



Beschleunigter Markthochlauf durch geeignete Fertigungsverfahren

Workshop Metall-Umformtechnik für Elektrolyseure, **19. Juni 2024**

Dr. Ben Haugk et al.

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg

Agenda

- 1) Einführung: Kurzvorstellung ZSW
- 2) Markthochlauf Wasserstoff: Die Elektrolyse als Schlüsseltechnologie in der Energieversorgung
- 3) Anforderungen an neue Materialien und Fertigungsverfahren (mit Fokus auf die Umformtechnik)
- 4) Zusammenfassung



VORSTELLUNG

Das ZSW auf einen Blick

- **Gemeinnützige Forschungsorganisation: ca. 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
 - Wasserelektrolyse und eFuels
 - Energiepolitik und -wirtschaft, Windenergie
- **Technologietransfer**

WINDENERGIE



PHOTOVOLTAIK



BATTERIEN



WASSERSTOFF



BRENNSTOFFZELLEN

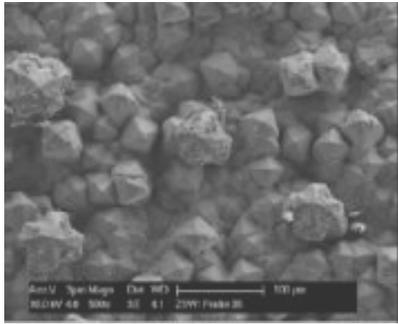


POLITIKBERATUNG



Angewandte Elektrolyse-Forschung am ZSW

Unterstützung der Industrie bei der Produktentwicklung und Technologieskalierung



Material

Komponente

Zellstack &
Fertigung

System
Testfeld

Digitalisierung
& KI

- Katalysatoren
- Beschichtungen
- Galvanik-Technikum

- Elektroden
- Elektrodenpackages
- Zellrahmen

- Stackdesigns bis in den MW-Maßstab

- Systemdesigns bis in den MW-Maßstab
- Teilnahme an 2 „Reallaboren“
- Testfeld ElyLab

- Stack-integrierte Sensorik
- Modellierung & Simulation
- Datenmonitoring

12 Jahre eigene Elektrolyseentwicklung am ZSW

Alkalische Elektrolysetechnologie im MW-Maßstab

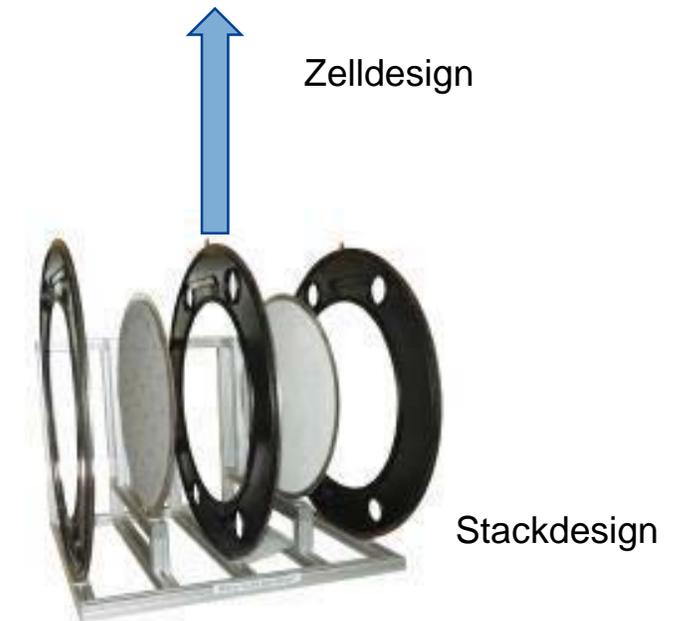
- Container-integrierte **alkalische Druckelektrolyse** (1 MW_{el} , Doppelstacksystem $2 \times 500 \text{ kW}_{\text{el}}$, bis $30 \text{ bar}_{\text{ü}}$).
- ZSW-eigene **valide Systemtechnologie** mit patentierter Stacktechnologie ($\sim 3.000 \text{ cm}^2$ Zellfläche).
- **Vollständige Anlagendokumentation** und CE-Zertifizierung liegen vor.



Elektrolysesystem (1 MW_{el})

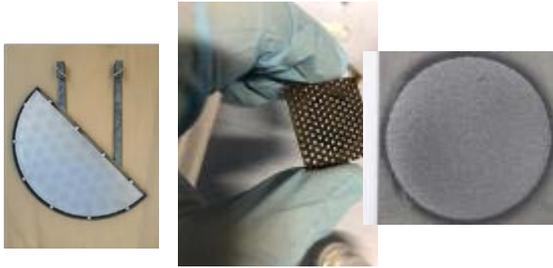


Elektrolysestack (hier: $300 \text{ kW}_{\text{el}}$)

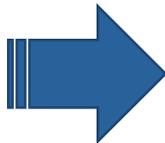


Unterstützung des Markthochlaufs: Aufbau von Testkapazitäten

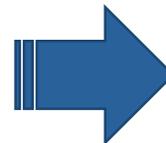
Beispiel ElyLab: Analyse- und Testmöglichkeiten vom Material bis zum Stack im MW-Maßstab



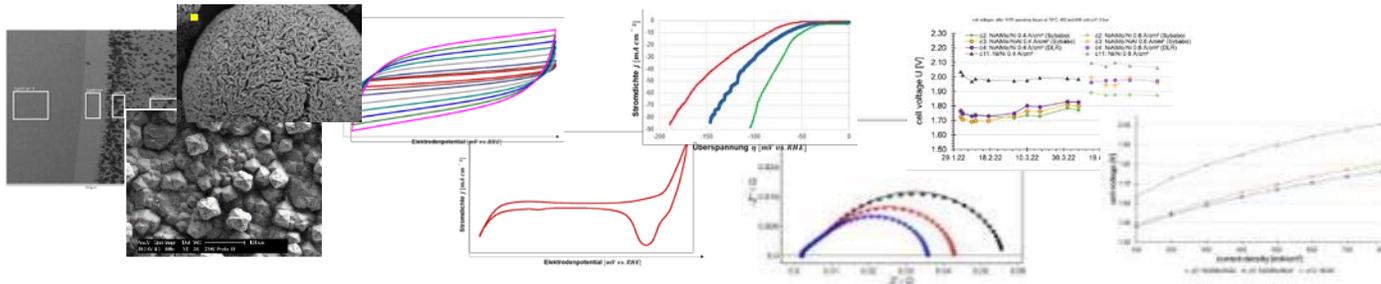
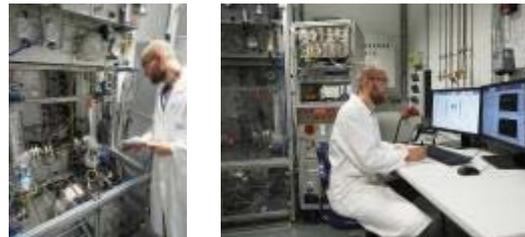
Elektrodencharakterisierung
Begleitende Materialanalytik



Vorvalidierung von Komponenten
(bis 30 bar, 100 cm², bis 10 kW)



Short- und Fullstacktesting
(bis 30 bar, bis 40.000 cm², bis 0,5 MW)





MARKTHOCHLAUF WASSERSTOFF

Exponentiell wachsender Elektrolysemarkt wird erwartet

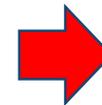
Ausbauziele und Marktpotenziale in Deutschland und Europa

Ausbauziele 2030 Deutschland und EU



REPowerEU: 10 Millionen Tonnen Wasserstoff jährlich aus erneuerbaren Quellen in der EU bis 2030 mit einer Elektrolysekapazität von ca. 120 GW.

	Elektrolyse installiert 2022	Elektrolyse Ausbauziele 2030	Umsatzpotenzial bis 2030 *
DE	< 0,3 GW	10 GW (NWS)	ca. 9 Mrd.€
EU	< 1 GW	40 GW (Hydrogen Roadmap EU)	ca. 35 Mrd.€
		~ 120 GW (REPowerEU)	ca. 100 Mrd. €



Ausbau der Elektrolysekapazitäten um bis zu Faktor > 100 in weniger als 10 Jahren!

» 29.05.2024: Bundeskabinett beschließt Wasserstoffbeschleunigungsgesetz.

Ein drastischer Ausbau der Produktionskapazitäten hat begonnen.

Installierte Basis (2 GW weltweit, 2022) soll lt. BloombergNEF* auf ~ 240 GW in 2030 anwachsen!

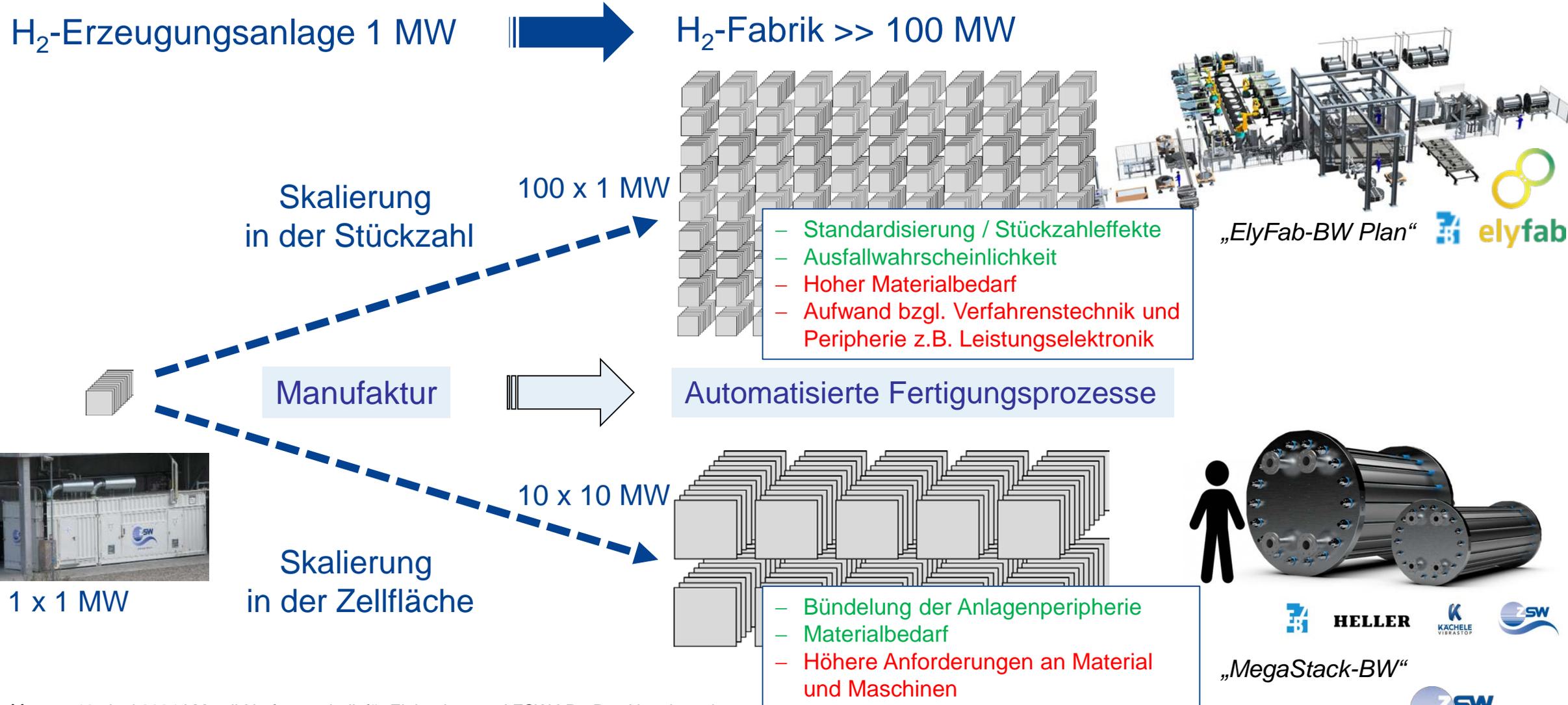
-  ➤ weiht in Belfort die größte Elektrolyseur-Fabrik Frankreichs ein (**1 GW_{el}/a**, AEL) Juli 2024
-  ➤ SIEMENS + Air Liquide bauen Gigafabrik in Berlin (**bis 3 GW_{el}/a** bis 2025, PEM) Nov. 2023
-  ➤ wählt Plymouth in Michigan für nächste Gigafabrik (**bis 4 GW_{el}/a**, AEL+PEM) Sept. 2023
-  ➤ Frankreichs Minister besucht die Gigafactory im Elsass (**1 GW_{el}/a** bis 2030, AEL) Aug. 2023
-  ➤ ITM vergrößert seine Produktionsfläche um 62 % (bis **1 GW_{el}/a**, PEM) Apr. 2023
-  ➤ Plug kündigt Rekordproduktion von PEM-Elektrolyseur-Stacks an (**1,2 GW_{el}/a**, 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 **1 GW_{el}/a**, PEM) Okt. 2022
-  ➤ Topsoe plant 5 GW-Fabrik für Festoxid-Wasserstoff-Elektrolyseure (SOEL) Sept. 2022
-  ➤ startet Indiens grüne Wasserstoff-Elektrolyseur-Gigafabrik (**bis 2 GW_{el}/a**, PEM) Aug. 2021

... erschienen

[1] <https://gi-review.com/mcphy-inaugurates-largest-electrolyser-factory-france/>
[2] <https://www.rbb24.de/wirtschaft/beitrag/2023/11/siemens-energy-air-liquide-gigafactory-berlin-wasserstoff.html>
[3] <https://nelhydrogen.com/press-release/nel-asa-nel-has-selected-plymouth-in-michigan-for-its-next-gigafactory/>
[4] <https://phcckerill.com/en/press-and-news/gigafactory-aspach-visit-ministre-francaise-transition-energetique/>
[5] <https://www.hydrogeninsight.com/electrolysis/troubled-hydrogen-electrolyser-maker-ttm-expands-factory-space-by-62-in-bid-to-debottleneck-production/2-1-1430177>
[6] <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-300MW-per-Month-Target-in-Q2/default.aspx>
[7] <https://www.saechsische.de/wirtschaft/energie/sunfire-will-gigafactory-in-sachsen-bauen-5790479.html>
[8] <https://www.hydrogeninsight.com/electrolysis/blossoming-hydrogen-economy-cummins-plans-its-first-us-electrolyser-gigafactory/2-1-1332447>
[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-electrolyzer-gigafactory/>

Es werden neue Fertigungsverfahren und Materialien notwendig.

Skalierung der Elektrolyse-Technologie



1 x 1 MW

Der Elektrolysestack – Anwendungsfeld der Metall-Umformtechnik!?

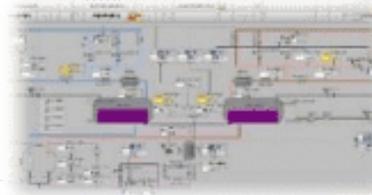
P2G-Elektrolyse-Systemtechnologie des ZSW



Analytik



Instrumentierung



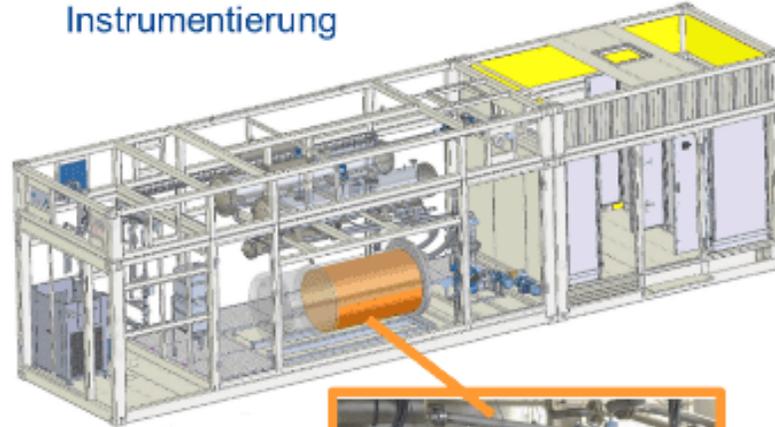
Prozesssteuerung



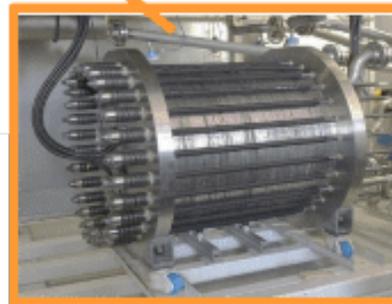
Leistungselektronik



Gasprozesstechnik



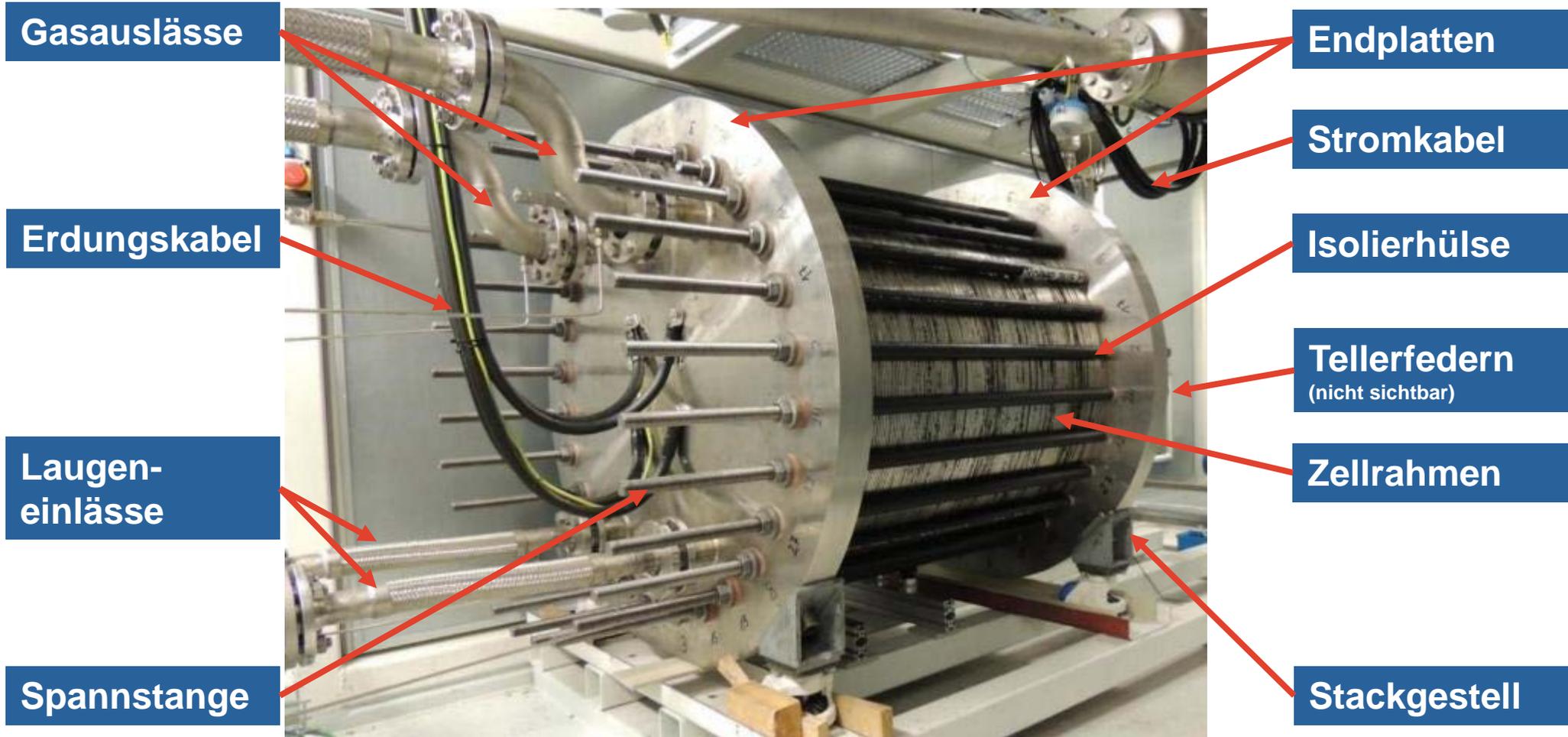
Kühlsystem



Laugenkreislauf

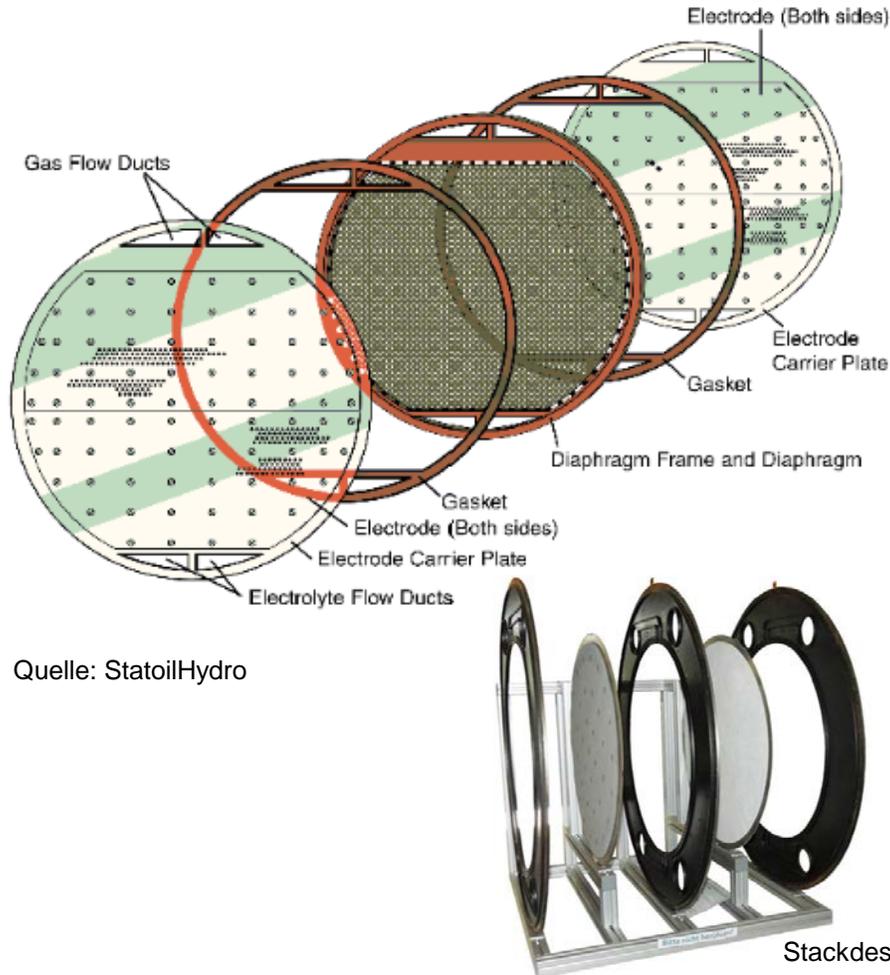
Prototyp eines alkalischen Druckelektrolysestacks

P2G-Elektrolyseblockdesign des ZSW (hier: 0,3 MW_{el})

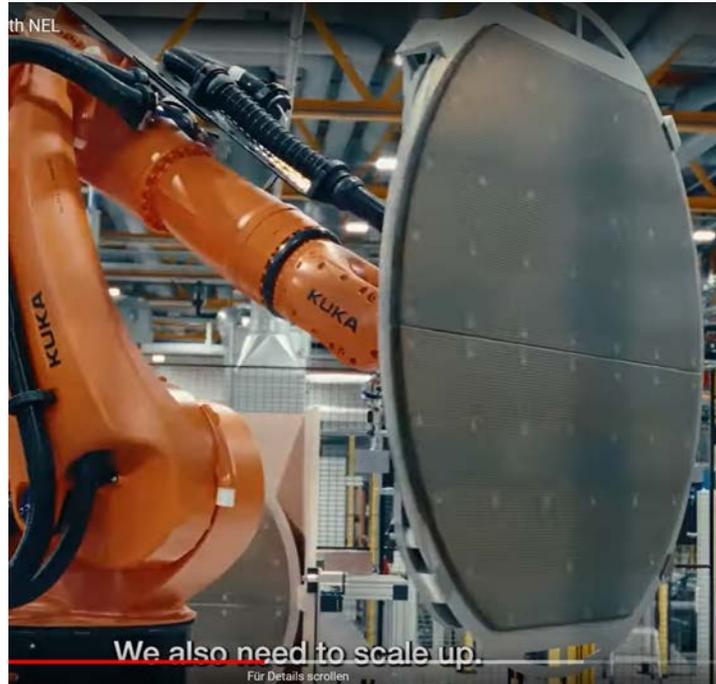


Stackdesign, Abmessungen und Materialien variieren am Markt

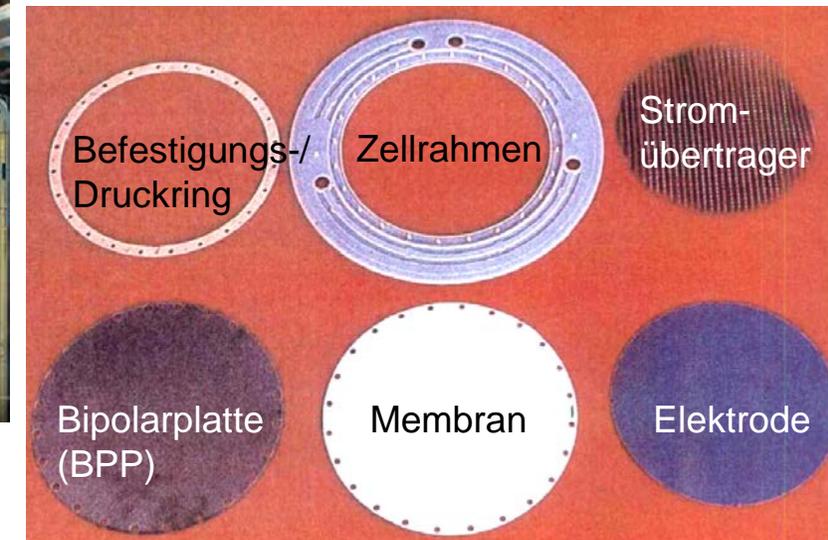
Komponenten eines alkalischen Druckelektrolyseblocks



Quelle: StatoilHydro

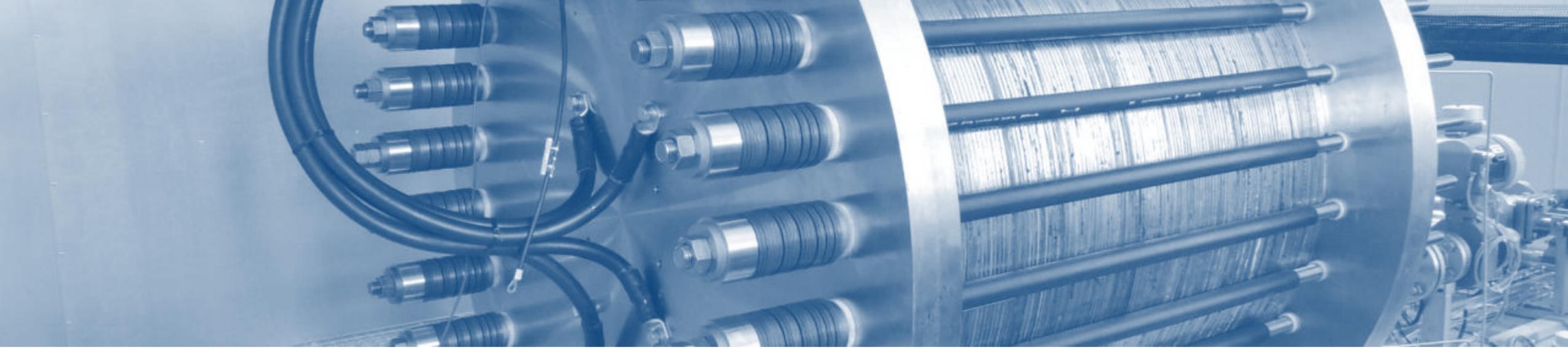


Quelle: Alfa Laval (Partnerschaft mit NEL Hydrogen)
(<https://www.youtube.com/watch?v=MEmUDLOsZvg>)



Quelle: Rafael di Berruezo, Universidad di Gerona Italien

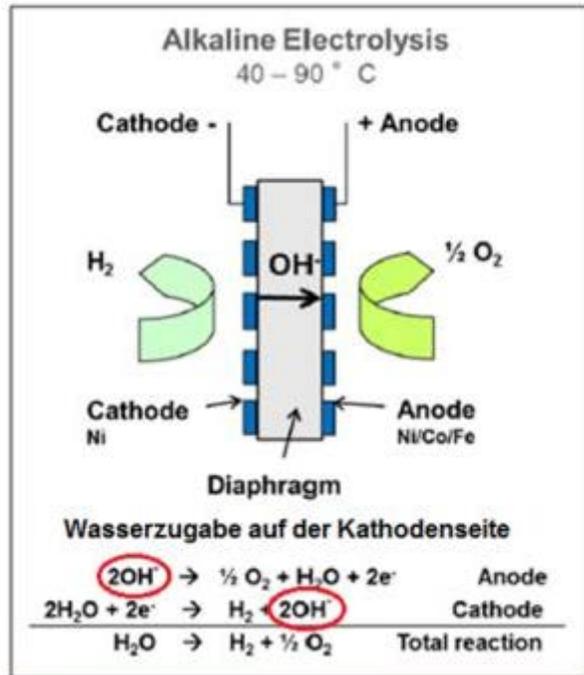
» Elektroden- und Zellrahmen bieten sich für die Umformtechnik besonders an!



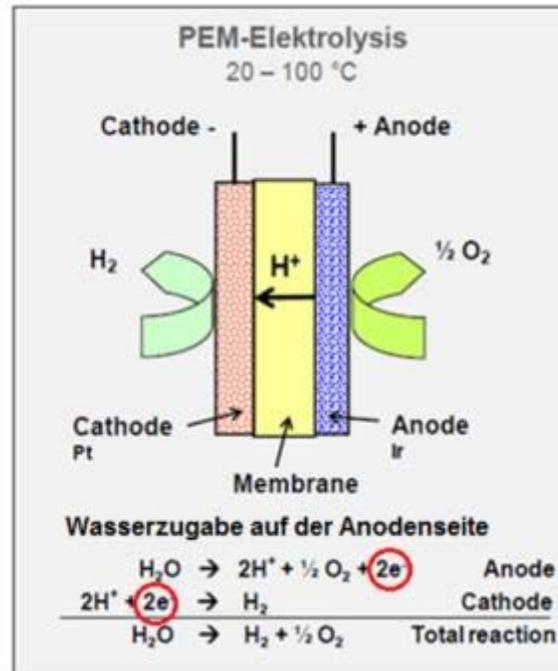
ANFORDERUNGEN AN NEUE MATERIALIEN UND FERTIGUNGSVERFAHREN

Wasserspaltung durch Elektrolyse

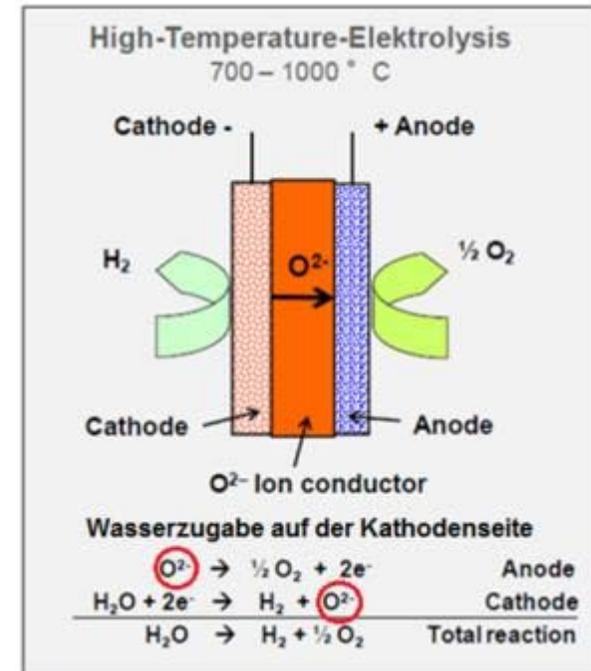
Konventionelle Grundprinzipien der Elektrolyse



➤ Flüssiger Elektrolyt (alkalisch)



➤ Fester Protonenleiter (Polymer, sauer)

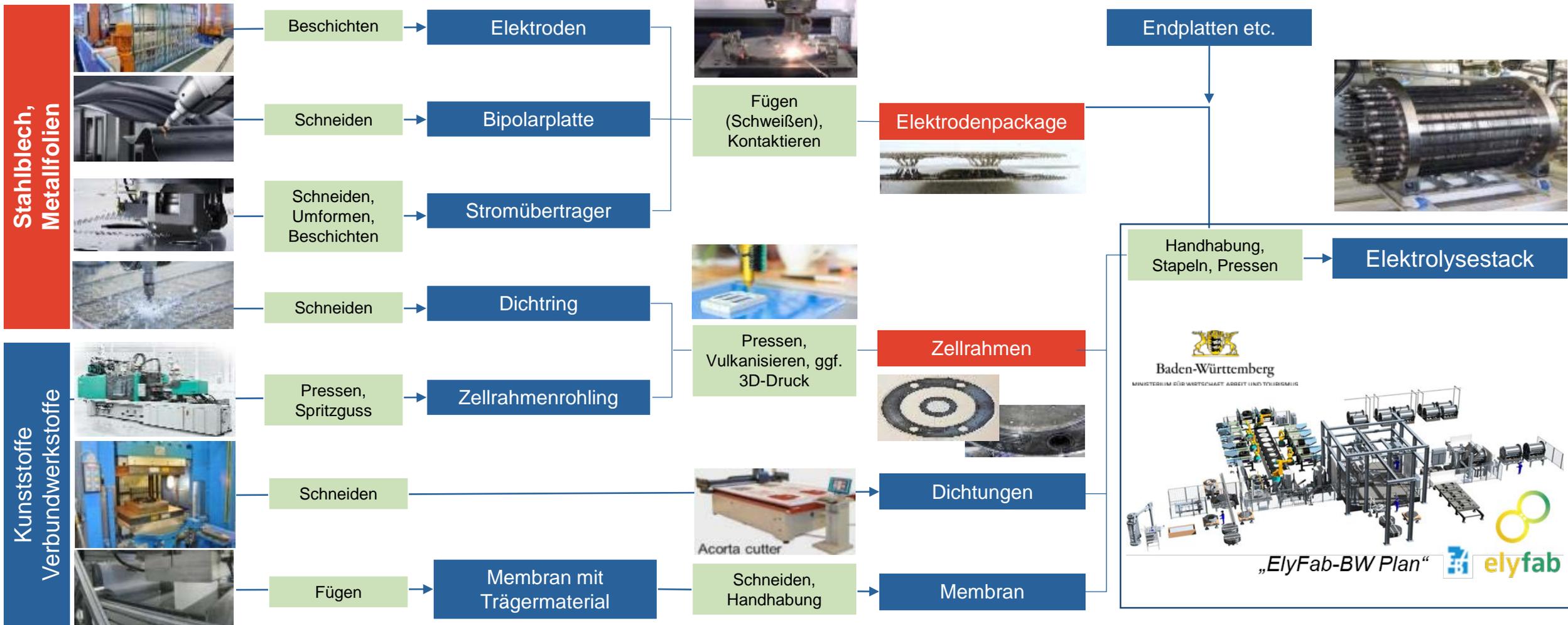


➤ Fester Protonenleiter (Keramik, alkalisch)



Vorfertigung, Bauteilintegration und Gleichteile = einfache Montage!

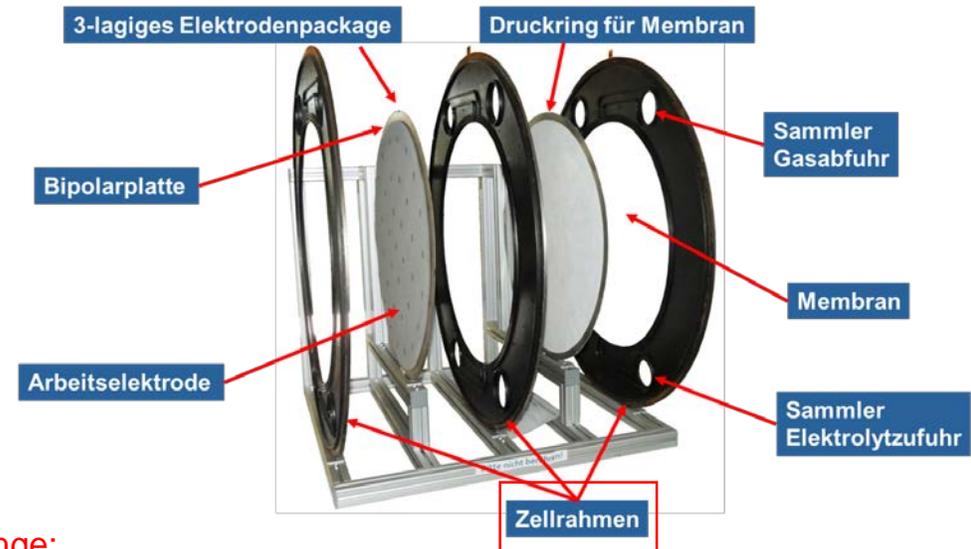
Wertschöpfungspotenziale am Bsp. von Elektrodenpackage und Zellrahmen



Anforderungen an neue Materialien am Beispiel des Zellrahmens

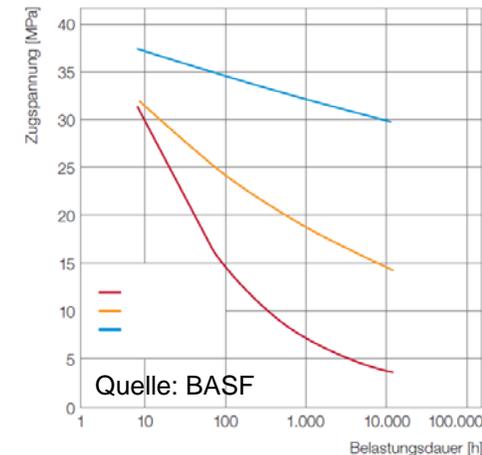
Herausforderungen: Überführung in die Serie, Größen-Skalierung, Daten zum Langzeitverhalten

- **Abdichtung gegenüber Medien und Einbauten**
 - Flachdichtung / O-Ring / „overmolded“ / Funktionsflächen ...
 - Membran / Bipolarplatte
- **Gleichmäßige Strömungsverteilung**
Elektrolytzufuhr und Gasabfuhr durch Kanalstruktur
- **Elektrische Isolation** zwischen den Zellen und Endplatten
- **Funktionsintegration**, z. B. Sensoren
- **Druckfestigkeit** bis zu bspw. 30 barg
- **Chemische Beständigkeit**
 - Kalilauge 30 vol.-%
 - Reiner Sauerstoff und Wasserstoff
 - Demineralisiertes Wasser
 - Wasseraufnahme z. B. < 1 %
- **Betriebstemperatur** bis zu 100 °C



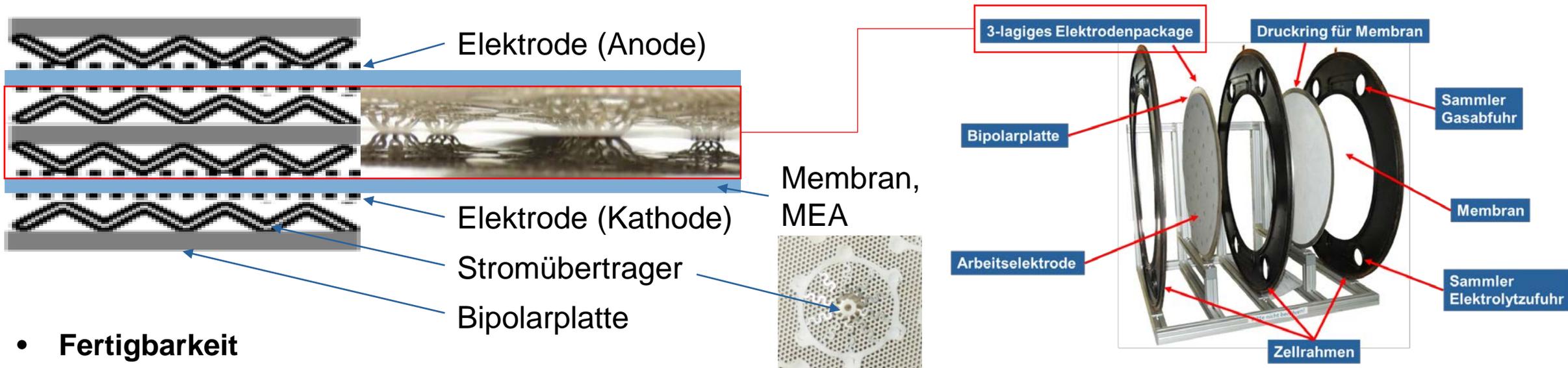
Challenge:

- 200 – 240 Zellrahmen je 1 MW
- Abmessungen bis 2 m x 2 m
- Dauerfestigkeit



Anforderungen an Umformtechnik am Beispiel Elektrodenpackage

Aufbau der (Membran-)Elektroden-Einheit (MEA*)



- **Fertigbarkeit**

- **Fügbarkeit** (z.B. Schweißen)
- **Beschichtbarkeit** (Katalysatoren)
- **Ebenheit** über Abmessungen bis zu 2 m x 2 m, bei Dicken < 1 mm

- **Handhabbarkeit** (Montage, Service, ...)

- **Schutz der Membran vor Beschädigung**

- **Strömungsoptimal**: Abtransport entstehender Gasblasen (PTL*, Flowfield)

- Elektrische Leitfähigkeit, chem. Beständigkeit, ... , siehe Materialanforderungen

Wandstärken
ca. 0,1 mm



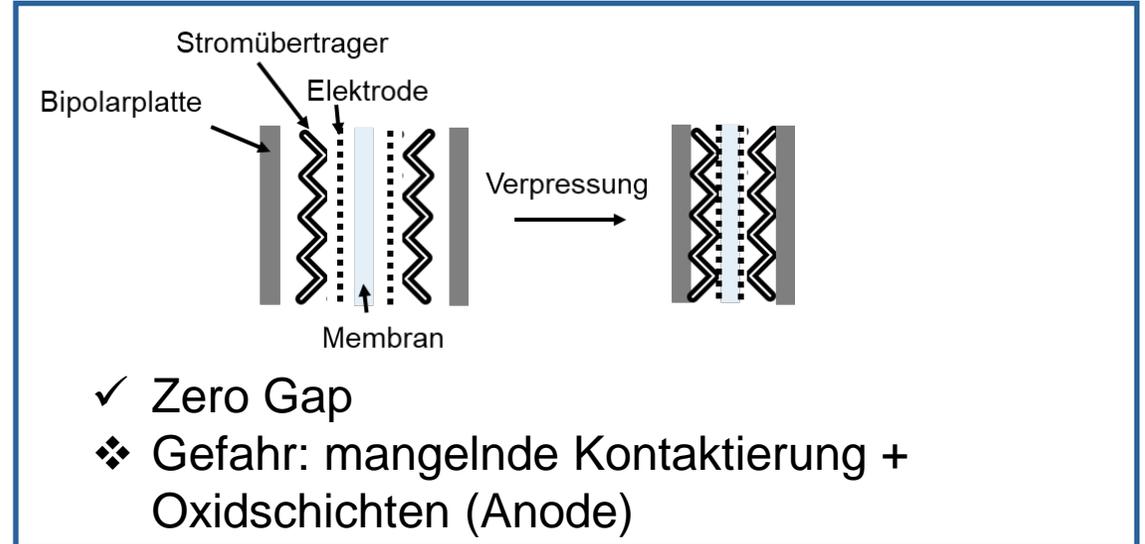
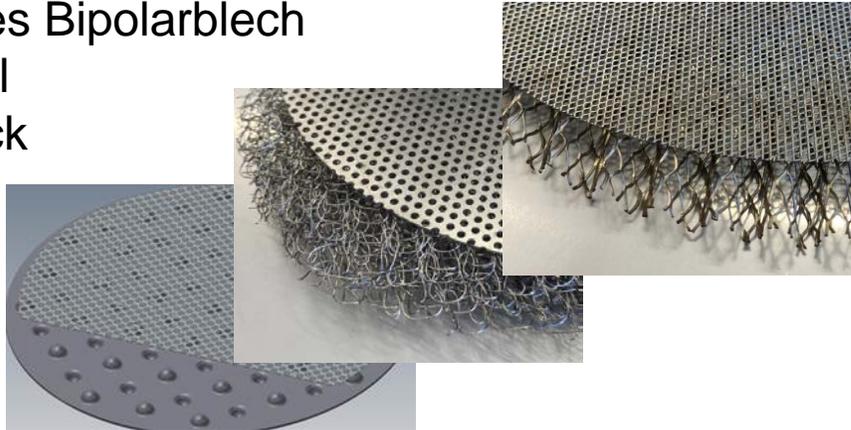
Piolarplatte eines generischen BZ-Stacks des ZSW

Auf den richtigen Kontakt und eine einfache Montage kommt es an!

Vergleich einer losen vs. stoffschlüssigen Stromübertragung – beliebige Kombinationen möglich

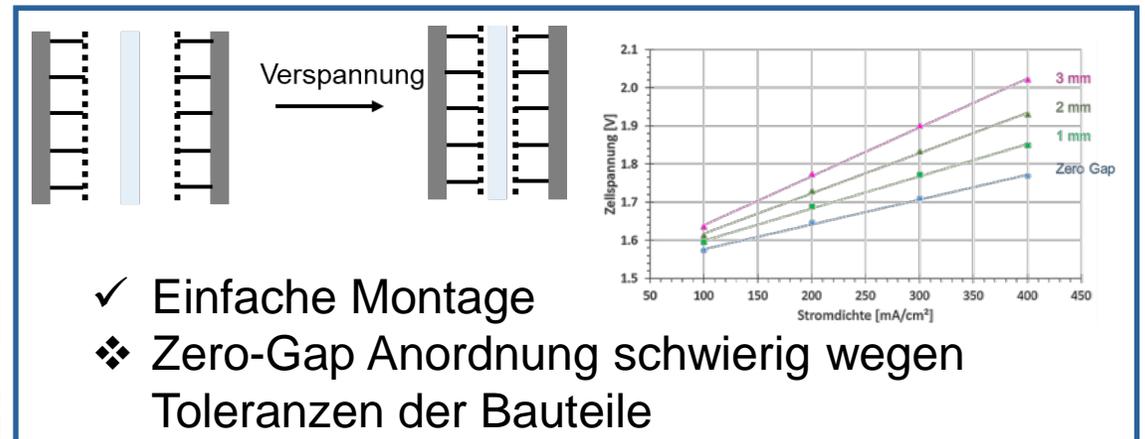
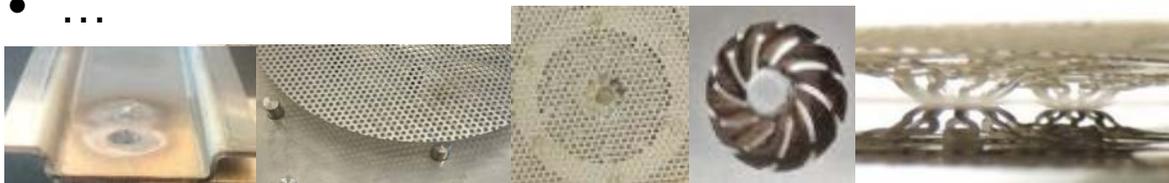
Beispiele **lose** Stromübertragung

- Strukturiertes Bipolarblech
- Streckmetall
- Drahtgestrick
- ...



Beispiele **gefügte / integrierte** Stromübertragung

- Geschraubte, geschweißte, ... Verbindung
- Starre (Bolzen) vs. federnde Verbindung (Mäander)
- Separater Stromkorb vs. durchgestellte Geometrie
- ...



Lassen Sie uns die Herausforderungen gemeinsam angehen!

Zusammenfassung

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

- 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 Fertigungsverfahren

– Skalierung in der Zellfläche

– Umsetzung von Konzeptideen in den industriellen Maßstab

Testkapazitäten im:



Industriedialog in der Modellregion:



Elektrolyse im Land BW: www.bw-elektrolyse.de



„MegaStack-BW“

WIR FREUEN UNS AUF EINE SPANNENDE DISKUSSION!

Dr. Ben Haugk et al.

Fachgebiet Regenerative Energieträger und Verfahren (REG)

Stuttgart, Juni 2024

Kontakt

Dr. Ben Haugk
ben.haugk@zsw-bw.de
Tel. +49(0)711 7870-165
www.zsw-bw.de

