



Frenzelit

creating hightech solutions

DICHTUNGS- LÖSUNGEN

für Wasserstoff- anwendungen

Einsatz in
Brennstoffzellen,
Elektrolyseuren und
allen Power-to-X-Prozessen



DICHTUNGEN
GASKETS

ISOLATIONEN
INSULATION

KOMPENSATOREN
EXPANSION JOINTS

www.frenzelit.com

WASSERSTOFF SICHER ABDICHTEN

Dichtungslösungen für Wasserstoffanwendungen

Grüner Wasserstoff ist ein wichtiger Bestandteil der Energiewende, denn er bietet zahlreiche Möglichkeiten, klassische Energiequellen zu ersetzen – ob als Kraftstoff in Motoren, in einer Brennstoffzellenheizung oder im Power-to-X-Verfahren (Umwandlung in alternative Speicherformen, Treibstoffe oder Chemikalien). Gleichzeitig ist Wasserstoff allerdings auch ein sehr anspruchsvolles Medium, das aufgrund seiner geringen Masse und kleinen Molekülgröße effiziente

Dichtungslösungen erfordert. Beim Wasserstofftransport und der Weiterverarbeitung bestehen Verbindungen zwischen Rohrsystemen sowie an Tanks und Armaturen, die sicher abgedichtet werden müssen. Sicherheitstechnische Aspekte spielen hier eine große Rolle, da Wasserstoff aufgrund seiner chemischen Reaktionsfähigkeit ein extrem brennbares und potenziell explosives Gas ist.

Kein Durchkommen für Wasserstoff

Die Prüfung auf die Eignung für Anwendungen mit Wasserstoff hat bei Frenzelit zwei Aspekte: die Dichtheit und die Materialbeständigkeit. Das Wasserstoffmolekül ist extrem klein, deshalb ist die Dichtheit ein ganz entscheidendes Auswahlkriterium, wenn es um die Eignung für Wasserstoff geht. Herkömmliche Leckagetests mit Helium oder Stickstoff haben aufgrund der unterschiedlichen Molekülstruktur lediglich eine begrenzte Aussagekraft über die Dichtheit bei Anwendungen mit Wasserstoff. Aus diesem Grund hat Frenzelit einen Leckageprüfstand entwickelt, in dem die Dichtungen mit dem Medium getestet werden, dem sie auch im Betrieb standhalten müssen – Wasserstoff.

Dichtungen müssen über einen möglichst langen Zeitraum ihre Funktion bewahren, weswegen die Prüfung der chemischen Beständigkeit gegenüber Wasserstoff ebenso essenziell ist. Frenzelit simuliert die Betriebsdauer, indem das Dichtungsmaterial für eine

gewisse Zeit unter definiertem Druck in Wasserstoff gelagert wird. Nach dieser Zeit darf das Material weder Risse noch poröse Stellen aufweisen.

Erst dann bekommt eine Dichtung das Logo „H₂-approved“.

Dadurch ist die Eignung des Materials nachgewiesen und die Kunden können Gewissheit haben, dass die Dichtungen in Anwendungen mit Wasserstoff einwandfrei funktionieren. Dieser Nachweis konnte schon für viele Frenzelit-Materialien erbracht werden.

Nicht nur mit der eigenen Marke „H₂-approved by Frenzelit“, sondern auch mit dem eigenen Prüfverfahren und den daraus resultierenden Messnachweisen will Frenzelit schon heute Standards in der industriellen Nutzung von Wasserstoff setzen.



Prüfung der chemischen Beständigkeit

Die Beständigkeitsprüfung ist an das Carrier-Prüfverfahren für Kältemittel angelehnt. Die Prüfkörper werden in einem Autoklaven unter Wasserstoffatmosphäre bei folgenden Parametern lose eingelagert:

- Prüfdruck und -zeitraum: 3 bar / 6 Wochen
- Prüftemperatur: Raumtemperatur

Die Abmessungen und das Gewicht der Prüfkörper werden vor und nach der Einlagerung ermittelt und verglichen. Die Dichtungsmaterialien haben diese Prüfung mit äußerst geringfügigen (deutlich unter den vorgegebenen Grenzwerten) geometrischen und gravimetrischen Veränderungen bestanden. Die Leckageperformance der Materialien hat sich durch die Wasserstofflagerung nicht verändert.

Neue Frenzelit Bördeltechnologie für noch bessere Anpassungsfähigkeit

Um die Dichtigkeit zusätzlich zu verbessern, setzt Frenzelit in Verbindung mit den genannten Dichtwerkstoffen zudem eine weiterentwickelte Bördeltechnologie ein. Das neue, mit einer elastischen Weichstoffauflage beschichtete Bördelmaterial ermöglicht eine noch bessere Anpassung an den Flansch. In Kombination mit den Hochleistungsdichtwerkstoffen lässt sich so die Leckage auch bei Wasserstoff auf ein Minimum reduzieren.

Eigener Wasserstoffprüfstand

- ✔ Die Leckagetests erfolgen in Anlehnung an DIN 28090-2 (09-1995).
- ✔ Flanschnennweite und Druckstufe: DN 40 / PN 40
- ✔ Mediendruck: 40 bar
- ✔ Montageflächenpressung: 32 MPa / Betriebsflächenpressung: 30 MPa
- ✔ Messdauer: 1 h
- ✔ Getestet wurden die Qualitäten
 - novaphit® SSTC
 - novaphit® SSTC^{TA-L} (ebenso mit neuer Frenzelit Bördeltechnologie)
 - novaphit® MST (ebenso mit neuer Frenzelit Bördeltechnologie)
 - novapress® 850
 - novapress® 880 (ebenso mit neuer Frenzelit Bördeltechnologie)
 - novamica® THERMEX

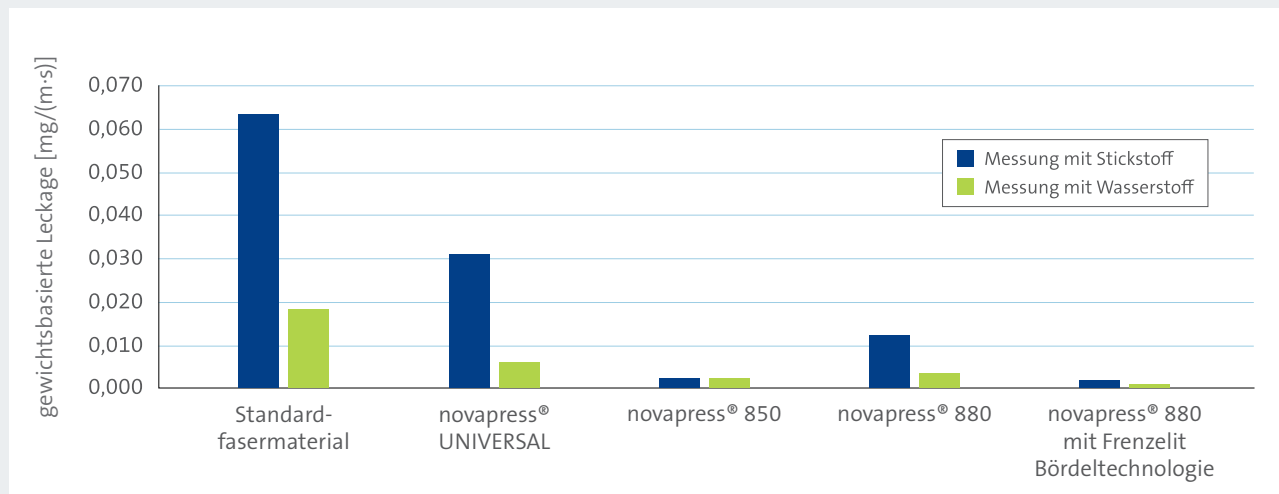


Basierend auf den Ergebnissen der Leckagetests und Fallstudien aus der Praxis wurden die oben genannten Materialien für besonders

geeignet befunden. Der Einsatz der Frenzelit-Bördeltechnologie verringert die bereits sehr geringen Leckageniveaus nochmals deutlich.

Leckagemessung

bei 40 bar, in Anlehnung an DIN 28090-2 (09-1995)



Obwohl die Abdichtung von Wasserstoff aufgrund der geringen Molekülgröße, der kleinen Dichte und des hohen Diffusionsvermögens im Vergleich zu anderen Gasen als kritischer anzusehen ist, sind in dem Diagramm geringere Leckagewerte für Wasserstoff dargestellt. Dies ist in der verwendeten Leckageeinheit mg/(m·s) begründet. Betrachtet man das ausströmende Gasvolumen in ml/min, so ist der Volumenverlust bei Wasserstoff größer als bei Stickstoff. Aufgrund der extrem geringen Dichte und des niedrigen Gewichts des Wasserstoffgases dreht sich dieses Bild jedoch bei der Umrechnung in die gewichtsbasierte Leckageeinheit mg/(m·s). Die ausströmende Gasmenge hat bei Wasserstoff, trotz des höheren Volumens, ein geringeres Gewicht als der ausströmende Stickstoff.

Unabhängig von der Einheit, in der die Leckage dargestellt wird, zeigt sich jedoch, dass die Frenzelit-Materialien, welche speziell entwickelt wurden, um eine möglichst gute Dichtheit zu erreichen, auch bei Wasserstoff sehr gute Leckagewerte erreichen. So sind beispielsweise die novapress® 850, die novaphit® SSTC^{TA-L}, die novaphit® MST oder Dichtungen mit der neue Frenzelit Bördeltechnologie besonders gut für Wasserstoffanwendungen geeignet.

Doch Frenzelit bietet nicht nur Dichtungen für Wasserstoffanwendungen an, sondern auch Kompensatoren. In Bandverzinkungs- und Kontigluh-Anlagen in Kaltwalzwerken ist zum Beispiel eine besonders hohe Dichtheit gefragt, um die in bestimmten Abschnitten des Glühofens vorhandene Schutzgasatmosphäre aus Wasserstoff und

Stickstoff sicher abzudichten. Verschiedene Varianten von eigens entwickelten Gewebekompensatoren kommen hier zum Einsatz. Weitere Informationen finden Sie unter: www.frenzelit.com/produkte/kompensatoren



BRENNSTOFFZELLEN:

Einsatzmöglichkeiten für leistungsfähige Frenzelit-Dichtwerkstoffe

Je dichter, desto effizienter

Grundfunktionalität von Brennstoffzellen: Chemische Energie wird in elektrische Energie umgewandelt. In der Brennstoffzelle wird Wasserstoff (H_2) zusammen mit Sauerstoff (O_2) in Wasser und

elektrischen Strom umgewandelt. Darüber hinaus entsteht bei dem Prozess Abwärme.

Funktionsweise der Brennstoffzelle

Eine einzelne Brennstoffzelle besteht aus zwei Elektroden, der Anode und der Kathode, und den sogenannten Bipolarplatten zum Abtransport des entstehenden Stroms und zur Verteilung der Gase. Hinzu kommen ein jeweils spezifischer Elektrolyt und schließlich die Brennstoffe Wasserstoff und Sauerstoff. Da eine einzelne Brennstoffzelle jedoch nur wenig Strom erzeugt, werden in der Praxis meist sehr viele von diesen einzelnen Zellen hintereinandergeschaltet – der Stack-Aufbau. Je nachdem, wie viel Strom erzeugt werden soll, variiert die Anzahl der Stacks und damit die Größe der Brennstoffzelle. Die Stacks sind begrenzt durch die Bipolarplatten, die schließlich den Strom abtransportieren. Elementar für den Betrieb einer Brennstoffzelle sind dabei besonders leistungsfähige Dichtwerkstoffe in verschiedenen Bereichen. Sie kommen zwischen den Stacks und den einzelnen Zellen zum Einsatz, um ein Austreten der Brenngase und des Elektrolyten zu vermeiden. Des Weiteren werden sie verwendet, um die Bipolarplatten gegeneinander abzuschirmen und so einen Kurz-

schluss zu verhindern. Außerdem müssen auch die Zuleitungen abgedichtet werden, in denen die Gase – Wasserstoff und Sauerstoff – transportiert werden. An Stacks und Zuleitungen wird nicht unbedingt der gleiche Dichtwerkstoff eingesetzt, da die Anforderungen unterschiedlich sein können und spezifische Dichtigkeitseigenschaften erfordern.

Hohe Anforderungen an den Dichtwerkstoff

Eine der wichtigsten Funktionen der Dichtungen ist die Isolation der Bipolarplatten voneinander. Je nach konstruktiver Anforderung kann aber auch das Gegenteil gefragt sein, also dass die Dichtungen leitfähig sein sollen – jedoch nicht im Stack-Aufbau, hier ist die isolierende Funktion entscheidend. Beispielsweise im Bereich der Zuleitungen kann auch ein leitfähiges Dichtungsmaterial gefordert sein, um Strom abfließen zu lassen und zu verhindern, dass sich das Bauteil elektrisch auflädt. In diesem Fall darf die Dichtung nicht als Isolator fungieren. Auch der meist flüssige Elektrolyt im Innern der Stacks muss abgedichtet werden. Oft handelt es sich um ein herausforderndes Medium, wie z. B. starke Laugen bei der alkalischen Brennstoffzelle, die die Dichtungen angreifen können. Außerdem müssen Wasserstoff und Sauerstoff, die als Brennstoffe fungieren, abgedichtet werden. Die Dichtung muss also auch gegenüber diesen Medien beständig sein. Da es sich hier um sehr anspruchsvolle, brennbare und potenziell explosive Gase handelt, ist die zuverlässige Abdichtung auch ein wichtiger Sicherheitsaspekt. Darüber hinaus ist die Abdichtung maßgeblich für den Wirkungsgrad einer Brennstoffzelle, der möglichst hoch sein soll, um einen effektiven Einsatz zu ermöglichen. Je mehr Gase entweichen, desto stärker sinkt der Wirkungsgrad. Insofern hat ein leistungsfähiger Dichtwerkstoff einen hohen Einfluss auf die Effizienz der Brennstoffzelle.



Die Abbildung zeigt die verschiedenen möglichen Einsatzorte für Dichtwerkstoffe in Brennstoffzellen. Dazu zählen zum einen die Abdichtungen der Wasserstoff- und Sauerstoffzuleitungen (Position 1 und 4) sowie zum anderen die Abdichtung der einzelnen Stacks an den Bipolarplatten (Position 2 und 3).



Versuchsaufbau einer Brennstoffzelle im kleinen Labormaßstab, wie sie zu Forschungszwecken verwendet wird

Hinzu kommen bei einigen Brennstoffzellenvarianten hohe Temperaturen von mehr als 500 °C, denen das Dichtungsmaterial standhalten muss. Ein rein elastomerbasierter Dichtungswerkstoff kommt hier nicht infrage, sondern das Dichtungsmaterial muss auf derlei Temperaturen ausgelegt sein. Auch die Lebensdauer der Werkstoffe sollte hoch sein, um die Brennstoffzelle wartungsarm und lange lauffähig zu halten.

Frenzelit setzt diese leistungsfähigen Dichtungsmaterialien bereits bei verschiedenen Brennstoffzellenanwendungen ein. Darüber hinaus ist man an Forschungsprojekten beteiligt und entwickelt je nach Kundenanforderung Dichtungswerkstoffe weiter, z. B. mit spezifischen Beschichtungen oder besonderen Designs. Wenn erforderlich, werden inhouse auch neue leistungsfähige Dichtungsmaterialien entwickelt.

Werkstoffe für den Einsatz in Brennstoffzellen

- ✓ **novapress®**-Produkte erreichen ein bis zu 10000-mal besseres Leckageniveau als vergleichbare Standarddichtungen.
- ✓ **novamica®**-Produkte, die aufgrund ihrer Temperaturbeständigkeit bei Hochtemperaturbrennstoffzellen zum Einsatz kommen.
- ✓ **novaphit®**-Produkte dienen aufgrund ihrer Leitfähigkeit dazu, den Strom entsprechend abzuleiten, um so die elektrische Aufladung der Brennstoffzelle zu verhindern.



Einsatzbeispiel: Im Privathaushalt lässt sich der gewonnene Strom zum Beispiel zum Aufladen von E-Autos nutzen. Gleichzeitig fließt die Abwärme der Brennstoffzelle in den Heizkreislauf ein.

ELEKTROLYSE:

Dichtungslösungen für den Einsatz im Elektrolyseur

Wasser wird mithilfe von elektrischem Strom in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten.

Elektrolyseure lösen durch die Zufuhr von elektrischer Energie eine chemische Reaktion aus, die im Nachgang zu einer Stoffumwandlung führt. Wir betrachten die Elektrolyse im Zusammenhang mit der Herstellung von Wasserstoff. Dabei wird mittels elektrischer Energie eine Redoxreaktion ausgelöst, die Wasser in Wasserstoff (H₂) und Sauerstoff (O₂) umwandelt.

Eine einzelne Elektrolysezelle besteht aus zwei Elektroden (Kathode und Anode) und einem Elektrolyten, wobei der verwendete Elektrolyt die Art des Elektrolyseurs bestimmt.

- **alkalische Elektrolyse:** starke Lauge als Elektrolyt
- **PEM-Elektrolyse:** dünne Festpolymermembran (Proton Exchange Membrane)
- **Hochtemperaturelektrolyse:** Festoxidelektrolyt (z. B. keramisches Zirkoniumdioxid)

Analog zur Brennstoffzelle wird beim Elektrolyseur ein „Stack-Aufbau“ forciert, bei dem mehrere einzelne Elektrolysezellen hintereinandergeschaltet werden.

Anforderungsprofil an den Dichtwerkstoff

- ✓ sehr gute Leckageperformance des Dichtwerkstoffs für hohe Effizienz des Elektrolyseurs
- ✓ Medienbeständigkeit (z. B. starke Laugen bei alkalischer Elektrolyse)
- ✓ hohe Temperaturbeständigkeit (Hochtemperaturelektrolyse bis 1000 °C)
- ✓ elektrische Isolation bei Verwendung innerhalb des Stack-Aufbaus
- ✓ sehr gute mechanische Eigenschaften: geringes Kriechverhalten, definiertes Setzverhalten → Elektrolyseur darf sich im Betrieb nicht verformen.
- ✓ lange Lebensdauer der Werkstoffe, um die Elektrolyseure wartungsarm und lauffähig zu halten
- ✓ weitere Anwendungsbereiche außerhalb des Elektrolyseurs: Rohrleitungen der Zu- und Ableitungen

Die Abdichtung ist maßgeblich für den Wirkungsgrad eines Elektrolyseurs. Deshalb gilt auch hier: Je dichter, desto effizienter! Je nach Art der Elektrolyse kommen verschiedene Dichtwerkstoffe infrage.

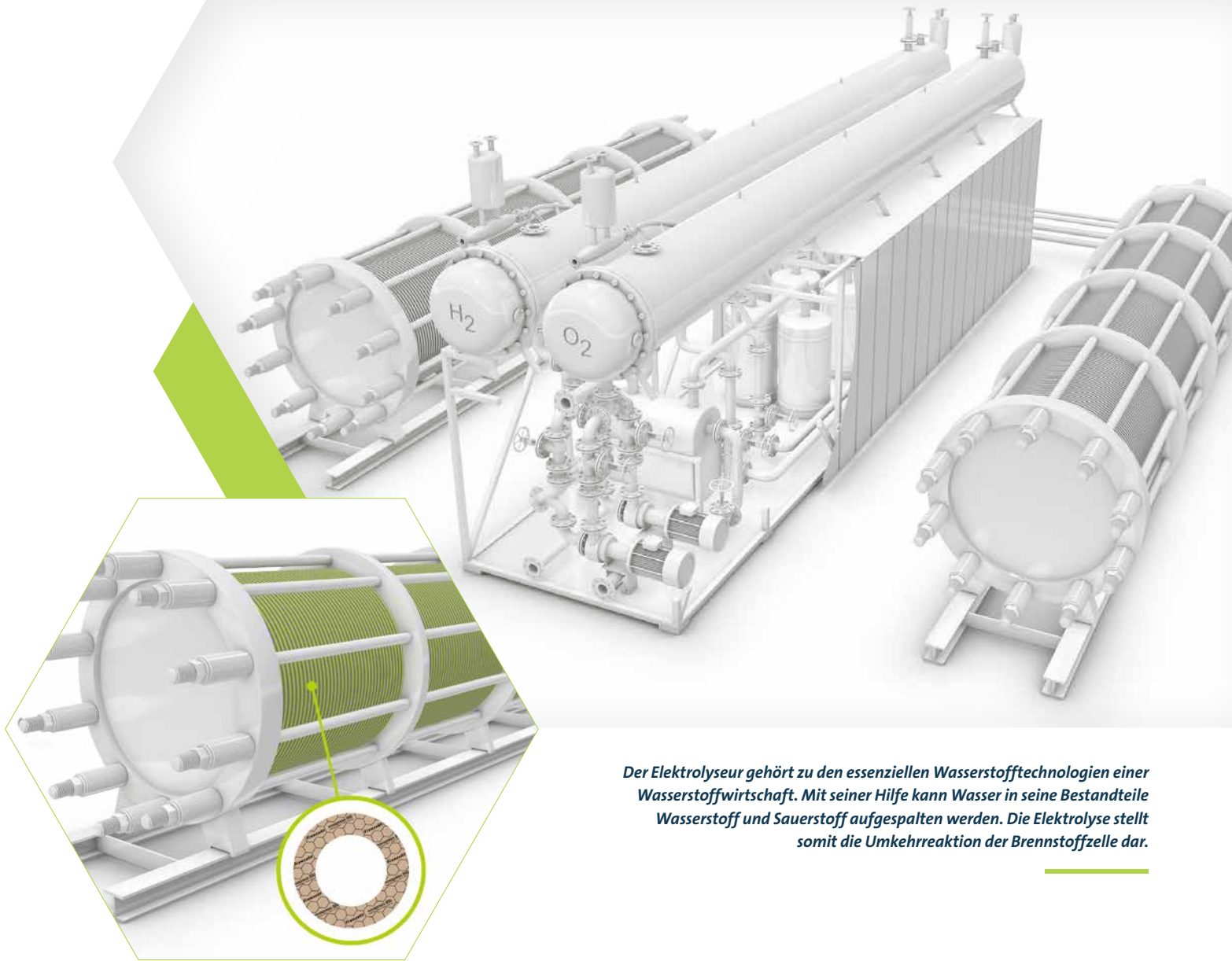
Anwendungsgrenztemperaturen für Frenzelit-Dichtungen in Wasserstoffanwendungen



- 200 °C novapress®
- 280 °C Dichtungen mit Frenzelit Bördeltechnologie (novapress®-Produktfamilie: max. 200 °C)
- 550 °C novaphit®
- 1000 °C novamica®



Frenzelit-Dichtungen können auch in den Zu- und Ableitungen des Elektrolyseurs verwendet werden.



Der Elektrolyseur gehört zu den essenziellen Wasserstofftechnologien einer Wasserstoffwirtschaft. Mit seiner Hilfe kann Wasser in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten werden. Die Elektrolyse stellt somit die Umkehrreaktion der Brennstoffzelle dar.

POWER-TO-X:

für jede Technologie das richtige Dichtungsmaterial

Neben der direkten Verwendung von Wasserstoff als Energieträger gibt es auch noch diverse andere Möglichkeiten für die Speicherung oder Weiterverarbeitung von Wasserstoff. Diese Technologien werden unter dem Begriff Power-to-X zusammengefasst. Darunter fällt beispielsweise die Umwandlung von Wasserstoff in Brenngas (Power-to-Gas), in synthetische Kraftstoffe (Power-to-Fuel) oder in diverse Ausgangsprodukte für die chemische Industrie (Power-to-Chemicals).

In allen mit Power-to-X in Verbindung stehenden Prozessen werden Dichtungslösungen benötigt, beispielsweise in Tanks, Rohrleitungssystemen oder Reaktoren. Innerhalb des „H₂-approved“-Produktportfolios gibt es passende Lösungen für sämtliche Wasserstoffanwendungen und deren Folgeprozesse.






UNSERE VERANTWORTUNG: Mensch und Umwelt.

Wir orientieren uns als Traditionsunternehmen am langfristigen Erfolg und an der Zufriedenheit unserer Kunden. Absolutes Qualitätsdenken ist für uns ebenso Pflicht wie das entsprechende Verantwortungsbewusstsein für Umwelt, Gesellschaft und Mitarbeiter.

Ebenso wichtig ist uns ständiges Mit- und Vordenken für unsere Kunden in Form von Anwendungsberatungen, Schulungen und auch in Bereichen von Montageservices. Eine Entwicklungspartnerschaft mit uns hilft Ihnen, Bewährtes zu optimieren und Neues schneller zur Serienreife zu bringen. Wir modifizieren mit Ihnen Produkte oder unterstützen Sie bei der Umsetzung innovativer Werkstoffkonzepte – damit ist Ihnen Mehrwert sicher.



DICHTUNGSMATERIALIEN

-  **novapress®**
ca. -100 bis 200 °C
-  **novatec®**
ca. -100 bis 250 °C
-  **novafлон®**
ca. -270 bis 260 °C
-  **novaphit®**
ca. -270 bis 550 °C
-  **novamica®**
ca. -200 bis 1000 °C

ISOLATIONSMATERIALIEN

-  **isoplan®**
ca. -100 bis 1100 °C

Die Temperaturangaben beziehen sich auf den Einsatz bei unkritischen Medien.



novadisc.de
ONLINE Auslegungssoftware

INTERNATIONAL

USA

Frenzelit Inc.
4165 Old Salisbury Road
Lexington, NC 27295
info.usa@frenzelit.com

DEUTSCHLAND

Frenzelit GmbH

Frankenhammer 7
95460 Bad Berneck
Germany

Frenzelit GmbH

Industriestraße 4–11
95502 Himmelkron
Germany

Postadresse:

Postfach / P.O. Box 11 40
95456 Bad Berneck
Germany

Kontakt:

Phone +49 9273 72-0
Fax +49 9273 72-222
info@frenzelit.com

www.frenzelit.com

India

Frenzelit India Pvt. Ltd.
KM No. 632/6B, SY. No. 7/1A
Basavanahalli Nelamangala
Bangalore – 562 123
info.india@frenzelit.com

PARTNER

Frenzelit ist in über **65 Ländern** dieser Erde vor Ort. Finden Sie Ihren Partner in unserem weltweiten Netzwerk von Tochtergesellschaften, Vertriebs-, Service- und Logistikpartnern:

