
Eine Limit Order Book-basierte Einsatzoptimierung eines EE-Anlagenportfolios für den kontinuierlichen Intraday-Handel

Alexander Dreher, M.Sc.

Strommarkttreffen TU Berlin, Freitag den 07.06.2019



AGENDA

- Rahmen des Vortrags
- Kontext – Energiemanagement am Fraunhofer IEE
- Kurzfristige Strommärkte und das Anlagenportfolio
- Optimierungsansatz für den Intraday-Handel
- Ergebnisse

Was beinhaltet der Vortrag?

- Einsatzoptimierung eines (kleinen) EE-Anlagenportfolios für Day-Ahead Auktion und Intraday-Handel
- Methodenentwicklung auf Basis eines internationalen Projektes
- Möglichkeit der Flexibilitätsnutzung in einigen XBID-Gebotszonen & in der Zukunft (EBGL, Art. 17)
 - Einsatz von Flexibilitäten zum Prognosefehlerausgleich
 - Markt- und netzdienliche Flexibilitätsnutzung eines BHKW
- Für Intraday-Handel: Market Orders ("fill-or-kill")

Was beinhaltet der Vortrag nicht?

- Detaillierte Betrachtungen der Modellierung und Ergebnisse
- Optimaler Handels- und Optimierungszeitpunkt und Limit Order-Platzierung (Handelsstrategie)
- Berücksichtigung von sonstigen anfallenden Kosten für Intraday-Energiehandel

Werkzeug und Weg

Software: microSCOPE (Python, Pyomo, Jenkins, Docker, Java, ...);
diskrete mathematische Optimierung; Solver: Gurobi;
Optimierungszeit: < 1 Sek. für gegebene Eingabe (Problemgröße)
→ **geringe Rechenzeit wichtig für den kontinuierlichen Intraday-Handel**

Fraunhofer IEE **ENERGIEMANAGEMENTSYSTEME**



EE-Erzeugungsportfolios

Einsatzplanung für EE-Anlagenportfolios

- Erzeugung | Verbrauch | Speicherung
- Elektrizität | Wärme | Gas | Biomasse

Monitoring und zentrale Steuerung



Energiesysteme Stadt und Land

Energiemanagement in Kommunen, Liegenschaften, Quartieren, Haushalten

- Betriebsführungs- und Regelungsstrategien
- Lastmanagement | Eigenversorgung | Erzeugungsplanung | Speicherung | Lademanagement



Energiemanagement in Gewerbe & Industrie

- Energiemanagementkonzepte
- Lastmanagement für Industrieanlagen, Wasserwerke, Gewächshäuser, ...
- Erzeugungsplanung | Zwischenspeicherung | Prozesswärmenutzung | Wärmeerzeugung | Eigenversorgung Strom

microSCOPE



KI-Verfahren



ENERGIEMANAGEMENTKONZEPTE

SEIIMA
social energy management

microSCOPE

ENERGIEMANAGEMENTSOFTWARE

- Anlageneinsatz- und Fahrplanoptimierung
- Wirtschaftliche Kosten- und Flexibilitätspotenzialanalysen
- Unterstützung von Investitionsentscheidungen
- Automatisierte Anlagensteuerung über IEE.vpp oder externe Leitsystem-Software

IN DER ENTWICKLUNG

Optimierungsmodelle basierend auf Verfahren des maschinellen Lernens



ENERGIEMANAGEMENTKONZEPTE

- Entwicklung und Bewertung von Betriebsführungs- oder Regelungsstrategien
- Co-Simulationsansätze für effiziente Gebäude- und Liegenschaftsbewirtschaftung
- Integration von Wärme- und Energiebedarfsprognosen



SOCIAL ENERGY MANAGEMENT

- Neue Interaktionskonzepte durch nutzerorientierte Energieplattformen
- EE-Orientierung im Stromverbrauch, Gamification, Community-driven

Überblick organisierte kurzfristige Märkte

Markt und Zeit	Kontinuierlicher Intraday-Handel Nord Pool	FRR Auktionen (aFRR, mFRR)	Day-Ahead Auktion EPEX Spot (demnächst + Nord Pool)	Intraday-Auktion EPEX Spot	XBID Kontinuierlicher Intraday-Handel (grenzübergreifend, NEMO)	Kontinuierlicher Intraday-Handel EPEX Spot
	Beginn (GOT) am Vortag bis 23.45 Uhr am Liefertag (GCT)	<u>Nur</u> am Vortrag			Beginn (GOT) am Vortag bis 23 Uhr am Liefertag (GCT)	Beginn (GOT) am Vortag bis 23.40 Uhr am Liefertag (GCT)
	8 Uhr	9 Uhr	12 Uhr	15 Uhr	Beginn 15 Uhr	Beginn 15 & 16 Uhr

Tag vor physischer Erbringung / Lieferung

EE-Anlagenportfolio

Energieform:

- Elektrizität
- Biogas
- Wärme
- Sonne
- Wind
- Holz

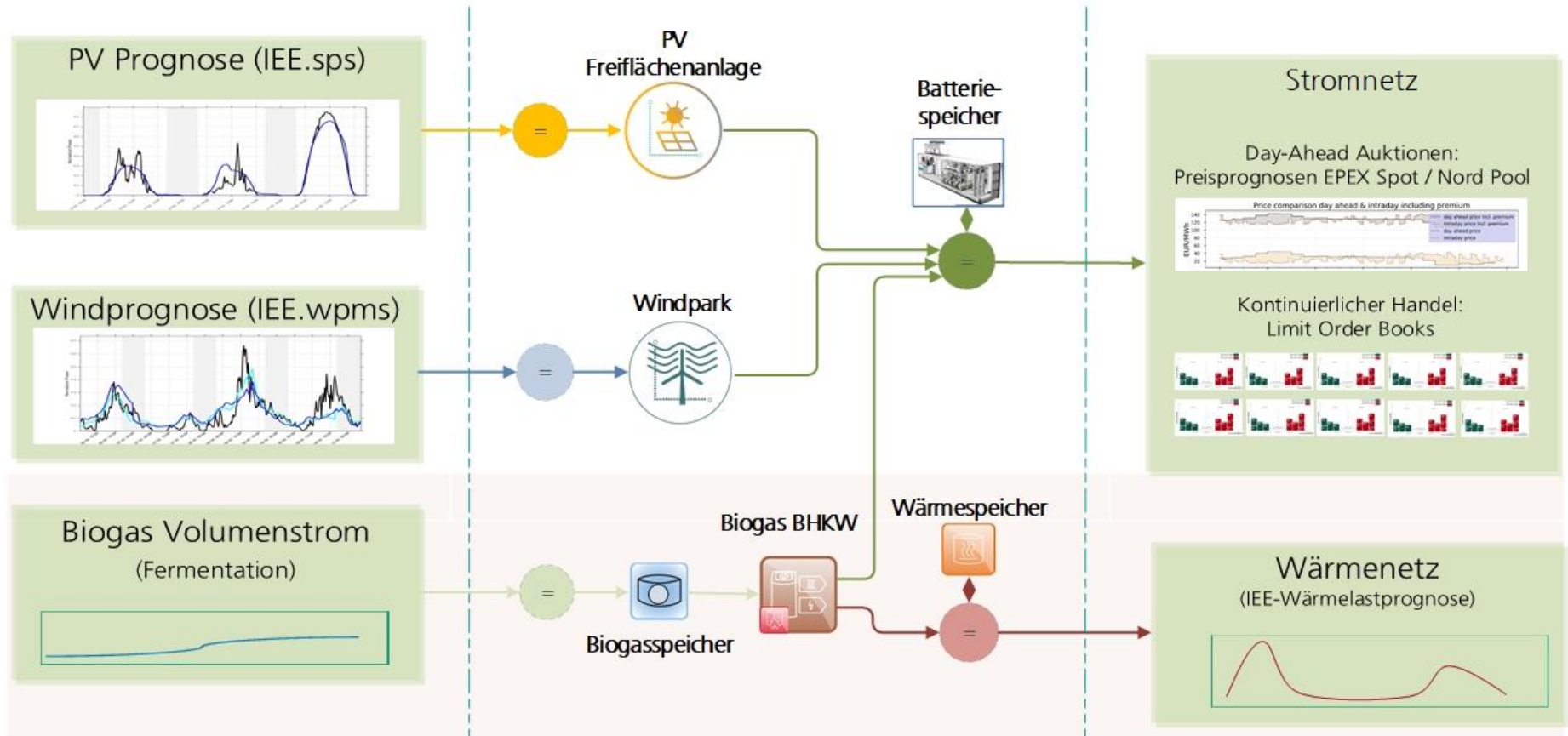
= Bilanzpunkt

microSCOPE

Energiequellen

Technische Einheiten

Energiesenken



Limit Order Book (LOB)

Für den kontinuierlicher Intraday-Handel (und eine Viertelstunde/Stunde)



Quelle: basiert auf Gould et al. (2013)

Übertragung LOB auf Koordinaten- und Gleichungssystem

Für diskrete mathematische Optimierung (gemischt-ganzzahlige lineare Programmierung)



Ablauf der Einsatzoptimierung

VORTAG

Markt und Zeit	Kontinuierlicher Intraday-Handel Nord Pool	FRR Auktionen (aFRR, mFRR)	Day-Ahead Auktion EPEX Spot (demnächst + Nord Pool)	Intraday-Auktion EPEX Spot	XBID Kontinuierlicher Intraday-Handel (grenzübergreifend, NEMO)	Kontinuierlicher Intraday-Handel EPEX Spot
	Beginn (GOT) am Vortag bis 23.45 Uhr am Liefertag (GCT)	Nur am Vortag			Beginn (GOT) am Vortag bis 23 Uhr am Liefertag (GCT)	Beginn (GOT) am Vortag bis 23.40 Uhr am Liefertag (GCT)
	8 Uhr	9 Uhr	12 Uhr	15 Uhr	Beginn 15 Uhr	Beginn 15 & 16 Uhr

LIEFERTAG

8 Uhr	9 Uhr	12 Uhr	15 Uhr	Beginn 15 Uhr	Beginn 15 & 16 Uhr

OPTIMIERUNG 1

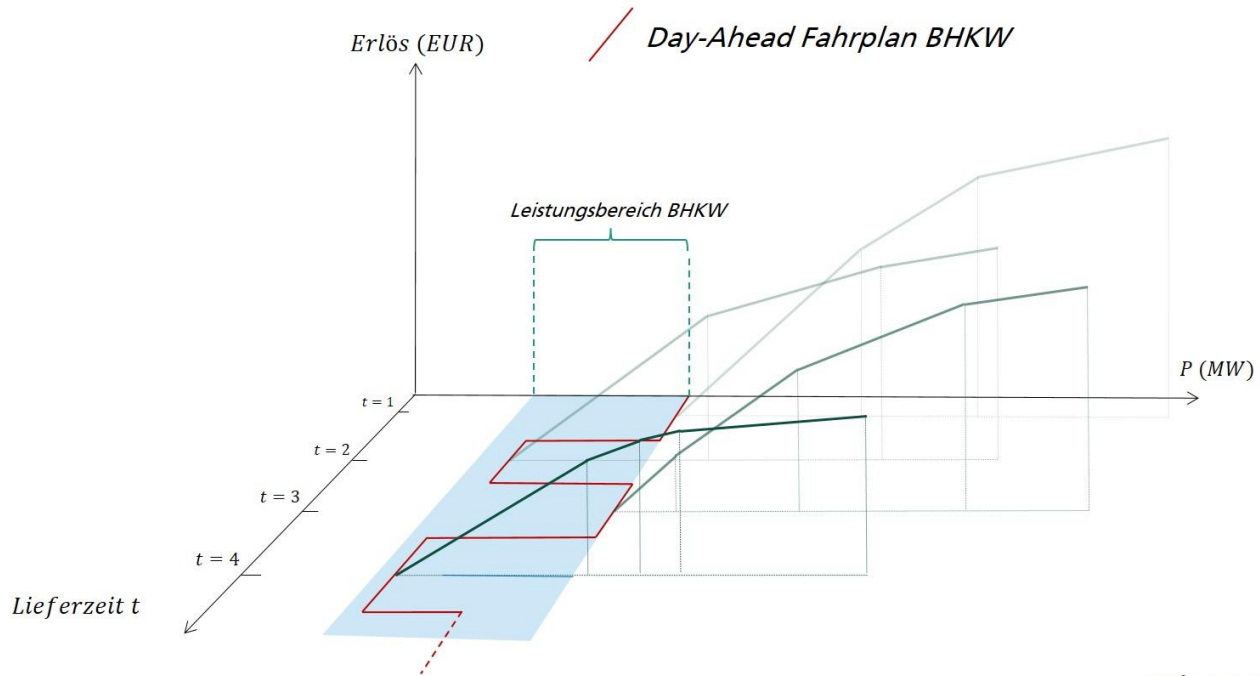
Day-Ahead Auktion

OPTIMIERUNG 2

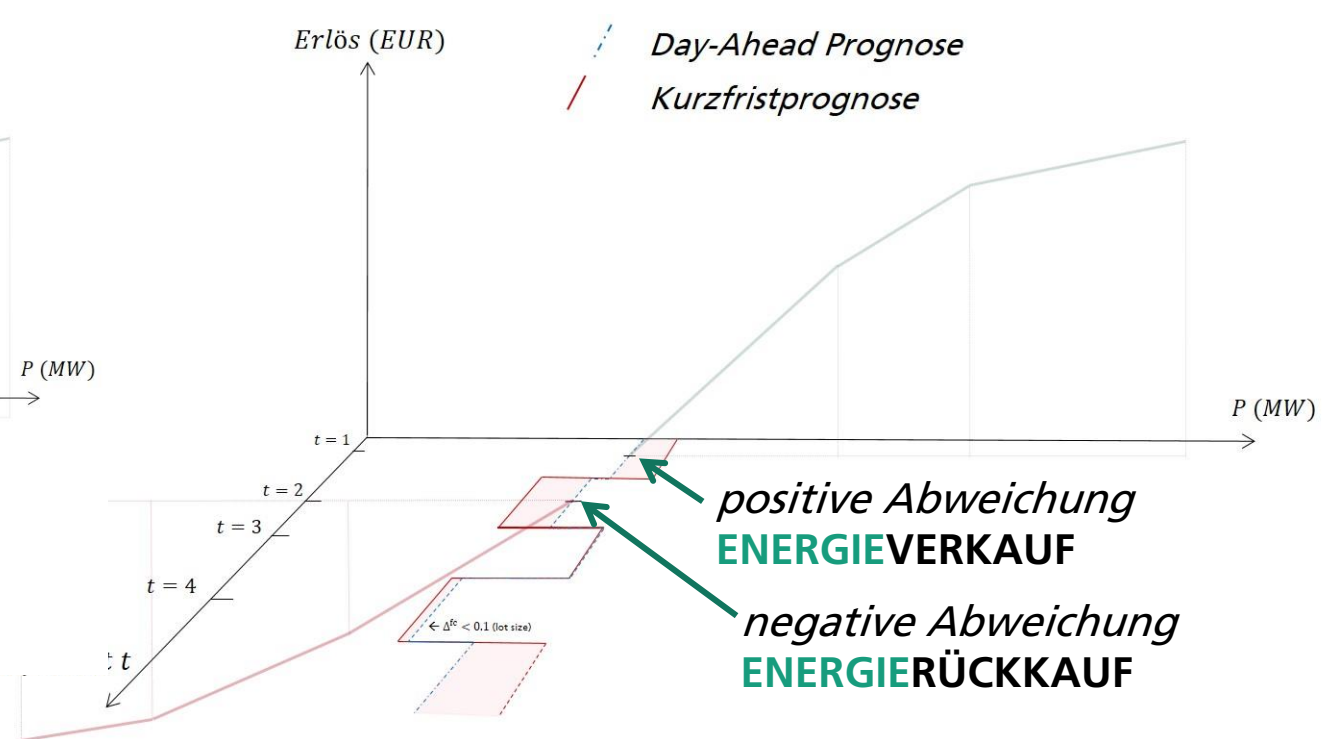
Kontinuierlicher Intraday-Handel (XBID)
Fahrplananpassung (Liefertag < 09.00 Uhr)

Übertragung auf zuvor gehandelten Fahrplan (Day-Ahead)

Schematische Darstellung BHKW (Bsp. Bid Side)

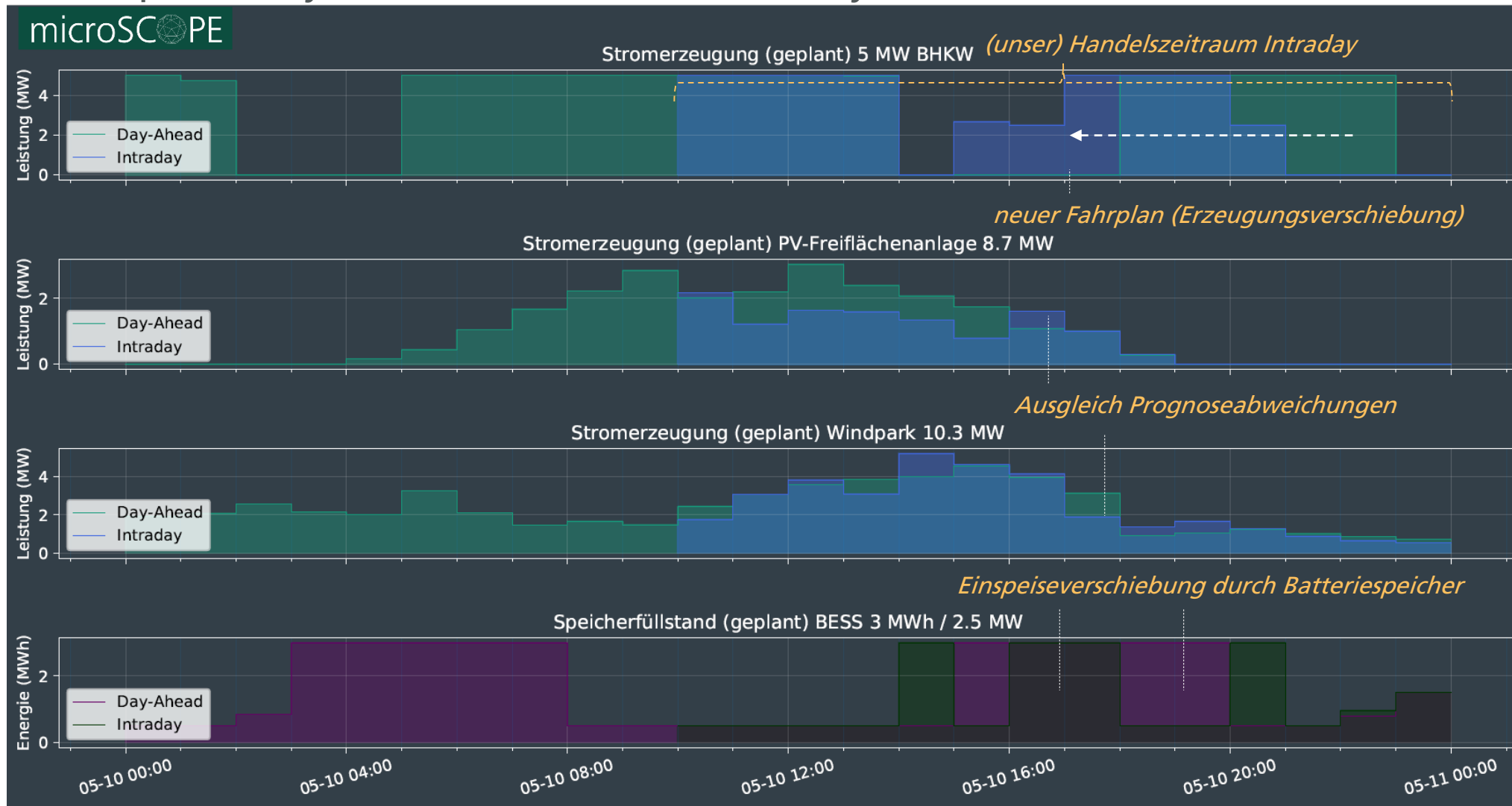


Schematische Darstellung volatile Erzeugung (Bsp. Ask und Bid Side)



Optimierungsergebnisse (1)

Fahrpläne Day-Ahead Auktion und Intraday-Handel



Fahrplananpassung

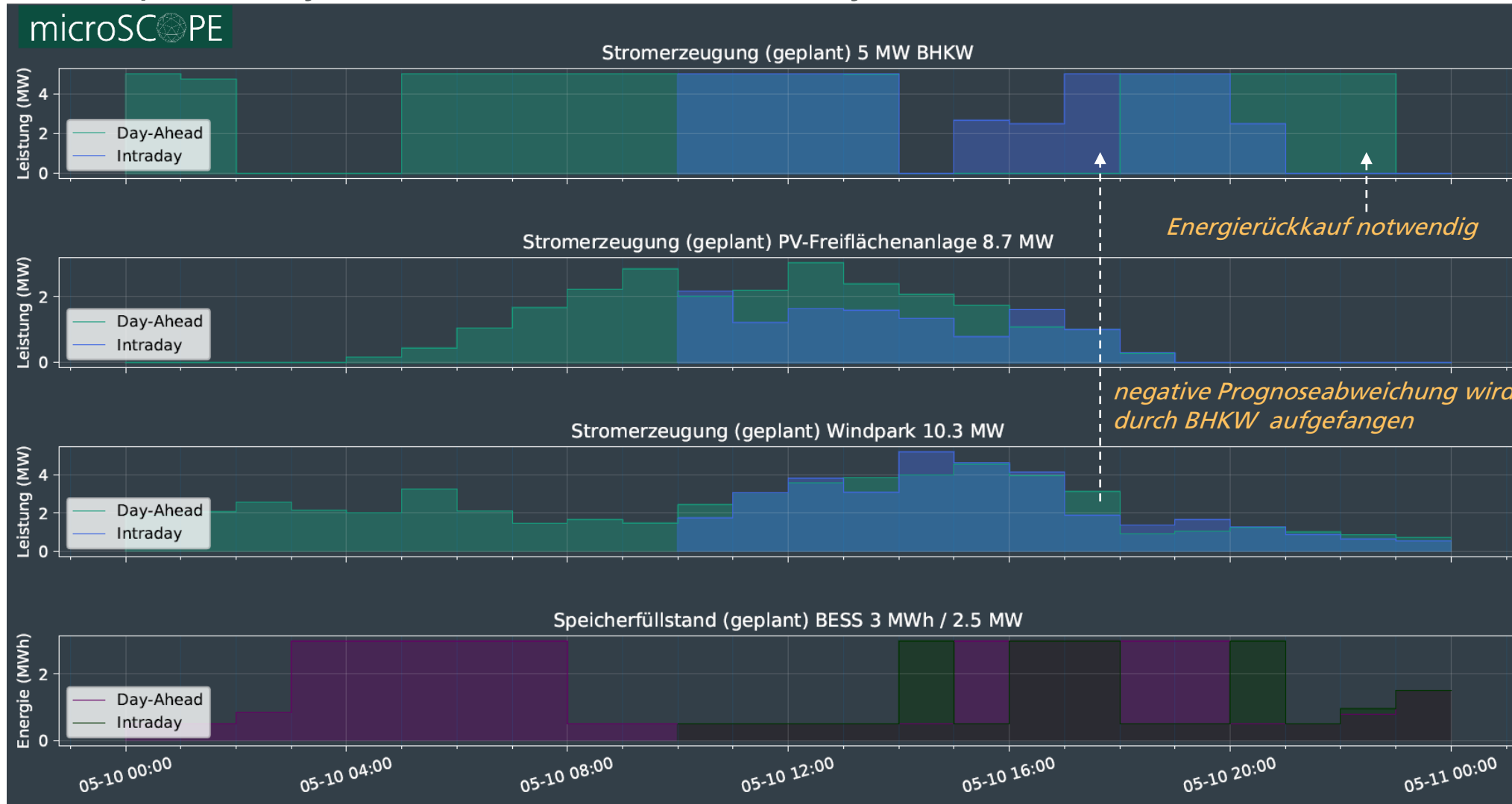
Zuvor gehandelte Fahrpläne müssen berücksichtigt werden

Speicherfüllstand

*Verschiebung zur optimalen Bewirtschaftung
(keine Regelreserve hier)*

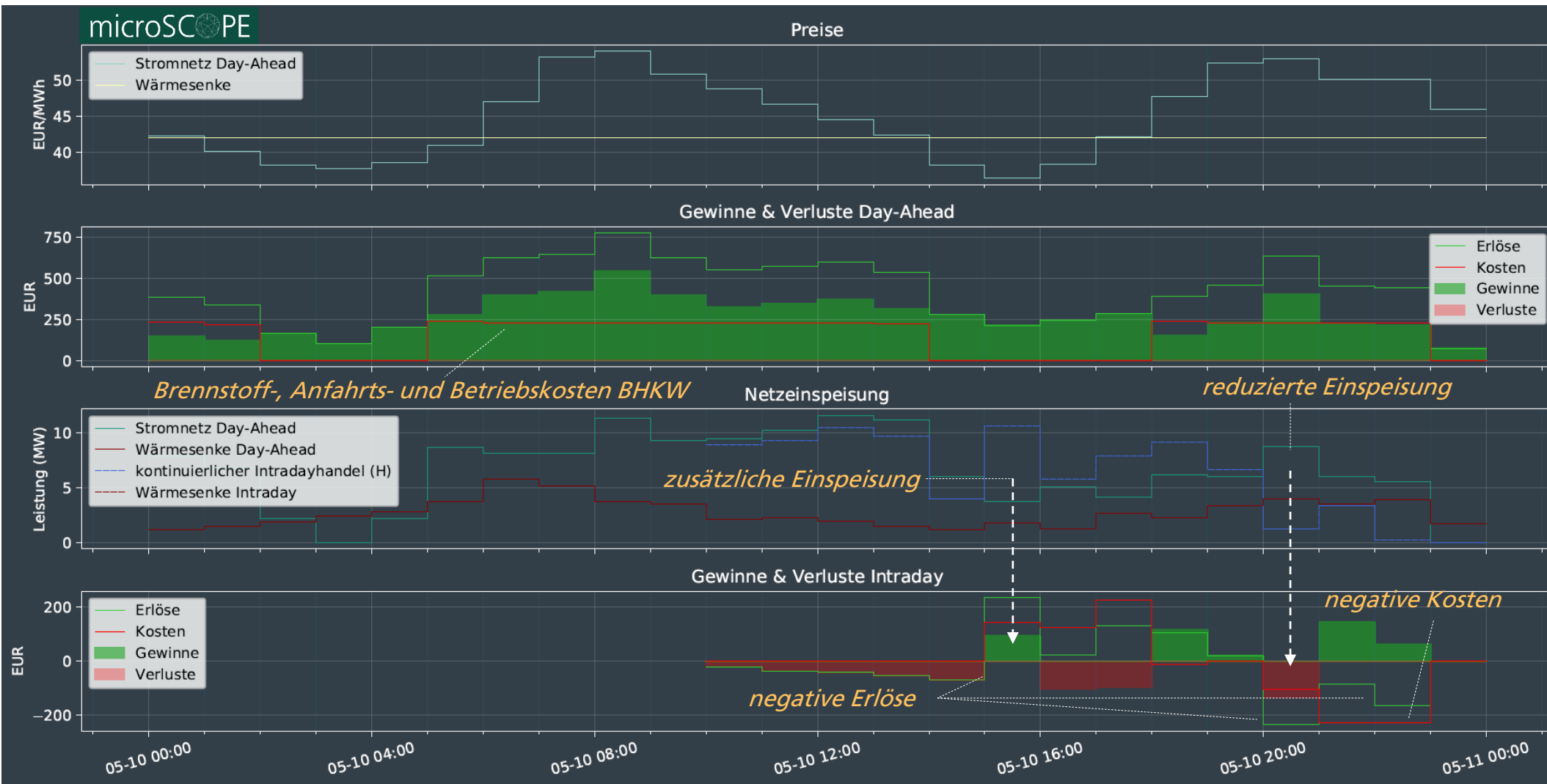
Optimierungsergebnisse (1)

Fahrpläne Day-Ahead Auktion und Intraday-Handel



Optimierungsergebnisse (2)

Gewinne und Verluste (Erlöse – Kosten)



Gewinne und Verluste relativ zu Day-Ahead-Fahrplänen

(hier perfekte Wärmebedarfsprognose)

Negative Erlöse

Energierückkauf

Negative Kosten

Vermiedene Brennstoffkosten ggü. Day-Ahead

VIELEN DANK!

Fraunhofer IEE ENERGIEMANAGEMENTSYSTEME

iee.fraunhofer.de/iee-ems

KONTAKT

Alexander Dreher, M.Sc.

Telefon 0561 7294-1750

alexander.dreher@iee.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft
und Energiesystemtechnik
Königstor 59
34119 Kassel

[LinkedIn](#) Marian Alexander Dreher

Version viertelstündlicher Handel

Ablauf der Einsatzoptimierung

VORTAG

Markt und Zeit	Kontinuierlicher Intraday-Handel Nord Pool	FRR Auktionen (aFRR, mFRR)	Day-Ahead Auktion EPEX Spot (demnächst + Nord Pool)	Intraday-Auktion EPEX Spot	XBID Kontinuierlicher Intraday-Handel (grenzübergreifend, NEMO)	Kontinuierlicher Intraday-Handel EPEX Spot
	Beginn (GOT) am Vortag bis 23.45 Uhr am Liefertag (GCT)	Nur am Vortag			Beginn (GOT) am Vortag bis 23 Uhr am Liefertag (GCT)	Beginn (GOT) am Vortag bis 23.40 Uhr am Liefertag (GCT)
	8 Uhr	9 Uhr	12 Uhr	15 Uhr	Beginn 15 Uhr	Beginn 15 & 16 Uhr

LIEFERTAG

8 Uhr	9 Uhr	12 Uhr	15 Uhr	Beginn 15 Uhr	Beginn 15 & 16 Uhr

OPTIMIERUNG 1

Day-Ahead Auktion

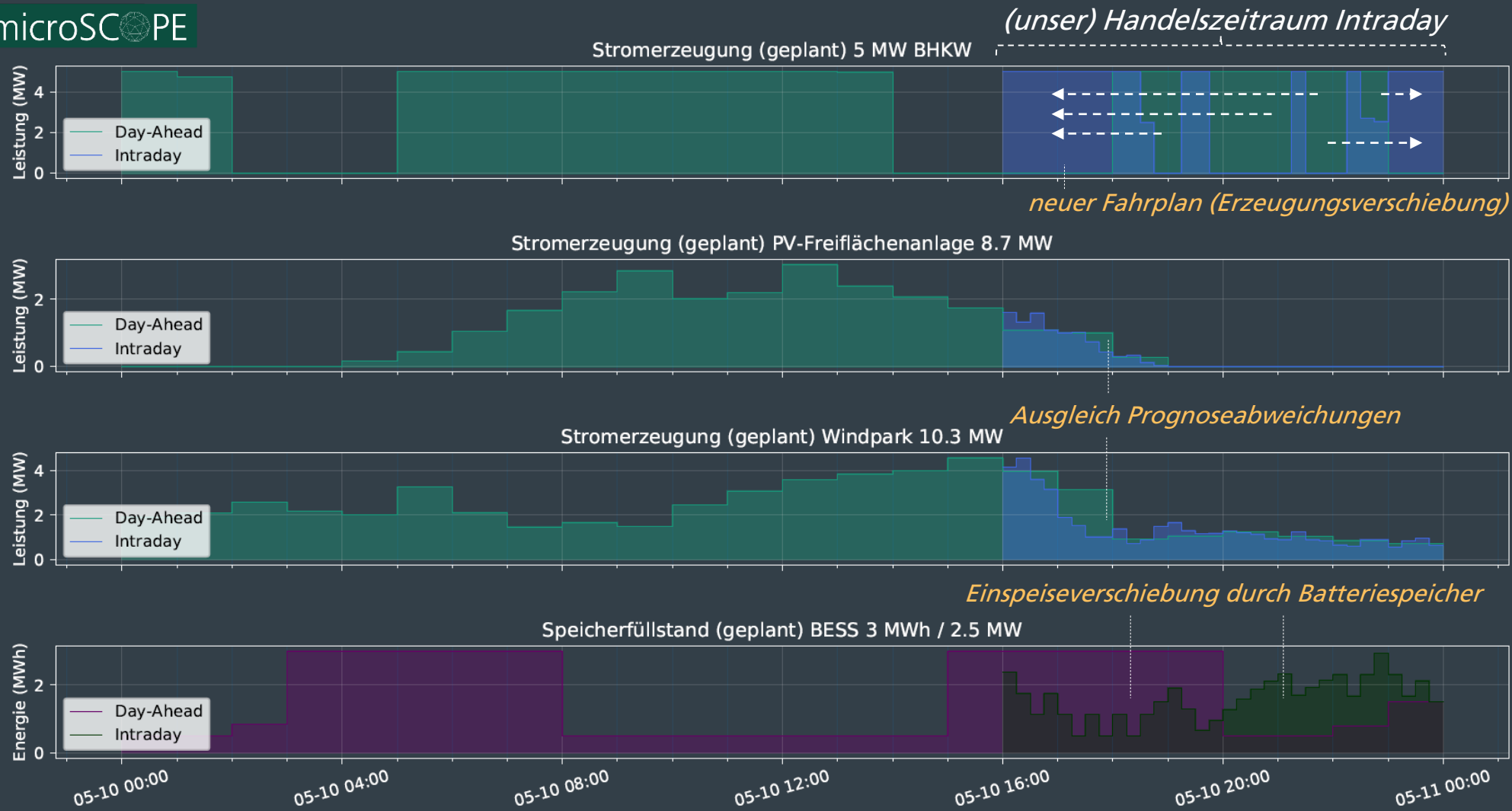
OPTIMIERUNG 2

Kontinuierlicher Intraday-Handel
Fahrplananpassung (Liefertag < 14.00 Uhr)

Optimierungsergebnisse (1)

Fahrpläne Day-Ahead Auktion und Intraday-Handel

microSCOPE



Fahrplananpassung

*Zuvor gehandelte
Fahrpläne müssen
berücksichtigt werden*

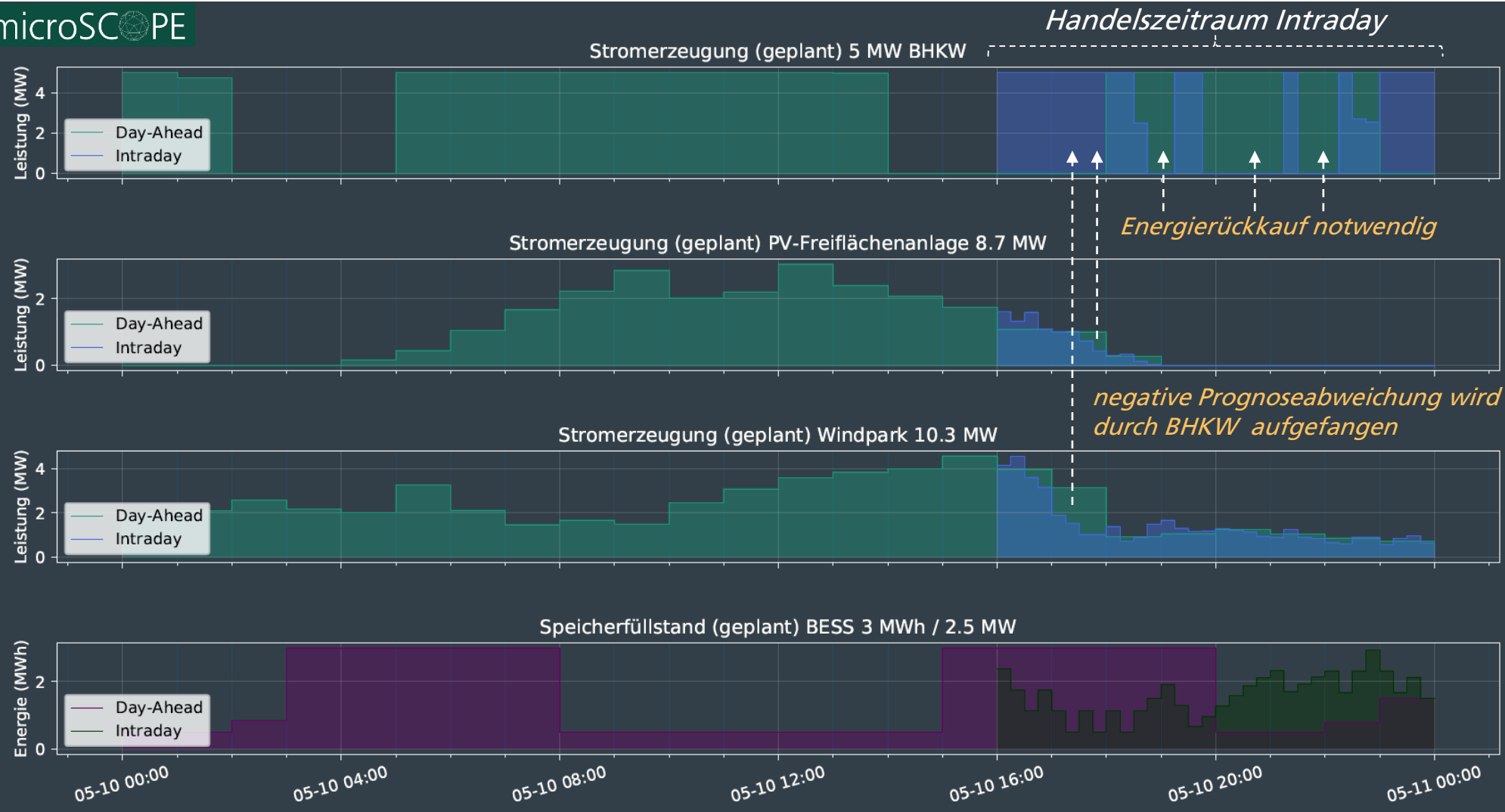
Speicherfüllstand

*Verschiebung zur
optimalen
Bewirtschaftung
(keine Regelreserve hier)*

Optimierungsergebnisse (1)

Fahrpläne Day-Ahead Auktion und Intraday-Handel

microSCOPE

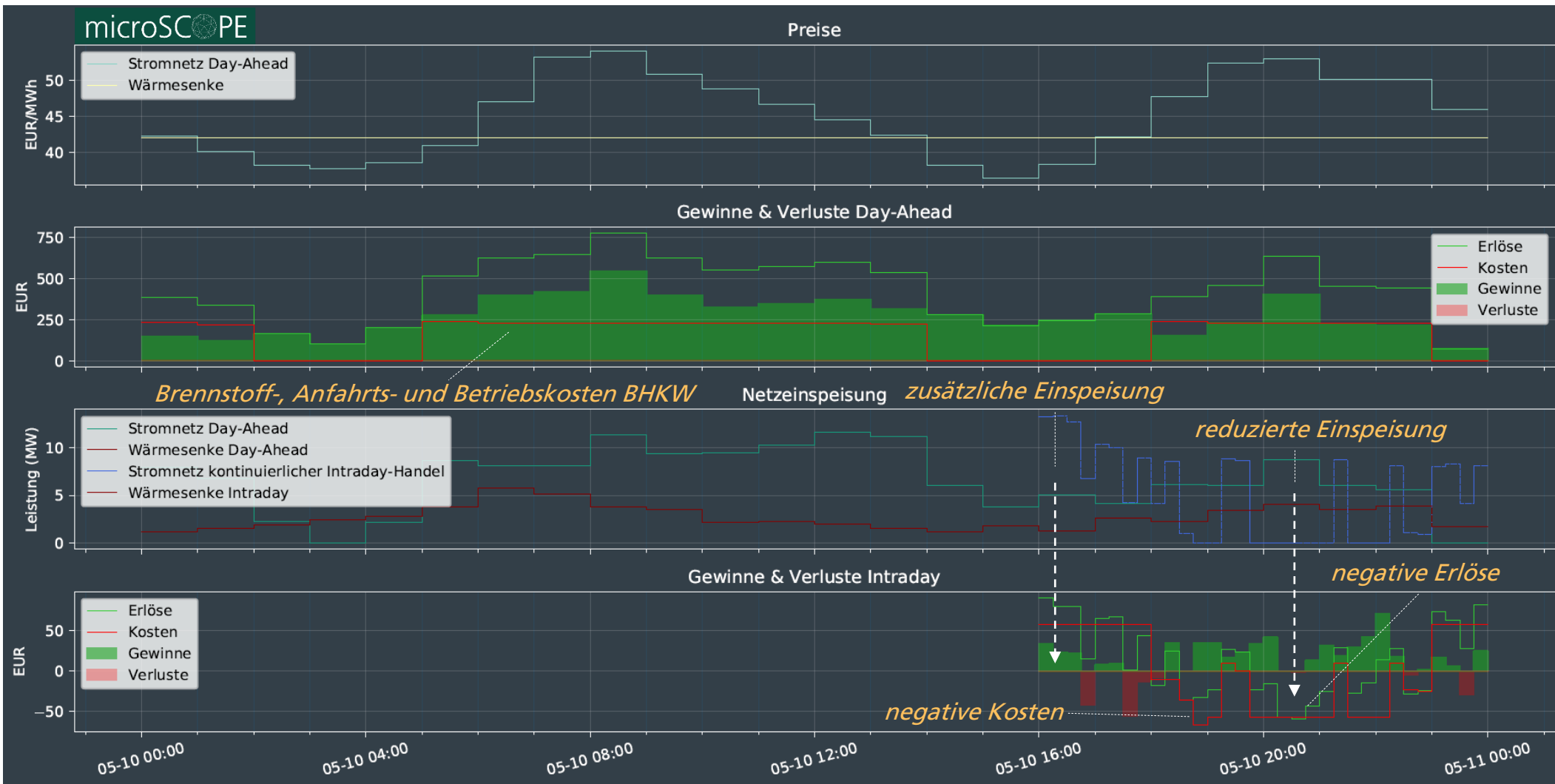


Energierückkauf

Prognoseanpassung /
Lastverschiebung

Optimierungsergebnisse (2)

Gewinne und Verluste (Erlöse – Kosten)



Gewinne und Verluste relativ zu Day-Ahead-Fahrplänen

(hier perfekte Wärmebedarfsprognose)

Negative Erlöse

Energierückkauf

Negative Kosten

Vermiedene Brennstoffkosten ggü. Day-Ahead

Literatur

- Gould, M. D., Porter, M. A., Williams, S., McDonald, M., Fenn, D. J., and Howison, S. D. (2018). "Limit order books". *Quantitative Finance*, 13(11):1709–1742.
- Martin, H., Otterson, S. (2018). "German Intraday Electricity Market Analysis and Modeling Based on the Limit Order Book". *15th International Conference on the European Energy Market (EEM), IEEE*.