Konzeptionelle Auslegung und dynamische Modellierung von großskaligen Wasserstoff-Stromspeicher-Systemen

Steffen Brundiers

Finale des Helmut-Schäfer-Preis 2024

Berlin, 20.06.2024

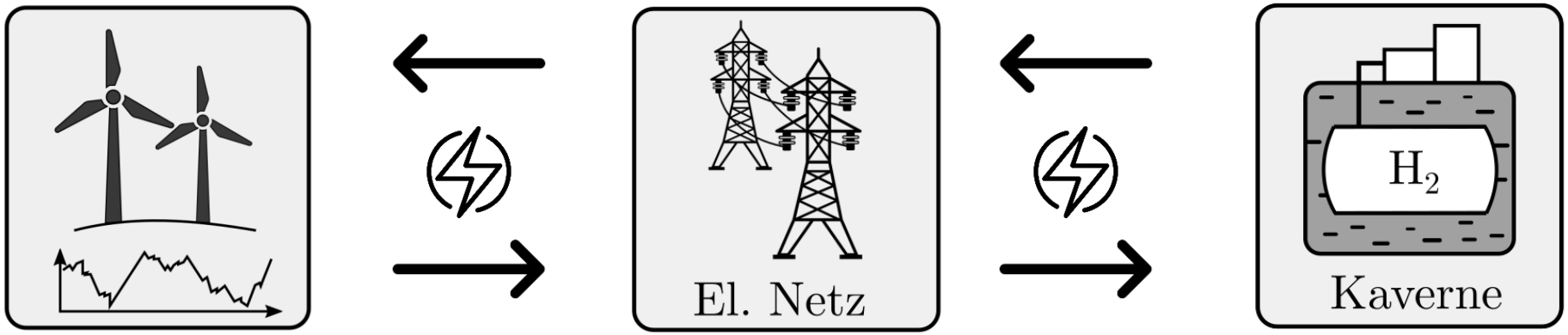
IfES
Leibniz Universität Hannover

Warum großskalige Wasserstoff-Stromspeicher?

- Energiespeicher wichtige Komponente des zukünftigen Energiesystems
  - Saisonale Stromspeicher vom Sommer in den Winter [ZAP22]
  - Wasserstoff-Stromspeicher bieten vielversprechende Option

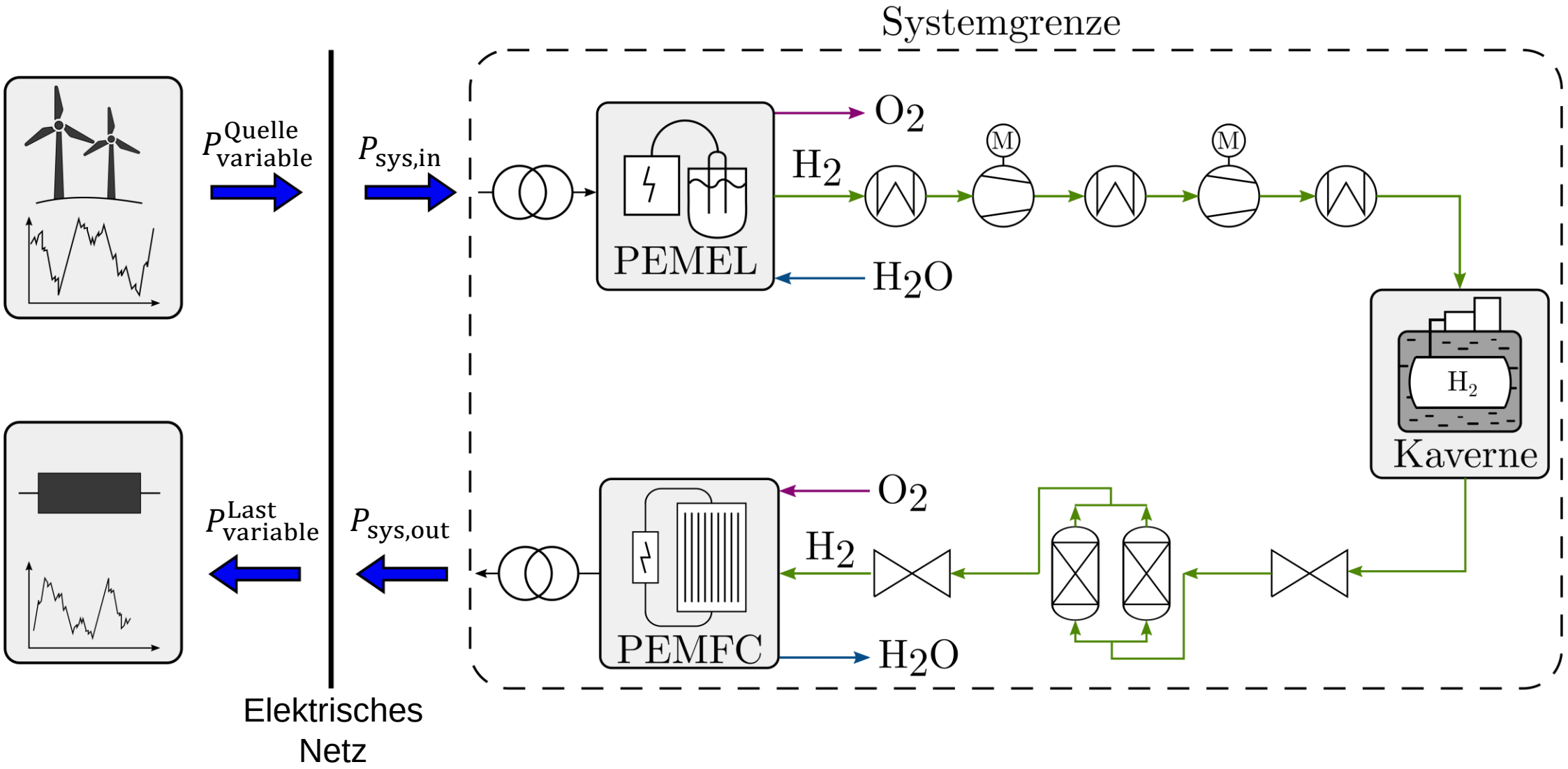
- Wie können diese Speicher ideal in das Netz integriert werden?
  - Verwendung von **System-Modellen**
  - Abbilden des Betriebsverhalten bei **Voll- und Teillast** wichtig

➡ **Problem:** Kein ganzheitliches Modell in der Literatur bekannt!



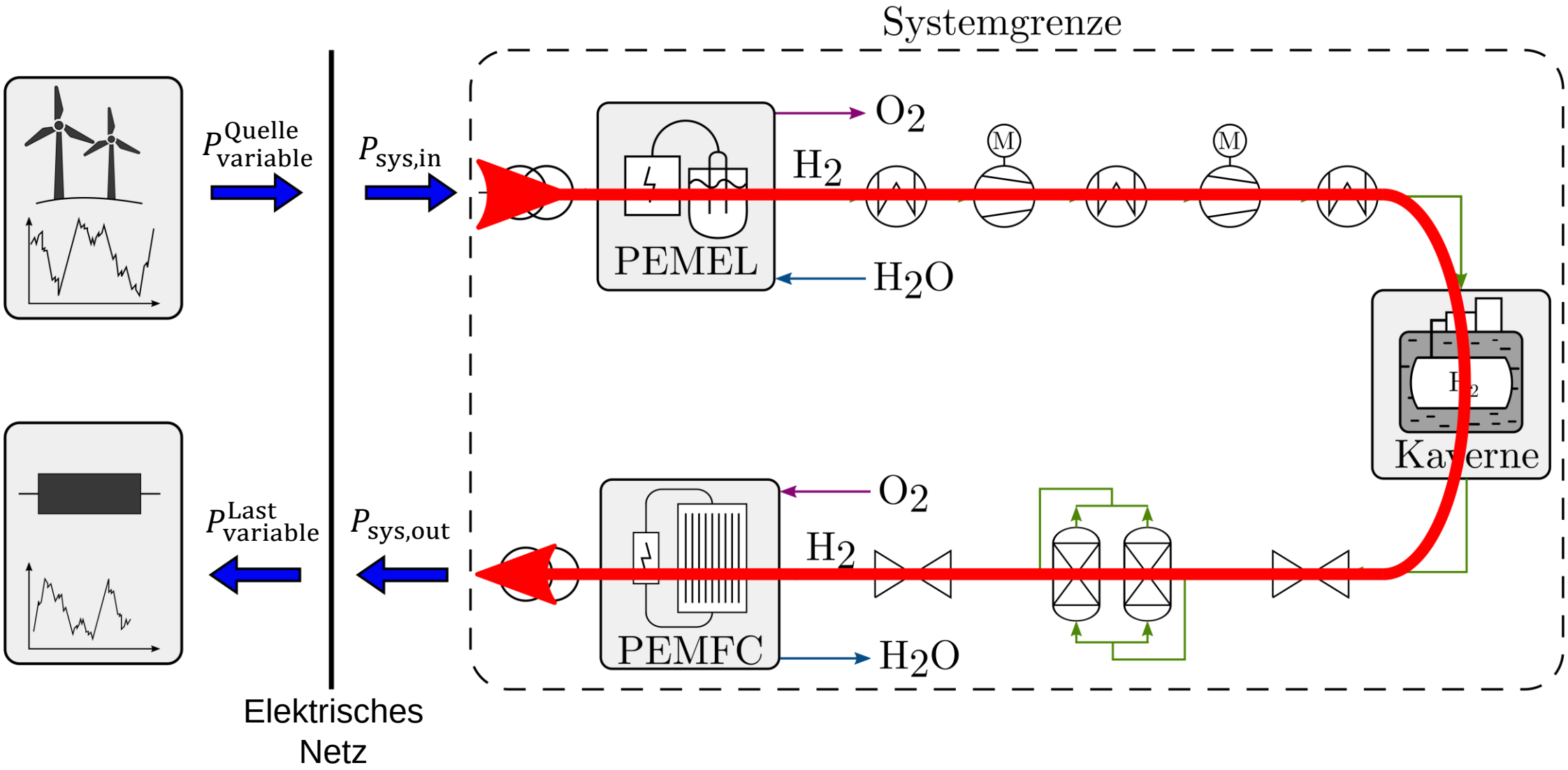
[ZAP22] Zapf, M. (2022). Stromspeicher – Technologien, Kosten und Bedarf. In: Stromspeicher und Power-to-Gas im deutschen Energiesystem. Springer Vieweg, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-37129-6_2

Wie sieht ein Wasserstoff-Stromspeicher aus?



$P^{\text{nom}}_{\text{ely}} = 50$ MW: nominale Elektrolyse Leistung, $P^{\text{nom}}_{\text{FC}} = 100$ MW: nominale Brennstoffzellen Leistung
$C^{\text{nom}} = 30$ GWh: nominale Kavernen Kapazität, $t_{\text{dis}} = 6$ d: Ausspeicherzeit

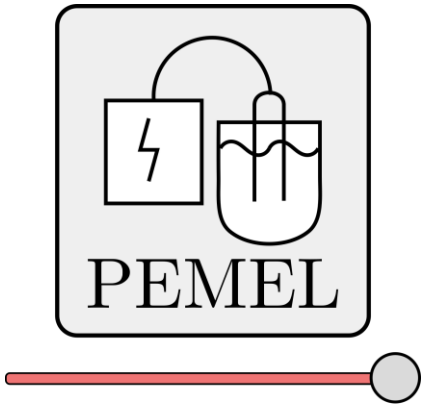
Wie sieht ein Wasserstoff-Stromspeicher aus?



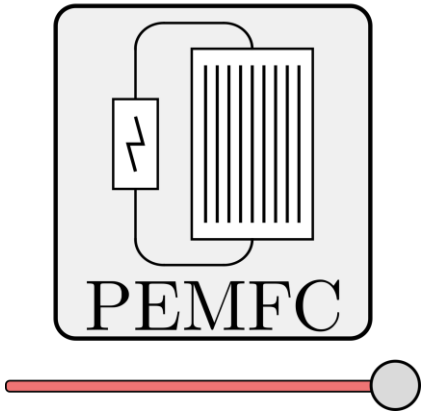
$P^{\text{nom}}_{\text{ely}} = 50\ \text{MW}$: nominale Elektrolyse Leistung, $P^{\text{nom}}_{\text{FC}} = 100\ \text{MW}$: nominale Brennstoffzellen Leistung
$C^{\text{nom}} = 30\ \text{GWh}$: nominale Kavernen Kapazität, $t_{\text{dis}} = 6\ \text{d}$: Ausspeicherzeit

Was sind die Ergebnisse bei Volllast?

Volllast:



$P^{\text{nom}}_{\text{laden}}$

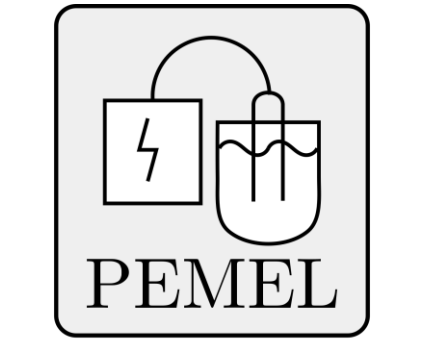


$P^{\text{nom}}_{\text{entladen}}$

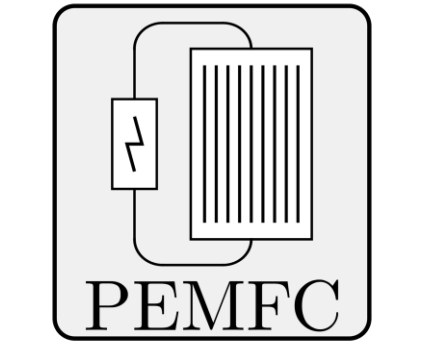
Einspeichern bei konstanter Lade-Leistung und anschließendes Ausspeichern bei konstanter Entlade-Leistung

Was sind die Ergebnisse bei Volllast?

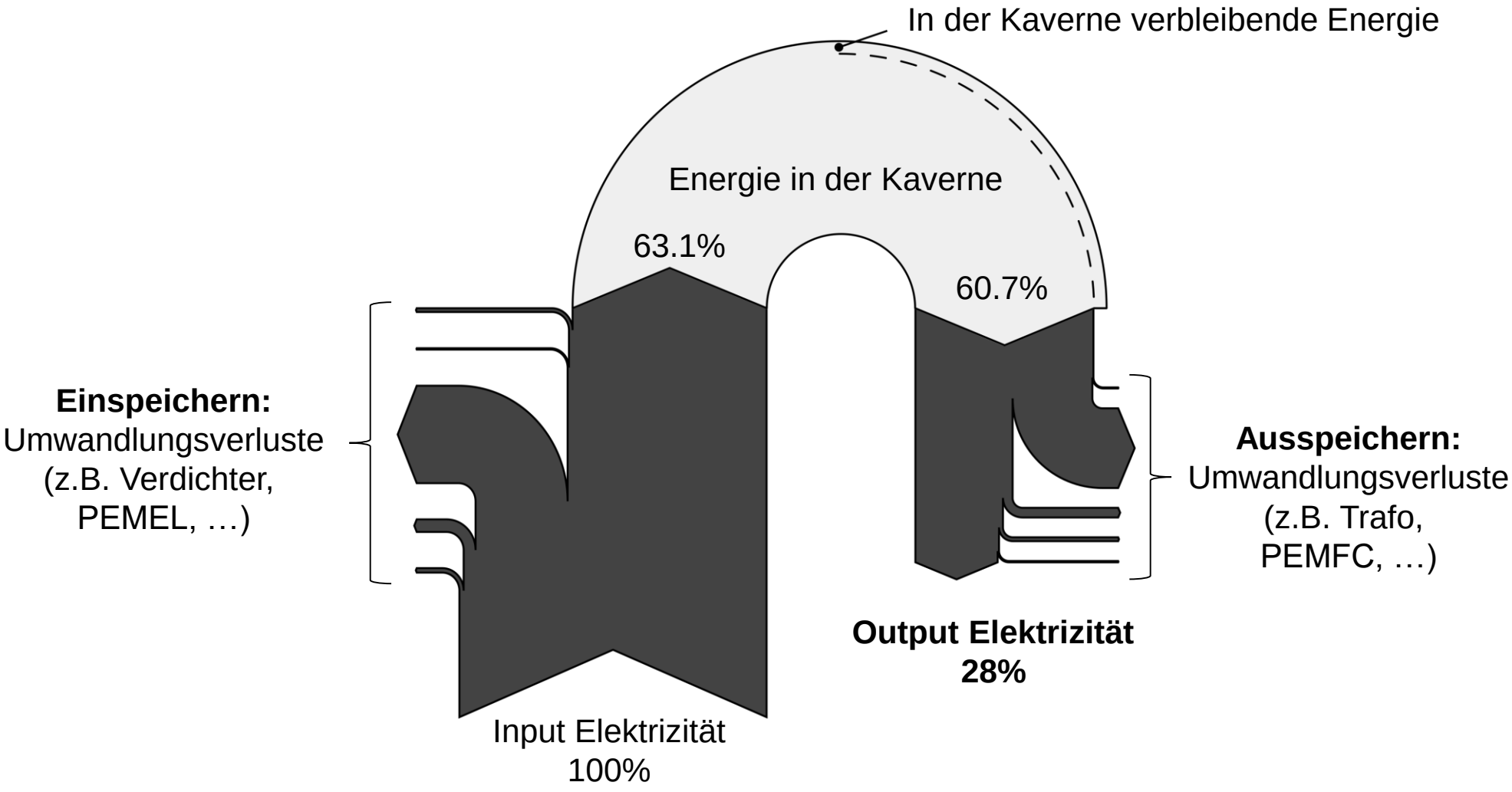
Volllast:



$P^{\text{nom}}_{\text{laden}}$



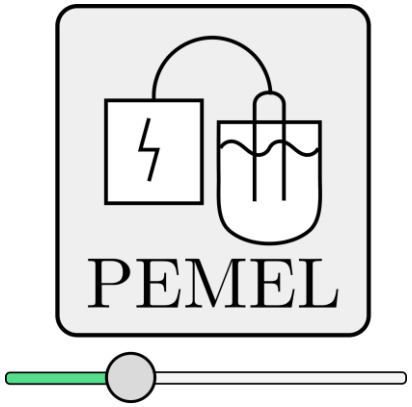
$P^{\text{nom}}_{\text{entladen}}$



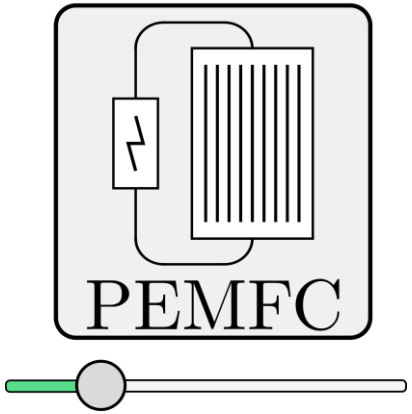
Einspeichern bei konstanter Lade-Leistung und anschließendes Ausspeichern bei konstanter Entlade-Leistung

Was sind die Ergebnisse bei Teillast?

Teillast:



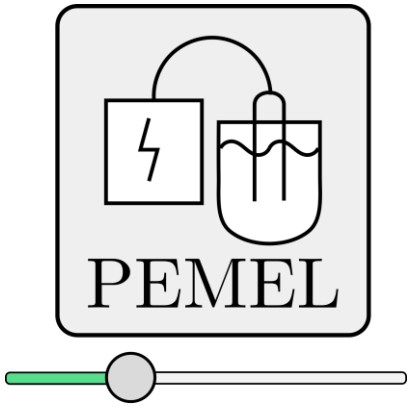
$0.25 \cdot P_{\text{laden}}^{\text{nom}}$



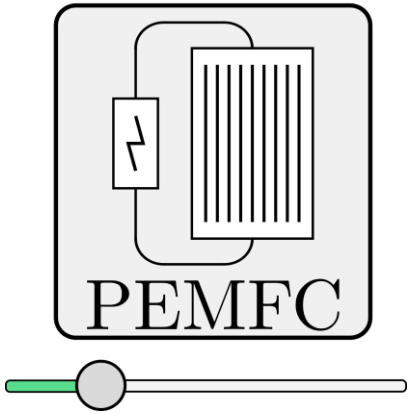
$0.2 \cdot P_{\text{entladen}}^{\text{nom}}$

Was sind die Ergebnisse bei Teillast?

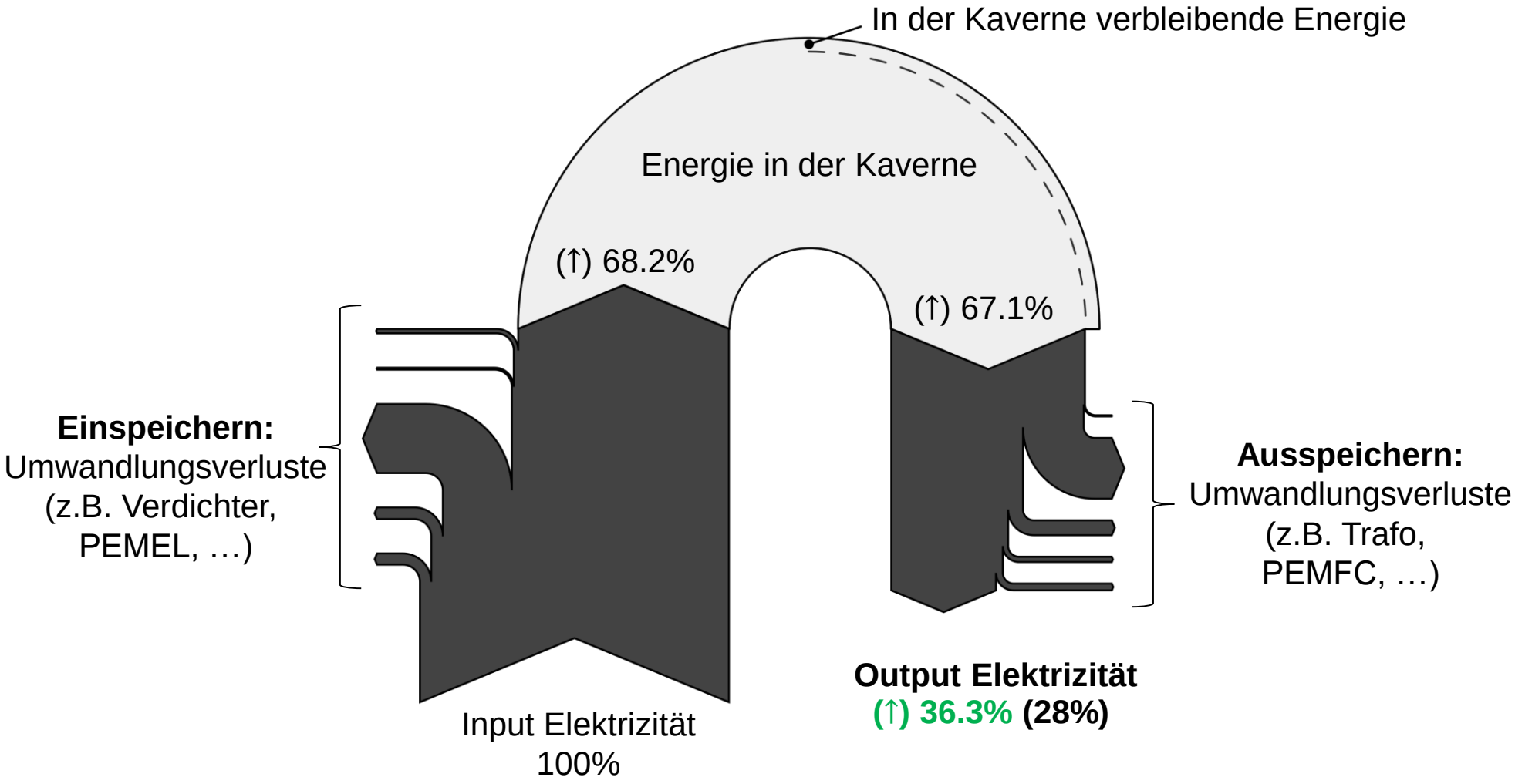
Teillast:



$0.25 \cdot P_{\text{laden}}^{\text{nom}}$



$0.2 \cdot P_{\text{entladen}}^{\text{nom}}$



Einspeichern bei konstanter Lade-Leistung und anschließendes Ausspeichern bei konstanter Entlade-Leistung

Wie geht es weiter?

1. Dynamisches Modell & erste Untersuchungen ✓

2. Erarbeitung von Strategien zur Betriebsführung und Netzintegration

3. Untersuchung von Systemanpassungen

4. Verwendung der Einzelmodelle (Beyers et al. 2024)

Interesse an der vollständigen Arbeit und weiterführenden Untersuchungen? brundiers@ifes.uni-hannover.de

Beyers et al. (2024): Hydrogen storage in salt caverns: Sizing, dynamic modeling and application for energy system analysis. ECOS 2024

Backup - Folien

Steffen Brundiers

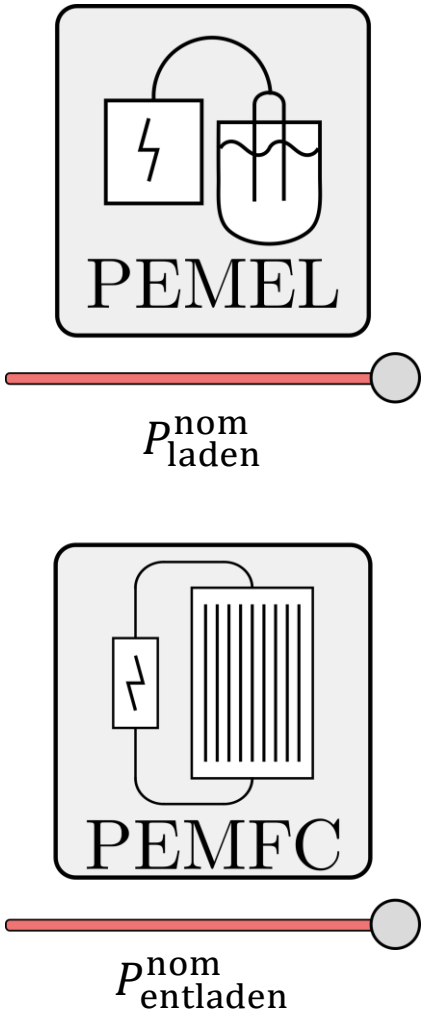
Finale des Helmut-Schäfer-Preis 2024

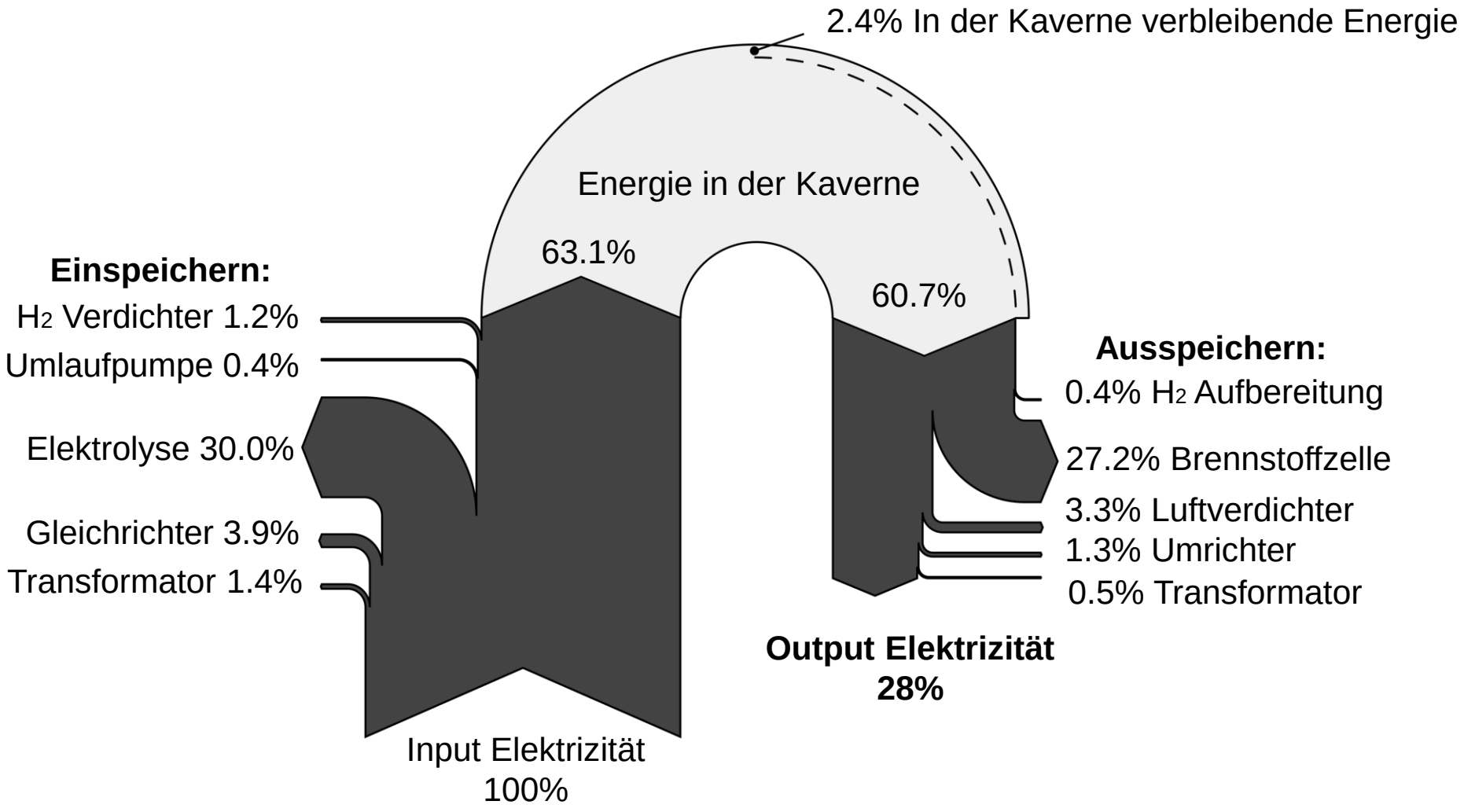
Berlin, 20.06.2024

IfES
Leibniz Universität Hannover

Was sind die Ergebnisse bei Volllast?

Volllast:

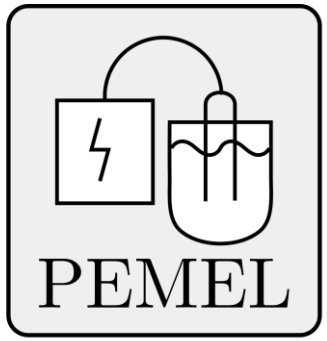




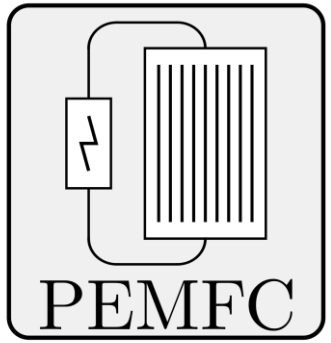
Einspeichern bei konstanter Lade-Leistung und anschließendes Ausspeichern bei konstanter Entlade-Leistung

Was sind die Ergebnisse bei Teillast?

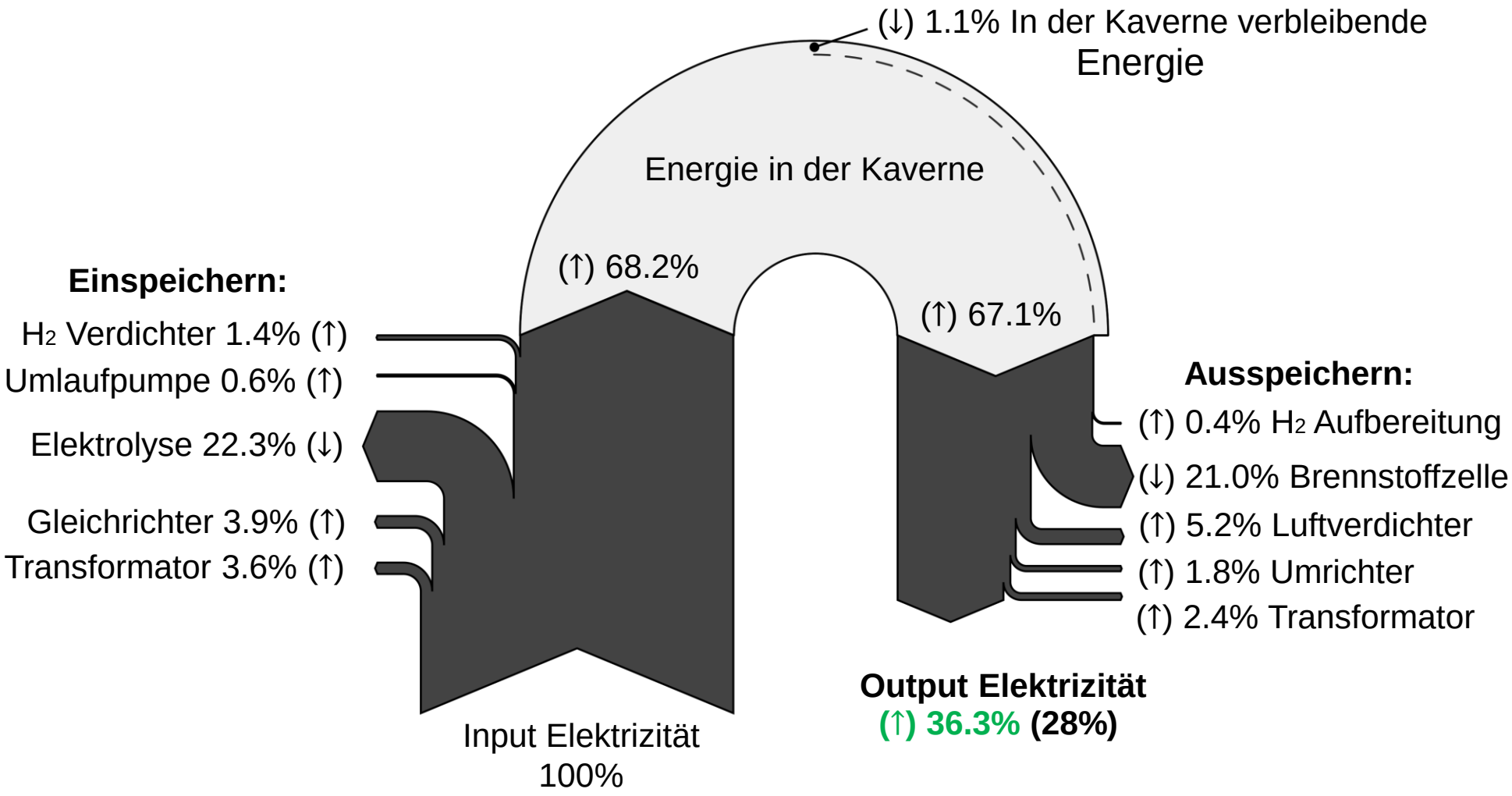
Teillast:



$0.25 \cdot P^{\text{nom}}_{\text{laden}}$

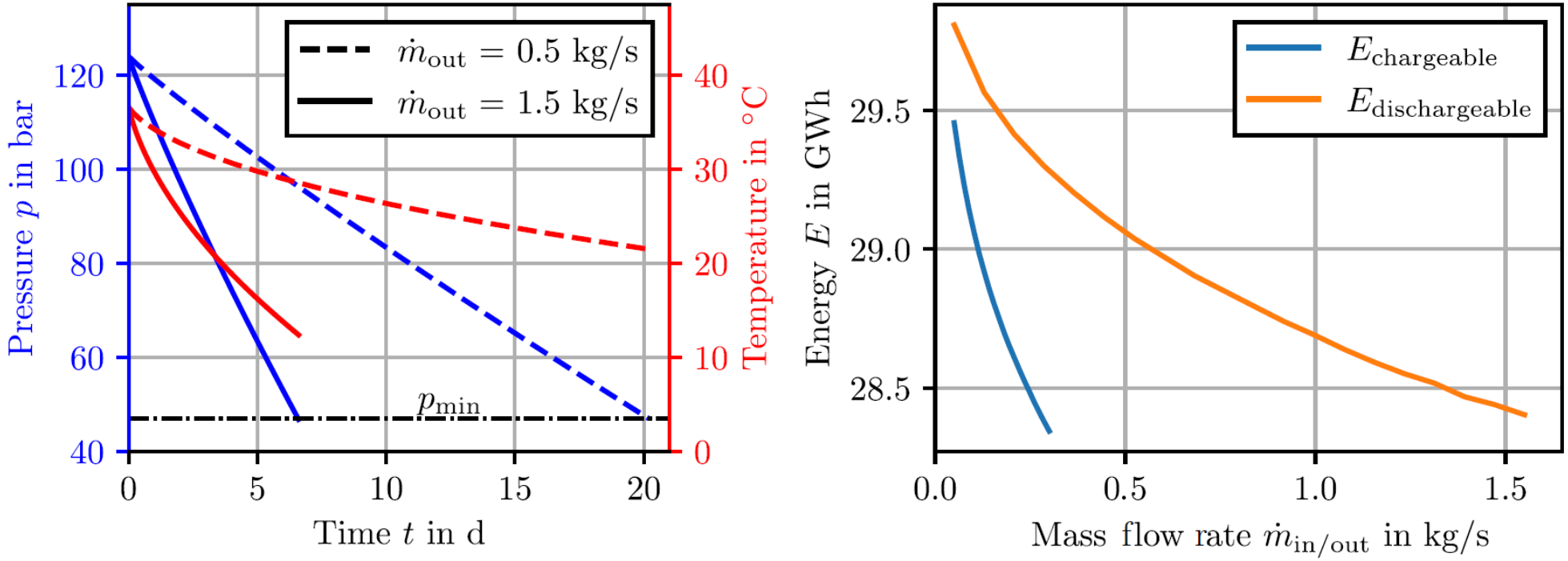


$0.2 \cdot P^{\text{nom}}_{\text{entladen}}$



Einspeichern bei konstanter Lade-Leistung und anschließendes Ausspeichern bei konstanter Entlade-Leistung

Wieso verbleibt ein Teil der Energiemenge in der Kaverne?



(a) Withdrawal process for different $\dot{m}_{\text{out}}$ **(b)** Maximum dis-/chargeable energy

Figure 4.7: Influence of the input and output mass flow rates on the chargeable and dischargeable energy of the salt cavern

$T_{\text{end}} \downarrow \;\Rightarrow\; \rho_{\text{end}} \uparrow \Rightarrow$ Erreichen von p_{min} bei höherer Residualgasmasse in der Kaverne