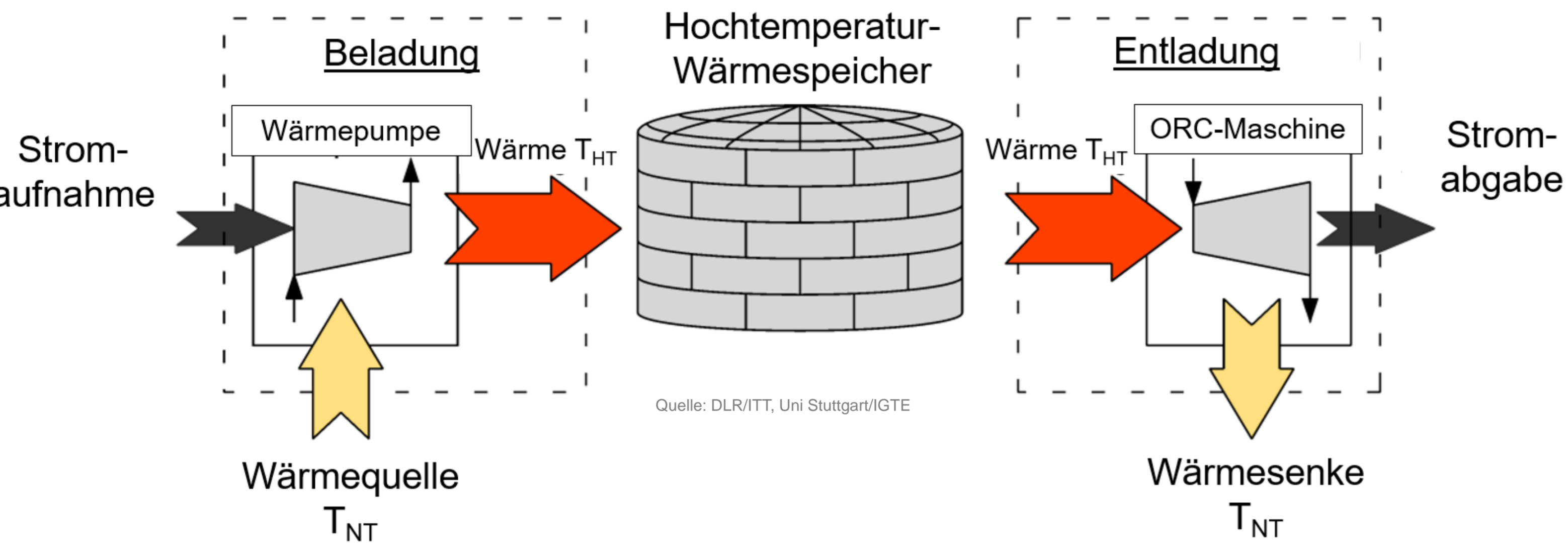


Simulation und Bewertung ausgewählter Geschäftsmodelle für eine kombinierte Strom-Wärme-Strom-Speicherung für erneuerbare Energien

Sven Stark*, Dominik Bestenlehner, Harald Drück, *E-Mail: sven.stark@igte.uni-stuttgart.de
Universität Stuttgart, Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE),
Pfaffenwaldring 6, 70569 Stuttgart, Internet: www.igte.uni-stuttgart.de

Prinzip einer Strom-Wärme-Strom-Speicherung



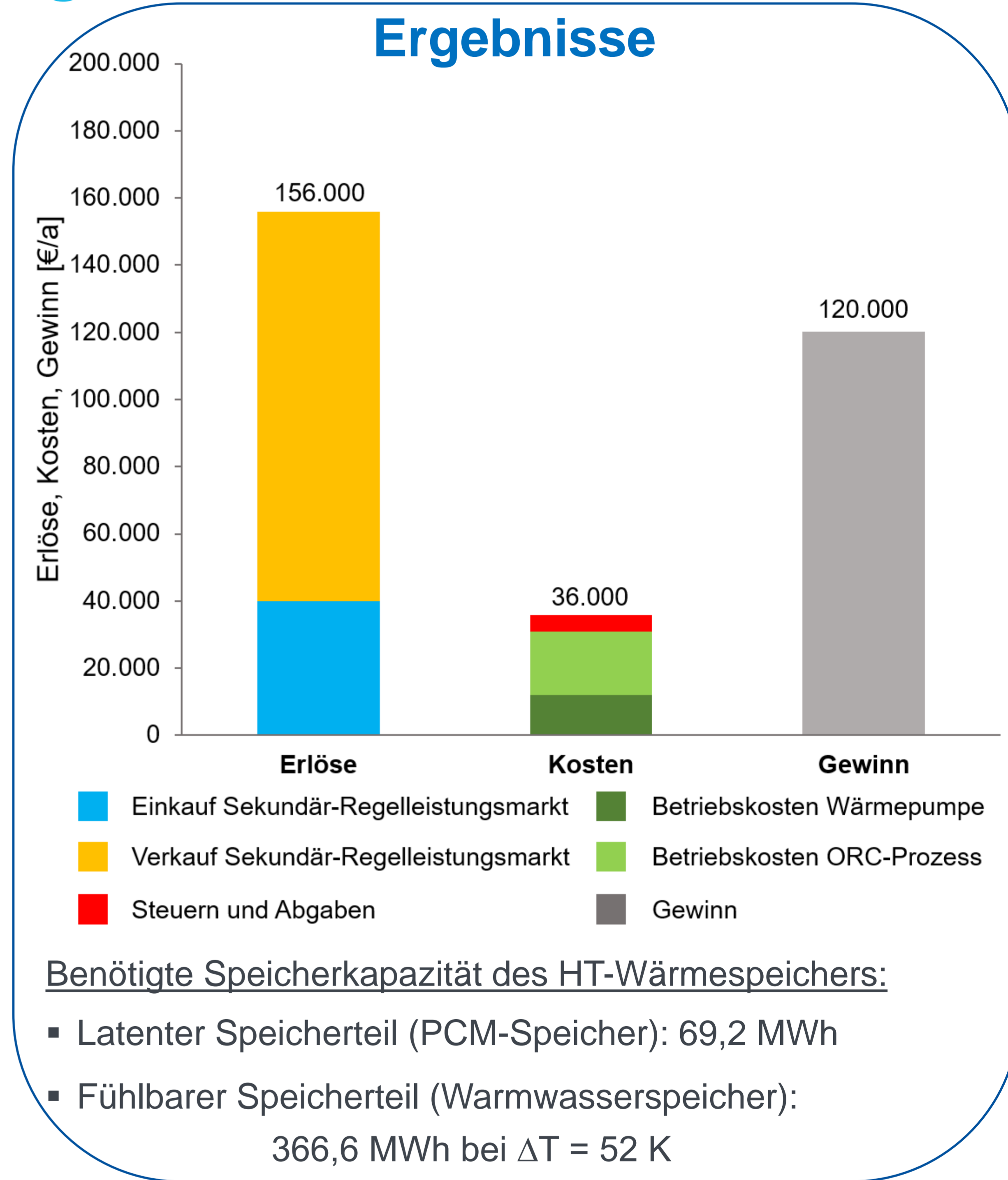
- **Beladung:** Aufnahme von Überschussstrom aus Windenergie- und Photovoltaik-Anlagen sowie von Niedertemperatur-Wärme durch eine **Wärmepumpe** → Anheben der Wärme auf höheres Temperaturniveau
- **Speicherung:** Speicherung des Überschussstromes in Form von Wärme in einem **Hochtemperatur-Wärmespeicher**, bestehend aus einem latenten und einem fühlbaren Speicherteil
- **Entladung:** Rückverstromung der gespeicherten Wärme in einer **ORC-Wärmekraftmaschine** (ORC: Organic Rankine Cycle) → Stromerzeugung in Zeiten erhöhten Strombedarfs und Abgabe von Niedertemperatur-Wärme

➤ **Untersuchung und Bewertung von zwei ausgewählten Geschäftsmodellen mithilfe von TRNSYS-Simulationen**

Geschäftsmodell 1: Teilnahme am Sekundär-Regelleistungsmarkt

Randbedingungen	Geschäftsmodell
<p>Komponenten</p> <p><u>Wärmepumpe:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Arbeitsfluid: R601 (n-Pentan) ▪ Verdampfungs-Temperaturniveau: 85 °C ▪ Leistungszahl (COP): 6,5 ▪ Nennleistung: 1,2 MW_{el} <p><u>HT-Wärmespeicher:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ PCM: KNO₃-NaNO₃-NaNO₂ ▪ Schmelztemperatur: 142 °C ▪ 2 Warmwasser-Speicher mit einer Temperatur von 142 °C bzw. 90 °C <p><u>ORC-Maschine:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Arbeitsfluid: R601 (n-Pentan) ▪ Kondensations-Temperaturniveau: 45 °C ▪ Wirkungsgrad: 14,3 % ▪ Nennleistung: 1,0 MW_{el} 	<p>Erlöse:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vergütung für das Vorhalten von positiver und negativer Regelleistung ▪ Vergütung für die Aufnahme von Überschussstrom aus dem Stromnetz durch die Wärmepumpe (negative Regelenergie) ▪ Vergütung für die Lieferung von durch die ORC-Maschine erzeugten Strom an das Stromnetz (positive Regelenergie) <p>➤ Daten des deutschen Sekundär-Regelleistungsmarktes des Jahres 2020</p> <p>Kosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Betriebskosten: <ul style="list-style-type: none"> • Wärmepumpe: 10 €/MWh_{el} • ORC-Maschine: 15 €/MWh_{el} ▪ Steuern und Abgaben: insgesamt 4,2 €/MWh_{el} ▪ keine Kosten für NT-Wärme berücksichtigt

Ergebnisse



Das Diagramm zeigt die Erlöse, Kosten und den Gewinn in €/a. Die Erlöse betragen 156.000 €, die Kosten 36.000 € und der Gewinn 120.000 €.

Kategorie	Wert [€/a]
Erlöse	156.000
Kosten	36.000
Gewinn	120.000

Benötigte Speicherkapazität des HT-Wärmespeichers:

- Latenter Speicherteil (PCM-Speicher): 69,2 MWh
- Fühlbarer Speicherteil (Warmwasserspeicher): 366,6 MWh bei $\Delta T = 52$ K

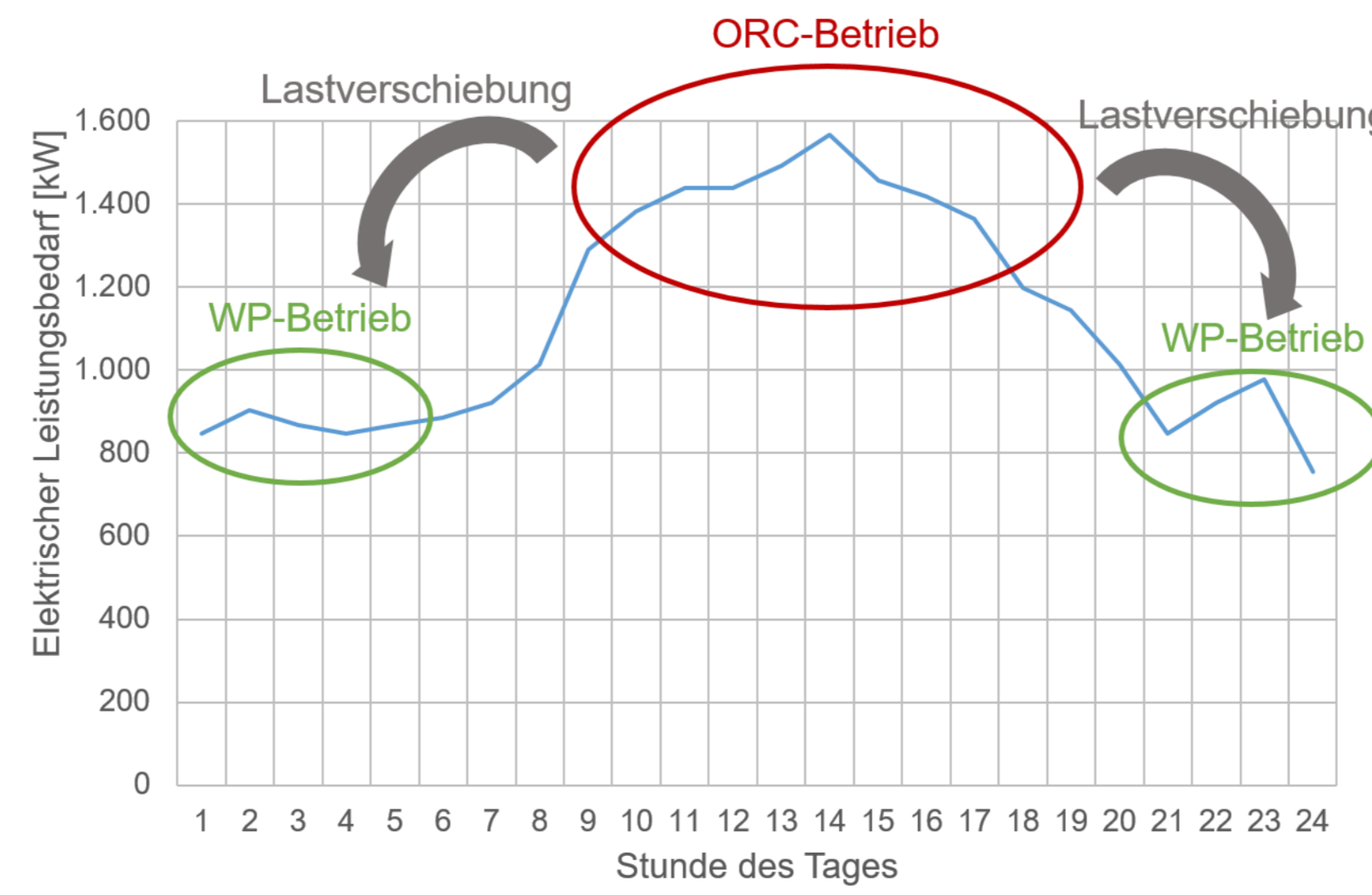
Fazit

- relativ geringe jährliche Gewinne von 120.000 € bei relativ hohen Investitionskosten von ca. 15,9 Mio. € für die hier gewählte Auslegung
- unter den derzeitigen Randbedingungen damit **keine akzeptable finanzielle Amortisationszeit** gegeben
- deutliche Reduzierung der Investitions- und Betriebskosten für die Strom-Wärme-Strom-Speicherung sowie höhere Preisfluktuationen am Sekundär-Regelleistungsmarkt notwendig für einen wirtschaftlichen Betrieb einer Strom-Wärme-Strom-Speicherung

Geschäftsmodell 2: Lastverschiebung bei einem industriellen Verbraucher

Ansatz

- Betrieb der Wärmepumpe in Zeiten mit niedrigem elektrischem Leistungsbedarf und/oder Arbeitspreis
- Betrieb der ORC-Maschine in Zeiten mit hohem elektrischem Leistungsbedarf und/oder Arbeitspreis
- Kosteneinsparung durch **Reduzierung von elektrischen Spitzenlasten** (Leistungspreis)
- Kosteneinsparung durch **Ausnutzen variabler Arbeitspreise**



Das Diagramm zeigt den elektrischen Leistungsbedarf (kW) über den Tag (Stunde des Tages). Die ORC-Maschine wird in Zeiten mit hohem Leistungsbedarf (ca. 14-16 kW) betrieben, während die Wärmepumpe in Zeiten mit niedrigem Leistungsbedarf (ca. 8-10 kW) arbeitet. Die Lastverschiebung ist durch Pfeile angedeutet.

Ergebnisse und Fazit

- Einsatz einer Strom-Wärme-Strom-Speicherung zur elektrischen Lastverschiebung in einem milchverarbeitenden Betrieb untersucht
- zu niedrige Leistungspreise und zu geringe Differenzen bei den variablen Strompreisen
- **kein wirtschaftlich lohnender Betrieb der Strom-Wärme-Strom-Speicherung für dieses Fallbeispiel**

