



# The role of user interaction and acceptance in a cloud-based demand response model

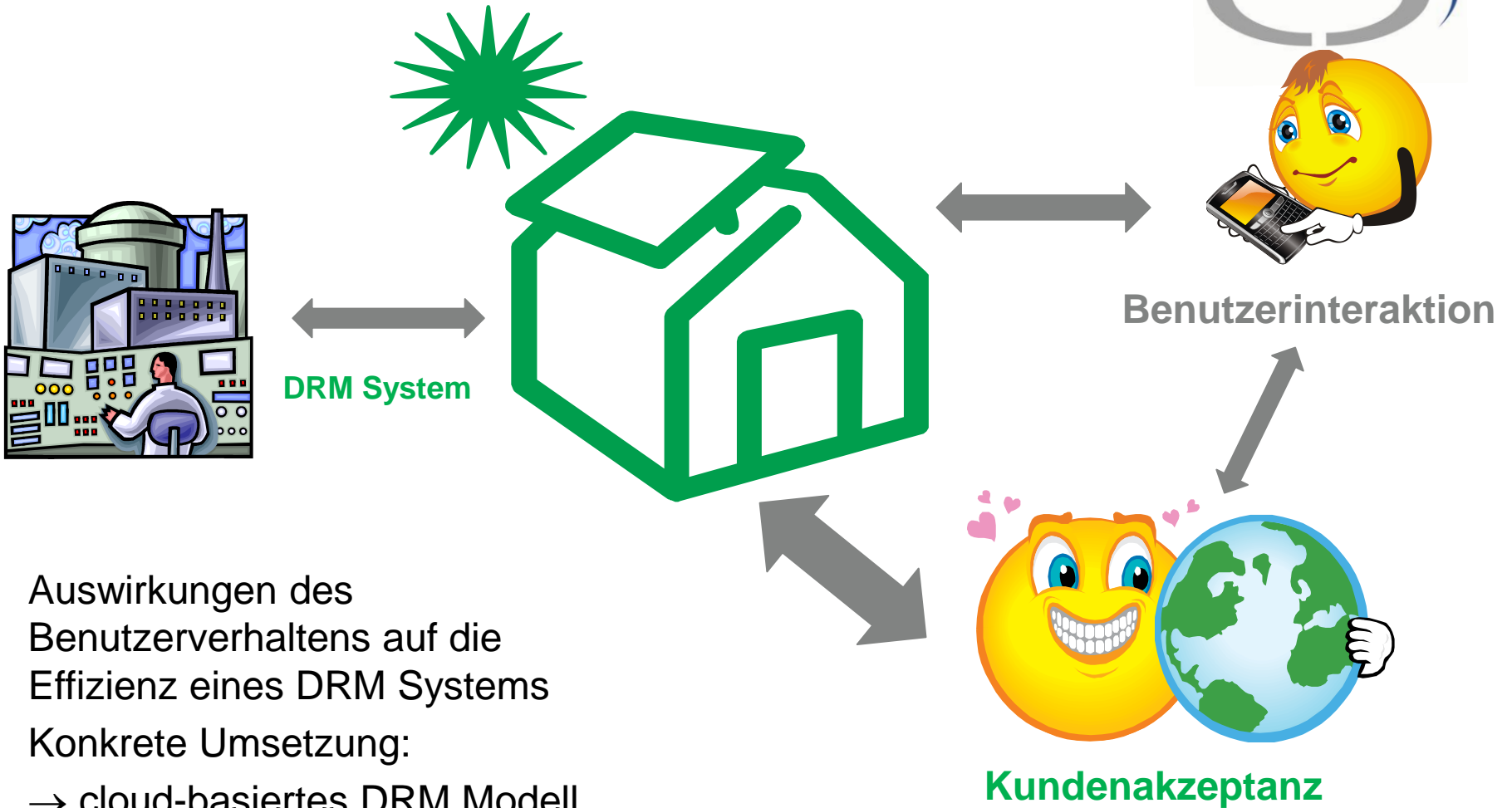
Judith Schwarzer

Albert Kiefel

Dominik Engel

Josef Ressel Zentrum for User-Centric  
Smart Grid Privacy, Security and Control

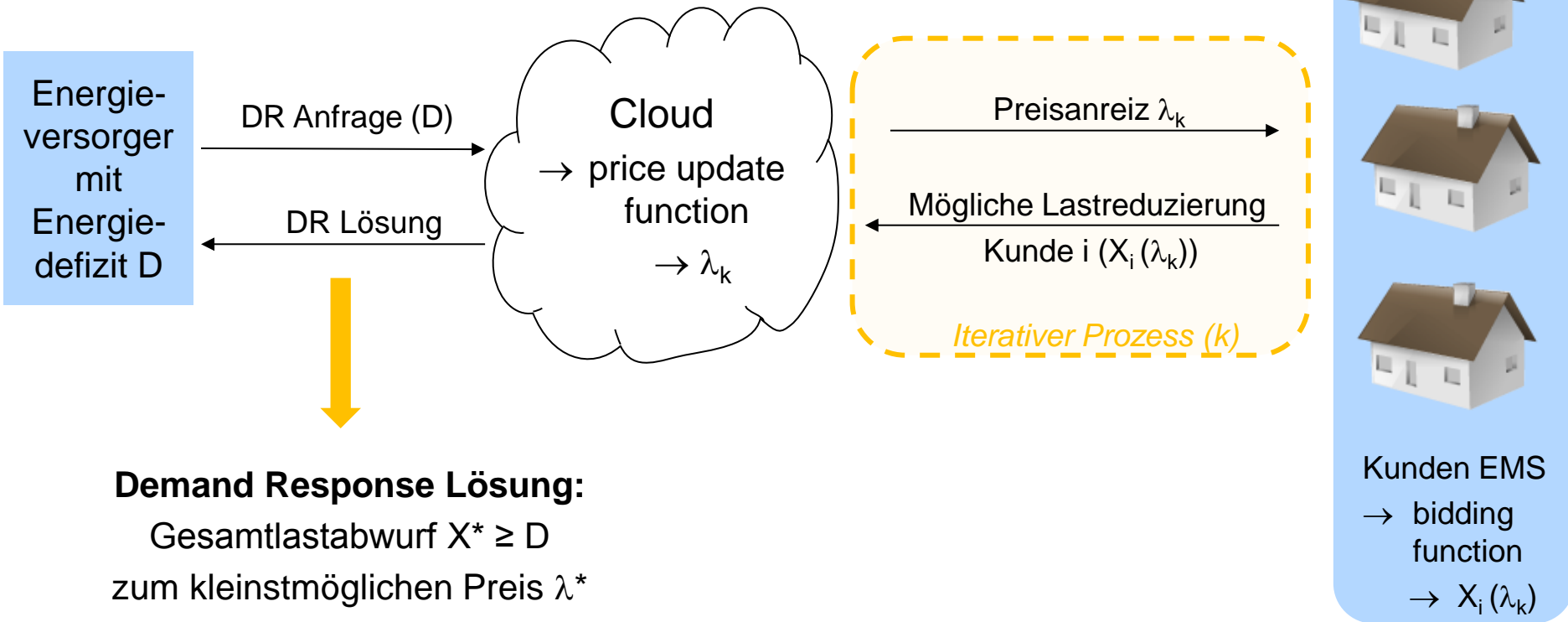
# Fragestellung



# Cloud-basiertes DRM Modell nach [1]



Grundprinzip: Datenzentrierte publish-subscribe Kommunikation



[1] Kim, H. et al.: Cloud-based demand response for smart grid: Architecture and distributed algorithms. In Proc. IEEE Int Smart Grid Communications (SmartGridComm) Conf, 2011; S. 398-403.

# Realisierung der Bidding Funktion im Kunden EMS



## Spezifische Eingaben pro Kunde (i)

- Abschaltbare Verbraucher (a mit Verbrauch  $x_{i,a}$ )
- Mögliche Abschaltzeitpunkte je Gerät (time slots)
- Minimalster akzeptierter Preisanreiz je Gerät ( $\lambda_{i,a}$ )



id	name	$x_{i,a}$	$\lambda_{i,a}$	time slots
1	washing machine	2,50 kW	0,1 €/kW	00:00 - 24:00
2	dryer	3,90 kW	0,1 €/kW	00:00 - 24:00
3	air condition	5,00 kW	0,2 €/kW	21:00 - 0:00, 0:00 - 6:00
4	computer	0,36 kW	0,4 €/kW	12:00 - 15:00, 15:00 - 18:00
5	television	0,30 kW	0,3 €/kW	06:00 - 09:00, 12:00 - 15:00

Beispiel:  
 $\lambda_k = 0,2 \text{ €/kW}$   
Zeit: 7 Uhr  
 $X_i(\lambda_k) = 6,4 \text{ kW}$



$$X_i(\lambda_k) = \sum_{a=1}^A x_{i,a} \quad \forall x_{i,a} \text{ with } \lambda_{i,a} \leq \lambda_k$$

# Benutzerumfrage (online)



- Auswahl aus 16 typischen Haushaltsgeräten
- Erlaubte Abschaltzeitpunkte wurden per Mausklick ausgewählt

	kurzfristig abschaltbar 8 - 20 Uhr	kurzfristig abschaltbar 20 - 8 Uhr	nicht abschaltbar
Fernsehgerät	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stereo-/ Hifi-Anlage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Notebook	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

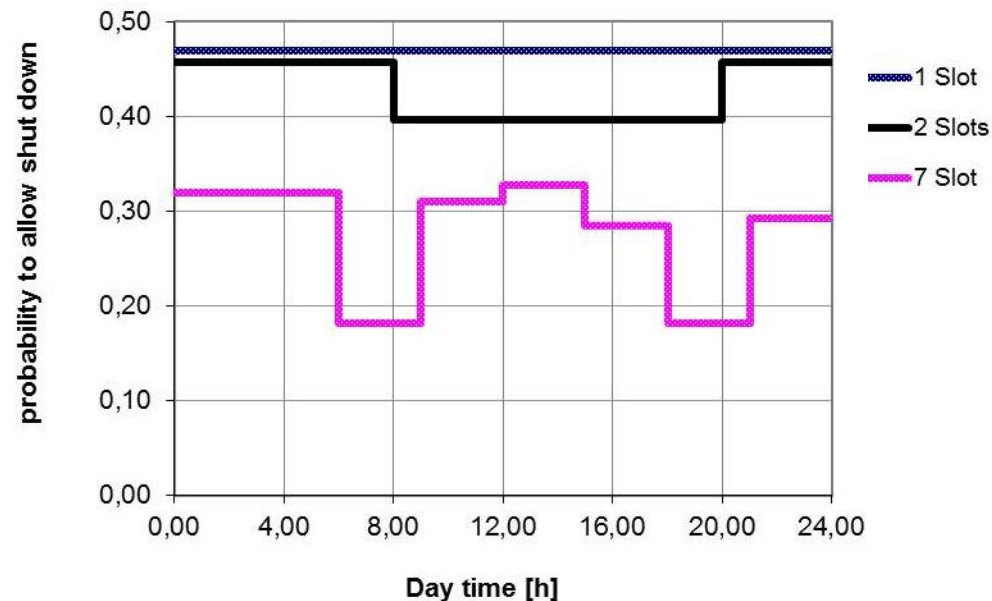
Rücklauf: 117 vollständige Fragebögen

Abfrage von drei Szenarien:

- 1 Slot: 0-24h
- 2 Slots: 8-20, 20-8h
- 7 Slots: 0-6, 6-9 ... 21-0h

→ Abschaltwahrscheinlichkeiten für anschließende Simulation

Abschaltwahrscheinlichkeit Wärmepumpe



## Simulation: Annahmen



Niederspannungsnetz mit max. 10.000 DRM-Kunden

Simulationsparameter:

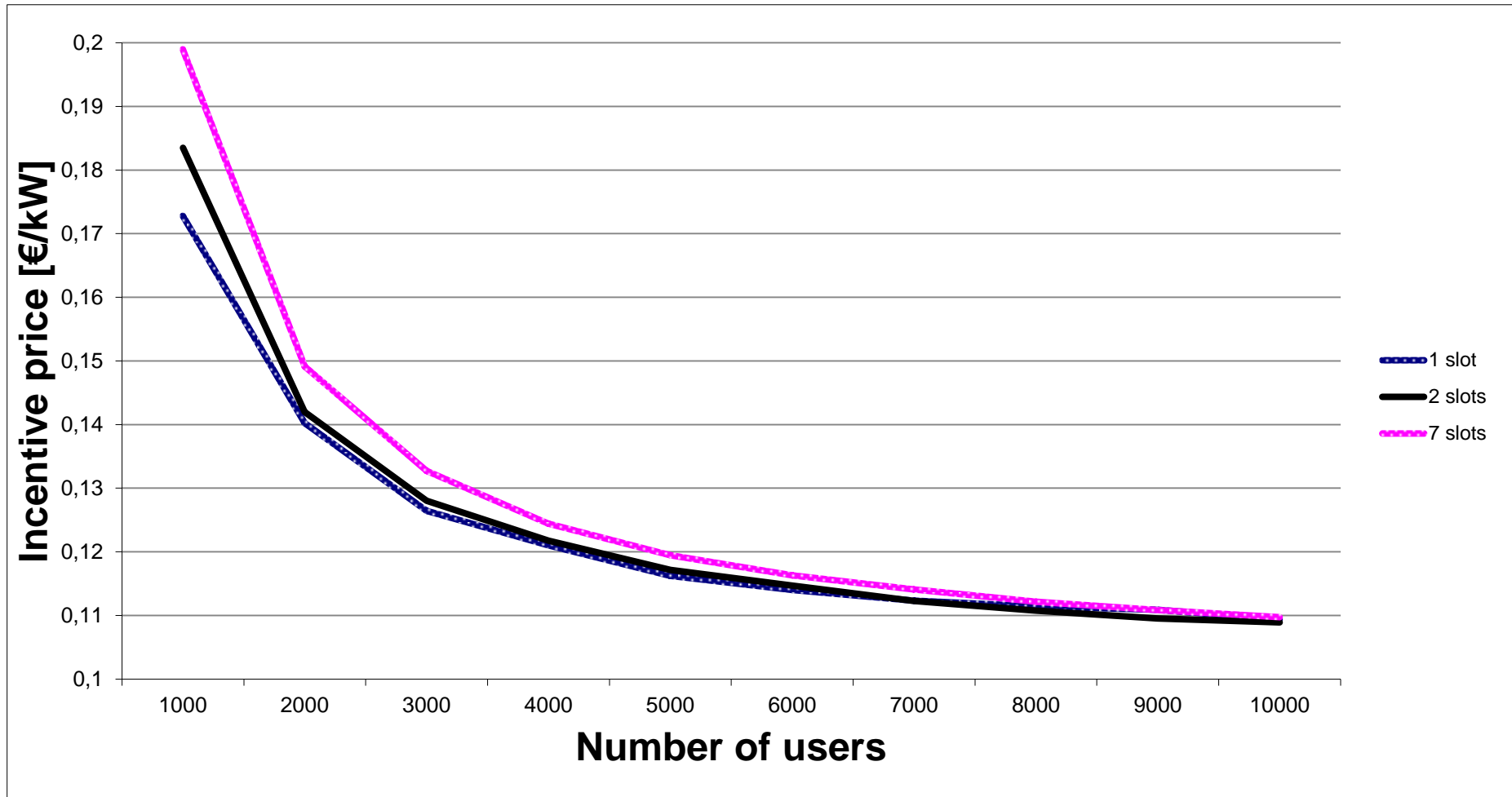
- Energiedefizit  $D = 1 \dots 10$  MW, Schrittweite: 1 MW
- Max. möglicher Preisnareiz:  $\lambda_0 = 1\text{€/kW}$
- Kunden- und gerätespezifischer Preisanzreiz:  $\lambda_{i,a} = 0.1 \dots 1 \text{ €/kW}$ , random
- Abschaltwahrscheinlichkeiten der Geräte: lt. Umfrage
- Leistung der Geräte: entsprechend [2], random

[2] [http://ec.europa.eu/clima/sites/campaign/pdf/table\\_appliances\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/clima/sites/campaign/pdf/table_appliances_en.pdf)

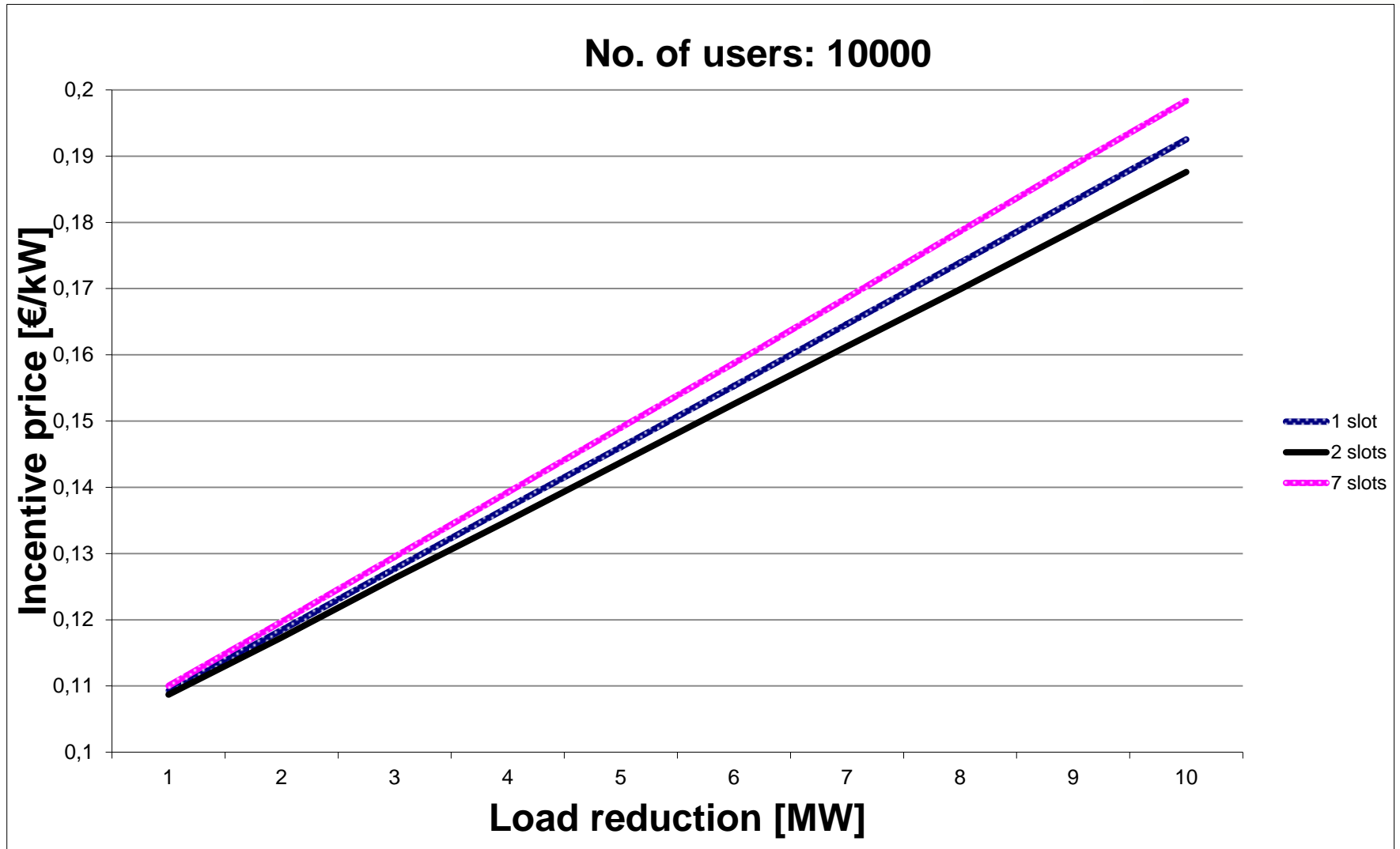
# Ergebnisse: Anzahl Benutzer ↔ Effizienz



Gewünschter Lastabwurf (Defizit): 1MW



# Ergebnisse: zeitliche Flexibilität ↔ Effizienz





# Zusammenfassung der Ergebnisse

## Simulation und ergänzende Online-Fragen



- Enorme Bedeutung der grundsätzlichen Akzeptanz der DRM-Lösung
  - Deutliche Reduzierung der Kosten für den Energieversorger (Preisanreiz/kW) bei mehr teilnehmenden Kunden
- Weitreichende individuelle Konfigurationsmöglichkeiten führen NICHT zwingend zu einer verbesserten Benutzerakzeptanz und Effizienz des Systems

No.	Question (short form)	Average
1	I select more appliances in case of more temporal flexibility.	3.10
2	I accept lower incentive prices in case of more temporal flexibility.	3.77
3	I accept to spend time for required user-interaction.	3.42
4	The option to prevent a shut down is of high importance.	2.04

Skala 1...7

1 trifft vollkommen zu

7 trifft gar nicht zu

Ergebnisse der Online-Umfrage

# Ausblick

- Untersuchung weiterer DRM-Systeme
- Untersuchung weiterer Einflußfaktoren → Beispiel: Datenkommunikation

