2. Potsdamer Tag der Wissenschaften am 14. 6. 2014
Vortrag und Diskussion am Standort Neues Palais

Grüne Stirling-Tankstellen für Elektroautos

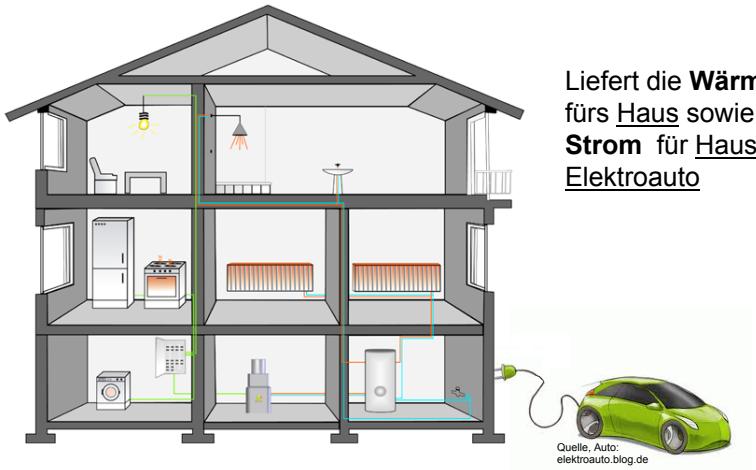
Ein Vortrag von
Dr. Andreas Gimsa

Bild (ohne HG): http://www.teslamotors.com/de_AT/models

Stirling Technologie Institut
Potsdam gemeinnützige GmbH
Am Buchhorst 35 A
14478 Potsdam

2. Potsdamer Tag der Wissenschaften am 14. 6. 2014
Vortrag und Diskussion am Standort Neues Palais

Idee: Mikro-BHKW mit Stirling-Motor

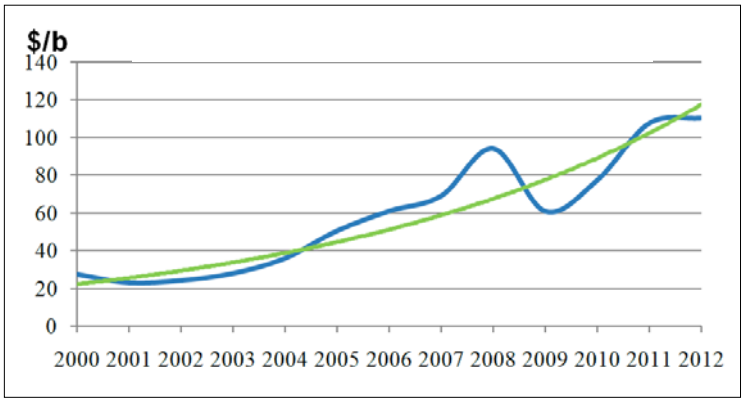


Liefert die **Wärme** fürs Haus sowie den **Strom** für Haus und Elektroauto

Quelle, Auto:
elektroauto.blog.de

www.s-tip.org

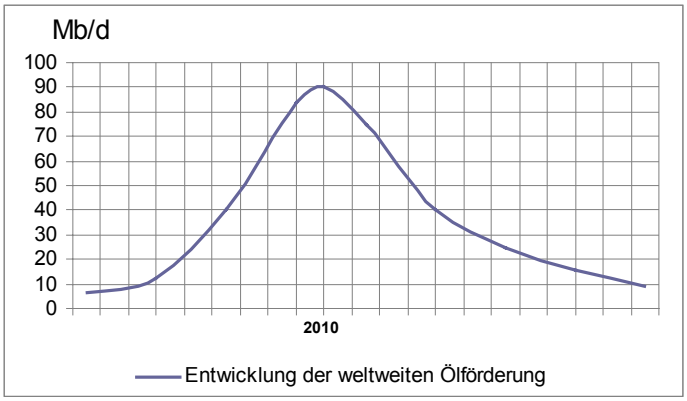
Ölpreisentwicklung



Quelle: OPEC, 2012

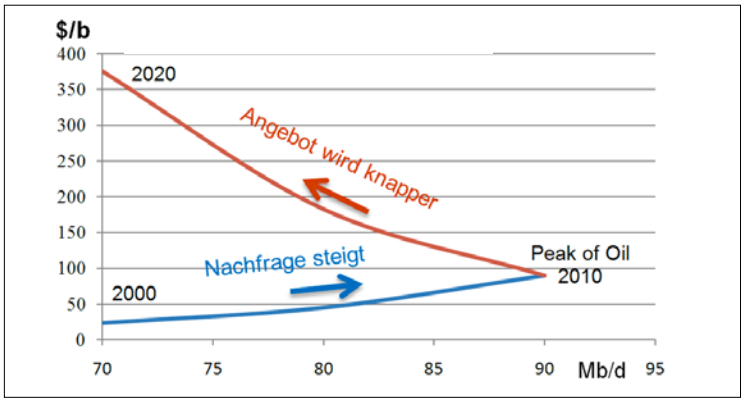
Stirling Technologie Institut Potsdam gemeinnützige GmbH
2. Potsdamer Tag der Wissenschaften am 14. 6. 2014
Vortrag und Diskussion am Standort Neues Palais

Die Hubbert-Kurve, normiert

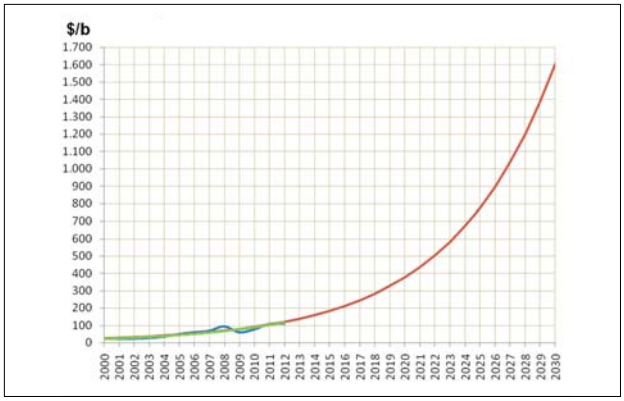


www.s-tip.org

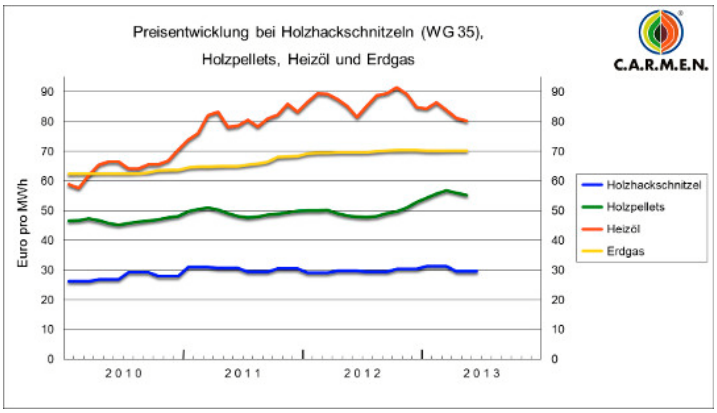
Ölpreis aus Nachfrage und Angebot



Ölpreisentwicklung, Prognose bis 2030



Preiskurve Brennstoffe

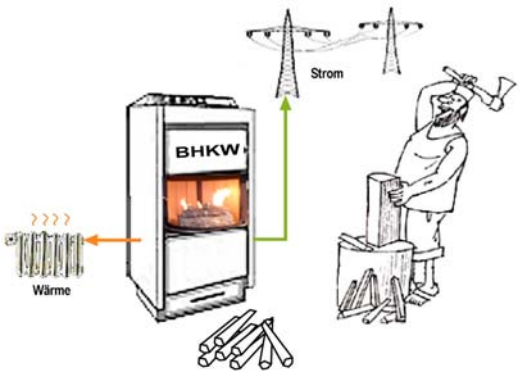


Quelle: http://www.carmen-ev.de, vom 9. 9. 2013

2. Potsdamer Tag der Wissenschaften am 14. 6. 2014
Vortrag und Diskussion am Standort Neues Palais

Brennstoffpreise aktuell

▶ Holzpellets	5,50	ct/kWh*
▶ Hackschnitzel	3,00	ct/kWh*
▶ Bioethanol	18,55	ct/kWh*
▶ Rapsöl	14,90	ct/kWh*
▶ Biogas	7,60	ct/kWh**
▶ Flüssiggas	8,50	ct/kWh***
▶ Erdgas	7,00	ct/kWh*
▶ Heizöl	8,00	ct/kWh*



* Quelle: http://www.carmen-ev.de, Stand: 9. 9. 2013
** Quelle: dena, biogaspartner vom 23. April 2012
*** Quelle: WESTFA, Tarif Blockheizkraftwerk, Stand: April 2012

www.s-tip.org

Technologien im Vergleich

Erzeugungsanlagen	Brennstoff	elek./mech. Energie	Wärme	Verlust
Heizkessel	●●●		●●●	
Kraftwerk	●●●	●		●●
Stromerzeugende Heizung (BHKW)	●●●	●	●●	
PKW	●●●	●		●●

Bild (Heizkessel): www.hottenrott.de; Bild (Kraftwerk): www.fotag.de; Bild (Auto): elektroauto.blog.de

2. Potsdamer Tag der Wissenschaften am 14. 6. 2014
Vortrag und Diskussion am Standort Neues Palais

Umweltschutzerfordernisse für Gebäude

Energieeinsparverordnung (EnEV 2014)

- Wärmeschutz von Gebäuden

Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG 2011)

- bestimmter Wärme-Anteil über erneuerbare Energien
- KWK möglich, wenn 50 % des Gebäudewärmebedarfs hierdurch gedeckt

Förderprogramme

REN plus-Programm (Kleinst-BHKW < 50 kW)

Investitionszuschuss

- bis 40 % mittlere Unternehmen
- bis 50 % kleine Unternehmen
- bis 75 % Nichtunternehmen (privat Personen)

Mini-KWK-Impulsprogramm 2012

Investitionszuschuss

- 1.425 € bei 1 kW_{el}
- 3.325 € bei 20 kW_{el}

www.s-tip.org

Gesetzliche Einspeise-Vergütungsregelungen

Für die Stromeinspeisung durch eine stromerzeugende Heizung (Blockheizkraftwerk BHKW)

Erneuerbare Energien-Gesetz (EEG 2012) Eingespeister Strom aus Biomasse	
1. Grundvergütung für Anlagen bis 150 kW zuletzt geändert mit Novelle 2012	14,30 Cent/kWh
2. NawaRo-Bonus Bonus für den Einsatz von nachwachsenden Brenstoffen	6,00 Cent/kWh
Summe	**20,30 Cent/kWh**

KWKG (Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz)	
1. Grundvergütung bis 50 kW	5,41 Cent/kWh
2. Üblicher Strompreis EEX, Baseload, 1. Quartal 2014	3,35 Cent/kWh
3. Vermiedene Netzkosten	1,00 Cent/kWh
4. Steuerentlastung	0,55 Cent/kWh Erdgas
Summe	**9,76 Cent/kWh**

Quelle: Dr. Andreas Gimsa, 7. 5. 2014

Stirling Technologie Institut Potsdam gemeinnützige GmbH
2. Potsdamer Tag der Wissenschaften am 14. 6. 2014
Vortrag und Diskussion am Standort Neues Palais

Warum ist eine Akkuladung günstiger als eine Tankfüllung?

STIRLING-Motor-BHKW Wirtschaftlichkeitsberechnung auf Basis VDI 2067			
4ZM-STIRLING-BHKW η_{ges} =90 % η_{el} =15 %		4ZM-STIRLING-BHKW mit Tankstelleneffekt	
Investitionskosten (BHKW incl. Installation)	15.000 €	Investitionskosten (BHKW incl. Installation)	15.000 €
Kapitalgebundene Kosten, 15a, 3%	1.256 €/a	Kapitalgebundene Kosten, 15a, 3%	1.256 €/a
Grundlastwärme	35.000 kWh/a	Grundlastwärme	35.000 kWh/a
Leistung thermisch	5,0 kW	Leistung thermisch	5,0 kW
Leistung elektrisch	1,0 kW	Leistung elektrisch	1,0 kW
Vollbenutzungsstunden	7.000 h	Vollbenutzungsstunden	7.000 h
Wärmeerzeugung BHKW	35.000 kWh/a	Wärmeerzeugung BHKW	35.000 kWh/a
Stromerzeugung BHKW	7.000 kWh/a	Stromerzeugung BHKW	7.000 kWh/a
Jahresnutzungsgrad BHKW	90%	Jahresnutzungsgrad BHKW	90%
Holzpelletsenergie	46.667 kWh/a	Holzpelletsenergie	46.667 kWh/a
Pelletskosten (5 Cent/kWh)	2.333 €/a	Pelletskosten (5 Cent/kWh)	2.333 €/a
Wartungskosten (3 Cent/kWh el.)	210 €/a	Wartungskosten (3 Cent/kWh el.)	210 €/a
Vermiedene Wärmekosten (8 Cent/kWh)	2.800 €/a	Vermiedene Wärmekosten (8 Cent/kWh)	2.800 €/a
Vermiedene Stromkosten (25 Cent/kWh)	875 €/a	Vermiedene Stromkosten (25 Cent/kWh)	875 €/a
Stromverkauf EEG 2012 (20,3 Cent/kWh)	711 €/a	Stromverkauf E-Tankstelle (25 Cent/kWh)	875 €/a
Gesamtkosten	3.800 €/a	Gesamtkosten	3.800 €/a
Gesamteinnahmen	4.386 €/a	Gesamteinnahmen	4.550 €/a
Jahresüberschuss	586 €/a	Jahresüberschuss	750 €/a
Kapitalrückfluss	8,1 a	Kapitalrückfluss	7,5 a
Tankstelleneffekt: 70 Ladungen mit 50 kWh zu 25 Ct./kWh führen zu ca. 165 €/a ökologischen Mehreinnahmen !			

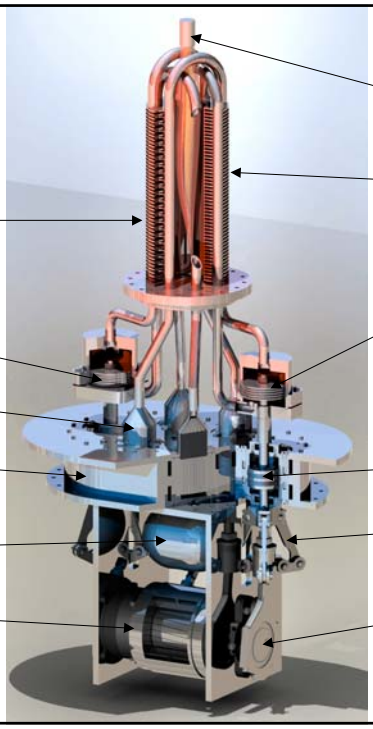
Quelle: Dr. Andreas Gimsa, 13. 6. 2014

www.s-tip.org

Technische Daten eines Stirling-Motors

Hersteller	NATURFEUER AG
Bezeichnung	4-ZGM-1 kW
Motorart	4-Zyklen-Ericsson-Motor
Abmessung (B x H x T)	700 x 1.500 x 520 mm
Gewicht	150 kg
Geräusch	< 40 dB (A)
Regelbrennstoff	Erdgas
Arbeitsgas	Stickstoff, Helium
Brennstoffleistung	3,5 kW
Leistung elektrisch	1,0 kW
Leistung thermisch	2,2 kW
Wirkungsgrad elekt.	28,6 %
Wirkungsgrad gesamt	91,4 %

4-Zyklen-Ericsson-motor im BHKW-Einsatz



Brennerdüse

Hochtemperatur-Erhitzer (austauschbar)

Erhitzer-Berippung

1. Expansionskolben (doppelt wirkend)

2. Expansionskolben

Regenerator

Kühlerblock

2. Kompressionskolben (doppelt wirkend)

Druckbehälter (Arbeitsgas)

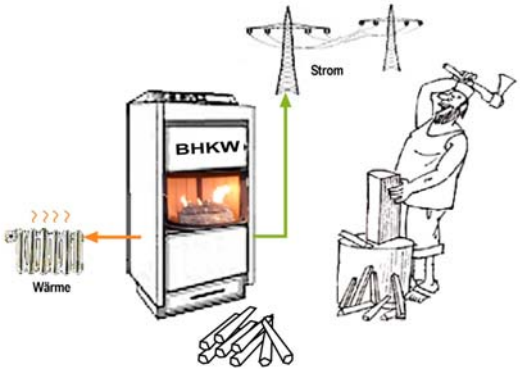
Linearführung

Generator

Exzenter-Pleuel mit Kraftaustritt

Stirling-Motoren

- **Brennstoffvielfalt**
  - -> Erdgas
  - -> Biogas
  - -> Heizöl
  - -> Pflanzenöl
  - -> Holzpellets
  - -> Holzhackschnitzel
  - -> Bioethanol
  - -> Solare-Systeme



2. Potsdamer Tag der Wissenschaften am 14. 6. 2014
Vortrag und Diskussion am Standort Neues Palais

Eigenschaften – Otto/Diesel

- **Diesel- und Otto-Motorentechnologie**
  - -> Ölwechsel
    SenerTech Dachs: nach 2.700 Betriebsstunden
    KW Energietechnik (50 kW): nach 1.500 Betriebsstunden
  - -> Filter- und Zündkerzenwechsel
  - -> Ventileinstellungen
  - -> kurze Wartungsintervalle
  - -> geräuschbelastet
  - -> mittlere Lebensdauer
  - -> viele Verschleißteile

Bild: www.gifs.de

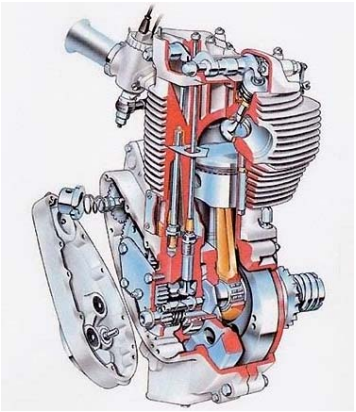


Bild: http://media.photobucket.com/image/ottomotor/dancortez/bsa.jpg

www.s-tip.org

Eigenschaften – Stirling/Ericsson

- **Stirling-Motoren sind umweltfreundlich**
  - -> **keine Umweltbelastung** aus **laufendem Betrieb**
  - -> **Einsatz CO_2-neutraler Brennstoffe** (kein Treibhauseffekt)
  - -> **keine Luft-** oder **Ölfilter, kein Altöl**
  - -> **Kraft-Wärme-Kopplung mit hohem elekt. Wirkungsgrad**
  - -> **hoher Gesamtwirkungsgrad**
- **Stirling-Motoren sind wartungsarm, langlebig und leise**
  - -> da nur **wenig bewegte Teile** vorhanden sind und
  - -> **keine Verbrennungsrückstände** im Zylinderraum sind
  - -> **keine explosionsartige** Verbrennung erfolgt
  - -> **geringe Geräuschkulisse** (insbesondere bei Mehrzyklenmotoren)

Bild: http://free.pages.at/sinne/bilder/hoeren03.gif

Stirling Technologie Institut Potsdam gemeinnützige GmbH
2. Potsdamer Tag der Wissenschaften am 14. 6. 2014
Vortrag und Diskussion am Standort Neues Palais

Stirling-Motoren

- **Zukunftsperspektive**

  Stirling-Motoren-Technik ist die Energie-Technologie mit der höchsten Zukunftsperspektive bei Nutzbarkeit nachwachsender und konventioneller Brennstoffe. Eine diesbezügliche Forschungs- & Entwicklungs-förderung hätte eine hohe Erfolgsquote und einen hohen Umweltschutzeffekt.

- **Risikobehaftet**
  - -> Kernspaltung
  - -> Kernfusion (100.000.000 °C)
  - -> Kohleverbrennung (besonders Braunkohle)
  - -> CO_2-Speicherung (Kohleverbrennung) CCS
  - -> Wasserstoffwirtschaft

www.s-tip.org

Stirling-Motoren

- **Anwendungsvielfalt**
  - -> BHKW
  - -> Kühlmaschinen
  - -> Wärmepumpen
  - -> Antriebssysteme
  - -> Notstromaggregate
  - -> Hybridfahrzeuge
  - -> Bootsantriebe
  - -> Solarstrom mit kombinierter Wärmeauskopplung zur Meerwasserentsalzung

Bild: http://www.ejwherrenberg.de/cs/material/images/auto.gif

Bild: http://members.chello.at/franz.schnatter/image/kuehlschrank.gif

Bild: http://www.freiburg.de/servlet/PB/show/1181927_l1/10_langlebig.gif

Stirling Technologie Institut Potsdam gemeinnützige GmbH

2. Potsdamer Tag der Wissenschaften am 14. 6. 2014
Vortrag und Diskussion am Standort Neues Palais

Kernkraft

- radioaktiver Restmüll fällt an, der nicht endgelagert werden kann
- unsichere Technik
- extrem giftig
- extrem nachhaltig (die Halbwertzeit von Plutonium beträgt 24.000 Jahre)

Bild: blog.definitions-sache.de

CCS-Technologie

- sehr große Mengen CO_2 können nicht auf Dauer sicher deponiert werden
- führt nicht zur CO_2-Reduktion
- verschlechtert den Wirkungsgrad der Kraftwerke
- Grundwasser-Versalzung
- Erstickungsgefahr beim Austritt (z. B. durch Erdbeben, Untergrundsetzungen, Erschütterungen)

www.s-tip.org

Verbrauchsgrößenordnung

5 l Kraftstoff → 50 kWh Brennstoffenergie

Wirkungsgrad Verbrennungsmotor = 0,3 → 15 kWh mech. Energie

Auto mit **Verbrennungsmotor** benötigt: **15 kWh / 100 km mechanische Energie**

Auto mit **Elektromotor** benötigt: **15 kWh / 100 km elektrische Energie**

Wirkungsgrad Kraftwerk = 0,3 → 50 kWh Brennstoffenergie

Fazit: kein CO_2-Vorteil des Elektromotors

Stirling Technologie Institut Potsdam gemeinnützige GmbH
2. Potsdamer Tag der Wissenschaften am 14. 6. 2014
Vortrag und Diskussion am Standort Neues Palais

Elektroauto – i MiEV (Mitsubishi)

- **Technische Daten:**

Antrieb:	Heckantrieb
Nennleistung:	35 kW
max. Drehmoment:	180 Nm bei 0-2.000 min^{-1}
L x B x H:	3.475 x 1.475 x 1.610 mm
Antriebsbatterie:	Lithium-Ionen
Normalladung 230 V:	ca. 8 h (10 A)
Schnellladung Gleichstrom mit max. 50 kW:	ca. 30 min. (80 %)
Energiespeicher:	16 kWh
Leergewicht:	1.185 kg
0 bis 100 km/h:	15,9 sec.
Spitze:	130 km/h
Reichweite:	150 km
Sitzplätze:	4
Preis:	29.300 €

Bild: iMiEV-Folder, S. 4

Quelle: Mitsubishi, Folder S. 14
Preisangabe: www.mein-elektroauto.com

www.s-tip.org

Modellübersicht – Elektroautos

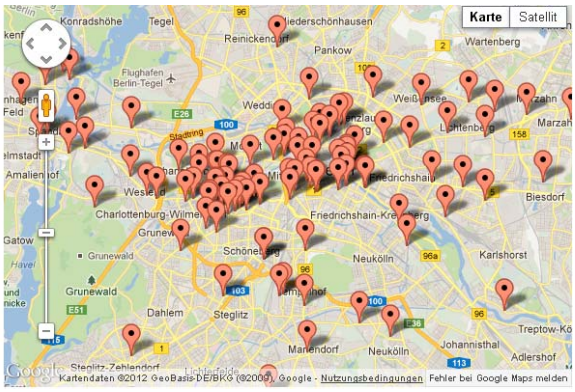
Marke	Modell	Fahrzeug-Art	Maximale Sitzplätze	Grundpreis inkl. MwSt [€]	Reichweite [km]
Mitsubishi Citroen Peugeot	i-Miev C-Zero iOn	PKW PKW PKW	4 4 4	29.500 € inkl. Batterie 27.588 € inkl. Batterie 29.640 € inkl. Batterie	150
Ford	Transit Connect Electric	PKW bzw. Kleintransporter	7	ab 16.303 €	130
Karabag	Doblo E Kombi (Basis: Fiat Doblo) Version L	PKW bzw. Kleintransporter	7	ab 80.873 €	130
Nissan	Leaf	PKW	4	ab 29.290 € inkl. Batterie	199
Renault	Kangoo Rapid Z. E.	PKW bzw. Kleintransporter	5	26.760 € exkl. Batterie, zzgl. 73 €/Monat	170
Smart	fortwo electric drive	PKW	2	ab 24.590 € inkl. Batterie	145
Tesla	Modell S	PKW	5	ab 68.000 € inkl. Batterie	390
VW	e-Golf	PKW	4	35.590€ exkl. Batterie	190
BMW	i3	PKW	4	ab 35.700 € inkl. Batterie	190
Volvo	C 30 Electric	PKW	4	nur Leasing für 3 Jahre mgl.	163

Quellen:
www.autorevue.at „Elektroautos: Übersicht aller Testberichte, technischen Daten & Preise"; 21. 5. 2014
Auszug aus der ADAC-Modellübersicht, Stand 7/2012; Auto Bild, Nr. 43, S. 104, vom 26. 10. 2012
www.ford.de, 12. 6. 2014
2010_DobloE_Kombi.pdf

Ladeleitung und Ladesteckvorrichtung

Quelle: e-mobility, Ladesteckvorrichtungen und Stromtankstellen, walther Elektrotechnische Systeme

Stromtankstellen in Berlin



Quelle: http://www.goingelectric.de/stromtankstellen/?ort=Berlin&verbund=alle&stecker=alle

Stirling Technologie Institut Potsdam gemeinnützige GmbH

2. Potsdamer Tag der Wissenschaften am 14. 6. 2014
Vortrag und Diskussion am Standort Neues Palais

Möglichkeiten, Strom zu laden

Öffentliche und halb-öffentliche Ladestationen | **Komfortabel zu Hause laden** | **Laden ganz ohne Kabel**

Quelle: http://www.siemens.de/elektromobilitaet/elektromobilitaet.html#Stromtankstellen&stc=decc020184

Favorit:
Laden mit Stirling-BHKW

www.s-tip.org

Warum sind Stirling-Motoren für grüne Stromtankstellen am besten geeignet?

- Weil sie in jedem **Einfamilienhaus** installiert werden können
- Weil sie **Kraft-Wärme-Kopplung** ideal realisieren
- Weil sie einen **hohen elektrischen Teillastwirkungsgrad** haben
- Weil sie **leise** und **wartungsarm** sind
- Weil sie mit **nachwachsenden oder konventionellen Brennstoffen** betrieben werden können
- Weil sie dem Hausbesitzer **zusätzliche Einnahmen** bringen

2. Potsdamer Tag der Wissenschaften am 14. 6. 2014
Vortrag und Diskussion am Standort Neues Palais

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Ein Vortrag von
Dr. Andreas Gimsa

Bild (ohne HG): http://www.teslamotors.com/de_AT/models

Stirling Technologie Institut
Potsdam gemeinnützige GmbH
Am Buchhorst 35 A
14478 Potsdam

www.s-tip.org