



© Bild 1 und 2: Ferdinand Dunkes; Bild 3: Unbekannt, <https://www.pigsels.com/de/public-domain-photo-ijcmp>

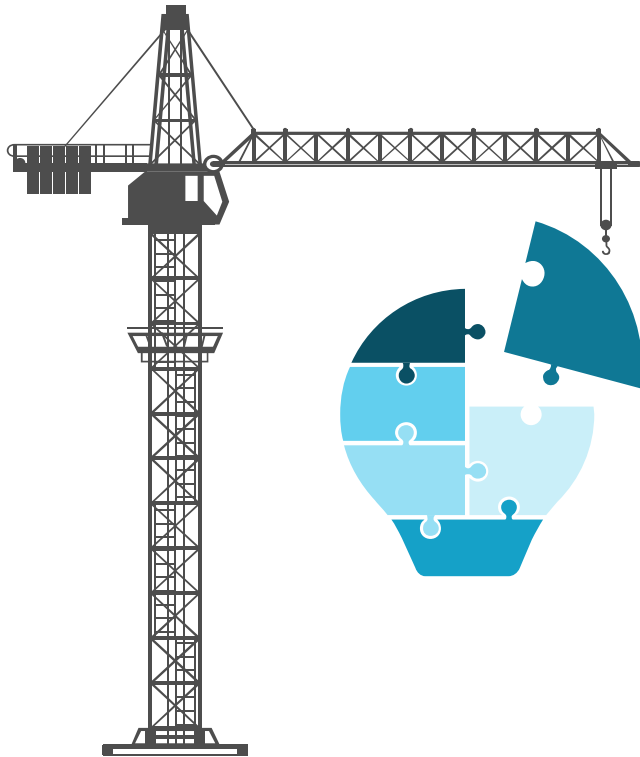
# Online-Energiekonferenz am 30. Juni 2020

**Ferdinand Dunkes**

---

# Themenstellung

- Analyse des Energiewetters von 1980 bis 2019
- Auslegung eines regenerativen Versorgungskonzeptes



Lasten und Verbräuche

Biomasseleistung

Windleistung

Solarleistung

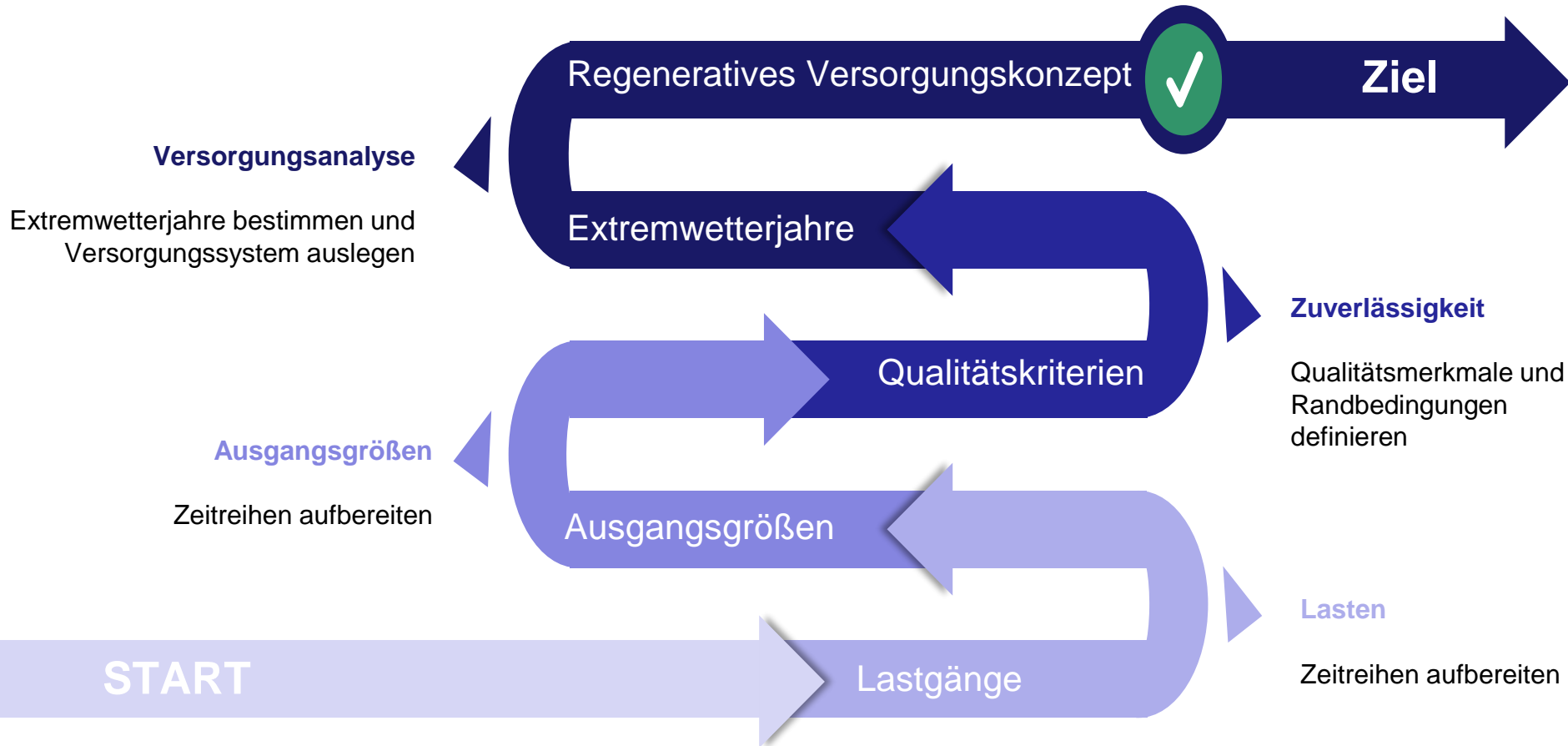
Laufwasserleistung

Speichersysteme

# Agenda

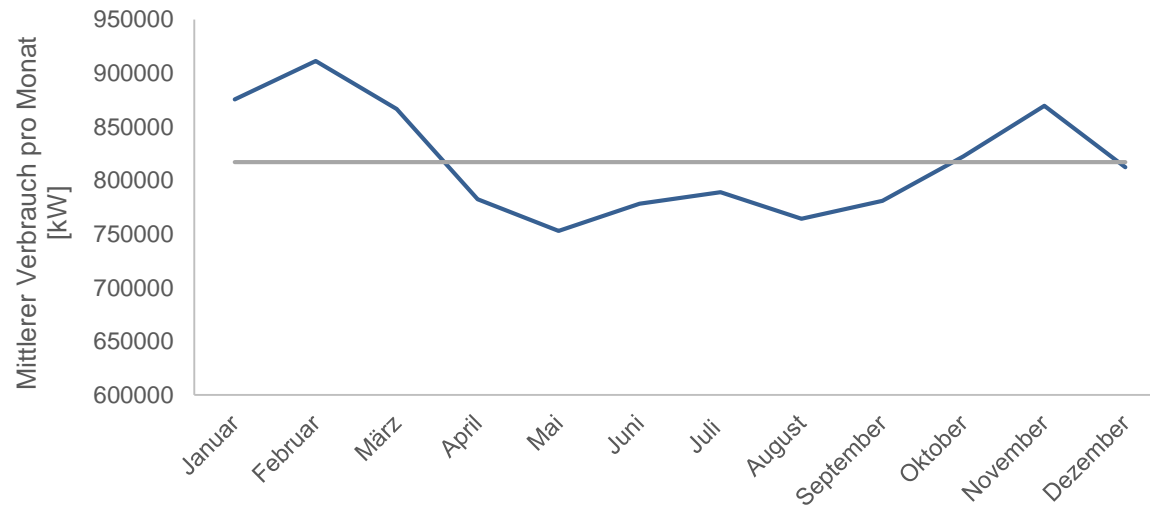
1. Vorgehensweise
2. Lasten und Verbräuche
3. Ausgangsgrößen
  - a) Biomasse
  - b) Laufwasser
  - c) Solar
  - d) Wind
4. Modellvorgaben
5. Auswertung
  - a) Versorgungskritischste Energiewetterphase
  - b) Speicherbedarf
  - c) Ausbaubedarf
  - d) Stromgestehungskosten

# Vorgehensweise



## Lasten und Verbräuche

- Verlauf in 4-Jahres-Zyklen
- Höhe des Jahres 2018 (Großraum Nürnberg: 7,15 TWh)



---

## Biomasseleistung

- Annahme: Konstanter Verlauf
- Reale Höhe der Biomasseleistung durch Anteil an Umwandlungsvermögen
- Beispiel Großraum Nürnberg:

$$BA = \frac{W_{Bio,Verbrauch}}{W_{ges,2018}} = \frac{333,13 \text{ GWh}}{7.152,789 \text{ GWh}} = 0,0466 \approx 5 \%$$

## Laufwasserleistung

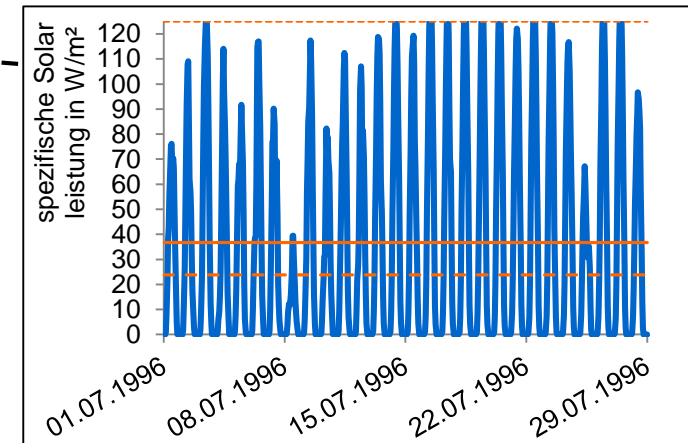
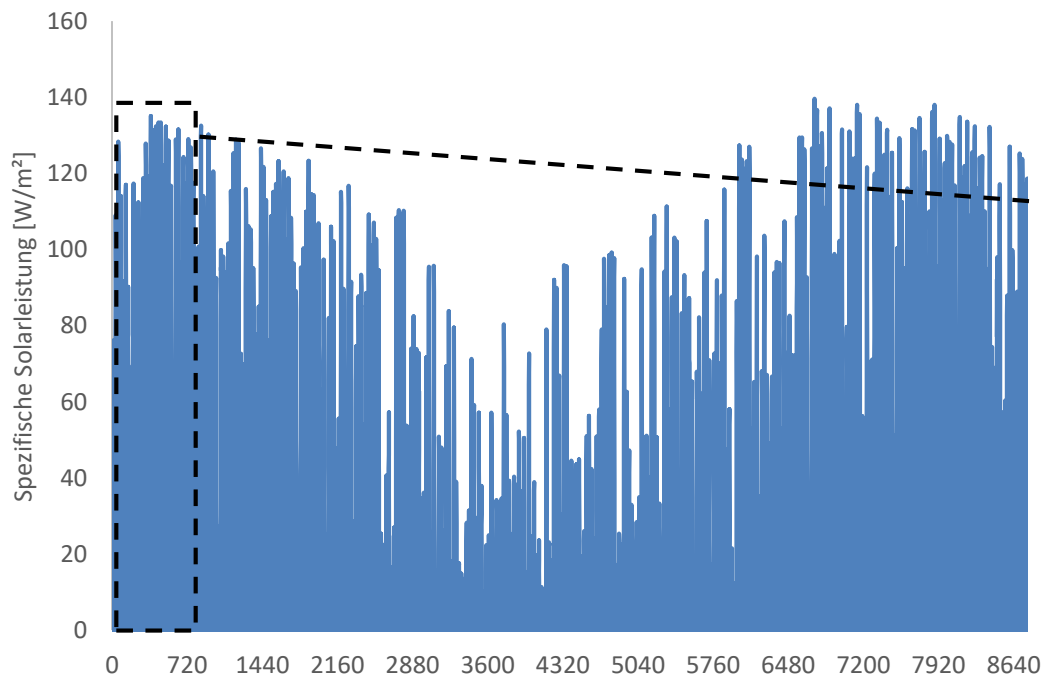
- Verlauf aus Abflussdaten strömungsstarker Gewässer
- Höhe durch Anteil am Umwandlungsvermögen
- Beispiel Großraum Nürnberg:

$$LA = \frac{W_{Wasser,Verbrauch}}{W_{ges,2018}} = \frac{61,42 \text{ GWh}}{7.152,78 \text{ GWh}} = 0,0086 \approx 1 \%$$

	Regnitz Hüttendorf	Pegnitz Lauf	Pegnitz Nürnberg	Rednitz Neumühle	Wiesent Muggendorf
<b>Maximum [m³/s]</b>	315,00	93,90	112,00	198,00	68,40
<b>Minimum [m³/s]</b>	10,10	4,41	4,33	4,15	2,64
<b>Mittelwert [m³/s]</b>	32,81	9,92	11,66	14,39	7,23

# Solarleistung

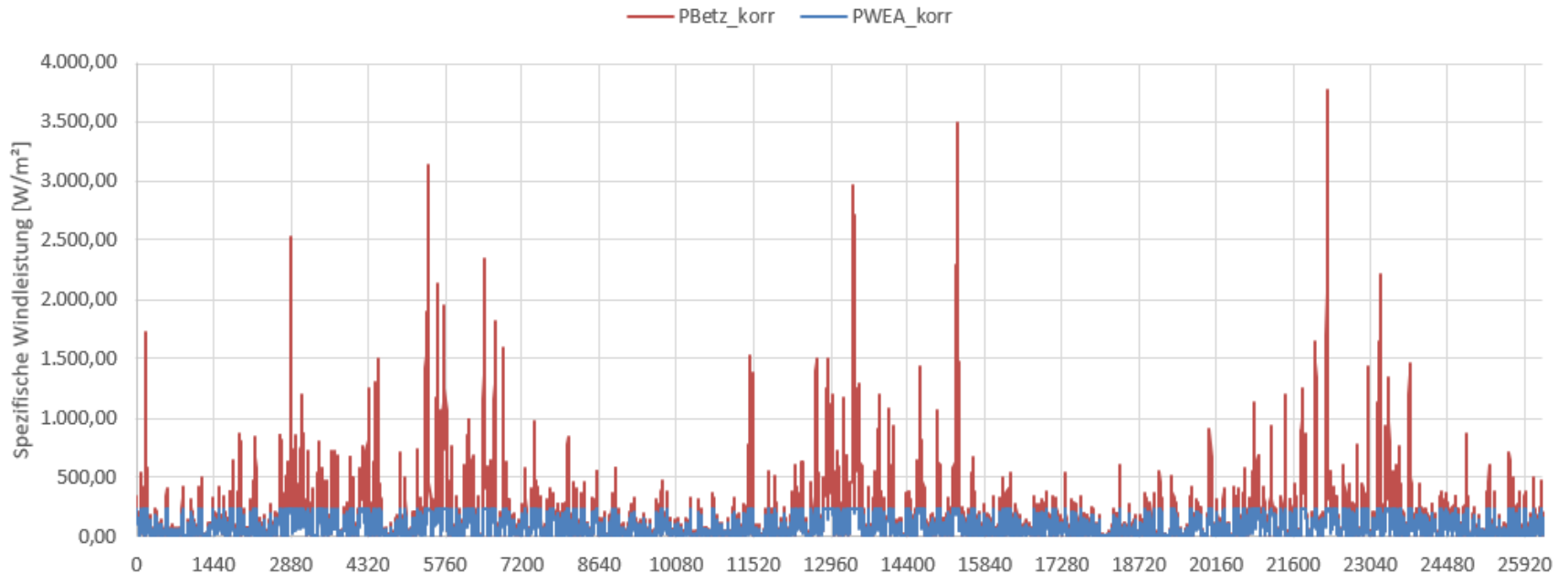
- Globale Solarstrahlungsangaben von Merra-2 Reanalyse-Datenbank
- Beispiel Großraum Nürnberg:





# Windleistung

- Analog Solarleistung
- Ermittlung für modellierte Anlage: Nabenhöhe 160 m, Leistungsklasse 4 MW
- Beispiel Großraum Nürnberg:



## Kosten Windkraft

Kostenfaktor	Kosten pro installierte Leistung
Investitionskosten	1.230 €/kW
Investitionsnebenkosten	387 €/kW
Betriebskosten	56 €/kW

- (Lüers, Wallasch, & Rehfeldt, 2015)

$$15 \% \cdot 8 \% + 85 \% \cdot 2,5 \% = 3,325 \%$$

- (Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik, 2019)

$$4 \% \cdot 80 \% + 7 \% \cdot 20 \% = 4,6 \%$$

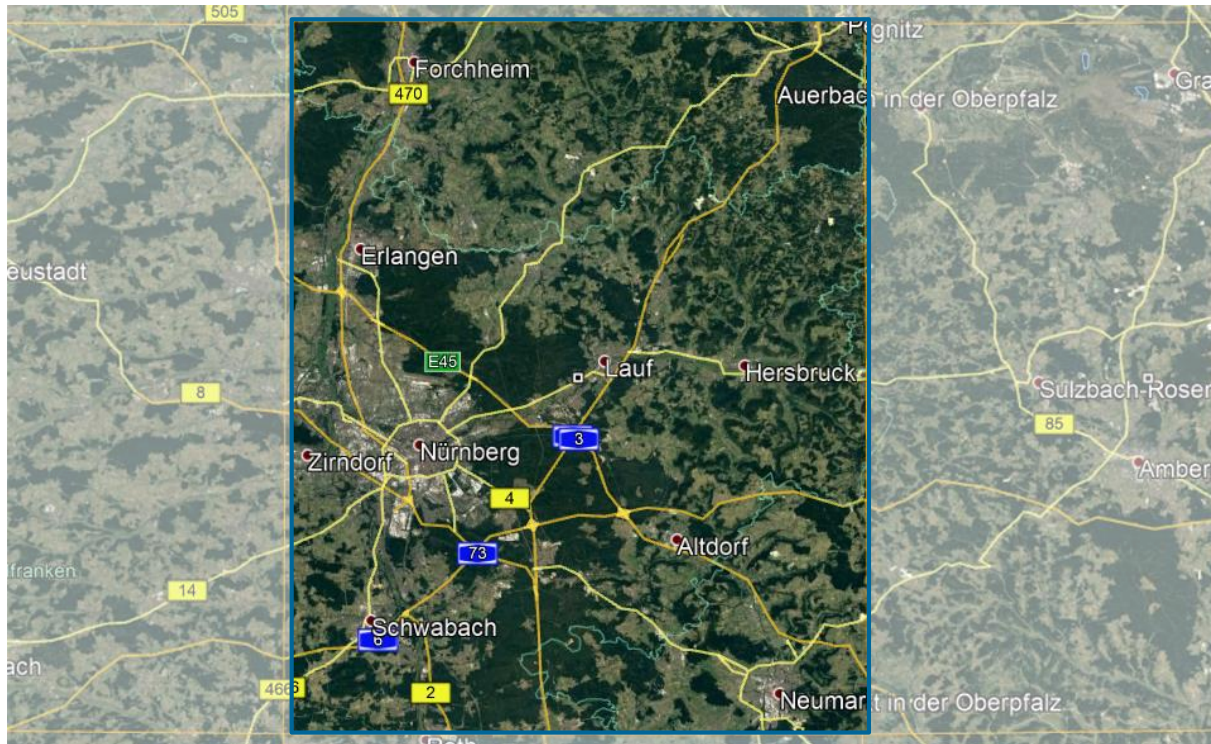
## Modellvorgaben

- Freiheitsgrade: Wind, Sonne
- Fixe Größen: Laufwasser, Biomasse, Verbrauch
- Reserven für erhöhte Zuverlässigkeit:

	<b>Wert</b>
<b>Bedarfsdeckungsreserve</b>	10,0 %
<b>Kapazitätsreserve</b>	10,0 %
<b>Entnahmeleistungsreserve</b>	10,0 %

# Auswertung

Exemplarisch am Gebiet 11 der EMN: Großraum Nürnberg



## Versorgungskritischste Energiewetterphasen

- Ermittlung aus größter Speicherleerung seit 1980
- Am Beispiel des Großraums Nürnberg:

Power to Gas to Power		Geotechnische Speicher		Batteriespeicher	
1996/1997	-18,42 TL	1996/1997	-13,25 TL	1996/1997	-
2014/2015	-17,14 TL	2014/2015	-12,81 TL	2014/2015	-
2016/2017	-15,80 TL	2018/2019	-12,60 TL	2018/2019	-

## Ausbaubedarf

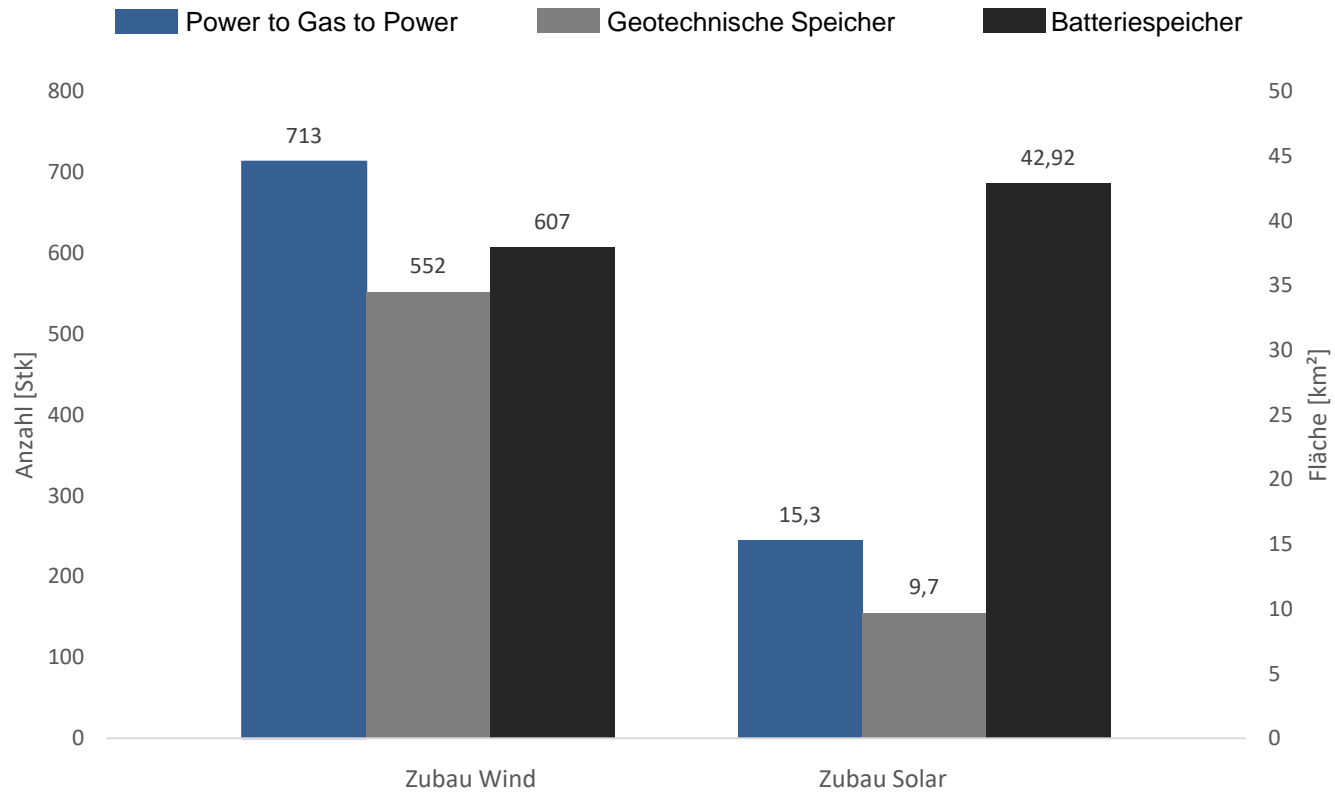
Bestimmung der erforderlichen Einspeisemenge:

$$E_W = VD \cdot FA \cdot iWi \cdot 8760 h = 818,48 MW \cdot 1,79 \cdot 0,71 \cdot 8760 h = 9,11 TWh$$

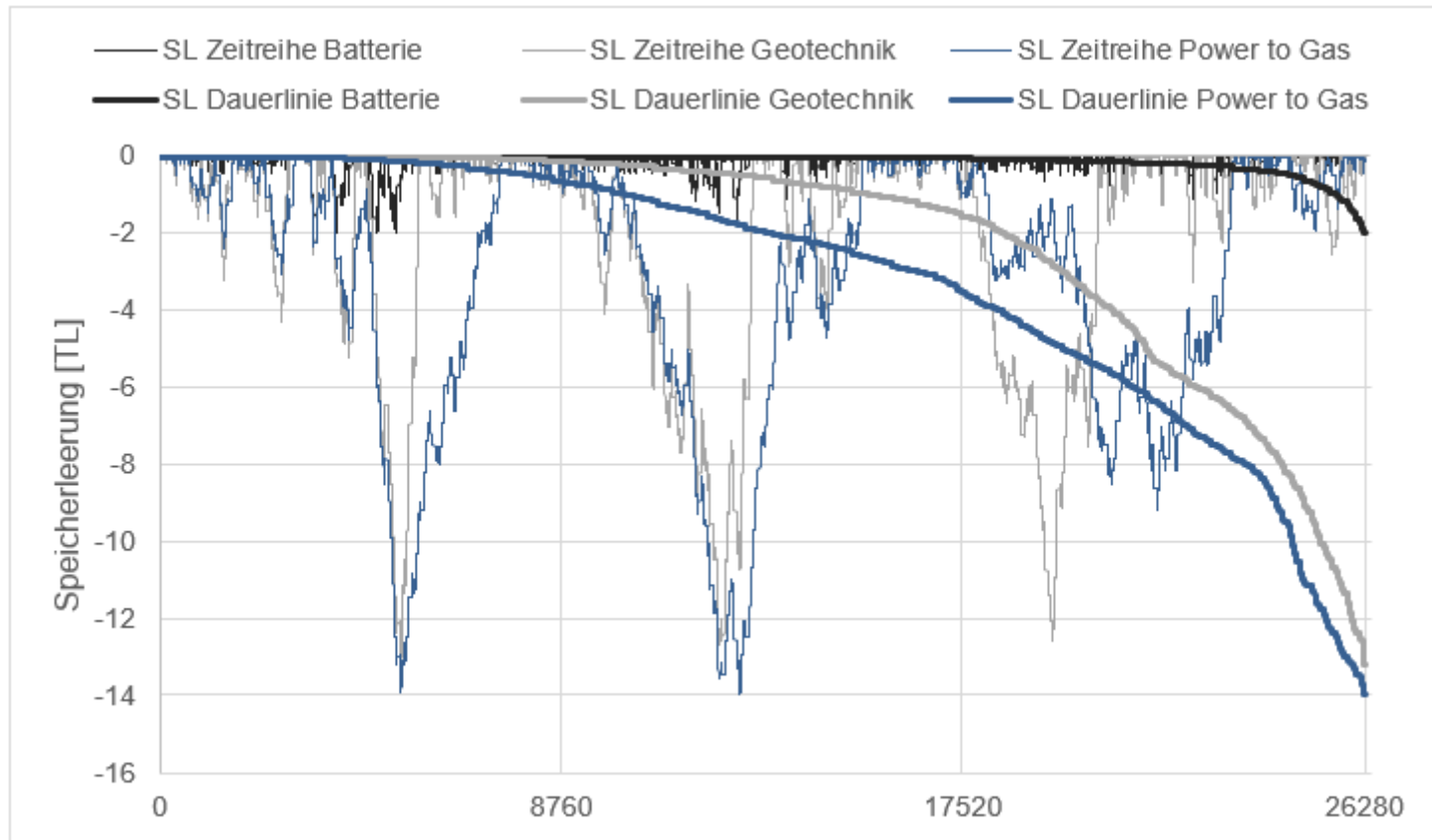
Berechnung der erforderlichen Anzahl:

$$n_W = \frac{E_W - E_{W,installiert}}{BNG_W \cdot P_{N,WEA} \cdot 8760 h} = \frac{9,11 TWh - 247,94 GWh}{35,43\% \cdot 4 MW \cdot 8760 h} (= 712,8) \approx 713$$

# Ausbaubedarf

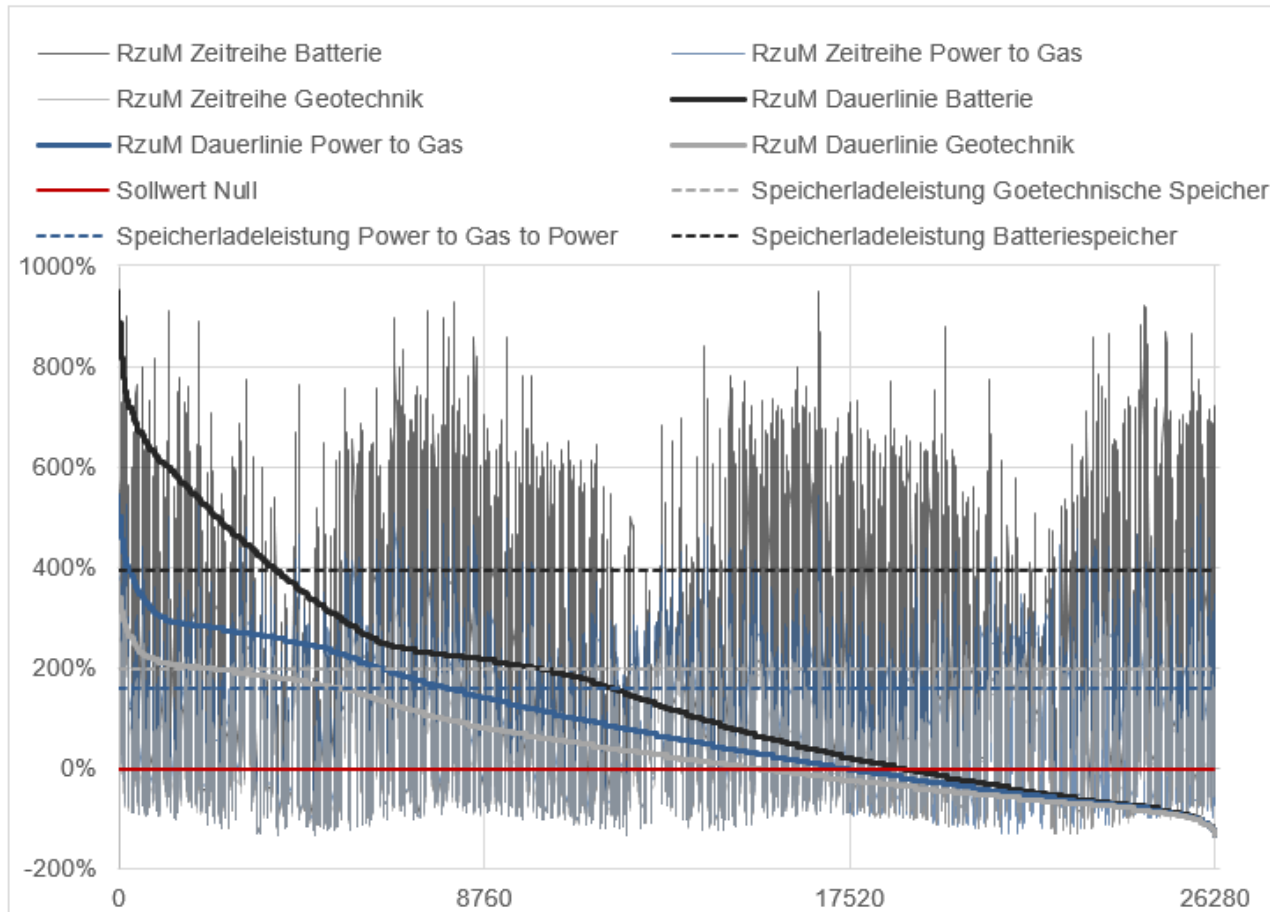


# Speicherleerung

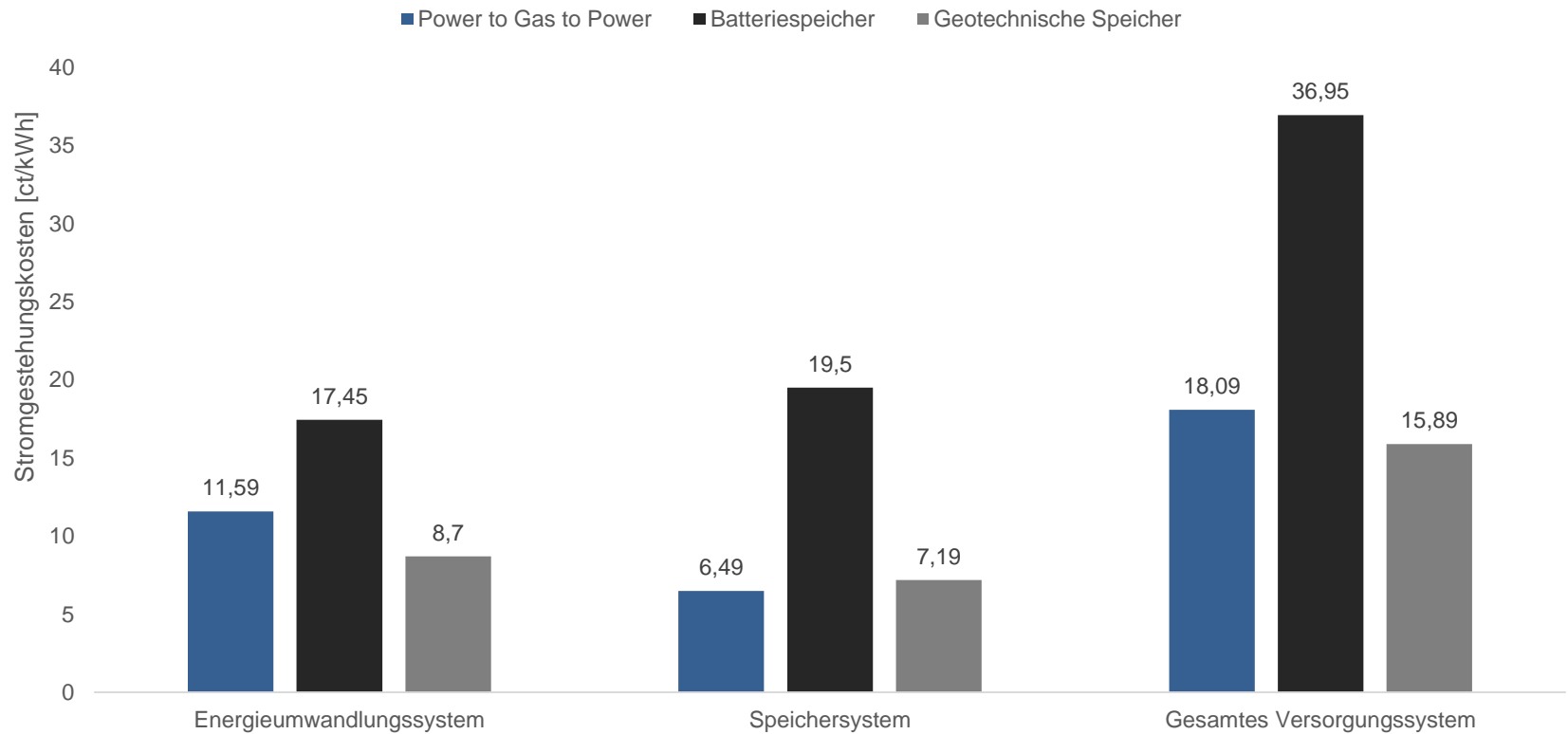




# Residualleistung



# Stromgestehungskosten



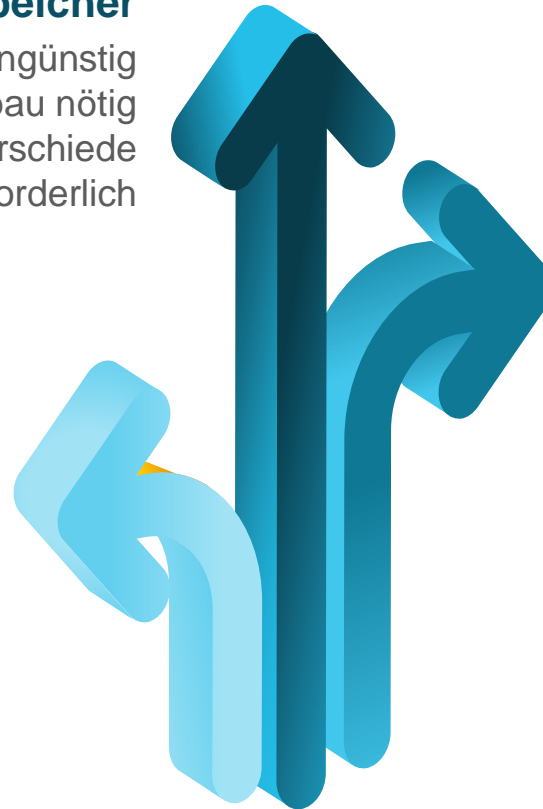
# Fazit

## Geotechnische Speicher

Kostengünstig  
Geringer Zubau nötig  
Aber: Geodätische Höhenunterschiede  
erforderlich

## Batteriespeicher

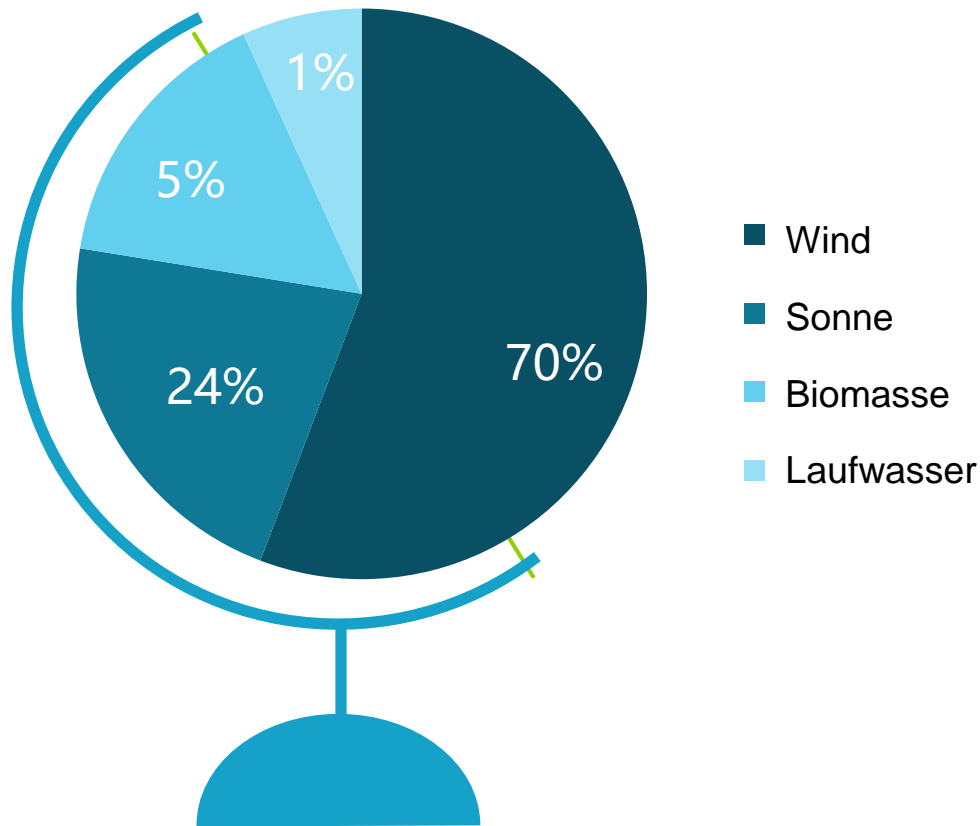
Enormer Zubau erforderlich  
Kostenintensiv  
Leicht realisierbar



## Power to Gas to Power

Ähnlich Geotechnische  
Speicher

## Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



**100%**  
Erneuerbar