

Hochleistungskunststoffe im automobilen Hauptantriebsstrang

Eine Validierungsumgebung zur Erprobung von PEEK als Zahnradwerkstoff für Hochdrehzahlverzahnungen

Die ständig wachsenden Anforderungen an die Reichweite, Leistung und Effizienz elektrifizierter Transportlösungen bedingen eine gesamtsystemische Herangehensweise zur Entwicklung innovativer Lösungsansätze zur Leistungssteigerung und Verlustminimierung hochbeanspruchter Bauteile im Antriebssystem. Aktuelle Konzepte für elektrisch betriebene PKW setzen auf große und kostspielige E-Maschinen, mit welchen die von den Kunden geforderte Reichweite nur durch den Einsatz von Batterien mit hoher Ladekapazität erreicht werden können. Dies führt jedoch zu hohen Kosten und macht einen beträchtlichen Anteil des Fahrzeuggewichts aus. Forschungen zeigen das Leichtbau- und Effizienzpotenzial zukunftsfähiger Antriebsstrangtopologien durch den Einsatz hochdrehender Traktionsmaschinen und schaltbaren Hochdrehzahlgetrieben (2-3 Gänge) auf, welche ein Downsizing des Elektromotors und eine Reduzierung der Batteriekapazität ermöglichen. Bei einer Auslegung auf höhere Drehzahlen sinkt demnach durch das Zusammenspiel zwischen kleineren Drehmomenten, reduziertem Motorvolumen und dem vermehrten Einsatz von Traktionsmaschinen ohne seltene Erden die Kosten der E-Maschine. Eine solche Topologie bietet durch den Einsatz eines Motors mit Drehzahlen bis zu 30.000 min^{-1} eine Einsparung der Gesamtmasse von bis zu 20 % bei gleichbleibender Gesamtleistung [1]. In dieser Kalkulation wird bereits die Masse des zusätzlichen Schaltgetriebes berücksichtigt, welches großes Potenzial zur

weiteren Einsparung von Gewicht sowie zur Leistungssteigerung bietet. Das IPEK forscht seit Jahren an der Entwicklung und Validierung von Hochdrehzahlkonzepten. Im BMBF-Forschungsprojekt „Effect360“ wurde beispielsweise ein lastschaltfähiges Hochdrehzahlgetriebe mit Eingangsdrehzahlen von bis zu 30.000 min^{-1} entwickelt und die neuen Anforderungen an die Subsysteme abgeleitet [2]. Die Beanspruchungskollektive, unter denen die Subsysteme ihre Funktion erfüllen müssen, ändern sich in derartigen Antrieben grundlegend – bisherige Auslegungs- und Validierungsansätze sind unter den Randbedingungen nicht mehr oder nur bedingt geeignet. Hieraus leitet das IPEK einen grundlegenden Forschungsbedarf hinsichtlich der wirkenden Mechanismen und innersystemischen Wechselwirkungen ab, um so zukünftig leichte, effiziente und robuste Subsysteme entwickeln und validieren zu können.

Besonders vielversprechend im Kontext hochdrehender Fahrzeuggetriebe ist der Einsatz von Leichtbaumaterialien wie dem Polymer Poly-Ether-Ether-Keton (PEEK) in trägheitskritischen Bauteilen wie den hochdrehenden Zahnradern. Durch die veränderten Randbedingungen im Hochdrehzahlantriebssystem und insbesondere dem reduzierten Drehmoment am Motorantrieb ist der Einsatz weniger widerstandsfähiger Werkstoffe möglich: In einem Forschungsvorhaben des IPEK wird daher die Integration von PEEK als Verzahnungsmaterial im automobilen

Hochdrehzahl-Antriebsstrang untersucht. Durch den Einsatz dieser Materialklasse können neben dem Hauptaspekt einer reduzierten Trägheit positive Eigenschaften, wie beispielsweise ein vorteilhaftes NVH-Verhalten, erreicht werden, sofern die Wechselwirkungen und Wirkmechanismen innerhalb des Systems bekannt sind und gezielt im Gestaltungsprozess eingesetzt werden.

Besonders herausfordernd beim Einsatz des neuen Materials ist der Einfluss der Fliehkraft und die Auslegung der Zahnradenschmierung. Derzeitige Erprobungen werden zur initialen Validierung nach IPEK-XiL-Ansatz des Einsatzes des Hochleistungskunststoffs PEEK im Hauptantriebsstrang von Elektromobilitätssystemen geführt. Die Validierungskonfiguration für hochdrehende Getriebesysteme in elektrischen und hybriden Antriebssystemen (siehe Bild 1) ermöglicht Untersuchungen unter Drehzahlen bis 30.000 min^{-1} und einem Drehmoment bis 20 Nm. Durch eine sich in der Entwicklung befindende Erweiterung des Hochdrehzahlprüfstands soll spätestens ab dem zweiten Halbjahr 2022 eine gezielte Untersuchung der Wechselwirkung der Oberflächengestalt von PEEK-Zahnradern und dem Einfluss verschiedener Schmierstoffe möglich werden. Ziel ist hierbei, ein Verständnis des unter Fliehkraft entstehenden tribologischen Kontakts zu ermöglichen und einen Beitrag zur gezielten Gestaltung eines Hochdrehzahlsystems unter Nutzung von Polymerwerkstoffen für Zahnradern zu leisten. Die Abbildung der Werkstoffgrenzen sowie der systemtribologischen Eigenschaften unter Berücksichtigung der neuartigen Belastungen und Wechselwirkungen mit dem Restsystem steht hierbei im Vordergrund.

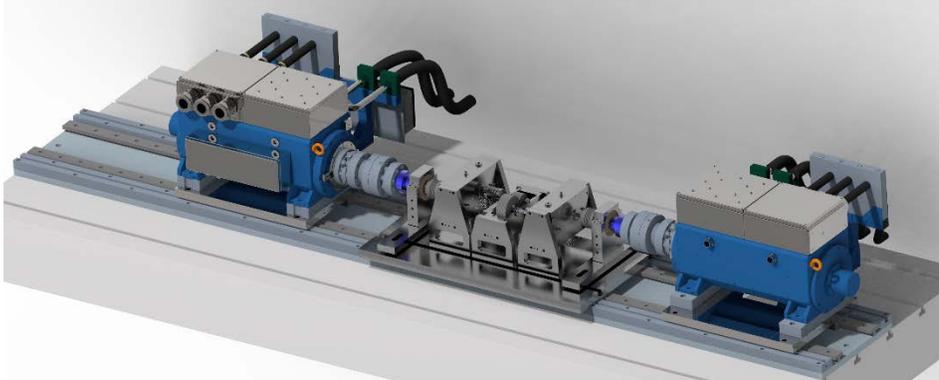


Bild 1: Hochdrehzahlprüfstand am IPEK mit 30.000 min^{-1} Maximaldrehzahl

Friedrich Lagier, M.Sc.
Dipl.-Ing. Katharina Bause
Dipl.-Ing. Sascha Ott
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.h.c. Albert Albers
IPEK - Institut für Produktentwicklung
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

LITERATUR

- [1] [1] Gwinner, P.; Stahl, C.; Rupp, S.; Strube, A.: Innovatives Hochdrehzahl-Antriebsstrangkonzzept für hocheffiziente elektrische Fahrzeuge. In: ATZ - Automobil-technische Zeitschrift 119, 2017, pp. 72-75
- [2] Reichert, U.; Bause, K.; Ott, S.: Presentation of a multispeed gearbox for a BEV in-creasing the efficiency and power density. CTI - Car Training Institute, division of EUROFORUM Deutschland SE 2017