

## Königsweg oder Sackgasse?

### Das Elektroauto in der Ökobilanz

Dr. Rolf Frischknecht  
ESU-services GmbH



2. Schweizer Forum Elektromobilität  
Luzern, 26. Januar 2011

## Elektroautos: die Verheissung?

«NULL Emissionen» Fahrzeuge für alle! \*



\*: Keine CO<sub>2</sub> Emissionen bei der Nutzung des Fahrzeugs

Pieter Bruegel d.Ä., 1567  
Das Schlaraffenland

## Ökobilanz Elektroauto

- Vergleich der Umweltauswirkungen des Autofahrens mit
  - konventionellem Dieselauto
  - Hybridfahrzeug
  - Elektroautoauf Basis einer Ökobilanz
- Daten für die international führende Ökobilanz-Datenbank ecoinvent bereit stellen

## Lebenswegansatz



ESU-services  
fair consulting in sustainability

## ... plus Energieversorgung und Infrastruktur

Autofahren

Page 5 [www.esu-services.ch](http://www.esu-services.ch)

ESU-services  
fair consulting in sustainability

## Vielfältige Umweltwirkungen

Ressourcen:

- Rohöl
- Bauxit
- Lithium
- Land
- ...

Emissionen:

Atmosphäre

- CO<sub>2</sub>
- NO<sub>x</sub>
- Lärm
- Partikel

Gewässer

- Mineralöl
- Tributylzinn

Abfälle

Page 6 [www.esu-services.ch](http://www.esu-services.ch)

ESU-services  
fair consulting in sustainability

## International genormt: ISO 14040 & 14044

Rahmen einer Ökobilanz  
Life Cycle Assessment Framework

Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens  
Goal and Scope Definition

Sachbilanz  
Inventory Analysis

Wirkungsabschätzung  
Impact Assessment

Auswertung  
Interpretation

Direkte Anwendungen:

- Entwicklung und Verbesserung von Produkten
- strategische Planung
- politische Entscheidungsprozesse
- Marketing
- sonstige

Page 7 [www.esu-services.ch](http://www.esu-services.ch)

ESU-services  
fair consulting in sustainability

## Was brauchen wir zum Autofahren?

- Ein Auto
  - Herstellung
  - Betrieb
  - Verschrottung und Entsorgung
- Strassen
  - Bau
  - Betrieb, Unterhalt und Erneuerung
  - Rückbau
- und ...

Page 8 [www.esu-services.ch](http://www.esu-services.ch)

## ... Treibstoff

- Benzin oder Diesel
  - Durchschnittliche Versorgungssituation in der Schweiz
- Strom CH Mix zertifizierter Mix
 

- Kohle/Öl:	0%	0%
- Erdgas:	1%	0%
- Kernenergie:	27%	0%
- Wasserkraft:	31%	97%
- Neue Erneuerbare:	0%	3%
- Importe:	39%	
- Szenario: Gaskombikraftwerk (Erdgas, 58% Wirkungsgrad)

## Umweltwirkungen

- Primärenergie, total
- Klimawandel (Treibhauspotenziale 2007)
- Umweltbelastung  
Methode der ökologischen Knappheit 2006
- Hochradioaktive Abfälle

## Charakteristika der bilanzierten Autos

- Untere Mittelklasse
- Aktueller Stand der Technik (Beste in der Klasse)
- Lebensleistung Auto: 150'000 km
- Lebensleistung Batterie: 100'000 km  
1.5 Batterien pro Autoleben (im Durchschnitt)
- Durchschnittliche Belegung: 1.6 Personen pro Auto

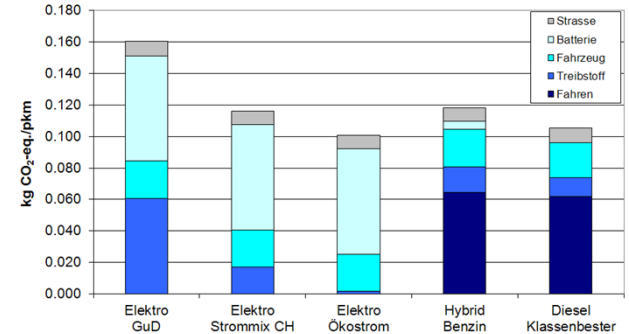
## Weitere Charakteristika

Eigenschaft	Unit	Elektro- auto	Hybrid- auto	Dieselauto
Fahrzeuggewicht	kg	1320	1320	1320
Batteriegewicht	kg	312	38	-
Leistung	kW	60	73/60	77
Gewicht Elektromotor	kg	104	104	-
Energiedichte Batterie	Wh/kg	130	100	-
Reichweite	km	133	-	-
Elektrizität / 100 km	kWh	20	-	-
Treibstoff / 100 km	Liter	-	4.3	3.8

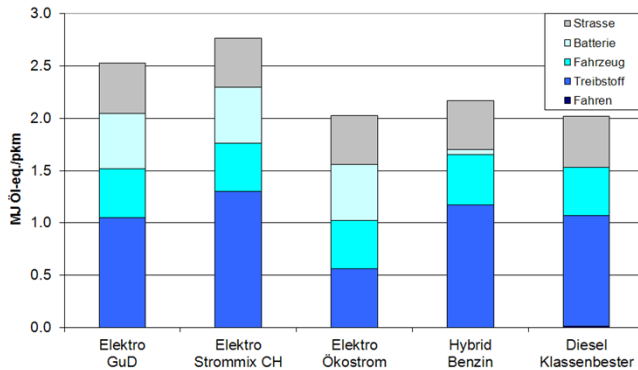
## Herstellung der Batterie

- Information basierend auf Umweltbericht der Maxell Corp. Japan
- Strombedarf Herstellung (CN, JP): 10.2 kWh/kg
- Wärmebedarf (Heizöl, Erdgas): ca. 1 Liter Öl-eq/kg
- Lithiumgehalt in der Batterie: 11 g/kg Batterie
- Umweltauswirkungen:  
Treibhausgas-Emissionen: 16 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg  
Primärenergie: 3.3 Liter Öl-eq/kg

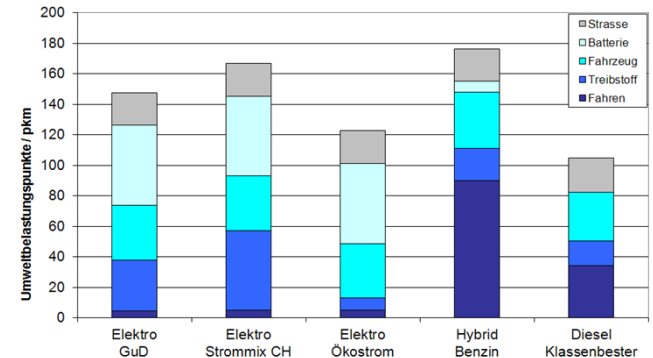
## Klimawirkung Autofahren



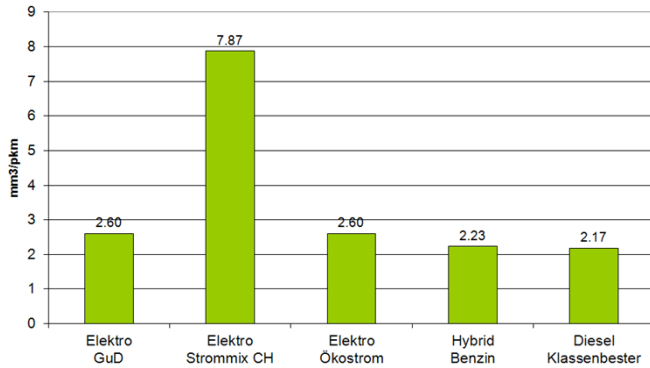
## Primärenergie



## Umweltauswirkungen (Moek 2006)



## Hochradioaktive Abfälle



## Vorläufige Folgerungen

- Umweltauswirkungen Elektroauto ähnlich wie diejenigen der besten Diesel- und Hybridautos
- Bei Ausklammerung der Batterieherstellung:
  - Reduktion Treibhausgas-Emissionen zwischen 25% und 67%
  - Energiebedarf und Umweltauswirkungen etwa gleich auf
- Schlüsselgrößen:
  - Leistung, Lebensdauer und Herstellung der Batterie
  - Treibstoffverbrauch/Strombedarf zum Fahren

## Umwelt-Elchtest nicht bestanden?



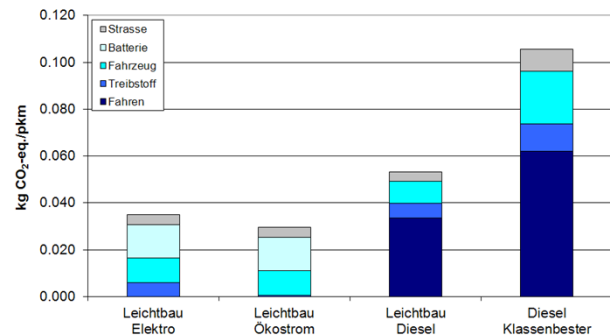
## Charakteristika Leichtbauauto

- Loremo Konzeptauto
- Sitze: 2 + 2
- Entwickelt für alle Arten von Antrieben  
Diesel und Benzin (2 Zyl. Turbo), Elektro (Synchron)
- Lebensleistung Auto: 150'000 km
- Lebensleistung Batterie: 150'000 km
- Durchschnittliche Belegung: 1.6 Personen pro Auto

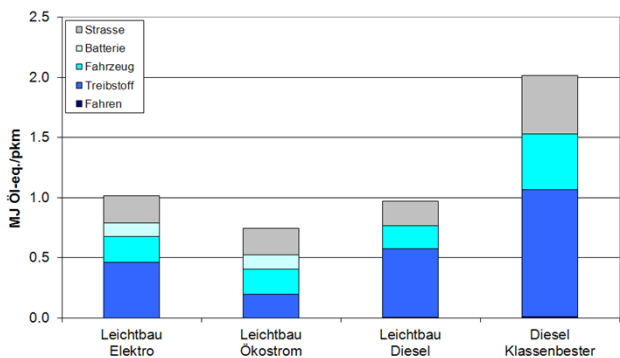
## Weitere Eigenschaften Leichtbauauto

Eigenschaft	Unit	Elektro- auto	Hybrid- auto	Diesel- auto	Leichtbau Elektro	Leichtbau Diesel
Fahrzeuggewicht	kg	1320	1320	1320	550	550
Batteriegewicht	kg	312	38	-	100	-
Leistung	kW	60	73/60	77	40	20
Gewicht Elektromotor	kg	104	104	-	70	-
Energiedichte Batterie	Wh/kg	130	100	-	150	-
Reichweite	km	133	-	-	143	-
Elektrizität / 100 km	kWh	20	-	-	7	-
Treibstoff / 100 km	Liter	-	4.3	3.8	-	2.0

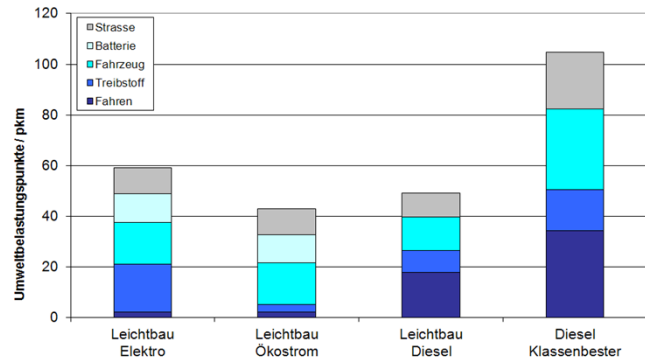
## Klimawirkung Leichtbauauto



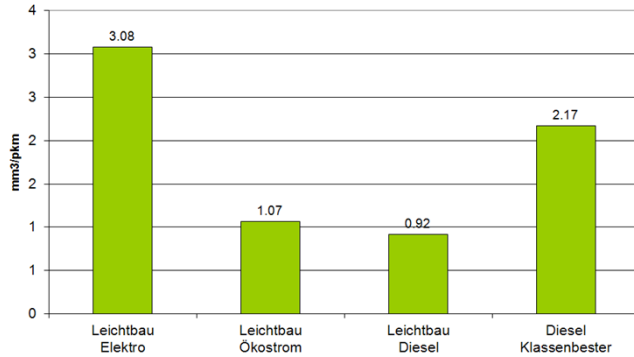
## Primärenergie Leichtbauauto



## Umweltauswirkungen Leichtbauauto



## Hochradioaktive Abfälle Leichtbauauto



## Zusammenfassung

- Primärenergieeffizienz Elektroauto - Dieselauto ist ähnlich
- CO<sub>2</sub> Fussabdruck Elektroauto und klassenbeste Diesel- und Hybridauto vergleichbar
- Reduktionspotenzial abhängig von
  - Fahrzeuggrösse
  - Treibstoff- bzw. Strombedarf
  - Batterieherstellung und -lebensdauer und Strommix

## Zusammenfassung (Forts.)

- Umweltauswirkungen sind vergleichbar hoch
- Umweltauswirkungen Elektroauto: Nicht beim Auspuff sondern beim Kraftwerk (und in der Batteriefabrik)
- Je nach Strommix können Umweltwirkungen höher sein (hochradioaktive Abfälle)
- Leichtbaufahrzeuge mit deutlichen Vorteilen gegenüber heutigen Klassenbesten

## Folgerungen

- Elektroauto ist weder auf dem Königsweg noch in einer Sackgasse unterwegs

Wichtiger als Frage des richtigen Antriebs sind:

- Reduktion des Flottenverbrauchs
- Reduktion des Flottenverbrauchs
- Reduktion des Flottenverbrauchs

## Handlungsempfehlungen

- Verschärfung der Anforderungen der Energieetikette
- Nicht Treibstoffart sondern tiefen Treibstoff-/Strom-Verbrauch fördern  
Minergie / Minergie-eco / Minergie-P Label für Autos!
- Rahmenbedingungen für intelligente kombinierte Verkehrskonzepte verbessern



Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt:

[frischknecht@esu-services.ch](mailto:frischknecht@esu-services.ch)

Website:

[www.esu-services.ch](http://www.esu-services.ch)