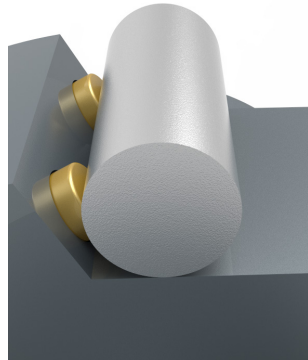


Freilauf-Kombiprüfstand

Martinewski, V.

Neue Anforderungen an Maschinenelemente erfordern häufig auch neue Prüfsysteme, um diese gezielt im Experiment zu analysieren und zu bewerten. Mit den derzeit verfügbaren Freilauf-Prüfständen sind zwar viele Szenarien nachbildbar, die Grenzen der Betriebsarten des Freilaufs, die sich in der maximalen Leerlaufdrehzahl oder der Lastanstiegsgeschwindigkeit in Sperrrichtung widerspiegeln, können jedoch noch nicht untersucht werden. Um hier Abhilfe zu leisten, wurde ein Kombiprüfstand entwickelt, mit dem die Möglichkeit geboten wird, entweder eine Drehzahl von bis zu 10.000 min⁻¹ im Leerlaufbetrieb zu gewährleisten, oder das Drehmoment in Sperrrichtung von 55 Nm mit einem Beschleunigungsgradienten von >20.000 s⁻² aufzubringen.



New demands on machine elements often also require new test systems in order to analyze and evaluate these demands within experiments. Although many scenarios can be adjusted with the currently available freewheel test benches, the limits of the operating modes of the freewheel which are reflected in a high idling speed or high acceleration gradients during the clamping phase are not yet shown. In order to examine the effects of this conditions, a test bench was developed which enables the testing of freewheel speeds up to 10,000 rpm and torque values up to 55 Nm with an acceleration gradient of more than 20,000 s⁻² and more.

Anforderungen

Derzeit gibt es fünf Prüfstände am IMW, die für die Prüfung von Freiläufen vorgesehen sind. Neben Prüfständen zur Bestimmung des Reibwertes von Freiläufen unter axialer Belastung, oder Lebensdauerprüfständen, die unter anderem die Belastung mit einer radialen Zusatzlast ermöglichen, bietet keiner dieser Prüfstände die Möglichkeit, hohe Leerlaufdrehzahlen oder hohe Sperr-Lastanstiegsgeschwindigkeiten, die sich im Beschleunigungsgradienten widerspiegeln, in den Prüfling einzuleiten. Aktuelle Fragestellungen befassen sich jedoch mit dem Verhalten der Freilaufkomponenten während des Betriebs in diesen Grenzgebieten. Als Randbedingungen für die Konzeption und Auslegung des Prüfstands wurde eine Drehzahl in Leerlaufrichtung von 10.000 s⁻¹ definiert. Das Sperrmoment von circa 50 Nm soll mit einem Beschleunigungsgradienten von etwa 28.000 s⁻² aufgebracht werden.

Konzept

Die nachfolgende Darstellung stellt die grundlegenden, für die Realisierung des Prüfablaufs relevanten Komponenten dar.

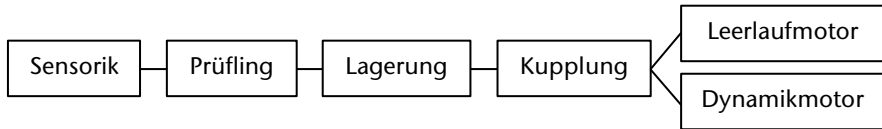


Abbildung 1: Prüfstandskonzept

Die gewünschten Betriebsbedingungen sind nicht von einer einzigen Antriebs-einheit realisierbar, ohne einen erheblich größeren Aufwand betreiben zu müssen. Die hohe Leerlaufdrehzahl ist durch eine geeignete Übersetzung mit einer Vielzahl von Antrieben realisierbar, hat jedoch den Nachteil, dass für den Dynamikantrieb aufgrund der zusätzlichen Komponenten das zu überwindende Massenträgheitsmoment steigt. Als Resultat wurden zwei spezialisierte elektromotorische Antriebe verwendet, über eine Kupplungseinheit mit der Antriebswelle zum Prüfling verbunden werden.

Der Leerlaufantrieb besteht hierbei aus einem Synchron-Servo-Motor mit einer maximalen Drehzahl von 6.000 min^{-1} . Die hohe Drehzahl ermöglicht es, die Komponenten für die benötigte Übersetzung von mindestens $i = 1,67$ klein zu halten. Das maximale Antriebsmoment beträgt in diesem Fall lediglich 3 Nm , ist jedoch für die Untersuchung der Abweichung im Freilaufbetrieb ausreichend.

Der Dynamikantrieb besteht ebenfalls aus einem Synchron-Servo-Motor. Hier lag der Fokus allerdings auf einem optimalen Verhältnis von Antriebsleistung zum Motor-Rotor-Trägheitsmoment. Gewählt wurde ein Motor mit $4,7 \text{ kW}$ Antriebsleistung, welcher die Möglichkeit bietet, kurzzeitig ein Drehmoment von bis zu 55 Nm aufzubringen. Mit diesem Antrieb sind bei ebenfalls gering gehaltenen Massenträgheitsmomenten der Antriebswelle die gewünschten Beschleunigungszeiten erreichbar.

Der Nachteil der dauerhaften Anbindung des Leerlaufantriebs während des Schaltbetriebs (hohe Dynamik) wurde oben bereits erwähnt. Das dauerhafte Anbinden des Dynamikmotors im Leerlaufbetrieb führt allerdings auch zu gewissen Nachteilen. Zum einen ist nicht gewährleistet, dass die Motorlagerung für die hohen Drehzahlen ausgelegt ist. Zum anderen wird durch den Permanentmagneten dieses Motortyps eine Spannung induziert, die nicht zu vernachlässigen ist. Vor diesem Hintergrund ist ein Kupplungssystem notwendig, welches die Möglichkeit bietet, im Stillstand die gewünschte Antriebseinheit zuzuschalten (vgl. Kapitel Realisierung).

Der Prüfling wird über eine geeignete Prüflingsaufnahme mit der Antriebswelle, welche in der Lagereinheit über zwei angestellte Spindel-Schrägkugellager und ein Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlager geführt ist, verbunden. Der Abtrieb erfolgt über einen Drehmoment-Messflansch (Auflösung 0,05 Nm) in ein axial verschiebbares, verschraubtes L-Profil. In diesem nicht rotierenden Bereich ist weiterhin die Drehzahlmessung und Überwachung der Oberflächentemperatur möglich.

Realisierung

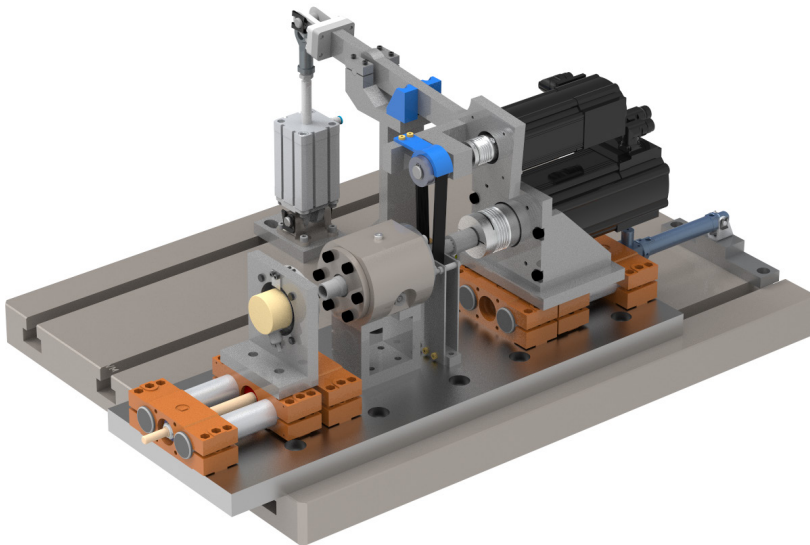


Abbildung 2: Prüfstandskonzept

Abbildung 2 zeigt den Prüfstand in seiner aufgebauten Form. Die Übersetzungsstufe für den Leerlaufantrieb wird über einen Riementrieb mit einer Übersetzung von $i = 1,8$ realisiert. Die Verwendung eines Poly-V-Riemens mit 9 Rippen ermöglicht, mit dem Ziel eines möglichst geringen Massenträgheitsmoments der Antriebswelle, die Fertigung der kleinen Riemenscheibe direkt auf der Welle. Das Spannen des Riemens erfolgt über einen pneumatischen Spannarm. Bei Entspannung wird der Effekt der Ovalisierung des Riemens genutzt. Das Absenken des Spannarms bis auf einen lastfreien Anschlag führt zur vollständigen Entkopplung des Leerlaufantriebs zur Antriebswelle.

Das Ein- und Auskuppeln des Dynamikantriebs erfolgt ebenfalls pneumatisch. Ein weiterer Zylinder ermöglicht über eine Linearführung die axiale Verschiebung des Motors. Eine formschlüssige Verbindung zwischen Dynamikmotor und Antriebs-

welle gewährleistet ein ordnungsgemäßes Kuppeln des Dynamikmotors mit der Antriebswelle bei gleichzeitig geringen Massenträgheitsmomenten der Antriebswelle (vgl. Abbildung 3).

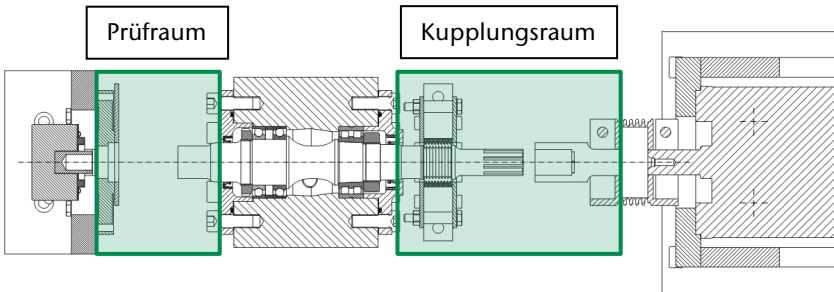


Abbildung 3: Kombiprüfstand Schnittdarstellung

Die Steuerung des Kuppelvorgangs erfolgt über eine geeignete Verschaltung und Ansteuerung verschiedener Wege-Ventile und Drosselrückschlagventile. Über Letztere kann durch Definition der Zylinderfüllzeiten eine sanfte Spann- und Verschiebebewegung realisiert werden.

Durch eine geeignete Konstruktion der Prüflingsaufnahme sind mit diesem Prüfstand verschiedene Freilaufbauformen adaptierbar. Tabelle 1 gibt einen Überblick des Einsatzbereichs.

Tabelle 1: Kenndaten Freilauf-Kombiprüfstand

Größe	Leerlauf	Schalten
Drehmoment	3 Nm	55 Nm
Drehzahl	10.000 min ⁻¹	4.050 min ⁻¹
Beschleunigungsgradient	k.A.	max. 28.000 s ⁻²

Zusammenfassung

Mit dem neu entwickelten Prüfstand steht dem Institut für Maschinenwesen nun ein System zur Verfügung, welches bspw. die Analyse von Freiläufen an ihren Betriebsgrenzen erlaubt. Damit können Einflüsse auf das Schaltverhalten oder auftretende Schädigungsmechanismen genauer untersucht werden.