



# “Economic Assessment of a battery storage system- Participation in control energy market in APG-control area“

12th SYMPOSIUM ENERGY INNOVATION, Graz, 16.02.2012

Rusbeh Rezania,  
Wolfgang Prügler

- **Projekt:** Multifunktionales Batteriespeichersystem (MBS)
- **Konsortialführer:** FH Technikum Wien
- **Partner:**
  - Cellstrom GmbH
  - ATB-Becker
  - EVN
  - KEABA AG
  - Technische Universität Wien- Energy Economics Group
- **Programmlinie:** Neue Energien 2020, 3. Ausschreibung



Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „NEUE ENERGIEN 2020“ durchgeführt.

# Inhalt

---

- 1. Statistische Analyse des Regelenergiebedarfs in APG-Regelzone**
- 2. Sekundärregelenergiemarkt in Deutschland**
- 3. Einsatzplanung des Speichers: Teilnahme am Spot- und Regelenergiemarkt**
- 4. Batterieeigenschaften**
- 5. Beschreibung des Optimierungsprogramms**
- 6. Datengrundlage**
- 7. Ergebnisse**

## 1.1 Deskriptive statistische Kennzahlen und Verhältniszahlen: Tertiärregelenergie

	Mittelwert [MWh]	Median [MWh]	Modus [MWh]	Maximum [MWh]	Minimum [MWh]	Spannweite [MWh]	Standardabweichung [MWh]	Variationskoeffizient
2006	14,46	12,50	12,50	62,50	0,17	62,33	9,59	0,66
2007	14,34	12,50	7,50	71,25	0,17	71,08	11,27	0,79
2008	13,24	8,75	8,75	58,75	0,17	58,58	10,66	0,80
2009	11,27	7,50	7,50	47,50	0,33	47,17	8,31	0,74
2010	9,61	7,50	6,25	46,33	0,42	45,92	8,19	0,85

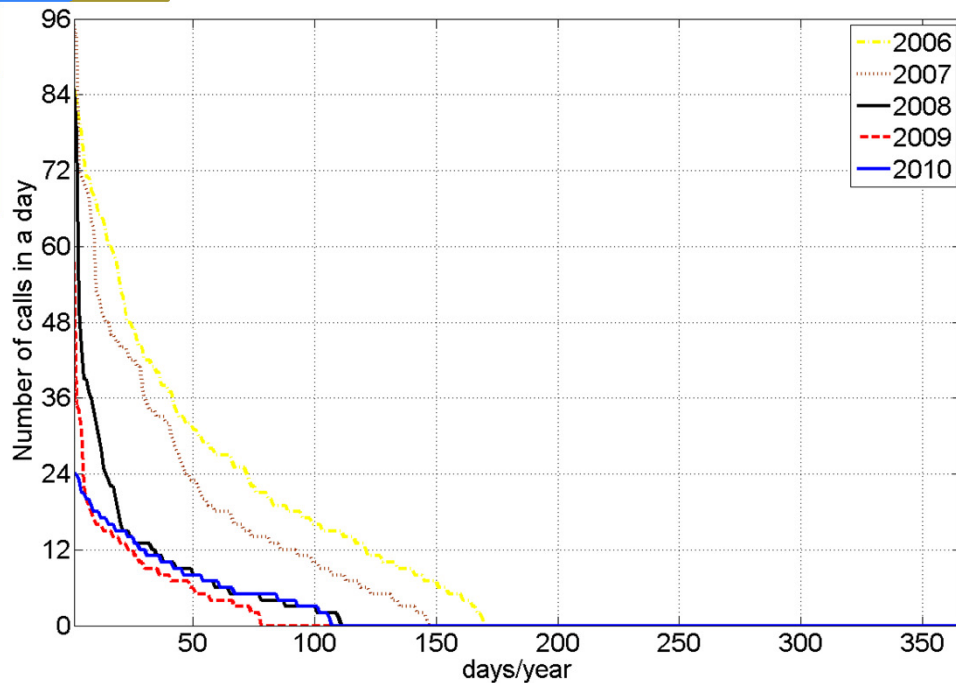
	Menge [GWh]	Anzahl der Abrufe [1/a]	Relative Häufigkeit [%]	Anzahl der Tage mit Abruf [1/a]
2006	62,47	4321	12,33	169
2007	45,90	3201	9,14	146
2008	17,24	1302	3,71	110
2009	8,82	782	2,23	77
2010	9,25	963	2,75	106

## 1.1 Deskriptive statistische Kennzahlen und Verhältniszahlen: Sekundärregelenergie

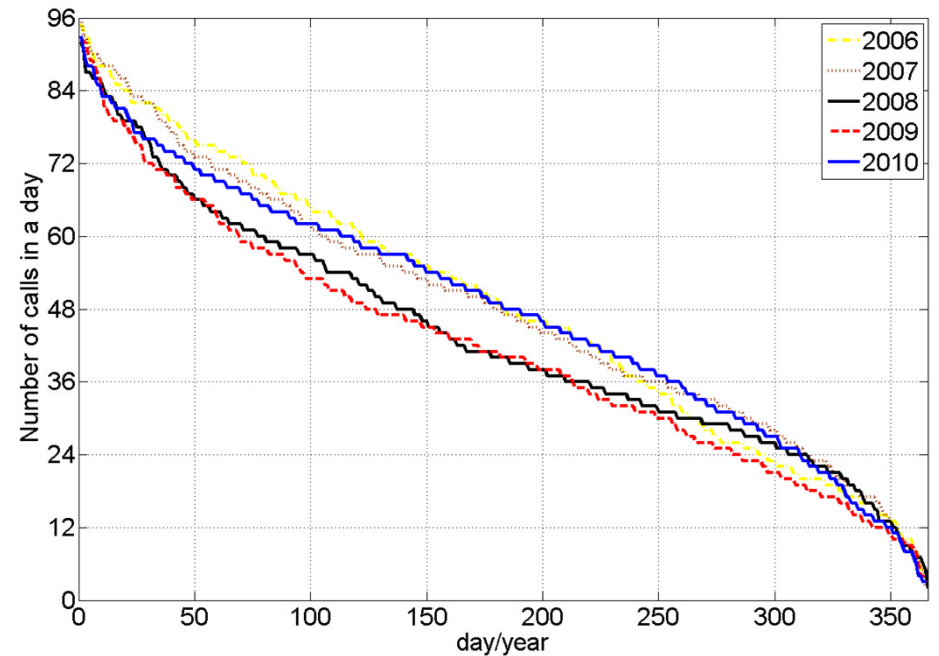
	Mittelwert [MWh]	Median [MWh]	Modus [MWh]	Maximum [MWh]	Minimum [MWh]	Spannweite [MWh]	Standard- abweichung [MWh]	Variations- koeffizient
2006	15,38	13,00	3,20	77,60	0,05	77,55	11,36	0,74
2007	16,43	13,80	45,00	98,10	0,05	98,05	12,23	0,74
2008	16,58	13,80	45,00	99,90	0,10	99,80	12,47	0,75
2009	16,70	13,60	44,90	99,80	0,10	99,70	12,71	0,76
2010	17,28	14,60	44,90	106,10	0,10	106,00	12,73	0,74

	Menge [GWh]	Anzahl der Abrufe [1/a]	Relative Häufigkeit [%]	Anzahl der Tage mit Abruf [1/a]
2006	271,54	17657	50,39	365
2007	288,93	17583	50,18	365
2008	262,13	15814	45,01	366
2009	253,26	15168	43,29	365
2010	300,57	17392	49,63	365

## 1.2 Vergleich zwischen Tertiär- und Sekundärregelenergie in APG-Regelzone

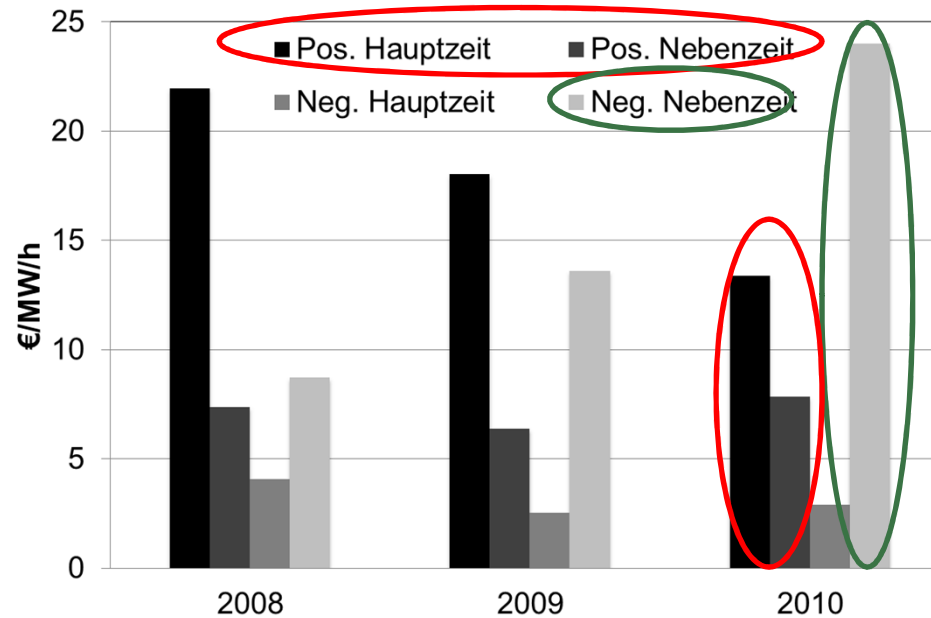


Positive Tertiärregelenergie



Positive Sekundärregelenergie

## 2. Sekundärregelenergiemarkt in Deutschland



- Harmonisierung des Regelenergiemarkts seit Mai 2010
- Hauptzeit: Werktage von 08:00 bis 20:00 Uhr
- Arbeitspreis: Entschädigung für die Lieferkosten (Brennstoffkosten (Grenzkosten) und Flexibilität)
- Leistungspreis: Entschädigung für die Opportunitätskosten (entgangene Gewinne am Day-Ahead oder Terminmarkt)
  - Positive Sekundärenergie: Haupt- und Nebenzeitpreise unterscheiden sich nicht dramatisch (2010)
  - Negative Sekundärenergie: Falsche Einschätzung der Opportunitätskosten durch Teilnehmer in den letzten Jahren(siehe Quelle).

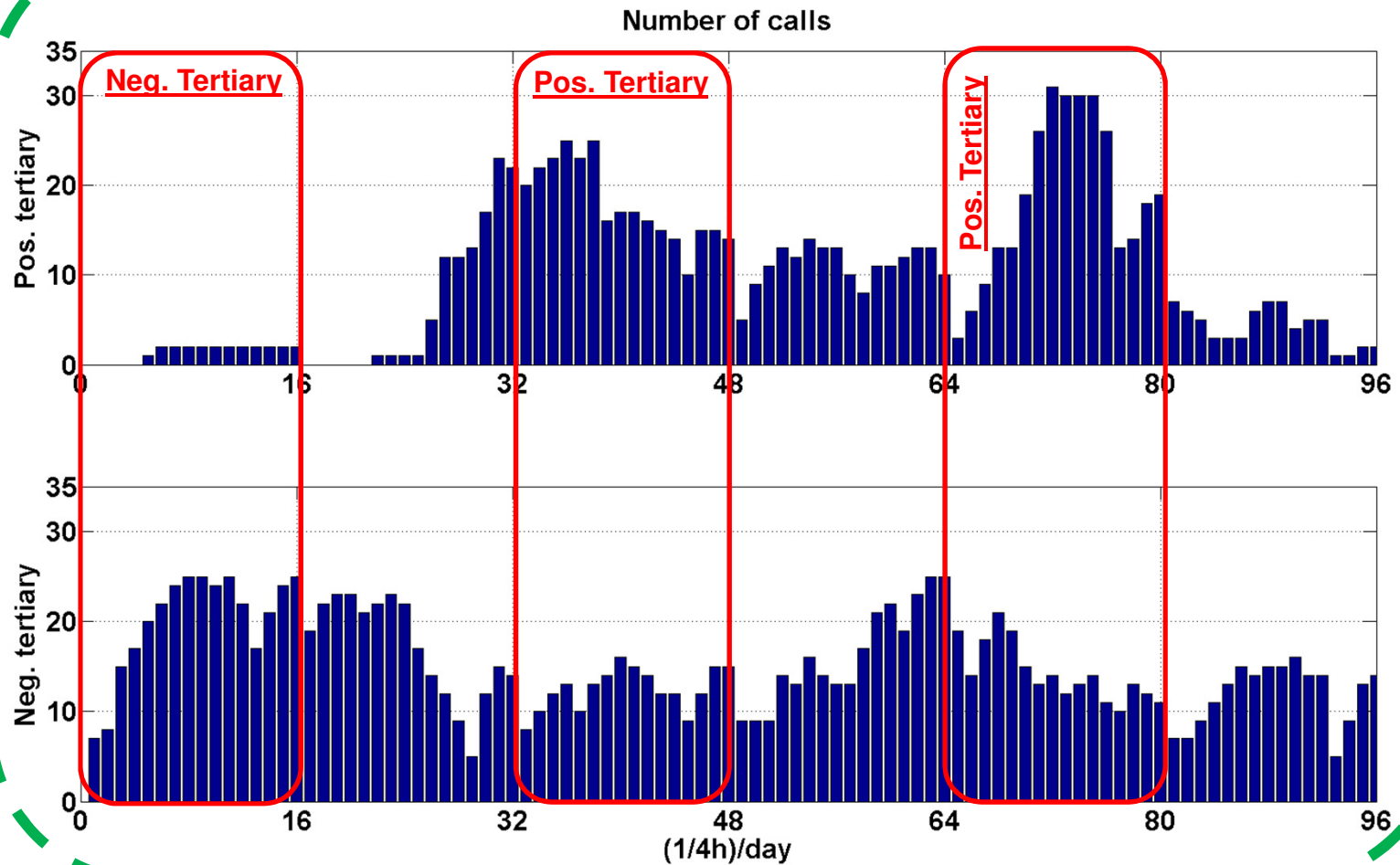
### Bessere Voraussage des Grenzleistungspreises (Flache Leistungspreis- Gebotskurve)



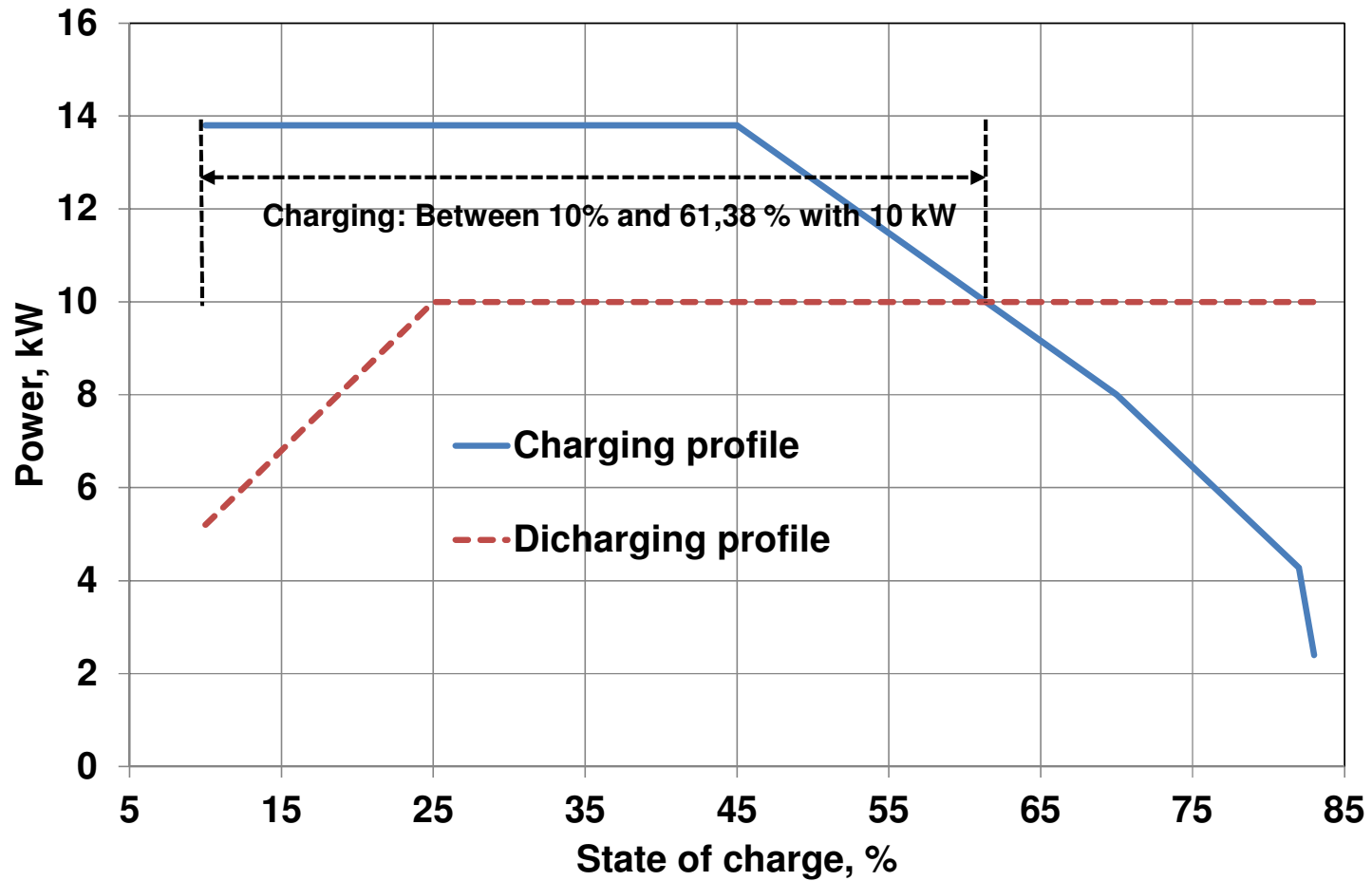


### 3. Einsatzplanung des Speichers

#### Energy exchange market



2010



Energiebedarf für die Pumpen und den Inverter = 155 Watt

## 5. Beschreibung des Optimierungsprogramms

$$\begin{aligned} \text{revenues} = & \text{Control}_{\text{power, negative}} (P_{\text{Charge}}, \text{Price}_{\text{power, neg}}) \\ & + \text{Control}_{\text{power, positive}} (P_{\text{Charge}}, \text{Price}_{\text{power, neg}}, \mu_{B2G}) \\ & + \text{Control}_{\text{energy, positive}} (P_{\text{Charge}}, \text{Price}_{\text{energy, pos}}, \mu_{B2G}) \\ & + \text{Exchange}_{\text{Market, energy sell}} (P_{\text{Charge}}, \text{Price}_{\text{energy}}, \mu_{B2G}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{expenses} = & \text{Control}_{\text{energy, negative}} (P_{\text{Discharge}}, \text{Price}_{\text{energy, neg}}, \mu_{G2B}^{-1}) \\ & + \text{Exchange}_{\text{Market, energy purchase}} (P_{\text{Discharge}}, \text{Price}_{\text{energy}}, \mu_{G2B}^{-1}) \end{aligned}$$

Max(revenues – expenses) : Hauptfunktion

$$S_{VRB}(t+1) = S_{VRB}(t) + P_{\text{Charge}, t+1}(S_{VRB}(t)) * \mu_{G2B} - P_{\text{Discharge}, t+1}(S_{VRB}(t)) - \text{Own}_{\text{Consumption}} : \text{stündlich, sequentielle Optimierung}$$

$$10 \text{ kWh} \leq S_{VRB} \leq 83 \text{ kWh} : \text{Maximaler und minimaler Speicherinhalt}$$

$$\begin{cases} 2.4 \text{ kW} \leq P_{\text{Charge}, t}(S_{VRB}(t)) \leq 10 \text{ kW} \\ 5.2 \text{ kW} \leq P_{\text{Discharge}, t}(S_{VRB}(t)) \leq 10 \text{ kW} \end{cases} : \text{Maximaler und minimaler Lade- und Entladeleistung}$$

$$\begin{cases} 65 \text{ kWh} \leq S_{VRB, \text{Control market, Positive}} \leq 83 \text{ kWh} \\ S_{VRB, \text{Control market, Negative}} \leq 21.38 \text{ kWh} \end{cases} : \text{Maximale und minimale Batteriekapazität um 00:00, 08:00 und 16:00 Uhr für die Teilnahme am Regelenergiemarkt}$$

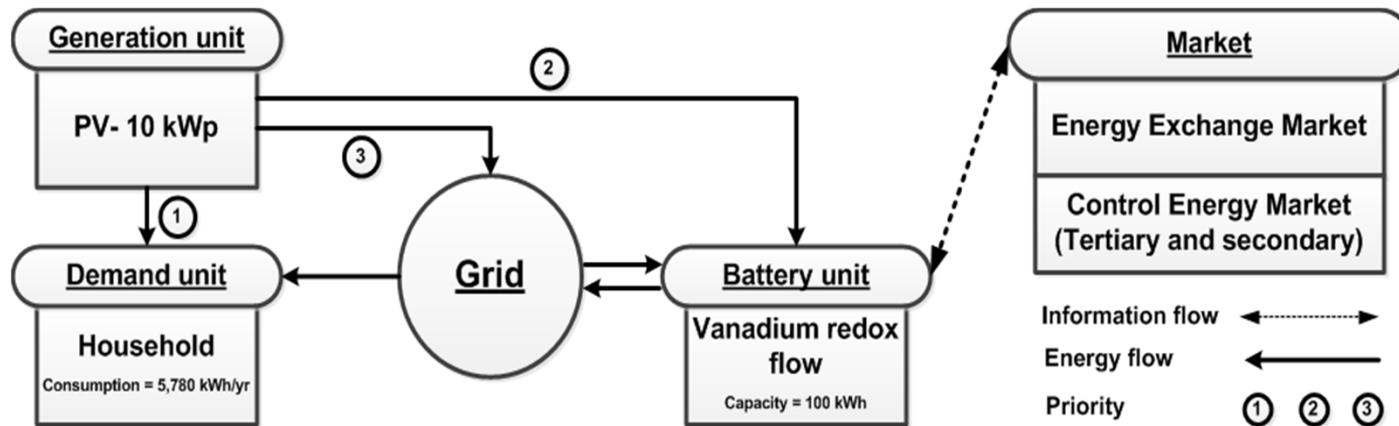
		Power price €/MW/h	Energy price €/MWh
<b>Tertiary</b>	Positive	1	98
	Negative	5	4
<b>Secondary</b>	Positive	10.62	129.17
	Negative	13.46	19.40

Inklusive Abruf der Regelenergie (Tertiär und Sekundär) in APG-Regelzone im Jahr 2010

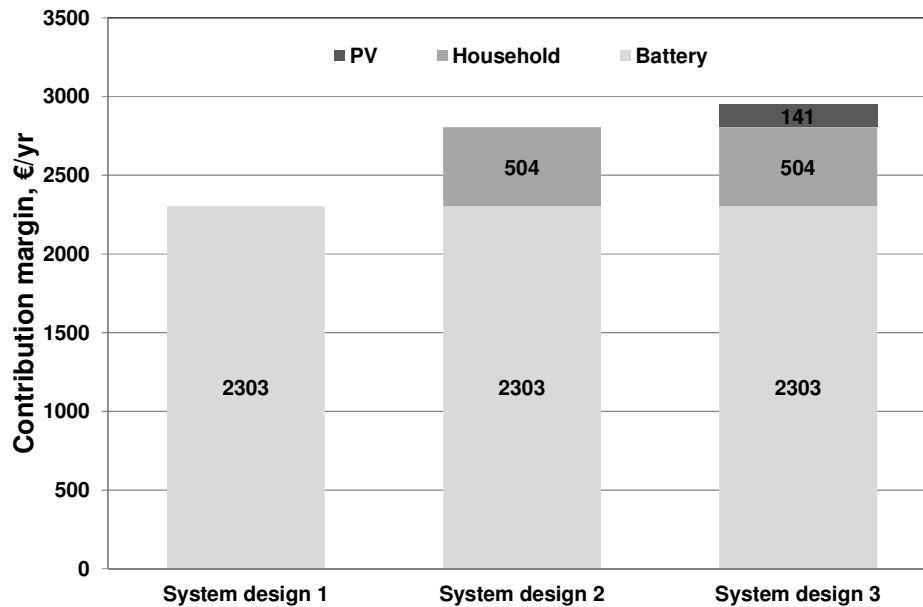
### Quellen:

- A. Fussi, A. Schüppel, C. Gutsch, C. Stigler (2011): Technisch-wirtschaftliche Analyse von Regelenergiemärkten, Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation, Technische Universität Graz, Konferenz: IEWT 2011, Wien
- Regelleistung: Tendering results for Germany control energy markets, URL: [www.regelleistung.net](http://www.regelleistung.net)
- APCS: Austrian Power Clearing and Settlement, [www.apcs.at](http://www.apcs.at)

## 7.1 Systembeschreibung

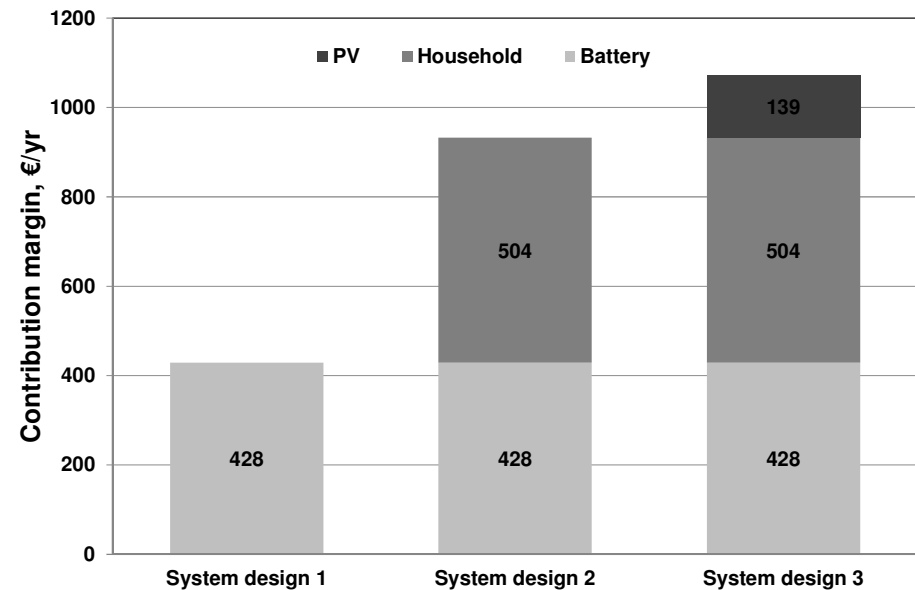


## 7.2 Deckungsbeiträge

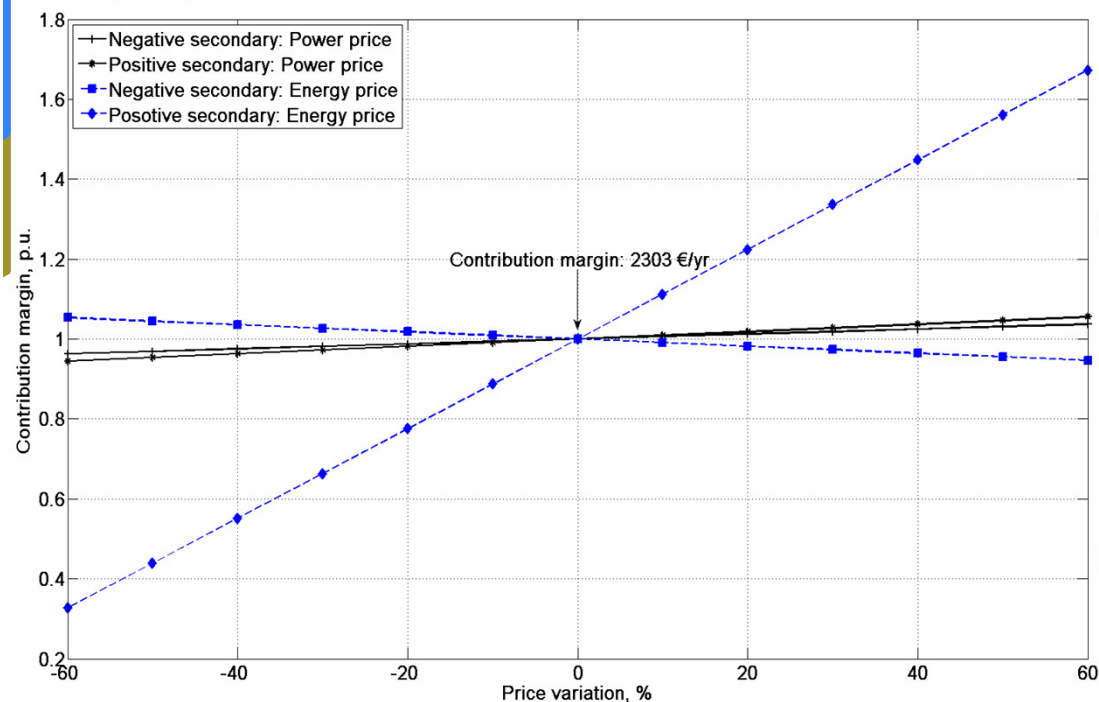


**Teilnahme am Spot- und Sekundärregelenergiemarkt**

## Teilnahme am Spot- und Tertiärregelenergiemarkt



## 7.3 Sensitivitätsanalyse



## 7.4 Schlussfolgerung

- Die Investitionskosten inklusive Inverter, Installation und Reinvestition liegen bei ca. 19.433 €/kW.
- Die jährliche Belastung bestehend aus den Annuitäten (Zinssatz = 7 %, Lebensdauer = 20 Jahre) und Betriebskosten (3500 €/a) liegt bei rund 18344 €/a.
- Die Kostenreduktion in der Höhe von 87,44 % führt zur Erzielung von Break-even Punkt. (Teilnahme am Sekundärregelmarkt)



---

# DANKE FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

**Feedback**



**Diskussion**

**Fragen**



**Rusbeh Rezania**

---

Technische Universität Wien – Energy Economics Group, Gusshausstrasse 25-29, A-1040 Wien,  
Tel:+43 58801 37375., Fax:+43 58801 37397, [rezania@eeg.tuwien.ac.at](mailto:rezania@eeg.tuwien.ac.at), [www.eeg.tuwien.ac.at](http://www.eeg.tuwien.ac.at)