

AUSWIRKUNGEN DER ELEKTROMOBILITÄT AUF UNSER ELEKTRISCHES ENERGIENETZ

**WELCHE TECHNOLOGIE BIETET BESSERE CHANCEN:
WASSERSTOFF ODER AKKU?**

**SIND UNSERE ELEKTRISCHEN ENERGIENETZE
FIT FÜR DIE ELEKTROMOBILITÄT?**

**Univ.Prof. Dr. Manfred Schrödl
Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe**

TU Wien

4. Oktober 2016

Inhalt

- 1. Einige Gedanken zu neuen Technologien**
- 2. Das Elektroauto – Ein steiniger Weg**
 - Hype-Zyklus**
 - Vor- und Nachteile des Elektroautos**
 - Die Batterie**
- 3. Was bedeutet massiver Durchbruch der Elektromobilität für unser elektrisches Energiesystem?**
- 4. Energiebedarf Verbrennungsmotor-KFZ:**
 - Die fossile Realität**
- 5. Elektrischer Energiebedarf bei 100% Elektromobilität:**
 - Der elektrische Ausblick**
- 6. Elektromobilität macht nur Sinn, wenn Strom nachhaltig erzeugt wird**
- 7. Zusammenfassung und Ausblick**



Einige Gedanken zu neuen Technologien

Einfach zum Nachdenken.. Statements von Experten

„640 KB sollten genug für jedermann sein.“ Bill Gates, 1981

"Ich denke, dass es einen Weltmarkt für vielleicht fünf Computer gibt."

Thomas Watson, Vorsitzender von IBM, 1943

"Auf das Fernsehen sollten wir keine Träume vergeuden, weil es sich einfach nicht finanzieren lässt.“ Lee De Forest, Vater des Radios, 1926

"Die weltweite Nachfrage nach Kraftfahrzeugen wird eine Million nicht überschreiten - allein schon aus Mangel an verfügbaren Chauffeuren."

Gottlieb Daimler, 1901

Experten denken oft linear, Technologieänderungen sind aber exponentiell

Großmann:

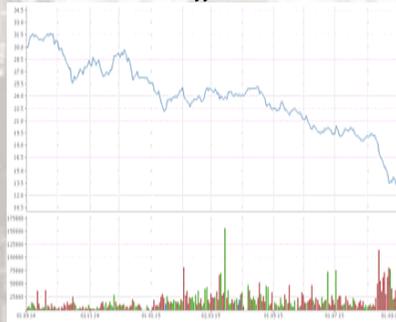
**Photovoltaikförderung so
sinnvoll „wie Ananas züchten
in Alaska“**

19.01.2012



**RWE-Chef Jürgen Großmann. Bild: RWE.
Der Chef des Energieversorgers RWE, Jürgen
Großmann, hat seinem Unmut über den
Photovoltaikausbau Luft gemacht. Bei einer Tagung
der Energiewirtschaft in Berlin bezeichnete er die
Förderung von Solarenergie in Deutschland als so
sinnvoll „wie Ananas züchten in Alaska“**

**RWE-Chef* Jürgen Großmann.
Bild: RWE. (*..2012)**

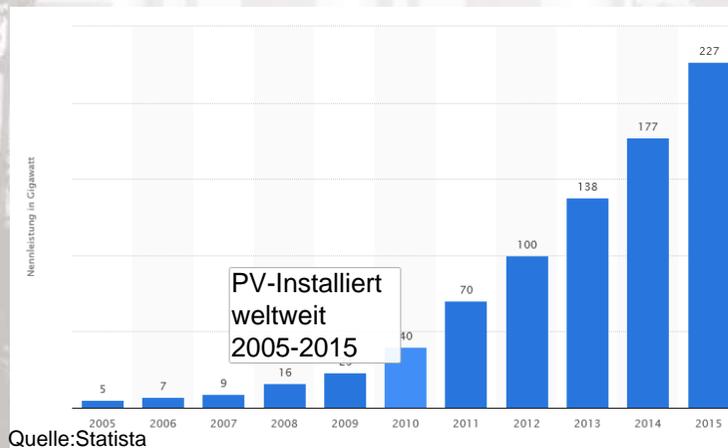
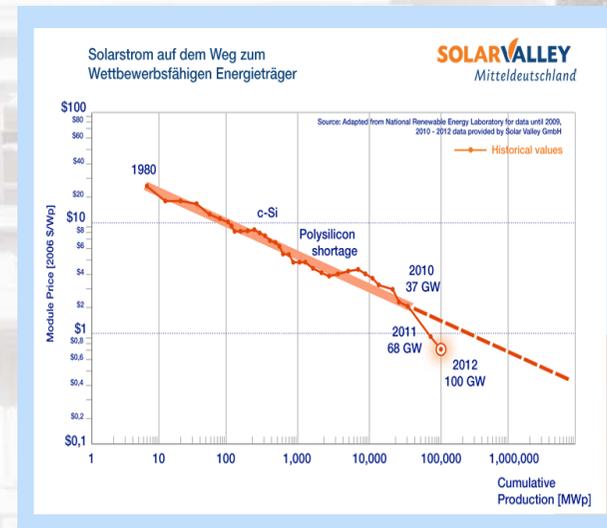
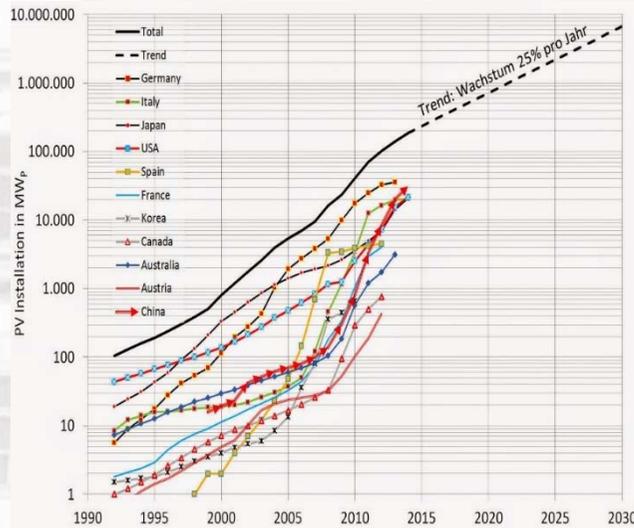


**Anmerkung: Die PV-Förderung in
Deutschland hat das Voranschreiten auf
der **Lernkurve** massiv beschleunigt.**

Links: RWE-Aktie im Sinkflug

Eindringen neuer Technologien – Prognosen anhand von Lernkurven

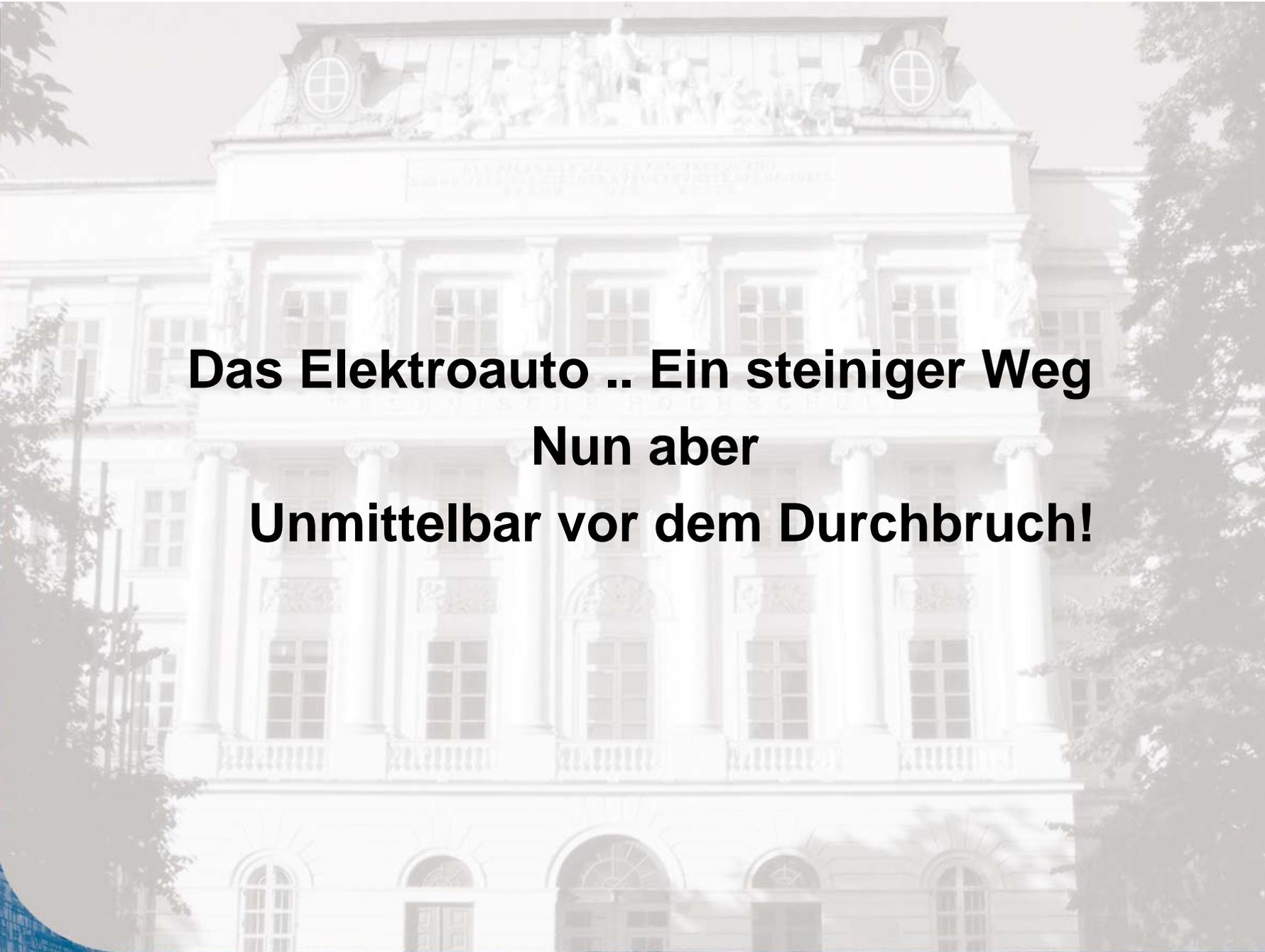
Beispiel: Lernkurve der Photovoltaik



Lernkurve: PV-Preise fallen um 20% pro Verdopplung der installierten Leistung

**Installierte Leistung PV 1993: 100 MW
2003: 3000 MW
2013: 100.000 MW**

**Faktor 30 pro Jahrzehnt oder
Faktor 1000 in den letzten 20 Jahren**



**Das Elektroauto .. Ein steiniger Weg
Nun aber
Unmittelbar vor dem Durchbruch!**

Entscheidende Vorteile des Elektroautos:

**Wesentlich bessere Energienutzung
Keine Umweltverschmutzung
Geringe Komplexität**

Bisherige Nachteile des Elektroautos:

**Geringe Reichweite
Teure Batterie
Geringe Lebensdauer der Batterie**

Das Elektroauto durchläuft einen sogenannten Hype-Zyklus

(„The Microsoft System Software Hype Cycle Strikes Again“, Jackie Fenn, 1995)



Typischer Hype-Zyklus

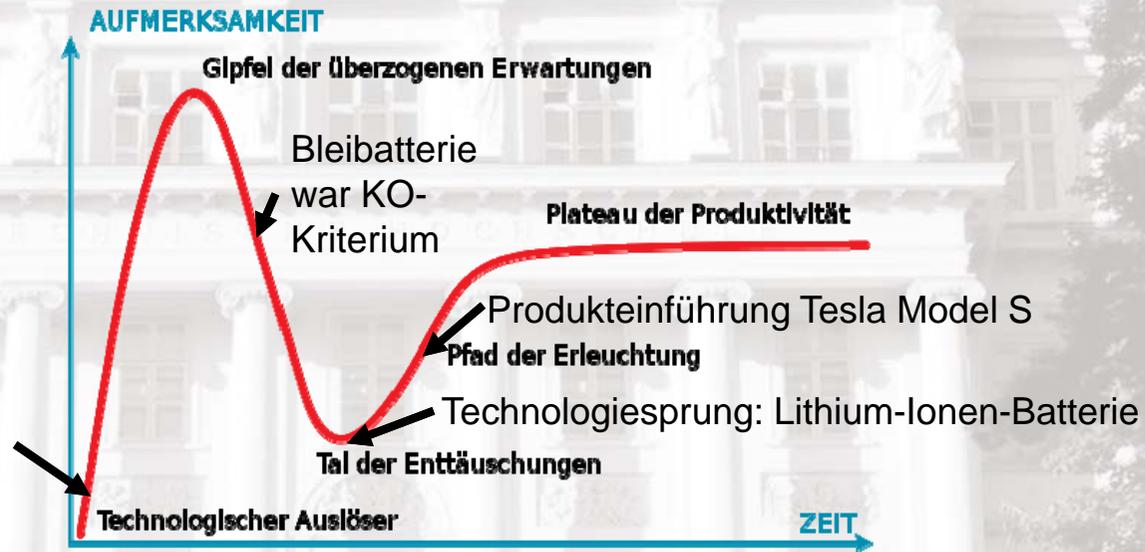
Das Elektroauto durchläuft einen sogenannten Hype-Zyklus

Auslöser:

Technologisch:

IGBT-
Leistungselektronik
und Drehstrom-
Antriebstechnik 1990

Ökonomisch:
Ölkrise



Für das Elektroauto bedeutet dies:

1990-1995: Überzogene Erwartungen an die E-Mobilität, jede Elektrofirma baute ein Elektrofahrzeug.

1995-2005: Tal der Enttäuschungen, aber Lithium-Batterie löst Technologiesprung aus.

Derzeit: Pfad der Erleuchtung, ab 2017: Produktivität

Blicken wir zurück ins Jahr 2000.

**Was sagte ein Weiser aus dem Morgenland
Über die langfristige Bedeutung des Öls?**

Das Problem ist nicht, dass das Öl knapp und zu teuer wird, sondern dass die Technologie überholt wird.

Sheik Yamani, ehemaliger Ölminister von Saudi-Arabien sagte 2000 sinngemäß:



„Die Steinzeit endete nicht aus Mangel an Steinen, und das Ölzeitalter wird nicht aus Mangel an Öl enden“

Sheik Yamani said:

“The Stone Age came to an end not for a lack of stones and the oil age will end, but not for a lack of oil,” he added.

Quelle: Lloyd's List Intelligence

Carly Fields - Wednesday 06 September 2000

Eine disruptive Technologieentwicklung fordert Opfer in der konventionellen Technologie

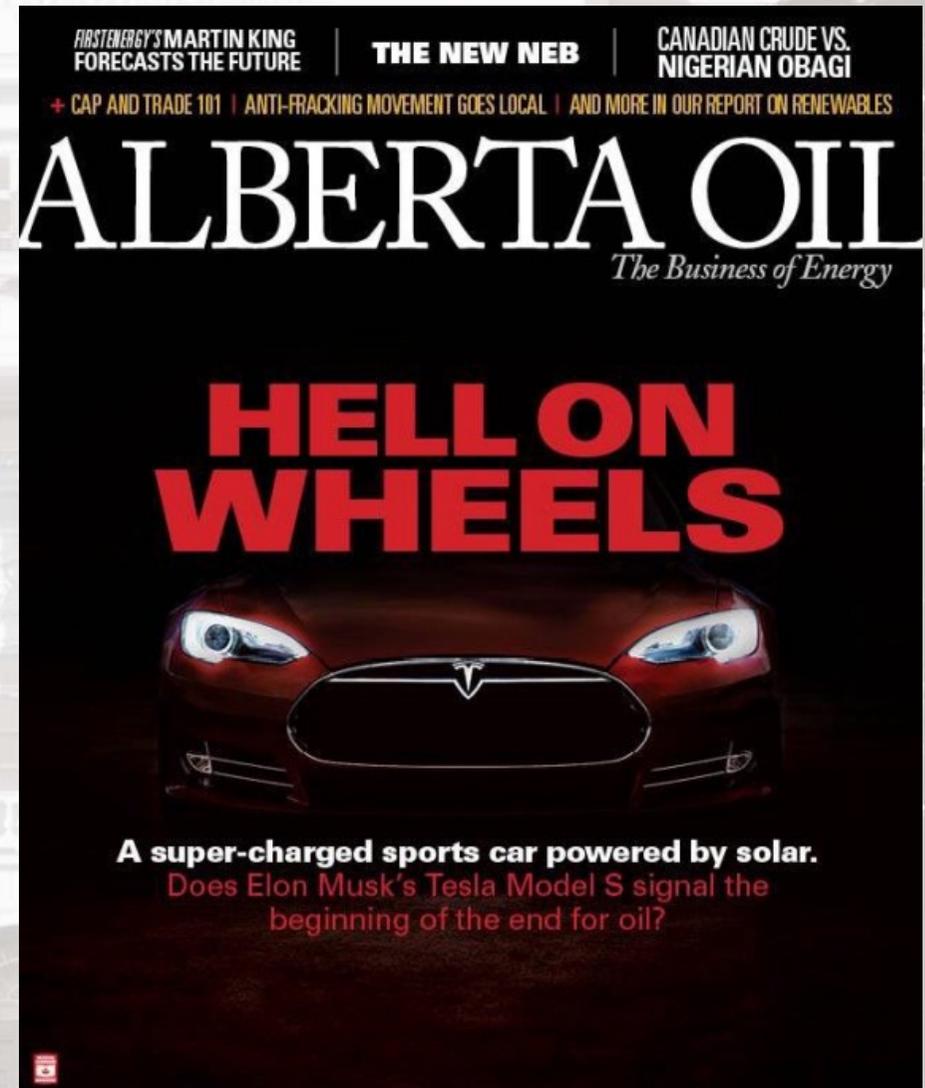
Is Tesla's Model-S the Beginning of the End for Oil?

Why battery technology could drive the electric vehicle to new heights – and disrupt the fossil fuel industry in the process

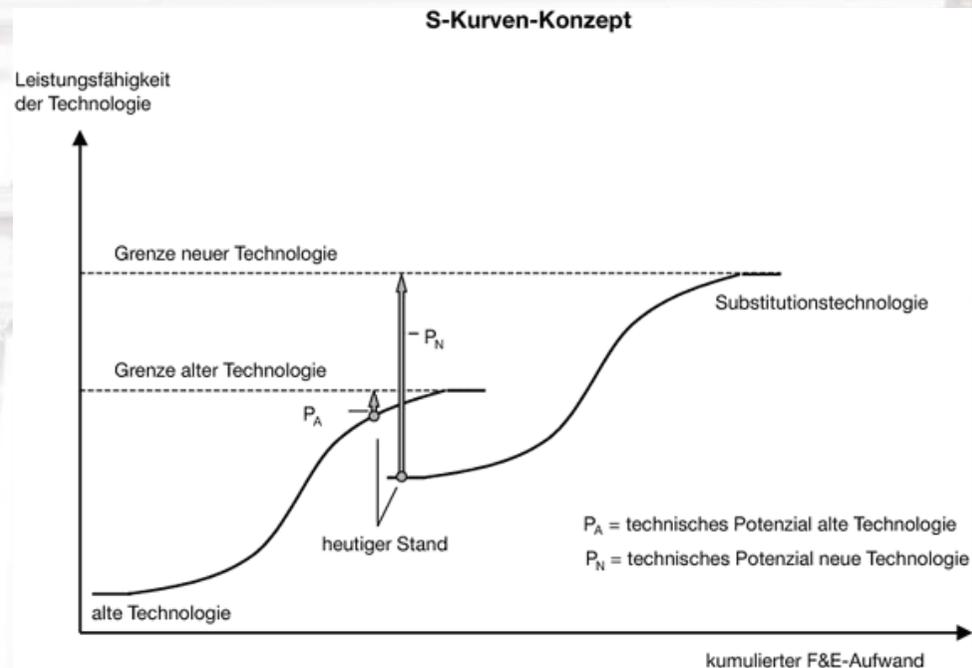
By Max Fawcett

July 02, 2015

The Tesla Model-S is one of the most beautiful and interesting automobiles to ever get made. It might also be one of the most dangerous.



Wo steht das Verbrenner-Auto und das Elektroauto in der technologischen S-Kurve?



Beispiel für Grenze von Technologien:

Alte Technologie mit Verbrenner: Verbrauch auf 100 km begrenzt durch Carnot-Prozess (ca. 40 kWh oder 4 l Benzin) plus Raffinerie, Öltransport,..

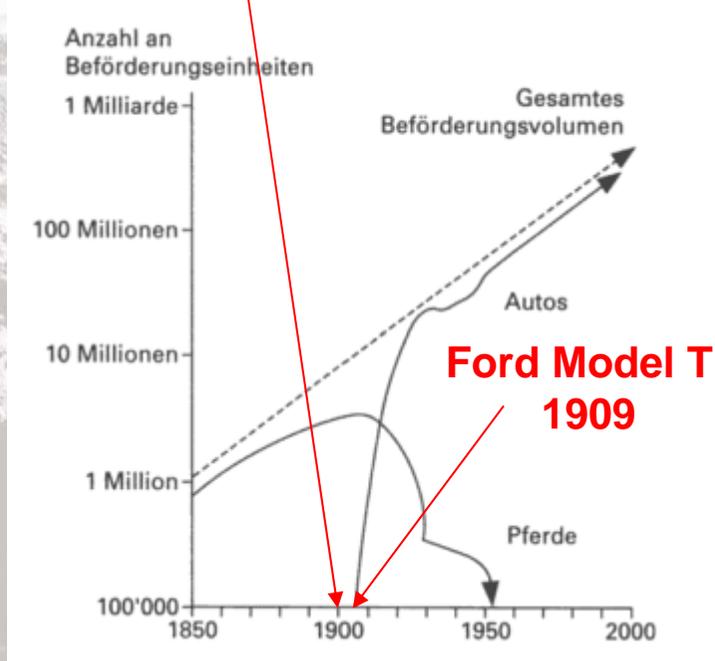
Neue Technologie (PV-Anlage + Elektroauto): 15 kWh kein Problem.

Ablösung einer Technologie am Beispiel Pferd -> Auto

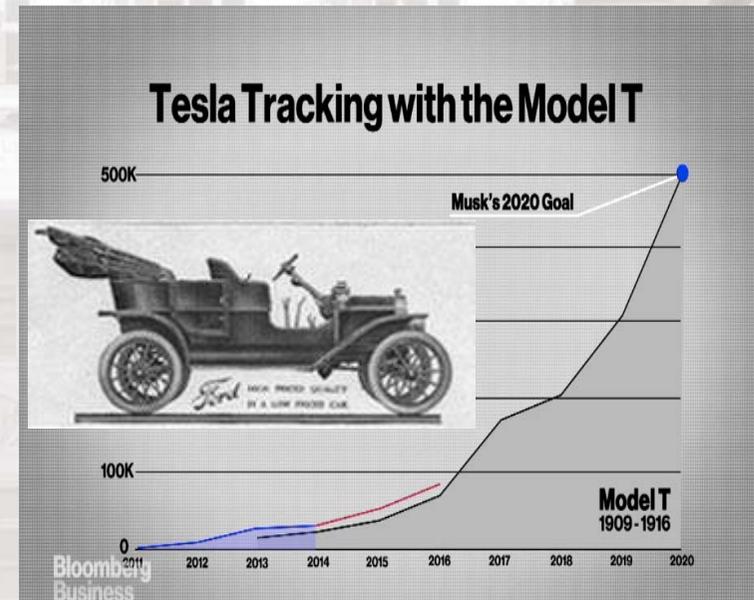
Exponentielles Anwachsen der Stückzahl der neuen Technologie durch Skaleneffekte, Beispiel Ford Model T

Das Auto hat keine Zukunft, ich setze aufs Pferd.
 Wilhelm II (1859 - 1941), letzter deutscher Kaiser
 Aussage von **1903** (Lohner-Porsche: 1900)

Tesla Model S Prototyp
 am **26. März 2009** vorgestellt



Ab 1900 wurde das Automobil ein technologischer Konkurrent zum Pferdetransport.
 Innerhalb von 20 Jahren vollzog sich der Technologiewandel.
 (Bild: Nach Nakicenovic 1985)



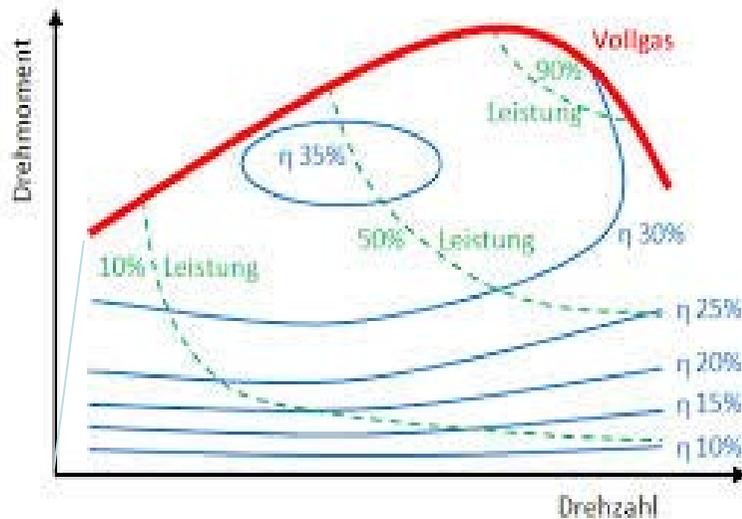
In 7 Jahren (1909-1916) wuchs die Stückzahl des Ford T von unbedeutend auf 500.000.

Blau/Rot: Angestrebte Wachstumskurve des Elektroautos Tesla für 7 Jahre (2013-2020) praktisch ident mit Ford T

The background of the slide is a faded, light-colored image of a grand classical building facade, likely the main building of TU Vienna. It features a portico with columns, a balcony, and a pediment with a relief sculpture. The text is centered over this image.

**Der größte Vorteil:
Das Elektroauto braucht nur
einen Bruchteil der Energie
eines Verbrenners
und dies ohne Umweltbelastung..**

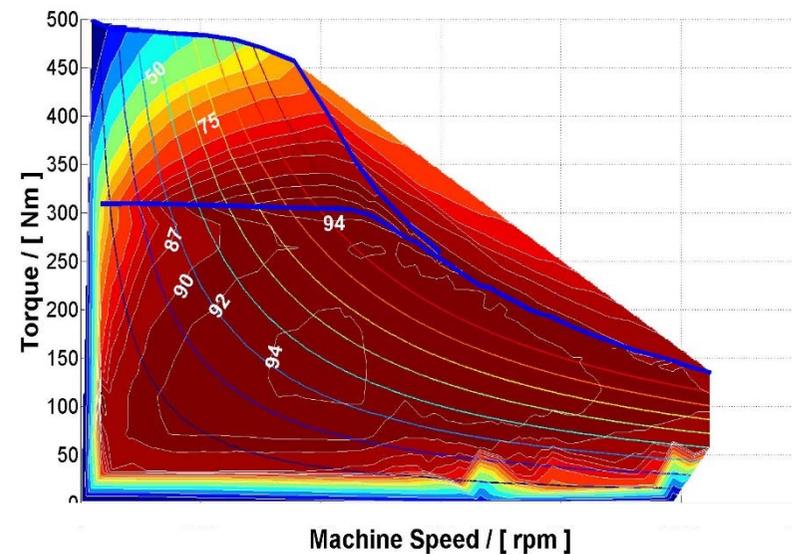
Vergleich der Wirkungsgrade von Verbrennungskraftmaschinen und Elektromotoren



Typisches Kennfeld eines Ottomotors. Wirkungsgrad im Bestpunkt etwa 35%. Rasches Absinken im Teillastbereich.

Aus dieser Betrachtung folgt: Elektromobilität braucht nur ca 1/3 der Energie im Vgl. mit Verbrenner.

Typisches Drehmoment-Drehzahl-Kennfeld eines Permanentmagnet-Synchronmotors (TU Wien). Wirkungsgrad in weitem Bereich über 90%. Sehr guter Wirkungsgrad auch im Teillastbereich.



Was bedeutet die derzeitige Mobilität für den Treibhausgas-Ausstoß?

Der Verkehr verursacht 1/3 der energetisch bedingten Treibhausgasemissionen! (Diese machen ca. 80% der gesamten Emissionen aus)

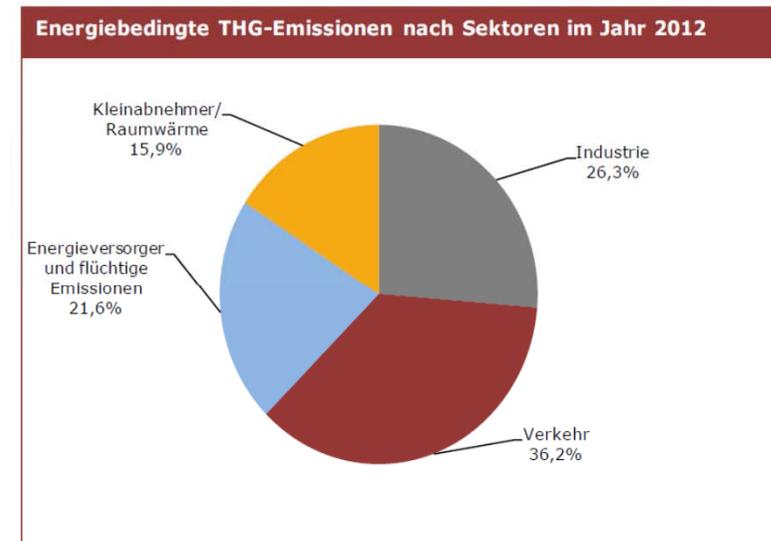
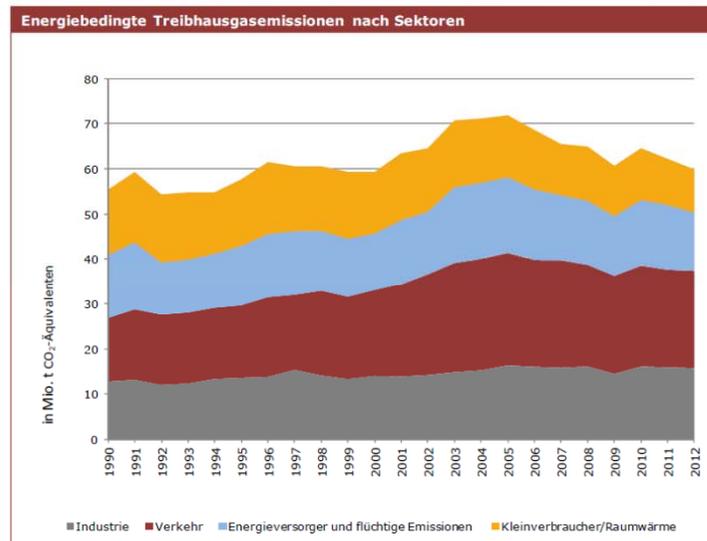


Bild: Treibhausgasemissionen 1990-2012

Würde man den Verkehr auf nachhaltige Elektromobilität umstellen, könnte ca. 1/3 der Treibhausgasemissionen eingespart werden.

**Der zweitgrößte Vorteil:
Das Elektroauto ist
einfach aufgebaut ..**

Vergleich der Komplexität eines Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor mit einem Elektrofahrzeug Blick unter die Fronthaube ..

.. eines konventionellen PKWs



Hohe mechanische Komplexität
Jede Menge Nebenaggregate

Vergleich des Aufbaus eines Elektroautos mit einem konventionellen Verbrenner-PKW Blick unter die Fronthaube ..

.. eines konventionellen PKWs



Hohe mechanische Komplexität
Jede Menge Nebenaggregate

... und eines Elektroautos



Geringe Komplexität des Antriebs
bei konsequenter „elektro-orientierter“
Konstruktion

Front und Heck sind frei für Stauraum-Nutzung



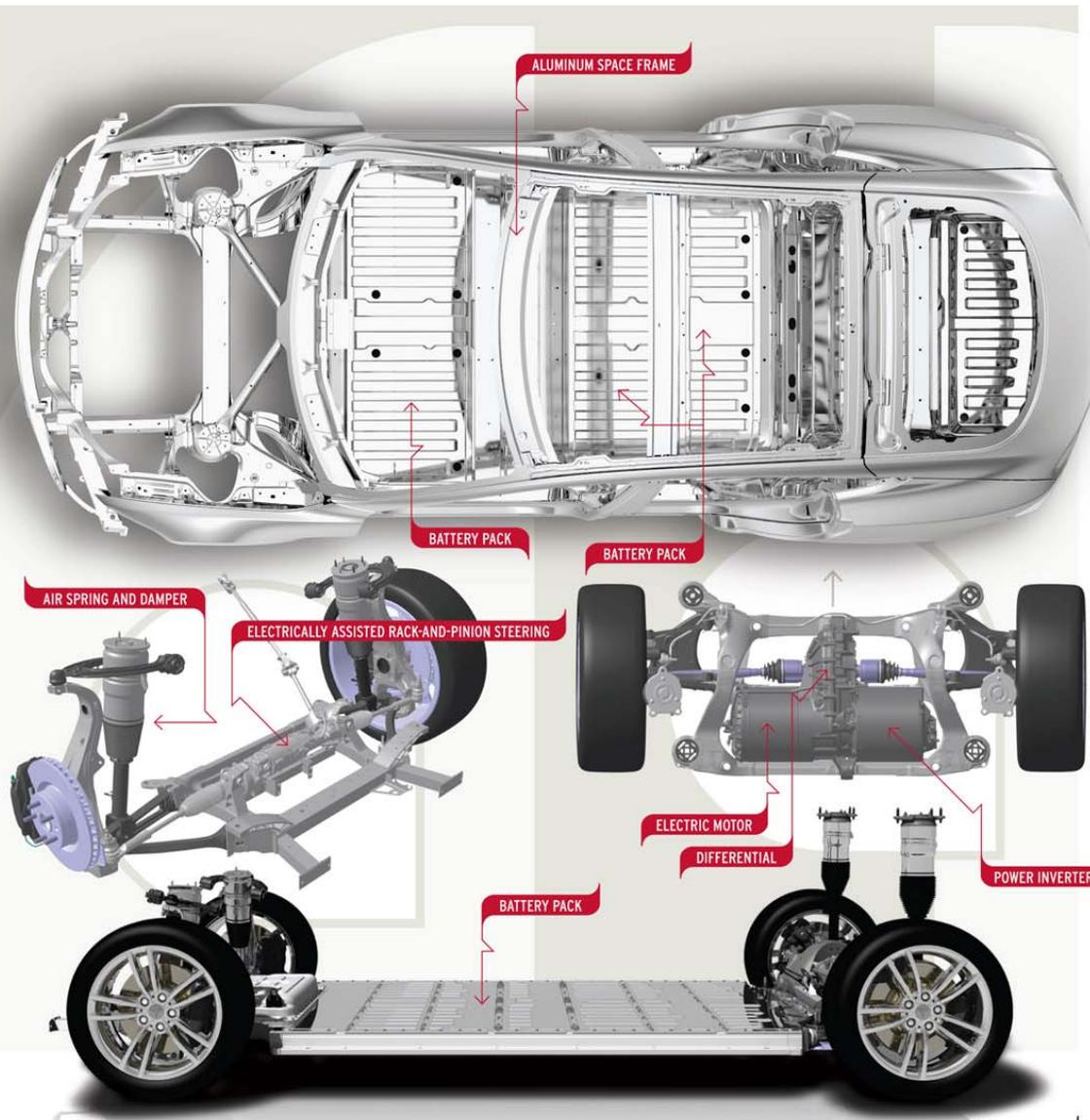
Fazit: Der vollelektrische Antrieb reduziert die mechanische Komplexität des Fahrzeugs drastisch

Front und Heck sind frei für Stauraum-Nutzung



Fazit: Der vollelektrische Antrieb reduziert die mechanische Komplexität des Fahrzeugs drastisch

Wo ist eigentlich der Antrieb?



Energiespeicher in die Bodenplatte integriert, Antrieb nahe am Rad ohne Schaltgetriebe und Kupplung.



Der größte Nachteil:

Die Batterie..

**Die Bleibatterie war DAS KO-Kriterium
Die Lithium-Batterie bringt den Durchbruch**

Neuer Anlauf ab 2005: Lithium-Ionen Batterie

Komponenten - Kosten:

Antriebsunabhängig .. 40 %

Batterie .. 40 %

Elektroantrieb .. 5%

Rest .. 15 %

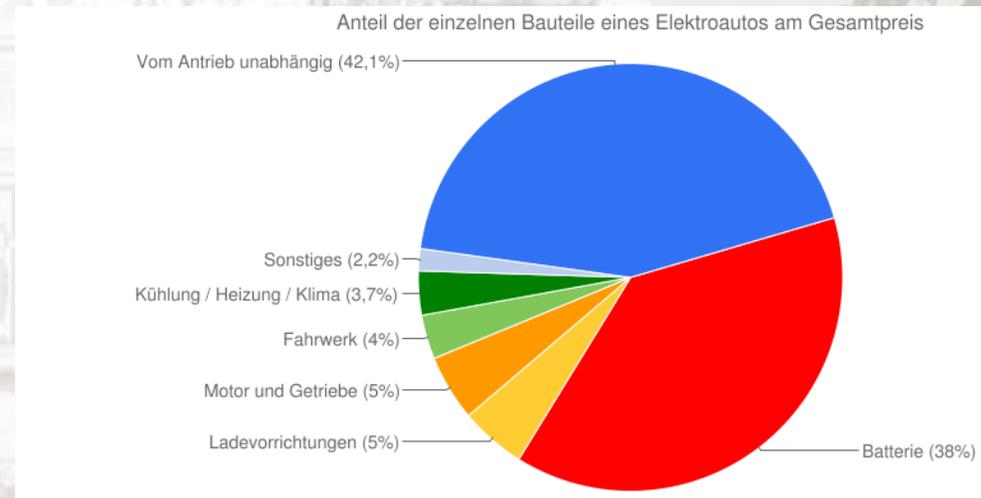
Zykluswirkungsgrad Li-Batterie: 90 %

z.B. E-Auto 45 kWh, 5.000 Zyklen..200 km x 5.000 = 1.000.000 km..ok!

Danach Sekundärnutzung im Haus als PV-Puffer möglich

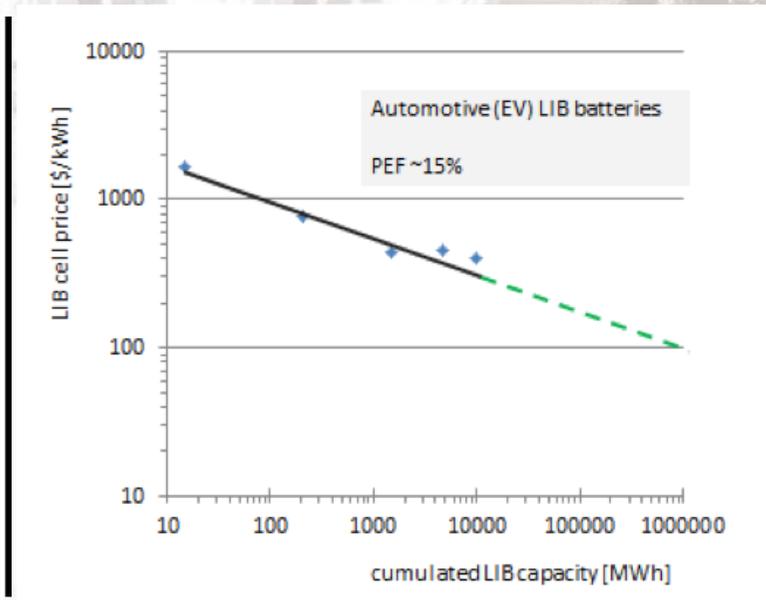
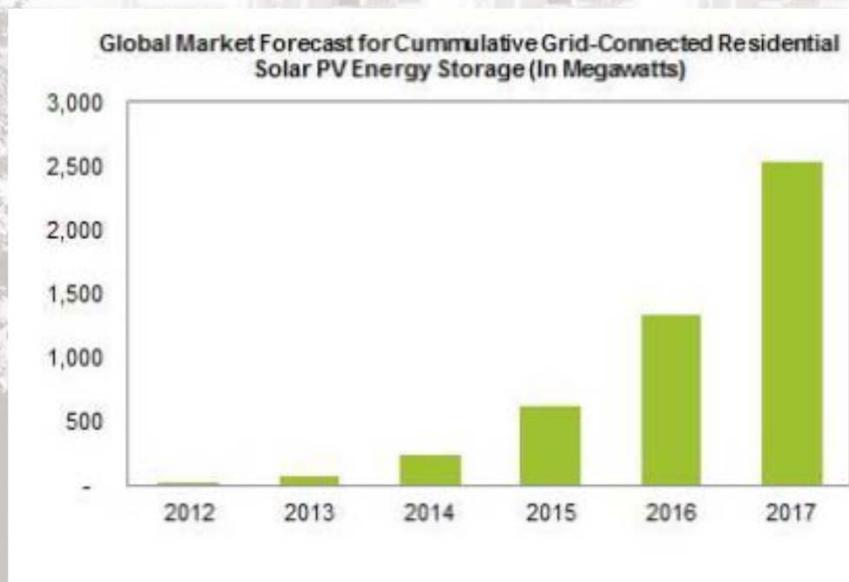
Wirkungsgrad des E-Antriebs: 90%

- > Verbesserungspotenzial des Antriebs: 5% der Gesamtenergie, 2-3% des Gesamtpreises am Fahrzeug
- > Verbesserungspotenzial der Batterie: 5 % der Gesamtenergie, **30%** des Gesamtpreises.



Lithium-Ionen-Speicher Lernkurve

Installierte Kapazität und Lernkurve von Lithium-Ionen Speichern



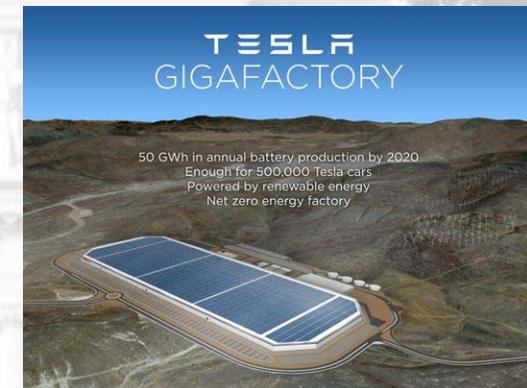
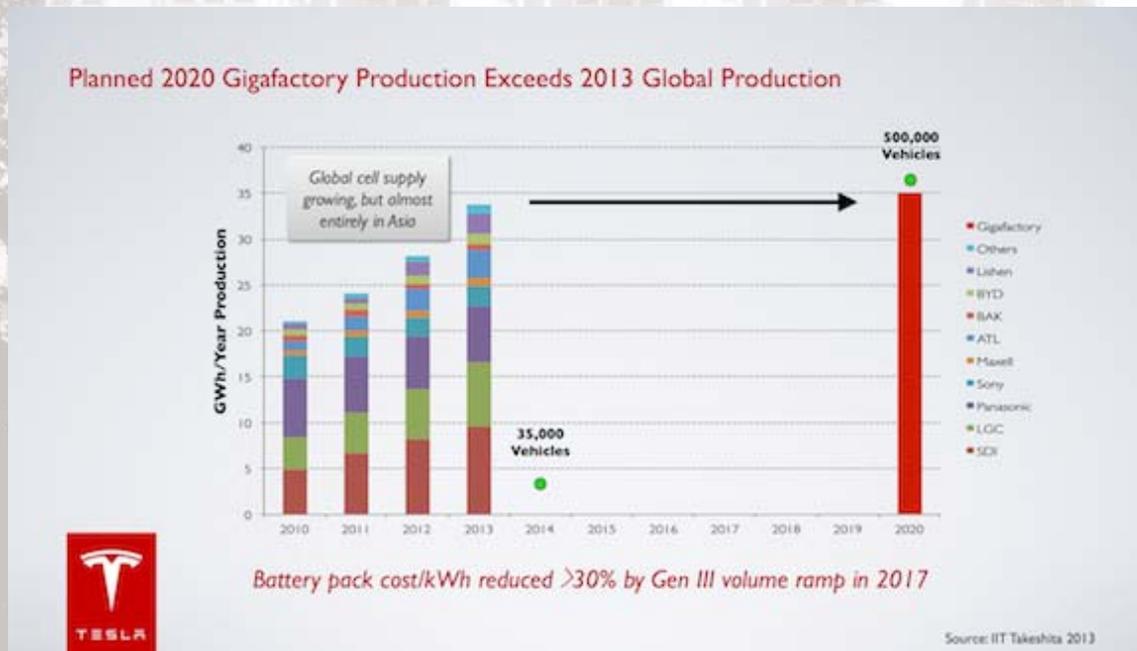
Installierte Kapazität Lithium Speicher
Etwa Verdopplung pro Jahr erwartet

Preise für Li-Akkus: 2011: 500 EUR/kWh
2012: 350
2013: 200

Lernkurve: Li-Batteriepreise
fallen um 15% pro
Verdopplung der installierten
Kapazität (Bild: W. Hoffmann)

Verdopplung der weltweiten Produktionskapazität: Teslas „Gigafactory“ für Lithium-Ionen Akkus

Produktionskapazität der „Gigafactory“ (Tesla/Panasonic, Nevada, USA) ab 2017



Geplante Fabrik verdoppelt die weltweit installierte Kapazität von 2013

Konservative Schätzung: Kostenreduktion um 30% in der „Gigafactory“ ab 2017 (Bild: Tesla)

Erwartete Speicherkapazität bei Elektro-Mittelklasse-PKW ab 2017

Chevrolet Bolt / Opel Ampera E:

Reichweite 400 km, Preis ca. 35.000 EUR
(Batteriekapazität ca. 60 kWh)



Tesla Model 3:

Reichweite 320 km, Preis ca. 35.000 EUR
(d.h. Batteriekapazität ca. 50-60 kWh)

Das Model 3 soll nach Musks Aussagen 35.000 US-Dollar kosten, eine Reichweite von 320 Kilometern aufweisen und ab 2017 in den Handel kommen

Es zeigt sich: Ab 2017 reicht 1x Eauto-Laden pro Woche im Schnitt!

Dramatische Kostenreduktion durch Stückzahleffekt und Großserienfertigung



Chevy Bolt / Opel Ampera E (2017):

Batterie ca. 60 kWh

Reichweite: 400 km

Preis: ca EUR 35.000,-

2013 => 2017
Doppelte Reichweite
Gleicher Preis

Preisdegression:
20%/Jahr

Tesla Model 3 (2017):

Batterie ca. 50-60 kWh

Reichweite: 320 km

Preis: ca EUR 35.000,-

E-Golf (2014): Batterie: 24 kWh
 Reichweite: 160 km
 Preis: EUR 35.000,-

BMW i3 (2014): Batterie: 22 kWh
 Reichweite: 130 km
 Preis: EUR 35.000,-

Renault Zoe (2017)
 Batterie 41 kWh
 Reichweite 300 km
 Preis: ca. EUR 33.000,-



Fazit: Ab 2017 geht es richtig los..



Fazit: Ab 2017 geht es richtig los..

„Beim Elektrofahrzeug ist der Bann gebrochen“,

sagte Uwe Hochgeschurtz, Deutschland-Chef von Renault,
in einem Interview mit der *Autogazette*.

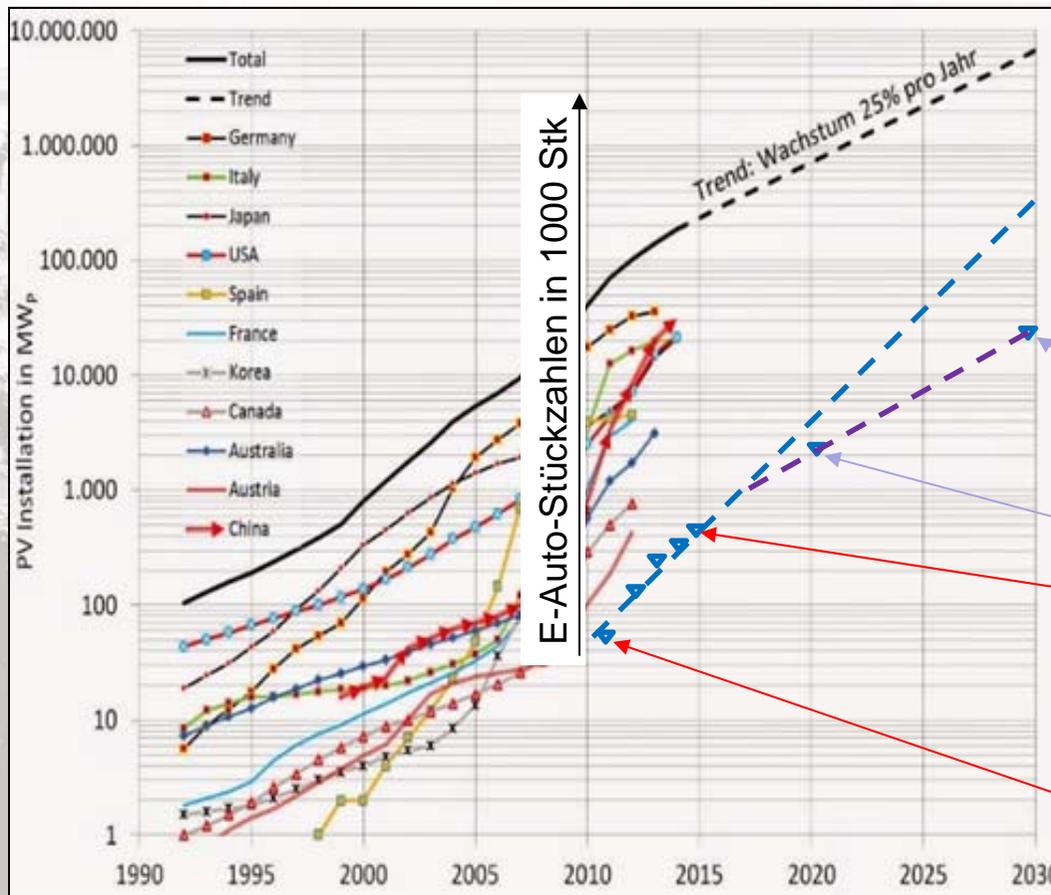
„Wir sind über eine Schwelle hinausgegangen“, sagte er.
Das Elektroauto stehe „in der Öffentlichkeit“ und

„der Durchbruch“ sei „da“.

Interview vom 29.9.2016

Entwicklung der Elektroauto-Stückzahlen:

Bloomberg: Von 2011 bis 2015 erhöhte sich die E-Auto-Stückzahl von 50.000 Stück auf ca. 500.000 Stück:



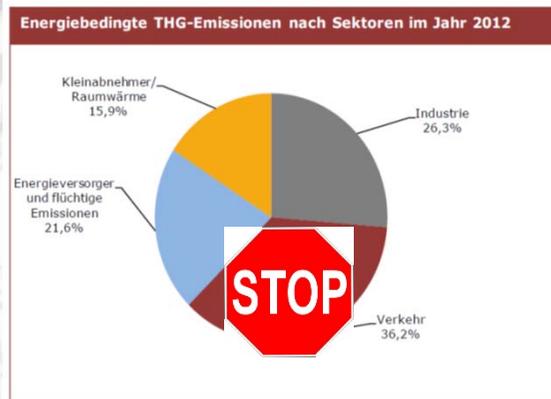
Trend PV

Trend E-Auto aus Produktion 2011-2015

Trend aus Bloomberg-Studie (siehe unten)



Dynamik des Elektroauto-Wachstums im Vergleich mit dem PV-Wachstum



**Zwei Wege führen aus dem fossilen Smog
in die saubere emissionsfreie Mobilität:**

**Das Elektroauto mit Batterie
oder**

Das Wasserstoffauto mit Brennstoffzelle

Welches Konzept wird sich durchsetzen?

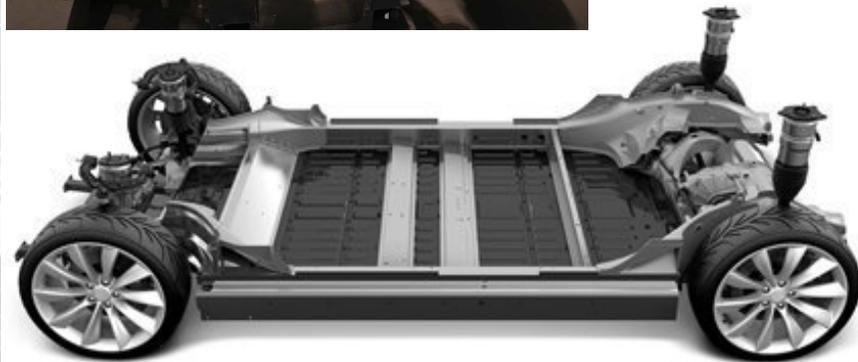
Brennstoffzelle oder Batterie?



Links: Toyota Mirai
mit Brennstoffzelle
500 km Reichweite
ca. EUR 80.000,-



Rechts: Tesla Model S
mit 85 kWh-Akku
500 km Reichweite
ca. EUR 80.000,-



Brennstoffzelle oder Batterie?



Links: Toyota Mirai
mit Brennstoffzelle
500 km Reichweite
ca. EUR 80.000,-

Rechts: Tesla Model S
mit 85 kWh-Akku
500 km Reichweite
ca. EUR 80.000,-



Energiebilanz:

Brennstoffzellenfahrzeug

Strom aus Windkraft		100 kWh
Elektrolyse (Strom - > H ₂)	80%	80 kWh
Kompression, Transport	80%	64 kWh
Brennstoffzelle	50%	32 kWh
Elektroantrieb	90%	29 kWh

Batteriefahrzeug

Strom aus PV vom Dach		100 kWh
Speicherzyklus Hausbatterie	90%	90 kWh
Speicherzyklus im Fahrzeug	90%	80 kWh
Elektroantrieb	90%	72 kWh

Mit **100 kWh regenerativer Energie**
schafft das **Wasserstofffahrzeug 150 km**

Mit **100 kWh regenerativer Energie**
schafft das **Batteriefahrzeug 450 km**

➔ Batteriefahrzeug: Um **FAKTOR 3** besser!

Rein elektrisch oder Hybrid?

Um die Verbrennungsmotor-Technologie hinüberzuretten, propagieren manche etablierte Hersteller den Hybridantrieb

Hybrid:

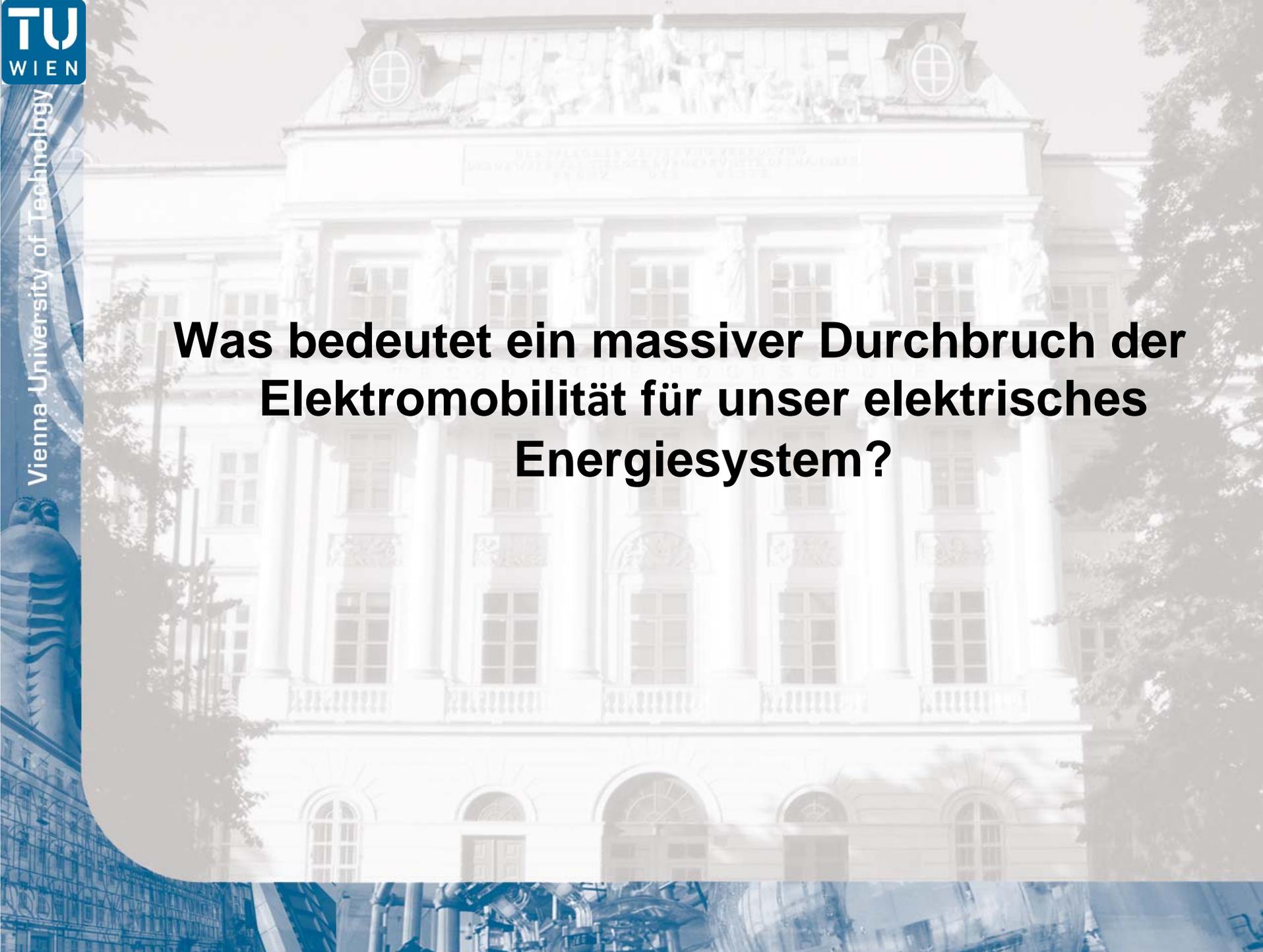
Sehr komplexer Aufbau (beide Systeme unter der Motorhaube)
 Wenig Potenzial für zukünftige Kostenreduktion
 Werkstattbesuche mit Abgasmessung, Ölwechsel,..
 Mittelfristig führt diese Entwicklung in eine Sackgasse.



Reines Elektrofahrzeug:

Einfache Mechanik
 Hohes Kostenreduktionspotenzial bei Massenproduktion der Batterie (Vergleiche Röhrenfernseher – LED-Fernseher)
 Fast keine Betriebskosten
 Praktisch wartungsfrei
 Wird langfristig Verbrenner-Antrieb verdrängen





**Was bedeutet ein massiver Durchbruch der
Elektromobilität für unser elektrisches
Energiesystem?**

Fahrleistungen von österreichischen und deutschen AutofahrerInnen

VCÖ (2012): **Wir fahren 40 bzw. 36 km/Tag**

Mobilität-in-Deutschland.de: 3,2 Mrd. Personen-km / Tag
d.h. 3,2 Mrd km / 80 Mio EW = 40 km/Tag und Person

Das ergibt pro Jahr in AT und DE in etwa: $38 \text{ km} \times 365 = 14.000 \text{ km/Jahr}$

Bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 60 km/h (= 1km / min)
.. Das Auto fährt ca. 40 Minuten pro Tag. Den Rest des Tages steht es.

Schwankungsbreite innerhalb einer Woche: ca. 20 % (Freitag ist stärkster Tag mit +20% gegenüber Durchschnitt)

In der Woche also .. **270 km Autofahrt pro Woche**

Nötige el. Energie: (bei 15 kWh/100 km): $2,7 \times 15 \text{ kWh} \dots$ **40 kWh/Woche**

Welche Wege legen wir mit dem KFZ zurück?

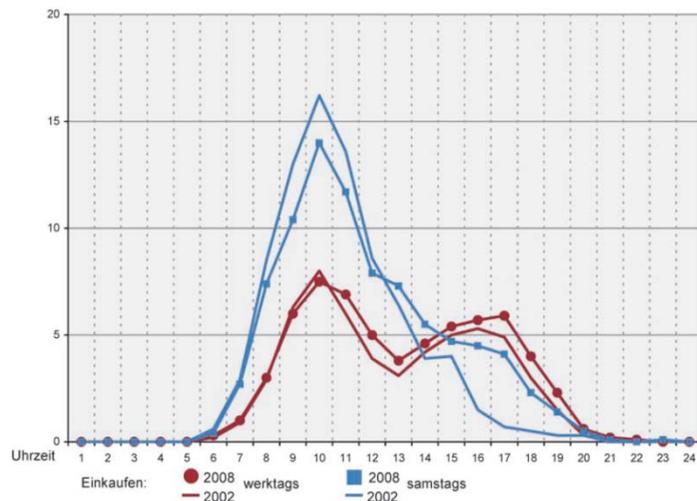
Neben Freizeit (ca. 1/3 der Wege)

Einkauf (20% der Wege) häufigster gefahrener Weg!

D.h. durchschnittlich fahren wir einmal pro Woche einkaufen
 -> **Kaufhausparkplätze sind ideal für Elektromobilität**

Lädt man mit 32 A Kraftstrom (22 kW) .. Wird pro Stunde Energie für ca. 100-150 km nachgeladen.

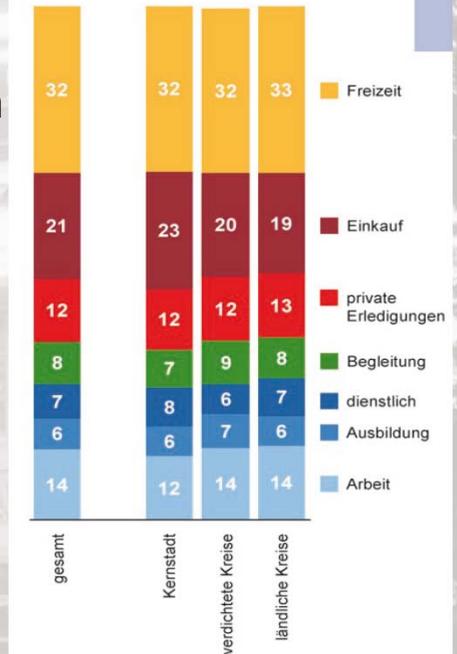
Startzeiten der Einkaufswege werktags und samstags 2002 und 2008



absolut in Mio. Wegen pro Tag (ohne rbW)
 MID 2008 | Quelle: infas, DLR



Wegezwecke nach Kreistypen



in Prozent

MID 2008 | Quelle: infas, DLR

Bild oben: 22kW Ladestation (Mennekes)
 Links: Stärkste Einkaufszeit: Samstag, 8-14h (blau) (doppelt so stark wie werktags, rot)
Samstag ideal, weil Netze nicht ausgelastet

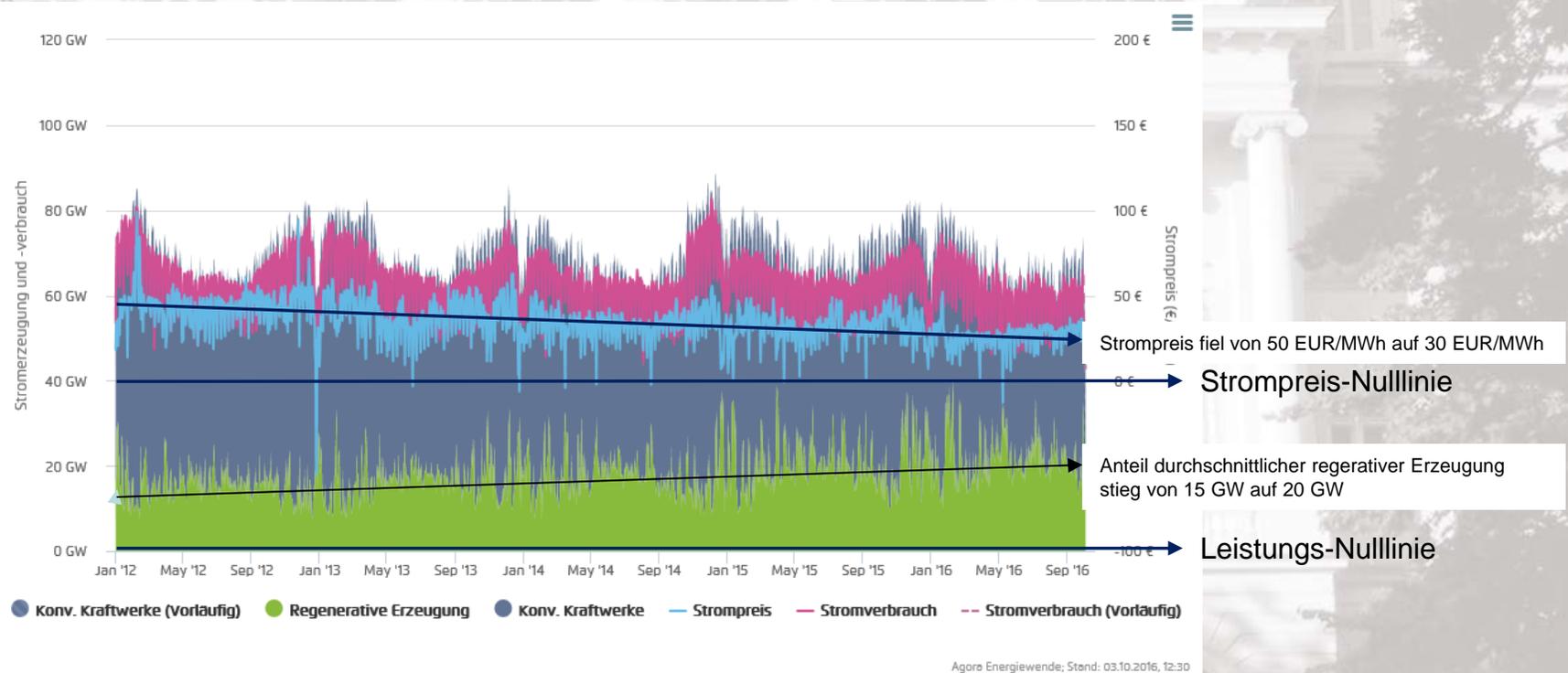
Verlauf von Energieerzeugung und Strom-Börsenpreis seit Jänner 2012 (Deutschland)

Das Bild zeigt den Jahreszyklus (Winter bis 80 GW, Sommer ca. 60 GW)

Rot: Tägliche bzw. wöchentliche Schwankungen um ca. 10-20 GW

Grün: Anteil der regenerativen Erzeugung (Sonne, Wind, Biomasse, Wasser)

Blau: Strompreis an der Börse EEX



Datenquelle: Agora Energiewende

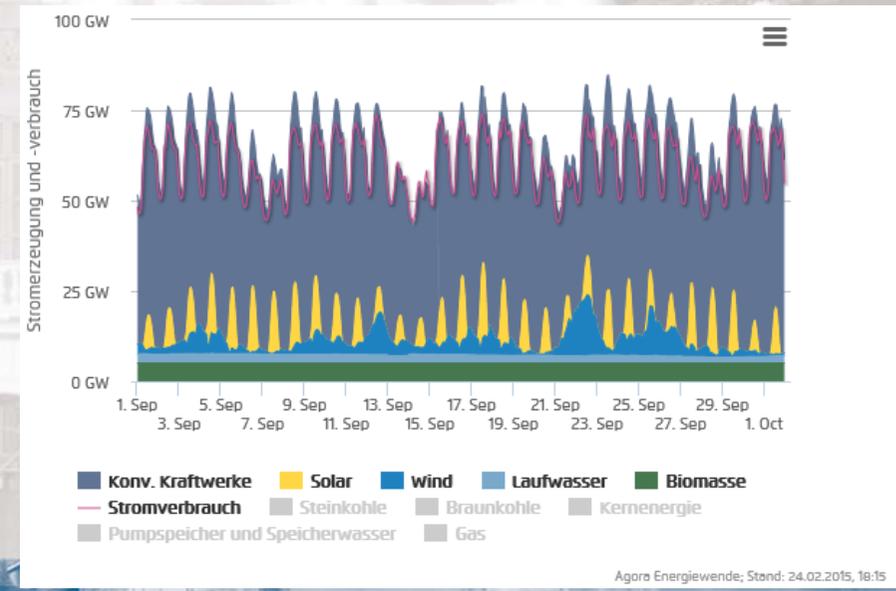
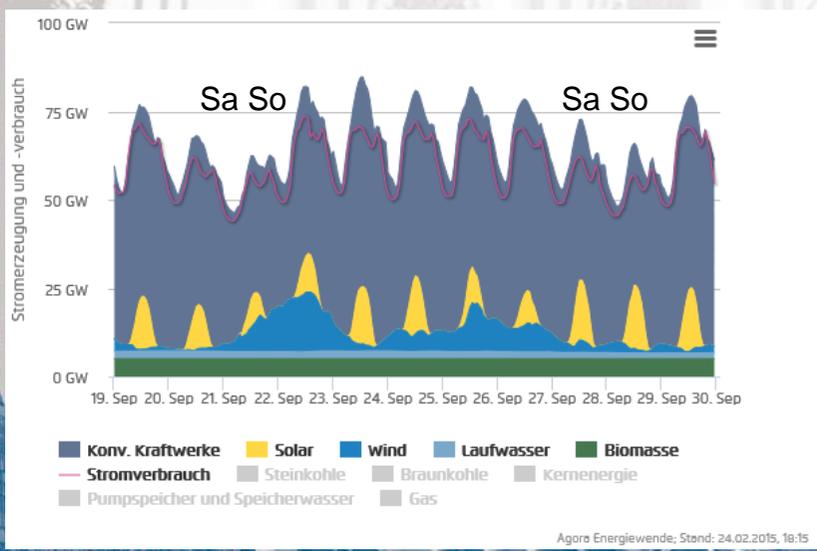
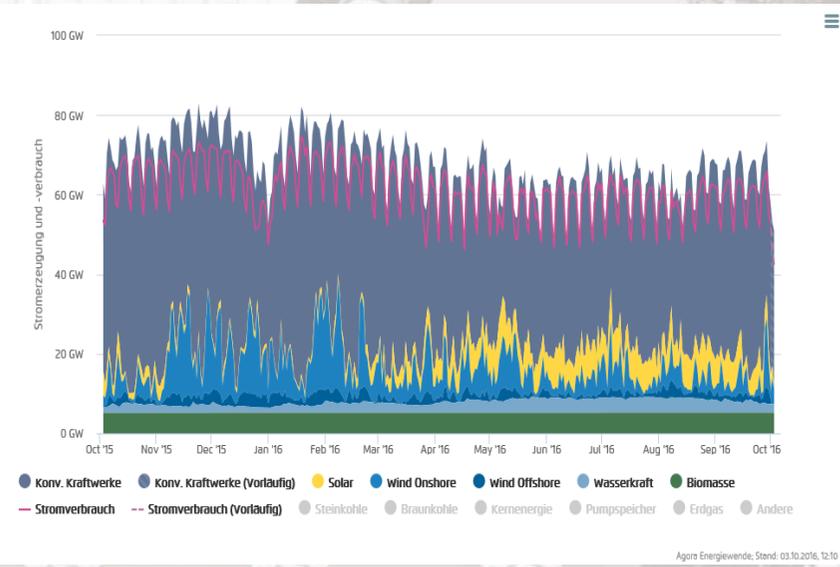
Stromerzeugung und Verbrauch in Deutschland

3.Okt. 2015 - 2.Okt. 2016

Rechts oben: Jahresverlauf
 Rechts unten: Typischer Monatsverlauf
 Links unten: Typischer Wochenverlauf

Wir sehen: Mo-Fr: Verbrauch (Tag) 70 GW
 Sa-So: Verbrauch(Tag) 60 GW

Samstag und Sonntag stehen im Netz 10-20 GW (Deutschland) bzw. 1-2 GW (Österreich) Kapazität gegenüber Wochentag z.B. für Elektromobilität zur Verfügung



Energiebedarf Verbrennungsmotor-KFZ: Die fossile Realität

Deutschland: 3,2 Mrd km/Tag

VKM-KFZ 7 Liter / 100 km .. Pro Tag 3,2 Mrd km x 0,07 l/km =
= 224 Mio Liter Treibstoff / Tag (200.000 Tonnen/Tag)

Pro Liter Treibstoff .. 10 kWh Energiegehalt,

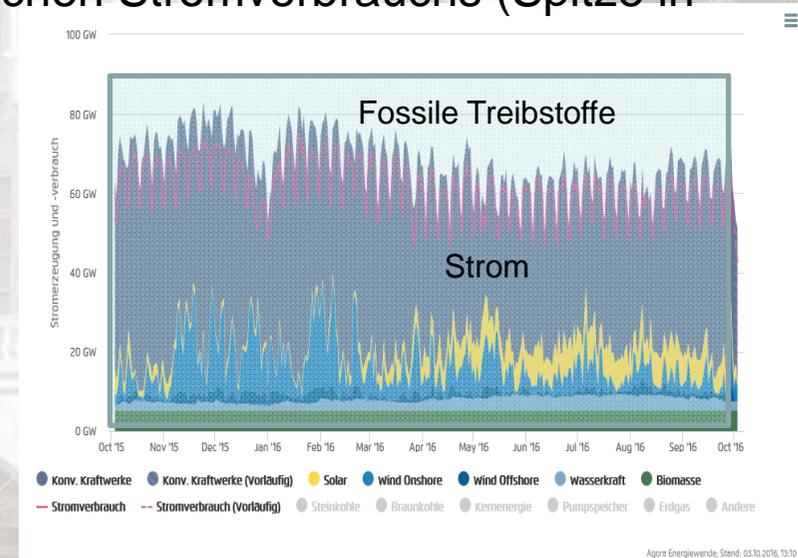
d.h. pro Tag fossile 2,2 Terawattstunden in KfZ umgesetzt,

Das bedeutet pro Jahr 2,2 TWh x 365 = 800 Terawattstunden (TWh)

D.h. **durchschnittliche Leistung** .. 800.000 GWh:8760 h= ca. **90 GW** ..

Das ist mehr als die Spitze des elektrischen Stromverbrauchs (Spitze in Deutschland ca 80 GW)

(In Österreich um Faktor 10 reduziert)



Elektrische Energie bei 100% Elektromobilität: Der elektrische Ausblick

Deutschland: Täglich 3,2 Mrd km x 0,15 kWh/km = 480 Mio kWh = 480 GWh

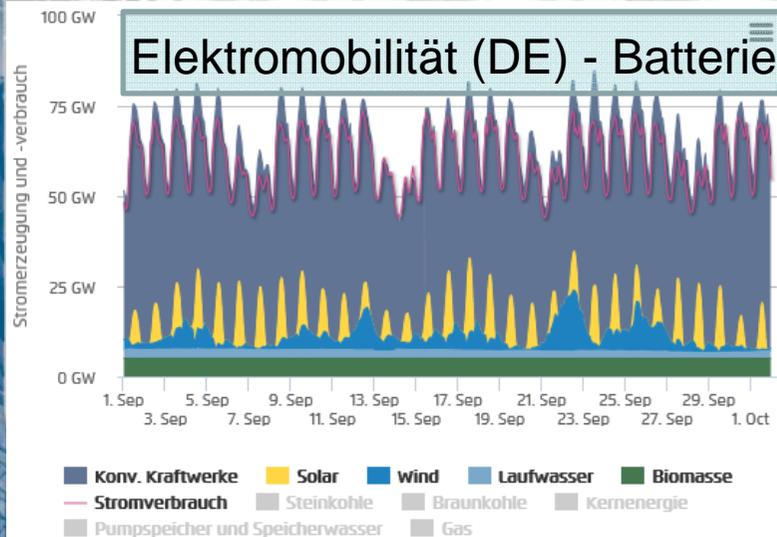
Gleichmäßig auf 24 Stunden aufgeteilt, ergibt dies 480 GWh / 24h = 20 GW

Österreich: Im Mittel über 24 Stunden aufgeteilt: 2 GW zusätzlich

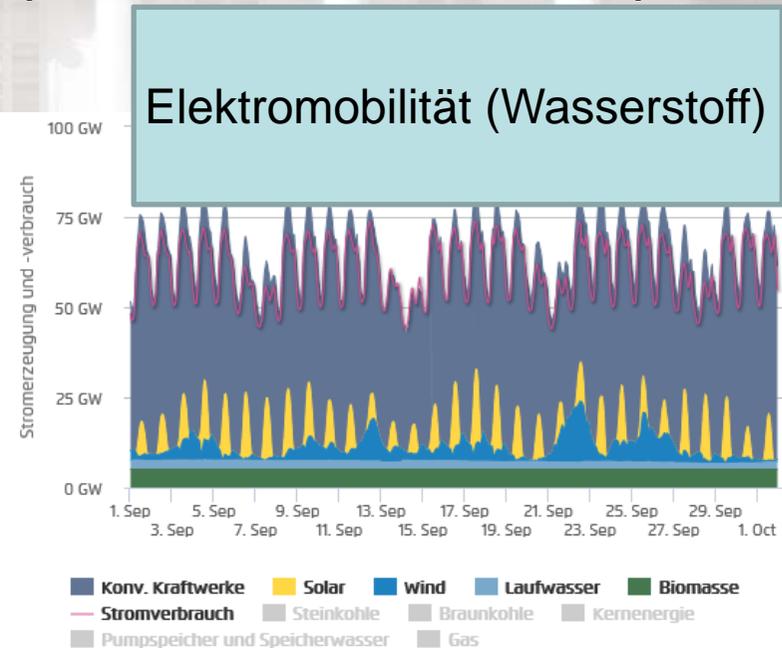
Elektro-KFZ (Basis Batterie) braucht nur ca. ¼ der Energie verglichen mit Verbrenner-KFZ!

Achtung: Wasserstoff-KFZ bräuchte 2,5-3 mal soviel Strom wie Batterie-KFZ

Vom Windrad oder PV weg gerechnet (DE: 50-60 GW, AT: 5-6 GW!).



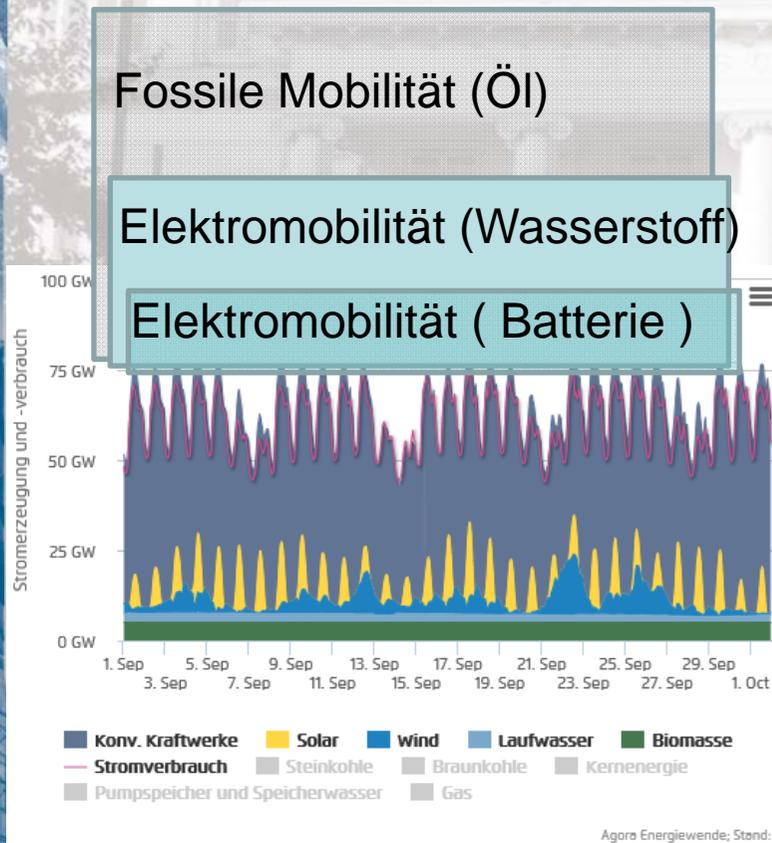
Agoro Energiewende; Stand: 24.02.2015, 18:15



Agoro Energiewende; Stand: 24.02.2015, 18:15

Elektrische Energie bei 100% Elektromobilität: Vergleich mit fossiler Mobilität

Das Bild zeigt den Primärenergieeinsatz für nachhaltige Mobilität im Vergleich mit dem derzeitigen fossilen Einsatz.



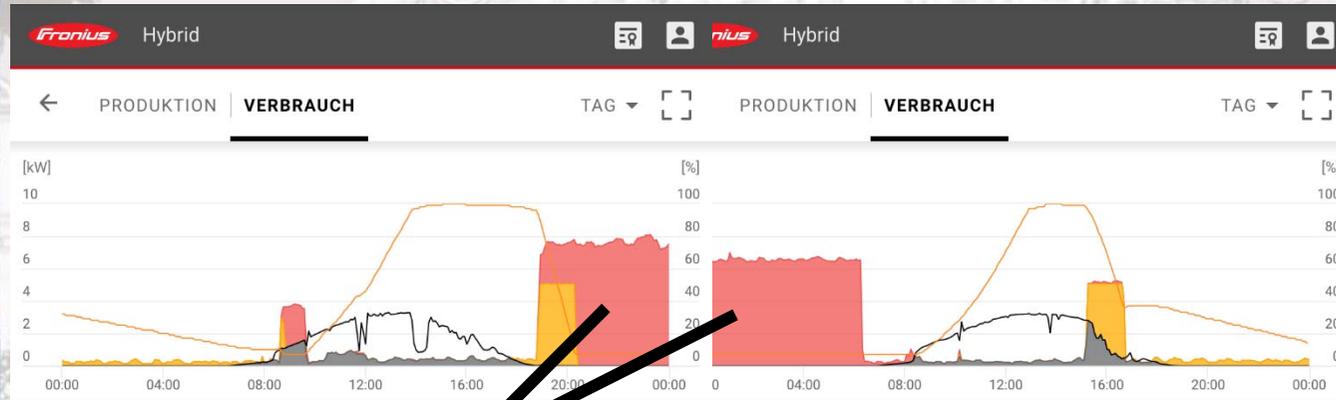
Erdöl (90 GW Durchschnittsleistung)

Wasserstoff / Brennstoffzelle (50 GW)

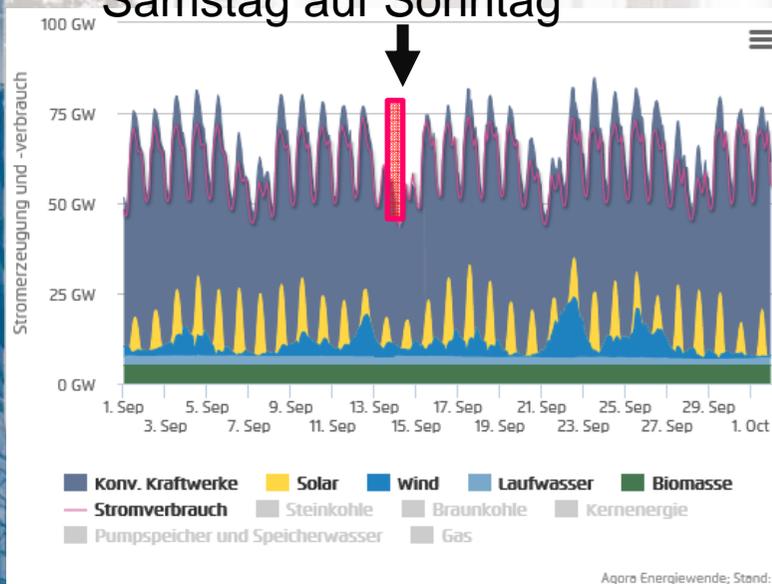
Batterieelektrischer Antrieb (20 GW)

verglichen mit Stromproduktion (70 GW)

Umgekehrt gerechnet (Bottom Up:)



30 GW (DE) bzw. 3 GW (AT)-
 „Loch“ in der Nacht von
 Samstag auf Sonntag



Ein 50 kWh-Block mit 5 kW
 über 10 Stunden von
 Samstag auf Sonntag geladen..

Wie viele ÖsterreicherInnen könnten
 dies gleichzeitig machen, um das
 nicht genutzte „Loch“ in der
 Netznutzung gegenüber normalem
 Netzbetrieb zu nutzen?

3 GW (AT) =
 $3.000.000 \text{ kW} : 5 \text{ kW/Haushalt}$
 = **600.000 Haushalte in Österreich**

**Elektromobilität macht aber nur Sinn,
wenn Strom nachhaltig erzeugt wird!**

Kann sich ein durchschnittlicher Haushalt mit Energie für Elektromobilität selbst versorgen?

Z.B. Fahrleistung 20.000 km / Jahr. Einfamilienhaus oder Garage vorhanden
 Ergibt elektr. Energiebedarf von 20.000 km/Jahr x 0,15 kWh/km = 3.000 kWh.
 Ergibt monatlichen Energieverbrauch von 250 kWh.

Mit 10 kWh-Speicher kann man einen Tagesbedarf speichern

EV am Abend an die Steckdose.. Entnimmt bei leichter EV-Ladung von 1 kW Leistung über Nacht den Speicherinhalt von 8 kWh, der für den nächsten Tag reicht.

Bei einer 5 kW-PV-Anlage bedeutet dies:

20 Module a 250 W

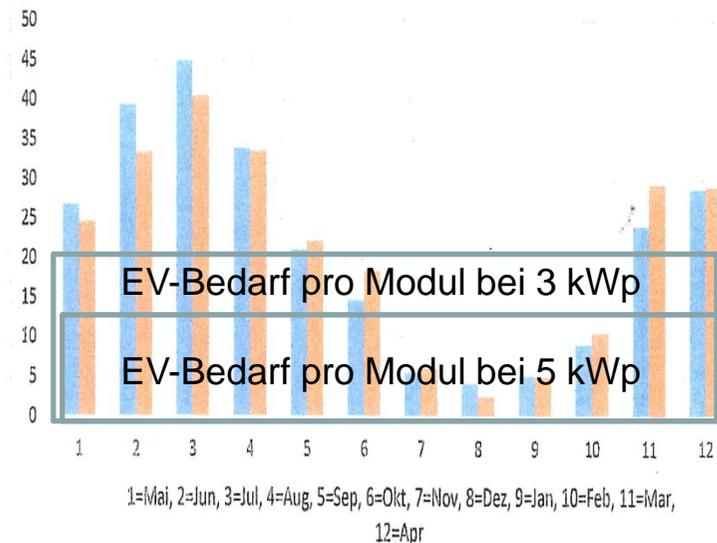
Der monatliche EV-Verbrauch von 250 kWh bedeutet $250 \text{ kWh} / 20 \text{ Module} = 12,5 \text{ kWh}$ pro Monat und Modul für EV

Die Messung rechts zeigt: **Eine 5 kW-**

Anlage kann also 9 Monate den EV-Bedarf decken (3 kW-Anlage.. 7 Monate)

Beispiel: Gemessene Leistung einer flachen und einer aufgeständerten Anlage (Privatanlage Schrödl) © M.Schrödl

Monatliche PV-Modulerträge
 Große flache Anlage sowie kleine schräge Anlage
 Mai 13 - April 14 [kWh/Monat und Modul]



Eine gute Strategie für Eigenheime wäre: Eigenverbrauch bis 10.000 kWh/Jahr (10 kW PV-Anlage)

Eigenheim-Anteil: 4.000 kWh (4kW peak)

Elektroauto-Anteil: 3.000 kWh (3 kW peak)

Energie zur Erhöhung des Deckungsgrades (optional) 3 kW peak

Summe: 10 kW peak

Speicher: 20 kWh

Davon Eigenheim-Anteil: 10 kWh (deckt Tagesbedarf inkl. Nacht)

Elektroauto-Puffer: 10 kWh (deckt tägliche durchschnittliche Fahrtstrecke)

Ermöglicht autarkes Laden, wenn Strom teuer oder Netzbelastung hoch.

Der 20 kWh Speicher könnte auch ein **intelligent betriebenes Zweit-E-Auto** sein

Bis 25.000 kWh ist Eigenverbrauch steuerfrei

Alternativ: Kommune schafft E-Autos und/oder gemeinsam bewirtschaftete(n) Speicher an

Welche Zielgruppe ist die logische Einsteigergruppe für Elektromobilität?

Nebenbedingungen:

Strom selbst nachhaltig erzeugen
Überschaubare und häufige (tägliche) Fahrstrecken
Kein Risiko durch Umstieg auf E-Mobilität erlaubt

Zutreffend bei:

Dachflächen vorhanden
Pendler und Gewerbetreibende
Besitzer von mindestens 2 Autos

Also 2 Gruppen:

- a) **Pendler mit Einfamilienhaus und mindestens 2 Autos im Haushalt**
- b) **Gewerbebetriebe mit Produktions- oder Dachflächen und Fahrzeugpark**
- c) **Öffentliche Einrichtungen (Schulen, Gemeindeämter etc.) die Angestellte beim Umstieg zur E-Mobilität unterstützen (z.B. Gratis oder günstiges Laden während Dienstzeit bzw. für BesucherInnen)**

Wie groß ist diese Gruppe?

Deutschland / Österreich:

Personen mit 1 Auto / Haushalt: 40 Mio / 4 Mio.

Personen mit mindestens 2 Autos / Haushalt: 20 Mio. / 2 Mio .. Jede vierte Person

Erwerbstätige: 40 Mio / 4 Mio,
davon Pendler bis 10 km: 50%
Pendler über 50 km: 5%
2/3 davon nutzen das Auto.

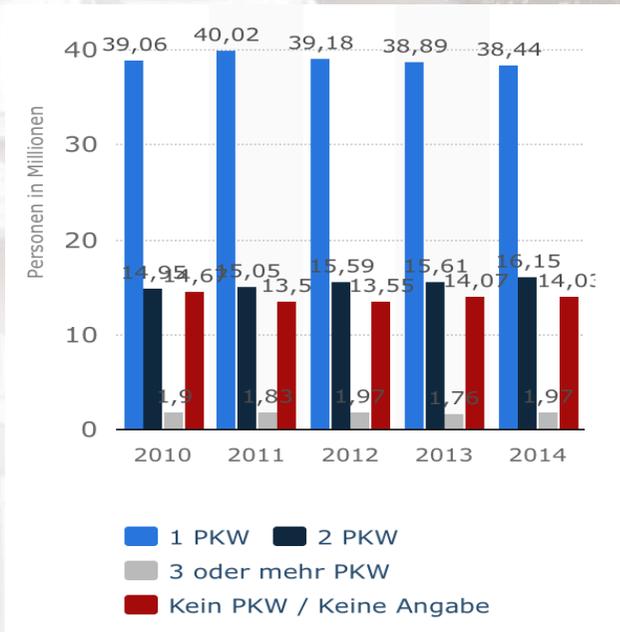
Grob also:

15 Mio DE / 1,5 Mio AT nutzen das Auto zum Pendeln

Davon haben 4 Mio / 400.000 Pendler mindestens 2 Autos
30 % leben in Einfamilienhäusern

Also: Eine Million Deutsche und 100.000 ÖsterreicherInnen sind Pendler mit Einfamilienhaus und mindestens 2 Autos.
Annahme: Ein Auto wird jedes 10. Jahr gewechselt, damit ist das Ergebnis:

Über 100.000 Deutsche und 10.000 ÖsterreicherInnen mit Einfamilienhaus (potenzielle PV-Betreiber) wechseln jährlich eines von mehreren Autos, die sie zum Pendeln verwenden.
Sie sind jährlich Premium-KandidatInnen für E-Mobilität.



Nötige Infrastruktur für Haushalt mit Elektrofahrzeug (Beispiele)

Für milde Ladung (EV wird über Nacht geladen):
 230 V Dose reicht
 Empfehlenswert: „Mennekes“ Typ 2 Stecker“ mit
 variabler Leistung ca. 1-3 kW (Bild rechts)

Für relativ schnelle Ladung:
 Kraftstromstecker 16 A (11 kW)
 Oder 32 A (22 kW) (transportabel (rechts unten)
 oder stationär mit Wallbox moniert (links unten)



Typischer Ladevorgang eines Elektroautos mit 90 kWh-Speicher

Links: Kurzes Nachladen am Morgen, z.B. vor der Arbeit (automatisierbar, um Hausbatterie vor neuer PV-Ladung zu entleeren)

Mitte: Typisches Wochenende-Vollladen (gelb: Hausspeicher wird entleert .. Ohne Belastung der „Abendspitze“ im Netz, rot.. Moderate Ladung aus Netz mit ca. 5 kW)

Entnommene Energie im gelb/roten Block: ca. 50 kWh (entspricht 250 km Nachladung)

Rechts: Laden, wenn Hausspeicher voll (grau: PV-Anteil.. Direkt ins KFZ, gelb: Hausspeicher ins KFZ. Rest im Hausspeicher für „Nachtbetrieb“)

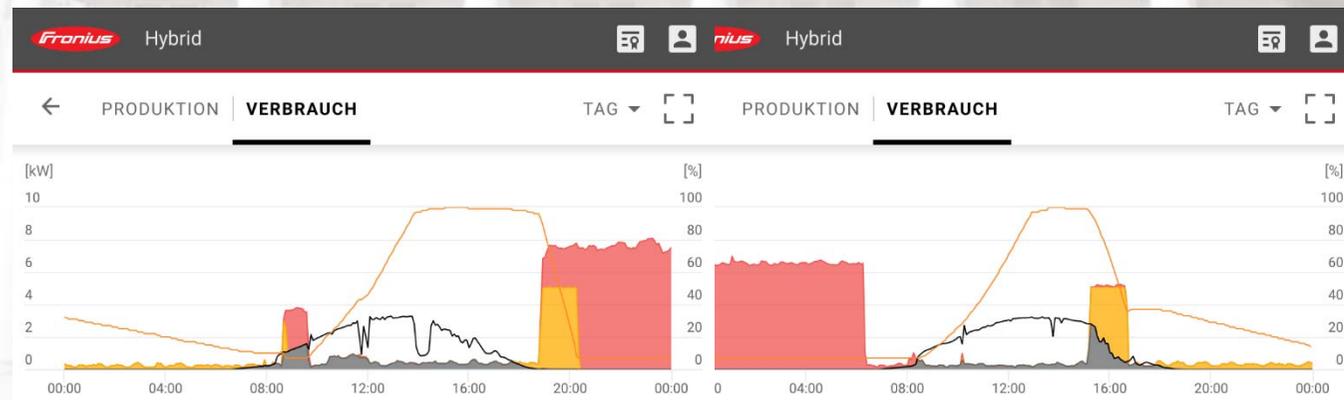


Bild: Orange Kurve: Hausspeicher-Ladezustand in %

Graue Kurve: PV-Leistung

Gelber Bereich: Entnahme aus Hausspeicher

Roter Bereich: Entnahme aus Netz

(©Privatanlage M.Schrödl)

Zusammenfassung

Elektromobilität steht kurz vor dem Durchbruch!

Die Probleme der Batterie stehen vor der Lösung.

Die Preisgleichheit von Elektroautos und konventionellen Fahrzeugen ist absehbar.

Die Vorteile für den Einzelnen und die Volkswirtschaft sind bestechend

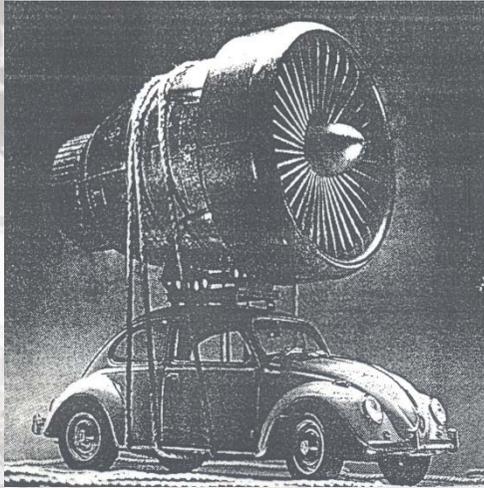
Die Elektromobilität reduziert Treibhausgase und Ölimporte massiv

Die Netze bieten genügend Potenzial für breite Emobilität

Jeder Haushalt ist aufgefordert, Photovoltaik mit Speicher gemeinsam mit Elektromobilität zu kombinieren – eine Aufgabe für die Politik

Breiter Einsatz von nachhaltiger Elektromobilität ohne komplizierte „Smart-Grid-Fähigkeit“ des Netzes ist möglich!

Smart Grids ermöglichen z.B. Strombezug/Lieferung bei niedrigen / hohen Strompreisen



Gestalten wir gemeinsam die Mobilität von morgen!

Manfred Schrödl, Institut für Energiesysteme und
Elektrische Antriebe

Technische Universität Wien

Manfred.schroedl@tuwien.ac.at

