

Intelligent verschwenden®: Neue Wege im Umgang mit Energie

13. Mai 2014
Zürich Forum Energie

Referent
Prof. Dipl.-Ing. Timo Leukefeld



Timo Leukefeld
Prof. Dipl.-Ing.

solarer Lebenslauf: von der Försterei zur Energieautarkie

Handwerk – Ingenieurplanung – Wissenschaft/Politik

1987-89 Schlosserlehre

1991-97 Studium Energetik
TU Bergakademie Freiberg

1996 Solarschule Berlin

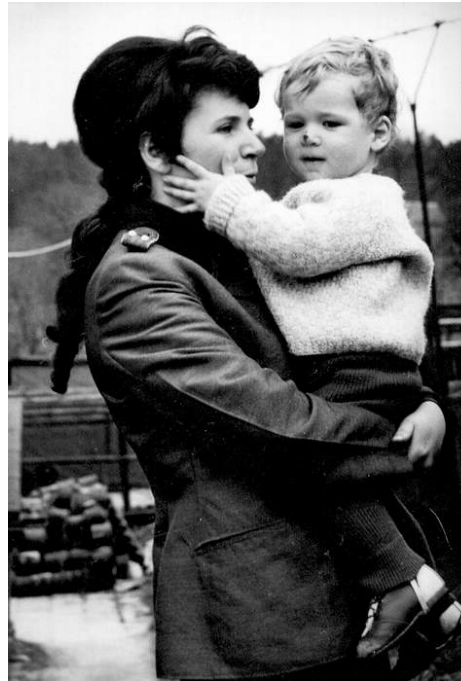
1997-2000 Leitung
Solarkollektorteststand

Forschung & Entwicklung solare
Meerwasserentsalzung
für Israel

Teilnahme an Solarenergie
Weltkonferenzen:

1999 Israel, 2001 Australien
2003 Schweden, 2005 USA, 2007 China

2011 Honorarprofessur für
Solarthermie



„Ich habe Wärme studiert. Ich kenne Wärmepumpen, Solarwärme, Holzverbrennungsöfen, Kraftwerke jeder Art, Heizkessel (Öl, Gas). Und ich denke es ist kein Zufall, dass ich mich mit der Sonnenwärme selbstständig gemacht habe.“

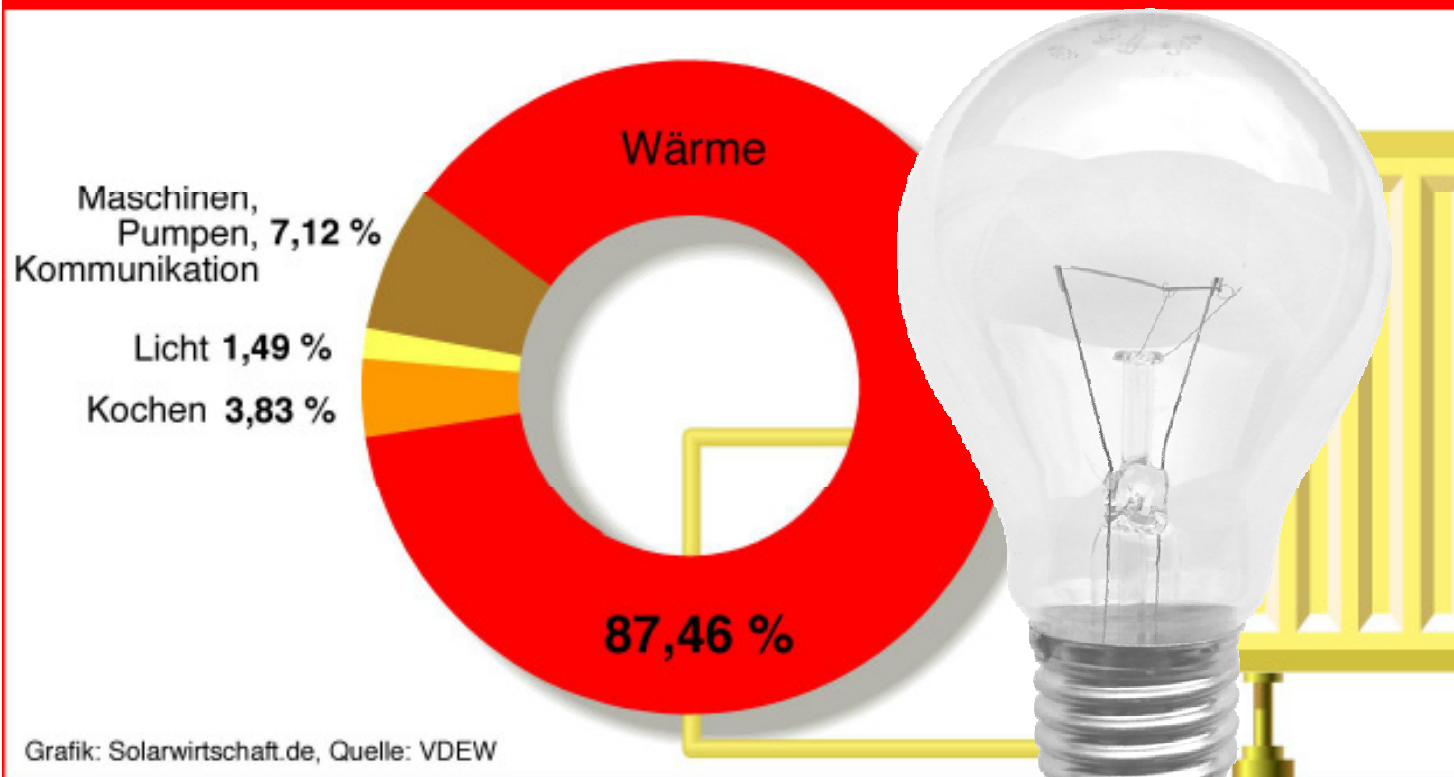
Womit beschäftige ich mich ?

- **Sonnenhäuser**
Deutscher Solarpreis 2006
- **energieautarke Gebäude**
Deutscher Solarpreis 2011
- **intelligente Eigenversorgung**
mit Wärme, Strom und Mobilität
aus der Sonne (Neubau und Altbau)
- **Speichervernetzung (Wärme und Strom)**
- **seit 2012 erste Vorlesung „energieautarke Gebäude“** an der Technischen Universität Bergakademie Freiberg und Berufsakademie Glauchau
- **unabhängig sein: Lüftung, Kühlung und Wasser**
- **gesunde Innenraumluft**
- **Verständlichkeit der Sprache**
stärkt Wettbewerbsfähigkeit



Vorträge
Beratung
Forschung

Wofür private Haushalte Energie verbrauchen



Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen <http://www.umweltbundesamt.de/umweltdaten/public/document/downloadImage.do?ident=25161>

Gebäude im Wandel der Zeit

intelligente EIGENVERSORGUNG mit Wärme, Strom und Mobilität aus der Sonne

Haus gestern: Energieverbraucher (Wärme + Strom)

Haus heute: Energieverbraucher (Wärme + Strom)
Energieerzeuger (Strom aus der Sonne)
Plusenergiehaus oder neu Effizienzhaus plus

Haus morgen: Energieerzeuger (Wärme + Strom aus der Sonne)
Energiespeicher (Wärme + Strom) beides vernetzt mit Energieversorgern
Energieverbraucher (Wärme + Strom + Mobilität)

Solarthermie - Sonnenwärme

Eigennutzung – Einsparung (Kaufkraft steigt) - steuerfrei

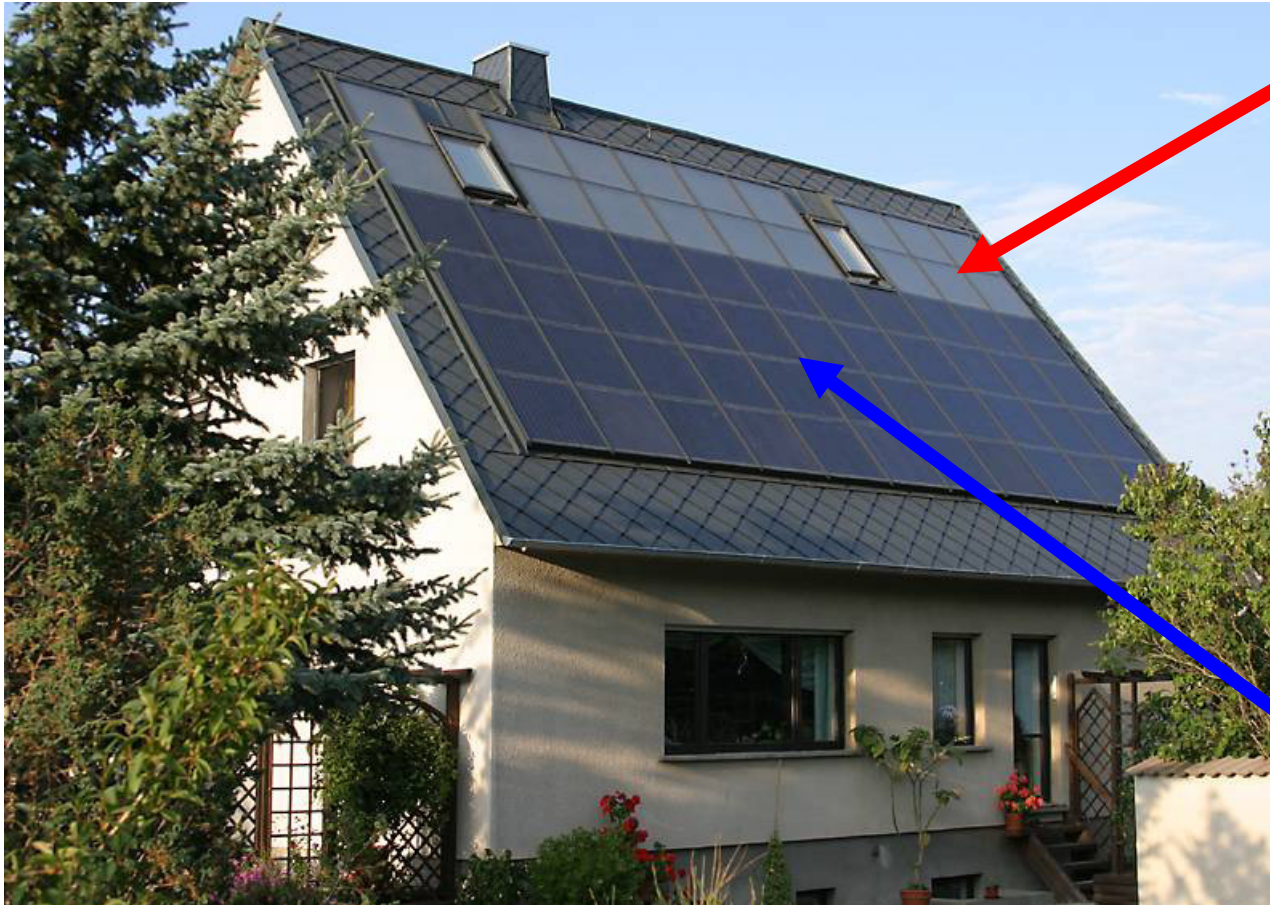
&

Photovoltaik – Sonnenstrom

Renditeobjekt – Einnahme (Kaufkraft sinkt) – zu versteuern



Photovoltaik/Sonnenstrom bisher Renditeobjekt Solarthermie/Sonnenwärme zur Eigennutzung

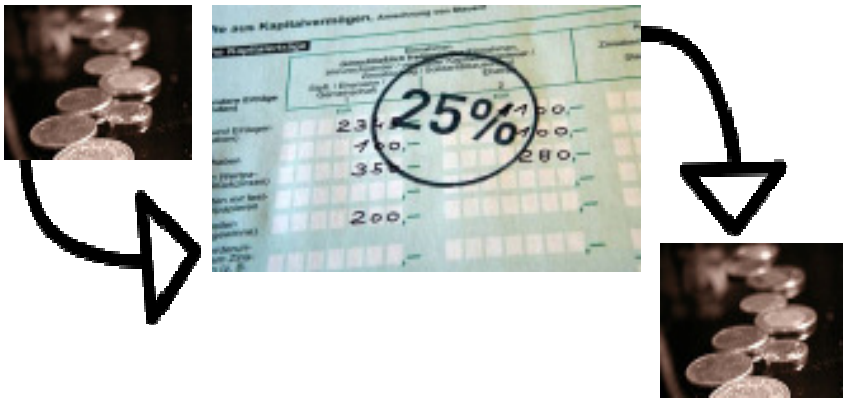


Sonnenkollektor Wirkungsgrad ca. 80 %
Jahresertrag bis 500 kWh/m²a

Wirkungsgrad und
flächenspezifischer Jahresertrag
in Deutschland ?
(Einstrahlung 1.000 kWh/m²a)

Photovoltaikmodul Wirkungsgrad ca. 20 %
Jahresertrag bis 110 kWh/m²a

Der steuerliche Unterschied zwischen Einnahme und Einsparung



Einnahme Beispiele:

- Immobilien/Vermietung
- Zinsen
- Aktien
- Photovoltaik
- Windkraft
- BHKW

Einnahmen sind zu versteuern

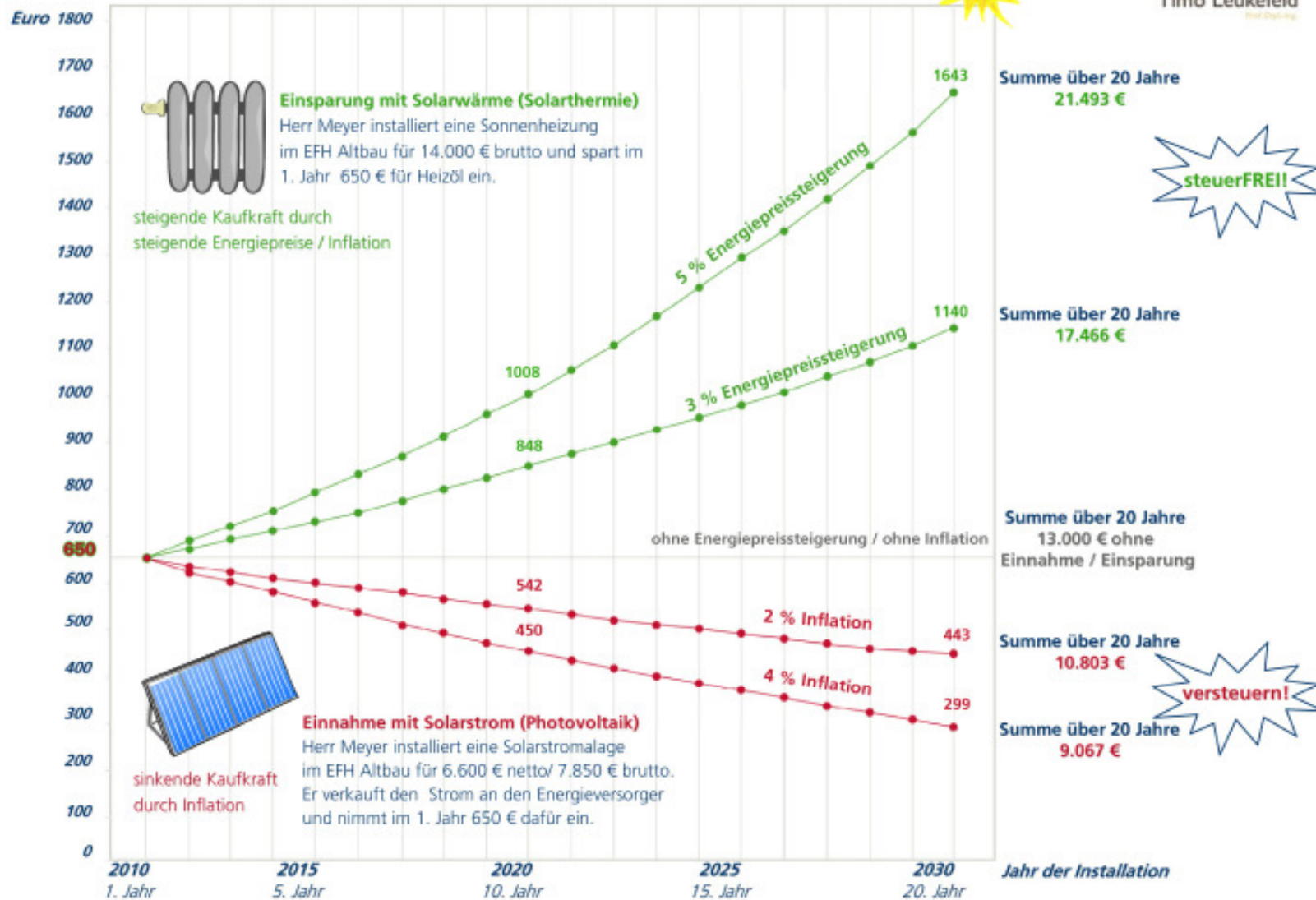


Einsparung Beispiele:

- Fenstererneuerung
- Dämmung
- Brennstoffart wechseln
- Sonnenheizung

Einsparungen sind steuerfrei

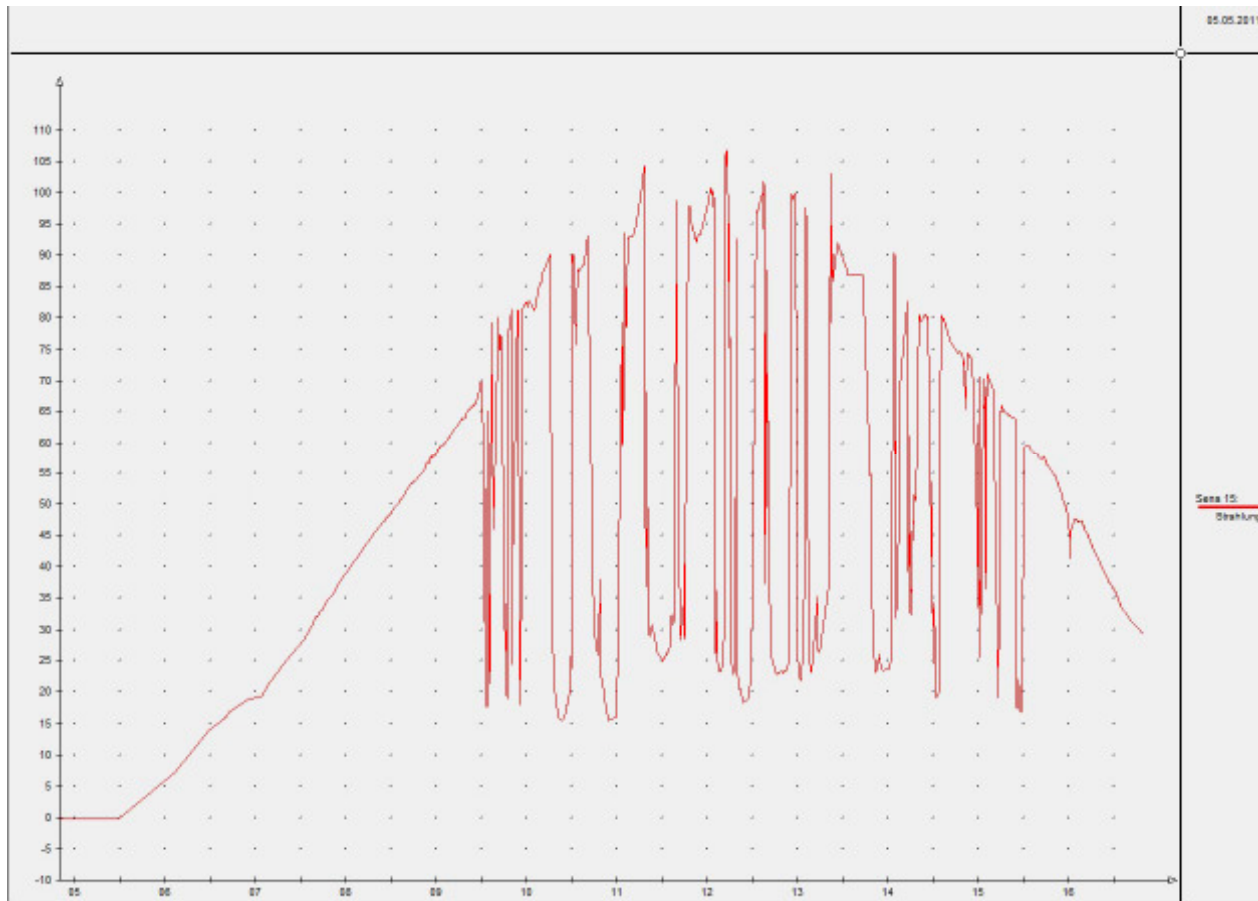
Ein Vergleich: Kaufkraftentwicklung bei Einsparungen und Einnahmen



Energiewendewende in Deutschland: Schwächen mit Schwächen kombiniert

fluktuierende erneuerbare Energien FEE im zentralen Energieversorgungssystem

(Einstrahlung am 5.5.2011)



Was sagt die moderne Gehirnforschung?

Kurzthesen

Heizen mit Photovoltaik Strom
und Luftwärmepumpe ?

Energieautarkes Wohnen

HEIZEN mit Photovoltaik Strom und Luftwärmepumpe ?

Überlappen Angebot und Nachfrage?

- ca. 80 % Solarstromerzeugung im Sommer
- ca. 80 % Stromverbrauch Wärmepumpe im Winter

Ist Strom zum Heizen wirtschaftlich speicherbar?

- Kosten: Langzeitwärmespeicher 10-30 €/kWh, Stromspeicher: 300–3.000 €/kWh

Welche Technologie ist im Winterhalbjahr effizienter ?

- Strom zu Wärme Verhältnis Luft Wärmepumpe (Arbeitszahl) 1:3, Solarthermie 1:150

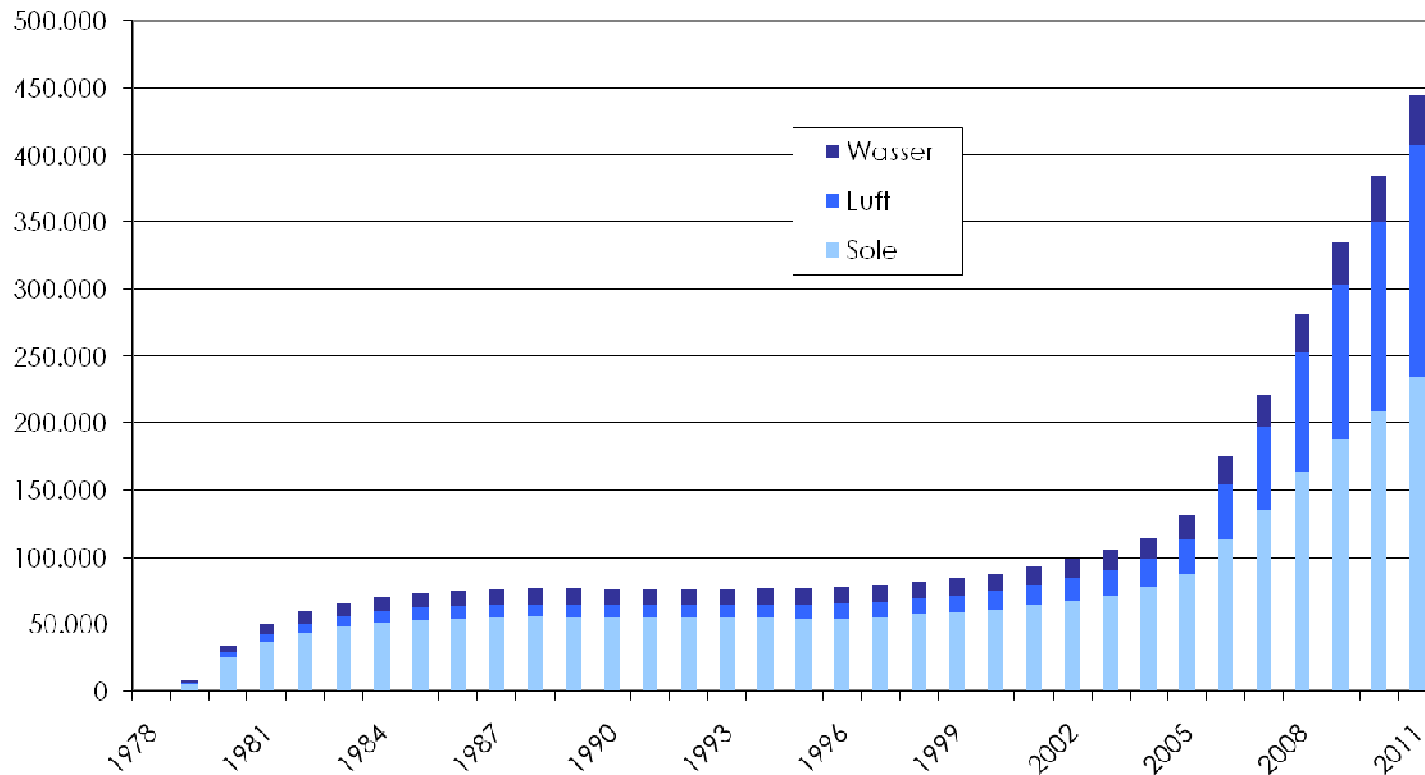
solare Deckung PV beim Heizen mit Strom ?

Geringe solare Deckung wegen Antizyklus (Angebot und Nachfrage) und fehlender (wirtschaftlicher) Möglichkeiten Strom längere Zeit zu speichern.

Boom der Luftwärmepumpen

Ende 2012: 67% Marktanteil

Wärmepumpen-Bestand 1978 bis 2011



Boom der Luftwärmepumpen

Ende 2012: 67% Marktanteil

Wirkung auf Temperatursensitivität des Strommarktes ?

(Temperatursensitivität: Stromlaststeigerung pro Kelvin sinkender Außentemperatur)

- Wärmepumpen bringen eine zusätzliche Last im Winter
- das erfordert zusätzliche fossile Kraftwerke, die nur zwei Monate im Winter laufen
- sehr teurer Strom
- Konsequenz: vom Sondertarif zum Straftarif ?

Tarif für Wärmepumpen am Beispiel Freiberg

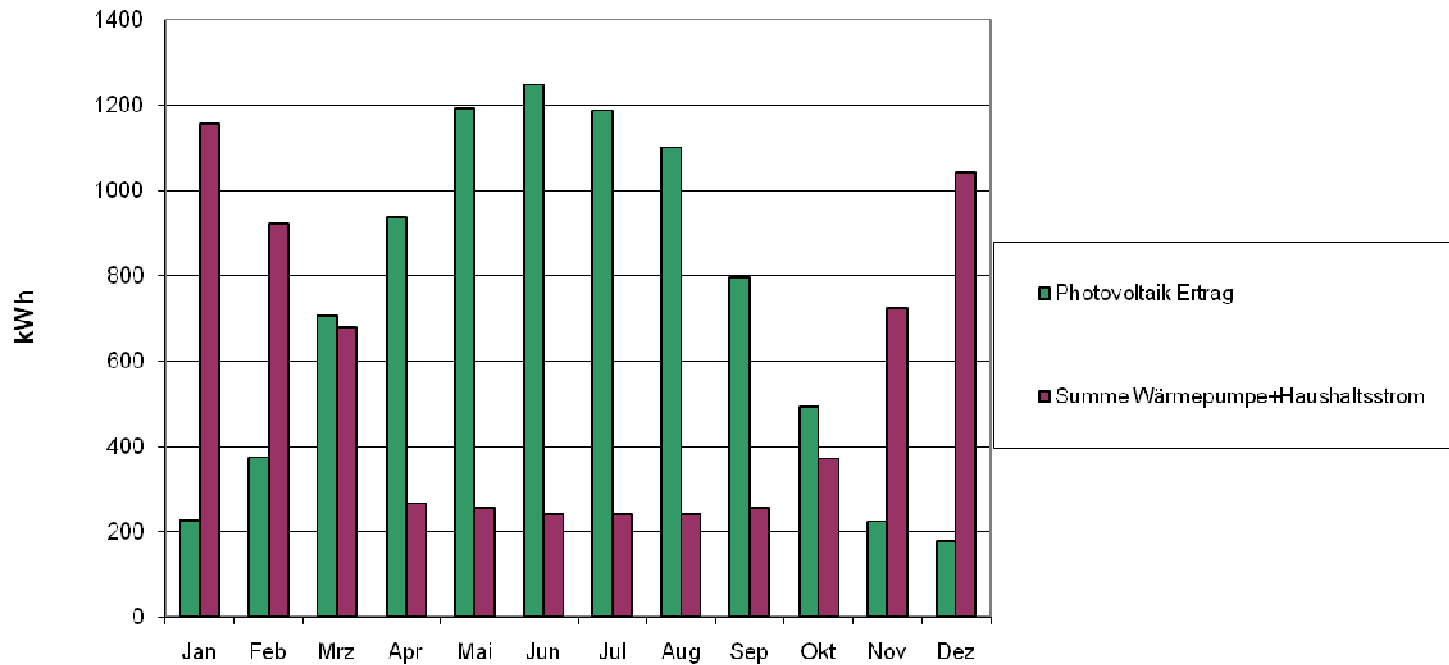
2010	18,42 ct/kWh
2011	19,49 ct/kWh
2012	19,49 ct/kWh
2013	22,29 ct/kWh
2014	? ct/kWh

Typisches Plusenergiehaus

Antizyklus: Stromverbrauch/Photovoltaikertrag im Jahresverlauf

eigene solare Elektromobilität nur von April bis Oktober (7 Monate) möglich

Jahreskurve



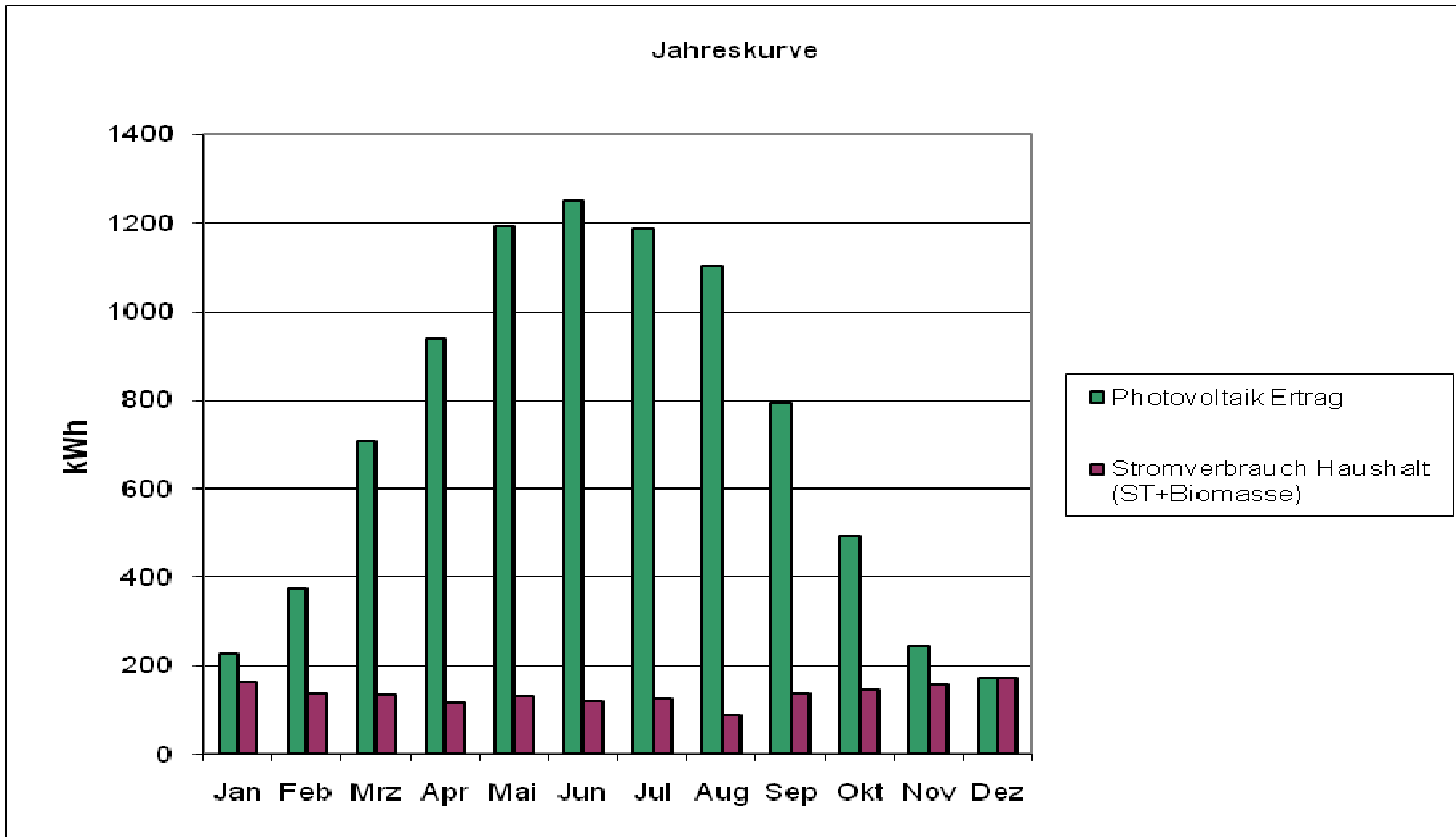
Phänomen:
saisonale Illusion

Simulation:

KfW 55 Haus 160 m²
8 KW Photovoltaik
+ Luftwärmepumpe
als Plusenergiehauskonzept
mit optimiertem
Haushaltsstromverbrauch
Standort: Hannover

Typisches Sonnenhaus (Solarthermie) mit PV Anlage

passender: Stromverbrauch/Photovoltaikertrag im Jahresverlauf
eigene solare Elektromobilität von Februar bis November (10 Monate) möglich



Simulation:

KfW 55 Haus 160 m²
8 KWp PV
Solarthermie mit Biomasse
als Sonnenhauskonzept
mit optimiertem
Haushaltsstromverbrauch,
Standort Hannover

2020 „klimaneutrales Gebäude“ für Neubauten Pflicht

Effizienzhaus Plus mit E-Mobilität (Plusenergiehaus)
mit Blick auf die Europäischen Anforderungen 2019/2020



produziert über die Jahresbilanz mehr Energie als es verbraucht.

Primärenergiejahresbilanz > 0

Endenergiejahresbilanz > 0

*Die Sonne liefert zwar viel mehr Energie als die Menschen verbrauchen,
aber zur falschen Zeit am falschen Ort.*

Quelle: Georg Dasch

Ergebnisse einer Messung: Heizen mit Solarstrom

der Siegerentwurf: Effizienzhaus Plus Berlin, Prof. Sobek, Bj. 2011



Technik/Kennwerte:

- 22,1 kW_P Photovoltaik
- Luft Wärmepumpe 5,8 kW
- BUS Steuerung
- 40 kWh Stromspeicher
- beheizte Nettogrundfläche 149 m²
- Heizwärmebedarf 21 kWh/m²a
- spezif. Primärenergiebedarf ca. 155 kWh/m²a
- mit Elektromobilität
- Projektkosten: ca. 2,5 Mio Euro

Messergebnisse 2/2012-2/2013

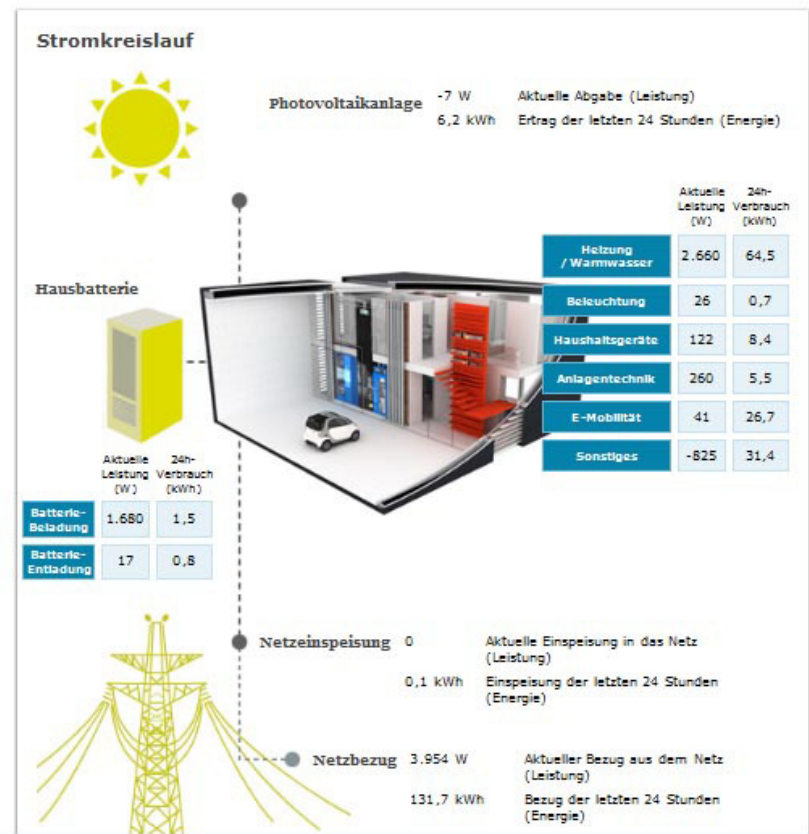
Stromverbrauch gesamt: **20.358 kWh/a** (A + B + C)
solare Deckung: **32 %**

A Hausstromverbrauch 12.400 kWh/a (prognostiziert 6.992 kWh/a), B Elektromobilität ca. 3.974 kWh/a (prognostiziert 6.000 kWh/a), C projektspezifischer Verbrauch 3.984 kWh/a, Gesamtstromverbrauch A + B + C = 20.358 kWh/a, Photovoltaik Ertrag 13.306 kWh/a (prognostiziert 16.625 kWh/a), davon selbst genutzt 6.555 kWh/a, davon eingespeist ins Netz 6.751 kWh/a, Strom aus dem Netz zugekauft 13.803 kWh/a, Jahresarbeitszahl Wärmepumpe 2,3 (prognostiziert 3,5). Globalstrahlung (mittlere Jahressummen) Berlin: 2012: 1.097 kWh/m²a, 2011: 1.125 kWh/m²a, 2010: 1.041 kWh/m²a, 1981-2000: 1.015 kWh/m²a

Quelle: www.bmvi.de

Effizienzhaus Plus (Plusenergiehaus) Berlin Messwerte am 26.1.2013 bei Außentemperaturen von 0-6 °C Solarstromertrag 6,2 kWh/d - Netzbezug 131 kWh/d

Stromkreislauf | Raumklima | Wärmekreislauf | Energiebilanz



Quelle: www.bmvi.de

Standard Plusenergiehaus in Freiberg 2012

Kombination Photovoltaik mit Luftwärmepumpe ohne Akku netzgekoppelt



**solare
Deckung
11 %**

(1 WE) 2011, Wohnfläche ca. 170 m², KfW Effizienzhaus 70, 2 EW 2 Ki, 45° Dachneigung, 5° Südabw., Luftwärmepumpe 4,1 KW, Kombispeicher 400 l mit 2 E Heizstäben, Stückholzkamin ohne WÜ, PV Anlage 7,98 ohne Akku, 2012: Ertrag PV 2012 8.663 kWh/a, Eigenverbrauch 616 kWh, Stromverbrauch Haus 1931 kWh/a, Stromverbrauch Wärmepumpe 3.655 kWh/a

Grundphilosophie Plusenergiehaus (Deutschland)

Einnahmen aus dem Solarstromverkauf sollen Ausgaben für den Stromeinkauf abdecken

Beispiel: KfW 55 EFH, 161 m², mit 8 KWP Photovoltaik ohne Akku, Luftwärmepumpe, solare Deckung und Eigenverbrauchsquote ca. 25%

Anschluss **2009**: Einnahme etwa **2.900 €/a** – Ausgaben etwa **1.100 €/a**

Anschluss **2012**: Einnahme etwa **1.200 €/a** – Ausgaben etwa **1.400 €/a**

Anschluss **2013**: Einnahme etwa **900 €/a** – Ausgaben etwa **1.600 €/a**

Anschluss **2014**: Einnahme etwa **700 ? €/a** – Ausgaben etwa **1.900 €/a ?**

zusätzlich negativ wirkend:

- Inflation senkt Kaufkraft dieser solaren Einnahme (EEG ohne Inflationsausgleich)
- Solarstrom Einnahmen sind zu versteuern

In Zukunft entfällt der Anreiz mehr Strom zu produzieren, als benötigt wird. PV Anlagen werden viel kleiner und bedarfsgerecht ausgelegt.

Plus an Energie ?

Das Prinzip vom Sonnenhaus

gut gedämmtes Gebäude mit optimierter Sonnenenergienutzung



Großflächige thermische Solarkollektoren auf dem Dach und ein großzügig dimensionierter Langzeitwärmespeicher im Gebäudeinneren sind die wesentlichen Merkmale eines Sonnenhauses.

Angebot und Nachfrage rücken näher zusammen.

Inszenierung des Speichers im Wohnraum



Bilder: Sonnenhaus-Institut

Der klassische, meist über zwei Stockwerke reichende, ummauerte Tankzylinder wird als prägendes Gestaltungselement der Architektur inszeniert oder kaum wahrnehmbar in den Grundriss integriert.

Sonnenhaus Lorenz Kumhausen

Baujahr 2002 - Wohnfläche 170 m² - Baukosten 350.000 €
inkl. Keller und Garage



solare Deckung
WW + Heizung 77 %

Brennstoffbedarf:
1,5 Raummeter
Holz/Jahr

Heizenergiebedarf:	33 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf:	14 kWh/m ² a
Solarthermie:	68 m ² (45°)
Solarspeicher:	11 m ³

Bildquelle: Sonnenhaus Institut

Sonnenhaus in Löwenstein (Baden-Württemberg) 2012

Kombination Solarthermie und Langzeitwärmespeicher mit Photovoltaik und Akku, Baukosten 460.000 €



Bildquelle: Sonnenhaus Institut e.V.

solare Deckung Wärme: 68 %

solare Deckung Strom: 75 %

**Heiz- und Stromkosten
für 2 WE pro Jahr: 450 €**

(2 WE) 2012, Wohnfläche ca. 213 m², KfW Effizienzhaus 70, Primärenergiebedarf 7,4 kWh/m²a, HWB 12.721 kWh/m²a, Koll.fl. 54 m², 40°, 5° Südabw., Speicher 10.900 l, Zusatzheizung Stückholz (Powall OFKA 30 kW) 3,5 rm Holz pro Jahr; PV Anlage 5,9 kWp + Akku 6,3 kWh überwiegend zur Eigennutzung

Das erste 100% solar beheizte Mehrfamilienhaus Europas in der Schweiz

Baujahr 2007 - Wohnfläche 1200 m² - Baukosten 2.300.000 €



solare Deckung
WW + Heizung 100 %

Heizwärmebedarf:	<10 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf:	4 kWh/m ² a
Solarthermie:	276 m ² (45°)
Solarspeicher:	205 m ³

Bildquelle: www.jenni.ch

Besucherzentrum im Bayerischen Wald

Baujahr 2000 / 2001 - Nutzfläche 763 m² -



solare Deckung
WW + Heizung 100 %

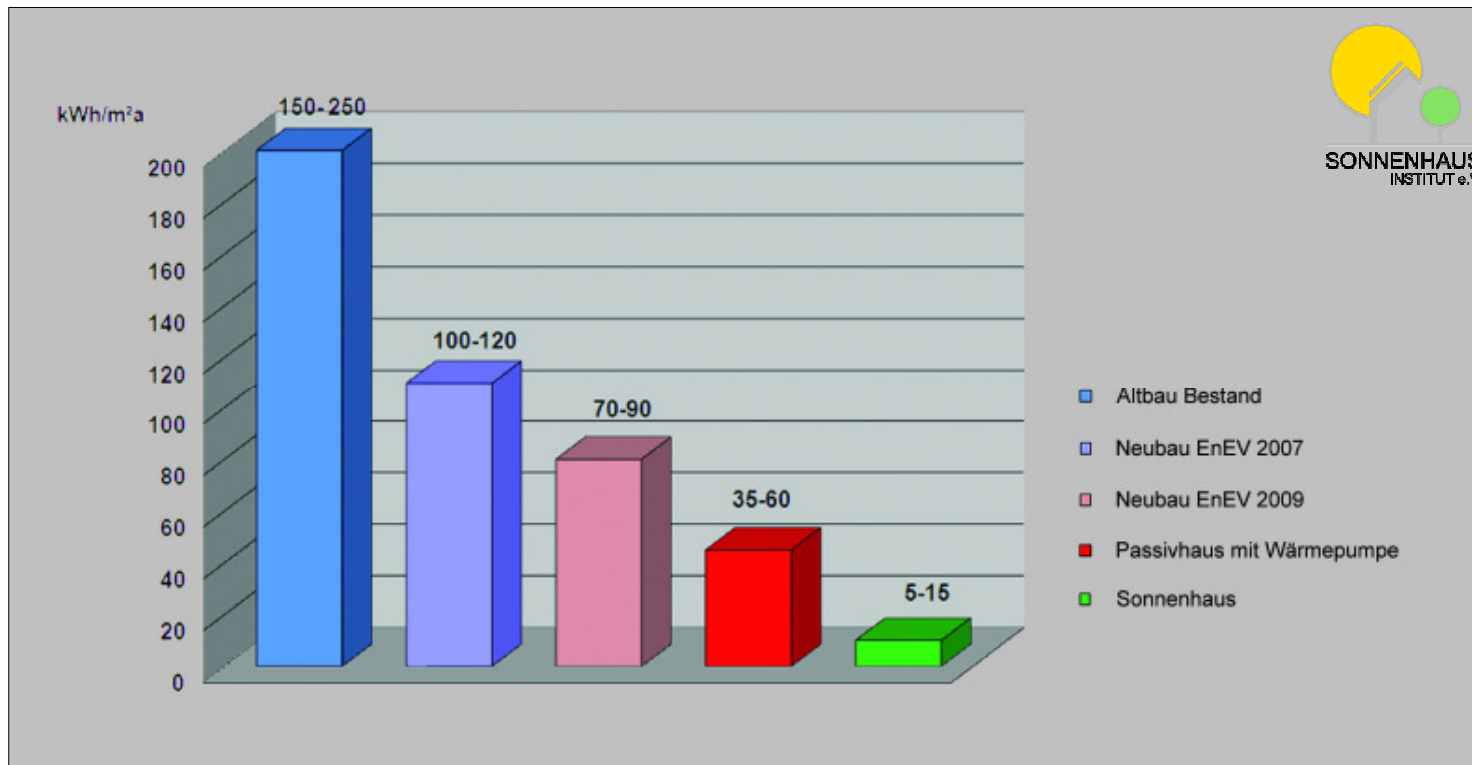
Heizwärmebedarf:	11 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf:	7,5 kWh/m ² a
Solarthermie:	110 m ² (40°)
Solarspeicher:	21 m ³
Photovoltaik:	2 x 4,8 kWp

Verbindung zum Nahwärmenetz, um
Überschüsse „einzuspeisen“

Bildquelle: Sonnenhaus Institut

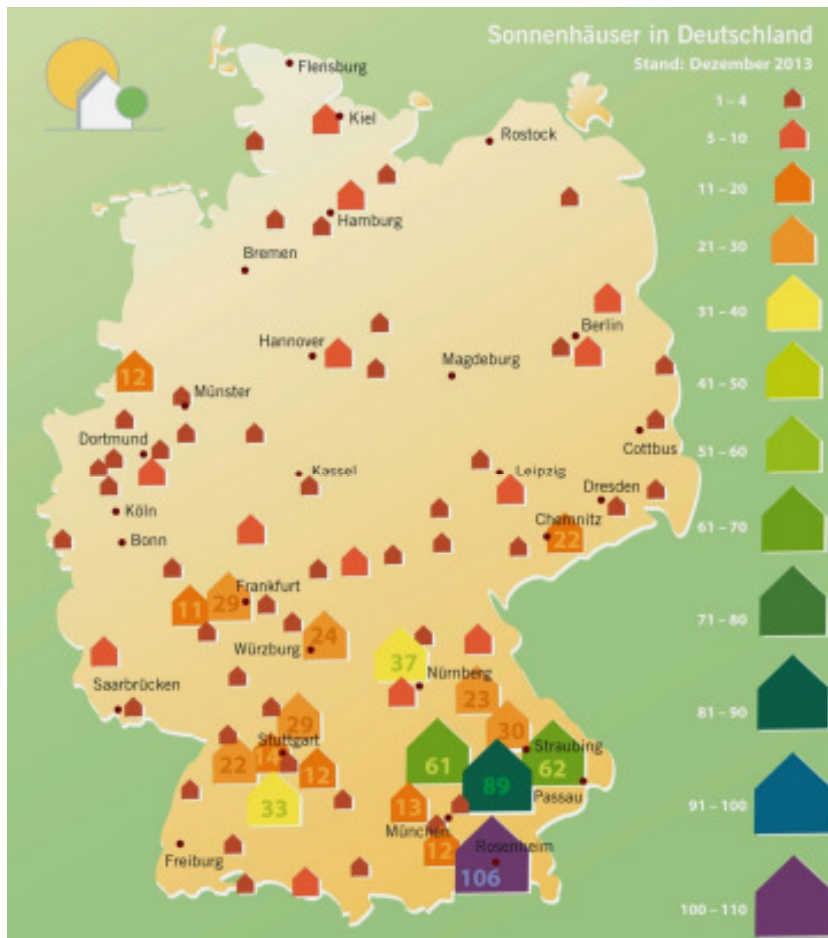
Primärenergieverbrauch von Häusern nach EnEV

Stromheizung ist derzeit die ineffizienteste Lösung zur Wärmeversorgung im Niedertemperaturbereich



Quelle: Sonnenhaus Institut e.V.

12/2013 bereits 1.500 Sonnenhäuser in Deutschland



Das EnergieAutarkeHaus

intelligente Eigenversorgung mit Wärme, Strom und Mobilität aus der Sonne



Entwicklung durch Projektgruppe „energieautarkes Haus“

Leiter Prof. Dipl.-Ing. Timo Leukefeld



Versuch einer Begriffsklärung: Energieautarkie



Denkansatz: energetisch selbst versorgende Gebäude als Altersvorsorge

Was sagen Zukunftsforscher zur Altersvorsorge ?

- Modell Einnahmen verliert an Bedeutung
- Warum ? Energiekosten, Inflation und Besteuerung steigen
- Modell Einsparungen gewinnt an Bedeutung

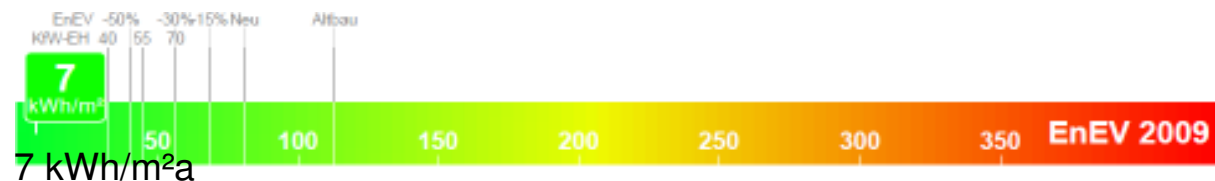
- Gesundheit
- Miete
- Heizkosten
- Stromkosten
- Mobilität
- Reisen
- Essen
- Bildung
-

Vor **welchen** Ausgaben kann ich mich in einem Haus der Zukunft schützen ?

Eckdaten „Das EnergieAutarkeHaus“

- beheizte Wohnfläche: 161 m² (Gebäudenutzfläche nach EnEV 240 m²)
- Wärmebedarf Heizung: 41,4 kWh/m²a (7.900 kWh/a)
- Wand: 42 cm monolithische Ziegelwand
U-Wert 0,18 W/m²K, Lambda 0,08 W/mK

- Primärenergiebedarf:



ca. 90 % unter EnEV 2009 !! ca. 80 % unter dem Passiv-, Nullenergie- und Plusenergiehaus !!

- Stromverbrauch: < 2.000 kWh/a
- intelligente Steuerung: Energietechnik (Wärme und Strom)
- intelligente Produkte: Bodenbelag, Wandfarbe, Lüftung mit „Halbautomatik“
„cradle to cradle“, „Enttechnisierung“

Eckdaten vom energieautarken Haus

intelligente Eigenversorgung mit Wärme, Strom und Mobilität aus der Sonne

Wärmekonzept:

- Fußbodenheizung
- 9 m³ Solarspeicher
- 46 m² Kollektorfläche (45°)
- solare Deckung in Hannover 65%
- 25 KW Kaminofen (Holzvergaser) mit Wärmeübertrager

Stromkonzept:

- Photovoltaik 8,4 kW (58 m²)
- Akku 58 kWh
- Volldeckung möglich

Haus als E-Tankstelle:

- PKW, Mofa, Fahrrad



Wichtige Schritte auf dem Weg zur zukünftigen solaren Eigenversorgung in Ein- und Mehrfamilienhäusern

- **Wärmebedarf senken**
- **Stromverbrauch senken:**
 - vermeiden Strom in Wärme zu wandeln (Wärmepumpe, E Heizstab, E Boiler)
 - Waschmaschine, Geschirrspüler und Wäschetrockner an das Warmwasser anschließen
 - Standby Verbrauch reduzieren
 - LED Lichtkonzept
 - halbautomatische bzw. dezentrale Fensterlüftung
 - Rohrsystem Heizung und Solar mit geringen Widerständen konzipieren
- **Solarwärme erzeugen und speichern (Langzeit)**
- **Solarstrom erzeugen, gleich verbrauchen (Überschüsse kurzzeitig speichern)**
- **intelligente Steuerung, Monitoring und Visualisierung der Energietechnik**
- **enttechnisieren wo möglich**
- **Wärme, Strom und Mobilität im Gesamtkomplex denken**

Neue Wege im Umgang mit Energie

solare Versorgung als Standard im Gebäudebereich: Wärme, Strom und Mobilität



Intelligent verschwenden[®]

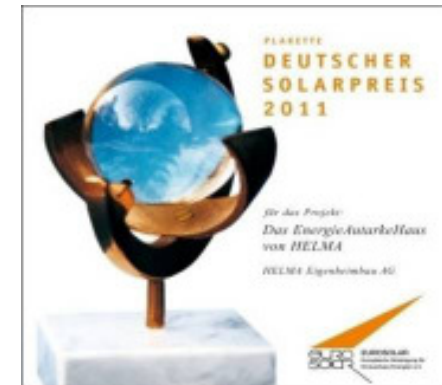
oder blödes Sparen?

Zusammenhang:

EIGENNUTZUNG von Sonnenenergie mit:

- > Lebensqualität
- > Altersvorsorge

energieautarkes Haus heute für 398.000 Euro schlüsselfertig



2013: zwei energieautarke Häuser in Freiberg

wissenschaftliche Begleitung und Monitoring durch TU Bergakademie Freiberg



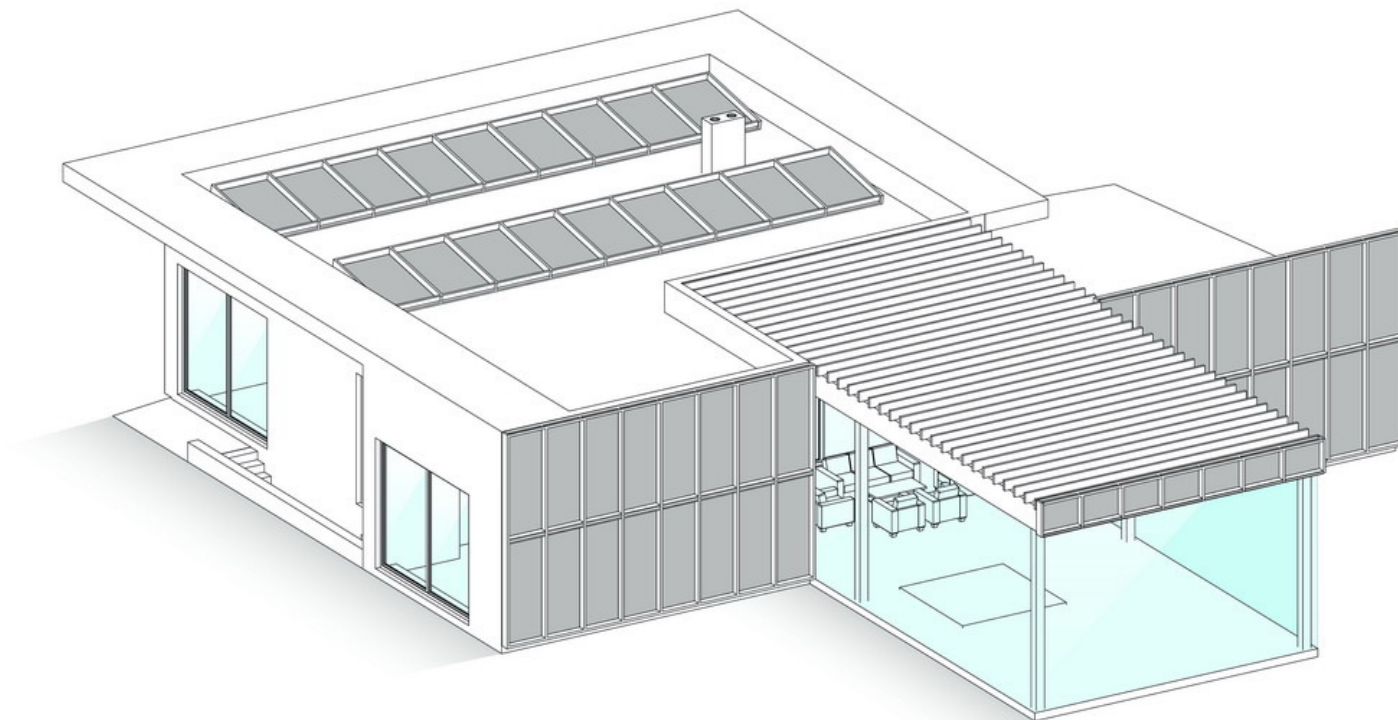
Bautagebuch

blog.timoleukefeld.de

Weiterentwicklungen

- Kühlung
 - Lüftung
 - Wasser
 - Nahrung
-
- Vernetzung Wärme- und Stromspeicher mit Energieversorger

2014 Vitalsonnenhauspro erstes energieautarkes Gebäude Österreichs, (Projekt der Fa. Leitl)



Nächste Projekte...

Danke, Ihr
Timo Leukefeld



Timo Leukefeld
Prof. Dipl.-Ing.

www.timo-leukefeld.de

post@timo-leukefeld.de

Bautagebuch

blog.timoleukefeld.de

