

Projekt „Elektrolyse - made in Baden-Württemberg“, BW-Elektrolyse

„Weiterentwicklung und Industrialisierung der alkalischen Wasserelektrolyse nach dem Baukastenprinzip zusammen mit lokalen Forschungs- und Industrieunternehmen“

Andreas Brinner, Marc-Simon Löffler, Tonja Marquard-Möllenstedt

STORENERGY congress, 17.November 2021, Online-Veranstaltung „Fokus H₂“



Agenda

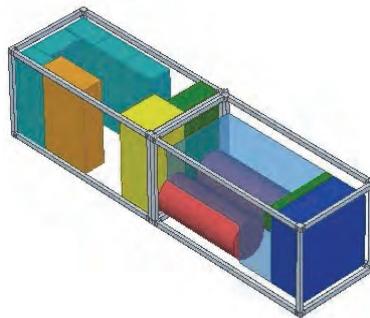
- I. ZSW-Kurzvorstellung
- II. Elektrolytische Wasserstofferzeugung? H₂-Strategien, weltweit, europaweit, in Deutschland
- III. Wasserstoffmarkt
- IV. Elektrolysehersteller
- V. Kostensenkungspotenziale
- VI. Übersicht Projekt „Elektrolyse made in Baden-Württemberg“
- VII. Kurze Einführung in die Elektrolysetechnik
- VIII. Von der Manufaktur- zur Serien-Bauweise
- IX. Fazit

Wasserstofferzeugung mit Wasserelektrolyse



Von der
Manufakturbauweise

zur
Serienfertigung
nach dem
Baukastenprinzip



Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)

1988: Das ZSW wurde als gemeinnützige Stiftung des bürgerlichen Rechts gegründet.

2021: Rund 300 Mitarbeiter arbeiten an den 3 Standorten Stuttgart, Ulm und Widderstall in Baden-Württemberg (Umsatz 2020: 46 Mio. €)

Stiftungszweck:

Industriennahe Forschung und Technologietransfer zu erneuerbaren Energien.



Forschungsthemen



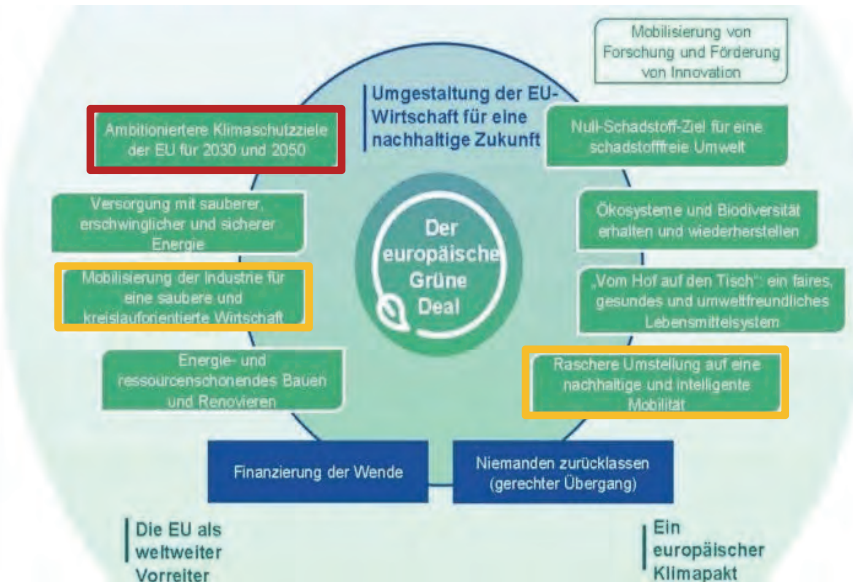
Ambitionsniveau der neuen EU-Kommission und Wasserstoff-Strategie der Bundesregierung



„Dazu gehört das erste europäische Klimagesetz, mit dem das Ziel der **Klimaneutralität bis 2050 gesetzlich verankert** werden soll...“



„..., die Emissionen [bis 2030] um mindestens 50 Prozent zu senken – oder noch besser sogar um 55 Prozent“



BM Altmaier, BM Scheuer, BM Müller, PSt Meister, 5.11.2019, Quelle: youtube



„Wir wollen, dass **Deutschland bei den Wasserstofftechnologien Nr. 1 in der Welt wird!**“
(Peter Altmaier, 5.11.2019)

➡ Ohne grünen Wasserstoff und seine synthetischen Folgeprodukte sind weder die Klimaziele im Verkehrssektor noch das Ziel der klimaneutralen Produktion in der Industrie erreichbar, selbst wenn die Klimaziele nicht verschärft werden!

Hohe Marktdynamik bei Wasserstoff und synthetischen Kraftstoffen

Lokale Roadmap-Auswahl weltweit mit unterschiedlichsten Motivationen in verschiedenen Ländern



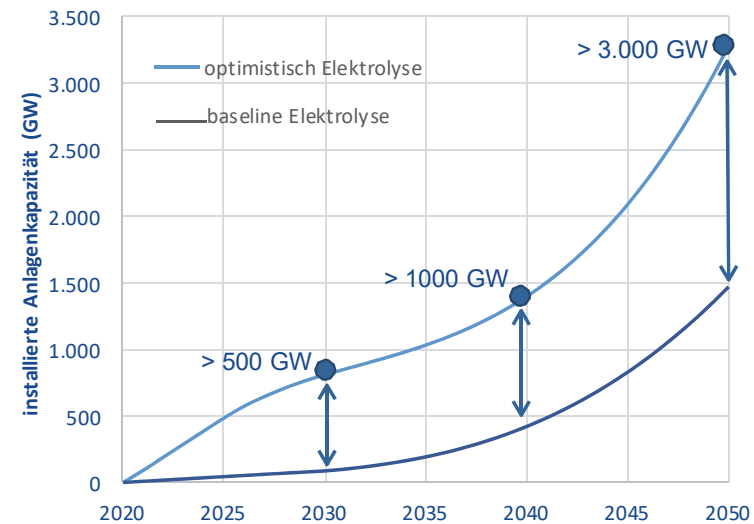
Exponentiell wachsender Markt für Wasserstoff

Ausbauziele und Marktpotenziale in DE, EU und weltweit



	Elektrolyse installiert 2020	Elektrolyse Ausbauziele 2030	Umsatzpotenzial bis 2030 *
DE	< 0,1 GW	5 GW	ca. 4,5 Mrd.€
EU	< 1 GW	40 GW	ca. 35 Mrd.€

Ausbauziele bis 2030 in Deutschland und der EU
(gemäß Nationaler und Europäischer Wasserstoff-Strategie 2020)



Ausbaupotenziale bis 2050 weltweit
(Begleitstudie zum Projekt „reFuels – Kraftstoffe neu denken“)

- Alleine in der **EU** sind bis **2030 Umsätze von ca. 35 Mrd.€ im Bereich Elektrolyse** zu erwarten.
- Die **weltweiten Ausbaupotenziale bis 2050** liegen im Bereich von **1.500 GW bis über 3.000 GW**.

* CAPEX₂₀₂₀ <1000 €/kW, lineare Kostendegression <700 €/kW bis 2030

Analyse potenzielle Absatzmärkte für „grünen Wasserstoff“ aus Elektrolyse

Diese Märkte gibt es schon stabil für fossilen Wasserstoff



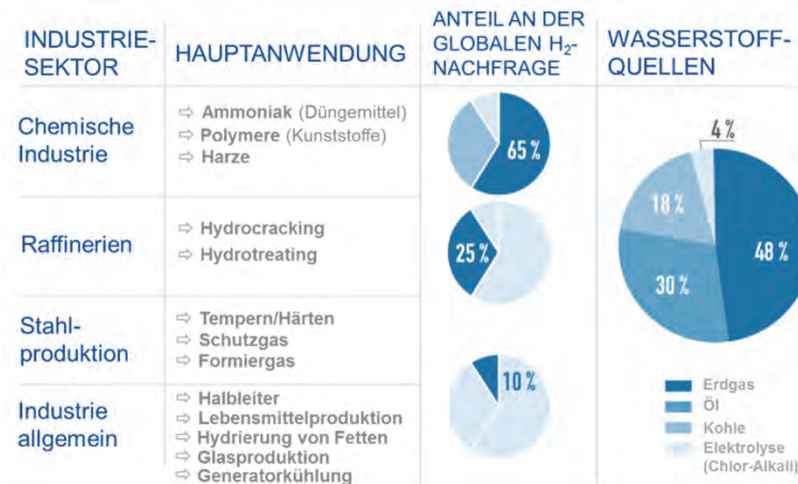
*Welt als Lieferanten von Wasserstoff
für Deutschland/ Baden-Württemberg*



*Baden-Württemberg als
Technologielieferant für die Welt*

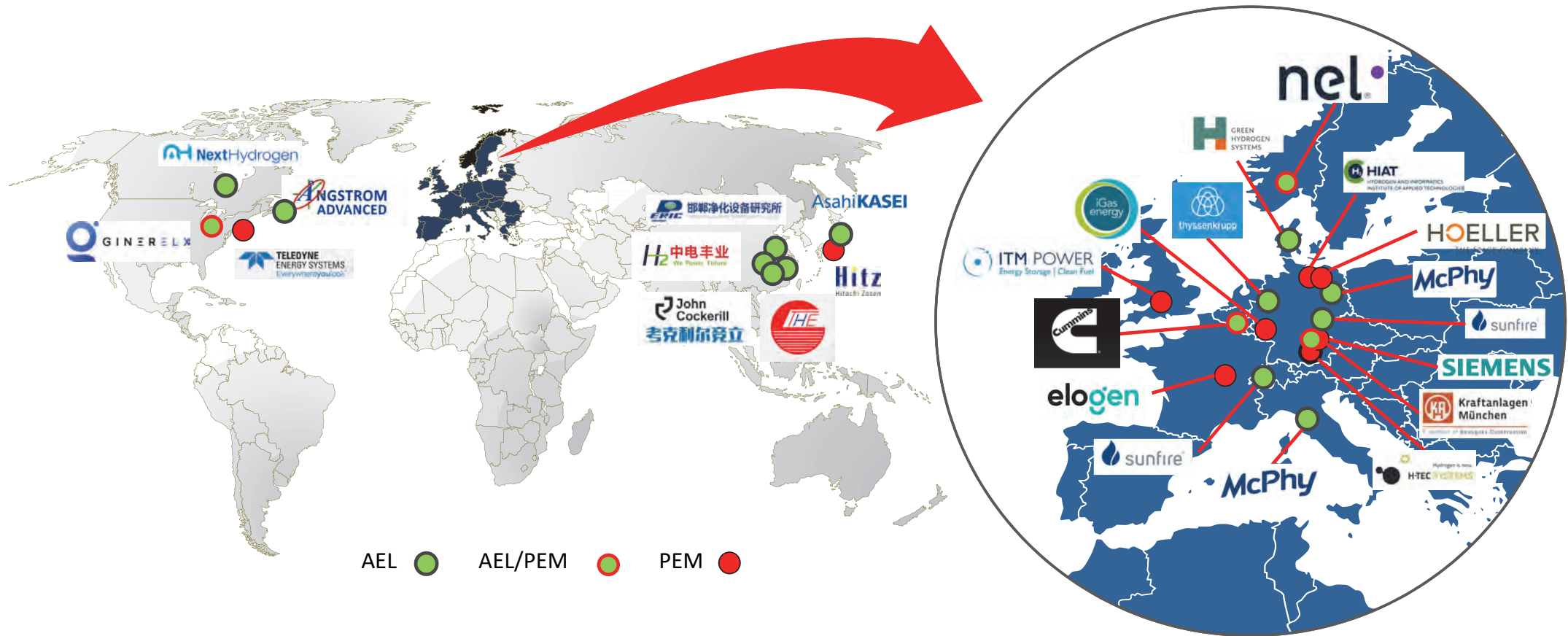


- Der **weltweite Wasserstoffverbrauch** liegt **aktuell** bei ca. **70 Mio. t/a** (ca. **140 Mrd. €/a** bei 2 €/kg).
- Der **Energiebedarf** entspricht **1,4%** des Weltenergiebedarfs.
- Die **Erzeugung** erfolgt zu **> 99%** aus **fossilen Quellen** (ca. **95%**) und **Chlor-Alkali Elektrolyse** (ca. **4%**).



Hersteller von Elektrolyseuren und Elektrolyseanlagen - Auswahl

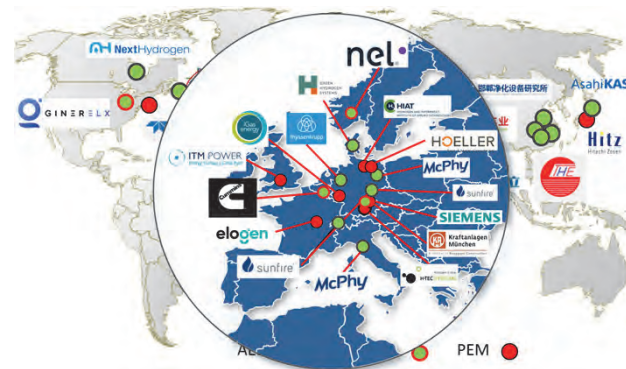
Verschiedene Technologien, Leistungsklasse $\geq 1\text{MW}_{\text{el}}$



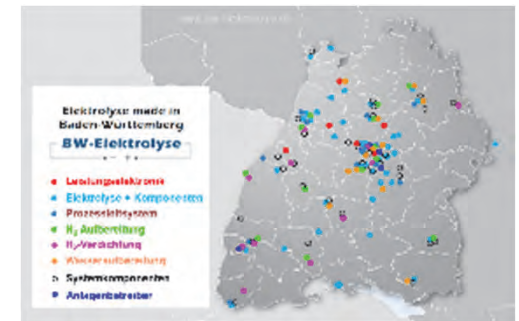
Weltweit sind derzeit etwa 18 Anbieter von Elektrolyseuren im MW-Bereich aktiv.

Elektrolyse: Technologiestand und Industriepotenziale

- Elektrolysetechnologien in Power-to-X-Anwendungen wurden in einer Vielzahl von **Pilotprojekten** erfolgreich in der Praxis demonstriert.
- Die wesentliche Herausforderung besteht nun in der **schnellen Technologieskalierung** und dem **Übergang** von der heutigen **Manufakturbauweise in die Serienfertigung**.
- Es existiert aktuell **kein Elektrolysehersteller in Baden-Württemberg**, jedoch umfangreiche Potenziale im Bereich der Zulieferindustrie.



Elektrolyseanbieter weltweit

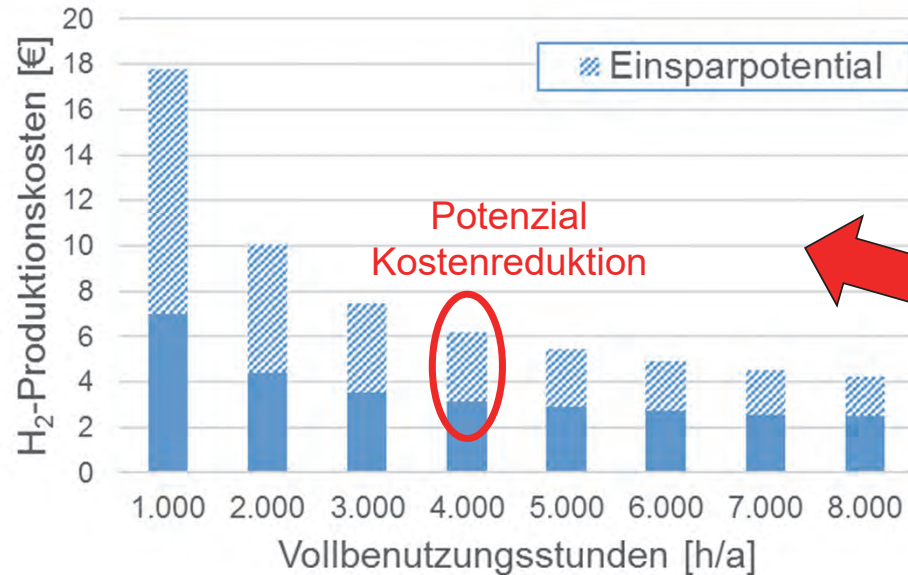


Potenzielle Zulieferindustrie in Baden-Württemberg

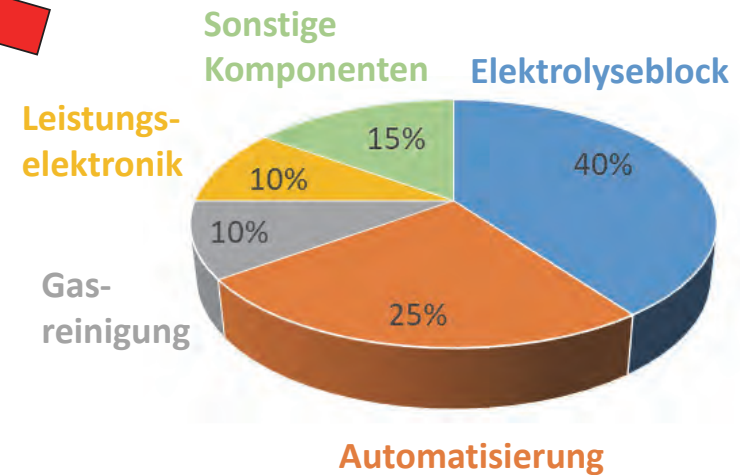


Leuchtturmprojekt “Power-to-Gas” Baden-Württemberg

Technologie-Roadmap Elektrolyse: Technische Kostensenkungspotenziale, theoretisch



Technologische Hebel für die Kostensenkung:



➔ Die technologische Weiterentwicklung von Elektrolyseblock und Nebenaggregaten ermöglicht in etwa eine Halbierung der H₂-Produktionskosten.

Randbedingungen

Leistungsklasse 1-5 MW, Beispiel AEL, H₂-Abgabe: 200 bar, Qualität 5.0

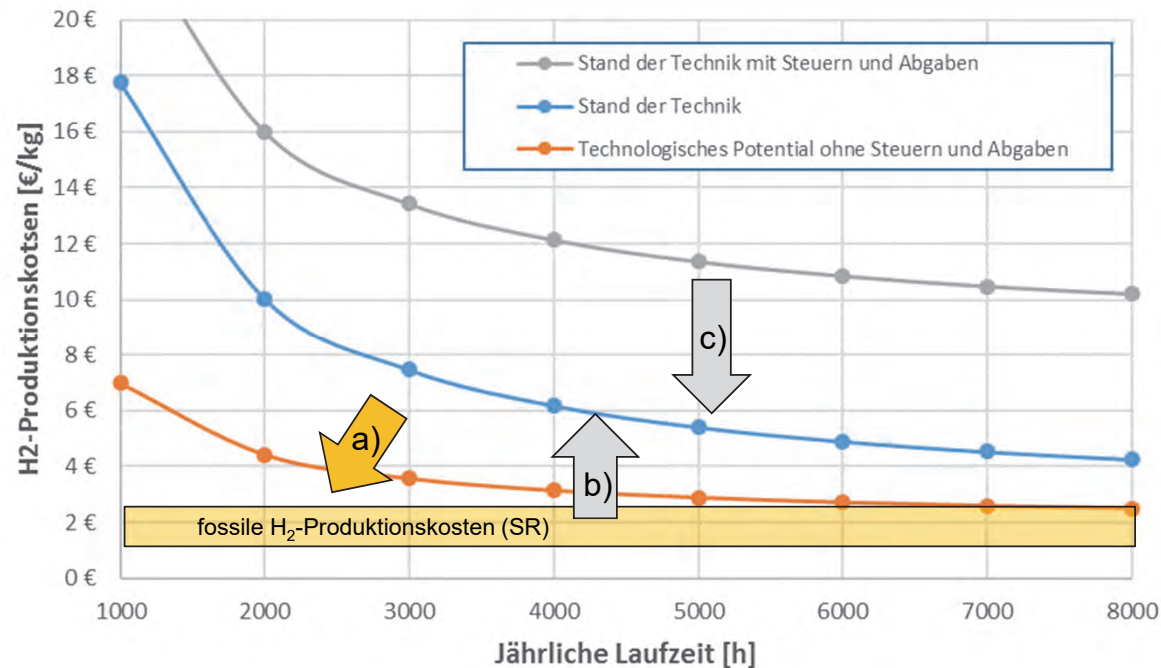
Strombezugspreis 35 €/MWh, ohne Abgaben und Steuern, Nutzungsdauer 20 Jahre

11 17.11.2021 | Elektrolyse made in Baden-Württemberg |
A. Brinner M.-S. Löffler T. Marquard-Möllenstedt



Leuchtturmprojekt “Power-to-Gas” - Technologie-Roadmap PtG

Hebel für Wirtschaftlichkeit Strombasierter Wasserstoff



Annahmen

Technologie: AEL, 1MW

H₂-Abgabe: 200 bar, Qualität 5.0

Strombezugspreis 35 €/MWh

Abgaben und Steuern 90€/MWh

Nutzungsdauer 20 Jahre

a) **Projektfokus: Technologieentwicklung (Effizienz, Kosten, Scale-up)**

b) Fossile Energie zu billig

→ Schaffung Märkte für grünen Wasserstoff

c) Anpassung ordnungsrechtlicher Rahmen → Ermöglichung Systemkopplung

„Elektrolyse Made in Baden-Württemberg“

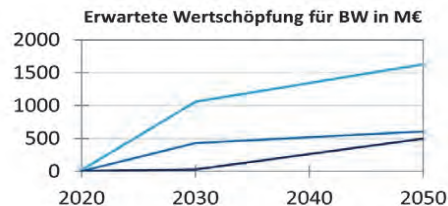
Initiierung einer Elektrolyse- & Komponentenfertigung im Land

**Industriedialog: Qualifizierung
& Aktivierung der Industrie**
Initiierung Elektrolyse-Fertigung
& Stärkung Zulieferindustrie



Aktuell aktive Teilnahme
von ca. 50 Unternehmen

**Elektrolysepotenziale
Baden-Württemberg**
Wertschöpfungspotenziale &
Handlungsempfehlungen



- Leistungselektronik (6)
- Elektrolyse + Komponenten (33)
- Prozessleitsystem (14)
- H₂-Aufbereitung (12)
- H₂-Verdichtung (12)
- Systemkomponenten (57)

**Elektrolyseur
„made in Baden-
Württemberg“**
Industrienaher
Prototyp mit hohen
Wertschöpfungs-
anteilen aus BaWü

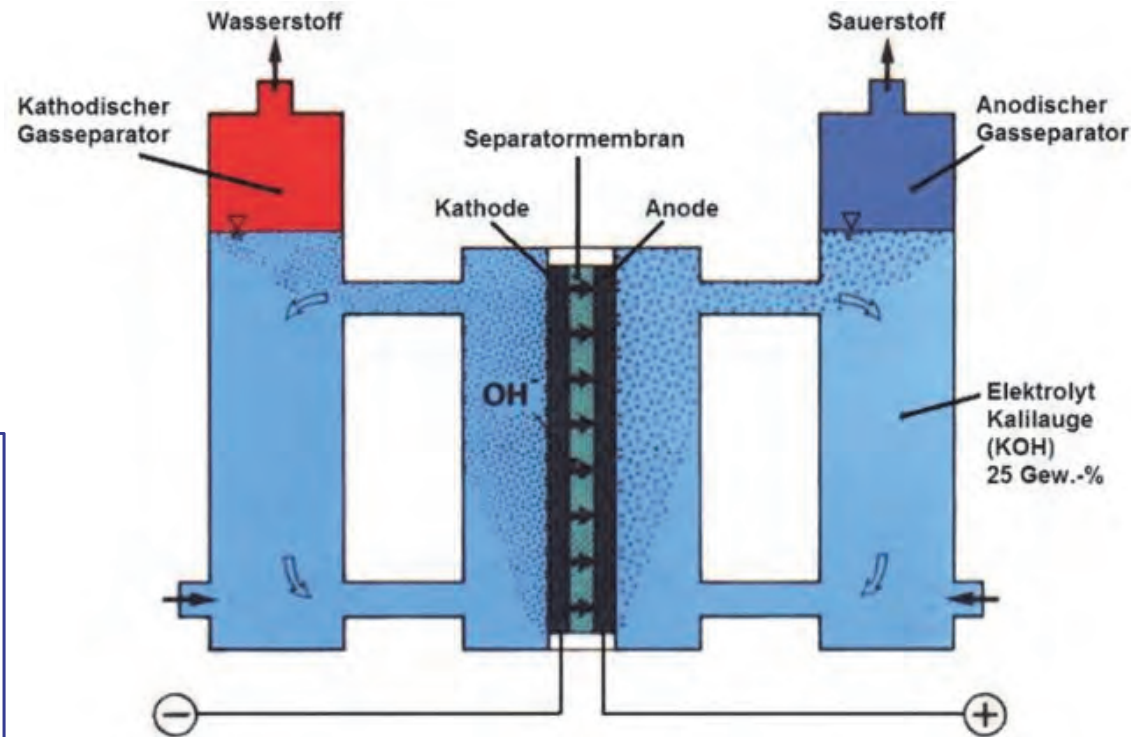


**Technologie &
Innovation**
Effiziente, marktfähige
Technologiebausteine

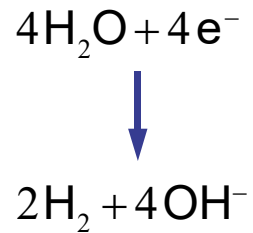


Funktionsprinzip der Elektrolyse

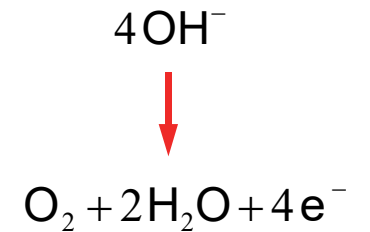
Beispiel alkalische Elektrolyse



Kathodenreaktion:



Anodenreaktion:



Quelle: DLR-ZSW-Broschüre „Solarer Wasserstoff - Energieträger der Zukunft“, 1. Aufl., 1988

W. Nicholson & A. Carlisle haben 1800 erstmals die Entstehung von 2 Gasen im Verhältnis 2:1 aus Wasser gezeigt.

J. W. Ritter hat 1800 die beiden Gase als Wasserstoff und Sauerstoff mit Knallgasprobe und weißem Phosphor bestimmt.

Projekt „Elektrolyse Made in Baden-Württemberg“

Initiierung einer Elektrolyse- & Komponentenfertigung im Land (15.04.2020 – 31.12.2022)

Bündelung der Industrie-Kompetenzen durch einen Systemintegrator / OEM

Elektrolysestack und Leistungselektronik

- Elektrolysestack und Komponenten
- Trafo
- Gleichrichter

Steuerung und Sicherheit

- Anlagensteuerung
- Systemsicherheit
- Prozessleitsystem
- Systemzulassung

Verfahrenstechnische Komponenten

- Kernsystem mit Medien-Kreisläufen
- Medienversorgung
- Containerbau

Kundenspezifische Schnittstellen

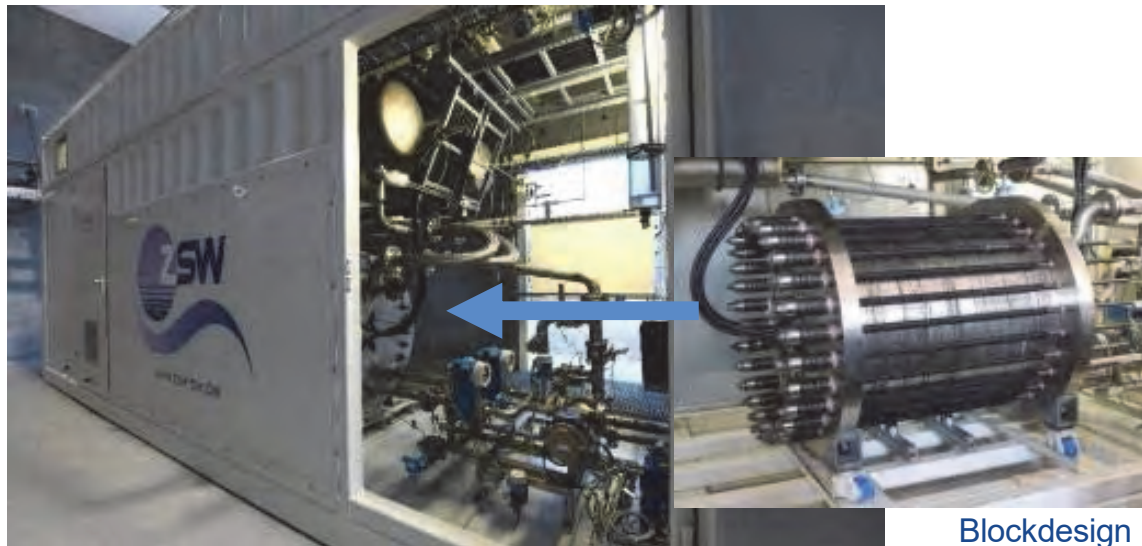
- Gasaufbereitung
- Verdichtung
- Gasspeicher
- Qualitätssicherung



10 Jahre Elektrolyse-Systementwicklung des ZSW

CE-zertifizierte Block- & Systemtechnologie im MW-Maßstab erprobt am PtH-Standort in Grenzach-Wyhlen

- Container-integrierte **alkalische Druckelektrolyse** (1 MW_{el}, Doppelblocksystem 2 x 500 kW_{el}, 16 bar_ü).
- ZSW-eigene **valide Systemtechnologie** mit patentierter Blocktechnologie (2.750 cm² Zellfläche).
- Die Power-to-Hydrogen-Anlage in Grenzach-Wyhlen ist ein **Referenzstandort für strombasierten Wasserstoff** in Baden-Württemberg



Elektrolyseblock-Prototyp

Blockdesign



Zelldesign

Arbeitselektrode



Elektrolyse: Aufbau und Wertschöpfungsanteile

Überblick über die Basiskomponenten

Gasprozesstechnik



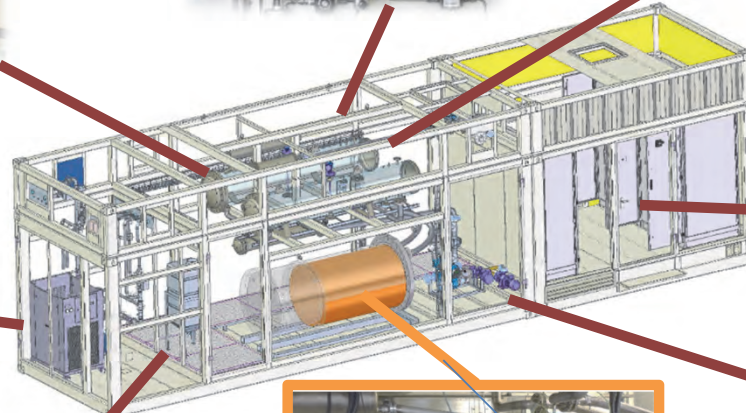
Analytik



Instrumentierung



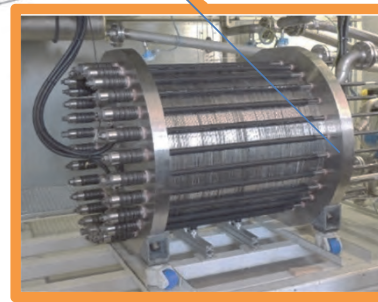
Kühlsystem



Leistungselektronik



Laugenkreislauf



Elektrolyseblock

www.bw-elektrolyse.de

Prozesssteuerung



Elektrolyse: Aufbau und Wertschöpfungsanteile

Überblick über die Basiskomponenten

Gasprozesstechnik



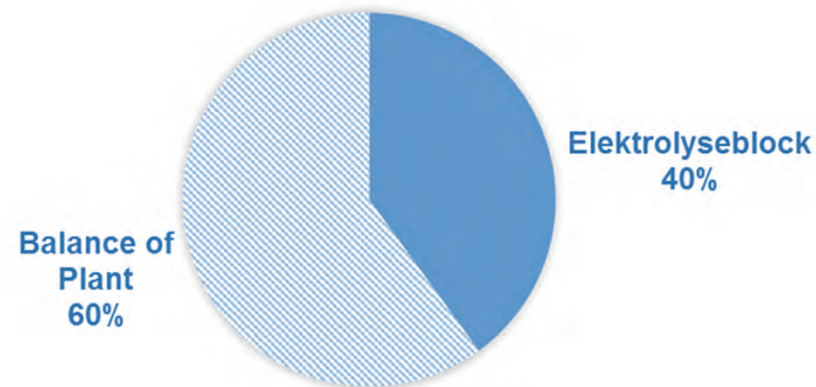
Analytik



Instrumentierung



Kostenstruktur einer H₂-Erzeugungsanlage (vereinfacht)



Kühlsystem



Leistungselektronik



Laugenkreislauf



Prozesssteuerung



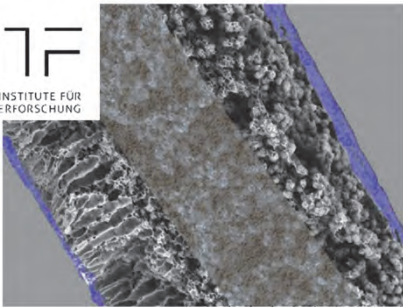
Elektrolyseblock

www.bw-elektrolyse.de



Elektrolyse: Aufbau und Wertschöpfungsanteile

Innovationen und Technologieentwicklung



50µm

Faserverstärkte, robuste, **effiziente Membran** mit Oberflächenbeschichtung

Effiziente und formstabile **Katalysatoren** im APS-Beschichtungsverfahren



- Technologievalidierung in Laborumgebung
- Integration in bestehendes Elektrolyseblock-Design
- Industrialisierung von Anlagen- und Blockkonzept



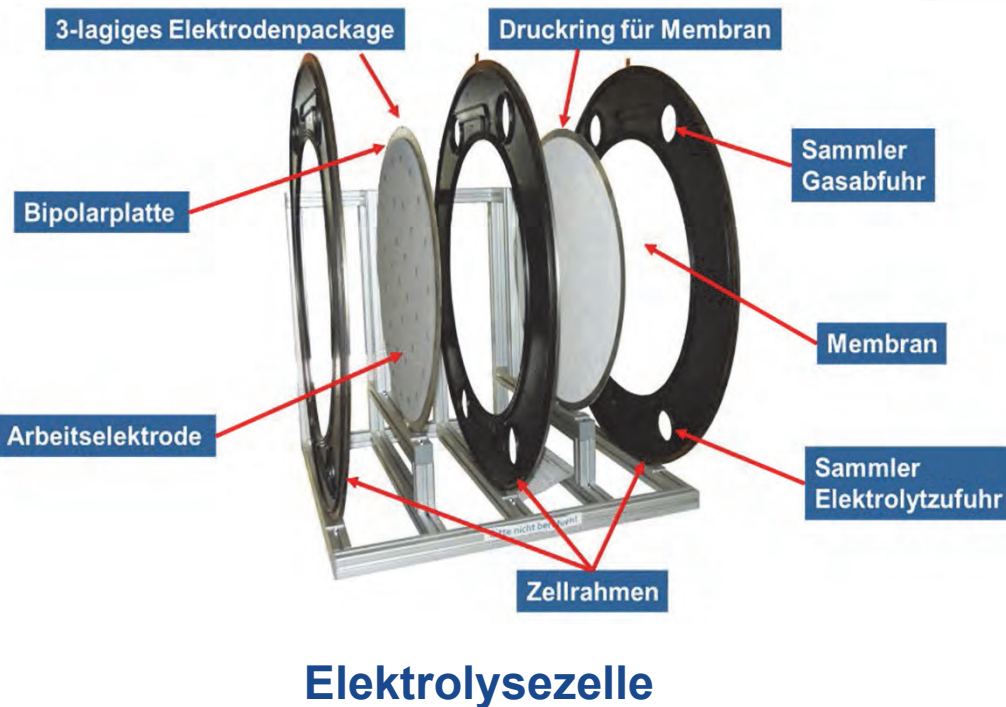
Mikro-Sensorik-Integration in den Elektrolyse-Block (z.B. in Bipolarplatte, Zellrahmen)

Anlagen-Baukasten-Fertigung, **Betriebsoptimierung & Automatisierung**

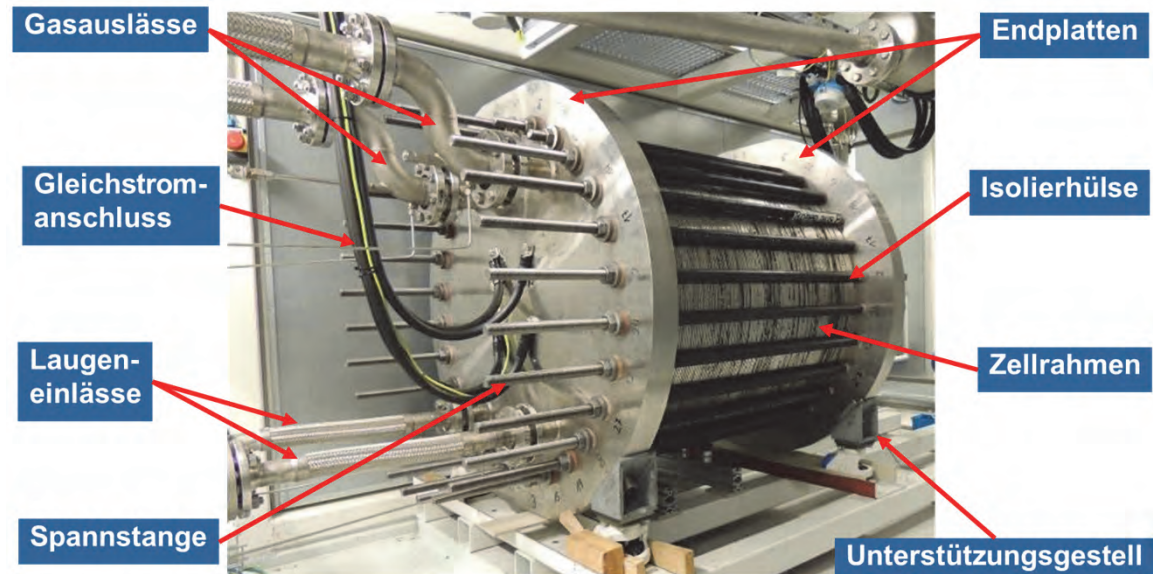


Bipolarer alkalischer Druckelektrolyseblock und seine Bauelemente

P2G-Elektrolyseblockdesign des ZSW

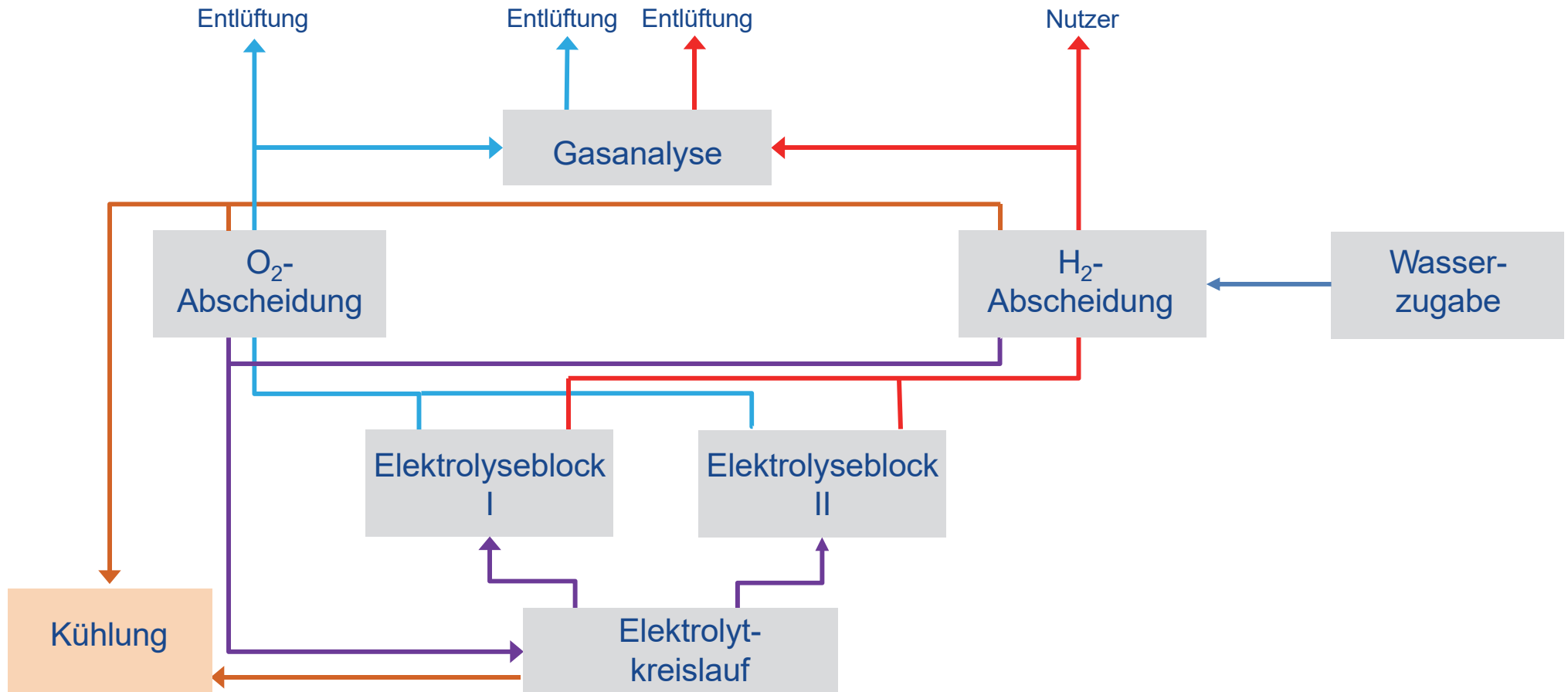


Elektrolyseblock



P2G-Elektrolysesystemtechnik

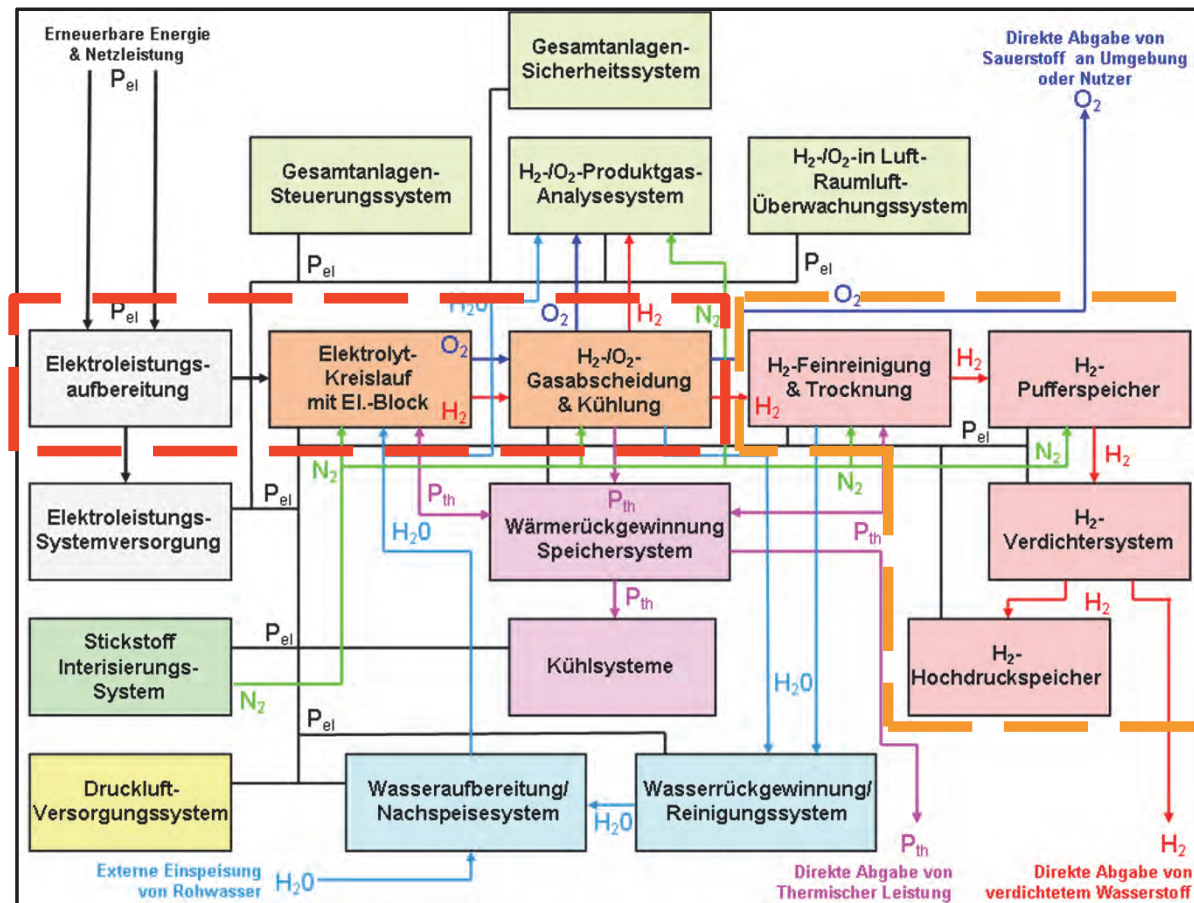
Systemstruktur



Vom Elektrolysesystem zur Wasserstoffherzeugungsanlage

Prinzipieller Aufbau (schematisch)

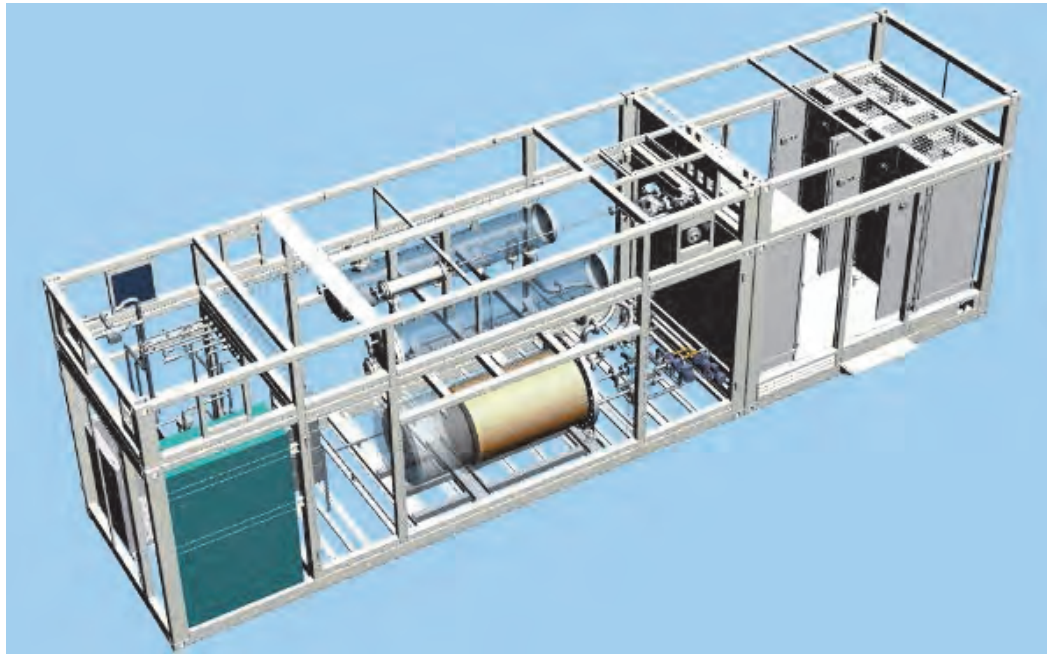
**Elektrolyse-
Kernsystem**



**Erweiterung
vom Elektrolyseur
zur H₂-Lieferanlage**

Vom Elektrolyseblock zum Elektrolysesystem

Ausführungsbeispiel Prototyp des containerisierten P2G-Elektrolysesystem des ZSW



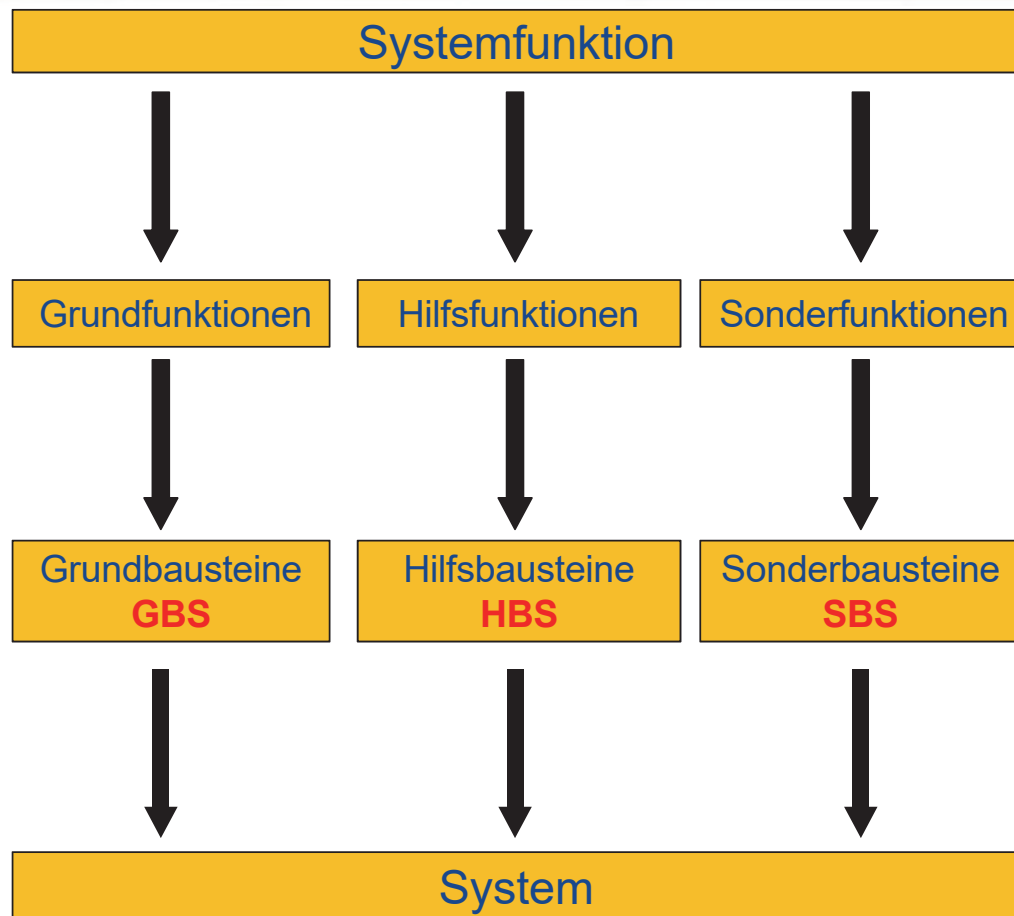
3D-Modell P2G-Elektrolysesystem des ZSW



P2G-Elektrolysesystem des ZSW am Wasserkraftwerk Grenzach-Wyhlen

Industrialisierung der P2G-Elektrolysesystemtechnologie

Vom Prototyp zum Prinzip des Baukastensystems für die Serie



Wasserstofferzeugung

Definition der Funktionen

Definition der Bausteine

Kombination der Bausteine

Wasserstofferzeuger
passend zum
Anwendungsfall

Grundbausteine GBS

- Kernsystem
- Produktgas-Überwachung
- Gleichrichter/Trafo
- Stack
- Elektrotechnik/Steuerung

Hilfsbausteine HBS

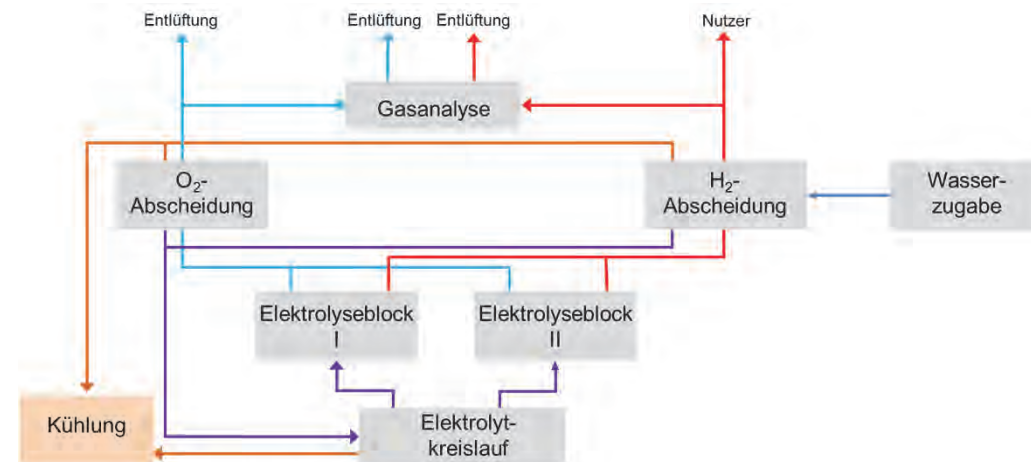
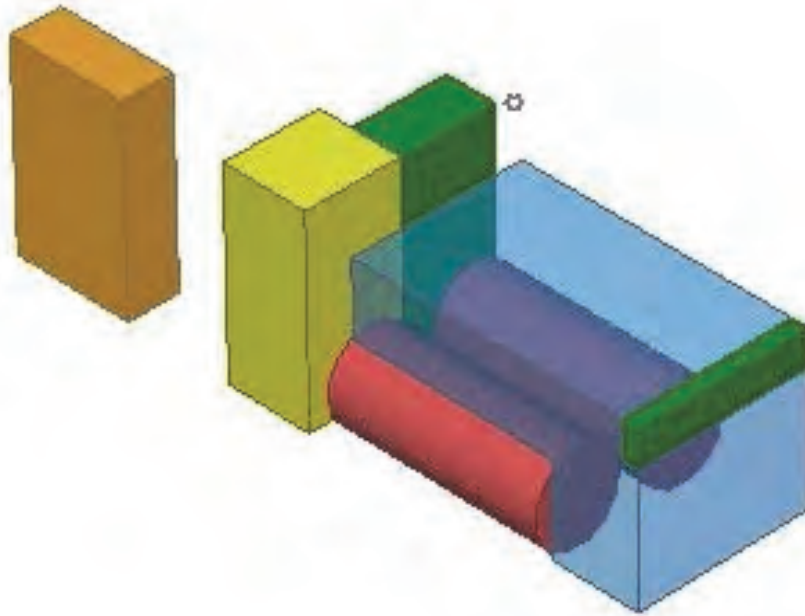
- NT-Kühlung
- HT-Kühlung
- Prozesswasser
- N₂-Versorgung
- Prozeßluft

Sonderbausteine SBS

- Temperierung
- Gasreinigung
- Produktgasanalyse
- Container
- Verdichtung

Industrialisierung der P2G-Elektrolysesystemtechnologie

Baukastensystem: Basissystem abhängig von Standort-Versorgung



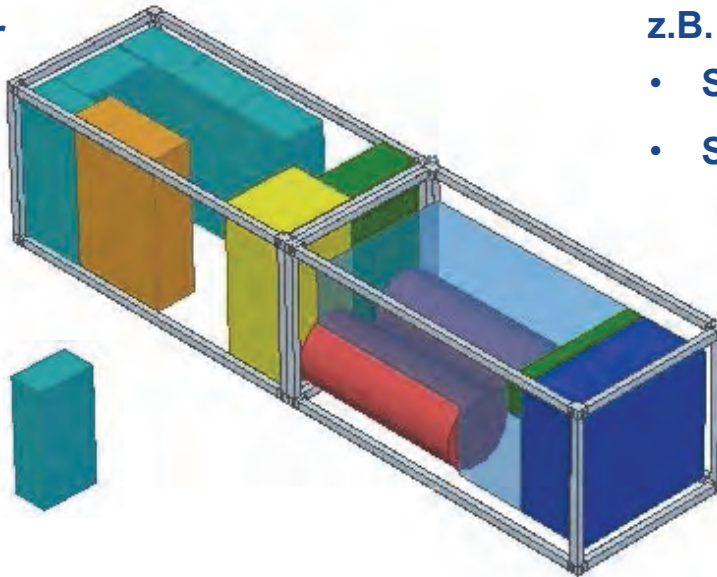
➔ **prinzipiell funktionsfähiger Wasserstoffherzeuger ohne Berücksichtigung von Standortbedingungen oder kundenspezifischer Anforderungen**

Industrialisierung der P2G-Elektrolysesystemtechnologie

Baukastensystem: Autonomes Komplettsystem

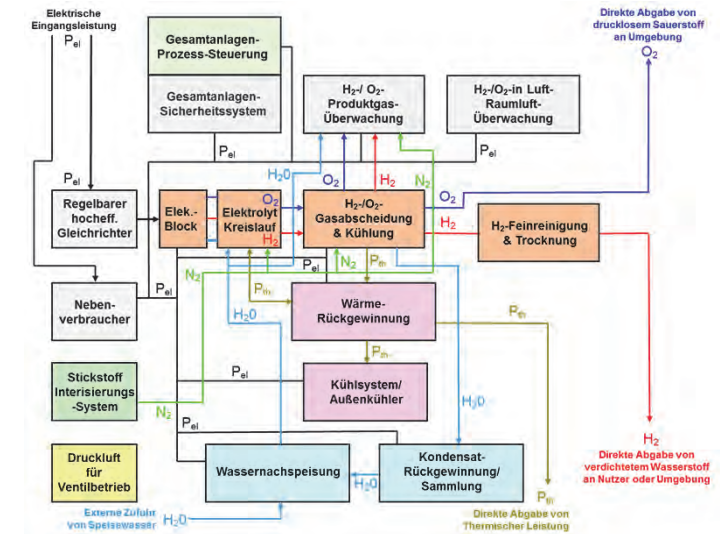
Erweiterung Basissystem durch Hilfs- und Sonderbausteine

- HBS Prozesswasser
- HBS NT-Kühlung
- HBS HT-Kühlung
- HBS N₂-Versorgung
- HBS Prozeßluft



z.B.

- SBS Container
- SBS Gasreinigung



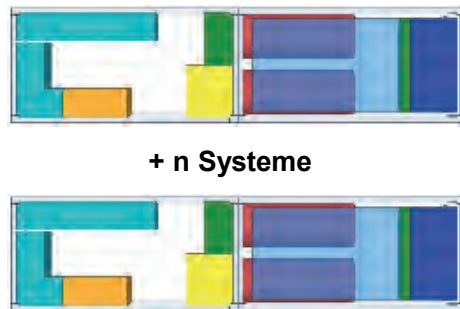
➔ **An den Anwendungsfall angepasster Wasserstoffherzeuger mit Berücksichtigung von Standortbedingungen und kundenspezifischer Anforderungen**

Industrialisierung der P2G-Elektrolysesystemtechnologie

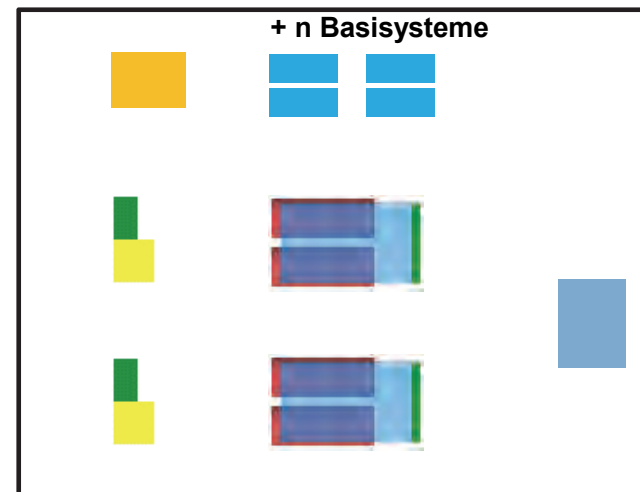
Baukastensystem: Scaleup zu großen Elektrolyseeinheiten

➔ Das **Basissystem**, realisiert nur mit Grundbausteinen, wird **über die Anzahl der Basissysteme skaliert**.

Containerintegriert



Hallenaufstellung



➔ **Hilfs- und Sonderbausteine** werden, je nach Anlagengröße und Aufstellungskonzept, entsprechend **separat skaliert**.

Fazit

Die Energiewende hat begonnen.

Sie hat nicht nur Risiken sondern bietet auch Chancen.

Wasserstoff spielt als chemischer Speicher, Grundstoff, Kraftstoff eine wichtige Rolle.

Seien Sie dabei, die wirtschaftlichen Chancen der Wasserstofftechnologie in

- Komponentenherstellung, Systembau,
- Anlagenerrichtung, Betrieb,
- Vermarktung, Wasserstoff-Nutzung,
- und vieles mehr

für sich herauszuarbeiten und zu ergreifen.

Wenn Sie als Industriepartner an der kostenfreien Teilnahme
am Projekt „Elektrolyse – Made in Baden-Württemberg“ interessiert sind
oder Detailinformationen zur Elektrolysetechnik allgemein und zu diesem Projekt suchen:

Projekt-Internetseite: <https://www.bw-elektrolyse.de/>

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Fragen?

Kontakt:

Andreas Brinner, Tel: 0711 7870338 / Email: andreas.brinner@zsw-bw.de
ZSW, Meitnerstr. 1, D-70569 Stuttgart

