

Belastungsmessungen am Rahmen unter realen Bedingungen

Studiengang: BSc in Automobil- und Fahrzeugtechnik | Vertiefung: Fahrzeugtechnik
Betreuer: Prof. Raphael Murri

Bei der Auslegung der Rahmen für die Stromer e-Bikes kommen seit Jahren FEM-Berechnungen zum Einsatz. Mit den Daten aus Prüfstandversuchen konnten die Modelle teilweise validiert werden. Es hat sich gezeigt, dass die Lebensdauer unter den gewählten Parametern gewährleistet ist. Wie nahe die Belastungen allerdings an der Grenze liegen, kann nicht mit Sicherheit beurteilt werden.

Methodik

Prüfstandsversuch

Zu Beginn der Arbeit wurden die Prüfstandsmessungen durchgeführt. Dabei wurde mittels Spannschloss und Umlenkrolle eine einseitige oder beidseitige Pedallast aufgebracht. Die Aufzeichnung der Kraftmesszelle am Pedal und aller Dehnungsmessstreifen am Fahrradrahmen hat es ermöglicht das Verhalten zwischen Spannung und Last zu visualisieren und schlussendlich zu linearisieren.

Realweltversuch

Für den Realweltversuch musste das Messequipment erstmals umgebaut werden. Anstatt der Kraftmesszelle an den Pedalen wurden Pedallastsensoren auf den Pedalen montiert. Der kabellose Hioki-Datenlogger ermöglichte das immobile Messsystem schnell um zu rüsten. Das Stromer E-Bike wurde umprogrammiert um auch Telemetrie-Daten abspeichern zu können.

Resultate

Prüfstandsversuch

Die Praxis hat die Theorie verifiziert. Die Prüfstandsmessungen zeigten ganz klar ein lineares Verhalten zwischen Last und Spannung auf. Dadurch konnte pro Rahmenposition ein Verhältnis zur Last und Last-Art erstellt werden. Die Dehnungsmessstreifen an den Kettenstreben haben die grössten Spannungen gemessen. Gerade bei den einseitigen Lasteinleitungen auf das rechte Pedal wurden aufgrund der erhöhten Riemenzugkraft, Reaktions-Druckspannungen von bis zu 120 MPa aufgezeichnet. Zudem hat sich gezeigt, dass aufgrund der sogenannten Materialhys-

terese die Spannungsverläufe beim be- und entlasten einem anderen Weg folgen. Die Spannungen während der Belastung erfolgen linear zur Last, während sie bei der Entlastung zu Beginn langsamer abnehmen. und was bedeutet das?

Realweltversuch

Beim Realweltversuch wurde der Einfluss des Riemenzugs nochmals deutlich sichtbar. Beim Wiegetritt auf einer 6 Grad steilen Strasse zeigten die Dehnungsmessstreifen ihren Maximalwert von 87 MPa. In diesem Fahrmanöver wurde eine kurzzeitige Last von 130 kg pro Pedal aufgebracht, was etwa dem Doppelten des Gewichts der fahrenden Person entspricht. Das Befahren eines Bordsteines hat die Schwachstellen des Fahrradrahmens an der Verbindung zwischen Unterrohr, Sattelrohr und Kettenstrebe aufgezeigt. Lokal wurden Spannungen von bis zu 213 MPa gemessen. Diese Spannung ist sehr nahe an der Dehngrenze des Rahmenmaterials (Alu 6061-T6).

Folgerung

Das Vergleichen der beiden Messmethoden hat den Einfluss der Gangschaltung aufgezeigt. Der Prüfstandsversuch hat die gleichen Lastrichtungen (Zug/Druck) wie der Realweltversuch gemessen. Jedoch fiel der linearisierte Prüfstands-Wert stark über dem gemessenen Realwelt-Wert aus. Logischerweise ist das auf die Gang-Wahl zurück zu führen. Die Prüfstandsmessung geschah im 1. Gang, dieser verursacht durch die grosse Übersetzung eine höhere Riemenzugkraft. Die Fahrmanöver wurden nur im 2., 5., oder 8. Gang gemessen.



Nick Jann Samuel Bischoff



Versuchsfahrzeug