



# Elektrische Mobilität in Österreich: Voraussetzungen und Machbarkeit

## Energiegespräche Technisches Museum Wien, 7. Oktober 2008

# **EAEW**

*Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft*

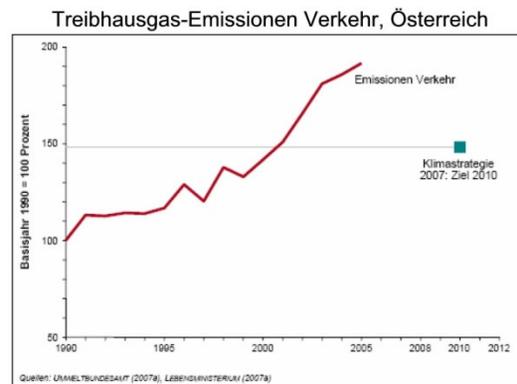


- Gründe für Elektromobilität
- Vorhandene Fahrzeugentwicklungen
- Energie- und Leistungsbereitstellung
- Herausforderungen und Ausblick

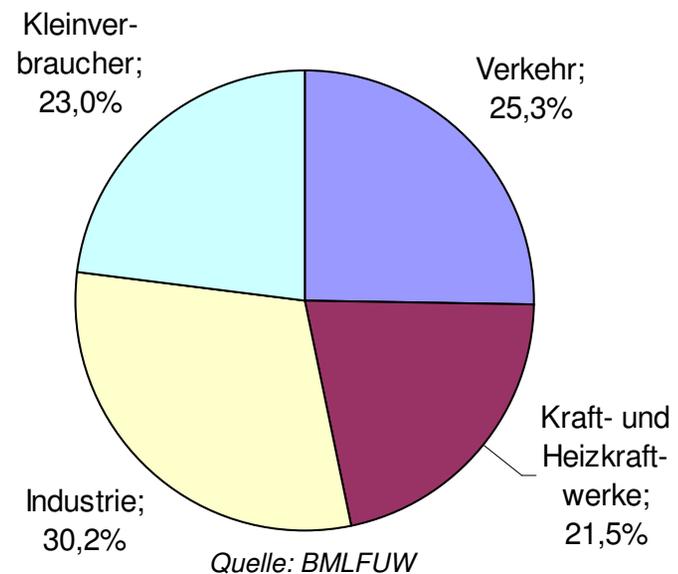


## Problematik der Ist-Situation

- ▶ Umweltbelastungen (Schadstoffe: HC, NO<sub>x</sub>, PM, CO, SO<sub>2</sub>)
- ▶ Klimaverändernde Effekte (CO<sub>2</sub>, ...)
- ▶ Abhängigkeit von Importen und von anderen Ländern (politisch, preislich, Versorgungssicherheit)
- ▶ hoher Energieverbrauch
- ▶ Stau, Parkplatzmangel, verbrauchte Fläche

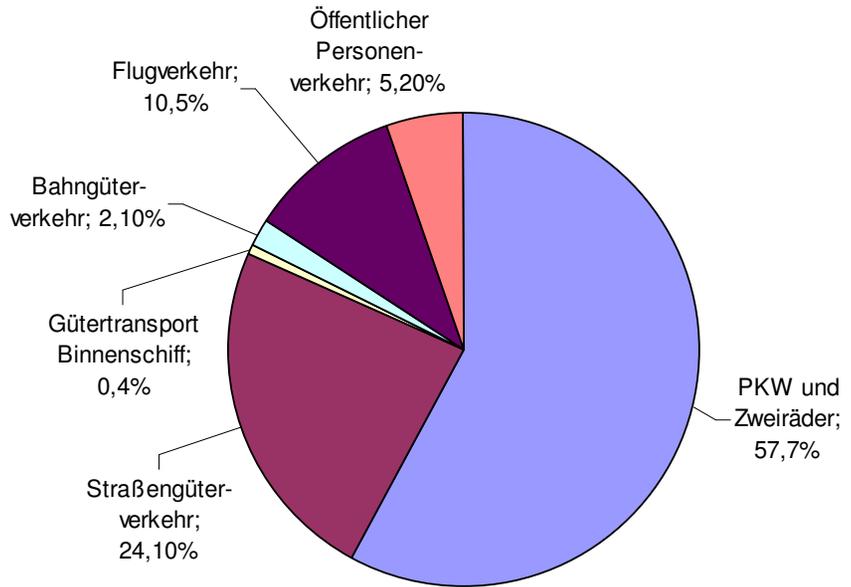


CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Sektoren



## Problematik und Ist-Situation

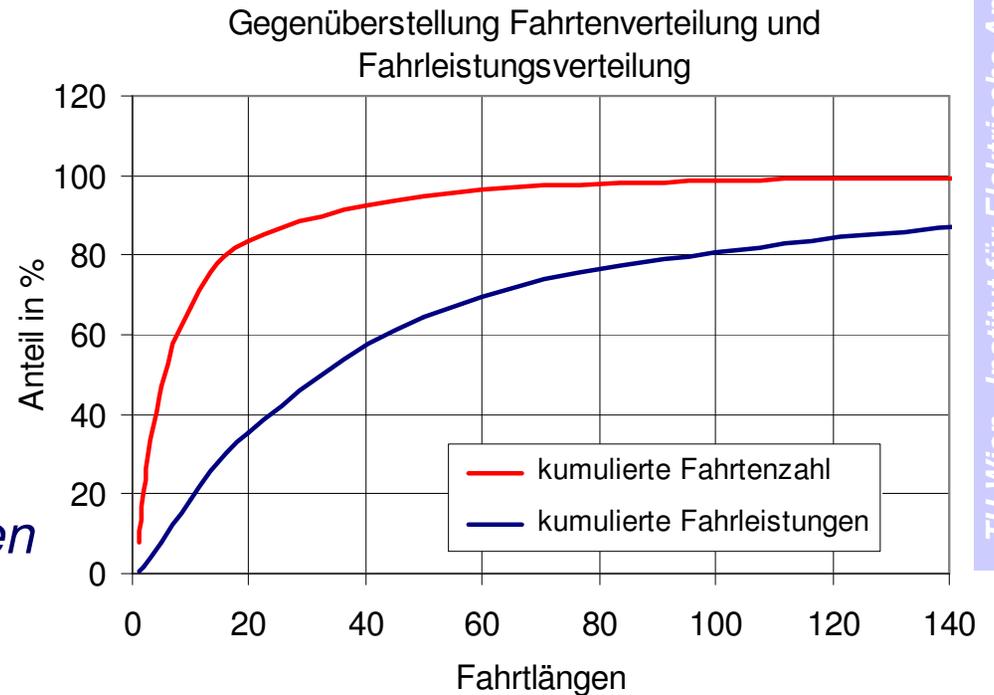
Energieverbrauch im Verkehrssektor nach Transportmittel



Quelle: BMLFUW

*knapp 60% des Energieverbrauchs im Verkehrssektor durch PKW*

*Unterscheidung zwischen Fahrtenverteilung und Fahrleistungsverteilung*



## Elektrische Fahrzeuge



- bis zu dreifache Effizienz von herkömmlichen Fahrzeugen
- keine Emissionen vor Ort, geringer Geräuschpegel
- geringe Betriebskosten
- Möglichkeit der Nutzung erneuerbarer Energien

### Unterscheidung:

#### Bauart

- Conversion Design
- Purpose Design

#### Grad der Elektrifizierung

- Rein elektrisch (BEV)
- Hybrid elektrisch (HEV)
- Plug-In Hybridelektrisch (PHEV)
- Brennstoffzellenfahrzeuge (FCEV)

# Historie von Elektrofahrzeugen



i MiEV Switch:  
Li-Ion Battery, 16 kWh  
160 km Reichweite  
Verbrauch 10 kWh/100 km

**EAEW**



1975 Electric Postal Vehicle



1971 Batronic Truck



1902 Wood's Electric Phaeton

Smart-EV, Mitsubishi, Citroen, Renault, Subaru, ...

- Conversion Design
- Purpose Design

TU Wien - Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft

1900 ... 1970 ... 2000

## Vorhandene Produktpalette

### Smart ev

30 kW  
12 kWh/100km  
112 km/h  
80-115 km



### iMiEV Switch

20-47 kW  
10 kWh/100km  
160 km/h  
160 km



### Renault Kangoo

30 kW  
17 kWh/100km  
100 km/h  
80 km



### Panda Elettrica

36 kW  
15 kWh/100km  
110 km/h  
130 km



### Th!nk

17 kW  
16 kWh/100km  
180 km



### Hyundai Getz

40 kW  
120 km/h  
120 km

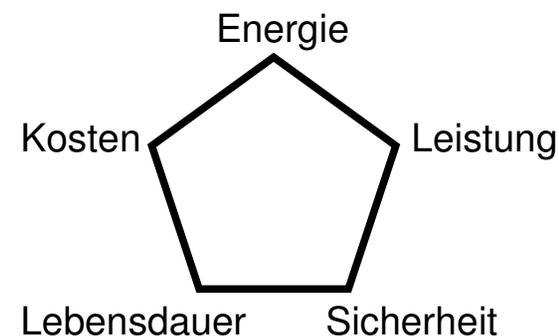




## Speichertechnologien

### *Wesentliche Parameter:*

- Zellenspannung
- **Leistungs- und Energiedichte**
- **Zyklusfestigkeit**
- Umweltverträglichkeit
- Langzeitspeicherfähigkeit
- Tieftemperaturverhalten
- Sicherheit



### *Zahlreiche Hersteller:*

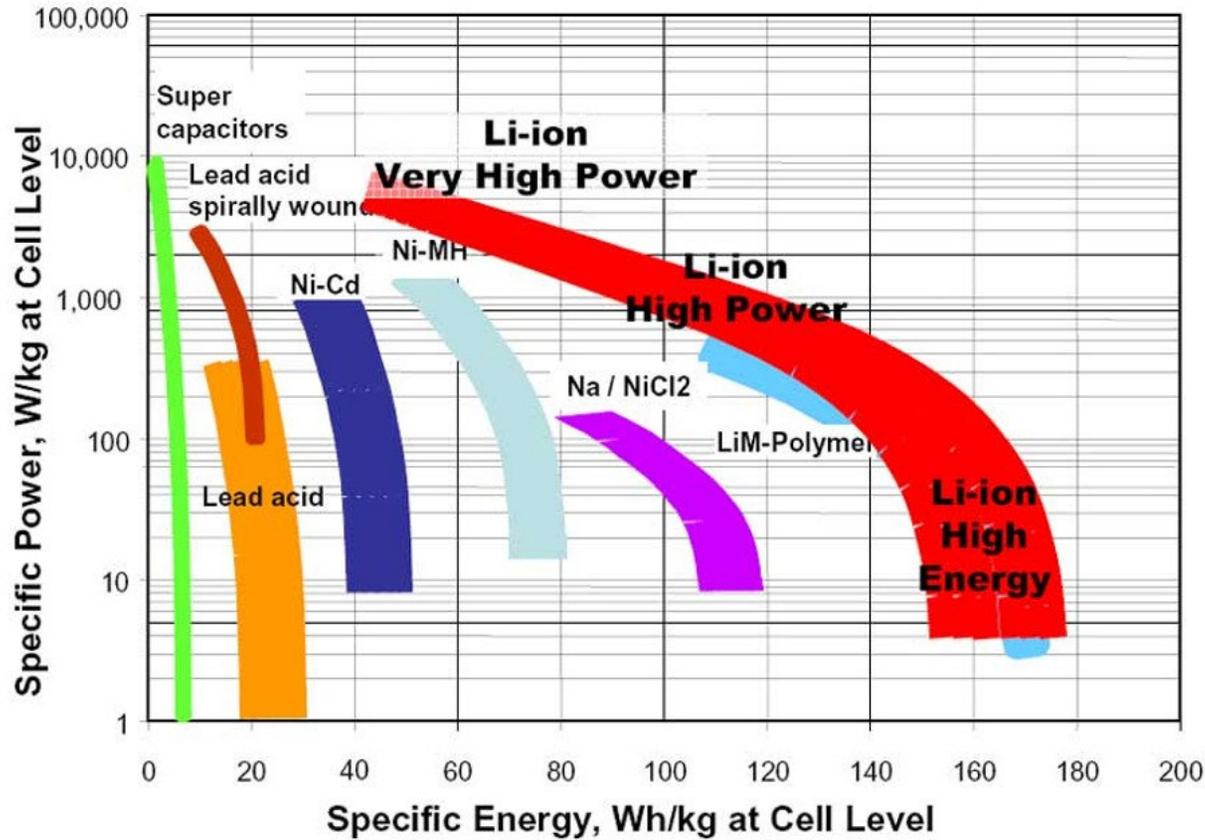
JCS (Johnson Control – Saft, Kokam, A123 Systems, Altairnano, Varta, Sanyo, Gaia)

# Speichertechnologien



## Leistungs- und Energiedichten

Beschleunigung



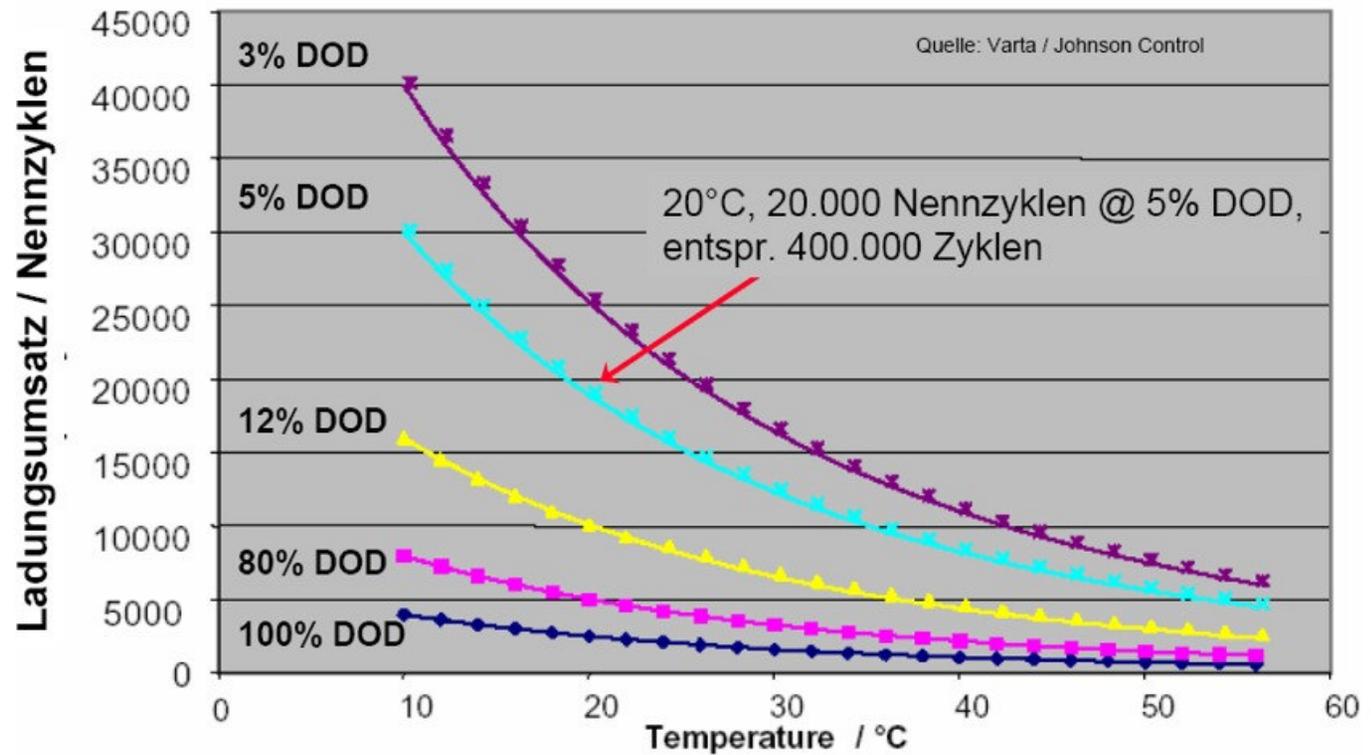
Reichweite

Zielwerte: > 1000 kW/kg; >200 kWh/kg; 300-450 €/ kWh

## Wichtige Parameter von Batterien

### ➤ Zyklenfestigkeit

(Ziel: 250.000 km, 15 Jahre)



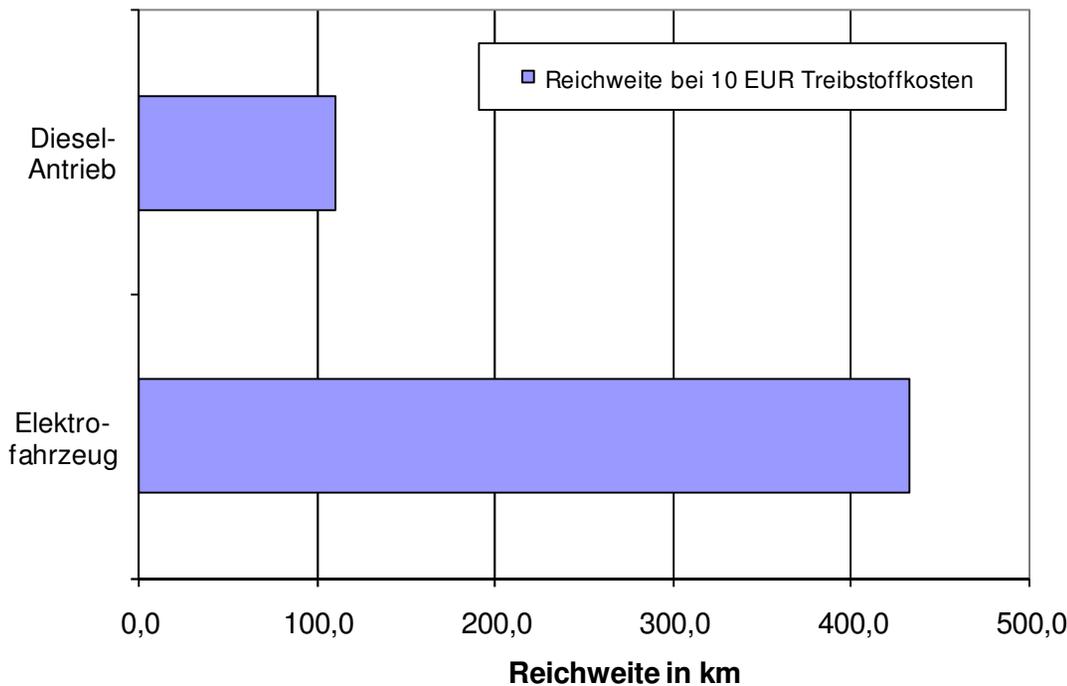
### ➤ Kosten

(Ziel: 300 ... 450 EUR/kWh)



# Betriebskostenvergleich „Treibstoff“

Vergleich der Reichweiten unterschiedlicher Treibstoffe



### Treibstoff Diesel

Kosten 1,3 EUR/Liter  
 Verbrauch 7,0 Liter/100 km

### Gespeicherte Elektrische Energie

Bezugskosten 0,16 EUR/kWh  
 Verbrauch (inkl. Nachladung) 14,4 kWh/100 km

*Vierfache Reichweite von Elektrofahrzeugen als von konventionellen Fahrzeugen bei reinem Treibstoffkostenvergleich.*

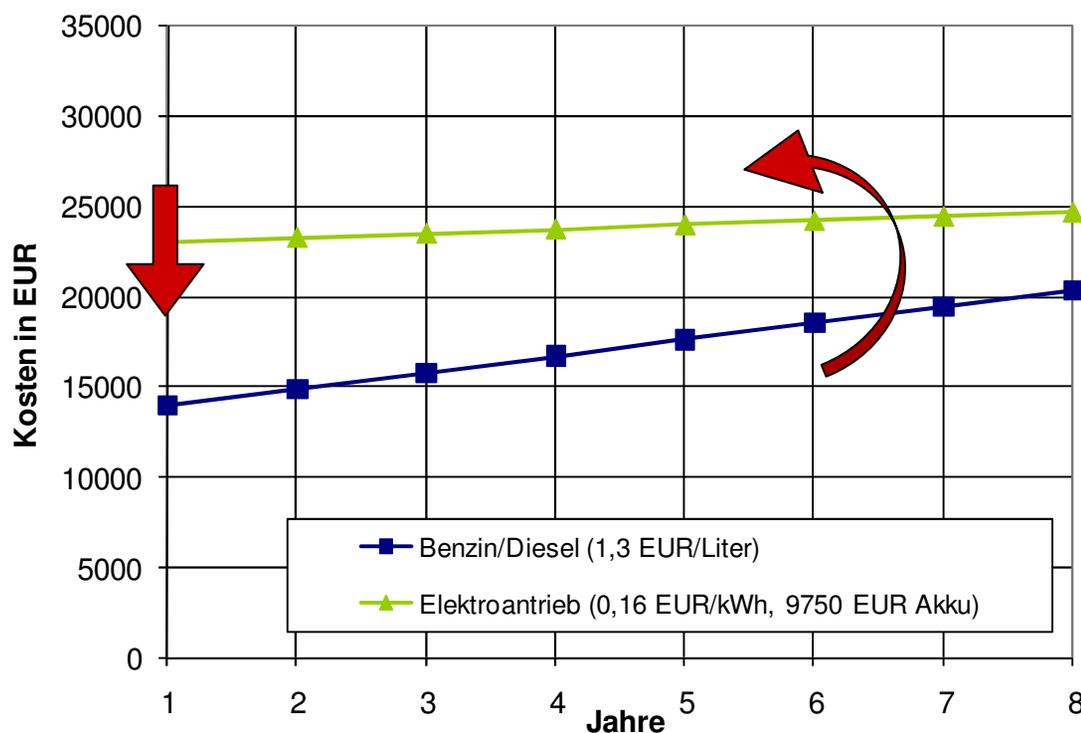


# Gesamtkostenvergleich heute

*Anschaffung Fahrzeug + Batterie + elektrische Energie*

*Anschaffung Fahrzeug + Treibstoff*

Vergleich kumulierter Kosten - heute (2008)



Fahrzeugkosten exkl. Batterie

13.000 EUR

Jahresfahrleistung

10.000 km

Treibstoff Diesel

Kosten

1,3 EUR/Liter

Verbrauch

7,0 Liter/100 km

Gespeicherte Elektrische Energie

Bezugskosten

0,16 EUR/kWh

Verbrauch (inkl. Nachladung)

14,4 kWh/100 km

Akkugröße

15 kWh

Spez. Akkukosten

650 EUR/kWh

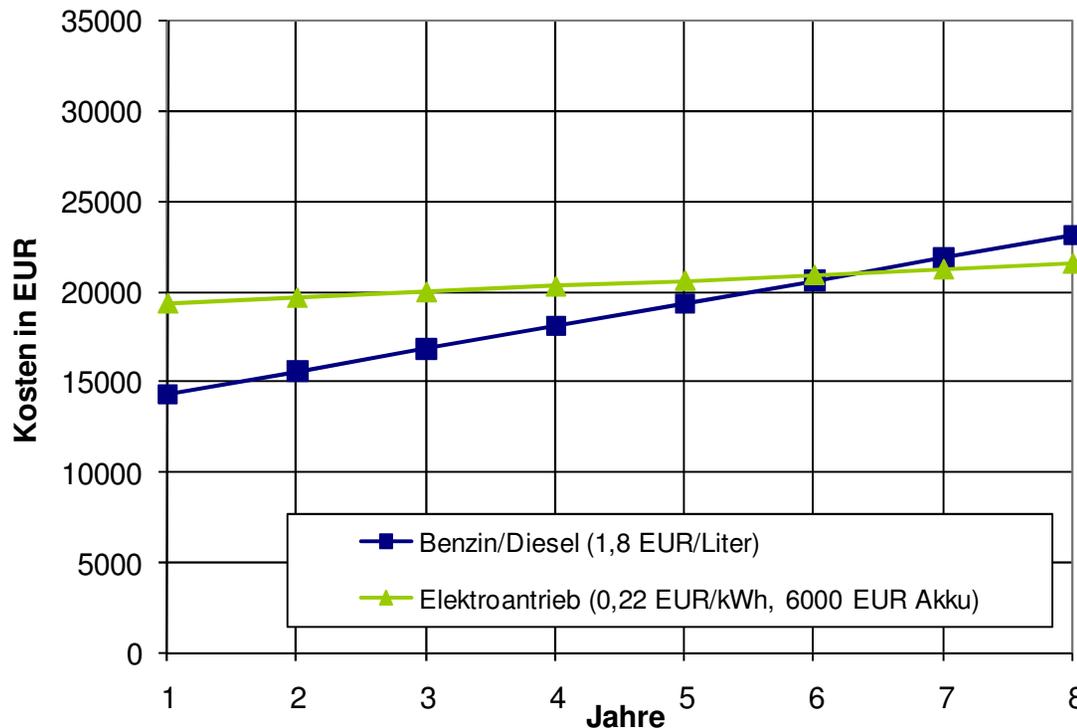


## Gesamtkostenvergleich zukünftig

*Anschaffung Fahrzeug + Batterie + elektrische Energie*

*Anschaffung Fahrzeug + Treibstoff*

Vergleich kumulierter Kosten - zukünftiges Szenario



Fahrzeugkosten exkl. Batterie

13.000 EUR

Jahresfahrleistung

10.000 km

Treibstoff Diesel

Kosten

1,8 EUR/Liter

Verbrauch

7,0 Liter/100 km

Gespeicherte Elektrische Energie

Bezugskosten

0,22 EUR/kWh

Verbrauch (inkl. Nachladung)

14,4 kWh/100 km

Akkugröße

15 kWh

Spez. Akkukosten

400 EUR/kWh



# Gesamtkostenvergleich heute (Leasingmodell)

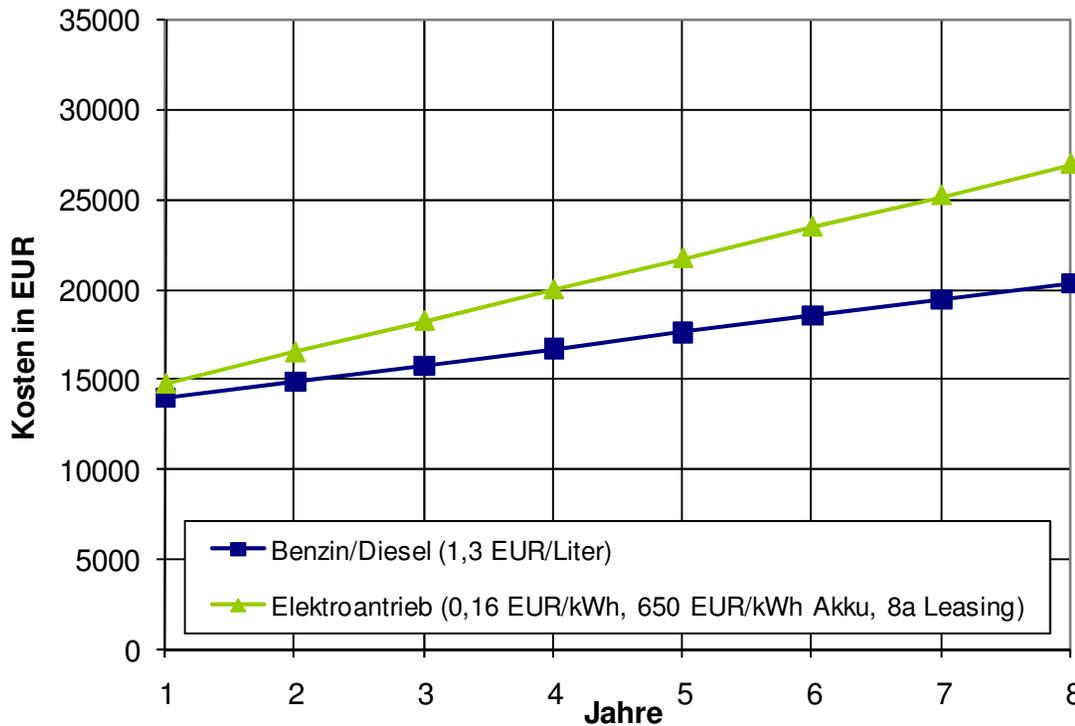
*Anschaffung Fahrzeug + Leasing der Batterie + el. Energie*

*Anschaffung Fahrzeug*

+

*Treibstoff*

Vergleich kumulierter Kosten - heute (2008)



Fahrzeugkosten exkl. Batterie

13.000 EUR

Jahresfahrleistung

10.000 km

Treibstoff Diesel

Kosten

1,3 EUR/Liter

Verbrauch

7,0 Liter/100 km

Gespeicherte Elektrische Energie

Bezugskosten

0,16 EUR/kWh

Verbrauch (inkl. Nachladung)

14,4 kWh/100 km

Akkugröße

15 kWh

Spez. Akkukosten

650 EUR/kWh

Leasingdauer

8 Jahre

Zinssatz

5 %



# Gesamtkostenvergleich zukünftig (Leasingmodell) **EAEW**

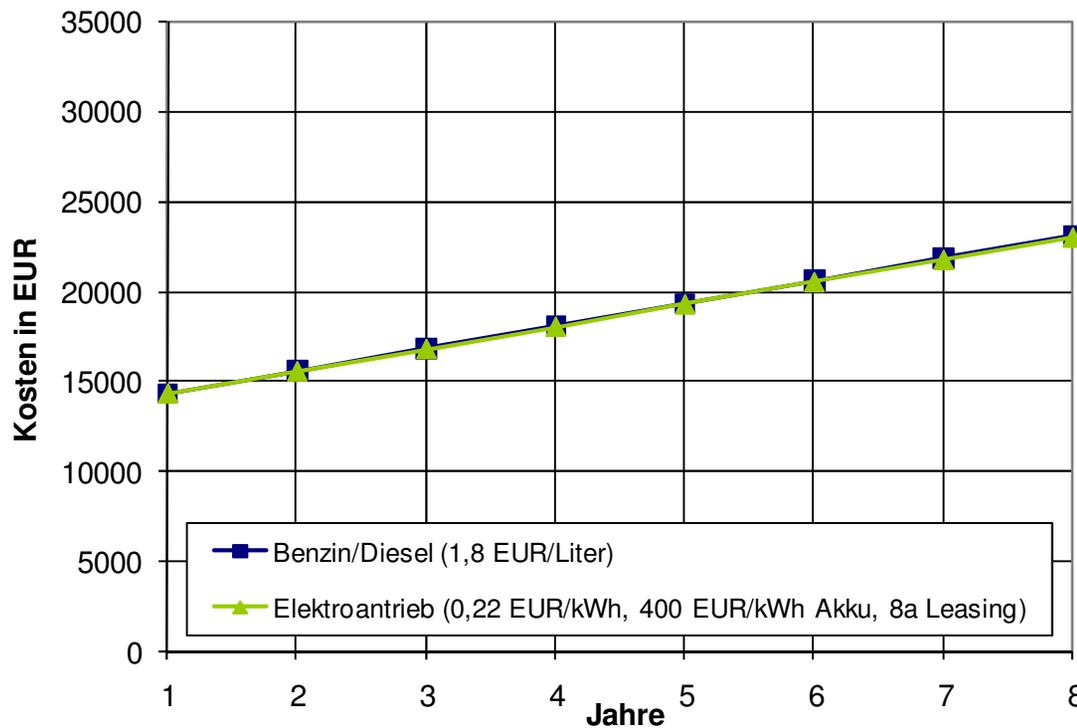
*Anschaffung Fahrzeug + Leasing der Batterie + el. Energie*

*Anschaffung Fahrzeug*

+

*Treibstoff*

Vergleich kumulierter Kosten - zukünftiges Szenario



Fahrzeugkosten exkl. Batterie

13.000 EUR

Jahresfahrleistung

10.000 km

Treibstoff Diesel

Kosten

1,8 EUR/Liter

Verbrauch

7,0 Liter/100 km

Gespeicherte Elektrische Energie

Bezugskosten

0,22 EUR/kWh

Verbrauch (inkl. Nachladung)

14,4 kWh/100 km

Akkugröße

15 kWh

Spez. Akkukosten

400 EUR/kWh

Leasingdauer

8 Jahre

Zinssatz

5 %

## Rahmenbedingungen



- langfristig hohe Preise konventioneller Treibstoffe
- Kostenreduktion der Akkumulatoren
- höhere Lebensdauer der Akkumulatoren  
(ideal: gleich zu Fahrzeug)

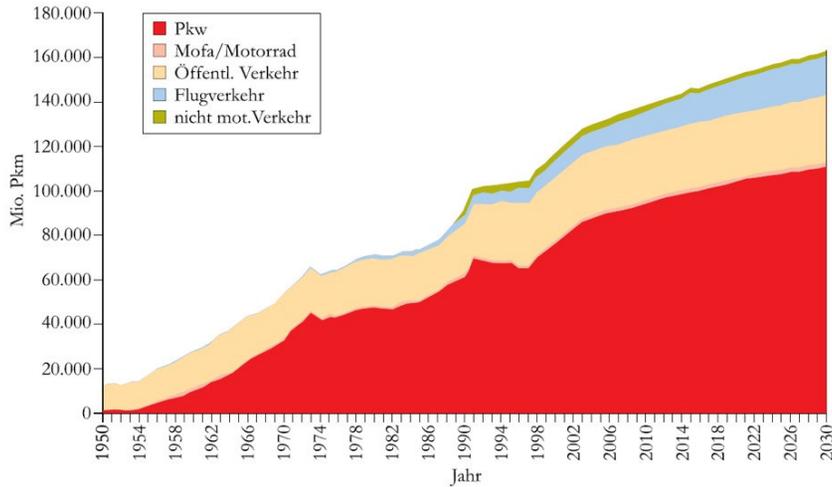
## Übergangsphase

- Elektrofahrzeuge für spezielle Anwendungsfelder  
(Zweitfahrzeuge, etc.)
- Plug-In Hybridelektrische Fahrzeuge  
(Teilstrecken bis zu 30/60/90 km elektrisch angetrieben)

Toyota,  
Ford, GM, ...



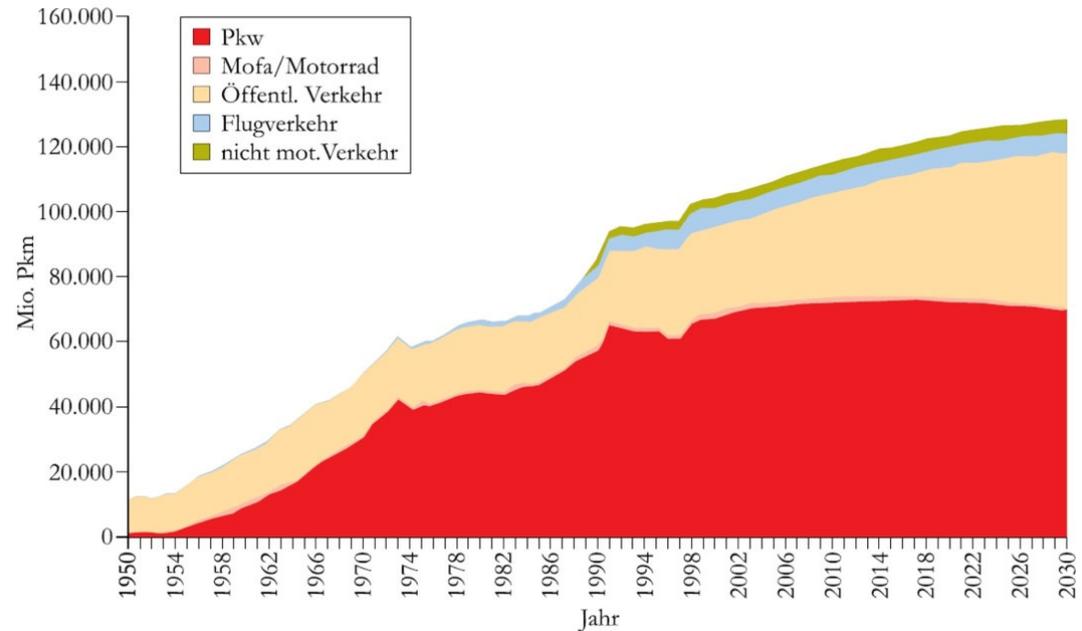
## Entwicklung des Personenverkehrs



*BAU: Business as Usual*  
 110 Mrd. Pkw-km

**EST3:**  
 Environmentally Sustainable Transport  
 62 Mrd. Pkw-km

Anteil an elektrischem PKW-Verkehr:  
 17 Mrd. Pkw-km





# Photovoltaik Potential

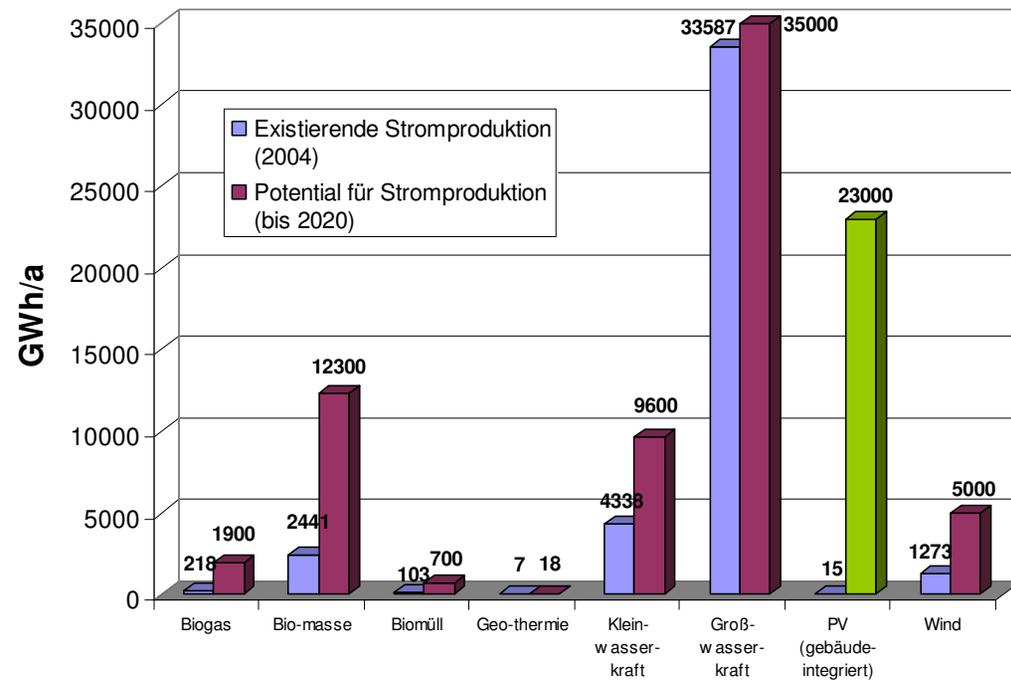
**PV-Roadmap Österreich:**  
 14% durchschn. Wirkungsgrad  
 (derzeit 10-12%)

Gesamtpotential:  
 23.000 GWh

Bei einer Fläche:  
 Dach: 140 km<sup>2</sup> bei 950 Vlh  
 Fassade: 53 km<sup>2</sup> bei 650 Vlh

Durchschn. Stromertragswert:  
 875 kWh/kWp für Österreich

**Strom aus erneuerbaren Energien in Österreich -  
 Potentiale und Nutzung**



Quelle: PV-Roadmap, Arsenal Research

## Elektrischer Energiebedarf für PKW und LNF



Jahresenergiebedarf pro Fahrzeug: **1500 kWh**  
 Erforderliche PV-Anlagenleistung: **1,72 kWp**

Flächenbedarf bei

8 m<sup>2</sup>/kWp: **14 m<sup>2</sup>**

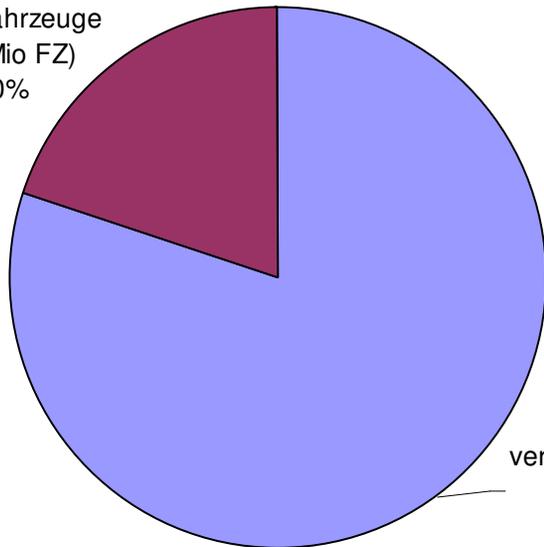
Für EST3-Szenario:

Jahresenergiebedarf an PV-Energie: **4,64 TWh**  
 Erforderliche PV-Anlagenleistung: **5,31 GWp**

8 m<sup>2</sup>/kWp: **~41 km<sup>2</sup>**  
 4 m<sup>2</sup>/kWp: **~21 km<sup>2</sup>**

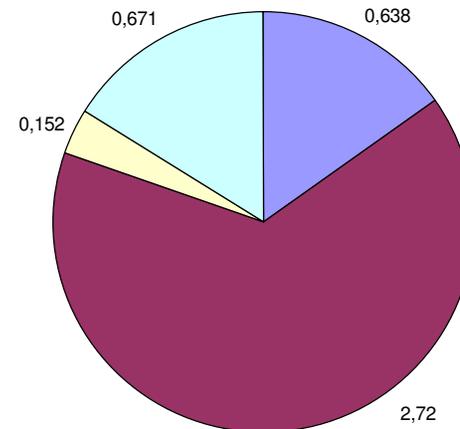
Photovoltaikpotential Österreich und benötigter Anteil für Solare Mobilität 2030

PV für Elektro- und Hybridfahrzeuge (2,4 Mio FZ) 20%



**Anteil: ~20 %**

Energieverteilung entsprechend der unterschiedlichen Fahrzeugtypen in TWh



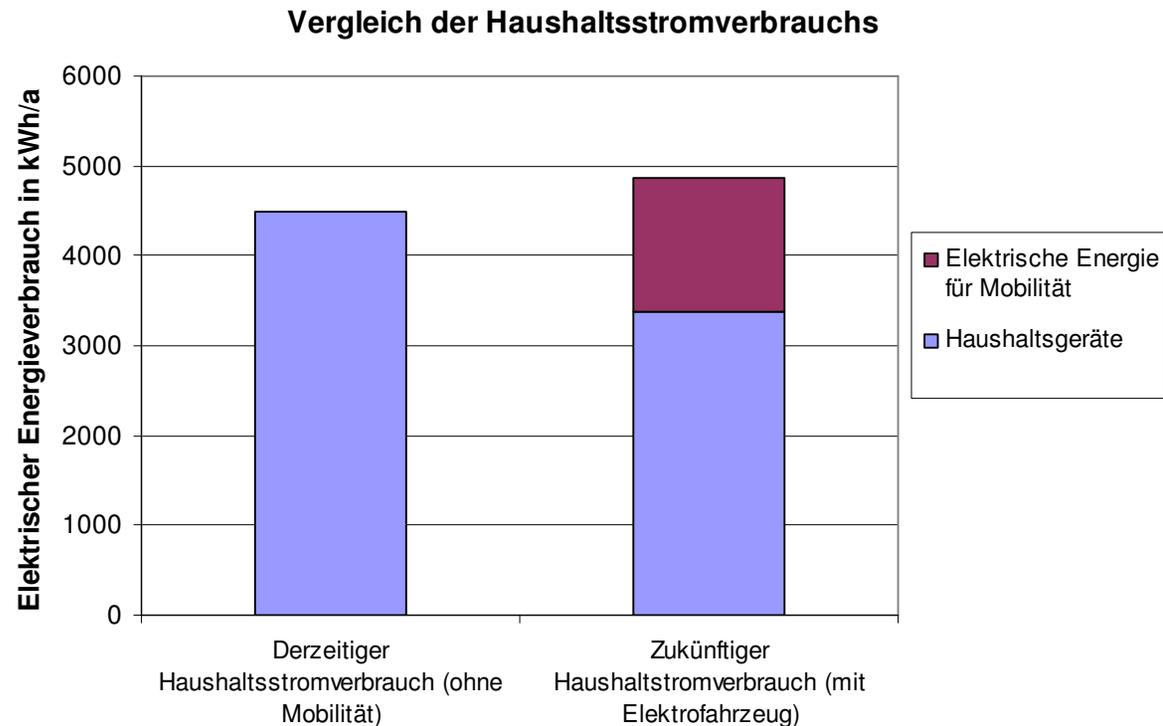
- PKW-Rein-Elektro-Fahrzeuge [341.000 FZ]
- PKW-Plug-In-Hybrid-Fahrzeuge [1.818.000 FZ]
- LNF-Rein-Elektro-Fahrzeuge [37.000 FZ]
- LNF-Plug-In-Hybrid-Fahrzeuge [197.000 FZ]

## Konzeptüberlegungen



### Energieverbrauch je Haushalt

- 25 % Effizienzeinsparung (1 100 kWh)
- Energieverbrauch Fahrzeug 1500 kWh



# Leistungsbedarf und -bilanz

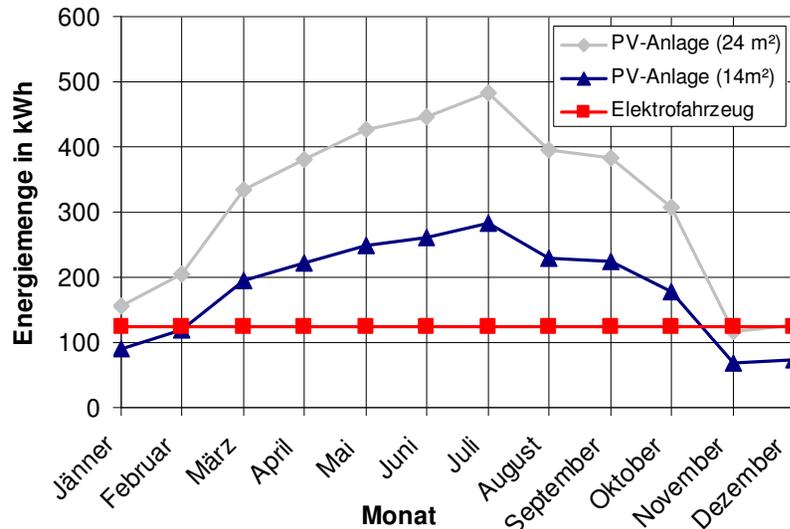
Jahresenergieertrag der Photovoltaikanlage					Jahresenergiebedarf für ein Fahrzeug
	2004	2005	2006	2007	
Reale Anlagengröße 24 m <sup>2</sup>	3438 kWh	3780 kWh	4071 kWh	3911 kWh	1500 kWh
Skaliert auf berechneten Wert 14 m <sup>2</sup>	2006 kWh	2205 kWh	2375 kWh	2281 kWh	



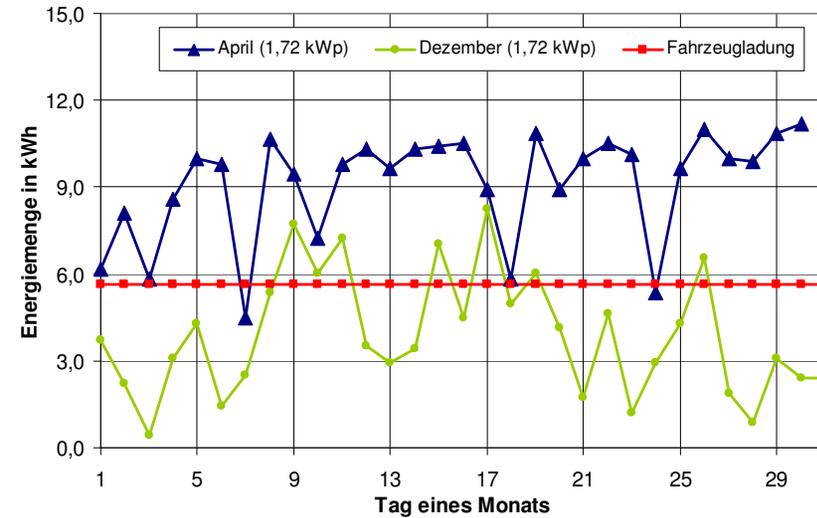
## Jahresverlauf

## Monatsverlauf

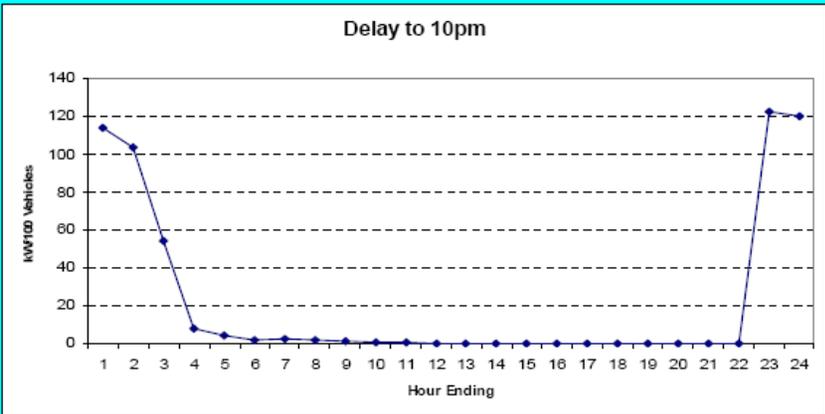
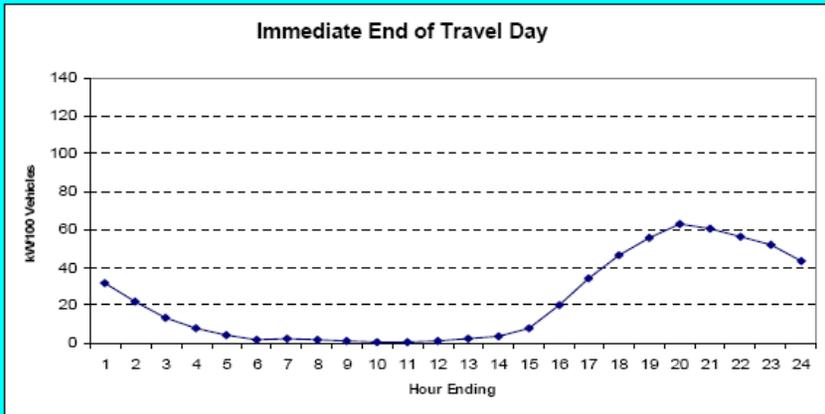
Gegenüberstellung des Energieangebots vs. des Bedarfs für ein Elektrofahrzeug



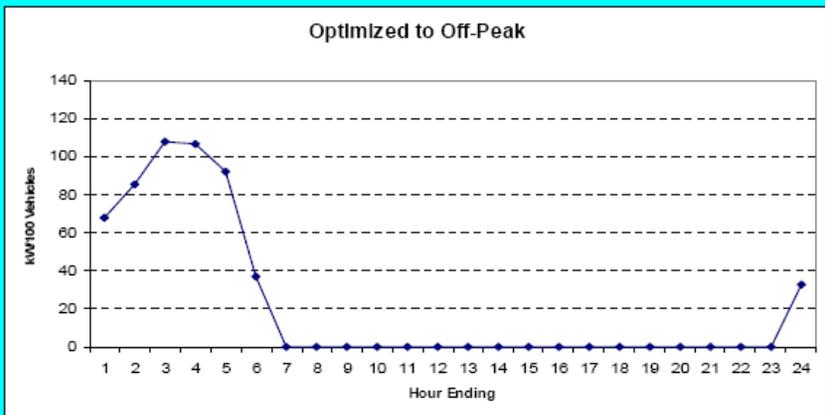
Gegenüberstellung des täglichen Energieangebots vs. des Tankbedarfs



# Vier potentielle Ladestrategien für tägliches Laden **EAEW**



## 3 ways to control a single daily charge



## Multiple charging events per day



Quelle: Plug-In-Hybrid Conference 2007





## Fahrprofile unterschiedlicher Nutzergruppen

Fahrprofile	Gesamtstreckenlänge in km	Anzahl der Wege	Lademöglichkeiten	Speichergröße in kWh
Berufspendler	25	2	Arbeitsplatz und zu Hause	20
Dienstfahrten	63,3	3	zu Hause	25
Fahrten für private Erledigungen/Einkäufe	20	4	zu Hause	10

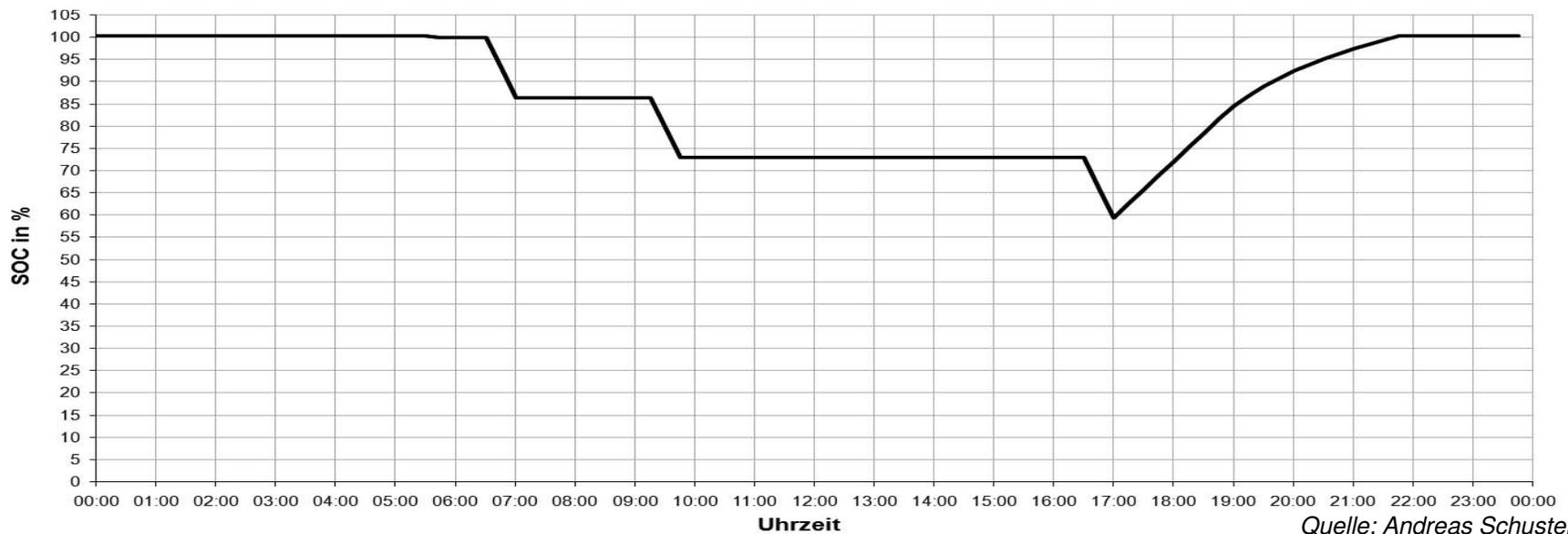
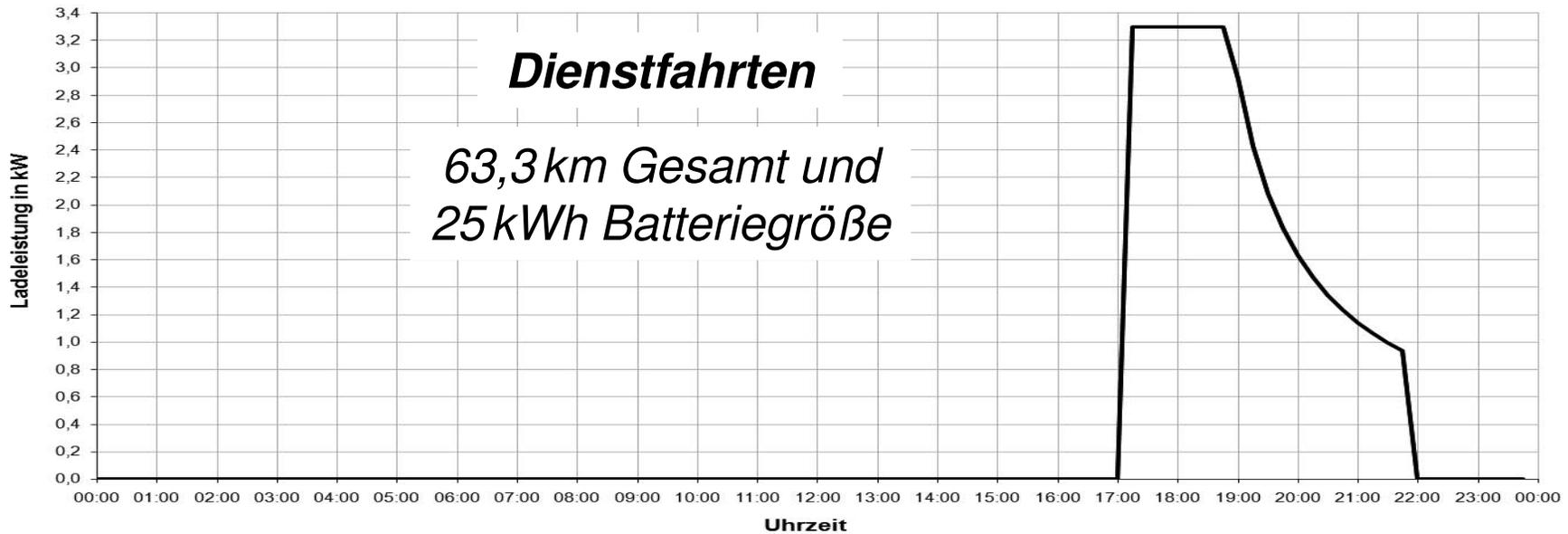
*Berufspendler: 0,14 kWh/km*

*Dienstfahrten: 0,16 kWh/km*

*Fahrten für private Erledigungen/Einkäufe: 0,12 kWh/km*

Quelle: Andreas Schuster, EAEW

# Ladeprofil für unterschiedliche Nutzergruppen

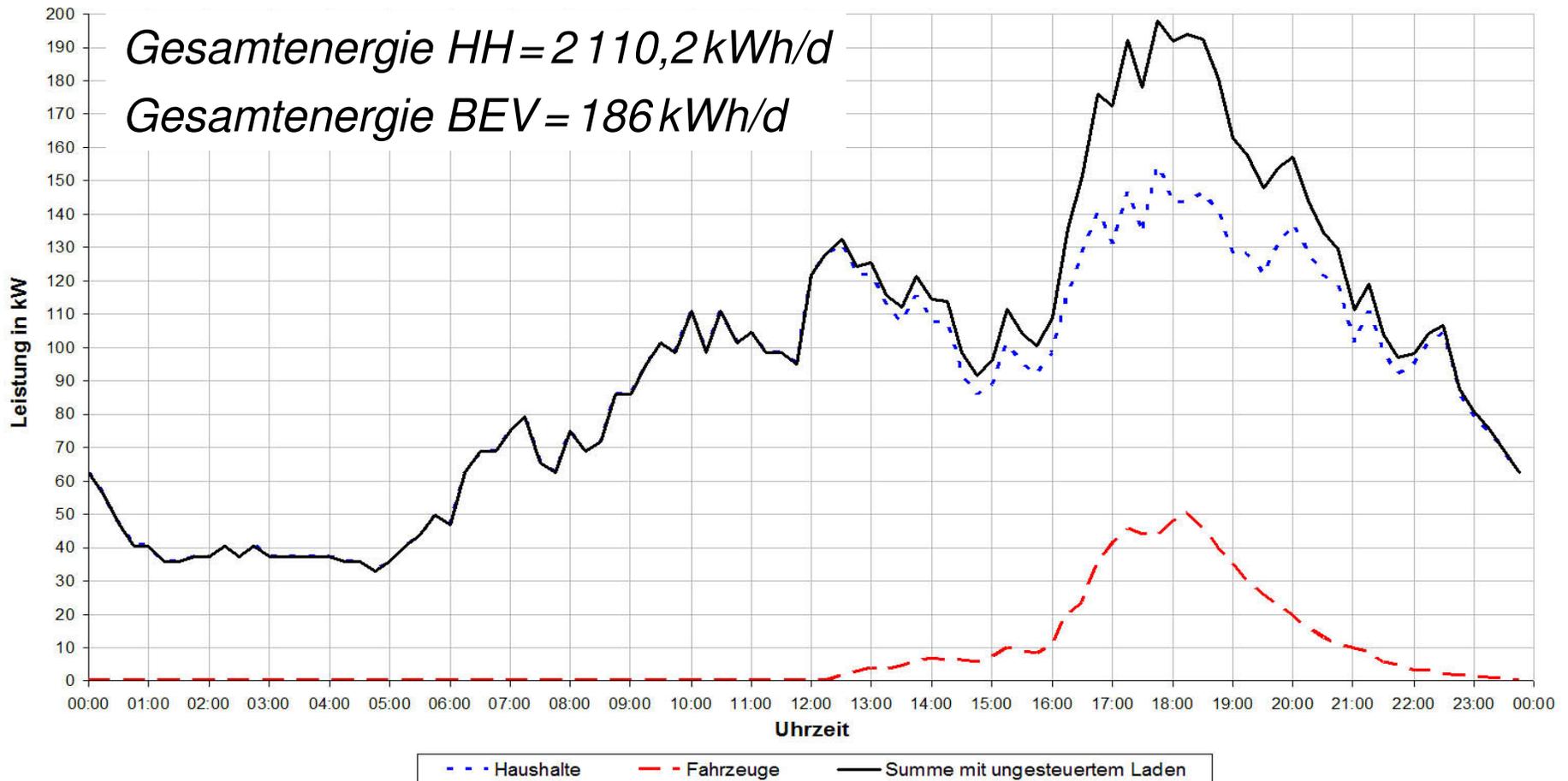


Quelle: Andreas Schuster, EAEW

# Einfluss von **ungesteuertem** Laden auf ein Lastprofil von Haushalten



**50 BEV auf 100 Haushalte**

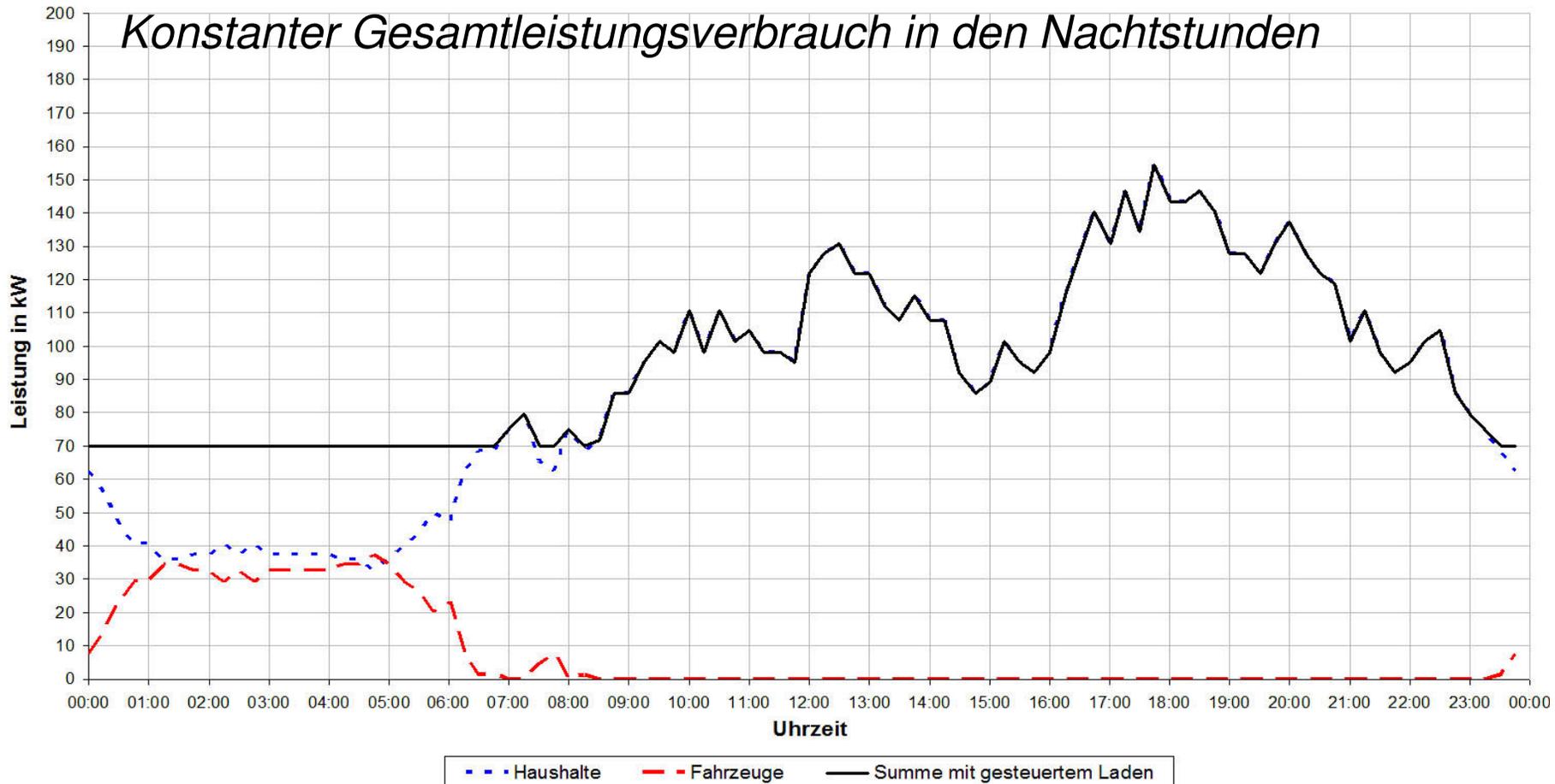


Quelle: Andreas Schuster, EAEW

# Einfluss von **gesteuertem Laden** auf ein Lastprofil von Haushalten



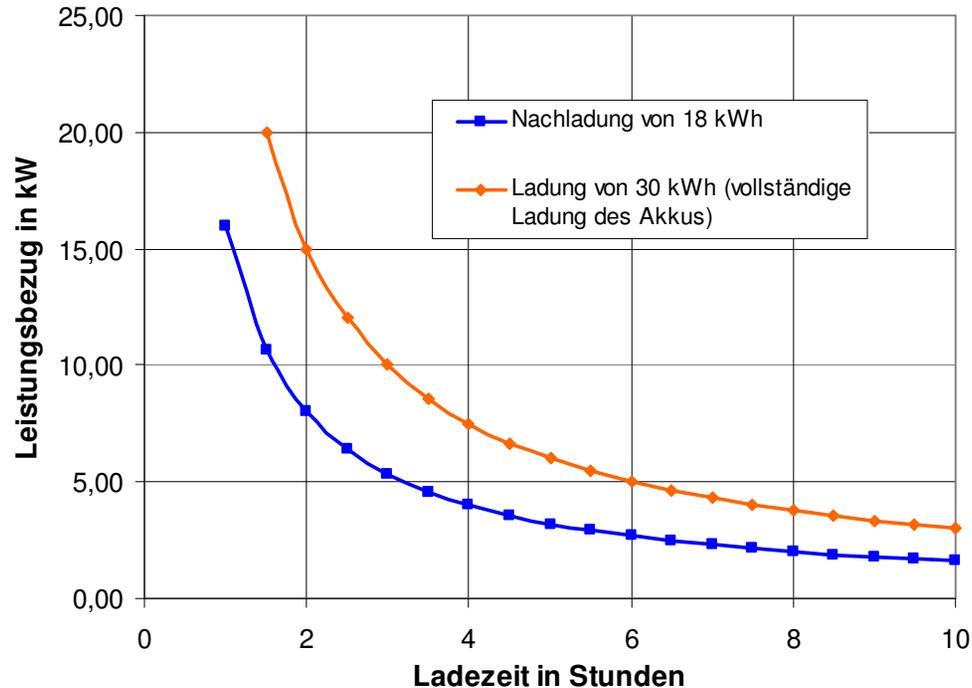
**50 BEV auf 100 Haushalte**



Quelle: Andreas Schuster, EAEW

# Netzinfrastuktur

Ladeleistung bei versch. Ladezeiten



## Ladeleistungen

- **Normalladung**  
(1~, 16 A: bis 3,5 kW  
3~, 16 A: bis 11 kW)
- **Schnellladung**
  - > Netzanbindung
  - > Akku-Abhängigkeit

## Ladeinfrastruktur:

- vorrangig an Plätzen, an denen das Fahrzeug mehrere Stunden steht (zu Hause, Arbeitsplatz, Park&Ride, EKZ)



# Maßnahmen zur Umsetzung von el. Mobilität

## Aufgaben

- im Bereich des **Fahrzeugs**
  - Akzeptanz, Modellvielfalt, Standardisierung
  - Technische Weiterentwicklungen
- im Bereich der **Energiebereitstellung und Infrastruktur**
  - Analyse Ladeprozesses und des Systemverhaltens
  - gezielter Ausbau von Ladeinfrastruktur
- im Bereich der **Systemumsetzung**
  - Modellsiedlungen (aus technischer Sicht)
  - Verrechnungsmodelle
  - langfristige Rahmenbedingungen schaffen

## Zusammenfassung



- Gründe für Elektromobilität
  - vielseitig, Problemlösungen möglich, effizienteste Form des MIV
- Vorhandende Fahrzeugentwicklungen
  - auf gutem Weg, Eigenschaften der Akkumulatoren (Preis, Lebensdauer) weiter zu verbessern
- Energie- und Leistungsbereitstellung
  - E: mit Potentialen erneuerbarer Energien machbar
  - L: intelligente Ladelogistik
- Herausforderungen
  - mobile Energiespeicher, Anreize schaffen, Bereitschaft der Nutzer



## Kontakt

**EAEW**

*DI Christoph Leitinger*  
leitinger@tuwien.ac.at  
+43 (0)1 58801 37335

Technische Universität Wien  
Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft  
Gußhausstraße 25 / E373-1, 1040 Wien, Austria

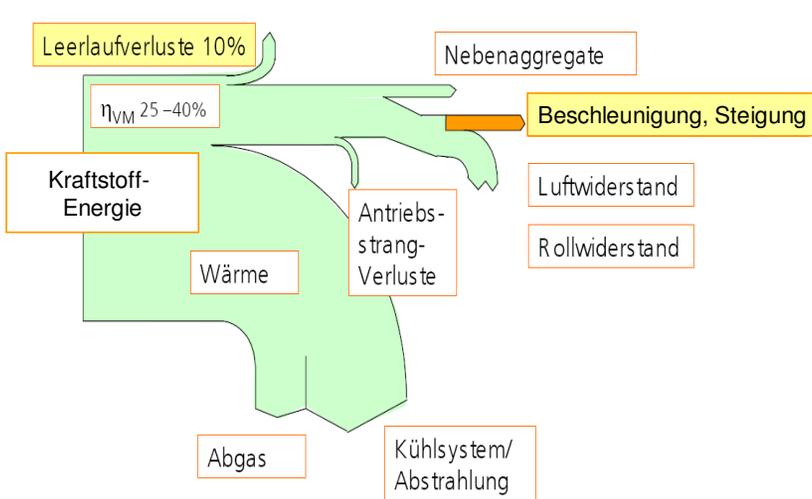
<http://www.ea.tuwien.ac.at/ea>



## Effizienzvergleich



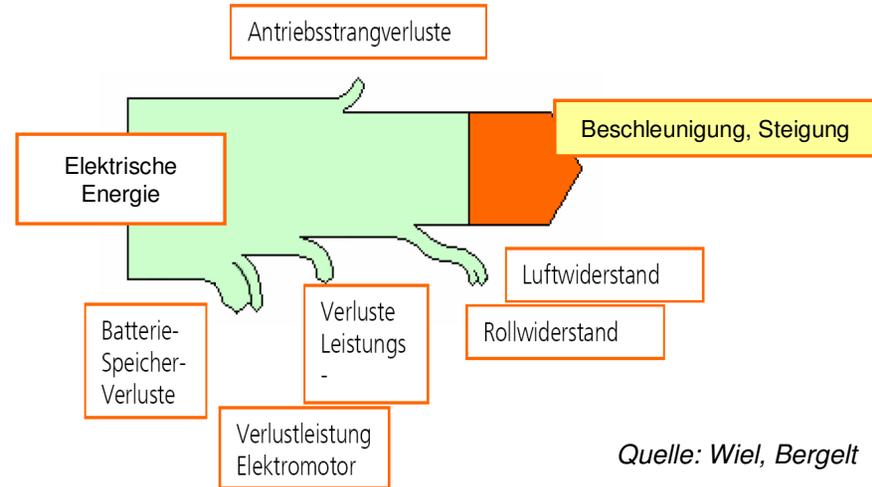
### Sankey-Diagramm



*Verbrennungskraftmotor*

~ 18 ... 25 %

Verluste im Leerlauf,  
Bremsenergie,  
Arbeitspunkt



Quelle: Wiel, Bergelt

*Elektrisches Antriebssystem*

~ 65 ... 70 %

Ladeverluste,  
Batterieverluste

# Effizienzvergleich Konventionell / Elektrisch



	Smart fortwo coupe pulse Konventionelle <b>Benzinausführung</b>	Smart fortwo ev <b>Elektrofahrzeug</b>
Jahresfahrleistung	10000 km	10000 km
Antrieb	45 kW Benzin	30 kW el
Energiedichte Benzin	8,9 kWh / Liter	
Verbrauch	4,7 Liter	12 kWh
Verbrauch in kWh	42 kWh	12 kWh
	<b>Effizienzunterschied Faktor 3,5</b>	