

# Beschichtungen für die Wasserstoffherzeugung

Technologien optimieren



HOLZAPFEL GROUP  
clever coating.



# Das Wasserstoff-Zeitalter

## Jahrzehntelange Entwicklungs- und Beschichtungskompetenz der Holzapfel Group

Die Diskussion um den Klimawandel hat das Thema Nachhaltigkeit nochmals stärker in den Fokus gerückt. Auf viele Fragen der Energie- und Rohstoffwende liefert Wasserstoff eine wichtige Antwort: Er wird als Energieträger und chemischer Rohstoff eine zentrale Rolle für das Erreichen der Klimaziele sein. Dies kann jedoch nur gelingen, wenn die Systeme zu Erzeugung, Speicherung, Transport und Nutzung von Wasserstoff optimiert werden, wenn sie also energieeffizienter, haltbarer, sicherer und wirtschaftlicher werden. Dafür müssen bereits heute die Weichen gestellt werden: **Jetzt ist die Zeit, um Technologien zu optimieren, Standards zu definieren und zu setzen sowie Infrastrukturen aufzubauen.**

Neben Forschung und Entwicklung, Ingenieurleistungen und Anlagenbau nimmt auch die Oberflächentechnik eine wichtige Rolle ein, um Wasserstofftechnologien fit für die Zukunft zu machen. Denn sie kann durch die Entwicklung entsprechender Funktionsschichten dazu beitragen, Bauteile und Komponenten, die in der Wasserstofftechnologie eingesetzt werden, mit neuen Eigenschaften zu versehen – von der Erhöhung der Lebensdauer über Schutzfunktionen bis zur Steigerung des Wirkungs- und Effizienzgrades.

## Galvanische Beschichtungsmethoden für Elektroden

Im Bereich galvanischer Beschichtungsmethoden von Elektroden für die alkalische Wasser-Elektrolyse-Technologie verfügen wir am Standort Sinn bereits über mehr als 20 Jahre Erfahrung mit über 15.000 m<sup>2</sup> beschichteter Bauteiloberfläche. Gemeinsam mit der Firma Hydrotechnik aus Karlsruhe greifen wir auf 48 Jahre Know-how in der Wasserelektrolyse zurück. Zum Beispiel mit Projekten wie dem ersten alkalischen Elektrolyseur am Assuan-Staudamm in Ägypten. Dieses Forschungs- und Anlagen-Know-how, gepaart mit der Erfahrung eines industriellen Großserien-Beschichters für funktionale Oberflächen in der Automobilindustrie, macht uns zu einem äußerst kompetenten Beschichtungspartner.

In Kooperation mit diversen Instituten arbeiten wir an der Entwicklung einer neuen Generation von Beschichtungen und Verbindungsmethoden zur Herstellung von kompletten Elektrodenpackages, beispielsweise auch an einem Sonderverfahren zur aktivierten Kathodenbeschichtung.

Konkrete Ziele für die Beschichtung sind unter anderem die Wirkungsgradverbesserung zur Einsparung von Energie durch Effizienzsteigerung der katalytischen Wirkung der Schichten.

Weiterhin werden die für die Wasserstofferzeugung relevanten aktiven Elektroden-Oberflächen durch eine spezielle Abscheidung und Badführung vergrößert. Dies hat positive Effekte auf die Verminderung der Degradation und damit das Gewährleisten der Langzeitstabilität der Funktionsschichten. Bei der Herstellung der galvanischen Schichten werden keine mechanischen Verwerfungen, die dem Ziel der Null-Abstandselektrode gegenläufig sind, erzeugt.

# Know-how und Ziele

## Lösungen für eine nachhaltige und effiziente Beschichtung

- Wirkungsgradverbesserung zur Einsparung von Energie durch Effizienzsteigerung der katalytischen Wirkung bei den Schichten
- Effektive Senkung der Material- und Herstellungskosten
- Lösungen für skalierbare Prozesse
- Langjährige Kompetenz in der Entwicklung innovativer Beschichtungslösungen für neue Anwendungsfelder
- Mehr als 20 Jahre Erfahrung im Bereich Beschichtung für die Wasserstofftechnologie am Standort Sinn
- Möglichkeiten für die Stackmontage und -prüfung

## Bauteile

Als industrieller Dienstleistungspartner können wir mit unseren Verfahren die folgenden Bauteile beschichten:

- Elektroden (Anoden, Kathoden)
- Mittelbleche
- Endplatten
- Zellrahmen und andere wasserführende Bauteile

Außerdem übernehmen wir die Herstellung, Montage und Komplettierung gesamter Elektrodenpackages.

# Zukunftstechnologie Wasserstoff

## Wasserstoff-Kompetenz der Holzapfel Group

Aus unserer Sicht als Oberflächenspezialist wird eine der wesentlichen Herausforderungen der nächsten Jahre sein, auf Grundlage geeigneter Materialien und Verfahren den Schritt hin zu einer verzugsfreien, großskaligen, katalytisch wirkenden galvanischen Beschichtung von Anoden und Kathoden zu vollziehen.

Hier unterstützen wir mit fundiertem Fachwissen zu Beschichtungskonzepten für Elektrodenpackages und Bauteile alkalischer Elektrolyseure. Zudem betreiben wir seit 2005 eine Serien-Beschichtungsanlage für Elektroden, Mittelbleche und Zellrahmen bis zu den Abmessungen 2.300 x 2.000 mm.



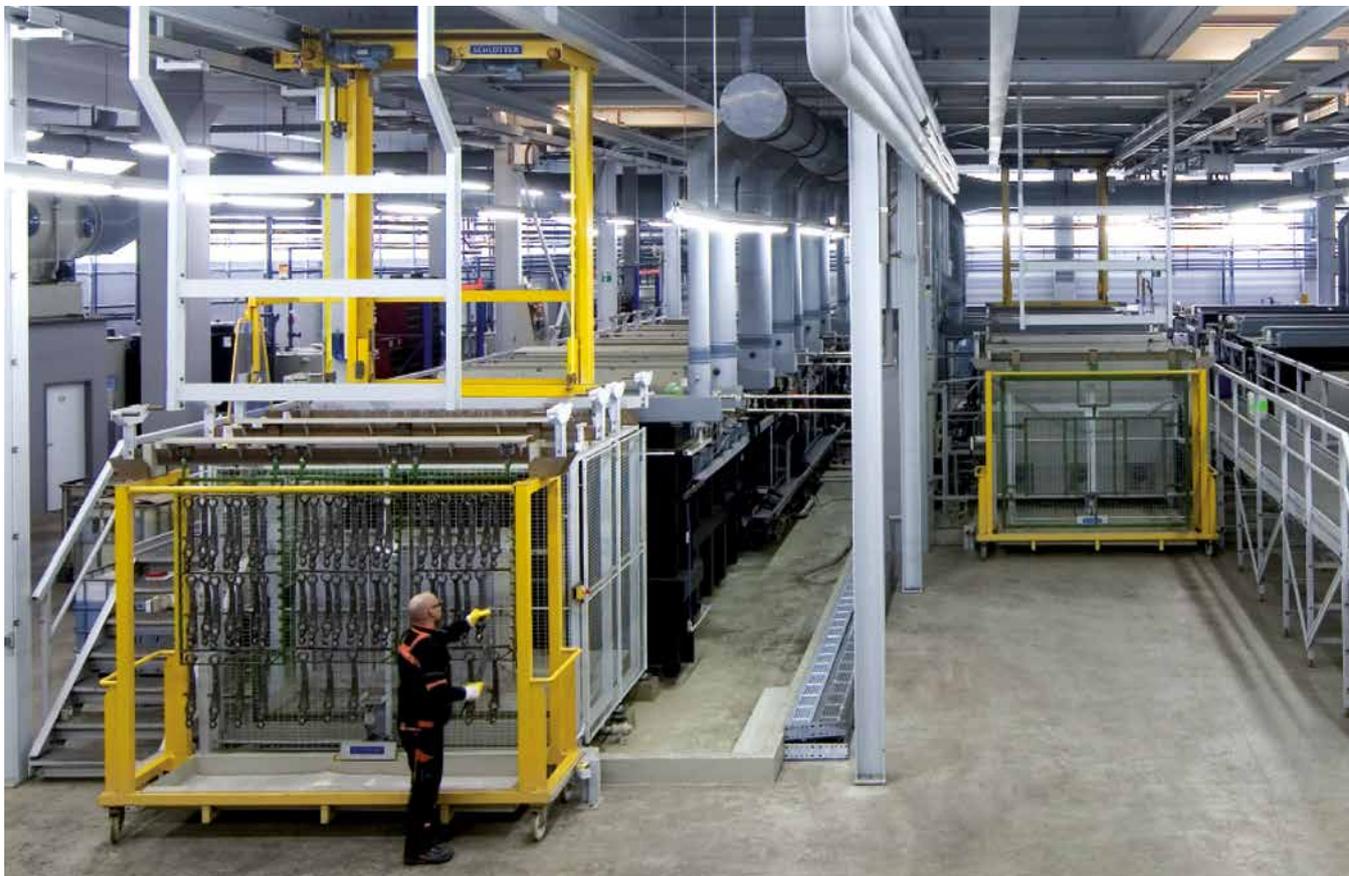
### Historie und umgesetzte Projekte:

- Von 1965 bis 1995 wurden mit Hydrotechnik galvanische Beschichtungen auf Basis von Spezial-Nickel entwickelt und für mehr als 400 Elektrolyseure eingesetzt.
- 288 Elektrolyseure mit Elektroden mit aktivierter NiS-Beschichtung für das Projekt Assuan-Staudamm in Ägypten. (Fertigstellung 1960, Inbetriebnahme 1963)
- 1982 hat Hydrotechnik in Kooperation mit KfA Jülich erstmals Elektroden mit Nickel-Zink beschichtet.
- Im Jahr 1987 wurde für ein Hysolar-Projekt ein neuartiger Elektrolyseur mit Nickel-Zink-Elektroden entwickelt.
- Der erste industrielle Elektrolyseur mit Plasma-Spray-Coating / Vakuumplasmaspritzen (vacuum plasma sprayed - VPS) wurde 1997 mit einem namhaften Institut konzipiert.
- Von 1999 bis 2003 wurden diverse Elektrolyseure mit VPS-Technologie (Vakuumplasmaspritzen) entwickelt.
- Gemeinsames Projekt mit Fraunhofer IPA zur Entwicklung funktioneller galvanischer Oberflächen (Jahr 2000)
- Projekt ecoPtG im Jahr 2015: Entwicklung eines kostengünstigen Elektrolyseurs unter Nutzung von Automotive-Komponenten und hocheffizienter, galvanisch beschichteter Elektroden
- Einrichtung einer neuen galvanischen Beschichtungsline als Technikum 2017



## Umgesetzte Projekte der Holzapfel Group:

- Für einen Elektrolysehersteller haben wir Elektrodenpackages für alkalische Elektrolyseure mit je 2 MW Leistung komplettiert und montiert. Dazu wurden die Elektroden, Bipolarplatten sowie Zellrahmen beschichtet und montiert.
- Seit 2014 läuft in unserem Haus die Serienbeschichtung von Anoden, Kathoden und Bipolarplatten speziell für einen europäischen Hersteller von Elektrolyseuren.
- Für einen weiteren international agierenden Elektrolyse-Hersteller beschichten wir seit 2020 in Serie Bipolarplatten.
- Gemeinsam mit einem Institut haben wir für ein BMWi-gefördertes P2G-Projekt in den Jahren 2015 bis 2018 Elektrodenpackages entwickelt.
- Zusammen mit einigen Partnern und Instituten haben wir diverse Ausrüstungen sowohl für Versuchsträger als auch für Elektrodenpackages angefertigt (bis zu 2.700 cm<sup>2</sup> Elektrodenfläche).
- Wir sind als Partner an nationalen und internationalen Forschungsprojekten sowie Reallaboren mit Entwicklungsstatus beteiligt.



Anlage zur Beschichtung von Bauteilen für die Wasserelektrolyse



# Leistungsfähigkeit und Energieverbrauch

## Das Elektrodenpackage

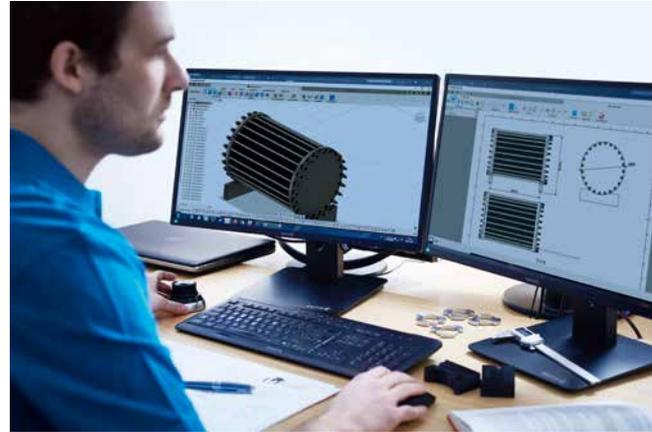
Ein wesentliches Bauteil des Elektrolyse-Stacks sind die Elektrodenpackages (EPs). Diese sind mehrfach vorhanden und im System gestapelt. Hier wird hauptsächlich über die Leistungsfähigkeit und den Energieverbrauch des Systems zur Herstellung von Wasserstoff entschieden.

Das Elektrodenpackage von Holzapfel kann auf die individuellen kundenspezifischen Abmessungen angepasst werden. Die Gaszwischenräume zwischen den Elektroden und der Bipolarplatte sind auf die Kundenkonstruktion abstim- und anpassbar. Null-Abstandselektroden sind machbar. Wir haben zudem ein Verfahren entwickelt, das die EPs (Anode-Bipolarplatte-Kathode) stoffschlüssig und gasdicht miteinander verbindet. Dadurch werden Übergangswiderstände reduziert. Die Gefahr von Gasverunreinigungen durch undichte, z. B. geschraubte, Verbindungstechniken entfällt.



## Herstellung kompletter Elektrodenpackages

- Kundenspezifische Konstruktion
- Herstellung Elektroden und Bipolarplatten
- Stoffschlüssige Verbindungen
- Montage kompletter Elektrodenpackages auf Kundenabmessungen



# Forschung und Entwicklung

## Kompetenz in Perfektion

Unser Chemie- und Werkstofflabor mit modernsten Analysegeräten unterstützt uns in der Forschung und Entwicklung für neue Oberflächenverfahren für Wasserstofftechnologien.

Wir können Anlagen und Beschichtungsverfahren nicht nur permanent überwachen, sondern auch stetig weiterentwickeln. Moderne Analysemethoden, wie der Einsatz eines Rasterelektronenmikroskops mit EDX-Analysesystem oder ein Gerät zur Konfokalmikroskopie, ermöglichen unter anderem detaillierte Schichtuntersuchungen im Rahmen von Entwicklungsprozessen, wie etwa genaue Untersuchungen der Schichtzusammensetzung und Schichteigenschaften. Diese mikroskopischen Analysegeräte ermöglichen präzise Oberflächenbetrachtungen, beispielsweise tiefscharfe Analysen der Mikrostruktur mit hoher Vergrößerung. Auch feinste Konturen können hier sehr gut dargestellt werden. Diese detaillierten Untersuchungen und Analysen helfen uns bei der qualitativen und quantitativen Beschreibung des metallischen Werkstoffgefüges sowie bei der Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Beschichtung und Grundmaterial. Durch die so gewonnenen Erkenntnisse können die Beschichtungsprozesse optimiert und gewünschte Schichteigenschaften realisiert werden. Bei frühzeitiger Einbindung in den Entwicklungsprozess können die detailreichen Analysen auch Anhaltspunkte für Konstruktions- oder Materialanpassungen geben.

- Umfassende Mess- und Analysetechnik
- Rasterelektronenmikroskop für die Oberflächenanalyse (mit EDX-Analysesystem)
- Konfokalmikroskop
- Elektrolyse-Prüfstand zur Validierung der abgeschiedenen Schichten im Maßstab bis zu 2.700 cm<sup>2</sup>

## Beschichtungserprobung und Weiterentwicklung

Mit unserem Technikum für Substrate bis 2.700 cm<sup>2</sup> Größe werden Elektrodenflächen mit speziellen Legierungen oder Beschichtungen versehen. Hier greifen wir auf Erkenntnisse aus Projekten mit Schwerpunkten in der Elektrodenpackage-Entwicklung zurück. Zusätzlich befassen wir uns mit der Weiterentwicklung der Beschichtungsverfahren sowie der Anlagentechnologie. Im Fokus steht dabei die Errichtung und Inbetriebnahme einer industriellen Großanlage zur Elektrodenbeschichtung.

### Beschichtungen für die Wasserstofftechnologie:

- Nickelsulfamat
- Chemisch Nickel
- Galvanisch Nickel
- Silber
- Zinn
- Kombinationsschichten

