

DAS ZAHNRAD HÄLT, WAS DIE SOFTWARE VERSPRICHT

Über Stock und Stein führt der Offroad-Wettbewerb „Baja SAE“ der Society of Automotive Engineers International (SAE), an dem Studentenvereinigungen aus aller Welt teilnehmen. Auch das Blue Jay Racing-Team der Johns-Hopkins-Universität ist dabei. Jedes Jahr bauen die Studenten ein neues einsitziges Offroad-Fahrzeug und benutzen zur Auslegung der Zahnräder das Berechnungsprogramm Kisssoft. » VON ELEANOR O'CALLAGHAN

Im Jahr 2004 gegründet hat das Hochschulteam Blue Jay Racing bislang 16 Fahrzeuge gebaut und mit ihnen drei Top-Ten-Platzierungen erzielt. Die Studenten gewinnen durch ihre Mitarbeit an dem Projekt wertvolle Erfahrungen, die weit über das hinausgehen, was in der Vorlesung gelehrt wird. Neben dem technischen Wissen erhalten sie zudem entscheidende Team-Kompetenzen, die für ihre Karriere im akademischen Bereich oder in der Industrie von Vorteil sind.

Drehzahlen dynamisch übersetzen

Das Getriebe der spritzigen Offroader wird fortlaufend optimiert. Die Leistung wird vom Motor auf ein stufenloses CVT-Getriebe übertragen. Dieses passt sein Übersetzungsverhältnis dynamisch an die Antriebsdrehzahl und an das für die Bewegung des Fahrzeugs erforderliche Drehmoment an. Beispielsweise ergibt sich beim Fahren auf flachem Terrain eine andere Übersetzungskurve als beim Fahren bergauf. Das CVT-Getriebe besteht aus einem Primärteil, das die Leistung über einen Riemen an das CVT-Sekundärteil überträgt. Das CVT-Sekundärteil überträgt dann wiederum die Leistung an das Getriebe mit festem Übersetzungsverhältnis, das zwei Stirnradstufen hat, bevor die Leistung an die hinteren CVs und die Hinterräder abgegeben wird. Das Getriebe im diesjährigen Wettbewerb verfügt zusätzlich über einen Kegelradsatz, der die Leistung auf die mittlere Antriebswelle und damit auf das vordere Differential des Allradantriebs überträgt.

Lebensdauer exakt berechnen

Die Konstruktion des Getriebes beginnt jeweils mit der Auswahl des Zahnradmaterials auf der Basis von Werkstoffkennwerten.



Die einsitzigen Offroad-Fahrzeuge müssen möglichst leicht sein und dennoch robust genug, um den Belastungen stand zu halten.

Ziel: Es soll eine möglichst hohe Oberflächenhärte erreicht werden. Die Wahl fiel auf „Verkoktes 9310“ wegen seiner Härte, der Verfügbarkeit und der Möglichkeit der Wärmebehandlung. Nach der Auswahl des Materials und des dazugehörigen Wärmebehandlungsprozesses wurde in der Software Matlab ein Programm geschrieben, um die Geometrie der Zähne zu optimie-

ren und die Lebensdauer des Getriebes abzuschätzen.

Die Studenten untersuchten verschiedene Getriebemerkmale wie die Anzahl der Zähne, das Modul, den Eingriffswinkel, das Überdeckungsverhältnis und die Zahnbreite, um die Zahnradmasse zu minimieren und gleichzeitig die Festigkeit zu gewährleisten. Nach der Auswahl eines ersten op-

timierten Entwurfs wurde die Zahnradgeometrie in die Berechnungsprogramme von KISSsoft eingegeben, um die in Matlab grob durchgeführten Lebensdauer- und Festigkeitsberechnungen zu validieren. Die Auslegung der Zahnräder wurde so lange in KISSsoft variiert, bis die geforderte Lebensdauer erreicht wurde. Anschließend wurden in KISSsoft 3D-Profile für den Zahnradsatz erzeugt und die Zahnrad- und Zahnrad-Profile in das Getriebe-CAD übernommen.

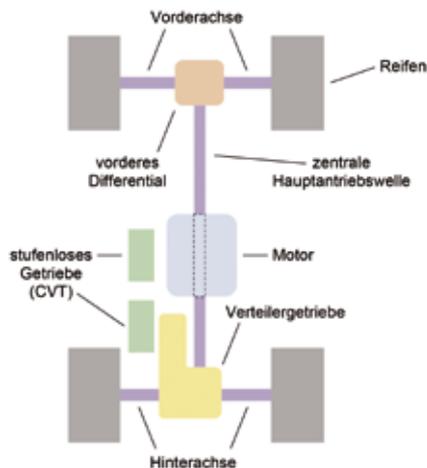
Für Offroad-Belastungen ausgelegt

Bei der jüngsten Entwicklung des Getriebes nutzte das Team die Getriebeanalysesoftware von KISSsoft. Sie führte letztlich zu mehr Vertrauen in das Getriebe als in irgendeine andere Komponente des Fahrzeugs. Zum Vergleich ein Beispiel aus der Praxis: Die Zahnräder des 2019er-Fahrzeugs wurden für eine Lebensdauer von etwa 12 Stunden ausgelegt. Diese wurde mithilfe von Lastkollektiven berechnet, die auf – bei einem Wettbewerb – beobachteten Drehmomenten basieren, also auf empirisch gemessenen Werten. Nach der Analyse der Zahnräder, der Fertigung und dem Einbau in das Getriebe wurden die tatsächlichen Lebensdauerwerte festgehalten. Alle Zahnräder fielen nach 12 Stunden aus – also genau nach der Lebensdauer, für die sie ausgelegt waren. Die ungewöhnlich kurze Lebensdauer und die angestrebte Minimierung des Gewichts erfordern, dass die Zahnräder speziell für die im Wettbewerb auftretenden Belastungen ausgelegt

ALLE ZAHNRÄDER FIELEN NACH 12 STUNDEN AUS – GENAU NACH DER LEBENSDAUER, FÜR DIE SIE AUSGELEGT WAREN.



Die Zahnräder des 2019er-Fahrzeugs wurden für eine Lebensdauer von etwa 12 Stunden ausgelegt.



Skizze vom Antriebsstrang des Blue Jay Racing-Offroaders.

Bilder: Blue Jay Racing

werden. Neben der Bestimmung der Zahnfußtragfähigkeit wird KISSsoft auch zur Festigkeitsberechnung und 3D-Modellierung für alle im Fahrzeug verwendeten Zahnwellenverbindungen eingesetzt.

Erstmals speziell definierte Kegelräder

Das Blue Jay Racing Team steht in diesem Jahr vor einer neuen Herausforderung: Es ist das erste Mal, in dem speziell definierte Kegelräder eingesetzt werden und das zweite Mal, in dem ein 4WD-Antriebsstrang entwickelt wird. Es gibt insgesamt vier Kegelradsätze im diesjährigen Offroad-Fahrzeug: einer im Getriebe und drei im vorderen Differential. Die Kegelräder wurden auf gleiche Weise wie die Stirnräder ausgelegt, beginnend mit der Materialauswahl, gefolgt von einer vorläufigen Matlab-Analyse und der endgültigen Berechnung in KISSsoft. Mit der Kegelradberechnung von KISSsoft werden sowohl spiralförmige als auch geradverzahnte Kegelräder optimiert und deren Lebensdauer berechnet. Sobald die Zahnräder gefertigt und am Fahrzeug 2021 montiert sind, werden die tatsächlichen Lebensdauerwerte gemessen und mit den Berechnungen von KISSsoft verglichen.

Leichte Zahnräder für mehr Geschwindigkeit

Die Methoden zur Zahnradberechnung in KISSsoft erlauben es dem Team der Johns-Hopkins-Universität, leichtere Zahnräder zu entwickeln und die Rotationsträgheit des Antriebssystems zu reduzieren, was am Ende des Tages zu einem schnelleren Rennwagen im Wettbewerb führt. **« KF**

Eleanor O'Callaghan ist CFO beim Blue Jay Racing Team der Johns-Hopkins-Universität.

Entdecke die Welt multiphysikalischer Simulation

INNEO ermöglicht es Ihnen, Beeindruckendes zu erschaffen!

Mit unserem großartigen Spektrum für durchgängige Simulation und Analyse über den gesamten Produktlebenszyklus gewinnen Sie Sicherheit. Und sorgen für Effizienz in jeder Phase Ihrer Produktentwicklung.

Steigern Sie Ihre Innovationskraft!



Jetzt mehr erfahren:
www.inneo.de/sim



INNEO®
That's IT.