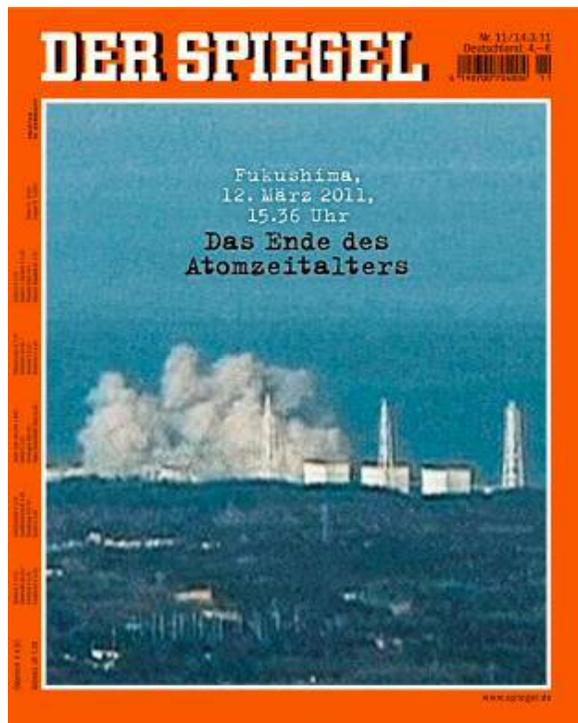


PV-Markt in der Schweiz: heute und morgen

Prof. Dr. F. Baumgartner

ZHAW University of Appl. Sciences Zurich, School of Engineering, IEFE; www.zhaw.ch/~bauf

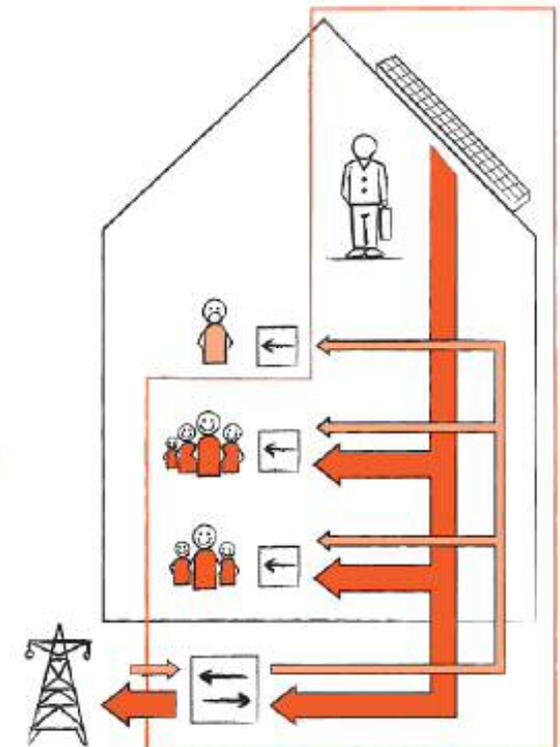
Winterthur, 2015-02-26, Veranstaltung 6. Energie-Lunch von ebw energie bewegt winterthur



11. März 2011

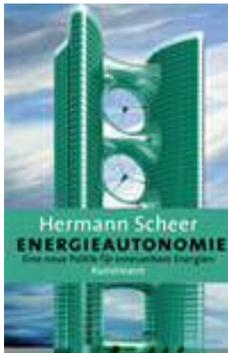


Advertisement photos, such as this one that appeared in the 1956 issue of Look Magazine, show off the "Bell Solar Battery" to the American public.



Leitidee: Selbstständigkeit durch Eigenverbrauch

- Die Energiewende ist eine Wende zur Selbstständigkeit!
- Was ich nicht selber habe, kaufe ich zu?
Was ich selber erzeuge, muss ich nicht kaufen!
Selbst **erzeugen und verbrauchen = Eigenbedarf**
Energieautrak - *Autarkie* altgriech „Selbstständigkeit“
- Vision der Energieautonomie – 100% ige Unabhängigkeit:
«Der Wechsel zu Erneuerbaren Energien ist ein Wettlauf mit der Zeit - aus ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Gründen. « Hermann Scheer, 2005, ISBN 3-88897-390-2



Franz Baumgartner, 2015-01-20; www.zhaw.ch/~bauf



DIE VISION TIROL 2050 ENERGIEAUTONOM

Kernthemen dieses Vortrags

- ① **Warum Energiewende?** Klima, Grenzen traditioneller Energien
- ② **Kostenentwicklung:** Nuclear, Photovoltaik Industrialisierung
- ③ **Kostenbeispiel** Schweiz: **Solarstromdach** fürs Einfamilienhaus
- ④ Steigerung der **Energieautarkie** heute durch **Wärmeanwendungen**
- ⑤ Steigerung der **Energieautarkie** morgen durch **elektrische Batterien**
- ⑥ **Blick in die Glaskugel**

Warum

Energiewende?

Tundra in Alaska März 2014

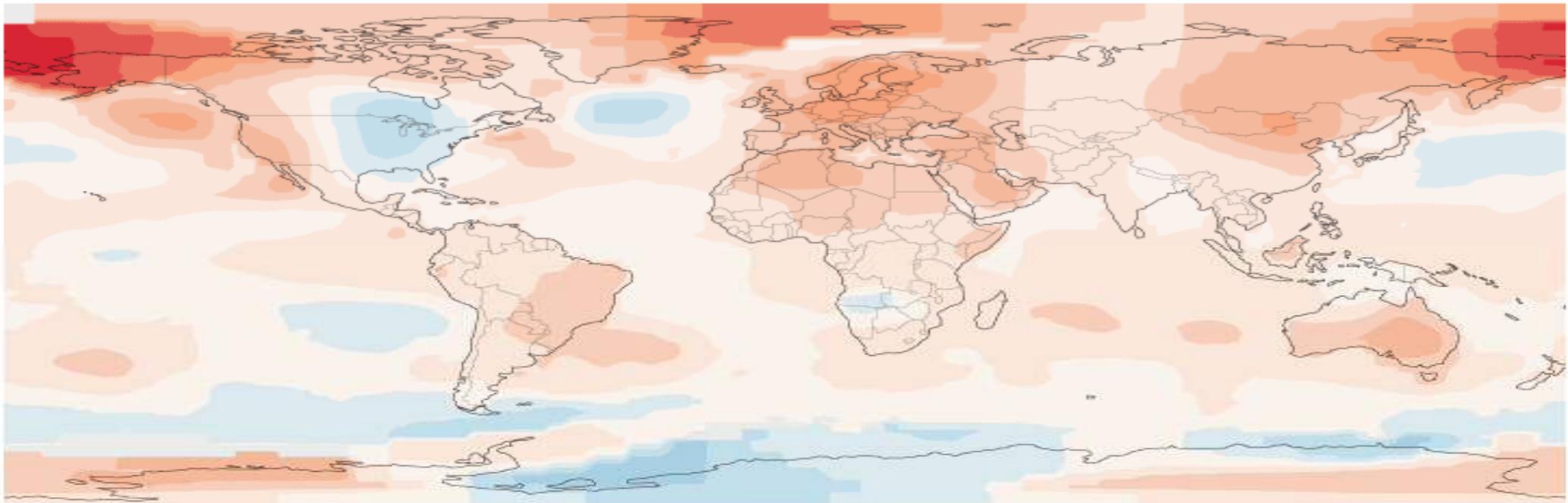


A competitor mushed across an oddly snowless section of tundra in Alaska during the Iditarod Trail Sled Dog Race in March.

Bob Hallinen/The Anchorage Daily News, via Associated Press

The New York Times by [JUSTIN GILLIS](#)JAN. 16, 2015

1 2014 das wärmste Jahr seit 1880



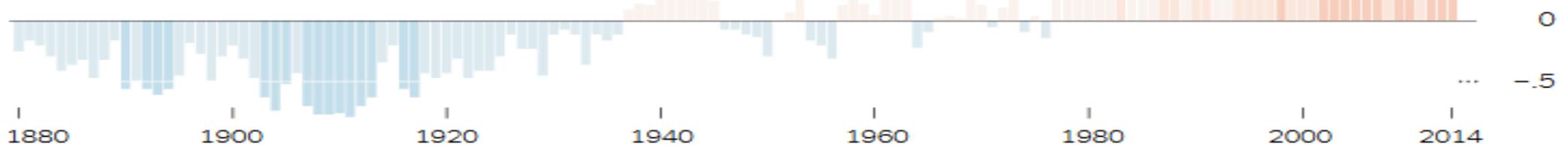
How far above or below average temperatures were in 2014

Compared with the average from 1951 to '80



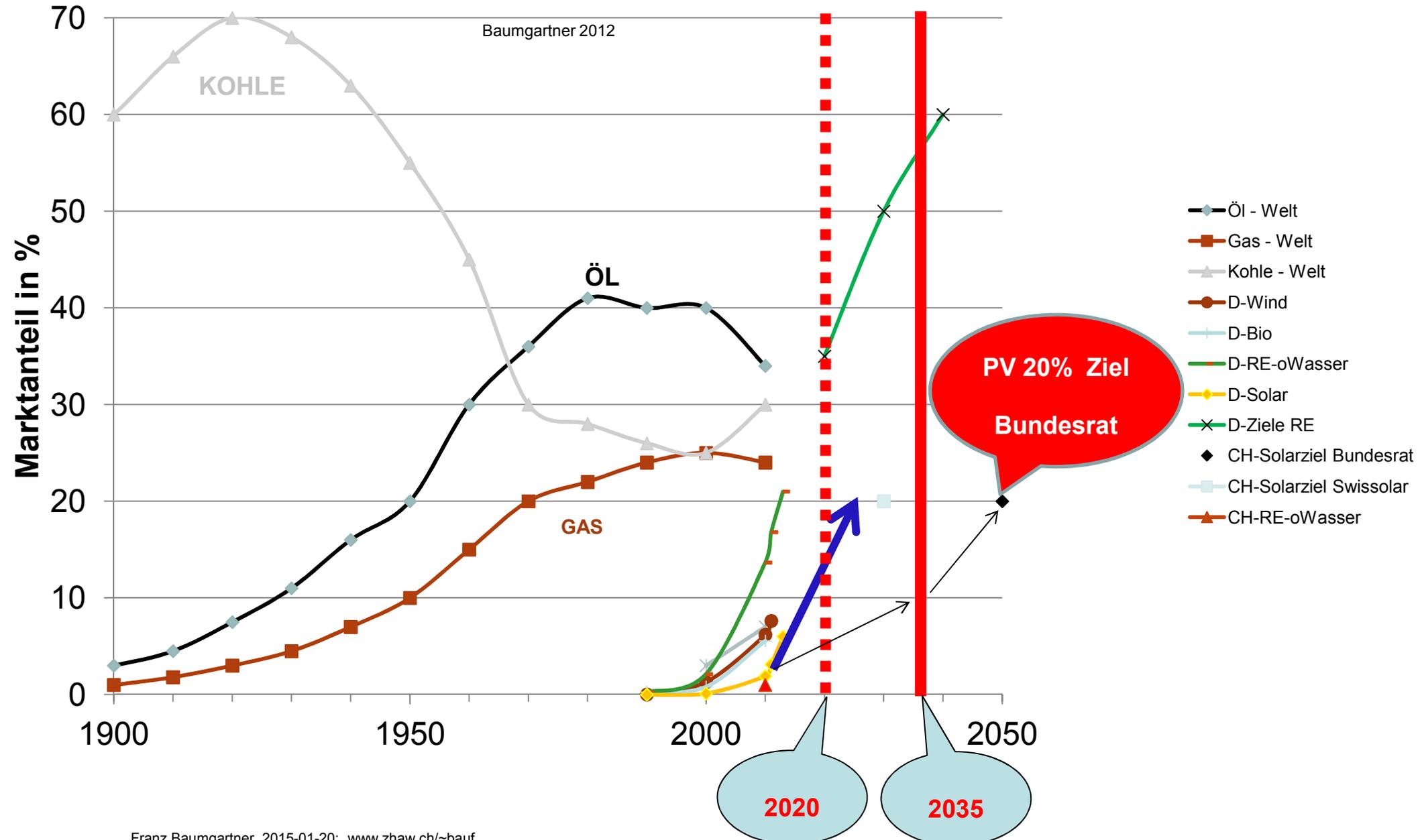
Average global surface air temperature

Compared with the average from 1901 to 2000



Sources: NASA; National Oceanic and Atmospheric Administration

The New York Times by [JUSTIN GILLIS](#) JAN. 16, 2015



Kosten- entwicklung

Strompreiskomponenten eines typischen Haushalts in der Schweiz

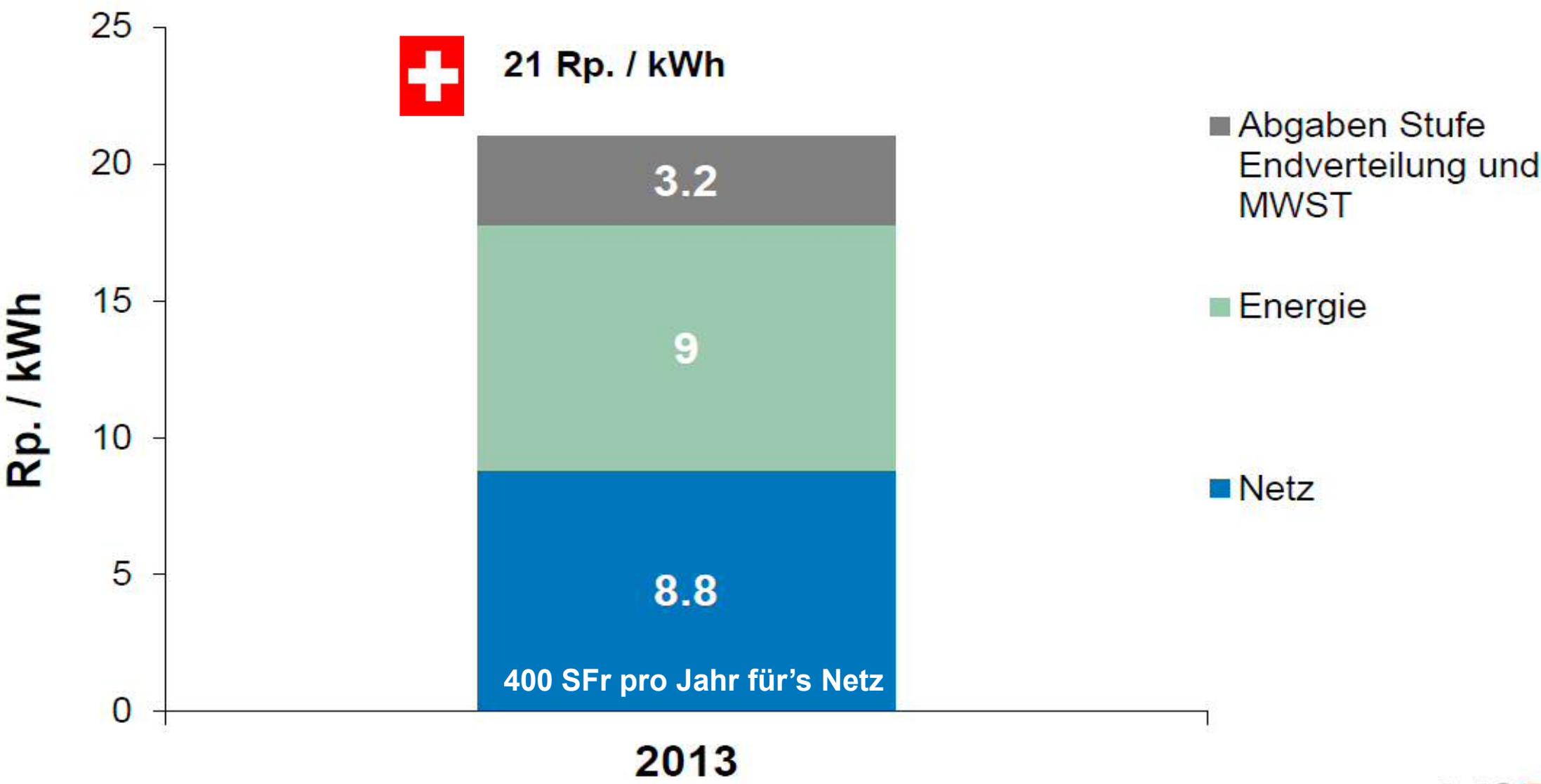
2



Deutschland 29 ct €/kWh in 2014



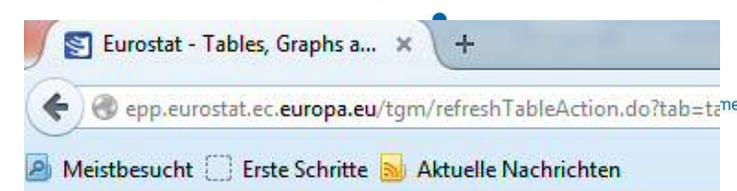
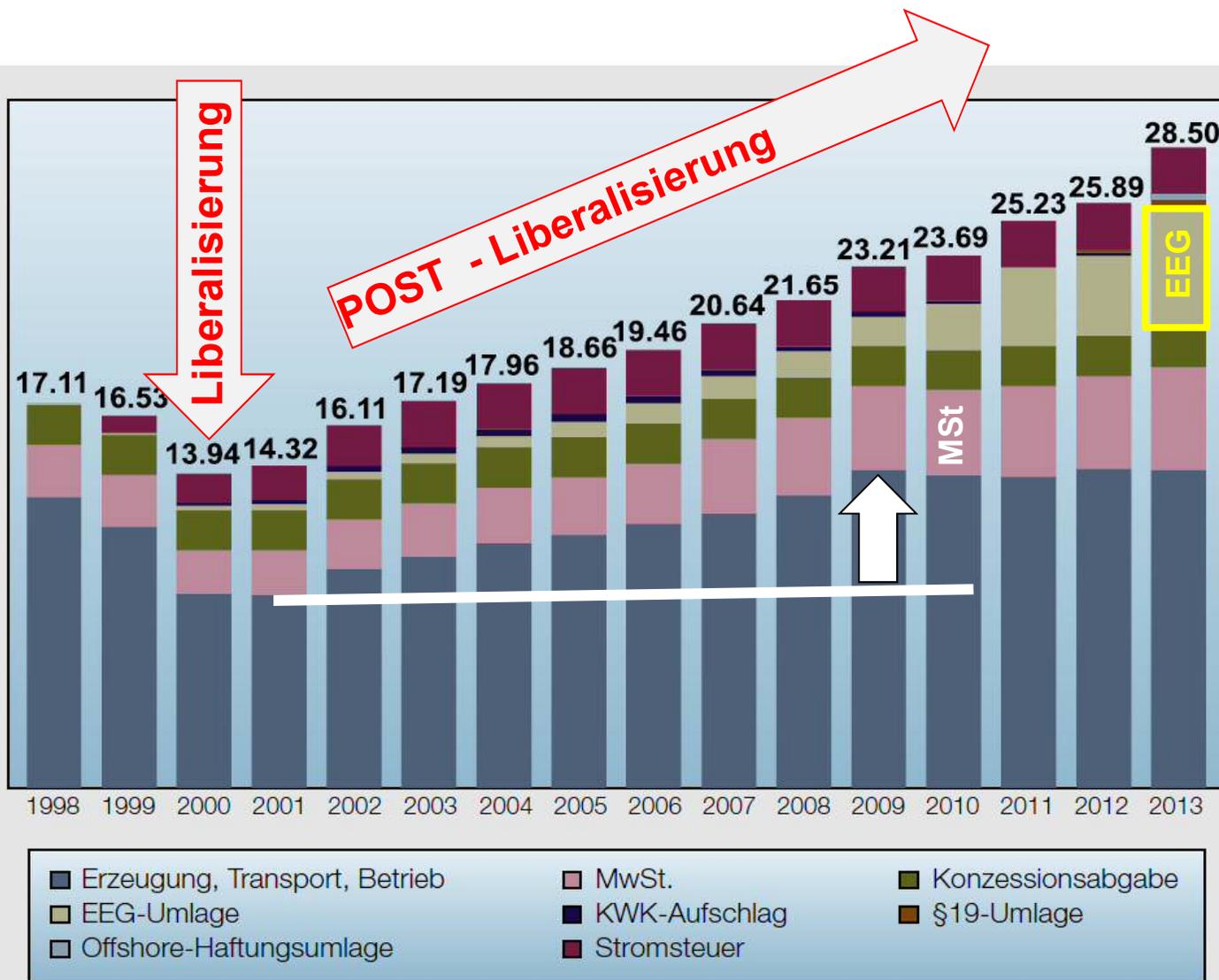
21 Rp. / kWh



Datenbasis: ECom Verbrauchsprofil H4
4'500 kWh
Quelle: VSE



BRD Haushaltstrompreise



Strompreise nach Art des Benutzers
EUR je kWh
Dieser Indikator stellt die Strompreise dar, die den Endverbrauchern in Rechnung gestellt werden.

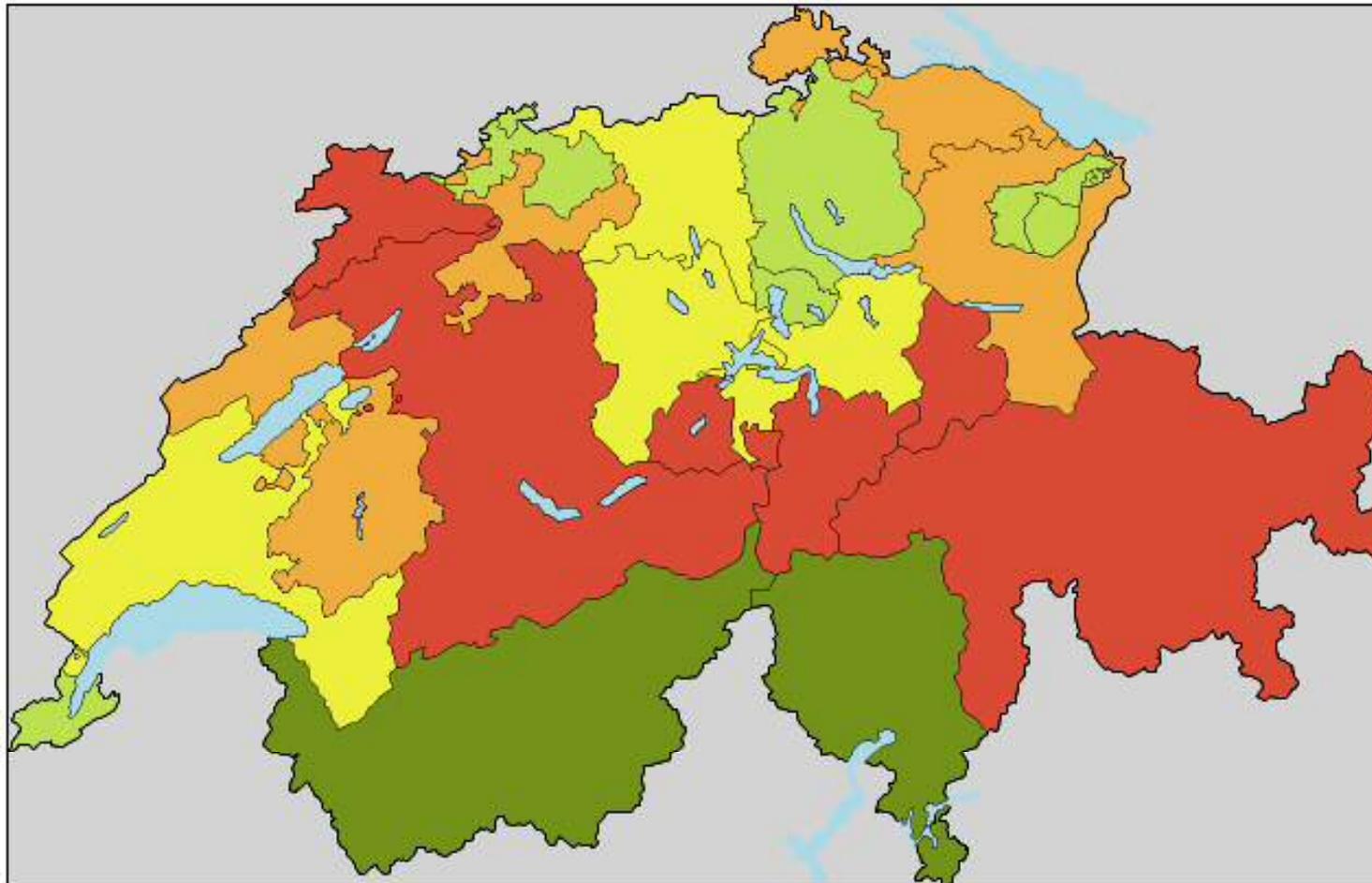
time 2013

geo	indic_en	haushalte mittlere	Industrielle Untern
geo		2014	2014
EU (28 Länder)		0,2047 ^P	0,0917
EU (27 Länder)		0,2053 ^P	0,0917
Euroraum (wechselnde Zahl von Ländern)		0,2178 ^P	0,0909
Euroraum (18 Länder)		:	:
Euroraum (17 Länder)		:	:
Belgien		0,2097	0,0916
Bulgarien		0,0832	0,0736
Tschechische Republik		0,1283	0,0819
Dänemark		0,3042	0,0830
Deutschland		0,2981	0,0844
Estland		0,1307	0,0794
Irland		0,2407	0,1288
Griechenland		0,1767	0,1090

Bild 2 Entwicklung und Zusammensetzung des Strompreises für Haushalte (in Cent/kWh).

2015 kantonale Preise für Netznutzung

http://www.strompreis.elcom.admin.ch/Map/ShowSwissMap.aspx



Welche Tarife möchten Sie

Verbrauchskategorie:

Tarife des Jahres:

Angezeigte Preiskomponente:

Kartengrundlage: © BFS, ThemaKart 2014

Tarifvergleich in Rp./kWh: Kategorie H4, Netznutzung für das Jahr 2015 [Hilfe](#)

<input type="checkbox"/> < 8.29	<input type="checkbox"/> 8.29 - 9.27	<input type="checkbox"/> 9.27 - 10.24	<input type="checkbox"/> 10.24 - 11.22	<input type="checkbox"/> > 11.22
<input type="checkbox"/> Von diesem Kanton sind (noch) nicht genügend Tarifdaten vorhanden				
<input type="checkbox"/> Aktuell ausgewählter Kanton				

PV Kosten für Grosskraftwerke BRD

Feed-in tariff for new large-scale solar photovoltaic in Germany



Figure E3



*Nominal values, Feed-in tariff applicable at first of January each year, value 2015 excl. adjustment of 0,4 ct/kWh for direct marketing



KEV-Tarife für eine 120 kW-Anlage Aufdach

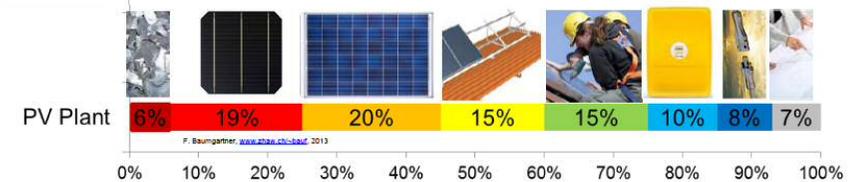


**Bereits heute
PV-Grosskraftwerke mit
Produktionskosten
20 Rp./kWh**

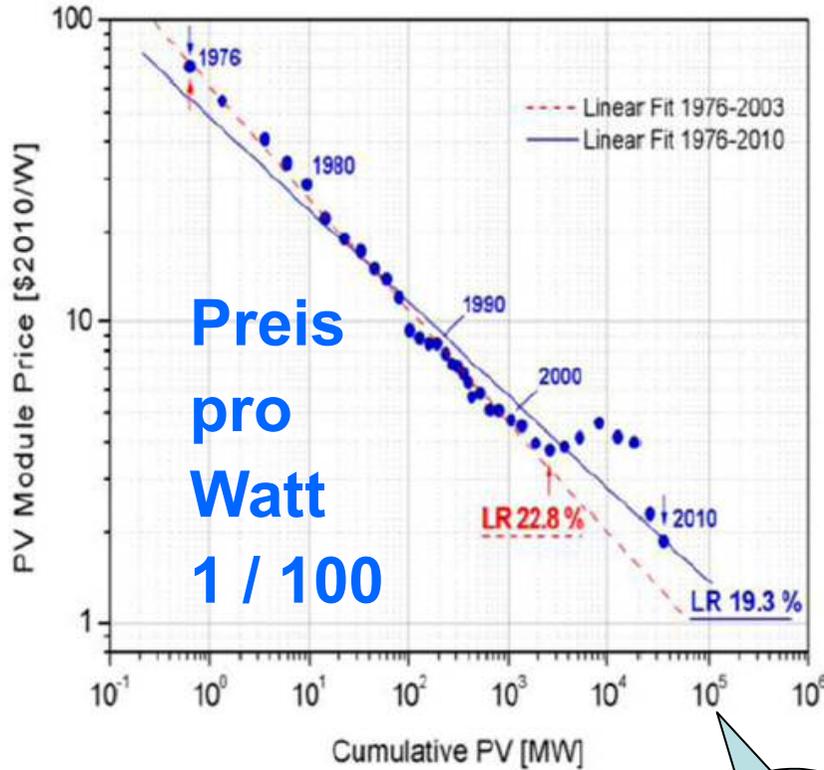
Zum Vergleich: (KEV-Tarife)

- Wind 21.5 Rp.
- Geothermie 23-40 Rp.
- Holzkraftwerke 21-36 Rp.
- Haushalt-Stromtarif ca. 20 Rp.

26.4 Rp/kWh @ 30kW



SOLARMODULE



Breyer, EUPVSEC, Hamburg Sept 2011

100GW 2013E

KERNKRAFTWERKE

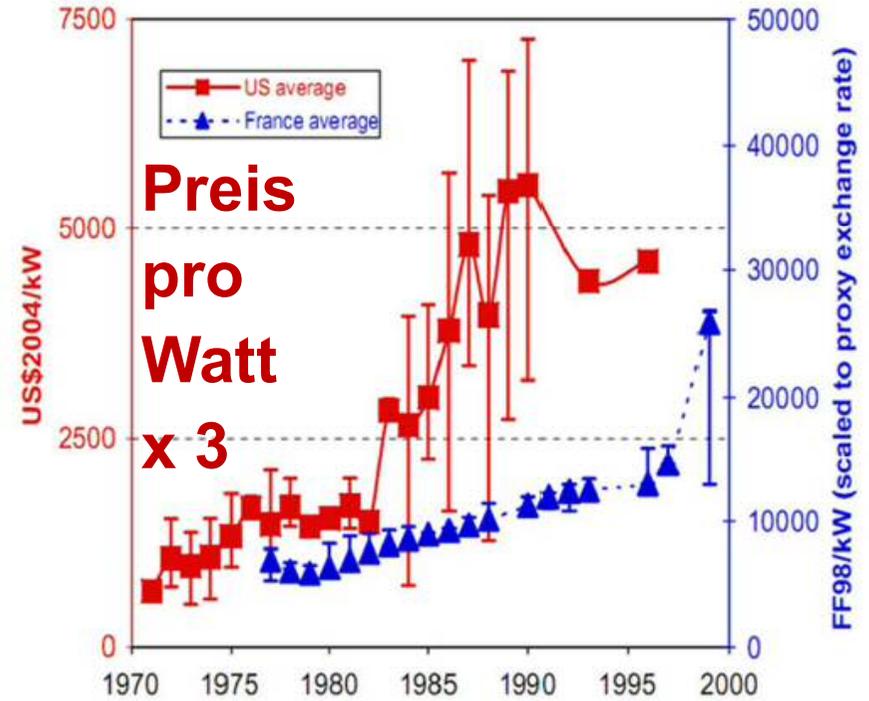


Fig. 12. Comparison of French (FF98/kW, this study) and US (US\$94/kW, Koomey and Hultman, 2007) nuclear construction costs, average and min/max per reactor completion year (year of entering into service in US, year of first criticality in France, cf. Fig. 9). The different metrics are scaled in proportion to yield an

A. Grubler / Energy Policy 38 (2010) 5174-5188

Lernkurve der Industrialisierung – Beispiel Solarmodulproduktion

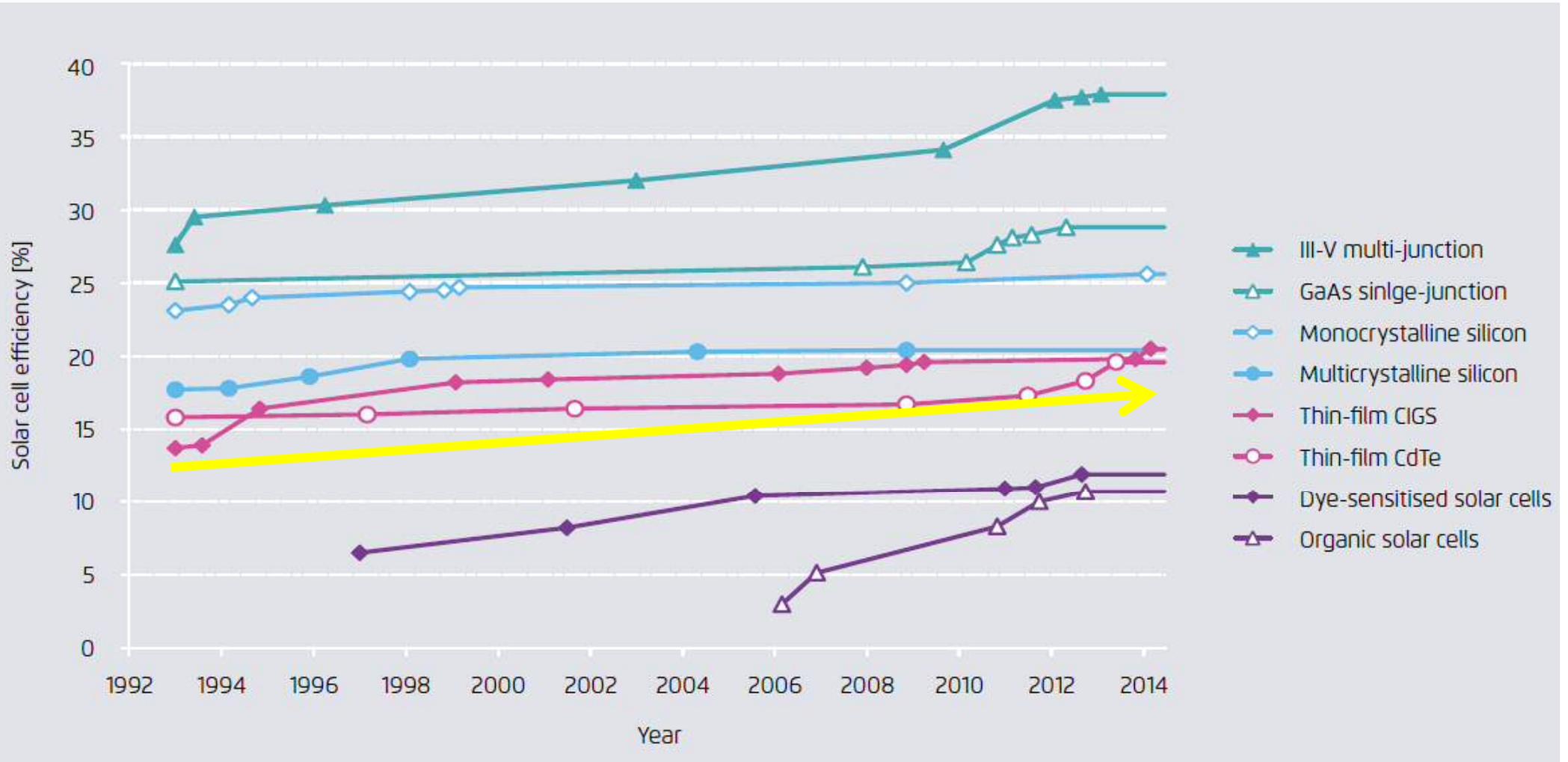
Bei einer Verdoppelung der Gesamtmenge an installierten Solarmodulen

einer Technologiegruppe sinkt der Preis um ca. 20% (siehe LR 22.8 bzw. 19.3%)

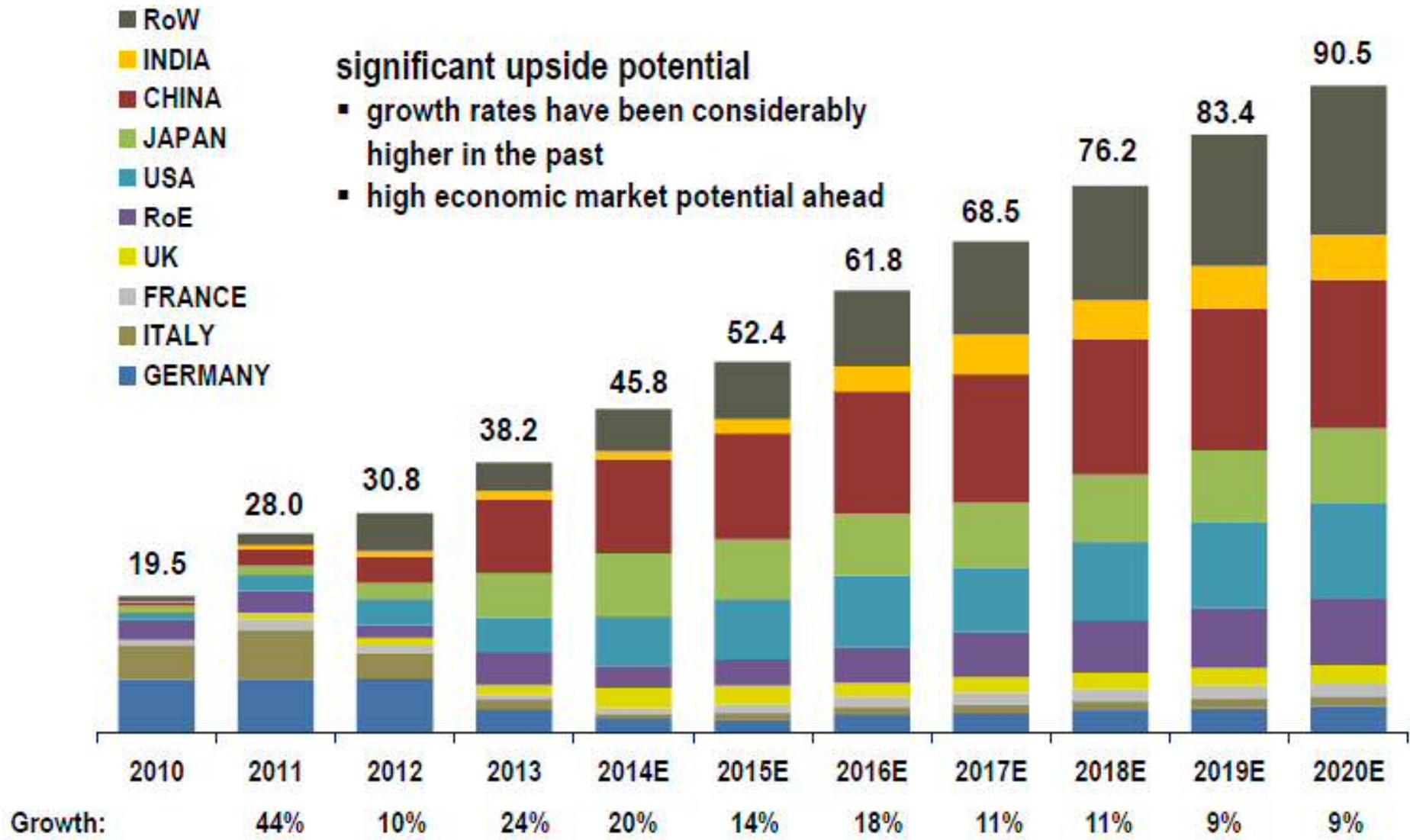
Moderate Steigerung Wirkungsgrad

Historical development of solar cell efficiencies: High scores from the lab

Figure 22



PV Market Wachstum bis 2020 - linear



Sources: Hanwha Q CELLS Market Intelligence, IHS, BSW, EuPD, Bank analysts

EUPVSE Amsterdam, 2014 Oct, An Update on Grid-Parity, Christian Breyer ► christian.breyer@lut.fi

Solarstrom

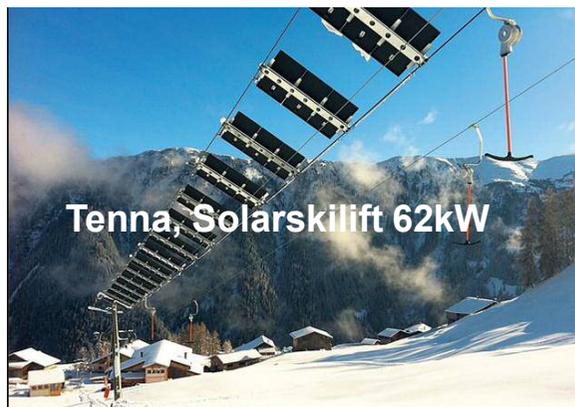
Beispiel CH

Grosse Schweizer PV Anlagen 100kW

bekannte Beispiele



24^e Prix Solaire Suisse
24. Schweizer Solarpreis

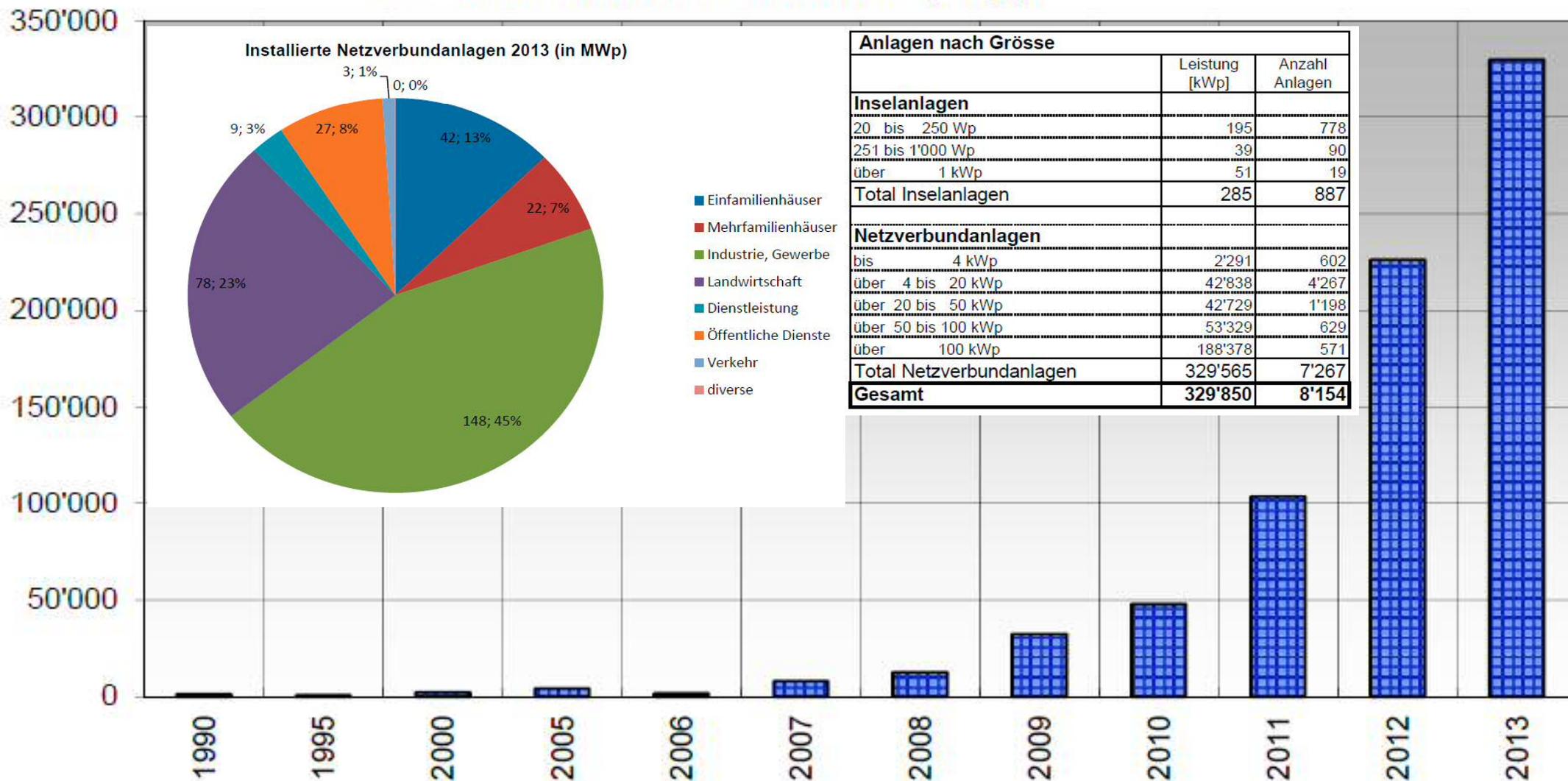


PV Marktzahlen in der Schweiz

TOP 3 PV Installer more than 100MW new installed in 2013

< 30kW ca 20% Marktanteil

Verkaufte Photovoltaikmodule (kWp)



Beispiel: Solares Einfamilienhaus 16kW Untersiggenthal/AG

Eckdaten vom Eigentümer:

1985 Baujahr, Einfamilienhaus, Heizung
monovalente Erdwärmesonden,
s. -Studie auf der BFE-homepage

2008 Wärmepumpe mit Scroll-Kompressor

2012 Warmwasser über Wärmepumpe und
Erdwärmesonden

2014 PV-Solaranlage **16,4 kWp**, s. att.

2015 vollelekt. E-Car (mit eigener "Tankstelle")

Verbrauch Heizung, WW, Haushalt 7000kWh Strom

Erzeugung PV Plan 17.000kWh jährlich
(seit 19.05. aktuell 11.500 kWh)

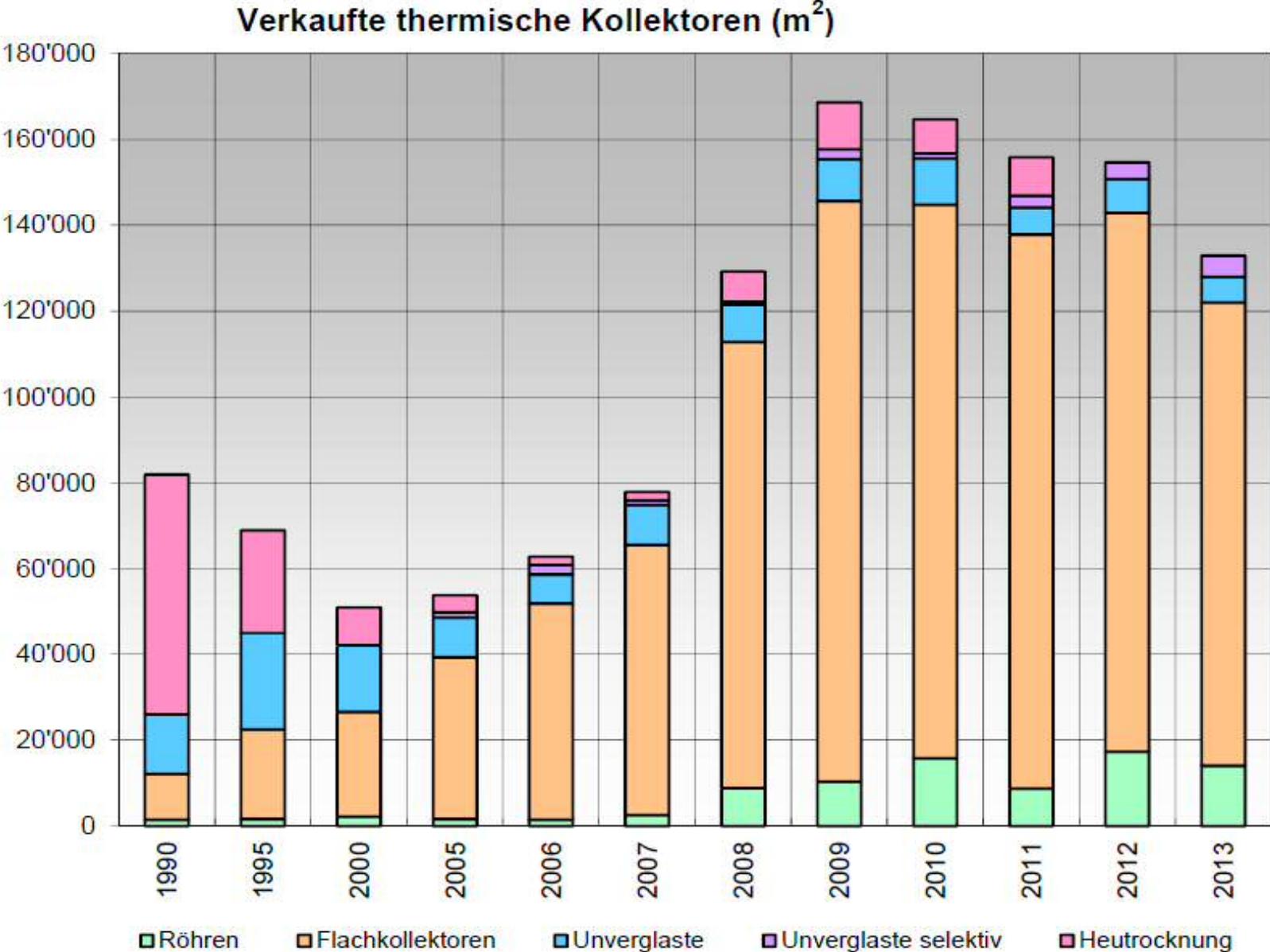
= 243%-PEB-EFH

Untersiggenthal/AG

www.staerk-erdwaerme.ch



Marktzahlen Solarthermie Schweiz



• PV Kraftwerk mit 100kW Nennleistung

Gesamtkosten PV Anlage	$1.8 \text{ SFr} * 100000 =$	180000	SFr
Jahresproduktion	$P_n * 1000 \text{h} =$	100000	kWh
Produktion Lebensdauer	20 Jahre	2.0E+06	kWh
Investitionskosten/Produktion		0.090	SFr
inklusive Finanzierungs 5%, Betriebskosten 2%		0.180	SFr
Faktor für Finanzierung +OuM		2.00	

Formel für Kostenfaktor (i Zins , m Betriebskosten, n Jahre)

$$n \cdot \left(m + \left(i \cdot \frac{(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right) \right)$$

Vergleiche KEV Tarife und kWp Kosten; Bund EnV mit Änderung Okt 2013; Anhang 1.2; (Art. 3a, 3b, 3d, 3g, 3h und 22 Abs. 2)

siehe auch http://www.swissolar.ch/fileadmin/user_upload/Swissolar/Unsere_Dossiers/KEV-Tarife_de.pdf

Investitionskosten laut Umfrage 2013-Fotovoltaikstudie Auflage 4, Michael Ziegler: 5kW mit 2664Fr/kW und für 100kW mit 1836Fr/kW Netto

• PV Kraftwerk mit 5kW Nennleistung

Gesamtkosten PV Anlage	$2.5 \text{ SFr} * 5000 =$	12500	SFr
Jahresproduktion	$P_n * 1000 \text{h} =$	5000	kWh
Produktion Lebensdauer	30 Jahre	1.5E+05	kWh
Investitionskosten/Produktion		0.083	SFr
inklusive Finanzierungs 2% , Betriebskosten 2%		0.162	SFr
Faktor für Finanzierung +OuM		1.94	

Formel für Kostenfaktor (i Zins , m Betriebskosten, n Jahre)

$$n \cdot (m + (i \cdot (1 + i)^n / ((1 + i)^n - 1)))$$

Vergleiche KEV Tarife und kWp Kosten; Bund EnV mit Änderung Okt 2013; Anhang 1.2; (Art. 3a, 3b, 3d, 3g, 3h und 22 Abs. 2)

siehe auch http://www.swissolar.ch/fileadmin/user_upload/Swissolar/Unsere_Dossiers/KEV-Tarife_de.pdf

Investitionskosten laut **Umfrage 2013-Fotovoltaikstudie** Auflage 4, Michael Ziegler: **5kW mit 2664Fr/kW** und für 100kW mit 1836Fr/kW Netto

für die Schweiz in 2015/2011; Quelle Branchenverband Swissolar

KEV-Vergütungssätze gültig für neue I
inkl. MWSt 8%

Anlagenkategorie Leistungsklasse	Vergütungssätze ab 1.1.2011 [Rp./kWh]	Vergütungssätze ab 1.4.2015 [Rp./kWh]	Vergütungssätze ab 1.10.2015 [Rp./kWh]	Referenzkosten Okt. 2015*	
				Investitionskosten CHF/kW	Unterhaltskosten Rp./kWh
Freistehend ≤10 kW	42.7	Eigene Kategorie "Freistehend" gibt es ab 01.04.2015 nicht mehr. Vergütung erfolgt gemäss Kategorie "Angebaut".		Eigene Kategorie "Freistehend" gibt es ab 01.04.2015 nicht mehr. Vergütung erfolgt gemäss Kategorie "Angebaut".	
≤ 30 kW	39.3				
≤ 100 kW	34.3				
≤ 1000 kW	30.5				
> 1000 kW					
Angebaut ≤10 kW	48.3	Einmalvergütung**			5.0
< 30 kW	46.7	23.4	20.4	1820	5.0
≤ 100 kW	42.2	18.5	17.7	1660	4.5
≤ 1000 kW	37.8	18.6	17.6	1620	4.5
> 1000 kW		18.5	17.6		4.0
Integriert ≤10 kW	59.2	Einmalvergütung**			5.0
≤ 30 kW	54.2	27.4	24.0	2220	5.0
≤ 100 kW	45.9	21.1	20.1	1940	4.5
≤ 1000 kW	41.5				4.5
> 1000 kW					4.0

2.6% O&M

Quelle: Energieverordnung, Anhang 1.2 (EnV, 730.01)
Für Anlagen mit Nennleistung > 10 kW wird die Vergütung anteilmässig über die Leistungsklassen berechnet.

http://www.swissolar.ch/fileadmin/user_upload/Swissolar/Unsere_Dossiers/KEV-Tarife_de.pdf

Status des Downloads: Jan 2015

Neue Vergütungsätze ab April 2015

Bundesrat am 5. Nov 2014

Ziff. 3.1.3

3.1.3 Bei einer Inbetriebnahme ab 1. April 2015 wird die Vergütung wie folgt berechnet:

Anlagekategorie	Leistungsklasse	Vergütungssatz (Rp./kWh)	
		Inbetriebnahme	
		1.4.2015– 30.9.2015	ab 1.10.2015
Angebaut/ Freistehend	≤30 kW	23,4	20,4
	≤100 kW	18,5	17,7
	≤1000 kW	18,8	17,6
	>1000 kW	18,5	17,6
Integriert	≤30 kW	27,4	24,0
	≤100 kW	21,1	20,1

	Pn [kW]	Rp/kWh
<30kW	30	23.4
< 100kW	170	18.5
< 1000kW	100	18.8
Summe	300	19.1

Ziff. 1.2

1.2 Erheblich erweiterte oder erneuerte Anlagen

Eine erheblich erweiterte oder erneuerte Anlage liegt vor, wenn die normierte DC-Spitzenleistung des Solarstromgenerators (DC-Spitzenleistung) durch die Erweiterung oder die Erneuerung um mindestens 2 kW gesteigert wird.

Ziff. 3.1

3.1 Die Einmalvergütung setzt sich aus einem Grund- und einem Leistungsbeitrag zusammen. Für erhebliche Erweiterungen oder Erneuerungen wird nur ein Leistungsbeitrag entrichtet.

Es gelten die folgenden Ansätze:

Kategorie		Inbetriebnahme			
		1.1.2013– 31.12.2013	1.1.2014– 31.3.2015	1.4.2015– 30.9.2015	ab 1.10.2015
Angebaut/ Freistehend	Grundbeitrag [CHF]	1500	1400	1400	1400
	Leistungsbeitrag [CHF/Kilowatt-Spitzenleistung (kW)]	1000	850	680	500
Integriert	Grundbeitrag [CHF]	2000	1800	1800	1800
	Leistungsbeitrag [CHF/kW]	1200	1050	830	610

inkl. MWSt. zu verstehen

<http://www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/37153.pdf>

Vom Bundesrat geplanter EE Zubau im Jahr 2013

Faktenblatt zur Medienmitteilung • Bundesrat verabschiedet Botschaft zur Energiestrategie 2050

2. Stromproduktion

Die Stromproduktion aus erneuerbaren Energien steigt von 4,4 TWh (2020) auf 14,53 TWh (2035) und 24,22 TWh (2050).

In Tabelle 2 ist für die Photovoltaik die effektive Produktion bis 2012 und der zusätzliche Ausbau aus der Umsetzung der parlamentarischen Initiative 12.400 berücksichtigt. Im Jahr 2020 entfallen 1,26 TWh auf Photovoltaik, 0,66 TWh auf Wind, 0,2 TWh auf Geothermie und 2,31 TWh auf Biomasse, Biogas, ARA und KVA.

[TWh]	2000	2010	2020	2035	2050
Erneuerbare Total	0.81	1.38	4.42	14.53	24.22
Ungekoppelt	0.01	0.12	2.11	10.22	19.77
Photovoltaik	0.01	0.08	1.26	7.03	11.12
Windenergie	0.00	0.04	0.66	1.76	4.26
Biomasse (Holzgas)					
Geothermie			0.20	1.43	4.39
Gekoppelt	0.80	1.26	2.31	4.31	4.46
Biomasse (Holz)	0.01	0.14	0.60	1.21	1.24
Biogas	0.01	0.08	0.46	1.48	1.58
ARA	0.09	0.12	0.16	0.29	0.30
KVA (50% EE-Anteil)	0.63	0.92	1.10	1.32	1.33
Deponiegas	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00

2013 PV Anteil 1%
nur ein 1/10 der KEV-
Auszahlung für PV

Warteliste KEV : 1.8 GW
EIV : 0.2 GW

Ziel Bundesrat:

2020 PV Anteil 2%

2035 PV Anteil 10%

2050 PV Anteil 20%

Tabelle 2: Stromproduktion Erneuerbare, Variante EE verstärkt im Szenario Politische Massnahmen Bundesrat (POM).

Quelle: Prognos 2012

KEV-Cockpit 3. Quartal 2014, Stand 1. Oktober 2014

Tab. 1: Anlagen in Betrieb

Technologie	Anzahl	Leistung [kW]	Prod. [kWh/a]	Vergütung [CHF]
Biomasse	232	211'794	931'337'826	142'788'013
Photovoltaik	8'122	271'470	261'710'015	103'105'318
Wasserkraft	383	219'074	880'943'503	100'621'366
Wind	18	30'484	56'528'977	8'759'283
Gesamt	8'755	732'822	2'130'520'321	355'273'979

2.1TWh

Tab. 2: Anlagen mit pos. Bescheid (noch nicht realisiert)

Technologie	Anzahl	Leistung [kW]	Prod. [kWh/a]	Vergütung [CHF]
Biomasse	99	54'306	370'510'068	59'144'765
Geothermie	3	4'550	27'527'600	9'697'423
Photovoltaik	2'556	119'080	113'636'146	22'485'882
Wasserkraft	409	374'183	1'331'828'406	151'990'613
Wind	608	1'280'717	2'273'141'080	346'987'828
Gesamt	3'675	1'832'835	4'116'643'300	590'306'510

4.1TWh

Tab. 3: Warteliste

Technologie	Anzahl	Leistung [kW]	Prod. [kWh/a]	Vergütung [CHF]
Biomasse	208	165'356	896'755'139	173'576'647
Geothermie	4	20'000	164'688'000	58'016'289
Photovoltaik	32'971	1'796'376	1'703'608'957	341'842'022
Wasserkraft	441	371'558	1'662'489'755	170'953'356
Wind	286	650'584	1'200'871'751	182'159'490
Gesamt	33'910	3'003'875	5'628'413'603	926'547'805

Anm.: Vergütungen aus dem Fonds mit Marktpreis = 4.8 Rp./kWh (Durchschnitt der letzten 4 Quartale)

5.6TWh Summe 11.8TWh
davon nur PV 2.08TWh

<http://www.stiftung-kev.ch/berichte/kev-cockpit.html>

EIV Sept 2014, www.swissgrid.ch

CHF/
kWp

Vergütung EIV-Anlagen	Anzahl	Leistung [kWp]	EIV-Beitrag [CHF]
EIV*	5'762	36'786	1181 43'435'939
davon bereits in Betrieb	2'314	14'930	1251 18'677'518
2-9.99 kWp	2'736	17'341	1311 22'737'354
10-29.99 kWp	299	4'389	1181 5'175'955
WR	14'821	187'528	212'993'544
davon bereits in Betrieb	5'542	62'206	84'731'920
2-9.99 kWp	2'922	18'484	29'287'373
10-29.99 kWp	2'620	43'722	55'444'547
Gesamtergebnis	21'304	231'114	265'665'274

Bisherige Auszahlung	Anzahl	Vergütung [CHF]
Bereits vergütete EIV-Anlagen	7	59'128

(Anmeldestand: 14. August 2014).

Insgesamt sind 35'913 PV-Anlagen auf der Warteliste oder in der Abwicklung für die Einmalvergütung. Von den 13'744 Anlagen, die bereits **in Betrieb sind, erhalten 3'042 definitiv die Einmalvergütung**. 5'542 Projektanten können zwischen der EIV und der KEV wählen. 5'153 (inkl. Kontingent 2014) verbleiben auf der Warteliste, um in die KEV aufgenommen zu werden, wenn es die finanziellen Mittel zulassen. Im August haben 83 Anlagenbetreiber das Wahlrecht (WR) zugunsten der EIV ausgeübt und 745 haben sich für die KEV entschieden. Ein Teil dieser Anlagen (87) sind im diesjährigen Kontingent und werden ab Oktober 2014 in die KEV aufgenommen. Von den 83 Anlagen, die sich im August zugunsten der EIV entschieden haben, sind 16 im Kontingent 2014. Derzeit sind 252 EIV-Anlagen in der Abwicklung. Für 7 Anlagen wurde die Einmalvergütung bereits ausbezahlt.

<http://www.stiftung-kev.ch/berichte/eiv-cockpit.html>

BFE April 2014 ; http://www.bfe.admin.ch/themen/00612/00616/index.html?lang=de&dossier_id=00794

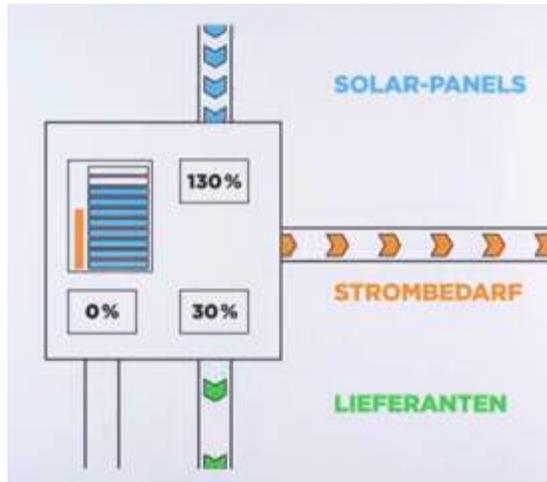
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Energie BFE
Abteilung Energieeffizienz und erneuerbare Energien

April 2014

Vollzugshilfe für die Umsetzung des Eigenverbrauchs nach Art. 7 Abs. 2^{bis} und Art. 7a Abs. 4^{bis} des Energiegesetzes (EnG; SR 730.0)

Version 1.0



Franz Baumgartner, 2015-01-20; www.zhaw.ch/~bauf

Messanordnung A: Separate Messung von Produktion und Verbrauch

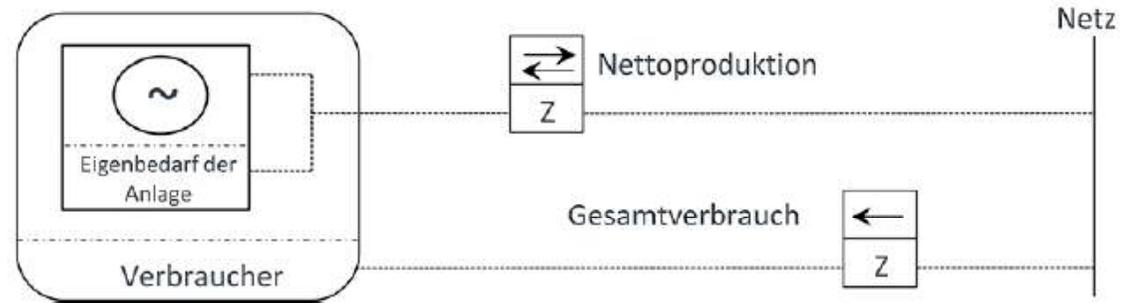


Abbildung 1 : Anordnung der Zähler ohne Eigenverbrauch

Messanordnung B1: Überschussmessung mit zusätzlichem Produktionszähler

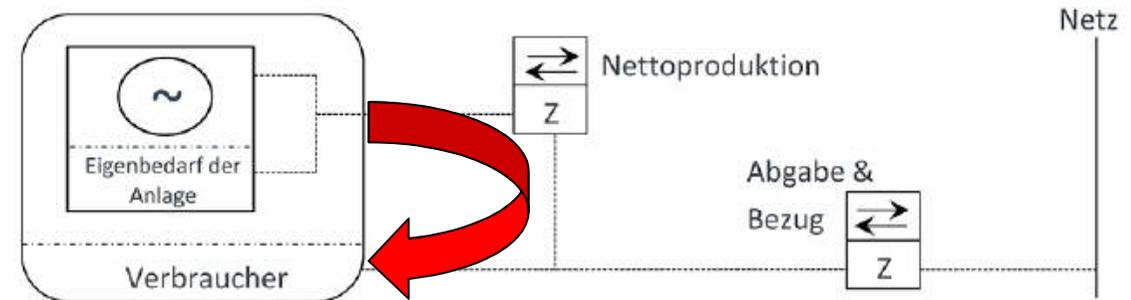


Abbildung 2 : Anordnung der Zähler bei Eigenverbrauch mit Anschlussleistung > 30 kVA

Messanordnung B2: Überschussmessung bei Kleinanlagen

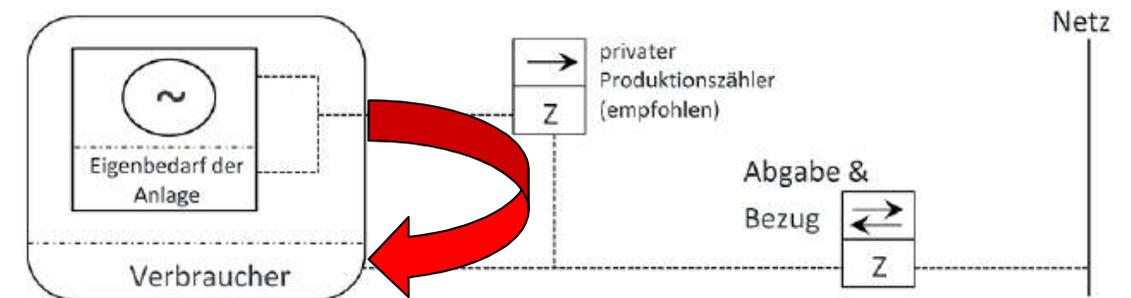


Abbildung 3 : Anordnung der Zähler bei Eigenverbrauch mit Anschlussleistung ≤ 30 kVA

Franz Baumgartner, Zurich University of Applied Science; www.zhaw.ch/~bauf

BFE April 2014; http://www.bfe.admin.ch/themen/00612/00616/index.html?lang=de&dossier_id=00794

- **PV kleiner 30kVA**
keine Lastgangsmessung

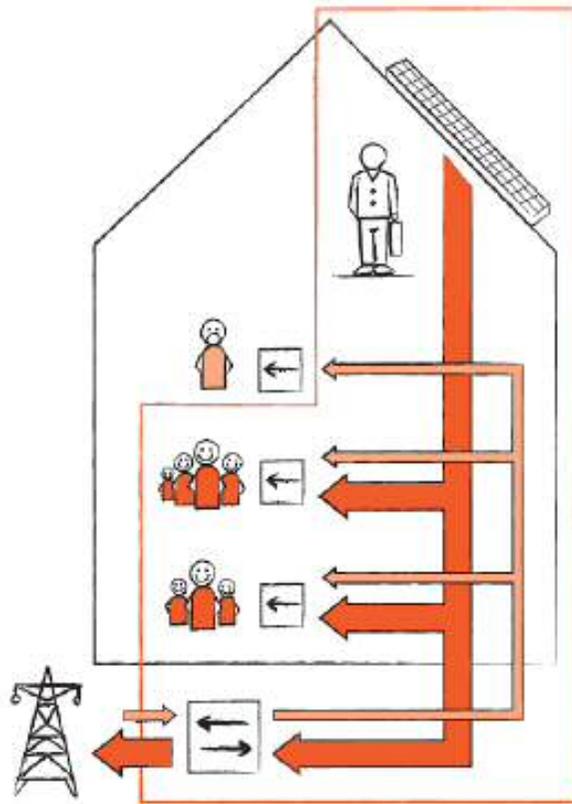


Abbildung 8 : Illustration für ein Mehrfamilienhaus mit einer gemeinsamen Anlage

Franz Baumgartner, 2015-01-20; www.zhaw.ch/~bauf

- **PV grösser 30kVA**
mit Lastgangsmessung

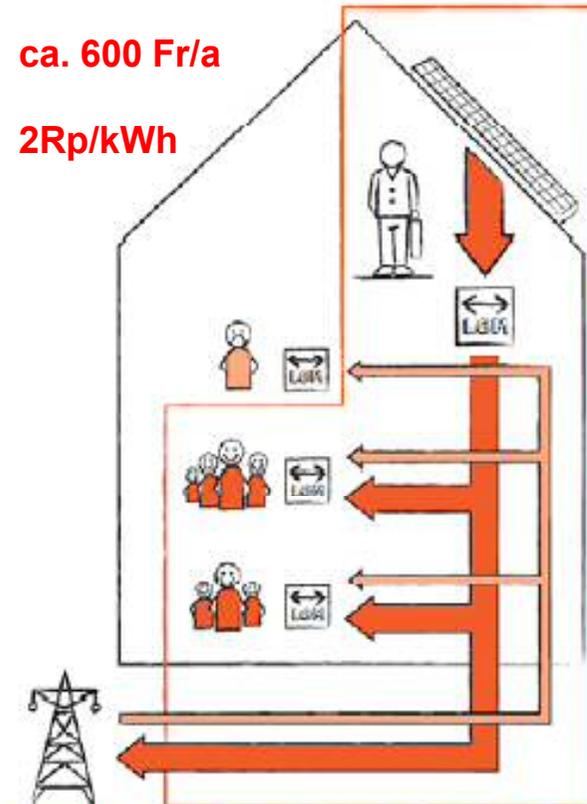
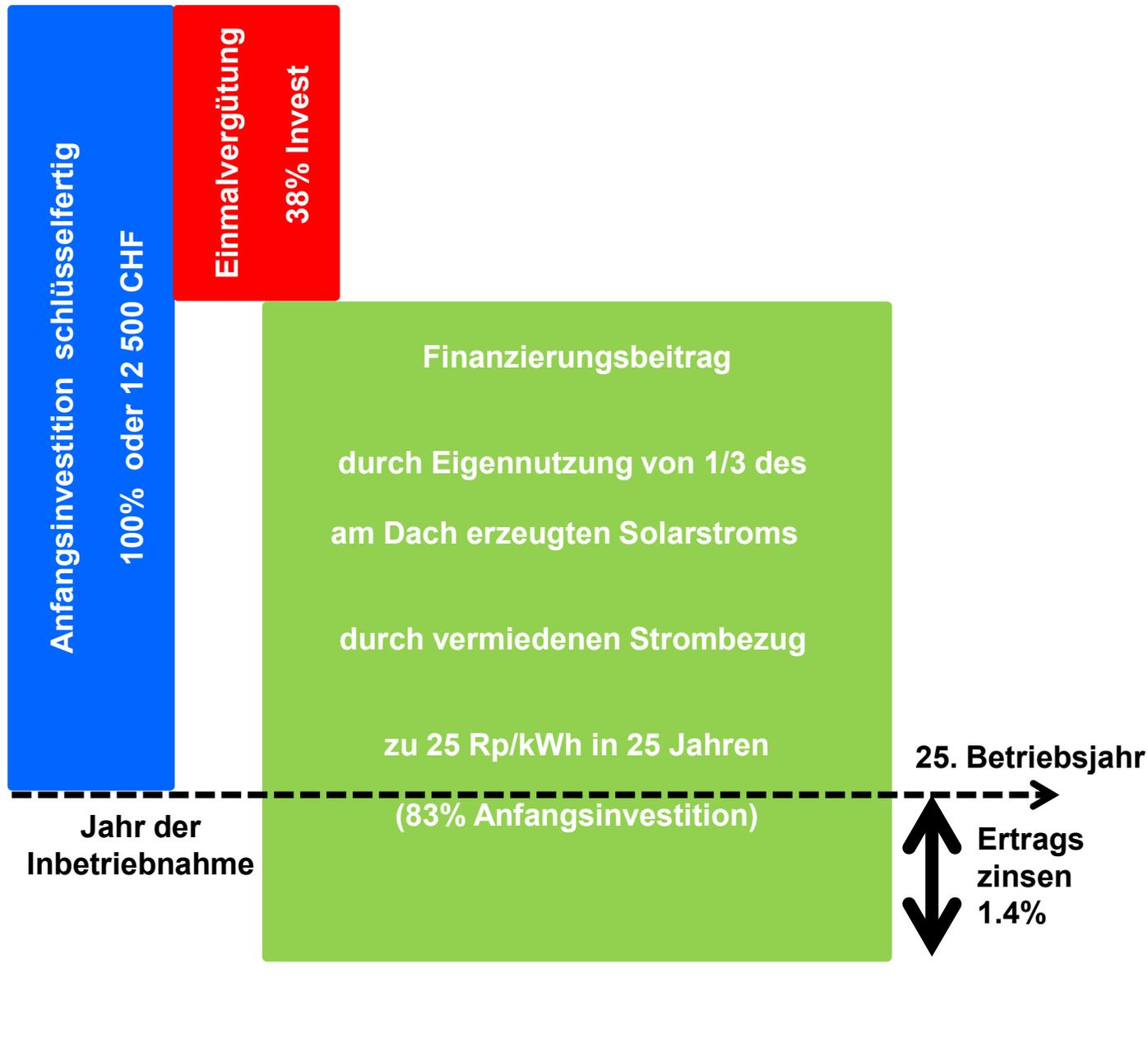


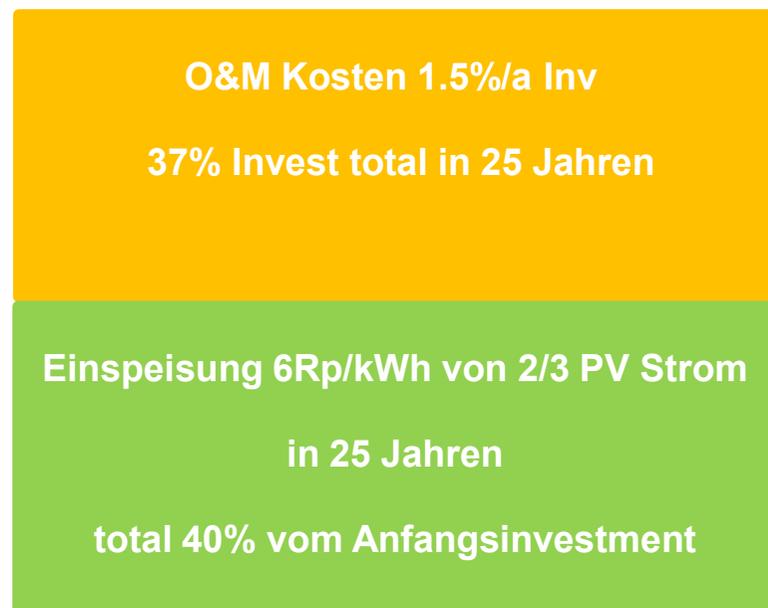
Abbildung 9 : Mehrfamilienhaus mit gemeinsamer Anlage und Lastgangszählern

Finanzierung einer PV Anlage

einer 5kW PV Anlage, Inbetriebnahme 1. Mai



Die laufenden Betriebskosten können in etwa von den Vergütungssätzen des nicht im Haus direkt gebrauchten Solarstroms gedeckt werden. (keine KEV) Es besteht eine Rücknahmepflicht des eingespeisten Solarstroms vom Verteilnetzbetreiber (Artikel 7 und 2bEnV) aktuell minimale Vergütung ca. 7 Rp/kWh.



Finanzierung einer PV Anlage

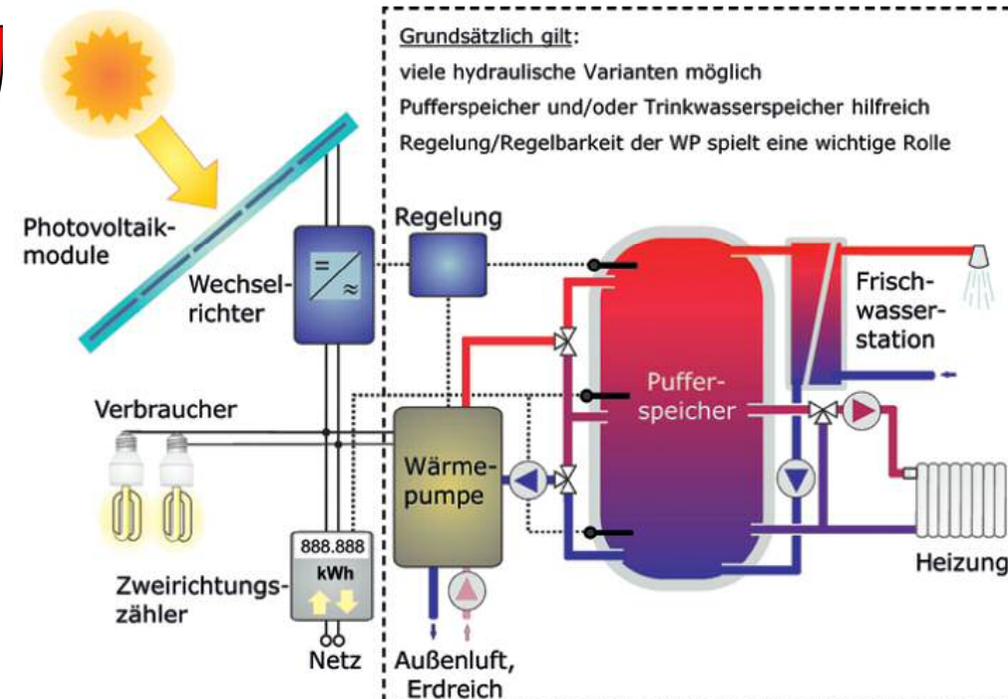
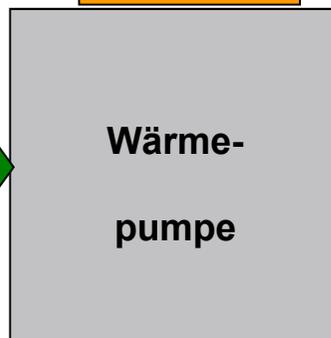
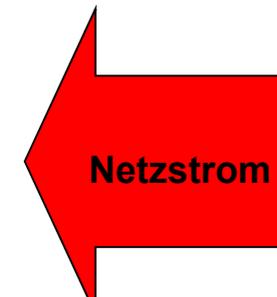
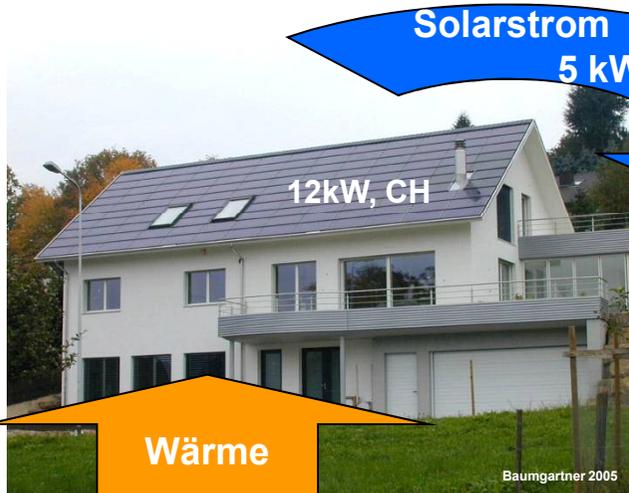
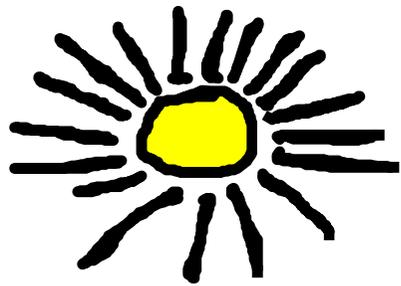
einer 5kW PV Anlage

Inbetriebnahme 1. Mai 2015

- a) Anfangsinvestition: 2500Fr * 5 ergibt **12 500 CHF** inkl. MWSt.
- b) Einmalvergütung: 1400Fr. + 5* 680Fr. ergibt **4 800 CHF** inkl. MWSt.
- c) nach EIV verbleibender Investitionsbeitrag: **7 700 CHF** inkl. MWSt.
- d) Rückspeisung **2/3** mit 7 Rp/kWh (Artikel 7 und 2bEnV) deckt O&M Kosten über 25 Jahre
- e) Vermiedener Strombezug 25Rp/kWh **1/3** PV Eigenverbrauch **10 417 CHF**
- Gewinn nach 25 Jahre **2 717 CHF** (Verzins. 1.4%)
- d) Wird zusätzlich **PV Strom in Wärme** gewandelt (Warmwasser) führt dies immer zu einem **zusätzlichen Gewinn**, wenn die sonstige Warmwassererzeugung teurer als mit 7 Rp/kWh Kosten erfolgt (Wärmepumpe Leistungszahl 3.5 dann 1kWh Wärme zu 2 Rp/kWh zzgl. WP)
- e) ökologischer Gewinn durch Substitution von fossilen bzw. nuklearem Strom bzw. Gas

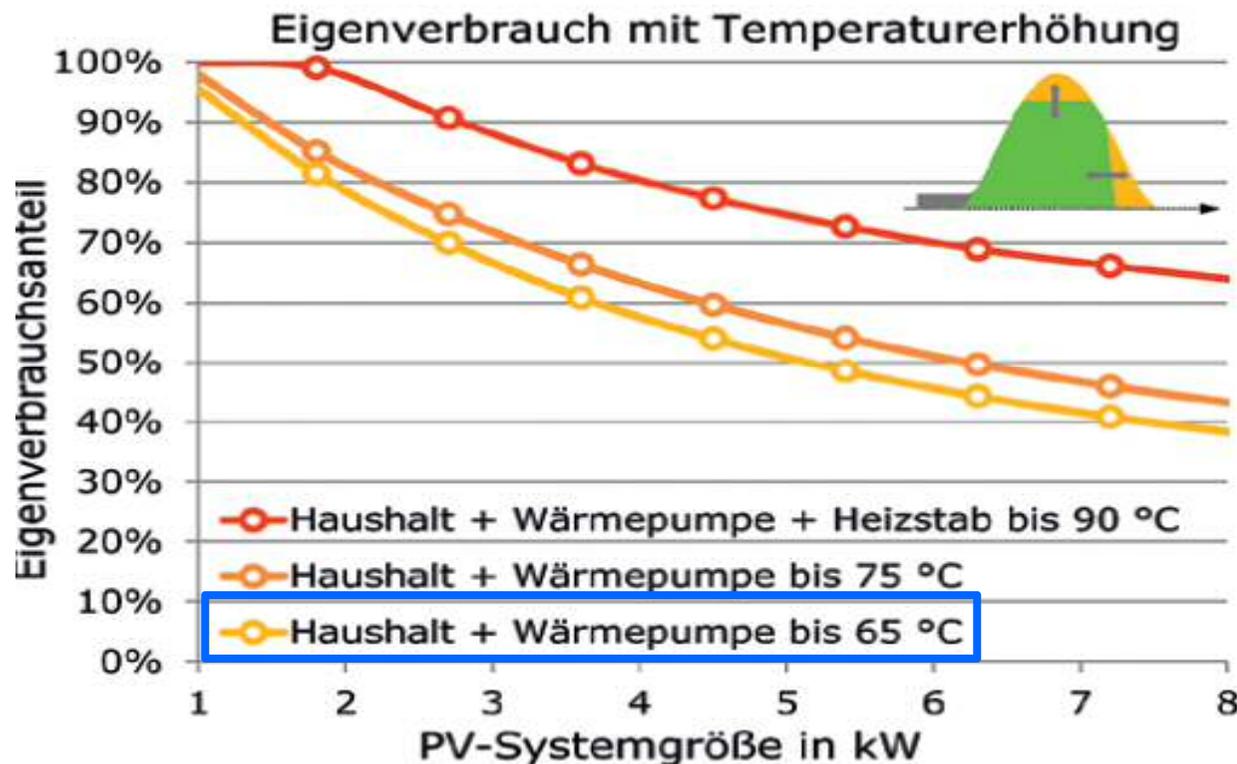
Mehr Autarkie

Wärmenutzung



**Entwicklungsbedarf 2014:
Drehzahlvariable Wärmepumpen
mit höherer Leistung und vergrößerterem
Wasser-/Wärmespeicher; Fluktuation!**

1. Typisch 30% Solarstromnutzung für einen 5000kWh/a Haushalt, wenn eine 5kW Solaranlage gesamthaft 100% Jahrestromverbrauch erzeugt.
2. Wird Solarstrom zusätzlich zur Wärmenutzung eingesetzt, kann der Eigennutzungsanteil weit über 30% steigen.



T. Tjaden; IKZ-HAUSTECHNIK 13/2014;
<http://pvspeicher.htw-berlin.de>

Andere Weblösungen zur Analyse des
Eigenstromanteils siehe unter
<http://www.solar-toolbox.ch/simulation/>

Mehr Autarkie

Batteriespeicher

Solar Home Storage Systems on the market and pricing 2012



Commercial PV Battery + Power Electronics		
Nominal Capacity	C nom [kWh]	13.8
Price rel.	per kWh nom	€ 833
Used Capacity	C used [kWh]	6.9
lifetime full cycles @ DOD 50%		1350
lifetime stored capacity [kWh]		18630
cost of stored kWh		€ 0.62
financing costs factor (5% interest rate, 5a)		1.2
total storage costs per kWh		€ 0.74
http://www.mare-solar.com/shop/eigenverbrauch-speichersysteme-solarworld-sun-pac-c-66_532_607.html		

An example of a marketing document:

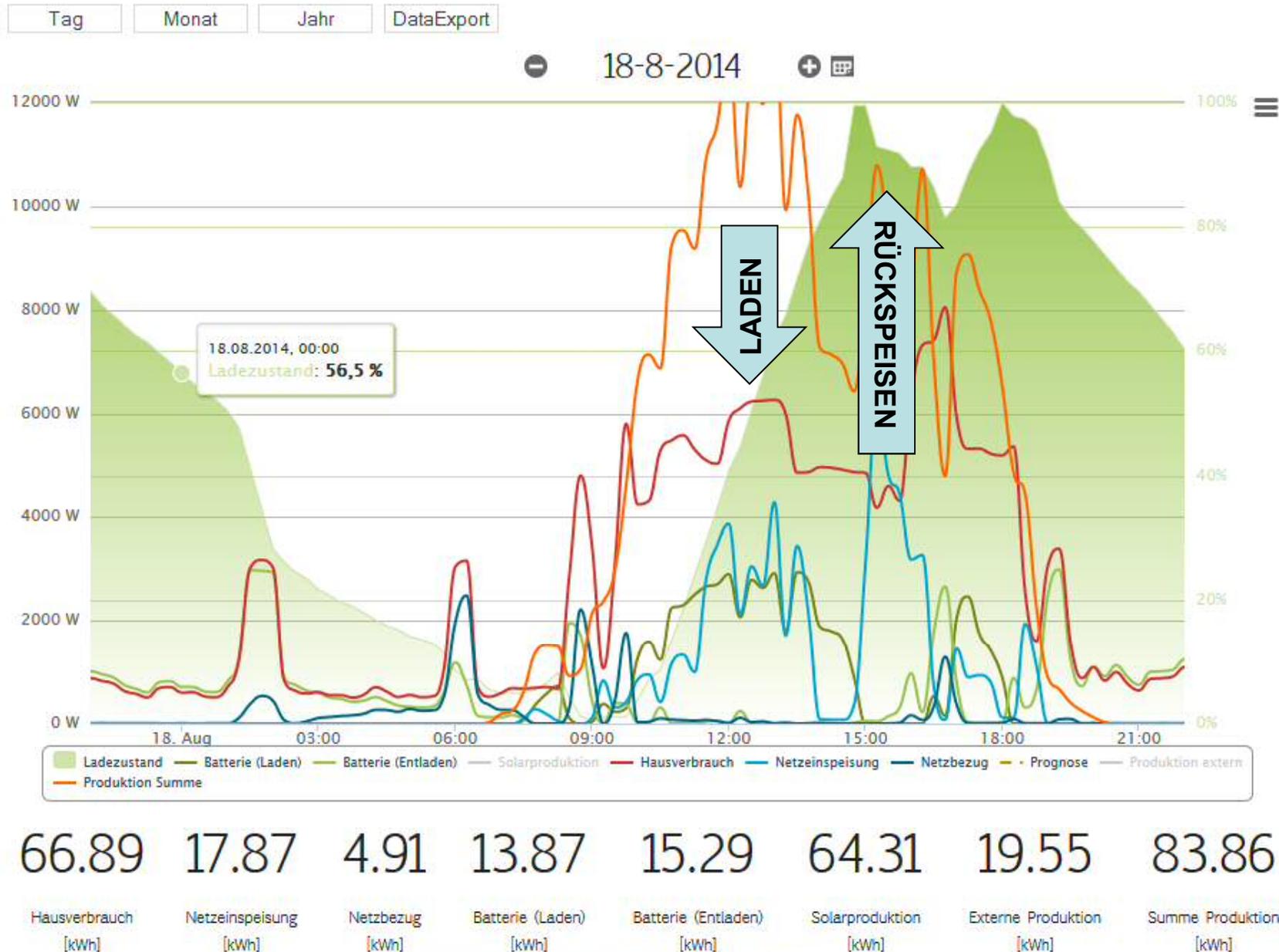
To increase self consumption from **38% to 50%** of consumption

investment of typ. **11 500€**

per 6.5kW PV STC is needed (doubling investment costs)

Beispiel Aug 2014 - sonniger Tag

30kWh Li-Speicher, 15kWp PV



PV-Batteriekosten Haushalt

0.35 bis 0.70 €/kWh

28500 €/6.6kWh netto

=4300 €/kWh netto

4300€/7000 cycles= 0.62 €/kWh

Tabelle 1

Verwendete Eingangsparameter für die Ermittlung der Speicherkosten und Wirtschaftlichkeit

Quelle: [Junkes 2013], [Simmet 2013], [Wetzel 2013], [Eisen 2014], [Dillinger 2013], eigene Annahmen, Zusammenstellung Leipzig

		Nedap Energy Systems	Deutsche Energieversorgung	SMA	Prosol Invest	E3/DC	Bosch Voltwerk	Kostal Solar Electric	IBC Solar	IBC Solar
		PowerRouter 5.0 + Hoppecke-Akkus	SENEC.Home G2	Sunny Island 6.0 + 7.4 Hoppecke-Akkus	Sonnenbatterie Classic M	S10	VS 5	Piko BA + Hoppecke-Akkus	IBC SolStore 8.0 Pb	IBC SolStore 6.3 Li
	Quelle	[Junkes 2013]	[Junkes 2013]	[Simmet 2013]	[Wetzel 2013]	[Schön 2013]	[Eisen 2014]	[Wetzel 2013]	[Dillinger 2013]	[Dillinger 2013]
Technische Eingangsparameter	Einheit									
Technologie	-	Blei-Gel	Blei-Flüssig	Blei-Gel	Lithium-Eisenphosphat	Lithium-Ionen	Lithium-Ionen	Blei-Gel	Blei-Gel	Lithium-Ionen Polymer
Speicherkapazität (brutto)	kWh	7,4	16,0	7,4	10,2	5,4	11,0	11,6	8,0	6,3
Speicherkapazität (netto)	kWh	3,7	8,0	3,7	7,1	4,1	6,6	5,8	4,0	5,7
Entladetiefe (DoD)	%	50	50	50	70	75	60	50	50	90
Zyklenlebensdauer bei DoD	-	2.500	3.200	2.500	5.000	5.000	7.000	2.500	2.500	5.000
Ladezyklen pro Tag	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ladezyklen pro Jahr	-	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Technische Akku-Nutzungsdauer im Betrieb	a	10,0	12,8	10,0	20,0	20,0	28,0	10,0	10,0	20,0
Nutzungsdauer Batterie-Wechselrichter ¹	a	10,0	18,0	18,0	18,0	10,0	10,0	10,0	18,0	18,0
Max. Wirkungsgrad des Gesamtsystems (Akku u. WR)	%	67	86	70	85	88	85	75	70	88
Kopplung	-	DC	AC	AC	AC	DC	DC	DC	AC	AC
Ökonomische Eingangsparameter	Einheit									
Endkunden-Kaufpreis Gesamtsystem (netto)	€	7.800	7.990	8.900	15.300	12.000	28.500	12.000	8.500	11.300
Kosten für Ersatz-Akku(s) ²	€	3.200	999	3.900	6.000	4.000	8.000	6.900	4.500	5.210
Kosten für Ersatz-Batterie-Wechselrichter ³	€	2.180	299	2.900	2.180	1.000	1.500	2.180	2.500	2.500
Kosten für Planung	€	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Installationskosten Gesamtsystem (Erstinvestition) ⁴	€	800	500	500	800	550	500	400	400	400
Installationskosten Ersatz-Akku(s) inkl. Versandkosten ⁵	€	350	350	350	250	250	250	350	350	250
Installationskosten Ersatz-Batterie-Wechselrichter ⁶	€	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Wartung und Inspektion ⁷	€/a	20	50	20	20	20	20	20	20	20
Allgemeines	Einheit									
Betrachtungszeitraum	a	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Angenommene PV-Leistung	kWp	4,0	8,0	4,0	7,2	4,5	6,6	6,0	4,0	6,0
Geschätzter Eigenverbrauchsanteil	%	57	41	57	55	55	47	49	59	49
Geschätzter Autarkiegrad	%	54	75	54	74	57	71	67	55	67

Autonomy versus PV power and battery capacity

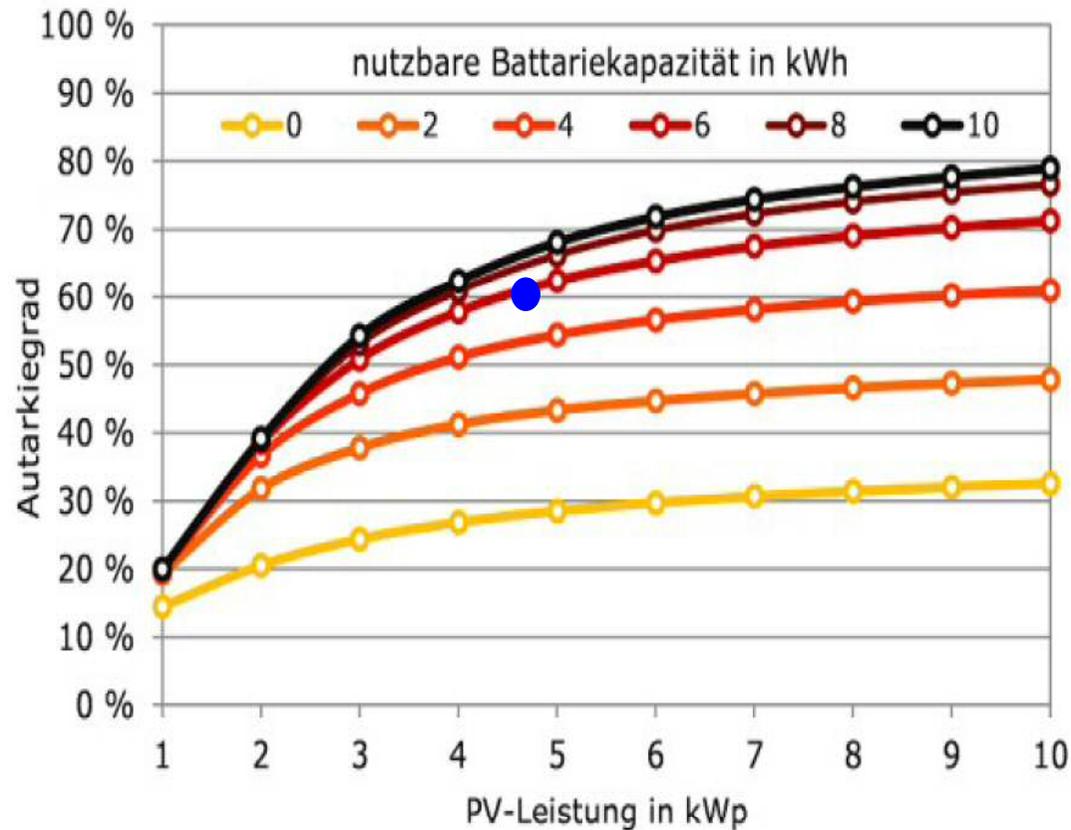
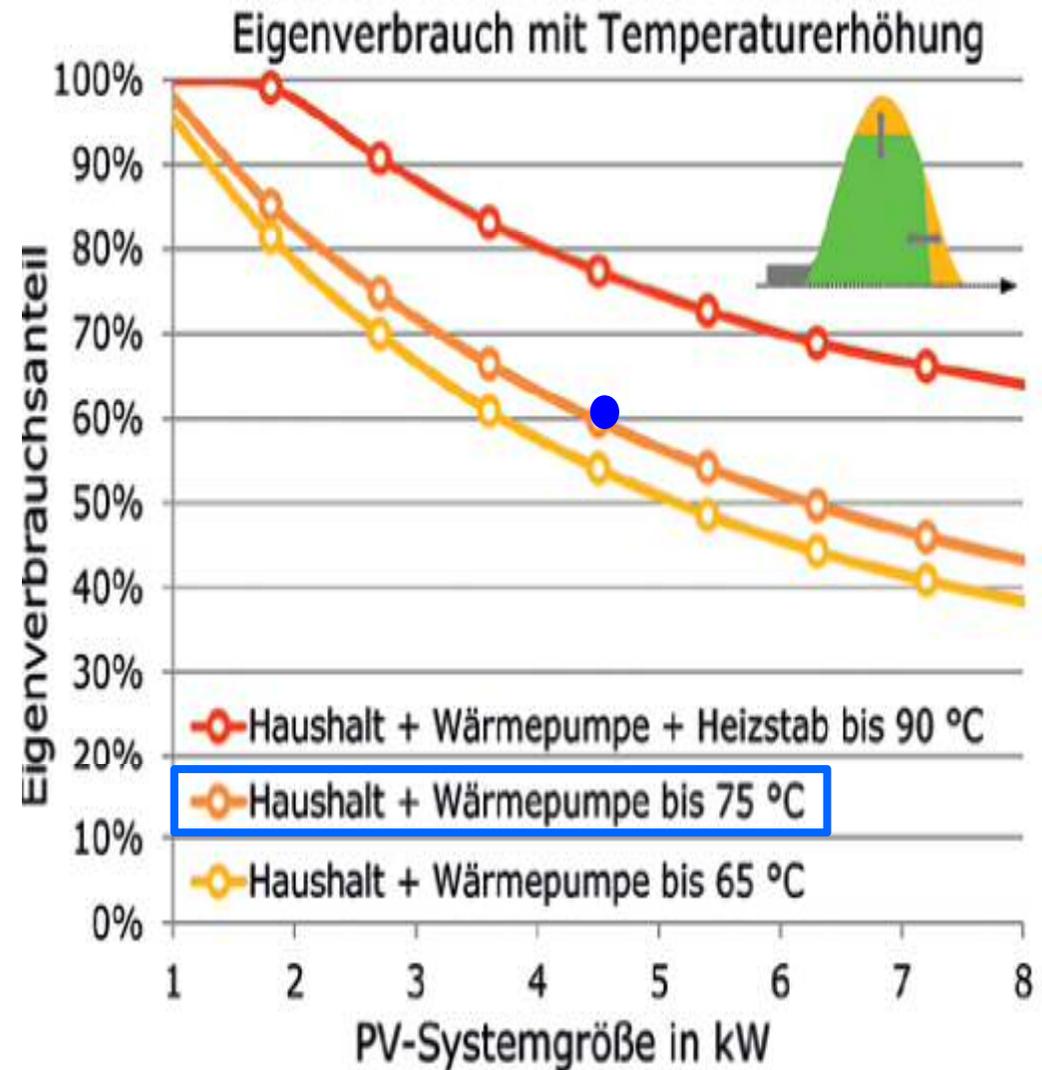


Abbildung 8 Autarkiegrad in Abhängigkeit von der Batteriekapazität und Leistung der PV-Anlage für einen Einfamilienhaushalt mit einem Jahresstromverbrauch von 4.700 kWh.

Quelle: [Weniger et al. 2012]

Ref.: C. Lorenz, ; Wirtschaftlichkeit Batteriespeicher ,
29. Januar 2014; www.ie-leipzig.com

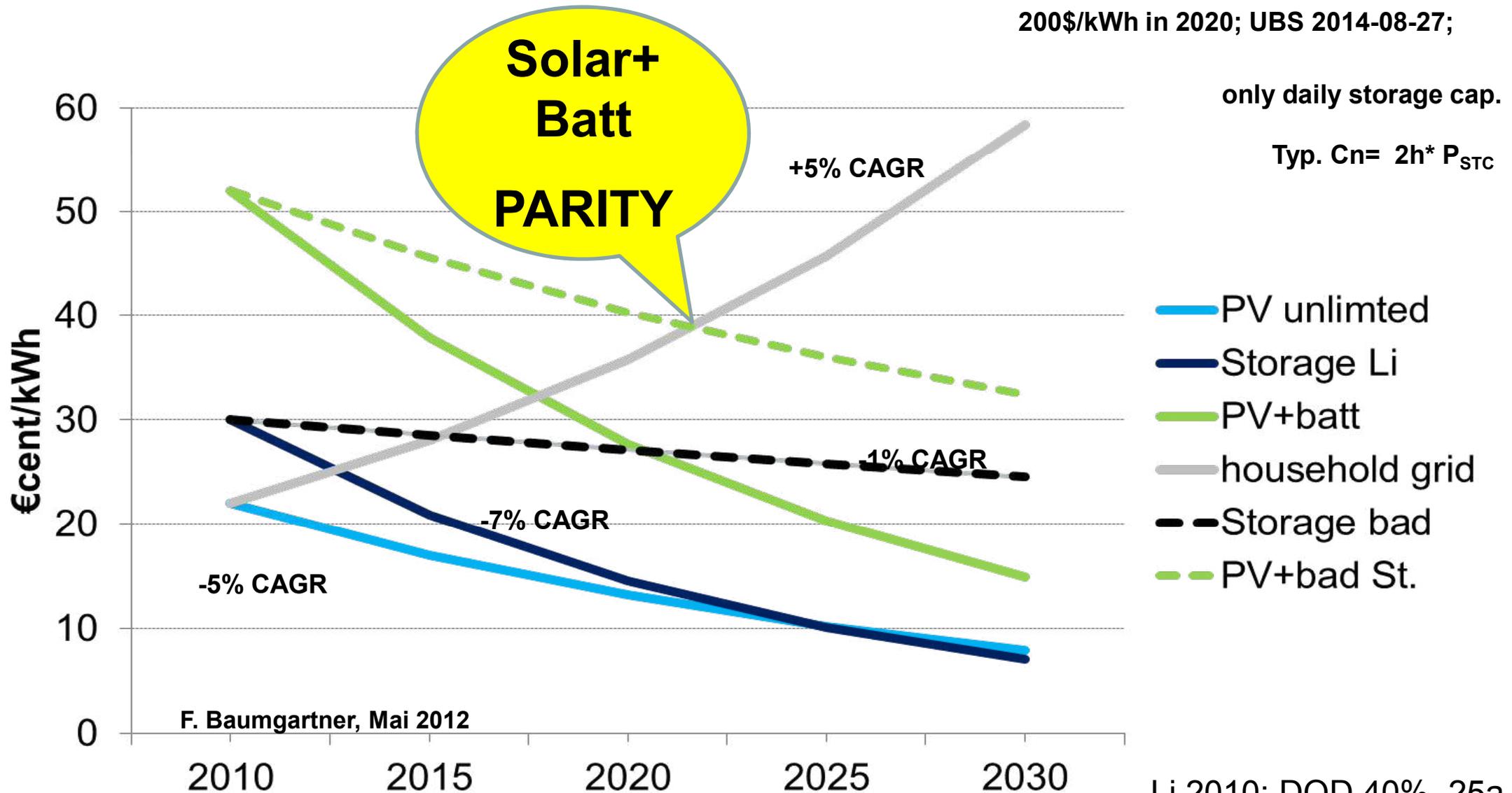
Franz Baumgartner, 2015-01-20; www.zhaw.ch/~bauf



T. Tjaden; IKZ-HAUSTECHNIK 13/2014; <http://pvspeicher.htw-berlin.de>

Andere Weblösungen siehe unter <http://www.solar-toolbox.ch/simulation/>

Cost trends of PV + battery / household!



2012-09-27; Frankfurt, EUPVSEC Plenary Talk, 5DP.3.2 P. Korba, F. Baumgartner, B. Voellmin, A.P. Manunatha, ZHAW, EKZ, ABB

Franz Baumgartner, 2015-01-20; www.zhaw.ch/~bauf

Li 2010; DOD 40%, 25a
400€/kWh & 4000 Cn

ZHAW IEFE neues Testlabor in Winterthur für PV Batterie Systeme Herbstsemester 2014 – Studiengang Energie u. Umwelt



- Strom- Spannungsgeneratoren simulieren alle Wettersituation am Eingang des Wechselrichter
- Speicher (Batterie, Flow-Redox)
- Elektronische Lasten simulieren die unterschiedlichen Lasten z.B. Einfamilienhäuser, Wohnungen, mit WP und E-mobile
- Ing- Ausbildung und Arbeiten für F& Projekten

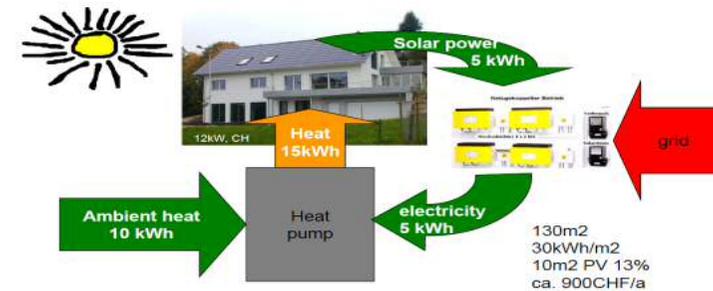


Die Zukunft der PV Glaskugel

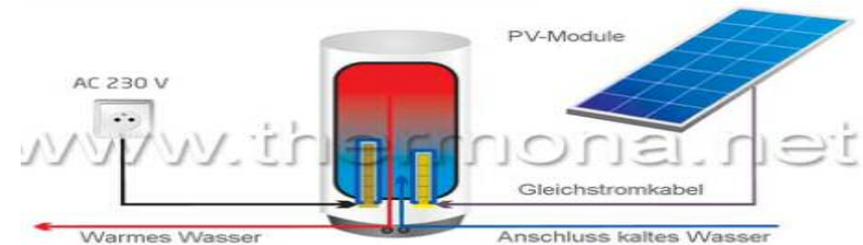
Verantwortung übernehmen durch Investitionen

Wer kann es sich nicht leisten

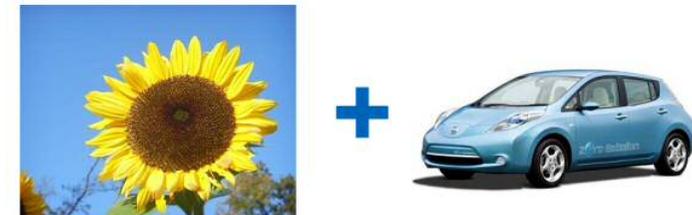
1) Verantwortlich zu **HEIZEN**



2) Verantwortlich zu **DUSCHEN**



3) Verantwortlich zu **FAHREN**



Heute SMART zu telefonieren ist teurer als eine PV Anlage zu betreiben.

Beispiel: Solares Einfamilienhaus mit Solarem-Haushaltsstrom, -Heizung und -Elektroauto

Eckdaten vom Eigentümer:

1985 Baujahr, Einfamilienhaus, Heizung monovalente Erdwärmesonden, s. -Studie auf der BFE-homepage

2008 Wärmepumpe mit Scroll-Kompressor

2012 Warmwasser über Wärmepumpe und Erdwärmesonden

2014 PV-Solaranlage **16,4 kWp**, s. att.

2015 vollelekt. E-Car (mit eigener "Tankstelle")

Verbrauch Heizung, WW, Haushalt 7000kWh Strom

Erzeugung PV Plan 17.000kWh jährlich (seit 19.05. aktuell 11.500 kWh)

= 243%-PEB-EFH

Untersiggenthal/AG

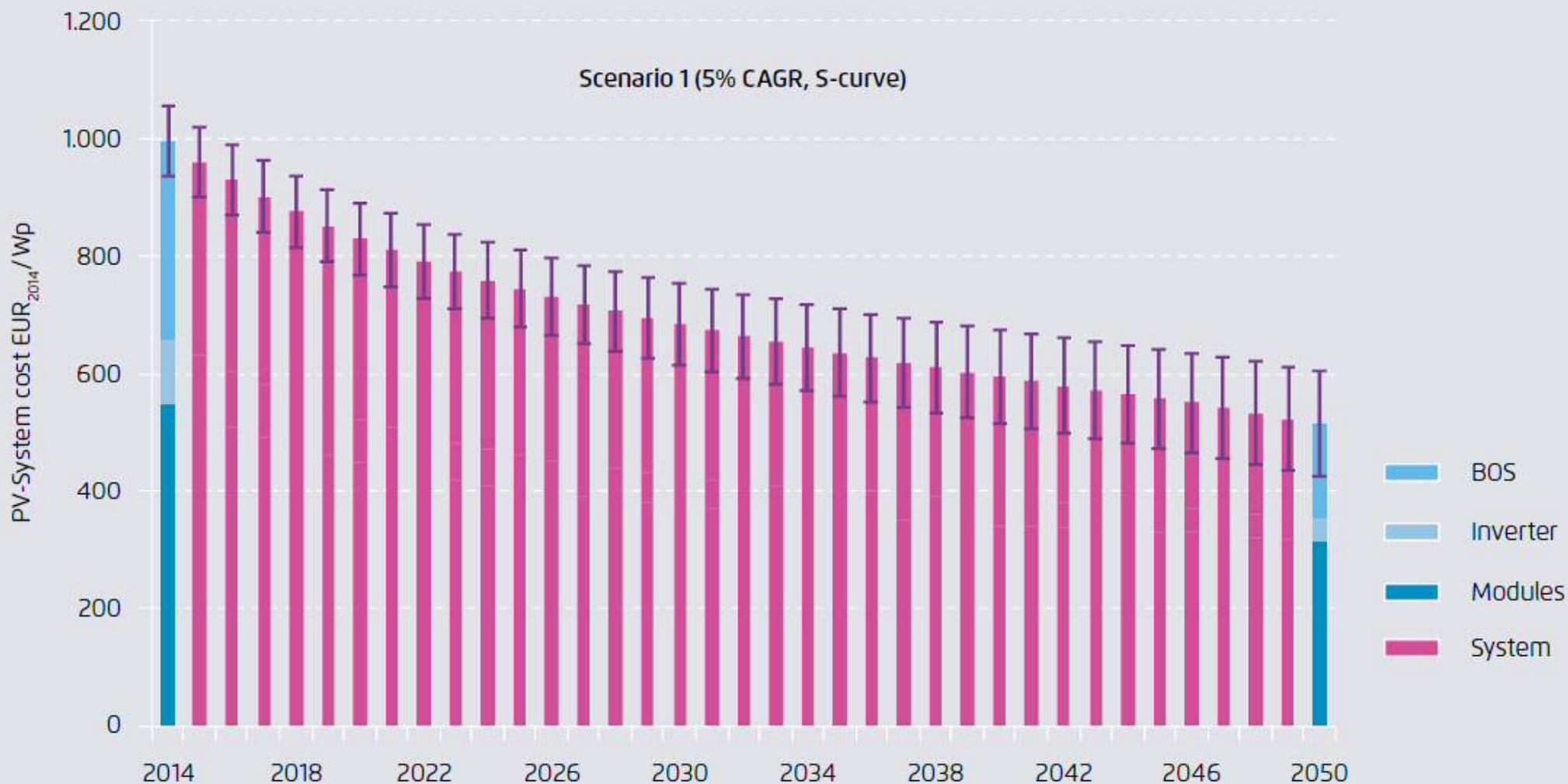
www.staerk-erdwaerme.ch



Global PV Market Trend installation costs €/W

PV system cost, scenario 1

Figure 68

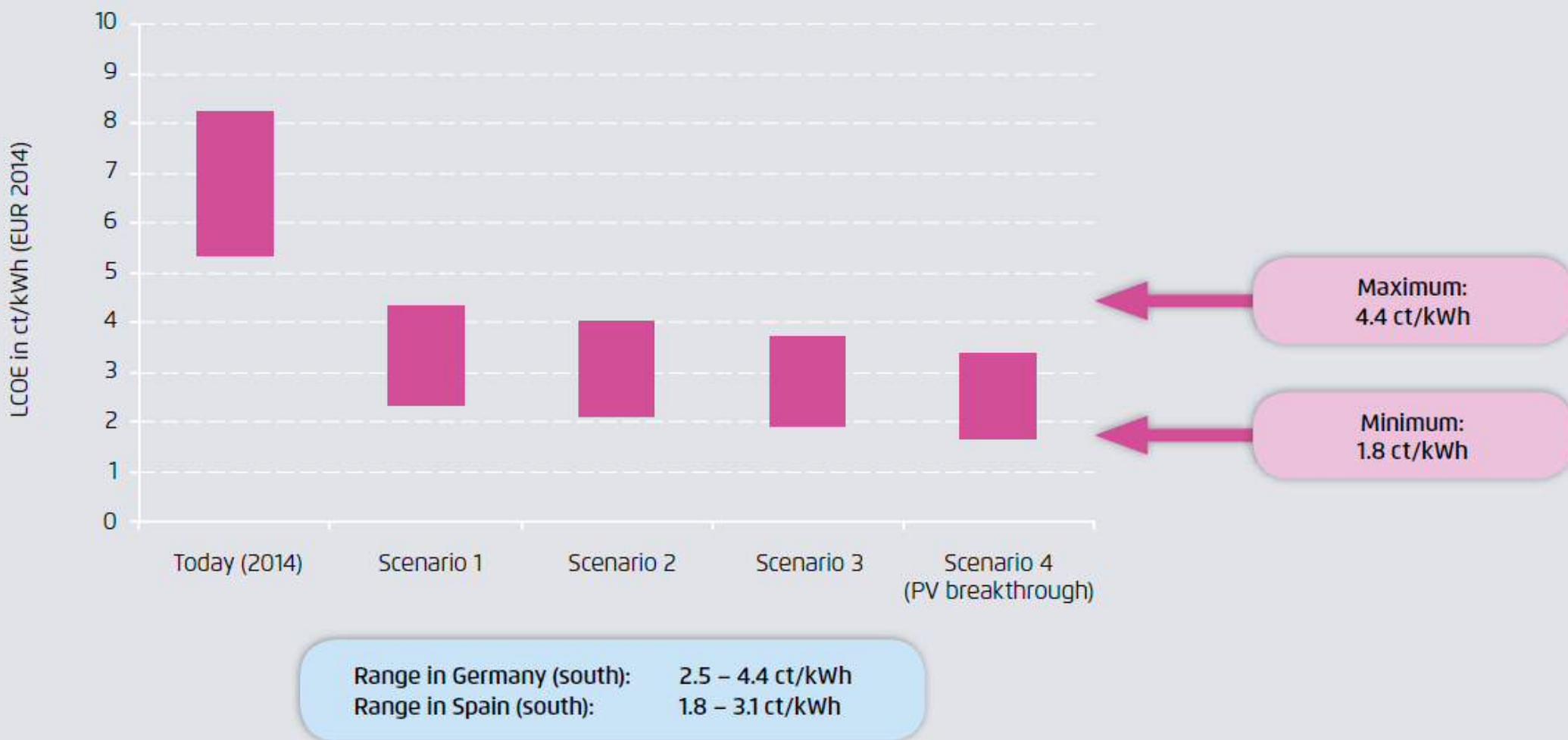


Global PV Costs €ct /kWh

greenfield installation large scale x MW

Cost of power produced by ground-mounted PV systems in 2050, southern Germany to southern Spain

Figure 43

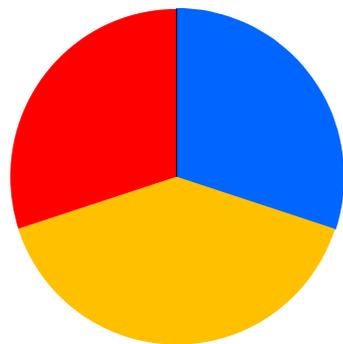


Wege zum energieautarken Haus wird Mainstream

Solar - Haushalt 2020

- Momentane Stromnutzung
- Eigennutzung Wärme
- Netzzurückspeisung

PV Stromnutzung

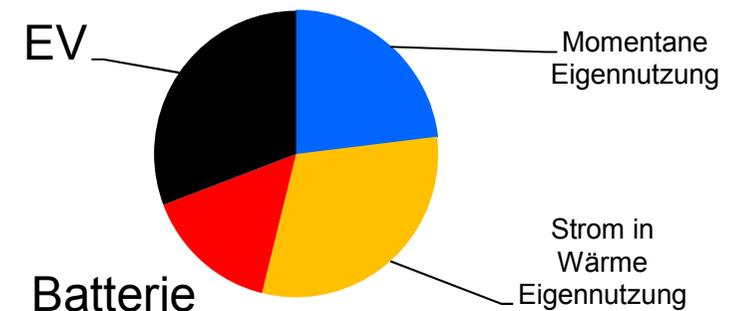


- Momentane Eigennutzung
- Strom in Wärme Eigennutzung
- Netzeinspeisung

Solar - Haushalt 2030

- Momentane Stromnutzung
- Eigennutzung Wärme
- Stationäre Batterie/EV/Netz

PV Stromnutzung



- **Netzanschluss** für 400 CHF / Flatrate : Winter+Notstrom

Danke für die Aufmerksamkeit das ZHAW –SoE - IEFE PV TEAM aus Winterthur

