

Das Technologie-Netzwerk:  
Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe

# it's owl

**it's OWL Strategietagung**  
08. Dezember 2015 | Paderborn

UNTERSTÜTZT VON



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



BETREUT VON



**PTKA**  
Projektträger Karlsruhe  
Karlsruher Institut für Technologie

DAS CLUSTERMANAGEMENT WIRD GEFÖRDERT DURCH

Ministerium für Wirtschaft, Energie,  
Bauen, Wohnen und Verkehr  
des Landes Nordrhein-Westfalen



Ministerium für Innovation,  
Wissenschaft und Forschung  
des Landes Nordrhein-Westfalen



EUROPÄISCHE UNION  
Investition in unsere Zukunft  
Europäischer Fonds  
für regionale Entwicklung

# Itsowl-EE

## Energie- und Lastmanagement

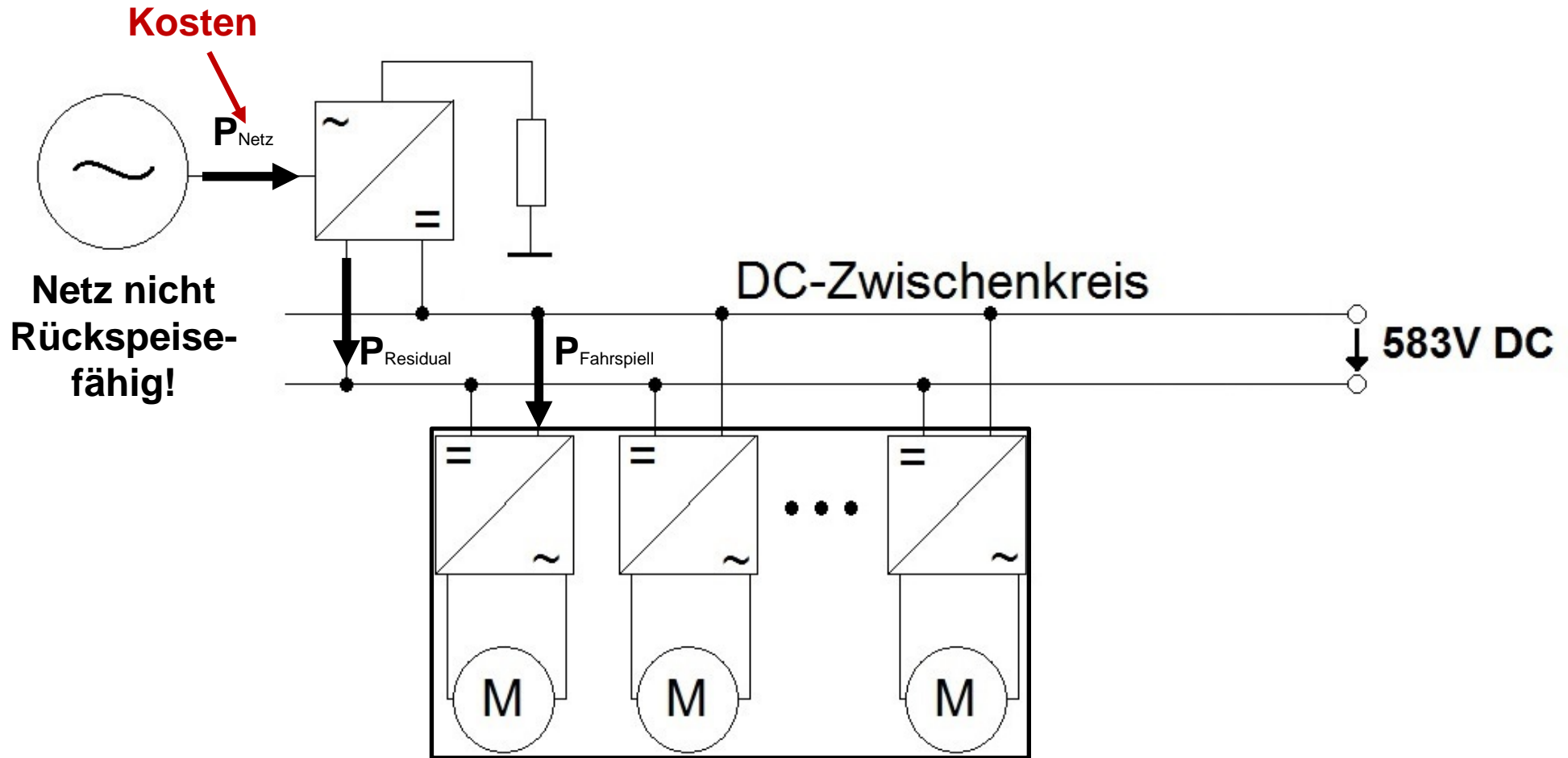
### Betriebsstrategien

- Ziel: Senkung des Energieverbrauchs, Maximierung des Nutzens
- Anwendungsgebiete:
  - Energie- und Lastmanagement in verzweigten Systemen mit mehreren Erzeugern, Speichern und Verbrauchern zur
    - Steuerung von Leistungs- und Energieflüssen
    - Koordination der Komponenten
- Rahmenbedingungen wie
  - Lastprofile und Strompreise im Micro-Grid
  - Fahrverhalten und Verkehr bei Bordnetzen

# Itsowl-EE

## Energie- und Lastmanagement

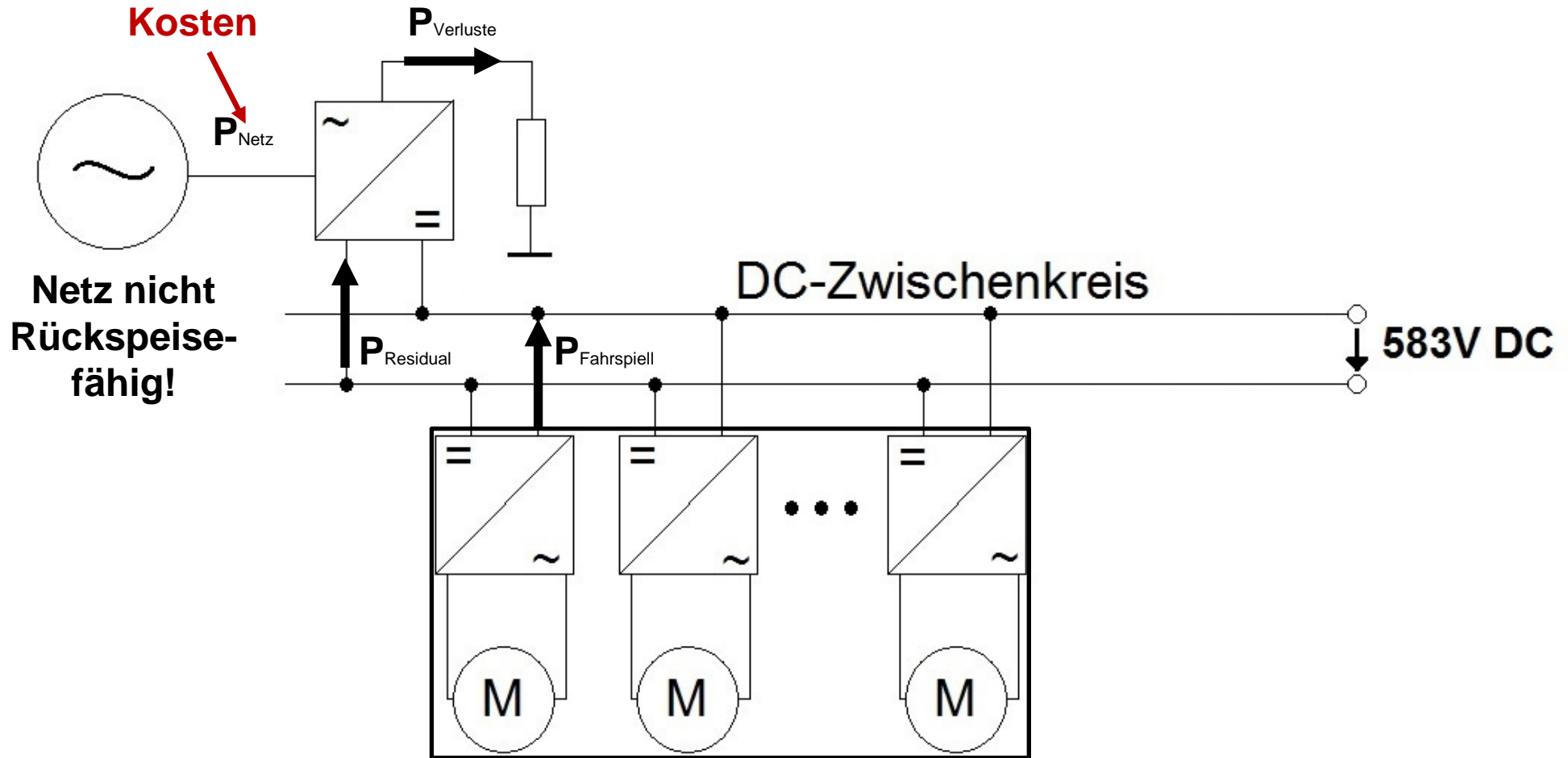
### Beispielanwendung: Regallager der Lemgoer Modellfabrik



# Itsowl-EE

## Energie- und Lastmanagement

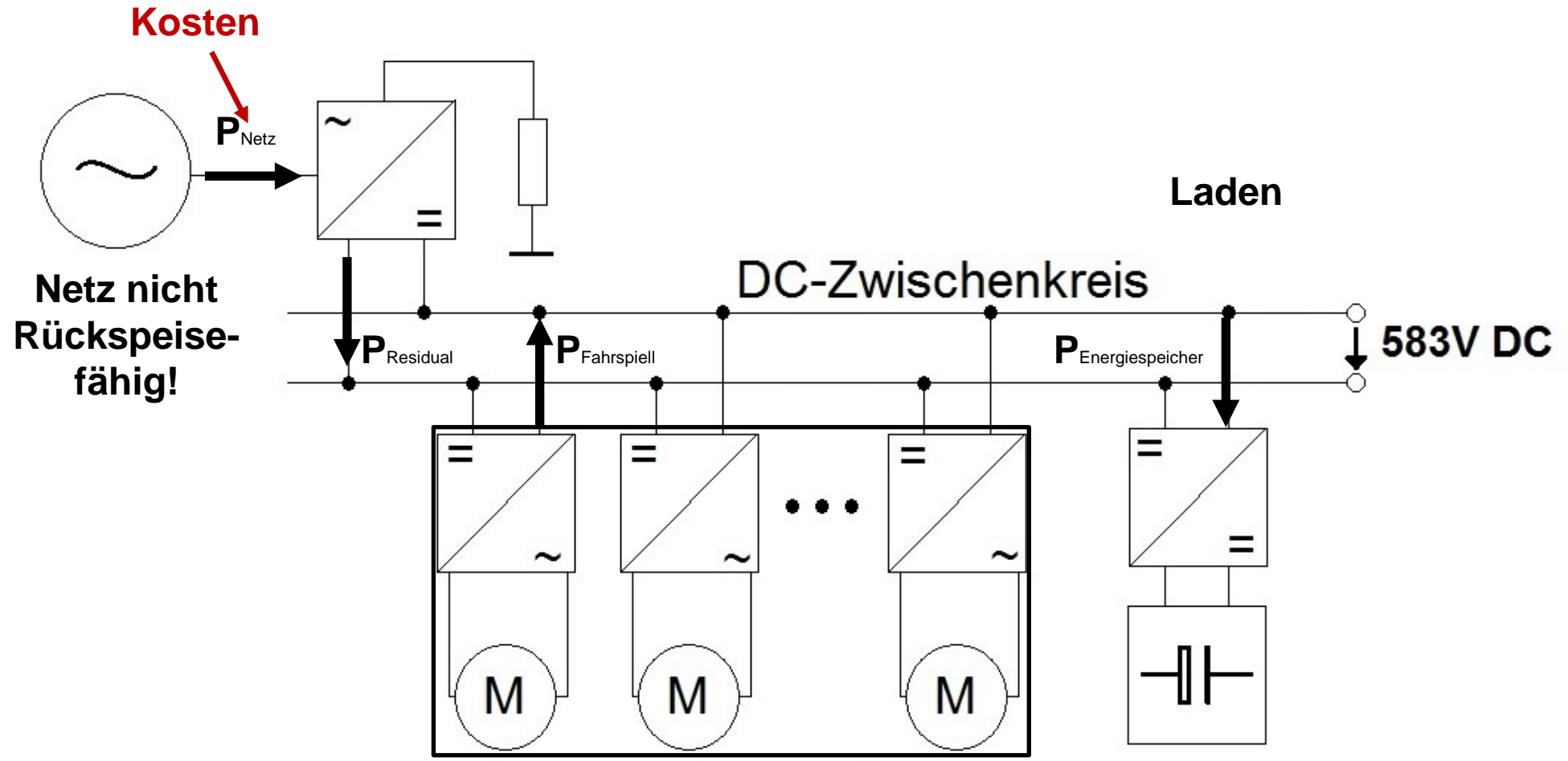
### Beispielanwendung: Regallager der Lemgoer Modellfabrik



# Itsowl-EE

## Energie- und Lastmanagement

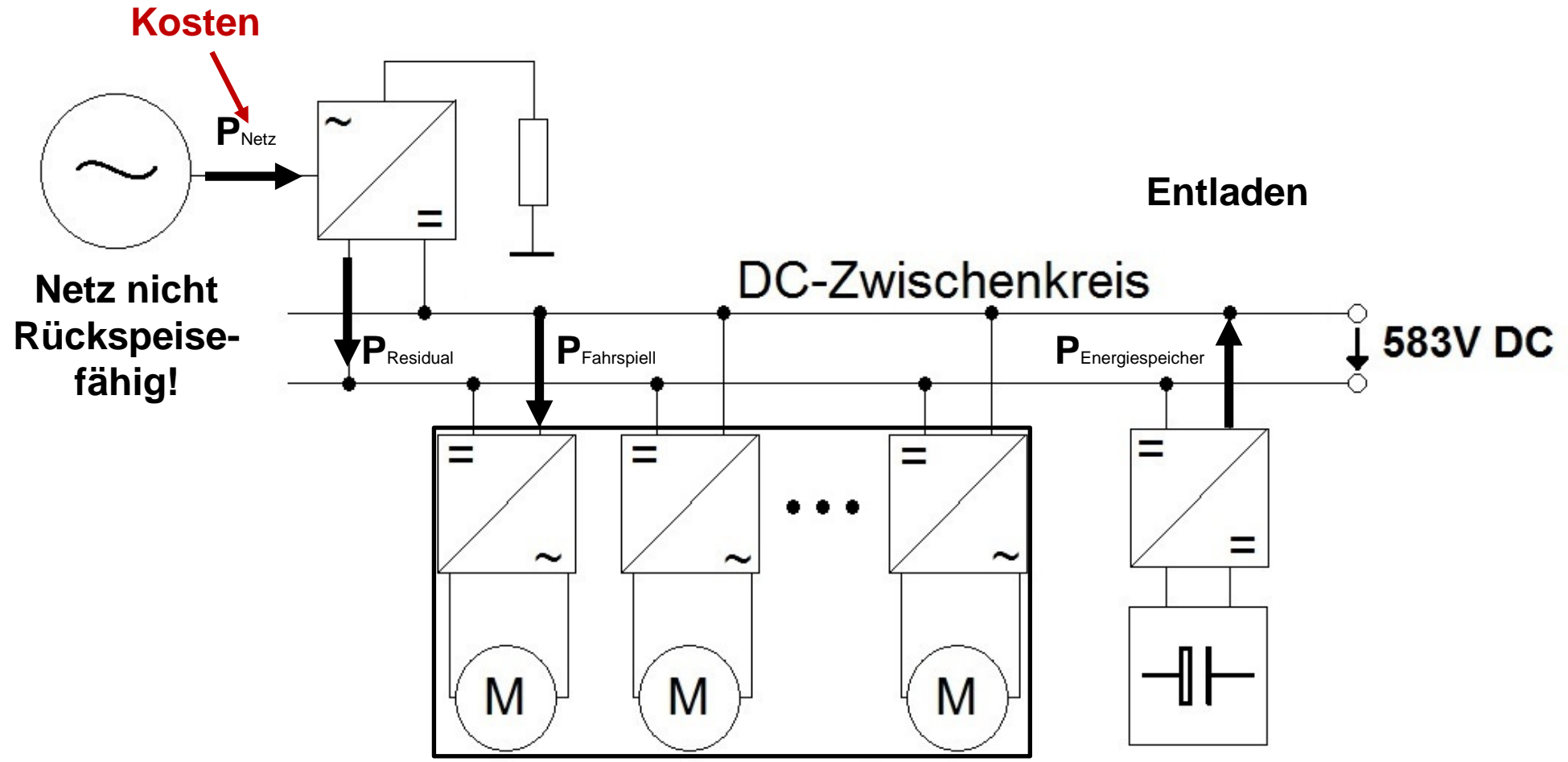
### Beispielanwendung: Regallager der Lemgoer Modellfabrik



# Itsowl-EE

## Energie- und Lastmanagement

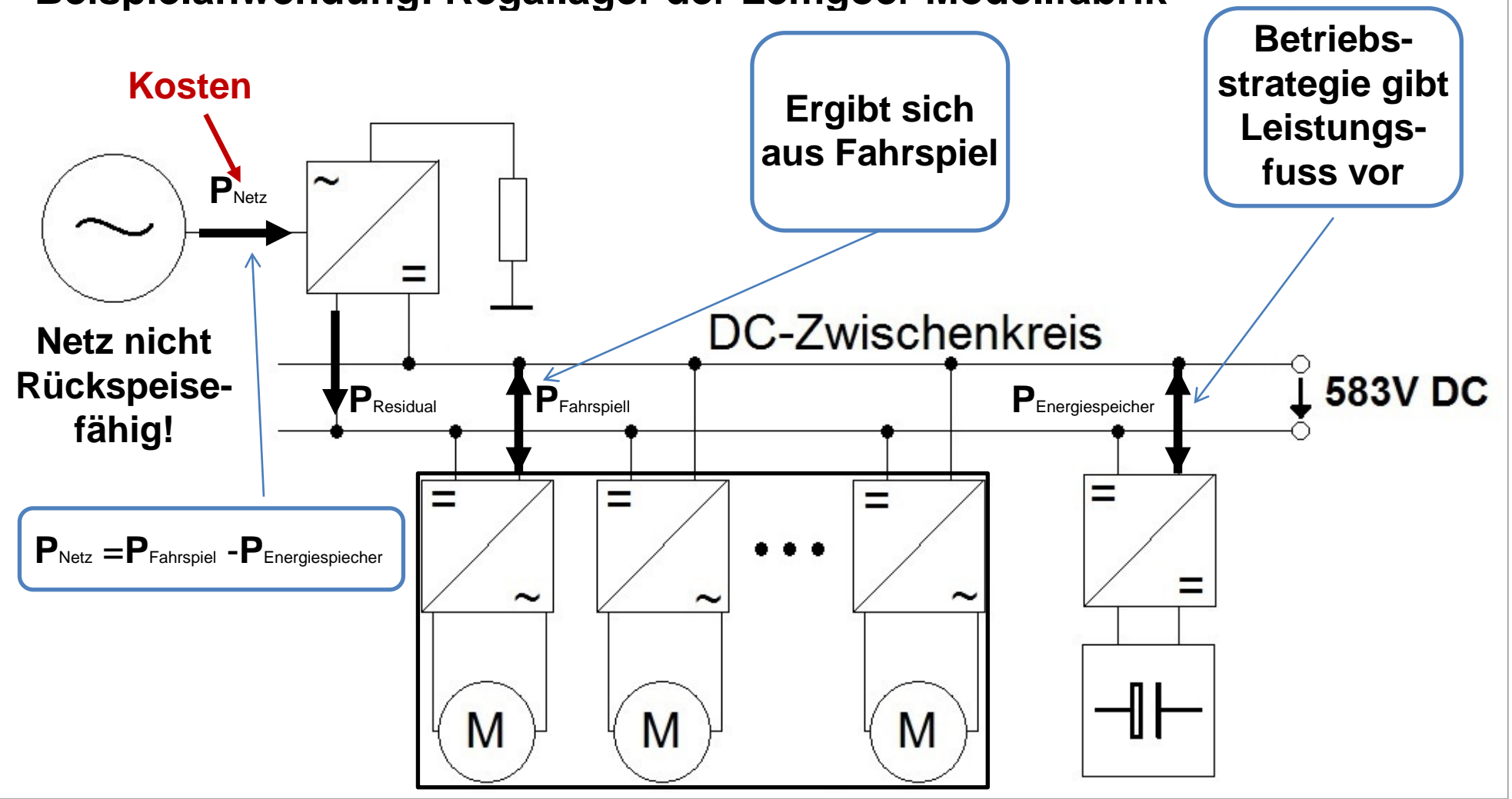
### Beispielanwendung: Regallager der Lemgoer Modellfabrik



# Itsowl-EE

## Energie- und Lastmanagement

### Beispielanwendung: Regallager der Lemgoer Modellfabrik





### **Lösungsansatz: Dynamische Programmierung (Richard Bellmann, 1957)**

- Dynamisch=sequentiell
- Programmierung=Optimierung mit Nebenbedingungen (vgl. lineare Programmierung)
- Betriebsstrategien können für alle Fahrspiele offline berechnet werden
  
- **Deterministische Dynamische Programmierung (DDP):**
  - Fahrspielverlauf vorher bekannt
  - Optimale Strategie
  - In der Lage bestmögliche Lösung zu finden
- **Stochastische Dynamische Programmierung (SDP)**
  - Fahrspielverlauf vorher nicht bekannt
  - Zukünftige Ereignisse in Form von Übergangswahrscheinlichkeiten von Leistungszuständen bekannt
  - Suboptimale Strategie
  - Approximation der bestmöglichen Lösung

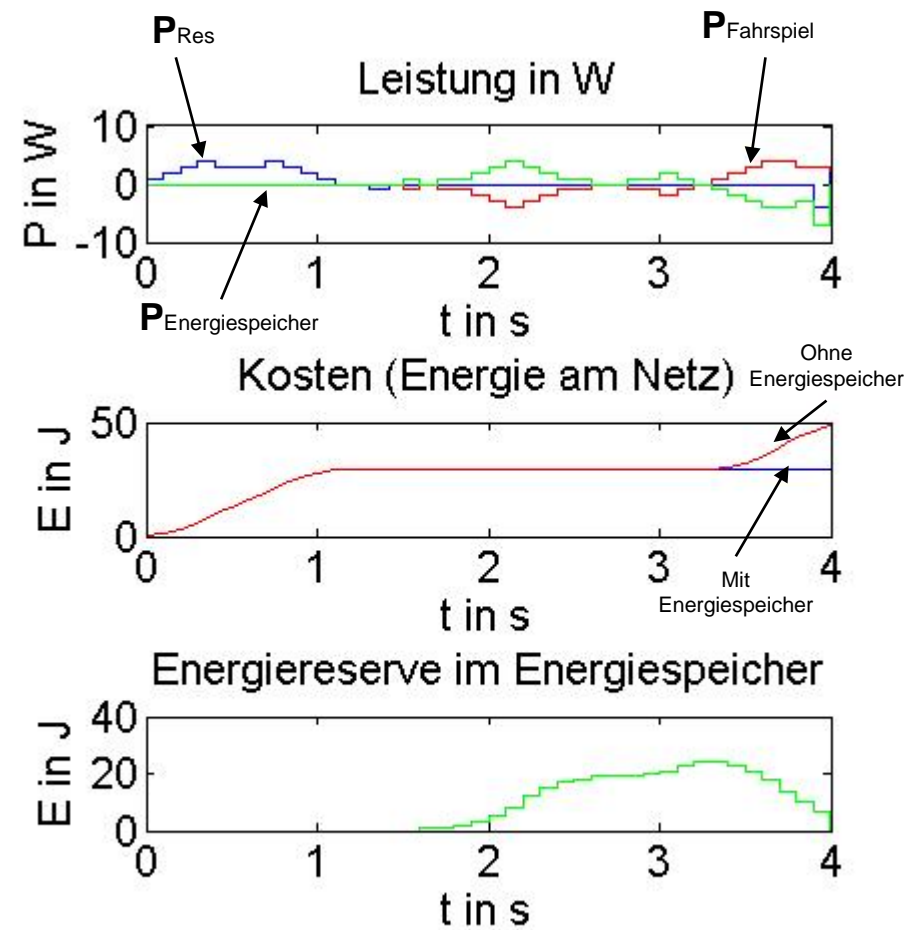


# Itsowl-EE

## Energie- und Lastmanagement

### Deterministisch Dynamische Programmierung (DDP)

- Einsparung bei Fahrspielen des Regallagers der Lemgoer Modellfabrik durch Nutzung eines Energiespeichers mit Betriebsstrategie
  - Bis zu 3,6 %
  - 1,8 % durchschnittliche Einsparung über alle Fahrspiele bei Annahme gleicher Verteilung
- Speicherbedarf:
  - Kapazität: 6,67 mWh
  - Maximale Ladeleistung: 110 W
  - Maximale Entladeleistung: 90 W

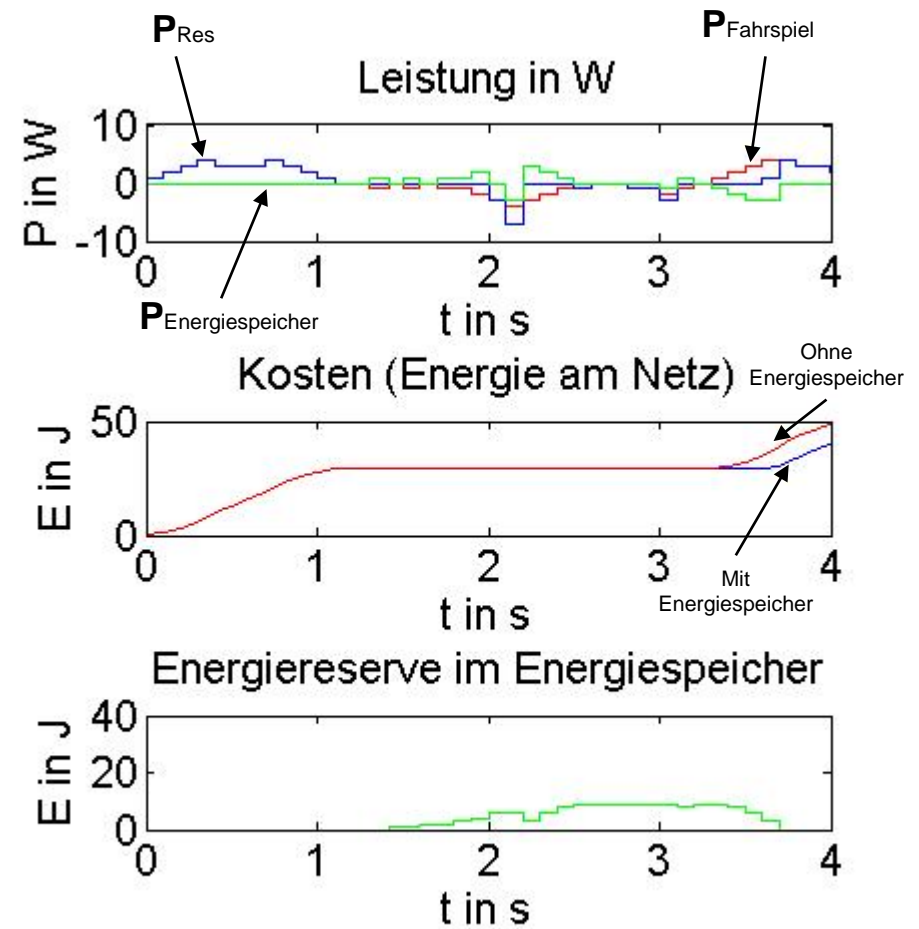


# Itsowl-EE

## Energie- und Lastmanagement

### Stochastisch Dynamische Programmierung (DDP)

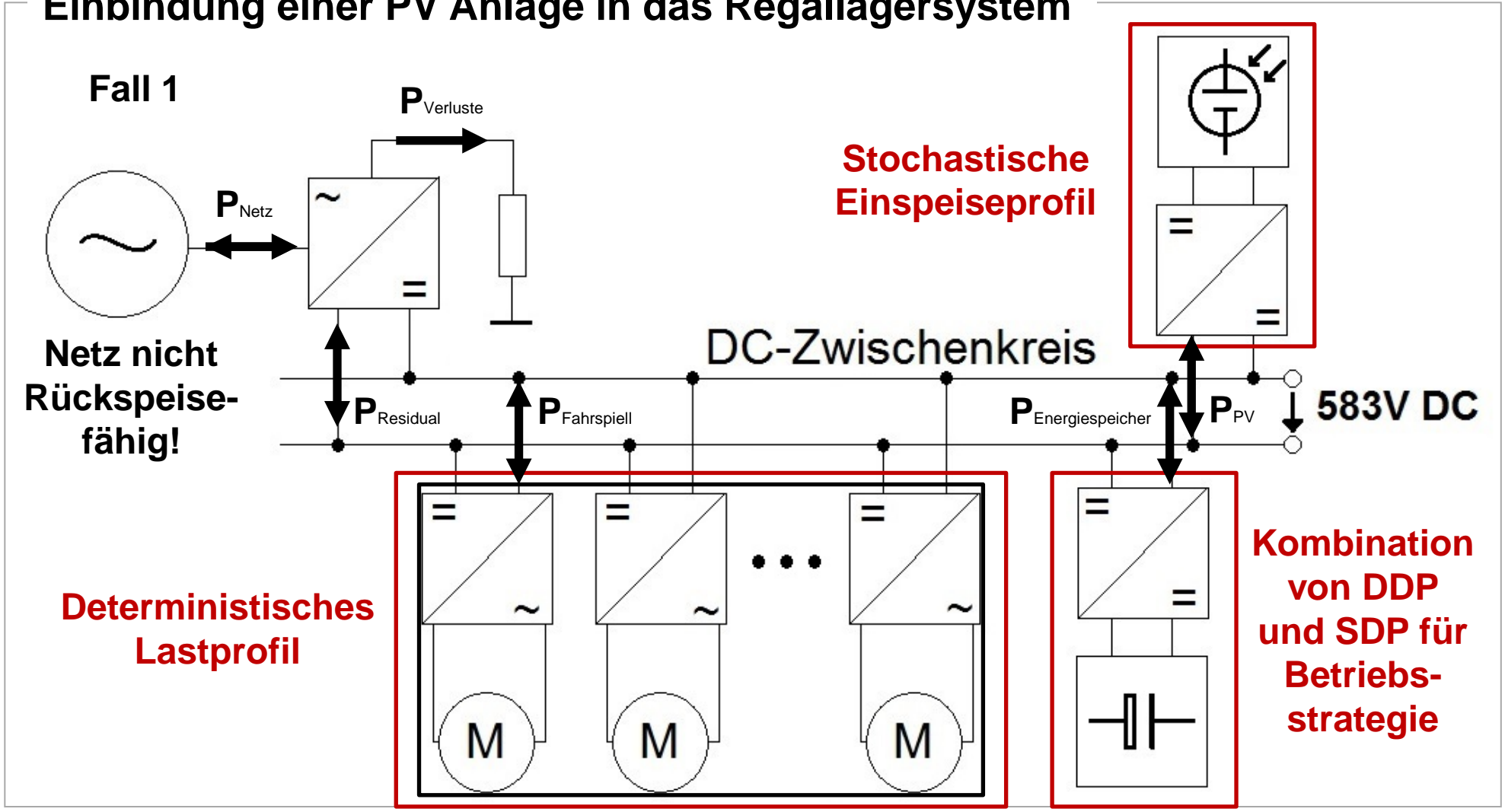
- Einsparung bei Fahrspielen des Regallagers der Lemgoer Modellfabrik durch Nutzung eines Energiespeichers mit Betriebsstrategie
  - Bis zu 1,7 %
  - Verluste über alle Fahrspiele bei Annahme gleicher Verteilung
- Speicherbedarf:
  - Kapazität: 2,5 mWh
  - Maximale Ladeleistung: 5 W
  - Maximale Entladeleistung: 5 W
- Betriebsstrategie für diese Anwendung ungeeignet



# Itsowl-EE

## Energie- und Lastmanagement

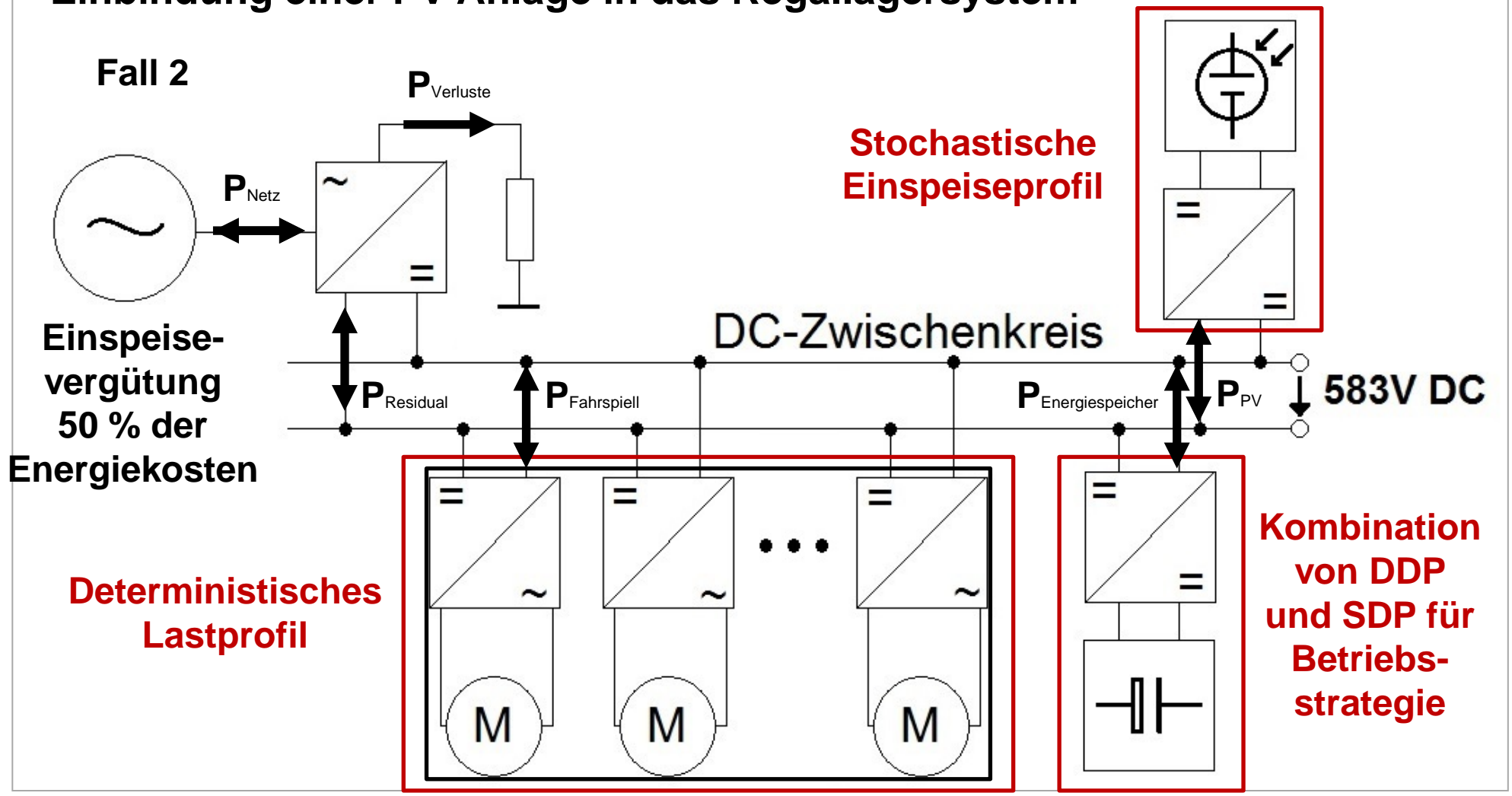
### Einbindung einer PV Anlage in das Regallagersystem



# Itsowl-EE

## Energie- und Lastmanagement

### Einbindung einer PV Anlage in das Regallagersystem



# Itsowl-EE

## Energie- und Lastmanagement

### Kombination aus DDP und SDP

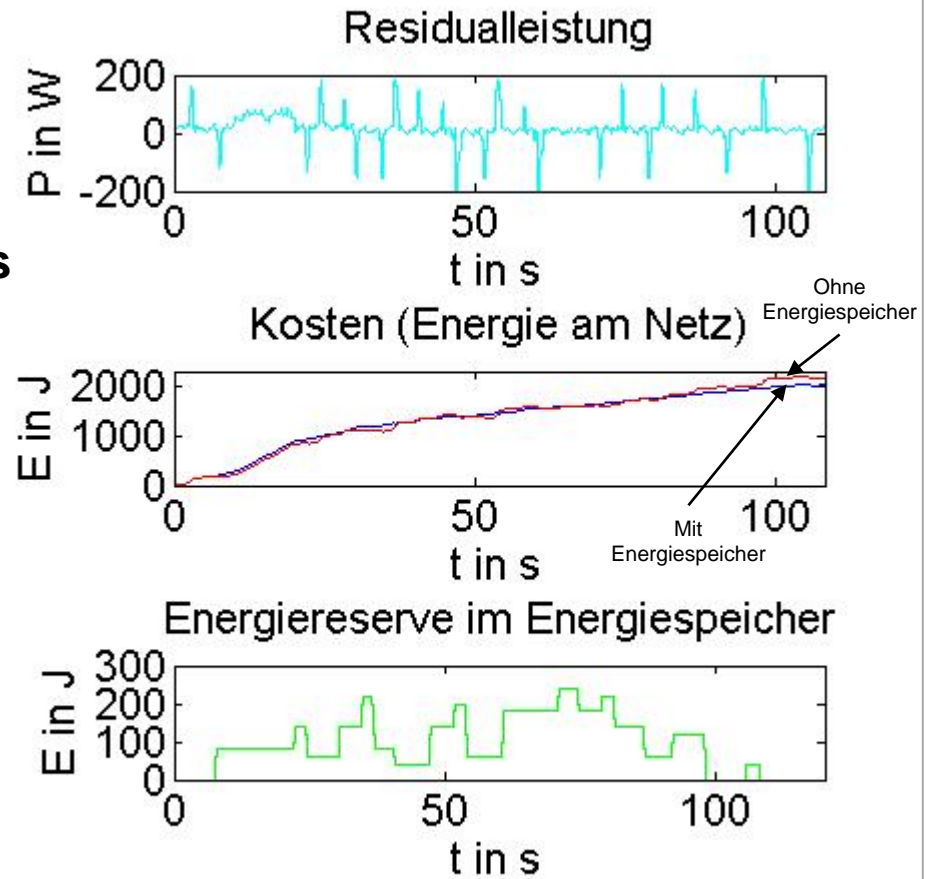
- Algorithmus verwendet
  - Bekannte Lastprofile der Fahrspiele
  - Übergangswahrscheinlichkeiten der Leistungszustände der PV Anlage
- Planungshorizont entspricht Länge des Fahrspiels
- Suboptimale Strategie
  - Approximation der bestmöglichen Lösung
- Lastprofil aus Kombination verschiedener Fahrspiele der Modellfabrik
- PV Daten der Universität Paderborn auf 90 W Spitzenleistung skaliert
- Anwendung der Betriebsstrategie:
  - 1 Jahr lang von 5 Uhr morgens bis 21 Uhr Abends
  - alle 15 min. wird ein Lastprofil gestartet, das alle vorhandenen Fahrspiele abfährt

# Itsowl-EE

## Energie- und Lastmanagement

### Ergebnisse der Kombination aus DDP und SDP

- **Einsparung Fall1**  
(Netz nicht rückspeisefähig)
  - Bis zu 13 %
  - Durchschnittlich 3 %
- **Einsparung bezogen auf den Bedarfspreis**  
**Fall 2** (Einspeisevergütung 50 % der Energiekosten)
  - Bis zu 8 %
  - Durchschnittlich 1,6 %
- **Speicherbedarf:**
  - Kapazität: 66,67 mWh
  - Maximale Ladeleistung: 200 W
  - Maximale Entladeleistung: 200 W



# Itsowl-EE

## Energie- und Lastmanagement

### Zusammenfassung

- Betriebsstrategie mit DDP
  - ermöglicht durch Nutzung von kleinem Energiespeicher Einsparungen bei Regallager der Lemgoer Modellfabrik, zusätzlich zu der Optimierung der Bewegungsprofile durch das Fraunhofer IOSB-INA
- Betriebsstrategie mit SDP
  - für diese Anwendung ungeeignet
- Betriebsstrategie mit Algorithmus durch Kombination von DDP und SDP
  - ermöglicht bei Integration von PV Anlage in Regallager der Lemgoer Modellfabrik Einsparungen durch Nutzung von Energiespeicher
  - Auch auf weitere Szenarien mit sowohl deterministischen als auch stochastischen Einflussfaktoren anwendbar