



Quelle: Lexus

## Dem Elektroauto und Photovoltaik gehören die Zukunft

Vortrag am 20.05.2008 in Eisenstadt

H. Berger

FH JOANNEUM

Studiengang Elektronik & Technologiemanagement



Quelle: Lexus

## Warum brauchen wir dringend einen Paradigmenwechsel ?

- Klimawandel
- Begrenzte Rohstoffe



- Dramatische Zunahme an Bedarf nach individueller Mobilität

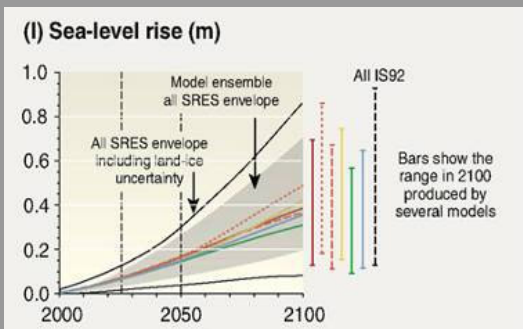
# KLIMAWANDEL mit dramatischen Folgen

- Hurricanes (+60% in 15 Jahren)
- Dürre
- Steigender Meeresspiegel
- Winter ohne Schnee
- Arktis ohne Eis

1900



2000

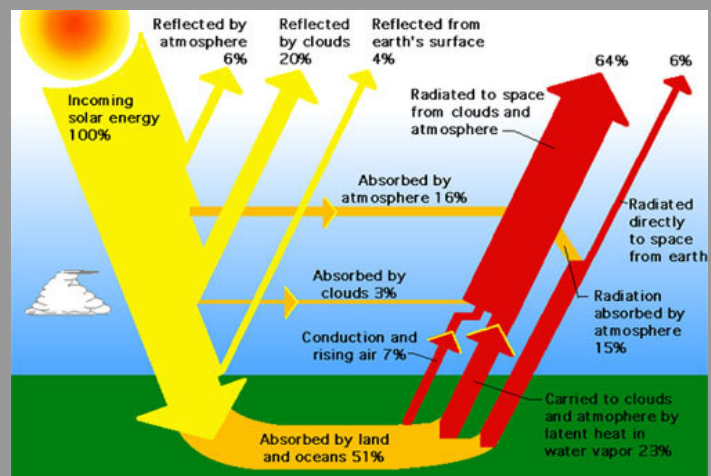


# KLIMAWANDEL Ursachen

Störung der Energiebilanz durch  
Behinderung der Abstrahlung  
(Infrarot)

dzt.  $\sim 2W/m^2 \rightarrow$   
**100-facher Weltenergieverbrauch**

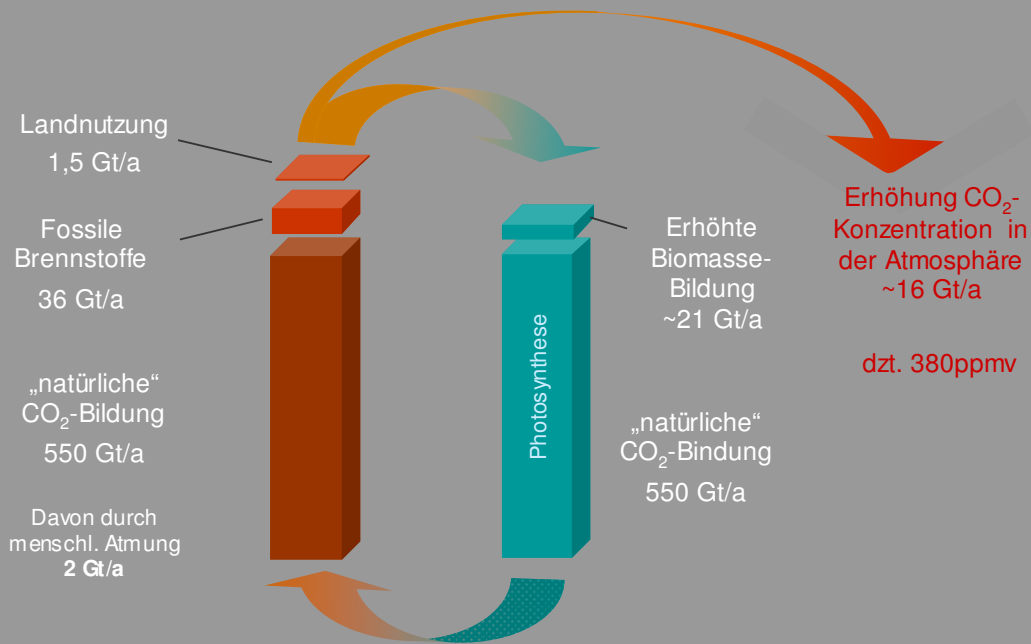
Verursacher:	
CO <sub>2</sub> :	60%
CH <sub>4</sub> (Methan):	20%
N <sub>2</sub> O, FCKW, Ozon:	20%



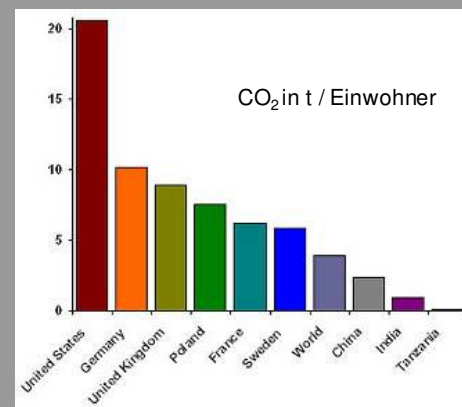
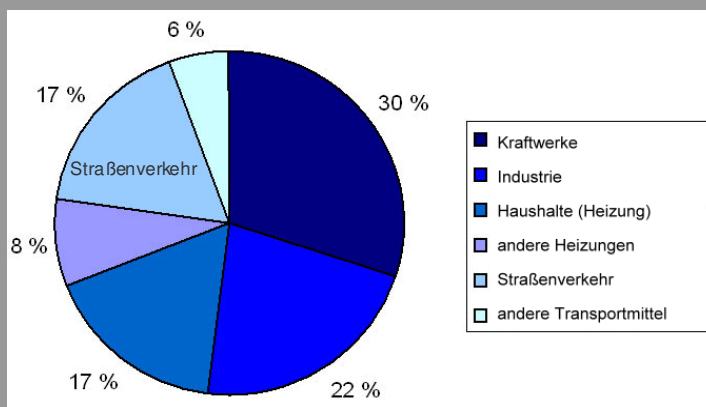
Quelle: NASA

Eingestrahelte Energie (100%-Wert):  $5,6 \times 10^{24} J/Jahr$

## CO<sub>2</sub> - Kreislauf

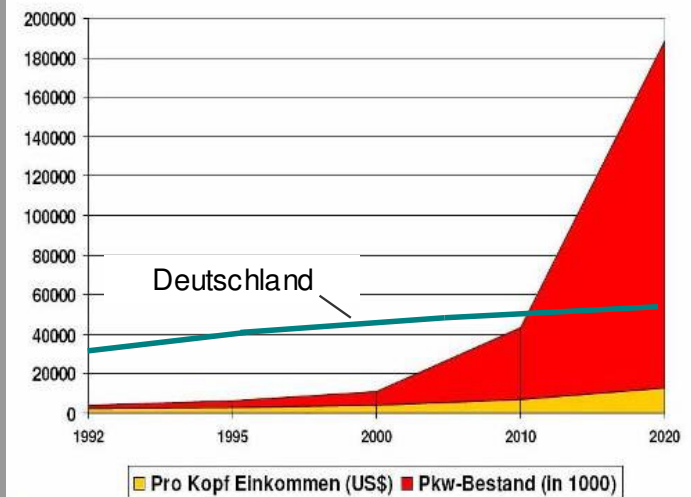


## KLIMAWANDEL Verursacher



# PKWs in China

Entwicklung der PKW- Bestands und Pro-Kopf- Einkommens in China

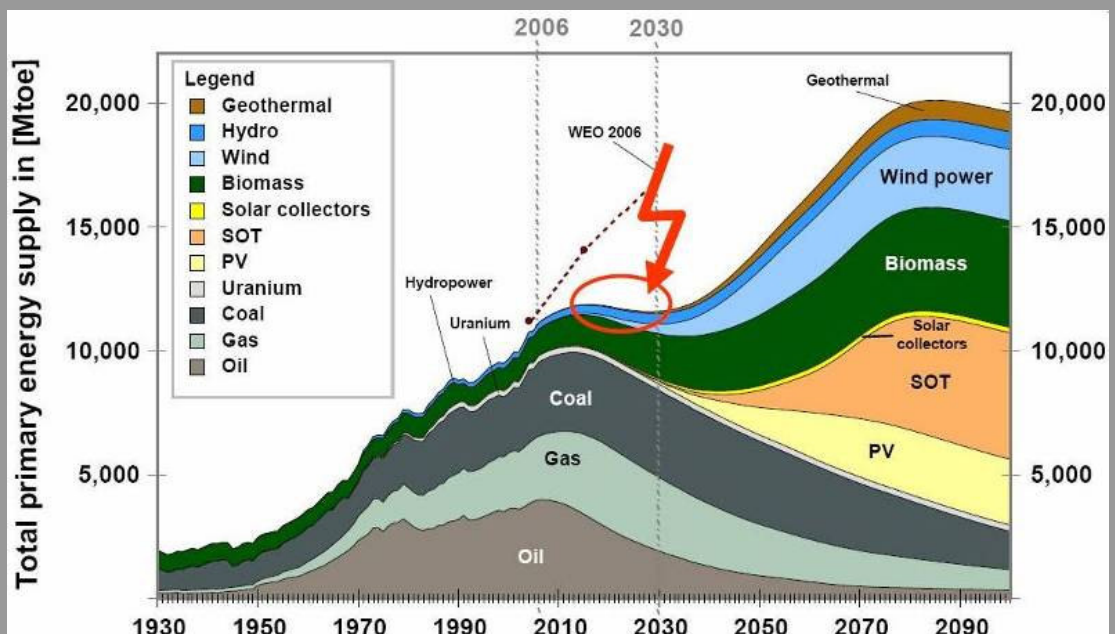


„Wir werden ein System errichten, dass zum Energiesparen und der Reduzierung von Abgasen verpflichtet „

Parteichef Chinas Hu Jintao am 17. Parteitag:

70% der berufstätigen Chinesen sparen auf ein eigenes Auto

# Szenario Energieversorgung



## Was sind die Lösungen / Alternativen ?

- Kraftstoffe aus **Kohle**
- Kraftstoffe aus **Erdgas**
- **Bio**-Kraftstoffe
- **Wasserstoff**
- Verbrauchsreduzierung durch **Hybrid**-Technologie bzw. reine **Elektro**-Fahrzeuge



## Biodiesel

Herstellung durch Veresterung von Pflanzenölen (Raps, Ölpalme usw.)

Schadstoffarme Verbrennung

Geringere Partikel- und Russemission ( ca. 50%)

Fast gleiche Energiedichte wie fossiler Diesel

Gut biologisch abbaubar (→ Nachteil für Lagerung)

→ Ca. 1000kg Biodiesel aus 1 ha Raps-Anbaufläche

→ Hoher Energieaufwand für Bearbeitung, Veresterung usw.

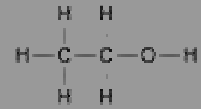
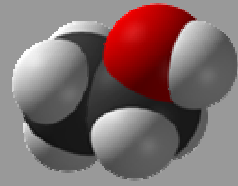
→ sinnvoll bei Verwendung der Reststoffe, bzw. als Alternative zur Flächenstilllegung



**Rudolph Diesel** 1858 -1913  
Experimentierte bereits 1892 mit Pflanzenölen

	Diesel	Biodiesel
Dichte	820kg/m <sup>3</sup>	880kg/m <sup>3</sup>
Energie-Dichte	11,8kWh/kg	11,5kWh/kg
Cetanzahl	40-55	48-60
Stöchiometr. Luft/Kraftstoff	15	13,8

## Bio-Ethanol (als Beimengung zu Ottokraftstoffen)



Herstellung aus Zuckerrohr, Mais, Weizen

Relativ schadstoffarm

Ca. 2500 Liter Bioethanol aus 1 ha Getreide-Anbaufläche

Ca. 5000 Liter Bioethanol aus 1 ha Zuckerrüben-Anbaufläche

Bis 10% in konventionellen Ottomotoren (E10)

Bis 100% in speziellen Motoren (typisch E85)

Geringere Energiedichte als Benzin (ca. 50%)

Etwas höhere Motorenwirkungsgrade

Dichte	790kg/m <sup>3</sup>
Siedepunkt	78,4 °C
Zündtemperatur	425 °C
Energiedichte	ca. 7,4kWh/kg
Flächenertrag	~15 MWh/ha
Photovoltaik (z.B. Region Eisenstadt)	~800 MWh/ha



Lit.: [http://www.rhein-erft-kreis.de/stepone/data/downloads/10/7f/00/6\\_studie\\_biomasse\\_nutzung\\_rek\\_umweltausschuss.pdf](http://www.rhein-erft-kreis.de/stepone/data/downloads/10/7f/00/6_studie_biomasse_nutzung_rek_umweltausschuss.pdf)

## Biomasse am Beispiel Holz



Waldbestand in Österreich: 40 000km<sup>2</sup>

Jährliche Ernte: 19 Mio. m<sup>3</sup>

Jährliche Ernte (Primärenergie) : 38 000 GWh

Flächenertrag (Primärenergie): ~ 10 MWh/ ha

Flächenertrag bei Umwandlung zu Treibstoff: (Nutzenergie f. Fahrzeuge) ~ 2 MWh/ ha

Flächenertrag Photovoltaik: 480 MWh/ ha  
(Nutzenergie für E-Fahrzeug)

Lit.: [http://www.rhein-erft-kreis.de/stepone/data/downloads/10/7f/00/6\\_studie\\_biomasse\\_nutzung\\_rek\\_umweltausschuss.pdf](http://www.rhein-erft-kreis.de/stepone/data/downloads/10/7f/00/6_studie_biomasse_nutzung_rek_umweltausschuss.pdf)

## Klimabilanz von Biokraftstoffen

Insbesondere durch Düngung entstehen Distickoxide ( $\text{N}_2\text{O}$  „Lachgas“)

Laut aktueller Studie von Paul Crutzen (Chemie-Nobelpreis 1995):

Klimaschädlichkeit von Biokraftstoffen im Vergleich zu Diesel/Benzin

- Biodiesel aus Raps: 1,7
- Ethanol aus Mais: 1,5
- Ethanol aus Zuckerrohr: 0,5

→ Stickstoffdüngung ganz allgemein in der Landwirtschaft riesiges Klimaproblem

Lit.: <http://www.regenwald.org/regenwald/epor/epo2artid=181>  
 Lit.: <http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2006/06/30/AR2006063001480.html>

## Wasserstoff: der perfekte Energieträger ?

Höchste Energiedichte pro kg (33kWh/kg)

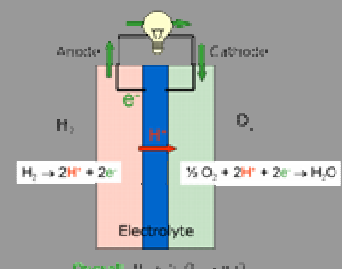
Verbrennung zu  $\text{H}_2\text{O}$

$1\text{m}^3 \text{H}_2$  Gas nur 90g bei 1 bar

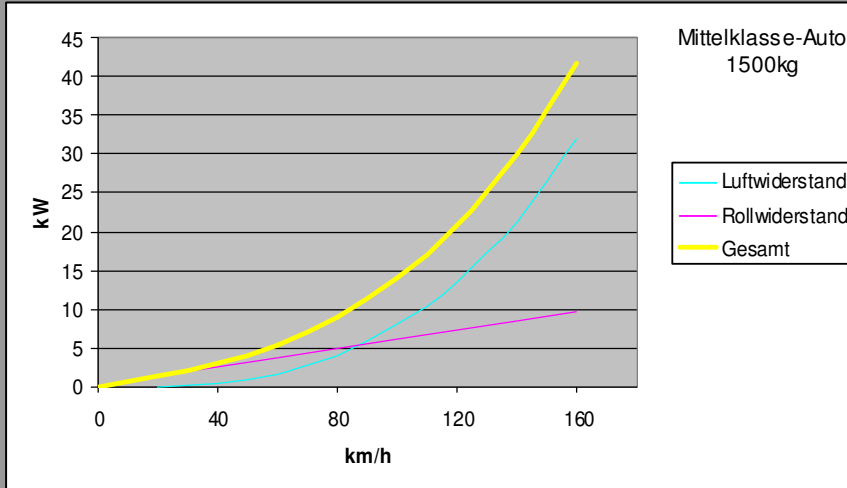
→ Verdichtung od. Verflüssigung für Transport

### Energieumwandlung

- Verbrennungsmotor oder
- Brennstoffzelle mit E-Motor



# Fahrwiderstand = Nutzleistung



<http://www.kfztech.de/Formelsammlung/Rollwiderstand.htm>



## „Verbrauch-Highlights“

Porsche Cayenne bei 270km/h: 67l / 100km

Stadtbus in New-York 67l/100km

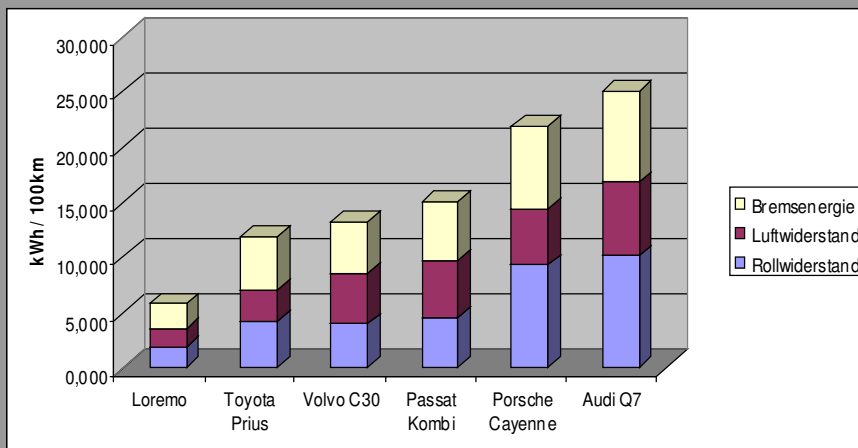
### C<sub>w</sub>-Werte:

- SUVs ~ 0,35
- Passat ~ 0,3
- Prius ~ 0,26
- Loremo ~ 0,2

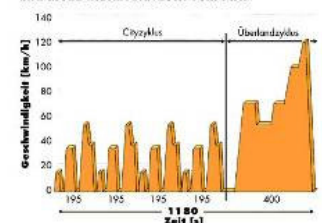
# Erforderliche „Nutzenergie“ am Beispiel NEFZ (neuer europäischer Fahrzyklus)



Loremo: Low Resistance Mobile:

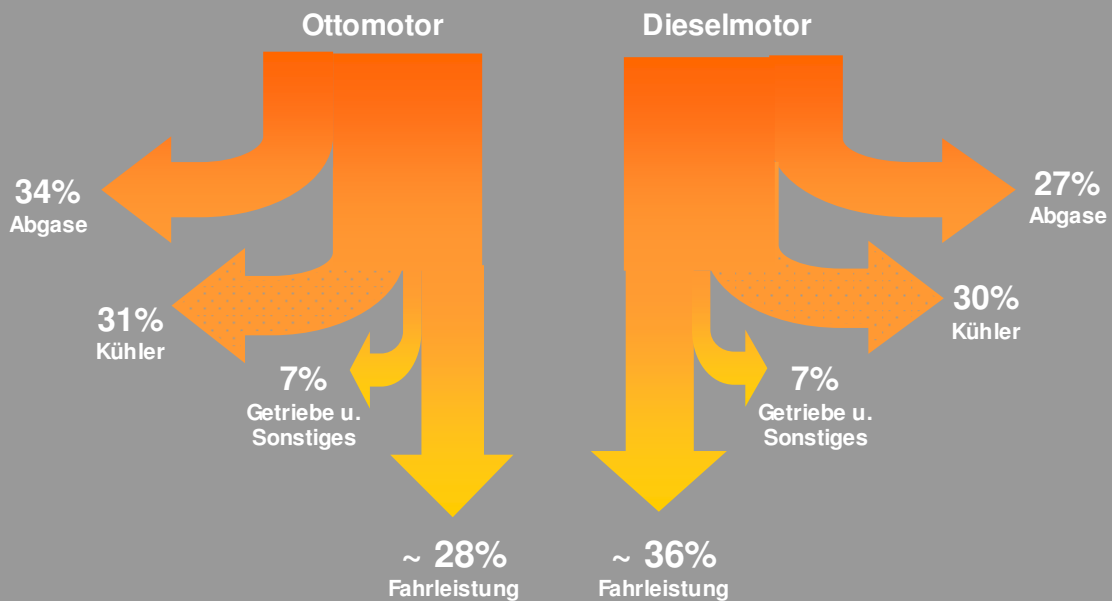


### Gültiger Testzyklus zur Messung von Emissionen und NVEG-Normverfahren vom Pkw





## Verbrennungsmotoren



17

## Wirkungsgrad Konventioneller Fahrzeuge

$$\eta = 15 - 20\% \text{ (f. typische Fahrzyklen)}$$

Drei entscheidende Potentiale

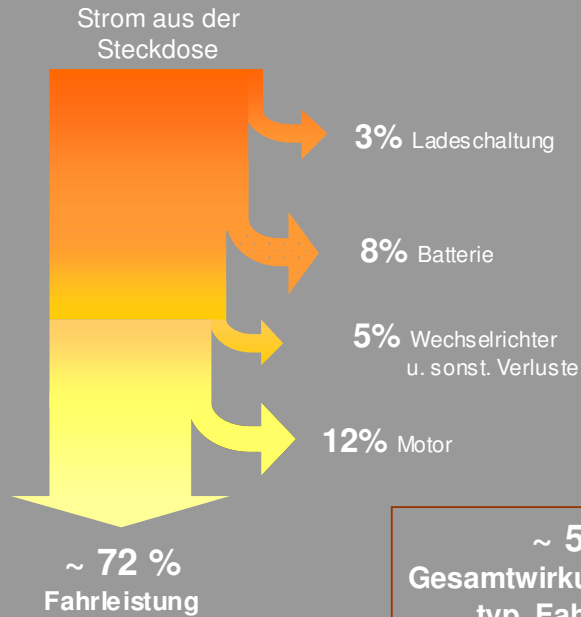
- Verluste im Leerlauf
- Bremsenergie
- Arbeitspunkt Verbrennungsmotor

→ Nutzung durch Hybridtechnologien

18

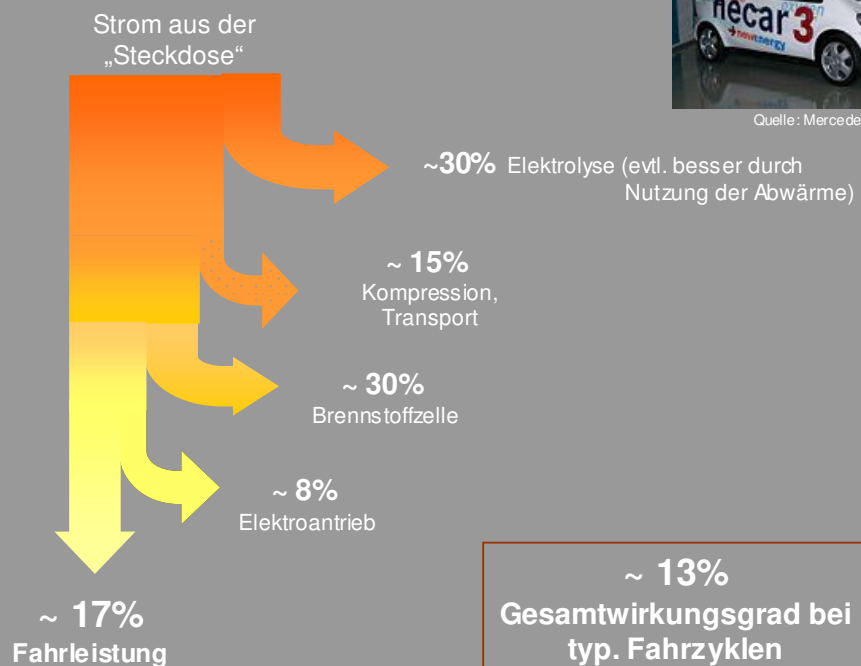
## Elektroantriebe (modernster Technologie)

- Lithium-Ionen Batterie
- IGBT-Wechselrichter
- Permanenterregter Synchronmotor
- Ausführung als Radnabenmotor



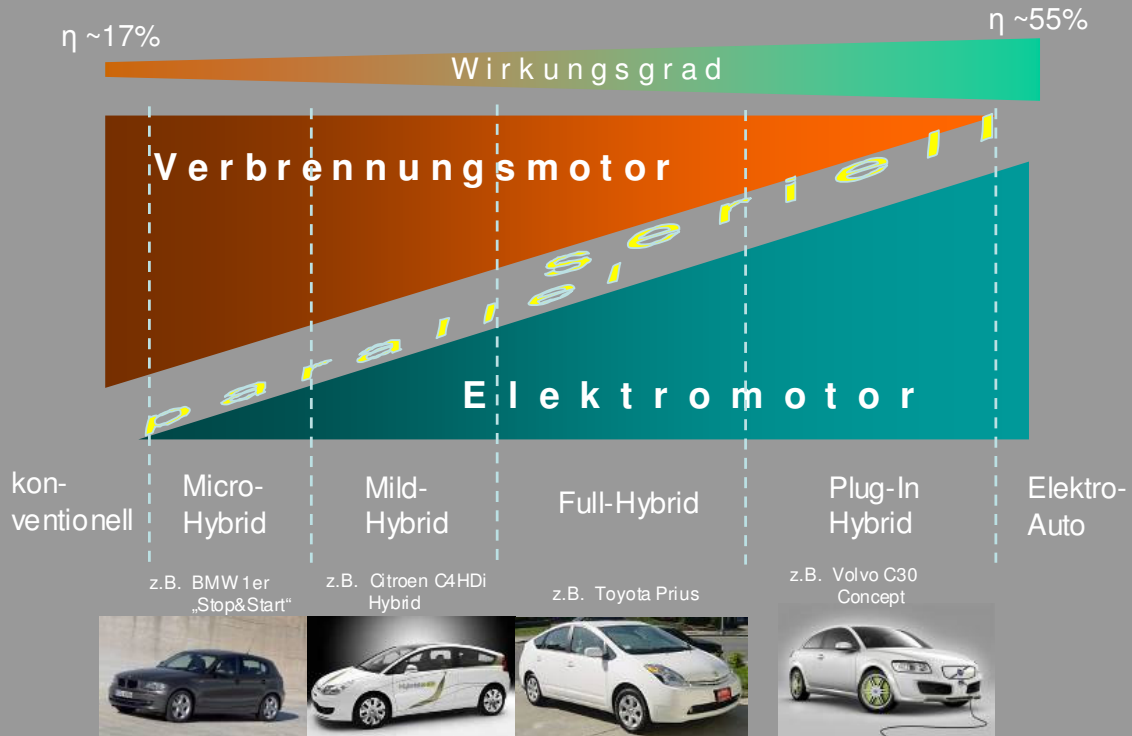
z.B. Mitsubishi Lancer Evolution MIEV

## Wasserstoff-wirtschaft auf Basis Brennstoffzelle und Elektrolyse

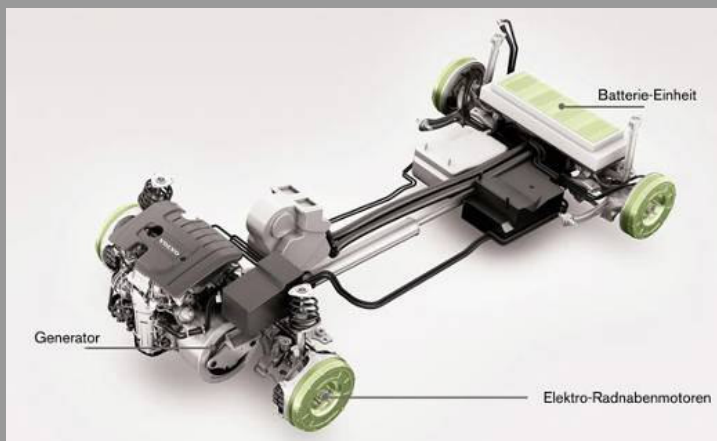


Quelle: Mercedes

### Hybridtechnologie

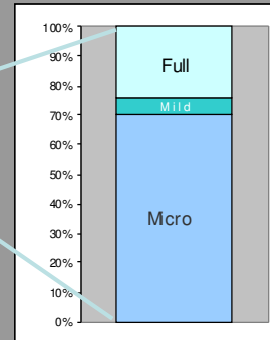
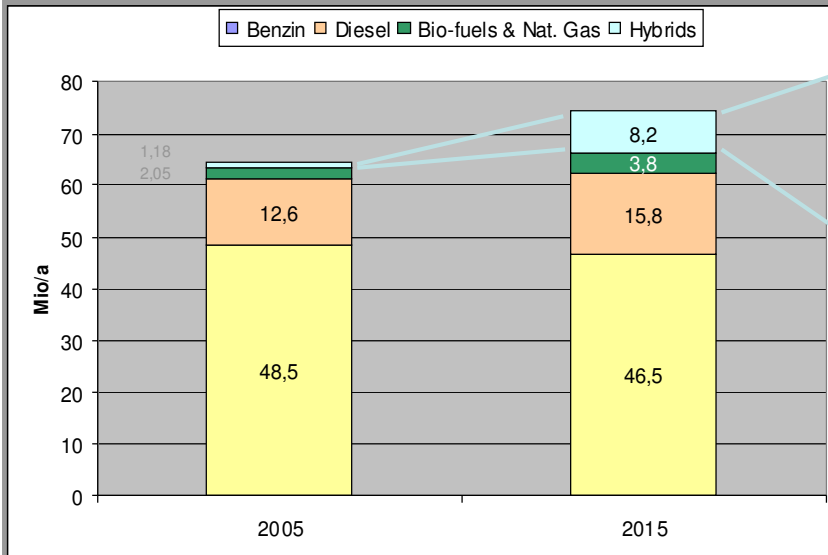


### Plug-in-Hybrid Volvo C30 Concept Car



Verbrennungsmotor 1,6L mit Synchrongenerator  
 Li-Ion-Batterie für ca. 100km  
 Rein serieller Hybrid  
 → Verbrennungsmotor dient nur zum Laden der Batterie

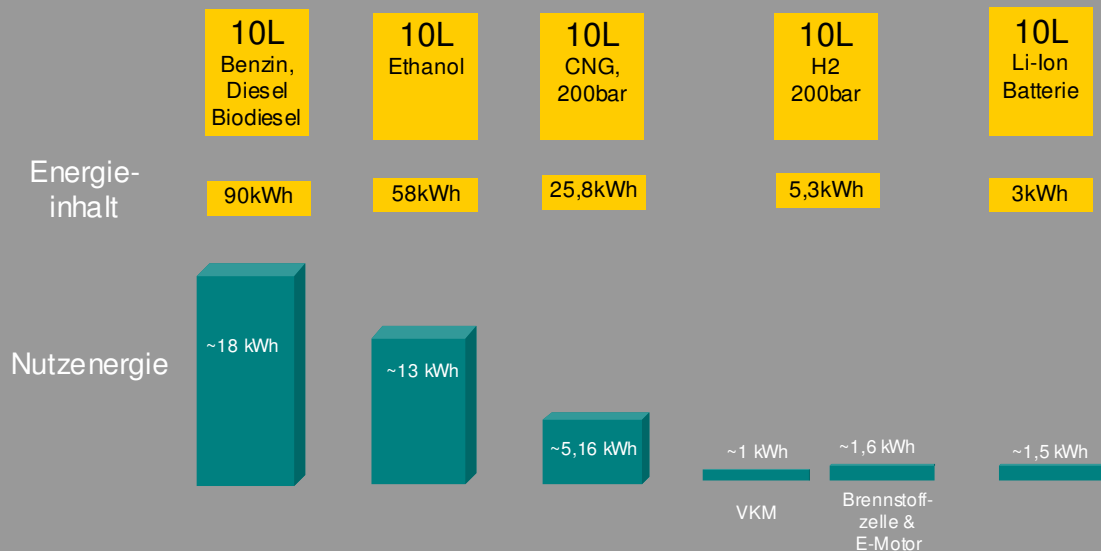
# Prognose Antriebssysteme

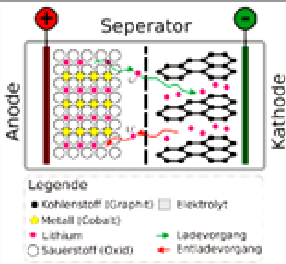


Prognostizierte jähr. Wachstumsrate bei Hybrids: **21,4 %**

Data from: „Car Innovaton 2015“ by OliverWyman

# Vergleich der „mobilen“ Energiespeicher (volumsbezogen)





## Lithium-Ionen Batterie

- Höchste Energiedichte: ~ 300Wh/L  
~ 150Wh/kg
- Hohe Leistungsdichte: ~ 300W/L  
~ 150W/kg
- Hoher Wirkungsgrad: ~ 92%

In Kombination mit Ultra-Caps vollständige Rückgewinnung der Bremsenergie

Potential für weitere Leistungsverbesserung  
→ Stanford u. andere Research Labs

Sicherheitsprobleme → Toyota verschiebt Einführung auf 2010/11



## Elektroauto: Tesla Roadster

6831 Stk. Li-Ionen Akkus (Handy-Akkus)  
450kg, 55kWh

Leistung: 248 PS

von 0–100km/h: 4,2s

Reichweite: 400km

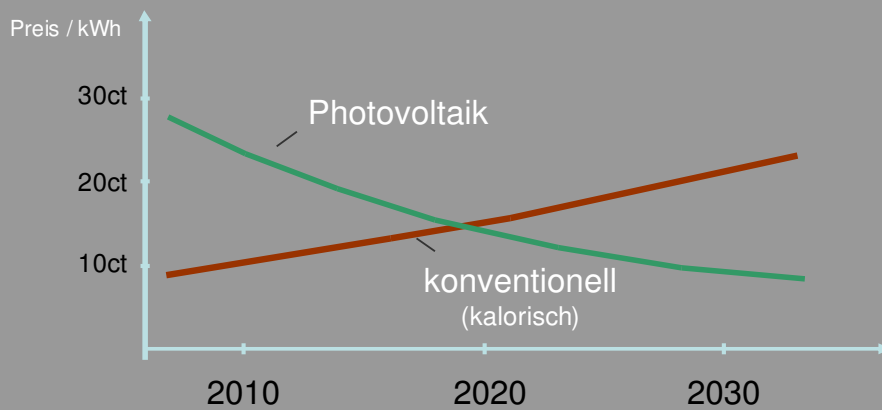
Gewicht: 1220kg

Verbrauch: 13kWh/100km = 1,7l Benzin

Preis: € 80 000,-

# Woher kommt der Strom ?

## Zukunft der alternativen Stromerzeugung am Beispiel der Photovoltaik



Wirkungsgradrekord:

Mit Stapelzellen und Lichtkonzentration **40,7%**

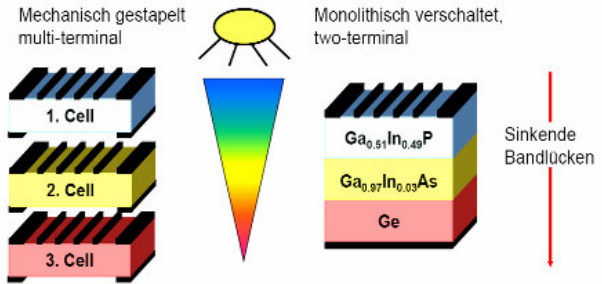
„Preisrekord“:

40 MW-Anlage in Sachsen: **€3 / W<sub>p</sub>**

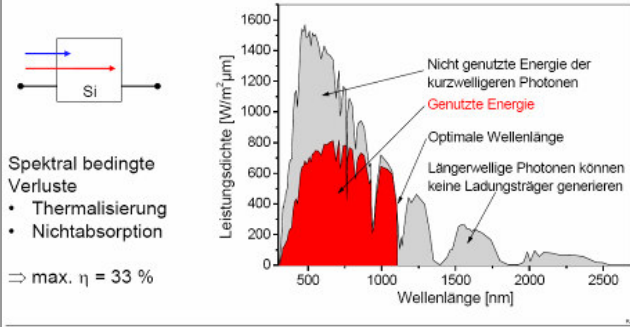
## Fortschritte in der Photovoltaik

Source: Fraunhofer ISE

### Realisierung von Stapelsolarzellen

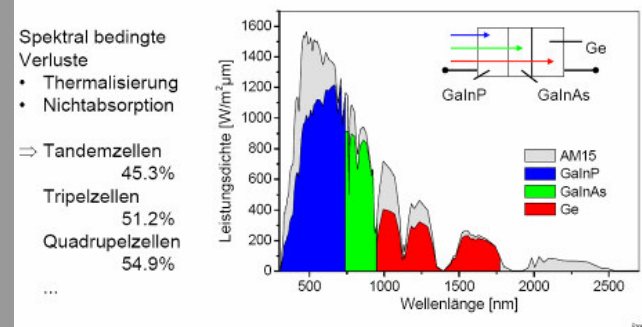


### Verluste in einer Silicium Solarzelle



Fraunhofer Institut Solare Energiesysteme

### Minimierung der Verluste in Stapelszellen

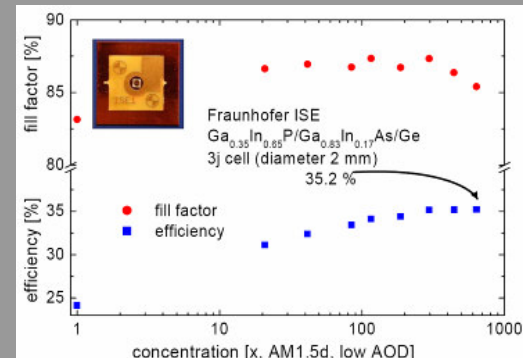
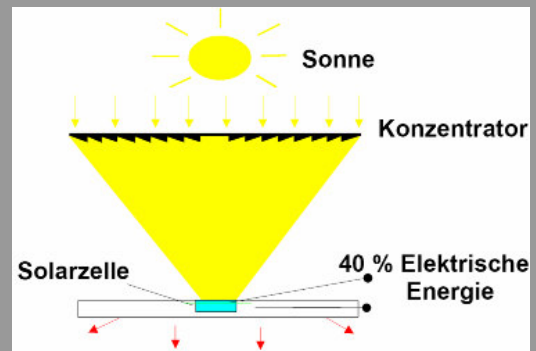


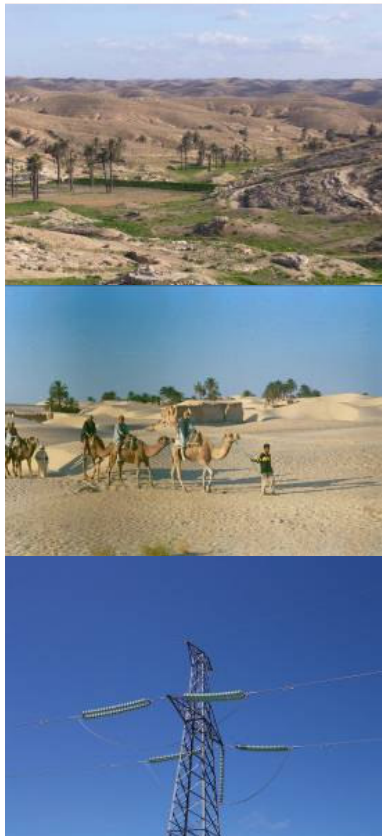
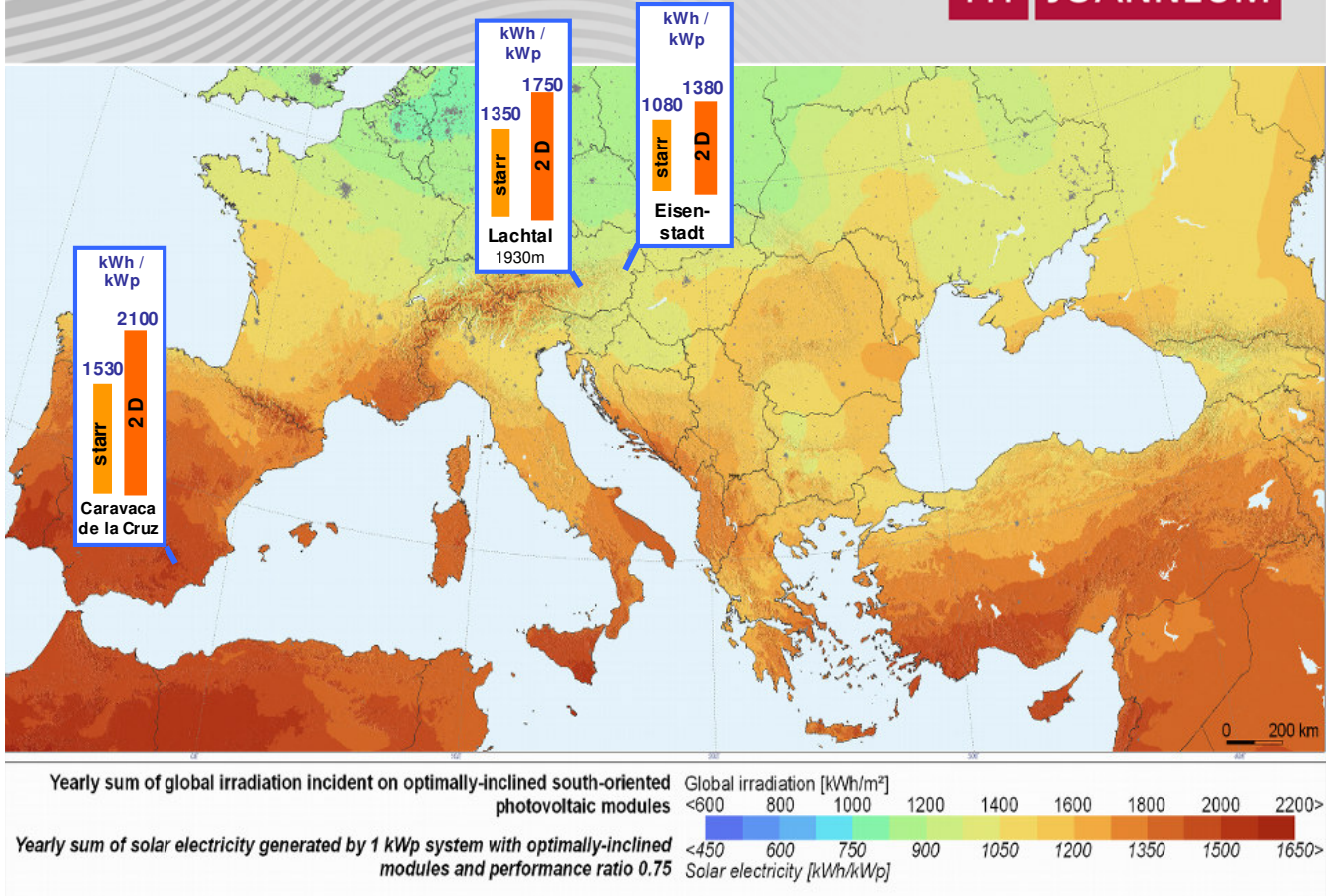
Fraunhofer Institut

## Stapelzellen mit Lichtkonzentratoren

Erreichter Wirkungsgrad: ~ 35%

Source: Fraunhofer ISE





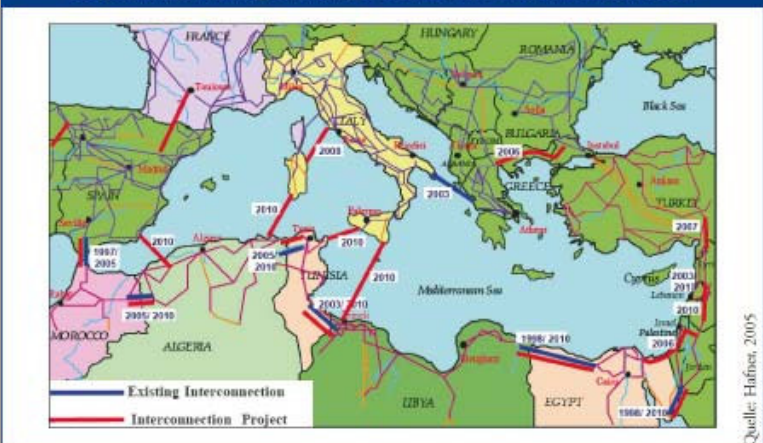
## Stromtransport

Hochspannungs-Gleichstromübertragung (HGÜ)

Übertragungsleistung: bis 6GW (z.B. in Kasachstan)

Verluste: ~3% auf 1000km

### Geplanter Ringschluss rund um das Mittelmeer





## „Fiktives“ Rechenbeispiel für Österreich:

Umstellung aller Straßenfahrzeuge auf Elektroantrieb mit Solarstrom aus Bestlagen in Südspanien (erzeugt mit dzt. am Markt erhältlicher Technologie)

Benzin- u. Dieserverbrauch für ges. Straßenverkehr:	8,36 Mio t /a
Primärenergie:	100 TWh /a
Preis o. Steuern:	~ € 8,13 Mrd /a

Benötigte elektr. Energie:	33 TWh/a
→ Photovoltaikanlage mit	21,5 GW <sub>p</sub>
→ Flächenbedarf:	16km x 16km
→ Preis (einmalig):	~ € 63 Mrd.

warum leider derzeit nur „fiktiv“ ?

→ Speicherproblem nicht ausreichend gelöst

33

## Danke für die Aufmerksamkeit !

-----  
FH-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Hubert Berger  
FH-JOANNEUM  
Electronic Engineering &  
Technology Management  
*Head of Degree programme and R&D Department*  
Werk VI-Straße 46  
8605 Kapfenberg  
Tel. ++43 (0) 3862 33600 8330  
Fax. ++43 (0) 3862 33600 8312  
mobile:++43 (0) 664 80 453 8330  
e-mail: hubert.berger@fh-joaanneum.at  
-----

[http://www.fh-joaanneum.at/aw/home/Studienangebot/Information\\_Engineering/~dat/etm/?lan=de](http://www.fh-joaanneum.at/aw/home/Studienangebot/Information_Engineering/~dat/etm/?lan=de)

34