

# Neue Technologien, deren Entwicklungsstatus und Einsatzfähigkeit im Stromsektor

## RWE Investorenclub

24. Januar 2019

Dr. Thomas Glimpel

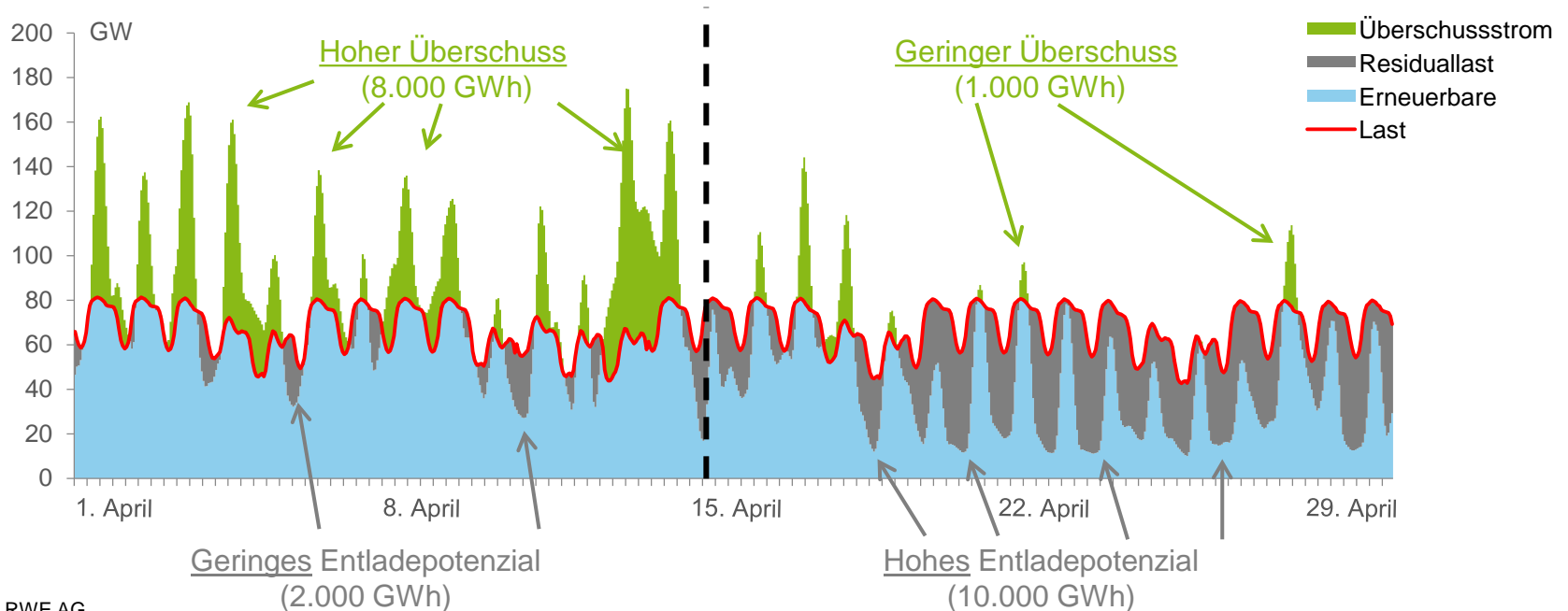
RWE AG / RWE Generation  
thomas.glimpel@rwe.com

Powering. Reliable. Future.

**RWE**

# Ein hoher Anteil an erneuerbaren Energien erfordert Speicherzyklen von Wochen und Monaten

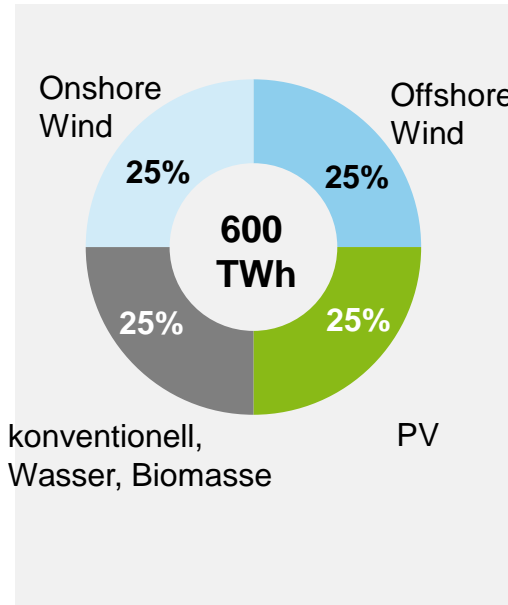
Beispielrechnung für einen Monat von Angebot und Nachfrage mit 75% Anteil an erneuerbaren Energien



Quelle: RWE AG

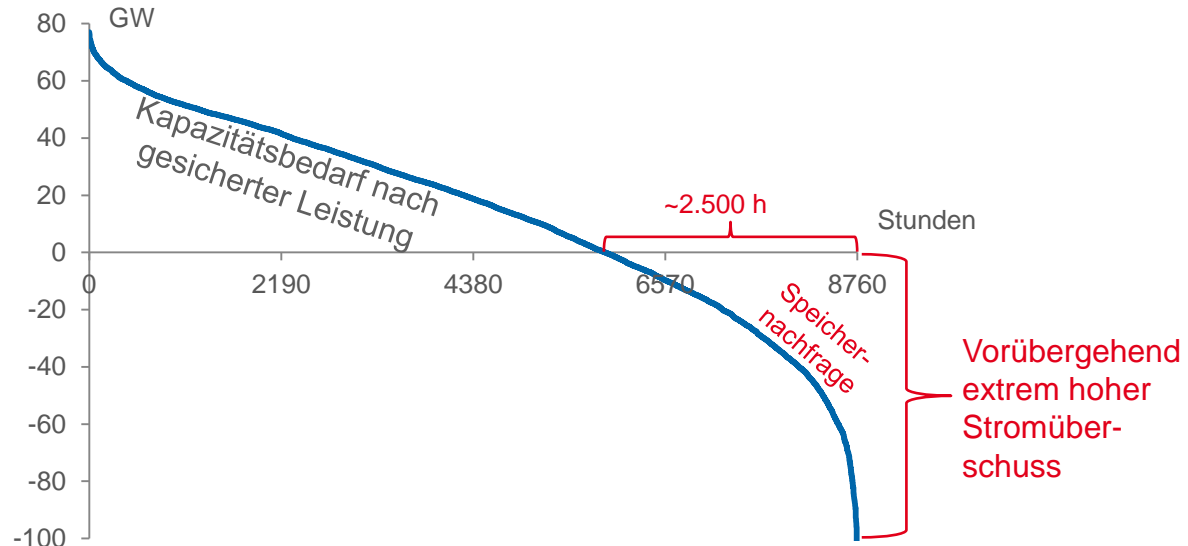
# Bei 75% erneuerbaren Energien rund 2.500 Stunden mit Stromüberschuss im Jahresverlauf auf nationaler Ebene

## Stromerzeugung in einem ausgewogenen Szenario (generisch)



Quelle: Simulation der stündlichen Residuallast ohne Export. RWE AG

## Dauerlinie der Residuallast<sup>1)</sup> für den deutschen Strommarkt mit einem Anteil von 75% an PV und Wind in GW

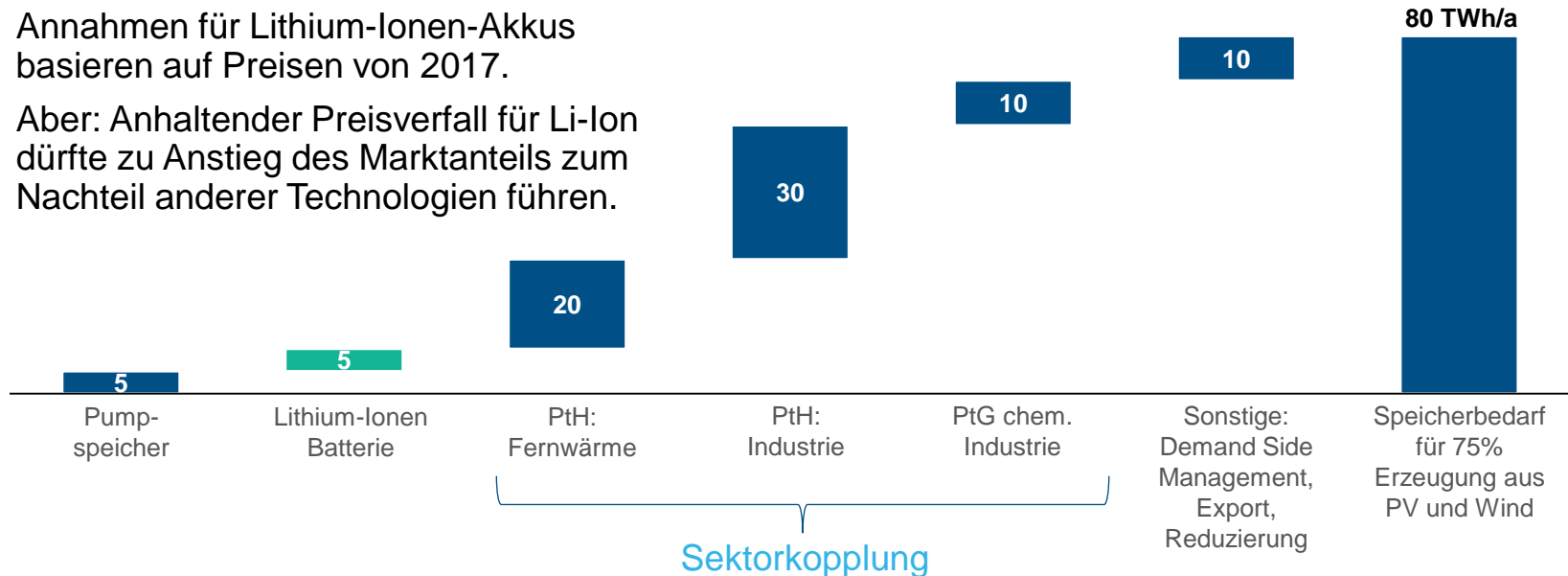


1) Strombedarf abzüglich Einspeisungen aus PV und Wind

# Langfristiger Speicherbedarf von 80 TWh kann mit einem von Power-to-Heat dominierten Portfolio abgedeckt werden

## Maßnahmen zum Schließen einer Speicherlücke von 80 TWh/a

- > Regelungsrahmen für Speicherung und Sektorkopplung wird erforderlich.
- > Annahmen für Lithium-Ionen-Akkus basieren auf Preisen von 2017.
- > Aber: Anhaltender Preisverfall für Li-Ion dürfte zu Anstieg des Marktanteils zum Nachteil anderer Technologien führen.

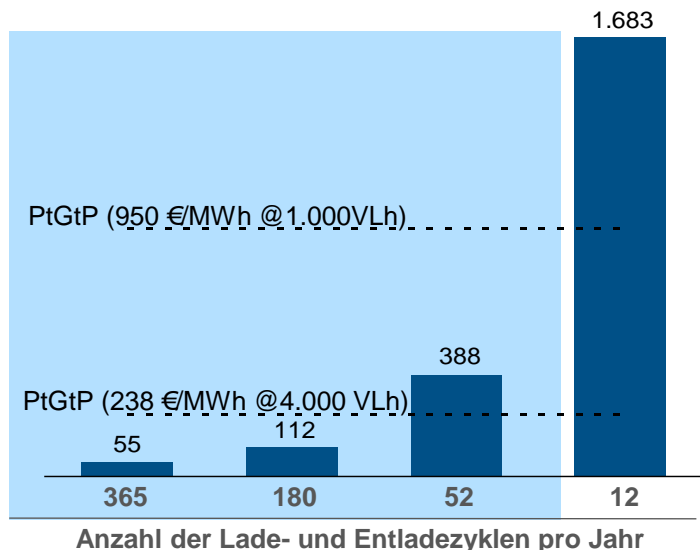


# Speichertechnologien zur Nutzung überschüssiger Energie noch nicht alle marktreif

	innerhalb des Tages	innerhalb des Monats	Saison	Bewertung
Steigender Verbrauch		Power-to-Material		Keine Umwandlung in Strom möglich.
	Power-to-Heat (P2H)	Power-to-Heat + Wärmespeicherung		Effizient, aber regulatorische Hindernisse.
Laden und Entladen von Speichermedien		Power-to-Gas (P2G)		Geringe Effizienz, hohe Kosten.
	Batterien			Auf derzeitigen Preisniveau nur als Kurzzeitspeicher wettbewerbsfähig.
	Pumpspeicherwerke	z.B. Skandinavische Wasserspeicher + Interkonnektoren		Expansionspotenzial begrenzt.

# Kurzzeitspeicher Lithium-Ionen-Akku: Nur mit mehr als einem Lade-/Entladezyklus pro Woche wettbewerbsfähig

Lagerkosten, abhängig von Lade- und Entladezyklen p.a., in €/MWh<sup>1)</sup>



Ergebnis

- Kurzzeitspeicherung, erfordert eine hohe Anzahl von Lade- und Entladezyklen; täglich oder mindestens zweimal pro Woche.
- Saisonale Nutzung kommerziell nicht attraktiv
- Die Wettbewerbsfähigkeit hängt stark von der weiteren Entwicklung der Kosten ab:
  - 2017: ~250-400 €/kWh
  - 2025: ~180-200 €/kWh

<sup>1)</sup> **Annahmen:**

Kosten der Li-Ion Speicherung: 250 €/kWh; Nutzungsdauer: 15 Jahre; Zinssatz: 2.5%.

Quelle: BENF, RWE Generation

# Erfahrungsgewinn mit Speicher-Technologien z. B. mit unserem Batteriespeicher in Herdecke



## Fakten

- > Technologie: Lithium-Ionen
- > Lieferant: Belectric
- > Kapazität: 3 x 2.538 kWh. 552 Batteriemodule (Deutsche ACCUmotive - Daimler Energy)

## Projektziele

- > Bereitstellung von Primärreserveleistung.
- > Zugang zu anderen potenziellen Einnahmequellen wie Intraday-Handel, Sekundärreservemärkte, Minutenreserve, Zahlungen zur Leistungsfaktorkorrektur, Kurzschlussstrom und Schwarzstart-Fähigkeit.
- > Entwicklung weiterer Marktchancen und Qualifizierung als Projektentwickler und Umsetzer für weitere interne oder externe Projekte.

## Meilensteine

- > Projektinitialisierung: Juni 2016
- > Installation: Jan - Juni 2017
- > Inbetriebnahme: Juni - Dez 2017
- > Betrieb: seit Januar 2018

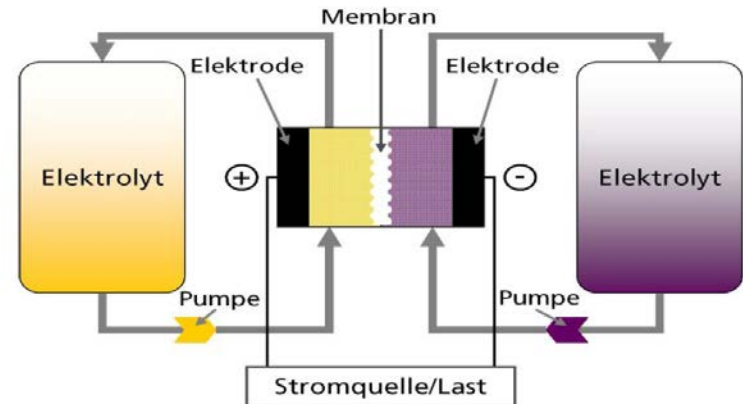
# Redox Flow Batterie: Potenzielle Technologie für stationäre Sekundärbatterien der nächsten Generation

## Eigenschaften der Batterie

- Systemeffizienz: >75%
- Kosten: derzeit ca. 400 - 1.000€/kWh (Lithium-Ionen: 250€/kWh)
- Vorteile: Geringe Selbstentladung (0,01%/Zyklus) und leicht skalierbar ohne Zellgrößenanpassung.
- Nachteile: Elektrolyte haben eine geringe Energiedichte und erfordern daher große Tanks, Forschung über alle Aspekte der korrosiven Elektrolyte.
- Anwendungsgebiet: Stationärer Energiespeicher zur Netzstabilisierung, Speicherung für einige Stunden oder Tage

## Struktur der Batterie

- Lagerung durch zwei verschiedene Elektrolyte in separaten Tanks



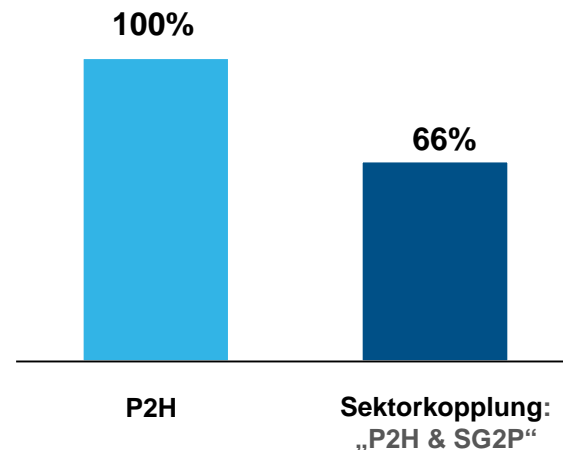


# Power-to-Heat bietet das effizienteste Speicherpotenzial mit Entwicklungskosten von weniger als 150 €/kW.

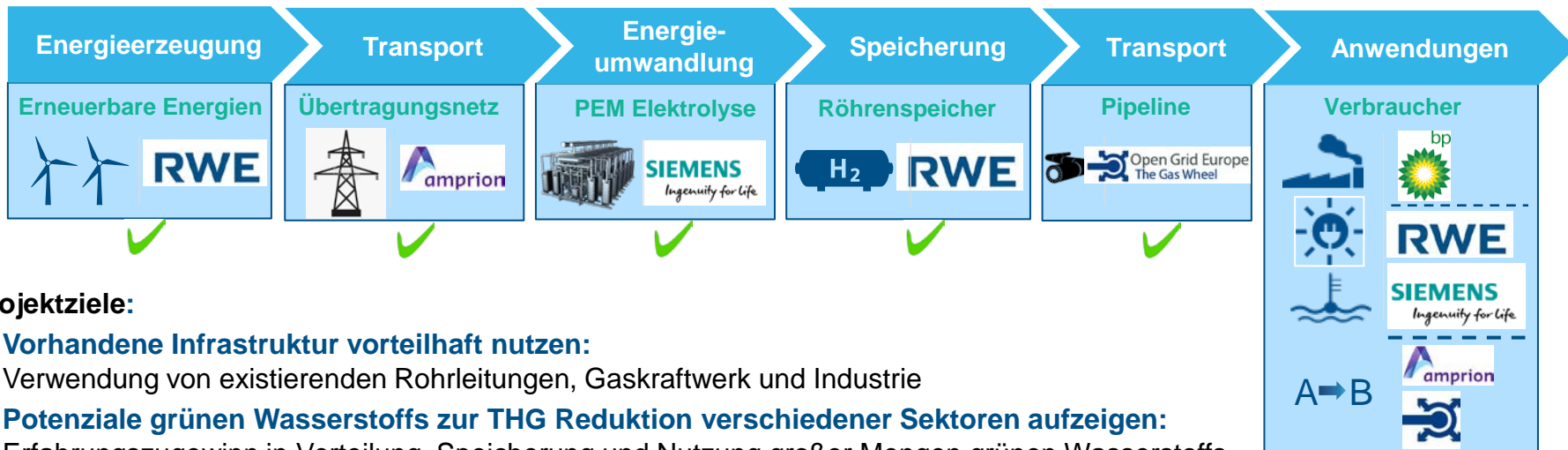
## Vorteile von Power-to-Heat

- **Hoher Wirkungsgrad** von fast 100% bei der Umwandlung von Strom in Wärme.
- **Prozesseffizienz** der Sektorkopplung bei angenommener Verstromung des durch Power-to-Heat eingesparten Erdgases in GuD-Anlage: 66%.
- **Geringe Investitionskosten** für Elektroboiler: 100-150 €/kW
- Der Einsatz von Hybridsystemen, z.B. Power-to-heat + Gas, ermöglicht den flexiblen Einsatz von Power-to-heat-Systemen nur bei Überschussstrom.
- Wärme lässt sich gut speichern, erfordert aber sehr große Volumina: Mit 30-40 kWh/m<sup>3</sup> ist die Energiedichte eines drucklosen Warmwasserspeichers etwa 75-mal niedriger als die Energiedichte von Methan in Kavernen (2.600 kWh/m<sup>3</sup> bei 200 bar).

## Wirkungsgrade Power-to-Heat vs. Gesamtprozess "Power-to-Heat & Saved Gas-to-Power".



# PtH<sub>2</sub>-Projektidee Lingen: H<sub>2</sub>-Wertschöpfungskette im industriellen Maßstab unter Nutzung vorhandener Infrastruktur



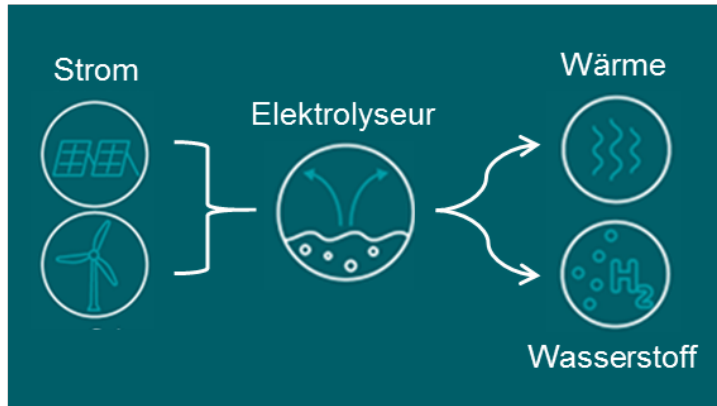
## Projektziele:

- **Vorhandene Infrastruktur vorteilhaft nutzen:**  
Verwendung von existierenden Rohrleitungen, Gaskraftwerk und Industrie
- **Potenziale grünen Wasserstoffs zur THG Reduktion verschiedener Sektoren aufzeigen:**  
Erfahrungszugewinn in Verteilung, Speicherung und Nutzung großer Mengen grünen Wasserstoffs
- **Potenziale der P2H<sub>2</sub>-Technologie zur Integration eines hohen Anteils volatiler erneuerbarer Energie demonstrieren:**  
Erfahrungszugewinn in Bau/ Betrieb industrieller P2H<sub>2</sub>-Anlagen an einem Standort mit Offshore-Netzanbindung
- **Markteinführung vorbereiten:**  
Möglichkeiten zur Wirtschaftlichkeit grünen Wasserstoffs im industriellen Maßstab aufzeigen

# Wasserstoff, erzeugt aus erneuerbaren Energien, hat das Potenzial, Emissionen sektorenübergreifend zu reduzieren

- Emissionsreduktionsziele von 80-95% implizieren ein auf erneuerbaren Energien basierendes Energiesystem und erfordern nahezu null Emissionen in Sektoren wie Transport, Wärme und Industrie
- Das ist nur erreichbar durch Sektorenkopplung und die Kombination aus Elektrifizierung und THG-neutrale Energieträger
- Grünes Gas, wie z. B. Wasserstoff, ist als THG-neutrales Gas ein wichtiger Baustein

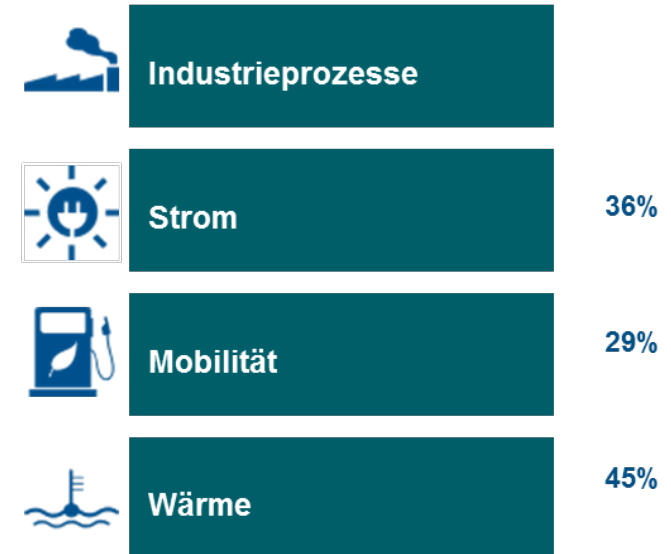
## Erzeugung



## Speicherung



## Anwendung



# Wasserstoff wird heute hauptsächlich aus Erdgas erzeugt und ist ein Rohstoff für Industrie und Chemie

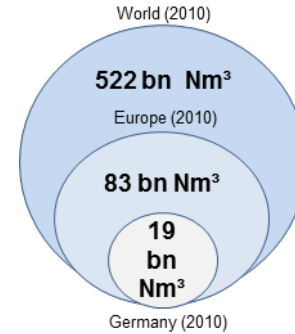
## Heutige Erzeugung

- Erdgasreformierung ist die heute dominierende und kosteneffizienteste Herstellungsmethode für industrielle Wasserstofferzeugung.
- Die Herstellungskosten liegen zwischen 1-3 €/kg.
- Pro Tonne Wasserstoff werden 9-12 Tonnen CO<sub>2</sub> emittiert.

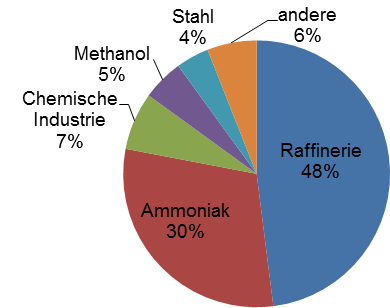
## Heutige Verwendung

- Mit über 90% ist der Industriesektor der Hauptabnehmer von Wasserstoff.
- 48% des Gesamtbedarfs entfällt auf Raffinerien.
- 83% des benötigten Wasserstoffs werden auf dem Gelände durch vorhandene Prozesse oder separat durch Erdgasreformierung erzeugt (captive / by-product).
- 40% des gehandelten Wasserstoffs (merchant) werden ebenfalls von Gasunternehmen auf Kundengelände produziert.

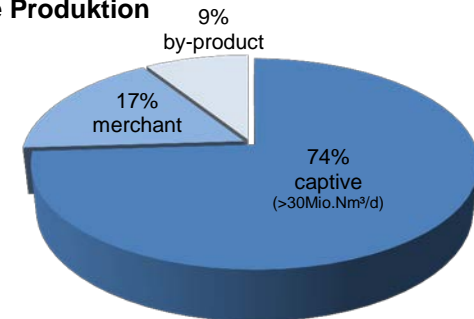
### Industrienachfrage



### Allokation in Europa



### Industrielle Produktion



# Haupttreiber wird weltweit die Umwandlung von Grünstrom in THG-neutrale Energieträger sein

THG-Reduktion

80%

90%

1

**Dekarbonisierung von THG-intensiven Sektoren**



Industrie

Substitution von grauem\* H<sub>2</sub>:

- Raffinerie  
*48% des derzeitigen H<sub>2</sub> Bedarfs\*\**
- Düngemittelherstellung  
*30% des derzeitigen H<sub>2</sub> Bedarfs*
- Metallproduktion  
*4% des derzeitigen H<sub>2</sub> Bedarfs*
- Glasindustrie



Mobilität

H<sub>2</sub> als **alternativer Treibstoff** und Basis synthetischer Kraftstoffe.

2

**Integration erneuerbarer Energien**



volatile  
Energien

Power-to-H<sub>2</sub> als **Energiespeicher** ergänzend zur volatilen Energieerzeugung erneuerbarer Energien.

3

**Strom- und Wärmeerzeugung**



Strom- &  
Wärme-  
erzeugung

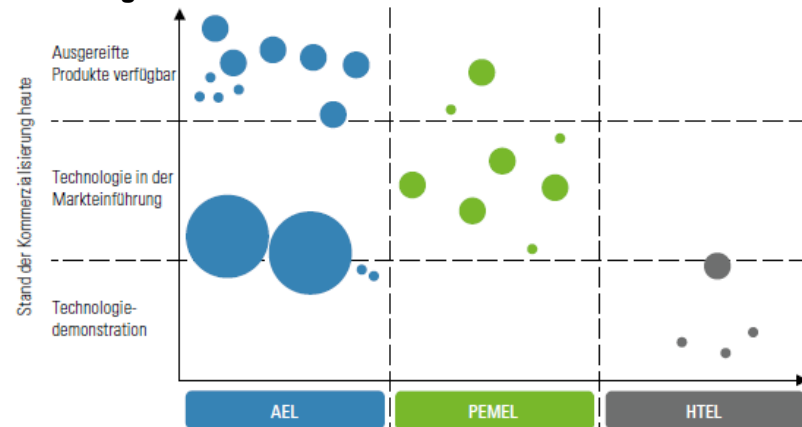
H<sub>2</sub> als Alternative zu Erdgas in der **Strom- und Wärme-erzeugung** unter Benutzung vorhandener Infrastrukturen.

# Elektrolyse technisch marktreif, aber mit erheblichem Kostennachteil

## Stand der Technik

- 3 wesentliche Technologien: alkalische, Polymer-Elektrolyt- und Hochtemperatur-Elektrolyse.
- Alkalische Elektrolyse ausgereift und am Markt auch im zweistelligen MW-Bereich erhältlich.
- PEM im kleinen MW-Bereich erprobt und aufgrund des flexiblen Lastverhaltens im Fokus der derzeitigen Entwicklungen.
- Die Investitionskosten liegen heute zwischen 800 €/kW (alkalische) und 1000 €/kW (PEM).
- Strompreis und Auslastung dominieren die Erzeugungskosten des durch Elektrolyse erzeugten Wasserstoffs.
- Auf den bezogenen Strom müssen heute Endverbraucherabgaben (EEG, etc.) bezahlt werden.
- Die Befreiung von Endverbraucherabgaben würde die Herstellungskosten um ca. 50% reduzieren.

## Technologiereife



Mögliches Produktionsvolumen in 2020 je Hersteller (anonymisiert). Vorausgesetzt entsprechender Nachfrageentwicklung am Markt.

Größenordnung:  
5 MW/a 50 MW/a 500 MW/a

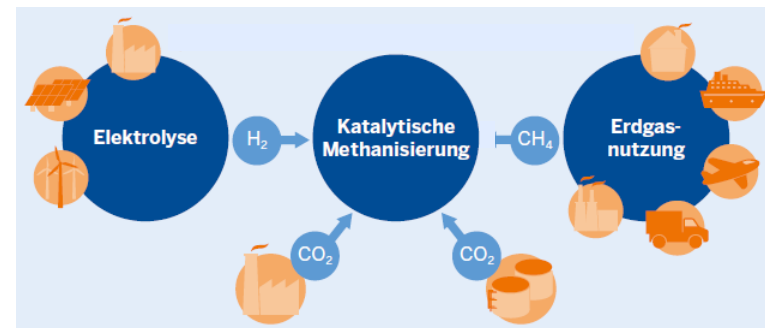
## Herstellungskosten

	Erdgasreformierung		Alkalische Elektrolyse		PEM	
	2015	2030	2015	2030	2015	2030
Investition (€/kW)	430	350	1200	650	1800	630
Herstellungskosten (€/kg H <sub>2</sub> )	1,8	1,79	6,80	5,40	7,70	6,10

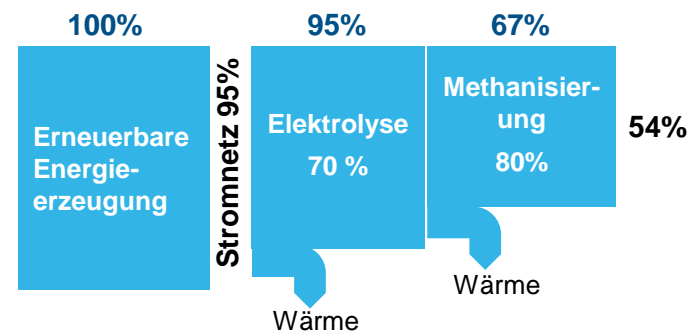
# Aus Wasserstoff kann durch Methanisierung synthetisches Methan erzeugt werden

## Heutige Erzeugung

- In einem weiteren Prozessschritt kann Wasserstoff durch Zugabe von Kohlenstoffoxiden (z.B.  $\text{CO}_2$ ) in Methan umgewandelt werden.
- Synthetisches Methan kann Erdgas 1:1 substituieren.
- P2G gibt so die Möglichkeit, die vorhandene Gasinfrastruktur und das große Speicherpotential des Erdgasnetzes zu nutzen.
- Der Wirkungsgrad verschlechtert sich allerdings durch den weiteren Prozessschritt: 46% der Eingangsenergie gehen verloren.
- Die Investitionskosten für eine katalytische Methanisierung liegen derzeit bei 800 €/kW (2015).
- Die benötigten Kohlenstoffoxide müssen in hoher Konzentration vorliegen und bevorzugter Weise aus erneuerbaren Quellen stammen (grünes Gas).
- Die Technologie\* zur  $\text{CO}_2$ -Abscheidung aus der Luft befindet sich noch im Entwicklungsstadium.



Prozess und Prozesswirkungsgrade

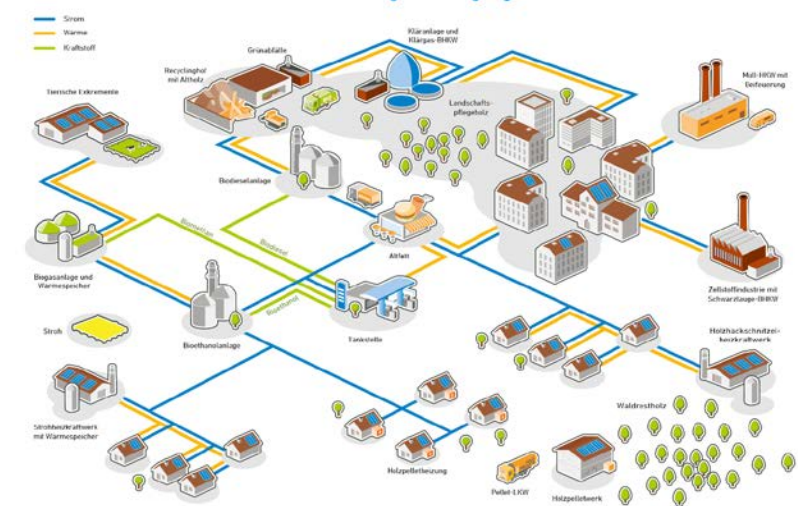


# Das Potenzial zur Nutzung von Biomasse ist längst noch nicht ausgeschöpft, aber ...

## Bioenergie - ein weites und komplexes Feld

- Der Begriff „biobased economy“ umfasst unterschiedliche Rohstoffe, Technikpfade und Anwendungsbereiche.
- Biomasse kann z. B. aus biogenen Abfall- und Reststoffen aus der Land- und Forstwirtschaft gewonnen werden.
- Die Rohstoffe können regionaler Herkunft sein oder über globale Handelsströme zu uns gelangen.
- Die Vielfalt der Rohstoffe und Umwandlungstechniken ermöglicht einen Einsatz der Biomasse in allen energierelevanten Sektoren:
  - als Kraftstoff im Verkehr zur Substitution von konventionellen Kraftstoff auf Mineralölbasis
  - zur Erzeugung von Heizwärme in Haushalten
  - von Prozesswärme in der Industrie
  - zur Stromerzeugung (wobei die Strom- und Wärmeproduktion gekoppelt erfolgen kann)
  - als Rohstoff in der Chemieindustrie
- Die energetische Nutzung von Biomasse steht in direkter Konkurrenz zur Nahrungs- und Futtermittelproduktion („Teller statt Tank“-Debatte).

### Rolle der Rest- und Abfallstoffe in der Energieversorgung der Zukunft



### Beispiele für Abfall- bzw. Reststoffe:

- Stroh(-reste)
- Bio- und Grünabfälle
- Tierische Exkremente



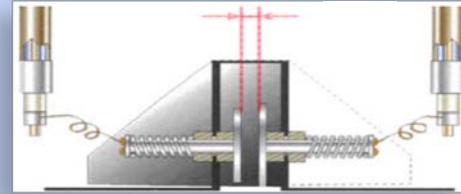


# Mehr Flexibilität heißt Steigerung von Dynamik u. Elastizität

Schnellere Starts und Lastwechsel, mehr Lasthub zur Vermeidung von Abfahrten

- Integration von **Energiespeichern**
- Qualifizierung **fortschrittlicher Werkstoffe**
- **Erfassung der Belastung** bei dynamischer Fahrweise und **Bewertung des Lebensdauerverbrauchs**
- Einsatz moderner **IT-Methoden** (Big Data)

## Beispiele



Innovativer Dehnungssensor zur direkten Erfassung der Bauteilbelastung



Zentrales Onlinemonitoring von hochbeanspruchten Komponenten mittels Big Data

# Drohnen bieten interessante Einsatzmöglichkeiten im Kraftwerksbereich

**Zielsetzung:** Sichere, schnelle und wirtschaftliche Inspektionen in Innenräumen und Erkundung von unzugänglichen Orten durch kollisionstolerante Drohnen

## Vorteile von Drohneneinsätzen

- Eignung für enge Räume und komplexe Umgebungen
- Senkung der Kosten (Gerüste / Industriekletterer) sowie Risiken und Ausfallzeiten der Infrastruktur

## Aktuelle Drohnenaktivitäten im Überblick

- Identifizierung wichtiger Inspektionsbedarfe
- Festlegung von Inspektionsrouten und dazugehörigen Anforderungen
- Sondierung, Auswahl und Entwicklung geeigneter Drohnen und erforderlicher Sensorik / Messtechnik
- Durchführung von Feldversuchen in Kesselhaus, Feuerraum und REA vielversprechend
- Weiterqualifizierung von Personal unter realen Bedingungen



Spezialdrohne der  
Fa. Flyability (CH)



Befliegung von Windrädern

# RWE treibt Technologien für mehr Versorgungssicherheit und Klimaschutz voran

## Aktivitäten rund um Speicherung, F&E und Innovation sichern unsere Wettbewerbsfähigkeit.

- > RWE verfolgt eine Vielzahl von vielversprechenden Projekten in Bezug auf Energiespeicher und weiterer Technologien zur zukünftigen Sicherstellung der Versorgungssicherheit.
- > RWE treibt zukunftssträchtige Technologien wie Power-to-Gas voran und erprobt innovative Möglichkeiten zur Stromspeicherung.
- > Neben der Speicherung von überschüssigem Strom in Form brennbarer Gase wird auch die Umwandlung in Methanol zur Beimischung in Treibstoffe untersucht.
- > RWE prüft den Bau einer Anlage zur Produktion von Kraftstoffen auf Basis biologischer Reststoffe (Advanced Biofuels) mit dem Ziel, konventionelle Rohstoffe zu substituieren.
  
- > **Entwicklung neuer Technologien und Geschäftsoptionen zur Wertsteigerung des Portfolios**