

Neue Prüfstände zur Bauteiluntersuchung am IMW

Korte, T.; Lau, P.; Seitz, T.

Am Institut für Maschinenwesen existiert eine Reihe von Prüfständen zur Untersuchung von Bauteilen unter statischen und dynamischen Lasten. In diesem Jahr sind drei neue Prüfstände konstruiert, in Eigenfertigung hergestellt und in Betrieb genommen worden.

The Institute of Mechanical Engineering has already several different test rigs at its disposal which allow the analysis of components under statical and dynamical loads. Within this year this stock grew by three new test rigs. All of them were manufactured, assembled and put into operation using the institute's own resources.

1 Torsionsprüfstand

Neben dem servohydraulischen Torsionsprüfstand und mechanischen Prüfständen, die mittels eines angetriebenen Exzenters über einen Hebel Torsionsmoment auf die Wellen und Prüfkörper aufbringen, wurde in einem neuen Prüfstand ein gänzlich anderes Konzept realisiert. **Bild 1** zeigt eine Ansicht des Prüfstandes.

Der gesamte Antriebstrang mit Wellen, Membrankupplungen und Spannvorrichtungen bildet mecha-

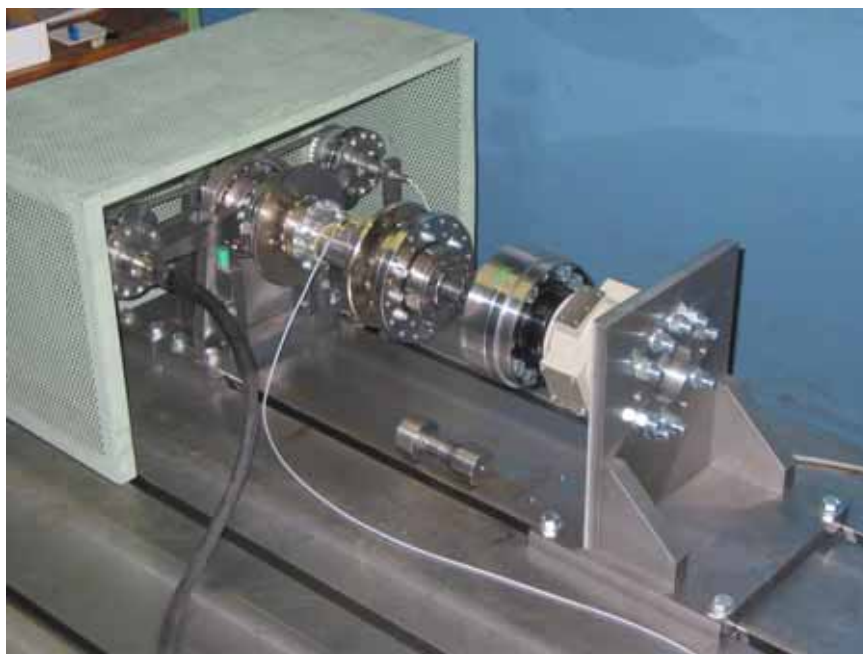


Bild 1: Gesamtansicht Torsionsprüfstand

nisch gesehen eine Drehstabfeder, die an ihrem einen Ende über einen Flansch mit einem Lagerbock verbunden ist. Das andere Ende ist zweiwertig in einem Rillenkugellager und in einer Buchse aus

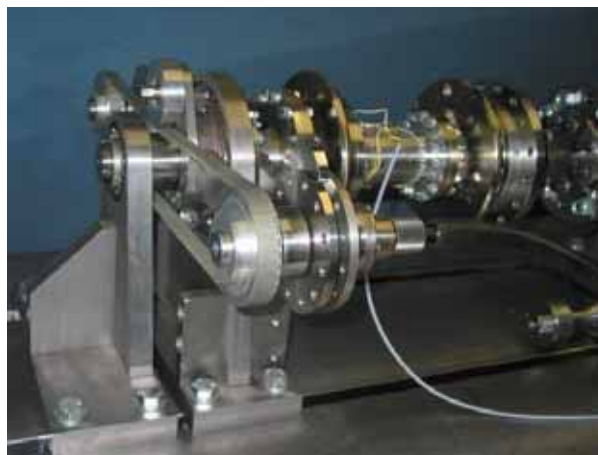


Bild 2: Detail Torsionsantrieb

Kunststoff gelagert. Zwischen den Lagerstellen sind an der Welle zwei Hebelarme angebracht, an deren Enden sich zwei gleichsinnig rotierende Unwuchtmassen befinden. Die Unwuchtmassen werden dabei von einem Elektromotor durch eine biegsame Welle angetrieben. Ihr synchroner Lauf wird durch einen Zahnriemenantrieb erreicht. **Bild 2** zeigt eine Detailansicht des Torsionsantriebs.

Die Rotation der Unwuchten erzeugt im Antriebsstrang eine wechselnde, querkraftfreie Torsion. Ausgelegt ist der Prüfstand für Ausschlags-Torsionsmomente von bis zu 3000 Nm.

Die Prüffrequenz kann mit Hilfe eines Frequenzumrichters stufenlos von 1 – 100 Hz eingestellt werden. Durch Variation der Parameter Unwuchtmasse und Rotationsfrequenz kann ein großes Spektrum von unterschiedlichen Lasten bei verschiedenen Prüffrequenzen erzeugt

werden. Die Messung des Torsionsmoments erfolgt durch eine Drehmomentmesswelle mit applizierten Torsions-Dehnungsmessstreifen. Bei Bruch des Prüfkörpers schaltet sich der Prüfstand selbständig über die Erhöhung des Ausschlagwinkels aus.

Ein aktuelles Einsatzgebiet für den Prüfstand sind Untersuchungen von Welle-Nabe-Verbindungen in Form von Längsstiftverbindungen, die eine Alternative zu den herkömmlich verwendeten Passfedern zur Drehmomentübertragung darstellen. Die derzeitigen Versuche werden mit einer Prüffrequenz von ca. 40 Hz bei einer dynamischen Wechselbeanspruchung von 800 Nm durchgeführt.

2 Erweiterung des Schleuderprüfstandes

Im Keller des Institutes befindet sich der Schleuderprüfstand zur Durchführung von Versuchen an Maschinenelementen unter Fliehkraftbeanspruchung. Aus Sicherheitsgründen ist der Prüfstand im institutseigenen Schleuderbunker untergebracht. Hier besteht durch entsprechende Maßnahmen die Möglichkeit, den Prüfstand im Betrieb von seiner

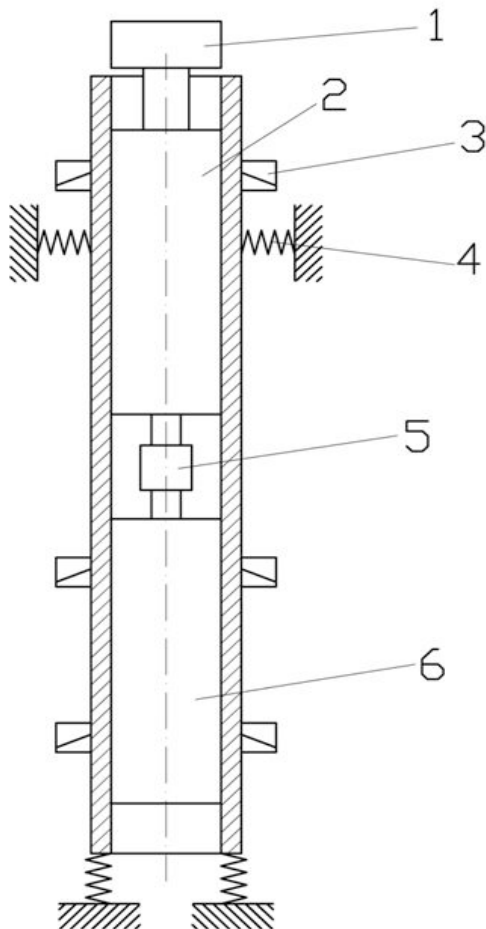


Bild 3: Prinzip Schleuderprüfstand

Umgebung abzuschotten.

Der Schleuderprüfstand wurde in Zusammenarbeit mit der Industrie um einen Aufbau erweitert, der Drehzahlen bis 45.000 1/min ermöglicht. **Bild 3** zeigt eine Prinzipskizze des Aufbaus.

Der Prüfstand besteht im Wesentlichen aus einem zylindrischen Gehäuse, in dem eine Motorspindel (6) durch Schrumpfscheiben (3) axial fixiert wird. Das Drehmoment der Motorspindel wird über eine elastische Kupplung (5) auf die eigentliche Prüfspindel (2) übertragen. Diese Spindel wird ebenfalls durch eine Schrumpfscheibe im Gehäuse fixiert. Auf diese Spindel wird über eine Flanschverbindung (1) der zu untersuchende Prüfkörper montiert.

Um die Auswirkungen von Biegung und Querkräf-



Bild 4: Schleuderprüfstand

ten durch Eigengewicht in den Antriebswellen zu minimieren, ist der gesamte Prüfstand vertikal angeordnet und elastisch an der Wand, bzw. am Boden befestigt. Zur Überwachung des dynamischen Verhaltens im Betrieb sind am zylindrischen Gehäuse Beschleunigungsaufnehmer angebracht.

Die Hybridlager der beiden Spindeln werden durch Ölnebel geschmiert. Die Motorspindel hat eine Leistung von 36 kW und ihre Drehzahl lässt sich mittels eines Frequenzumrichters stufenlos einstellen. Die Lagertemperatur wird mit Temperaturmessfühlern ständig überwacht. Um die entstehende Wärme abzuführen, wurde außerdem eine Wasserkühlung installiert. **Bild 4** zeigt den aufgebauten Prüfstand. Auf ihm werden in Zusammenarbeit mit der Industrie Drehmomentmesswellen auf ihre Drehzahlfestigkeit untersucht.

3 Verspannprüfstand

Zur Untersuchung von rotierenden Maschinenelementen unter statischer Torsionsbelastung wurde ebenfalls ein neuer Prüfstand errichtet. Er war in seiner Konfiguration auf eine Drehzahl von $n = 1000$ 1/min und ein Torsionsmoment von $T = 2800$ Nm auszulegen.

Mit diesen geforderten Werten hätte sich sein Leistungsbedarf bei einer offenen Bauweise wie folgt errechnet:

$$P = \omega \cdot T$$

Die notwendige Leistung hätte somit nahezu 300 kW betragen. Um die Verlustleistung möglichst gering zu halten, wurde der Prüfstand nach dem Prinzip des geschlossenen Verspannkreises aufgebaut.

Hierbei wird das Torsionsmoment statisch durch einen Verspannmotor oder eine andere geeignete Verspannvorrichtung erzeugt und der Antriebsmotor muss nur noch die Leistung zufügen, die zum Erreichen und Aufrechterhalten der Drehzahl notwendig ist. Durch diese Vorgehensweise reduziert sich die notwendige Leistung drastisch um etwa 90 %.

Da der Prüfstand für Untersuchungen an Gelenkwellen vorgesehen wurde, ließ sich außerdem ein paarweiser Einsatz der Prüfkörper realisieren, was zu einer deutlichen Senkung der benötigten Versuchsdauer führt.

Wie in **Bild 5** zu erkennen, besteht der Prüfstand aus dem Antriebsmotor (1), der an die Eingangswelle des Getriebes angeschlossen ist. Die beiden Getriebe (2) sind, bis auf die Eingangswelle, baugleich und arbeiten mit einer Übersetzung von $i = 1,5$. Dadurch ergeben sich unterschiedliche Drehzahlen in den beiden Wellensträngen. So rotiert der „schnelle“ Strang mit 1500 1/min, wohingegen der „langsame“ Strang, in den die beiden Prüf-

körper integriert sind, mit den geforderten 1000 1/min umläuft. Auf der „schnellen“ Seite sind beide Getriebe über zwei Zwischenwellen verbunden, zwischen denen der hydraulische Verspannmotor (3) angeordnet ist. Er erzeugt das für die Untersuchungen benötigte Torsionsmoment. Auf der „langsamen“ Seite befinden sich die beiden Prüfkörper (5), welche durch ein Mittellager (4) verbunden sind.

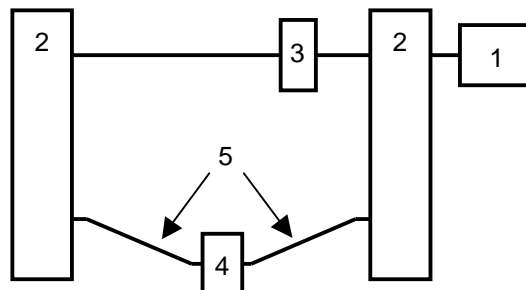


Bild 5: Prinzip des Verspannkreises

Durch diese Anordnung ergibt sich der dargestellte geschlossene Verspannkreis, in dem permanent das durch den Verspannmotor erzeugte Torsionsmoment gehalten wird. Über den Antriebsmotor wird dann nur noch die im Betrieb anfallende Verlustleistung zugeführt.

Momentan werden im Rahmen des Forschungsvorhabens FVA 505 Untersuchungen am Längenausgleich von Gelenkwellen durchgeführt. Dazu wird das Mittellager, wie auch in **Bild 5** zu sehen ist, versetzt angeordnet, wodurch sich ein Beugewinkel von 10° ergibt. Durch die Kinematik der Kreuzgelenke entsteht dabei die gewünschte alternierende Bewegung im Längenausgleich der Gelenkwellen. Zur Veranschaulichung sei auf **Bild 6** verwiesen.

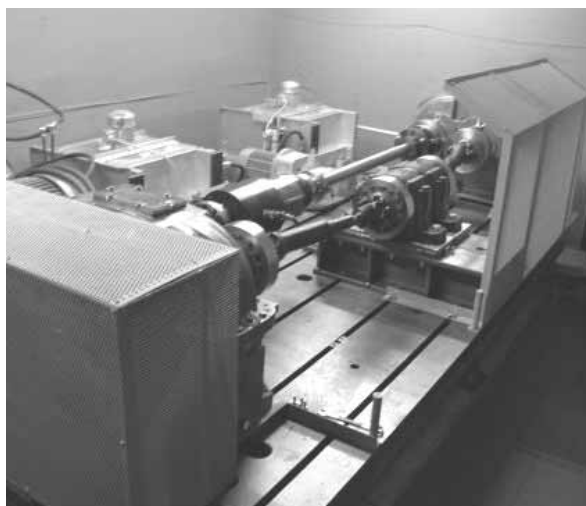


Bild 6: Der ausgeführte Verspannprüfstand

Im vorderen Bereich des Bildes ist eine eingebaute Gelenkwelle zu sehen. Das Mittellager, bestehend aus zwei nebeneinander angeordneten Lagerböcken, befindet sich rechts im Anschluss an die Gelenkwelle. Es ist über zwei steife I-Trägersegmente fest mit der Grundplatte verbunden. Im hinteren Strang befindet sich der Verspannmotor. Weiterhin sind im Hintergrund die beiden Wärmetauscher zur Kühlung des Getriebeöls mit ihren aufgesetzten Lüftern zu erkennen.

Nicht auf dem Bild ist das Hydraulikaggregat, das den Verspannmotor mit Drucköl versorgt. Die Kühlung des Aggregats gewährleistet ein Wasserkühlkreislauf, in den ein Kühlwassertank nebst eines handelsüblichen PKW-Lüfters integriert sind.

Der Prüfstand wird in den nächsten Wochen weiter ausgebaut. In der ersten Ausbaustufe werden Vorrichtungen hinzugefügt, die mit Hilfe einer Hebelkonstruktion eine definierte Querkraft auf den mittleren Bereich der Gelenkwellen aufbringen werden. In einer zweiten Ausbaustufe wird das Mittellager durch eine verstellbare Konstruktion ersetzt. Sie wird dazu dienen, Verschiebefrequenzen von bis zu 2 Hz bei Verschiebewegen im Längenausgleich von bis zu 5 mm zu realisieren. Der Antrieb erfolgt entweder über ein Spindelhubgetriebe, wie in **Bild 7** dargestellt, oder über einen Motor mit Exzenterantrieb.

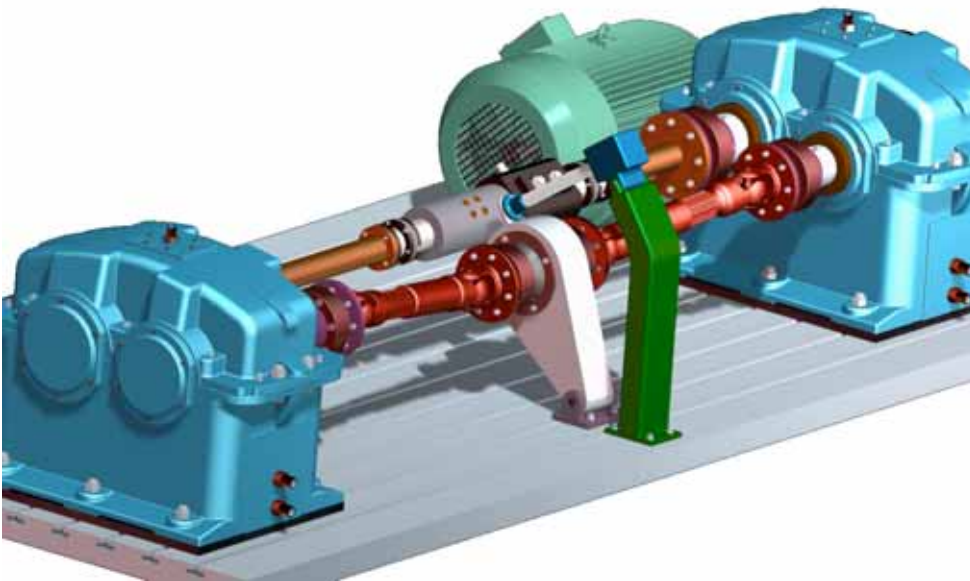


Bild 7: Erweiterung des Verspannprüfstandes

Zur Vervollständigung der Prüfstandsausstattung des IMW ist geplant einen weiteren Verspannprüfstand aufzubauen. Dieser Verspannprüfstand wird

ein maximales Torsionsmoment von 15.000 Nm bei einer Prüfdrehzahl von 1000 1/min erbringen können. Die umlaufende Leistung in diesem Prüfstand wird demnach über 1,5 MW betragen.

Die Vorspannung des Verspannkreises erfolgt in diesem Fall nicht mehr durch einen Verspannmotor, sondern durch das Ankippen eines Getriebes um die Abtriebsachse. Der Prüfstand wird ebenfalls eine Verschiebevorrichtung des Mittellagerbocks besitzen, die durch einen Exzentertrieb realisiert werden wird.

Obwohl die Ausführung als geschlossener Verspannkreis eine erhebliche Reduktion der benötigten Antriebsleistung ermöglicht, wird ein Antriebsmotor mit 132 kW benötigt. Daher kann der Aufbau des Prüfstandes nicht in der Maschinenhalle des IMW geschehen, sondern wird in der Halle auf dem ehemaligen Bundeswehrgelände erfolgen. Nur hier steht die notwendige Anschlussleistung zur Verfügung.

4 Zusammenfassung

Die Prüfstandausstattung des Instituts für Maschinenwesen wurde erweitert. Es steht nun ein Torsionsprüfstand nach dem Unwuchtprinzip zur Verfügung. Hiermit sind Torsionsbelastungen von +/- 3000 Nm bei hohen Prüffrequenzen möglich. Außerdem wurde der Schleuderprüfstand erweitert.

Dem Institut steht nun eine maximale Drehzahl von 45.000 1/min zur Überprüfung von schnell drehenden Rotoren zur Verfügung. Ein neuer Verspannprüfstand mit einem maximalen Drehmoment von 2800 Nm bei 1000 1/min wird zurzeit für Untersuchungen des Längenausgleichs von Gelenkwellen eingesetzt. Ein zweiter Verspannprüfstand für Torsionsmomente von bis

zu 15.000 Nm ist in Planung und wird im Laufe des nächsten Jahres aufgebaut werden.