

---

# Comparison of peak shaving and atypical grid usage application for energy storage systems in the german industrial sector

Fabian Zimmermann, Dennis Pottmeier, Alexander Emde, Alexander Sauer

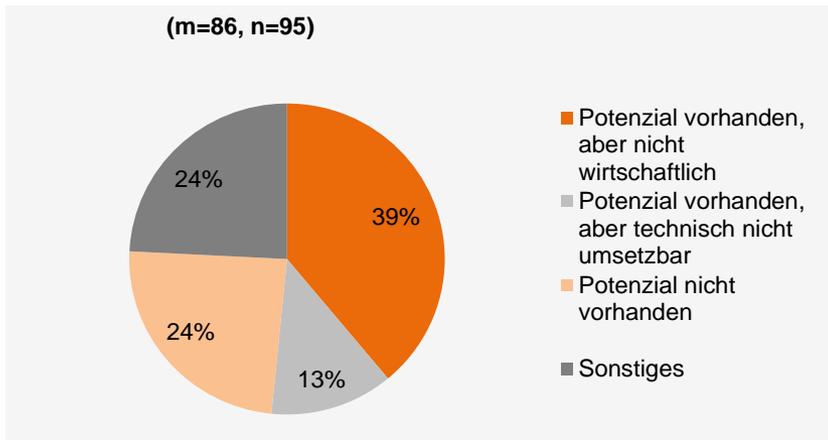
EnInnov 2020

---



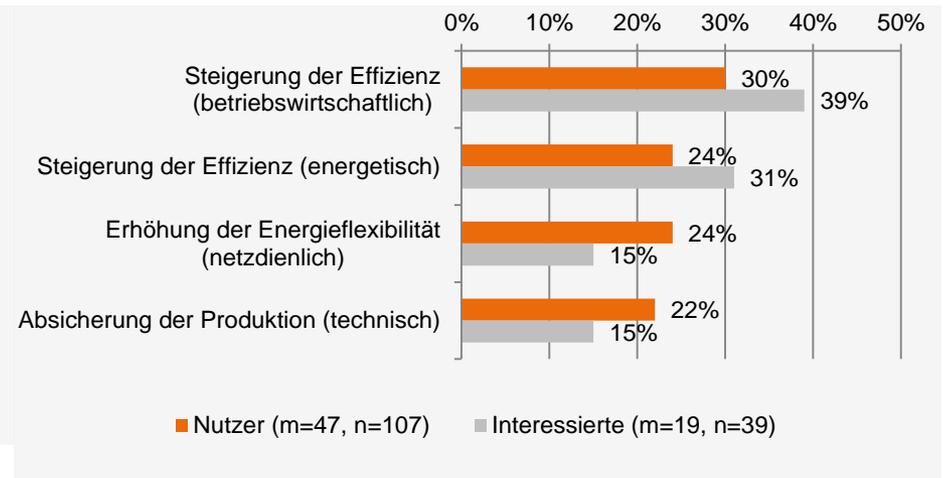
# Problemstellung

## Warum ist noch kein Energiespeicher integriert?



→ Potenzial vorhanden, aber noch nicht wirtschaftlich

## Treiber für Energiespeicherintegration?



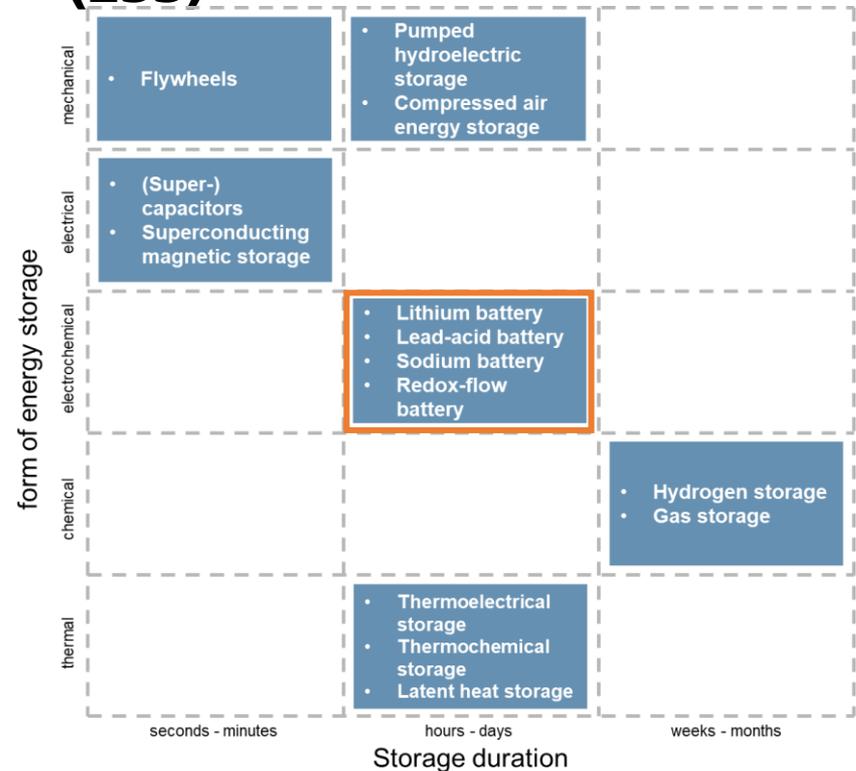
→ Fokus auf effizienzsteigernden Einsatzoptionen

# Ausgangssituation

## Industrielle Einsatzoptionen für ESS

- Absicherung der Produktion
  - Versorgungssicherheit
  - Versorgungsqualität
- Optimierung des Energiebezugs
  - Eigenverbrauchsoptimierung
  - Handel an der Strombörse
  - **Netzentgeltreduktion**
  - Rekuperation
- Bereitstellung von Systemdienstleistungen
  - Regelenenergiemarkt
  - Abschaltbare Lasten

## Energiespeichersysteme (ESS)



[Köhler et al. 2018, Sterner und Stadler (Hrsg.) 2017, Zimmermann et al. 2019]

© Institut für Energieeffizienz in der Produktion EEP



# Netzentgeltreduktion

- Netzentgelt: Gebühr, die jeder Netznutzer für die Übertragung des Stroms durch das Versorgungsnetz an die Netzbetreiber zahlen muss
- Regelungen in Stromnetzentgeltverordnung (StromNEV)
- Berechnung Netzentgelt:

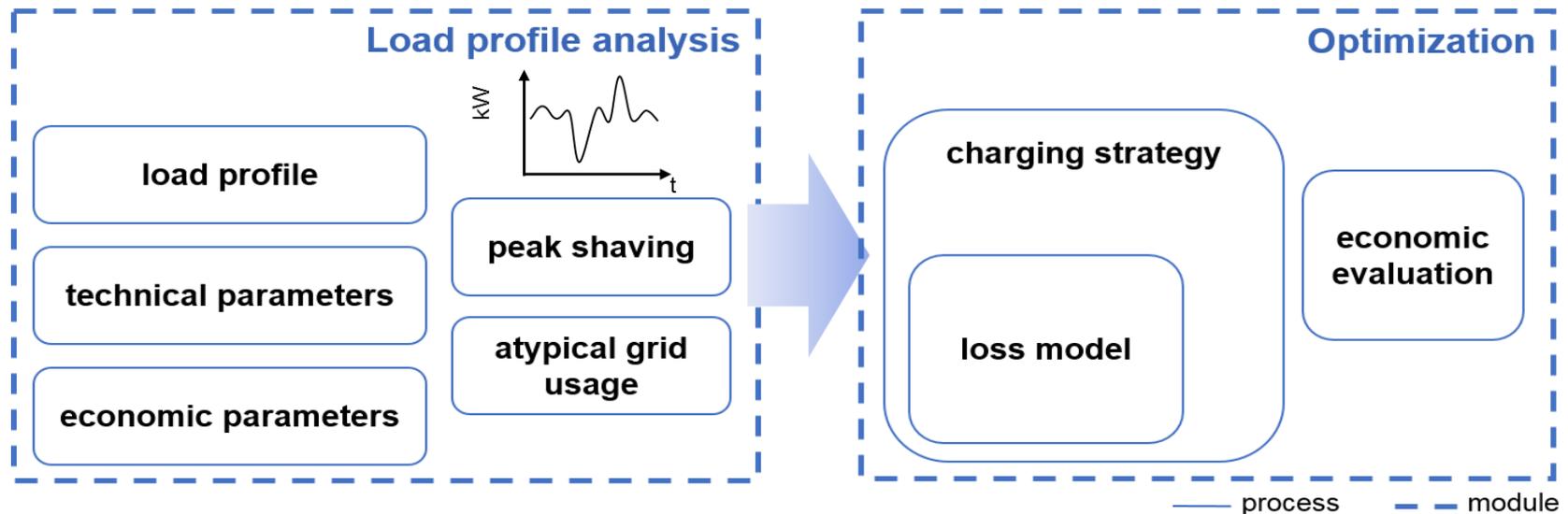
$$\text{Netzentgelt} = \text{Leistungspreis} \left( \frac{\text{€}}{\text{kW}} \right) \cdot \text{Jahreshöchstlast } P_{max} + \text{Arbeitskreis} \left( \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right) \cdot \text{Jahresarbeit } E_a$$

## → Unterscheidung

- Spitzenlastreduktion: Reduktion Jahreshöchstlast
- Atypische Netznutzung: Reduktion Höchstlast im Hochlastzeitfenster

# Methode zur Auslegung von ESS zur Netzentgeltreduktion

- Iterativer Prozess: ESS wird für jede mögliche Leistungsreduktion ausgelegt und bewertet
- Zielfunktion: maximaler Kapitalwert (NPV)



# Methode zur Auslegung von ESS

- Initialisierung des iterativen Optimierungsprozesses

- Spitzenlastreduktion

$$P_{max,ESS}(i) = P_{max,ESS}(i - 1) - P_{ESS}(i)$$

- Atypische Netznutzung

$$P_{PLTW,max,ESS} = P_{PLTW,max,ESS}(i - 1) - P_{ESS}(i)$$

- Beladestrategie: „möglichst spät die notwendige Energie aufnehmen“

- Berechnung des Kapitalwertes  $NPV$  mit Zinssatz  $z$

$$NPV = -I + \sum_{t=1}^{T_{ESS}} \frac{(E_t - At)}{(1 + z)^t}$$

# Ergebnisse - Eingangsgrößen

- Lastprofil: Automobilzulieferer
- Zinssatz  $z = 3\%$
- Preisdatenblatt (Arbeits-, Leistungspreise, HLZF)
- Kennzahlen Energiespeichertechnologien

| Kennzahlen                      | Blei-Säure-Batterie | Natrium-Batterie | Lithium-Batterie | Redox-Flow-Batterie |
|---------------------------------|---------------------|------------------|------------------|---------------------|
| Zyklenzahl [Zyklen]             | 852                 | 11750            | 5375             | 11000               |
| Kalendarische Lebensdauer [a]   | 10,0                | 15,0             | 17,0             | 17,5                |
| Entladetiefe [%]                | 60                  | 80               | 80               | 100                 |
| Wirkungsgrad [%]                | 81,5                | 76,5             | 93,5             | 74,5                |
| Selbstentladung [%/Tag]         | 0,170               | 0,025            | 0,050            | 0,300               |
| Spez. Investitionskosten [€/kW] | 222,50              | 465,00           | 160,00           | 475,00              |
| Spez. Investitionskosten [€/kW] | 345,00              | 680,00           | 150,00           | 1250,00             |
| Betriebskosten [€/kWh]          | 0,46                | 0,42             | 0,45             | 0,46                |

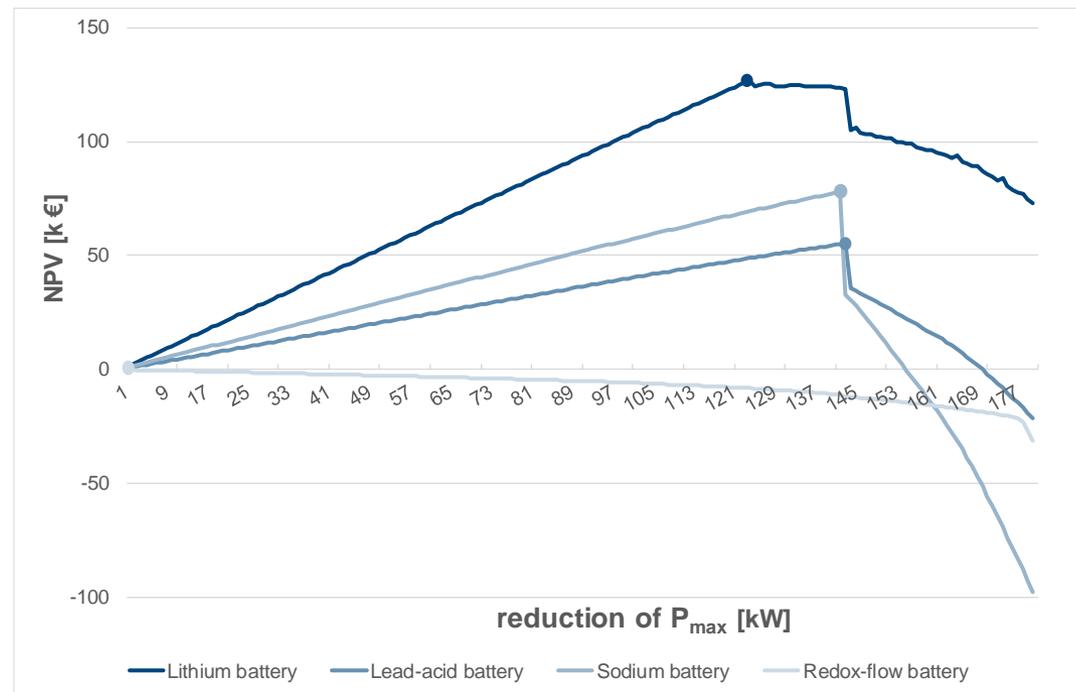
[Köhler et al.2018, NetzeBW 2018, Sterner und Stadler (Hrsg.) 2019]

© Institut für Energieeffizienz in der Produktion EEP

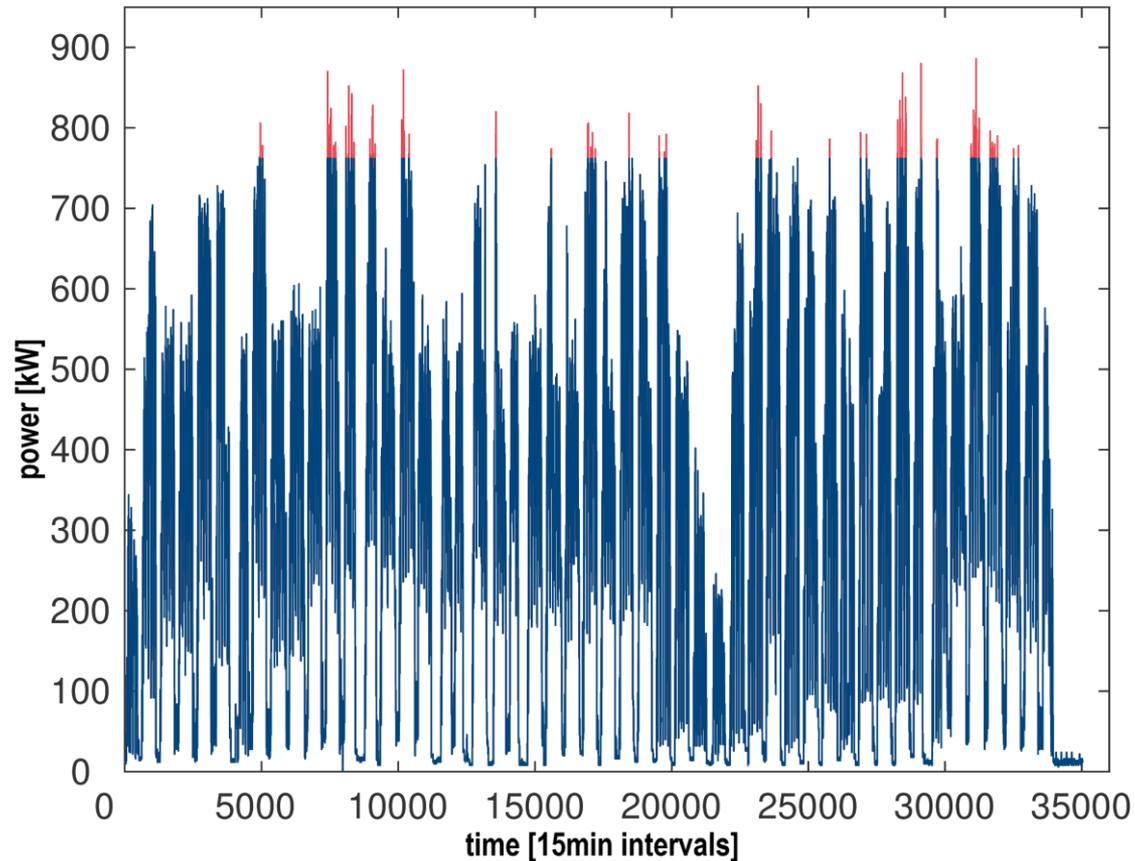


# Ergebnisse Spitzenlastreduktion

- Blei-Säure-, Natrium- und Lithium-Batterie erzielen positives Ergebnis
- Redox-Flow-Batterie nicht wirtschaftlich
- Lithium-Batterie am wirtschaftlichsten bei einer Reduktion der Jahreshöchstlast von 124 kW



# Ergebnisse - Spitzenlastreduktion



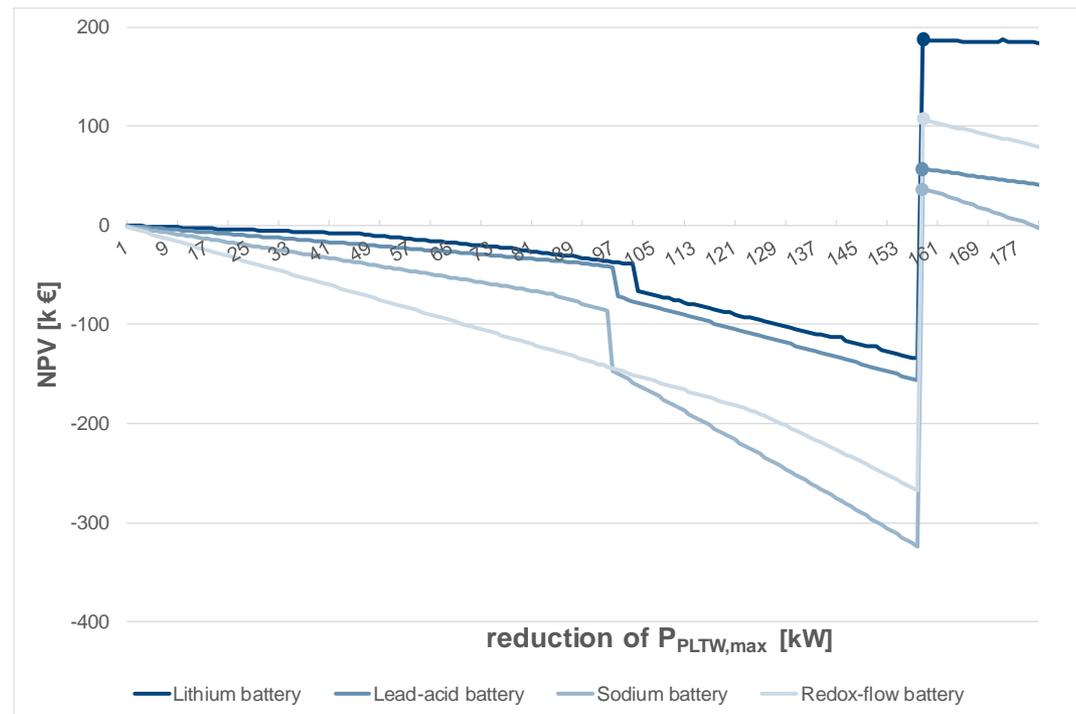
— Ist-Lastprofil

— Soll-Lastprofil



# Ergebnisse atypische Netznutzung

- Alle ESS-Technologien nicht wirtschaftlich, bis Voraussetzungen erfüllt
- Alle ESS-Technologien erzielen positives Ergebnis
- Lithium-Batterie am wirtschaftlichsten bei einer Reduktion der Höchstlast im HLZF von 158 KW



# Vergleich

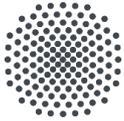
| Ergebnisse Lithium-Batterie | Spitzenlastreduktion | Atypische Netznutzung |
|-----------------------------|----------------------|-----------------------|
| Leistung ESS (kW)           | 145,03               | 184,79                |
| Kapazität ESS (kWh)         | 135,92               | 789,57                |
| Lebensdauer ESS (a)         | 15                   | 15                    |
| Investitionskosten (€)      | 21.754,39            | 126.331,39            |
| Netzentgeltreduktion (%)    | 13,07                | 28,03                 |
| Kapitalwert(€)              | 126.798,59           | 188.668,27            |

- ESS für atypische Netznutzung wirtschaftlicher, jedoch auch größer und damit teurer
- ESS Auslastung bei atypischer Netznutzung geringer, da HLZF nur im Herbst und Winter vorhanden → Potenzial für Kombination mit anderer Einsatzoption

# Fazit

- ESS für Netzentgeltreduktion wirtschaftlich
- Jedoch nur geringe Belastung mit Vollzyklen pro Jahr
- Lebensdauer des ESS gleichzeitig Bewertungszeitraum für Wirtschaftlichkeit
- Untersuchung für andere HLZF erforderlich, da diese sich jährlich ändern
  
- Ausblick
  - Erweiterung um weitere Einsatzoptionen
  - Erweiterung um hybride Energiespeichersysteme
  - Sensitivitätsanalyse, um Wirtschaftlichkeit zu überprüfen





**Universität Stuttgart**

Institut für Energieeffizienz  
in der Produktion EEP

**Vielen Dank!**



Dipl.-Wi.-Ing. (FH), MBE

**Fabian Zimmermann**

*Wissenschaftlicher Mitarbeiter*

E-Mail           fabian.zimmermann@ipa.fraunhofer.de

Telefon           +49 (0) 711 970 - 1908

Universität Stuttgart

Institut für Energieeffizienz in der Produktion

Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart

