

# Auswirkungen von Flexibilitätseinsatz auf das lokale Verteilnetz

**Roman Schwalbe**, Wolfgang Prügler, Friederich Kupzog,  
Markus Radauer, Tobias Gawron-Deutsch

14. Symposium Energieinnovation, 10.-12.02.2016, Graz/Austria

# Fallstudiendefinition

## Ausgangslage:

- Flexibilität als Schlüsseltechnologie
- Markt- oder netzdienlicher Einsatz
- Diskussionen: Was tun bei Konflikten?

## Untersuchte Lösungsansätze zur Vermeidung von Netzengpässen:

- Netzverstärkung
- flächendeckende Spannungsregelung durch PV-Wechselrichter
- „Flexibility-Operator“

# Rahmenbedingungen der Fallstudie

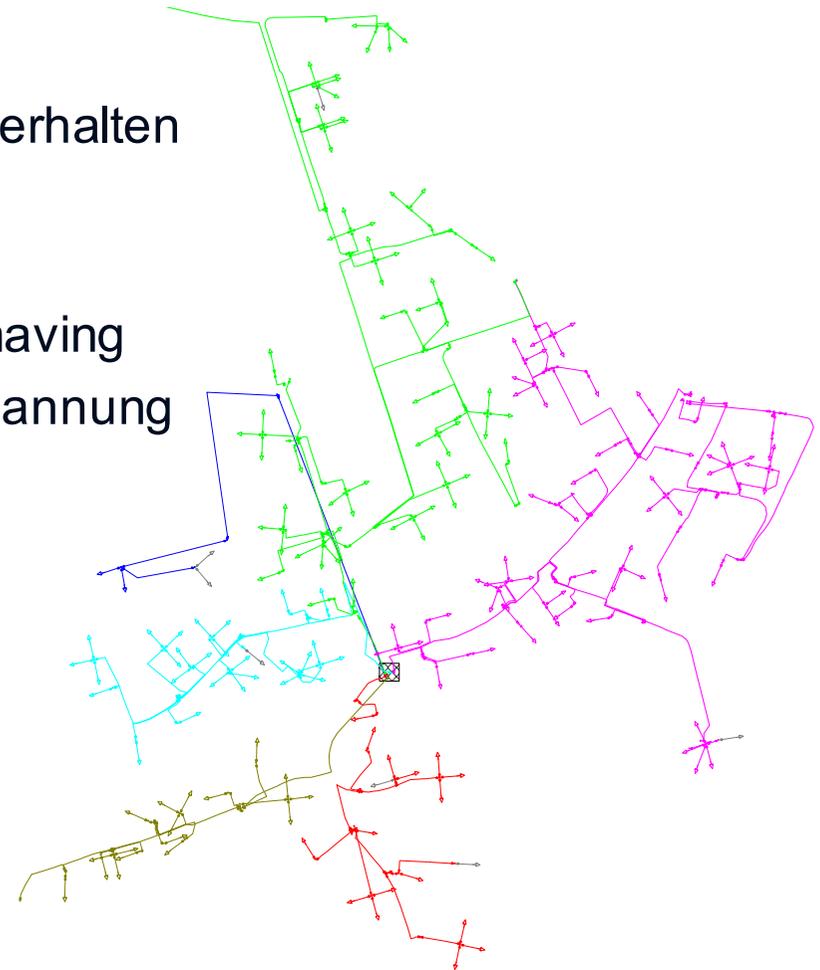
## Basisannahmen:

- Netzkunden betreiben Peak-Shaving
- Netzplanung berücksichtigt dieses Kundenverhalten

## Betrachtetes Szenario:

- Marktsignal bewirkt Aussetzen des Peak-Shaving
- Führt bei starker PV-Einspeisung zu Überspannung

Fallstudien-Netz: Niederspannungsnetz in Salzburg	
Transformator-Nennleistung	250 kVA
Anzahl an Abzweigen	6
Längster Abzweig	638 m
Installierte PV-Anlagen / Leistung	46 / 195 kWp
Anzahl Netzkunden / mit Flexibilität	92 / 40
Angenommene Flexibilität	idealer Speicher
Kapazität/Leistung	20 kWh / 4 kW

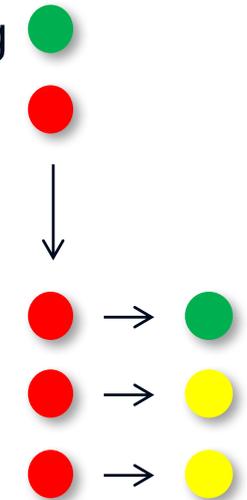


## Inhalt der Fallstudie

### Jahressimulation mit realen PV-Profilen und Marktpreisen:

- **Basisbetrieb:** Alle Haushalte betreiben Eigenbedarfsoptimierung
- Darauf aufbauend: **VPP**-Signale an Haushalte mit Flexibilitäten

Netzzustand:



### Drei alternative Lösungsoptionen:

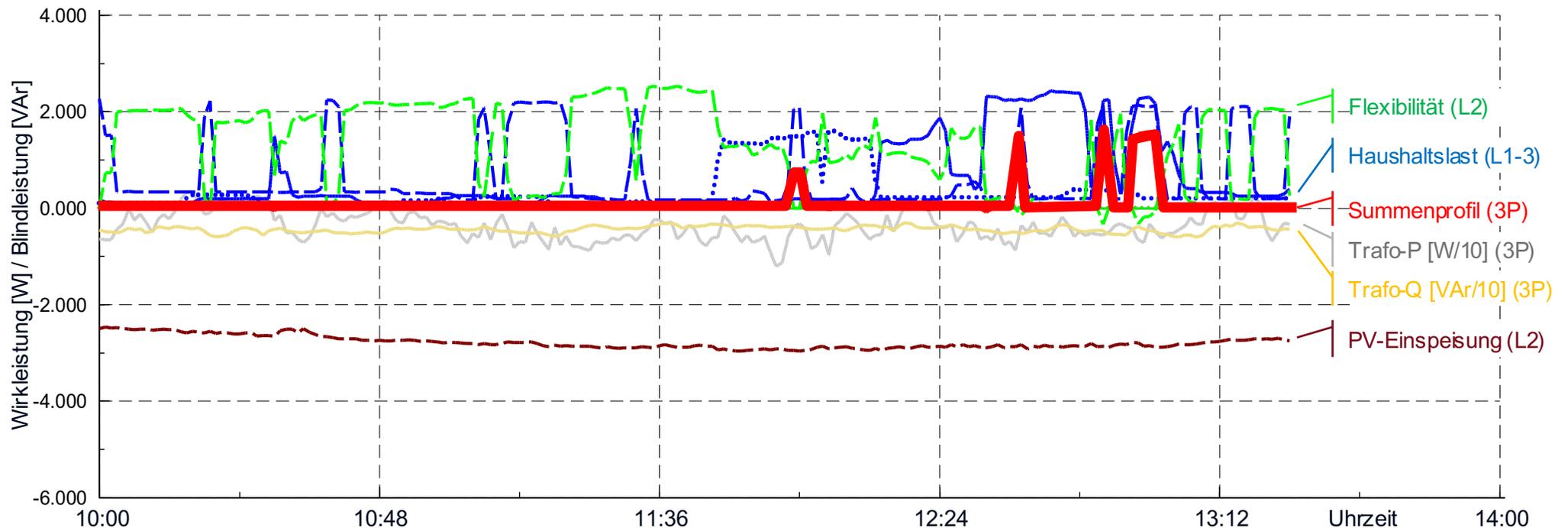
- Lösung durch **Netzausbau**
- Lösung durch **Spannungsregelung**
- Lösung durch „**Flexibility-Operator**“

### Ergebnisse:

- Technischer Vergleich
- Ökonomischer Vergleich

# Basisbetrieb: Haushalte betreiben Eigenbedarfsoptimierung

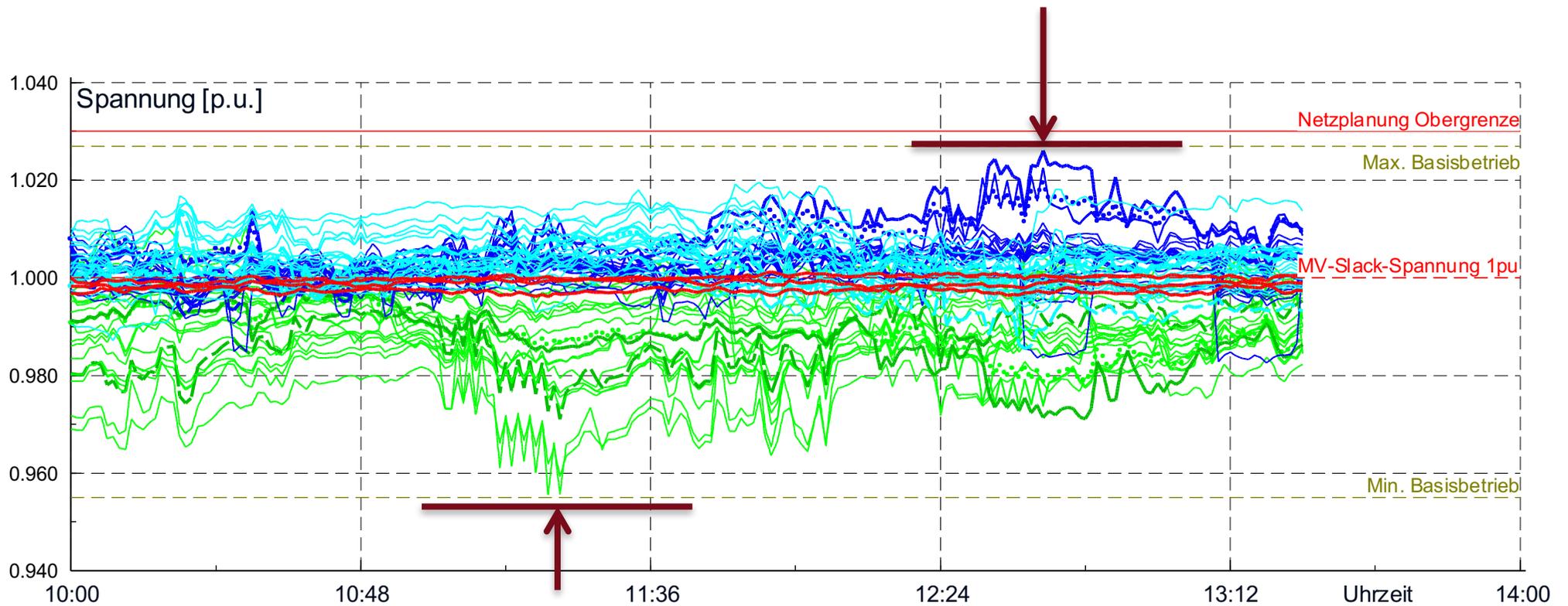
Summenprofil nahezu immer auf 0 optimiert



Leistungsverlauf Beispiel – Haushalt am Ende von kritischem Strang

# Basisbetrieb: Haushalte betreiben Eigenbedarfsoptimierung

Spannungsanstieg      2,7 % maximal  
 Spannungsabfall      4,5 % maximal

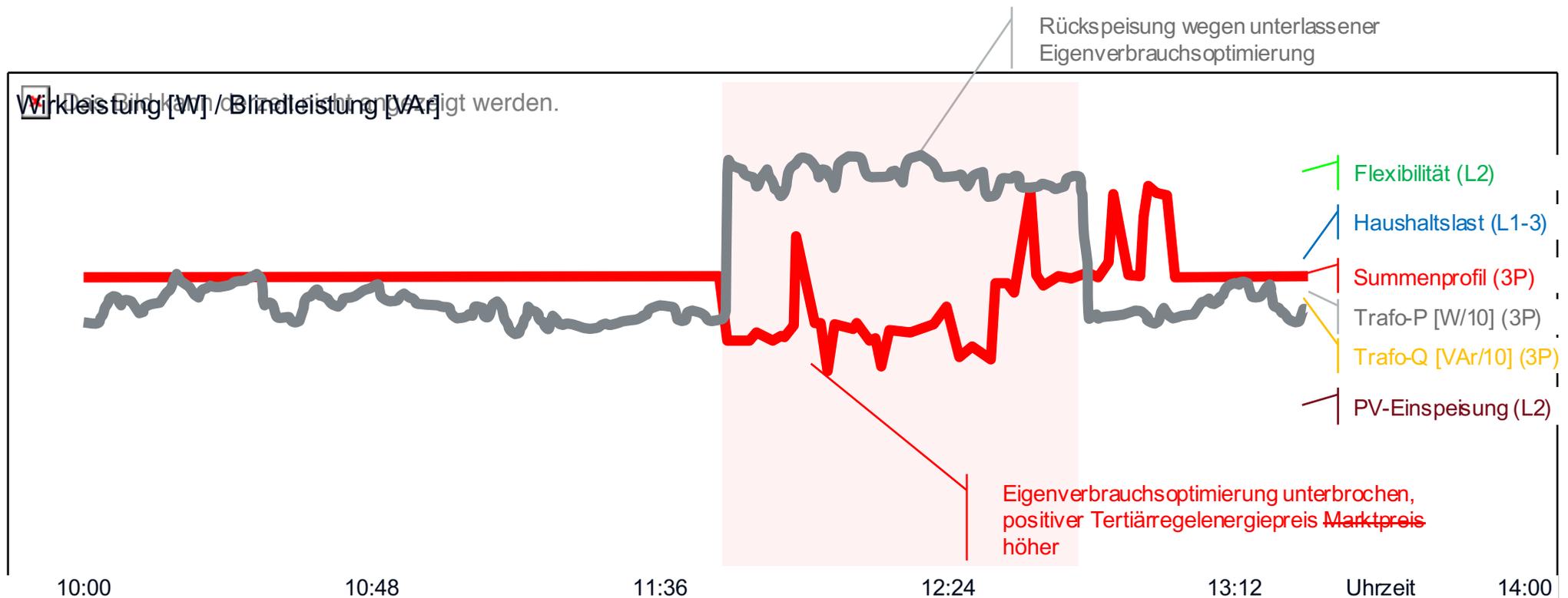


Spannungsverlauf Beispiel: Sonniger Werktag im Sommer

# VPP-Einsatzszenario

Summenprofil auf 0 optimiert

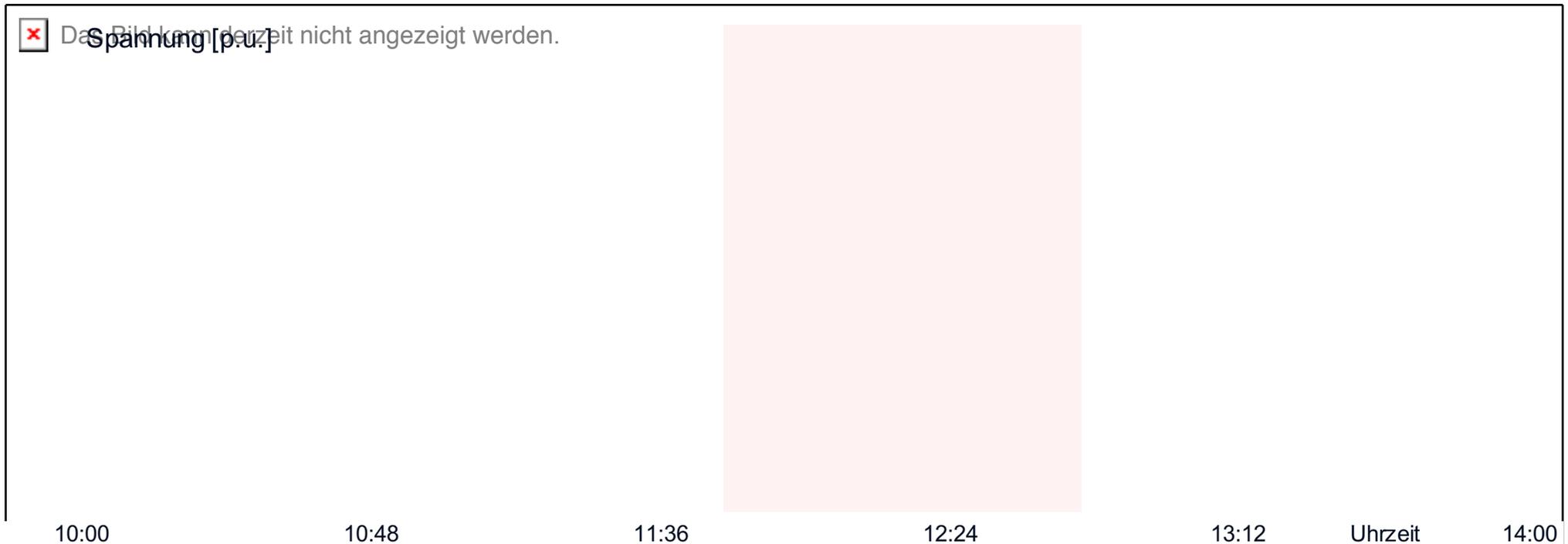
hohe Marktpreise → Unterbrechung des Peak-Shaving



Leistungsverlauf Beispiel – Haushalt am Ende von kritischem Strang

# VPP-Einsatzszenario

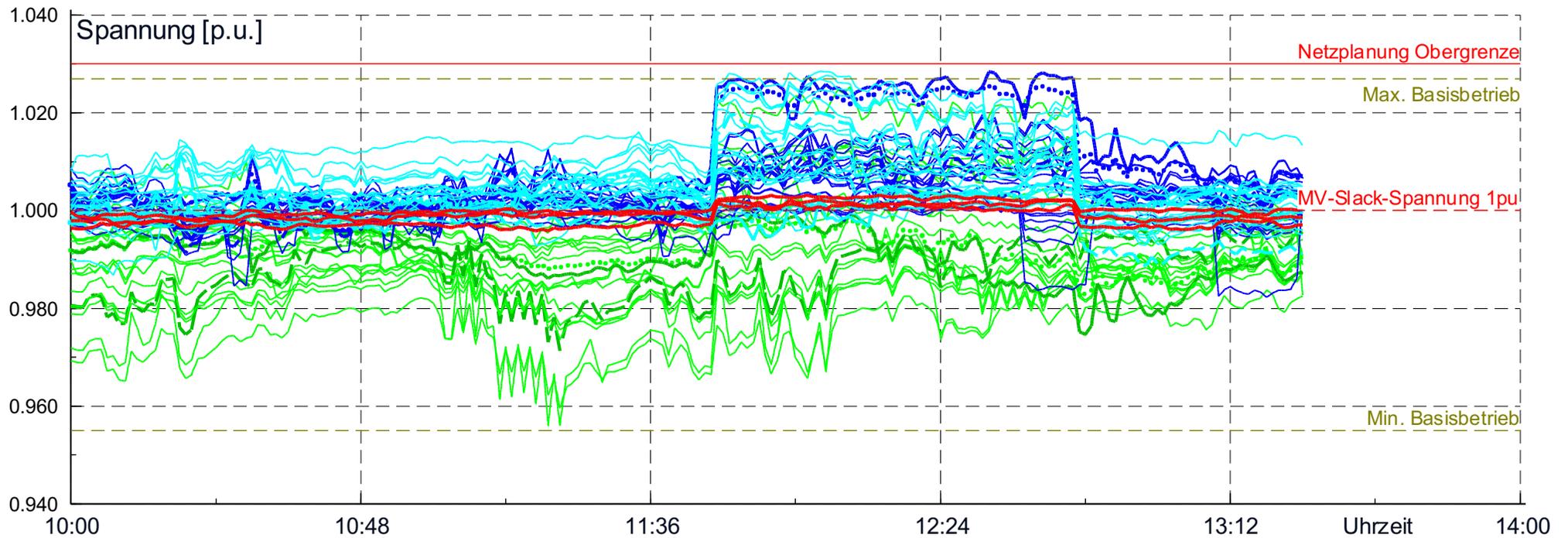
Spannungsanstieg **3.3 %** maximal  
 Spannungsabfall 4,5 % maximal



Spannungsverlauf Beispiel: Sonniger Werktag im Sommer

# 1. Lösungsansatz: Netzverstärkung mit 153m Parallelkabel

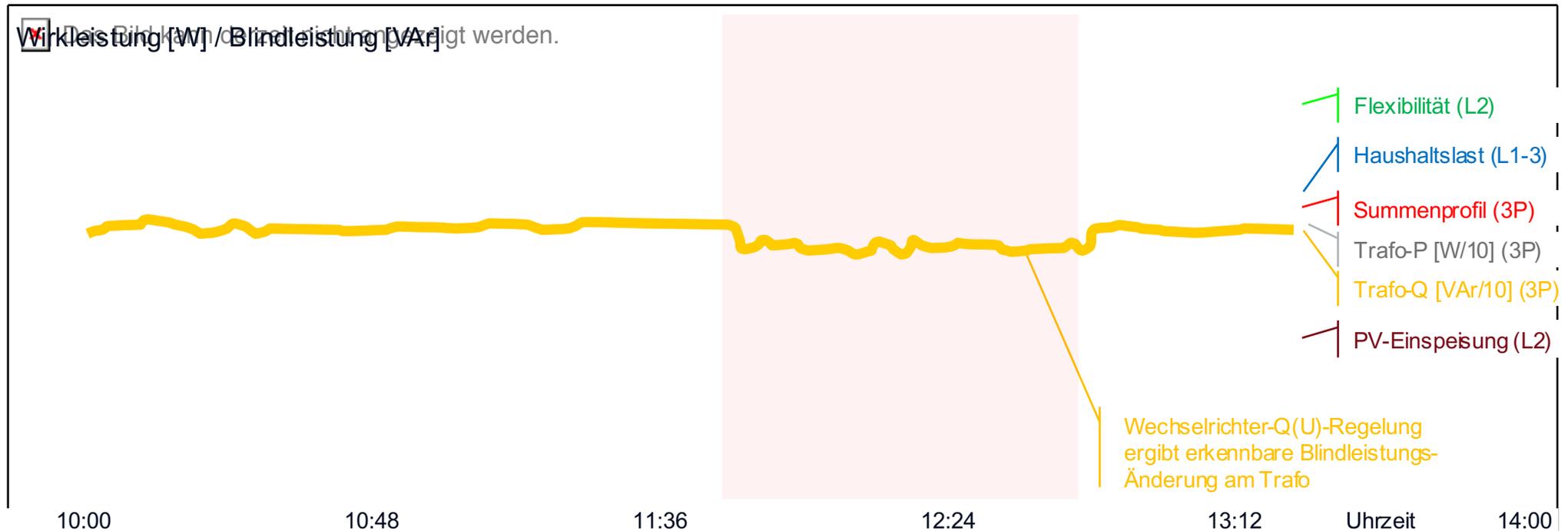
Spannungsanstieg      2,8 % maximal  
 Spannungsabfall      4,5 % maximal



Spannungsverlauf Beispiel: Sonniger Werktag im Sommer

## 2. Lösungsansatz: Spannungsregelung

P(U)- und Q(U)-Regelung bei allen Wechselrichtern im Netz



Leistungsverlauf Beispiel – Haushalt am Ende von kritischem Strang

## 2. Lösungsansatz: Spannungsregelung

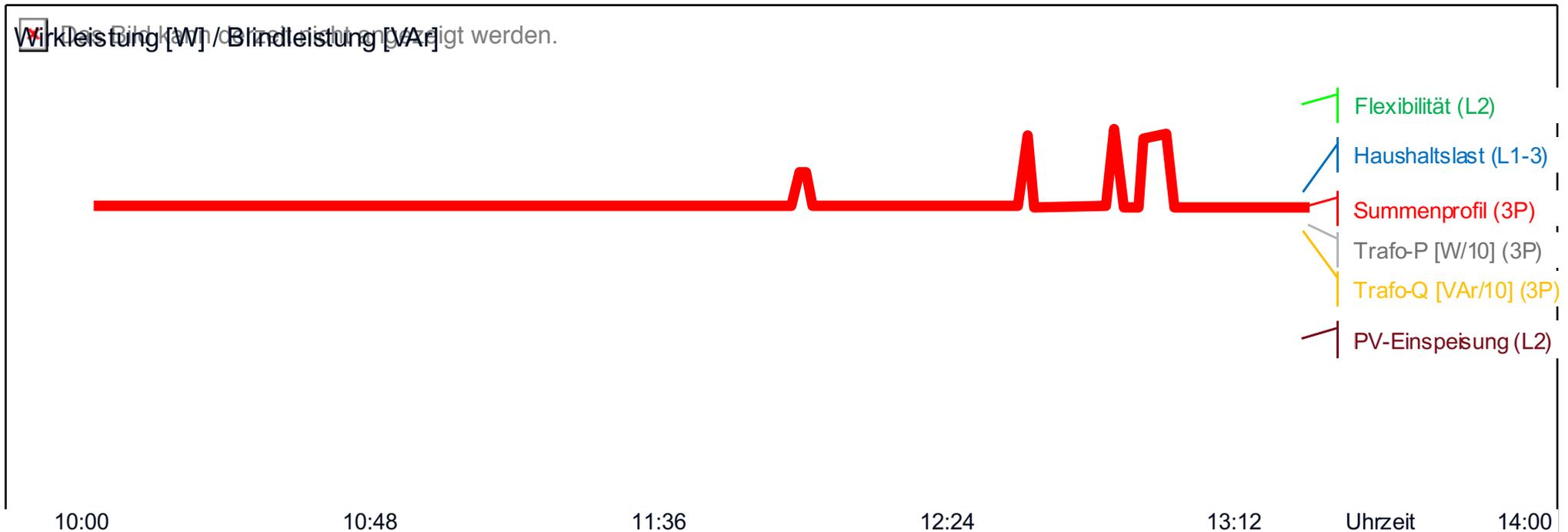
Spannungsanstieg      2,6 % maximal  
 Spannungsabfall      4,5 % maximal



Spannungsverlauf Beispiel: Sonniger Werktag im Sommer

### 3. Lösungsansatz: Flexibility Operator

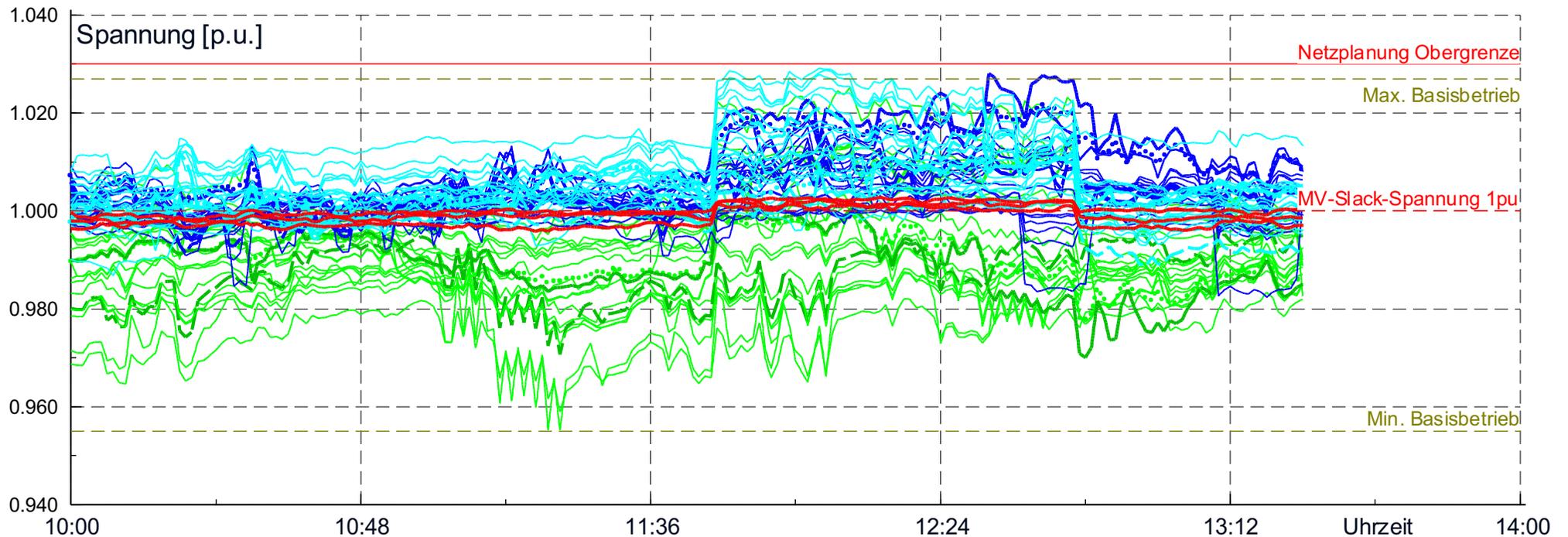
Vermeidung von Netzengpässen durch Flexibilitätsabruf von 2 Haushalten durch den Flexibility-Operator



Leistungsverlauf Beispiel – Haushalt am Ende von kritischem Strang

### 3. Lösungsansatz: Flexibility Operator

Spannungsanstieg      2,8 % maximal  
 Spannungsabfall      4,5 % maximal



Spannungsverlauf Beispiel: Sonniger Werktag im Sommer

## Fazit der technischen Bewertung

- VPP-bedingte Überspannungen können eliminiert werden durch:
  1. Netzverstärkung mit 153 m AL-Parallelkabel mit 150 mm<sup>2</sup> (E-AYY 4x150)
  2. Spannungsregelung in Form von flächendeckender Q(U)-Regelung
  3. Flexibility-Operator
  
- Potentiale der Lösungsansätze unterschiedlicher Natur  
→ eingeschränkte Vergleichbarkeit
  
- Ergebnisse stark abhängig von getroffenen Annahmen, Randbedingungen, Netz und Leistungsprofilen

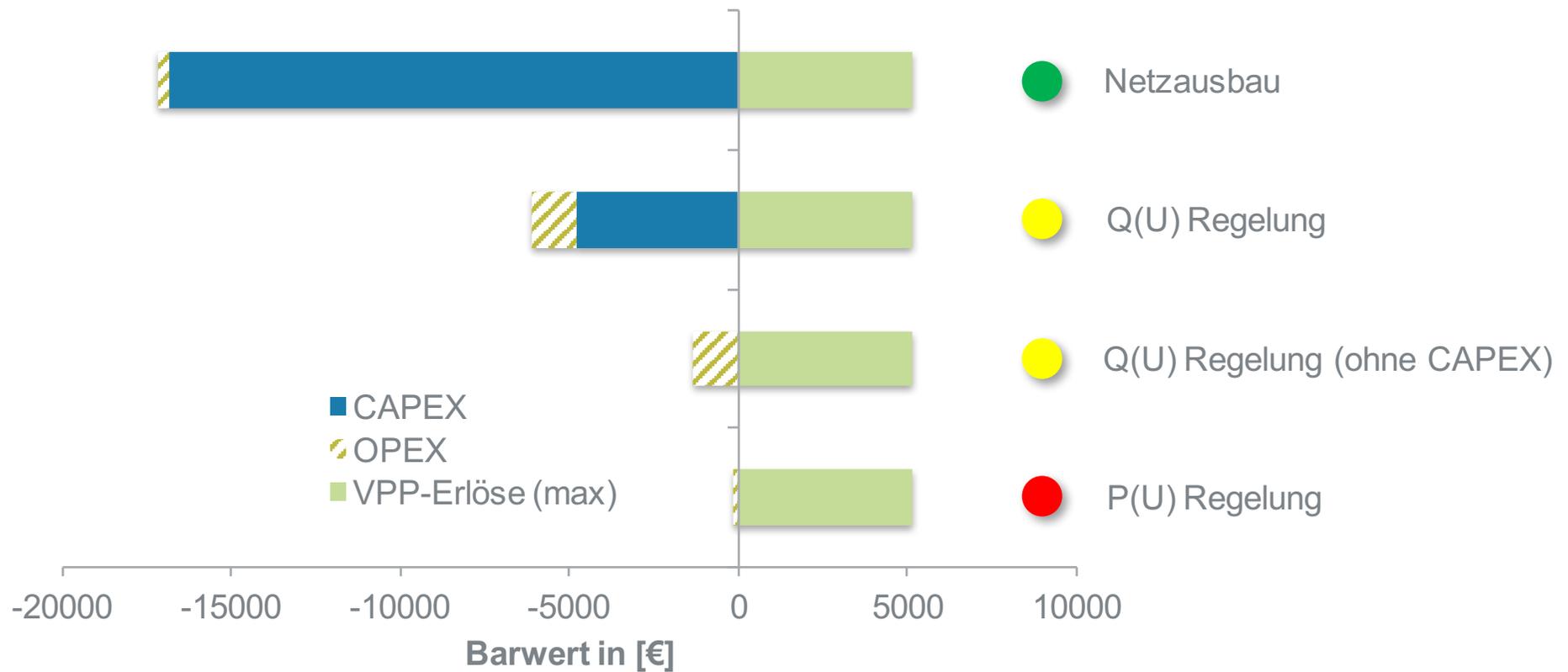
## Ökonomischer Vergleich (Best Case: täglich Sonnenschein)

- **Bewertungsparameter**
  - Zeitraum: 50 Jahre
  - Realzins: 4,3% (WACC = 6,42% p.a; Inflation = 2% p.a.)
  
- **Ergebnisbarwerte VPP-Erlöse vs. Integrationskosten für 40 Haushalte als Anbieter von Tertiärregelenergie**
  - Ohne Netzprobleme: (Erlösbarwert für 50 Jahre) 5167 €
  - 1. Lösungsansatz Netzverstärkung: 5167 € - 17190 € = **-12023 €** ●
  - 2. Lösungsansatz Q(U)-Regelung: 5167 € - 6122 € = **-955 €** ●
  - Q(U)-Regelung ohne Wechselrichter-Mehrkosten: 5167 € - 1322 € = **3845 €** ●
  - P(U)-Regelung: 5167 € - 165 € = **5002 €** ●

→ Kostenbenchmark (Wirkleistungsbegrenzung) der Implementierung eines Flexibility-Operators für 40 Haushalte im Fallstudienetz liegt bei bis zu 170 €

# Ökonomischer Vergleich (Best Case: täglich Sonnenschein)

## Vergleich der Integrationsvarianten



## Fazit der ökonomischen Bewertung

- Kostenbenchmarks für Flexibility-Operator im Fallbeispiel (40 Haushalte) sehr gering
- → Fokus der weiteren Forschung auf große Lasten, Gebäude und größere Netzbereiche legen und mögliche Synergieeffekte mit zukünftigen Systemlösungen betrachten
- Q(U)-, und P(U)-Regelungen erscheinen derzeit für kleine Lasten und einzelne Netzgebiete ökonomisch sinnvoller / Q(U)-Regelfähigkeit der Wechselrichter Stand der Technik
- Hohe PV-Durchdringung in vielen Ortsnetzen, signifikante Netzprobleme und nennenswerte Wirkenergiebegrenzungen in Hochpreiszeiten können dieses Bild ändern

## Danke für die Aufmerksamkeit

Projekt Partner:



Projekt INTEGRA (2013 – 2016) wird unterstützt von:



### Roman Schwalbe

Energy Department

Electric Energy Systems

**AIT Austrian Institute of Technology**

Giefinggasse 2 | 1210 Vienna | Austria

T +43(0) 664 8157993

[roman.schwalbe@ait.ac.at](mailto:roman.schwalbe@ait.ac.at) | <http://www.ait.ac.at>



# Spannungsbandeinteilung laut TOR

