzeit: Ca. 1h

10 Minuten Gehen





### Individualverkehr: Garching - Haar



Fahrzeit: Ca. 20 min





#### Elektromobilität?



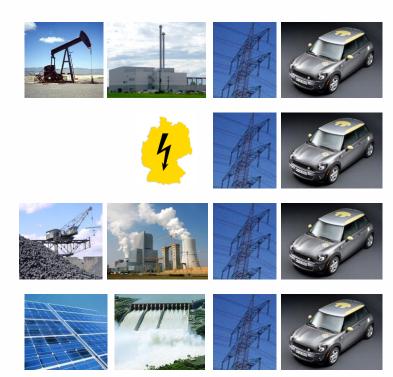




#### CO2 – Bilanz der Elektromobilität

Referenz-Benziner: ~120 g/km

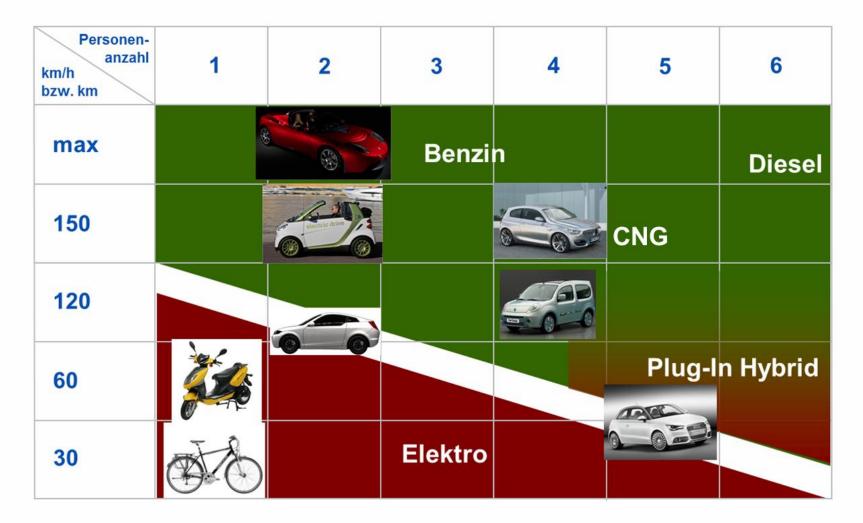
- physikalische Argumentation:
   ~ 120 g/km
- statistische Argumentation:~ 100 g/km
- realistische Argumentation:~ 200 g/km
- idealistische Argumentation:~ 10 g/km
- politische CO2-Deckelung:0 g/km



→ Bedarf einer politischen/ gesetzlichen Vorgabe!



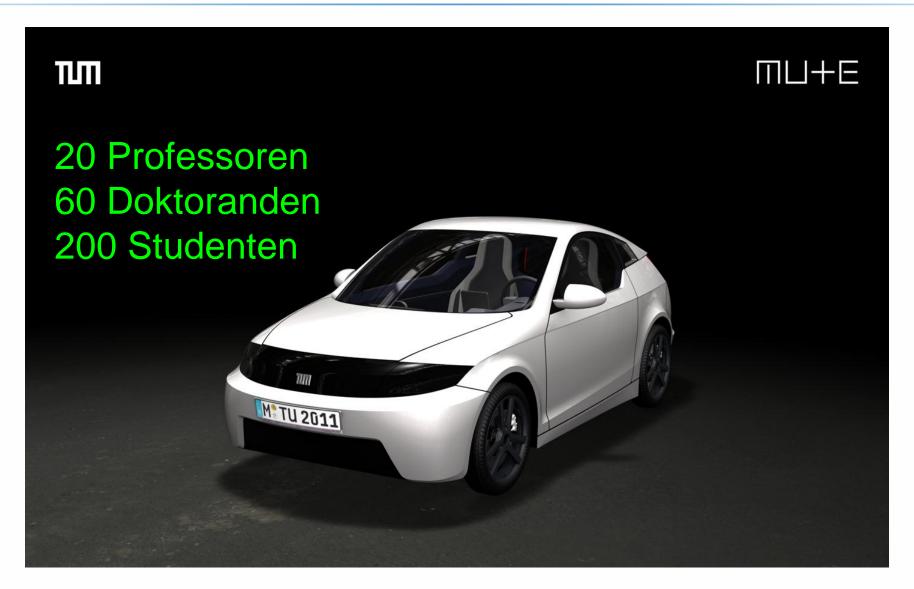
# 4. Faktor 4: Kurzstreckenmobilität mit Elektrofahrzeugen















# Fahrzeugkonzept

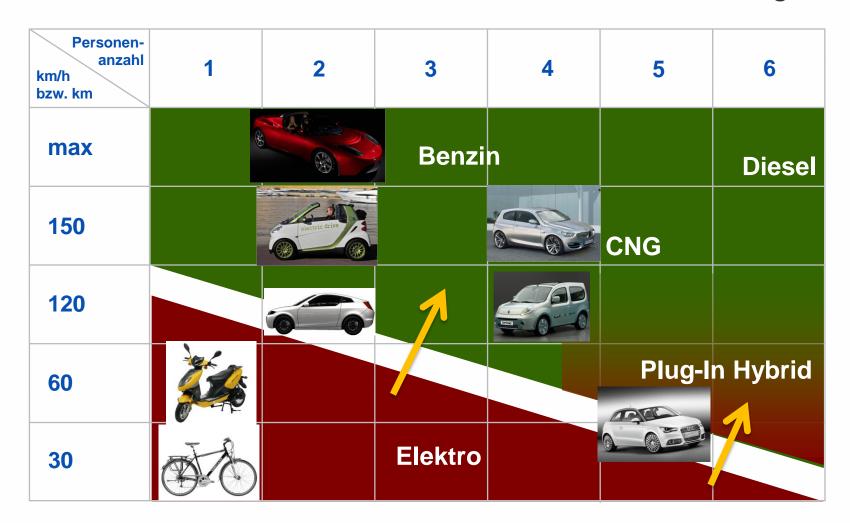
# Grundgedanken

|    | Dimensionen           | Kleinstwagen                                |
|----|-----------------------|---|
|    | Passagierzahl         | 2 Personen                                  |
|    | Zuladung              | 2 Gepäckstücke                              |
| *  | Reichweite            | > 100 km                                    |
| €, | Kosten vor Kunde      | TCO gleich heutigen Kleinwagen (z.B. Smart) |
| 0  | Markt                 | Mitteleuropa                                |
|    | Höchstgeschwindigkeit | 120 km/h                                    |
|    | Leistung              | 15 kW am Rad                                |
|    | Leergewicht           | 400 kg + 100 kg Batterien                   |





# 4. Faktor 4: Kurzstreckenmobilität mit Elektrofahrzeugen





### Verbesserung der Wirtschaftlichkeit

 Senkung Batteriekosten (Massenfertigung/Innovation)



Erhöhte Laufleistung im Kurzstreckenbetrieb



Staatliche F\u00f6rderung



 Schaffung von Monopolsituationen (z.B. Benutzung Busspuren, Verbrennungsmotor-freie Zonen)







### Verbesserung der Wirtschaftlichkeit

 Einbindung des Fahrzeugs in Netz (Vehicle to grid) und Rückfluss durch Verkauf kW Schattenkraftwerk und kWh



Punktfahrzeugkonzepte mit intelligenten Energiespeicherkonzepten



 Inkaufnahme kurzer Reichweite verbunden mit Mobilitätskonzepten (Mietwagen on demand)





# Car-Sharing

Entzerren von "Ballungszentren" und "Betanken" der E-Fahrzeuge in einem Car-Sharing-Konzept







# Teleoperiertes Fahren



Die Zukunft der Mobilität





## Autos leihen











## Agenda

- 1. Megatrends der nächsten Jahrzehnte
- 2. Wie eine Vision der Mobilität aussehen könnte
- 3. Faktor 2: Verbrennungsmotoren brauchen nur noch die Hälfte Treibstoff
- 4. Faktor 4: Kurzstreckenmobilität mit Elektrofahrzeugen
- 5. Faktor 8: Vernetzte Mobilität
- 6. Was müssen wir in Zukunft dafür lernen?



## Veranstaltung in Hamburg (55 Teilnehmer)



55 \* 200 km \* 8l/100 km = 880 l



55/4 \* 200 km \* 8l/100 km = 220 l



1 \* 200 km \* 201/100 km = 40 l





## car2gether

#### Bus - Mitfahrzentrale







## Neue Möglichkeiten durch Vernetzung







#### Ausblick in die Zukunft

Entwicklung eines 5 Jahre

Fahrzeugs:

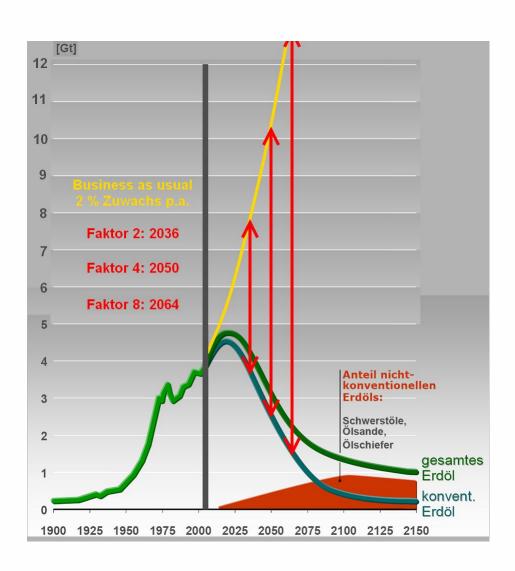
Produktionslaufzeit 10 Jahre

(incl. Modellpflege):

Betrieb des Fahrzeugs: 15 Jahre

30 Jahre

# → Schon jetzt ist der Faktor 2 überschritten!







## Agenda

- 1. Megatrends der nächsten Jahrzehnte
- 2. Wie eine Vision der Mobilität aussehen könnte
- 3. Faktor 2: Verbrennungsmotoren brauchen nur noch die Hälfte Treibstoff
- 4. Faktor 4: Kurzstreckenmobilität mit Elektrofahrzeugen
- 5. Faktor 8: Vernetzte Mobilität
- 6. Was müssen wir in Zukunft dafür lernen?

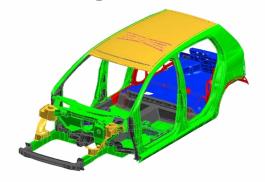




## Erforderliche Ausbildung an Unis

#### Faktor 2: Verbrennungsfahrzeuge verbrauchen die Hälfte





 Verbrauchssenkung konventioneller Verbrennungsfahrzeuge (Maschinenbau, Elektrotechnik)



## Erforderliche Ausbildung (Kompetenzanforderungen); Unis

#### Faktor 4: Elektromobilität



 Elektromaschinen: Automobiltauglichkeit, Leichtbau, Kosten (Elektrotechnik, Maschinenbau)

 Leistungselektronik: Automobiltauglichkeit, Kosten (Elektrotechnik)



Akkupack: Entwicklung, Fertigung, Sicherheit (MB, Elektrotechnik)





## Erforderliche Ausbildung (Kompetenzanforderungen); Unis

#### Faktor 8: Mobilität durch Netzwerke





 Mobilität: Soziale Netzwerke, Geschäftsmodelle, Akzeptanz, Internetportale (Sozialwissenschaften, BWL, Informatik)





## Erforderliche Ausbildung (Kompetenzanforderungen); Unis

- -> keine neuen Fächer erforderlich, aber die Kombination von Ingenieuren unterschiedlicher Disziplinen (Erfahrung FAS, HMI, MUTE)
- -> neue Lehrstühle nicht zwingend erforderlich (Zeitverlust, Kompetenzproblem)

Unis haben die Kompetenzen, müssen aber für den Ausbau von Schwerpunkten und den steigenden Ingenieurbedarf eine bessere Grundfinanzierung haben





#### Erforderliches Lernen bei Unternehmen















- Fort-/Weiterbildung/Umqualifizierung z.T. notwendig
- Informatiker und Sozialpädagogen fehlen bei den OEMs
- OEMs müssen sich zu anderen Firmen stärker vernetzen.
- Mentalitätswechsel bei den Vorständen erforderlich





## Erforderliches Lernen in der Politik

Sehr heikles Thema...





#### Erforderliches Lernen in der Presse









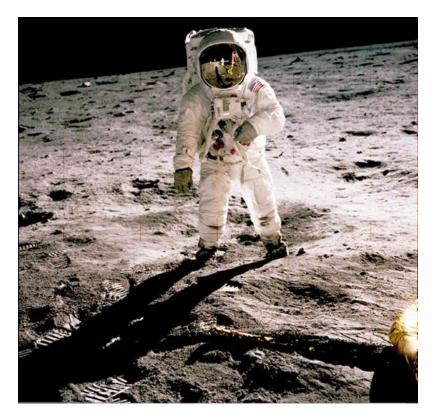








#### Erforderliches Lernen für uns als Kunden



Ein kleiner Schritt für die Ingenieure – Ein großer Schritt für den Kunden