



AUF DIE SPITZE GETRIEBEN

Im Jahr 2014 rufen drei Studenten der Berner Fachhochschule den Verein Bern Formula Student ins Leben. Einige Jahre und sechs Fahrzeuge später ist das Projekt aktueller denn je. Schlüssel zur optimalen Balance von Lebensdauer und Leichtbau in Sachen Getriebe ist dabei die Zusammenarbeit mit dem Softwareentwickler Kisssoft.

Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren fliegen immer mehr aus den Modellaletten der Automobilhersteller und werden durch ihre elektrifizierten Pendanten ersetzt. Ein Trend, den die Bern Formula Student, kurz BFS, schon lange erkannt hat. Jedes Jahr baut das Team ein elektrisch betriebenes Rennfahrzeug, um am weltweit größten Ingenieur-Wettbewerb, der Formula Student, teilzunehmen. Das Projekt bietet Studierenden die Chance, bereits während ihrer Ausbildung praktische

Ingenieur-Erfahrung zu sammeln. So können junge, motivierte, innovative und vor allem praxisorientierte Ingenieure für den Arbeitsmarkt ausgebildet werden.

DIE ENTWICKLUNG DES FAHRZEUGS

Die BFS versucht mit ihren Entwicklungen stets neue, interessante Ansätze zu finden. So wurden beim Fahrzeug für 2022 zum Beispiel erstmals topologieoptimierte und 3D-gedruckte Aluminium-Radräger verwendet, die zugleich den Mantel mit integriertem Kühlgehäuse für die Radnabenmotoren bilden. Ebenfalls im Radräger integriert sind die Planetengetriebe. Ihre Aufgabe ist es, die Antriebskraft des Motors auf die Räder zu übertragen. Eine korrekt gewählte Übersetzung garantiert das Erreichen der notwendigen Höchstgeschwindigkeit und des optimalen Raddrehmoments.

Der Wechsel von Hinterradantrieb zu Allradantrieb in der Saison 2021/2022 hatte im Falle der Getriebekonstruktion diverse Änderungen für die BFS zur Folge. Ein limitierender Faktor des maximal übertragbaren Raddrehmoments ist nämlich der Außendurchmesser der Reifen und dieser wird mit dem Schritt von 13- auf 10-Zoll-Räder deutlich kleiner. Kompensieren kann man dies, indem man zwei Räder mehr hat, die nun auch Drehmoment übertragen können. Darüber hinaus ergibt sich eine deutliche Gewichtsreduktion durch die kleineren Räder. Die optimale Getriebevariante im Falle der BFS stellt das Planetengetriebe dar. Dieses erlaubt eine Einbindung des Motors an das Rad und liefert die nötigen Übersetzungsmöglichkeiten.

Benjamin Marco Hochuli, CEO Bern Formula Student,
Bern University of Applied Sciences, Bern

In den vergangenen Jahren wurde der Abtrieb des Planetengetriebes über den Planetenträger realisiert. Durch die Verwendung eines direkt verschraubten Felgenbands wird auch ein Abtrieb über das Hohlrad möglich. Diese Variante erlaubt in erster Linie eine noch kompaktere Bauweise, die durch die geringeren Platzverhältnisse der 10-Zoll-Räder nötig ist.

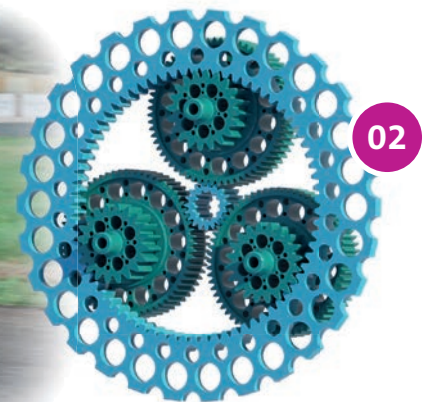
Die Vielzahl an aerodynamischen Elementen am Fahrzeug führt dazu, dass bei höheren Geschwindigkeiten der Anpressdruck der Reifen erhöht wird. Dadurch wird das übertragbare Drehmoment zusätzlich erhöht. Insgesamt sind pro Rad maximal ca. 305 Nm möglich.

GETRIEBEAUSLEGUNG MIT NUR EINER SOFTWARE

Wie in den letzten Jahren wird bei der Zahnauslegung auf die Software von Kisssoft gesetzt. Nach einmaligem Aufbau des Gesamtsystems können Zähne-Zahlen, Modul, Werkstoff etc. beliebig variiert und zeitgleich geprüft werden. Die eingefügten Berechnungen in der Kisssys-Oberfläche erstellen eine Vererbung in das Hauptprogramm Kisssoft. Die Kisssoft-Oberfläche behandelt die zwei Zahn-Verbindungen Sonnenrad zu Planet1 und Planeten-

01 Eine korrekt gewählte Übersetzung sorgt für das Erreichen der notwendigen Höchstgeschwindigkeit und des optimalen Raddrehmoments

02 Die Leichtbau-Konstruktion ermöglicht eine deutliche Gewichtsreduktion



welle zu Hohlrad gesondert. Fundamental ist, dass bei beiden Berechnungen der gleiche Achsabstand verwendet werden muss. Nach Absprache mit Experten aus der Industrie wurde auf eine Lösung gesetzt, bei welcher zu keiner Zeit alle drei Zähne gleichzeitig im Eingriff sind. Dadurch soll ein Aufschwingen des Systems vermieden werden. Die Auslegung durch Kisssoft erfolgt iterativ. Variiert werden können Parameter wie die Zähne-Zahl, das Zahnradmodul, der Eingriffswinkel sowie die Profilverschiebungen. Das zuvor festgelegte Übersetzungsverhältnis von 12,5:1 wird mit einzelnen Stufen versucht zu erzielen.

Nebst Auslegung, Optimierung und Nachberechnung aller Zahnradverbindungen sowie der kompletten Getriebeübersetzung, berechnet Bern Formula Student mit Kisssoft und Kisssys auch ganz einfach die Lebensdauer. Besonders bei hoch beanspruchten Rennsportanwendungen ist dies essenziell, so kann das BFS-Team stets die optimale Balance zwischen Lebensdauer und Leichtbau finden. Im Vergleich zum Vorjahresfahrzeug Aquila bedeutet dies: Reduktion von 1.320 g pro Getriebe auf 775 g, was einem prozentualen Rückgang von 41,3 Prozent entspricht. Erreicht wird dies unter anderem mittels zusätzlicher Bohrungen im Vergleich zum letzten Getriebe.

ERFOLGE IN KROATIEN UND SPANIEN

Das Team reiste im August nach Kroatien zum Formula Student Wettbewerb Alpe Adria in Novi Marof. Erstmals in der Geschichte der BFS konnte das Fahrzeug alle dynamischen Disziplinen an einem Event meistern. Unter anderem bestritt es mit Adia einen Parcours über 22 km und bestand unerwartet als eines von nur zehn Teams die Disziplin „Endurance“ (Ausdauer). Das Fahrzeug hatte bis zu diesem Zeitpunkt nur Testfahrten über insgesamt 7 km absolviert. In der Gesamtbewertung erreichte BFS Rang 16 von 31.

Eine Woche später zog es das Team an den nächsten Formula Student Wettbewerb in die Nähe von Barcelona in Spanien, auf die Rennstrecke Castellolí. Mit dem 7. Platz bei der Disziplin „Acceleration“ (Beschleunigung) konnten sie sich über einen weiteren Erfolg freuen. In nur 3,6 Sekunden passierte ihr Fahrzeug die 75 Meter lange Gerade. Dabei ließen sie namhafte Teams wie Barcelona, Lissabon und Lausanne hinter sich.

Insgesamt darf das Team auf zwei erfolgreiche Wettbewerbe zurückschauen. Benjamin Hochuli, Teamchef Saison 2021/2022 blickt zurück: „Wir sind mehr als zufrieden mit den Resultaten in Kroatien und Spanien. Es hat wirklich niemand damit gerechnet, dass wir die unglaublich harten 22 Rennkilometer beim Endurance als erstes BFS-Team schaffen würden. Es freut uns jedoch umso mehr, haben sich die harte Arbeit und auch der Mut, erstmals ein allradgetriebenes Fahrzeug zu bauen, ausgezahlt“. Die Erfolge an den Wettbewerben sichern eine solide Basis für die Entwicklung des neuen Rennwagens der Saison 2023 unter dem neuen Verein Bern Racing Team BRT.

UNTERSTÜTZUNG DER BERNER FACHHOCHSCHULE

Das Department Technik und Informatik der Berner Fachhochschule (BFH-TI) stellt den Studierenden jeweils die Infrastruktur zur Verfügung und unterstützt bei der Optimierung des Rennwagens. Auch das Departement Architektur, Holz und Bau der Berner Fachhochschule (BFH-AHB) unterstützt regelmäßig mit Fräsarbeiten für die Verschalung.

Und was hält die Zukunft für den neuen Verein Bern Racing Team bereit? Hochuli blickt gespannt auf die kommende Saison: „Als Bern Racing Team wollen wir den Know-how-Transfer verbessern und eine stetige Weiterentwicklung der Boliden ermöglichen. Persönlich freut es mich auch sehr, dass die Zusammenarbeit mit der BFH nochmals deutlich vertieft wird. Natürlich wird man am erfolgreichen Konzept von Adia festhalten und sich hauptsächlich darauf konzentrieren, das Fahrzeug noch zuverlässiger zu gestalten.“

Bilder: Kisssoft

www.kisssoft.com