

HSR
HOCHSCHULE FÜR TECHNIK
RAPPERSWIL

e'mo

Mit Leichtigkeit zum Ziel


Dätwyler Engineering Day

Prof. Dr. Markus Henne

Inhalt der Präsentation

- Einleitung
- Konzept
- Kosteneffizienter Leichtbau
- Making of ...
- Ausblick

Top down Approach



**Burn rubber,
not gasoline.**

Introducing the Tesla Roadster:

- 100% electric
- 0 to 60 in about 4 seconds
- 135 mpg equivalent
- 250 miles per charge
- about 1¢ per mile*

- Ökologie?
- Technologieträger

Die Pannenhilfe kommt zu spät

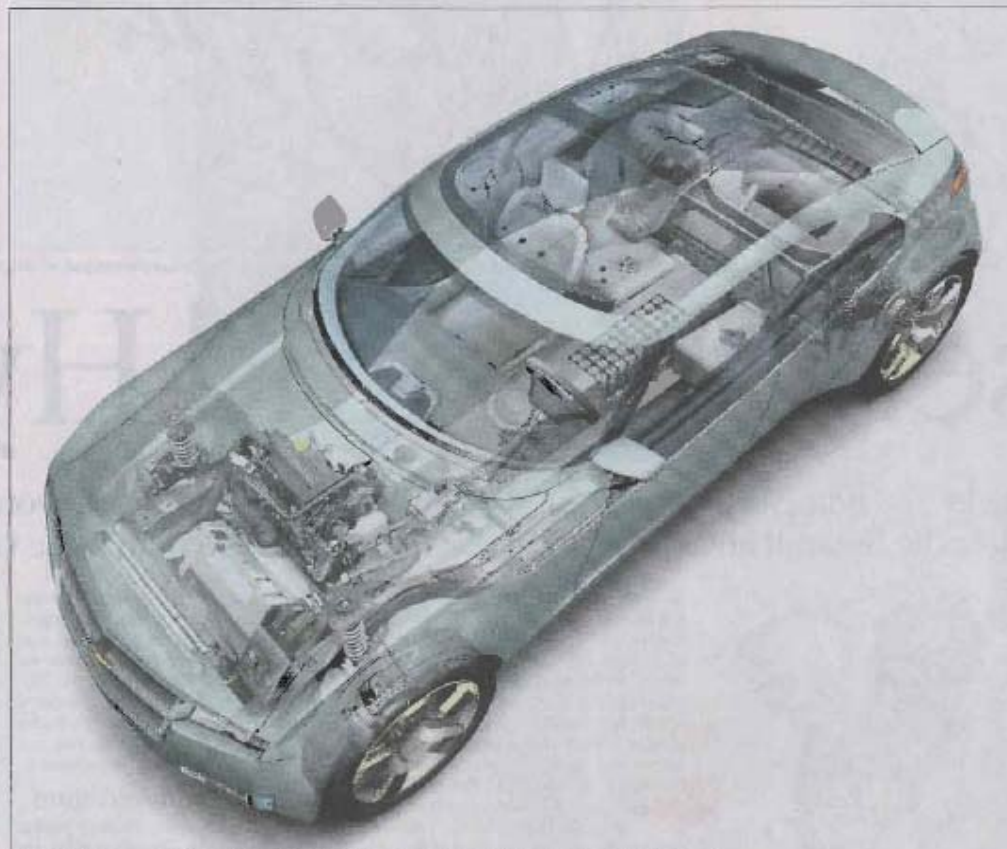
Das Hybridauto Chevrolet Volt soll den Autokonzern General Motors vor der Pleite retten. Doch die Erwartungen sind nicht zu erfüllen. Denn noch sind die Batterien nicht gut genug. *Von Andreas Hirstein*

Wer keine attraktiven Produkte hat, verkauft Hoffnung: «Das ist nicht nur ein Auto. Es ist die Vision unserer Zukunft», verspricht der angeschlagene Autokonzern General Motors (GM) in einer grossangelegten Inseratekampagne. Gemeint ist der Chevrolet Volt, ein spritsparendes Hybridfahrzeug, das GM vor der Pleite retten soll. Kaufen kann man den Prototyp noch nicht – die Markteinführung soll erst 2010 erfolgen. Daher richtet sich die Kampagne auch weniger an Autokäufer als vielmehr an den amerikanischen Kongress, der dem Autohersteller mit einem Rettungspaket unter die Arme greifen soll.

Ob es den einst grössten Autokonzern in zwei Jahren aber überhaupt noch geben wird, weiss heute niemand. Und selbst falls das Überleben gelingt und der Volt 2010 tatsächlich serienreif sein sollte, wird er eher in den hinteren Ecken der Showrooms stehen. Denn Elektrohybride wie der Volt werden in den ersten Jahren bestenfalls einen Nischenmarkt bedienen. Davon geht im Grunde sogar GM aus: Der Konzern rechnet im ersten Jahr mit 10 000 verkauften Autos. Der Toyota Corolla kommt dagegen auf dem amerikanischen Markt auf über 50 000 Stück – pro Monat.

Zu teuer

Für einen mit diesem Bestseller vergleichbaren Erfolg wird der Chevrolet Volt zu teuer sein. GM gibt einen Preis von voraussichtlich 40 000 Dollar an – zu viel für ein kleines Auto, das seinen Käufern zwar ein gutes Gewissen verschafft. In wirtschaftlicher Hinsicht aber



Prinzip Hoffnung: der Chevrolet Volt. In der Mitte des Fahrzeuges sind die Akkus untergebracht

Die Batterie soll eine Energiedichte von 80 Wattstunden pro Kilogramm (Wh/kg) erreichen. Das ist kein schlechter Wert – für ein Auto mit reinem Elektroantrieb oder auch für den Chevy Volt, aber immer noch um einen Faktor 2 bis 3 zu niedrig. Und im Vergleich zu einem gefüllten Tank geradezu lächerlich: 1 Kilogramm Benzin speichert 13 000 Wattstunden Energie, ein Verhältnis zur S-Klasse-Batterie von 160:1.

Feuer und Explosionen

Das vielleicht grösste ungelöste Problem der Lithium-Ionen-Batterien ist die Gefahr von Bränden und Explosionen. Bei internen Kurzschlüssen können sich einzelne Zellen auf mehrere hundert Grad aufheizen, was zu einer explosionsartigen Ausbreitung des Feuers führen kann. Die Hersteller versuchen, dieses Problem durch neue, weniger gefährliche Elektroden-Materialien zu beseitigen, eine Strategie, die leider zu einer niedrigeren Speicherkapazität, zu kürzeren Lebensdauern oder zu höheren Kosten führt.

Im kalifornischen Elektro-Sportwagen Tesla haben die Konstrukteure das Sicherheitsproblem gelöst, indem sie eine Lithium-Ionen-Batterie einsetzen, die aus Tausenden kleinen und daher weniger gefährlichen Akkuzellen zusammengesetzt ist. Im Grunde handelt es sich um viele miteinander verbundene Laptop-Akkus. Dies jedoch ist sehr teuer, weil die Steuerelektronik nun entsprechend mehr Einzelzellen überwachen muss. Experten schätzen den Preis allein für die Batterie des Tesla auf 20 000 Dollar.

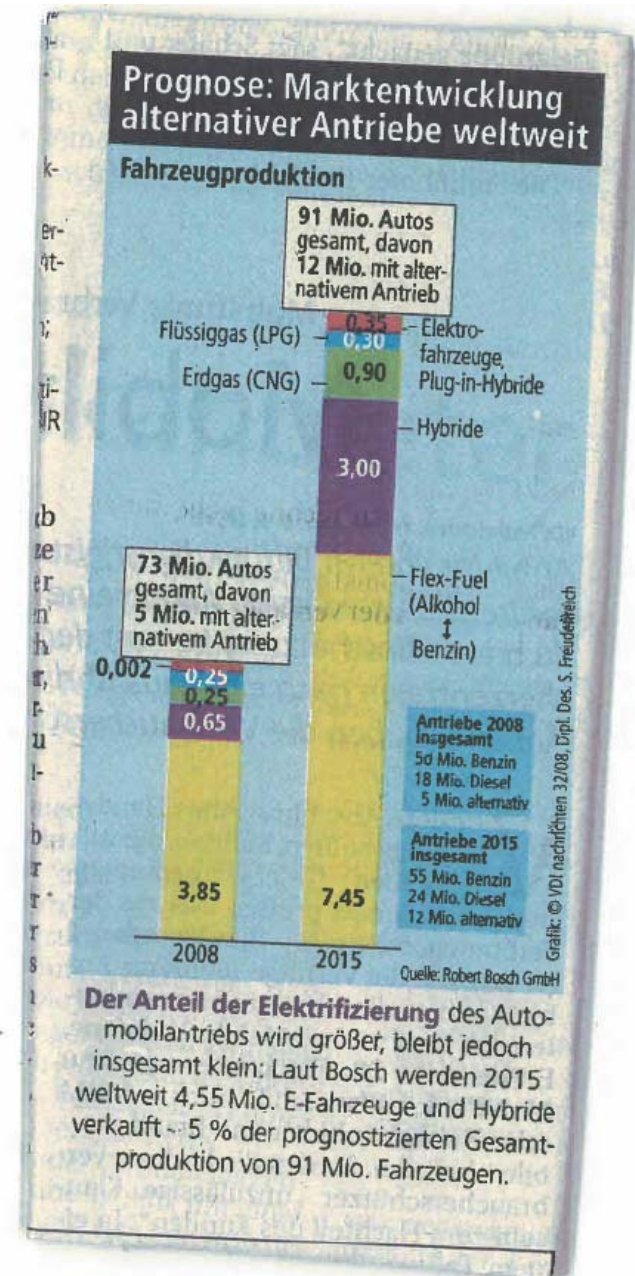
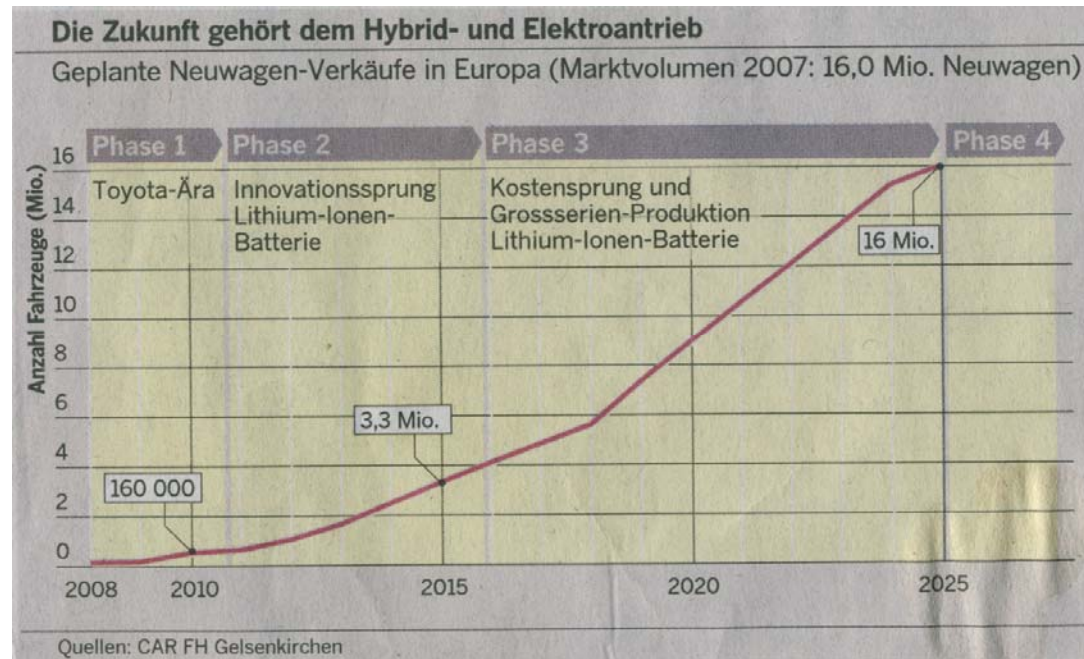
Marktentwicklung weltweit

Artikel VDI Nachrichten 8. August 2008

Elektrofahrzeuge

- 2008: 10'000 Stk.
- 2015: 42'000 Stk.

CAR-Studie FH Gelsenkirchen



Vision

- Wir wollen zeitgemässe Mobilität für den individuellen Nahverkehr schaffen.
- Ein kleines, leichtes Fahrzeug, sehr energieeffizient und umweltfreundlich, ohne Abstriche bei der Alltagstauglichkeit oder der Sicherheit, praktisch und handlich, cool und sexy, und erst noch erschwinglich für jedermann und jede Frau. Ein Fahrzeug wie es der Markt heute noch nicht kennt.
- Wir wollen neue Wege gehen ohne Spuren zu hinterlassen.

Konzept

Entwicklung eines ganzjährig einsetzbaren Elektro-Leichtfahrzeuges: Optimale Manövrierfähigkeit, gute Ein- und Aussteigemöglichkeiten, genügend Transportkapazität und ausreichende Reichweite im urbanen Umfeld, Witterungsschutz mit der Möglichkeit den Fahrgastraum zu beheizen.

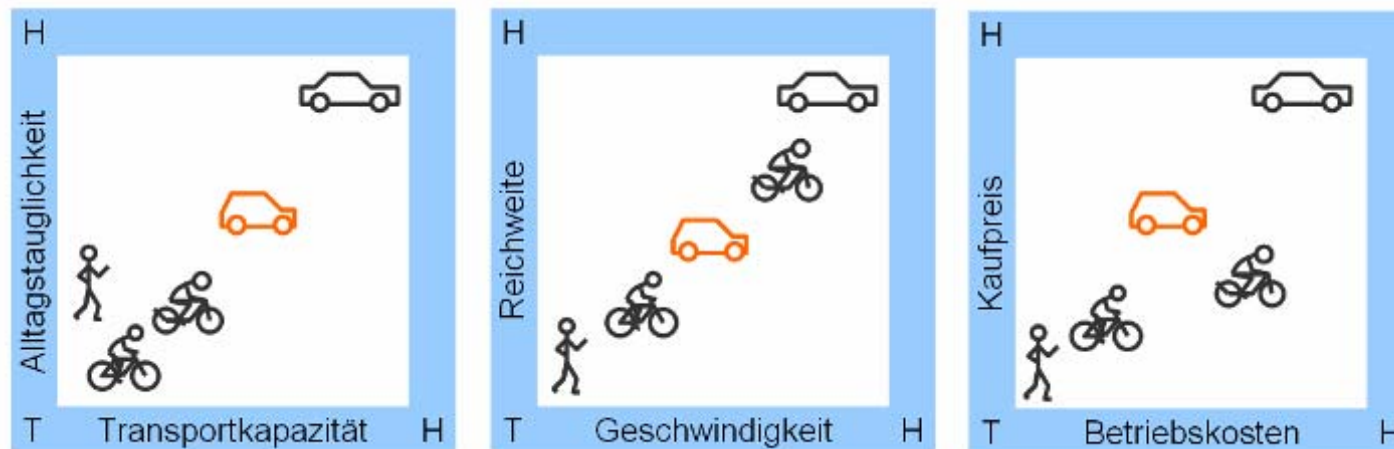
- **Ökonomisch:** Günstiger in der Anschaffung und im Betrieb als herkömmliche Automobile.
- **Flexibel:** Agil zum Manövrieren in einem urbanen, engen Umfeld.
- **Ökologisch:** Sehr wenig Lärm- und Schadstoffemissionen. Mit gutem Gewissen Auto fahren.
- **Sicher:** Besserer Schutz als Fahrräder, Mopeds oder Motorräder dank Sicherheitszelle.



StauffacherBenz

Märkte & Kundengruppen







- Ökologisch Gesinnte, welche mit dem Elektromobil Autokilometer ersetzen möchten und so einen Beitrag zum Umweltschutz leisten
- Technikverliebte, welche sich mit dem Elektromobil einen Traum erfüllen
- Gutsituierte, welche sich zusätzlich ein Alternativfahrzeug leisten möchten
- Invalide und ältere Menschen (altersbedingte Immobilität)
- Derivate als Transportfahrzeuge im privaten und öffentlichen Dienst (Post, autofreie Gebiete)



Fazit: Zwischen Fahrrad, Motorrad und Automobil ist eine Nische für Elektro-Leichtfahrzeuge mit beschränkter Reichweite vorhanden.

Vergleich mit bestehenden Elektrofahrzeugen

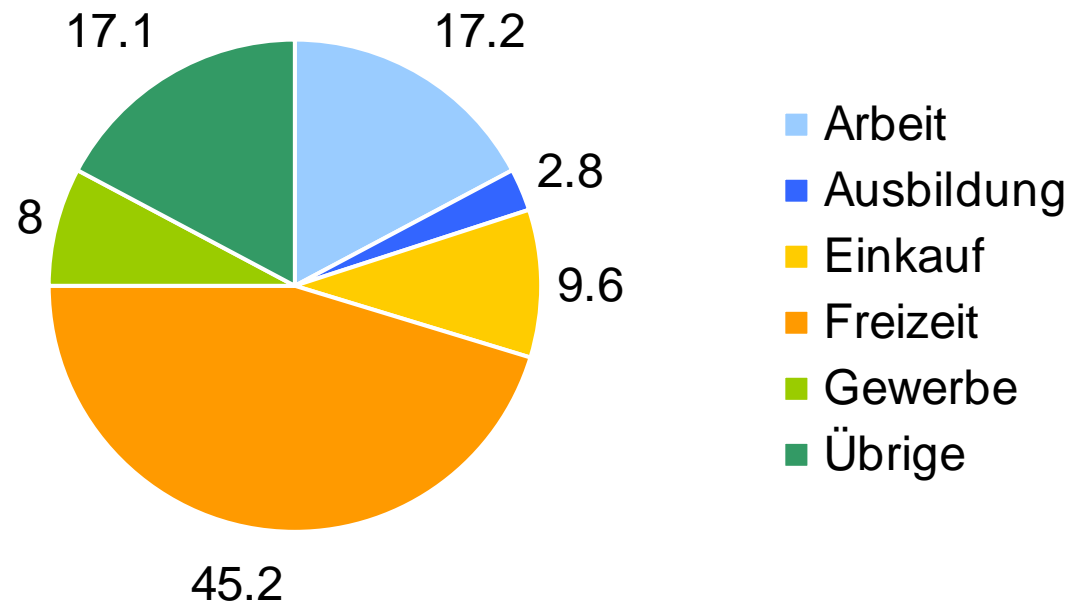
Alle bisherigen Elektrofahrzeugprojekte sind am hohen Anschaffungspreis, ungenügender Alltagstauglichkeit und teilweise verfehlter Konzepte des Fahrzeuges gescheitert.

						
Produktname	e'mo	Twingo	Reva	City-el	Twike	Sam
Anzahl Plätze	3	4	2	1	2	2
Anzahl Räder	4	4	4	3	3	3
Geschwindigkeit	80	120	60	50	80	80
Reichweite in km	100	130	80	50	40 – 90	60
Alltagstauglichkeit*	+	++	+	--	--	-
Preis in CHF	15'000	ab 30'000	ab 20'000	ab 15'000	ab 28'000	?
Markterfolg im Vgl.	?	+	+	-	-	?
Status Quo	in Entw.	Produktion	Produktion	Produktion	Produktion	In Entw.

* Alltagstauglichkeit: Fahrkomfort, Ein-/Ausstieg, Witterungsschutz

Umgerüstete Kleinfahrzeuge von verschiedenen grossen Fahrzeugherstellern

Verkehrszwecke 2005



Anteile bezogen auf die Jahresmobilität im In- und Ausland. Personen an 6 Jahren. Quelle: Bundesamt für Statistik

Anwender- & Kundennutzen

- **Urbaner Personentransport**
Von Zuhause ins Geschäft – **Nach dem Einkaufen die Kinder von der Schule abholen** – Zum Kaffee zur Freundin – Am Feierabend zum Sportverein – **Entspannt mobil sein** (Kein Lärm / Vibrationen)
- **Spassmobil**
Mit dem Hund ins Grüne – **Eine Spritztour mit gutem Gewissen** – Durch die Landschaft gondeln und dabei die Ruhe geniessen
- **Transportfahrzeug**
Der Wochenend-Einkauf – Die Wäsche in die Reinigung – Zur Abfallentsorgungsstelle – In die Gärtnerei – Zum Biomarkt
- **Invalidenfahrzeug (?)**
Unabhängig mobil sein – Am Wochenende eine Ausfahrt machen – Selber zum Arbeitsort fahren – Freunde treffen

Gesellschaftlicher Nutzen

- Sehr wenig Energieverbrauch im Betrieb (innerorts ca. 5kW)
- Keine Lärmemissionen
- Keine lokalen Schadstoffemissionen
- Defensives Fahrverhalten durch beschränkte Motorleistung
- Weniger Unfälle
- Sehr guter Fussgängerschutz (EU Regulationen)

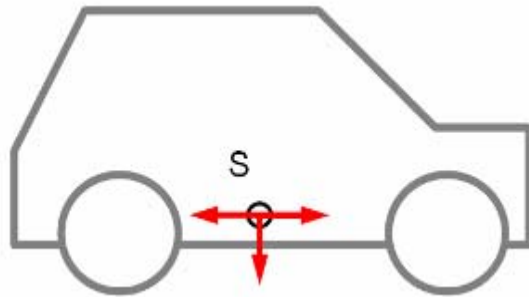
Pflichtenheft

Fahrzeugkategorie	Kleinmotorfahrzeug (VTS Art. 136)
Abmessungen (l x b x h) / Leergewicht	273 x 150 x 150 cm / 350 kg
Anzahl Plätze & Stauraum	3 Erwachsene + Gepäck
Maximale Geschwindigkeit	80 km/h
Reichweite	100 km, je nach Anzahl Batterien
Anzahl Türen / Räder	2 Türen & Heckklappe / 4 Räder
Karosserie	Sandwich Plattenbauweise
Elektromotoren / Maximale Leistung	2 Synchronmotoren / 7 kW
Antriebsart	Radnabenmotoren, offenes Differential
Energiespeicher	Li-Ionen Batterien
Bremssystem	Scheiben vorne und hinten

Leichtbau

$$F_W = m \cdot g \cdot f_R + \rho_{\text{Luft}} \cdot A \cdot c_W \cdot \frac{v^2}{2} + b \cdot (m + \sum m_{\text{rot}}) + m \cdot g \cdot \sin \alpha$$

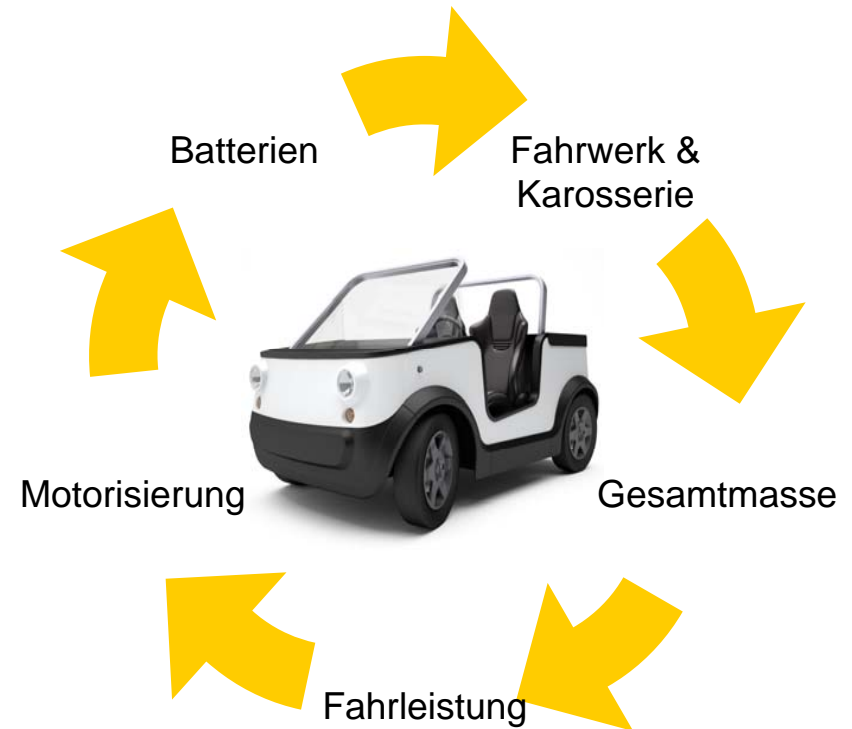
→ Leichtbauspirale



Motivation für Leichtbaulösungen:

- Energieverbrauch reduzieren
- Schwerpunkt möglichst tief
- Achslasten gleich gross

→ Kosteneffiziente Leichtbaulösungen



Kosteneffizienter Leichtbau

Ziel:

- Stückzahlen: Einige hundert bis wenige tausend Fahrzeuge
- Anspruch: Seriennahes Fahrzeug, keine Studie!
- Produktionsstandort Schweiz

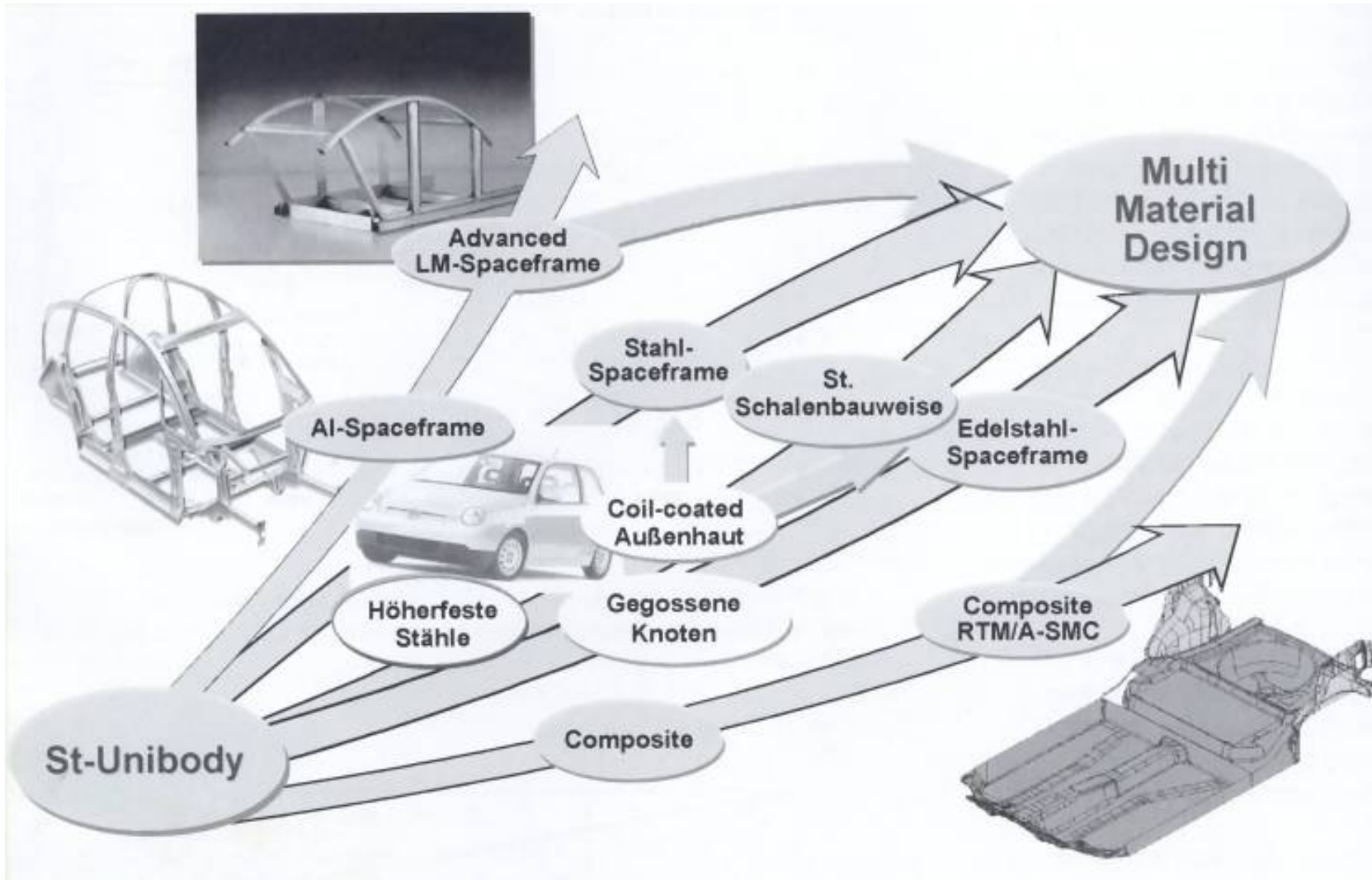
Anforderungen an ...

A. Bauweise: einfach (!)

B. Materialien: bekannt, verfügbar, kostengünstig

C. Fertigung: zuverlässig, beherrschbar, robust

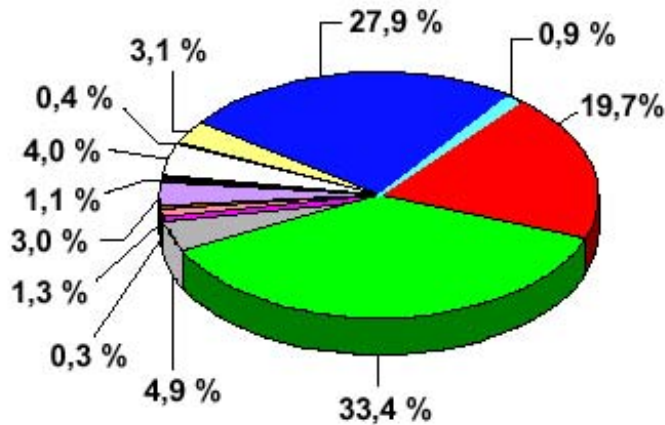
Trend - Multimaterialbauweise



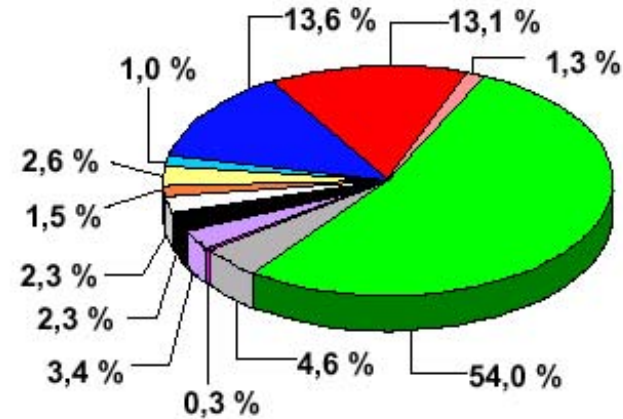
Quelle: Volkswagen 2002

Werkstoffanteile

Audi A2
1,4 l, 55 kW
 Leergewicht: 895 kg



Audi A4
2,0 l, 96 kW
 Leergewicht: 1310 kg



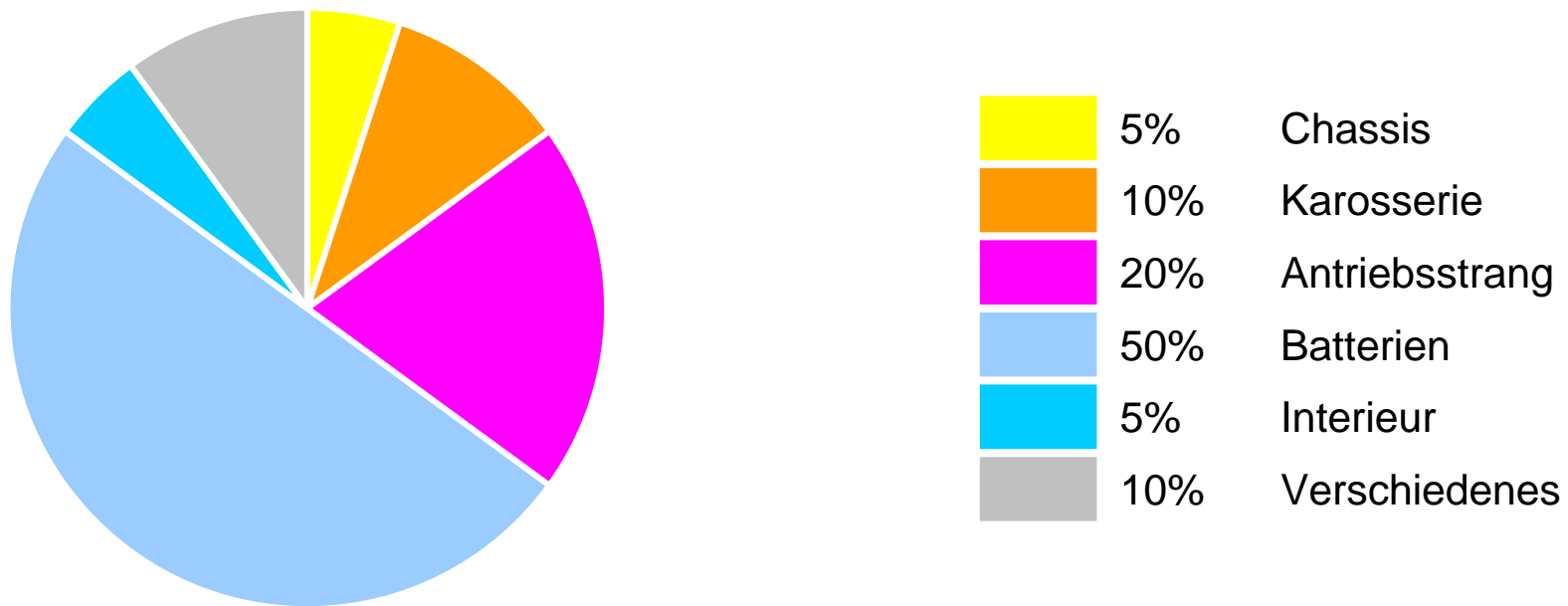
- Stahl & Eisen
- Aluminium
- Kunststoff
- Elektrik/Eelektronik
- Cu, Ms, Pb, Zn
- Magnesium
- Processpolymere
- Glass
- Gummi
- Betriebsstoffe
- Reifen
- Sonstige

Quelle: Prof. Dr. R. Haldenwanger: Komplexität des Leichbaus im Pkw

Kostenstruktur von Elektrofahrzeugen

Massnahmen, um die Gesamtkosten des Fahrzeuges niedrig zu halten:

1. Durch ausgeprägten Leichtbau den Energiebedarf und somit den Batterieanteil tief zu halten
2. Kosten durch einfache Konstruktionen zu minimieren.



Making of ... Funktionsmuster



- 2006: Aufbau eines Funktionsmusters ohne 3D Verkleidungsbauteile

Making of ... Erstes Design



Making of ... Erster Prototyp



Making of ... Lessons learned

- Überarbeitung des Aussendesigns ...
- Türen / Fenster / Klappen aufwändig (Toleranzen, Dichtigkeit, Kosten)
- Antriebsstrang:
 - Motorenelektronik funktioniert nicht wie erwartet
 - Riemenantrieb ist laut und anfällig → Radnabenmotoren
 - Probleme mit Zuverlässigkeit der Batterie → Neuer Lieferant
- „Wie isch da mit dä Sicherheit ...?“
 - Nachweis der passiven Sicherheit

Image von Kleinwagen

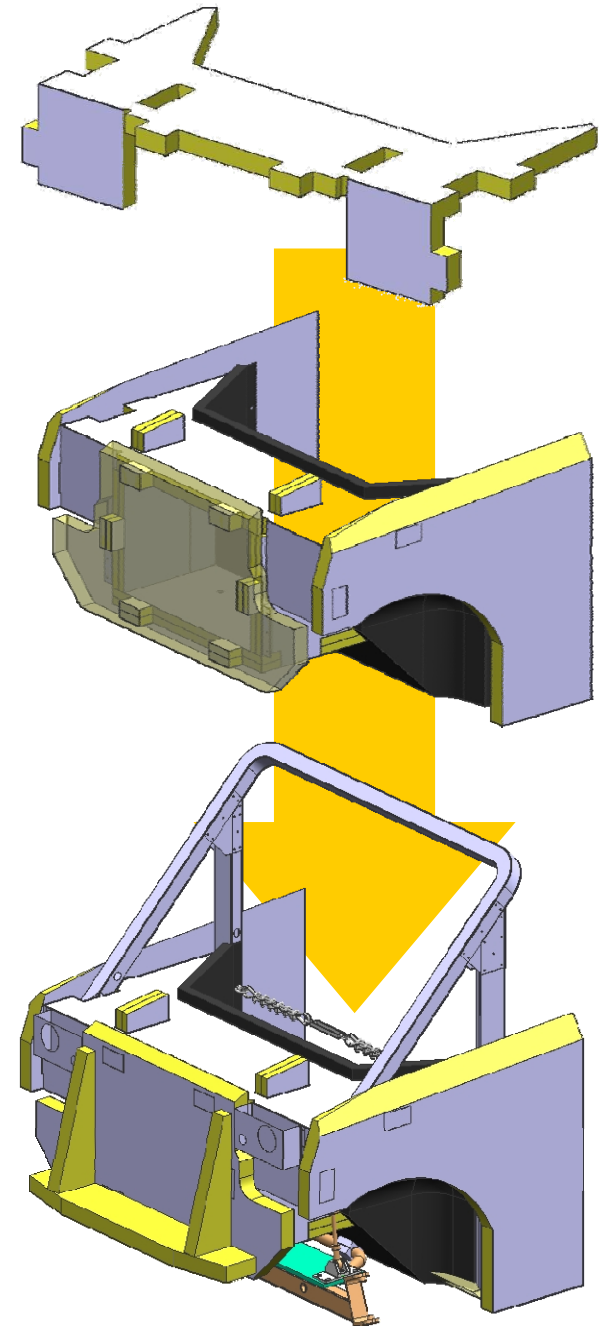
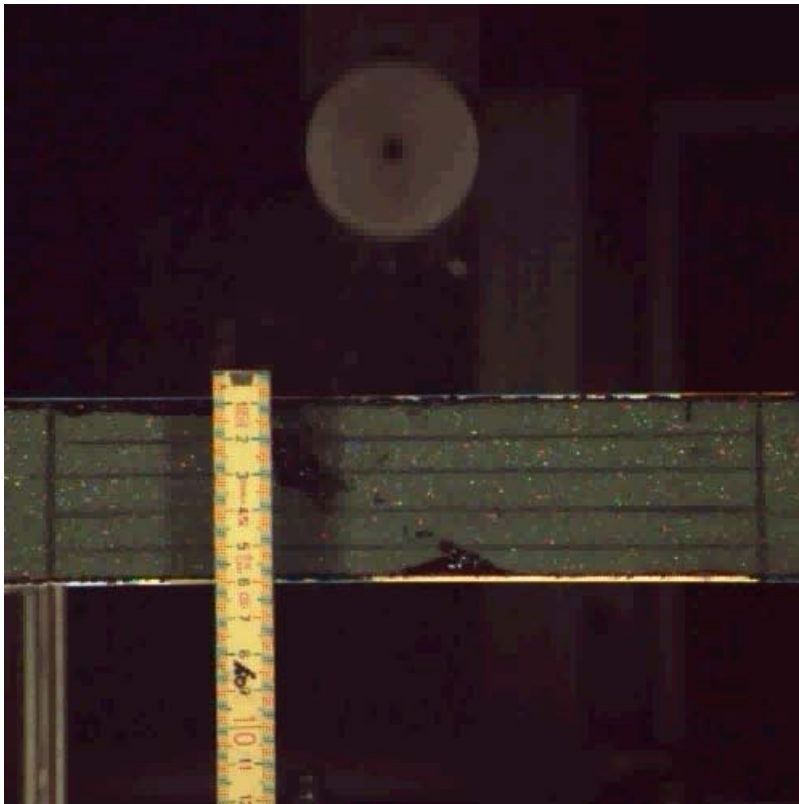


Image von Kleinwagen



Making of ... Neue Bauweise

- Neue Bauweise aus Sandwichplatten
- Patent eingereicht
- Verbindungsstellen: Gezapft und verklebt
- Bauweise einfacher und kosteneffizienter

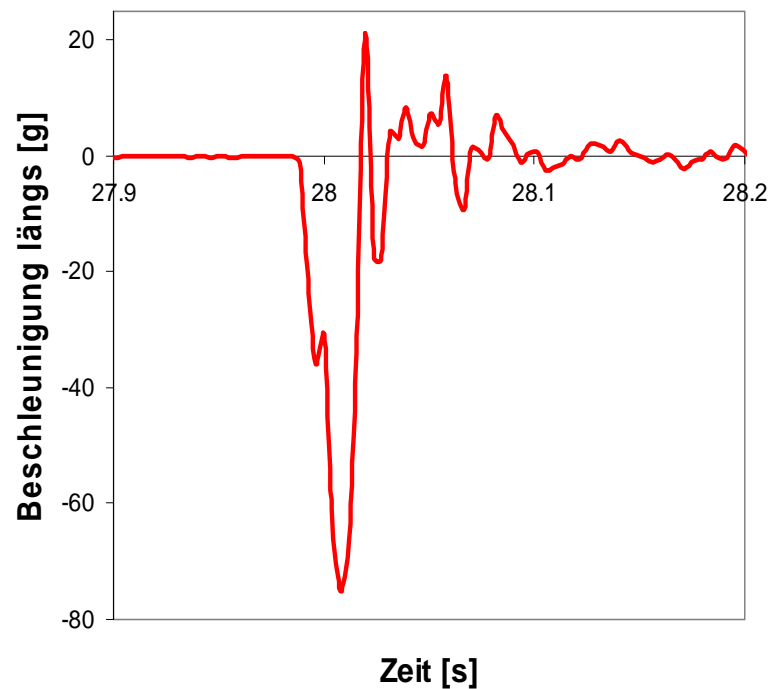


Making of ... Crashversuch Wildhaus



Making of ... Auswertung Crashversuch

- Bauweise extrem steif
- Kaum Beschädigungen am Fahrzeug, aber ...
... viel zu hohe Beschleunigungswerte (Unterboden 70g)
- Weicher und somit noch leichter bauen!



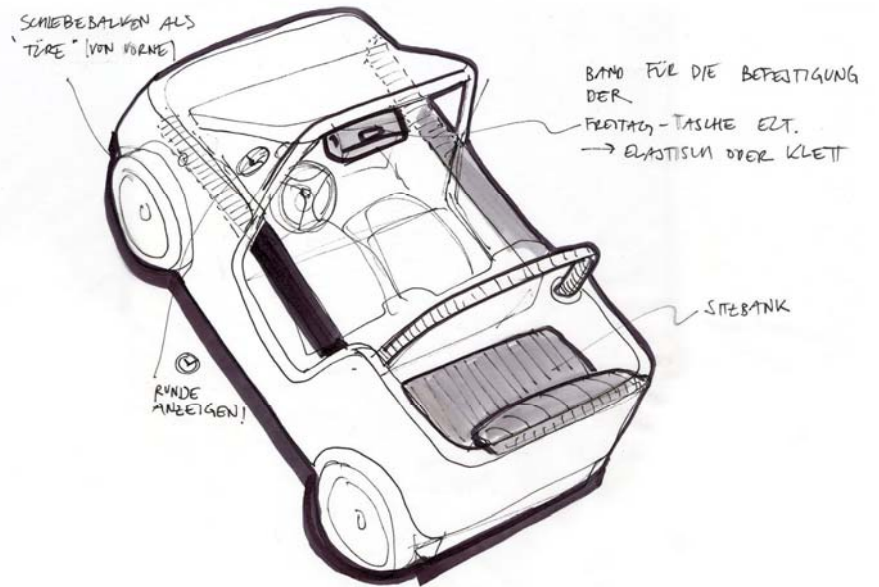
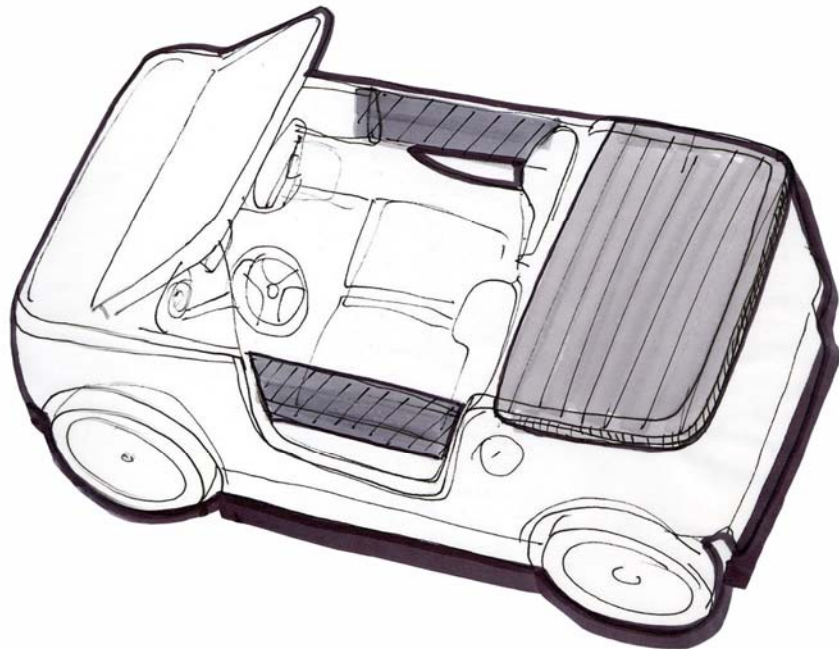
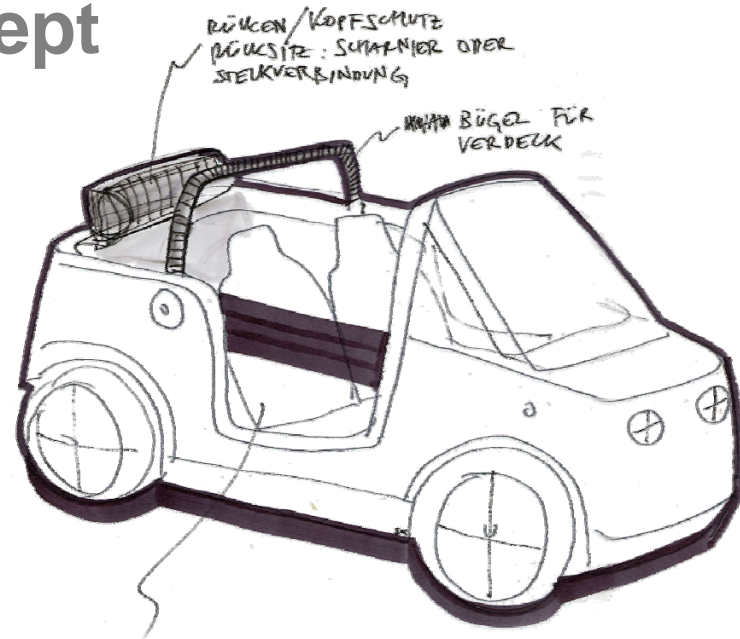
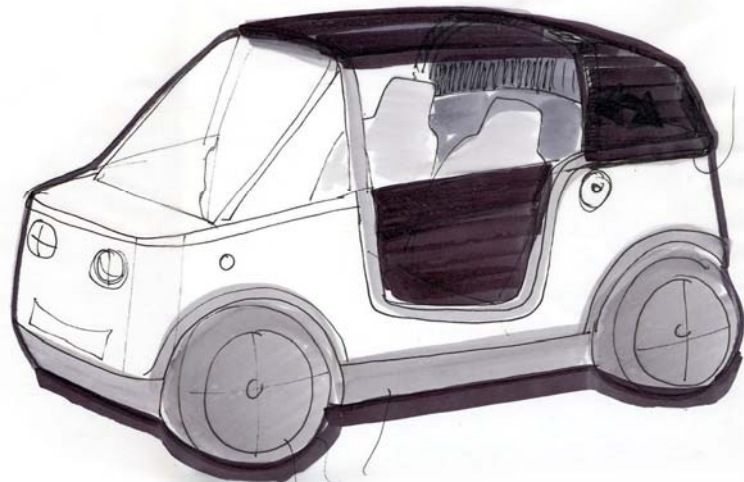
Sicherheit

Folgende Komponenten tragen zum Insassenschutz bei:

- Extrem steife Karosserie
- Crashtauglicher Vorderwagen
- Überrollbügel
- Sicherheitssitze mit 3-Punkt Gurten
- Gepolstertes Armaturenbrett



Making of ... Neues Konzept



















Präsentation am Automobilsalon 2009 in Genf



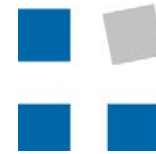
Mr. Ratan Tata: Chairman of Tata Group

Ausblick

- Kostennachweis
- Investor suchen
- Vorserienproduktion?

Weniger ist mehr!

Mies van der Rohe, Architekt und Designer



HSR
HOCHSCHULE FÜR TECHNIK
RAPPERSWIL

