

# Optimierung von Pumpen und Ventilatoren

>> Der Einsatz rechnergestützter Engineering Werkzeuge ist aus der modernen Produktentwicklung nicht mehr wegzudenken. AFC Air Flow Consulting AG bietet integrale und umfassende Dienstleistungen an für CAE (Computer Aided Engineering), insbesondere CFD (Computational Fluid Dynamics) für die Auslegung und Optimierung von Pumpen und Ventilatoren. Zusammen mit der Software Cfturbo ist dies eine optimale Lösung, um geforderte Grenzwerte des Treibhausgasausstosses zu erreichen.

Die nationale und internationale Politik reagiert mit der Klimapolitik auf die Auswirkungen der zunehmenden Treibhausgase in unserer Atmosphäre und der daraus resultierenden Klimaerwärmung. Unter anderem im Kyoto Protokoll wurden Zielwerte für eine Reduktion des Treibhausgasausstosses formuliert. Auch wenn die internationale Klimapolitik immer wieder Rückschläge verzeichnet, resultieren trotzdem konkrete Massnahmen welche z.B. auf europäischer Ebene durchgesetzt werden.

## Vermeidungsstrategien für den Ausstoss von Treibhausgasen

Als mögliche Vermeidungsstrategien für den Ausstoss von Treibhausgasen, insbe-

sondere CO<sub>2</sub> und damit zur Reduktion der Klimaerwärmung stehen 3 zentrale Strategien im Fokus:

- Persönliche Massnahmen (z.B. persönlicher Energiekonsum reduzieren, «Energie sparen»)
- Politische Massnahmen (z.B. Lenkungsabgaben auf Energieträger, Energieeffizienzanforderungen, etc.)
- Technische Massnahmen (Wirkungsgrad von Geräten durch verbessertes Design erhöhen)

Beleuchtet man die heute bekannten technischen Massnahmen zur Umsetzung politischer Klimaschutzvorgaben, stehen folgende Kategorien zur Diskussion:

- Nutzung Erneuerbarer Energien
- Einsatz von Geo-Engineering

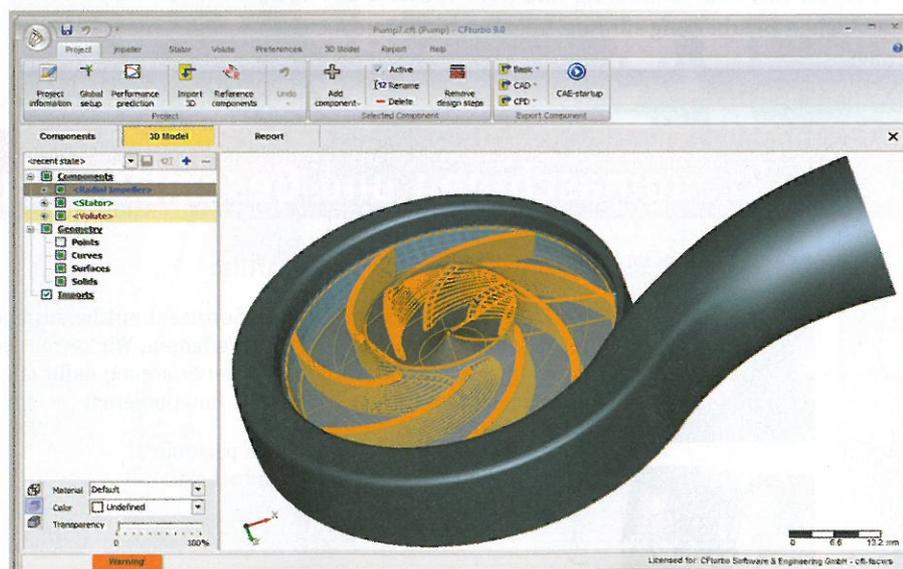
- Kernfusion (Ablösung fossil befeuerter Kraftwerke)
  - CO<sub>2</sub>-Speicherung
  - Verbesserung der Energieeffizienz
- Nebst der vermehrten Nutzung erneuerbarer Energien stellt die Verbesserung der Energieeffizienz das zentrale Element dar, um die politischen Klimaschutz Vorgaben zu erreichen.

Die Verbesserung der Energieeffizienz bestehender oder neuer Produkte lässt sich jedoch bekanntlich nur durch höheren Einsatz von Ingenieursleistung und moderner Hilfsmittel realisieren.

## Die Energy-related Products Richtlinie (ErP)

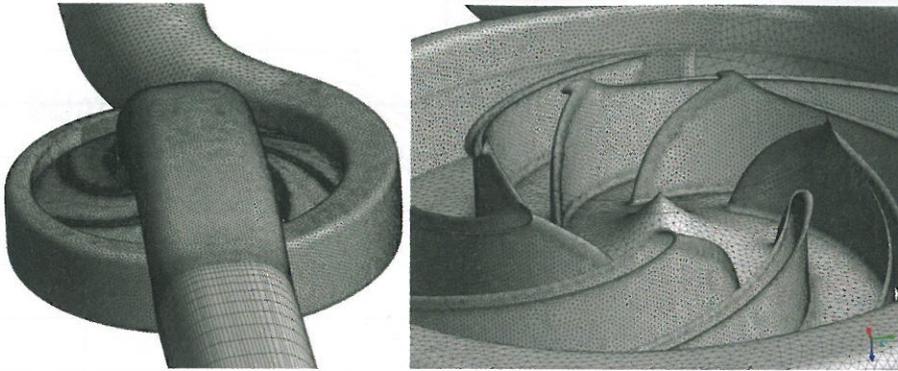
Die Ökodesign-Richtlinie 2009/125/EG dient der Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energiebetriebener Produkte (Energy-related Products, ErP). Es ist die Umsetzung der integrierten Produktpolitik in der EU (IPP), d.h. sie umfasst den gesamten Lebenszyklus von Elektrogeräten, von der Produktion bis zur Entsorgung.

Betroffen von der Richtlinie sind alle Produkte, denen zur Nutzung Elektrizität, fossile oder erneuerbare Energieträger zugeführt werden müssen (Ausnahme Verkehrsmittel). Die Produkte sind unterteilt in 13 Produktgruppen, darunter z.B. Fernseher, Wäschetrockner, PC & Monitore, elektrische Motoren sowie Umwälzpumpen und Ventilatoren. Die Richtlinie betrifft sowohl Hersteller, Zulieferer, Händler wie Importeure von ErP's.



Benutzeroberfläche von Cfturbo für den parametrisierten Entwurf einer Pumpe.

Bild: AFC



Berechnungsgitter für die CFD Simulation mit CFX.

## Pumpen- und Ventilatoren

Pumpen und Ventilatoren haben in der Industrie eine besondere Relevanz, da sie einen signifikanten Anteil am Stromverbrauch in der Industrie haben. Rund 70 % des Stromverbrauchs in der Industrie fallen auf Antriebssysteme von Pumpen und Ventilatoren zurück.

Dabei kann davon ausgegangen werden, dass Pumpensysteme Energiefresser sind. Sie machen insgesamt rund ¼ des weltweiten Stromverbrauchs aus. Schätzungen besagen, dass rund ¾ aller installierter Pumpen überdimensioniert sind. Dabei ist der Gesamtwirkungsgrad eines Pumpen- oder Ventilatorensystems für den Energieverbrauch massgeblich entscheidend. Durch eine sorgfältige Auslegung des Pumpensystems, der richtigen Dimensionierung und mit der passenden Regelung kann sehr viel Energie im Betrieb eingespart werden.

### Was fordert die ErP-Richtlinie?

Die Richtlinie ErP fordert für die betroffenen Produktgruppen Mindesteffizienzwerte welche bis im Jahr 2013 resp. 2015 erreicht werden müssen.

Für eine beispielhafte Gruppe von Pumpen oder Ventilatoren zeigt die nachfolgende Abbildung die Wirkungsgrade (in %) gegenüber der Aufnahmeleistung in kW. Die Richtlinie ErP fordert einen Mindesteffizienzgrad bis 2013. Schätzungen gehen davon aus, dass rund 30 % der heute auf dem Markt verfügbaren Pumpen und Ventilatoren den Anforderungen nicht genügen. Bis 2015 erfolgt eine weitere Erhöhung der Grenzwerte, sodass weitere rund 20 % der Produkte verbessert oder vom Markt genommen werden müssen.

Welcher Handlungsspielraum besteht? Produkte welche den Anforderungen nicht entsprechen, können entweder aus dem Handel zurückgezogen werden, durch ein Re-Engineering soweit optimiert werden, dass die Vorgaben erfüllt werden oder aber durch neue, von Grund auf neu entwickelte Produkte ersetzt werden.

### Entwurfs- und Optimierungsprozess einer Turbomaschine

Bei der Optimierung bestehender Produkte oder bei der Neu-Entwicklung von so komplexen Systemen wie Turbomaschinen führt

heute kein Weg mehr an der konsequenten Anwendung virtueller Methoden im Entwurfsprozess vorbei. Bei der Auslegung und Optimierung von Turbomaschinen (Pumpen, Ventilatoren, Kompressoren) heisst die Kombination geeigneter Werkzeuge CFTurbo - CFD - Prototyp resp. Prüfstand. Durch die konsequente Anwendung des digitalen Entwurfs- und Optimierungsprozesses kann die Anzahl Prüfstandversuche minimiert werden. Die numerische Simulation erlaubt es, kostengünstig so viele Loops wie nötig, aber immer so wenige wie möglich durchzuführen und zielorientiert eine virtuelle Validierung durchzuführen.

Man muss sich vor Augen halten, dass in einer Turbomaschine dreidimensional ausgebildete turbulente Strömungsverhältnisse vorherrschen, die geprägt sein können von Sekundärströmungen, Ablöseerscheinungen, Kavitation etc. Das sind äusserst komplexe Phänomäne, die das Verhalten der Turbomaschine wesentlich bestimmen. Im Entwurfsprozess muss ihnen Rechnung getragen werden.

Ein rein geometrischer Entwurf mithilfe eines general-purpose-CAD-packages ohne Berücksichtigung der Entwurfstheorie für Turboaschinen wird im Allgemeinen sowohl zu einem schlechten Erstentwurf als auch zu einer Vielzahl von iterativen Geometrieänderungen und anschliessender Funktionstests führen.

Zielführend ist deshalb ein Entwurfsprozess, in dem die Geometrie einerseits parametrisch auf der Basis von wichtigen Turbomaschinengrössen wie z.B. Schaufelwinkel beschrieben werden kann, in dem andererseits Entwurfsalgorithmen auf der Basis von elementaren Erhaltungsgleichungen und empirischen Gesetzen zum Tragen kommen. Damit ist gewährleistet, dass schon der Erstentwurf in der Nähe des Entwurfsziels liegt und dass im anschliessen-

Anzeige



**PRODEX 12**  
www.prodex.ch  
Besuchen Sie uns vom  
20. - 23. November 2012  
Halle 1.0 / Stand A21



## Futterbearbeitung

### Universalbearbeitung und Schwerzerspar

Unser Partner Hyundai-Kia bietet ein breite Universalbearbeitung und Schwerzerspar sind wahlweise mit Gegenspindel, angetrieben Y/C-Achsen und mit vergrösserten Spindelb

- > Futterdurchmesser bis 610 mm
- > Drehlänge bis 3'250 mm
- > Vertikal-Drehen bis Ø 1'160 mm

**NEWEMAG**  
WERKZEUGMASCHINEN  
MACHINES-OUTILS

**Schne**  
WERKZEUGMASCHINEN MACHINES-OUTILS

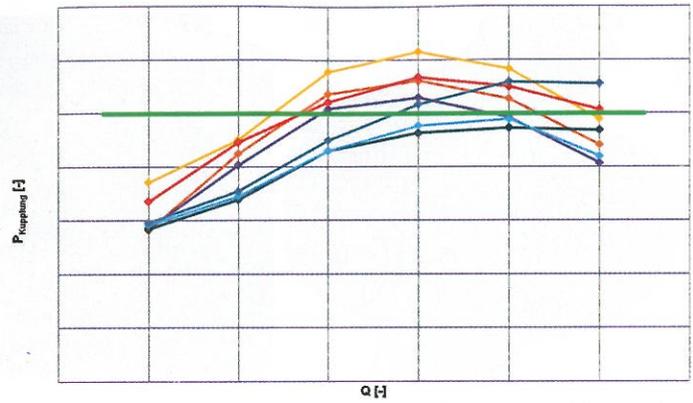
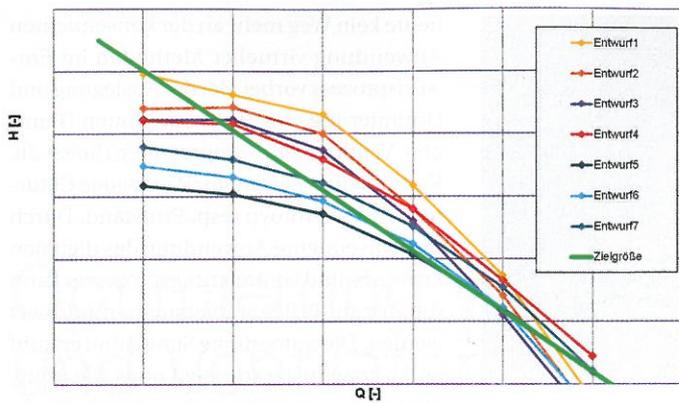
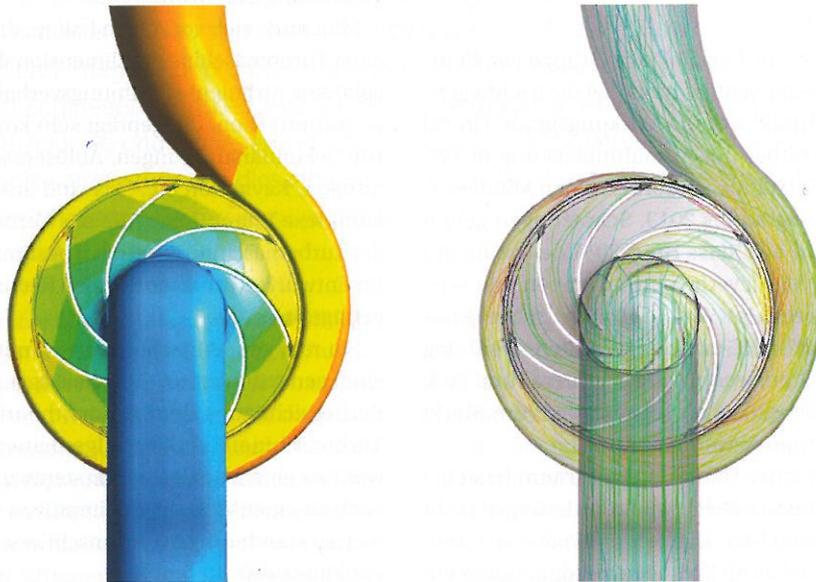


Bild: AFC

Berechnete Kennlinien verschiedener Pumpenentwürfe.



Stromliniendarstellung und Druckverteilung des Berechnungsergebnis CFD.

den Betriebsbereich einzustellen und die eigentliche Simulation zu starten. Ergebnis sind neben Kennlinien auch Strömungsgrößen im gesamten Förderbereich, die z.B. Messmethoden nur schwer oder gar nicht zugänglich sind.

Damit ist die Möglichkeit gegeben, die komplexen Vorgänge besser zu verstehen und lokale Defizite des Entwurfs zu identifizieren.

Der Entwurfsprozess der Pumpe umfasste einen Erstentwurf und 6 Optimierungszyklen. Die per Simulation bestimmten Kennlinien haben folgendes Aussehen:

Mit den Entwürfen 5 und 6 liegen Pumpengeometrien vor, die in einem mittleren Drehzahlbereich einen sehr guten Wirkungsgrad aufweisen, die (mit Drehzahlregelung, hier nicht dargestellt) die geforderte Kennlinie im gesamten Bereich erreichen und die dabei in der maximalen Leistungsaufnahme wie gefordert begrenzt sind.

Bild: AFC

den Verbesserungszyklus genau die Parameter angepasst werden, von denen man erwartet, dass sie das Entwurfsziel wesentlich beeinflussen. Desweiteren ist es wichtig, dass die Geometrie schnell in eine Simulationsumgebung übergeführt werden kann, damit eine Optimierungsschleife so schnell wie möglich durchlaufen werden kann. An einem Beispiel soll das skizzierte Vorgehen erläutert werden.

### Entwurf und Optimierung einer Pumpe

Zentrales Entwurfsziel ist, dass die Pumpe die geforderte Kennlinie im Betrieb liefert. Mitunter reicht ein Betriebspunkt aus, oft wird aber ein grösserer Betriebsbereich durch die Pumpe abzudecken sein. Zweites Kriterium ist die maximale Leistungsaufnahme, die eine energetische Randbedingung für den Entwurf darstellt.

Damit muss ein multikriterieller Entwurf durchgeführt werden, der aufgrund der Komplexität der beschriebenen Phänomene nur iterativ in einem Optimierungsprozess durchgeführt werden kann.

Für den Pumpenentwurf aus dem SHK-Bereich wurden folgende Kriterien gefordert:

- Vorgegebene Kennlinie muss erreicht werden (Drehzahlregelung möglich)
  - Max. Leistungsaufnahme im gesamten Kennlinienbereich darf nicht überschritten werden
- Wichtige Entwurfsparameter waren:
- Laufradgeometrie (Schaufelwinkel, Durchmesser, Konturen,...)
  - Spiralgehäusegeometrie (Querschnittsentwicklung und -form, Umschlingungswinkel,...)
  - Austrittsdiffusorgeometrie (Öffnungswinkel,...)

Die schnelle Überführung der Entwurfsgeometrie in die Simulationsumgebung wird erstens durch entsprechende Exportschnittstellen gewährleistet und zweitens durch eine quasiautomatische skriptgesteuerte Vernetzung. Damit wird innerhalb von wenigen Minuten ein Berechnungsnetz mit hoher Qualität erzeugt, das in der Simulation benutzt werden kann.

Im Simulationstool sind die Randbedingungen entsprechend dem zu untersuchen-

### Fazit: effizientes Instrument

Richtig eingesetzt, ist die numerische Strömungssimulation CFD zusammen mit parametrisierten Entwurfswerkzeugen heute das effizienteste Instrument zur Beschleunigung des Produktentwicklungszyklus und zur Reduktion physikalischer Prototypen. Eine signifikante Reduktion des «Time to Market» und die Erreichung höherer Wirkungsgrade ist das Ergebnis.

AFC unterstützt Sie mit erfahrenen Spezialisten und hochwertiger Software bei der Umsetzung Ihrer Projekte. <<

Information:  
 AFC Air Flow Consulting AG  
 Weinbergstrasse 72  
 8006 Zürich  
 Tel. 058 450 00 00  
 Fax 058 450 00 05  
 info@afc.ch  
 www.afc.ch