



ESSENTIAL

FREUDENBERG SEALING TECHNOLOGIES

**H₂ – HYPE ODER
HOFFNUNG?**

HERAUSFORDERNDES GAS

Interview: Warum Wasserstoff den
Ingenieursehrgeiz motiviert.

BEREIT ZUM AUSBAU

Die Nachfrage nach Elektrolyse steigt
und damit auch nach Dichtungen.

AUF DEM WEG

Wie kommt Wasserstoff dorthin,
wo er benötigt wird?

das magazin **2_24**

MEHR ZUM THEMA



Dichtungslösungen für Wasserstoff-
anwendungen online unter:
www.fst.com/de/maerkte/wasserstoff/



IN FÜNFZIG WORTEN



Wasserstoff hat immer wieder große Erwartungen geweckt und Enttäuschungen produziert. Jede Menge Potenzial verspricht er weiterhin. Allerdings wird Wasserstoff heute nicht mehr nur als Antriebsstoff gedacht, sondern verändert Energie- wirtschaft und Industrie. Klar ist aber auch: Das Gas erfordert Materialkompetenz und Ingenieursgeist. Von der Produktion über den Transport bis zur Anwendung.



H₂ – Hype oder Hoffnung?

Von Claus Möhlenkamp, Chief Executive Officer,
Freudenberg Sealing Technologies

Überbordende Erwartungen sind Teil unseres Alltags. Menschen neigen zu Optimismus unser Gehirn reagiert sehr positiv auf neue Informationen, und wir tendieren zum Herdentrieb. All das kann zu einem „Hype“ führen. Ein Wort, dessen Ursprung gar nicht genau geklärt ist. Es stammt wohl entweder vom Stilmittel der Hyperbel („Übertreibung“) oder sogar aus dem Slang der Schattenwelt Anfang des 20. Jahrhunderts, als Drogenabhängige sich mit hypodermic needles (Injektionsnadeln) ihren Schuss setzten. Ganz so abwegig ist die Analogie gar nicht: Der Hype, das ist häufig ein Rausch, der Menschen und komplette Märkte erfasst – bis dann der Kater kommt. Man denke an die Dotcom-Blase.

Auch die Geschichte des Wasserstoffs ist eine Erzählung von Erwartungen, Hoffnungen und Enttäuschungen. Bereits 1800 wurde das Gas erstmals per Elektrolyse erzeugt und schon damals träumte die Menschheit davon, dass sauberes Wasser die schmutzige Kohle ersetzen könnte. Aber im Wettbewerb mit Öl und Erdgas blieb Wasserstoff zu teuer. Die nächste große Aufmerksamkeit erfuhr er in den 1970er-Jahren zur Zeit

der Ölkrise. Damals begannen Automobilhersteller, erste Brennstoffzellenfahrzeuge zu entwickeln, aber es blieb bei Experimenten. Vielleicht lag es an dieser langen Vorgeschichte, dass die Welt in den frühen 2000er-Jahren so überzeugt war, keinem neuerlichen Hype aufzusitzen – und die Ernüchterung umso drastischer ausfiel. Der damalige US-Präsident George W. Bush stellte für seine „Hydrogen Fuel Initiative“ sogar über 1 Milliarde US-Dollar bereit und skizzierte die Zukunft einer Massenproduktion von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen.

Diese Zukunft wurde verschoben. Dem Hype folgte zwangsläufig (abermals) Enttäuschung, denn wenn Erwartungen und Hoffnungen sich zu sehr überschlagen, kann die Realität selten mithalten. Es stellte sich schnell heraus, dass die Wasserstoffproduktion noch immer viel zu teuer war, dass die Infrastruktur fehlte, um ihn kostengünstig zu transportieren, und dass auch bei der Brennstoffzelle weiterhin Entwicklungsarbeit wartete. Dem Rausch folgte der Kater, dem Hype das Tal der Tränen.

Aber was genau war damals eigentlich passiert? Floppte tatsächlich die Vision von Wasserstoff, oder konnte der notwendige Fortschritt schlicht nicht mit den Erwartungen mithalten? Wir wissen heute, dass Letzteres der Fall war. Es steckt Potenzial im Wasserstoff – sogar viel mehr als Anfang der 2000er-Jahre gedacht, als man sich zu sehr auf die Brennstoffzelle fokussierte (und dabei die Erkenntnisse der Forscher aus dem 19. Jahrhundert vergaß, die mit Wasserstoff als Energiespeicher experimentiert hatten). Wasserstoff hilft auf vielfältige Weise, fossile Brennstoffe zu ersetzen, Energie zu speichern oder Wärme zu generieren. Übrigens ein Effekt, der sich häufiger bei übertriebenen Erwartungen einstellt: Potenzial wird

übersehen, weil die Erwartungen vorschnell in eine bestimmte Richtung laufen.

Als wir bei Freudenberg Sealing Technologies vor 20 Jahren beschlossen, das Thema Wasserstoff weiter zu verfolgen, lag darin ein Risiko. Es ist ja kein Naturgesetz, dass auf jeden enttäuschten Hype eine neue Hochphase folgt. Manche Technologien und Ideen kommen nicht zum Fliegen, mancher Hype bleibt Illusion. Aber wir waren früh überzeugt, dass Wasserstoff mehr ist als nur eine Blase: Wasserstoff ist gekommen, um zu bleiben. Daran halten wir fest, auch wenn sich derzeit die Geschichte wiederholt. In letzter Zeit sind vermehrt Zweifel und Warnungen zu lesen und zu hören, dass es doch nicht so schnell geht und noch viel Forschung vonnöten ist.

Kommt uns das bekannt vor? In der Tat. Und deswegen schauen wir vergleichsweise gelassen in die Zukunft: Global betrachtet stellen zahlreiche Regierungen finanzielle Mittel für ihre Wasserstoffpläne bereit. Dass diese Zeit benötigen, um Wirkung zu entfalten, war zu erwarten. Aber das Geld wird einer Branche helfen, die noch nicht ausreichend auf Skalierungseffekte setzen kann. Es wird helfen, jene Durchschlagskraft zu erreichen, die ab einer gewissen Größe auch ohne Subventionen trägt. Das unterstreicht allerdings auch: Politische Unterstützung ist weiterhin dringend geboten. Regierungen müssen hartnäckig am Ball bleiben, Rahmenbedingungen schaffen und Sicherheit geben – sonst schaden sie sich und ihrer Wirtschaft.

Dass sich in den kommenden Monaten und Jahren immer wieder Zweifel und Rückschläge einstellen werden, gehört jedoch zu einer gesunden Entwicklung dazu. Dass Forschungsarbeit zu leisten ist, ebenfalls. Uns schreckt das nicht, sondern es spornt

Regierungen müssen hartnäckig am Ball bleiben, Rahmenbedingungen schaffen und Sicherheit geben – sonst schaden sie sich und ihrer Wirtschaft.

uns an, denn in Forschung und Innovation sehen wir als Freudenberg Sealing Technologies ja gerade unsere Stärke. Wir wollen aktiv die Entwicklung zur Wasserstoffwirtschaft mitgestalten.

Einsatzfelder gibt es mehr als genug. In der vorliegenden Ausgabe der ESSENTIAL werden wir eine Reihe davon präsentieren. Wasserstoff ist ein herausforderndes Element: Es diffundiert leicht durch viele Materialien, hat eine sehr geringe Dichte, nimmt also großen Raum ein, und es versprödet Material. Kurz gesagt, es stellt extrem hohe Anforderungen zum Beispiel an Dichtungen. Und weil Produktion, Lagerung, Transport und Anwendung von Wasserstoff nach wie vor in der Entwicklung sind, haben sich an vielen Stellen auch noch keine standardisierten Prozesse, Produkte und Technologien durchgesetzt. Es ist somit eine ideale Situation, um sich mit Materialkompetenz und Ingenieursgeist zu beteiligen, vielleicht sogar zur Standardisierung und Skalierung beizutragen. All das unterstreicht: Es lohnt sich, bei jedem Hype einen klaren Kopf zu behalten. ©

Wir waren früh überzeugt, dass Wasserstoff mehr ist als nur eine Blase: Wasserstoff ist gekommen, um zu bleiben.

Inhalt

08

Bilderstrecke

Wasserstoff in der Schwerindustrie, aus der Wüste und aus der Luft.

03

In fünfzig Worten
Hype oder Hoffnung?

04

Essay
Die Wasserstoffzukunft wurde mehrmals verschoben.



14

Strategiegelgespräch
Über das globale Potenzial von Wasserstoff.

19

Zahlencheck
Wasserstoff steht an der Spitze der chemischen Elemente.

20

Kapazitäten ausbauen
Auf dem Weg zur industriellen Herstellung von Wasserelektrolyseuren.

24

Brennstoffzelle
So lassen sich leistungsfähige Dichtungen rasch integrieren.



30

Infografik
Der Regenbogen: von weißem über violetten bis braunen Wasserstoff.

26

Vereinfachte Elektrolyse

Weltmarktführer Enapter setzt auf Freudenberg-Dichtungen.

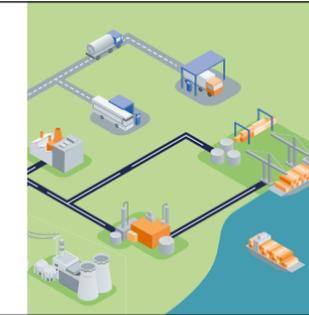
36

Infrastruktur schaffen

Wie lässt sich Wasserstoff über weite Distanzen transportieren?

32

Wasserstoffmotoren
Weniger Emissionen – volle Leistung.



40

Kompressoren
Innovation für Hochdruck gesucht.



45

Jetzt erzähle ich
Wasserstoff: Image und Sicherheit.

46

Faszination Technik
Eine Hochdruckdichtung mit cleverem Design.

48

Hintergrund
Das richtige Material als Basis für optimal arbeitende Dichtungen.

52

Wissenswert
Neues aus der Welt von Freudenberg Sealing Technologies.

54

Feedback und Kontakt
Wir freuen uns auf den Dialog mit Ihnen!

42

Länderfokus

Rohstoffgigant Australien vor der Wasserstoff-Energiewende.



Stahlproduktion

Es gibt wenige Industriezweige, die so viele Emissionen verursachen wie die Stahlproduktion. In den Hochöfen werden Koks und Eisenerz bei bis zu 2.000 Grad Celsius geschmolzen. Das löst den Sauerstoff aus dem Eisenerz, es entsteht Roheisen und CO₂. In einer Pilotanlage in Lingen soll der Koks nun durch Wasserstoff ersetzt werden. Denn auch mit H₂ lassen sich derart hohe Temperaturen erzielen, und statt CO₂ entsteht dabei nur Wasser. Der Effekt: 80 Prozent weniger Emissionen in der Stahlherstellung. Doch was im Kleinen funktioniert, bleibt für die Branche eine große Herausforderung. Schließlich sind die nur für die Stahlherstellung benötigten Mengen von Wasserstoff immens. Deren Erzeugung aus rein grünen Quellen wäre derzeit noch gar nicht möglich und würde eine enorme Kraftanstrengung bedeuten. ©





NEOM

„NEOM“, das Land der Zukunft, nennt Saudi-Arabien sein ambitioniertes Zukunftsprojekt. An der Küste des Roten Meeres soll eine große grüne Sonderwirtschaftszone entstehen. Geplant sind unter anderem eine klimaneutrale Großstadt und ein riesiges Industriegebiet – inklusive einer der größten Elektrolyseanlagen der Welt. Schon 2026 sollen dort rund 650 Tonnen grüner Wasserstoff am Tag produziert werden. Die Nähe zum Roten Meer bietet genügend Wasser für die Elektrolyse und günstige Bedingungen für erneuerbare Energien. Doch trotz der Ambitionen, zu einer Metropole der Nachhaltigkeit zu werden, steht NEOM in der Kritik: Für die Bauprojekte wurden mehrere lokale Stämme teilweise gewaltsam umgesiedelt. Und auch die Eingriffe in das Ökosystem an der Meeresküste werden von Umweltschützern beanstandet. ©

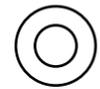




Luft

Was australischen Forschern gelang, klingt surreal. Sie gewannen aus Luft äußerst reinen Wasserstoff. Und zwar per Direct-Air-Elektrolyse (DAE) mit einem Wirkungsgrad von 95 Prozent. Das zeigte ein Testlauf im australischen Melbourne mit fünf kleinen, von Solarzellen betriebenen DAE-Modulen. An sonnigen Tagen produzierten sie bei 20- bis 40-prozentiger Luftfeuchtigkeit anderthalb Liter Wasserstoff. Im Kern besteht ein Modul aus Glaswolle zwischen zwei Platinelektroden. Die in Schwefelsäure getränkte Glaswolle ist wasseranziehend und absorbiert Wasserdampf. Prototypen sollen schon mit vier Prozent relativer Luftfeuchtigkeit auskommen. Selbst in der Sahelzone sind es durchschnittlich 20 Prozent. Es wäre somit möglich, grünen Wasserstoff in trockensten Gegenden zu erzeugen, ohne kostbares Süßwasser zu verbrauchen. ©





STRATEGIEGESPRÄCH

Wasserstoffhype

Die Zukunftsaussichten für Wasserstoff schwanken seit Jahrzehnten zwischen Hype und Ernüchterung. Aber, diesmal ist etwas anders: Marcel Schreiner, Global Segment Director, Energy bei Freudenberg Sealing Technologies, erklärt, warum er überzeugt vom langfristigen Potenzial ist und wieso es bei der Dichtungstechnologie auf eine radikal neue Erfindung ankommt.



Marcel Schreiner

Als Global Segment Director, Energy bei Freudenberg Sealing Technologies ist Marcel Schreiner verantwortlich für den Vertrieb an Kunden weltweit. Er hat im Bereich Energie sämtliche Anwendungen im Blick, in denen es um Dichtungslösungen geht: Produktion genauso wie Transport, Lagerung oder Anwendung. Schreiner ist studierter Ingenieur und bereits seit seinem dualen Studium 2002 bei Freudenberg Sealing Technologies.





Es braucht einen radikalen Ansatz. Das ist unser Anspruch, dafür steht Freudenberg seit 175 Jahren.“

HERR SCHREINER, WARUM IST WASSERSTOFF DAS ZUKUNFTSTHEMA?

Erlauben Sie mir die Gegenfrage: warum nicht? Spannend ist ja, dass das Thema immer in Wellen auftaucht. Anfang der 2000er-Jahre zum Beispiel dachten viele, das Brennstoffzellenauto stehe kurz vor dem Durchbruch. Danach kam die Ernüchterung. Heute haben wir eine andere Situation: Wir wissen, dass es ohne Wasserstoff nicht gehen wird. Etwa 170 Länder haben eine Dekarbonisierungsstrategie – wer wirklich CO₂-neutral sein möchte, braucht Wasserstoff. Der aktuelle Hype beschränkt sich nicht mehr nur auf einzelne Applikationen wie

die Brennstoffzelle, sondern betrifft die Dekarbonisierung der gesamten Industrie. Sehr relevant ist er vor allem für die Stahlindustrie und die chemische Industrie.

WAS HAT IN DEN 2000ER-JAHREN DEN HYPE GESTOPPT?

Was mit jedem Hype passiert: Er legt sich irgendwann wieder. Der Markt war zur damaligen Zeit noch nicht bereit. Die Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff wurde nicht mitgedacht. Die Frage lautet jedoch, was zieht man daraus für Lehren? Wir hatten zu Beginn des damaligen Hypes eine eigenständige Geschäftseinheit für Wasserstoff gegründet. Wir hatten uns

Know-how erarbeitet. Als sich der weltweite Durchbruch nicht einstellen würde, hätten wir das auch alles in die Schublade stecken können. Doch wir haben uns bewusst dagegen entschieden. Die aktuelle Entwicklung gibt uns recht. Perspektive steckt nicht mehr nur in der Anwendung, sondern auch in der Herstellung, der Elektrolyse, und allen Schritten dazwischen.

ELEKTROLYSE IST ABER NICHT GLEICH ELEKTROLYSE ...

Richtig, es gibt aktuell verschiedene Verfahren. Für uns ist derzeit die Elektrolyse mit anionenleitender Membran (AEM) interessant: Sie könnte günstig und effektiv sein – aber sie ist noch

nicht ausgereift. Hier können wir jedoch unsere Entwicklungskompetenz einbringen. Alkali-Elektrolyse hat eine starke chemische, korrosive Umgebung, da ist das richtige Material eine Herausforderung. Bei der Protonenaustauschmembran-Elektrolyse (PEM: Proton Exchange Membrane) geht es vor allem um hohen Druck. Zwei unterschiedliche Herausforderungen, aber beides Bereiche, in denen wir uns auskennen. Wir sind zudem gut in der Herstellung hoher Stückzahlen, da haben wir Automatisierungskompetenz. Das ist auch für Kunden attraktiv, wenn sie später skalieren wollen.

EINE STANDARDISIERUNG IST ABER NOCH NICHT IN SICHT?

Das ist die große Herausforderung, die uns auch künftig begleiten wird: Jeder Kunde hat ein individuelles Design, die Übertragbarkeit ist beschränkt.

WARUM SIND DIE KUNDEN DA SO UNTERSCHIEDLICH?

Aus der Historie heraus. Lange Zeit waren die Leistungen relativ gering, jetzt brauchen wir aber bis 2050 mindestens 1.200 Gigawatt Elektrolysekapazität, um die globalen CO₂-Ziele zu erreichen. Die heutige Kapazität liegt eher bei drei Gigawatt. Eine sehr große Diskrepanz. Deswegen verfolgt jetzt jeder seine eigene Strategie: Die einen fühlen sich wohl mit den bisherigen kleinen Dimensionen, weil sie das gut können, die anderen wollen schnell wachsen, weil sie das Potenzial sehen. Aus diesen Ansätzen entwickeln sich zwangsläufig verschiedene Technologien.

SOLCHE INDIVIDUELLEN LÖSUNGEN SIND ABER AUCH EINE MARKTCHANCE FÜR PRODUZENTEN.

Durchaus, aber auch wir sind trotzdem an Standardisierung interessiert. Unser Vorteil: Wir haben derzeit so viele Kunden im Elektrolysebereich, dass wir sehr früh eingebunden werden. Da ergibt sich die Chance, Standardisierung selbst zu fördern. Das bedeutet Prozesssicherheit für die Kunden, wenn sie auf bewährte Designs zurückgreifen können.

SIE HATTEN DIE HOHEN MATERIELLEN ANFORDERUNGEN ERWÄHNT – ZUM BEISPIEL BEI KOMPRESSOREN.

Für mobile Anwendungen erfolgt die Speicherung von Wasserstoff bei 350 oder 700 bar – das muss man erst einmal komprimieren. Wasserstoff ist sehr flüchtig, hochpermeativ und leicht brennbar. Nicht viele Kompressoren sind überhaupt in der Lage, 700 bar oder mehr zu erreichen. Insgesamt ist der Verschleißgrad bei diesen extremen Anforderungen recht hoch. Die Lebensdauer für Dichtungen liegt daher heute bei wenigen Hundert Betriebsstunden.

DAS IST SEHR WENIG.

Ja. Und es kitzelt unseren Ingenieursehrgeiz, unsere Entwicklerseele. Wir würden gerne eine Lösung entwickeln, die deutlich langlebiger ist. 1.000 Stunden wären ein guter Anfang.



Es kitzelt unseren Ingenieurehrgeiz, unsere Entwicklerseele. Die Anforderungen an Druck, Geschwindigkeit, und das alles bei Trockenlauf – das können nicht viele. Das motiviert uns.“

Die Anforderungen an Druck, Geschwindigkeit, und das alles bei Trockenlauf – das können nicht viele. Das motiviert uns. Außerdem: Wenn ich eine Dichtung habe, die für einen Kolbenkompressor funktioniert, dann ist es auch einfach, dieses System an vielen anderen Stellen einzusetzen, von der Tankstelle bis zur Elektrolyse.

IST DER WERKSTOFF DABEI DIE HERAUSFORDERUNG?

Vermutlich wird es die Kombination aus Werkstoff und Design sein. Eigens entwickelte, verschleißarme Hochleistungsthermoplaste liegen nahe, die unter hohen Belastungen wenig Extrusion zeigen. Vielleicht auch als Blendung mit Fasern. Aber das sind derzeit alles Spekulationen, wir werden sicherlich eine gewisse Material- und Technologieoffenheit an den Tag legen müssen. Die Lösung wird vermutlich ein radikaler Ansatz, aber den braucht es an der Stelle auch. Das ist unser Anspruch, dafür steht Freudenberg ja seit 175 Jahren.

AUCH BEIM TRANSPORT SIND DICHTUNGEN NÖTIG ...

Beim Transport haben wir die Situation, dass die Industrie sich noch nicht geeinigt hat, welche Herangehensweise sich hier durchsetzt. Wobei alle Möglichkeiten Varianten von bereits bestehenden Technologien sind. Es ist kein so relevanter Unterschied, ob ich in meinen Pipelines Erdgas transportiere oder Wasserstoff. Auch die Umwandlung in Ammoniak zum besseren Transport gibt es schon seit 100 Jahren, nämlich beim Thema Düngemittel. Die technologischen Hürden werden also weniger hoch sein. Wir beobachten das, aber wir sehen uns

da gut aufgestellt, sobald klar wird, welche Lösung sich durchsetzt. Andere Bereiche bieten eine größere technologische Herausforderung.

AKTUELL MEHREN SICH STIMMEN, DIE BEFÜRCHTEN, DASS DAS THEMA WASSERSTOFF DOCH VIEL LANGSAMER KOMMEN WIRD.

Ich sprach ja eingangs vom Hype der 2000er. Wir hatten jetzt erneut einen kleinen Hype durch die Ankündigungen diverser Investitionsprogramme, von US-Präsident Bidens „Inflation Reduction Act“ bis hin zu Europas „Green Deal“. Aktuell befinden wir uns in einer Phase des Realismus. Es geht nicht so schnell, wie viele sich eingeredet haben. Das ist aber völlig logisch und überrascht mich gar nicht.

SIE HABEN DAS ERWARTET?

Ja. Denn bevor wir über Wasserstoffanwendungen sprechen, muss der Wasserstoff erst einmal da sein. Es ist vollkommen logisch, dass wir eine zeitliche Verzögerung haben, je weiter ich in der Wertschöpfungskette entfernt bin. Die Brennstoffzelle kann nicht durch die Decke gehen, wenn noch kein Wasserstoff zur Verfügung steht. Deswegen zögern aktuell viele, in die entsprechenden Projekte zu investieren, und dieser Eindruck verstärkt den Pessimismus. Aber wir dürfen nicht übersehen, dass sehr wohl investiert wird. Auf der ganzen Welt gibt es Förderprogramme. Es ist jedoch gar nicht so einfach, so viele Milliarden Euro auszugeben. Hier trifft also politische Ambition auf nüchterne bürokratische Realität. Aber an der Perspektive für Wasserstoff ändert sich nichts.

DAS KLINGT WIEDERUM RECHT OPTIMISTISCH.

Wir nehmen bei den Unternehmen eine viel positivere Stimmung wahr als in der breiten Öffentlichkeit. Viele Unternehmen, insbesondere die Elektrolysehersteller, haben gut gefüllte Auftragsbücher. Wenn der Hype-Zyklus wieder anzieht, wird es darum gehen, die Marktanforderungen schnell bedienen zu können.

WORAUF KOMMT ES DANN AN?

Wir haben an uns den Anspruch, wenn der Kunde unser Produkt testet, sollte es direkt ein Volltreffer sein. Da sind wir aktuell noch nicht immer – das ist in dieser Phase auch kein Problem. Aber wenn der Zug ins Rollen kommt, macht das den Unterschied. Wir wollen bereit sein, wenn der Kunde bereit ist.

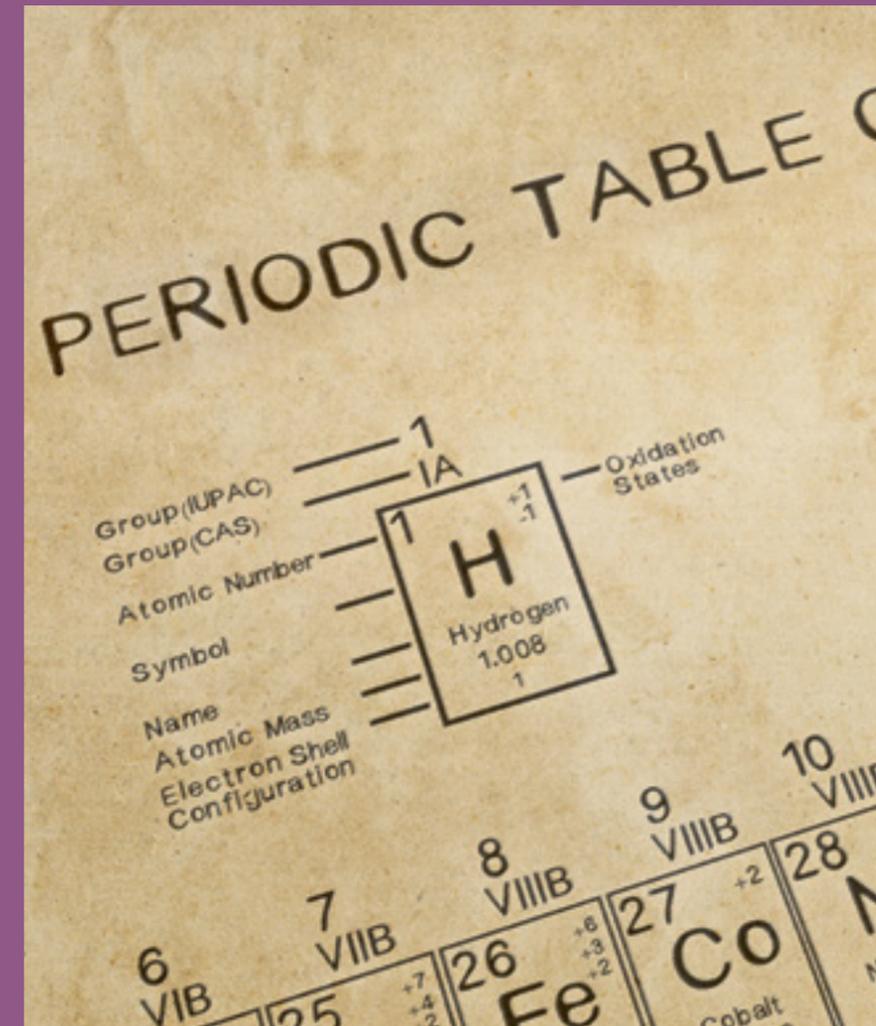
DER TREND ZUM WASSERSTOFF IST NICHT UMKEHRBAR?

Nein. Alles potenziert sich: Wenn wir jetzt Wasserstoff verstärkt grün produzieren, zieht das noch mehr Ausbau für Solar- und Windenergie nach. Gleichzeitig haben wir Megatrends wie Elektromobilität und künstliche Intelligenz – beides wird Energie benötigen. Das alles hängt zusammen – und mittendrin steht der Wasserstoff. ©



ZAHLENCHECK

Nummer 1



Seit Ende 2015 umfasst das Periodensystem 118 chemische Elemente. Auf ewig angeführt wird es vom Wasserstoff mit der Ordnungszahl 1. Wasserstoff ist das Element mit der geringsten Atommasse (1,008 u). Daneben verfügt es über die denkbar einfachste Atomstruktur, bestehend aus einem Proton im Atomkern und einem Elektron in der Atomhülle. Das Ende des 18. Jahrhunderts erstmals von Forschern nachgewiesene Gas ist zugleich das häufigste Element unseres Sonnensystems. Es stellt rund 93 Prozent aller Atome und 75 Prozent der Masse. Selbst die Sonne besteht zu über 70 Prozent aus Wasserstoff. Daneben bestehen die Gasplaneten Jupiter und Saturn vorwiegend aus Wasserstoff und Helium, die beide auch die äußeren Schichten des Uranus und des Neptuns bilden. Auf der Erde kommt Wasserstoff dahingegen nur in gebundener Form vor. Allen voran als Wasser. Damit ist Wasserstoff maßgeblich für das Leben auf der Erde. Die Sonne spendet Licht und Wärme. Das Wasser hilft Menschen, Tieren und Pflanzen, ihre Lebensfunktionen aufrechtzuerhalten. Nun soll Wasserstoff das Leben auf dem Blauen Planeten noch lebenswerter machen. Und zwar als Speicher und Lieferant möglichst grüner Energie. Wasserstoff: so einfach, so wertvoll. ©



Bereit für den Ausbau

Die Nachfrage nach Wasserstoff steigt. Das bedeutet auch, dass die Elektrolysekapazitäten weltweit ausgebaut werden müssen. Artur Mähne, Global Segment Manager, Hydrogen Technologies, berichtet, wie Freudenberg Sealing Technologies die Elektrolyseurhersteller dabei unterstützt.

Die globale Wasserstoffproduktion lag 2022 bei 95 Millionen Tonnen – doch nur 0,1 Prozent davon wurden mittels Wasserelektrolyse erzeugt. Das ist den Zahlen eines aktuellen Berichts des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung (ISI) zu entnehmen. Sie spiegeln wider, worin sich alle Parteien in der Debatte um den globalen Wasserstoffbedarf einig sind: Es sind mehr Elektrolyseure nötig. Und das möglichst bald. „Wir sind für den Ausbau der Herstellungskapazitäten gut aufgestellt – besonders in Bezug auf grünen Wasserstoff“, sagt Artur Mähne, Global Segment Manager, Hydrogen Technologies. Und dafür leistet Freudenberg Sealing Technologies einen wichtigen Beitrag. „Wir haben uns über die Jahre ein sehr tiefes Applikationsverständnis aufgebaut und können unsere Kunden aufgrund unserer Material- und Prozesskompetenz eingehend beraten, wenn es darum geht, die Elektrolyseur-Stacks richtig abzudichten.“

Fokus auf grünem Wasserstoff

Dabei fokussiert sich Freudenberg Sealing Technologies im Moment besonders auf die Elektrolyseverfahren, die zur Herstellung von grünem Wasserstoff verwendet werden können: die Anionenaustauschmembran-Elektrolyse (AEM: Anion Exchange Membrane) und die Protonenaustauschmembran-Elektrolyse (PEM: Proton Exchange Membrane). Beide Elektrolyseurtechnologien lassen sich schnell hoch- und runterfahren und können deshalb in Kombination mit unsteten erneuerbaren Energien eingesetzt werden. Bei der PEM-Elektrolyse werden die Stack-Komponenten von einem FKM-Werkstoff, also Fluorkautschuk, abgedichtet. „Der ist beständig gegen die hohen Sauerstoffdrücke innerhalb des Elektrolyseurs“, erklärt Mähne. Für die AEM-Elektrolyse, die in einer alkalischen Umgebung stattfindet, kommt dagegen ein EPDM-Werkstoff, also ein Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk, zum Einsatz.



Links: Anhand dieses Prüfkörpers wird kontrolliert, ob die Elastomere richtig mit der metallischen Trägerplatte verbunden sind.

Unten: Der Metallrahmen für den Elektrolyseur wird mit einer Elastomerdichtung umspritzt.



Rechts: Dieser Prüfkörper dient zur Kontrolle der Bindung zwischen Kunststoffen und Elastomeren, die bei Elektrolyseuren mit thermoplastischen Rahmen zum Einsatz kommt.



Beide Werkstoffe sind bekannte Größen im Portfolio von Freudenberg Sealing Technologies. Doch sie werden für die Anwendung in der Elektrolyse ständig weiterentwickelt. Bei der Entwicklung eines passenden Materials für die dritte, die alkalische Elektrolyse, verhält es sich ganz ähnlich. „Die Kombination aus Kalilauge und Sauerstoff stellt die Materialien vor große Herausforderungen, deshalb wird hier häufig noch PTFE, also Polytetrafluorethylen, eingesetzt“, sagt Mähne. Unter bestimmten Bedingungen kann jedoch ebenfalls EPDM verwendet werden. „Auch hier sind wir dabei, den Werkstoff weiterzuentwickeln.“

Prozesssicherheit bei Assemblierung

Unabhängig davon, welcher Werkstoff den Zuschlag erhält, werden die Dichtungen direkt auf die Trägerplatte aufgetragen. Je nach Verfahren kann diese Platte ein thermoplastischer Rahmen oder eine Bipolarplatte sein. „Das kann durch Overmolding geschehen, also indem wir den Werkstoff direkt auf die Trägerplatte spritzen, oder durch eine mechanische Verzahnung“, erklärt er. „Wichtig ist es, eine Verbindung zu schaffen, die sich nicht ablöst, sondern die über die gesamte Lebensdauer stabil ist.“ Ein besonders kritischer Moment für diese Verbindung: die Assemblierung der Stacks. Die Dichtung darf sich bei der Montage nicht verdrehen, verrutschen oder gar herausfallen. Besonders bei großen Anlagen ist es sehr arbeitsintensiv, die einzelnen Komponenten zu montieren. „Da braucht es eine große Prozesssicherheit von unserer Seite, um sicherzustellen, dass alles an seinem Platz bleibt. Und die bieten wir“, sagt Mähne.

Trägerplatte und Dichtung aus einer Hand

Das Auftragen der Dichtungswerkstoffe geschieht bei Freudenberg Sealing Technologies. „In Zukunft sind auch andere Konzepte wie beispielsweise eine Art Shop-in-Shop-Fertigung denkbar, aber das geben die bestellten Stückzahlen im Moment noch nicht her“, erklärt Mähne. Um den logistischen Aufwand für die Kunden jedoch so gering wie möglich zu halten, hat das Unternehmen eine andere Lösung gefunden. „Wir haben bei Freudenberg viel Erfahrung mit Kunststoffen, deshalb wären wir in der Lage, die thermoplastischen Rahmen selbst herzustellen. Für die Bipolarplatten mit einem Flow Field haben wir Partner, die die Platten direkt an uns liefern.“ Die Kunden können dann bei Freudenberg Sealing Technologies die Trägerplatte und die Dichtung bestellen und bekommen alles aus einer Hand geliefert.

Damit die Nachfrage nach Wasserstoff – und ganz besonders grünem Wasserstoff – in den nächsten Jahren gedeckt werden kann, ist die industrielle Herstellung von Elektrolyseuren unabdingbar. Bei dem Ausbau ihrer Fertigungskapazitäten stehen Mähne und sein Team ihren Kunden zur Seite. Ob sich



Artur Mähne

Artur Mähne ist Global Segment Manager, Hydrogen Technologies bei Freudenberg Sealing Technologies. Er ist global verantwortlich für den Vertriebsbereich Hydrogen Technologies im Segment Energy mit Schwerpunkt auf Elektrolyseure und Brennstoffzellen. Besonders wichtig ist ihm die Entwicklung kundenspezifischer Dichtungslösungen, die die industrielle Fertigung von Elektrolyseuren ermöglichen. „Damit stellen wir die Weichen für die Zukunft und erschließen eine neu entstehende Industrie sowie neue Märkte.“

eines der Verfahren durchsetzen wird, ist noch nicht absehbar. „Ich denke, dass wir mindestens bis 2050 noch alle drei Verfahren nutzen werden“, sagt Mähne. Alle drei haben Vor- und Nachteile, die sie für unterschiedliche Anwendungsgebiete zur besten Methode machen. Unabhängig davon, welches Verfahren sich vielleicht einmal durchsetzen wird, Mähne ist sich sicher, dass an der Wasserelektrolyse kein Weg vorbeiführt: „Wir glauben stark an den grünen Wasserstoff als Industriezweig und sehen es als unsere Pflicht, unsere Kunden dahingehend zu unterstützen, diese Technologie tatsächlich industrialisieren zu können.“ ©

Drei Elektrolyseverfahren im Vergleich

Alkalische Elektrolyse (AEL: Alkaline Electrolysis)

Verfahren: Die AEL nutzt eine wässrige Lösung aus Kaliumhydroxid (KOH) oder Natriumhydroxid (NaOH) als Elektrolyt, um die Leitfähigkeit des Wassers zu verbessern. Die Elektroden sind in diese Lösung getaucht, physisch voneinander getrennt und nur durch Strom verbunden, der das Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt. Der Wasserstoff sammelt sich an der Kathode und der Sauerstoff an der Anode.

Vorteile: Bei der AEL handelt es sich um ein langjährig erprobtes Verfahren. Da keine Edelmetalle verwendet werden, sind die Investitionskosten geringer als bei anderen Verfahren.

Nachteile: Alkalische Elektrolyseure benötigen viel Platz und zudem eine konstante Stromzufuhr. Deshalb sind sie nicht besonders gut für den Betrieb mit Wind- oder Solarkraft geeignet. Da die im Inneren verwendete Lösung ätzend ist, unterliegen sie außerdem strengen Sicherheitsvorschriften.

Protonenaustauschmembran-Elektrolyse (PEM: Proton Exchange Membrane)

Verfahren: Die PEM-Elektrolyse verwendet eine feste Polymermembran als Elektrolyt. Diese Membran trennt die beiden Elektroden, die Edelmetalle als Katalysatoren enthalten. Wenn Strom durch den Elektrolyseur fließt, wird Wasser an der Anode in Protonen, Elektronen und Sauerstoff zerlegt. Die Protonen wandern entlang des elektrischen Felds durch die Membran zur Kathode, wo aus ihnen Wasserstoff gebildet wird.

Vorteile: PEM-Elektrolyseure können schnell aus dem Stand-by-Betrieb hochgefahren werden. Das macht sie ideal für den Einsatz mit erneuerbaren Energien wie Wind- oder Solarenergie. Außerdem hat der entstehende Wasserstoff eine hohe Reinheit. Sie sind kompakt gebaut und können in kleineren Anlagen genutzt werden.

Nachteile: PEM-Elektrolyseure sind teuer in der Herstellung, denn hier kommen Edelmetalle wie Platin oder Iridium, aber auch Titan und fluorierte Membranpolymere zum Einsatz. Das System ist darüber hinaus empfindlicher gegen Verunreinigungen als alkalische Elektrolyseure.

Anionenaustauschmembran-Elektrolyse (AEM: Anion Exchange Membrane)

Verfahren: In der AEM-Elektrolyse wird an der Kathode Wasserstoff gebildet. Gleichzeitig wandern negativ geladene Hydroxidionen durch die Anionenaustauschmembran zur Anode, wo der Sauerstoff entsteht. Dieses Verfahren verwendet eine stark verdünnte alkalische Lösung als flüssige Elektrolyt, der einerseits die Elektroden vor Korrosion schützt und andererseits die Leitfähigkeit des Wassers verbessert.

Vorteile: Die AEM-Elektrolyse ist ähnlich flexibel wie die PEM-Elektrolyse und kann ebenfalls in Kombination mit Wind- und Wasserkraft verwendet werden. Hier werden jedoch keine Edelmetalle verbaut, weshalb AEM-Elektrolyseure günstiger in der Herstellung sind und theoretisch das optimale Trade-off zwischen AEL- und PEM-Elektrolyse darstellen.

Nachteile: Die AEM-Elektrolyse ist eine relativ neue Technologie, die technisch noch nicht ganz ausgereift ist, besonders was die Stabilität der Membranmaterialien angeht. Deshalb gibt es bislang nur wenige Erfahrungswerte bezüglich der Lebensdauer und der Langzeitstabilität.





Die Wegbereiter

Für den Schwerlastverkehr ist die Brennstoffzelle eine sinnvolle Antriebstechnologie. In ihr erfüllen Dichtungen wichtige Aufgaben. Neben der Auswahl des richtigen Werkstoffs sind bei der Produktion integrierte Lösungen gefragt.



Wir kennen die Brennstoffzellentechnologie in- und auswendig. Wir wissen, worauf es bei den Dichtungen ankommt.“

Jürgen Emig, Director Pre-Product Development Hydrogen Applications bei Freudenberg Sealing Technologies

Jürgen Emig und Dr. Alexander Hähnel glauben an die Brennstoffzelle und an deren Erfolgsaussichten. Schließlich hat sie das Zeug dazu, Industriesektoren zu dekarbonisieren – und Vorteile gegenüber alternativen Antriebsarten. „Die Brennstoffzelle erlaubt größere Reichweiten als batteriebetriebene Fahrzeuge und sie hat einen besseren Wirkungsgrad als synthetische Kraftstoffe“, betont Hähnel, Werkstoffspezialist bei Freudenberg Sealing Technologies. „Daneben sind die Energiekosten bei der Brennstoffzelle pro gefahrenem Kilometer etwa 50 Prozent niedriger als bei E-Fuels.“ Wenn es um den Durchbruch der Brennstoffzelle geht, dann sehen beide ihn gleichwohl zunächst im Schwerlastverkehr und bei stationären Einrichtungen. Emig, Director Pre-Product Development Hydrogen Applications bei Freudenberg Sealing Technologies, weiß: „Im Gegensatz zum Pkw gibt es bei Trucks, Bussen, Baumaschinen, Logistikfahrzeugen, Schiffen und Flugzeugen schon einen sehr interessanten Markt.“

Skaleneffekte dank integrierter Dichtungslösungen

Ein wichtiger Erfolgsfaktor bei Brennstoffzellen ist deren wirtschaftliche Herstellung. Ein Stellhebel: die rasante Integration Hunderter Dichtungen in die Brennstoffzellen-Stacks. „Wir sind in der Automobilbranche dafür bekannt, unsere Produkte in hohen Stückzahlen prozesssicher zu fertigen“, so Emig. „Genau darauf kommt es den Herstellern von Brennstoffzellen auch bei den von ihnen benötigten Dichtungen an.“ Denn die Branche will bereit sein, wenn die Nachfrage nach Brennstoffzellen anzieht. Um die notwendigen Skaleneffekte zu erzielen, sind die filigranen Dichtungen zudem automatisiert auf den Bipolarplatten, Kunststofffolien oder Gasdiffusionslagen der Brennstoffzellen aufzubringen. Bislang erfolgt dies in einzelnen Prozessschritten. Freudenberg Sealing Technologies kann die Dichtungen dahingegen per Spritzguss direkt auf die vom Kunden bevorzugten Substrate applizieren. „Da wir auch Bipolarplatten und Gasdiffusionslagen anfertigen können, bekämen die Abnehmer von uns alles aus einer Hand“, sagt Hähnel. Integrierte Lösungen wie die aufgespritzten Dichtungen werden jedenfalls nötig sein, um kostengünstig hohe Taktzahlen zu realisieren und Ausschuss zu vermeiden.

Zum Problemlöser konnte Freudenberg werden, da sich das Unternehmen seit mehr als 20 Jahren intensiv mit der Brennstoffzellentechnologie befasst. Selbst dann, als der allgemeine Hype um sie zwischenzeitlich abebbte. „Wir kennen die Technologie in- und auswendig. Wir wissen deshalb, worauf es bei den Dichtungen ankommt“, sagt Emig. Und so bedient das Unternehmen die komplette Brennstoffzellenperipherie mit Komponenten. Von Ventildichtungen bis zum Druckausgleichs-

element DIAvent®. In den Stacks dichten Gaskets einzelne Zellen beziehungsweise Bipolarplatten gegeneinander ab. So tritt weder Wasserstoff aus, noch dringen andere Medien ungewollt in die Brennstoffzelle ein.

Hochleistungsfähiges Elastomer

Worauf es bei den Dichtungen noch ankommt, ist das richtige Material. „Wir haben mit Fuel Cell Polyolefin (FCPO) einen Werkstoff kreiert, der heute serienmäßig in Niedertemperatur-PEM-Brennstoffzellen verbaut wird“, sagt Hähnel. Die Stärken von FCPO sprechen für sich. Denn FCPO ist permeationsdicht. Selbst die kleinen Wasserstoffmoleküle können ihn nur langsam durchwandern. Zudem reagieren Brennstoffzellen sehr sensibel auf schädliche Substanzen, wie sie sich oft in Kautschukmischungen finden. Aus den Dichtungen gelangen diese Substanzen dann allmählich in die Brennstoffzelle, was deren Leistung mindert. FCPO enthält keine schädlichen Substanzen. Auch ist das Elastomer im Gegensatz zu gängigen Silikonlösungen langlebiger und widersteht Temperaturen bis 120 Grad Celsius, gerade in Kontakt mit Wasser und typischen Kühlmedien. Ein weiteres Plus: Wenn FCPO auf die Bipolarplatte aufgebracht wird, dann ist eine Überkopfmontage möglich (Verliersicherung) – sogar ohne Haftvermittler. Das Material selbst bietet ausreichende Haftung, verklebt aber nicht mit den anderen Bauteilen. So erfüllt es jetzt schon die Forderung an ein sortenreines Recycling. Mit FCPO und cleveren Integrationsideen ist Freudenberg Sealing Technologies Wegbereiter für den Bau von Brennstoffzellen zu wettbewerbsfähigen Preisen. ©



KUNDENSTORY

Elektrolyse auf die einfache Art

Ein deutsch-italienisches Unternehmen hat ein patentiertes Verfahren zur Erzeugung von grünem Wasserstoff entwickelt. Dabei setzt die Enapter AG auf flexible und leicht skalierbare Geräte. Ein Erfolgsfaktor: Dichtungen von Freudenberg Sealing Technologies.

Der erste Megawatt-Elektrolyseur von Enapter vereint 2,4-Kilowatt-Module in einer Containerlösung.

Wie wird man eigentlich Weltmarktführer? Zum Beispiel, indem man ein wenig beachtetes Elektrolyseverfahren verfeinert und damit die Wasserstoffproduktion derart attraktiv macht, dass sich Firmen und Haushalte gleichermaßen angesprochen fühlen. Genau das hat die Enapter AG erreicht. Das deutsch-italienische Unternehmen fertigt Anlagen für die Anionenaustauschmembran-Elektrolyse (AEM: Anion Exchange Membrane). Bislang spielten diese im globalen Elektrolyse-Mix eine untergeordnete Rolle. Enapter ist auf dem Weg, dies zu ändern. Jan-Justus Schmidt ist als Mitgründer des Unternehmens überzeugt, „dass wir durch die Flexibilität unserer AEM-Elektrolyse mit den bislang führenden Verfahren konkurrieren können“. Das sind die Protonaustauschmembran-Elektrolyse (PEM: Proton Exchange Membrane) und die traditionelle alkalische Elektrolyse (AEL).

Der Vorteil liegt auf der Hand: PEM-Elektrolyseure benötigen teure und seltene Edelmetalle wie Iridium. Die AEM-Stacks von Enapter kommen mit kostengünstigem Nickel und Stahl aus und produzieren dennoch äußerst reinen Wasserstoff. Das spart weitere Reinigungsprozesse. Zusätzlicher Pluspunkt ist der vergleichsweise einfache Aufbau der Enapter-Anlagen. Er erlaubt eine modulare Planung und Realisierung, was zugleich die Entwicklungszeiten neuer Stacks reduziert. Gegenüber der AEL punkten die AEM-Elektrolyseure, da die AEL für den Bau großer Anlagen ausgelegt ist. Dahingegen kann Enapter kleine AEM-Module zu wettbewerbsfähigen Kosten anfertigen und sich so interessante Märkte erschließen.

Modulare Lösungen

Unter dem Strich bietet Enapter in Europa konzipierte und gefertigte leistungsfähige Anlagen zu attraktiven Preisen. Die Basis bilden kleine 2,4-Kilowatt-Module, die sich rasch zu größeren Systemen zusammenfassen lassen. Enapter kann die Elektrolyseure so an die jeweiligen Bedürfnisse anpassen. Darüber hinaus bietet das Unternehmen Standardgrößen an. Etwa die Single-Core-Lösung des 2,4-Kilowatt-Elektrolyseurs. Oder die beiden Multi-Core-Anlagen AEM Flex 120, in denen 50 der 2,4-Kilowatt-Stacks verbaut sind, und die Megawatt-Lösung AEM Nexus, in der 420 dieser Stacks in einer Containerlösung gebündelt werden. „Diese Modularität macht unsere Technologie für den Wasserstoffmarkt attraktiv und zugänglich“, weiß Schmidt. „Sie ermöglicht damit die Energiewende für kleine und mittlere Unternehmen, aber auch für Haushalte.“

So eignet sich der Single-Core-Elektrolyseur in der Größe einer Mikrowelle für Eigenheime, die eine autarke Energieanwendung anstreben. „Die Energie der Sommersonne wird als grüner



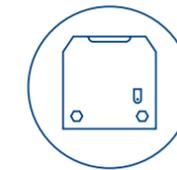
Ohne Dichtungen keine Elektrolyse.“

Jan-Justus Schmidt,
Mitgründer Enapter AG



Rechts: Im italienischen Pisa fertigt Enapter seine patentierten AEM-Stacks.

Unten: Der Megawatt-Elektrolyseur ist das Herzstück eines Hydrogen-Terminals der Technischen Universität Braunschweig.



420

Stacks bündelt die Enapter AG, um eine Wasserstoffleistung von einem Megawatt zu erzielen.

Wasserstoff in einem Speicher gesammelt und im Winter zur Wärmeerzeugung genutzt“, verdeutlicht Schmidt. Derweil nutzt seit Kurzem ein mittelständisches Klinkerwerk den AEM Flex 120. Mit ihm macht sich das Unternehmen beim energieintensiven Brennen der Klinkersteine vom Gas unabhängiger. Der Elektrolyseur von Enapter wandelt die Solarenergie vom Fabrikdach in grünen Wasserstoff um und führt ihn direkt der Produktion zu. Da die Stromkosten in der kommerziellen Elektrolyse den größten Teil der Gesamtkosten darstellen, sind erneuerbare Energien aus einer eigenen Erzeugungsanlage am günstigsten. Enapters Megawatt-Elektrolyseur eignet sich unter anderem besonders gut für Wasserstofftankstellen.

Energiewende für Industrie und Gewerbe

Mit Enapter-Produkten gelingt Unternehmen ein einfacher Einstieg in die Wasserstoffwirtschaft. „Die Firmen müssen gar nicht mit großen Investitionen starten. Sie können sich mit unseren Lösungen herantasten und mit der Zeit wachsen“, so Schmidt. „Kunden, die zunächst kleinere Anlagen erworben haben, setzen heute auf unsere Megawatt-Lösung. Und durch den Bedarf der Industrie nach grünem Wasserstoff sind unsere größeren Lösungen inzwischen stärker gefragt als noch vor einigen Jahren.“ Inzwischen kommen die AEM-Elektrolyseure von Enapter auf weltweit über 1,5 Millionen Arbeitsstunden. Das macht das Unternehmen zum Weltmarktführer in der AEM-Elektrolyse. Eine Software überwacht die Anlagen, um die

Sicherheit und Verlässlichkeit zu gewährleisten. Zudem erlauben die Daten, die Anlagen weiterzuentwickeln. Mittlerweile beginnen etablierte Elektrolysehersteller, sich im vorkommerziellen Bereich mit der AEM-Elektrolyse zu befassen. Schmidt wertet das als positives Zeichen, da der Wettbewerb das AEM-Potenzial erkenne.

Um selbst in den dynamischen Wachstumsmärkten Nordamerika und Fernost zu wachsen, greift Enapter auf die bereits bewährte Partnerstrategie zurück. Enapter trainiert und zertifiziert Partner, die die AEM-Elektrolyseure als Komponente einer Gesamtlösung vertreiben. In China ist Enapter sogar ein Joint Venture mit Wolong eingegangen. Das Unternehmen zählt zu den drei größten Elektromotorenherstellern der Welt. Von der Kooperation mit Wolong verspricht sich Schmidt den einfachen und schnellen Marktzugang für seine AEM-Elektrolyseure.

Große Dichtungskompetenz gefragt

Doch auch ein noch so gut konzipierter Elektrolyseur wäre nichts ohne die Leistungsfähigkeit der zahlreich in ihm verbauten Dichtungen. Fällt nur eine Dichtung aus, dann käme es zu einem Druckabfall, was den Stack beschädigen und die Wasserstoffproduktion unterbrechen würde. „Ohne Dichtungen keine Elektrolyse“, bringt es Schmidt auf den Punkt. Seit mehreren Jahren verbaut Enapter Dichtungen von Freudenberg Sealing Technologies, insbesondere dort, wo die Anforderun-

gen an Qualität und Sicherheit besonders hoch sind. „Uns fasziniert der tolle Mix aus sehr hoher technischer Kompetenz und einem sehr guten menschlichen Umgang miteinander“, berichtet Schmidt. „Wir haben von Anfang an gemeinsam Lösungen erarbeitet und wirken überaus gut zusammen.“ Das beidseitige Verständnis für die Elektrolysetechnologie bildet folglich die Basis der langjährigen Kooperation. Auch wenn es darum geht, den Hochlauf der Produktion durch integrierte Dichtungslösungen zu ermöglichen, weiß Enapter den Dichtungsspezialisten als Problemlöser an seiner Seite. „Und über die Qualität der Materialien und die Prozesssicherheit bei Freudenberg Sealing Technologies müssen wir gar nicht erst reden, die sind beide top“, betont Schmidt.

Enapter sieht sich jedenfalls bestens gerüstet, das Wachstum der Wasserstoffindustrie mit seinen AEM-Anlagen zu fördern. Schließlich ist Schmidt sicher, dass „der Wagen der Wasserstoffwirtschaft auf globaler Ebene am Rollen ist. Er wird sich nicht aufhalten lassen. Und wir sind an Bord“. ©



INSIDE

ELEKTROLYSEDICHTUNGEN

In den Elektrolyse-Stacks der Enapter AG sind an mehreren Dichtstellen verschiedene Dichtungslösungen von Freudenberg Sealing Technologies verbaut. Das ist möglich, da Freudenberg Sealing Technologies ein breites Portfolio an Dichtungslösungen bietet, von O-Ringen über Gaskets bis zu integrierten 2K-Dichtungskomponenten. Dabei können die Dichtungsexperten das Design und das Material der Dichtungen speziell an die Umgebungsbedingungen in Elektrolyseanwendungen anpassen, um flüssigen Elektrolyt, Sauerstoff und auch Wasserstoff in den dafür vorgesehenen Bereichen zu halten.

Kompetenz in Material, Design und Prozess für:

Integrierte Dichtungslösungen

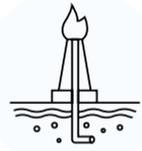
Dichtung angebunden auf Kunststoffrahmen oder Bipolarplatte

O-Ringe und Gaskets

Rapid Prototyping bis Großserienfertigung



Erfahren Sie mehr zu Dichtungslösungen für Wasserstoffanwendungen



Weiß

Dies ist der natürliche Wasserstoff, der in unserer Umwelt existiert. Meist ist er in tief liegende Gesteinsschichten eingelagert. Er kann durch hydraulisches oder thermisches **Fracking** gewonnen werden.

CO₂-neutral: NEIN

Thermisches Fracking ist nur dann CO₂-neutral, wenn dafür ausschließlich erneuerbare Energien verwendet werden.



Gelb

Der Strom für die Elektrolyse dieses Wasserstoffs stammt aus dem derzeit verfügbaren **Strommix**.

CO₂-neutral: NEIN

Da der weltweite Strommix 2023 nur zu ca. 30 Prozent aus erneuerbaren Energien bestand, ist er (noch) nicht klimaneutral.



Orange

Für die Herstellung dieses Wasserstoffs wird **Biomasse** verwendet. Das geschieht auf zweierlei Arten. Entweder durch das Erhitzen der Biomasse, wobei der Wasserstoff aus den entstehenden Gasen gefiltert wird. Oder durch Elektrolyse, bei der ausschließlich Strom aus Müllverbrennungsanlagen verwendet wird.

CO₂-neutral: NEIN

Beim Verbrennen der Biomasse wird unter anderem CO₂ freigesetzt.



Violett

Auch dieser Wasserstoff wird durch Elektrolyse gewonnen. Dafür kommt ausschließlich **Atomstrom** zum Einsatz.

CO₂-neutral: NEIN

Zwar ist die Erzeugung von Atomstrom CO₂-neutral, jedoch werden im gesamten Lebenszyklus der Atomkraft, beispielsweise beim Uranabbau oder der Brennelementherstellung, CO₂-Emissionen verursacht.



Grün

Der Strom für die Elektrolyse stammt ausschließlich aus **erneuerbaren Energien** wie Photovoltaik oder Windkraft.

CO₂-neutral: JA

Der einzige Wasserstoff, der CO₂-neutral und umweltfreundlich hergestellt wird.



Türkis

Für die Herstellung dieses Wasserstoffs wird kein Wasser verwendet, sondern **Methangas**. Bei der Methanpyrolyse wird Methan unter hohen Temperaturen in festen Kohlenstoff und Wasserstoff zerlegt.

CO₂-neutral: JA

Anstelle von CO₂ entsteht fester Kohlenstoff, der anschließend weiterverwendet werden kann.



Blau

Dieser Wasserstoff entsteht durch die Dampfreduzierung von **Erdgas**. Dabei reagiert Methan mit Wasserdampf.

CO₂-neutral: NEIN

Das entstandene CO₂ wird nicht in die Atmosphäre geleitet, sondern in den Untergrund verpresst.



Braun

Für die Herstellung dieses Wasserstoffs wird **Braunkohle** unter hohen Temperaturen und kontrollierter Sauerstoffzufuhr in Synthesegas umgewandelt.

CO₂-neutral: NEIN

Das Synthesegas besteht im Wesentlichen aus H₂ und CO₂.



Grau

Dieser Wasserstoff wird aus **Erdgas** gewonnen. Mittels Dampfreformierung wird Methan in Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid umgewandelt. So wird derzeit weltweit der meiste Wasserstoff hergestellt.

CO₂-neutral: NEIN

Das Verhältnis von Wasserstoff zu Kohlenstoffdioxid im Erdgas ist 1:10, ebenso ist der Anteil an hergestelltem Wasserstoff und freigesetztem CO₂.



Schwarz

Ähnlich wie brauner Wasserstoff wird hier Kohle als Grundlage für die Herstellung des Wasserstoffs verwendet. Anstelle von Braunkohle wird hier jedoch **Steinkohle** verwendet, die vergast und in Wasserstoff und Kohlenmonoxid aufgespalten wird.

CO₂-neutral: NEIN

Genau wie brauner Wasserstoff setzt auch dieser Prozess erhebliche Mengen an CO₂ frei.

© Der Wasserstoffregenbogen

Wasserstoff ist nicht gleich Wasserstoff. Obwohl er eigentlich farblos ist, unterscheiden wir ihn in verschiedene Farbklassen – und die richten sich nach der Herstellung. Ob grün, grau oder gelb: Wir erklären, was dahintersteckt.

Mit sauberer Kraft voran

Wasserstoffmotoren sind technisch weit fortgeschritten und bereit für die Serienproduktion. In vielen Fällen können sie einen herkömmlichen Verbrennungsmotor ersetzen.

Zu Land, zu Wasser und in der Luft: Verbrennungsmotoren bringen Fahrzeuge voran und als Stationäraggregate sichern sie beispielsweise eine Stromversorgung. Idealerweise passiert das künftig umweltfreundlich sowie klimaneutral ohne Schadstoff- und CO₂-Ausstoß. Das rückt Wasserstoff als Treibstoff in den Fokus. Statt fossiler Brennstoffe wie Benzin oder Diesel zündet Wasserstoff im Brennraum des Motors und liefert so die Antriebsenergie. Die Verbrennung ist sauber – lediglich Wasserdampf und Stickoxide entstehen als Abfallprodukt. Ist der Wasserstoff klimaneutral hergestellt, fällt kein CO₂-Ausstoß an. Auf diese Weise wird der Wasserstoffmotor zur Alternative für batterieelektrische Antriebe oder die Brennstoffzelle.

Die Technik ist sehr weit entwickelt. Die großen Motorenhersteller haben erste Wasserstoffmotoren auf dem Markt oder bereiten die Serienfertigung vor, Fahrzeughersteller stehen ebenfalls in den Startlöchern. Dabei haben sie Anwendungen im Blick, in denen bisher vor allem der Dieselmotor gepunktet hat. Zum Beispiel Deutz: Deren Wasserstoffmotor TCG 7.8 H₂ leistet 220 Kilowatt (299 PS) und entwickelt ein Drehmoment von 1.000 Newtonmeter. Er basiert auf dem Diesel-Sechszylindermotor TCD 7.8, und überall dort, wo dieser eingesetzt wird, ließe sich die Wasserstoffvariante mit ebenfalls 7,8 Liter Hubraum verwenden, sagt das Unternehmen. Die Serienproduktion ist für Ende dieses Jahres geplant.

Umrüstung des Motors notwendig

Wasserstoffmotoren profitieren davon, dass die Verbrennungstechnik sehr weit fortgeschritten ist, Motorenproduktionen etabliert sind und dichte Servicenetze bestehen. Es ist freilich nicht einfach damit getan, einem Dieselmotor den anderen Treibstoff zu geben. „Die Umrüstung ist notwendig. So müssen zum Beispiel sämtliche Dichtungen auf Wasserstoff ausgerichtet sein. Vor allem das Einspritzsystem muss komplett überarbeitet werden, damit sich bei der Verbrennung ein ähnlicher Wirkungsgrad wie bei Dieselmotoren erzielen lässt“, beschreibt Robin Möller, Global Segment Director im Bereich Power Generation bei Freudenberg Sealing Technologies. „Der Wasserstoffmotor ist



eine Weiterentwicklung der bekannten Verbrennungstechnologie und wird für anspruchsvolle Anwendungen als mittel- und langfristige Lösung zur Emissionsreduzierung wahrgenommen. Daher sind Produkte für die Wasserstoffverbrennung fester Bestandteil unserer Wasserstoffstrategie.“ Die Ausgangsposition ist vorzüglich: Das Unternehmen hat jahrzehntelange Erfahrung in der Entwicklung und Produktion der vielen unterschiedlichen Dichtungskomponenten für Gasverbrennungsmotoren.



10

Minuten dauert es, um ein Wasserstofffahrzeug zu betanken.

Doch im Vergleich zu konventionellen Motoren sind die Anforderungen an die Dichtungen deutlich höher. Dabei gibt es zwei Hauptziele: Zum einen die Wasserstoffpermeation minimieren, also das Entweichen dieses äußerst flüchtigen Gases aus dem System sowie das Eindringen ins Dichtungsmaterial. Und zum anderen die Lebensdauer der Dichtungen trotz anderer chemischer und mechanischer Gegebenheiten so hoch zu halten, wie es Betriebsdauer und Wartungszyklen erfordern.

Hightech-Dichtungsmaterialien sind verfügbar

„Die Auswahl des Dichtungsmaterials ist entscheidend“, sagt Möller. „Wir haben nicht nur ein sehr breites Werkstoffwissen – bei uns sind auch Hightech-Materialien für den Wasserstoffeinsatz verfügbar.“ Wie bisher schon bei traditionellen Verbrennungsmotoren helfe das Unternehmen mit dieser umfassenden Kompetenz, Wasserstoffmotoren ebenfalls zur Perfektion zu bringen.

Daimler Truck erprobt den Alltagsbetrieb bereits. Zusammen mit 17 Konsortialpartnern entwickelte der Fahrzeughersteller einen Wasserstoff-Verbrennungsmotor für Praxiseinsätze. Das erste Fahrzeug ist ein Unimog. Dabei lassen sich auch am Fahrzeug angebrachte Arbeitsmaschinen über den schadstoffarmen Verbrenner betreiben. Den 213 Kilowatt (290 PS) starken Motor versorgen vier 700-bar-Hochdrucktanks mit insgesamt 13 Kilogramm gasförmigem Wasserstoff.

Das US-Unternehmen Cummins ist einer der größten Motorenhersteller und hat auf Fachmessen den Wasserstoffmotor B6.7H gezeigt. Aus 6,7 Liter Hubraum schöpft er eine Leistung von 216 Kilowatt (290 PS) und ein Drehmoment von 1.200 Newtonmeter.

Das Aggregat basiere auf einer vollständig neu entwickelten Motorenplattform, um Leistungsdichte, Reibungsverluste und thermische Effizienz zu optimieren, beschreibt Cummins. Als Ergebnis biete der Motor dieselbe Leistung wie ein vergleichbarer Dieselmotor und sei vollständig kompatibel mit Antriebsstrang, Getriebe und Wasserkühlern. Ein weiterer Vorteil des B6.7H sei das deutlich leisere Laufgeräusch im Vergleich zum Dieselmotor.

Das Unternehmen hat den Wasserstoffmotor versuchsweise in einen handelsüblichen Lastwagen der Klasse zehn bis 26 Tonnen Gesamtgewicht eingebaut, wie sie im Verteilerverkehr gängig ist. Bei Fahrleistung, Nutzlast und Ladefläche gebe es keine Unterschiede. Wartungsarbeiten inklusive Kosten seien vergleichbar zu Dieselmotoren. Diese Lösung biete laut Cummins somit eine kostengünstige Technik, um die Dekarbonisierung des Transportsektors voranzutreiben. Der „Concept Truck“ speichere den Wasserstoff ebenfalls in 700-bar-Hochdrucktanks. Damit habe er bis zu 500 Kilometer Reichweite – ausreichend für den typischen Alltagsbetrieb und mehr als ein vergleichbarer Lastwagen mit batterieelektrischem Antrieb. In nur zehn Minuten können beide Tanks neu befüllt werden. Außer-



Tanken wie gewohnt: Innerhalb weniger Minuten gibt man dem Wasserstofffahrzeug an der Tankstelle die volle Reichweite.

dem arbeitet Cummins am Wasserstoffmotor X15H mit 15 Liter Hubraum für schwere Nutzfahrzeuge.

Stationäreinsatz von Wasserstoffmotoren

Eine hohe Bedeutung habe zudem der stationäre Einsatz von Wasserstoffmotoren, sagt Robin Möller. „Etwa in Notstromaggregaten. Das Spektrum reicht bis hin zu sehr großen Ausführungen mit mehreren Megawatt Leistung für Einrichtungen wie Krankenhäuser, Flughäfen und Datacenter.“ Die Lebensdauer solcher Großmotoren liege bei 20 bis 30 Jahren – so lange müssen die Dichtungen ihre Funktion erfüllen.

„Unsere Kunden sehen Freudenberg Sealing Technologies als Technologiepartner, denn wir beraten mit tiefem Wissen rund um Dichtungen – zu Materialien, Design und Herstellungsverfahren. Darüber hinaus investiert das Unternehmen kontinuierlich in Forschung und Entwicklung, um die Leistungsfähigkeit und Langlebigkeit der Dichtungen weiter zu verbessern“, sagt der Experte. Dies schließe die Erforschung neuer Materialien und Herstellungsverfahren ein, die den steigenden Anforderungen gerecht werden. „So wird das Optimum erzielt und auf diese Weise die Wasserstofftechnik vorangebracht.“ ©

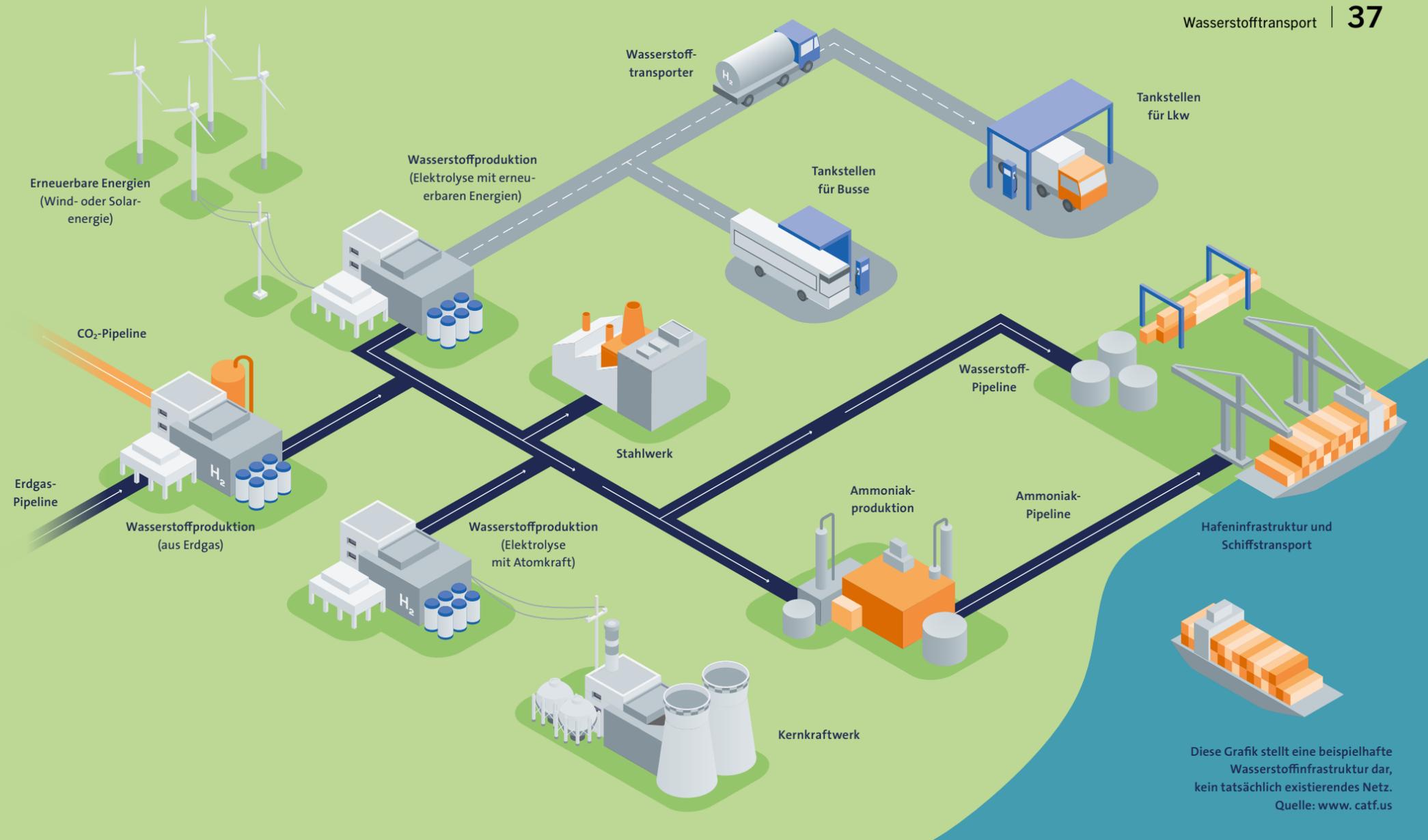


Unsere Kunden sehen Freudenberg Sealing Technologies als Technologiepartner, denn wir beraten mit tiefem Wissen rund um Dichtungen – zu Materialien, Design und Herstellungsverfahren.“

Robin Möller, Global Segment Director im Bereich Power Generation bei Freudenberg Sealing Technologies



Auf dem Weg zur Infrastruktur



Diese Grafik stellt eine beispielhafte Wasserstoffinfrastruktur dar, kein tatsächlich existierendes Netz.
Quelle: www.catf.us

*Die Nachfrage nach grünem Wasserstoff steigt stetig. Doch wie kommt er dorthin, wo er benötigt wird?
Dr. Britta Mayerhöfer, Application Specialist Hydrogen bei Freudenberg Sealing Technologies, beleuchtet Herausforderungen und Chancen einer flächendeckenden Wasserstoffinfrastruktur.*

Wasserstoff ist längst nicht mehr nur ein Energieträger der Zukunft. Vielmehr ist er bereits ein wichtiger und etablierter Rohstoff in der chemischen Industrie. Glashütten, Stahlwerke und Chemieparks – sie alle brauchen Wasserstoff, sei es zur Herstellung von Ammoniak und Methanol oder aber zur Dekarbonisierung einzelner Prozessschritte. Für Letzteres ist grüner Wasserstoff notwendig. „Häufig kann der aber andernorts günstiger produziert werden“, erläutert Dr. Britta Mayerhöfer, Application Specialist Hydrogen, Freudenberg Sealing Technologies. „Deshalb ist es so wichtig, eine gute Wasserstoffinfrastruktur zu schaffen. Im Fokus steht zuerst die Industrie, denn hier lassen sich mit grünem Wasserstoff viele Emissionen vermeiden“, sagt sie. Danach sollen die Luftfahrt und der Schwertransport folgen. „Sobald wir ausrei-

chende Mengen an grünem Wasserstoff zur Verfügung haben, können wir ihn schrittweise auch für Pkw oder sogar zum Heizen nutzen.“

Import über den Seeweg

Zuerst geht es darum, die Industriestandorte mit den Häfen zu verbinden. Denn besonders in Europa sind viele Länder langfristig auf den Import von grünem Wasserstoff angewiesen. Der kommt häufig aus Nordafrika, Südamerika oder Australien – also auf dem Seeweg. Als Gas ist Wasserstoff zu voluminös, um ihn per Schiff zu transportieren. Deshalb wird er entweder verflüssigt oder chemisch in Ammoniak, Methanol oder Methan umgewandelt. Die Verflüssigung von Wasserstoff ist ein sehr energieintensiver Vorgang, weil das Gas auf



Dr. Britta Mayerhöfer

Dr. Britta Mayerhöfer ist Application Specialist Hydrogen bei Freudenberg Sealing Technologies. Schon in ihrer Promotion legte sie den Fokus auf Elektrolyse und Elektrochemie und arbeitete anschließend an der Entwicklung von Protonenaustauschmembran-Elektrolyseuren und Elektrolysekomponenten. Bei Freudenberg Sealing Technologies ist sie für die globale Geschäftsentwicklung im Wasserstoffsektor verantwortlich. „Wir schauen auf die gesamte Wasserstoff-Wertschöpfungskette und überprüfen die Applikationen auf ihre Potenziale und auf ihre Relevanz für die unterschiedlichen Regionen der Welt.“

minus 253 Grad Celsius abgekühlt und bei dieser Temperatur gehalten werden muss. Für große Mengen ist dieses Verfahren keine gängige Praxis.

Um den Wasserstoff in Ammoniak oder Methanol umzuwandeln, wird ihm vor dem Transport Stickstoff oder Kohlenstoff hinzugefügt. Ammoniak kann bei einer Temperatur von nur minus 33 Grad Celsius transportiert werden, Methanol ist gar nicht zu kühlen. „Die chemische Industrie benötigt beide Stoffe ohnehin als Ausgangsstoffe“, erklärt Mayerhöfer. „Wenn ich sie grün herstellen kann, dann ist das natürlich ein Vorteil.“ Beim Transport von Ammoniak und Methanol hat die chemische Industrie viel Erfahrung. Jedoch bringen die riesigen in Zukunft benötigten Mengen zur Deckung des Bedarfs in Europa neue Herausforderungen mit sich. „Dafür bräuchten wir ausreichend Zwischenlager oder andere Speichermöglichkeiten. Und nicht alle Häfen verfügen über geeignete Importterminals zum Be- und Entladen von Ammoniak oder Methanol“, gibt Mayerhöfer zu bedenken. Die Stoffe sind gewässergefährdend und unterliegen bestimmten Transportauflagen. Entweichen sie ins Meer, kann das toxisch für die Lebewesen in der Umgebung sein.

Einheitliche europäische Infrastruktur

Ist der grüne Wasserstoff erst einmal auf dem Festland eingetroffen, dann lässt er sich auf verschiedene Arten weiterbefördern: per Zug, per Lkw oder per Pipeline. „Im Rahmen des europäischen ‚Green Deal‘ ist man sehr um einen einheitlichen Binnenmarkt bemüht, damit sich der Wasserstoff über Landesgrenzen hinweg innerhalb der Europäischen Union einfach transportieren lässt“, so Mayerhöfer. Das sei jedoch gar nicht so leicht: „In Europa ist zunächst einiges an Koordination gefragt, bevor ein gemeinsames Wasserstoffnetz starten kann. Das braucht Zeit“, sagt sie. Anders geschieht es beispielsweise in den USA. „Hier werden lokal konzentrierte Wasserstoff-Hubs – also Modellregionen – aufgebaut, die meist alle Aspekte der Wertschöpfungskette von Herstellung über Transport bis zur Endnutzung abbilden.“

Neue Materialien für Kompressoren

Wo immer künftige Netze über das Festland verlaufen, lässt sich der Wasserstoff via Pipeline transportieren. Der Vorteil: Er muss dafür weder verflüssigt noch umgewandelt werden. In einigen Fällen sind für den Transport sogar bestehende Erdgas-Pipelines nutzbar, erklärt Mayerhöfer: „Solange wir Erdgas fördern und dann fünf bis zehn Prozent Wasserstoff beimischen, kann die bestehende Infrastruktur meist weiter verwendet werden.“ Sollte jedoch reiner Wasserstoff durch die Leitungen gehen, dann hilft nur umrüsten. Die Dichtungen entlang der Pipelines müssen auf ihre Kompatibilität mit dem deutlich flüchtigeren Stoff hin überprüft werden. Das Hauptproblem sieht Mayerhöfer aber in den Kompressoren: „Die in Erdgasnetzen gebräuchlichen Turbokompressoren sind nicht gut



LNG-Terminals könnten in Zukunft auch dafür genutzt werden, importierten Wasserstoff zwischenzulagern und weiterzuverteilen.



-253° C

Umgebungstemperatur braucht flüssiger Wasserstoff.

geeignet, um den Wasserstoff auf das benötigte Drucklevel zu bringen.“ Kompressoren sind jedoch entscheidend, damit der Wasserstoff mit ausreichendem Druck durch die Pipeline fließt. „Deshalb fokussieren wir uns bei Freudenberg Sealing Technologies auf die Dichtungen für Kolbenkompressoren“, erklärt sie. „Wir optimieren unsere Materialien genau auf die Betriebsanforderungen dieser Kompressoren.“

Fehlende Gewissheit

Wenn also das Pipelinennetz ausgebaut wird, ist Freudenberg bereit. Doch noch befindet sich das Wasserstoffkernnetz im

Bau und soll erst bis 2032 fertiggestellt sein. Und es fehlt noch eine entscheidende Zutat – der Wasserstoff. „Das ist ein grundsätzliches Problem: Es gibt noch nicht genügend grünen Wasserstoff, damit sich große Investitionen in eine flächendeckende Infrastruktur lohnen. Umgekehrt ist es schwer, einen guten Business Case für Wasserstoff aufzubauen, wenn die nötige Infrastruktur für Transport und Verteilung fehlt“, sagt sie. Denn anders als etwa bei erneuerbaren Energien, beispielsweise einer Solaranlage, fallen neben den Investitionskosten auch die Betriebskosten stark ins Gewicht. „Grüner Wasserstoff ist noch wesentlich teurer als grauer und es fehlen Anreize für Unternehmen, in grünen Wasserstoff zu investieren.“

Diese müssten vonseiten der Politik geschaffen werden. „Um die Versorgung mit grünem Wasserstoff auszubauen, braucht es Planungssicherheit sowohl für die Erzeuger als auch für die Abnehmer“, sagt Mayerhöfer. Ein weiterer Grund für die Verzögerung des Ausbaus der Wasserstoffinfrastruktur ist die Regulatorik, die erst im Entstehen ist: „Im Moment gibt es viele Konzepte, in welcher Form und auf welchem Weg der Wasserstoff vom Produktionsort zur Endnutzung gebracht werden kann. Wir forschen und entwickeln in ganz viele Richtungen“, sagt sie. Doch um sowohl die Wasserstoffherstellung als auch die Infrastruktur schnellstmöglich hochzufahren, braucht man einen klaren Rahmen. „Gemeinsam mit unseren Kunden haben wir im Kleinen für vieles eine Lösung gefunden. Sobald klar ist, wo es hingehen soll, können wir mit der Skalierung starten.“ ©



Mit Hochdruck an der Lösung

Wasserstoff muss stark komprimiert werden, damit man ihn transportieren und nutzen kann. Damit kommen aktuelle Kompressorendichtungen an ihre Grenzen: Sie verschleißen schneller als gewünscht. Es braucht – eine neue Idee.



700 bar

sind für die Anwendung von Wasserstoff vonnöten – eine anspruchsvolle Aufgabe.

Vor etwa zwei Jahren erzählten erstmals Kunden Dominik Schneider, Segment Manager Fluid Handling Europe, von einem Problem: Ihre Kompressoren, die Wasserstoff auf 700 bis über 1.000 bar verdichten, müssen häufig gewartet werden. Vor allem, weil die Dichtungen enormen Belastungen ausgesetzt sind und sehr schnell verschleißen. „Anwender würden wohl gerne einmal im Jahr die Geräte warten“, schätzt Schneider. Aktuell sind es bei ungeschmierten Kleinkompressoren eher alle vier Monate. Und jeder Ausfall kostet Geld.

Wasserstoff braucht Platz. Aus der Elektrolyse kommt Wasserstoff meist

mit einem Druck von etwa 20 bar heraus. Das bedeutet, um zum Beispiel 100 Kilo Wasserstoff zu speichern, benötigt man zu diesem Zeitpunkt etwa das Volumen eines Schwimmbeckens. Für den Transport ist das zu platzintensiv. Die naheliegende Lösung: Der Wasserstoff wird komprimiert. Mit rund 70 bar wird er durch Leitungen geschickt, und spätestens, wenn er als Antriebsstoff ins Auto getankt werden soll, sind die erwähnten 700 bis über 1.000 bar Druck vonnöten. 100 Kilo Wasserstoff würden jetzt in einen handelsüblichen Kühlschrank passen. Methoden und Werkzeuge, um den Wasserstoff zu komprimieren, gibt es einige – beispielsweise

Kolbenkompressoren. Eine Technik, die bis ins 18. Jahrhundert zurückreicht. Generell kann sie sehr hohe Drücke erzeugen. Aber Wasserstoff ist eine Herausforderung: Das Gas muss im Trockenlauf komprimiert werden, diffundiert sogar durch Metall. Der hohe Druck führt zu sehr hohen Temperaturen und belastet die Dichtungen. Einer der Gründe, warum Schneiders Kunden zunächst gar nicht an Freudenberg Sealing Technologies dachten: „Es war vielen nicht geläufig, dass wir auch Kolbendichtungen im Portfolio haben“, sagt er. Zudem geht es hier oft um eher geringe Stückzahlen, sodass Kunden direkt vom Handel bedient werden.

Kolbenkompressoren sind vielseitig und variabel

Ähnlich wie bei anderen Prozessen rund um Wasserstoff ist noch nicht entschieden, welche Technologie sich durchsetzen wird. Aber Kolbenkompressoren haben Vorteile. Sie sind vielseitig, können Durchflussraten regulieren und sie sind variabel: „Man kann Wasserstoff damit sehr elegant mehrmals hintereinander verdichten, um den Druck sukzessive zu erhöhen“, sagt Schneider. Aber so wie die Dichtungen bislang konstruiert sind, verschleißen sie eben zu schnell. Eine neue Idee, eine innovative Erfindung, ist gefragt.

Wahrscheinlich muss dabei die Dichtung für eine hohe Wasserstoffkompression komplett neu gedacht werden. „Wir sprechen hier von der berühmten grünen Wiese“, sagt



Wir sprechen hier von der berühmten grünen Wiese.“

Dominik Schneider,
Segment Manager Fluid Handling Europe

Schneider. Es existiert kein überzeugendes funktionierendes System. Der Ingenieur bekommt keine fertige Zeichnung vorgesetzt, sondern muss selbst kreativ werden: „Das kommt nicht häufig vor.“ Das heißt, Freudenberg Sealing Technologies kann hier die eigenen Unternehmensstärken ausspielen: Materialkenntnis, Erfahrung beim Design, Routine in der Skalierung. Vor allem aber – den eigenen Entwicklergeist.

Die richtige Kombination aus Material und Design wird gesucht

Wahrscheinlich werden Material und Design die entscheidenden Herausforderungen sein. Gesucht wird eine Kombination, die wenig Verschleiß bei hohem Druck, hohen Temperaturen und Gleitgeschwindigkeiten bis zu fünf Metern pro Sekunde bietet. Freudenberg Sealing Technologies hat eine große Werkstoffkompetenz, unter anderem durch die vielen Projekte mit Hochleistungskunststoffen in den vergangenen Jahren. Testen ist ein zentrales Stichwort, denn die Lösungen, die dabei entstehen, sind nur in Zusammenarbeit mit den Kunden möglich. Auch deswegen ist Schneider dankbar dafür, dass bereits

so viele auf ihn zugekommen sind. Denn klar ist: „Die Lösung wird Zeit benötigen.“ Sie wird Testläufe und Versuche erfordern. „Die Kunden können bei ihren Tests nicht wissen, warum etwas nicht funktioniert – das ist unsere Aufgabe.“ Aber umgekehrt können die Ingenieure nicht entwickeln ohne die Fehleranalyse vor Ort, wenn der Kompressor im Einsatz ist. „Mit unserem Know-how und unserer Technik können wir sehr viel im Vorfeld abschätzen und analysieren“, führt Schneider aus.

Eine Einschränkung, die sich Freudenberg Sealing Technologies dabei direkt selbst auferlegt, ist ein PFAS-freies Produkt, also eine Lösung ohne per- und polyfluorierte Chemikalien. „Wenn wir schon entwickeln, dann wollen wir auch von vorneherein die Chance ergreifen, sauber im Herstellungsprozess zu sein, inklusive der Herstellung der Werkstoffe“, erklärt Schneider. Das ist nur konsequent für einen Energieträger, dessen Versprechen ebenfalls die saubere Zukunft ist. Schneider ist sehr überzeugt, dass dieses Versprechen schon bald Realität wird: „Wasserstoff ist gekommen, um zu bleiben.“ ©



LÄNDERFOKUS

Viel Platz für neue Ideen

Australien, der Kohlegigant, will künftig auf grünen Wasserstoff setzen. Sonne und Wind bieten ideale Bedingungen, das Interesse aus der Wirtschaft ist da. Das entfaltet viel Innovationspotenzial.



Kohle und Erdgas haben Australien zu einem der größten Energieexporteure der Welt gemacht. Etwa 370 Millionen Tonnen Kohle verkaufte Australien zuletzt jährlich, weltweit Rang zwei hinter Indonesien. Beim Flüssiggasexport führt das Land sogar die weltweiten Ranglisten an. Und mehr als die Hälfte des globalen Eisenerzexports stammen ebenfalls vom australischen Kontinent. Kein Zweifel: Australien ist das Kraftwerk der globalen Schwerindustrie, der Rohstoffgigant des 21. Jahrhunderts.

Australiens Potenzial für grüne Energie

Eigentlich aber hat Australien auch exzellente Bedingungen für erneuerbare Energien: Mit bis zu 3.000 Sonnenstunden pro Jahr liegt das Land auf einer Stufe mit Südeuropa oder Kalifornien und hat außerdem eine große, dünn besiedelte Landfläche für Solarprojekte. Starke und stabile Westwinde sorgen für ideale Bedingungen für Windturbinen an den langen Küstenlinien. Das wiederum hat seit einigen Jahren den Wasserstoff in den Fokus gerückt: Seit 2019 existiert eine nationale Wasserstoffstrategie, mittlerweile mit zahlreichen Förderinitiativen sowie dem „Hydrogen Headstart“-Programm, das über 1 Milliarde Euro an Subventionen bereitstellt. „Wir beobachten ein massives Interesse an Investitionen aus dem Privatsektor, darunter auch einige große Namen“, sagt Benjamin Crouch, National Business Development Manager in Australien für Freudenberg Sealing Technologies. Crouch war maßgeblich daran beteiligt, den Fokus der Geschäfte, die bislang eher klassische Produkte umfassten, auf Wasserstoff zu drehen: „Ich glaube, bald wird der Bereich größer sein als alles, was wir früher in Australien gemacht haben.“

Denn der Kontinent ist aufgebrochen in Richtung grünem Wasserstoff. Das ist nach Ansicht einiger Experten auch dringend notwendig, selbst wenn die fossilen Rohstoffe derzeit attraktiv günstig



3.000

Sonnenstunden bieten die sonnigsten Regionen Australiens im Schnitt.

wirken: „Wenn Australien mit den Investitionen in grünen Wasserstoff wartet, bis die Kosten fallen, wird es den Zug verpassen“, warnt unter anderem das Grattan Institute, ein Thinktank aus Melbourne. Crouch beobachtet, dass viele Unternehmen dem zustimmen: „Der Markt ist extrem dynamisch.“ Start-ups, die aus Universitätsprojekten entstanden sind, wetteifern mit Großkonzernen, die ursprünglich aus dem fossilen Energiesektor kommen. Jede Seite hat ihre eigenen Stärken und Herausforderungen. Für Crouch ergeben sich dadurch spannende Möglichkeiten: „Wir arbeiten mit ganz verschiedenen Kunden zusammen“, beschreibt er. Auf der Suche nach den besten Lösungen und den künftigen Standards sei Materialexpertise gefragt und die Bereitschaft, gemeinsam zu experimentieren: „Das schätzt man an uns, denn genau das sind die Stärken von Freudenberg Sealing Technologies.“

Dynamischer Markt: Ingenieursinnovation gefragt

Das größte Potenzial sieht Crouch bei den Herstellern von Elektrolyseuren. Hier sei besonders viel in Bewegung, sehr viele verschiedene Ideen werden ausgetestet und wollen sich am Markt durchsetzen. Da ist spezielle Ingenieurskunst gefragt, zum Beispiel, was das Design von Dichtungen angeht – aber auch die Fähigkeit, schnell

Produktionen zu skalieren. Pluspunkte für ihn und sein Team. Allerdings birgt der sehr dynamische Markt auch eigene Herausforderungen: „Es kommt schon vor, dass Kunden bei der Beschreibung ihrer Anforderungen Details auslassen, weil sie ihre Ideen schützen wollen – trotz Vertraulichkeitsvereinbarung.“ Das kann Prozesse in die Länge ziehen, Crouch sieht das aber gelassen: „Vertrauen kommt mit der Zeit und durch gute Zusammenarbeit.“



Benjamin Crouch

Der gebürtige Brite hat rund 15 Jahre Erfahrung im Öl- und Gassektor, unter anderem in Großbritannien und Südostasien. Vor vier Jahren zog es ihn nach Australien, weil er auf der Suche nach einer neuen Herausforderung und neuen Themen war. Seine Erfahrung und seine Kontakte im Energiesektor halfen ihm, weil auch im Bereich Wasserstoff viele Personen arbeiten, die früher in der Öl- und Gasbranche aktiv waren. Crouch ist heute als National Business Development Manager and Western Australia State Manager für Freudenberg Sealing Technologies tätig.

ausforderung aber gilt für fast alle Aspekte rund um Wasserstoff – und damit ist es eher Grund als Hindernis, die Transformation zügig anzugehen. „Wir sind immer noch ein paar Jahre entfernt vom Durchbruch“, sagt Crouch. „Aber in den nächsten zwölf Monaten wird sich ganz viel entscheiden.“ ©

Grüner Stahl als Standortvorteil?

Ein speziell landestypisches Thema ist auch der sogenannte „grüne Stahl“. Der immense australische Eisenerzexport verdeckt nämlich die Tatsache, dass die lokalen Firmen mehr Profit machen könnten, wenn sie das Erz direkt in Stahl verwandelten: Traditionelle Stahlherstellung aber erzeugt viel CO₂ – mit Wasserstoff würde der Stahl hingegen nachhaltig produziert und damit international attraktiv. Verlockend, angesichts der guten Voraussetzungen für die Wasserstoffproduktion im Land. Das ist weiterhin mit hohen Kosten verbunden und benötigt die entsprechende Infrastruktur für die Fabriken. Diese Her-



JETZT ERZÄHLE ICH

Wasserstoff

Ich bin ein sehr nützliches Gas. Doch ich habe mitunter einen schweren Stand. Ein Grund ist das Unglück des Zeppelins LZ 129 „Hindenburg“ 1937 in Lakehurst. Damals ging das Luftschiff bei der Landung in Flammen auf. 36 Menschen verloren ihr Leben. Dieses tragische Ereignis prägte mein Image für Generationen. Heute weiß man: Die Beschichtung des Textilmaterials, aus dem der Zeppelinkörper bestand, löste das Unglück aus.

Das Schutzniveau von Wasserstoffanlagen ist dank heutiger Technik sehr hoch. Deshalb passieren glücklicherweise nur selten Unfälle. Seit Jahrzehnten beispielsweise verwenden mich Raffinerien, die chemische Industrie und die Halbleiterherstellung in großen Mengen.

Entscheidende Fortschritte hat die Materialforschung gebracht. Tanks, Leitungen und Dichtungen bestehen heute aus speziell entwickelten Werkstoffen, auch für

Schweißnähte gibt es Vorgaben. Das alles macht Wasserstoffsysteme sehr widerstandsfähig gegen Beschädigungen und minimiert die Gefahr, dass ich unkontrolliert entweiche. Moderne Sensoren und Überwachungseinrichtungen erkennen selbst kleinste Lecks und leiten entsprechende Sicherheitsmaßnahmen ein. Automatisierte Abschaltssysteme tragen dazu bei, potenzielle Gefahrenquellen zu neutralisieren. Zudem sind Tanks und Leitungen in der Regel so konstruiert, dass ich sie im Falle eines Unfalls kontrolliert verlasse. Dies alles minimiert die Risiken erheblich.

Deshalb gelte ich unter Experten schon lange als genauso sicher wie andere entflammbar Substanzen. Stets gilt: Der Umgang muss verantwortungsvoll sein. So habe ich mich von einem als gefährlich eingestuften Gas zu einer sicheren und vielversprechenden Alternative für die Energiegewinnung und -speicherung entwickelt. Ich freue mich auf die Zukunft. ©





FASZINATION TECHNIK

Unter Druck in Bestform

Langlebige und leistungsfähige Dichtungen sind wesentlich für die Erzeugung von Wasserstoff in Elektrolyseuren. Das richtige Dichtungsdesign ist dabei ein entscheidender Faktor. Freudenberg Sealing Technologies überzeugt mit einer neuartigen Hochdruckdichtung.



Die Ausgangslage

Verschiedene Elektrolysearten eignen sich für verschiedene Einsatzzwecke. Elektrolyseure mit einer Protonenaustauschmembran (PEM: Proton Exchange Membrane) zeichnen sich durch einen zügigen Kaltstart und eine schnelle Reaktionszeit aus. Sie eignen sich für Anwendungen, in denen innerhalb kürzester Zeit Strom abgenommen werden muss, etwa bei der Nutzung von Strom aus Windkraftanlagen, deren Stromproduktion natürlichen Schwankungen unterliegt. Global betrachtet liegt der Marktanteil der PEM-Elektrolyseure bei etwa 30 Prozent, Tendenz steigend. Nicht zuletzt, da die zugrunde liegende Technik immer ausgereifter wird.



Das Problem

Dichtungen in Elektrolyseuren sind sicherheitsrelevant. Schließlich dichten sie die Elektrolysezellen gegeneinander ab und sorgen dafür, dass die Zwischenräume der Bipolarplatten abgedichtet werden. So verhindern sie den Austritt von Gasen und flüssigen Medien auch in die Umwelt. Standarddichtungen, etwa aus der Automobilindustrie, sind für Elektrolyseure wegen der erhöhten Druckverhältnisse völlig ungeeignet. Um die Zellen gegeneinander abzudichten, sind die Dichtungen in Nuten im Zellrahmen einzubringen. Als Schwachpunkt entpuppte sich bei den hohen Druckverhältnissen die instabile Position der Dichtungen in den Nuten.



Die Lösung

Freudenberg Sealing Technologies widmete sich dem Dichtungsdesign. Zur Klemmung in die Nut erhielt die Dichtung beidseitig kleine Haltefeatures. So bleibt die Dichtung nach der Montage zuverlässig in der Nut. Beim Querschnitt wählten die Ingenieure eine neuartige L-Form. Sobald der Elektrolyseur in Betrieb ist, steigt der Druck in seinem Inneren und aktiviert die Dichtung, die dann eine C-Form annimmt. Der Kontaktdruck der Dichtung wird erhöht, was diese zu einer verlässlichen Barriere macht. Mehrere Kunden überzeugten sich in eigenen Tests von der leistungsstarken Hochdruckdichtung und verbauen sie bereits in Serie. ©

Klemmung

Dichtungsquerschnitt bei der Montage in die Nut des Zellrahmens. Die Haltefeatures an beiden Seiten sorgen für eine stabile Position der Dichtung.

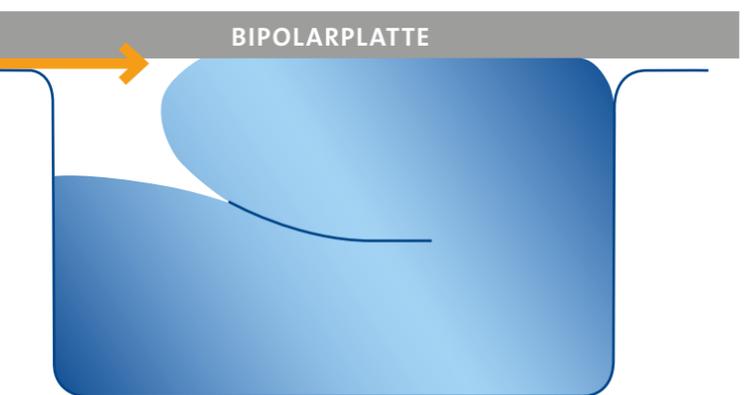


Mediendruck

BIPOLARPLATTE

Barrierewirkung

Dichtungsquerschnitt im eingebauten Zustand. Im Elektrolysebetrieb baut sich ein hoher Druck auf, der die Dichtung zusätzlich aktiviert und einen möglichen Spalt zwischen Bipolarplatte und Zellrahmen verschließt.



Erfahren Sie mehr zu Dichtungen für Elektrolyseure auf [FST.com](https://www.fst.com)

*Wasserstoffwirtschaft
ohne Dichtungen? Undenkbar.
Freudenberg Sealing Technologies
bietet sie in höchster Qualität für
die gesamte Wertschöpfungskette
an. Die Basis: gezielt entwickelte
Materialien.*



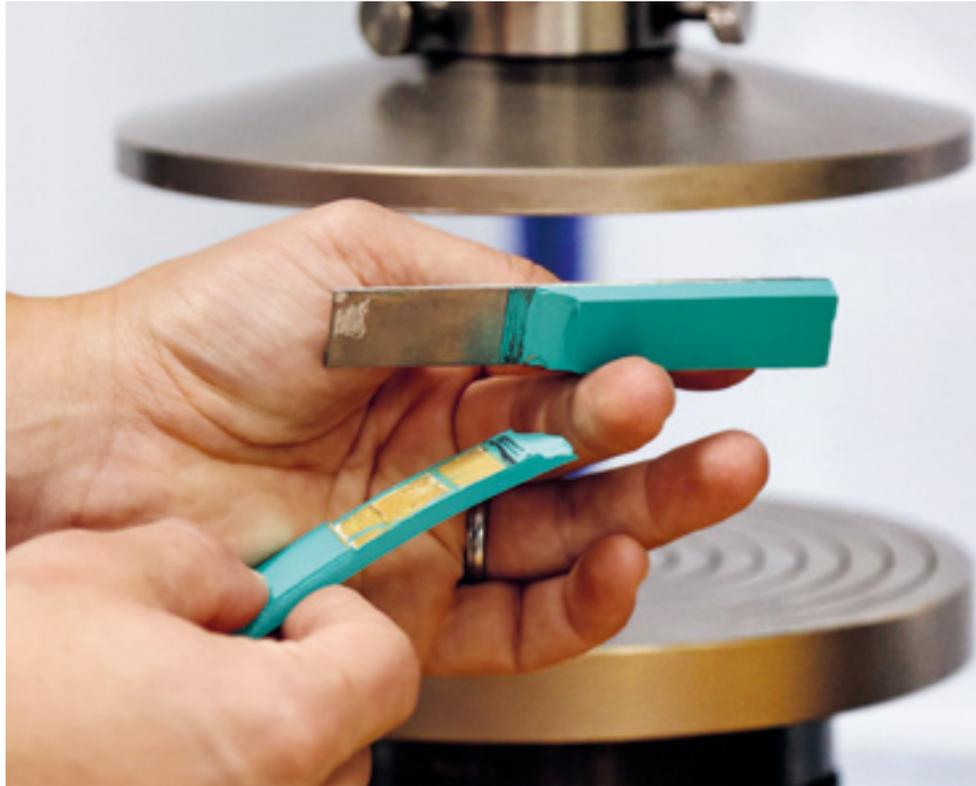
Maßgeschneidert und vielfältig

Die Materialanforderungen in der Wasserstoffwirtschaft sind extrem hoch. Das beginnt damit, dass Wasserstoff das kleinste chemische Element des Periodensystems ist. Nur 0,07 Nanometer beträgt der Durchmesser eines Moleküls, also weniger als ein Milliardstel Meter. Somit kann Wasserstoffgas durch winzigste Öffnungen dringen. „Die Permeation muss unbedingt minimiert werden. Weniger wegen wirtschaftlicher Verluste, sondern vor allem für sichere Systeme: Gelangt Wasserstoff in die Umgebungsluft, kann das Gemisch mit Sauerstoff rasch explodieren“, erläutert Dr. Alexander Hähnel. Der Werkstoffspezialist und Chemiker gehört bei Freudenberg Sealing Technologies zum „Technology & Innovation“-Team für Wasserstoffanwendungen.

Außerdem fordern die Anlagenbetreiber eine enorme Lebensdauer der Dichtungen. Beispielsweise soll eine Elektrolyseanlage mindestens zehn Jahre nonstop laufen, weshalb die Dichtungen auf eine Ziellebensdauer von 100.000 Stunden ausgelegt sind.

Damit die volle Leistungsfähigkeit des Dichtungsmaterials über die gesamte Zeitspanne erhalten bleibt, darf es nicht vorzeitig altern. Nicht der Wasserstoff selbst setzt dem Gummimaterial zu: Es sind die Begleiterscheinungen in der jeweiligen Anwendung. Dort wirken hohe Drücke und Druckdifferenzen im Zusammenspiel mit erheblichen Temperaturunterschieden.

Zum Beispiel kann es bei Wasserstofftankstellen bei sehr schnellen Druckwechseln zu einer explosiven Dekompression kommen. Wie im Blut eines Tauchers, der zu schnell aus großer Tiefe aufsteigt, platzen Gasblasen im Dichtungswerkstoff auf. Feine Risse sind die Folge und ein irreversibel gestörtes Werkstoffgefüge. Auch die Einflüsse anderer chemischer Elemente lassen die Gummimischung der Dichtung altern, etwa Oxidation durch Sauerstoff in einer Elektrolyseanlage. Bei einem Systemdruck von 35 bar ist der Sauerstoffgehalt 175-mal höher als in der Umgebungsluft. Der Effekt: Es wirkt eine extrem aggressive Oxidation auf das Dichtungsmaterial und beschleunigt somit die Alterung deutlich. Hohe Temperaturen verstärken den Effekt.

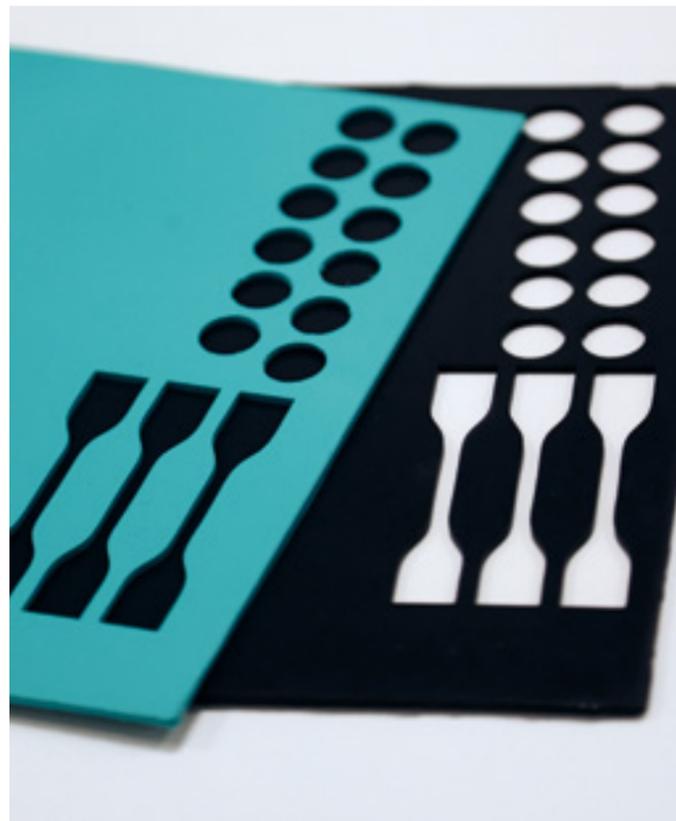


Hohe Standards: Laboruntersuchungen und Komponententests sind essenzieller Bestandteil der Dichtungsentwicklung.



100.000

Stunden ist die Ziellebensdauer von Dichtungen für Elektrolyseanlagen.



Das Material ist die Basis für optimal arbeitende Dichtungen und damit eine perfekte Funktion jeder Anlage.“

Jürgen Emig, Director Pre-Product Development Hydrogen Applications bei Freudenberg Sealing Technologies

Druck, Temperatur und Wirkzeit bestimmen die Materialauswahl

„Das Material ist die Basis für optimal arbeitende Dichtungen und damit eine perfekte Funktion jeder Anlage“, sagt Jürgen Emig, Director Pre-Product Development, Hydrogen Applications, Freudenberg Sealing Technologies. „Wir entwickeln sämtliche Bauteile ganz gezielt für die jeweilige Anwendung. Unsere Stärke: Das Unternehmen empfiehlt dem Kunden in enger Abstimmung seines Anforderungsprofils auf Basis des bestmöglichen Materials das optimale Design. Diese Dichtungen erbringen über die gesamte geforderte Lebensdauer hinweg ihre gewünschte Leistung.“ Dazu ziehen Experten verschiedener Fachgebiete an einem Strang – getreu dem Leitgedanken des Unternehmens „Innovating together“. Zudem lassen sich die Dichtungen mit verschiedenen anderen Komponenten zu einem Bauteil kombinieren, etwa mit Bipolarplatten, thermoplastischen Filmen oder Gasdiffusionslagen.

Das Produktportfolio für die Wasserstoffwirtschaft ist breit. Zwei Beispiele: Speziell für Niedertemperatur-PEM-Brennstoffzellen (Proton Exchange Membran) hat Freudenberg Sealing Technologies als Dichtungsmaterial für die Zellenabdichtung das 35 FCPO 100 entwickelt. „Ein sehr sauberes Elastomer auf Polyolefin-Basis“, erläutert Hähnel. „Es enthält keine schädlichen Substanzen, die den Brennstoffzellen-Katalysator schädigen könnten oder anderweitig die Effizienz der Brennstoffzelle verringern würden.“ Auch LSR-Materialien (Liquid Silicone Rubber, also Flüssigsilikon) sind im Portfolio.

Für Hochtemperatur-Brennstoffzellen mit Betriebstemperaturen bis 200 Grad Celsius hat das Unternehmen ebenfalls ein maßgeschneidertes Dichtungsmaterial im Angebot. Hier hatte sich früh der Werkstoff 60 FC-FKM 200 im Markt etabliert, ein

Fluorokarbon-Kautschuk (FKM). Aufgrund von Rohstoffumstellungen wurde jüngst 70 FKM 256261 als Nachfolger industrialisiert. Er gibt gleichfalls keine Substanzen ab, die für den Betrieb der Brennstoffzellen schädlich wären. Ein weiterer Vorteil: Dieser Werkstoff eignet sich gleichermaßen für die PEM-Elektrolyse: „Kürzlich ist die erste Serienproduktion für die Zellenabdichtung mit 70 FKM 256261 angelaufen“, sagt Emig. Für die alkalische Elektrolyse sei der Standard im Moment EPDM (Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk). „Aktuell arbeiten wir an einer noch langlebigeren Materialklasse.“

Investition in aufwendige Testeinrichtungen

Dabei beruht die Kompetenz von Freudenberg Sealing Technologies nicht allein auf Rohstoffen, Design und Herstellungsverfahren. Umfangreiche Laboruntersuchungen und Komponententests sind ein essenzieller Bestandteil der Entwicklung: Erreicht ein neu entwickeltes Material die Zielvorgaben? Angesichts gestiegener Anforderungen kommt die bisherige Prüftechnik an ihre Grenzen. „Um noch näher an realen Anwendungen zu entwickeln, wollen wir detaillierter wissen, was unter Betriebsbedingungen passiert“, sagt Hähnel. „Je nach Resultat justieren wir Rezepturen und Verfahren. So verschieben wir Machbarkeitsgrenzen.“ Sämtliche Tests machen zudem die Materialeigenschaften für die Kunden nachvollziehbar und ermöglichen Lebensdauerabschätzungen für die Gesamtsysteme.

Freudenberg Sealing Technologies investiert derzeit in weitere Testeinrichtungen, die insbesondere für Wasserstoffanwendungen ihre Stärken ausspielen werden: etwa neue Dichtheitsprüfstände mit einer höheren Messgenauigkeit und größerem Druckbereich. Auch den Einfluss hoher Sauerstoffkonzentrationen auf die Alterung können die Fachleute in neuen Prüfanlagen nun gezielt abtesten. Elektrochemische Prüfstände erweitern ebenfalls die Möglichkeiten: „Der in Brennstoffzellen und Elektrolyseanlagen prozesstechnisch vorhandene elektrische Strom beeinflusst die Eigenschaften. Nun können wir Materialien gezielt mit Strom beaufschlagen und die Auswirkungen untersuchen“, beschreibt Emig. Außerdem laufen verschiedene Forschungsprojekte, um Materialeinflüsse noch besser zu verstehen.

„Das ist Materialentwicklung auf höchstem Niveau. Der Aufwand lohnt sich. Unsere Kunden kaufen mit jeder Dichtung erhebliches Know-how“, resümiert Hähnel. „Im Gegenzug erhalten sie vor allem eine hohe Prozesssicherheit ihrer Anlage.“ ©

Juni 2024

Aftermarket: Heavy-Duty- Segment ausgebaut

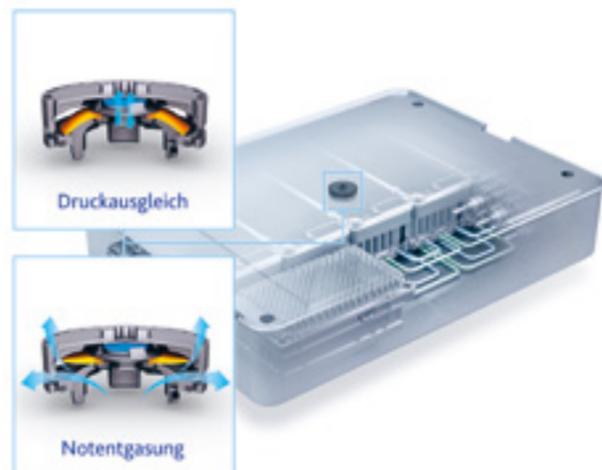


Mit dem Tochterunternehmen Corteco steht Freudenberg Sealing Technologies auch im Heavy-Duty-Aftermarket für hohe Qualität und Innovation bei Dichtungslösungen. Ein besonderes Augenmerk liegt aktuell auf Radialwellendichtungen, die speziell für die anspruchsvollen Bedingungen in Bau- und Landmaschinen sowie anderen Heavy-Duty-Anwendungen entwickelt wurden. In den vergangenen Jahren konnte Corteco den Marktanteil im Heavy-Duty-Segment stetig ausbauen. Ein Trend, der 2024 durch weitere Produktgruppen wie Akkumulatoren fortgesetzt werden soll. Dabei geht Freudenberg Sealing Technologies durchaus über die Anforderungen der einzelnen OEM hinaus. Beispielsweise mit dem weltweit

größten Testfeld seiner Art in Weinheim: Auf über 300 Prüfständen werden Dichtungen und andere Produkte unter simulierten Bedingungen getestet, um ihre Leistungsfähigkeit über eine Lebensdauer von mehr als 300.000 Kilometern zu garantieren. Die umfangreichen Tests sorgen dafür, dass die Produkte auf alle Einsatzfälle in der Realität vorbereitet sind. Die Nachfrage nach hochwertigen Produkten im Heavy-Duty-Segment steigt gerade im Aftermarket beständig. Immerhin schützt eine Dichtung für den Preis von wenigen Euro ein Investitionsobjekt im Wert von mehreren Hunderttausend. Nicht zuletzt deshalb steht hier die Verlässlichkeit der Produkte im Vordergrund. ©

Februar 2024

Großaufträge für DIAvent®



Mit DIAvent® HighFlow bietet Freudenberg Sealing Technologies ein branchenweit einmaliges Druckausgleichselement an, das die Lithium-Ionen-Batterien von Elektroautos sicherer macht. Das enorme Interesse der Automobilindustrie zeigt sich in gleich mehreren Großaufträgen – unter anderem von einem asiatischen und einem US-amerikanischen Automobilkonzern. Um der riesigen Nachfrage nachzukommen, hat Freudenberg Sealing Technologies seine Produktionskapazitäten kurzfristig verdreifacht. Anfang 2023 ging in Reichelsheim die erste vollständig automatisierte Hightech-Produktionszelle für DIAvent® HighFlow in Betrieb, im Dezember 2023 folgte eine weitere. Eine dritte DIAvent®-Fertigungslinie in Berlin nimmt 2024 ihren Betrieb auf. Damit nicht genug: Für den Großauftrag aus den USA wird Freudenberg Anfang 2025 mindestens eine weitere Fertigungslinie an seinem nordamerikanischen Standort Shelbyville, Indiana, in Betrieb nehmen und so die Kapazitäten weiter ausbauen. ©

August 2024

Optimaler Reifendruck für schwere Fahrzeuge



Mai 2024

Service- geschäft verstärkt

Freudenberg Sealing Technologies hat zum 30. April 2024 die Unternehmensgruppe Trygonal erworben und stärkt damit die globale Geschäftseinheit Freudenberg Xpress® und das unternehmenseigene Servicegeschäft. Trygonal produziert an acht Standorten in Deutschland, Spanien, Österreich und in der Schweiz Dichtungslösungen im Bereich Thermoplaste, Elastomere und Gummi-Metall-Verbindungen. Dabei kann Trygonal auf ein breites Spektrum an Fertigungsverfahren zurückgreifen. Mit der Übernahme baut Freudenberg Xpress® die Kapazitäten des bisherigen Kerngeschäfts mit CNC-gedrehten Produkten weiter aus. ©

Freudenberg Sealing Technologies hat seine Dichtungen für zentrale Reifendruckregelanlagen (CTIS) in Bau- und Landmaschinen verbessert. Die neuen Systeme passen den Reifendruck automatisch an wechselnde Bodenbedingungen und Fahrzeuglasten an. Dies spart Zeit, reduziert CO₂-Emissionen und verlängert die Reifenlebensdauer. Denn der Reifendruck beeinflusst die Leistung schwerer Fahrzeuge erheblich – oder kann auch Bodenschäden verursachen. Die CTIS-Technologie von Freudenberg nutzt eine doppellippige Dichtung in der Radnabe. Sie trennt Öl von Druckluft und ermöglicht die Reifendruckanpassung ohne äußeren Schlauch. Das bedeutet: Die in der Radnabe positionierten Dichtungen sind vor äußeren Einflüssen geschützt – ein Alleinstellungsmerkmal gegenüber Wettbewerbern. CTIS kombinieren modernstes Material- und Konstruktions-Know-how mit fortschrittlicher Elektronik und Sensortechnologien und werden in den Montagelinien der Hersteller direkt in den Achsanwendungen verbaut. Freudenberg liefert CTIS-Systeme seit über 15 Jahren. ©



Mehr News online unter:
[https://on.fst.com/
3t5BTCo](https://on.fst.com/3t5BTCo)



Feedback und Kontakt

Aktuell und umfassend informiert

Sie wollen mehr über Freudenberg Sealing Technologies, unsere Produkte, Lösungen und Services erfahren? Dann schauen Sie auf www.fst.com vorbei und entdecken Sie unser umfangreiches Portfolio. Auf unserer Internetseite können Sie sich sämtliche Ausgaben unseres Unternehmensmagazins als PDF herunterladen oder das Magazin kostenlos abonnieren.

Wir freuen uns auf den Dialog mit Ihnen!

Freudenberg FST GmbH

Isolde Grabenauer

+49 6201 960-7467
isolde.grabenauer@fst.com

Wenn Sie der Zusendung von ESSENTIAL gemäß dem Widerspruchsrecht des Bundesdatenschutzgesetzes § 28 IV Satz 1 BDSG widersprechen möchten, senden Sie einfach eine E-Mail unter Angabe Ihrer Adresse an: essential@fst.com

Ulrike Reich

+49 6201 960-5713
ulrike.reich@fst.com

IMPRESSUM

Herausgeber

Freudenberg FST GmbH
Corporate Communications
Höhnerweg 2–4
69469 Weinheim

Redaktion

Profilwerkstatt GmbH;
Rüdiger Abele

Copyright

Freudenberg FST GmbH, 2024 – Alle Rechte vorbehalten. Vervielfältigung dieser Unterlage sowie Verwertung ihres Inhalts unzulässig, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Technische Änderungen vorbehalten. Die Informationen in diesem Dokument enthalten allgemeine Beschreibungen der technischen Möglichkeiten, welche im Einzelfall nicht immer vorliegen müssen.

Gestaltung & Konzeption

Profilwerkstatt GmbH

Verantwortlich für den Inhalt

Ulrike Reich (V. i. S. d. P.)

Druck

ABT Print und Medien GmbH
Bruchsaler Straße 5
69469 Weinheim

Chefredaktion

Isolde Grabenauer

BILDNACHWEIS / COPYRIGHT

Umschlag iStock/Boris Ipatov
S. 8/9 iStock/zhaojiankang
S. 10./11 shutterstock/choi yurim
S. 12/13 iStock/somchaij
S. 15–17 FST/Fritz Kopetzky
S. 19 iStock/Oselote
S. 21 FST/Bernhard Kreutzer
S. 22 FST
S. 23 iStock/Just_Super

S. 24 FST/Fritz Kopetzky
S. 26–29 Enapter
S. 29 FST
S. 30/31 Profilwerkstatt/Ina Slomka
S. 32/33 Copyright Daimler Trucks
S. 35 Alamy/imageBROKER/Jochen Eckel
S. 36/37 Profilwerkstatt/Tanja Lutz
S. 38 FST/Fritz Kopetzky
S. 39 AdobeStock/Yellow Boat

S. 40/41 iStock/Nastco
S. 42–44 iStock/Totajla
S. 44 Aleksandra Polczynski
S. 45 AdobeStock/Grispb
S. 47 Profilwerkstatt/Nora Kerscher
S. 48 iStock/wildpixel
S. 50 FST/Bernhard Kreutzer, FST/Fritz Kopetzky
S. 52/53 FST/Fritz Kopetzky, FST, Westend/Kniel Synnatzschke

Ausgezeichnete Kommunikation

Mit der gleichen Leidenschaft, mit der wir unsere Hochleistungsprodukte entwickeln, bereiten wir aktuelle, kurzweilige und überraschende Themen für Sie auf. Mit einigem Erfolg, wie diese Auszeichnungen für unser Unternehmensmagazin ESSENTIAL belegen:



MarCom Awards 2023 – Platin
Publikationen | Magazin | Unternehmen

MarCom Awards 2023 – Gold
Kreativität | Design | Magazin-Cover



Galaxy 2022 – Silber
Kategorie Brochures – Corporate Magazine

Galaxy 2022 – Gold
Trailer, Videos – Promotion



Internationaler Deutscher PR-Preis 2021 – Finalist
Kategorie Corporate Media (Print und digital)



Videographer 2019 – Gold
Trailer Durst, Kategorie Video Production | Video | 43. Other

Videographer 2019 – Gold
Trailer Digitalisierung, Kategorie Video Production | Video | 43. Other



BCM Award 2023 – Silber
Kategorie B2B – Pharma / Chemie

BCM Award 2022 – Silber
Kategorie Magazine Industrie / Chemie / Pharma / Gesundheit

BCM Award 2022 – Gold
Trailer, Kategorie Publikumspreis

BCM Award 2022 – Silber
Trailer, Kategorie Bewegtbild Fiction



ICMA 2021 – Gewonnen Best of Decade
Kategorie Custom Media B2C



Communicator Awards 2019 – Silber
Kategorie Marketing / Promotion – Magazine-Corporate



PR Dailys Award 2019 – Winner
Kategorie Print Publication



FOX AWARDS 2022 – Gold
Kategorie Industrie, Technik, Produktion

FOX AWARDS 2022 – Silber
Trailer, Kategorie Industrie, Technik, Produktion

FOX AWARDS 2021 – Gold
Kategorie Industrie, Technik, Produktion

FOX AWARDS 2020 – Gold
Kategorie Verkehr, Logistik

FOX AWARDS 2019 – Gold
Kategorie Industrie, Technik, Produktion



FOX VISUALS 2022 – Gold
Kategorie Industrie, Technik, Produktion

FOX VISUALS 2022 – Silber
Trailer, Kategorie Industrie, Technik, Produktion

FOX VISUALS 2021 – Silber
Kategorie Industrie, Technik, Produktion

FOX VISUALS 2020 – Silber
Kategorie Verkehr, Logistik

FOX VISUALS 2019 – Gold
Kategorie Industrie, Technik, Produktion



 **FREUDENBERG**
SEALING TECHNOLOGIES