

Konstruktion

# Optimiertes Getriebe erhöht Agilität des Motors

03.09.2018 | Redakteur: [Ute Drescher](#)

Das Beispiel des Boliden Edge 9 zeigt: Die Anforderungen der Formula Student sind hoch. Der Einsatz des Systemprogramms Kisssoft hilft bei der Auslegung der Getriebe.



*Der Bolide Edge 9 fuhr auf den dritten Platz eines Teilwettbewerbs der Formula Student Spain.*

*(Bild: Kisssoft)*

Kurvenreiche Kurse mit schmalen Strecken, engen Radien und kurzen Geraden sind für die Formula Student üblich. Dementsprechend wird bei den Rennwagen Wert auf Agilität und Handling gelegt: die Höchstgeschwindigkeit überschreitet dagegen selten 110 km/h. Beim Edge 9 handelt es sich um einen Einsitzer mit Aerodynamikpaket und Heckantrieb durch zwei separat gesteuerte Elektromotoren. Aufgrund der erforderlichen Geschwindigkeiten und der gegebenen Maximaldrehzahl des eigenentwickelten Elektromotors von  $16000 \text{ min}^{-1}$  ergibt sich die gewünschte Übersetzung, welche zwischen 12/12,5 liegt und konstant ist. Realisiert wurde eine Übersetzung von 12,5, um die Beschleunigung des Autos zu maximieren und das Potential der Reifen ausnützen zu können. Durch die Anbringung der Elektromotoren direkt am Radträger und die 10"-Felgen ist der Bauraum für das [Getriebe](#) deutlich begrenzt.

Als letzter Parameter ist noch das maximale Drehmoment der Elektromotoren von je 30 Nm für das Konzept zu berücksichtigen. Um die gewünschte Übersetzung des Getriebes im beschränkten Raum unterbringen zu können, wurde eine Planetenstufe eingesetzt, welcher zusätzlich noch eine Stirnradstufe vorgelagert wurde, um die Bewegung der Radaufhängung bei der Unterbringung der Motoren zu berücksichtigen.

## Getriebe modellieren

Kissoft bietet eine breite Auswahl an Berechnungsmodulen, mit denen einzelne Maschinenelemente wie Zahnräder, Wellen oder Lager ausgelegt und optimiert werden können. Da sich die einzelnen Komponenten des Getriebes gegenseitig beeinflussen, müssen diese Einflüsse bei der Auslegung mitberücksichtigt werden. Zu diesem Zweck kann in Kissoft das gesamte Getriebe auf Systemebene aufgebaut werden, wodurch diese Abhängigkeiten bereits im Entwurfsprozess automatisch definiert werden können.

Bei der Modellierung des vorliegenden Getriebes wurden die Antriebswelle des Motors inkludiert, um dessen Verformungen in der Auslegung berücksichtigen zu können. Die Biegung und Verschiebung einer Welle unter Last ist dabei abhängig von mehreren Faktoren wie von der Lagerung oder dem Werkstoff der Welle. Die Wellenberechnung in Kissoft ermöglicht eine Berechnung dieser Biegelinie unter den Betriebsbedingungen. Eines der Hauptkriterien für die Festigkeit der Zahnräder, die gleichmäßige Lastverteilung auf der Verzahnung, hängt stark von der der Lage der Welle unter Last ab. Da diese Komponenten in Kissoft erstellt wurden, können diese Einflüsse unkompliziert bei der Berechnung der Verzahnung miteinbezogen und damit eine zuverlässige Lebensdauerberechnung durchgeführt werden.

## Auswahl des Werkstoffs und des Öls optimiert

Auslegungskriterium war die Reduktion von ungefederten und rotierenden Massen bei einer Lebensdauer 100 h im Rennbetrieb. Mithilfe des Modelles konnten in der Anwendung Kissoft die Verzahnungen sowie die Lager und die Welle-Nabe-Verbindungen nachgerechnet und die Ausnutzung des speziellen Hochleistungswerkstoffes optimiert werden. Des Weiteren konnte die Auswahl des Öls für die Sumpfschmierung durch die thermische Analyse und die große Auswahl der vorhandenen Schmierstoffe in der Datenbank ausgelegt werden.

Bei der thermischen Analyse in Kissoft werden nach der Eingabe zusätzlicher Randbedingungen automatisch die lastabhängigen und lastunabhängigen

Verlustleistungen berechnet. Diese Verlustleistungen werden in Form von Wärme von dem Getriebe aufgenommen. Auf der anderen Seite kann abhängig von Eingaben bezüglich des Gehäusedesigns oder der externen Kühlung die Wärmeabfuhr aus dem System evaluiert werden. In einer iterativen Berechnung kann so die Gleichgewichtstemperatur gefunden werden, welche im Betrieb zu erwarten ist.

Laut den finalen Analysen sollte die Öltemperatur einen Wert von 80 °C und die Blitztemperatur einen Wert von 110 °C nicht überschreiten. So lässt sich der direkte Kontakt zwischen den Zähnen ohne trennenden Schmierfilm vermeiden.

## Testfahrten verifizieren die Berechnungen

Durch den Betrieb im Laufe der Testfahrten und der Rennen konnten die Berechnungen verifiziert werden. Die Öltemperatur im Rennbetrieb hat laut mitlaufenden Messungen eine Temperatur von 85 °C nie überschritten. Nach zirka 50 Betriebsstunden wurden beide Radträger einer Revision mit Sichtkontrollen und kompletter Demontage unterzogen. Die Verzahnungen wiesen – abgesehen von dem Sonnenrad – keine Anzeichen von Verschleiß auf. Bei der Sonnenverzahnung war ein minimaler – erwartbarer – Abrieb erfolgt. Als einzige Schwachstelle des Systems erwies sich das Radlager an der Fahrzeuginnenseite, das aufgrund von erhöhten Lagerkräften wegen einer Achsfehlstellung durch Fertigungsabweichungen Pitting aufwies.

Mit der Systemsoftware Kissys konnte bei der Getriebeauslegung deutlich Zeit eingespart und der Werkstoff in einer umfänglicheren Masse genutzt werden. Die Software hat an dem Erfolg von TUV-Racing seit dem Edge 6 entscheidend mitgewirkt; auch den aktuell in der Bauphase befindlichen Edge 10 unterstützen die Experten aus Bubikon. (ud)

Dieser Beitrag ist urheberrechtlich geschützt. Sie wollen ihn für Ihre Zwecke verwenden? Kontaktieren Sie uns über: [support.vogel.de](https://support.vogel.de) (ID: 45423940)