



Berechnung

Hunderte Schrauben einfach auf Knopfdruck simulieren

20.04.2021

Redakteur: [Dipl.-Ing. \(FH\) Monika Zwettler](#)

Fast+More ist ein in Ansys integriertes Produktivitätstool für die Berechnung von Schrauben. Dank der Schnittstelle zu KISSsoft ist auch ein Nachweis nach VDI 2230 möglich.



Schrauben sind die am häufigsten eingesetzten Maschinenelemente zum Verbinden von Bauteilen – für die sichere Berechnung und normgerechte Nachweisführung gibt es jetzt eine neue Lösung.

(Bild: ©Aleksei - stock.adobe.com)

Schrauben und Nieten gehören zu den am häufigsten verwendeten **Verbindungselementen** im Maschinenbau, im Fahrzeugbau und vielen anderen

Bereichen. Sie werden daher in Baugruppen oft in hoher Zahl eingesetzt, um Bauteile miteinander zu verbinden. Die Herausforderung besteht darin, diese Verbindungen möglichst effizient und zuverlässig über die gesamte Lebensdauer zu bewerten. Aus diesem Grund wurde die **Ansys-Anwendung Fast+More** von Ingenieuren aus der Berechnungspraxis entwickelt, wobei sie das Beste aus zwei Welten zusammenbringt: die FEM-Software von Ansys und die Nachweisführung in KISSsoft.

Die Berechnungsexperten und Entwickler von Fast+More sind Mitarbeiter des Unternehmens [7tech GmbH](#), eines Ingenieurbüros für Berechnungsdienstleistungen mit Ansys. Mit mehr als 60 Jahren Erfahrung widmen sich die vier Ingenieure seit der Gründung im Jahr 2015 dem Thema [Simulation](#) mit den Schwerpunkten FEM-Berechnung, normgerechte Nachweisführung und Softwareentwicklung in Ansys ACT.

ERGÄNZENDES ZUM THEMA

Ansys ACT: Simulationsumgebungen erweitern, individualisieren und automatisieren

Mit dem Ansys-Application-Customization-Toolkit (ACT) können Anwender der Ansys-Plattform ihre Simulationsumgebung nach den eigenen Anforderungen aufbauen: Sie können einzelne Prozessschritte und ganze Routineworkflows automatisieren und Prozesse individuell und wirtschaftlich gestalten. Externe Anwendungen lassen sich ebenso einbinden wie kundenspezifische Randbedingung. Die Auswertung der Simulationsergebnisse kann automatisiert und vereinfacht werden. Darüber hinaus gibt es die Möglichkeit, eigene Ergebnisdaten zu visualisieren. So werden Simulationsergebnisse für alle Beteiligten einfacher nutzbar.

[KISSsoft](#) ist ein **modulares Berechnungsprogramm** zur Auslegung, Optimierung und Nachrechnung von Maschinenelementen. Die Anwendung erstreckt sich vom einfachen Maschinenelement bis zur automatischen Auslegung kompletter [Getriebe](#) mit dem Systemaufsatz Kisssys. So ist die schnelle Festigkeitsberechnung mit umfangreicher Dokumentation inklusive Sicherheitsfaktoren und Lebensdauerwerten möglich.

Genauere Lastverteilung berechnen

Der **Nutzen für die Anwender** durch die Zusammenarbeit von 7tech mit KISSsoft liegt auf der Hand: Ansys in Verbindung mit Fast+More liefert eine genaue Lastverteilung in Schraubenfeldern, die analytisch weder in dieser Genauigkeit noch Geschwindigkeit

möglich wäre. Durch den automatisierten Export der Lasten nach Kisssoft kann ein detaillierter, normgerechter Nachweis nach VDI 2230 erstellt werden. Das bringt entscheidende Effizienzvorteile, denn so können schnell verschiedene Konstruktionsvarianten, bei gleichbleibender Qualität in Nachweisführung und Dokumentation, ausprobiert werden.

So funktioniert die Berechnung in Fast+More

Fast+More ist eine Ansys-Extension, die einfach über die ACT-Konsole installiert wird. Sie ist vollkommen in die Ansys-Oberfläche integriert (Abbildung 1) und daher rasch erlernbar. Der Workflow ist auf große Modelle zugeschnitten – die besondere Stärke der Anwendung.

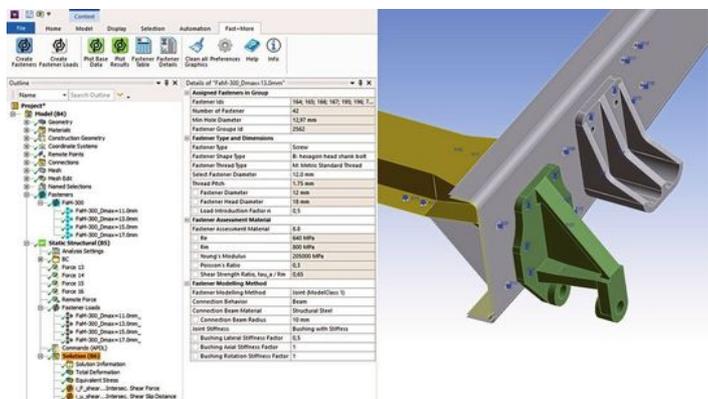


Abbildung 1: Automatisierte Erstellung von Schrauben, auch für gemischte Modelle mit Volumen- und Schalenkörpern.

(Fast+More)

- In einem ersten Schritt sucht die Software nach Bohrungen in der Geometrie und erstellt eine Vorschau der Verbindungselemente. Es spielt dabei keine Rolle, ob es Volumen- oder Schalenmodelle sind. Außerdem erkennt die Software, ob es sich um Durchschraub- oder Einschraub-Verbindungen handelt.

- Der Anwender kann anschließend zahlreiche weitere Einstellungen vornehmen, zum Beispiel zwischen Schrauben und Nieten unterscheiden oder festlegen, welcher Schraubentyp verwendet werden soll.
- Im Anschluss werden die Verbindungselemente automatisch erzeugt – so muss der Anwender keinerlei Geometrieobjekte manuell erstellen. Die Erzeugung von Ansys-Standardobjekten hat dabei den Vorteil, dass der Anwender jederzeit Zugriff auf diese Elemente (Beams, Kontakte, Remote Points usw.) hat, alles bleibt vollständig transparent.
- Engineering-Projekte haben meist stark iterativen Charakter. Wird eine Einstellung im Fast+More-Menü geändert, so werden alle zugehörigen

Objekte upgedatet.

Schraubenberechnung im Wohnmobil

Für den **Festigkeitsnachweis** des Fahrzeug-Rahmenverbundes des in Abbildung 2 dargestellten Expeditionsmobils war es unter anderem erforderlich, die Schraubenverbindungen zu prüfen. Wie so oft ging es auch hier darum, möglichst rasch einen ersten Eindruck von der Konstruktion zu bekommen und die kritischen Schrauben und den kritischen Lastfall zu identifizieren. Mittels Fast+More wurden über 340 Schrauben mit unterschiedlichen Dimensionen vollautomatisiert in wenigen Minuten erzeugt. In der Vergangenheit wurden bereits Modelle mit weit über 1.000 Schrauben generiert.



Abbildung 2: Das Expeditionsmobil, basierend auf einem Mercedes Benz 1831m, enthält 340 Schraubverbindungen.
(Bild: Fast+More)

Wie in Abbildung 1 erkennbar, wurde zunächst die Modellklasse 1 gewählt. Dabei werden zur Verbindung der Bauteile „Joints“ mit fixierten Freiheitsgraden (fixed DOF) in den Schnittebenen der Bohrung erzeugt. Das bringt **einige Vorteile**:

- Der Anwender erspart sich die oft mühsame Kontaktdefinition zwischen den Bauteilen und erhält dadurch sehr rasch ein rechenfähiges Modell.
- Da das Modell linear ist und die Evaluierung der Schrauben gegen die Grenzwerte virtuell stattfindet, können Schraubenparameter wie Typ, Durchmesser, Festigkeitsklasse und viele mehr auch später variiert werden, ohne dass das Modell noch einmal neu in Ansys gelöst werden muss.
- „What-If“-Studien können dadurch sehr rasch durchgeführt werden: So kann zum Beispiel der Frage nachgegangen werden, ob eine höhere Schrauben-Festigkeitsklasse mit ihrer höheren Vorspannkraft mehr Sicherheit gegen Rutschen bringt.

Realitätsnahe Auswertung

Nachdem die kritischen Bereiche identifiziert und modifiziert wurden, wurde auf Modellklasse 2 umgeschaltet. Diese **detailliertere Methode** verwendet zur Modellierung der Schrauben Beam-Elemente mit vollständiger FE-Vorspannung. Dadurch sind Effekte wie Schraubenrutschen (Microslip) sichtbar und auswertbar, die zu Lastumlagerungen im Schraubenfeld führen. Ohne diesen Effekt sind die Randschrauben nach rein analytischer Betrachtung meist überlastet, obwohl diese in der Realität gut funktionieren. Außerdem wird damit die Schraubenbelastung und die Restklemmkraft realistischer abgebildet und Unsicherheiten einer analytischen Beurteilung mit Verspannungsdiagrammen wie Lasteinleitungsfaktor, Druckkegel und dergleichen bleiben außen vor.

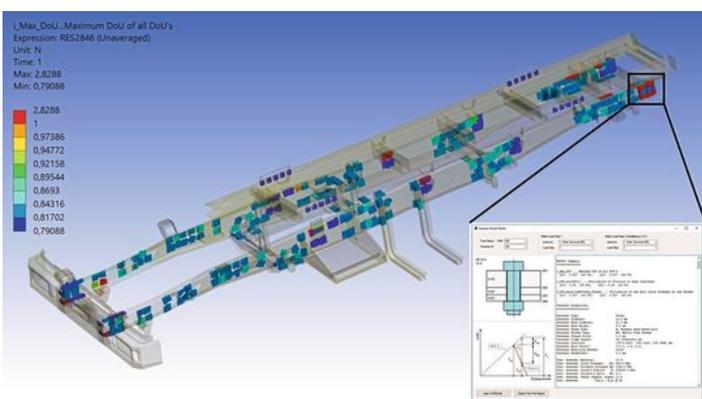


Abbildung 3: Ergebnisdarstellung am Modell und Detail-Bericht jeder einzelnen Schraube.

(Fast+More)

Die **Ergebnisse** stehen für jede Analyse, für jeden Lastfall und jede Schraube in graphischer und tabellarischer Form zur Verfügung. Für jede Schraube kann auch ein detaillierter Bericht mit der sehr großen Zahl an Eingangsparametern und berechneten Ergebnissen angezeigt werden (Abbildung 3). Die Schraubendaten können anschließend über die Schnittstelle an KISSsoft übergeben werden und dort kann noch ein weiterer, ausführlicher Nachweis nach VDI 2230 geführt werden.

BUCHTIPP

Mit dem "Handbuch der ultrahochfesten Schrauben" führt Automobilzulieferer Kamax Jahre der Entwicklungsarbeit an ultrahochfesten Schrauben mit bainitischem Gefüge zusammen. Das Besondere: Die innovative Schraubentechnologie eröffnet neue Chancen für den Leichtbau.

Nachweis nach VDI 2230 in KISSsoft

Neben der Berechnung von verschiedenen anderen Maschinenelementen ist in KISSsoft ein Modul für die **Schraubensberechnung nach VDI 2230:2015** implementiert. Dieses Berechnungsmodul ermöglicht es dem Benutzer, nach Eingabe der Parameter der Schraubenverbindung in einem Sekundenbruchteil die resultierenden

Sicherheitsfaktoren sowie alle relevanten Zwischenresultate zu bestimmen. Die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Berechnung hängt dabei von den Eingabeparametern ab, deren korrekte manuelle Bestimmung mit analytischen Methoden sehr aufwändig sein kann.

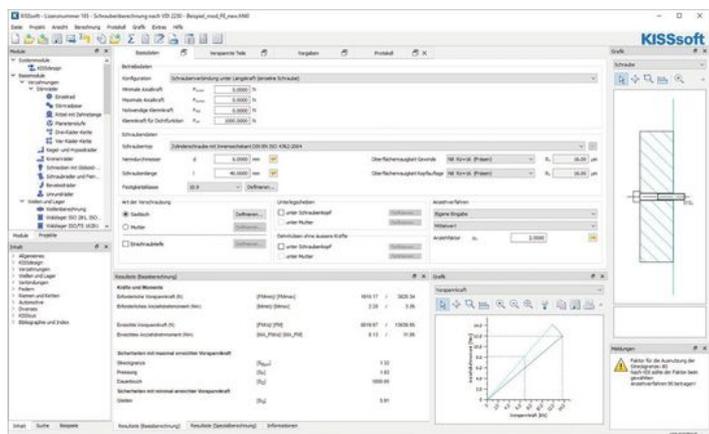


Abbildung 4: Tiefergehende Nachweisführung nach VDI 2230 in KISSsoft.

(Bild: Fast+More)

verwendeten Eingaben, Zwischenresultate wie etwa Anziehmomente sowie die resultierenden Sicherheitsfaktoren zusammengefasst und mit eventuellen Warnmeldungen dokumentiert.

(ID:47324266)

Die VDI 2230 und damit auch KISSsoft erlauben, dass alternativ zu einer rein analytischen Berechnung die in einer **FE-Berechnung bestimmten Werte** in diese Rechenmethode miteinfließen. Damit können die Zuverlässigkeit der Resultate erhöht und fehlerhafte Eingaben minimiert werden. KISSsoft erzeugt am Ende einer Berechnung ein Berechnungsprotokoll. Darin werden die für die Berechnung einer Schraube