



# Workshop Elektrolyse-Technologie

Workshop Elektrolyse-Technologie, **12. Dezember 2023**

**Verena Kindl, Dr. Ben Haugk**

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg

# Agenda

---

- 1) Einführung: Kurzvorstellung
- 2) Die Elektrolyse als Schlüsseltechnologie in der Energieversorgung
  - Vergleich AEL / PEM / AEM
  - Stackaufbau AEL
  - Systemaufbau AEL
- 3) Entwicklungsschwerpunkte
  - Zellkomponenten im Detail
  - Effizienz und Materialienbeständigkeit
- 4) Zusammenfassung

# Das ZSW auf einen Blick

- **Gemeinnützige Forschungsorganisation: 350 Mitarbeitende, ca. 50 Mio. € Jahresumsatz, 85% Fremdfinanzierung**
- **Angewandte Forschung & Entwicklung zu neuen Energietechnologien:**
  - Batterien & Superkondensatoren: Materialien, Produktionstechnologien, Systeme, Qualifizierung
  - Wasserstoff & Brennstoffzellen: Stack-Technologie, Komponenten, Systeme, Produktionstechnologien, Testzentrum
  - Photovoltaik: Materialien, Dünnschichttechnologien (Perowskite) & Anwendungssysteme
  - Erneuerbare Brennstoffe: Wasserelektrolyse, Power-to-Gas, Biomassevergasung
  - Energiepolitik und -wirtschaft, Windenergie
- **Technologietransfer**

WINDENERGIE



PHOTOVOLTAIK



BATTERIEN



WASSERSTOFF



BRENNSTOFFZELLEN

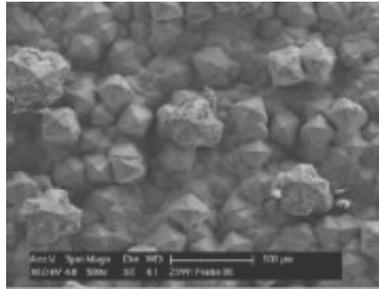


POLITIKBERATUNG



# Angewandte Elektrolyse-Forschung am ZSW

## Von der Materialentwicklung bis zum Megawatt-System



Material

Komponente

Zellblock &  
Fertigung

System  
Testfeld

Digitalisierung  
& KI

Katalysatoren  
Beschichtungen  
Galvanik-Technikum  
ElyLab Materialscreening

Elektrodenentwicklung  
Elektrodenpackages  
Zellrahmen

Eigene Zelldesigns  
Fertigungsoptimierung  
BW-Elektrolyse  
Reallabor H2-Whylen  
ElyFab-BW Plan

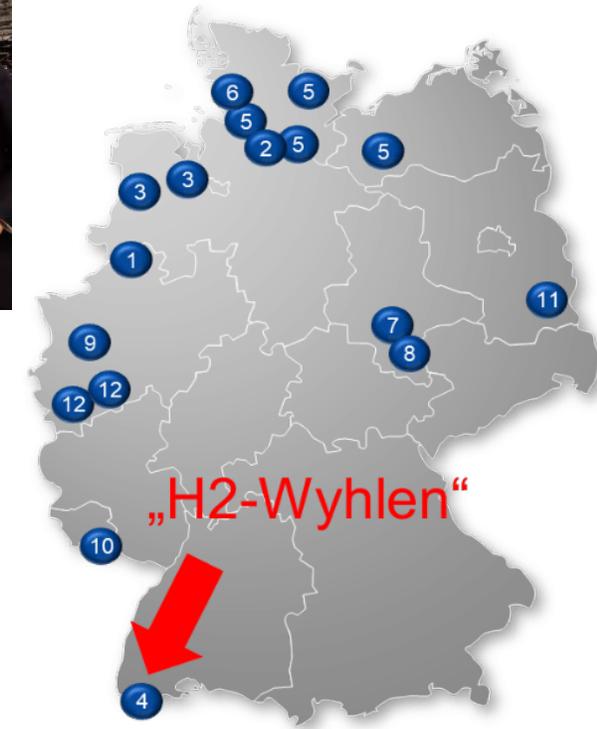
Eigene Systemdesigns  
Reallabor H2-Whylen  
Modellregion H2-GeNeSiS  
EcoLyzer BW  
ElyLab Testfeld

Block-integrierte Sensorik,  
Datenmonitoring

# Kommunale und regionale Implementierung der Elektrolyse

## Reallabor der Energiewende „H2-Wyhlen“

- Aufbau eines Referenzstandortes in BaWü seit 2015
- Von der Manufaktur zur Serienfertigung:
  - Industriell fertigbare Elektrodenpackages
  - Galvanische Beschichtungsverfahren
  - Zellrahmen aus spritzgussfähigen Kunststoffen
- Erprobung von Elektrolyse-Prototypen in Realumgebung

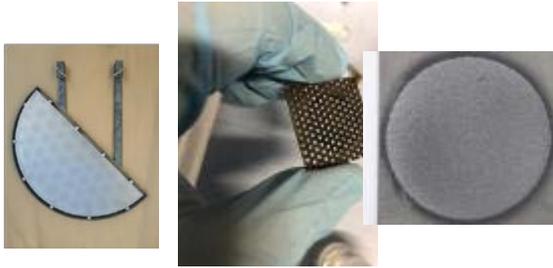


Bildquellen:  
Energiedienst, ZSW

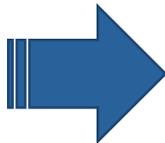
- Erweiterung des Standortes auf 6 MW<sub>el</sub>
- H<sub>2</sub>-Nutzung in Industrie & Mobilität.
- Nutzung Prozessabwärme in Wohngebiet.

# Unterstützung des Markthochlaufs: Aufbau von Testkapazitäten

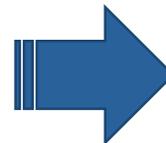
Beispiel ElyLab: Analyse- und Testmöglichkeiten vom Material bis zum Stack im MW-Maßstab



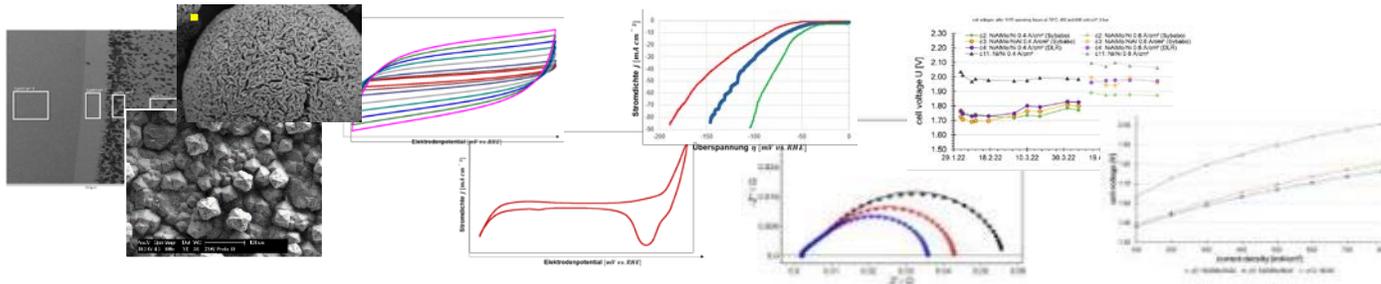
Elektrodencharakterisierung  
Begleitende Materialanalytik



Vorvalidierung von Komponenten  
(bis 30 bar, 100 cm<sup>2</sup>, bis 10 kW)



Short- und Fullstacktesting  
(bis 30 bar, bis 40.000 cm<sup>2</sup>, bis 0,5 MW)



# Guter Marktüberblick: ZSW kann bei der Positionierung beraten.

Beispiele für geplante Fabriken mit Fertigungskapazitäten im GW-Maßstab

- |   |   |                         |
|---|---|-------------------------|
|    | ➤ SIEMENS + Air Liquide bauen Gigafabrik in Berlin ( <b>bis 3 GW<sub>el</sub>/a</b> bis 2025, PEM)    | Nov. 2023               |
|    | ➤ Nel wählt Plymouth in Michigan für nächste Gigafabrik ( <b>bis 4 GW<sub>el</sub>/a</b> , AEL+PEM)   | Sept. 2023              |
|    | ➤ Frankreichs Minister besucht die Gigafactory im Elsass ( <b>1 GW<sub>el</sub>/a</b> bis 2030, AEL)  | Aug. 2023               |
|    | ➤ ITM vergrößert seine Produktionsfläche um 62 % (bis <b>1 GW<sub>el</sub>/a</b> , PEM)               | Apr. 2023               |
|    | ➤ Plug kündigt Rekordproduktion von PEM-Elektrolyseur-Stacks an ( <b>1,2 GW<sub>el</sub>/a</b> , PEM) | Apr. 2023               |
|    | ➤ Sunfire will Gigafactory in Sachsen bauen (AEL, investiert > 100 Mio. Euro)                         | Dez. 2022               |
|    | ➤ Cummins plant seine erste US-Gigafabrik für Elektrolyseure (bis <b>1 GW<sub>el</sub>/a</b> , PEM)   | Okt. 2022               |
|   | ➤ 114 Mio Euro an öffentlichen Mitteln für McPhy Gigafactory ( <b>1 GW<sub>el</sub>/a</b> , AEL)      | Sept. 2022              |
|  | ➤ Topsoe plant 5 GW-Fabrik für Festoxid-Wasserstoff-Elektrolyseure                                    | Sept. 2022              |
|  | ➤ startet Indiens grüne Wasserstoff-Elektrolyseur-Gigafabrik ( <b>bis 2 GW<sub>el</sub>/a</b> , AEL?) | Aug. 2021<br>erschienen |

[1] <https://www.rbb24.de/wirtschaft/beitrag/2023/11/siemens-energy-air-liquide-gigafactory-berlin-wasserstoff.html>  
[2] <https://nelhydrogen.com/press-release/nel-asa-nel-has-selected-plymouth-in-michigan-for-its-next-gigafactory/>  
[3] <https://johncockerill.com/en/press-and-news/news/gigafactory-aspach-visite-ministre-francaise-transition-energetique/>  
[4] <https://www.hydrogeninsight.com/electrolysers/troubled-hydrogen-electrolyser-maker-itm-expands-factory-space-by-62-in-bid-to-debottleneck-production/2-1-1430177>  
[5] <https://www.ir.plugpower.com/press-releases/news-details/2023/Plug-Announces-Record-Production-of-PEM-Electrolyzer-Stacks-in-Q1-2023-On-Track-to-Meet-100MW-per-Month-Target-in-Q2/default.aspx>  
[6] <https://www.saechsische.de/wirtschaft/energie/sunfire-will-gigafactory-in-sachsen-bauen-5790479.html>  
[7] <https://www.hydrogeninsight.com/electrolysers/blossoming-hydrogen-economy-cummins-plans-its-first-us-electrolyser-gigafactory/2-1-1332447>  
[8] <https://mcphy.com/en/press-releases/french-government-boosts-support-for-the-hydrogen-industry-e114-million-in-public-funding-for-the-mcphy-gigafactory-project/>  
[9] <https://www.rechargenews.com/energy-transition/worlds-largest-topsoe-plans-5gw-solid-oxide-hydrogen-electrolyser-factory-as-it-signs-off-first-500mw/2-1-1288647>  
[10] <https://fuelcellworks.com/news/us-based-ohmium-launches-indias-green-hydrogen-electrolyser-gigafactory/>

# Valide Technologiebasis für schnelle Produktentwicklung & Markteintritt

## Alkalische Druckelektrolysetechnologie des ZSW im Überblick

### Kompakter Aufbau

- Geringer Flächenbedarf
- Außenaufstellung oder Hallenaufbau
- Einfacher Transport, Aufbau und Inbetriebnahme am Betriebsort

### Fernsteuerung / Überwachung

- Leistungsüberwachung
- Zustandsüberwachung
- Betrieb mit sicherheitsgerichtetem Prozessleitsystem

### Patentiertes Stackdesign (bis 30 bar)

- Schrittweise Optimierung durch aufeinanderfolgende Entwicklungszyklen
- Innovatives Abdichtungskonzept durch EPDM-Zellrahmen
- Verschiedene Elektrodenpackage-Designs, spezifischer Energieverbrauch für Gaserzeugung anpassbar mit unterschiedlichen kommerziell verfügbaren Beschichtungen



### >10 Jahre anwendungsnahe F&E

- TRL 5-6 in Einsatzumgebung bewiesen
- **Zertifizierung und Betriebszulassung**, vollständige Anlagendokumentation, CE
- **Intelligentes Wärmemanagement** für schnelles Anfahren aus dem Standby
- **Hohe Gasreinheit** durch separate Elektrolytkreisläufe

### Modulare, flexible Systemauslegung

- Container- oder Rack-Aufbau
- Anlagenskalierung durch Modulbauweise & Interface-Festlegung realisierbar
- Anpassungsmöglichkeit an Betriebsort möglich durch Nutzung von vordefinierten Standard-Interfaces (BOP)

# Effiziente Druckblöcke – fertigungsgerecht und modular gestaltet.

Alkalische Elektrolysestacktechnologie des ZSW – CE-Zertifizierung, Betriebszulassung, Doku, ...



## Alleinstellungsmerkmale / USP

### Multifunktionales Zellrahmenkonzept:

- **Einfachste Montage** von Dichtungen (Struktur + Dichtungen in einem)
- **Geringes Gewicht** und damit automatisierbare Montage durch reduzierten Stahlanteil
- **Fehlervermeidung** durch Poka-Yoke-Prinzipien
- **Kostenreduktion** durch Gleichteilefertigung



### Elektrodenpackages für Zero Gap Anordnung:

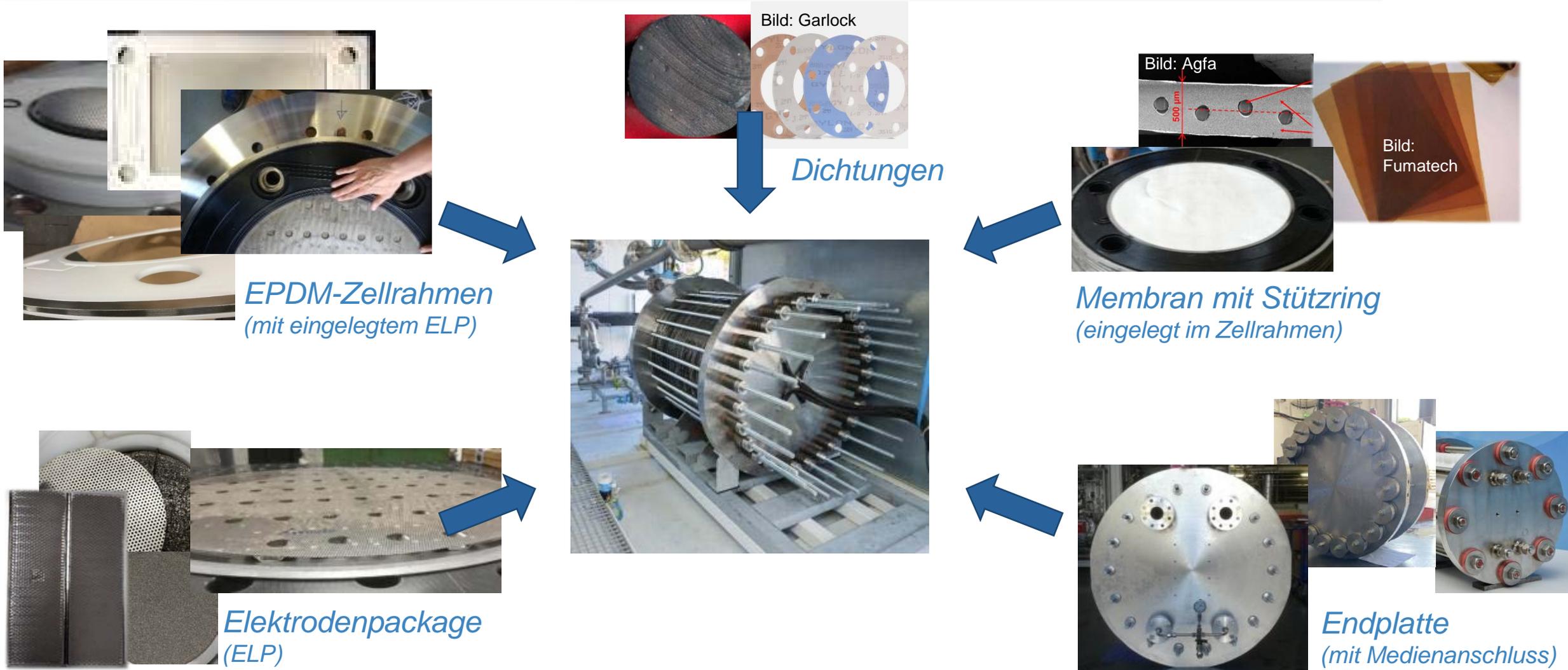
- **Schnelle Montage** durch integrale Bauweise (vorgefertigte Baugruppe aus Einzelteilen)
- **Höchste Leistungsdichte** durch Zero Gap Anordnung und beschichtete Elektroden
- **Hohe Effizienz** aufgrund optimaler Elektrodengestaltung („Flowfield“ / Transparenz)
- **Patentiertes Design** verzeiht Fertigungstoleranzen (federnde Stromübertrager)

### Modulares Druckblock-Design

- **Volle Flexibilität**, weil Elektroden und Membranen kundenindividuell austauschbar
- **Maximale Sicherheit** als geprüftes Druckgerät (DGRL): Verzicht auf dirty compartments!
- **Einfache Integration** in die Systemtechnik durch standardisierte Schnittstellen

# Baukasten für individuelle Anpassungen – „Rainbow-Stack“ erprobt

## Übersicht Hauptkomponenten der AEL-Stacktechnologie des ZSW



# Agenda

---

1) Einführung: Kurzvorstellung

## 2) Die Elektrolyse als Schlüsseltechnologie in der Energieversorgung

- Vergleich AEL / PEM / AEM
- Stackaufbau AEL
- Systemaufbau AEL

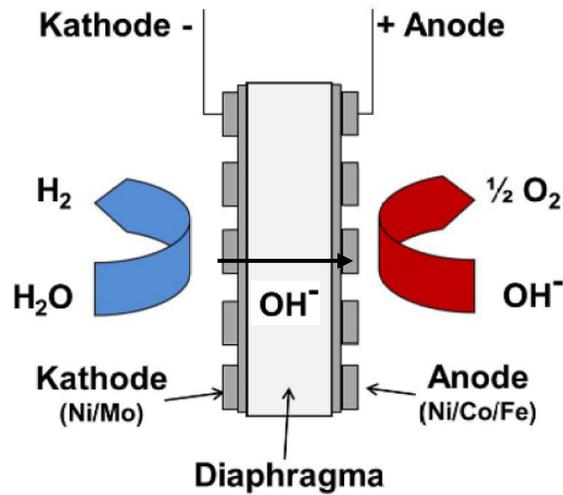
3) Entwicklungsschwerpunkte

- Zellkomponenten im Detail
- Effizienz und Materialienbeständigkeit

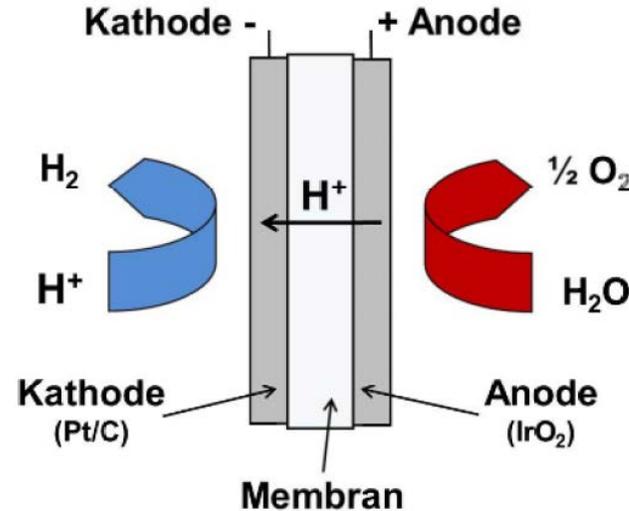
4) Zusammenfassung

# Wasserspaltung durch Elektrolyse

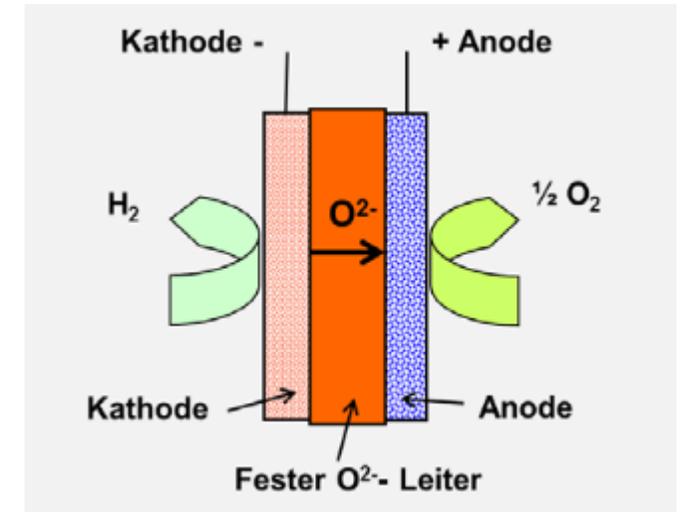
## Konventionelle Grundprinzipien der Elektrolyse



**AEL**



**PEM**



**HT-Elektrolyse**

**Elektrolyt**

30 wt.-% KOH

Polymermembran

Feststoffelektrolyt Zirkonkeramik

**Elektroden**

Nickel

Edelmetalle

Zirkonia, Ni-Cermet, Perovskite

**Stromdichte**

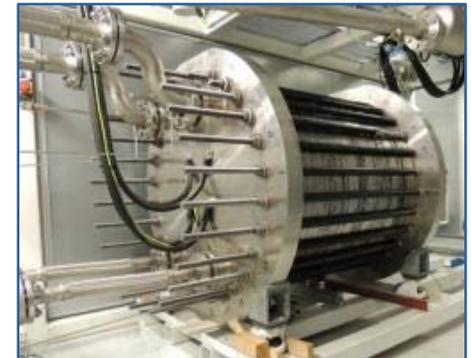
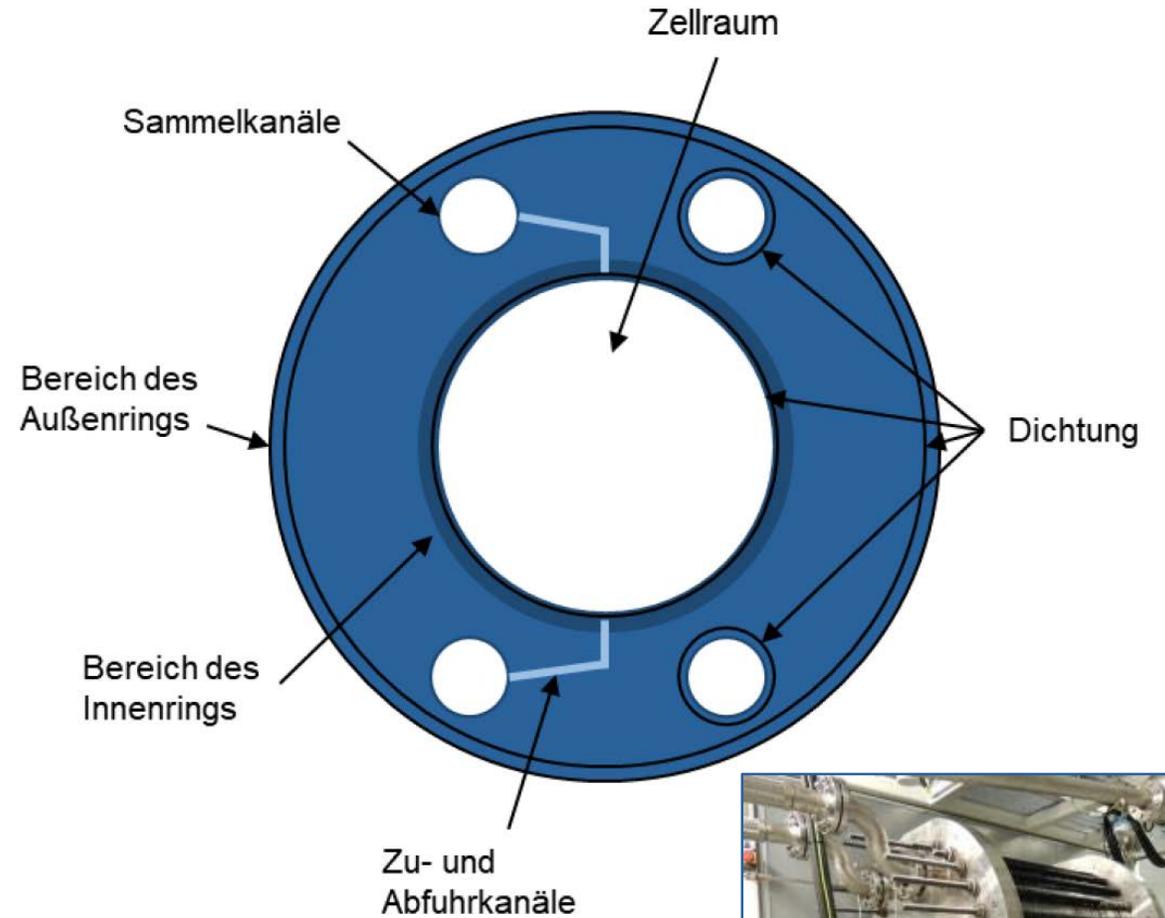
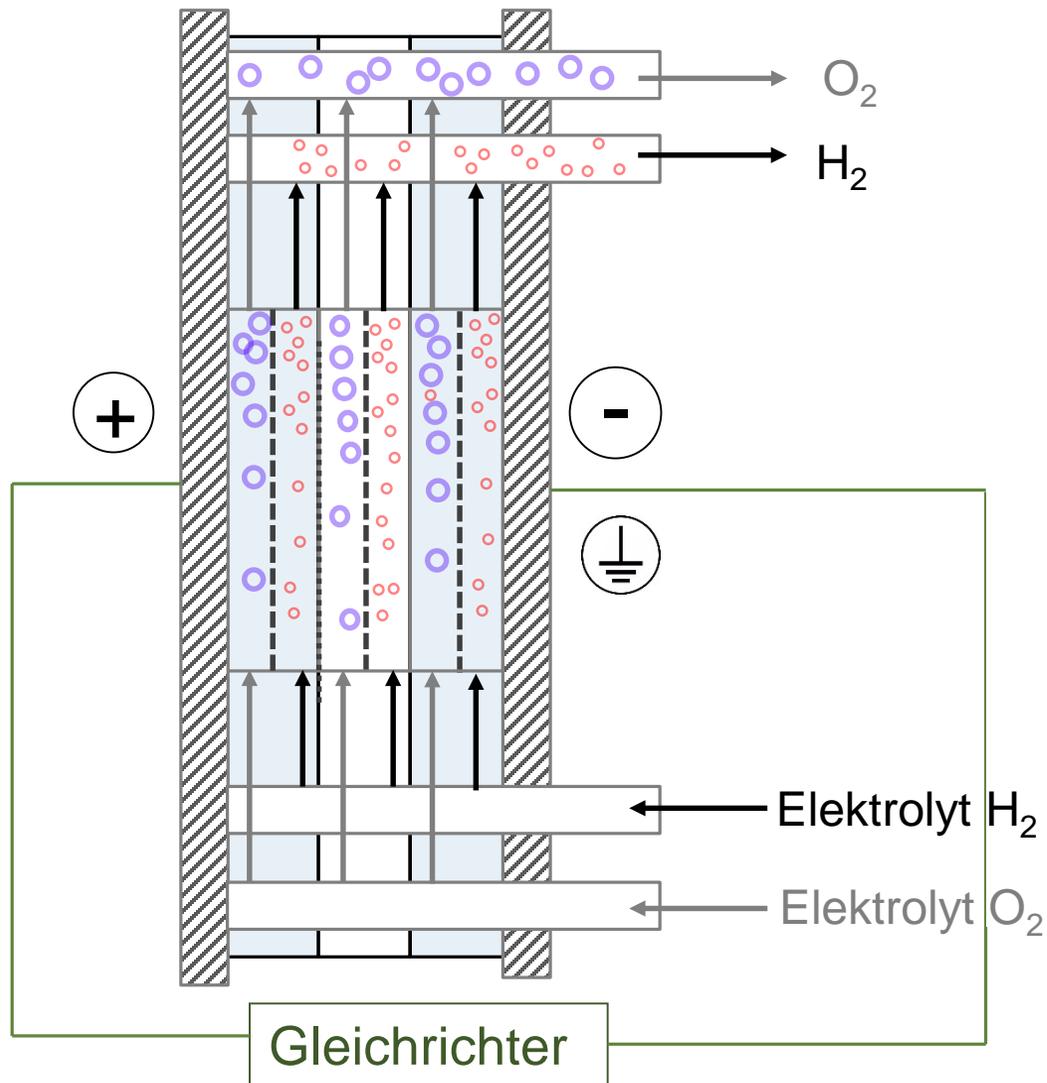
0,2-0,6 A/cm<sup>2</sup>

1 – 2,5 A/cm<sup>2</sup>

ca. 1 A/cm<sup>2</sup>

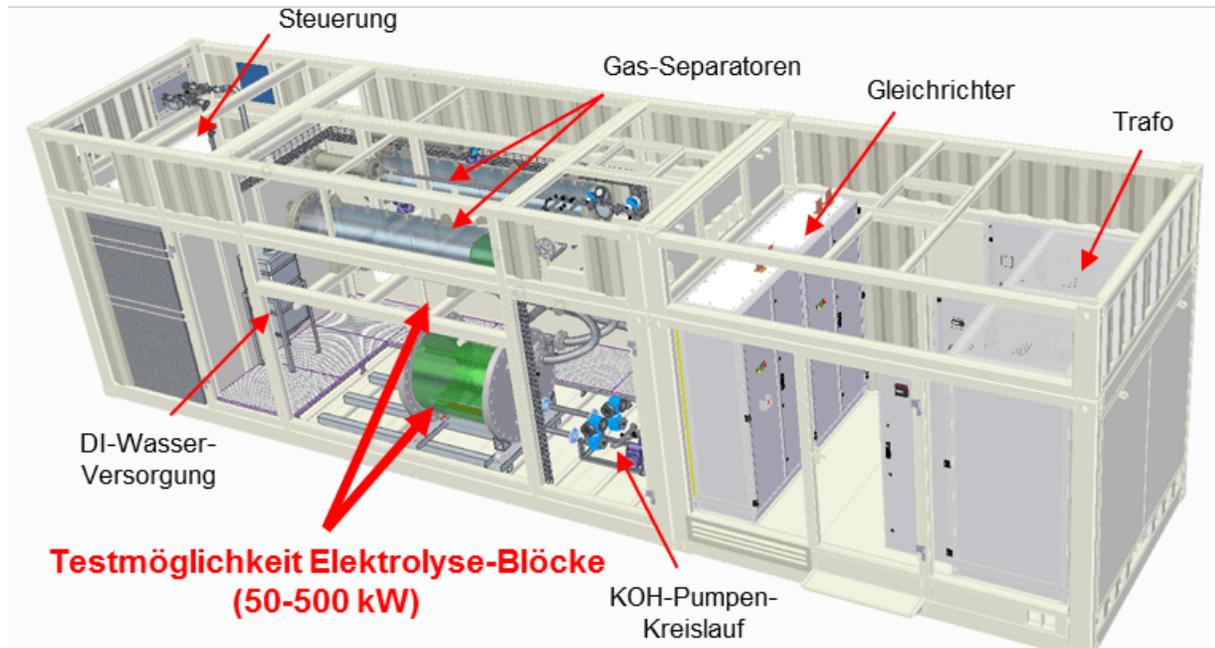
# Stackaufbau alkalische Elektrolyse

Funktionsprinzips eines Elektrolysestacks am Beispiel eines „3-Zellers“



# Vom Elektrolyseblock zum Elektrolysesystem

## Ausführungsbeispiel P2G-Elektrolysesystem des ZSW



3D-Modell P2G-Elektrolysesystem des ZSW



P2G-Elektrolysesystem des ZSW am Wasserkraftwerk Grenzach-Wyhlen

# Vom Elektrolysesystem zur Wasserstoffherzeugungsanlage

## Ausführungsbeispiel Power-to-Gas-Anlage in Grenzach-Wyhlen

Wasserstoff-  
Abfüllanlage

Wasserstoff-  
Druckspeicher

Wasserstoff-  
Verdichter



Wasserstoff-  
Reinigung

# Agenda

---

1) Einführung: Kurzvorstellung

2) Die Elektrolyse als Schlüsseltechnologie in der Energieversorgung

- Vergleich AEL / PEM / AEM
- Stackaufbau AEL
- Systemaufbau AEL

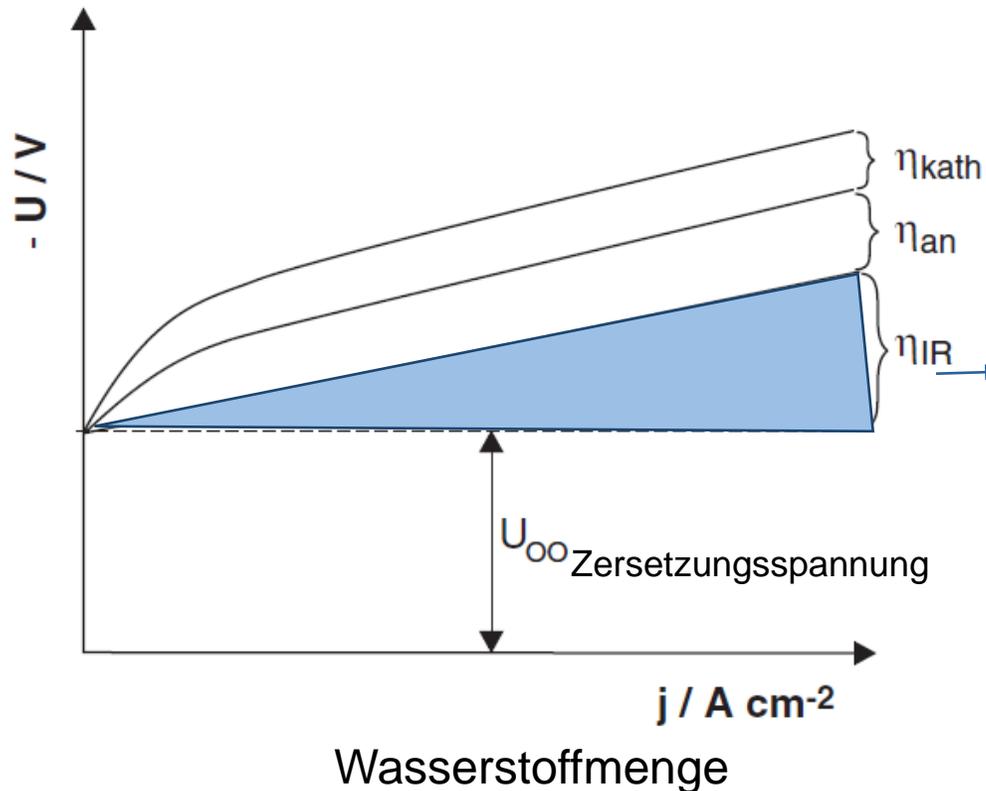
**3) Entwicklungsschwerpunkte**

- Zellkomponenten im Detail
- Effizienz und Materialienbeständigkeit

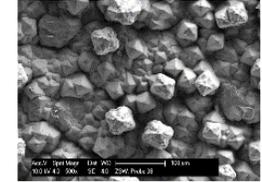
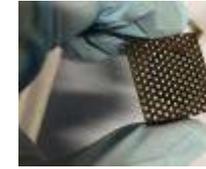
4) Zusammenfassung

# Zellspannungsverluste

## Strom- Spannungsdiagramm für die alkalische Wasserelektrolyse



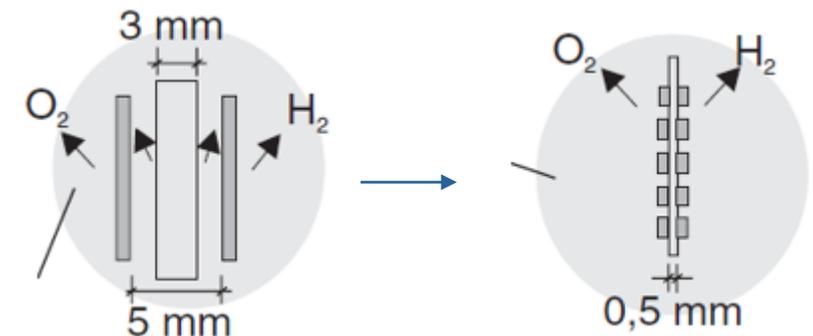
- Überspannung **Elektroden** → Katalytische Beschichtung



- Diaphragma
- Blasenbildung
- Elektrolyt
- **Stromübertrager**

→ Verminderung des inneren Zellwiderstandes

- Kontaktierung der Elektroden
- Abstand der Elektroden



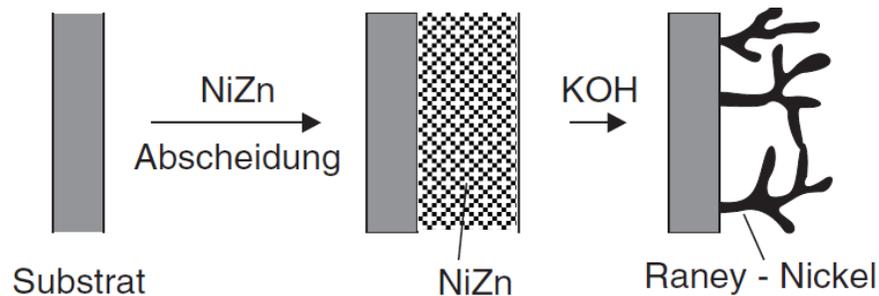
Bei hohen Stromdichten sind ohmsche Verluste aufgrund steigendem Gasblasenanteil zwischen Elektrode und Membran dominant



# Katalytische Elektrodenbeschichtung

Einsatz von Edelmetallkatalysatoren ist nicht notwendig

- Zur Herstellung einer Nickel-Elektrode wird eine Legierung aus Nickel und Aluminium durch thermisches Spritzen des Katalysatorpulvers auf die Elektroden aufgebracht (VPS, APS)
- Galvanisch wird eine Legierung aus Nickel-Zink auf den Elektroden abgeschieden



Quelle: Schmidt, Elektrochemische Verfahrenstechnik

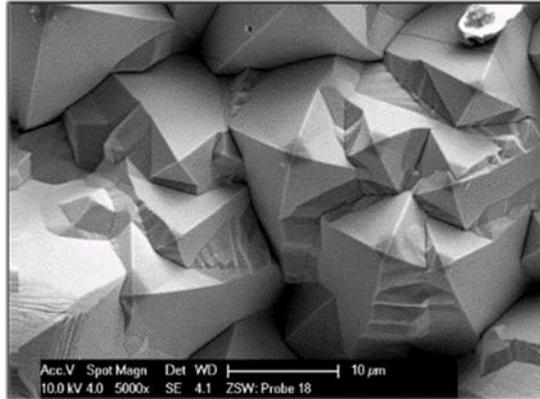
- Zur Herstellung einer katalytisch aktiven Oberfläche wird der Aluminium- bzw. Zink-Anteil mit konzentrierter Lauge herausgelöst



# ZSW Elektroden

## Fertigungsentwicklung und Hochskalierung bis 2700 cm<sup>2</sup>

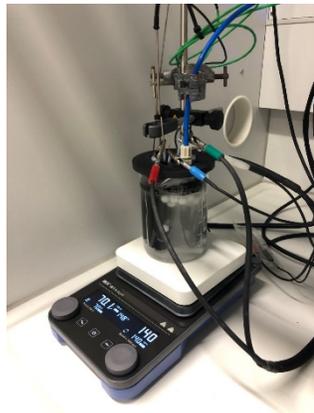
Nicht- Aktivierte  
galvanische  
NiZn  
Beschichtung



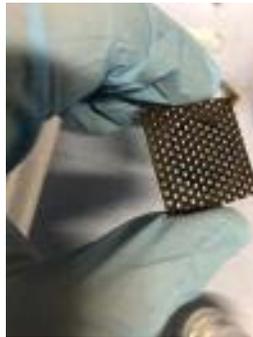
Unbeschichtetes Lochblech in  
100 cm<sup>2</sup>

**Kathode:** NiAlMo (VPS/APS)  
NiZn (galvanisch)  
Ni

**Anode:** NiAl (VPS/APS)  
Ni



Neue Beschichtungen werden erst in  
einem Maßstab von 3 cm<sup>2</sup> untersucht



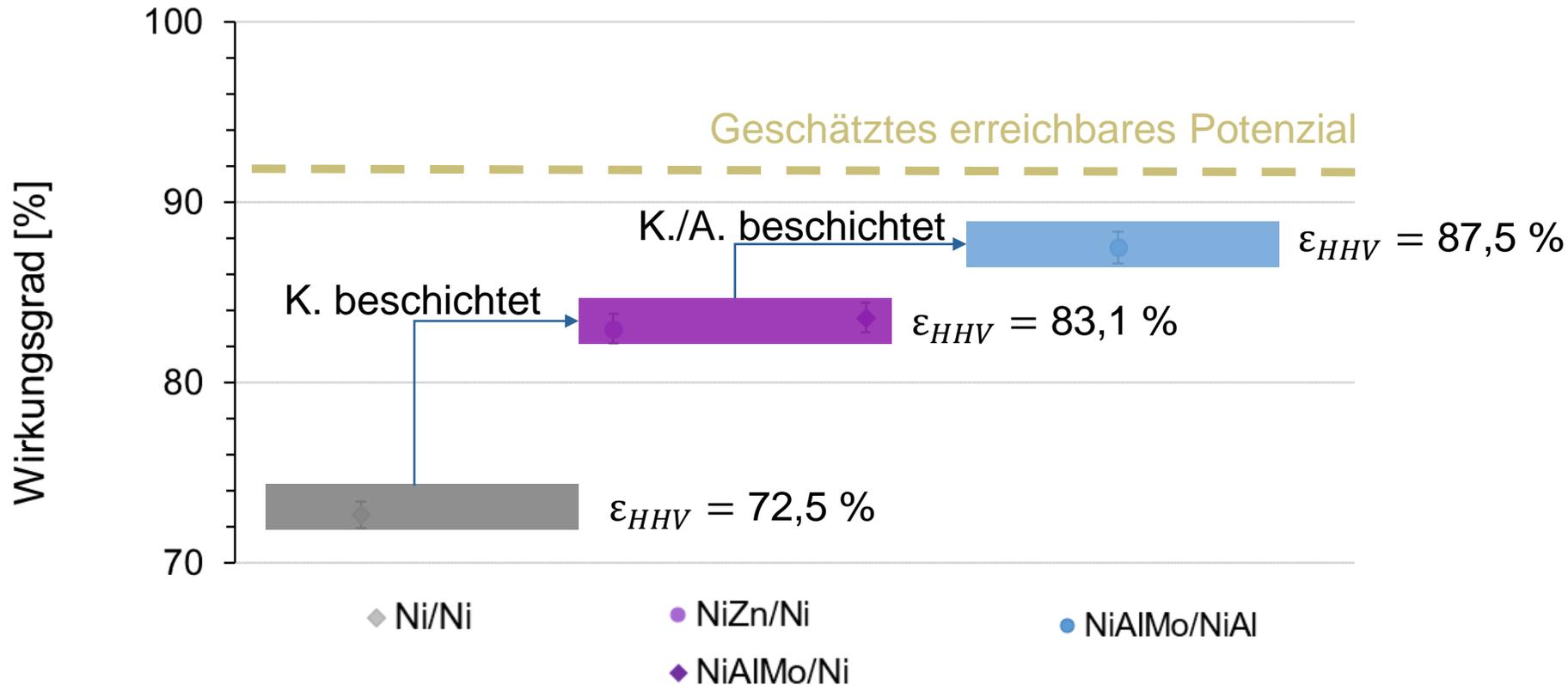
Beschichtete NiZn Elektrode mit  
Klappenlochung in 1500 cm<sup>2</sup>



Eingespannte  
Elektrode zur  
APS  
Beschichtung  
NiAlMo in 2700  
cm<sup>2</sup>

# Effizienzsteigerung durch Beschichtung

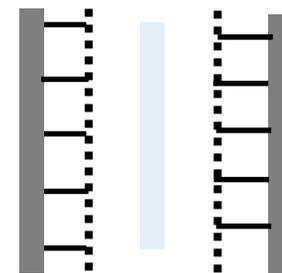
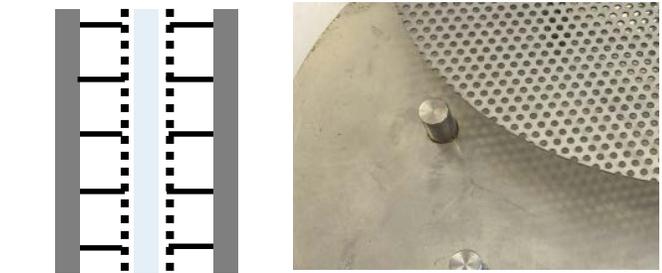
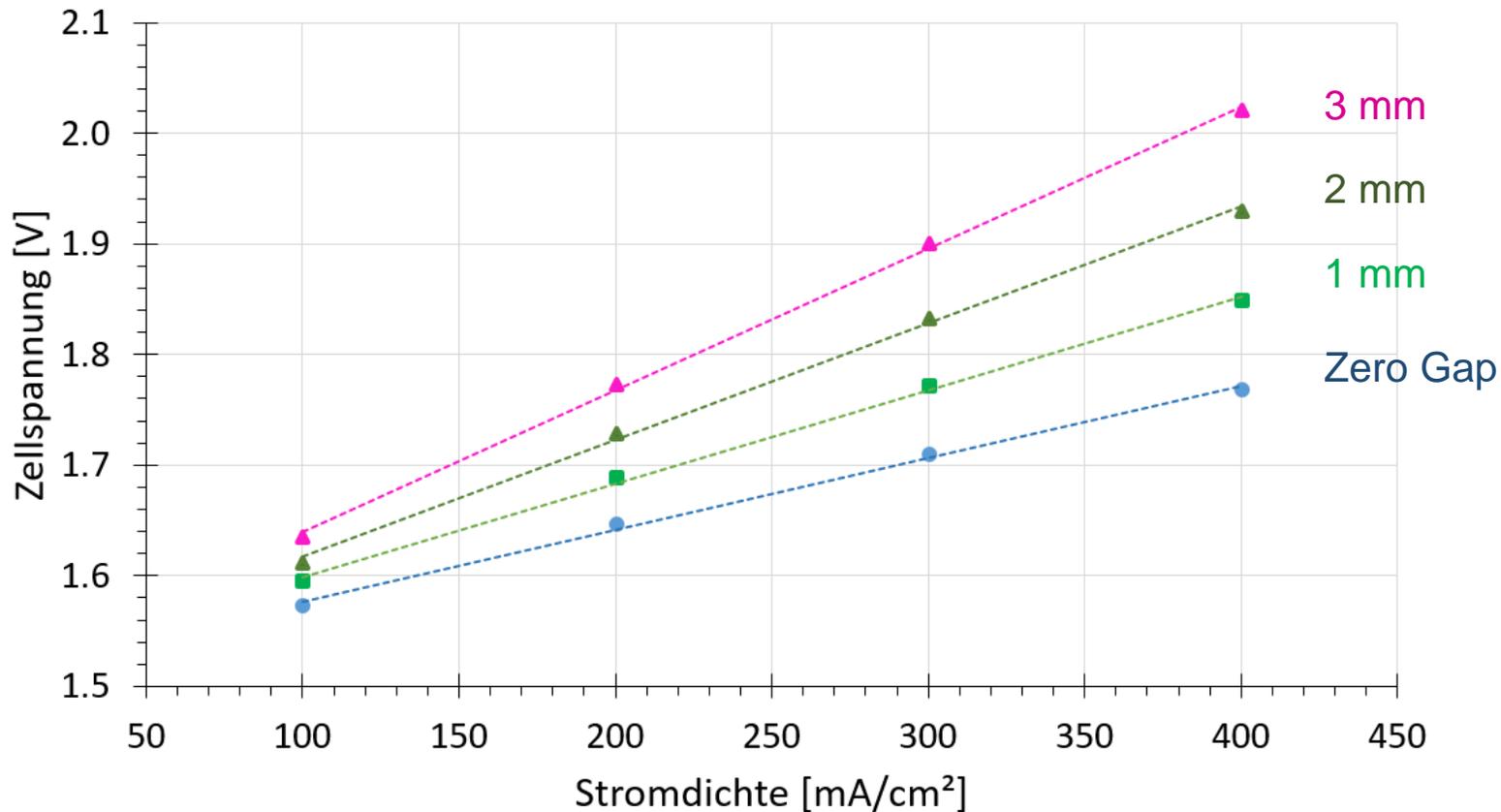
Betrieb bei 400 mA/cm<sup>2</sup> / 5 barg / 70°C / Agfa Zirfon / 100 cm<sup>2</sup>



$\epsilon_{HHV} = \frac{U_{th}(T)}{U_{cell}(T)}$  Für die Berechnung des Zellwirkungsgrades wird der Brennwert verwendet, da das Wasser in flüssiger Form zugeführt und keine Wärme eingekoppelt wird.

# U-I Kennlinien stoffschlüssige Stromübertrager

Vergleich Abstand Membran Elektrode (0/1/2/3 mm) bei 70°C



Kathode:  
NiZn

Anode:  
Ni

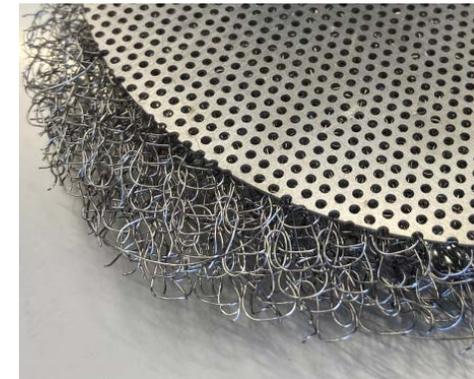
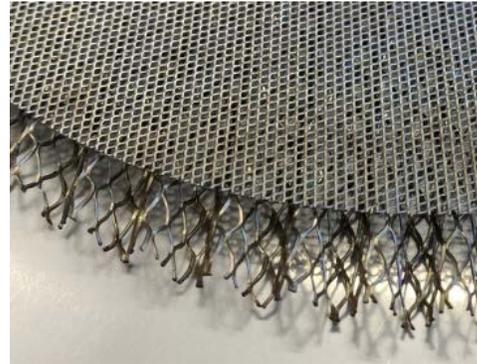
- Zellspannung nimmt mit zunehmendem Elektrodenabstand zu

# Kontaktierung Elektrode mit Bipolarplatte

## Vergleich einer losen vs. Stoffschlüssigen Stromübertragung

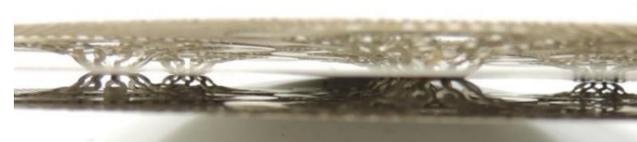
### Beispiele **lose** Stromübertragung

- Strukturiertes Bipolarblech
- Streckmetall
- Drahtgestrick



### Beispiele **stoffschlüssige** Stromübertragung

- Verschweißte starre Verbindung (Bolzen)
- Verschweißte federnde Verbindung (Mäander)



# Handlungsoptionen für die „Erweiterte AEL“

## Ausblick

F&E Bedarf	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
Erhöhung der <b>Stromdichte</b>	x	x		1-2 A/cm <sup>2</sup>	1 A/cm <sup>2</sup>
Erhöhung der <b>Betriebstemperatur</b>		x	150°C	200°C	
Erhöhung von <b>Druck</b>		x	30 bar		
Erhöhung der <b>aktiven Fläche</b>		x		10 m <sup>2</sup>	1-3 MW
Erhöhung der <b>Lebensdauer</b>	x			20-30 J.	95 khr
neue <b>Membranmaterialien</b> (Erhöhung der Gasqualität im dynamischen Betrieb)		x	x		x

[1] Quelle: Hebling2019: Eine Wasserstoff-Roadmap für Deutschland S.13

[2] Quelle: Schmidt2017: future cost and performance of water electrolysis Anhang G1

[3] Quelle: Schiller2012: DLR Forschungsaspekte

[4] Quelle: NOW2018: Industrialisierung Wasserelektrolyse

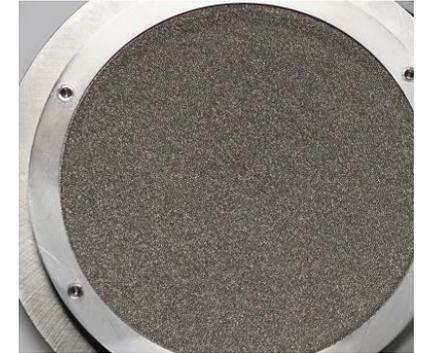
[5] Quelle: Bertuccioli2014: Development of water electrolysis in the European Union, E4Tech

# Stackkomponenten

## Eingesetzte Materialien

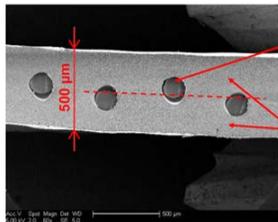
### Elektroden

Nickel Elektroden mit  
Katalytischer Beschichtung



### Membranen

Zirfon

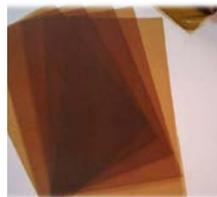


Verstärkungstextil

Symmetrische  
Porenstruktur

FAAM

Polymermembran



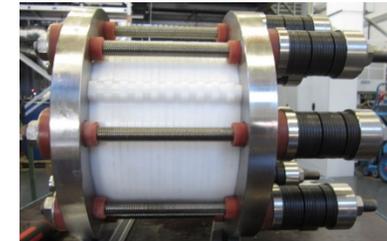
### Dichtungen

Meistens  
EPDM / PTFE



### Zellrahmen

Kunststoff



Stahl vernickelt



# Empfehlung: Prüfung der Materialien unter realen Bedingungen!

Bekannte Materialdaten (Beständigkeitstabellen, Zeitstandfestigkeiten, ...) oft nicht ausreichend

**Tabelle I: Chemikalien und Kunststoffe**

	Konzentration (%)	Temperatur (°C)	Nylatron® (PA)	Acetron® C (POM-C)	Acetron® H (POM-H)	Teratron (PETP)	Ultra Wear® (PE/PP)	Polytron PC 1000	Polytron PSU 1000	Polytron PES 1000	Ultem® 1000 (PEI)	Polytron PVDF 1000	Polytron PTFE 1000	Fluorosint® (PTFE MI)	Techtron® (PPS)	Victrex® PEEK™	Torlon® (PAI)	DuPont™ Vespel® (PI)
Kalilauge (KOH)	1	RT	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	10	RT	A	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	C
	10	60	A	A	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	C
	10	80	A	A	C	C	C	A	C	A	A	A	A	A	A	C	C	C
	20	RT	A	A	C	A	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C
	20	60	A	A	C	C	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C
	25	120						A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C
	50	RT	C	A	C	A	C	B	A	B	A	A	A	A	A	C	C	C
	50	80	C	A	C	C	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C
Sauerstoff (O <sub>2</sub> )	UV	RT	A	A	A	A	A					A	A	A	A	A	A	A
Sauerstoff unter Druck (O <sub>2</sub> )	UV	RT	C									A	A	A	A	A	A	A

Quelle: Polytron

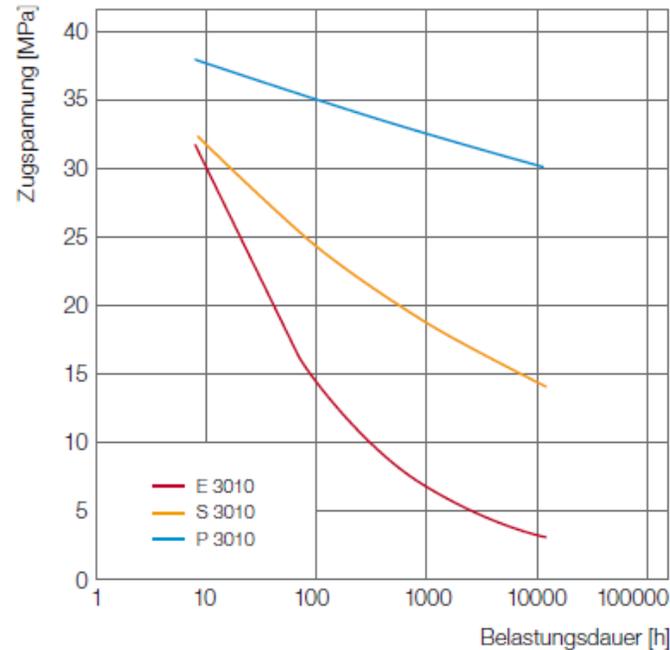


Abb. 25: Zeitstandfestigkeit von Ultrason® in Wasser bei 95°C

Quelle: BASF

Messungen an Probekörpern können nur einen Anhaltspunkt geben.

Es sollten immer Prüfungen, die an die **Bedingungen während des Einsatzes** angelehnt sind, durchgeführt werden.

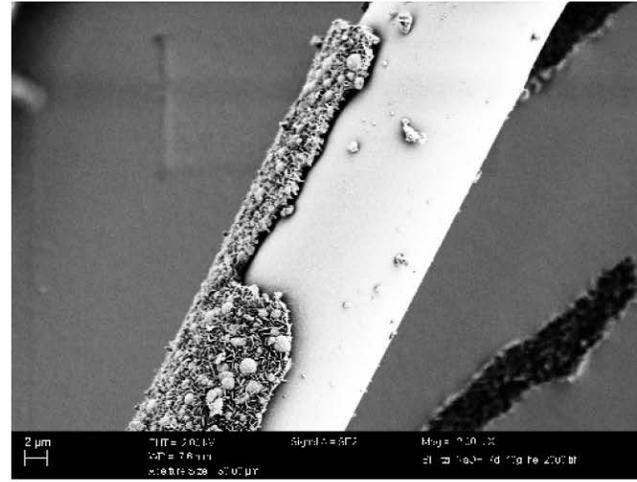
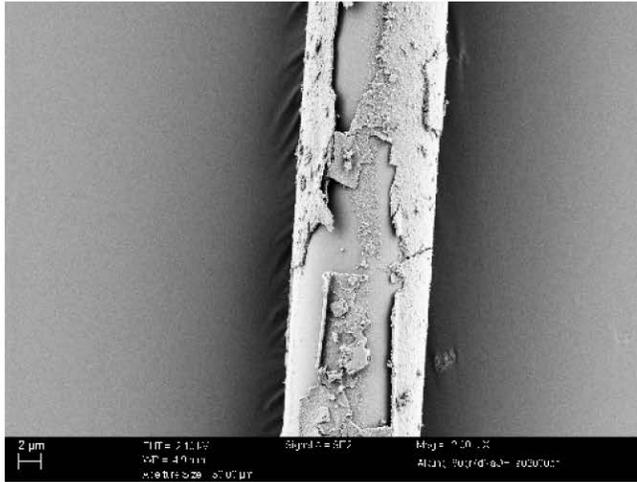


Kunststoffprobe nach 7d in  
30 gew.-% KOH  
100 vol.-% O<sub>2</sub>  
30 barg und 125 °C



# Materialentwicklungen (Verstärkungen, Additive ...) sind im Gange ...

## Faserverstärkung – Erhöhung der Festigkeit von Kunststoffen



(a) AR-Glasfaser nach der Lagerung bei 60°C nach 7 Tagen (2000fache Vergrößerung)

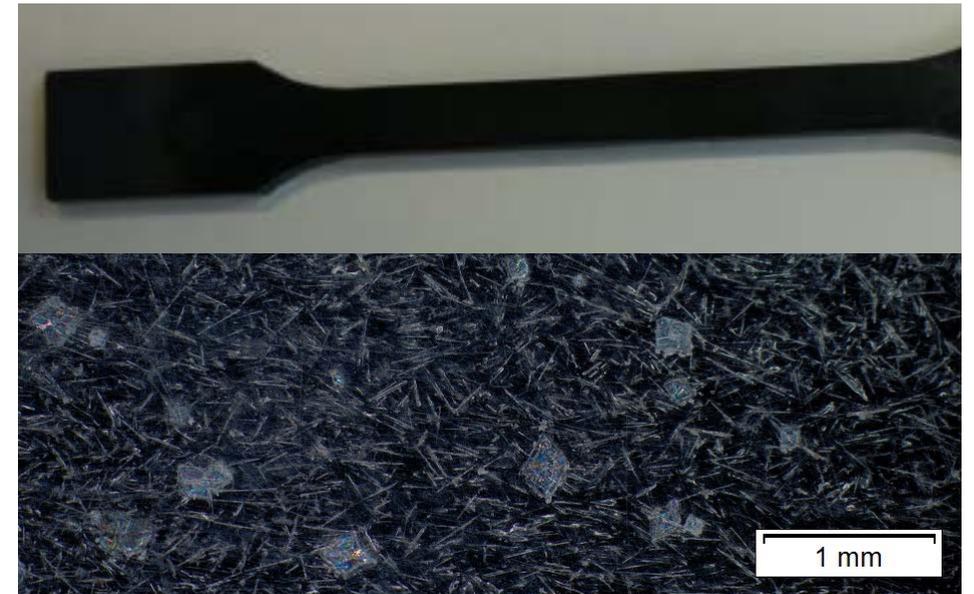
(b) Basaltfaser nach der Lagerung bei 40°C nach 7 Tagen (2000fache Vergrößerung)

Quelle: Scheffler, Beschleunigte Alterung von Glasfasern in alkalischen Lösungen

Die Einlagerung in Lauge bewirkt die Ausbildung einer spröden schalenartigen Schicht

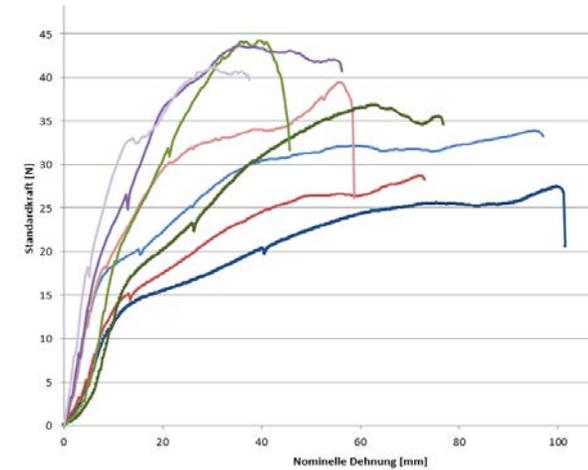
→ Abbau des Glasnetzwerkes

Durch den Zusatz von Glasfasern werden **Festigkeit und Steifigkeit** erhöht, aber die Glasfaser wird durch den Kontakt mit Kalilauge angegriffen.



# Entwicklung von Schnellalterungsmethoden (AST) erforderlich

Materialuntersuchungen – Beständigkeit in alkalischen Elektrolysebedingungen



Prüfkörper

- Länge max. 200 mm
- Zellrahmenmaterial
- Dichtungen
- .....

Probeneinlagerung

- Max. 150 °C und 30 barg
- 30 w-% KOH-Lösung + O<sub>2</sub>
- Schwenkbare Behälter

Materialprüfung

- Lichtmikroskop
- REM Untersuchung
- Zugversuch

# Herausforderungen in der Systemtechnik

## Handlungsoptionen für die „Erweiterte AEL“

- Standardisierung
- Materialauswahl
- Gas
  - -qualität (Restfeuchte, Dichtheit, ...)
  - -analytik (Problematik: SIL2-Zulassung, ...)
  - -abscheidegrad (kompaktere Bauweise)
- Wärmemanagement für dynamischen Betrieb
- Elektrolyt
  - Aktivierung von Elektroden
  - Elektrolytreinheit
- Betrieb bei unterschiedlichen Umgebungsbedingungen
- Automatisierter Anlagenbetrieb

### F&E Bedarf

Erhöhung der **Stromdichte**

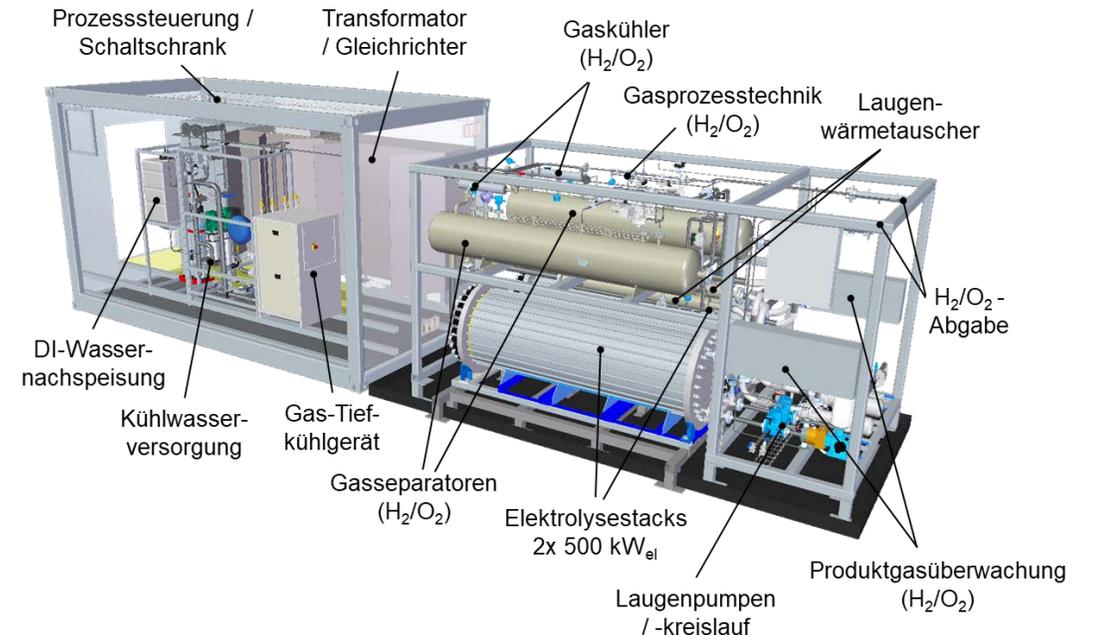
Erhöhung der **Betriebstemperatur**

Erhöhung von **Druck**

Erhöhung der **aktiven Fläche**

Erhöhung der **Lebensdauer**

neue **Membranmaterialien** (Erhöhung der Gasqualität im dynamischen Betrieb)



# Lassen Sie uns die Herausforderungen gemeinsam angehen!

## Zusammenfassung

- Photovoltaik, Windenergie und Wasserstofferzeugungstechnologien: Das ZSW arbeitet an DEN Schlüsseltechnologien für die Klimaneutralität in der Energiewirtschaft!

Testkapazitäten im:

- Das ZSW unterstützt den Markthochlauf durch Aufbau von Testkapazitäten und den Industriedialog.



- Die ZSW-Technologien (Baukasten) bieten eine gute Ausgangsbasis für neue Entwicklungen.

- Wir arbeiten daran, die Grenzen der AEL zu verschieben, z. B.:

- höhere Effizienz durch neue Elektrodendesigns und innovative Beschichtungen
- Kostenreduktion durch neue Materialien und Herstellungsverfahren
- Skalierung in der Zellfläche
- Umsetzung von Konzeptideen in den industriellen Maßstab

Industriedialog in der Modellregion:



Elektrolyse im Land BW: [www.bw-elektrolyse.de](http://www.bw-elektrolyse.de)



# WIR FREUEN UNS AUF EINE SPANNENDE DISKUSSION!

Verena Kindl, Dr. Ben Haugk

Fachgebiet Regenerative Energieträger und Verfahren (REG)

Stuttgart, Dezember 2023

## Kontakt

Dr. Ben Haugk  
[ben.haugk@zsw-bw.de](mailto:ben.haugk@zsw-bw.de)  
Tel. +49(0)711 7870-165  
[www.zsw-bw.de](http://www.zsw-bw.de)

