

WHITEPAPER

Wasserstoffverdichtung mit Schraubenkompressoren



AERZEN
EXPECT PERFORMANCE



Das Molekül der Energiewende

Der Durchbruch des Wasserstoffs als zentraler Energieträger des 21. Jahrhunderts ist in vollem Gange. Immer mehr Staaten arbeiten konkret an der Ausgestaltung einer neuen, klimafreundlichen Wasserstoffwirtschaft und verabschieden nationale Strategien zur Dekarbonisierung und der damit einhergehenden Sektorenkopplung.



Die Anzahl an Power-to-Gas Projekten in Deutschland wächst weiter stetig.

Die Versorgung und Kopplung der Industriesektoren Chemie, Petrochemie und Stahl, aber auch der Kraftstoffherstellung treibt den Aufbau von Produktions- und Transportkapazitäten in den 2020er-Jahren massiv voran. Speicherkapazitäten, sowie Importstrukturen für gasförmigen und flüssigem Wasserstoff sind in der konkreten Planung oder bereits in der Umsetzung. Bestehende Verteilernetze und Pipelines stehen vor dem Ausbau und bringen sowohl länder-, als auch branchenübergreifende Kooperationsprojekte mit sich. Moderne Elektrolyseure zur Wasserstoffproduktion skalieren aktuell aus dem ein- in den zwei- und dreistelligen Megawattbereich. Die Anzahl an Power-to-Gas Projekten in Deutschland wächst weiter stetig.

Etwa Dreiviertel aller Materie besteht aus Wasserstoffatomen. Als kleinstes und somit leichtestes Molekül nimmt gasförmiger H₂ besonders viel Volumen ein und ist extrem flüchtig. Das brennbare und leicht explosive Gas kann jedoch viel Energie freisetzen ohne dabei Treibhausgase zu erzeugen. Deshalb ist es im Vergleich zu fossilen Energieträgern so wertvoll. Ein Kilogramm H₂ enthält 2,8 Mal soviel Energie wie ein Kilogramm Benzin.

Effiziente und sichere Verdichtung mithilfe verschiedener Kompressorenarten ermöglicht es, die erforderlichen Mengen und Drücke für industrielle Anwendungen auf wirtschaftliche Weise bereitzustellen. Neben klassischen Kolben- und Membranverdichtern für Drücke im dreistelligen Bar-Bereich haben vor Allem die Schraubenverdichter ihre Daseinsberechtigung und wirtschaftlichen Vorteile im Niederdruckbereich, insbesondere mit steigenden Volumenströmen und bei schwankenden Betriebsbedingungen.



Feuchtes Wasserstoffgas aus der Wasserelektrolyse

Verschiedene natürliche Quellen stehen zur Verfügung, um Wasserstoff im großindustriellen Maßstab zu gewinnen. Bislang dominieren Erdgas und Kohle als Wasserstoffträger, zukünftig wird der Anteil von Wasser stark wachsen. Elektrolyseure spalten Wasser mithilfe von Strom auf und liefern pro Megawatt Eingangsleistung rund $200 \text{ Nm}^3/\text{h H}_2$ (entspricht ca. 18 kg/h) und $100 \text{ Nm}^3/\text{h O}_2$. Je nach Elektrolysetyp, bzw. deren festem oder flüssigen Elektrolyt verbleiben 0,01 bis 0,5 Vol.% des jeweils anderen Moleküls, sowie eine temperaturabhängige Wasserbeladung von bis zu 60% im gesättigten H_2 -, bzw. O_2 -Massenstrom.



Bislang dominieren Erdgas und Kohle als Wasserstoffträger, zukünftig wird der Anteil von Wasser stark wachsen.

Für die Verdichterhersteller bedeutet dies, dass dieser Wasseranteil mitverdichtet oder zu einem großen Teil durch eine Vortrocknung (z.B. Kältetrocknung) abgeschieden wird. Je nach Anwendungsfall des (End-)Verbrauchers werden unterschiedliche Reinheitsgrade des H_2 -Gases benötigt. Für höchste Anforderungen, z.B. 5.0 für Brennstoffzellen, haben sich sog. De-Oxo-Trockner bewährt, deren Funktionen in der Minimierung von Sauerstoff und Feuchtigkeit liegen. Nach der Vorverdichtung können diese De-Oxo-Systeme entsprechend klein und somit kostenoptimiert ausgelegt werden. Für andere Abnehmer wie die Eisenerzreduktion, bestimmte Grundchemikalien oder auch bei der Einspeisung in Erdgasnetze sind die Toleranzen und Grenzwerte gegenüber Fremdbestandteilen im H_2 -Gas zum Teil deutlich höher, was den Gesamtprozess verfahrenstechnisch vereinfacht und damit kostenmäßig entlastet. Aus wirtschaftlicher und betrieblicher Perspektive empfiehlt sich daher stets ein technologieoffenes, anwendungsorientiertes Verfahrenskonzept, in dem sich die Bedarfe und Lieferumfänge der Prozessteilnehmer optimal ergänzen lassen.



Insbesondere ihre Unanfälligkeit gegenüber schwankenden Betriebsbedingungen und ihre bauartbedingte innere Verdichtung ohne freie Massenkräfte machen Schrauben zu flexiblen Dauerläufern mit geringster Wartungsintensität und vergleichsweise geringen Betriebskosten in Voll- und Teillastbetrieb.

Schraubentechnologie Vielseitig und Zuverlässig

Rotierende Verdrängerverdichter wie der Schraubenkompressor haben sich bereits in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts in anspruchsvollen Gasanwendungen bewährt und seither etabliert. Insbesondere ihre Unanfälligkeit gegenüber schwankenden Betriebsbedingungen und ihre bauartbedingte innere Verdichtung ohne freie Massenkräfte machen Schrauben zu flexiblen Dauerläufern mit geringster Wartungsintensität und vergleichsweise geringen Betriebskosten in Voll- und Teillastbetrieb.

Das Funktionsprinzip basiert auf einem Haupt- und einem Nebenrotor, die durch fortlaufende Drehung Gasportionen von der sog. Saugseite einschließen und gegen eine kleinere Auslassgeometrie auf der sog. Druckseite ausschieben. Während der Hauptrotor in aller Regel die Funktion des Antriebs übernimmt, besteht die Aufgabe des Nebenrotors in der Kammerbildung und Abdichtung.

Grundsätzlich sind Schrauben in ölfrei und ölgeflutet verdichtende Maschinentypen zu unterscheiden. Beide kommen in ein- oder mehrstufigen Konzepten in Wasserstoffanwendungen zum Einsatz; jedoch in unterschiedlichen, bauartbedingten Arbeitsbereichen (betrifft Umfangsgeschwindigkeit der Rotoren, Druckdifferenz, Fördervolumina). Die folgenden Abbildungen verdeutlichen die wesentlichen Unterschiede und stellen die Arbeitsbereiche in Relation zueinander dar:

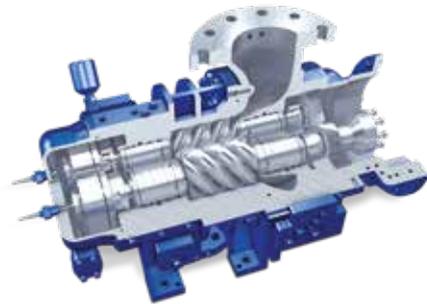


Ölgeflutet



- Gesamter Innenraum unter Öl, dadurch kompakte Bauweise mit geringeren Lagerabständen
- Angetriebener Hauptrotor wälzt auf den mitlaufenden Nebenrotor direkt ab (Ölschmierfilm darf nicht reißen)
- Höchste Differenzdrücke und Lagerbelastung
- Geringere Umfangsgeschwindigkeit und Volumina
- Feuchtes Gas muss über dem Taupunkt verdichtet werden (Vermeidung von Wasserkondensation ins Öl)
- Vortrocknung sinnvoll bezüglich Betriebskosten und Standzeit des Öls
- Ausführung mit ölgeschmierem Steuerzylinder möglich (Regelung des Volumenstroms bei konstanter Drehzahl und konstantem Enddruck; wirkt wie ein interner Bypass und kann ebenso als Anfahrentlastung genutzt werden)

Ölfrei (wassereingespritzt)



- Förderraum 100% ölfrei; mit Wassereinspritzung zur Kühlung und Spaltabdichtung
- Angetriebener Hauptrotor ohne Kontakt zum Nebenrotor; Synchronisation über Zahnradpaar
- Höhere Umfangsgeschwindigkeit und Volumina
- Ölräume separiert durch Trenndichtungen und sog. neutrale Räume, dadurch größere Lagerabstände
- Geringere Differenzdrücke und Lagerbelastung
- Feuchtes Gas muss nicht über dem Taupunkt verdichtet werden
- Vortrocknung, Taupunkte nicht relevant

Ölfrei (trocken)

- Förderraum 100% ölfrei, jedoch gelangt Sperrmedium in den Förderraum
- Angetriebener Hauptrotor ohne Kontakt zum Nebenrotor; Synchronisation über Zahnradpaar
- Differenzdrücke limitiert durch maximale Temperaturentwicklung, bzw. Endtemperatur (kein inneres Kühlmedium)
- Gas oder Flüssigkeitgesperre Dichtungen am Förderraum (auch Eigenmedium als Sperrgas möglich)
- Maximale Umfangsgeschwindigkeit und Volumina
- Feuchtes Gas muss nicht über dem Taupunkt verdichtet werden

Für alle Typen besteht die Möglichkeit, den Volumenstrom über die Drehzahl mithilfe eines Frequenzumformers zu regeln. Die Wahl der Lagerung spielt dabei eine zentrale Rolle und limitiert entweder die Mindestdrehzahl (Gleitlager) oder die kompensierbaren Kräfte (Wälzlager) zuerst. Bei konstantem Drehmoment sind Lastwechsel von etwa 1 Hz/s über den gesamten Regelbereich Standard.

Grundsätzlich erhöhen sich Liefer- und Wirkungsgrade mit der zunehmenden Abdichtung, bzw. Minimierung der inneren Spalte zwischen Rotoren, Gehäuse und Lagerung (sowie zwischen Rotoren und Steuerschieber im Falle ölgefluteter Maschinen mit Steuerschieber). Die Spaltverluste sind umso höher, je höher die Druckdifferenz und umso geringer die Gasdichte ausfällt. Das Einspritzen eines Fluids (Öl, Wasser)

dient also nicht nur der Kühlung, sondern immer auch der Spaltabdichtung. Tendenziell verlagert sich mit der geringeren Temperaturdifferenz infolge des Einspritzmediums die isentrope hin zur isothermen Verdichtung, bzw. Zustandsänderung im pv-Diagramm. Die damit verbundene technische Arbeitsersparnis kommt dem spezifischen Energiebedarf und somit dem Gesamtwirkungsgrad zugute.



Der bei der Wasserelektrolyse entstehende feuchte Sauerstoff soll ebenfalls weiterverwendet werden – hierzu bieten sich **AERZEN** Boostergebläse an.



Die Prozess- und Produktanforderungen unterscheiden sich je nach Anwendung und Endverbraucher stark hinsichtlich benötigter Reinheit und Zuverlässigkeit ...

Anwendungsorientierte Technologieauswahl

Die Prozess- und Produktanforderungen unterscheiden sich je nach Anwendung und Endverbraucher stark hinsichtlich benötigter Reinheit und Zuverlässigkeit, sowie in der Betriebsweise und Kostensensitivität. Die individuell kritischen Grenzwerte für die Restgehalte von Wasser, Sauerstoff und Öl-Aerosolen haben teilweise großen Einfluss auf die Anschaffungs- und Betriebskosten und bedingen ggf. den Einsatz ölfreier Verdichter oder zusätzlicher Feinstabscheidungen bei ölgefluteten Maschinen.

Je nach Enddruckniveau und zu garantierender Zuverlässigkeit kann die Anzahl benötigter Verdichterstufen als Summe von Schrauben, Kolben- und/oder Membranverdichtern den zweistelligen Bereich erreichen. Die Vermeidung mehrstufiger Konzepte in der Niederdruckverdichtung hat aufgrund der maximalen Volumenströme überproportionalen Einfluss auf die Gesamtkosten. Bei Innenaufstellungen entstehen ggf. erhebliche Zusatzkosten für Neubauten und Gebäudetechnik.

Lösungen von **AERZEN**

AERZEN bietet seit Jahrzehnten sowohl ölgeflutete als auch ölfreie Verdichterbaureihen für verschiedenste Prozessgase an. Eine Beratung von AERZEN liefert daher stets mehrere Perspektiven und profitiert von Feld- und Serviceerfahrungen beider Technologien. Zudem wurden Projekte in Kooperation mit Herstellern von Kolben- oder Membranverdichtern realisiert, um Gesamtverdichterkonzepte im Kundeninteresse optimieren zu können.

Neben Schraubenverdichtern liefert AERZEN außerdem Prozessgasgebläse nach Roots-Bauart in verschiedenen Druckbereichen. Diese können z.B. den feuchten Sauerstoff aus der Wasser-Elektrolyse an industrielle Abnehmer wie Klärwerke, Zementwerke oder Glas-produzenten fördern – ganz im Dienste der Sektorenkopplung.



Alle Maschinentypen sind in voll funktionsfähige Aggregatskonzepte eingebunden und konsequent am Anforderungsprofil des Betreibers ausgerichtet. Sowohl standardisierte, als auch hoch kundenindividuelle Einzellösungen gehören zum AERZEN Leistungsspektrum.

Weiterführende Informationen können den aktuellen Broschüren oder unserer Kundenpräsentation entnommen werden. Auf Wunsch übermitteln wir Referenzlisten und technische Dokumente typischer Lösungskonzepte. Ihre Anfrage (RFQ) schicken Sie bitte an: processgas@aerzen.com



Mehr Informationen zu den AERZEN-Lösungen für die Wasserstoffindustrie finden Sie unter:
www.aerzendigital.com

AERZEN. Verdichtung als Erfolgsprinzip

Die Aerzener Maschinenfabrik wurde 1864 gegründet. 1868 haben wir das erste Drehkolbengebläse Europas gebaut. 1911 folgten die ersten Turbogebläse, 1943 die ersten Schraubenverdichter und 2010: das erste Drehkolbenverdichter-Aggregat der Welt. Innovationen made by AERZEN treiben die Entwicklung der Kompressortechnik immer weiter voran. Heute zählt AERZEN weltweit zu den ältesten und bedeutendsten Herstellern von Drehkolbengebläsen, Drehkolbenverdichtern, Schraubenverdichtern und Turbogebläsen. Und in vielen Anwendungsbereichen zu den unangefochtenen Marktführern.

In über 50 Tochtergesellschaften auf der ganzen Welt arbeiten mehr als 2.600 erfahrene Mitarbeiter mit Hochdruck am Fortschritt in der Kompressortechnologie. Ihre technische Kompetenz, unser internationales Expertennetzwerk und die stetige Rückkoppelung mit unseren Kunden sind die Basis unseres Erfolgs. Produkte und Dienstleistungen von AERZEN setzen Maßstäbe. In puncto Verlässlichkeit, Wertbeständigkeit und Effizienz. Fordern Sie uns heraus.



LET'S TALK

Find your local contact

www.aerzen.com/worldwide

Aerzener Maschinenfabrik GmbH
Reherweg 28 - 31855 Aerzen / Deutschland
Telefon: +49 5154 81 0 - Fax: +49 5154 81 9191
info@aerzen.com - www.aerzen.com



AERZEN
EXPECT PERFORMANCE