

Modellierung dezentraler netzgebundener Energiespeichersysteme

Martina Zisler
Stefan Spann
Manfred Tragner

*Symposium Energieinnovation 2014
Graz, 12. – 14.02.2014*

www.4wardenergy.at

SYMPOSIUM ENERGIEINNOVATION 2014, Graz, 12. – 14.02.2014, Folie 1

Inhalt

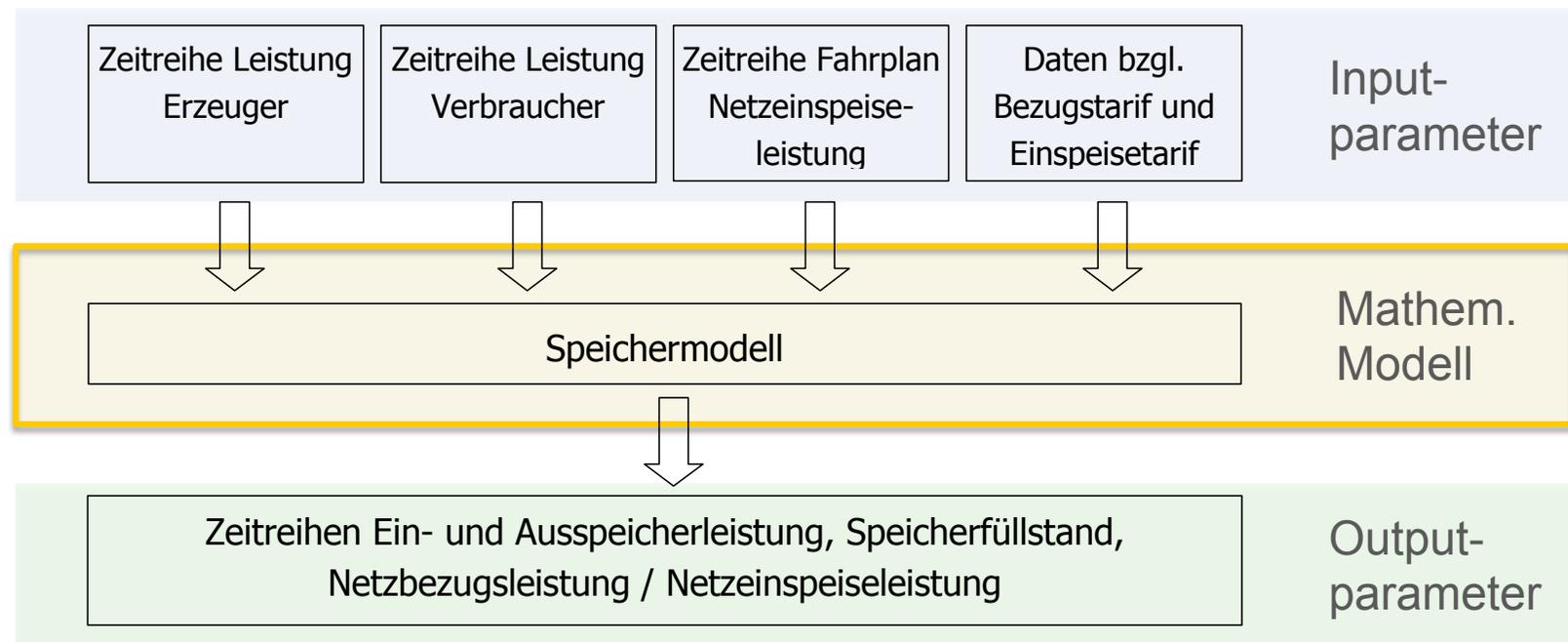
- Hintergrund / Motivation
- Modellierung von Energiespeichersystemen
- Referenzanwendungsszenarien
- Matlab/Simulink Modell
- Simulationsbeispiel
- Erkenntnisse und Schlussfolgerungen

Hintergrund / Motivation

- Ziele der Klima- und Energiepolitik Österreichs und der EU, Verstärkte Nutzung erneuerbarer Energieträger
- Geringere Verfügbarkeit und teilweise starke Volatilität der elektrischen Erzeugung auf Basis erneuerbarer Energieträger
- Dezentralisierung in der Struktur der Elektrizitätsversorgung, Smart Grids
- Speicher für (elektrische) Energie als wichtiger Baustein im zukünftigen Energieversorgungssystem
Verschiedene Speichertechnologien mit unterschiedl. Eigenschaften und Einsatzbereichen/-möglichkeiten
- Ausgangspunkt: Modulares hydro-pneumatisches Speichersystem für elektrische Energie im unteren Leistungsbereich (in Entwicklung)

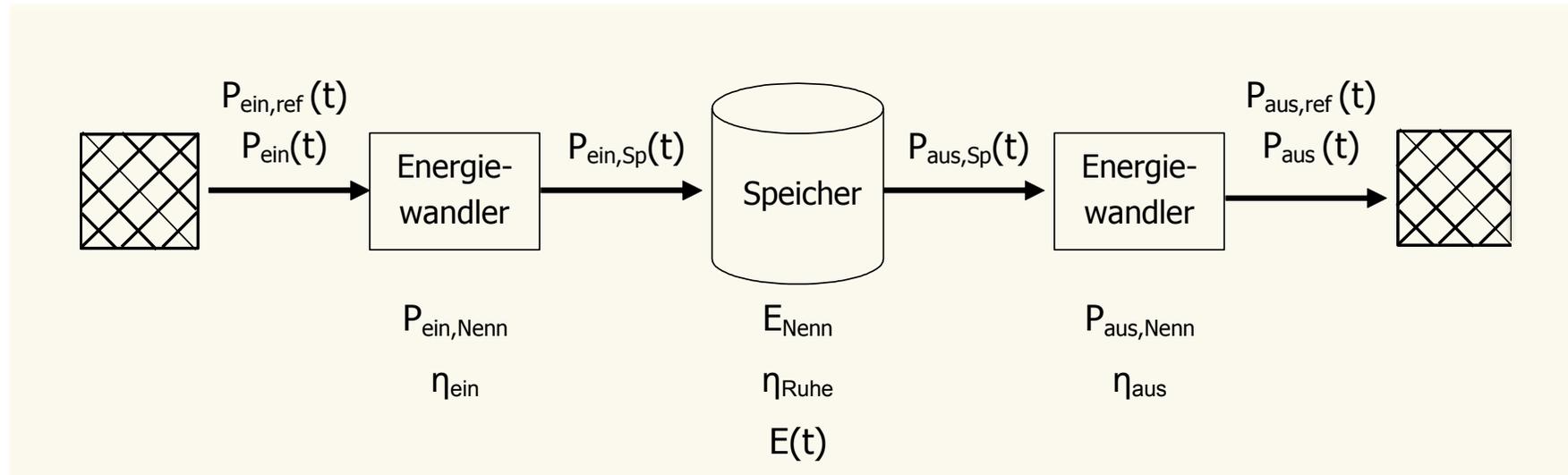
Modellierung von Speichersystemen

Schematische Darstellung des *Allgemeinen Gesamtmodells*



→ Für die Modellierung von konkreten Anwendungen zu spezifizieren

Modellierung von Speichersystemen



E_{Nenn}	Nennkapazität des Speichers [kWh]
$E(t)$	Energieinhalt des Speichers zum Zeitpunkt t [kWh]
$P_{\text{ein,Nenn}}$	Einspeicher-Nennleistung des Energiewandlers [kW]
$P_{\text{aus,Nenn}}$	Ausspeicher-Nennleistung des Energiewandlers [kW]
$P_{\text{ein}}(t)$	Eingangsleistung in das System [kW]
$P_{\text{aus}}(t)$	Ausgangsleistung aus dem System [kW]
$P_{\text{ein,Sp}}(t)$	Einspeicherleistung in den Speicher [kW]
$P_{\text{aus,Sp}}(t)$	Ausspeicherleistung aus dem Speicher [kW]

$P_{\text{ein,ref}}(t)$	Referenz-Eingangsleistung in das System [kW]
$P_{\text{aus,ref}}(t)$	Referenz-Ausgangsleistung aus dem System [kW]
η_{ein}	Wirkungsgrad der Einspeicher-Energieumwandlung [-]
η_{aus}	Wirkungsgrad der Ausspeicher-Energieumwandlung [-]
η_{Ruhe}	Ruhewirkungsgrad des Speichers [-]
T_{Sp}	Speicherdauer [h]
t	Zeitpunkt

Modellierung von Speichersystemen

Für dieses Modell gelten allgemein die Zusammenhänge:

$$\begin{aligned}
 P_{ein,Sp}(t) &= \eta_{ein} \cdot P_{ein}(t) & \eta_{Ruhe} &= f(E(t), T_{Sp}) \\
 \eta_{ein} &= f(P_{ein}(t)) & E(t) &= \eta_{Ruhe} \cdot E(t-1) + \int_{t-1}^t P_{ein,Sp}(t) dt - \int_{t-1}^t P_{aus,Sp}(t) dt \\
 P_{aus}(t) &= \eta_{aus} \cdot P_{aus,Sp}(t) & P_{ein}(t) &= f(P_{ein,ref}(t), T_{V,ein}(t), P_{ein,ref}(t)) \\
 \eta_{aus} &= f(P_{aus}(t)) & P_{aus}(t) &= f(P_{aus,ref}(t), T_{V,aus}(t), P_{aus,ref}(t))
 \end{aligned}$$

Die funktionalen Zusammenhänge sind z.T. abgänglich vom Speichersystem (techn. Eigenschaften wie Verluste), z.T. von der Anwendung (→ Algorithmus für Ein- und Ausspeicherleistung)

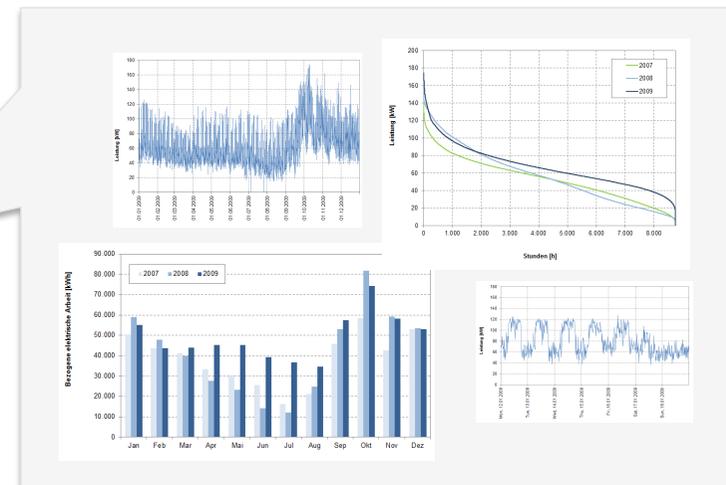
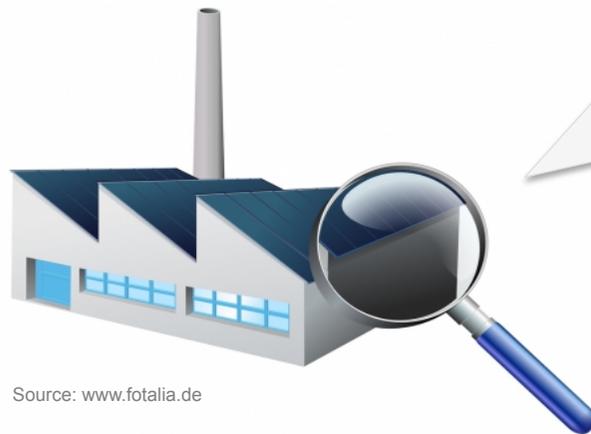
Referenzanwendungsszenarien

1. Betriebliches Last- und Energiemanagement
2. Optimierung der Eigenbedarfsdeckung mit Strom aus einer Photovoltaikanlage
3. Netzeinspeise-Optimierung für eine Windenergieanlage

Referenzanwendungsszenario 1

Betriebliches Last- und Energiemanagement

zur Strombezugsoptimierung mittels Speicher (Reduktion von Leistungsspitzen und Ausnutzung zeitvariabler Tarife durch Verlagerung der Netzbezugsleistung)



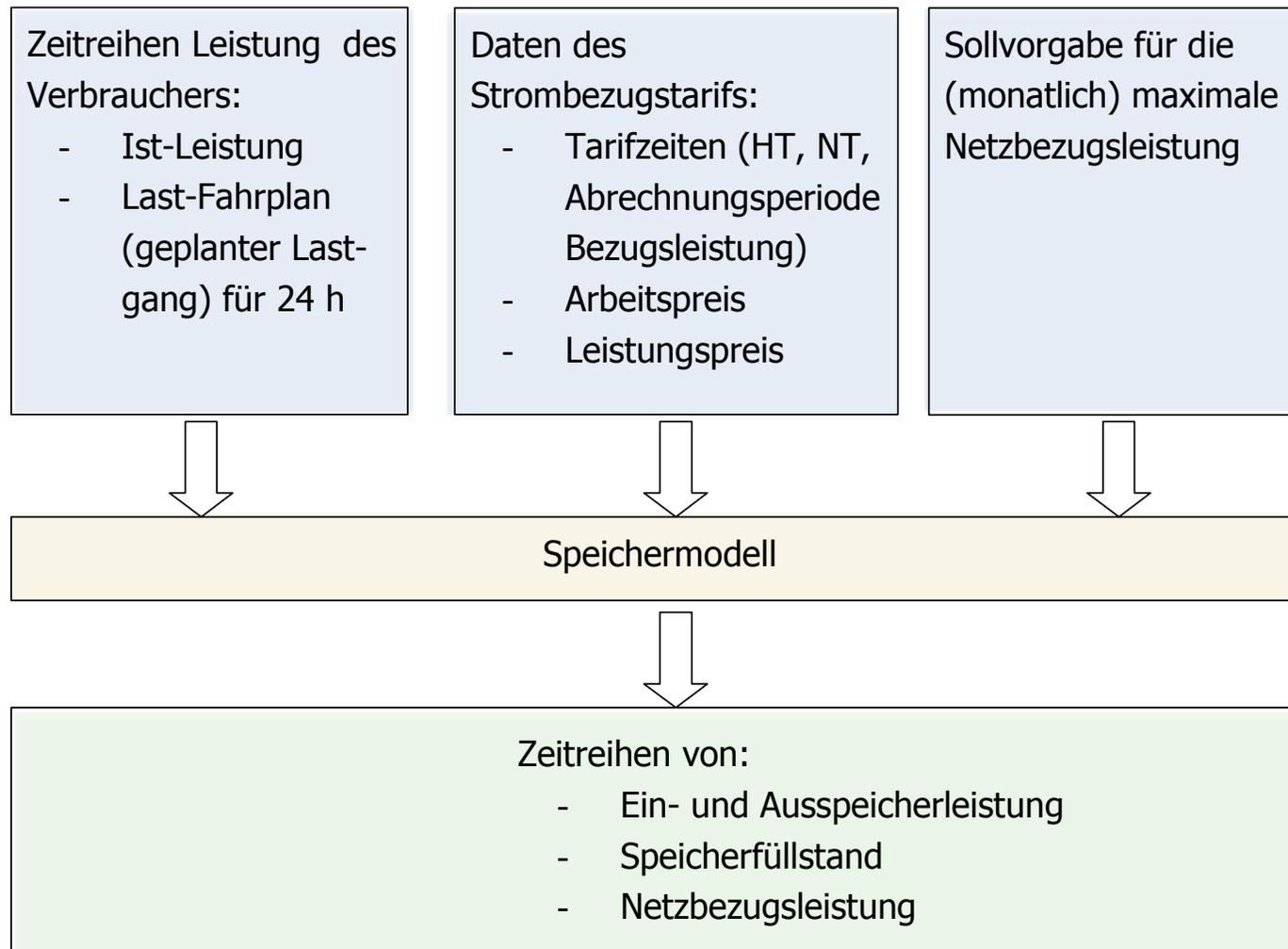
Speichermodellierung für Referenzszenario 1

- Zielsetzung des Speichereinsatzes:
 - Reduktion von Leistungsspitzen der Bezugsleistung aus dem Netz
 - Verlagerung der aus dem Netz bezogenen Leistung zur Ausnutzung zeitvariabler Tarife

- Für Speichermanagement erforderlich:
 - Last-Fahrplan für die Verbraucherleistung
 - (daraus ermittelbar) Soll-Vorgabe für max. Netzbezugsleistung

- Weitere Vorgaben
 - Speichernennleistung und Speicherkapazität in dieser Anwendung frei wählbar
 - Ermittlung der max. Ersparnis bei Strombezugskosten in Abhängigkeit der Dimensionierung bzw. des wirtschaftlichen Optimums (unter Kenntnis der Kosten des Speichersystems)

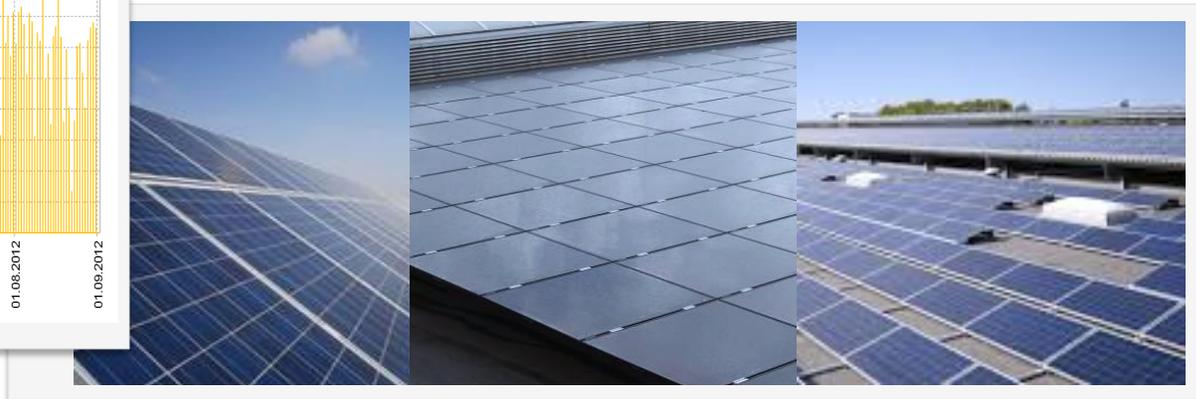
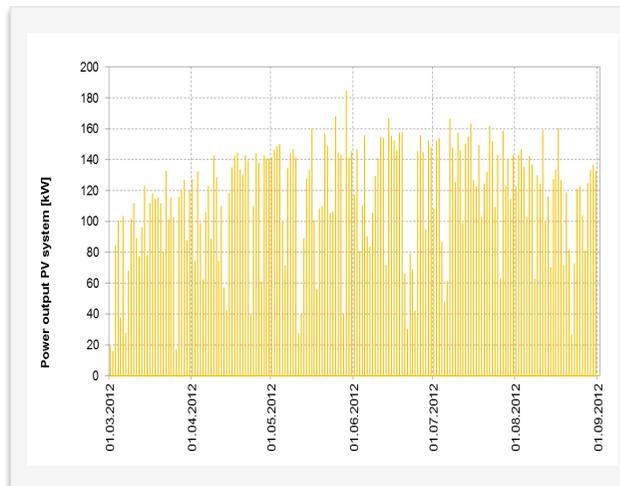
Speichermodellierung für Referenzszenario 1



Referenzanwendungsszenario 2

Optimierung der Eigenbedarfsdeckung mit Strom aus einer Photovoltaikanlage

für einen beispielhaften Verbraucher mittels Speicher



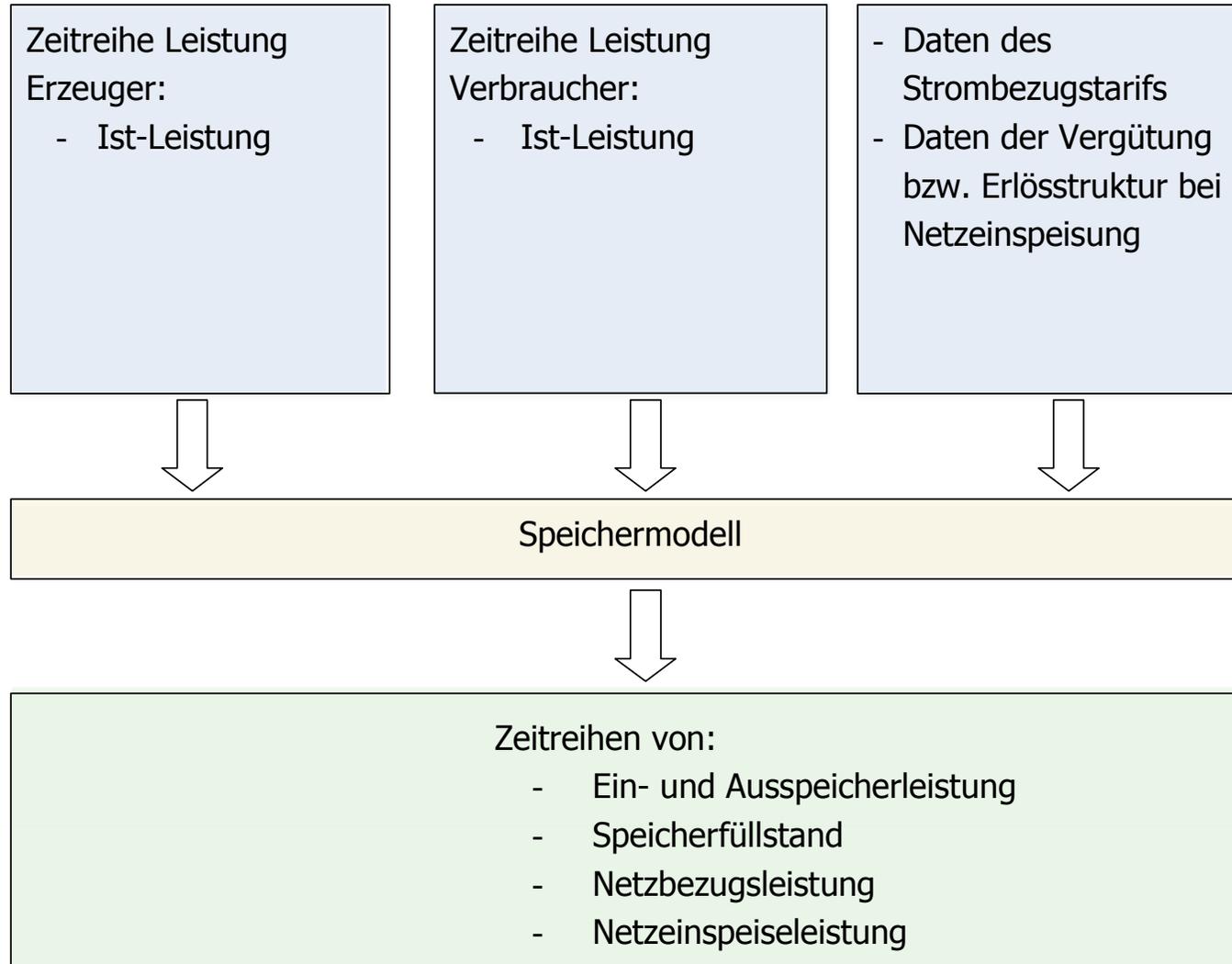
Speichermodellierung für Referenzszenario 2

- Zielsetzung des Speichereinsatzes:
 - Ausgleich von Abweichungen zwischen Erzeugung und Bedarf („Pufferspeicher“) zur Erhöhung der Eigenbedarfsdeckung
 - Ziel: wirtschaftliches Optimum zwischen Eigenstromverbrauch, Netzeinspeisung und-bezug, Speicherbetrieb

- Speichereinsatzmodellierung – Randbedingungen:
 - Speichereinsatz erfolgt direkt last- bzw. erzeugergeführt
 - Fehlmengen zur Bedarfsdeckung werden aus dem Netz bezogen

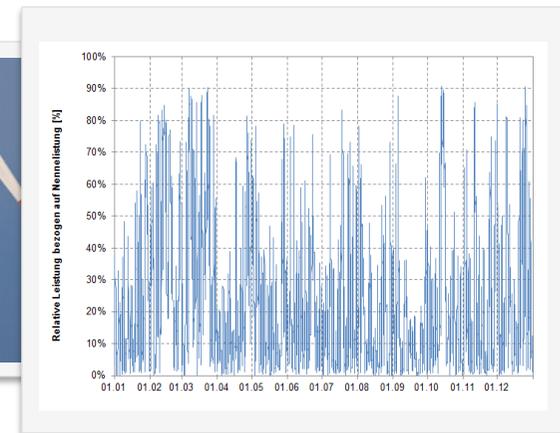
- Output des Modells:
 - Zeitreihen von erforderlicher Ein- und Ausspeicherleistung, Speicherfüllstand sowie Netzbezugsleistung. Daraus ermittelbar:
 - ✓ Erforderliche Speicherdimensionierung
 - ✓ Stromgestehungskosten bzw. Ersparnis bei Strombezugskosten

Speichermodellierung für Referenzszenario 2



Referenzanwendungsszenario 3

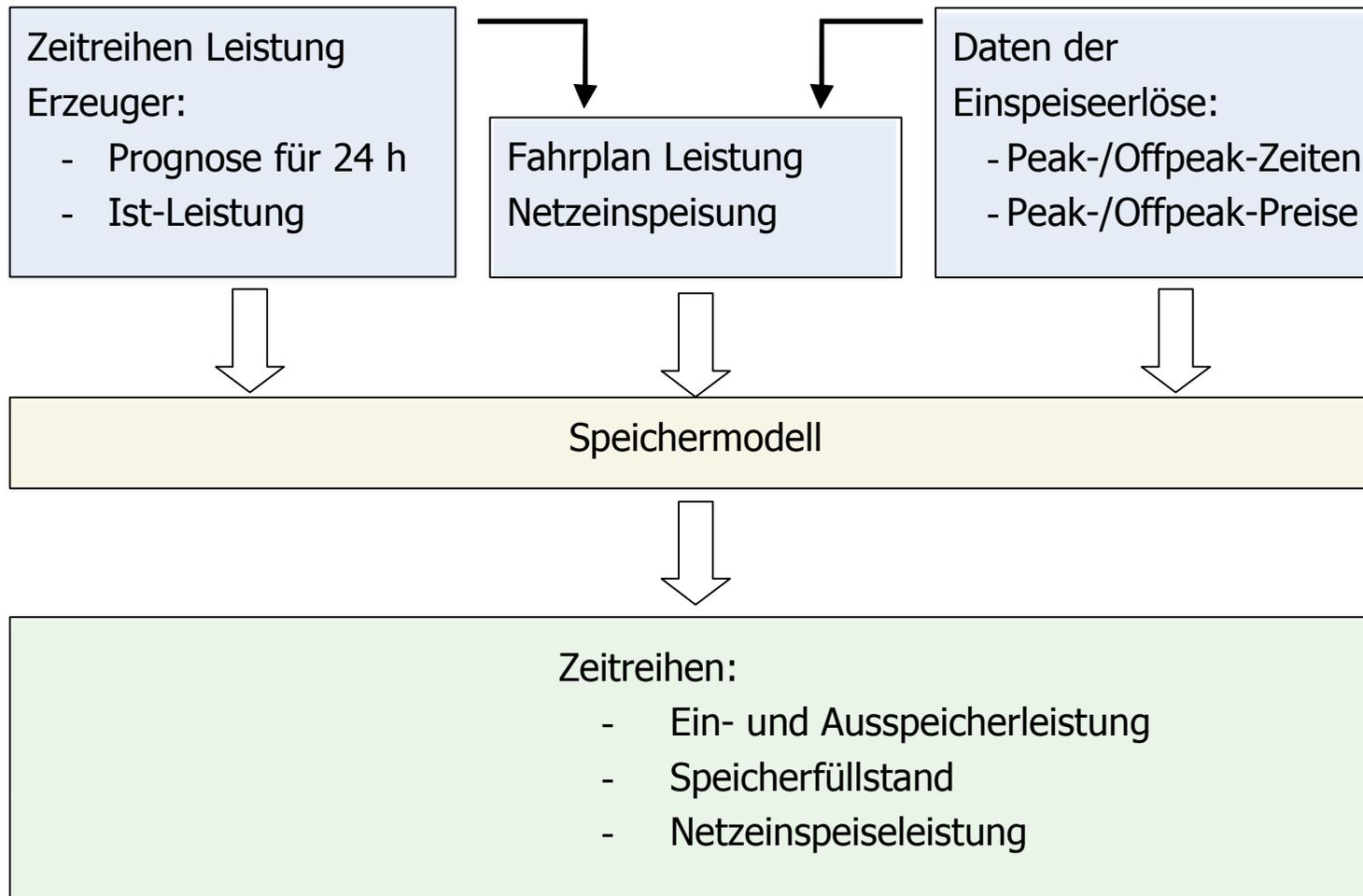
Netzeinspeiseoptimierung für eine Windenergieanlage
in Hinblick auf Strom-Vermarktung (Marktintegration) mittels Speicher



Speichermodellierung für Referenzszenario 3

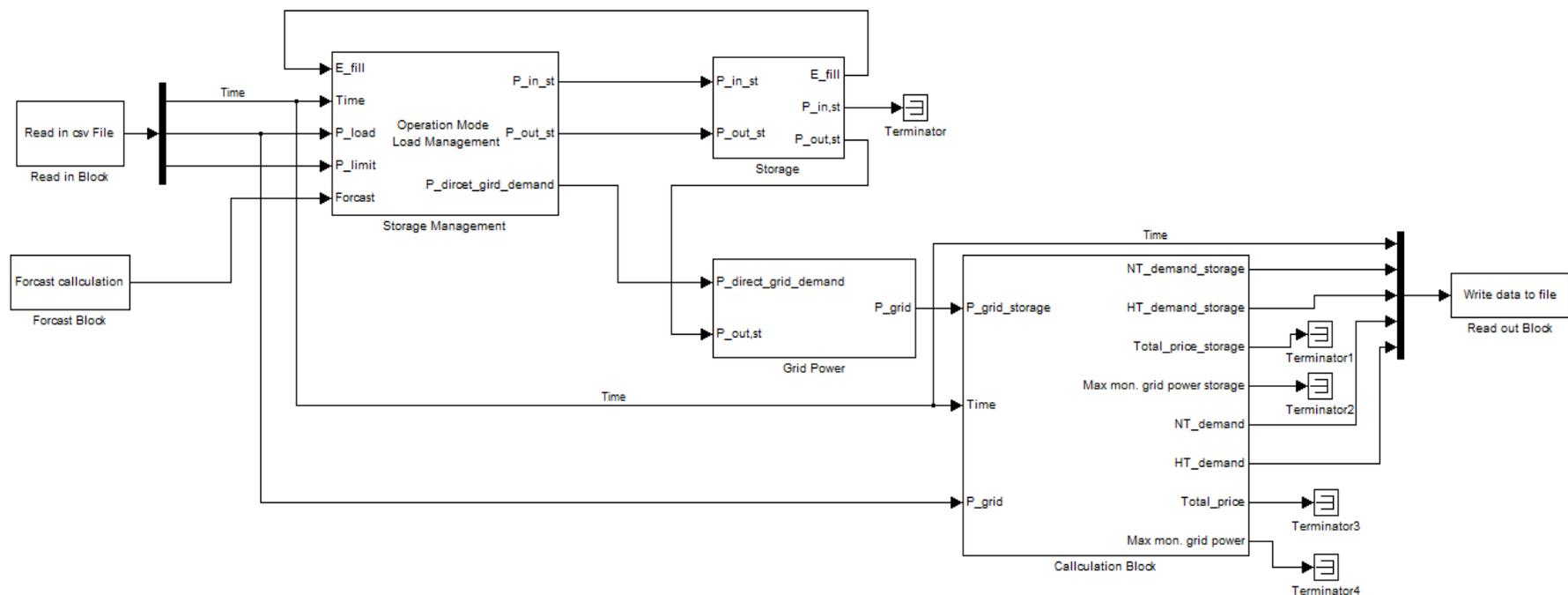
- Zielsetzung des Speichereinsatzes
 - Optimierung der Netzeinspeisung in Hinblick auf den Stromverkauf am Strommarkt
 - Einsatz des Speichers zum Ausgleich der fluktuierender Erzeugercharakteristik
 - 2 Basisvarianten zum Speichereinsatz in Verbindung mit WEA:
 - Variante A: Verstetigung der Einspeisung in Stundenintervallen
 - Variante B: Verstetigung und Verlagerung der Einspeisung von Offpeak- auf Peak-Zeiten (Orientierung an Blockkontrakten der EEX)
- Grundlage: Prognose der Erzeugerleistung
 - 24-h-Prognose → Tages-Fahrplan

Speichermodellierung für Referenzszenario 3



Matlab/Simulink Modell

- „STOR-E“ Library bzw. Blocksets
- Exemplarischer Simulations-Aufbau:

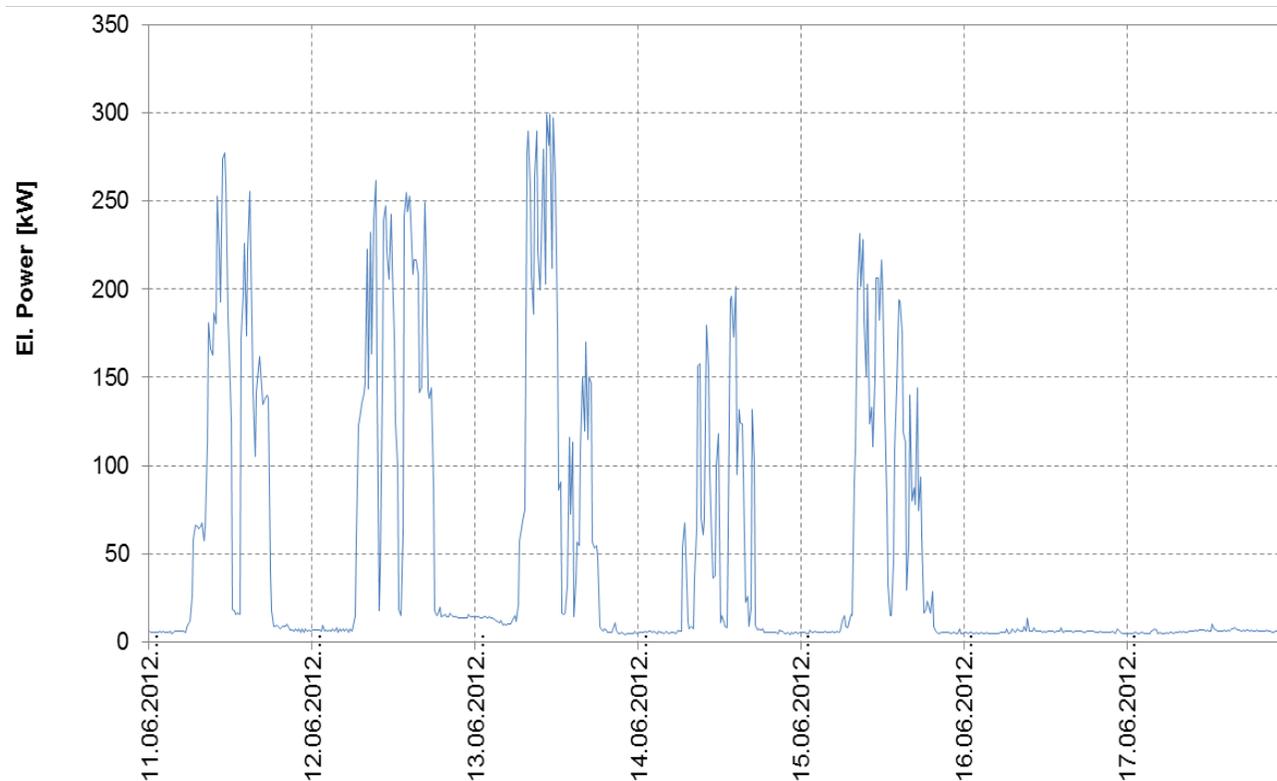


Matlab/Simulink Modell

- „STOR-E“ Library bzw. Blocksets
 - Input / Read in block
 - Storage management block
 - Storage block
 - Forecast block
 - Calculation block
 - Output / Read out block

Simulationsbeispiel

- Anwendungsfall: Kleines Industrieunternehmen (Metallbearbeitung) mit 200 kW_p PV-Anlage
- Repräsentatives Wochen-Lastprofil:



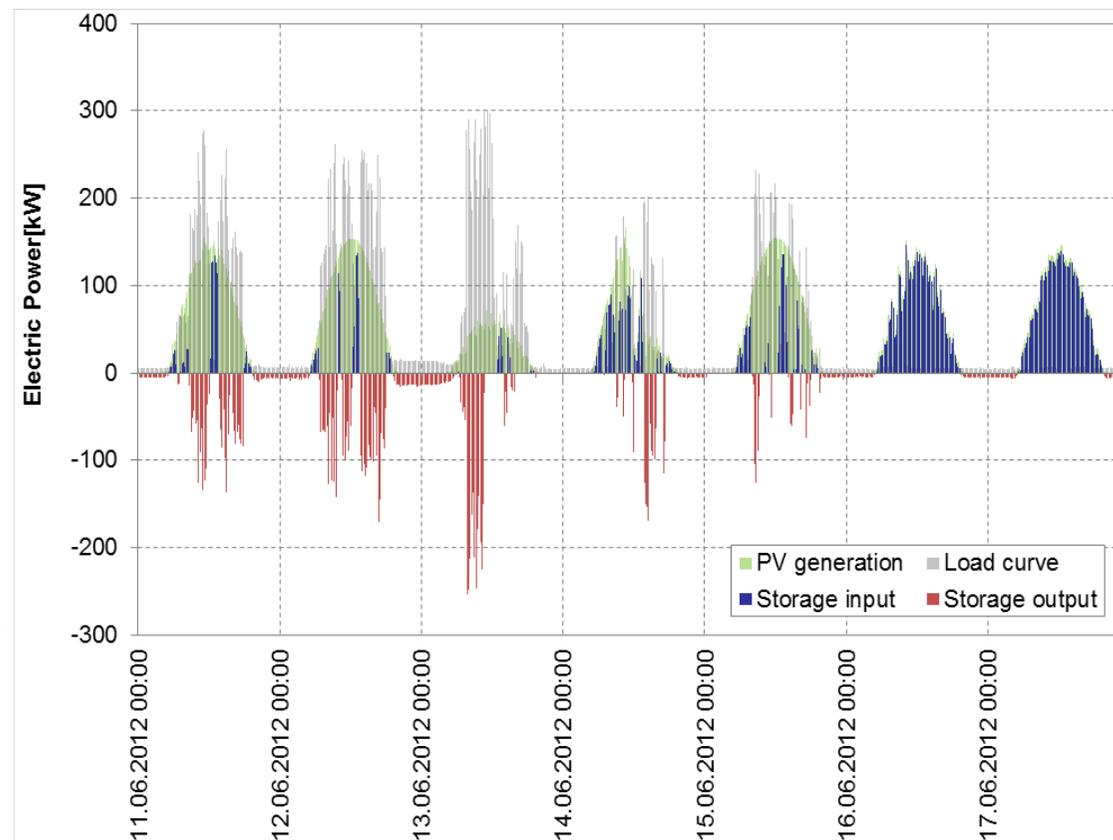
Simulationsbeispiel

- Analyse des Anwendungsfalles mittels Matlab/Simulink-Modell hinsichtlich Eignung zur Speicher-Implementierung
- Erforderlich: Verbraucher-Lastgang und Erzeugerprofil
- Simulationsergebnisse:
 - Maximale auftretende Einspeicherleistung: $160 \text{ kW}_{\text{el}}$
 - Maximale auftretende Ausspeicherleistung: $290 \text{ kW}_{\text{el}}$
 - Maximal auftretender Speicherfüllstand: $2930 \text{ kWh}_{\text{el}}$

Simulationsbeispiel

- Simulationsergebnis

Exemplarisches Wochen-Profil mit Leistungen des PV-Systems, Bedarfsleistung sowie Ein- und Ausspeicherleistungen des Speichers:



Erkenntnisse und Schlussfolgerungen

- Erkenntnisse aus der Modellierung und Analyse der Anwendungsfälle
 - Die erforderliche bzw. optimale Dimensionierung des Speichers in den Anwendungsfällen lässt sich mittels des entwickelten Modells ermitteln
 - Die Auswirkungen der Speicherintegration in den Anwendungsfällen auf die bezogene bzw. eingespeiste elektr. Energie lässt sich mittels des entwickelten Modells darstellen
 - Die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit des Speichereinsatzes erfordert für jeden möglichen Anwendungsfall eine fallspezifische Betrachtung, da die jeweiligen Rahmenbedingungen wesentlichen Einfluss haben

Erkenntnisse und Schlussfolgerungen

- Erkenntnisse aus der Modellierung und Analyse der Anwendungsfälle
 - Die Wirtschaftlichkeit des Speichereinsatzes in den Referenzanwendungsfällen ist insbesondere abhängig von
 - Kosten des Speichersystems (Investition und Betrieb)
 - Erwartete Lebens- bzw. Einsatzdauer des Speichers
 - Strombezugskosten
 - Einspeisetarife, Entwicklung der Marktpreise für Strom
 - Einsatzregime des Speichers bzw. zugrundeliegende Lastprofile von Verbrauchern oder Erzeugungsanlagen

Dieses Projekt wurde aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms NEUE ENERGIEN 2020 durchgeführt.



Besten Dank für die Aufmerksamkeit!

DI (FH) DI Martina Zisler

4ward Energy Research GmbH
Reininghausstraße 13A, 8020 Graz
t: +43 664 88 500 33 6
e: martina.zisler@4wardenergy.at
w: www.4wardenergy.at