

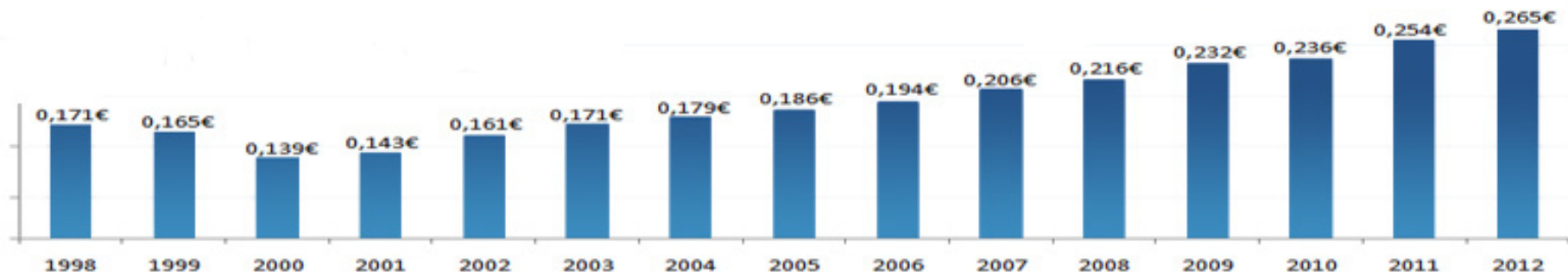
Speicherung von Solarstrom: Möglichkeiten und Entwicklung

Stefan Oexle-Ewert

Enerquinn Energiesystemtechnik GmbH

- **Grundlagen**
- **Arten von Speichersystemen**
- **Wie sieht das bei Ein- und Zweifamilienhäusern aus?**

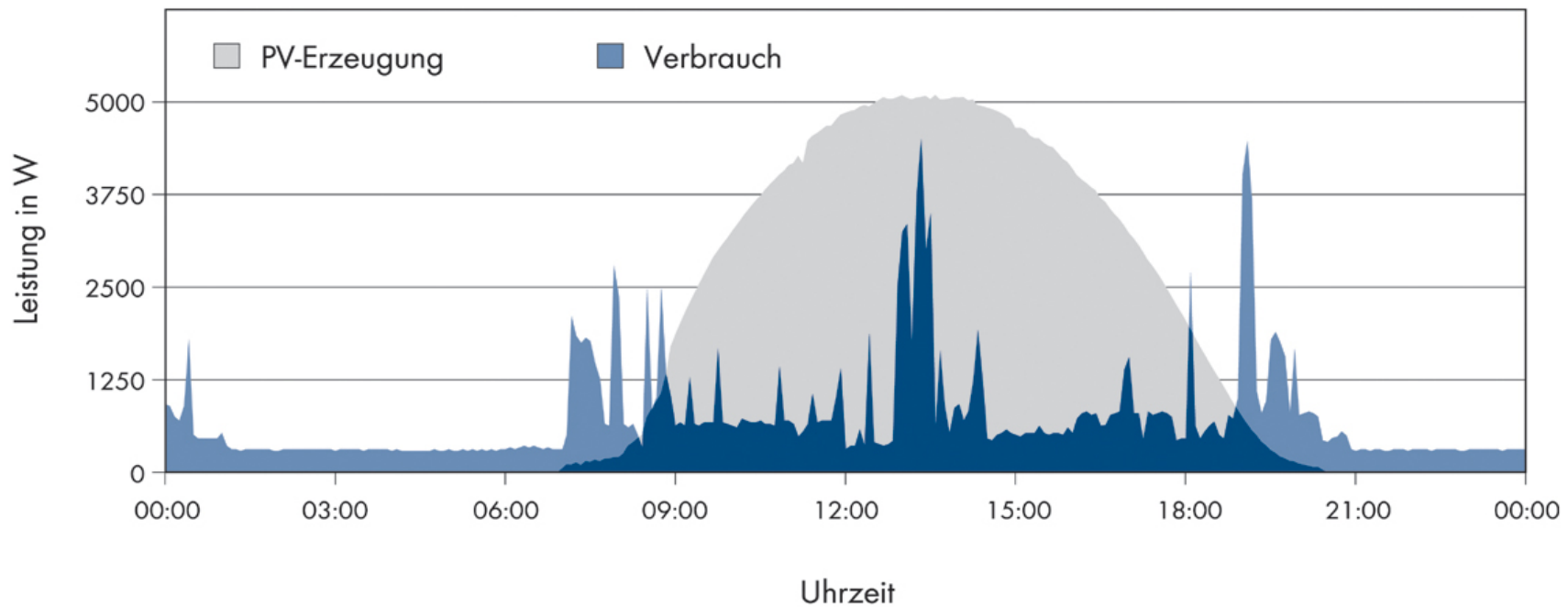
Strompreisentwicklung



EU-Prognose: Strompreise steigen bis 2030 um 50 Prozent (inflationsbereinigt)

Verbraucher müssen in den kommenden Jahren noch tiefer für Strom in die Tasche greifen als heute schon. Die EU erwartet einen drastischen Anstieg der Strompreise bis 2030. Wie aus einem internen Strategiepapier der EU-Kommission hervorgeht, über das die Frankfurter Allgemeine Zeitung berichtet, rechnet Brüssel mit einer inflationsbereinigten Kostensteigerung von 50 Prozent.
(12.12.2011, Frankfurter Allgemeine)

PV-Erzeugung und Stromverbrauch

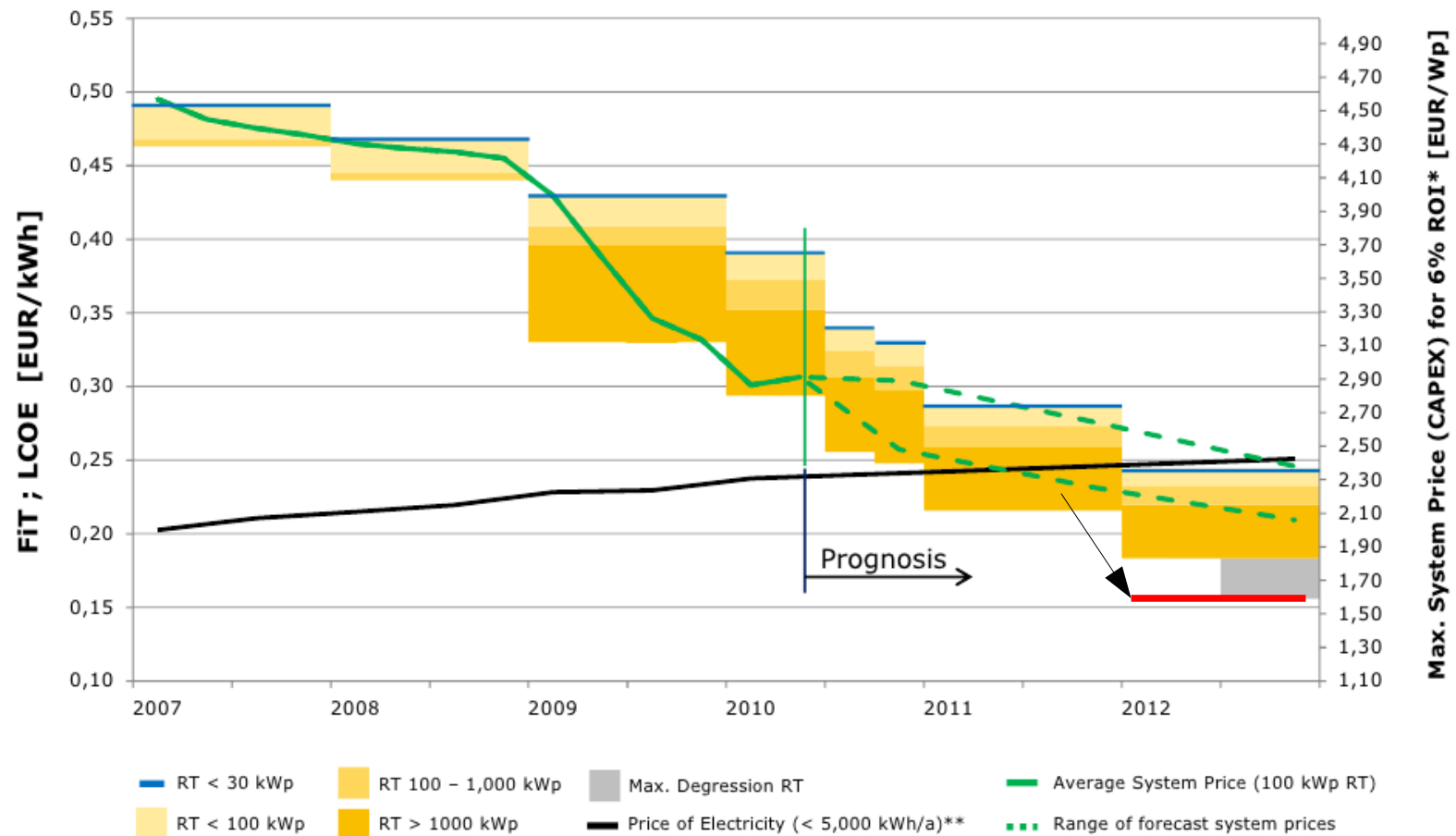


Entwicklung der PV-Anlagenpreise

The German PV Market: Grid-Parity in 2012/2013



Required system prices for attractive returns after 2012 are within reach



* Model calculation for rooftop systems >30kWp, <100kWp; based on 802 kWh/kWp (Frankfurt), 100% financing.

Kosten der PV-Einspeisung

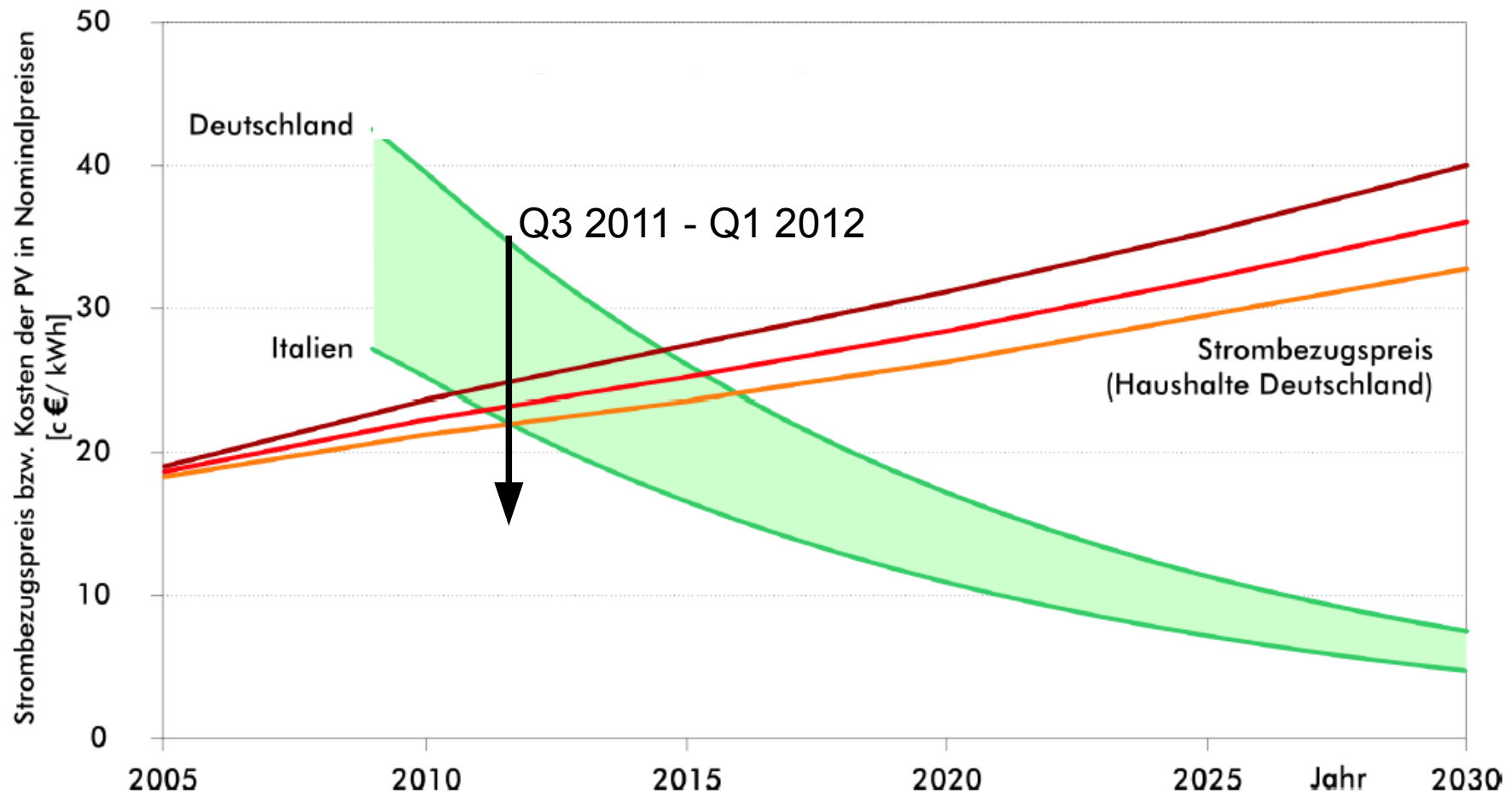
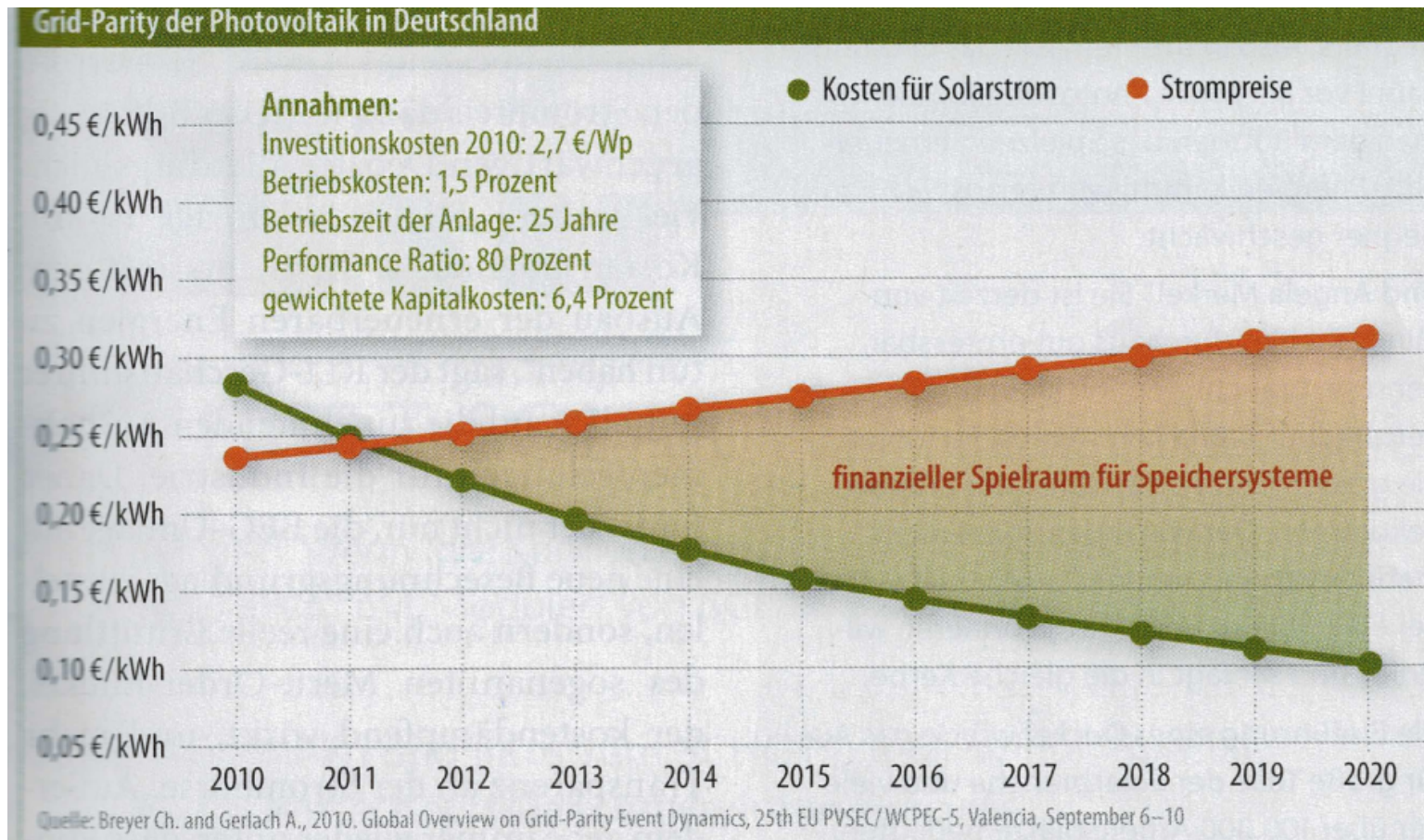


Abbildung 6: Gegenüberstellung von Kosten der PV-Einspeisung und Strombezugspreis von Haushaltskunden zur Bestimmung der Grid-Parity

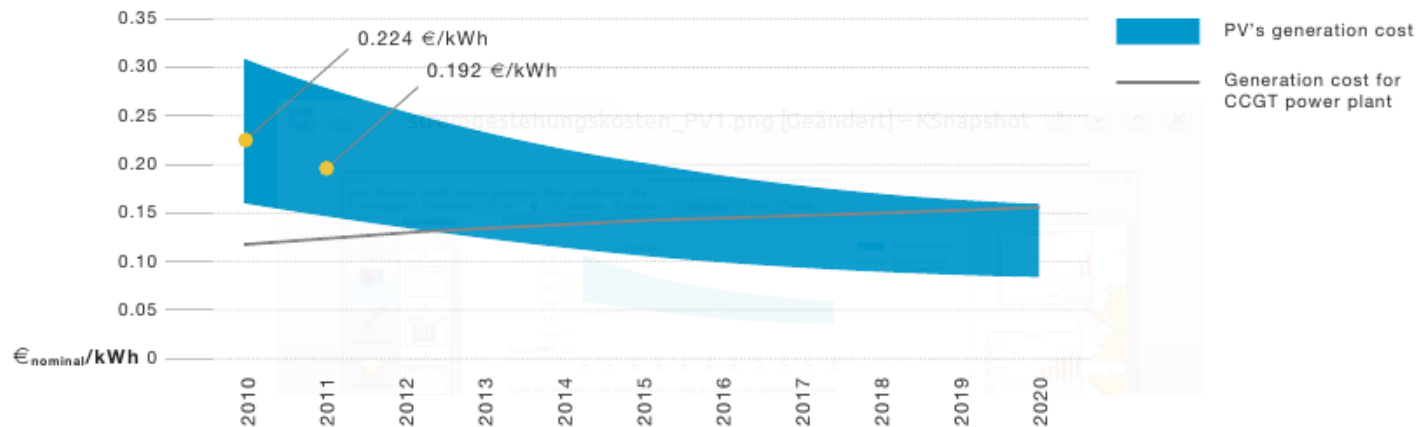
Finanzieller Spielraum für Speichersysteme



Diese Grafik zeigt deutlich, wie stark der finanzielle Spielraum für Speichersysteme in den kommenden Jahren wachsen wird. In vier bis fünf Jahren könnten sie rentabel zu betreiben sein. Für die Berechnung der Entwicklung haben die Forscher zusätzlich noch folgende Grundannahmen hinzugezogen: eine jährliche weltweite Wachstumsrate von 30 Prozent und eine Lernrate von 20 Prozent. Außerdem erfolgte die Berechnung für Deutschland für eine Einstrahlung von etwa 1.220 kWh/m²/a auf die optimal geneigte Modulfläche.

Quelle: Photovoltaik 01/2012

Stromgestehungskosten PV



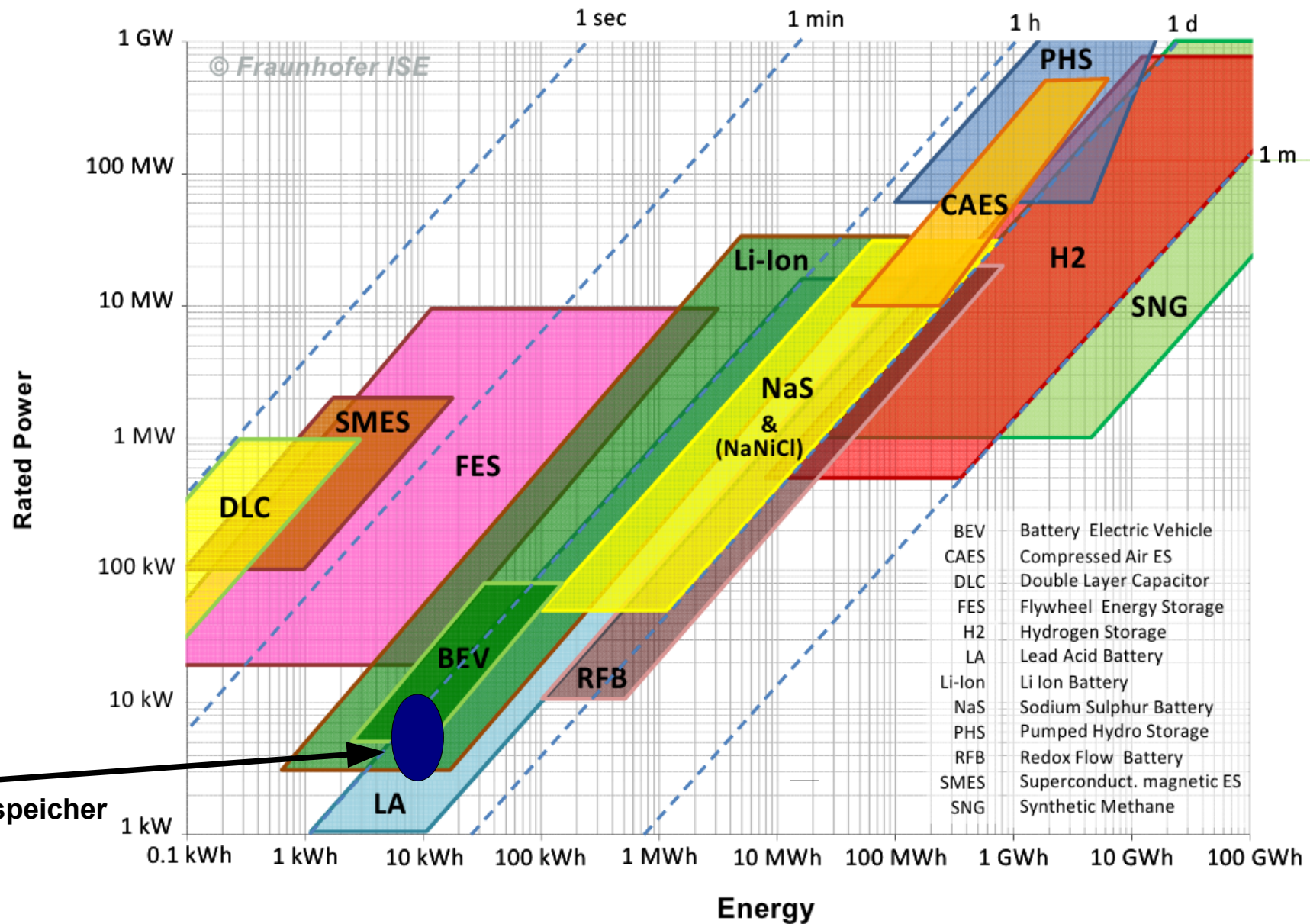
Source: EPIA Competing in the Energy Sector

Stromgestehungskosten von Photovoltaikanlagen ct/kWh

Investition/Ertrag	700 kWh	800 kWh	900 kWh	1000 kWh	1100 kWh	1500 kWh	2000 kWh	2500 kWh
200 €/kWp	2,2	1,9	1,7	1,6	1,4	1	0,8	0,6
400 €/kWp	4,4	3,9	3,5	3,1	2,8	2,1	1,6	1,2
600 €/kWp	6,7	5,8	5,2	4,7	4,2	3,1	2,3	1,9
800 €/kWp	8,9	7,8	6,9	6,2	5,7	4,1	3,1	2,5
1000 €/kWp	11,1	9,7	8,6	7,8	7,1	5,2	3,9	3,1
1200 €/kWp	13,3	11,7	10,4	9,3	8,5	6,2	4,7	3,7
1400 €/kWp	15,6	13,6	12,1	10,9	9,9	7,3	5,4	4,4
1600 €/kWp	17,8	15,6	13,8	12,4	11,3	8,3	6,2	5
1800 €/kWp	20	17,5	15,6	14	12,7	9,3	7	5,6
2000 €/kWp	22,2	19,4	17,3	15,6	14,1	10,4	7,8	6,2
2200 €/kWp	24,4	21,4	19	17,1	15,6	11,4	8,6	6,8

Source: Wikipedia

Speichertechniken



Technische Eigenschaften Blei, Li-Ion Batterie

	Blei-Akku	Lithium-Ionen-Akku
Wirkungsgrad	65–90 %	90–95 %
Leistung	Als Akku-System bis 17 MW	Ab 1 kW – mehrere MW
Kapazität	1 kWh – 40 MWh	Bis 50 kWh
Energiedichte	25–40 Wh/kg	95 – 190 Wh/kg (in Einzelfällen bis 240 Wh/kg)
Selbstentladerate	5 % pro Monat	5 % pro Monat
Zyklenzahl	50 – 2.000	500 – 3.000 (bei 80%iger Entladung)
Spezifische Investitionskosten [€/kWh Kapazität]	heute 25–800 €/kWh	heute 800–1.500 €/kWh, Ø 1.000 €/kWh in 10 Jahren 230–300 €/kWh ²
Spezifische Speicher-Nutzungskosten¹	heute um 0,2 €/kWh; in 5–10 Jahren um 0,07 €/kWh	heute um 0,4 €/kWh; in 5–10 Jahren um 0,08 €/kWh
Marktstadium	Marktreife	Marktanteil für Laptop, Handys; Prototypen für Automobilbranche
Entwicklungspotenzial	Verlängerung der Lebensdauer; Erhöhung der Leistungsfähigkeit	Erhöhung der Zyklenzahl; Kostenreduktion; Erhöhung der Energiedichte
Abschätzung der Lebensdauer in PV-Aufdachanlagen	2–5 Jahre bis 6,5 Jahre ³ bis 20 Jahre lt. Hrst. (Hoppke)	10–20 Jahre lt. Hrst. (Saft)
Quellen: Sofern nicht anders vermerkt (Mahnke und Mühlenhoff 2010), sonst: ¹) Sauer (2009); ²) Schuh (2007); ³) SolarWorld (2010)		

Rechenbeispiel:

5kWh Pb-Speicher:

24V, 400Ah

DOD: 50%

→ nutzbare

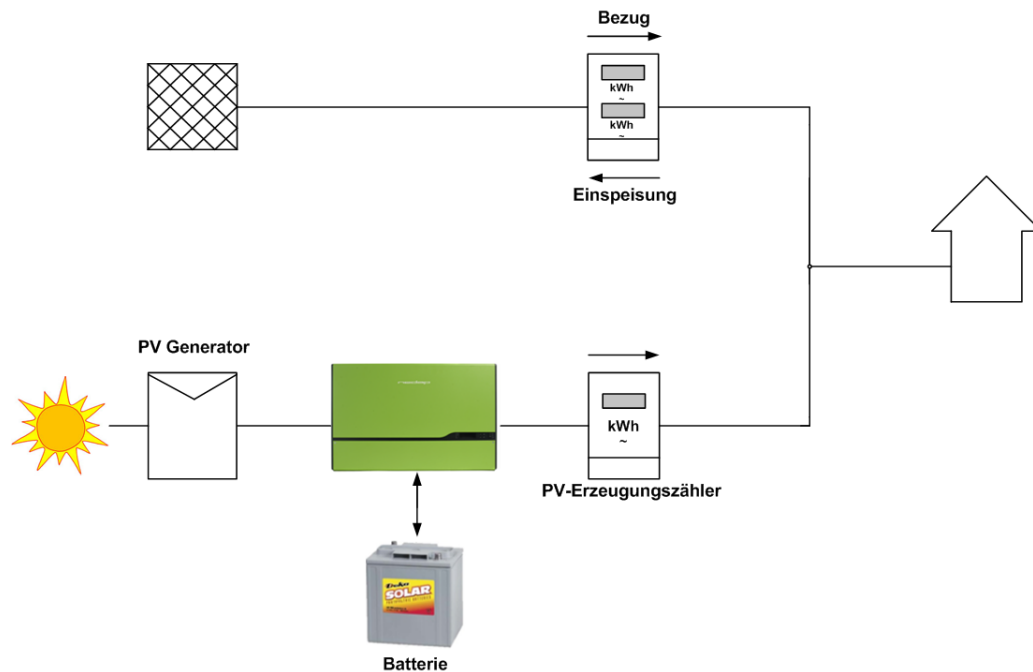
Kapazität: 4,8kWh

bei 2000 Zyklen:

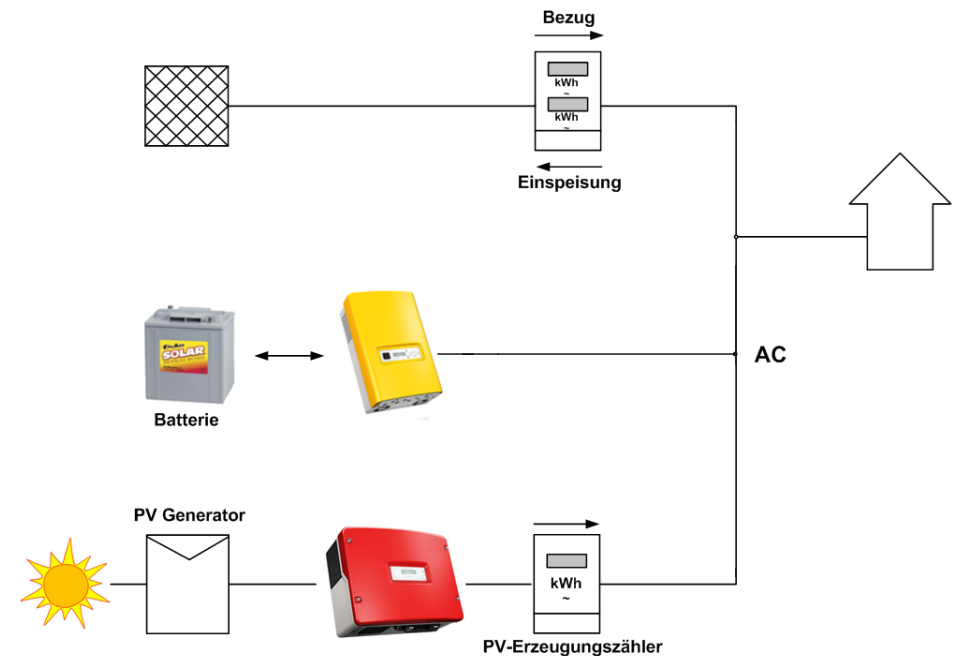
2000Euro/9600kWh=
0,20€/kWh

Vergleich AC- und DC- gekoppelte Systeme

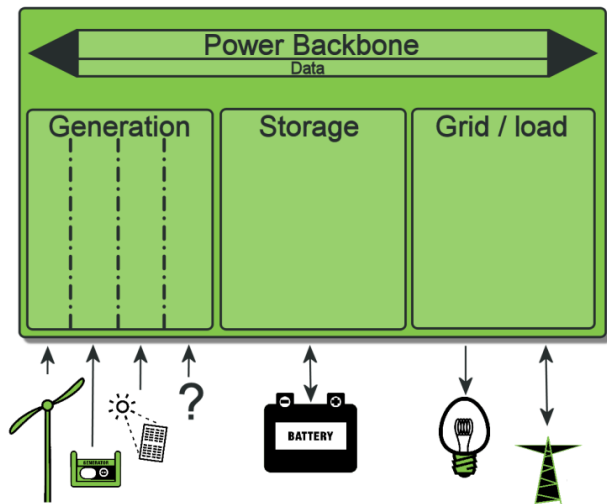
DC-System



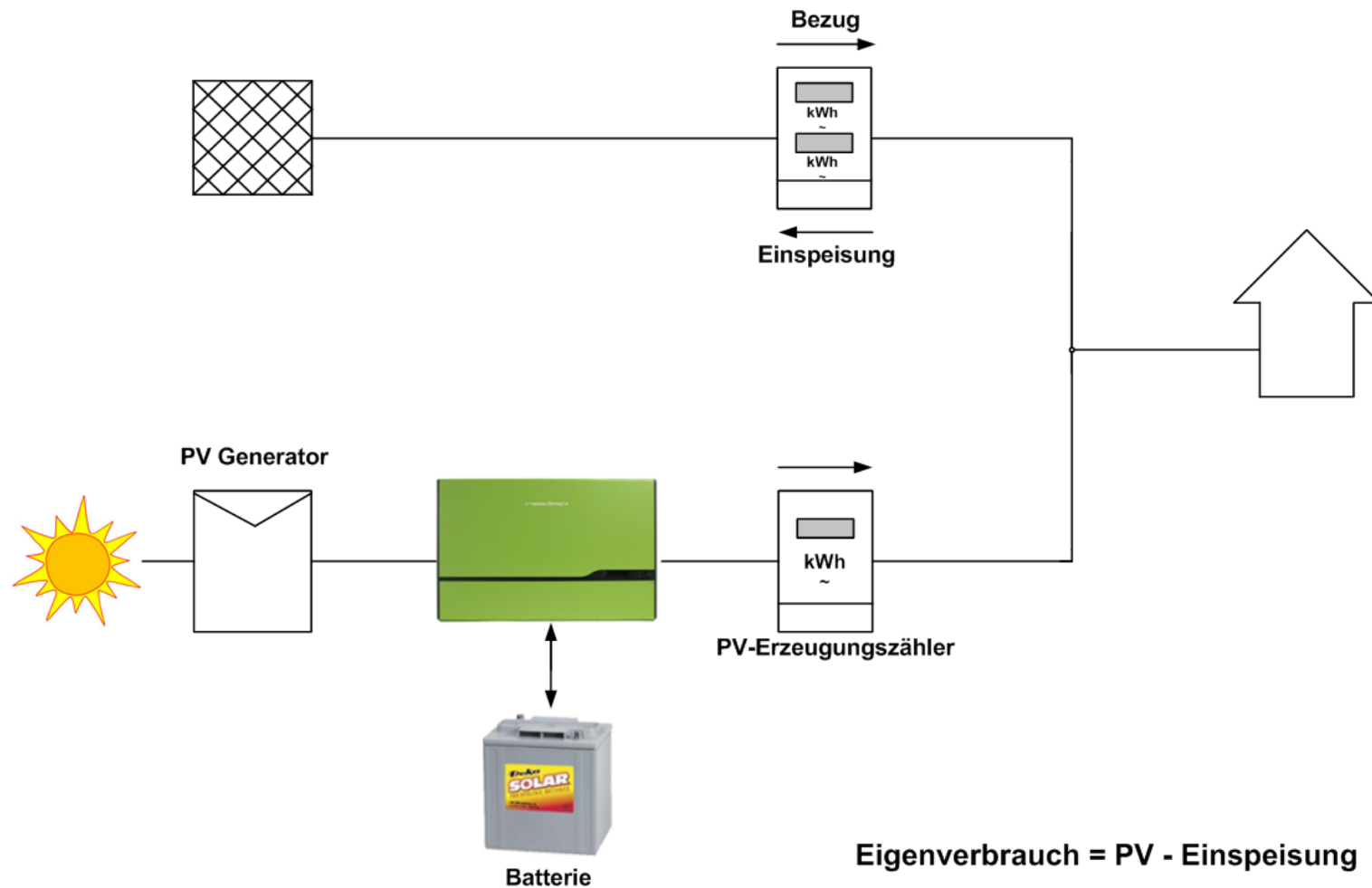
AC-System



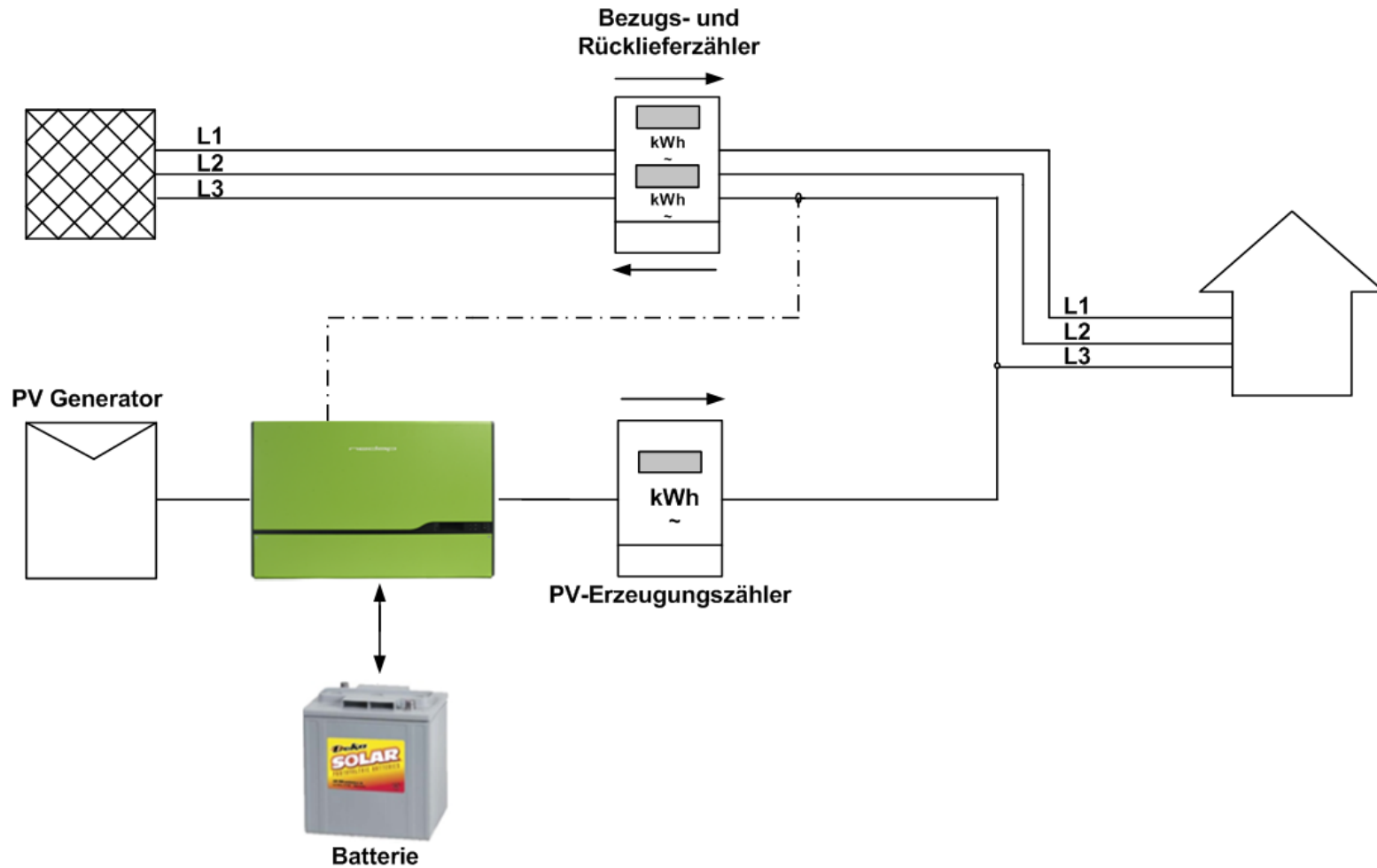
Kompakte Bauweise, DC-gekoppeltes System



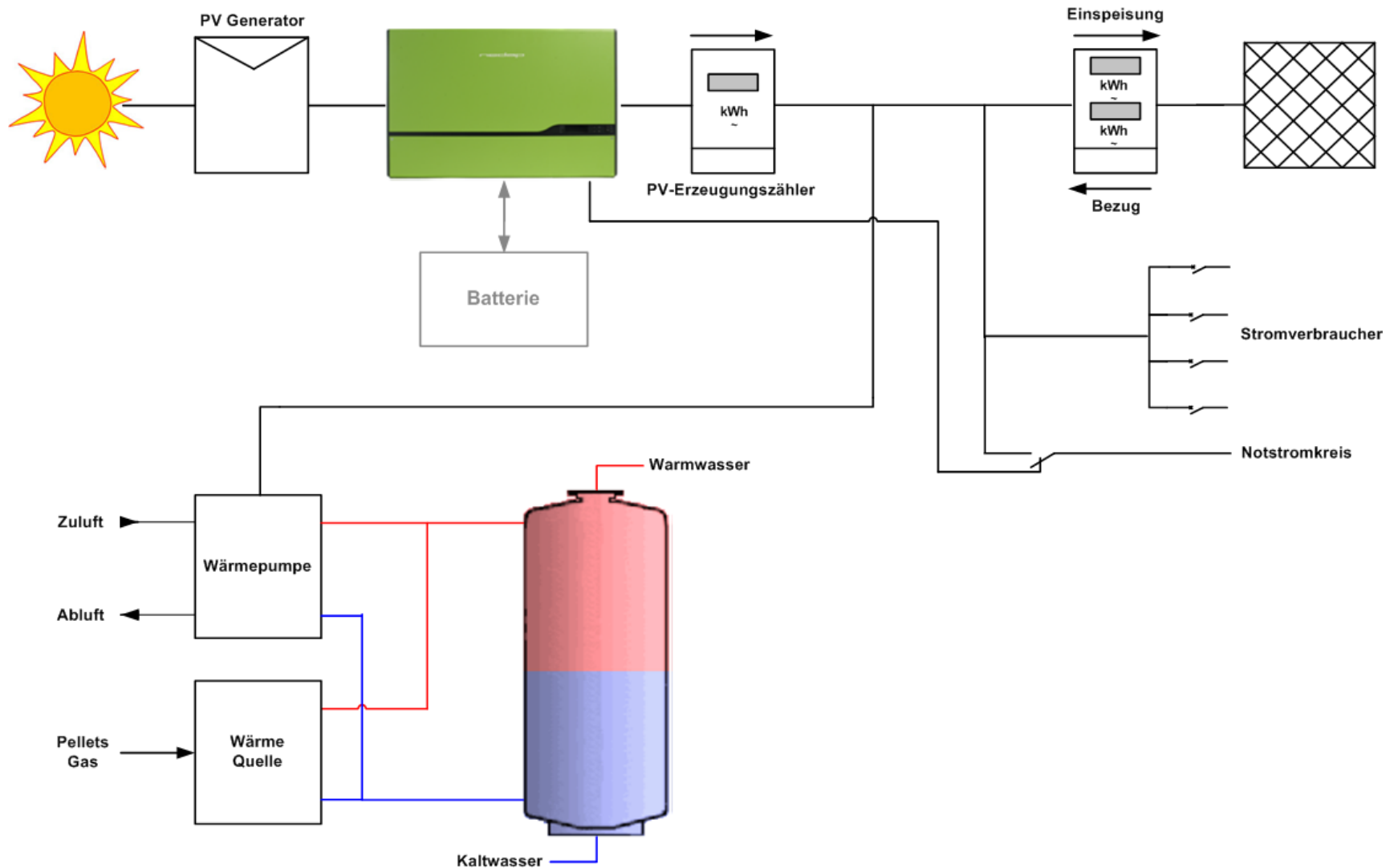
DC-gekoppeltes System



NEDAP PowerRouter (DC-gekoppeltes System)



Eigenversorgung mit Strom und Wärme



Energiebilanz PV-betriebene Wärmepumpe

Beispielrechnung:

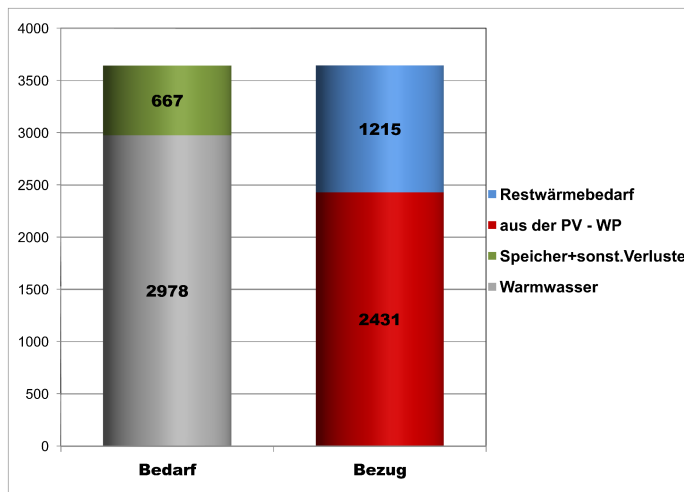
5-Personen-Haushalt, Warmwasserbedarf 200Ltr./Tag

Stromverbrauch: 3.500kWh/Jahr, Verbrauchsprofil H0

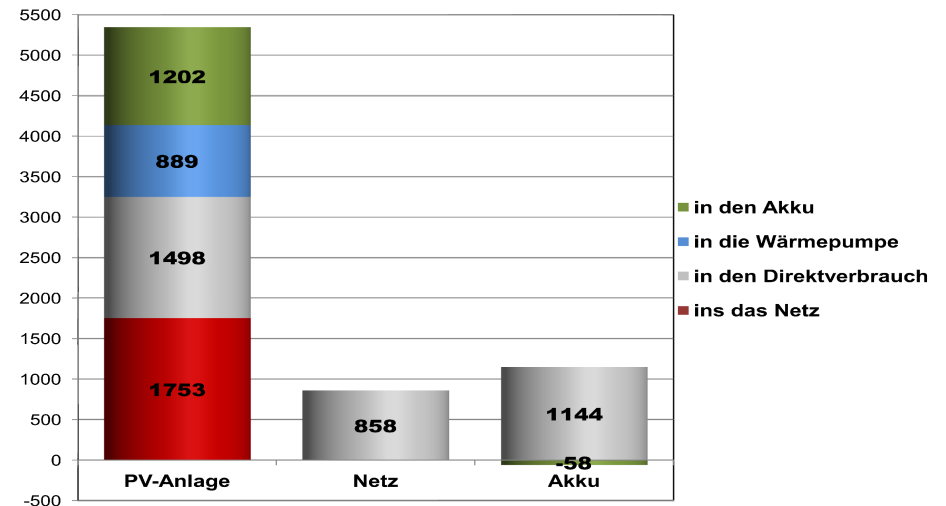
PV-Anlagengrösse: 5,28kWp

Batteriespeicher: 5kWh*

Wärmebedarf und -bezug mit einer PV-betriebenen Wärmepumpe



PV-Stromerzeugung und -verwendung sowie Reststrombedarf aus dem Netz



* Luft-Wasser-Wärmepumpe, 540W elektrische Anschlussleistung

400Ltr. Warmwasser-Speicher, 100mm Dämmung, 48°C/5K

** 4 Batterien mit je 12V/200Ah

Beispielrechnung für 5kWp-Photovoltaik-Anlage

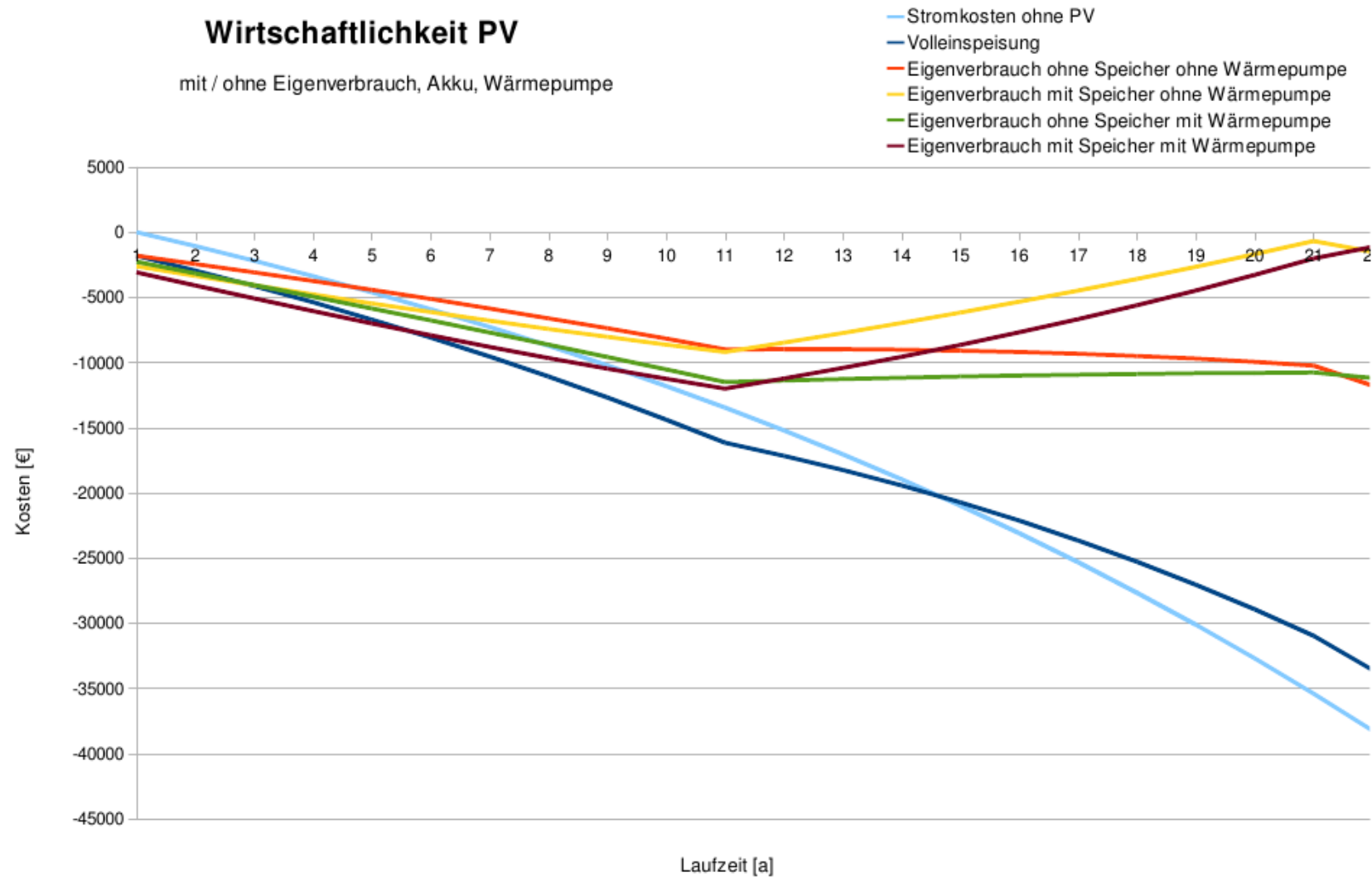
Nachfolgende Beispielrechnung veranschaulicht anhand von typischen Eckwerten eine Ertragsprognose auf Basis der aktuellen EEG-Vergütung (Stand 01.02.2012)

		5 kWp- Anlage ohne Speicher			5 kWp- Anlage mit 5kWh-Speicher		
		1. Jahr	10. Jahr	20. Jahr	1. Jahr	10. Jahr	20. Jahr
Anlagenparameter:							
Anlagengröße	kWp	5,28	5,28	5,28	5,28	5,28	5,28
Jahressolarertrag pro kWp	kWh/kWp	1012	1012	1012	1012	1012	1012
Jahressolarertrag Anlage	kWh	5341	5341	5341	5341	5341	5341
Vergütungs- und Nutzungsparameter:							
Einspeisevergütung Anlagen	Ct/kWh	19,35	19,35	19,35	19,35	19,35	19,35
Vergütung Eigennutzung	Ct/kWh	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Durchschnittlicher Eigenanteil	%	20	20	20	67	67	67 *
Strombezugskosten (netto)	Ct/kWh	22,50	34,90 **	56,86 **	22,50	34,90 **	56,86 **
Finanzierungsparameter:							
Investitionssumme		8.712 €	8.712 €	8.712 €	→ + 4.660€ →	13.372 €	13.372 €
Eigenkapitalanteil (20%)		1.742 €	1.742 €	1.742 €		1.742 €	1.742 €
Finanzierungsanteil		6.970 €	6.970 €	6.970 €		11.630 €	11.630 €
Laufzeit	Jahre	10	10	10		10	10
Anfänglicher Zins	%	3,40	3,40	3,40		3,40	3,40
Wirtschaftlichkeitsprognose:							
Vergütung für Netzeinspeisung nach EEG		827 €	827 €	827 €		341 €	341 €
Vergütung für selbstgenutzten Strom		0 €	0 €	0 €		0 €	0 €
Vermiedene Strombezug		240 €	373 €	607 €		805 €	2.035 €
Betriebskosten		-190 €	-190 €	-190 €		-190 €	-190 €
Überschuss ohne Kapitaldienst		877 €	1.010 €	1.244 €		956 €	1.400 €
Annuität pro Jahr		-834 €				-1.391 €	
Überschuss mit Kapitaldienst		43 €				-435 €	

* Ergebnis einer Simulation mit Stundenwerten, jährlicher Stromverbrauch 3.500kWh

** durchschnittliche Strompreiserhöhung 2000-2011 war 5,3% p.a., Annahme: Strompreiserhöhung 2011-2031 5,0% p.a.

Kostenvergleich



Die Herausforderung

