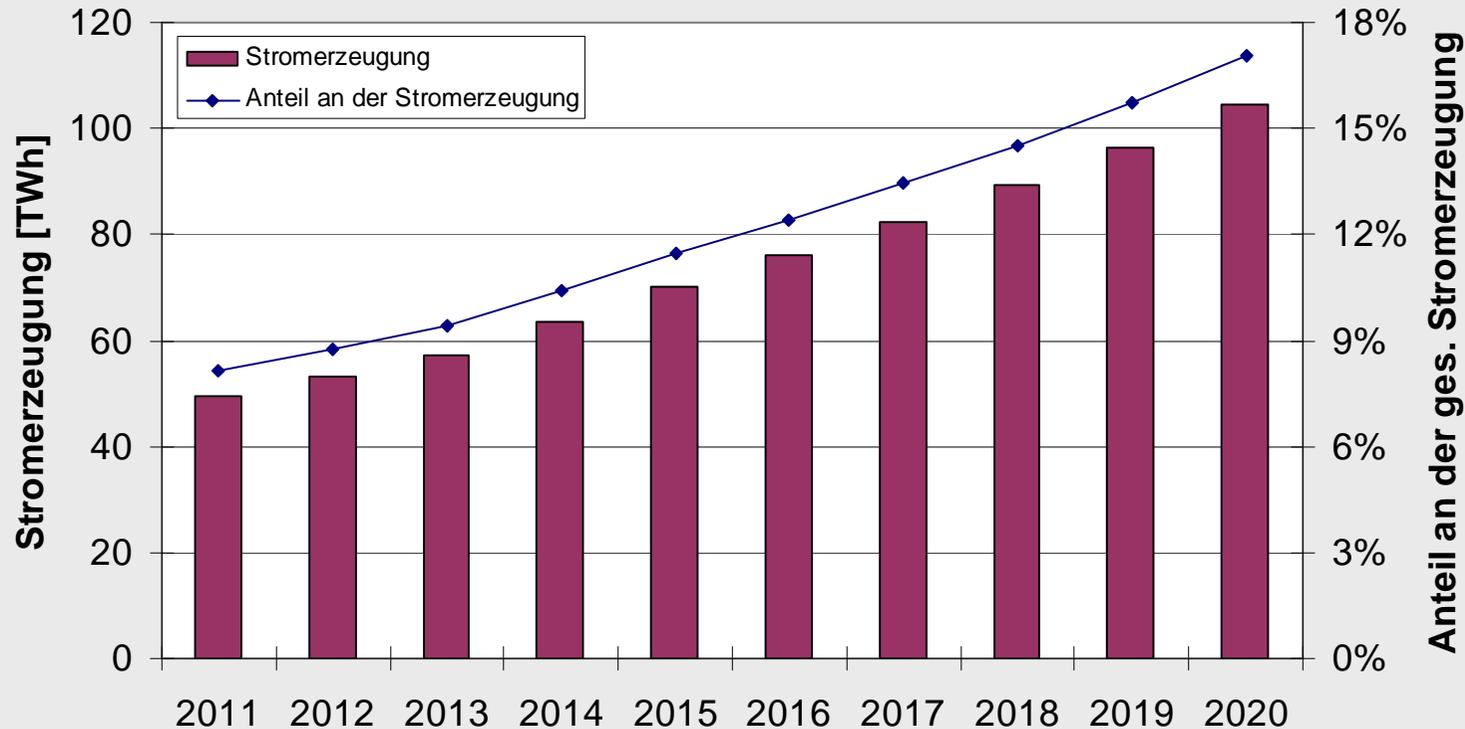


Ganzheitliche Bewertung des Umwelteinflusses der Windenergie

André Sternberg, André Bardow

7. Ökobilanz-Werkstatt, 20. - 22. September 2011

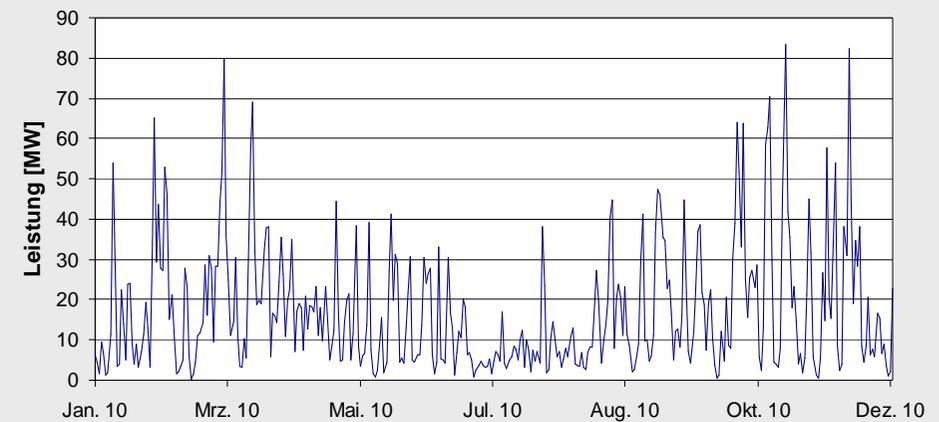
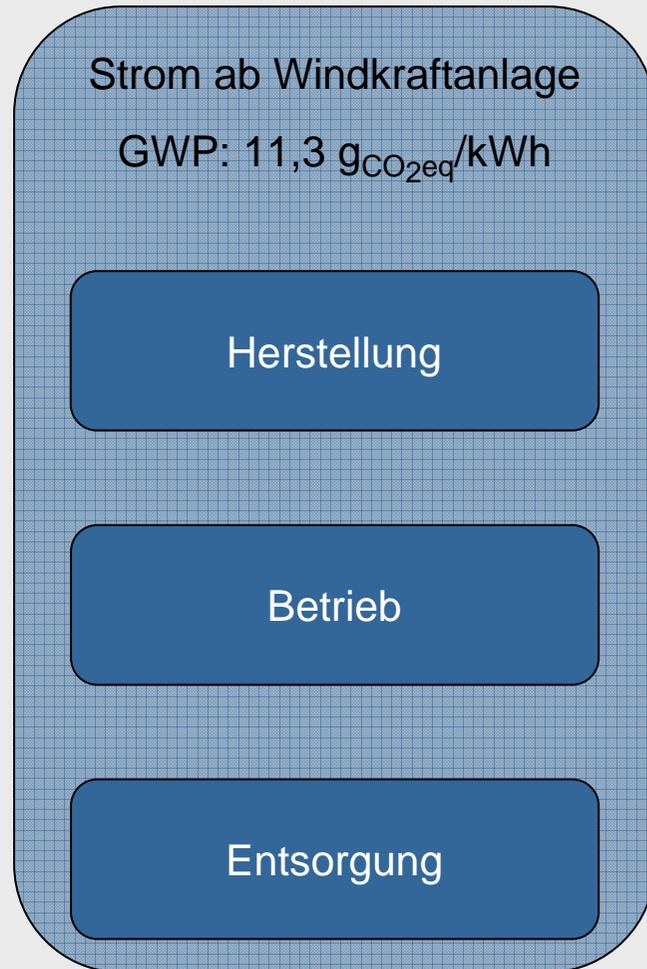




Treibhausgasemissionen (GWP_{100a}): 11,3 g_{CO₂eq}/kWh

Quellen: Nationaler Aktionsplan für erneuerbare Energie gemäß der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen; Bundesregierung Deutschland

ecoinvent: electricity, at wind power plant 800kW



Ganzheitliche Bewertung GWP: ???

Strom ab Windkraftanlage

GWP: 11,3 g_{CO₂eq}/kWh

Herstellung

Betrieb

Entsorgung



Auswirkung auf das
Stromnetz

Lastausgleich

GWP: ???

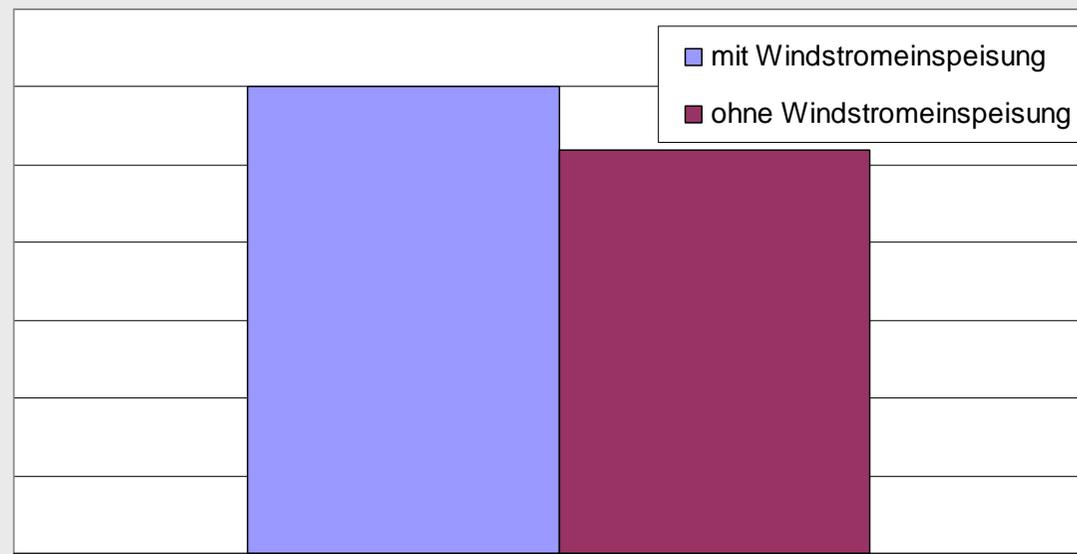
Speicherung

GWP: ???



- Bestehender Kraftwerkspark stellt Reserven bereit

→ Konventionelle Kraftwerke vermehrt in Teillast



spezifische CO₂-Emissionen der konventionellen Kraftwerke

→ Zusätzliches GWP der Windenergie: $55 \text{ g}_{\text{CO}_2\text{eq}}/\text{kWh}_{\text{Wind}}$

Quellen: Roth et. al.; Windenergiebedingte CO₂-Emissionen konventioneller Kraftwerke; 2005

Ganzheitliche Bewertung GWP: ???

Strom ab Windkraftanlage

GWP: 11,3 g_{CO₂eq}/kWh

Herstellung

Betrieb

Entsorgung

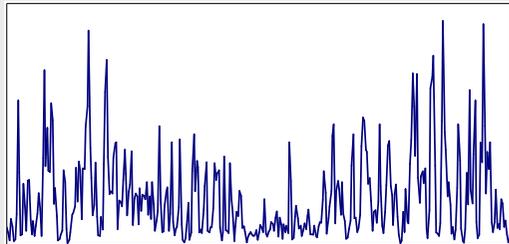
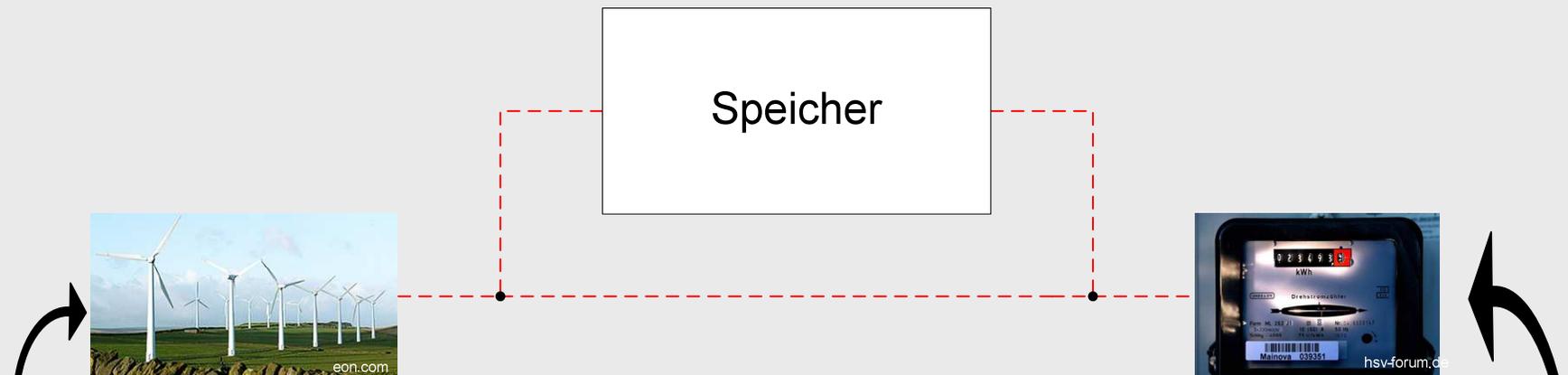
Auswirkung auf das
Stromnetz

Lastausgleich

GWP: 55 g_{CO₂eq}/kWh

Speicherung

GWP: ???



Input

- Windkennlinie aus 50 Hertz Netz
- Durchschnittsleistung: 17,3 MW

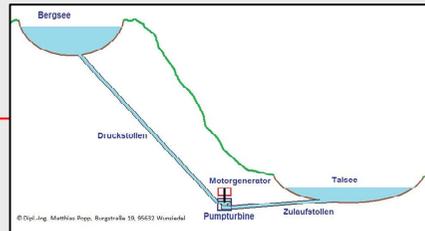
Output (Funktionelle Einheit)

- Konstante Leistung (P_{max} ; 10 MW; 5 MW; 2 MW)

Annahme: Inselbetrieb

- Ziele:
- GWP des Speichers bestimmen
 - Optimierung der Speichergröße

**Berechnung
Speicherkapazität**



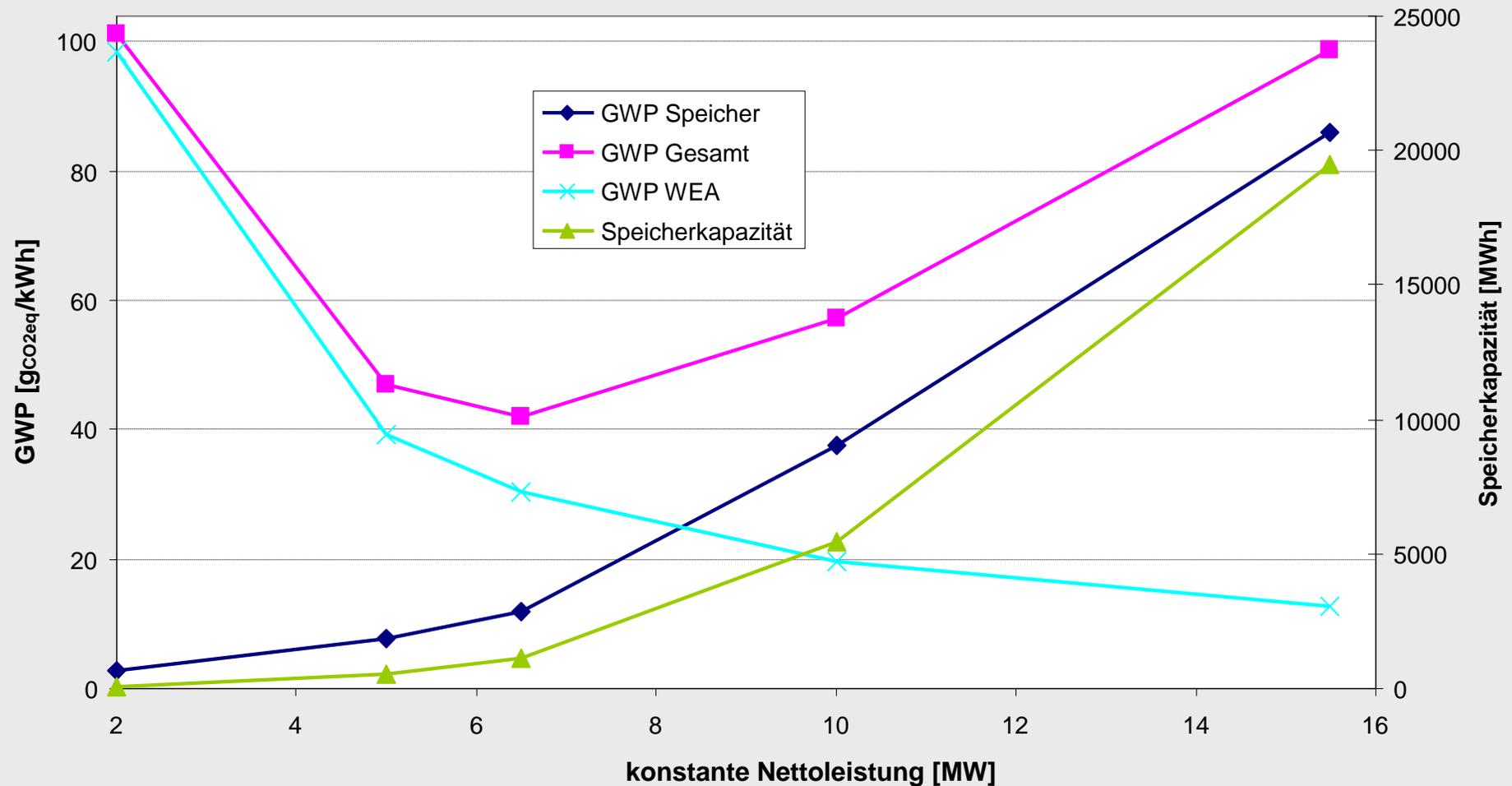
**Eingabe
Leistungsbedarf**

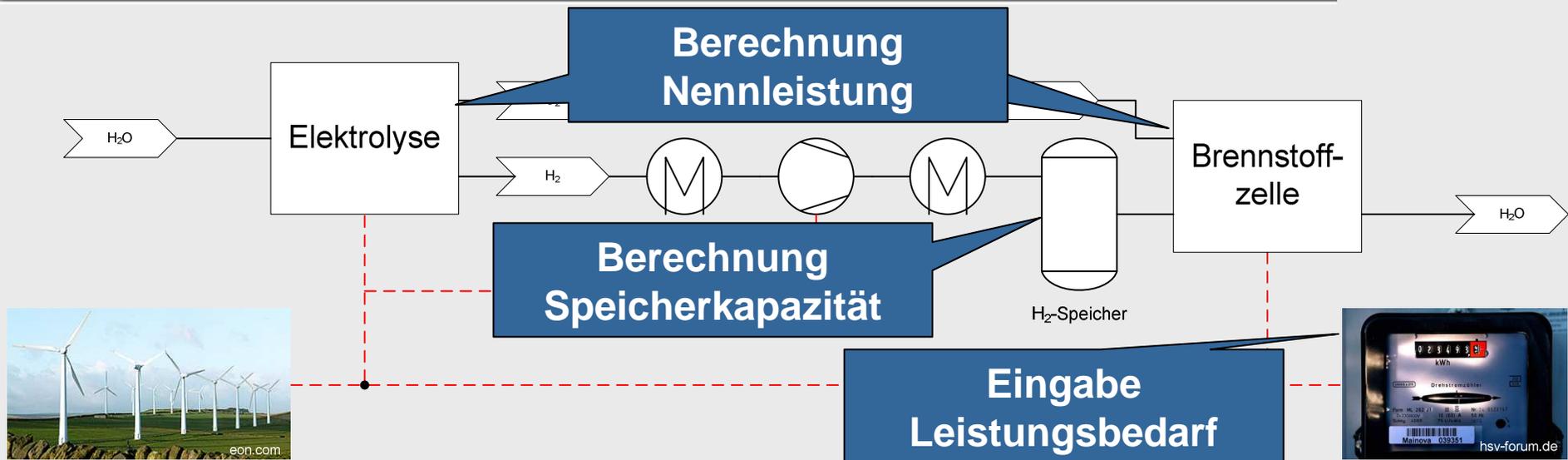


GWP Bau	37,7 t _{CO₂eq} /MWh _{storage capacity}
GWP Betrieb	1,8 t _{CO₂eq} /GWh
Lebensdauer	60 Jahre
Wirkungsgrad	77,5 %

Quellen: Denholm et. al.; Life cycle energy requirements and greenhouse gas emissions from large scale energy storage systems; 2003

Umwelteinfluss des Pumpspeicherkraftwerks



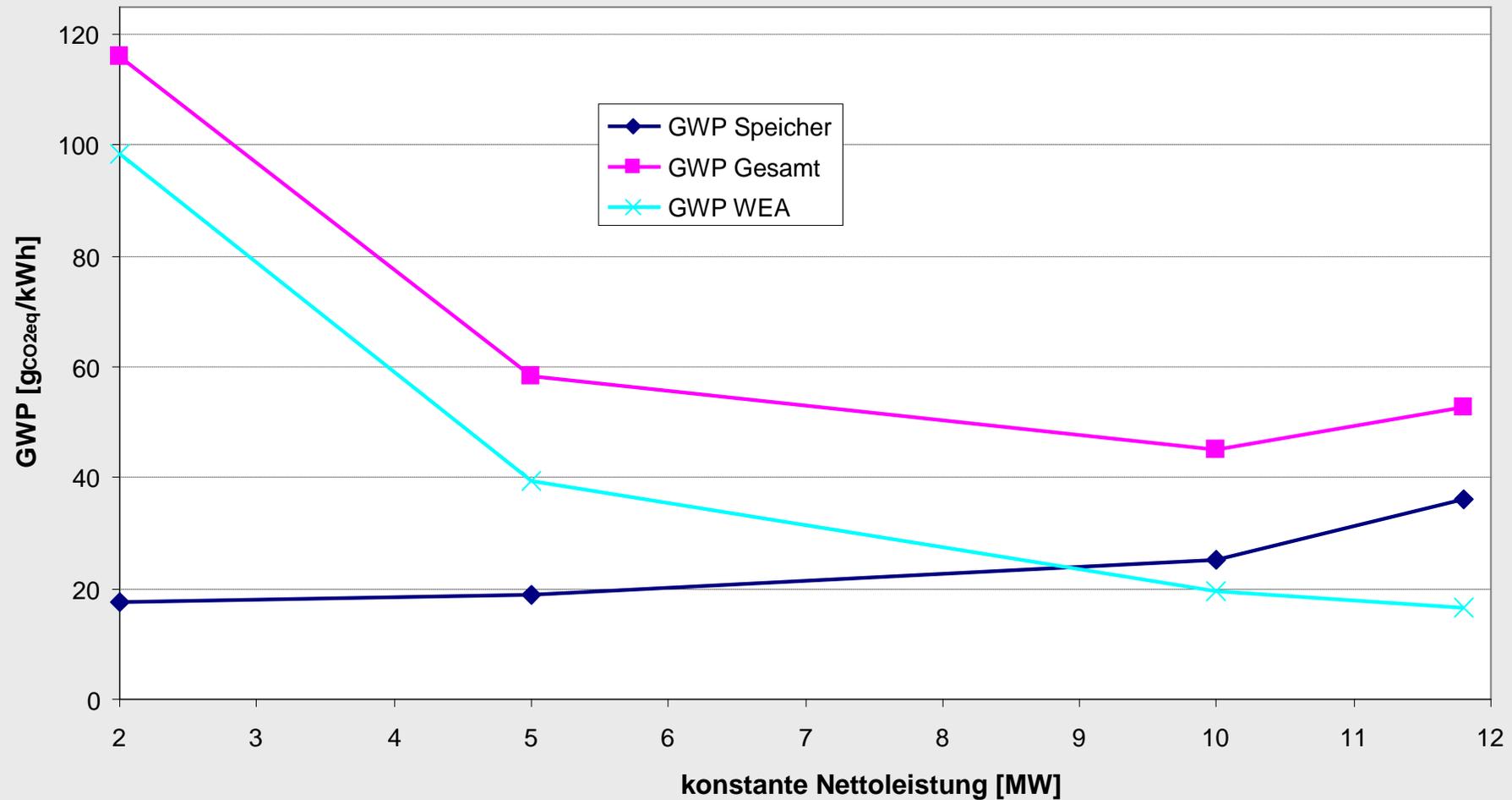


	Elektrolyse	Speicher	Brennstoffzelle
GWP Bau	0,59 t _{CO₂eq} /kW	76,5 kg _{CO₂eq} /kg _{H₂}	1,18 t _{CO₂eq} /kW
Lebensdauer	10 Jahre	40 Jahre	10 Jahre
Wirkungsgrad	ca. 80 %	----	60 %

Quellen: ecoinvent

Hydrogen Production and Storage; OECD/IEA 2006

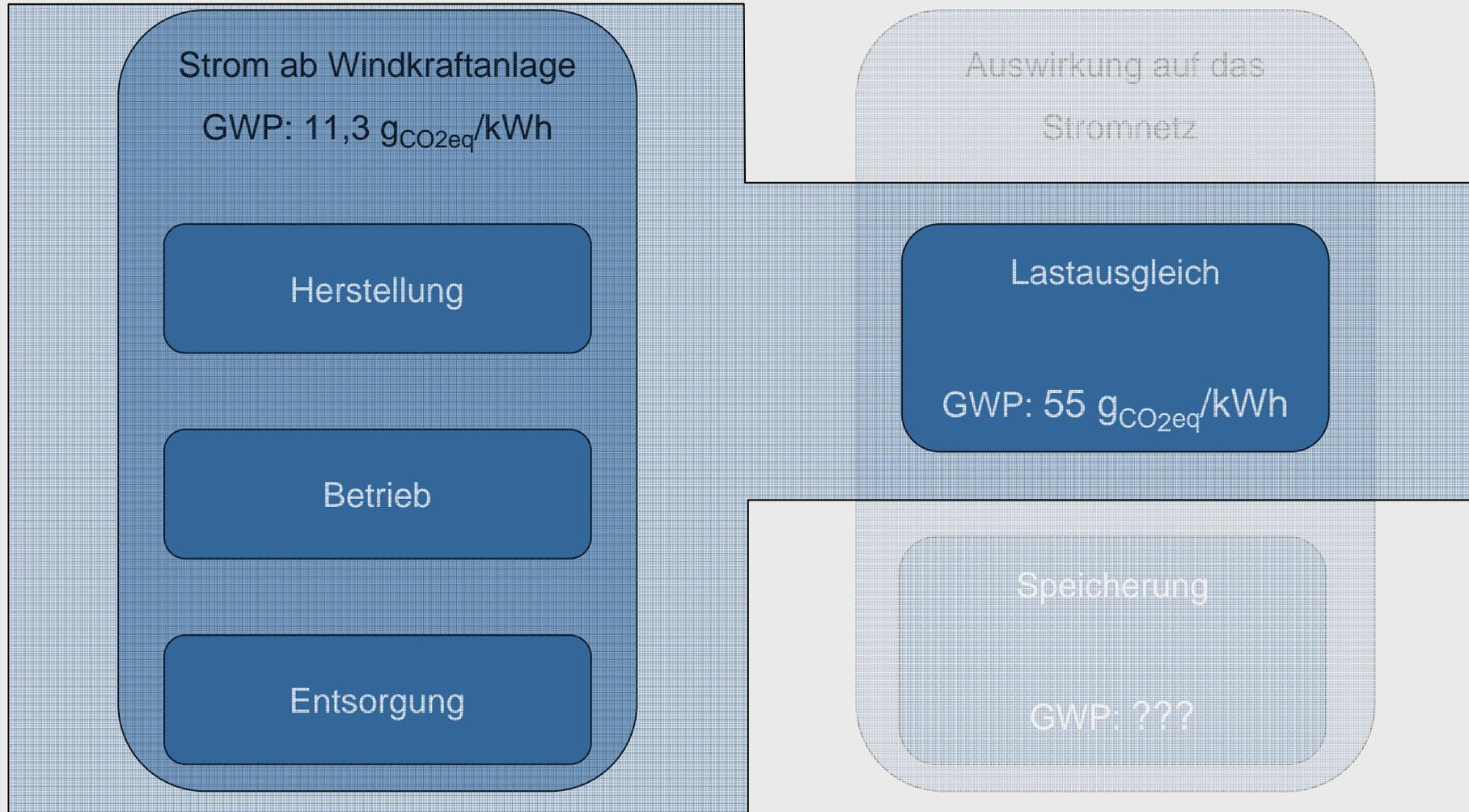
Umwelteinfluss der Wasserstoffspeicherung



GWP: 45 g_{CO₂eq}/kWh



GWP: 66 g_{CO₂eq}/kWh



Ganzheitliche Bewertung GWP: ???

Ansatz für Gewichtung
der Anteile

Strom ab W... anlage

Weitere Umweltindikatoren
berücksichtigen

Herstellung

Betrieb

-Berechnung präzisieren
-Weitere Speicher betrachten

Entsorgung

Auswirkung auf das
Stromnetz

Lastausgleich
GWP: 55 g_{CO₂eq}/kWh

Speicherung
GWP: ???

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

