

## Kostensteigerungen, Planungsunsicherheit und Handlungsoptionen



### H<sub>2</sub>-Wandel – die Herausforderungen Planungsunsicherheiten, Kostensteigerungen und Handlungsoptionen

Thorsten Zenner (Hochschule Reutlingen)

**H<sub>2</sub>-Kolloquium Baden-Württemberg | 04.–05. Juni 2024, Baden-Baden**

# H2-Wandel – die Herausforderung

Kontext

Planung

Rentabilität

Marktrecherche

Abnahme

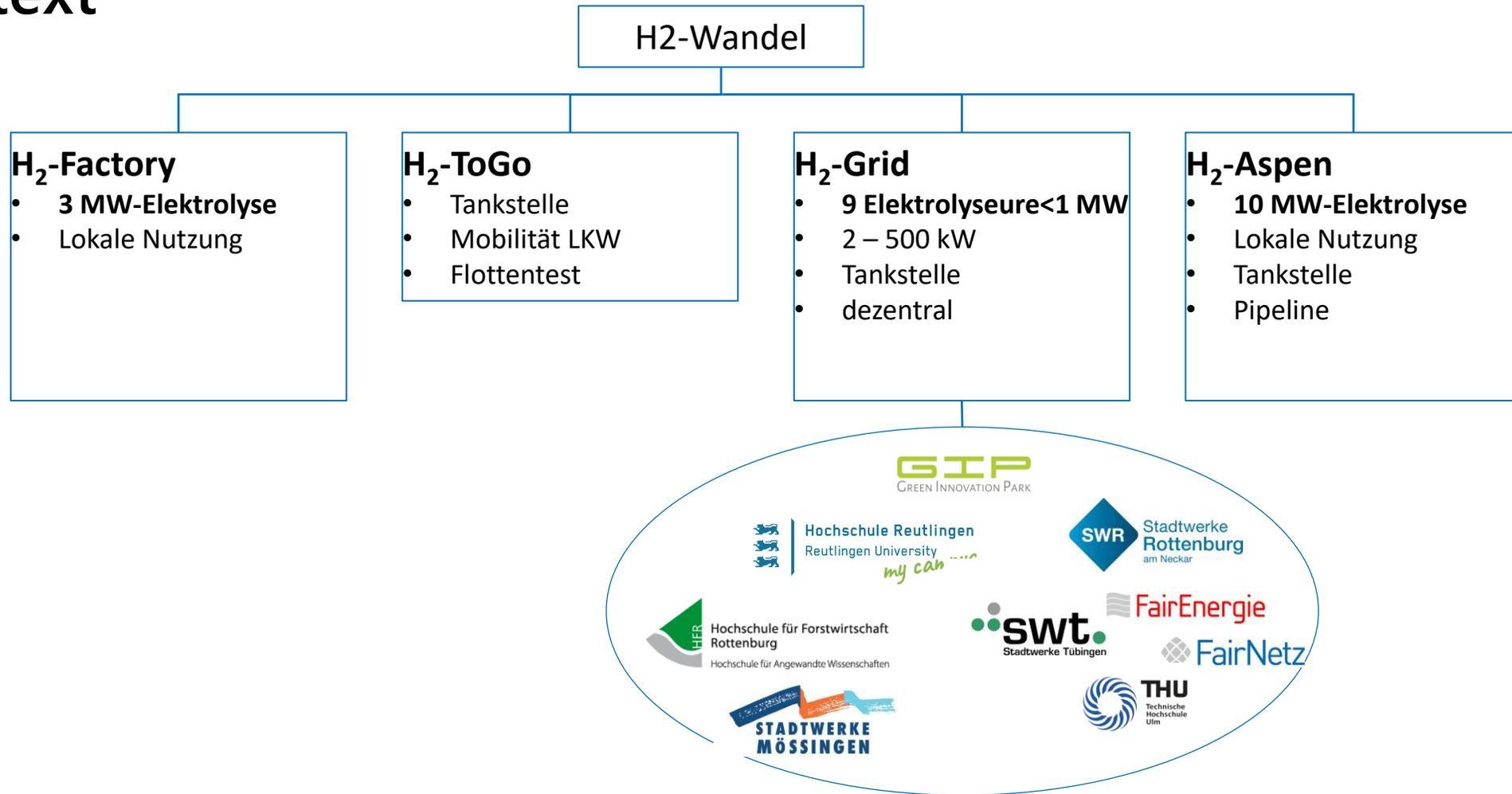
Systemkonzept

Ergebnisse

Angebote

Lösungen

# Kontext



**11 Elektrolyseure von 2 kW – 10 000 kW**

# Rentabilitätsplanung

## Annahmen

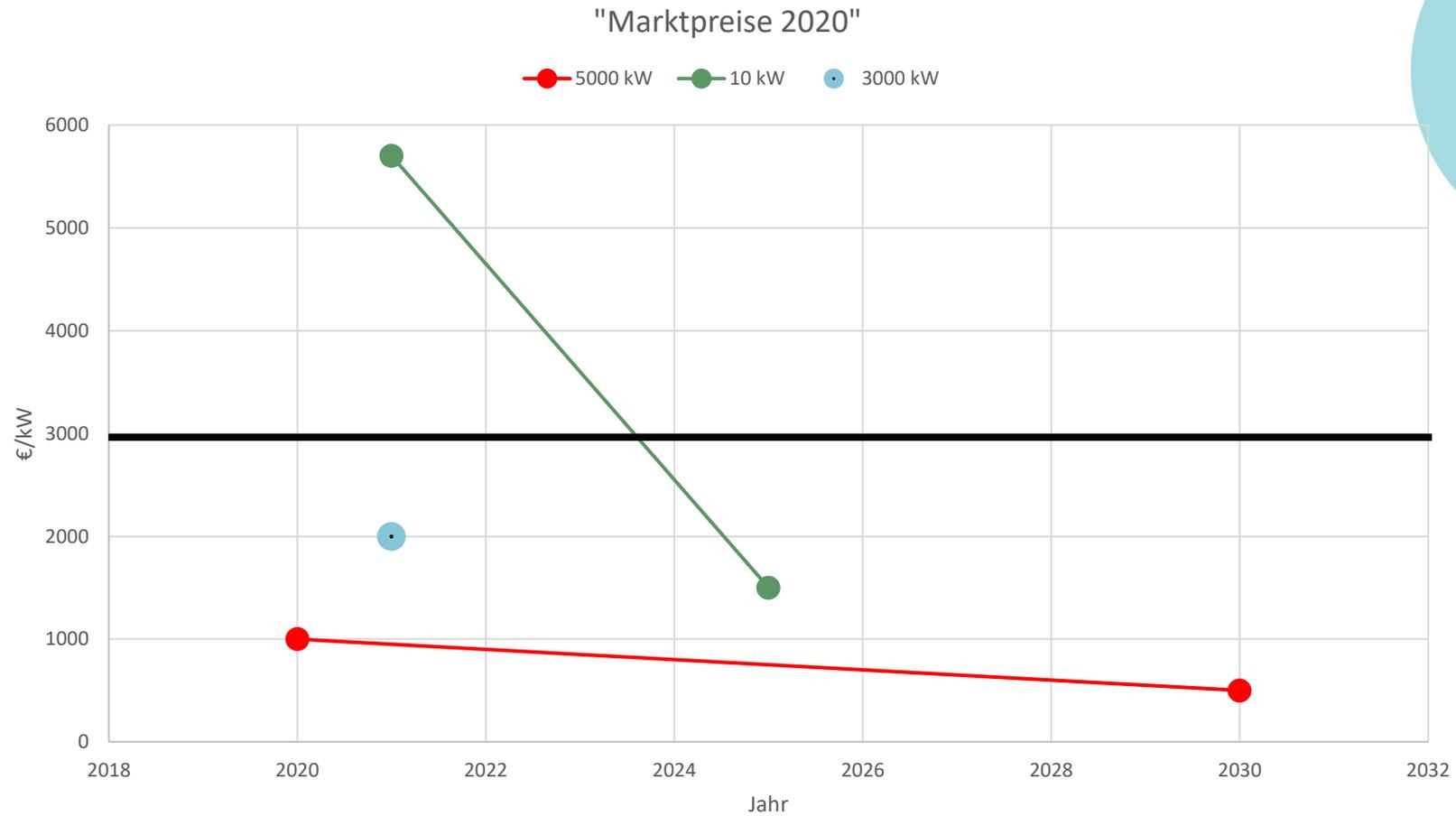
Preis für Strom	$C_{el}$	7 ct/kWh
Effizienz	$\eta$	55 kWh/kg
Förderquote	$f$	50 %
Preis für Wasserstoff	$C_{H2}$	5 €/kg
Betriebsstunden	$t$	5000 h/a
Standzeit	$T$	20 a
Unterhaltungskosten	$p$	2 %/a
Kosten	$K$	€/kW
Ertrag	$E$	€/kW
→ Invest	$I$	€/kW

$$K = t T C_{el} = 5000 \frac{h}{a} \times 20 a \times 0,07 \text{ €/kWh} = 7000 \frac{\text{€}}{\text{kW}}$$

$$E = \frac{t T}{\eta} C_{H2} = \frac{5000 \frac{h}{a} \times 20 a}{55 \frac{kWh}{kg}} 5 \frac{\text{€}}{kg} \approx 9090 \frac{\text{€}}{\text{kW}}$$

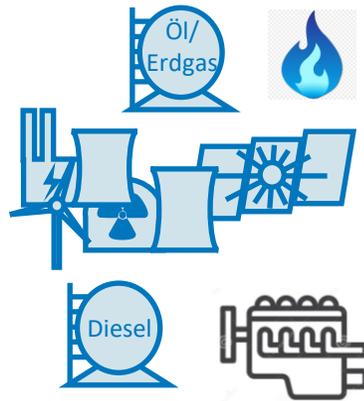
$$I = \frac{E - K}{(1 + Tp) f} = \frac{(9090 - 7000) \frac{\text{€}}{\text{kW}}}{1,4 \times 0,5} \approx 3000 \frac{\text{€}}{\text{kW}}$$

# Marktrecherche



# Planung Abnahme

1 kWh



0,1 € (Wärme)

0,3 € (Strom)

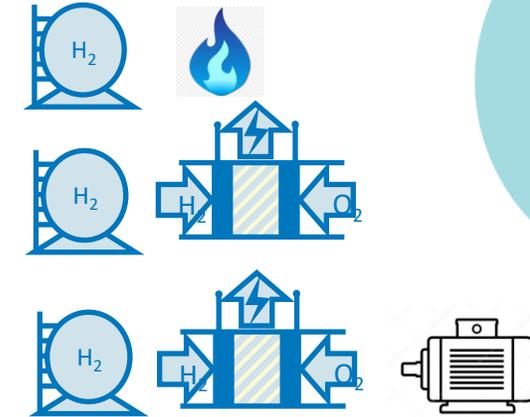
0,65 € (Mobilität)

1 l Diesel 10 kWh  
Effizienz Verbrenner 0,3  
Preis 2 €/l

0,27 € (Wärme)

0,38 € (Strom)

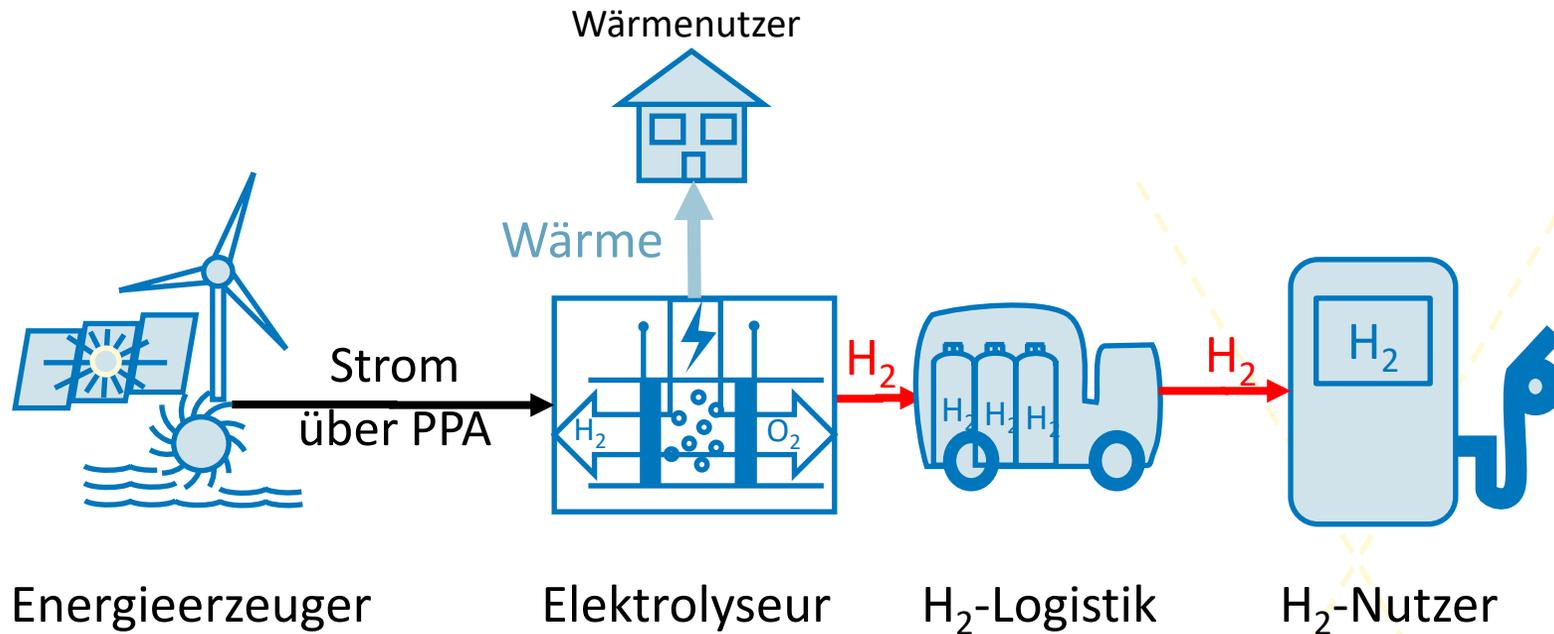
0,45 € (Mobilität)



1 kg H2 33kWh  
Effizienz Verbrennung 1  
Effizienz Brennstoffzelle 0,7  
Effizienz Motor 0,9  
Preis 9 €/kg

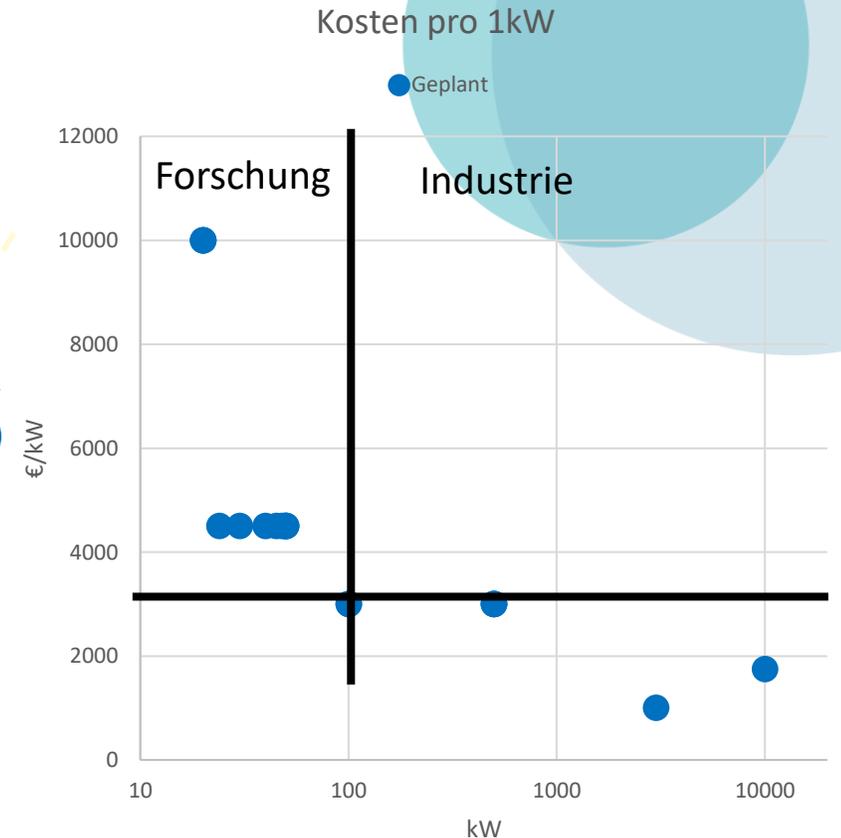
## Mobilität ist der attraktivste Markt für Wasserstoffabnahme

# Geplantes Systemkonzept



Zielmarkt → Mobilität

Plankosten über Marktrecherche



# Logistik – Der Tragödie erster Teil



Anlagen > 1 MW

Wechselbrücken (→ 200 k€)  
Einheitliches Druckniveau (z. B. 140 bar)  
→ **geschlossene Systeme existieren**



Anlagen < 500 kW

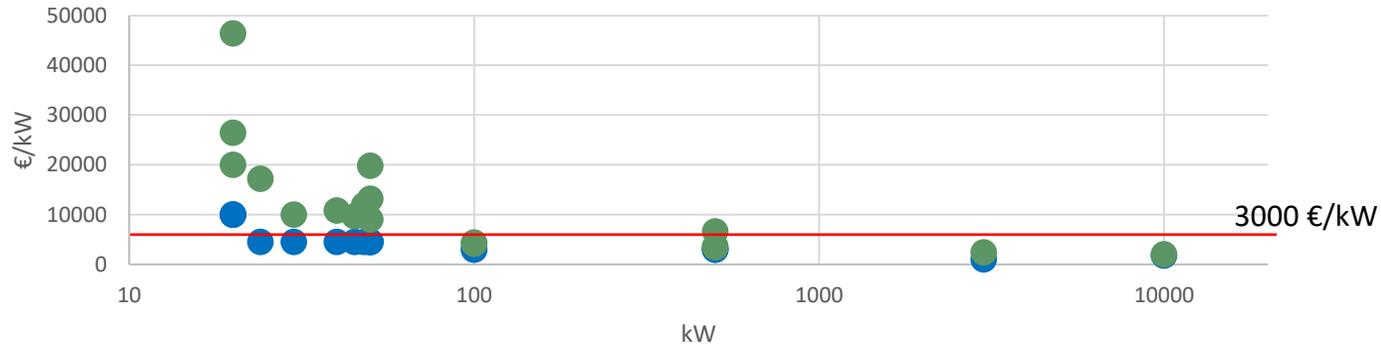
Kleinspeicher (Flaschenbündel)  
Mobile Speicher (→ Milkrunner)  
Variable Druckniveaus (30 bar – 700 bar)  
→ **offene interoperable Systeme existieren nicht**

## Lokale Wasserstoffnutzung

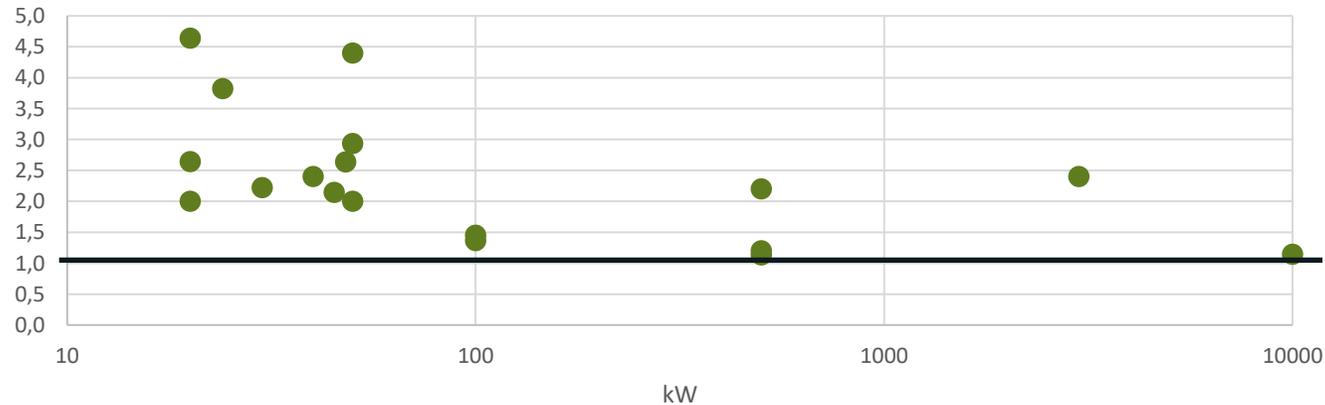
# Angebote – Der Tragödie zweiter Teil

Kosten pro 1kW

● Geplant ● Angeboten



Faktor



- Kosten bis Faktor 4,5 über Plankosten
- Qualität korreliert nicht mit der Angebotshöhe
- Enorme Streuung bei den Angeboten
- Abweichung steigen bei geringer Leistung
- Streuung steigen bei geringer Leistung
- Ab 500 kW mit Förderung rentabel

# Lösungen



## Lokale Anbindung

Am Wasserstoffkernnetz  
Nähe zu Abnehmern  
Eigennutzung (Strom, Wärme, Mobilität, Chemie)



## Große Anlage >> 1 MW

geschlossenes System (Speicher, Druck, Wechselbrücken)  
Gemeinsame Planung mit Tankstellenbetreiber



## Kleine Anlage < 500 kW

Lokale Wasserstoffnutzung  
Spedition, Verstromung, Beimischung, Heizen, chemische Prozesse  
Erfahrungsaufbau bei begrenztem Investitions- und Betriebsrisiko  
Genehmigung - Sicherheit - Betrieb  
Mit Förderung

# Fazit

✓ Rentabilität ab 1500€/kW → hohe Planungsunsicherheit

✓ Anlagen > 1000 kW

Rentabel  
Existierendes Logistikkonzept  
Abnahme klären

✓ Anlagen > 500 kW

Förderung notwendig  
Rentabel bei lokaler Nutzung

✓ Anlagen < 500 kW

Erfahrungsaufbau bei geringem Risiko  
Heterogener Markt → Qualität, Preis, Start ups

✓ Standardisierung und Interoperabilität muss gesteigert werden