



Die Wasserstoffwirtschaft ist komplex. Die Erzeugungsmöglichkeiten sind ebenso zahlreich wie die Anwendungen. Für alle Prozesse braucht man Kompressoren.

Quelle: Shutterstock.com

Wasserstoff ist ein wichtiger Baustein für eine grüne Zukunft

■ Angelina Stohp, Michael B. Schmitz, Alexander Maier

Dank seiner hohen Energiedichte bietet sich Wasserstoff als Treibstoff der Zukunft an. Bis es soweit ist, dass er in großem Stil im Elektrolyseur mit grünem Strom gewonnen wird und damit selber „grün“ ist, wird er vor allem per Dampfreformierung gewonnen. Kompressoren spielen auch bei dieser Form der Wasserstoffgewinnung eine entscheidende Rolle. Je nach Umgebungsbedingung müssen die Produzenten aber große Herausforderungen meistern, wie das Beispiel eines für Taiwan ausgelegten Aggregats zeigt.



Das wirtschaftlichste und damit auch gängigste Verfahren zur Erzeugung von Wasserstoff ist heute die Dampfreformierung von Erdgas, LPG oder Naphtha. Durch diesen Prozess erhält man einen hochreinen Wasserstoff, der für viele Industriebereiche von großer Bedeutung ist. 95 Prozent des weltweiten Wasserstoffbedarfs werden damit abgedeckt. Nach Berechnungen der Internationalen Energieagentur (IEA) werden jährlich 196 Millionen Tonnen Wasserstoff aus Erdgas gewonnen. Dieser so genannte graue Wasserstoff ist deshalb noch vorherrschend, weil die Erzeugung von grünem Wasserstoff derzeit mehr als doppelt so teuer ist wie grauer. Grüner Wasserstoff wird durch Elektrolyse hergestellt, wobei für die Elektrolyse ausschließlich Strom aus erneuerbaren Energien zum Einsatz kommt. Experten gehen aber davon aus, dass sich der Preis für grünen Wasserstoff durch technologischen Fortschritt, Massenproduktion und sinkende Strompreise bis 2050 mindestens halbieren wird.

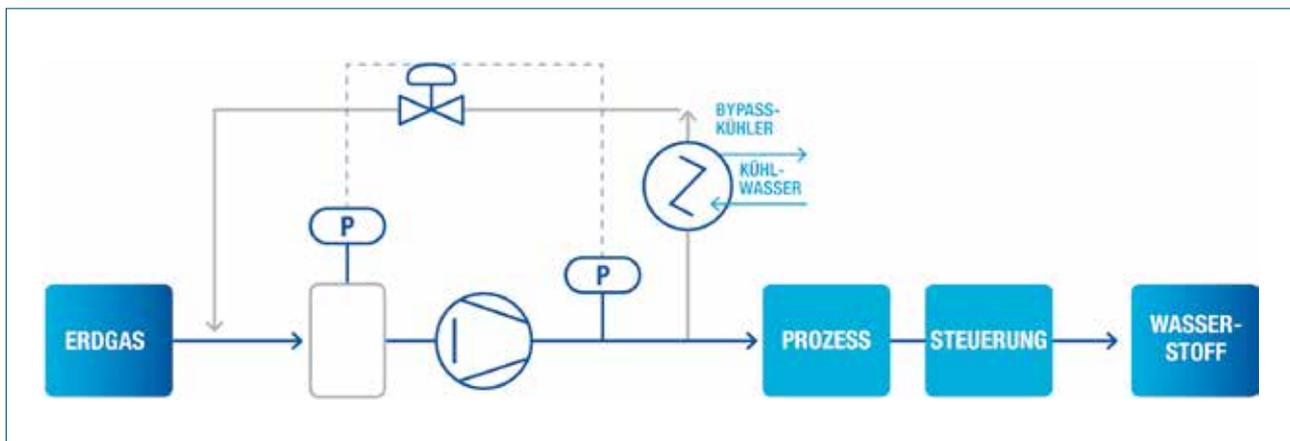
Kompressoreaggregate spielen bei der Herstellung von Wasserstoff wie auch bei der späteren Verwendung eine wichtige Rolle. Mit einem wachsenden Wasserstoff-Markt steigt mithin notwendigerweise auch die Nachfrage nach Verdichtern. Ihr Einsatz in diesem Prozess ist allerdings oft nicht trivial. Dies zeigt der Blick auf eine neue, große Produktionsanlage in Taiwan, in der mittels Dampfreformierung Wasserstoff aus Erdgas gewonnen wird.

Eine große Herausforderung stellt in diesem Projekt die Umgebung dar, da der Kompressor außen aufgestellt wird. In Taiwan kann es im

Sommer bis zu 40 Grad Celsius werden, im Winter fallen die Temperaturen zeitweise bis nahe Null Grad. Aufgrund der subtropischen Lage ist die Luftfeuchtigkeit das ganze Jahr hindurch sehr hoch. Die Feuchtigkeit und die extremen Temperaturschwankungen machen die Festlegung der Lackspezifikation zu einer anspruchsvollen Aufgabe. Für jedes einzelne Bauteil des Kompressors, das mit der Umgebung Kontakt hat, muss festgelegt werden, mit welcher Schichtdicke es zu lackieren ist, damit es dauerhaft vor Korrosion geschützt ist und den Temperaturen standhält. Dabei spielt das Material, aus dem es besteht ebenso wie die Oberflächentemperatur, die erreicht wird, eine wichtige Rolle.

Spezielle lokale Vorschriften und Normen erhöhen ebenfalls den Aufwand. Alle verbauten Motoren im Kompressor müssen beispielsweise vom taiwanesischen Industrial Technology Research Institute (ITRI) im Vorfeld zertifiziert werden. Dazu ist es erforderlich, diese Motoren vom ITRI als Einzelabnahmen zu deklarieren und anschließend der Montage zur Verfügung zu stellen.

Eine weitere wichtige Aufgabe war die Sicherstellung des Explosionsschutzes. Die Umgebungsbedingungen für das Aggregatsystem wurden als Explosions-Zone 2 eingestuft. Aufgrund dessen wurden gemeinsam mit dem Kunden Risikobewertungen durchgeführt, um Restrisiken zu identifizieren. Um eine entsprechende Gefährdung zu mitigieren, wurde der Ex-Schutz des Kompressoraggregats gemäß der internationalen Explosionsschutznorm IECEx ausgeführt und bewertet.



Quelle: Mehrer

Abb. 1: Vereinfachte Darstellung des Wasserstoffgewinnungsprozesses



Abb. 2: Kompressoraggregat bei Auslieferung

Quelle: Mehner

Die Volumenstromregelung erfolgte in diesem Fall mit Hilfe eines Bypasses, der es ermöglicht, nahe null bis hundert Prozent der Fördermenge wieder zum Eintritt des Kompressor-Aggregates zurückzuführen beziehungsweise umgekehrt die Fördermenge am Austritt des Kompressor-Aggregates von nahe null bis hundert Prozent zu regeln. Dieser weite Regelbereich kann nicht durch die energieeffizientere Drehzahlregelung erreicht werden, da die Ventile des Kompressors die Dynamik begrenzen. Je nach Anwendungsfall können beide Methoden aber gut kombiniert werden. Im vorliegenden Fall wurde die robustere Bypass-Regelung zusammen mit einem drehzahlkonstanten Kompressor gewählt.

Bestimmende Größen des Kompressor-Aggregates

Durch die oben genannten Umgebungsbedingungen und Anforderungen an die Anlage wurden die technischen Eigenschaften des Kompressoraggregates abgeleitet, so dass der Entwicklungsprozess starten konnte.

Bei dem für Kolbenkompressoren niedrigen Druckverhältnis von $\Pi_v=2.3$ genügte eine einstufige Verdichtung. Aus der benötigten Förderleistung ergibt sich die Wahl des Kompressorblocks und dessen Drehzahl.

Betriebsbedingungen und Bestimmung der Komponenten

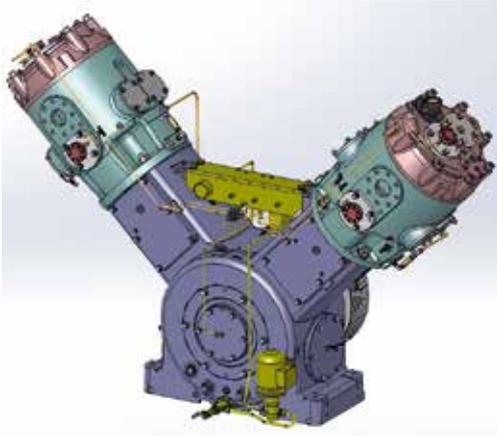
Bei der Verdichtung erreicht das komprimierte Gas eine Temperatur von 121°C, bevor es zur weiteren Verarbeitung an die nachfolgenden Prozesse weitergeleitet wird. Das erhitzte Gas wird mit Hilfe von Wasserkühlern gekühlt. Dabei kondensiert das gasförmige Wasser und wird im Abscheider abgeführt. Für eine erste Abschätzung des Betriebsverhaltens wurde eine einfache Simulation mithilfe des chemischen Prozesssimulators DWSIM durchgeführt. Nach einer ersten Abschätzung fielen bereits bei 55°C etwa 0,7 Kilogramm Kondensat pro Stunde an, die abgeführt werden müssen.

Anforderungstabelle

		Einheit
Gasart	Gemisch gemäß Spezifikation, wasserdampfgesättigt	Vol %
Gassaugdruck	8.8	bar (abs)
Gassaugtemperatur	40	Celsius
Gasenddruck	20.2	bar (abs)
Förderleistung	1850	Nm ³ /h
Regelbarkeit	0.3 – 1.0	(/)

Quelle: Mehner

Abb. 3: Anforderungstabelle



Quelle: Mehrer

Abb. 4: Einstufiger Kolbenkompressor in V-Anordnung

Basierend auf diesen Überlegungen wurden anschließend das Prozessdiagramm (P&ID) erstellt und die benötigten Komponenten und deren Eigenschaften definiert.

In diesem Schritt wurden Materialien, Rohrdurchmesser, Ventilcharakteristika, Kühlwassermengen und Steuerungsparameter berechnet sowie erste Abschätzungen der erwarteten Druckpulsationen und mechanischen Schwingungseigenschaften getroffen. Die Steuerungsparameter wurden für alle Betriebspunkte definiert. Ebenso wurden landes- und kundenspezifische Normen und Vorschriften im Design berücksichtigt. Damit wird das P&ID zum zentralen Dokument für alle technischen und operativen Schritte.

Wasserstoff gilt als wesentlicher Baustein einer nachhaltigen Energiezukunft.

Konstruktion des Kompressoraggregats

Unmittelbar nach Festlegung der wesentlichen Komponenten des Kompressor-Aggregates, wie Eintrittsfilter, Kompressorblock, Antriebsmotor, Kühler und Abscheider, wurden die Komponenten auf dem zur Verfügung stehenden Bauraum angeordnet. Bei diesem Kompressor-Aggregat ist es sinnvoll, alle Komponenten auf einem Rahmen zu installieren, so dass in der Endanwendung nur noch die Schnittstellen für Gas, Kühlwasser, Steuerluft, Elektromotorversorgung und Sensorik angeschlossen werden müssen.

Anzeige



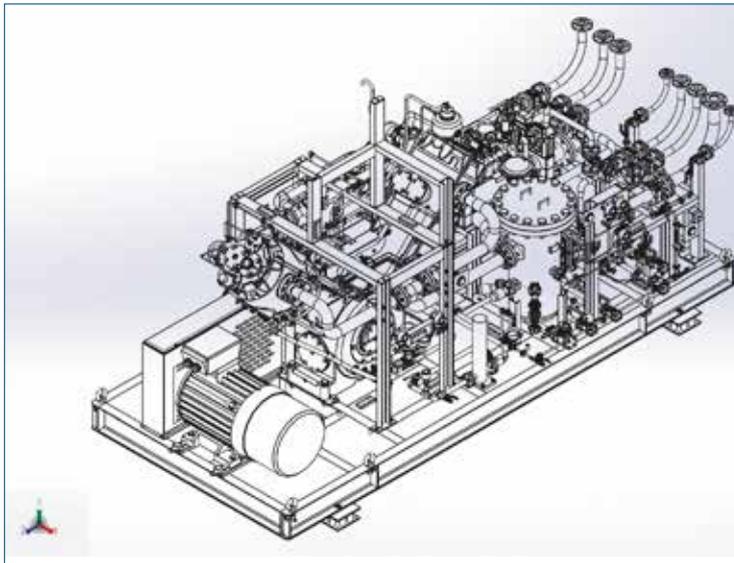
Mehr Leistung für LEWA ecosmart:

Neue Pumpengrößen verfügbar!

Effizient, sicher, preiswert – die günstige Membrandosierpumpe.

- Neue Baugrößen LCC und LCD
- Förderströme bis zu 2.000 l/h pro Pumpenkopf, Förderdruck bis zu 80 bar
- Multiplexpumpen verfügbar

Erfahren Sie mehr: www.lewa.de



Quelle: Mehner

Abb. 5: 3D-CAD-Modell des gelieferten Aggregats

Digitaler Zwilling

Im Designprozess spielen Zeichnungen bald schon keine Rolle mehr. Heute setzt man stattdessen immer mehr auf 3D-Modelle als „Single Source of Truth“, auf die alle anderen Gewerke, wie Einkauf, Montage und Service zugreifen. Das Ziel ist es, einen Digitalen Zwilling zu erzeugen, dessen Digitaler Master möglichst exakt der ausgeführten Maschine entspricht. Nach der Montage wird der sogenannte As-Built-Zustand aufgenommen und die jetzt finale Stückliste des Aggregates fixiert. Dieser Datensatz bildet dann den gesamten Digitalen Master, mit dem der Lebenszyklus der Maschine beginnt. Alle weiteren Veränderungen, die während des Lebenszyklus entstehen, werden zu diesem Datensatz hinzugefügt, so dass immer ein aktueller Datensatz der aktuellen Anlage vorhanden ist.

Mit einem wachsenden Wasserstoff-Markt steigt auch die Nachfrage nach Verdichtern.

Validierung und Abnahmetest

Im abschließenden Abnahmetest wurde die Gesamtleistung des Aggregats unter verschiedenen Betriebspunkten mechanisch und elektrotechnisch getestet. Die Tests wurden in der Regel bei reduzierten Betriebsbedingungen durchgeführt, in denen Drehzahl und Betriebs-

drücke eingehalten werden, aber Luft als Medium verwendet wird. Dazu wurden die Kompressorventile ausgetauscht und durch entsprechende Testventile ersetzt, die für die Molmasse von Luft geeignet sind. Die Ergebnisse der Tests wurden mit Berechnungen verglichen um die Performance des Aggregats bewerten zu können. Zusätzlich zu den thermodynamischen Leistungstests wurden Schwingungsmessungen an repräsentativen Stellen des Kompressoraggregats durchgeführt. Als massgebliche Größe für Kompressoraggregate wird die Schwinggeschwindigkeit herangezogen. Zur Bewertung der Schallemissionen wird die Schalleistung aus den Schalldrücken an 10 definierten Raumpunkten berechnet.

Nach bestandenen Tests wurde der Kompressor an den Kunden in Taiwan ausgeliefert. Im Herstellungsprozess dort wird das Feed-Gas mit einem Druck von 8 bar angesaugt und mit Wasserstoff vermischt. Der Kompressor verdichtet das Gasgemisch auf 20 bar und übergibt dieses an den Wärmetauscher zur Entschwefelung. Die Bypass-Steuerung des Volumenstroms auf die tatsächlichen Begebenheiten wird vor Ort angepasst. Des Weiteren wurde der Betriebsfall „Inertisierung“ (oder Spülung) sichergestellt. In diesem Betriebsmodus wird das gesamte Aggregat automatisch mit Stickstoff gespült, so dass kein zündfähiges Gemisch im Aggregat entsteht. Damit ist das sichere Ab- und Anschalten des gesamten Aggregats, etwa bei Wartungsarbeiten, gewährleistet.

Ausblick

Heute gilt Wasserstoff als wesentlicher Baustein einer nachhaltigen Energiezukunft. Die Wasserstofftechnologien sind in den vergangenen Jahren schon spürbar weiterentwickelt worden. Es ist daher absehbar, dass die heute noch überwiegende Herstellung durch Dampferformierung immer mehr von der Wasserstoffherstellung per Elektrolyse abgelöst wird.

Mit einem wachsenden Anteil von grünem Wasserstoff werden trocken verdichtende Kolbenkompressoren weiter an Bedeutung gewinnen. Besonders die Anforderungen an Standzeiten und Dichtigkeit erfordern immer bessere technische Lösungen für einen weiter wachsenden Markt mit immer größeren Stückzahlen. Die in diesem Artikel beschriebenen einzelnen Projektierungsaufwände werden immer mehr durch



standardisierte Serienlösungen abgelöst werden, wenn Wasserstoff direkt, also ohne den Umweg der Dampfreformierung erzeugt wird. Auch dann nehmen Kompressoren eine zentrale Funktion ein: Sie verdichten den Wasserstoff nach der Elektrolyse, um die Energiedichte zu erhöhen und zur platzeffizienten Speicherung für den nachfolgenden Prozess. Für eine grüne Zukunft mit weniger CO₂-Emissionen.

Autoren:
 Angelina Stohp,
 Marketing & PR Manager,
 Michael B. Schmitz,
 Head of Design and Project Engineering,
 Alexander Maier,
 Project Leader Large Packages,
 Mehrer Compression GmbH, Balingen



FLUX

Mehr als nur Pumpen

Fass- und Containerpumpen

vom Erfinder der elektrischen Fasspumpe

- ▶ Ideal zum Fördern von Fluiden aus IBCs, Kanistern, Fässern, Tanks
- ▶ Für entzündliche, aggressive, toxische, abrasive oder hochviskose, nicht mehr selbst fließfähige Medien
- ▶ Zertifiziert für den Einsatz in Industrie, Hygiene und Ex-Umgebungen

Überzeugen Sie sich selbst. Wir beraten Sie gerne.

Akku-
Pumpe



MADE IN GERMANY

FLUX-GERÄTE GMBH

Talweg 12 · D-75433 Maulbronn · Tel. +49 7043 101-0

info@flux-pumpen.de · www.flux-pumpen.com

