

# Kombination von Einsatzmöglichkeiten von Speichersystemen für die Netzberechnungen im Niederspannungsnetz

Michael Kain  
Hochschule Landshut  
Am Lurzenhof 1  
84036 Landshut  
[michael.kain@haw-landshut.de](mailto:michael.kain@haw-landshut.de)  
Tel.: +49 (0) 871 506 423



**Kombination von Einsatzmöglichkeiten von Speichersystemen für die  
Netzberechnungen im Niederspannungsnetz**

## Gliederung

1. Zielsetzung
2. Einsatzmöglichkeiten und Betriebsmodi von Speichersystemen
3. Methodik
4. Referenznetz
5. Berechnungsvarianten
6. Zusammenfassung und Ausblick

## Kombination von Einsatzmöglichkeiten von Speichersystemen für die Netzberechnungen im Niederspannungsnetz

### 1. Zielsetzung

- Zunehmende Marktdurchdringung von Batteriespeichern
- Dezentrale Stromerzeugung mit hohen installierten Leistungen durch Photovoltaik-Anlagen
- Last- und Erzeugungssituationen in Niederspannungsnetzen werden komplexer
- Auswirkung auf Lastflüsse, Spannungsverläufe, Netzverluste, Leitungsauslastung
- Einsatzmöglichkeiten von Batteriespeichersystemen
- Betriebsmodi von Batteriespeichersystemen



**Netzberechnungen mit unterschiedlichen Variablen  
(Netzdaten, Lasten, Erzeugungsanlagen, Speichercharakteristik)**

## Kombination von Einsatzmöglichkeiten von Speichersystemen für die Netzberechnungen im Niederspannungsnetz

### 2. Einsatzmöglichkeiten und Betriebsmodi von Speichersystemen

#### Einsatzmöglichkeiten von Speichersystemen:

- kundendienlich (z.B. Eigenverbrauchsoptimierung)
- marktdienlich (z.B. Regelenergiebereitstellung)
- netzdienlich (z.B. Spannungsstabilisierung)

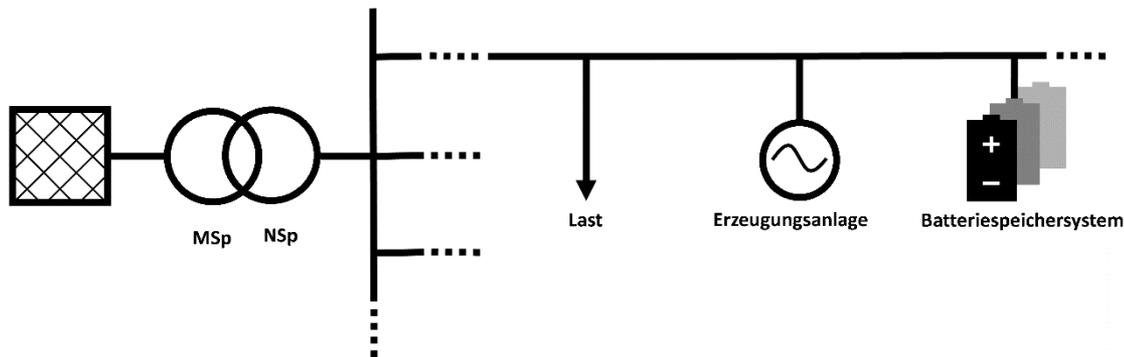
#### Betriebsmodi von Speichersystemen:

- Energiebezug Laden des Speichersystems aus öffentlichem oder kundeneigenem Netz
- Energielieferung Entladen des Speichersystems in öffentliches oder kundeneigenes Netz
- Inselbetrieb Trennung von öffentlichem Netz, Laden und Entladen des Speichersystems aus und in das kundeneigene Netz
- **Einsatz in Verbindung mit Erzeugungsanlagen (z.B. Lastmanagement für Erzeugungsanlagen und Ladestationen E-Mobilität)**

## Kombination von Einsatzmöglichkeiten von Speichersystemen für die Netzberechnungen im Niederspannungsnetz

### 3. Methodik

Erstellung eines Referenznetzes für **statische** und dynamische Netzberechnungen:



- Netzdaten      Netztyp (Land-, Dorf-, Vorstadt-, Stadtnetz),  
Leitungslängen, Leitungsmaterial, Transformator
- Lasten      in Abhängigkeit von Gleichzeitigkeitsfaktoren
- Erzeugungsanlagen      für PV:  $kW_{peak}$ , Breitengrad, Ausrichtung & Neigung
- Speichersysteme      Zelltyp, maximale Lade- & Entladeleistung, Kapazität,  
Position im Leitungsstrang

## Kombination von Einsatzmöglichkeiten von Speichersystemen für die Netzberechnungen im Niederspannungsnetz

### 3. Methodik

Erstellung eines Referenznetzes für **statische** und dynamische Netzberechnungen:

- Extremwerte/Grenzsituationen für statische Betrachtungen festlegen
  - Starklast mit minimaler Einspeisung (untere Spannungsgrenze)
  - Schwachlast mit maximaler Einspeisung (obere Spannungsgrenze)
  - Kombination mit maximaler Entlade- bzw. Lade-Leistung der Speicher
  - Kombination mit Speicherpositionierung (zentral – dezentral)
  
- Auswertungen der statischen Betrachtungen
  - Spannungsverlauf entlang eines Leitungsstrangs
  - Netzverluste
  - verletzte Spannungsgrenzen ( $U_n \pm 10\%$ )
  - überlastete Elemente (Leitungen, Transformator)

## Kombination von Einsatzmöglichkeiten von Speichersystemen für die Netzberechnungen im Niederspannungsnetz

### 4. Referenznetz

Basierend auf statistischen Durchschnittswerten

- Kombination aus Land- und Dorfnetz
- 55 Hausanschlüsse (HA) verteilt auf 11 Netzanschlüsse (NA)
- 400-kVA-Transformator (OFAN)
- 3 Leitungsstränge (6 Netzanschlüsse, 3 Netzanschlüsse, 2 Netzanschlüsse)
- Leitungslängen zwischen zwei Netzanschlüssen: 57m bzw. 114m
- Leitungen 4x95mm<sup>2</sup> AL bzw. 4x70mm<sup>2</sup> AL

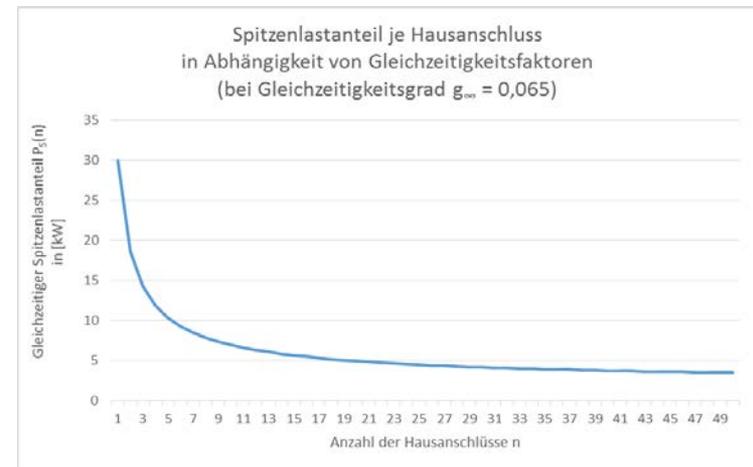
## Kombination von Einsatzmöglichkeiten von Speichersystemen für die Netzberechnungen im Niederspannungsnetz

### 4. Referenznetz

#### Lasten, Erzeugungsleistungen und Speicherleistungen

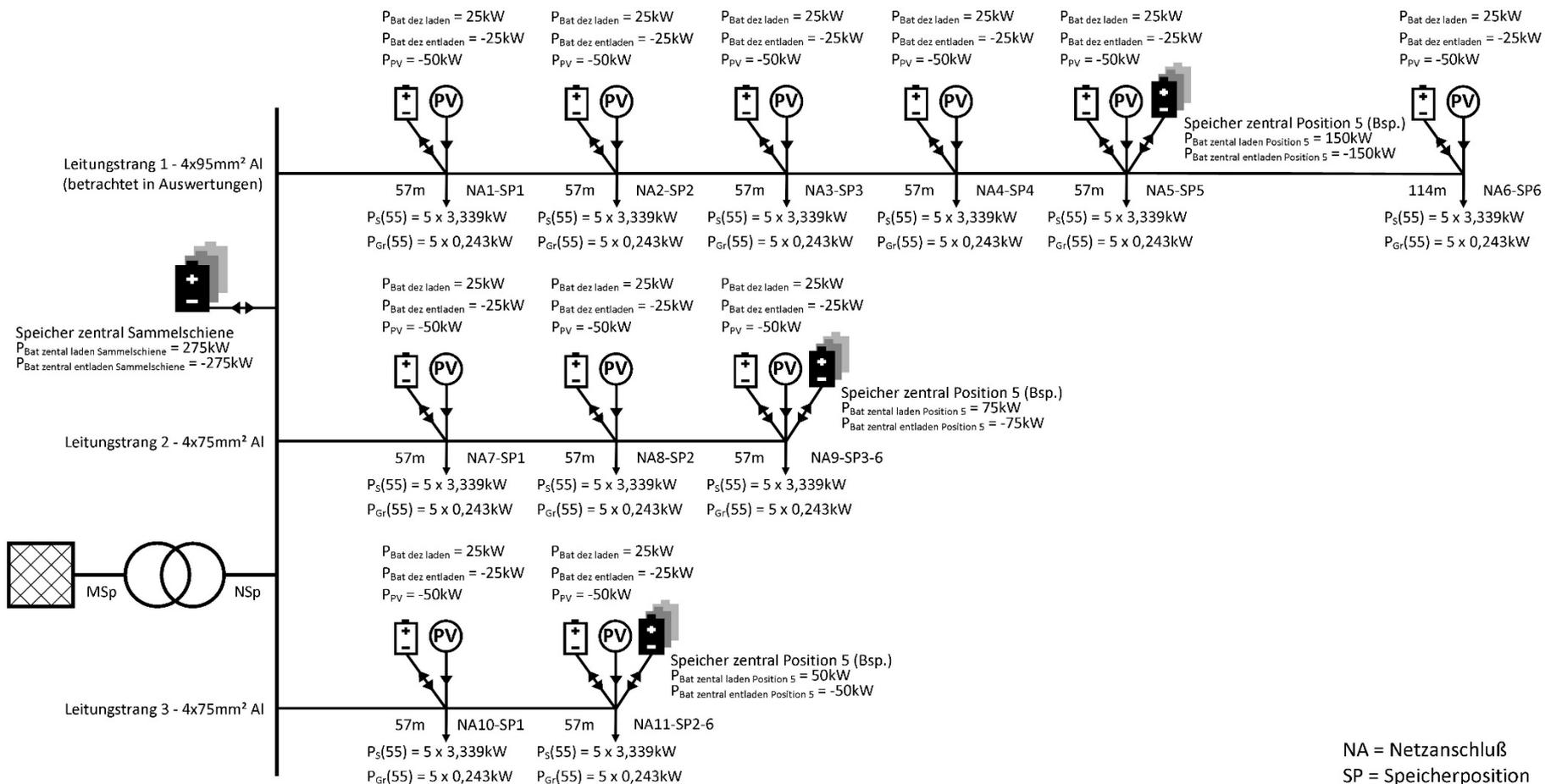
- Lasten über Gleichzeitigkeitsfaktoren:
  - Spitzenlast je Hausanschluss 3,339 kW
  - Grundlast je Hausanschluss 0,243 kW

$$P_S(n) = P_S * [g_\infty + (1 - g_\infty) * n^{-\frac{3}{4}}]$$



- Erzeugungsleistung PV - 10 kW je Hausanschluss (- 50 kW je NA)
- Speicherleistung dezentral  $\pm 5$  kW je Hausanschluss ( $\pm 25$  kW je NA)
- Speicherleistung zentraler Systeme entspricht der kumulierten Summenleistung der zu ersetzenden dezentralen Speichersysteme

## 4. Referenznetz

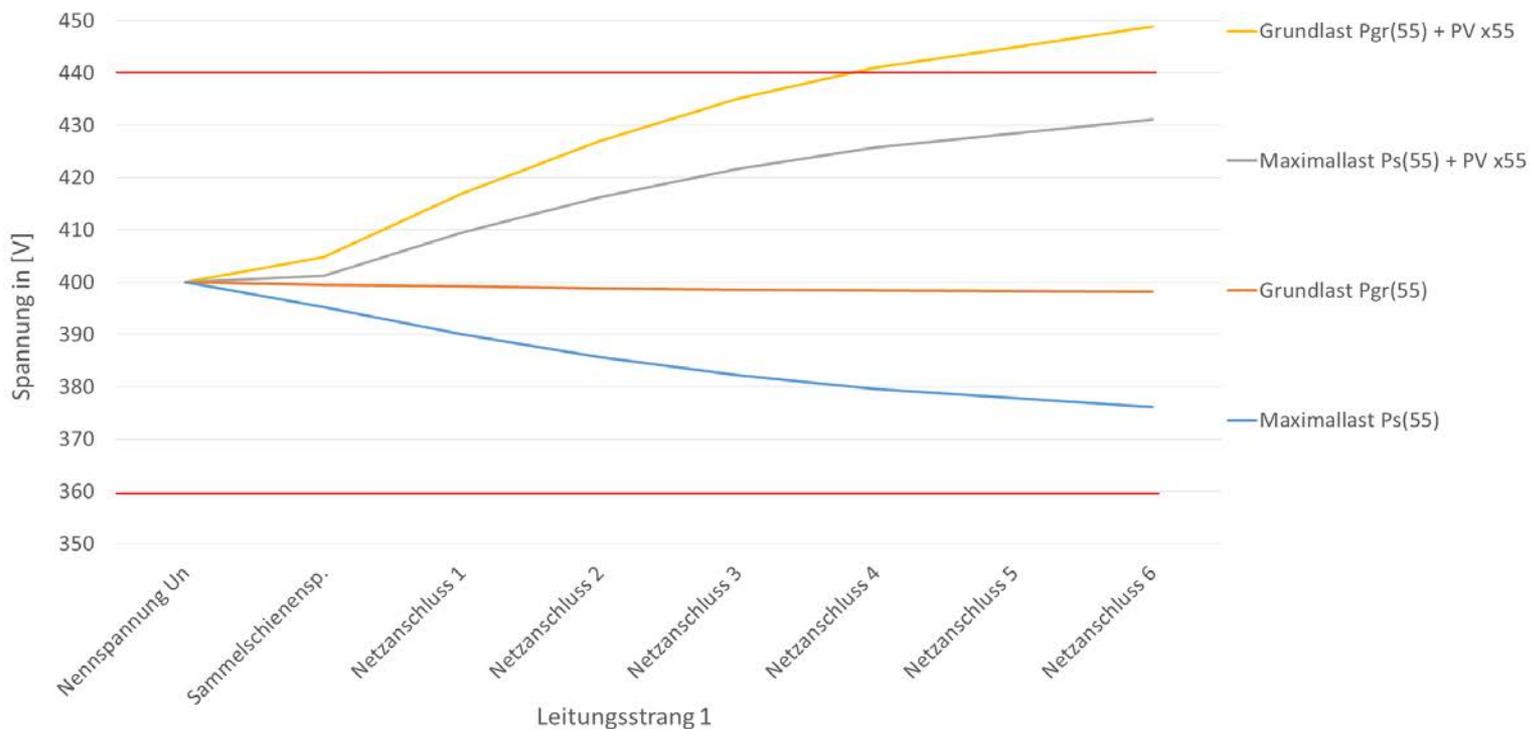


**Kombination von Einsatzmöglichkeiten von Speichersystemen für die  
 Netzberechnungen im Niederspannungsnetz**

## 5. Berechnungsvarianten

Szenario 1: Starklast  $P_s(55)$  und Schwachlast  $P_{gr}(55)$  mit und ohne Erzeugung

Spannungsverlauf im Referenznetz mit 11 Netzanschlüssen (55 Hausanschlüssen)  
 Grundlast und Spitzenlast mit/ohne Photovoltaik-Einspeisung

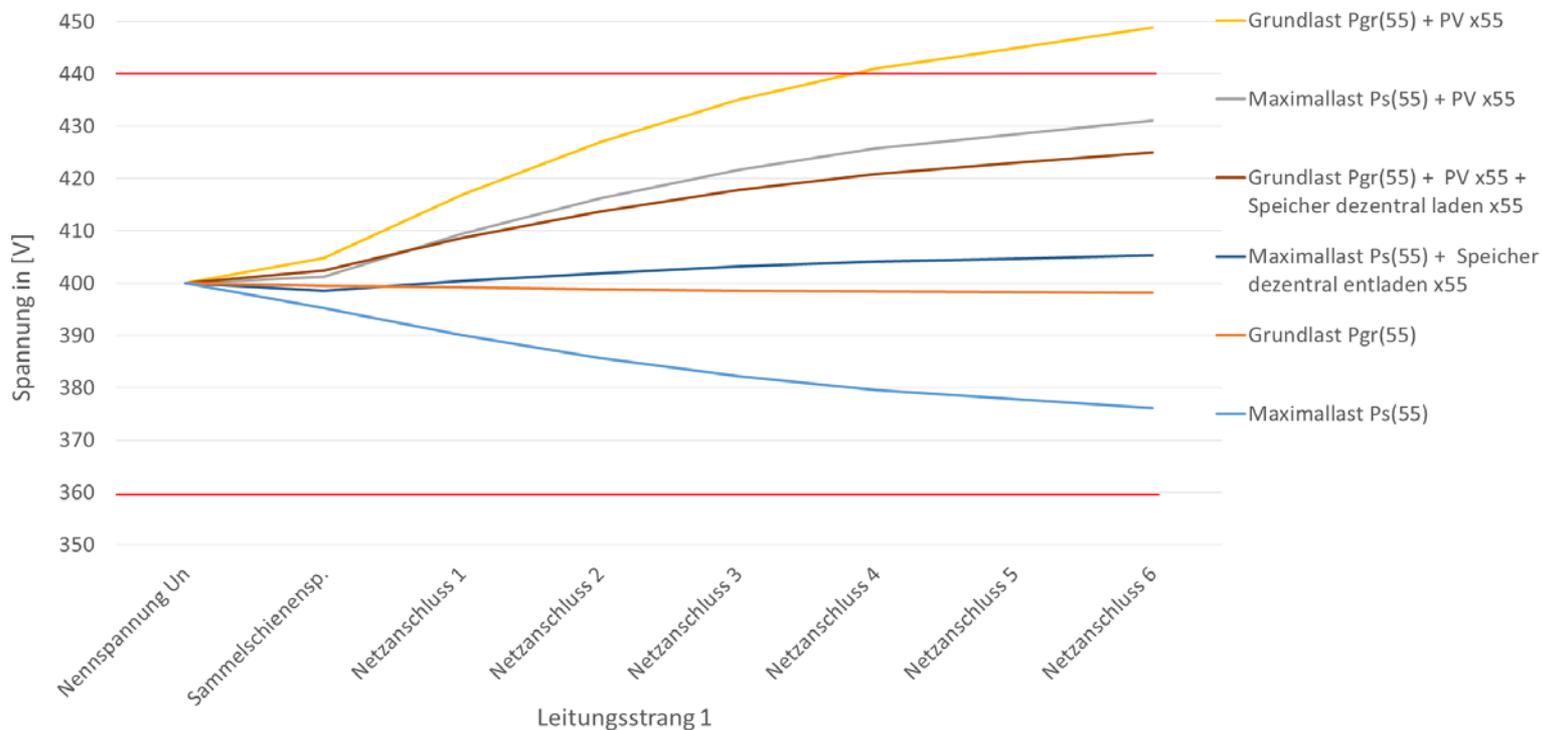


**Kombination von Einsatzmöglichkeiten von Speichersystemen für die  
 Netzberechnungen im Niederspannungsnetz**

## 5. Berechnungsvarianten

Szenario 2: Starklast  $P_s(55)$  und Schwachlast  $P_{gr}(55)$  mit und ohne Erzeugung  
 mit dezentralen Speichern

Spannungsverlauf im Referenznetz mit 11 Netzanschlüssen (55 Hausanschlüssen)  
 Einsatz dezentraler Batteriespeichersysteme

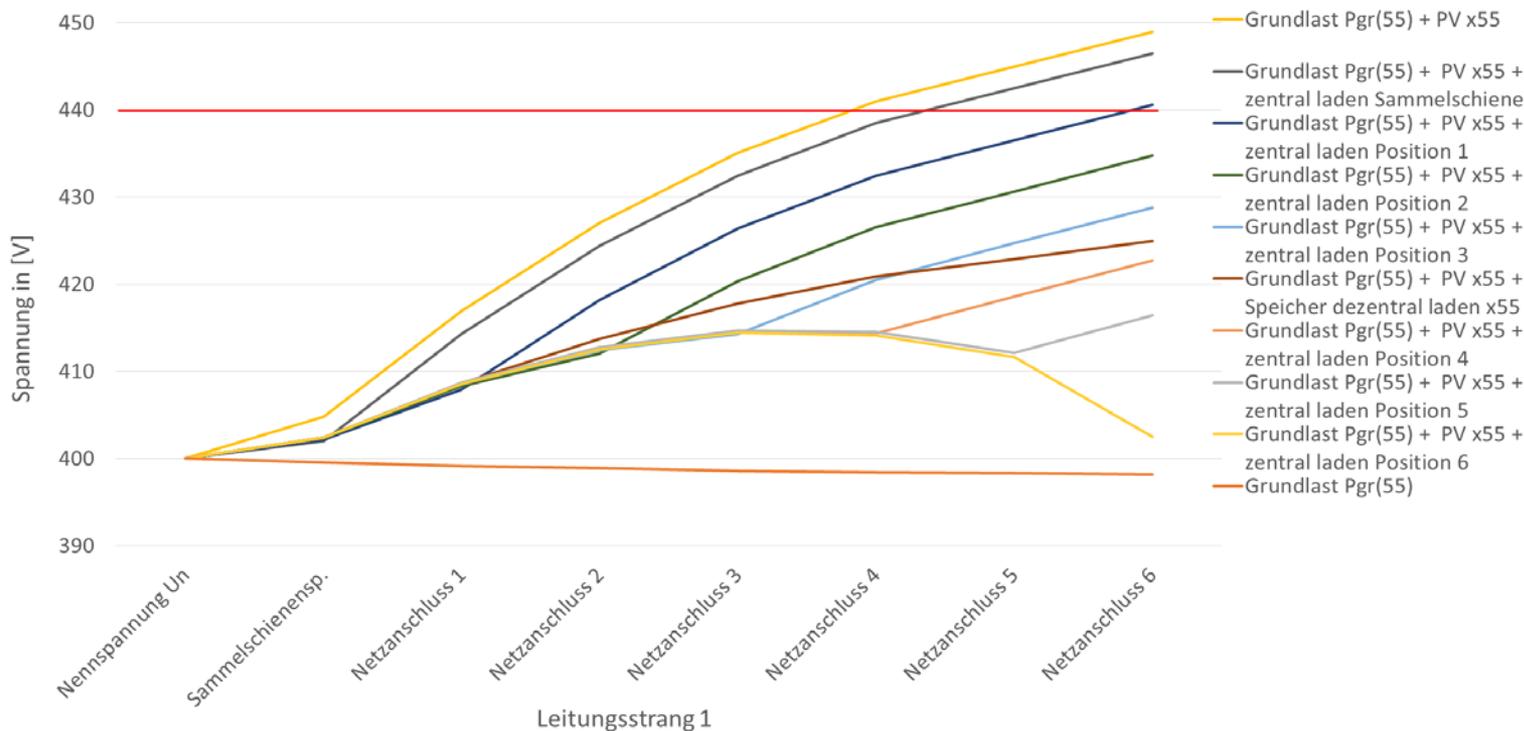


**Kombination von Einsatzmöglichkeiten von Speichersystemen für die  
 Netzberechnungen im Niederspannungsnetz**

## 5. Berechnungsvarianten

Szenario 3.1: Starklast  $P_s(55)$  und Schwachlast  $P_{gr}(55)$  mit und ohne Erzeugung mit dezentralen und oder zentralen Speichern – Fall **Einspeichern**

Spannungsverlauf im Referenznetz mit 11 Netzanschlüssen (55 Hausanschlüssen)  
 Vergleich dezentraler und zentraler Speichersysteme im Betriebsmodus "Einspeichern"

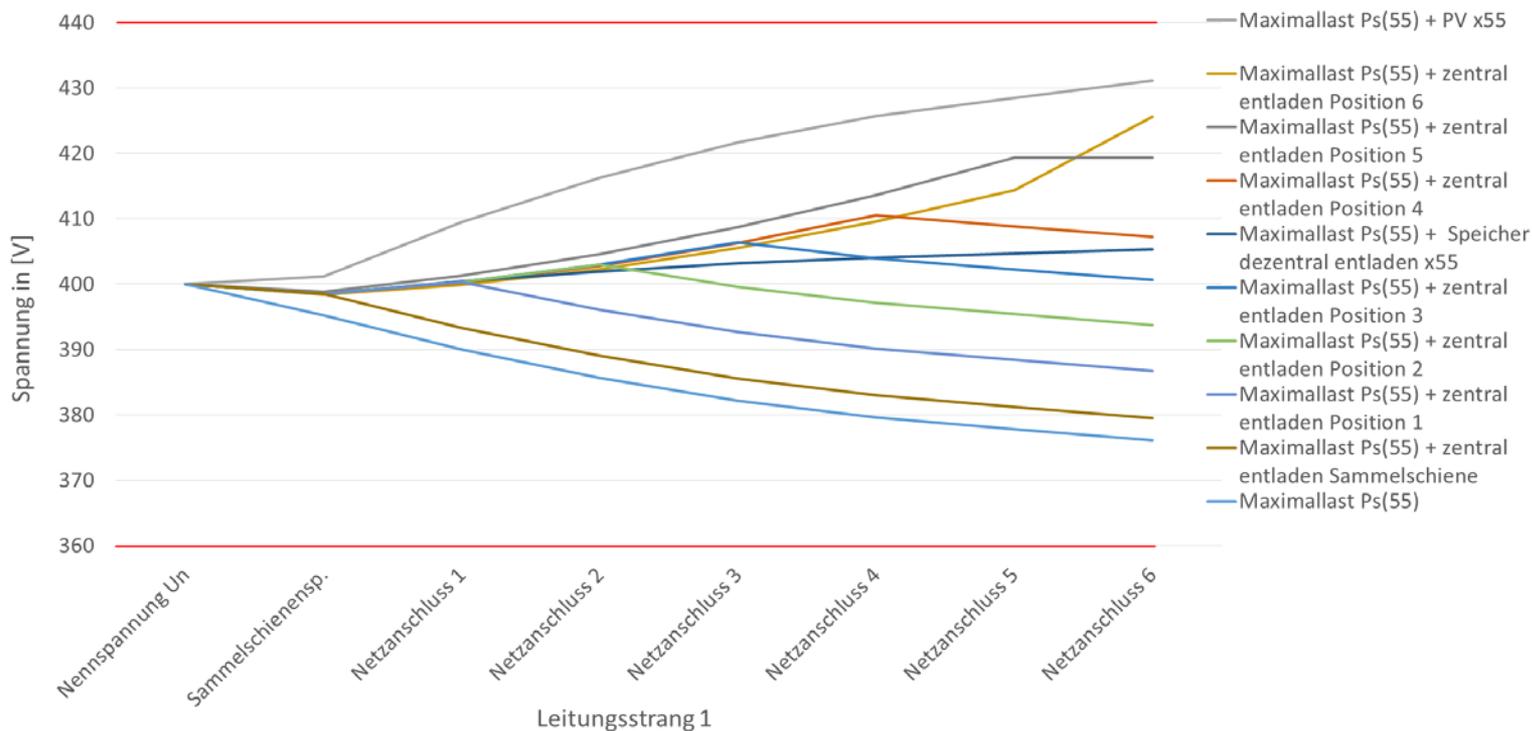


**Kombination von Einsatzmöglichkeiten von Speichersystemen für die  
 Netzberechnungen im Niederspannungsnetz**

## 5. Berechnungsvarianten

Szenario 3.2: Starklast  $P_s(55)$  und Schwachlast  $P_{gr}(55)$  mit und ohne Erzeugung mit dezentralen und oder zentralen Speichern – Fall **Ausspeichern**

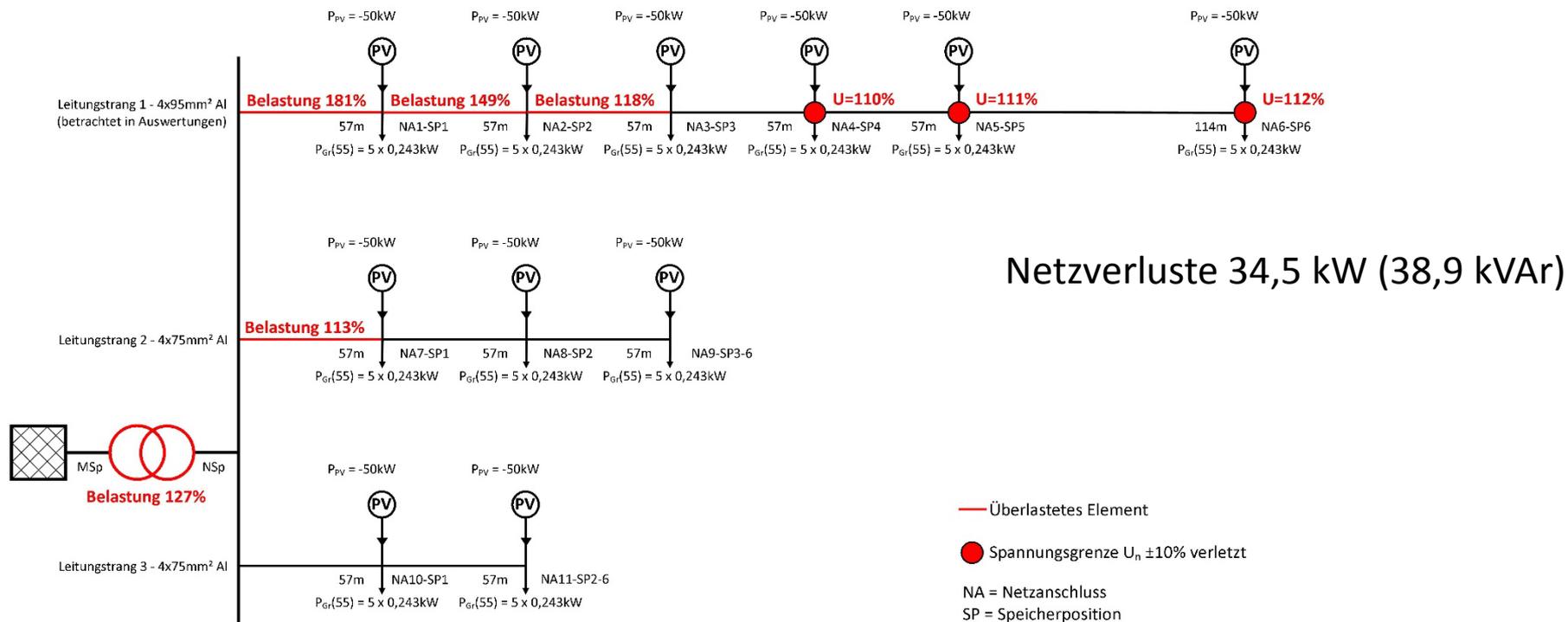
Spannungsverlauf im Referenznetz mit 11 Netzanschlüssen (55 Hausanschlüssen)  
 Vergleich dezentraler und zentraler Speichersysteme im Betriebsmodus "Ausspeichern"



## 5. Berechnungsvarianten

Netzverluste – verletzte Spannungsgrenzen – überlastete Elemente

Grundlast  $P_{gr} + PV$

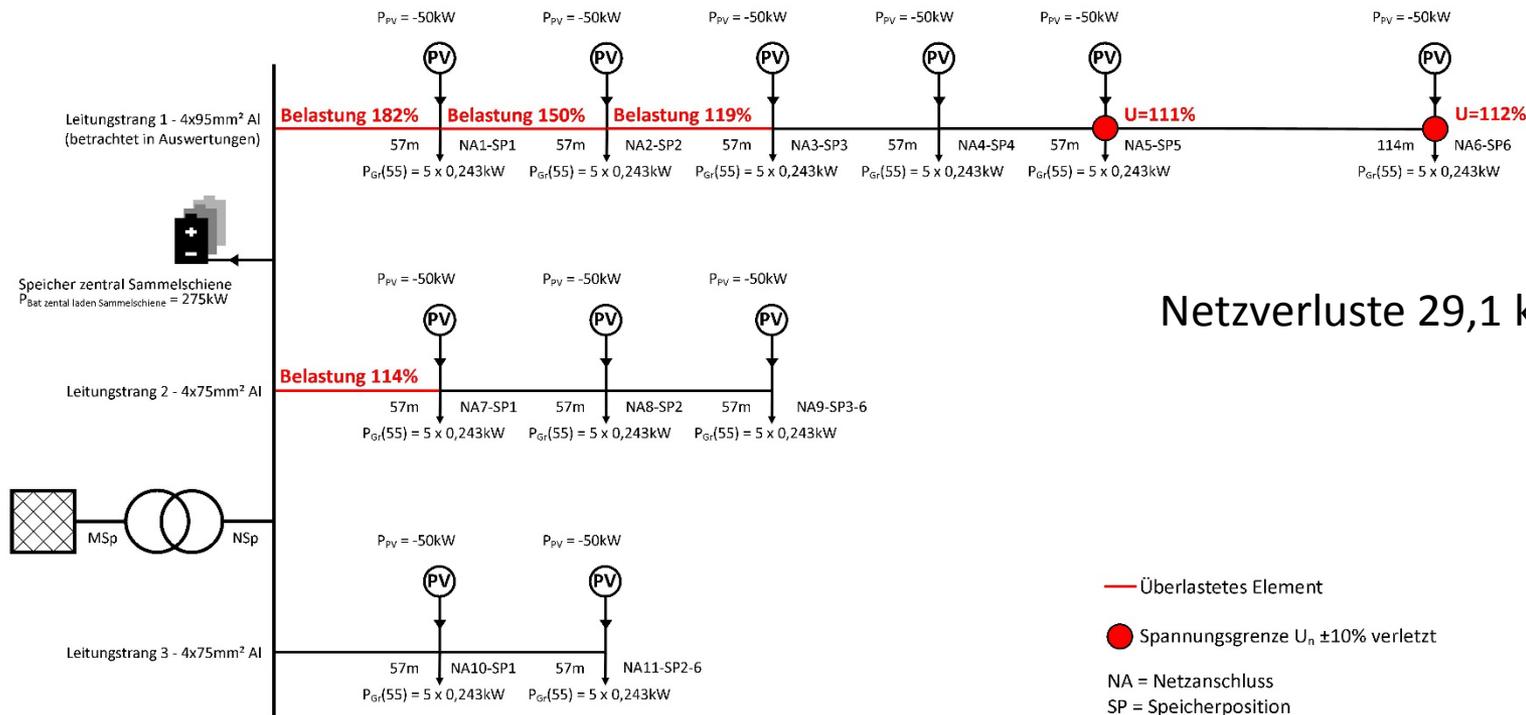


## Kombination von Einsatzmöglichkeiten von Speichersystemen für die Netzberechnungen im Niederspannungsnetz

### 5. Berechnungsvarianten

Netzverluste – verletzte Spannungsgrenzen – überlastete Elemente

Grundlast  $P_{gr}$  + PV + Speicher zentral laden Sammelschiene



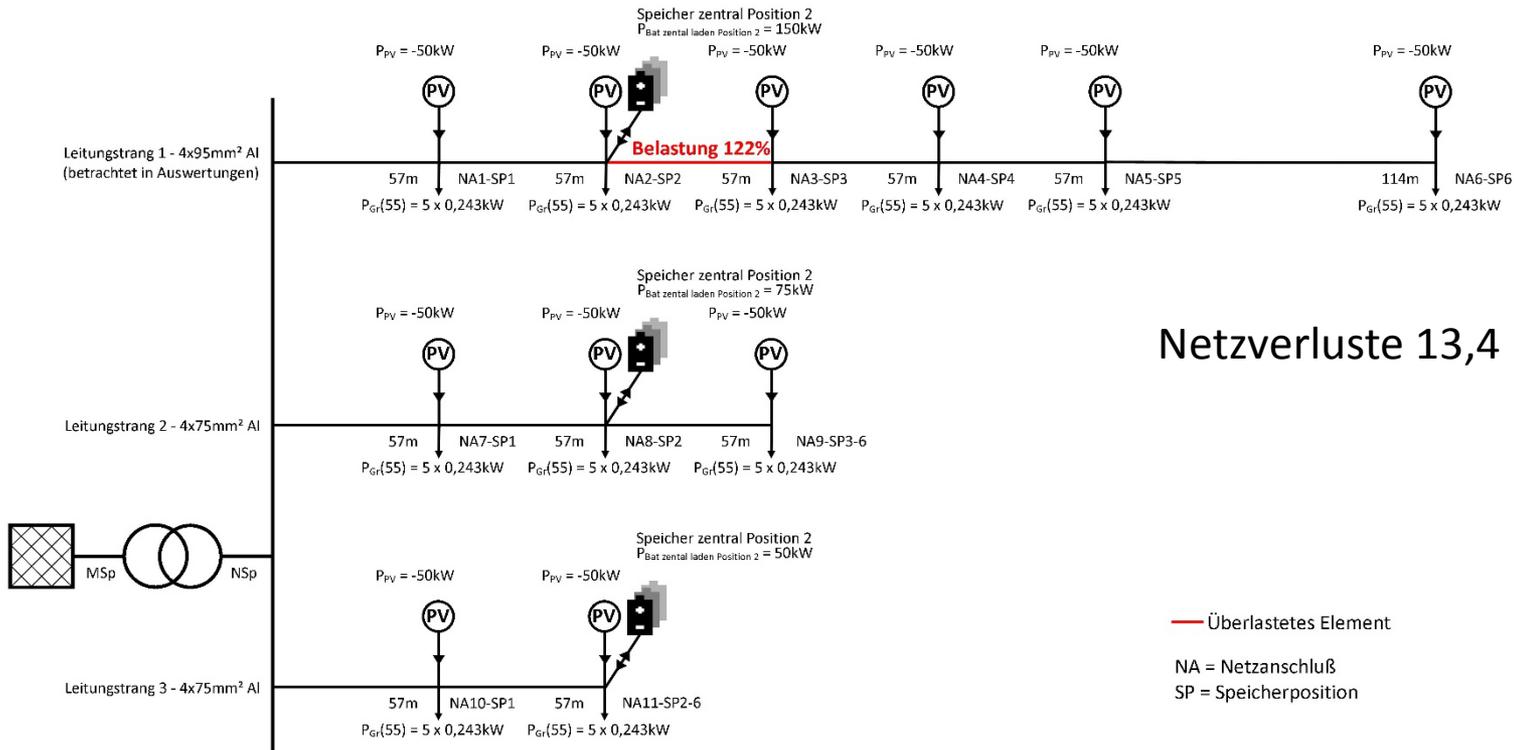
Netzverluste 29,1 kW (19,9 kVAr)

**Kombination von Einsatzmöglichkeiten von Speichersystemen für die  
 Netzberechnungen im Niederspannungsnetz**

## 5. Berechnungsvarianten

Netzverluste – verletzte Spannungsgrenzen – überlastete Elemente

**Grundlast  $P_{gr}$  + PV + Speicher zentral laden Position 2**



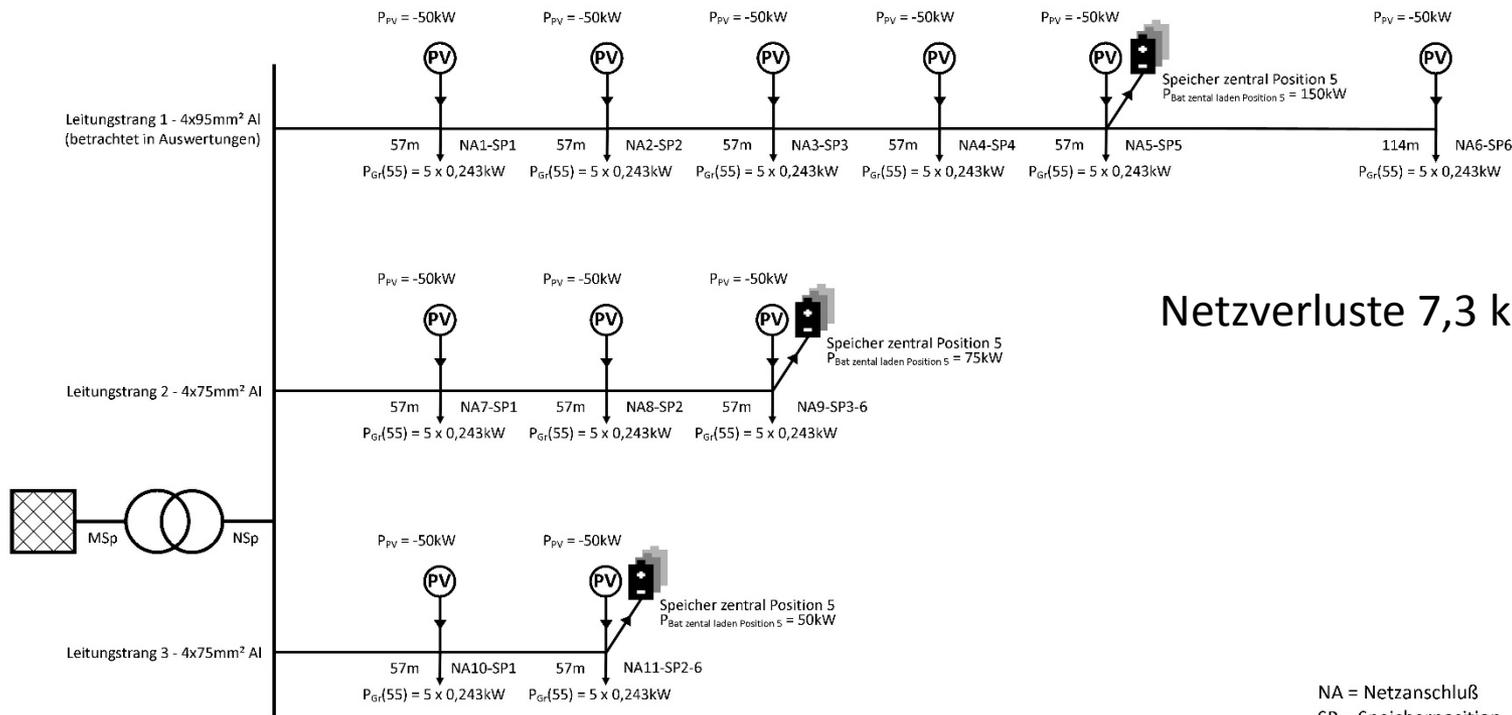
Netzverluste 13,4 kW (16,8 kVAr)

**Kombination von Einsatzmöglichkeiten von Speichersystemen für die  
 Netzberechnungen im Niederspannungsnetz**

## 5. Berechnungsvarianten

Netzverluste – verletzte Spannungsgrenzen – überlastete Elemente

**Grundlast  $P_{gr}$  + PV + Speicher zentral laden Position 5**



**Netzverluste 7,3 kW (15,6 kVAr)**



## Kombination von Einsatzmöglichkeiten von Speichersystemen für die Netzberechnungen im Niederspannungsnetz

### 6. Zusammenfassung und Ausblick

- Kombination von netzdienlichen Einsatzmöglichkeiten im Niederspannungsnetz erfordert ein Speichermanagement
- Energieflüsse durch Last und Erzeugung werden durch den Einsatz von Speichersystemen zukünftig stärker beeinflusst
- Speicher können sich auf Spannungsqualität und Netzverluste positiv auswirken
- Neben netzbetrieblichen Auswirkungen ebenfalls Einfluss auf die Netzplanung und Energiewirtschaft
- Zusätzlich zu statischen Betrachtungen werden dynamische Berechnungen durchgeführt werden
- Dynamische Berechnungen mit Berücksichtigung von Lastprofilen, Erzeugungsprofilen und essentiellen Speicherparametern wie Kapazität, Regelzeiten und maximal möglichen Leistungsgradienten

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

**Kombination von Einsatzmöglichkeiten von Speichersystemen für die  
Netzberechnungen im Niederspannungsnetz**

**Michael Kain<sup>1</sup>, Matthias Gaderer<sup>2</sup>, Alfons Haber<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Hochschule Landshut, Am Lurzenhof 1, D-84036 Landshut,  
michael.kain@haw-landshut.de, +49 (0) 871 506 423, [www.haw-landshut.de](http://www.haw-landshut.de)  
alfons.haber@haw-landshut.de, +49 (0) 871 506 230, [www.haw-landshut.de](http://www.haw-landshut.de)

<sup>2</sup> TUM Campus Straubing, Schulgasse 16, 94315 Straubing  
gaderer@tum.de, +49 (0) 9421 187 100, [www.res.cs.tum.de](http://www.res.cs.tum.de)