

Innovation durch Testen – spezielle Prüfeinrichtungen unterstützen die Produktentwicklung

Geprüfte Qualität

Kontinuierliche Innovation erfordert modernste Werkzeuge und Ausrüstungen. Zwar wurden in den letzten Jahren enorme Fortschritte auf dem Gebiet der numerischen Strömungssimulation (*Computational Fluid Dynamics, CFD*) erzielt, entscheidend bei der Entwicklung von Pumpen für die hohen Ansprüche der Kunden und der Industrie ist jedoch die Umsetzung der Erkenntnisse aus dem Zusammenspiel von CFD-Berechnungen und realen Strömungsuntersuchungen. Daher setzt Sulzer Pumps spezielle Prüfstände sowohl für die Produktentwicklung als auch die Designvalidierung ein.

Sulzer Pumps liefert Pumpen für anspruchsvolle Anwendungen und arbeitet gleichzeitig an der kontinuierlichen Verbesserung der Technologie, um auch zukünftige Anforderungen der Kunden erfüllen zu können. Dazu betreibt Sulzer rund um den Globus Prüfstände, die auf die Anforderungen bestimmter Produkte und Märkte zugeschnitten sind. Zu diesen Einrichtungen gehören die weltweit größte Anlage zur Prüfung kompletter Pumpenaggregate in Leeds (England) mit einer installierten Antriebsleistung von 30MW und das

kürzlich eröffnete größte Werk von Sulzer Pumps in Suzhou (China), das über einen Prüfstand mit acht Stationen und einer Gesamtleistung von 15MW verfügt. Einer der Schlüssel zum Erfolg von Sulzer ist die Möglichkeit zur umfassenden Überprüfung jeder Pumpe vor der Auslieferung zur Sicherstellung von Leistungsfähigkeit und problemloser Inbetriebnahme.

Flexible Prüfanlagen

Im Sulzer-Kompetenzzentrum für Prozesspumpen in Kotka (Finnland) ist der

Prüfkreislauf so ausgelegt, dass eine schnelle Prüfung von Prozesspumpen aller Größen für die Zellstoff-, Papier-, Nahrungsmittel-, Metall- und Düngemittelindustrie sowie für Entsalzungsanlagen möglich ist. Wegen der großen Stückzahl der zu testenden Pumpen ist eine flexible Anpassung der Anlagen erforderlich, d.h., bei mehreren Tausend gefertigten Maschinen im Jahr muss die Prüfanordnung entsprechend standardisiert sein und einen hohen Durchsatz ermöglichen. Der dazu erforderliche schnelle Auf- und Abbau wird durch

1 Das Forschungszentrum in Kotka (Finnland).



modulare Schnittstellen für die erforderlichen ein- und austrittseitigen Rohrgrößen erreicht, die in einer speziell angefertigten drehbaren Einheit angeordnet sind und in kürzester Zeit in Position gebracht werden können.

In den einzelnen Werken stehen Prüf-einrichtungen für jeden Pumpentyp mit mehreren Prüfständen für verschiedene Größen zur Verfügung. Sulzer Process Pumps hat eine allgemeine Teststation für Vertikalpumpen, Prozesspumpen und mehrstufige Pumpen mit Leistungen bis 500 kW. Der neueste und größte Prüfstand dieser Geschäftseinheit ist der Prüfstand für große Prozesspumpen. In diesem Prüfstand können Messungen mit hohem Durchfluss und geringem Druck auf der Saugseite durchgeführt werden. Solche Untersuchungen mit Drücken nahe dem Dampfdruck in der Saugleitung sowie großen Fördermengen spielen eine wichtige Rolle bei der Konstruktion von Pumpen mit hoher spezifischer Drehzahl. Dieser Niederdruck-Prüfstand wird unter anderem dazu verwendet, die Pumpbedingungen in großen Verdampfern zu simulieren.

Energieeffizienz

In der Versuchsanlage für die Produktentwicklung im Forschungszentrum von Kotka stehen ähnliche Prüfstände zur Verfügung [1]. Der Pumpenkreislauf für Medien mittlerer Konsistenz mit einer Leistung von bis zu 600 kW, einer Fördermenge von bis zu 1200 l/s und einem Druck von bis zu 25 bar ist für die Anforderungen der Zellstoff- und Papierindustrie ausgelegt. Als Prüfmedien werden hauptsächlich mehrphasige Suspensionen mit Gas, meist eine Mischung aus Wasser, Zellstofffasern und Luft, eingesetzt.

Um möglichst energieeffiziente Versuche zu gewährleisten, wird der Prüfstand für mehrstufige Pumpen in Finnland mit einem Energierückgewinnungssystem ausgerüstet [2]. Dabei wird der hohe, von der Pumpe erzeugte Druck mithilfe einer Peltonturbine zurückgewonnen, die mit demselben Wellenstrang verbunden ist wie der Motor und die Pumpe. Diese Anordnung ermöglicht die Versuche an mehrstufigen Pumpen mit einer Antriebsleistung von

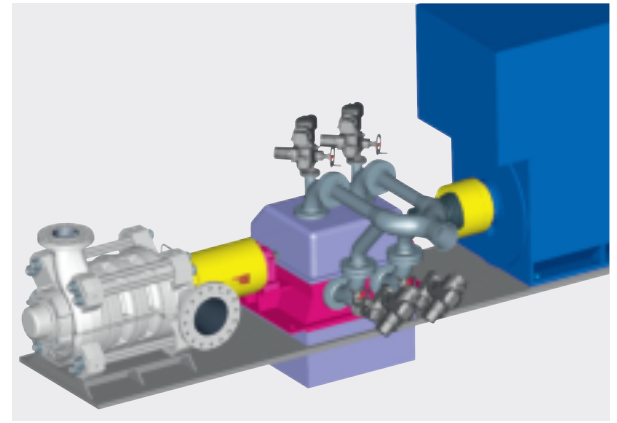
2,7 MW, wobei nur 1,4 MW aus dem Stromnetz beansprucht werden. Unter optimalen Bedingungen wird sogar nur ein Viertel der Pumpenergie aus dem Netz entnommen. Gleichzeitig ermöglicht die Turbine einen äußerst effizienten Druckabbau mit wesentlich geringeren Geräuschemissionen als bei Abführung (und Verlust) der Energie über Ventile.

Die Hydraulikexperten in Finnland haben die Energieeffizienz einer neuen mehrstufigen Pumpe für Umkehrosmoanlagen und des dazugehörigen Prüfstands optimiert. Der Prüfstand soll zur Validierung der hydraulischen und mechanischen Verbesserungen an den vorhandenen mehrstufigen Pumpen und für die Entwicklung neuer Pumpengrößen eingesetzt werden. Die Turbine des Energierückgewinnungssystems wird über Nadelventile mit elektrischen Antrieben geregelt, d. h., für den Bediener des Prüfkreises ergeben sich keinerlei Änderungen in der Handhabung. So kann eine Versuchsreihe für eine Pumpe mit einer benötigten Antriebsleistung von 1,4 MW mit einem Verlust von nur 400 kW durchgeführt werden. Im Vergleich zu einer herkömmlichen Versuchsanordnung können mit dem neuen Prüfstand 8000 kWh elektrischer Energie am Tag eingespart werden. Da eine normale Versuchsreihe für eine Pumpenhydraulik etwa 20 Tage dauert, bedeutet dies eine erhebliche Kostenreduktion bei gleichzeitiger Entlastung der Umwelt.

Prüfung vor der Auslieferung

Versuche werden nicht nur zur Entwicklung von neuen Produkten eingesetzt, sie helfen auch dabei, die Qualität der Fabrikate sicherzustellen. Alle Pumpen, die das Werk von Sulzer in Leeds verlassen, werden sowohl nach internationalen Standards als auch im Hinblick auf die kundenspezifischen Anforderungen umfassend überprüft. Speziell für den Upstream-Bereich der Öl- und Gasindustrie entwickelte Pumpen und Aggregate (einschließlich des später verwendeten Antriebs) werden vor ihrer Auslieferung einem Test unterzogen.

Die umfangreiche Anlage verfügt über alle erforderlichen Systeme zur Prüfung von Pumpen, die von Gasturbinen mit einer Leistung von bis zu



[2] Energierückgewinnungssystem.

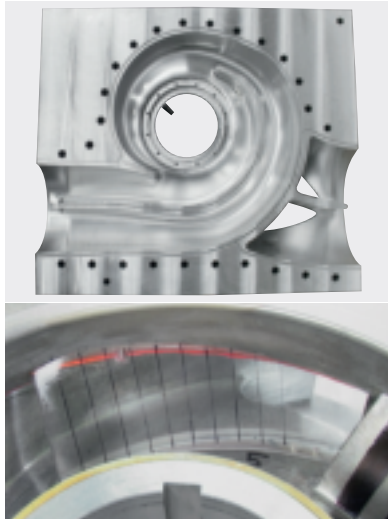
30 MW sowie großen Dieselmotoren und Hochspannungs-Elektromotoren angetrieben werden. Durch kürzlich vorgenommene Veränderungen am Stromnetz stehen Sulzer in Großbritannien nun 45 MW an elektrischer Leistung sowie zwei eigene drehzahlgeregelte Antriebe zur Verfügung. Der Prüfstand bietet genügend Platz für mehrere Pumpeneinheiten bestehend aus Pumpe und Antrieb und, falls nötig, den vorgesehenen Frequenzumrichtern und alle erforderlichen Hilfsausrüstungen, wie mechanische Dicht- und Schmiersysteme.

Die Eignung zur schnellen Prüfung großer Stückzahlen unterstreicht die Flexibilität der Anlage und widerspiegelt die bei Sulzer Pumps verfügbare Wissensbasis. Durch die Versuche wird sichergestellt, dass alle Systeme vor der Auslieferung perfekt zusammenarbeiten und es so zu keinerlei Verzögerungen bei der Inbetriebnahme vor Ort kommt.

[3] Mit sieben Prüfkreisläufen bietet der Prüfstand in Oberwinterthur (CH) ein hohes Maß an Flexibilität.



4 Rapid Prototyping mit NC-Bearbeitung sichert die schnelle Fertigung von Prüfkomponenten.



Prüfung zur Validierung des CFD-Designs

In Oberwinterthur (Schweiz) betreibt Sulzer Pumps einen auf die Entwicklung neuer Produkte speziell zugeschnittenen Prüfstand zur Unterstützung von großen auftragsbezogenen Entwicklungsprojekten und für die Grundlagenuntersuchungen 3. Der Einsatz des Prüfstands ist Bestandteil des Entwicklungsprozesses für neue Produkte bzw. Pumpenserien sowie für große Pumpen mit speziellem Anforderungsprofil. Auf dieser Anlage wurden z.B. die CFD-Analysen und das hydraulische Design von Pumpen, die für eine neue Pipeline in Ostasien entwickelt wurden, mit Modellversuchen verifiziert.

Die Hauptaufgabe des Entwicklungsprüfstands ist die Validierung sämtlicher Eigenschaften einer neu entwickelten Hydraulik, bevor diese in einem neuen

Pumpendesign eingesetzt wird. Zu diesem Zweck werden Versuche an maßstabgetreuen Modellpumpen durchgeführt, die mithilfe von Rapid-Prototyping-Verfahren (hauptsächlich NC-Bearbeitung) aus Aluminium gefertigt sind 4. Der Prüfstand umfasst sieben kleine bis mittelgroße Kreisläufe, die eine hohe Flexibilität hinsichtlich der zu untersuchenden Pumpenbauarten erlauben, wobei ein Kreislauf für Zweiphasengemische zur Entwicklung der Sulzer-Mehrphasenpumpen vorgesehen ist.

Bei den Entwicklungsversuchen werden alle Standardeigenschaften wie Volumenstrom, Förderhöhe, Leistung, Wirkungsgrad und NPSH-Wert der Pumpen erfasst. Der NPSH-Wert (*Net Positive Suction Head*) oder die Halbedruckhöhe beschreibt die Differenz zwischen dem Druck einer Flüssigkeit und ihrem Dampfdruck bei einer bestimmten Temperatur und ist ein wichtiger Wert für das Saugverhalten von Pumpen. Darüber hinaus werden alle Informationen erfasst, die für das endgültige Design einer Pumpe oder zur Sicherstellung des gewünschten Verhaltens unter Anlagebedingungen erforderlich sind. Dazu gehören:

- Interne Druckmessungen zur Identifizierung der Verluste in den verschiedenen hydraulischen Komponenten
- Statische und transiente Messungen radialer und axialer Kräfte
- Messung der Druckpulsationen am Ein- und Austritt
- Visualisierung von Kavitationsblasen auf der Saugseite (und bei Bedarf auf der Druckseite) der Laufradschaufeln
- Messung der Drücke, Schwingungen bzw. Belastungen in den rotierenden Teilen der Pumpe.

Erforschung der Auswirkungen von Oberflächenrauheit

Die Entwicklung von Hochleistungspumpen erfordert sowohl CFD-Berechnungen auf dem neuesten Stand der Technik als auch präzise Messungen, wozu es wiederum spezieller Werkzeuge und geschulten Personals bedarf. Um einen dauerhaften Erfolg zu sichern, hat Sulzer Pumps in beides viel investiert, wobei die Versuchsergebnisse seit Jahren

zur Validierung von CFD-Daten eingesetzt werden. Daher kennen die Experten bei Sulzer auch die Grenzen von CFD-Verfahren bei der Auslegung von Pumpenhydrauliken. Innerhalb dieser Grenzen liefert die Verknüpfung von CFD-Ergebnissen mit geometrischen Designparametern wertvolle Unterstützung bei der Entwicklung neuer hydraulischer Konturen.

Das Zusammenspiel von Messungen und CFD-Berechnungen ist erforderlich, um die Genauigkeit des Designprozesses zu verbessern. Zurzeit befassen sich die Spezialisten bei Sulzer unter anderem mit der Frage, ob sich der Einfluss der Oberflächenrauheit auf die Leistungsfähigkeit einer Pumpe mithilfe von CFD-Berechnungen vorhersagen lässt. Um verschiedene Modelle für Oberflächenrauheit in den CFD-Programmen kalibrieren zu können, bedarf es Messungen der Oberflächengüte von Pumpenteilen und ihrer hydraulischen Leistung sowie CFD-Berechnungen mit Modellen für die Fertigungsqualität.

Am finnischen F&E-Standort startet 2011 ein umfangreiches Versuchsprogramm für neue hydraulische und mechanische Komponenten einer mehrstufigen Pumpe. Jede benetzte Oberfläche dieser Pumpe wurde mit CFD berechnet. Folglich basieren auch die zu erwartende hydraulische Leistung, die zu erwartenden Leckverluste und der Axial Schub auf CFD-Berechnungen. Die Ingenieure von Sulzer erhoffen sich von diesen Experimenten genauere Erkenntnisse über die Gültigkeit des verwendeten CFD-Modells der Oberflächenrauheit.

Kavitation sichtbar gemacht

Bei Projekten, in denen eine hohe Saugfähigkeit gefordert ist oder aufgrund der hohen Saugenergie eine erhöhte Erosionsgefahr durch Kavitation besteht, werden Blasenbeobachtungen auf dem Prüfstand in Oberwinterthur durchgeführt, um die Kavitationsentwicklung in Abhängigkeit vom Saugdruck bzw. des NPSH zu beurteilen. Dazu werden Modellpumpen mit großen Sichtfenstern ausgestattet, die einen 360°-Blick auf den gesamten Laufradeintritt auf der Saugseite ermöglichen. Zur Fertigung der Modellpumpen nutzt Sulzer Pumps die

5 Probelauf einer Pumpe mit Gasturbinenantrieb bei Sulzer in Leeds (UK).



Kompetenz von Sulzer Innotec auf dem Gebiet der komplexen NC-Bearbeitung. Diese Fähigkeiten sind erforderlich, um die komplexen dreidimensionalen Formen der Gehäuse und Laufräder aus massiven Aluminiumblöcken fräsen zu können.

Mithilfe des Sichtfensters auf der Saugseite kann festgestellt werden, bei welchem Saugdruck die ersten Blasen auf den Schaufeloberflächen auftreten – und zwar in allen Stellungen des Laufrads im Eintrittsgehäuse. Darüber hinaus ermöglicht es die Bestimmung der Kavitationslänge bei einem bestimmten Saugdruck zur Einschätzung der damit verbundenen Erosionsgefahr. Um auch die Kavitationsentwicklung auf der Druckseite der Laufschaufeln beobachten zu können, werden ein oder zwei Schaufeln der Modelllaufräder in Acrylglas ausgeführt, da die Schaufeldruckseite beim Blick in den Laufradeintritt normalerweise nicht sichtbar ist. Die Beurteilung des Kavitationsrisikos ist besonders wichtig für große Injektionspumpen für die Öl- und Gasindustrie sowie für große Kesselspeisepumpen für Wärmekraftwerke, bei denen die Energie im Laufradeintritt und somit die Gefahr von Kavitationserosion sehr groß sein kann.

Prüfung von Prototypen

Kommt bei der Entwicklung neuer Sauglaufräder für derartige Anwendungen eine Modellpumpe zum Einsatz, wird diese im Prototypenmaßstab konstruiert. Dies ermöglicht die Überprüfung der

später eingesetzten Laufräder, womit ein kavitationsfreier Betrieb vor Ort gewährleistet ist. Das Vorhandensein eines Fensters begrenzt den möglichen Saugdruck. Demzufolge müssen die Versuche im Vergleich zu den Betriebsbedingungen mit einer reduzierten Drehzahl durchgeführt und die Ergebnisse mit Hilfe der Ähnlichkeitsgesetze auf die Anlagenverhältnisse umgerechnet werden.

Der Entwicklungsprüfstand wird ferner dazu verwendet, die mechanische Leistungsfähigkeit wichtiger Pumpenelemente wie Lager oder Dichtungen zu überprüfen. So wurden z.B. spezielle Ausrüstungen zur Untersuchung verschiedener Materialkombinationen für die produktgeschmierten Wellenzwischenlager unter realen Betriebsbedingungen mit sandbeladenem Wasser entwickelt.

Für zukünftige Anforderungen gerüstet

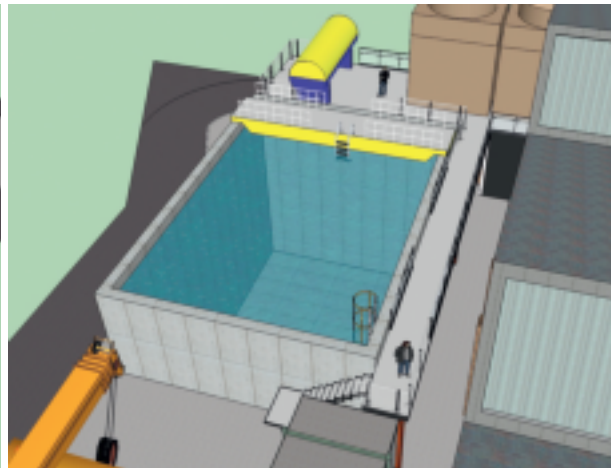
Sulzer Pumps arbeitet kontinuierlich an der Entwicklung und Verbesserung der Methoden zur Analyse neuer Produkte und Maschinen. So steigt etwa der Bedarf an Unterwasserpumpen zusammen mit den Anforderungen, die an solche Pumpen gestellt werden. Um solche Systeme unter realistischen Bedingungen testen zu können, investiert Sulzer in Großbritannien in den Bau eines speziellen Unterwasserprüfstands. Diese hochmoderne Ergänzung zu den eindrucksvollen Einrichtungen für Probeläufe kompletter Pumpenaggregate in Leeds ⁶ machen Sulzer zum führenden

den Unternehmen hinsichtlich der verfügbaren Prüfeinrichtungen. Diese Anlage ermöglicht die Prüfung von Pumpen- und Motoraggregaten für den Unterwassereinsatz mit einem Gewicht von fast 100 Tonnen in Wassertiefen von bis zu 10 Metern ⁶.

Beim Einsatz im offenen Ozean werden diese Pumpen in Wassertiefen von mehreren tausend Metern arbeiten, wo sie nicht nur hohen inneren und äußeren Drücken standhalten, sondern auch die von den Kunden erwarteten großen Druckerhöhungen liefern müssen. Die erste Pumpe, die nach der Inbetriebnahme des Prüfstands getestet werden soll, ist eine Mehrphasenpumpe mit 3MW und 6000U/min. Diese ist in der Lage, eine Druckerhöhung von über 100 bar zu liefern. Sie eignet sich somit hervorragend für viele derzeitige Unterwasseranwendungen.

Normalerweise setzen aktuelle Spezifikationen und Marktanforderungen die Maßstäbe für die Möglichkeiten und Fähigkeiten von neuen Prüfständen. Getreu dem Motto «Entwickeln für die Zukunft» müssen neue Prüfanlagen bei Sulzer jedoch Raum für zukünftige Erweiterungen lassen, damit eine langjährige Nutzung der Investitionen sichergestellt ist, auch wenn sich Märkte und Produkte weiterentwickeln und neuen Gegebenheiten anpassen. Diese Philosophie ermöglicht Sulzer Pumps, Produkte zu liefern, die gleichermaßen den heutigen wie den zukünftigen Anforderungen des Marktes und der Kunden gerecht werden.

⁶ Unterwasser-Prüfstand bei Sulzer in Leeds (UK).



Matt Bourne
Sulzer Pumps (UK) Ltd.
Manor Mill Lane
Leeds, LS11 8BR
England
Telefon +44 113 272 5704
matt.bourne@sulzer.com

Matti Koivikko
Sulzer Pumps Finland Oy
P.O. Box 66
48601 Kotka
Finland
Telefon +358 50 555 0268
matti.koivikko@sulzer.com

Philippe Dupont
Sulzer Pumps AG
Zürcherstraße 12
8401 Winterthur
Schweiz
Telefon +41 52 262 4030
philippe.dupont@sulzer.com