3. Potsdamer Tag der Wissenschaften am 9. 5. 2015
Vortrag und Diskussion am Standort Neues Palais

Grüne Stirling-Tankstellen für Elektroautos

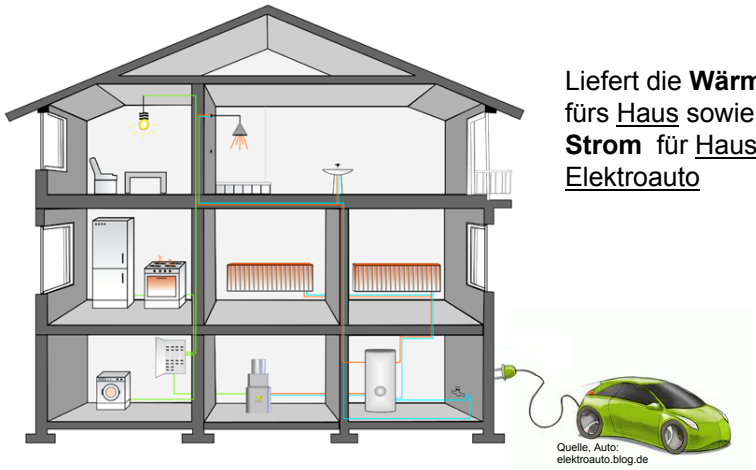
Ein Vortrag von
Dr. Andreas Gimsa

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

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

3. Potsdamer Tag der Wissenschaften am 9. 5. 2015
Vortrag und Diskussion am Standort Neues Palais

1. Idee: Mikro-BHKW mit Stirling-Motor

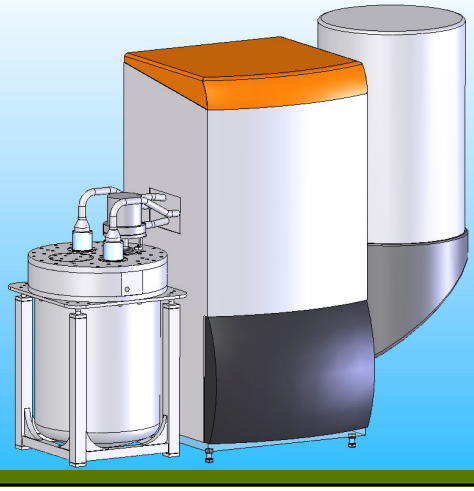


Quelle, Auto: elektroauto.blog.de

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

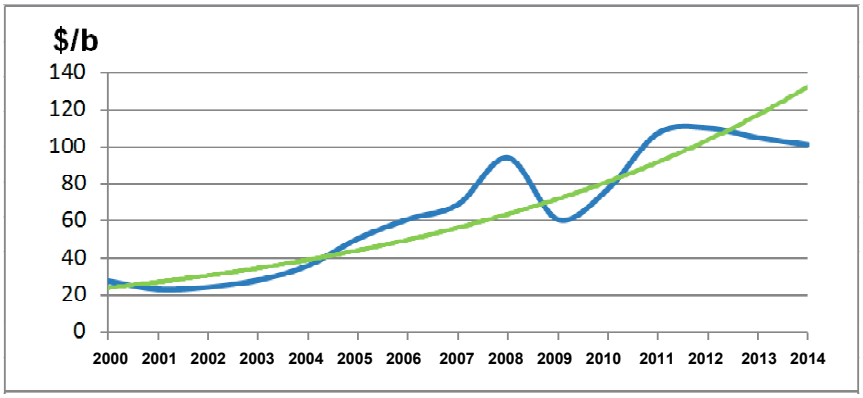
www.s-tip.org

2. Idee: BHKW mit Biomassefeuerung



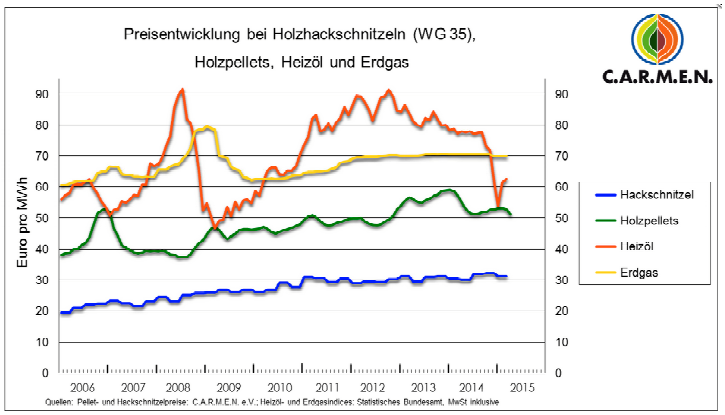
3. Potsdamer Tag der Wissenschaften am 9. 5. 2015
Vortrag und Diskussion am Standort Neues Palais

Ölpreisentwicklung



Quelle: OPEC, 2015

Preiskurve Brennstoffe



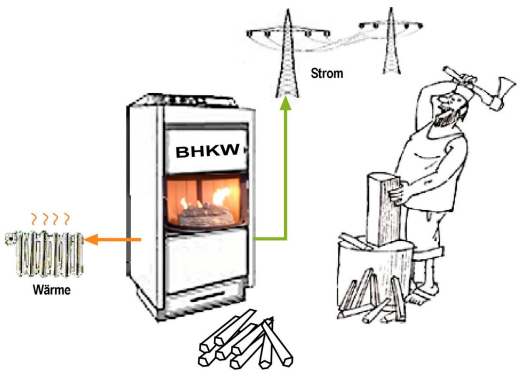
Quelle: http://www.carmen-ev.de, vom 27. 4. 2015

3. Potsdamer Tag der Wissenschaften am 9. 5. 2015
Vortrag und Diskussion am Standort Neues Palais

Brennstoffpreise aktuell

▶ Holzpellets (5 T)	5,39	ct/kWh[1)]
▶ Waldhackschnitzel (WG 35)	3,13	ct/kWh[1)]
▶ KUP-Hackschnitzel (WG 35)	2,97	ct/kWh[1)]
▶ Bioethanol	18,55	ct/kWh[4)]
▶ Rapsöl	14,90	ct/kWh[4)]
▶ Biogas	6,44	ct/kWh[2)]
▶ Flüssiggas	8,50	ct/kWh[5)]
▶ Erdgas	6,81	ct/kWh[3)]
▶ leichtes Heizöl	6,43	ct/kWh[3)]

1) Quelle: C.A.R.M.E.N., 27. 4. 2015
2) Quelle: Biogas-Monitoringbericht 2014, S. 3, 2013
3) Quelle: Energiepreisentwicklung bis 3/2015 vom Statistischen Bundesamt
4) Quelle: C.A.R.M.E.N., 9. 9. 2013
5) 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

3. Potsdamer Tag der Wissenschaften am 9. 5. 2015
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 wird

Förderprogramme

Zuschuss für Mini-KWK-Anlagen (BAFA)

Basisförderungen für kleine Leistungsbereiche wurden angehoben

- 1.900 € bei 1 kW_{el}
- 3.500 € bei 20 kW_{el}

Bonusförderung für besonders energieeffiziente Mini-KWK-Anlagen wurde eingeführt

- Wärmeeffizienzbonus beträgt 25 % der Basisförderung
  (2. Abgaswärmetauscher zur Brennwertnutzung, hydraulisch abgeglichenes Heizungssystem)
- Stromeffizienzbonus beträgt 60 % der Basisförderung
  (Wirkungsgrad elek. > 31 % bis 35 % in Abhängigkeit von der Nennleistung)

www.s-tip.org

Gesetzliche Einspeise-Vergütungsregelungen

Für die Stromeinspeisung durch eine stromerzeugende Heizung (Blockheizkraftwerk BHKW)

Erneuerbare Energien-Gesetz (EEG 2014) Eingespeister Strom aus Biomasse	
1. Basisvergütung für Anlagen bis 150 kW im Sinne der Biomasseverordnung (§ 44 EEG)	13,66 Cent/kWh
Summe	**13,66 Cent/kWh**

KWKG (Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz)	
1. Grundvergütung (KWK-Zuschlag) bis 50 kW	5,41 Cent/kWh
2. Üblicher Strompreis EEX, Baseload, 1. Quartal 2015	3,21 Cent/kWh
3. Vermiedene Netzkosten	0,50 Cent/kWh
4. Steuerentlastung (§ 53a EnergieStG)	0,55 Cent/kWh Erdgas
Summe	**9,12 Cent/kWh**

Quellen: www.bhkw-jetzt.de, www.bhkw-infothek.de, www.vz-nrw.de (27. 4. 2015)

Stirling Technologie Institut Potsdam gemeinnützige GmbH

3. Potsdamer Tag der Wissenschaften am 9. 5. 2015
Vortrag und Diskussion am Standort Neues Palais

Elektroauto kombiniert mit BHKW

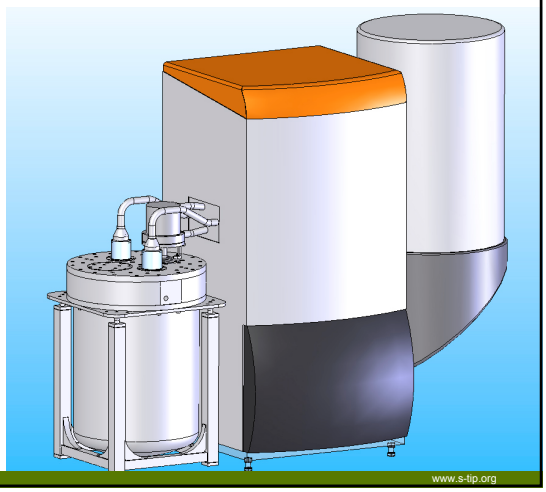
STIRLING-Motor-BHKW Wirtschaftlichkeitsberechnung auf Basis VDI 2067			
4ZM-STIRLING-BHKW η_{ges} =90 % η_{el} =15 %		4ZM-STIRLING-BHKW mit Tankstelleneffekt	
Investition (BHKW incl. Installation)	16.000 €	Investition (BHKW incl. Installation)	16.000 €
Tilgung, Zinsen 15a, 3%	1.340 €/a	Tilgung, Zinsen 15a, 3%	1.340 €/a
Leistung thermisch	5,0 kW	Leistung thermisch	5,0 kW
Leistung elektrisch	1,0 kW	Leistung elektrisch	1,0 kW
Voll-Laststunden im Jahr	7.000 h	Voll-Laststunden im Jahr	7.000 h
Wärmeerzeugung BHKW	35.000 kWh	Wärmeerzeugung BHKW	35.000 kWh
Stromerzeugung BHKW	7.000 kWh	Stromerzeugung BHKW	7.000 kWh
Jahresnutzungsgrad BHKW	90%	Jahresnutzungsgrad BHKW	90%
Pelletskosten (5 Cent/kWh)	2.333 €/a	Pelletskosten (5 Cent/kWh)	2.333 €/a
Wartungskosten (2 Cent/kWh el.)	140 €/a	Wartungskosten (2 Cent/kWh el.)	140 €/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 2014 (13,66 Cent/kWh)	478 €/a	Stromverkauf E-Tankstelle (25 Cent/kWh)	875 €/a
Gesamtkosten	3.814 €/a	Gesamtkosten	3.814 €/a
Gesamteinnahmen	4.153 €/a	Gesamteinnahmen	4.550 €/a
Jahresüberschuss	340 €/a	Jahresüberschuss	736 €/a
Kapitalrückfluss	9,5 a	Kapitalrückfluss	7,7 a
Tankstelleneffekt: 70 Ladungen mit 50 kWh zu 25 Ct./kWh führen zu ca. 397 €/a ökologischen Mehreinnahmen!			

Quelle:
Dr. Andreas Gimsa,
5. 5. 2015

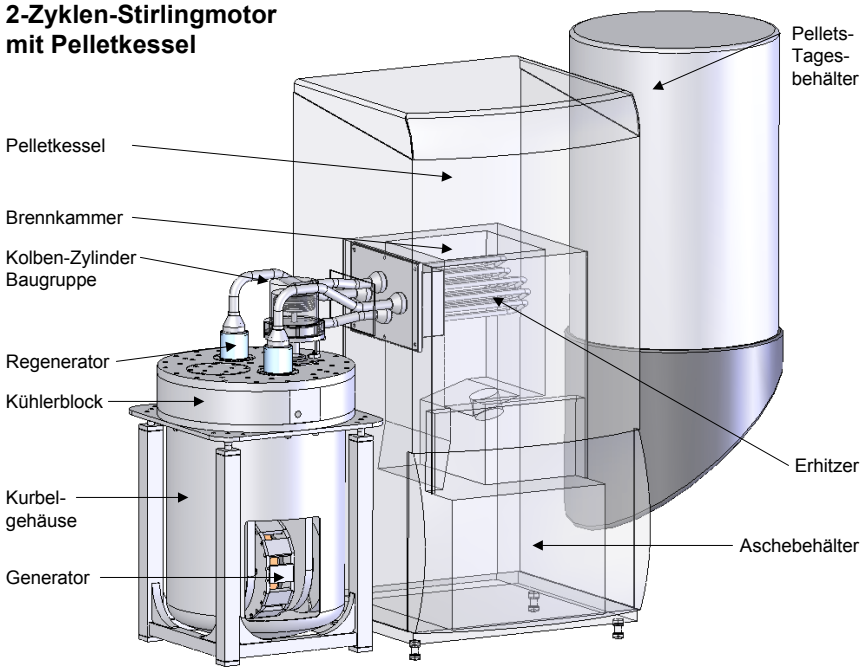
www.s-tip.org

Technische Daten eines Stirling-Motors

Hersteller	NATURFEUER AG
Bezeichnung	2-ZGM-1 kW
Motorart	2-Zyklen-Ericsson-Motor
Abmessung (B x H x T)	700 x 1.500 x 520 mm
Gewicht	100 kg
Geräusch	< 40 dB (A)
Brennstoff	Holzpellets
Arbeitsgas	Stickstoff, Helium
Brennstoffleistung	6,66 kW
Leistung elektrisch	1,0 kW
Leistung thermisch	5,0 kW
Wirkungsgrad elekt.	15,0 %
Wirkungsgrad gesamt	90,0 %
CO_2-Reduktion	9.000 kg/a (Holzpellets)

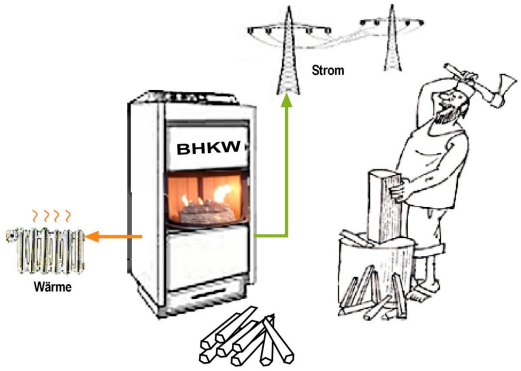


2-Zyklen-Stirlingmotor mit Pelletkessel



Stirling-Motoren

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



3. Potsdamer Tag der Wissenschaften am 9. 5. 2015
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

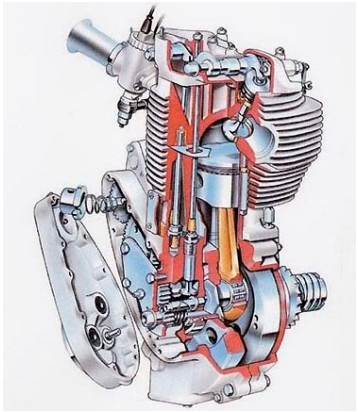


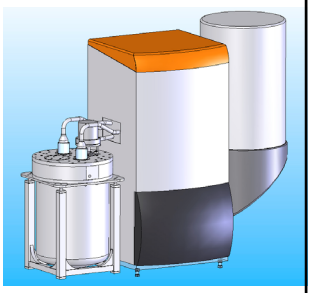
Bild: http://media.photobucket.com/image/ottomotor/dancortez/bsa.jpg

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



3. Potsdamer Tag der Wissenschaften am 9. 5. 2015
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

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)

Stirling Technologie Institut Potsdam gemeinnützige GmbH

3. Potsdamer Tag der Wissenschaften am 9. 5. 2015
Vortrag und Diskussion am Standort Neues Palais

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

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 ohne Einbeziehung regenerativer Energien

3. Potsdamer Tag der Wissenschaften am 9. 5. 2015
Vortrag und Diskussion am Standort Neues Palais

Elektroauto – e-Golf (VW)

- **Technische Daten:**

Klasse:	Mittelklasse
L x B x H:	4,25 m x 1,80 m x 1,45 m
Leistung:	85 kW (115 PS)
Verbrauch:	12,7 kWh / 100 km
Kapazität Batterie:	24,2 kWh
Ladezeit:	Schnellladung via Gleichstrom in 30 Minuten, Standardladung in 8 Stunden (3,6 kW)
Ladestecker:	Typ 2, Combo (Combined Charging)
Beschleunigung:	10,4 Sekunden auf 100 km/h
Höchst-geschwindigkeit:	140 km/h
Reichweite:	190 km
Kofferraumvolumen:	ca. 345 l
Leergewicht:	1.585 kg
Zuladung:	450 kg
Sitzplätze:	5
Preis:	ab 34.900 Euro

Bild: www.mobilityhouse.com

Quelle: http://www.goingelectric.de/elektroautos/volkswagen-e-golf (27. 4. 2015)

www.s-tip.org

Modellübersicht – Elektroautos

Marke	Modell	Fahrzeug-Art	Maximale Sitzplätze	Grundpreis inkl. MwSt [€]	Reichweite [km]
VW	e-Golf	PKW	5	ab 34.900 €	190
VW	e-Up!	PKW	4	26.900 €	160
BMW	i3	PKW	4	ab 34.950 €	190
Mitsubishi Citroen Peugeot	i-Miev C-Zero iOn	PKW PKW PKW	4 4 4	ab 23.990 € ab 29.393 € ab 29.640 €	150
Ford	Focus Electric	PKW	4	ab 39.900 €	160
Nissan	Leaf	PKW	4	ab 23.790 € (plus Batteriemiete)	199
Renault	ZOE	PKW	4	ab 21.700 € (ohne Akku)	210
Smart	fortwo electric drive	PKW	2	ab 18.910 € (plus Batteriemiete)	145
Tesla	Modell S 60	PKW	5	71.740 € inkl. Batterie	390
Nissan	e-NV 200	Kastenwagen	ab 2	ab 25.510 € inkl. Batterie	k. A.
Renault	Kangoo Z. E.	PKW bzw. Kleintransporter	5	ab 24.360 €, zzgl. mind. 73 €/Monat	170

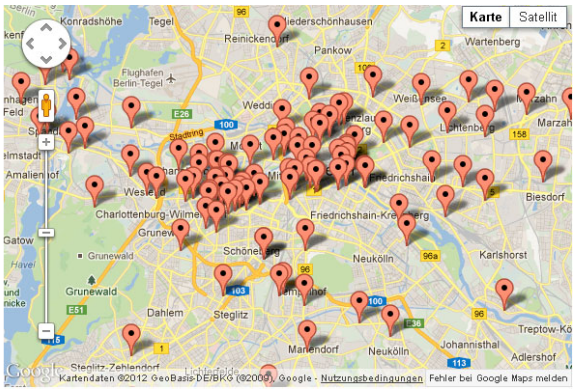
Quellen:
http://autorevue.at/autow elt/alle-elektroautos-preise-testberichte-daten (Bericht vom: 24. 2. 2015)
http://w w w .auto-motor-und-sport.de/new s/marktuebersicht-elektroautos-2015-diese-e-autos-koennen-sie-kaufen-9335259.html (27. 4. 2015)

3. Potsdamer Tag der Wissenschaften am 9. 5. 2015
Vortrag und Diskussion am Standort Neues Palais

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

3. Potsdamer Tag der Wissenschaften am 9. 5. 2015
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=deccc020184

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 Brennstoffen** betrieben werden können
- Weil sie dem Hausbesitzer **zusätzliche Einnahmen** bringen

3. Potsdamer Tag der Wissenschaften am 9. 5. 2015
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