

Das Newsmagazin rund um technische Berechnungen, Simulationen und Expertisen.

Verstärkung



Seit Anfang Jahr hat die Ingenis AG Verstärkung erhalten. Mit Herrn Andreas Gächter zusammen im

Netzwerk haben wir hinsichtlich Kompetenz und Kapazität kräftig zugelegt. Ursprünglich Bauingenieur, machen ihn jahrelange Erfahrung, gepaart mit fachlichem Expertenwissen auf dem Gebiet der rechnerischen Strukturmechanik, zu einem schlagkräftigen Partner im Verbund von Ingenis. Sein breiter Erfahrungsschatz bei Schienenfahrzeugen, bei Getrieben oder im Stahlbau machen ihn für Ihre Fragestellungen äusserst attraktiv. Wir freuen uns auf Ihre Anfragen!

Zusammenarbeit

Seit über einem Jahr arbeiten wir überzeugt und erfolgreich mit der EES KISSsoft GmbH zusammen. Engineering, Schulung und Software für Getriebe und Lagerungen sind das Kerngeschäft der Firma. Expertenwissen auf diesem Gebiet sowie Erfahrungen mit weltweiten Projekten aus der Windkraftindustrie, bei Industrie- und Traktorgetrieben zeichnen die Firma aus. EES KISSsoft GmbH - unsere Empfehlung!
(www.ees-kisssoft.ch)

DAS IMAGE DER MATHEMATIK

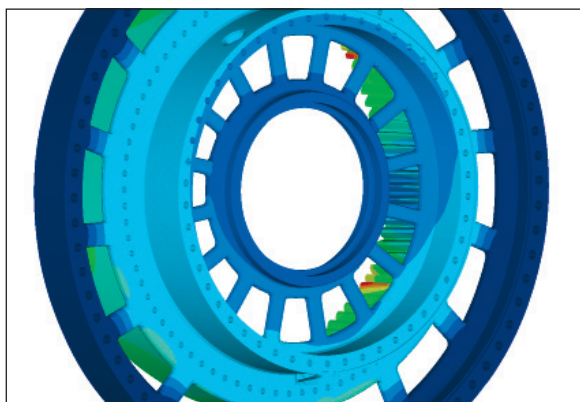
„Ich hab keine Ahnung, wofür man das gebrauchen kann!“ Oft hört man dies von Schulkindern zum Thema Mathe. Und, Hand aufs Herz, haben Sie dies nicht auch selbst zu Ihrer Schulzeit oftmals gedacht? Das ist aber auch verständlich, denn kaum jemand sagt einem, wo überall Mathematik drin steckt. Suchen im Web, Musik aus dem Internet herunterladen, Autos fertigen - erst die Mathematik macht es möglich. Ein bekanntes Beispiel ist das Audiokompressionsformat MP3, das Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts in Deutschland entwi-

ckelt haben: Nur dank ausgeklügelter Algorithmen ist es möglich, Musik so stark zu komprimieren, dass sich mehrere tausende Titel auf einem winzigen MP3-Player speichern lassen.

Alle anspruchsvollen technischen Entwicklungen sind heute durch Simulation und Optimierung bestimmt. Wir können heute Aufgaben lösen, an die man vor 20 Jahren noch gar nicht dachte. Die Rechner sind inzwischen 4000 Mal schneller geworden. Aber die Algorithmen sind 20'000 Mal schneller geworden, fast unbemerkt, und

das ist reine Mathematik!

Wetterprognosen: physikalische Modelle, kombiniert mit regelmässig aktualisierten Messdaten, und alles umgesetzt in Wettermodelle, und die sind reine Mathematik. Davon profitiert jeder: So ist die Wettervorhersage heute für vier Tage so gut wie vor zehn Jahren



nur für einen Tag.

Besonders in den Ingenieurwissenschaften ist Mathematik eine unerlässliche Grundlage.

Trotz seiner grossen Bedeutung und Verbreitung gilt Mathematik als trockenes und alltagfernes Fach. Kein Wunder: Die Rechenblätter, mit welchen heute ein Primarschüler Mathematik beigebracht bekommt, unterscheiden sich nicht wesentlich von den Blättern vor 40 Jahren. Und in dieser Zeit wird der Grundstein gelegt, ob Mathematik später als spannend oder aber als trocken und mühsam erlebt wird. ◀

HALTEN DIE SCHRAUBEN?

Befestigungsschrauben sind das häufigste Element für lösbare Verbindungen. Ihre sichere Anwendung im Konstruktionsalltag ist somit von grosser Bedeutung. Doch sehr oft hört man bei diesem Thema Klagen über die eigene Studienzeit, als das Verspannungsdiagramm (oder Rötcher-Diagramm) gepaukt wurde und man froh war, dieses Kapitel endlich hinter sich zu haben.

Der Auslegung von Befestigungsschrauben widmet sich die VDI-Richtlinie 2230. Sie ist in ihrer 30-jährigen Geschichte zu einem Standardwerk geworden, weit über den deutschsprachigen Raum hinaus.

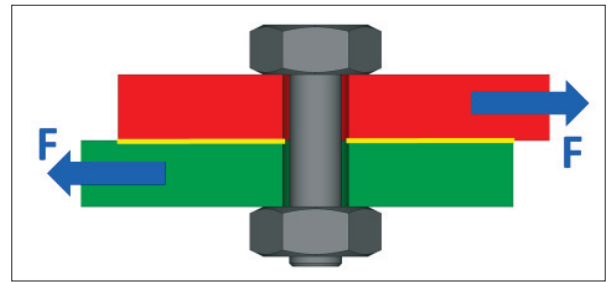
Die Festlegungen dieser Richtlinie gelten für Stahlschrauben in hochbeanspruchten und hochfesten Schraubenverbindungen, d.h. für Festigkeitsklassen 8.8, 10.9 und 12.9, bzw. 70 und 80 und einer kraftschlüssigen Übertragung der Betriebsbelastung. Diese besteht in der Regel aus einer statischen und dynamischen Axialkraft. Darüber hinaus können Biegemomente und Querkräfte auftreten. Grundsätzlich befreit die Richtlinie nicht von experimentellen und/oder numerischen Untersuchungen (FEM) zur Verifizierung der Berechnungsergebnisse. Dies ist insbesondere in kritischen Verbindungen anzuraten.

Schraubenverbindungen nach VDI 2230 übertragen die Belastungen über Kräfte, nicht über Formschluss. Dies im Gegensatz zu Anwendungen im Stahlbau, wo

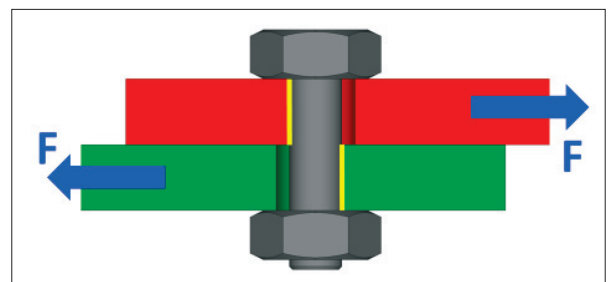
Schrauben die Querkräfte üblicherweise über Lochleibung und Scherung im Schaft übertragen. In der Betrachtung der VDI 2230 klemmt die Schraube die beiden zu verbindenden Teile derart stark aufeinander, dass die Querkräfte alleine über Reibung in der Trennfuge übertragen werden können. Der Schraubenschaft erfährt so keine Querkraft!

Wichtige Punkte im Rechnungsgang nach VDI 2230 sind:

- Anziehverfahren. Durch das Drehen am Schraubenkopf wird der Schaft axial gespannt. Hohe Reibungsverluste im Gewinde und den Kopfaufgaben machen diesen Vorgang recht ineffizient und lassen die erzielte Schraubenvorspannung stark streuen. Impulsgesteuertes Anziehen mit Schlagschrauben ist ein verbreitetes, doch sehr ungenaues Verfahren hinsichtlich des Erzielens einer optimalen Schraubenvorspannung. Drehmomentschlüssel sind da schon etwas besser, sie geben aber auch nur Auskunft über das aufgebrauchte Drehmoment am Schraubenkopf, nicht aber über die eigentliche Zielgrösse, nämlich die Vorspannkraft im Schraubenschaft. Die Streuung liegt bei über $\pm 20\%$. Optimal ist hier ein torsionsfreies Vorspannverfahren, bei welchem direkt



▲ Kraftübertragung (gelbe Linien) bei VDI 2230



▲ Kraftübertragung (gelbe Linien) im Stahlbau

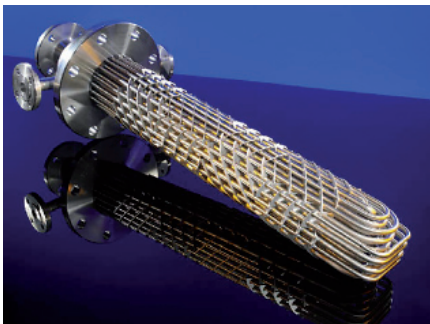
am freien Ende des Schraubenschafts gezogen wird.

- Setzverluste. Neben rein elastischen Verformungen treten in Schraubenverbindungen während und nach der Montage schon bei Belastungen unterhalb der Streckgrenze bzw. Grenzflächenpressung örtliche plastische Verformungen auf, die zum Lockern der Verbindung führen. Ein plastisches Einebnen von Oberflächenrauigkeiten in den Auflageflächen, den belasteten Flanken der gepaarten Gewinde und sonstigen Trennfugen wird als „Setzen“ bezeichnet.
- Betriebsbelastung. Hier kann die Richtlinie naturgemäss nur sehr begrenzte Hinweise geben, ist die Lastverteilung auf die einzelnen Schrauben eines Schraubenverbandes doch von

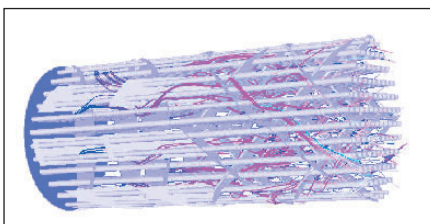
Gestalt und Steifigkeit der verschraubten Teile abhängig. Dafür ist im allgemeinen Fall eine Berechnung mit Finiten Elementen erforderlich.

Als Ergebnis erhält man die Vorspannung im Schaft, die Spannungsänderungen im Schaft bei wechselnder Betriebsbelastung, die über die Trennfuge durch Reibung übertragbaren Querkräfte, die Flächenpressung in den Auflageflächen, die minimal erforderliche Einschraubtiefe im Muttergewinde sowie die erforderliche Festigkeitsklasse des Schraubenwerkstoffs. Mit diesen Grössen lassen sich das Lastübertragungsverhalten einer Schraubenverbindung, die statische und die Ermüdungsfestigkeit zuverlässig beurteilen.

Die VDI 2230 ist die verlässliche und anerkannte Basis zur Auslegung und Beurteilung von Schraubenverbindungen. ◀



▲ Simulation eines CSE-XR Wärmetauschers der Fluitec Georg AG. Der Reaktor-Wärmetauscher wurde vollständig mittels CFD Simulationen entwickelt.



▲ Strömungslinien in einem CSE-XR Reaktor-Wärmetauscher

STRÖMUNGEN: EIN FASZINIERENDES GEBIET

Schon von früh an interessieren uns Strömungen. Die ersten Kontakte mit Strömungslehre hatten wir bereits im zarten Kindesalter, sehr zur Freude unserer Eltern. Strömungen lassen sich in der Natur sehr gut beobachten und man kann herrlich mit ihnen experimentieren.

In der Technik ist es häufig schwierig, die Strömungen in den Anlagen und Apparaten zu sehen und zu messen. Strömungssimulationen sind ein sehr leistungsstarkes Werkzeug um Strömungen zu berechnen, darzustellen und zu verstehen. An jedem Punkt im Rechenmodell sind beispielsweise die Geschwindigkeit, der Druck und die Temperatur bekannt.

Bei CFD-Simulationen (computational fluid dynamics) werden die Navier-Stokes Gleichungen, welche die Strömung beschreiben, und weitere Gleichungen numerisch gelöst. Dazu wird die Geometrie in kleine Zellen (Würfel, Pyramiden) aufgeteilt. In der Mitte jeder Zelle werden die Geschwindigkeit, der Druck und die Temperatur berechnet. Je kleiner die Zellen sind, umso genauer wird die Lösung. Gleichzeitig steigt auch der Rechenaufwand. Als Faustformel kann angenommen werden, dass pro Zelle 1 kByte RAM benötigt wird. Es werden somit für 1'000'000 Zellen 1 Gigabyte Arbeitsspeicher adressiert. PCs mit 2 bis 4 Gigabyte RAM werden in Fachmärkten bereits für geringes Geld angepriesen. Eine kleinere

CFD Simulation benötigt gerade etwa diesen Speicherbedarf.

Unser Linux-Cluster besitzt 38 Gigabyte RAM, und wir bauen ständig aus. Somit sind wir in der Lage, ebenfalls sehr grosse und komplexe Strömungssimulationen für Sie durchzuführen.

Der CSE-XR Mischer-Wärmetauscher (3. Generation) der Firma Fluitec Georg AG wurde mittels CFD-Simulation entwickelt. Es konnte eine Verbesserung der Wärmeübertragungsleistung von 30-50% erreicht werden. Die CFD-Simulationen wurden mittels Messungen validiert. Dabei wurde eine sehr gute Übereinstimmung festgestellt.

Eine grosse Anforderung bei der CFD-Analyse des Wärmetauschers stellte die enorme Grösse des benötigten Netzes. Um den Wärmeübergang korrekt zu simulieren, müssen die Zellen an den gekühlten bzw. beheizten Wänden verfeinert werden. Die komplexe Geometrie besteht aus einem statischen Mischer, durch welchen Längsrohre durchgeführt sind.

Das erhaltene und zu berechnende Netz benötigt rund 25 Gigabyte Speicherbedarf (RAM). Anschaulich ausgedrückt werden 5.3 DVD's gleichzeitig in den Rechner geladen. z.B. die Trilogie von Herr der Ringe!

L. Moser: ProcEng Moser GmbH
Ihr Spezialist für Strömungssimulationen: www.proceng.ch

WETTBEWERB

GERICHTSGUTACHTEN

Bei der Vorbereitung für ein Gerichtsverfahren brütete ein Anwalt über folgende Frage. Ein 1-Kilo-Blumentopf stürzte einen Meter vom Blumenkasten herab und traf seine Mandantin direkt auf den Kopf. Welche Kraft übte der Topf auf den Kopf der Mandantin aus?

- a) 10 Newton
- b) 40 Newton
- c) 160 Newton
- d) 320 Newton
- e) Die Frage des Anwalts kann mit der gegebenen Information nicht beantwortet werden.

Senden Sie uns ihre Antwort mit Begründung per E-Mail (info@ingenis.ch) oder füllen Sie den Talon auf unserer Homepage aus. Bei korrekter Antwort nehmen Sie an der Verlosung eines SwissFlash Laser Taschenmessers von Victorinox teil. Es enthält Klinge, Nagelfeile, Schraubendreher, Schere, Laserpointer, Kugelschreiber und Memorystick. Einsendeschluss ist der 28. Februar 2010. Die korrekte Lösung wird anschliessend auf unserer Homepage publiziert.



Pro Teilnehmer ist nur eine Antwort gültig. Die Mitarbeiter von Ingenis und deren Angehörige sind nicht zur Teilnahme berechtigt. Die Verlosung wird von einer unabhängigen Person vorgenommen. Es wird keine Korrespondenz geführt. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen. Die Gewinner werden schriftlich benachrichtigt und auf unserer Homepage aufgeführt.

In eigener Sache

Wie einige von unseren Kunden bereits wissen, wurde unserem Moritz, er wird im Dezember drei Jahre alt, Anfang Jahr eine ernste Tumorerkrankung diagnostiziert. Ab diesem Zeitpunkt bestimmen Spitalaufenthalte, Chemotherapien, Operationen, Bestrahlungen und ein tägliches Bangen und Hoffen das Leben in unserer Familie. Meine Kapazitäten für Ingenis sind daher zeitweise deutlich reduziert und, leider, oft nicht im Voraus planbar. Dies alles hatte zur Folge, dass in diesem Jahr einige Projekte leider nur mit Verzug bearbeitet werden konnten. Die Intensivtherapie ist nun abgeschlossen, die Erhaltungstherapie hat begonnen. Sie dauert noch bis Mai nächsten Jahres.

Sie alle haben viel Geduld und grosses Verständnis für unsere Situation aufgebracht. Dafür danke ich Ihnen - auch im Namen meiner Familie - ganz herzlich!

Rudolf Stebler