

Power-to-Gas: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und Sensitivitätsanalyse

Dr.-Ing. Peter Missal
Geschäftsführer, e-rp GmbH Alzey

Überblick

1. Energiepolitische Ziele
2. Power-to-Gas als Baustein der Zukunft
3. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und Sensitivitätsanalyse
4. Ausblick

1. Energiepolitische Ziele

Energiekonzept der Bundesregierung 2010 und die Energiewende 2011

Energiepolitische Ausrichtung Deutschlands bis 2050 (Auszug):

- Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch 60%
- Reduzierung des Primärenergieverbrauchs gegenüber 2008 um 50%
- **Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch mind. 80% bis 2050**
- Ausbau der Netzinfrastuktur
- **Entwicklung, Förderung und Ausbau von Speicherkapazitäten**

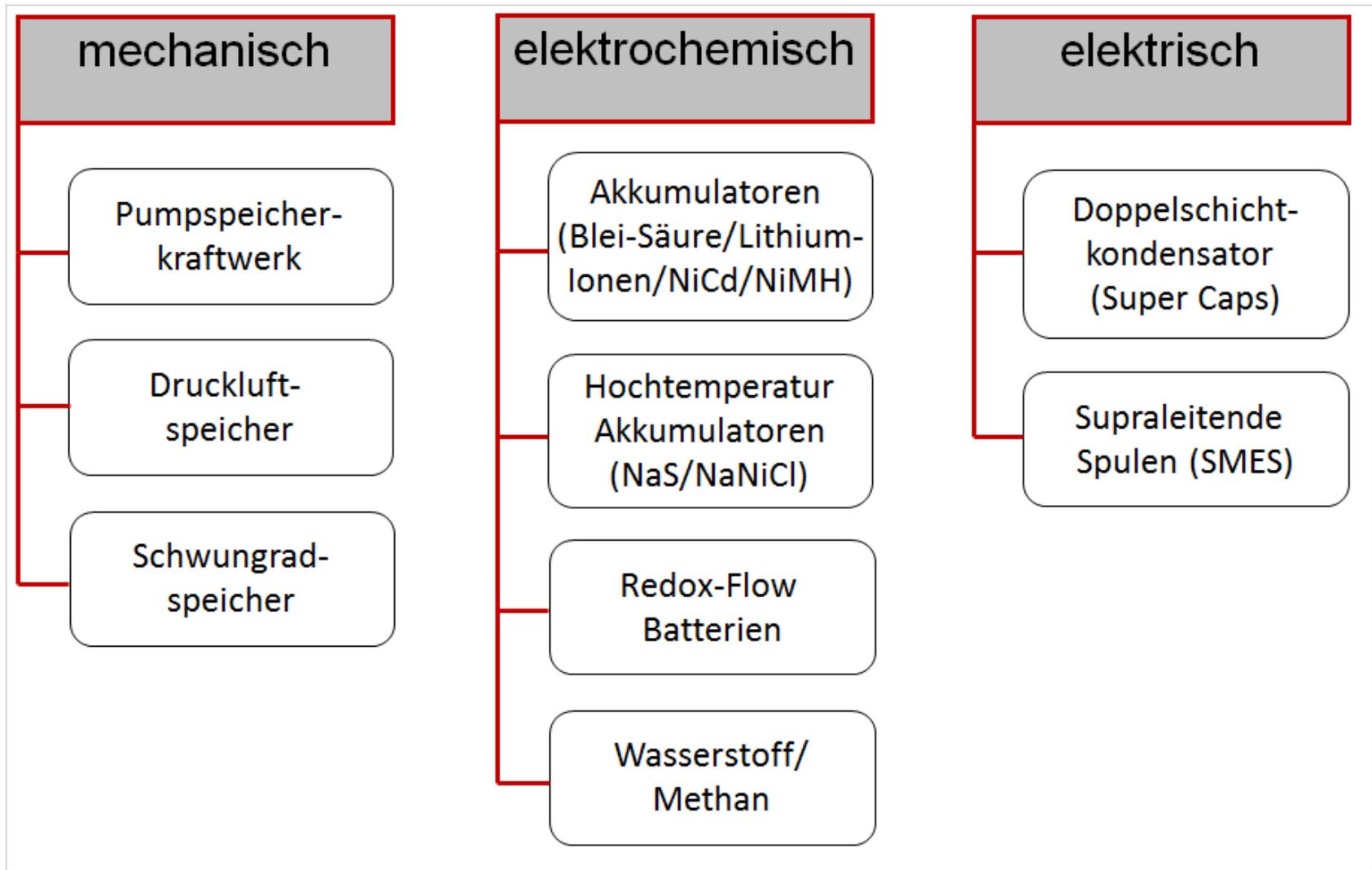
Koalitionsvertrag 2011 der rheinland-pfälzischen Landesregierung

Energiepolitische Zielsetzung in Rheinland-Pfalz bis 2030 (Auszug):

- Verfünffachung der Stromerzeugung aus Windenergie bis 2020
- Steigerung der Stromerzeugung aus Photovoltaik auf über 2 Mrd. kWh pro Jahr bis 2020
- **Deckung des bilanziellen Stromverbrauchs in Rheinland-Pfalz zu 100% aus erneuerbaren Energien ab 2030**
- **Windkraft mit einem Anteil von ca. 67% und Photovoltaik mit einem Anteil von ca. 23% werden die tragenden Säulen der rheinland-pfälzischen Stromerzeugung**

2. Power-to-Gas als Baustein der Zukunft

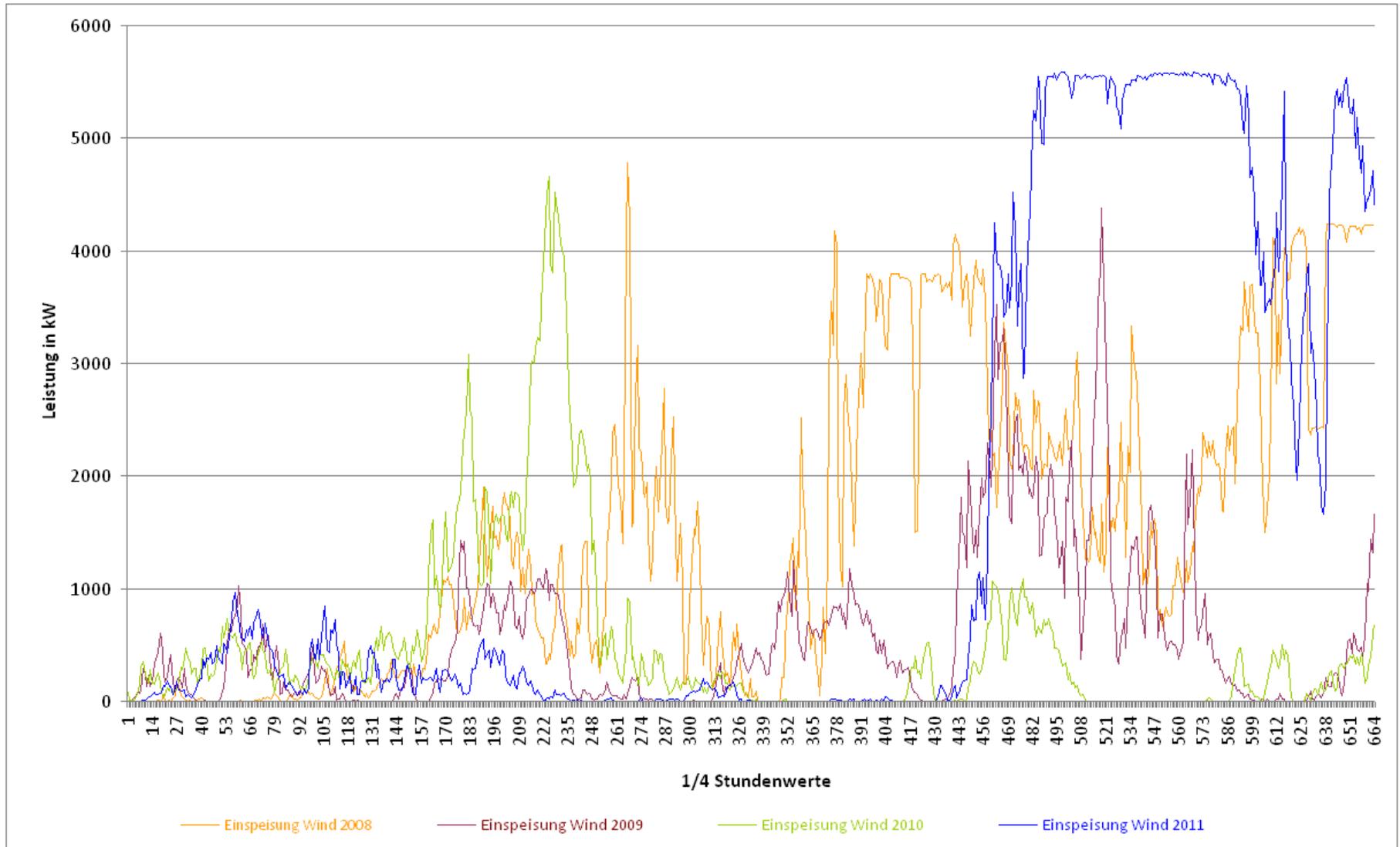
Übersicht über Stromspeichertechnologien



Fluktuierender Windstrom

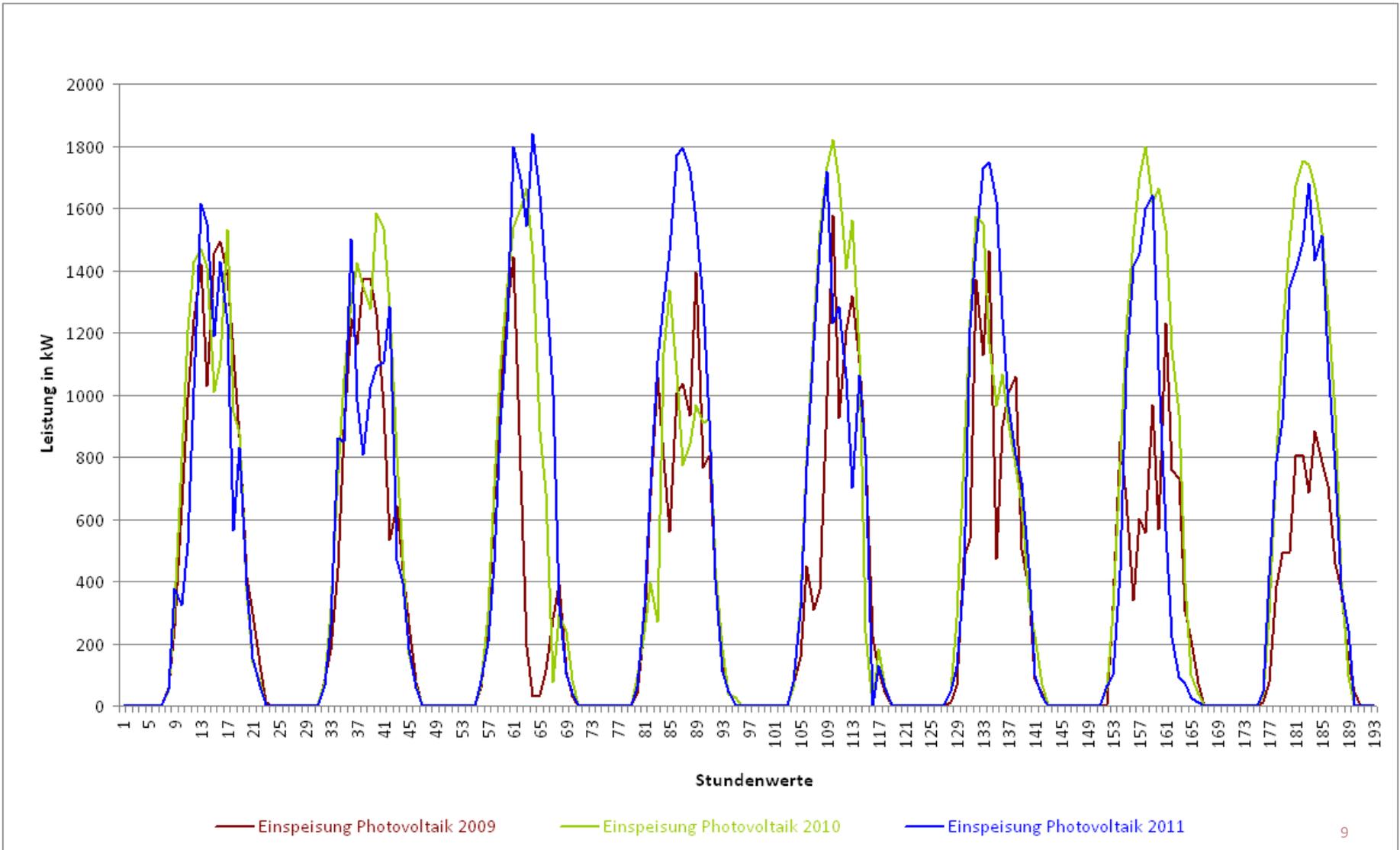


Lastganglinien vom 01.01. bis 08.01. in den Jahren 2008, 2009, 2010 und 2011



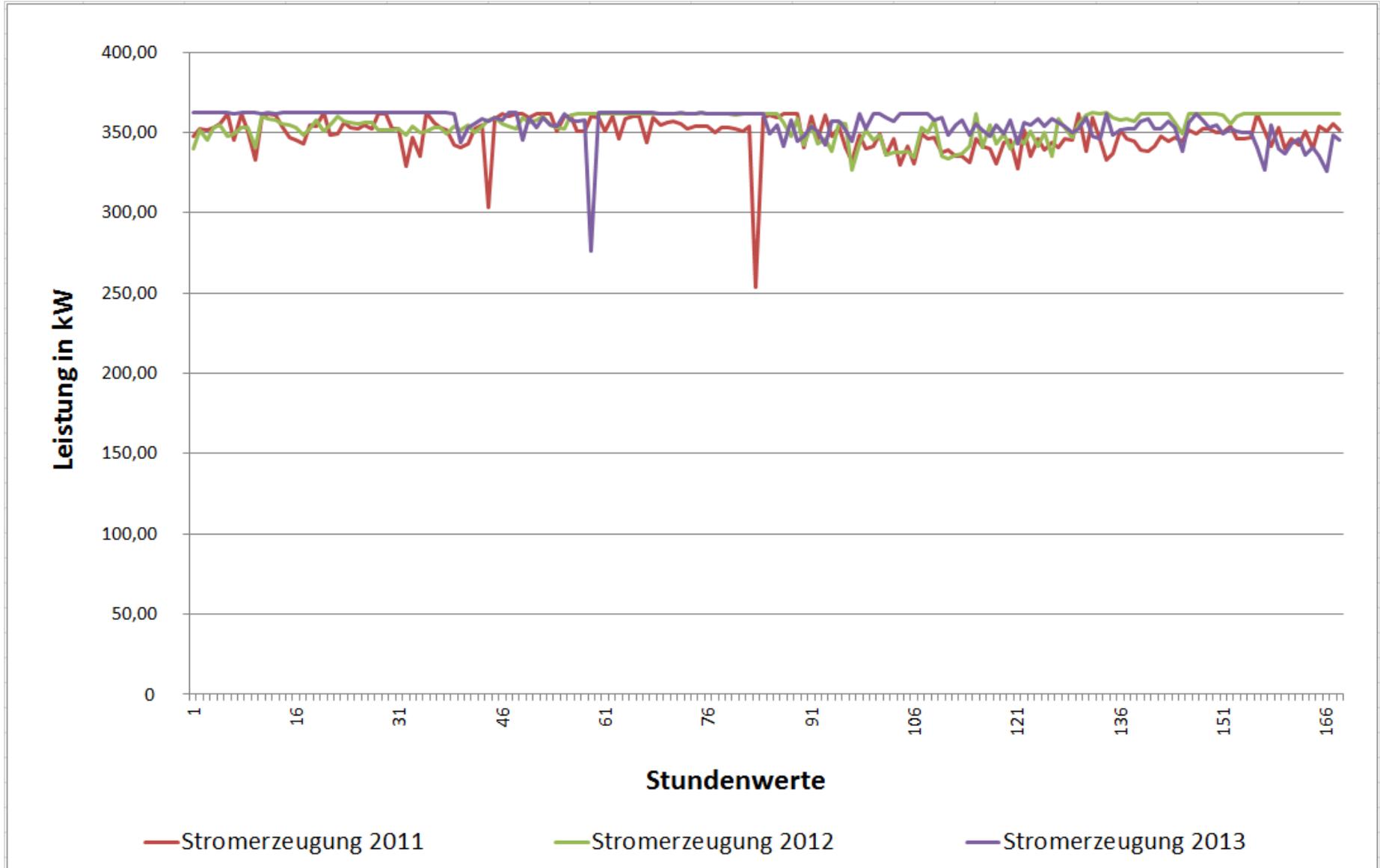
Fluktuierender Photovoltaikstrom

Lastganglinien vom 01.01. bis 08.01. in den Jahren 2009, 2010 und 2011

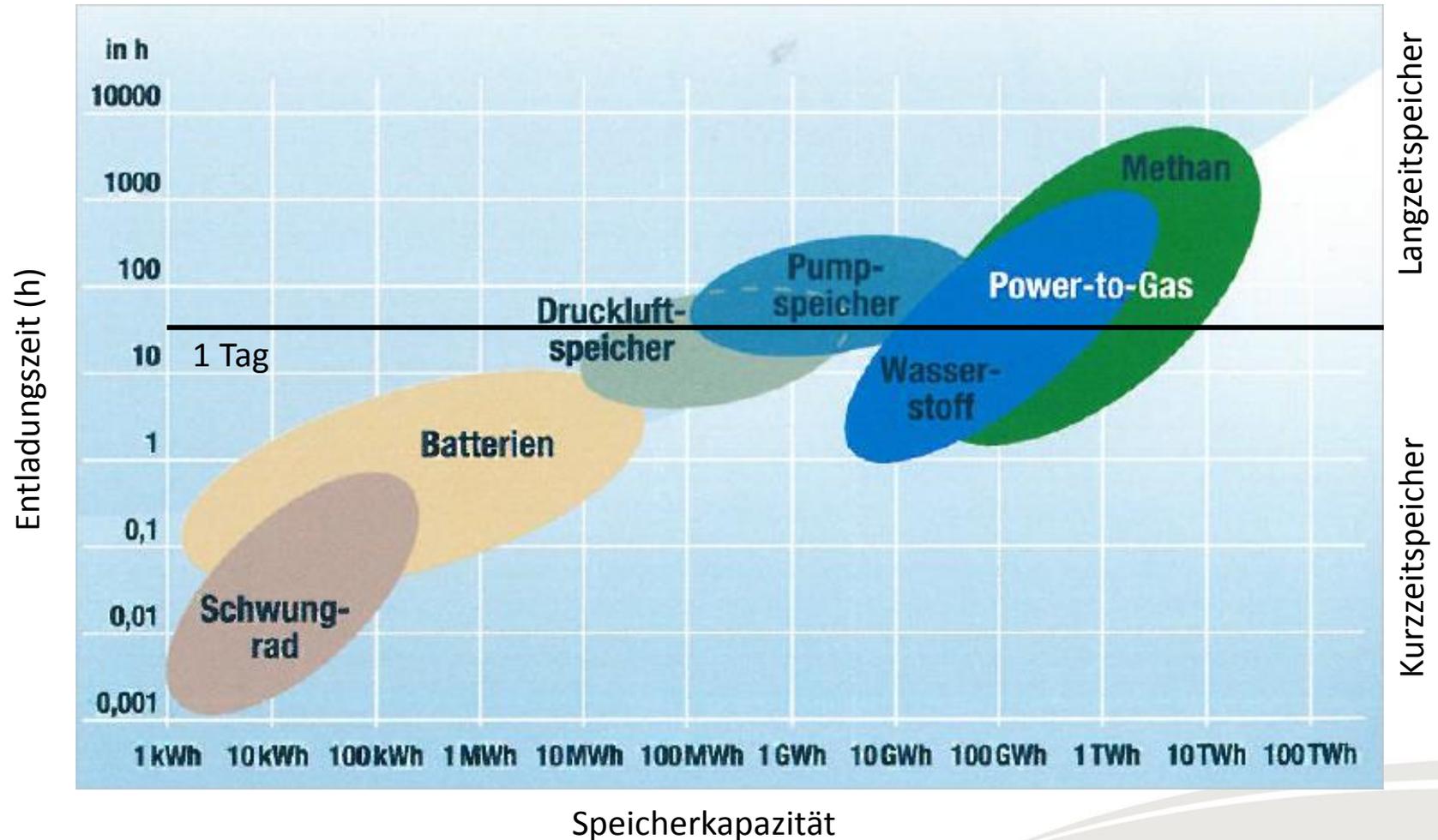


Konstanter Biogasstrom

Lastganglinien vom 01.12. bis 07.12. in den Jahren 2011, 2012 und 2013



Auswahl des notwendigen Energiespeichers



Nutzung verschiedener Speichertechnologien

Erkenntnisse

- Unterscheidung der Speichertypen in ihrer Kapazität
- Unterscheidung zwischen einer kurzzeitigen und einer langzeitigen Energiespeicherung
- Langzeitige Energiespeicherung mittels Power-to-Gas unter Nutzung der vorhandenen und zukünftigen Infrastruktur (Pipelines, Gasspeicher, GuD-Kraftwerke, BHKW's, μ -KWK's,...)

Nutzung verschiedener Speichertechnologien

Erkenntnisse

- Unterscheidung der Speichertypen in ihrer Kapazität
- Unterscheidung zwischen einer kurzzeitigen und einer langzeitigen Energiespeicherung
- Langzeitige Energiespeicherung mittels Power-to-Gas unter Nutzung der vorhandenen und zukünftigen Infrastruktur (Pipelines, Gasspeicher, GuD-Kraftwerke, BHKW's, μ -KWK's,...)
- Bereitstellung von Kohlendioxid durch Biogas u.a. (bei Einspeicherung mittels Methan)

Stromspeicherung durch Power to Gas

Wichtige Verfahrensschritte:

Elektrolyse



(„Verbrauch“ von elektrischer Energie)

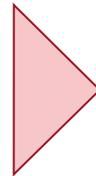
Stromspeicherung durch Power to Gas

Wichtige Verfahrensschritte:

Elektrolyse



(„Verbrauch“ von elektrischer Energie)



Methanisierung

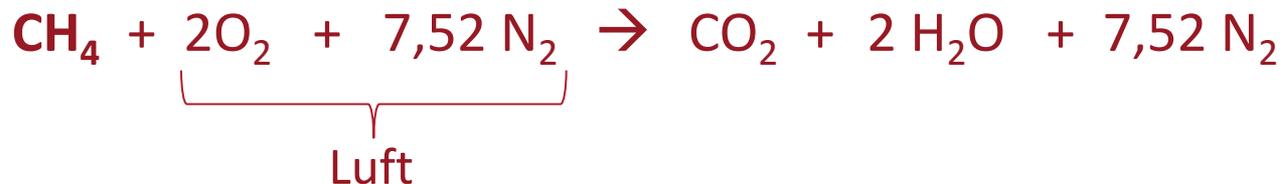
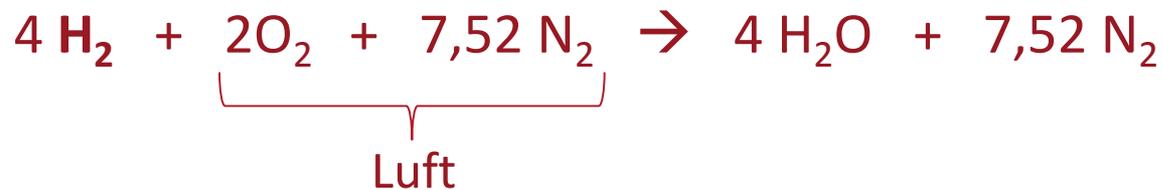


(„Gewinn“ von Wärme)

Rückverströmung durch Gas to Power

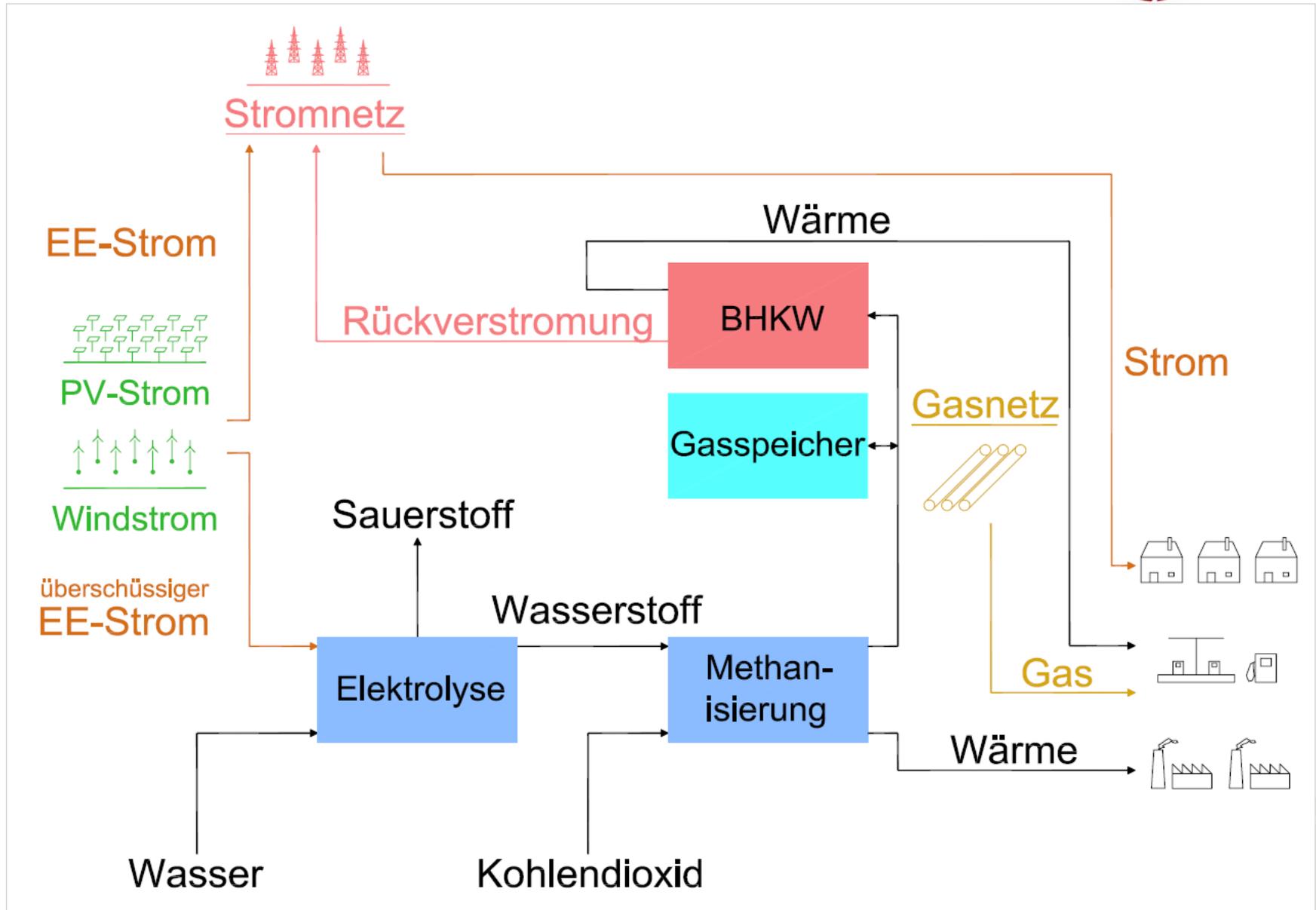
Wichtige Verfahrensschritte:

Rückverströmung (z. B. KWK-Anlagen)



(„Gewinn“ von elektrischer Energie und Wärme)

Dezentrale Energieversorgung mit Windstrom



3. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und Sensitivitätsanalyse

Modellstandort Kirchheimbolanden

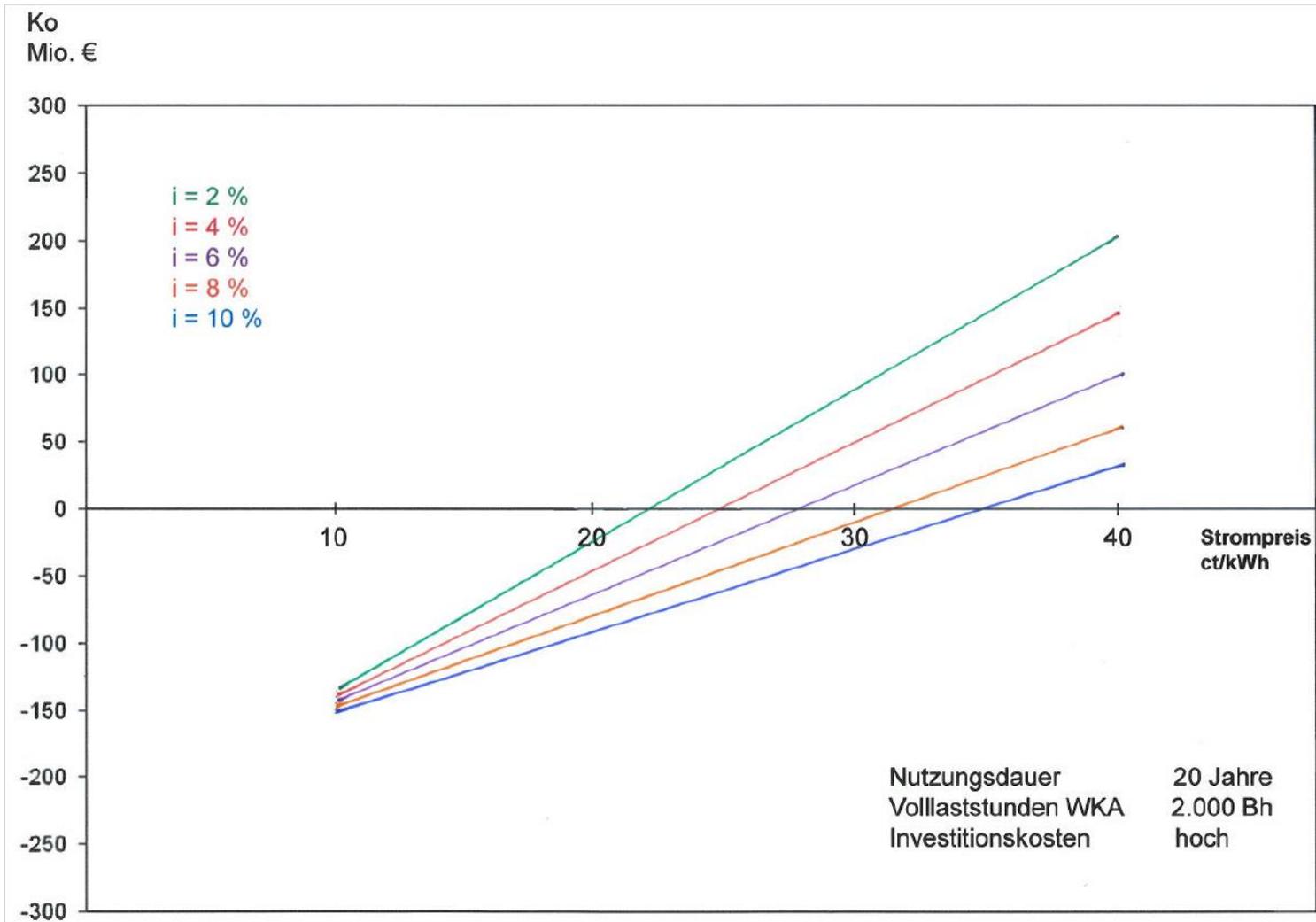
- dezentrale Energieversorgung mit Windstrom
- Zusammenwirken von Erzeugung, Speicherung und Verbrauch des Windstroms mittels Power-to-Gas
- Ermittlung der notwendigen Investitions- und Betriebskosten
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und Sensitivitätsanalyse

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und Sensitivitätsanalyse bei veränderten Parametern

| | Nutzungsdauer | Investitionskosten | Volllaststunden der WKA |
|---------|--|--|--|
| hoch | 30 Jahre | <div style="border: 1px solid red; padding: 5px;"> WKA 1.400 €/kW_{el} Elektrolyse 1.800 €/kW_{el} Methanisierung 1.000 €/kW </div> | 3.000 Bh |
| niedrig | <div style="border: 1px solid red; padding: 5px;"> 20 Jahre </div> | WKA 1.000 €/kW _{el} Elektrolyse 1.000 €/kW _{el} Methanisierung 600 €/kW | <div style="border: 1px solid red; padding: 5px;"> 2.000 Bh </div> |

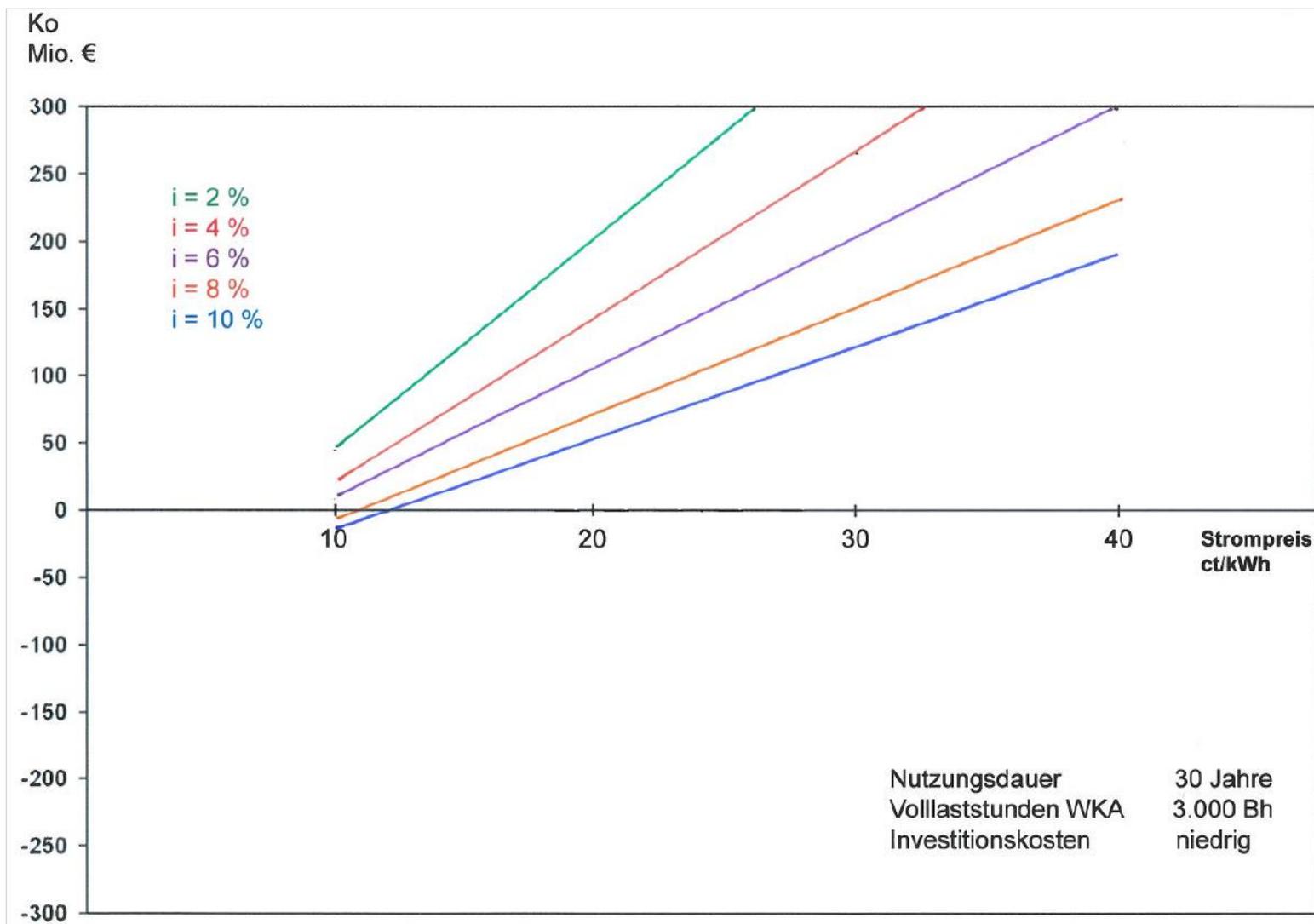
= Standardfall (inkl. Biogasanlage, Speicherung, BHKW-Anlagen, usw.)

Kapitalwert in Abhängigkeit von Kalkulationszinssatz und Stromerzeugungspreis (Standardfall)

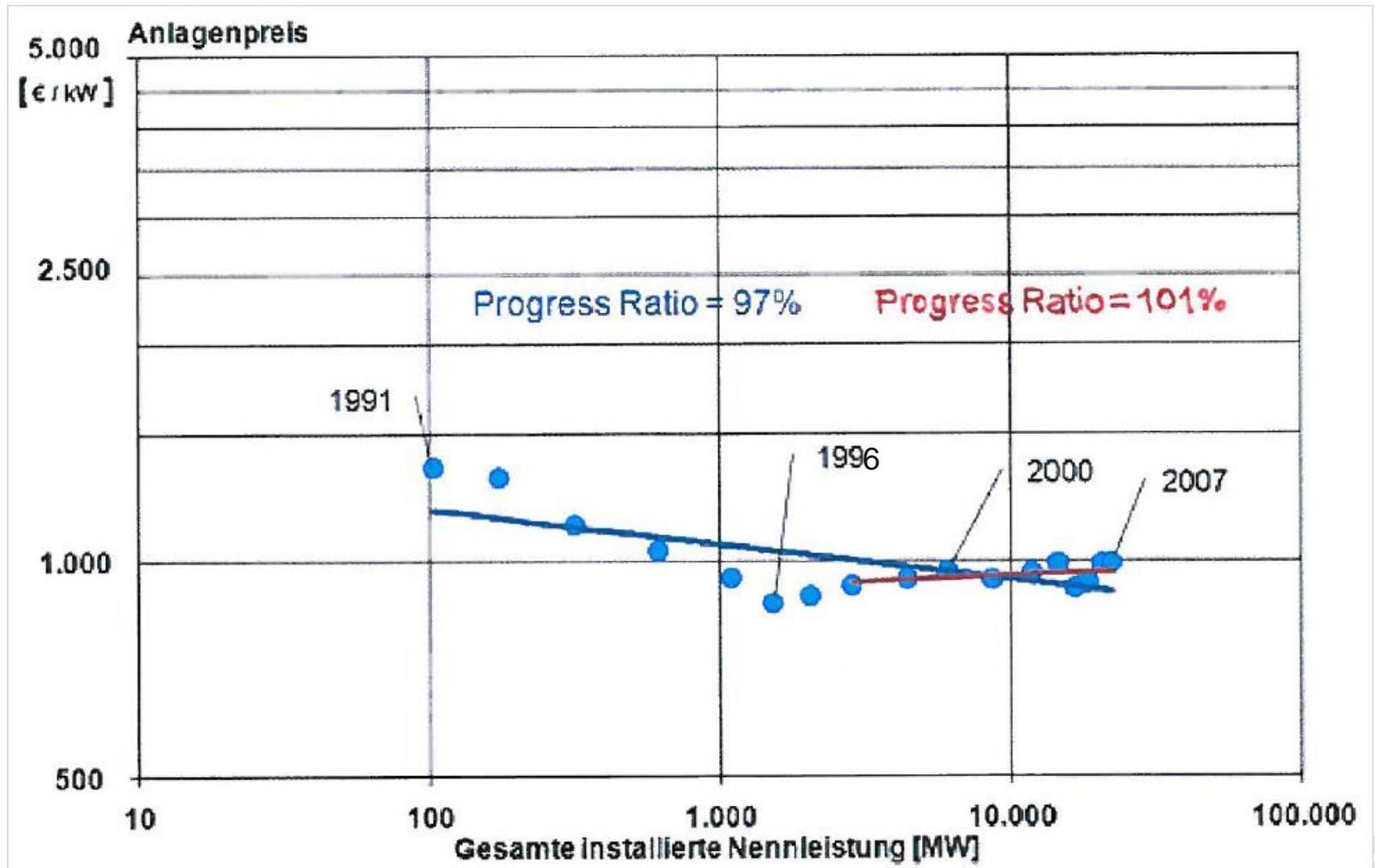


Kapitalwert in Abhängigkeit von Kalkulationszinssatz und Stromerzeugungspreis

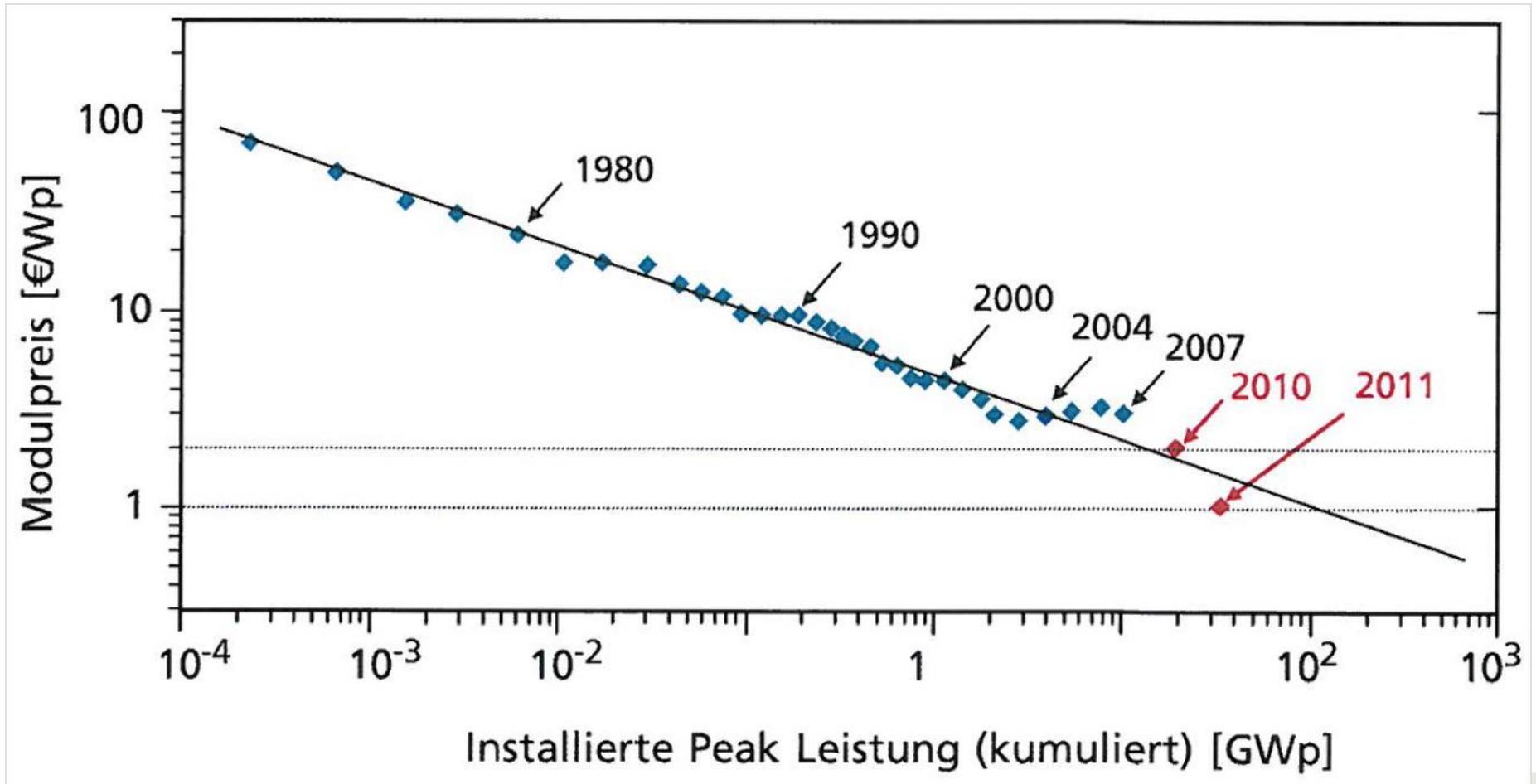
(hohe Laufzeit, hohe Nutzungsdauer, niedrige Investitionskosten)



Preis-Lernkurve von Windkraftanlagen



Preis-Lernkurve von Photovoltaikanlagen aus kristallinem Silizium



Weitere Entwicklung der durchschnittlichen Kennwerte von Windenergieanlagen

| | 2013 | | 2023 | | 2033 | |
|---------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | Starkwind | Schwachwind | Starkwind | Schwachwind | Starkwind | Schwachwind |
| Nennleistung | 2,5 MW | 2,2 MW | 3 MW | 3 MW | 4,5 MW | 4 MW |
| Rotor-\varnothing | 85 m | 90 m | 100 m | 115 m | 125 m | 140 m |
| Spezifische Nennleistung | 441 W/m ² | 346 W/m ² | 382 W/m ² | 289 W/m ² | 367 W/m ² | 260 W/m ² |
| Nabenhöhe | 90 m | 120 m | 110 m | 140 m | 120 m | 150 m |
| $c_{p_{max}}$ | 0,48 | 0,48 | 0,5 | 0,5 | 0,51 | 0,51 |
| Typ | I | | II | | I | |

Fraunhofer IWES, Agora Energiewende: Studie *Kostenoptimaler Ausbau der Erneuerbaren Energien in Deutschland*

(Schwachwindanlage Typ II: 2 MW, 125 m Nabenhöhe, 110 m Rotordurchmesser, in der Tabelle nicht enthalten)

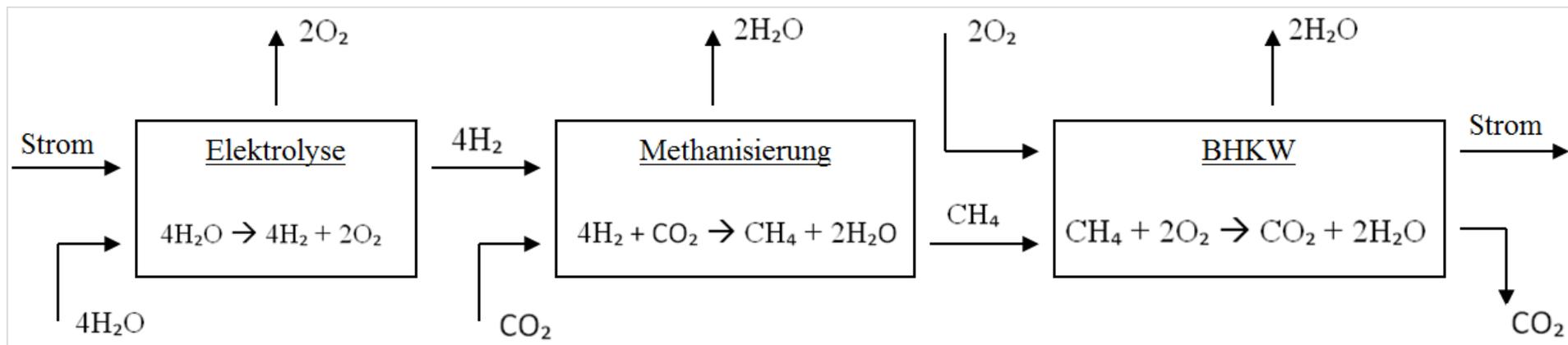
Weitere Entwicklung der durchschnittlichen Kennwerte von Windenergieanlagen

| | 2013 | | 2023 | | 2033 | |
|---------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | Starkwind | Schwachwind | Starkwind | Schwachwind | Starkwind | Schwachwind |
| Nennleistung | 2,5 MW | 2,2 MW | 3 MW | 3 MW | 4,5 MW | 4 MW |
| Rotor-\varnothing | 85 m | 90 m | 100 m | 115 m | 125 m | 140 m |
| Spezifische Nennleistung | 441 W/m ² | 346 W/m ² | 382 W/m ² | 289 W/m ² | 367 W/m ² | 260 W/m ² |
| Nabenhöhe | 90 m | 120 m | 110 m | 140 m | 120 m | 150 m |
| $c_{p_{max}}$ | 0,48 | 0,48 | 0,5 | 0,5 | 0,51 | 0,51 |
| Typ | I | | II | | I | |

Fraunhofer IWES, Agora Energiewende: Studie *Kostenoptimaler Ausbau der Erneuerbaren Energien in Deutschland*

Ziel: deutliche Erhöhung der Volllaststunden

Ökologische Betrachtung (CO₂-Bilanz)



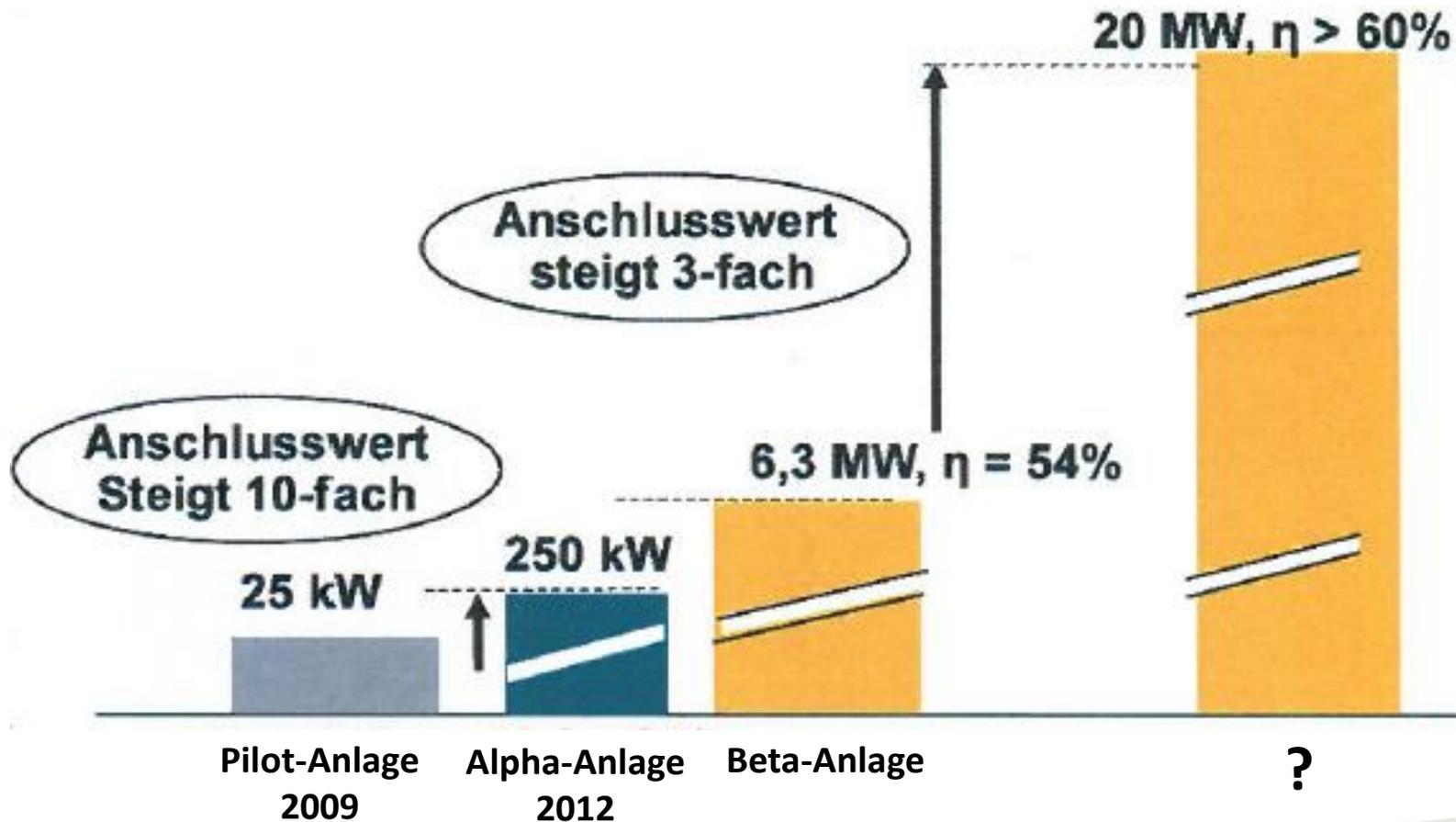
Der Prozess ist CO₂-neutral!

Schlussfolgerungen

- derzeit keine wirtschaftliche dezentrale Energieversorgung der Stadt mit Windstrom erreichbar
- Reduzierung der Investitionskosten notwendig
- Erhöhung der Laufzeit der Windkraftanlagen notwendig
- gegebenenfalls Erhöhung der Nutzungsdauern der Anlagen

4. Ausblick

Weitere Entwicklungsschritte:



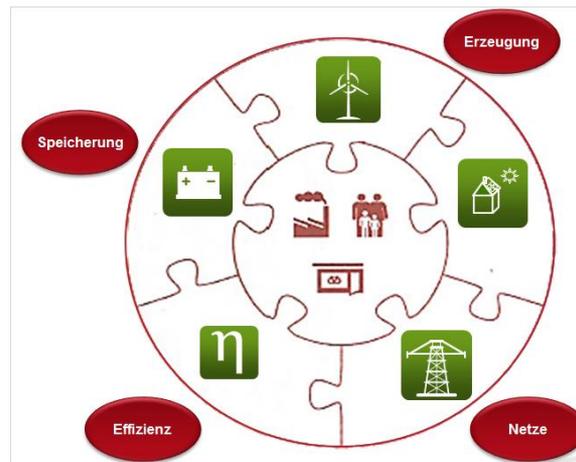
e-rp GmbH betreibt mit zwölf Partnern der Thüga-Gruppe eine Power-to-Gas Anlage



* Anlagenstandort: Frankfurt am Main



Forschungs- und Entwicklungsprojekt mit den vier Säulen der Energiewende der e-rp mit Kooperationspartnern



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

