



Bild 1: Das Team von Wisconsin Racing beim Wettbewerb 2023.

Mit neuem Design besser im Rennen

Wisconsin Racing ist ein Formula-SAE-Team angehender Ingenieure mit Sitz an der University of Wisconsin in Madison, USA. Jedes Jahr konstruiert, baut und testet das Studententeam zwei Formelrennwagen mit freistehenden Rädern – einen mit Verbrennungs- und einen mit Elektromotor – und nimmt damit an verschiedenen Rennen teil. **VON MICHAEL LANG**

Das Formula-SAE-Team Wisconsin Racing ist seit den 1980er-Jahren mit einem Rennwagen mit Verbrennungsmotor vertreten. 2017 begann das Team zusätzlich einen Rennwagen mit Elektromotor zu konstruieren und auf die Räder zu stellen. Ihr erstes E-Modell war ein Allradfahrzeug, dessen elektrischer Antriebsstrang mit Ausnahme der Getriebe und der Batterie größtenteils aus Standardkomponenten bestand. 2018 ging Wisconsin Racing erstmals mit einem komplett selbst konstruierten Antriebsstrang, bestehend aus Batterie, Motorsteuerungen, Elektromotoren und Getrieben, an den Start.

Stufenplanetengetriebe mit Optimierungspotenzial

Die meisten Komponenten der damaligen Konstruktion, einschließlich des Getriebes, werden auch in ihrem heutigen E-Rennwagen noch immer eingesetzt. Jener Antriebsstrang verhalf dem Team bei einem Wettbewerb im Juni 2023 zu einem respektablen 13. Rang in der Gesamtbewertung (Bild 1). Trotz dieses Erfolgs entsprach das Ergebnis noch nicht den Erwartungen des Teams und es wurde nach Möglichkeiten gesucht, die Leistung weiter zu steigern. Optimierungspotenzial bot insbesondere das

Design der Stufenplanetengetriebe. Seit der Erstentwicklung hat es zahlreiche technische Änderungen bei den Fahrzeugkomponenten gegeben, weshalb sich einige Systemteile, darunter auch das Getriebe, für zukünftige Rennwagen nicht mehr eigneten. Man entschied sich, das Getriebedesign komplett neu zu gestalten, um es für das neue Fahrzeug zu optimieren.

Im Rahmen der Neukonstruktion wollte Wisconsin Racing zunächst das noch aus dem Jahr 2018 stammende Getriebe unter die Lupe nehmen, von der Auslegung der Zahnräder bis hin zur Wahl der Lager. Zu diesem Zweck wurde ein

Bilder: Formula-SAE-Team, University of Wisconsin, Madison, USA, KISSsoft



Modell des bisherigen Getriebes in KISSsoft (Bild 2) entworfen, um das Design zu untersuchen und Verbesserungsmöglichkeiten zu identifizieren. Innerhalb des Modells modellierte und analysierte das Team jeden einzelnen Zahneingriff, um Wirkungsgrad, Lebensdauer und weitere Faktoren zu dokumentieren. Diese Daten dienten als Grundlage für die Festlegung neuer Konstruktionsziele. Außerdem berücksichtigte das Team im KISSsoft-Modell auch die einzelnen Getriebelager und analysierte deren Leis-

tung im System. Durch das Modellieren des bisherigen Systems in KISSsoft konnte das Team ein besseres Verständnis der Getriebeleistung gewinnen und damit die erforderlichen Zielparameter für die Neuauslegung ermitteln.

Nach der Fertigstellung des Getriebemodells konnten Schwachstellen identifiziert und die gewünschten Parameter für das neue Design definiert werden. Anschließend begann das Team mit der eigentlichen Konstruktionsarbeit. Im Herbst 2023 gelang es, mithilfe von Fahrzeugtests und einer Rundenzeitsimulation das optimale Übersetzungsverhältnis für das neue Getriebe zu ermitteln. Basierend darauf wurden verschiedene Getriebekonfigurationen in KISSsoft analysiert, um das optimale Design für das Erreichen des angestrebten Übersetzungsverhältnisses zu bestimmen. Die Wahl fiel schließlich auf ein Stufenplanetengetriebe, weil sich damit die Drehmomentdichte innerhalb des zur Verfügung stehenden begrenzten Bauraums optimieren lässt.

Aus Tausenden von Designs die passende Lösung

Mithilfe der Auslegungsfunktion in KISSsoft zum Optimieren der Makrogeometrie (Bild 3) wurden potenzielle Zahnradpaarungen für beide Stufen des Planetengetriebes generiert, basierend auf iterativen Berechnungen für die Zahneingriffe. Dadurch konnte das Team aus Tausenden

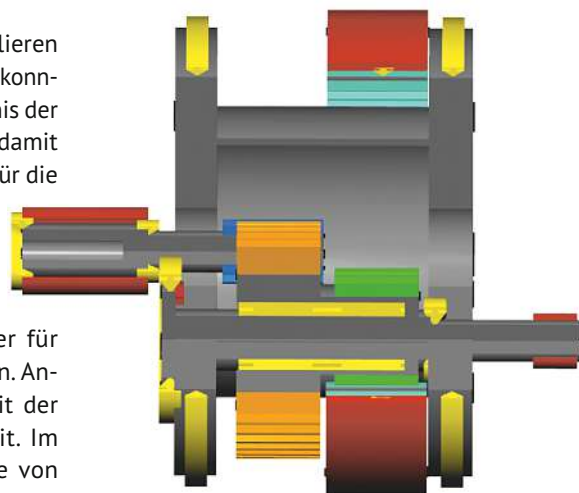


Bild 2: KISSsoft-Modell des bisherigen Getriebes

von möglichen Designs die passende Lösung auswählen. Da jede dieser Auslegungsvarianten die Berechnung aller Faktoren innerhalb der Zielparameter umfasste, konnten zahlreiche Optionen ausgeschlossen werden, ohne jeden Parameter einzeln berechnen zu müssen. Im weiteren Verlauf der Neukonstruktion ihres Getriebes werden die Studierenden ein KISSsoft-Modell des nun definierten Gesamtsystems erstellen, um das neue Getriebedesign umfassend, das heißt über die Leistung der einzelnen Zahneingriffe hinaus, zu analysieren.

Durch die Möglichkeit, das neue Getriebe mit KISSsoft auszulegen, konnte das Team die Konstruktionszeit für das Gesamtsystem deutlich verkürzen. Die Integration von Industriestandards in die Software für sämtliche Berechnungsmethoden stellte sicher, dass das neue System korrekt ausgelegt wurde. Darüber hinaus konnte Wisconsin Racing das Getriebedesign in einer Weise optimieren, die zuvor – ohne KISSsoft – nicht möglich war. Mit der Berechnungssoftware ließ sich das spezifische Gleiten jedes einzelnen Zahneingriffs analysieren, um die Geometrie der Verzahnung zu optimieren. Insgesamt war KISSsoft für das Team von entscheidender Bedeutung für die Neuauslegung des Getriebes, von der umfassenden Analyse des früheren Systems bis hin zur Optimierung der neuen Konstruktion.

anm ◀

Der Autor, Michael Lang, ist Senior in Mechanical Engineering, University of Wisconsin / Wisconsin Racing.

Nr.	a [mm]	b ₁ [mm]	b ₂ [mm]	m _t [mm]	α ₁ [°]	β [°]	z ₁	z ₂	x ₁ + x ₂	x ₁
15	26.0000	19.0000	19.0000	0.6000	25.0000	0.0000	22	65	-0.1652	0.0717
16	26.0000	19.0000	19.0000	0.6000	25.0000	0.0000	22	65	-0.1652	0.1717
17	26.0000	19.0000	19.0000	0.6500	25.0000	0.0000	19	59	1.0555	0.4554
18	26.0000	19.0000	19.0000	0.6500	25.0000	0.0000	20	58	1.0555	0.4544
19	26.0000	19.0000	19.0000	0.6500	25.0000	0.0000	20	59	0.5141	0.1312
20	26.0000	19.0000	19.0000	0.6500	25.0000	0.0000	20	59	0.5141	0.2312
21	26.0000	19.0000	19.0000	0.6500	25.0000	0.0000	20	59	0.5141	0.3312
22	26.0000	19.0000	19.0000	0.6500	25.0000	0.0000	20	60	0.0000	0.0246
23	26.0000	19.0000	19.0000	0.6500	25.0000	0.0000	20	60	0.0000	0.1246
24	26.0000	19.0000	19.0000	0.6500	25.0000	0.0000	20	60	0.0000	0.2246
25	26.0000	19.0000	19.0000	0.6500	25.0000	0.0000	21	60	-0.4853	-0.0884
26	26.0000	19.0000	19.0000	0.6500	25.0000	0.0000	21	60	-0.4853	0.0116
27	26.0000	19.0000	19.0000	0.7000	25.0000	0.0000	18	55	0.6678	0.1800
28	26.0000	19.0000	19.0000	0.7000	25.0000	0.0000	18	55	0.6678	0.2800
29	26.0000	19.0000	19.0000	0.7000	25.0000	0.0000	18	55	0.6678	0.3800
30	26.0000	19.0000	19.0000	0.7000	25.0000	0.0000	18	56	0.1441	0.0759
31	26.0000	19.0000	19.0000	0.7000	25.0000	0.0000	18	56	0.1441	0.1759
32	26.0000	19.0000	19.0000	0.7000	25.0000	0.0000	18	56	0.1441	0.2759
33	26.0000	19.0000	19.0000	0.7000	25.0000	0.0000	19	55	0.1441	0.0598
34	26.0000	19.0000	19.0000	0.7000	25.0000	0.0000	19	55	0.1441	0.1598
35	26.0000	19.0000	19.0000	0.7000	25.0000	0.0000	19	55	0.1441	0.2598
36	26.0000	19.0000	19.0000	0.7000	25.0000	0.0000	19	56	-0.3491	-0.0346

Bild 3: Optimierung der Makrogeometrie des ersten Zahneingriffs.