HOCHSCHULE
HANNOVER
UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES
AND ARTS
–
Fakultät I
Elektro- und
Informationstechnik

Intelligente Energieverteilung

Harzwasserwerke GmbH

Kubica, Tomasz-Szymon

07.10.2026



Inhaltsverzeichnis

Kolloquium

1. Einleitung
- Motivation
- Ziel der Arbeit

2. Standort
- Grane
- Konzept der Energieoptimierung

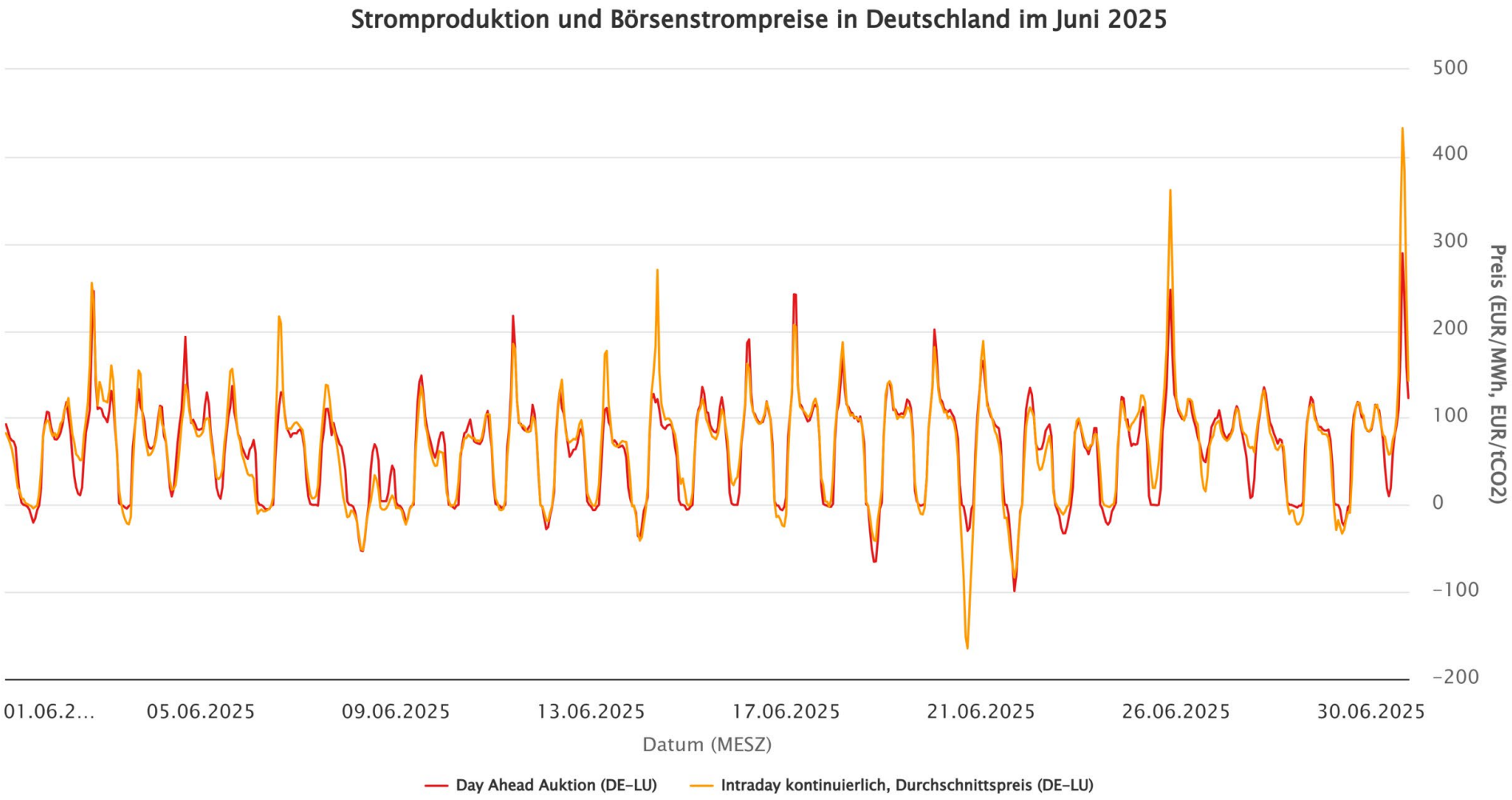
3. Methodik und wirtschaftliche Randbedingungen
- Optimierung des Speicherbetriebs
- Kostenstruktur des Strombezugs
- Wirtschaftliche Annahmen

4. Ergebnisse der Untersuchung
- Ergebnisse des MATLAB-Batteriespeichersystems
- PV-Anlage
- Gesamtsystem

5. Fazit und Ausblick
- Fazit
- Ausblick

1. Motivation

– Hohe Preisschwankungen am Strommarkt



Quelle: [Börsenstrompreise | Energy-Charts]

1. Motivation

- Leistungsabhängige Netzentgelte durch Lastspitzen
  - Juli 2024: Reform der Industrienetzentgelte
  - Testläufe in Industrieunternehmen

- Steigender Anteil erneuerbarer Energien
  - Stufenweiser Kohleausstieg ab 2030
  - 80 % erneuerbare Energien bis 2030

- Potenzial von Batteriespeichern und Energiemanagementsystemen
  - Flexibilität

1. Ziel der Arbeit

- Untersuchung eines Batteriespeichersystems und einer PV-Anlage an der Talsperre Grane

- Wirtschaftliche Bewertung verschiedener Speicherkapazitäten

- Optimierungsmodell mit MATLAB

- Bewertung der Integration eines KI-/EOS-Systems
  - Prognose
    - Wetter, Strompreise, Lastverlauf
  - Optimierung
  - Fahrplan



Inhaltsverzeichnis

Kolloquium

1. Einleitung
- Motivation
- Ziel der Arbeit

2. Standort
- Grane
- Konzept der Energieoptimierung

3. Methodik und wirtschaftliche Randbedingungen
- Optimierung des Speicherbetriebs
- Kostenstruktur des Strombezugs
- Wirtschaftliche Annahmen

4. Ergebnisse der Untersuchung
- Ergebnisse des MATLAB-Batteriespeichersystems
- PV-Anlage
- Gesamtsystem

5. Fazit und Ausblick
- Fazit
- Ausblick

2. Standort Granetalsperre

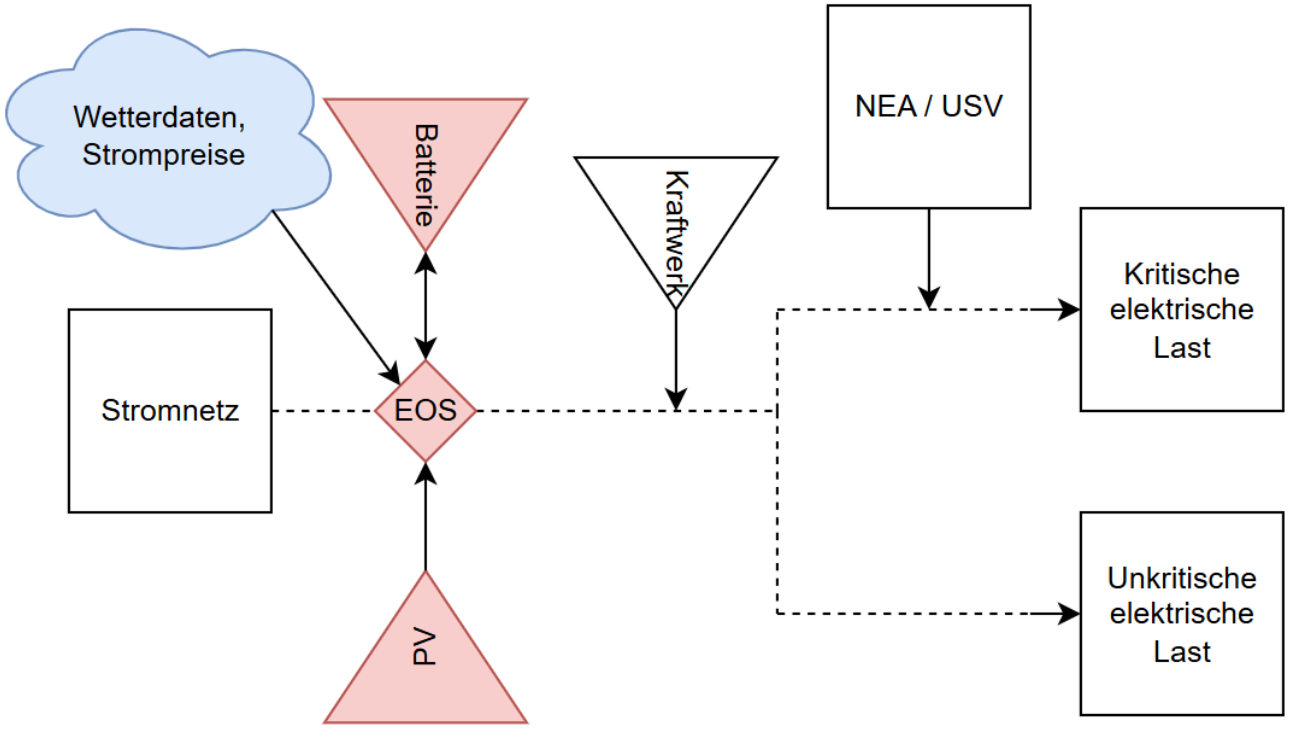
- Wasserwerk Grane – Harzwasserwerke GmbH
- Trinkwasseraufbereitung
- Trinkwasserversorgung



Quelle: HWW Flyer Grane 03-13_100x210.indd

2. Konzept der Energieoptimierung

- Photovoltaikanlage
- Batteriespeicher
- KI-gestütztes Energieoptimierungssystem
  - Cloud → Leitebene → Automation → Feldebene



Inhaltsverzeichnis

Kolloquium

1. Einleitung
- Motivation
- Ziel der Arbeit

2. Standort
- Grane
- Konzept der Energieoptimierung

3. Methodik und wirtschaftliche Randbedingungen
- Optimierung des Speicherbetriebs
- Kostenstruktur des Strombezugs
- Wirtschaftliche Annahmen

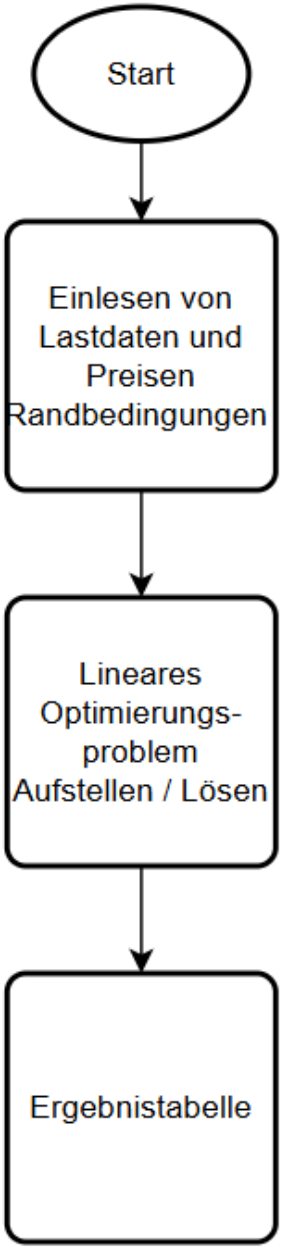
4. Ergebnisse der Untersuchung
- Ergebnisse des MATLAB-Batteriespeichersystems
- PV-Anlage
- Gesamtsystem

5. Fazit und Ausblick
- Fazit
- Ausblick

3. Optimierung des Speicherbetriebs

Modellierung
- MATLAB
- Lineares Optimierungsproblem

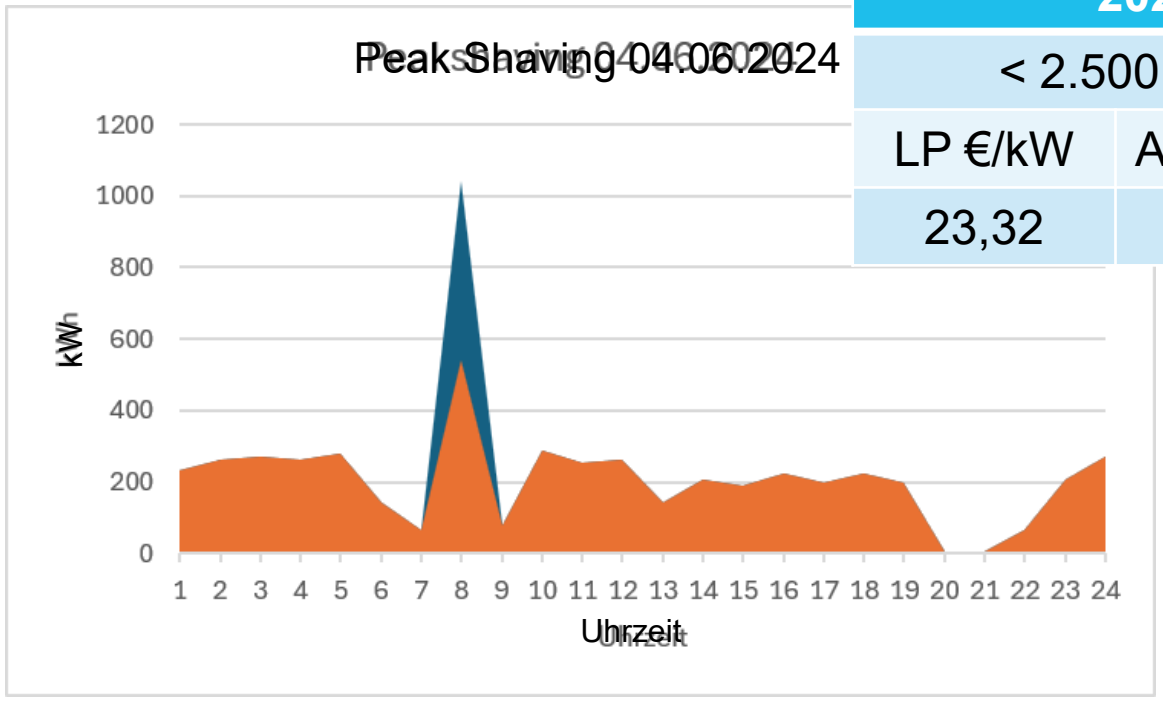
Zielfunktion
- Minimierung der Stromkosten
  - Strompreis
  - Leistungspreis
- Randbedingungen
  - Lithium-Eisenphosphat (LFP)
  - Lade-/Entladeleistung
  - Wirkungsgrad
  - SoC-Grenzen
  - …



3. Kostenstruktur des Strombezugs

– Energieabhängige Kosten
  - Strompreis (Börse)

– Leistungsabhängige Kosten
  - Netzentgelt abhängig von der maximalen Netzbezugsleistung
  - Peak Shaving



2024 Avacon Netz GmbH			
< 2.500 Bn		> 2.500 Bn	
LP €/kW	AP ct/kWh	LP €/kW	AP ct/kWh
23,32	7,74	185,67	1,25

3. Wirtschaftliche Annahmen

- Batteriespeicher
  - Investitionskosten (CAPEX): 300 €/kWh
    - Gesamtanlage einschließlich Anschluss
  - Betriebskosten (OPEX): 1 % der CAPEX pro Jahr
  - Betrachtungszeitraum: 15 Jahre

- Photovoltaikanlage
  - Installierte Leistung: 211 kWp
  - Investitionskosten: ≈ 330.000 €
  - Betriebskosten (OPEX): 1 % der CAPEX pro Jahr
  - Betrachtungszeitraum: 20 Jahre

Inhaltsverzeichnis

Kolloquium

1. Einleitung
- Motivation
- Ziel der Arbeit

2. Standort
- Grane
- Konzept der Energieoptimierung

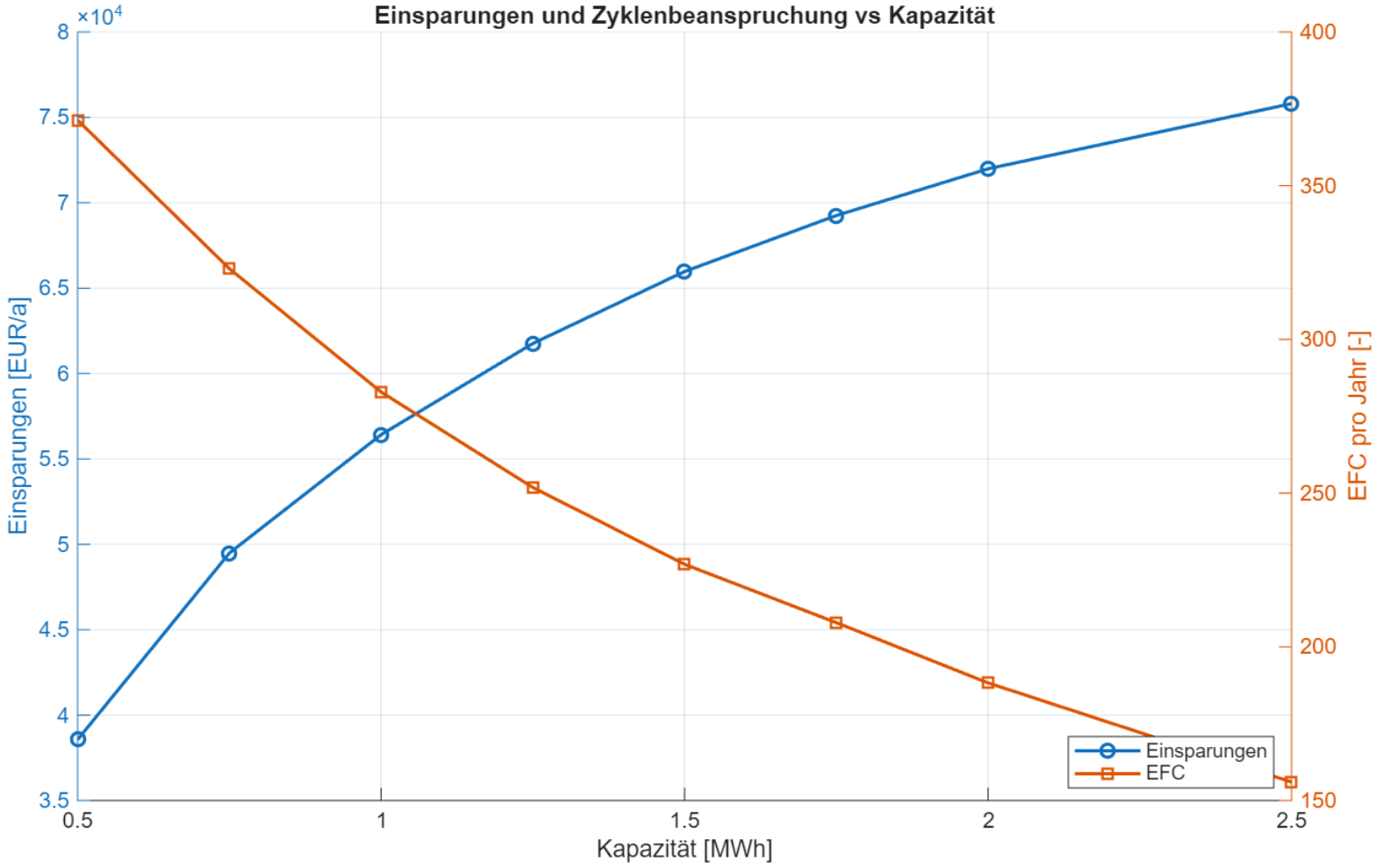
3. Methodik und wirtschaftliche Randbedingungen
- Optimierung des Speicherbetriebs
- Kostenstruktur des Strombezugs
- Wirtschaftliche Annahmen

4. Ergebnisse der Untersuchung
- Ergebnisse des MATLAB-Batteriespeichersystems
- PV-Anlage
- Gesamtsystem

5. Fazit und Ausblick
- Fazit
- Ausblick

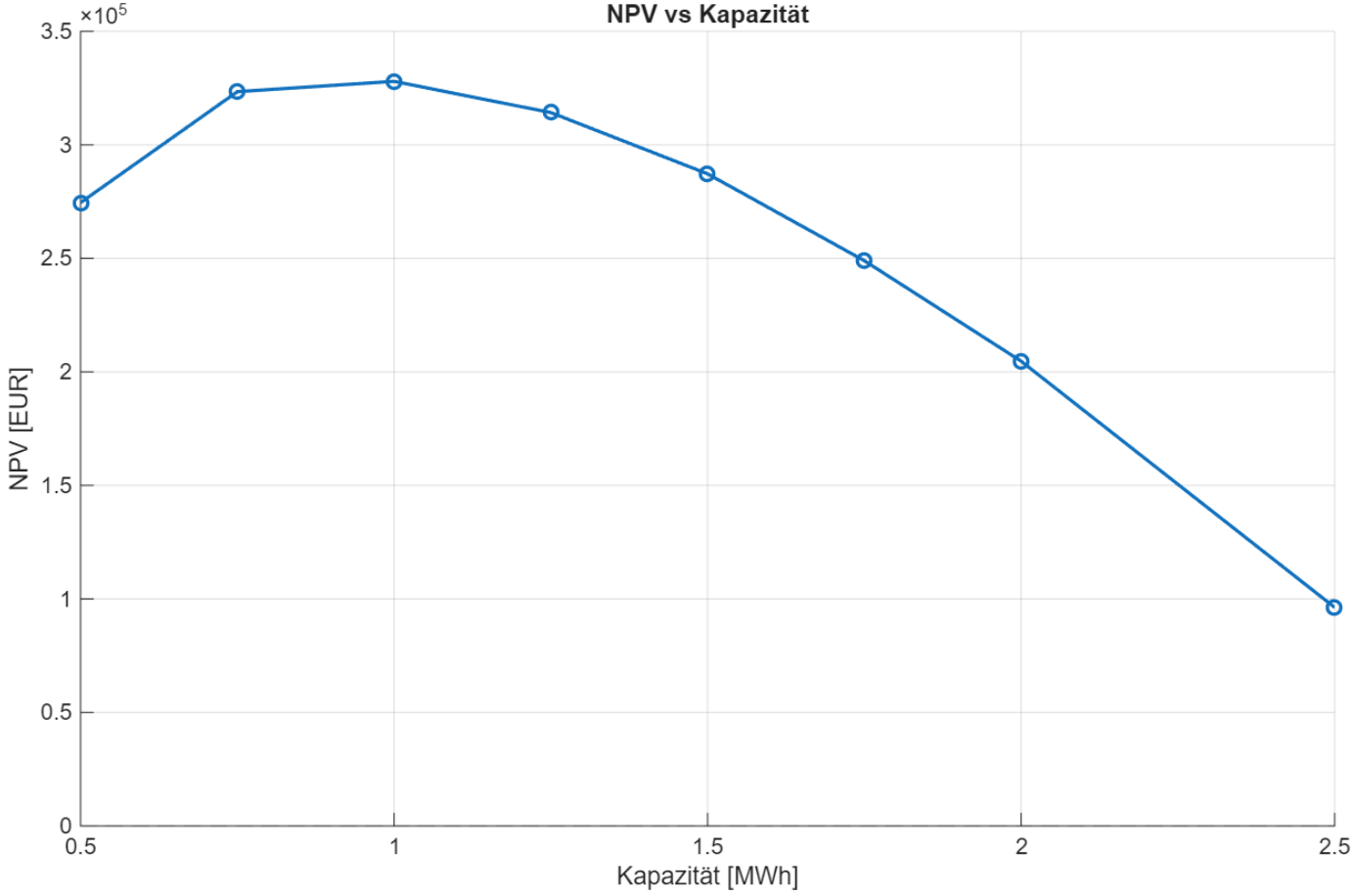
4. MATLAB-Batteriespeichersystem

- Steigende Einsparungen bei größerer Kapazität
- Steigende Investitionskosten
- Größere Speicher: weniger äquivalente Vollzyklen (EFC)



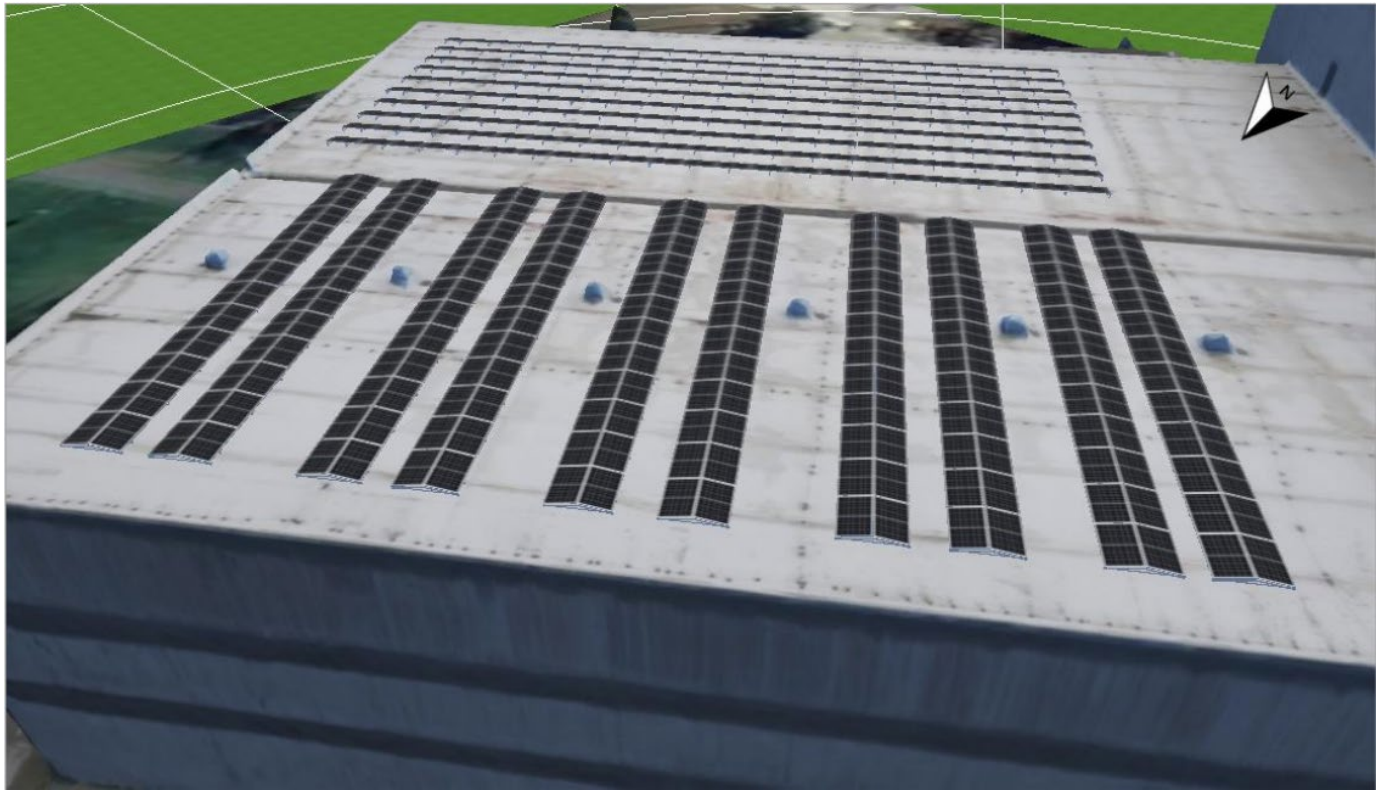
4. MATLAB-Batteriespeichersystem

- CAPEX 300.000 € / Einsparungen im Jahr ca. 56.000 €
- Amortisationszeit ca. 6 Jahre
- Jährliche Zyklenbeanspruchung $EFC_a\ ca. 283$
- Angenommene Lebensdauer 8.000 Zyklen

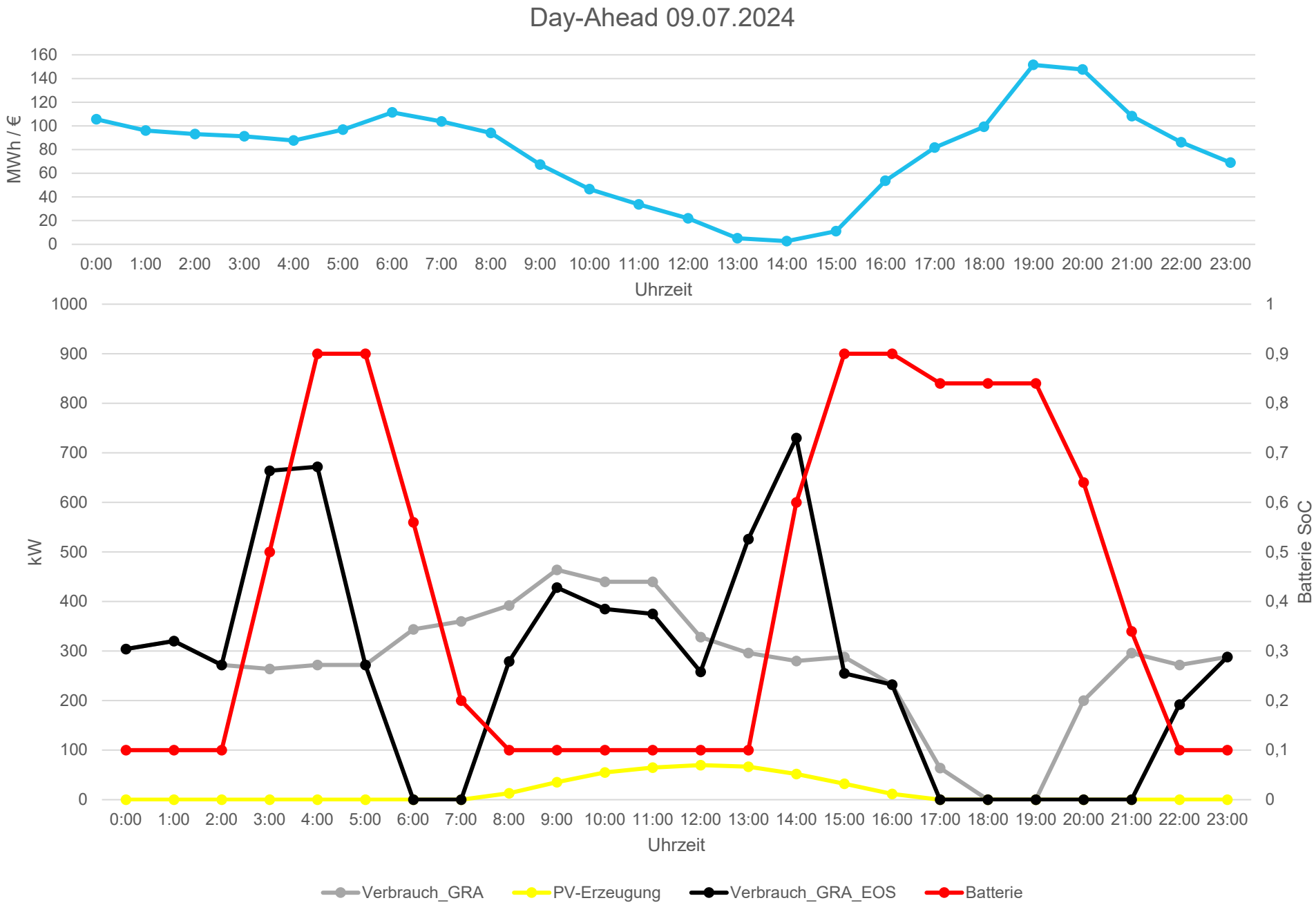


4. PV-Anlage

- PV-Anlage mit drei Modulflächen
- Installierte Leistung: 211 kWp
- Energieertrag jährlich: ca. 182.000 kWh
- Amortisationszeit: ca. 11,5 Jahre
- Kapitalwert nach 14 Jahren erstmals positiv



4. Gesamtsystem



Inhaltsverzeichnis

Kolloquium

1. Einleitung
- Motivation
- Ziel der Arbeit

2. Standort
- Grane
- Konzept der Energieoptimierung

3. Methodik und wirtschaftliche Randbedingungen
- Optimierung des Speicherbetriebs
- Kostenstruktur des Strombezugs
- Wirtschaftliche Annahmen

4. Ergebnisse der Untersuchung
- Ergebnisse des MATLAB-Batteriespeichersystems
- PV-Anlage
- Gesamtsystem

5. Fazit und Ausblick
- Fazit
- Ausblick

5. Fazit

- Batteriespeicher
  - Wirtschaftliches Optimum bei 1,0 MWh
  - Amortisationszeit ca. 6 Jahre
  - Deutlich positiver Kapitalwert (NPV) im Betrachtungszeitraum
  - Wirtschaftlich sinnvoll für den Standort

- Photovoltaikanlage
  - Amortisationszeit ca. 11,5 Jahre
  - Kapitalwert (NPV) nach 14 Jahren erstmals positiv
  - Wirtschaftlich realisierbar

- Energieoptimierungssystem
  - EOS ermöglicht einen optimierten Speicherbetrieb
  - Die Kombination aus PV-Anlage, Batteriespeicher und EOS verbessert die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems

5. Ausblick

- Möglicher Ausbau der Photovoltaikanlage
  - Freiflächenanlagen

- Integration zusätzlicher flexibler Verbraucher
  - Wärmepumpe
  - Kälteanlagen
  - Elektrofahrzeuge

- Praktische Implementierung und Auswertung realer Betriebsdaten

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

Fragen?

Kubica, Tomasz-Szymon
Intelligente Energieverteilung
Hochschule Hannover / Harzwasserwerke GmbH

