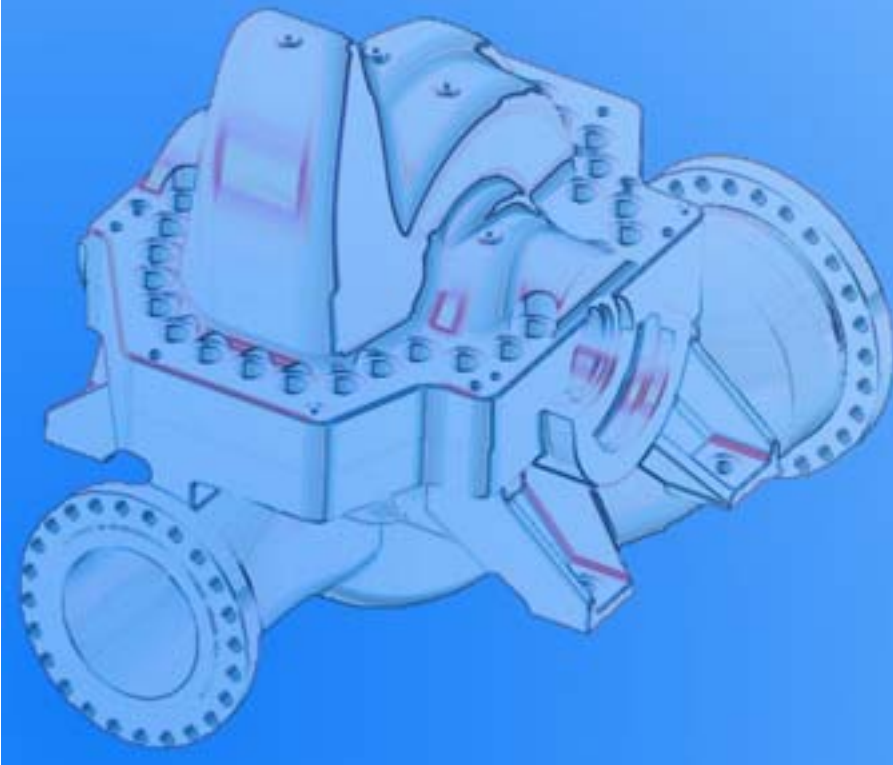


Frühzeitige Gehäuse-optimierung bei großen Wassertransportpumpen

WOLFRAM LIENAU
THOMAS WELSCHINGER
SULZER PUMPS

Für die Bewässerung und Trinkwasserversorgung in trockenen Erdregionen muss das Wasser über weite Strecken gepumpt werden und zum Teil größere Höhendifferenzen überwinden. Sulzer HPDM-Pumpen werden bei großen Volumenströmen bis über 100 m³/min und Drücken bis 60 bar für diese Aufgaben spezifisch ausgelegt. Das Gehäuse wird mit CAD entworfen und optimiert. Durch den Einsatz von Finite-Elemente-Berechnung kann es daher auf Leckagen und Verformungen frühzeitig geprüft werden. Im Gegensatz zur Druckprobe nach Fertigstellung der Pumpe führt dies zu beachtlichen Kosteneinsparungen und verlässlichen Lieferterminen für den Kunden.



Die Pumpe HPDM 600-940-s+s/30 hat eine Leistung von rund 9 MW. Das fertige, horizontal geteilte Gehäuse, das mit Stiftschrauben zusammengehalten wird, hat ein Gewicht von 26 t (Bild 1). Bei einer derartigen 2-stufigen Pumpe werden die beiden Laufräder mit der Rückseite gegeneinander angeordnet, was eine Minimierung des Axialschubs auf der Welle bewirkt. Es wird beim Design besonders auf die Anpassung des Gehäuses an den inneren Druck geachtet.

Hydraulisches Design

Die Auslegung der Pumpe beginnt mit der Hydraulik. Nach dem Design der Laufräder werden aufgrund von CFD-Berechnungen (computational fluid dynamics) die strömungsführenden Kanäle im Gehäuse so ausgelegt, dass sich eine möglichst geringe Verlustleistung ergibt. Die Modellierung dieser Geometrie erfolgt in einem 3D-CAD-System.

Konstruktion des Gehäuses

Die Konstruktionsabteilung übernimmt diese Geometrie und erstellt daraus ein dreidimensionales CAD-Modell des Gehäuses (Bild 2). Nach der Vorauslegung des Gehäuses in der Wandstärke und der Dicke der Trennflansche werden die Anzahl und der Durchmesser der Stiftschrauben bestimmt, welche die beiden Gehäusehälften zusammenspannen. Im 3D-Modell wird anschließend das Material in der berechneten Wandstärke um die strömungsführenden Kanäle herum gelegt; das Hydraulikmodell dient dabei als Negativ.

Unter anderem werden in der Konstruktion die Durchgangs-

löcher für die Stiftschraube im Oberteil gleichmäßig möglichst dicht entlang der hydraulischen Kontur positioniert und der Abstand (Wandstärke) zwischen den Bohrungen und der Hydraulik im Ober- und Unterteil kontrolliert. Das dreidimensionale Modellieren ist beim Positionieren der Stiftschrauben hilfreich, da dieser Abstand zwischen einer Bohrung und den begrenzenden Hydraulikflächen im dreidimensionalen Raum schnell gemessen werden kann. Nach dem Positionieren wird mit einem definierten Abstand zum «Lochverlauf» die Außenkontur des Trennflansches festgelegt.

Das dreidimensionale CAD-Modell des Gehäuses lässt sich für die anschließende Gehäuseberechnung verwenden. Die Anpassung des Modells erfolgt in enger Absprache zwischen der Konstruk-

tionsabteilung und der Berechnungsgruppe. Andererseits lässt sich das dreidimensionale CAD-Modell auch für die Modellierung des Gießprozesses nutzen.

Problemerkennung durch Finite-Elemente-Methode

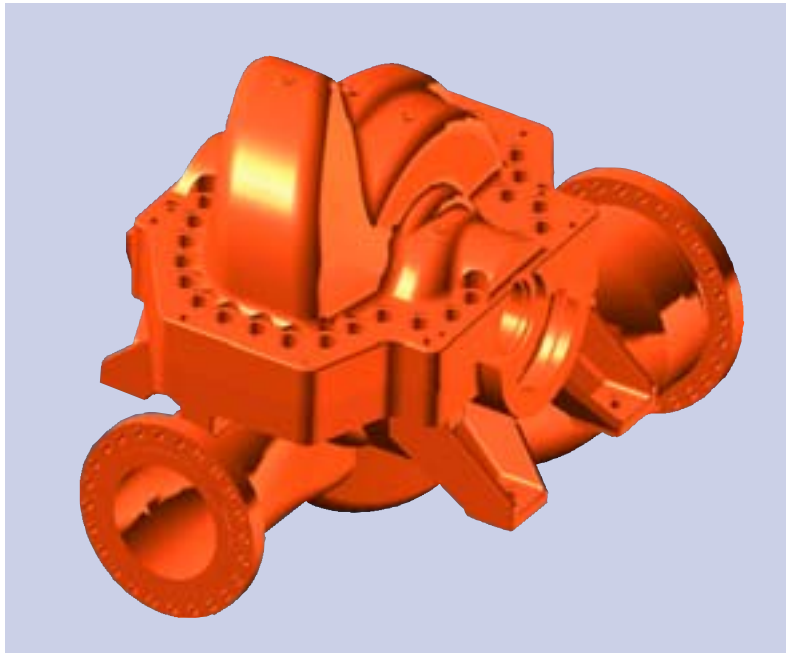
Um Leckagen zu vermeiden, wird das Gehäuse rechnerisch optimiert, was kostengünstiger als eine eventuelle Anpassung in der Testphase der Pumpe ist. Mit der Finite-Elemente-Methode (FEM) lässt sich das mechanische Verhalten, d.h. die Verformungen und die daraus abgeleiteten inneren Spannungen beliebig gestalteter Bauteile und Baugruppen unter ihren Lasten berechnen. Aufgrund dieser Berechnung können Probleme bereits während der Entwicklung erkannt und behoben werden.

Die bereinigte Geometrie wird im dreidimensionalen Format

1 Die Pumpe HPDM 600-940-s+s/30 hat eine Leistung von rund 9 MW. Das fertige Gehäuse ist 26 t schwer und besteht aus einem horizontal geteilten Gehäuse, das mit Stiftschrauben zusammengehalten wird.



2 Fertiges CAD-Modell des Gehäuses der Pumpe HPDM 600-940-s+s/30. Diese Geometrie wird an das FEM-System übergeben.

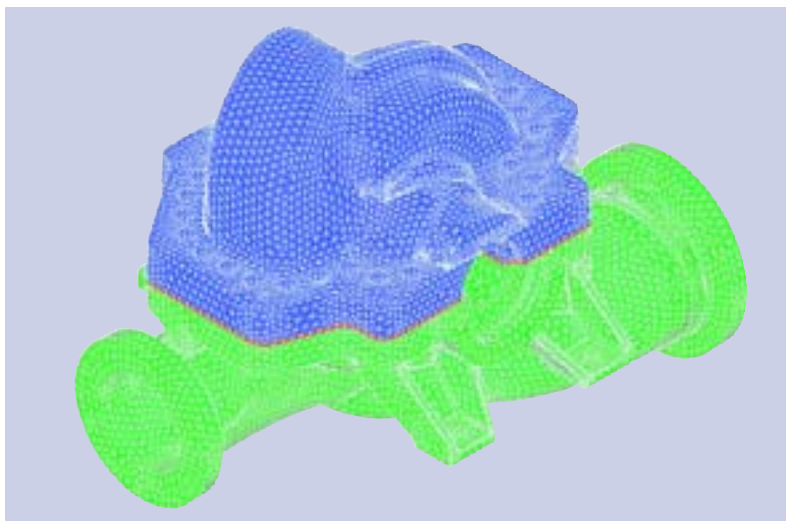


des CAD-Systems an ein FEM-Programm übergeben. Die Ziele der Finite-Elemente-Berechnung sind:

- ▶ Prüfen der Dichtheit zwischen Gehäuseober- und -unterteil
- ▶ Kontrollieren der Dichtheit an den Bohrungen der Wellendichtung
- ▶ Feststellen der Spannungen und Verformungen des Gehäuses
- ▶ Ermitteln der Stiftschraubenbelastungen

Die Behebung einer durch diese Analyse festgestellten Dichtungsleckage in der Entwicklungsphase ist wesentlich leichter durchzuführen als spätere Änderungen auf dem Prüfstand. Ist die Pumpe schon gebaut, lässt sich beispielsweise die Stiftschraubenanordnung nicht mehr ändern. Trotz der Kosten für die Berechnung ergeben sich somit Kosteneinsparungen. Zusätzlich wird Lieferverzögerungen vorgebeugt, die unter

3 FE-Modell des Pumpengehäuses. Hier wird das Modell um die Flachdichtung ergänzt, bevor die hier ersichtliche und zur Berechnung erforderliche Vernetzung erfolgt.



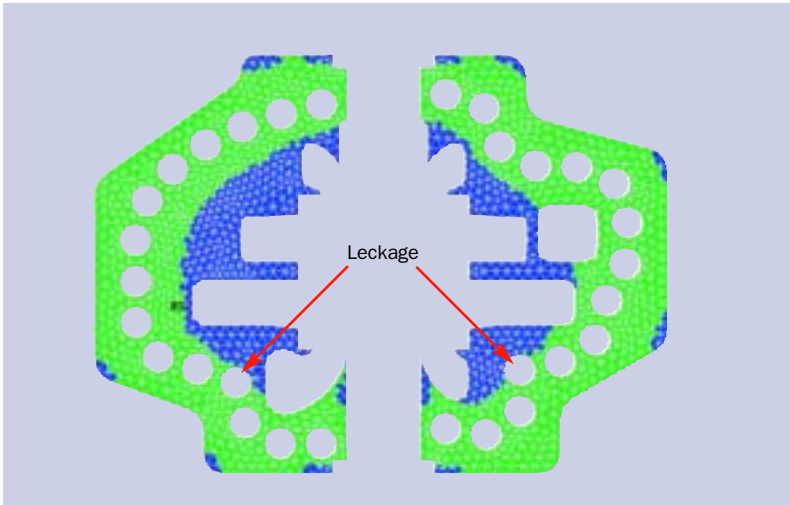
Umständen entstehen, wenn die Pumpe lange Zeit auf dem Prüfstand steht und modifiziert werden muss, damit sie den erforderlichen Drucktest besteht. Kosteneinsparung und Termintreue sind zwei entscheidende Vorteile, die direkt dem Kunden zugute kommen.

Behebung von Verformungen

Die Gehäusegeometrie wird im FEM-Programm um die Flachdichtung ergänzt, bevor die zur Berechnung erforderliche Vernetzung erfolgt (Bild 3). Das Volumen des Gehäuses wird dabei in eine große Anzahl einfacher geometrischer Elemente (so genannte Tetraeder) aufgeteilt, die sich einzeln berechnen lassen. Die Verformung des gesamten Gehäuses ergibt sich aus den Verformungen jedes einzelnen Elements. Anschließend werden die Stiftschrauben als Balkenelemente hinzugefügt und die Berechnungen für die Lastfälle «Auslegung» und «Testdruck» durchgeführt.

In einem Fall zeigte sich in der Berechnung, dass das Gehäuse unter Testdruck nicht dicht sein würde, weil Wasser in die Stiftschraubenbohrungen eindringen könnte (Bild 4). Daher wurden schrittweise die nachstehenden konstruktiven Modifikationen und deren rechnerische Überprüfung vorgenommen:

- ▶ Vergrößerung der Flanschdicke sowohl oben als auch unten. Der steifere Flansch ermöglicht eine gleichmäßigere Dichtungsbelastung.
- ▶ Änderung der Bohrungsanordnung für die Gehäusebolzen. Die nach innen in die Kontur gesetzten Stiftschrauben wurden nach außen verlagert, damit sie dem Druckbereich weniger ausgesetzt sind.



4 Bei einer HPDM-Pumpe zeigte sich während der Berechnung, dass das Gehäuse unter Testdruck undicht wäre (blaue Stellen) und insbesondere bei den beiden zur Hydraulikkontur nahe liegenden Stiftschrauben Wasser eindringen würde.

► Das Gehäuseober- und -unterteil wurde versteift, damit eine gleichmäßigere Dichtungsbelastung erreicht wird. Die anderen Bereiche des Oberteils sind durch die Überströmkanäle von Natur aus steifer.

Die Modifikationen wurden anschließend in das CAD-Modell übernommen und später mit dem Hydrotest überprüft (Bild 5). Diese Schlaufen zwischen Konstruktion und Berechnung lässt sich beliebig oft durchlaufen, bis eine befriedigende Lösung gefunden ist.

Kostenersparnis durch frühe Problemerkennung

Eine Leckage erst nach dem Druckversuch zu beheben ist ein aufwändiges, langwieriges und somit ein teures Vorgehen. Dank dem konsequenten Auslegeprozess mittels dreidimensionalen Konstruktions- und Berechnungswerkzeugen sowie der Einbeziehung der numerischen Gehäuseanalyse in diesen Prozess kann Geld gespart, die Testphase erfolgreich absolviert und die Pumpe fristgerecht ausgeliefert werden. ◀

► **KONTAKT**
 Sulzer Pumpen AG
 Wolfram Lienau
 Zürcherstraße 12
 Postfach 414
 8401 Winterthur
 Schweiz
 Telefon +41 (0)52 262 39 88
 Telefax +41 (0)52 262 01 80
 wolfram.lienau@sulzer.com

5 Hier ist die Gehäuseverformung bei Testdruck ohne (links) und mit (rechts) Modifikationen dargestellt. Die Modifikationen zur Dichtheit wurden anschließend in das CAD-Modell übernommen.

