

Herausforderungen der Elektromobilität effizient – umweltfreundlich - finanzierbar – sicher

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

Institut für Fahrzeugkonzepte

Dr.-Ing. Michael Schier

Wissen für Morgen



Überblick

Herausforderungen der Elektromobilität

- Interdisziplinäre Forschung
- Mobilität - Blick in die Zukunft
- Bedarf
- Energiesystemische Betrachtung
- Elektrifizierung von Kraftfahrzeugen
- Fazit



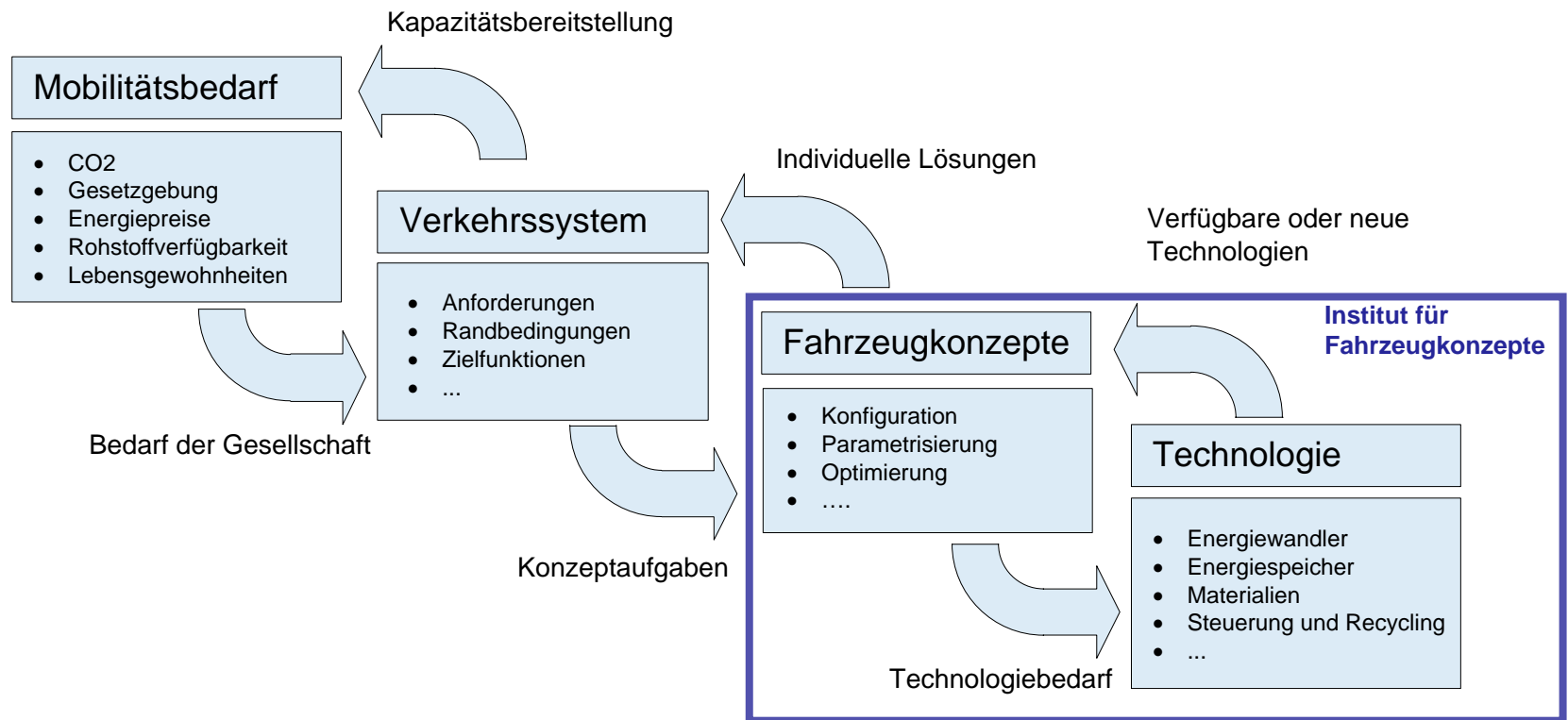
Interdisziplinäre Elektromobilitätsforschung im DLR

- 31 Institute mit 8000 Mitarbeitern in 6 Hauptstandorten arbeiten in den Programmschwerpunkten:
 - Raumfahrt
 - Luftfahrt
 - Energie
 - Verkehr
- 12 Institute bündeln Ihre Kompetenzen im Bereich Elektromobilität:
 - Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik
 - Institut für Bauweisen- und Konstruktionsforschung
 - Institut für Fahrzeugkonzepte
 - Institut für Faserverbundeleichtbau und Adaptronik
 - Institut für Kommunikation und Navigation
 - Institut für Materialphysik im Weltraum
 - Institut für Robotik und Mechatronik
 - Institut für Technische Thermodynamik
 - Institut für Verbrennungstechnik
 - Institut für Verkehrsforschung
 - Institut für Verkehrssystemtechnik
 - Institut für Werkstoff-Forschung



Themen der Zukunft

Die zukünftige Forschung umfasst die gesamte Wirkungskette des Systems Verkehr



Blick in die Zukunft – geht das überhaupt?



1953 Das Mobilitätsverhalten der Menschen scheint sich nicht wesentlich zu ändern.



1970



2003

Bildernachweis: Stadtarchiv
Lörrach, Bühler 2009

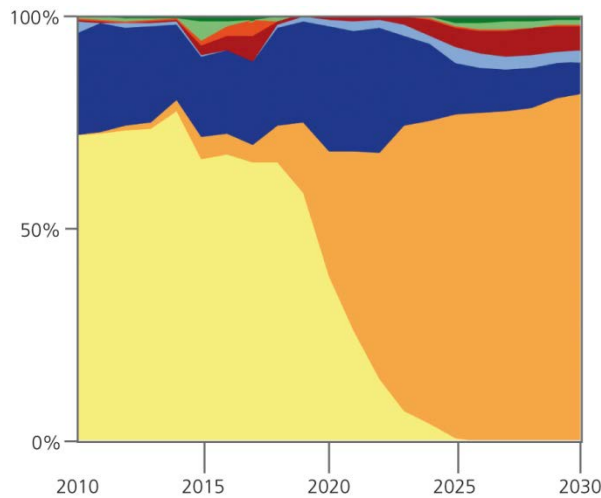


Vehicle Technology Scenario Model

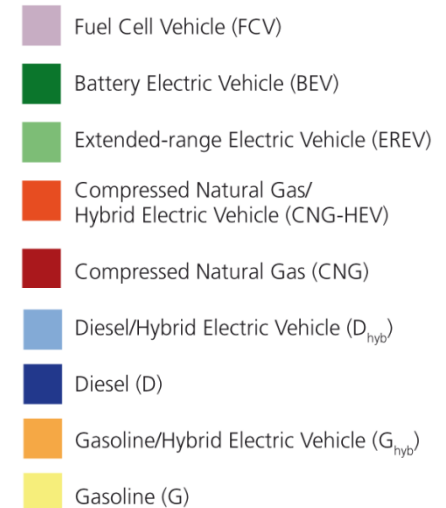
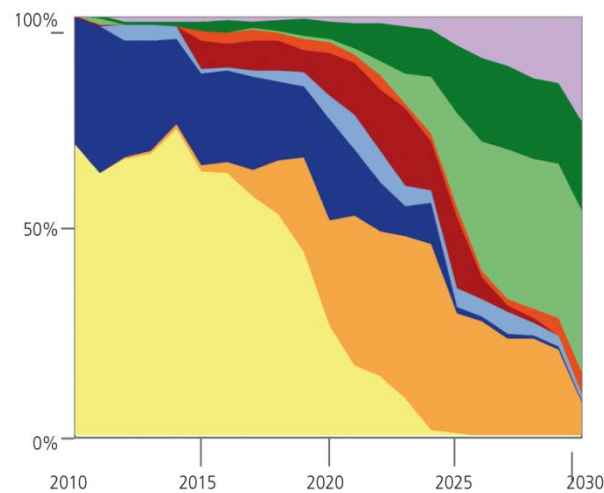
Marktdurchdringung unterschiedlicher Antriebstrangkonzeppte



Szenario 1: Basisszenario



Szenario 2: Verstärkter Klimaschutz



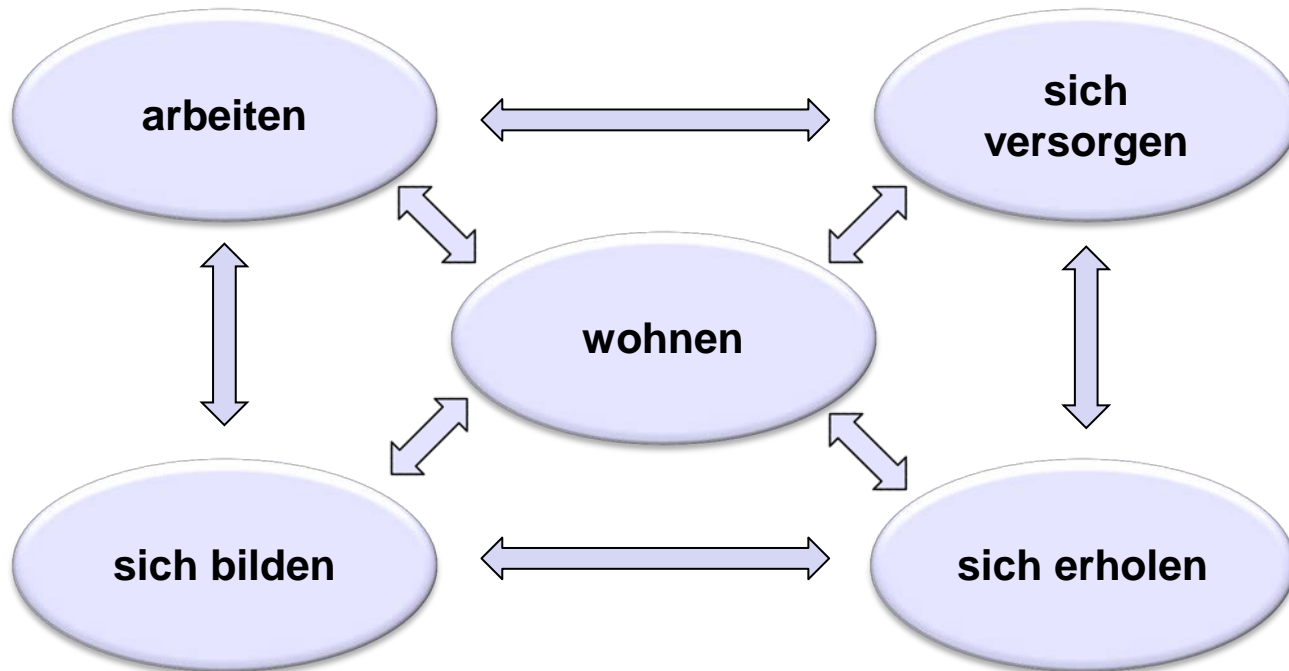
- Je nach Ausgangslage / Wahl der Szenarioparameter signifikant abweichende Ergebnisse
- Konservative Annahmen führen zu einer Dominanz hybrider Antriebe
- Klimafreundliche Annahmen resultieren in einer „elektromobilen Zukunft“



Mobilität und Verkehr – wie entsteht das?

Personenverkehr...

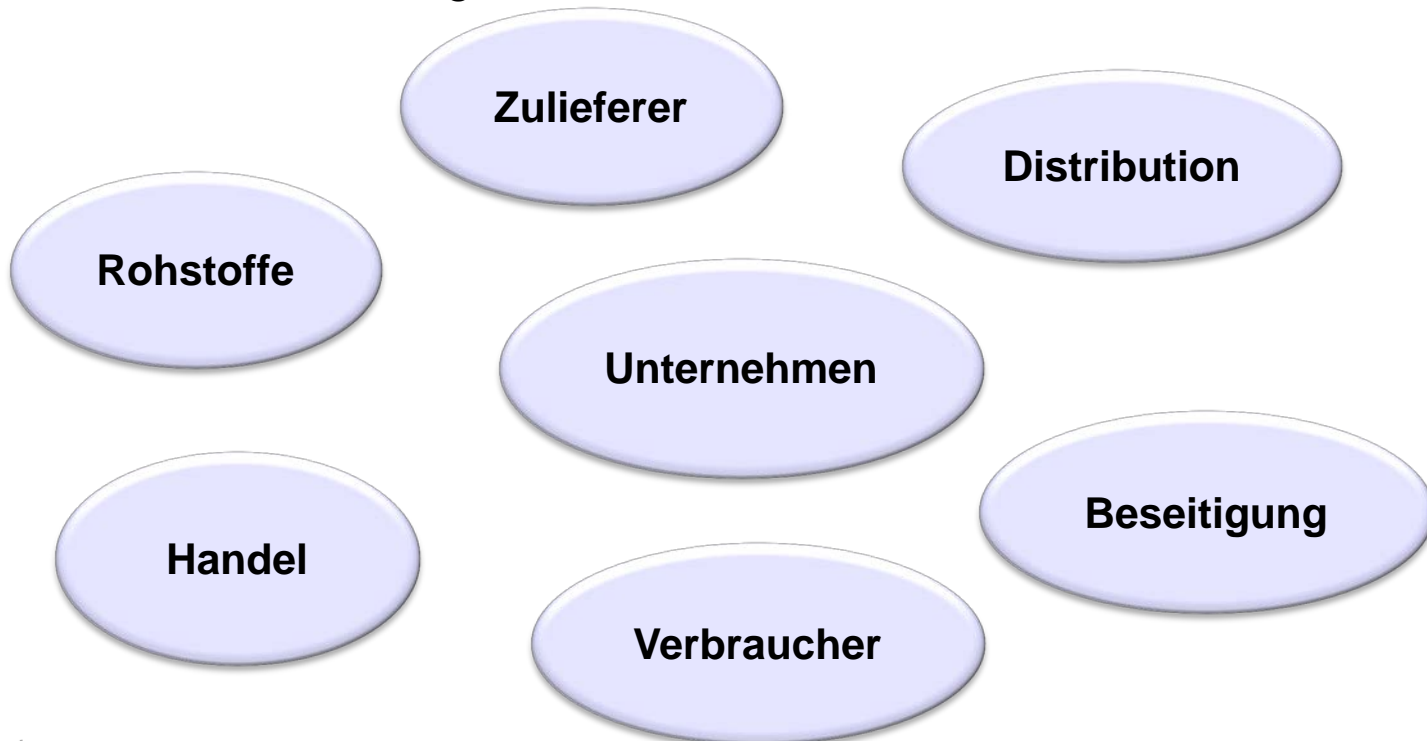
...entsteht aufgrund **außerhäusiger Aktivitäten von Menschen**:
arbeiten, sich bilden, sich versorgen, sich erholen



Mobilität und Verkehr – wie entsteht das?

Güterverkehr...

...entsteht aufgrund **wirtschaftlicher Aktivitäten von Unternehmen**:
Transport von Gütern, Transport von Personen zur Erbringung einer wirtschaftlichen Leistung



Grundbedürfnis der Bewegung

Das bedeutet:

Verkehr entsteht **nicht**, weil es Fahrzeuge und Verkehrstechnik gibt, sondern weil für Menschen und Güter in einer modernen, arbeitsteiligen Gesellschaft die Notwendigkeit der „Bewegung“ vorhanden ist.



Mobilitätsverhalten

Die Kapazitätsgrenze ist erreicht.

	MiD 2002	MiD 2008
Wege pro Person und Tag	3,3	3,4
Unterwegszeit pro Person und Tag [h:min]	1:20	1:19
durchschnittliche Wegelänge [km]	11,2	11,5
Kilometer pro Person und Tag	37	39

Quelle: infas, DLR 2010



Mobilitätsverhalten

Die Jüngeren verändern nicht nur ihr Mobilitätsverhalten.

- ▶ Mehr Zeit für Mediennutzung:
 - 18-21jährige verbringen wöchentlich durchschnittlich 14,1 Stunden im Internet.
 - 22-25jährige verbringen wöchentlich durchschnittlich 14,7 Stunden im Internet.
- ▶ Rückläufige emotionale Bindung zum Automobil (Marken); gleichzeitig werden andere Statussymbole zunehmend wichtiger
- ▶ Einschätzung des Klimawandels als großes bis sehr großes Problem durch 76 Prozent der jungen Menschen im Alter zwischen 12 und 25 Jahren → deshalb:
 - 52 Prozent wollen bewusst Energie sparen im Alltag
 - 44 Prozent wollen mehr Fahrrad statt Auto fahren (ab 18 Jahre)
 - 39 Prozent wollen sich für ein kleineres Auto entscheiden (ab 18 Jahre)

Quellen: 16. SHELL Jugendstudie, S.104, 178, 183; Bratzel 2010



Mobilitätsverhalten

Wesentliche Trends in Deutschland

- Die Kapazitätsgrenze unserer alltäglichen Mobilität ist erreicht.
- Mobilität ist nicht mehr Lebenszweck – vor allem für die Jüngeren.
- Die Gesellschaft wird älter und die SeniorInnen immer mobiler.

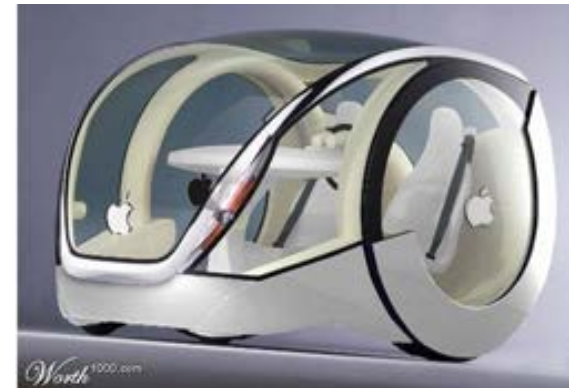


Bedarf an Elektromobilität

- Reichweite
- Ladezustandsanzeige bei elektrischen Speichern
- Gefahrenminderung bei leisem Nähern des Fahrzeugs
- Überzeugung für gesamtenergetischen Vorteil
- Effizienz, Finanzierbarkeit, Sicherheit

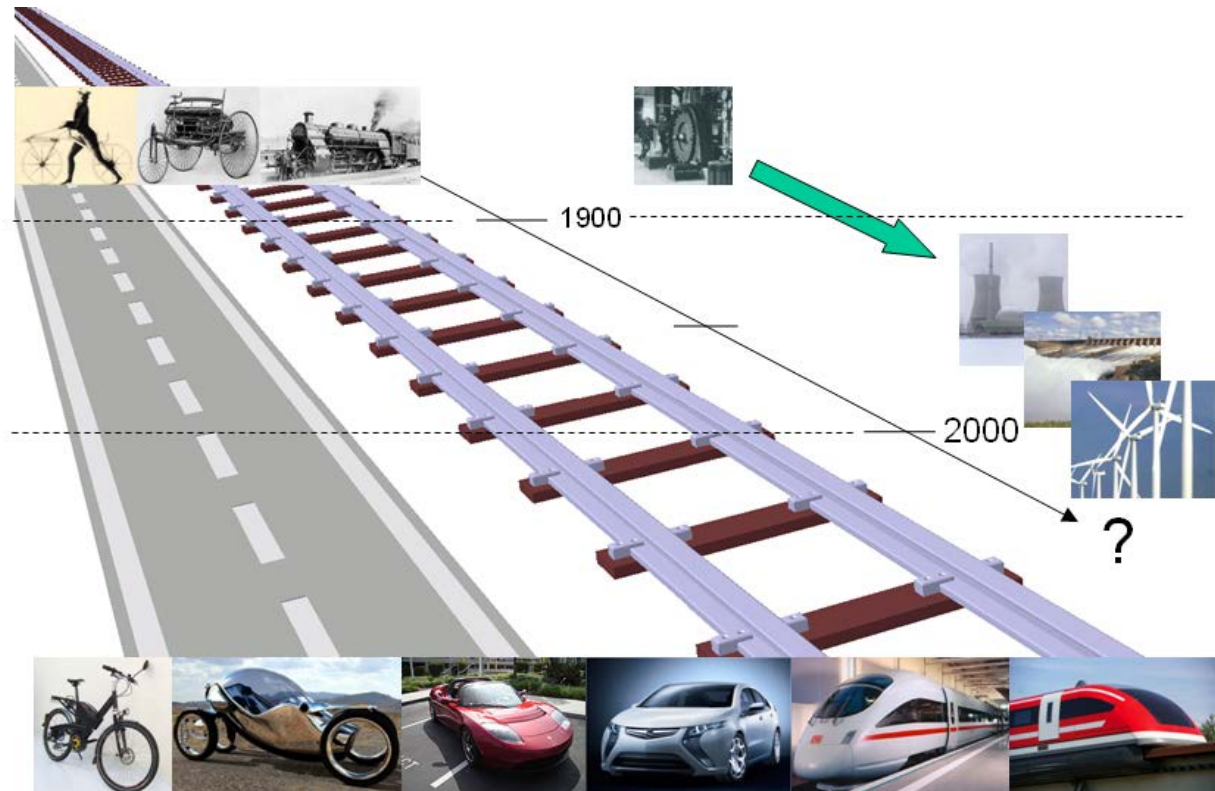
→ Überall in der belebten Natur: Bedarf und Lösung (Schloß und Schlüssel) „müssen“ zueinander passen

- Das Elektrofahrzeug im Jahr 1970 zur Ölkrise?
- Das Elektrofahrzeug 1995?
- Das Elektrofahrzeug heute?
- Das Elektrofahrzeug morgen?



Energiesystemische Betrachtung

- Bewußtsein über die Megatrends der Gesellschaft
- Gesellschaftlich hohe Bedeutung der Mobilität
- Politische und nachhaltige Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen



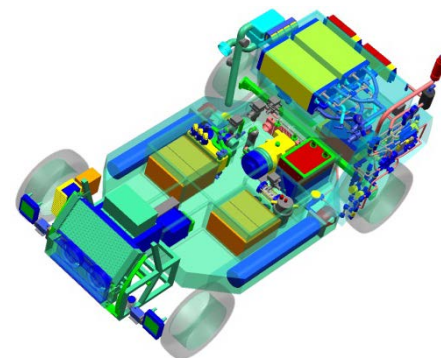
Wie kann man die Reise nachhaltig mitgestalten?

→ Energiesystemische Punkte sind zu betrachten



Energiesystemische Betrachtung

- Gesamtsystemansatz für Straßen- und Schienenfahrzeuge der Zukunft
- Erhöhung der Energieeffizienz durch Optimierung der Betriebsstrategien von Hybrid- und Elektrofahrzeugen
- Innovative Antriebskonzepte
- Nutzung ungenutzter Energieströme
- Verbesserung spezieller Energiewandlungsprozesse
- Integration neuartiger Kraftstoffketten wie Wasserstoff oder elektrische Energie
- Systemisches Zusammenführen von Technologien
- Reduzierung der Fahrwiderstände



Energiedichten

Welche Fahreigenschaften erreichen wir in der Praxis?

50 kg Benzin → 500 km

500 kg Bleibatterie → 50 km

Wie groß ist der Unterschied der Energiedichten der Speicher?

Energiedichte von Akkus, Benzin und Diesel

Energiedichte verschiedener Akkus und Kraftstoffe	Energiedichte von Akkus und Kraftstoffen in Wh pro kg
Blei-Säure-Akku (2009)	35
Ni-MH-Akku (2009)	90
Li-Ionen-Akku (2009)	130
Li-Ionen-Akku (2015)	150
Li-Ionen-Akku (2020)	200
Benzin	12.800
Diesel	11.800
Wasserstoff	800
Methanol	6370



Klimatisierungsbedarf



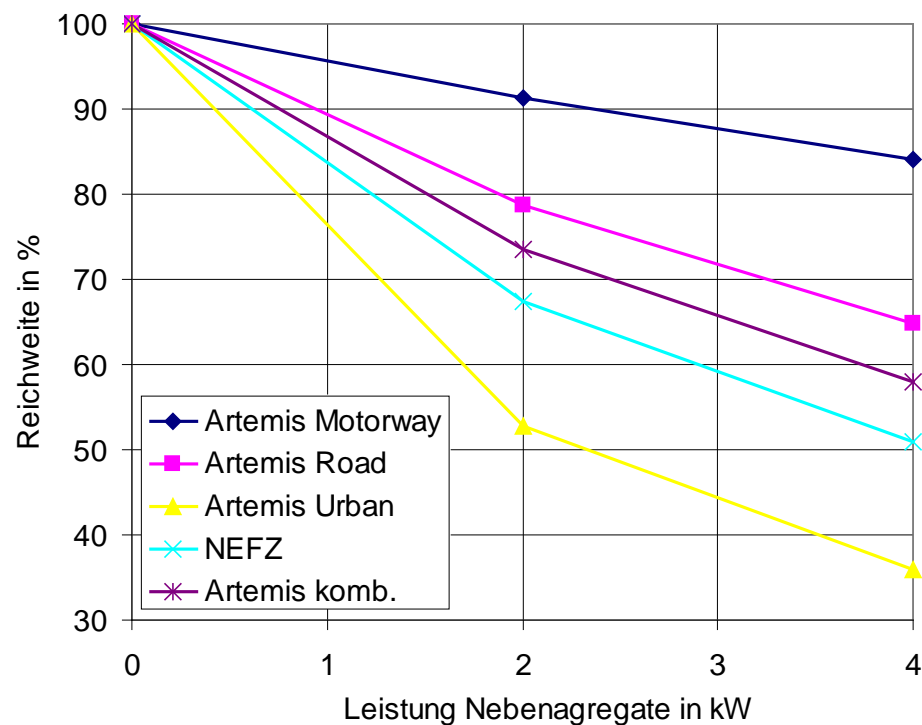
- Kompaktklasse-Fahrzeug ca. 1750 kg
- Elektrischer Antrieb 90 kW
- Batterie 46 kWh

Energiedichte 80 Wh/kg

Genutzte Kapazität 80 %

„Man fährt mit einem Elektrofahrzeug dann los, wenn bei einem heutigen Fahrzeug die Reserveleuchte aufzuleuchten beginnt.“

„Im Winter fährt man bei Deckung des Heizbedarfs aus der Batterie dann nur noch halb so weit.“



Klimatisierungsaufwand

1. Wärmepumpe
 2. Infrarotstrahler
 3. Flächenstrahlungsheizung
- Nutzung der Triebstrangabwärme**
4. auf hohe Temperaturen optimieren
 5. separate Kühlkreisläufe

Verbesserung des Kältemaschinenprozesses

6. Expansionsmaschine statt Drosselventil
7. Drehzahlvariable Kältemittelverdichter
(Stand der Technik)
8. Erhöhung der Verdampfertemperatur
(größere Flächen)

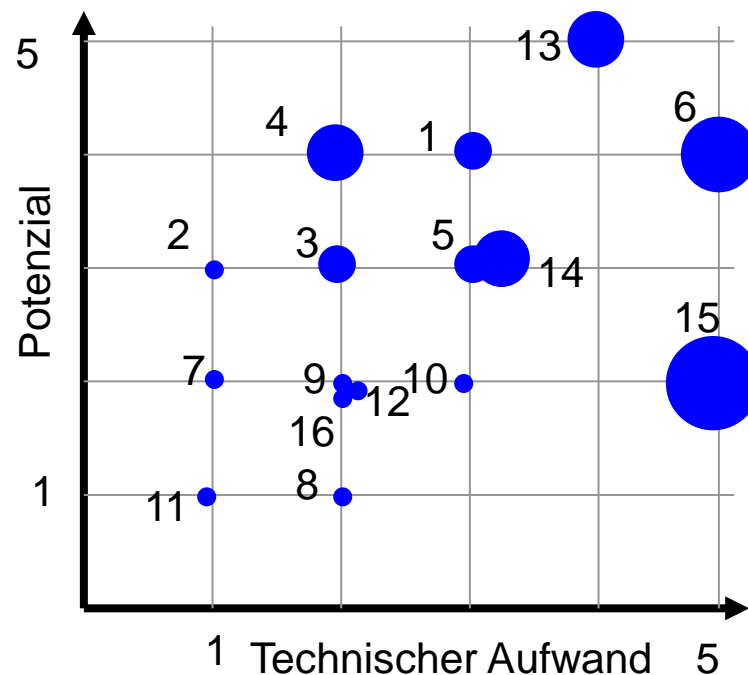
Nutzung von Solarenergie

9. Photovoltaik
10. Solarthermie

Elektrothermische Wandler

11. PTC
12. Peltier

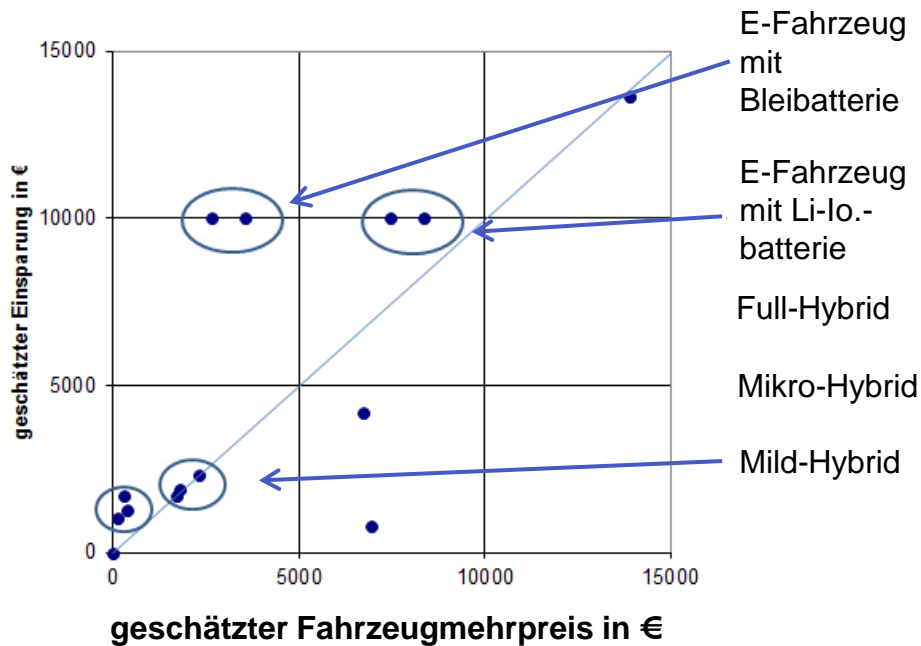
13. Brennstoffzelle als APU
14. Verdunstungskühlung
15. Thermischer Verdichter
(Ab-/Adsorptionskältemaschine)
16. Heatpipetechnologie



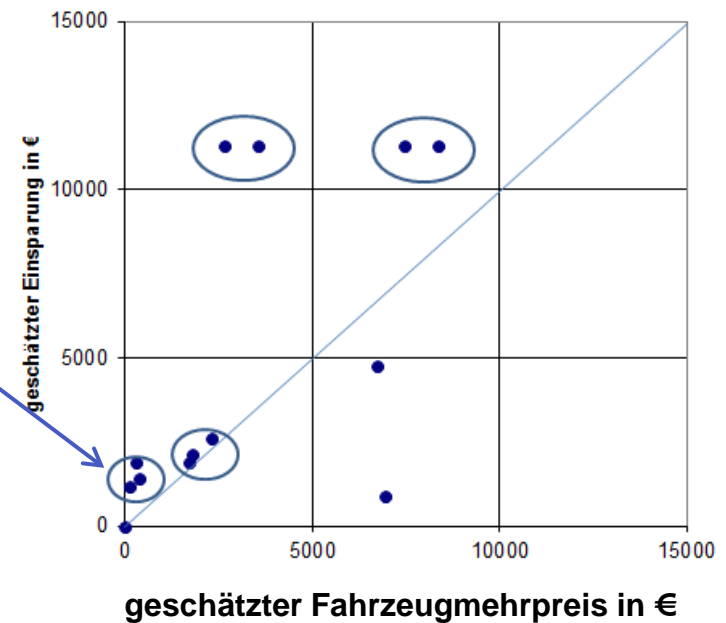
Elektrifizierungsaufwand

Wirtschaftlichkeit unter gleichen Bedingungen? → geht nicht

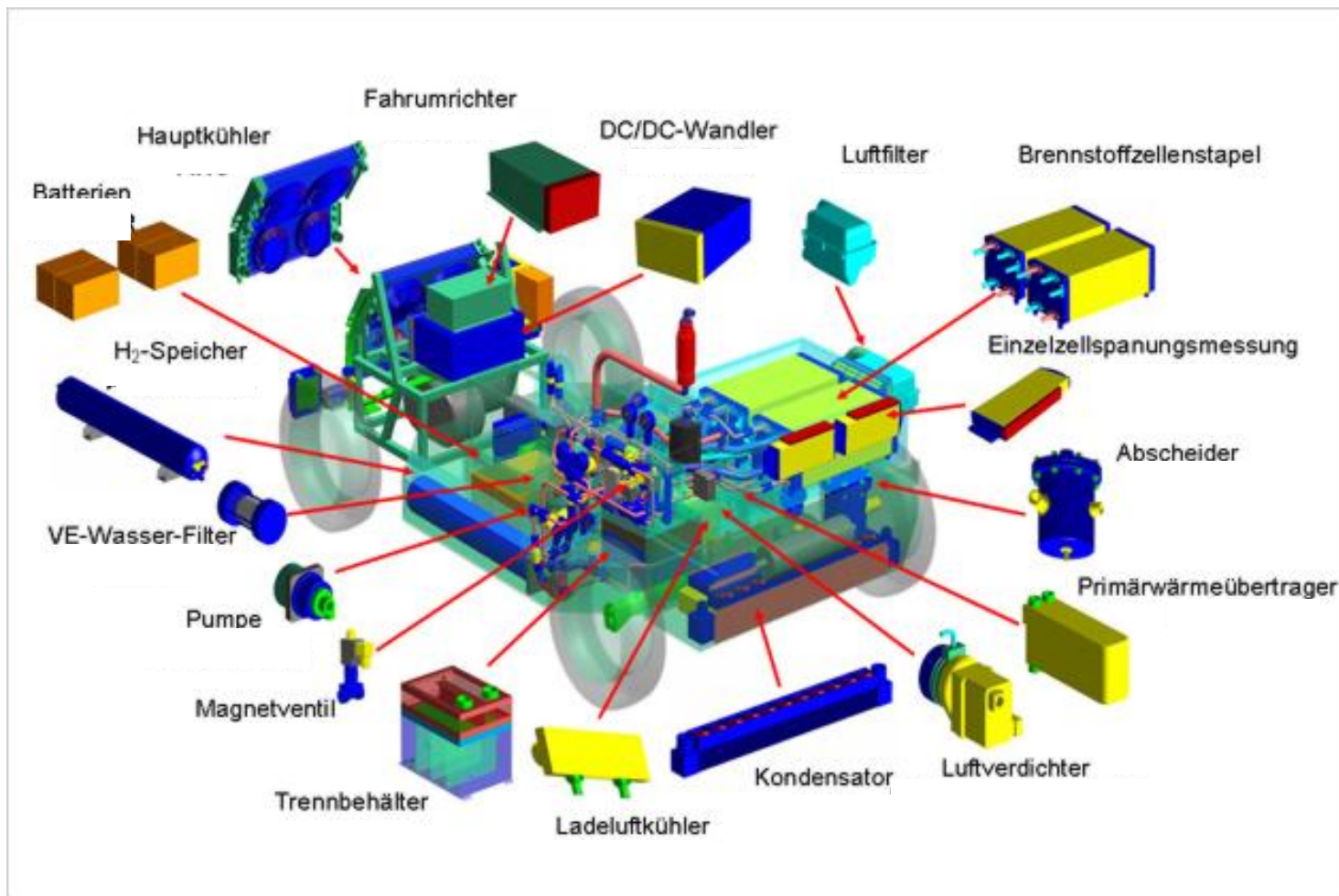
geschätzter Vorteil bei 1,5 €/l und 0,22 €/kWh



geschätzter Vorteil bei 1,7 €/l und 0,25 €/kWh



Neue Fahrzeugkomponenten



Abschaltautomatik

Der Golf III Ecomatic, der 1993 debütiert, transportiert die bis dahin gesammelten technischen Erkenntnisse in die Serie. Er kombiniert einen 1,9-Liter-Saugdiesel, der 47 kW (64 PS) leistete, mit einem halbautomatischen Fünfganggetriebe, dessen Kupplung pneumatisch betätigt wird. Die Schwung-Nutz-Automatik deaktiviert den Motor gezielt, um den Verbrauch zu reduzieren. Der Durchschnittsverbrauch beträgt nur 4,9 Liter Diesel pro 100 km.

1993



1995 Golf-Ecomatic mit Abschaltautomatik

Heute Stand der Technik

Optimierung der Abschaltzeit möglich mit Schwungstarter-Generator



Hybridfahrzeug von 1989



E VON GESTERN

Ob Elektro- oder Hybridantrieb: Ist doch alles schon mal dagewesen. So präsentierte Audi bereits auf der IAA 1989 einen Pionier der Hybridtechnik, den Duo. Ein Wiedersehen mit der Zukunft von gestern.

Audi Duo auf der IAA 1989: Im Vordergrund entblößen sich seine beiden Antriebe. Der zylindrische E-Motor (gelb) gibt die Kraft von 54 NC-Akkus an die Hinterräder



Beispiel Lebenslauf eines Elektrofahrzeuges von 1994 bis heute



Elektrofahrzeug von 1994 (Neuzustand)

Basic vehicle	Audi 100
Weight when empty, ready to drive incl. batteries	1870 kg
Total allowable weight	2350 kg
Seats	5
Rated power	18 kW
Peak power	32 kW
Maximum torque	100 Nm
Maximum speed	110 km/h
Consumption	around 25 kWh/100 km in urban traffic (equivalent to about 3 l of gasoline)
Heating system	gasoline-driven heater (tank capacity 5 l)
Electrical equipment	
Drive	Motor synchronous motor 1 FV5 104
	Converter IGBT inverter 6SV1044
Cooling medium	water
Gearing	standard five-speed gearbox
Transmission	front-wheel drive
Drive battery	lead/gel battery
	- Rated voltage 228 V
	- Capacity 70 Ah or 16 kWh
	- Weight 570 kg
Battery charger	- Charging power max. 2.5 kW
	- Charging time max. 16 h with batteries fully empty
Range	50 – 70 km

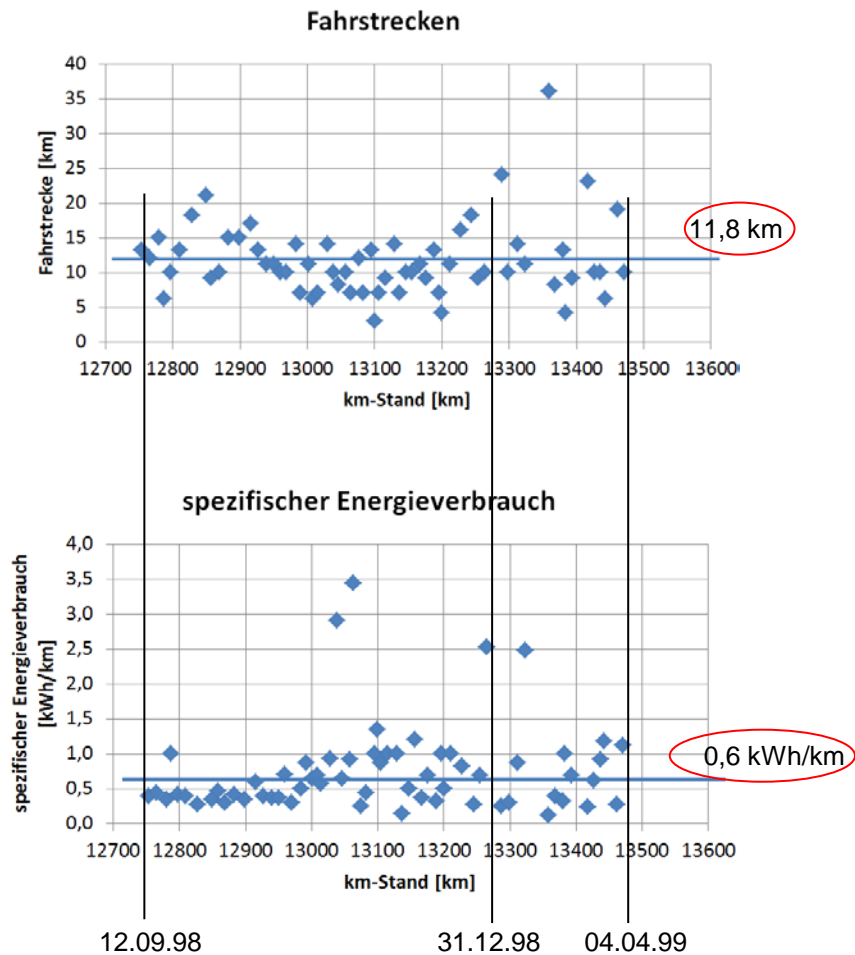
Zero-Emissions Transport to Your Appointment



At the Siemens Research Center
Erlangen



Elektrofahrzeug von 1994 (nach 4 Jahren)



- Energiekosten mit Bleibatterie
ca. $0.6 \text{ kWh/km} * 0,22 \text{ €/kWh} = 0,13 \text{ €/km}$
- (gleich Benzinkosten bei
ca. $8 \text{ l/100 km} * 1,6 \text{ €/l} = 0,13 \text{ €/km}$)
- Zusätzlich Benzinverbrauch für Heizung:
ca. 3 l/100 km



Elektrofahrzeug von 1994 (nach 16 Jahren)

Spritpreise sind ihm egal

Roland Gaber fährt einen Audi 100, dem er selbst einen Elektromotor eingebaut hat

Das Thema

Wir suchen Nordhessens besten Schrauber! Haben Sie aus einer Rostlaube einen glänzenden Oldtimer gemacht? Oder aus einem Allerweltsauto einen Hingucker? Wir stellen Ihre Autos vor, unsere Leser wählen dann „Nordhessens besten Schrauber“. Das Fahrzeug wird bei den Schraubertagen im April im Einkaufszentrum Dez ausgestellt.

VON SEBASTIAN SCHAFFNER

KASSEL/KÖRLE. Elektroautos gehört die Zukunft. Das sagen inzwischen fast alle Fahrzeughersteller und präsentieren seit Jahren ihre umweltfreundlichen Studien auf Automessen. Allerdings gibt es die nahezu emissionsfreien Fahrzeuge noch nicht serienmäßig zu kaufen.

Elektroautos gehört die Gegenwart. Das sagt Roland Gaber - seit 23 Jahren. Der 52-jährige Ingenieur aus Körle (Schwalm-Eder-Kreis) hat anstatt des sprichwörtlichen Benzins Batteriesäure im Blut. Schon 1987 stellte er in Kassel erstmals ein Automobil auf Elektroantrieb um, arbeitete als Entwicklungsingenieur für den Prototypenbau von Elek-

trofahrzeugen bei Siemens und ist inzwischen beim Fraunhofer Institut in Kassel für Elektromobilität zuständig. 1994 erhielt er bei Siemens den Auftrag, drei Audi 100 in Elektroautos zu verwandeln. In Kooperation mit dem Ingolstädter Hersteller wurde das Getriebe, das im Kasseler VW-Werk gebaut wurde, ausgetauscht, die Achsen und Federn verstärkt - den Elektroantrieb baute Gaber dann selbst ein.

Nachdem die weltweit einmaligen Prototypen fast fünf Jahre im Siemens-Fuhrpark gefahren sind, wurden sie 1998 verkauft. Einen sicherte sich Gaber, der Vater der Elektro-Audis, selbst. Wenn er auch im Rahmen seiner beruflichen Tätigkeit die automobi-

len Stromer konstruiert hat, „geistig und handwerklich stammt das Umbaukonzept von mir“, sagt er nicht ohne Stolz. Seit zwölf Jahren fährt er den Audi privat und spart sich nicht nur manchen Werkstattbesuch, denn der Elektromotor soll zu 100 Prozent wartungsfrei sein. „Auch Spritpreise sind mir wurscht“, sagt Gaber vergnügt, der den Elektro-Audi zu Hause an seiner Stromtankstelle auftankt. Den Strom gewinnt er aus Solarzellen, denn Gabers Motto lautet: „Wer ein E-Fahrzeug fährt, sollte auch den Strom erzeugen.“

Das Auftanken ist verblüffend einfach: Stecker in die Steckdose - fertig. „Deshalb sind Autos für mich Haushaltsgeräte“, sagt Gaber, dessen Familie ebenfalls nur Elektroautos fährt. Seine weiße Limousine wird von 19 Blei-Batterien angetrieben, die sich unter der Motorhaube und im Kofferraum befinden. Mit einer Leistung, die 120 PS entspricht, und Höchsttempo 160 muss sich der Audi trotz veralteter Akkus nicht vor Verbrennungsmotoren verstecken. Ist das Auto aufgeladen, reicht die Energie für etwa 50 Kilometer. Dem Schrauber genügt



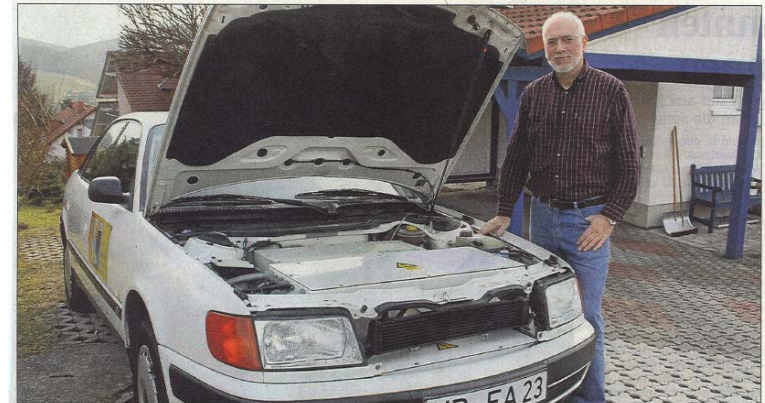
Solartankstelle: Spritpreise machen Gaber nichts aus. Er tankt zu Hause eigenen Strom.

das, um zur Arbeit zu fahren. Dort kann er sein Fahrzeug, das umgerechnet auf 100 Kilometern etwa drei Liter Benzin verbraucht, an der Steckdose wieder aufladen.

„Ich grinsse immer über Ankündigungen von Opel oder VW, dass jetzt das Elektroauto kommen soll“, sagt er. Dabei hätten die Hersteller bereits seit Anfang der 1990er-Jahre die Entwürfe in der Schublade, ist sich der Techniker vom Fach sicher. „E-Autos sind politisch nicht gewollt“, vermutet Gaber. Deshalb hat er sich sein eigenes gebaut.

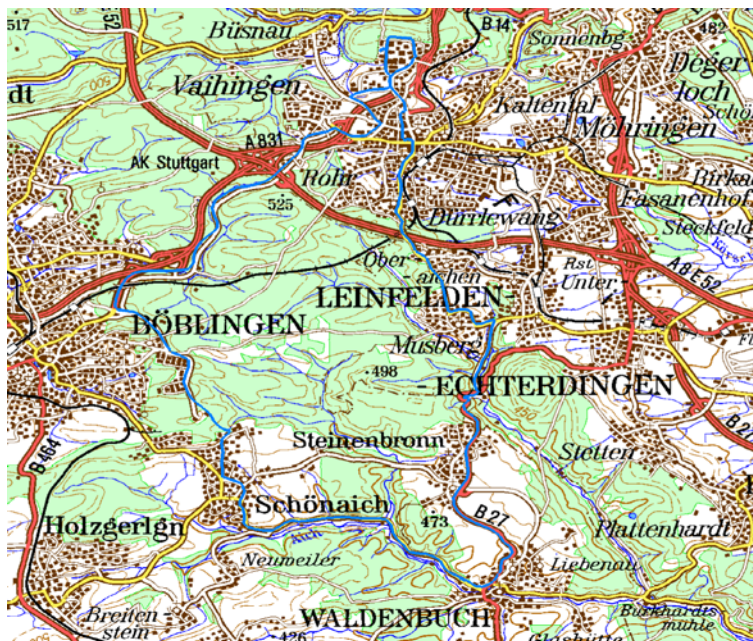
Stadtteile

HNF, 31.3.2010



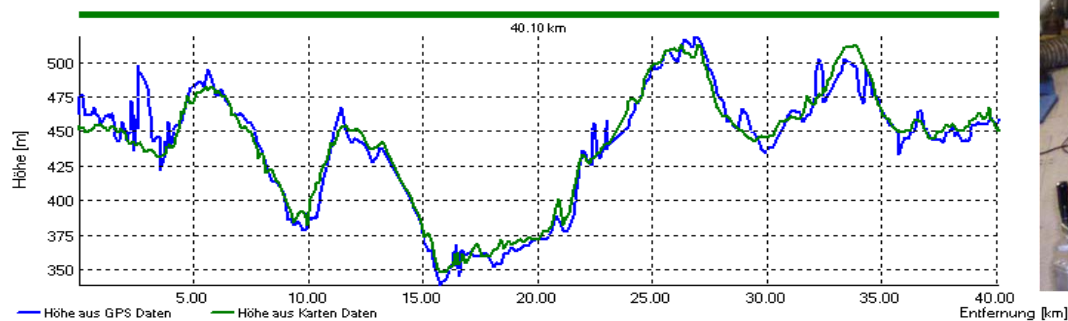
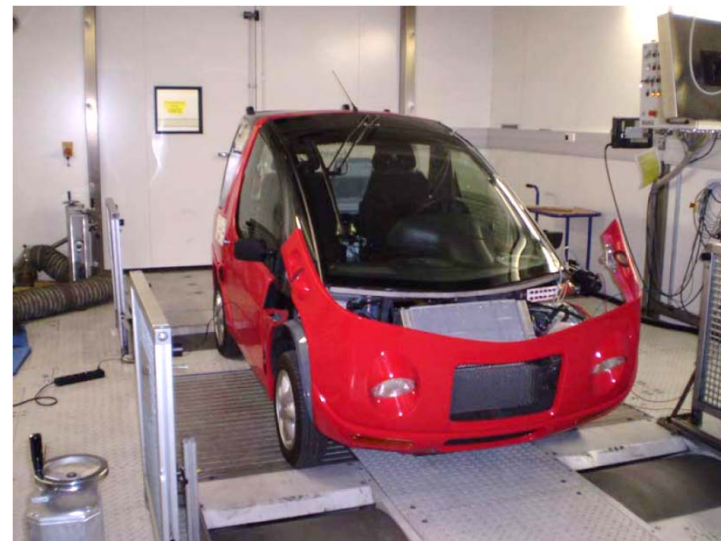
Schrauber unter Strom: Beruflich dreht sich im Leben von Ingenieur Roland Gaber aus Körle alles um die Elektrotechnik. Für Siemens bestückte er 1994 drei Audi 100 mit Elektromotoren. Einen der weltweit einzigartigen Prototypen fährt er heute privat. Fotos: Schaffner

Elektrofahrzeug



Rollenprüfstand: NEFZ mit Rekuperation

Spezifischer Verbrauch	12,373 kWh/100 km
Strecke	10,666km
Gesamte Energie	1,270kWh
Leistung	3,875kW
Energieverbrauch beim Fahren	1,425kWh
Energierückgewinnung durch Reku.	0,155kWh



Fazit

Fahrzeuge bedienen nicht das Bedürfnis nach Verkehr, sondern der Verkehr stellt das Bedürfnis der Bewegung in einer arbeitsteiligen Gesellschaft zufrieden.

Es besteht in Deutschland eine rückläufige emotionale bzw. statussymbolisierende Bindung zum Automobil.

Elektrofahrzeuge bieten aufgrund der geringeren Energiedichten der Speicher noch keinen gleichwertigen Ersatz für brennkraftmaschinenbetriebene Fahrzeuge.

Elektrofahrzeuge haben ihre Berechtigung dort, wo sich die vorteilhaften Eigenschaften der elektrischen Antriebe auswirken und die nachteiligen des Verbrennungsmotors vermieden werden können, das ist hauptsächlich im Stadtverkehr.

→ **Die herausfordernden Eigenschaften bleiben weiterhin:
effizient – umweltfreundlich - finanzierbar – sicher**



Ausblick

Vernetzung von Individualverkehr und öffentlichem Verkehr wird enger.

Car-Sharing-Konzepte werden attraktiver.

Es werden vielfältige Antriebskonzepte nebeneinander bestehen.

Die Energieversorgungs-Infrastruktur wird ausgebaut werden.

Batteriebetriebene Fahrzeuge werden hauptsächlich im Stadtverkehr fahren.





DLR

**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.**
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Institut für Fahrzeugkonzepte

