

Für E-Antriebe: Höchstdrehzahl-Getriebe belastungsgerecht und ressourceneffizient auslegen

Über dieses Projekt



Light4Speed

Für E-Antriebe: Höchstdrehzahl-Getriebe belastungsgerecht und ressourceneffizient auslegen

Für E-Antriebe: Höchstdrehzahl-Getriebe belastungsgerecht und ressourceneffizient auslegen

Über dieses Projekt

Anwendung: 

Material: Stahl

Dieses Projekt wird gefördert im Technologietransfer-Programm Leichtbau (TTP LB) durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.

[Technologietransfer-Programm Leichtbau](#)

Hintergrund

Mit dem Übergang zur Elektromobilität verändern sich auch die Anforderungen an den Antriebsstrang – und damit an die Getriebetechnik. Zwar benötigen Elektrofahrzeuge weniger mechanische Komponenten als konventionelle Antriebe, doch gerade bei den verbleibenden Bauteilen rücken Effizienz und Leichtbau in den Fokus. Weniger Gewicht bedeutet geringeren Energieverbrauch, verbesserte Reichweite und verringerte CO₂-Emissionen im Betrieb.

Elektromotoren müssen bei niedrigen Drehzahlen ein hohes Drehmoment liefern und fallen dadurch oft groß und schwer aus. Hochdrehzahlkonzepte eröffnen hier Möglichkeiten: Kleinere, leichtere Motoren erreichen bei deutlich höheren Drehzahlen die gleiche Leistung – vorausgesetzt, das Getriebe kann diese effizient untersetzen. Hier setzen moderne Höchstdrehzahl-Getriebe an.

Mit steigenden Drehzahlen steigen jedoch auch die Fliehkräfte im Zahnrad – insbesondere im Bereich des Zahnfußes. Diese Beanspruchungen bilden heutige Berechnungsnormen nicht ausreichend ab. Eine optimierte, gewichtsreduzierte Auslegung wird dadurch erschwert. Zugleich ist Leichtbau ein Schlüssel, um CO₂-Emissionen über den gesamten Fahrzeug-Lebenszyklus hinweg zu senken – durch weniger Materialeinsatz und geringeren Energieverbrauch im Betrieb. Vor diesem Hintergrund braucht es neue, normfähige Ansätze für Zahnräder im Hochdrehzahlbereich und neue Methoden zur Steigerung der Tragfähigkeit von Verzahnungen in E-Antrieben. Hier setzt das Projekt Light4Speed an.

Für E-Antriebe: Höchstdrehzahl-Getriebe belastungsgerecht und ressourceneffizient auslegen

Über dieses Projekt

Ziel

Das Projektteam entwickelt neue Methoden, um Zahnräder für Höchstdrehzahlgetriebe gewichts- und belastungsgerecht auszulegen. Ziel ist es, die wachsenden Fliehkräfte bei Drehzahlen bis 50.000 Umdrehungen pro Minute sowohl konstruktiv als auch rechnerisch zu beherrschen – und so leichtere, ressourcenschonende Antriebslösungen zu ermöglichen.

Im Mittelpunkt steht der Zahnfuß, der durch die Überlagerung von Fliehkräften und dem zur Kraftübertragung notwendigen Drehmoment besonders beansprucht wird. Die Forschenden verfolgen einen integralen Ansatz: Sie kombinieren Form-, Stoff- und Fertigungsleichtbau zur Steigerung der Tragfähigkeit und analysieren den Einfluss von Fliehkräften auf Spannung und Schädigungsverhalten.

Dabei geht es nicht nur um neue Konstruktionsrichtlinien. Das Team wird auch einen vereinfachten Berechnungsansatz entwickeln, der sich in Zukunft in Normen wie die ISO 6336 integrieren lässt. Zusätzlich sollen zuverlässige Prüfverfahren entstehen, mit denen sich der Fliehkrafteinfluss effizient bewerten lässt.

So entsteht eine fundierte Grundlage für die Entwicklung innovativer Getriebe in der Elektromobilität. Gleichzeitig leistet das Projekt einen konkreten Beitrag zur CO₂-Einsparung – etwa durch die Einsparung von Material durch die Steigerung der Tragfähigkeit der in E-Getrieben eingesetzten Verzahnungen.

Für E-Antriebe: Höchstdrehzahl-Getriebe belastungsgerecht und ressourceneffizient auslegen

Über dieses Projekt

Vorgehen

Die Forschenden untersuchen, wie sich Fliehkräfte bei sehr hohen Drehzahlen auf die Lebensdauer und das Versagensverhalten von Zahnrädern auswirken. Dafür nutzen sie experimentelle Prüfstände und numerische Verfahren wie die Finite-Elemente-Methode (FEM). Diese zerlegt das Bauteil in viele Elemente und zeigt so, wie sich Belastungen im Material verteilen. Die gewonnenen Daten fließen in die Entwicklung neuer Auslegungsmodelle ein.

Parallel dazu erproben die Forschenden verschiedene Leichtbaustrategien. Beim Formleichtbau gestalten sie die Zahnradstruktur gezielt – etwa mit Hohlräumen, Rippen oder bionisch inspirierten Formen – um bei minimalem Materialeinsatz eine hohe Tragfähigkeit zu erreichen. Stoffleichtbau nutzt speziell angepasste Werkstoffe und Wärmebehandlungen, um das Gefüge und die Eigenspannungen im Zahnfuß so zu verändern, dass Risse langsamer entstehen oder sich gar nicht erst bilden. Der Fertigungsleichtbau setzt auf Verfahren wie optimierte Kugelstrahlverfahren oder gezieltes Abschrecken unter Vorspannung, um zusätzliche Druckeigenspannungen einzubringen.

Alle Konzepte testen die Projektpartner unter realitätsnahen Bedingungen inklusive dem sogenannten „Ultra High Cycle Fatigue“-Bereich, bei extrem hohen Lastwechselzahlen. Abschließend vergleichen sie die Konzepte systematisch und entwickeln Empfehlungen für die industrielle Praxis. Ziel ist es, praxistaugliche und normfähige Technologien für Getriebe im Bereich der E-Mobilität bereitzustellen.

Für E-Antriebe: Höchstdrehzahl-Getriebe belastungsgerecht und ressourceneffizient auslegen

Projektkoordination

Ansprechperson:

Hr. Prof. Dr.-Ing. Karsten Stahl

+49 089 289-15805

karsten.stahl@tum.de

Organisation:

Technische Universität München

Boltzmannstraße 15
85748 Garching b. München
Bayern
Deutschland



☞ www.mec.ed.tum.de/fzg/startseite/

Projektpartner



Leibniz-Institut für
Werkstofforientierte
Technologien
IWT Bremen

VOLKSWAGEN
AKTIENGESELLSCHAFT



ENGINEERING



Für E-Antriebe: Höchstdrehzahl-Getriebe belastungsgerecht und ressourceneffizient auslegen

Einordnung in den Leichtbau	
	Realisierung
Angebot	
Dienstleistungen & Beratung Erprobung & Versuch, Konstruktion, Normung, Simulation, Technologietransfer	✓
Produkte Bauteile & Komponenten, Werkzeuge & Formen	✓
Technologiefeld	
Anlagenbau & Automatisierung Sonstige (Antriebstechnik)	✓
Design & Auslegung Fertigungsleichtbau, Formleichtbau, Stoffleichtbau	✓
Funktionsintegration Werkstofffunktionalisierung	✓
Mess-, Test- & Prüftechnik Komponenten- & Bauteilanalyse, Werkstoffanalyse	✓
Modellierung & Simulation Lasten & Beanspruchung, Lebenszyklusanalysen, Optimierung, Werkstoffe & Materialien	✓
<i>Verwertungstechnologien</i>	

Für E-Antriebe: Höchstdrehzahl-Getriebe belastungsgerecht und ressourceneffizient auslegen

Einordnung in den Leichtbau	
	Realisierung
Fertigungsverfahren	
Additive Fertigung	
Bearbeiten und Trennen	
Beschichten (Oberflächentechnik)	
Faserverbundtechnik	
Fügen	
Stoffeigenschaften ändern Mechanisches Behandeln, Thermochemisches Behandeln, Thermomechanisches Behandeln, Wärmebehandeln	✓
Textiltechnik	
Umformen	
Urformen	
Material	
Biogene Werkstoffe	
Fasern	
Funktionale Werkstoffe	
Kunststoffe	
Metalle Stahl	✓
Strukturkeramiken	
(Technische) Textilien	
Verbundmaterialien	
Zellulare Werkstoffe (Schaumwerkstoffe)	