

## Neuer Prüfstand für hohe statische Torsionsmomente

Kruk, R.; Schäfer G.; Stahr, K.

*Die Ausstattung des Institutes für Maschinenwesen ist im Bereich der Prüftechnik 2009 erneut erweitert worden. So steht nunmehr ein Prüfstand zur Aufbringung statischer Torsionsbeanspruchung an Antriebs-elementen zur Verfügung, dessen Verspannmoment bis 200 kNm reicht.*



*The equipment regarding test engineering at the Institute of Mechanical Engineering was again extended in 2009. Thus now a test rig for creating static torsional load is available whose torsional moment reaches up to 200 kNm.*

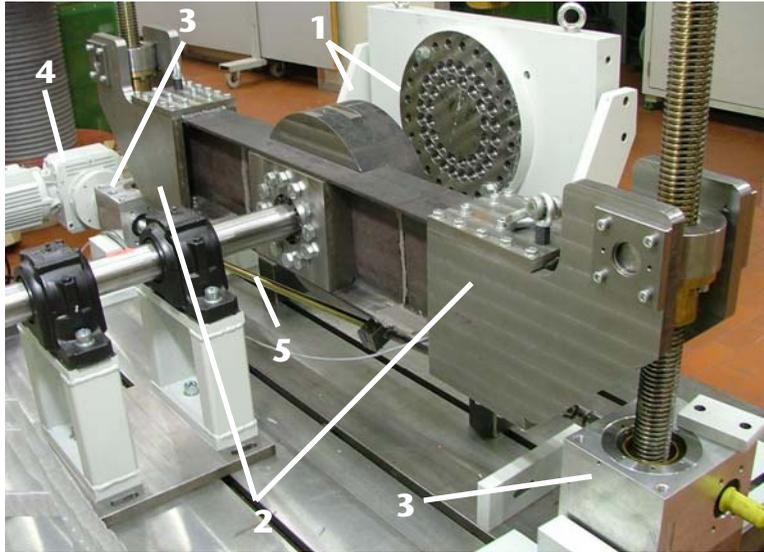
### 1 Torsionsprüfstand

Der Entstehungsprozess von Produkten geschieht heutzutage fast vollständig rechnerunterstützt, Bauteile bzw. Baugruppen werden als Bestandteil dessen hinsichtlich Ihrer statischen und dynamischen Eigenschaften numerisch untersucht. Eine experimentelle Verifizierung der in diesem Zuge gewonnenen numerischen Erkenntnisse ist nach wie vor evident und zwingend notwendig. Der konsequente Ausbau von Test- und Prüfeinrichtungen am Institut für Maschinenwesen in den letzten Jahren trägt diesem Bedarf Rechnung.

In Anlehnung an das erfolgreiche Konzept eines bereits am Institut für Maschinenwesen vorhanden dynamischen Torsionsprüfstandes ( $T_{\max} = 7,5 \text{ kNm}$ ) wurde im Jahre 2007 ein Prüfstand realisiert, welcher dynamische Bauteiluntersuchungen unter Drehmomentbelastung bis hin zu einem maximalen Prüfmoment von 30 kNm erlaubt.

Um jedoch Untersuchungen hinsichtlich der Gestaltfestigkeit von Antriebs-elementen, Welle-Nabe-Verbindungen etc. in einem weitaus größeren Drehmomentbereich durchführen zu können, wurde mit der Unterstützung eines langjährigen Industriepartners ein Prüfstand mit wesentlich höheren Leistungsdaten realisiert und in Betrieb genommen.

Mittels des neu aufgebauten Torsionsprüfstandes (**Bild 1**) ist das IMW nunmehr in der Lage, Prüflinge mit bis zu einem Prüfmoment von 200 kNm in beiden Drehrichtungen zu beaufschlagen.



**Bild 1:** 200kNm-Torsionsprüfstand

## 2 Prüfstandskonzept

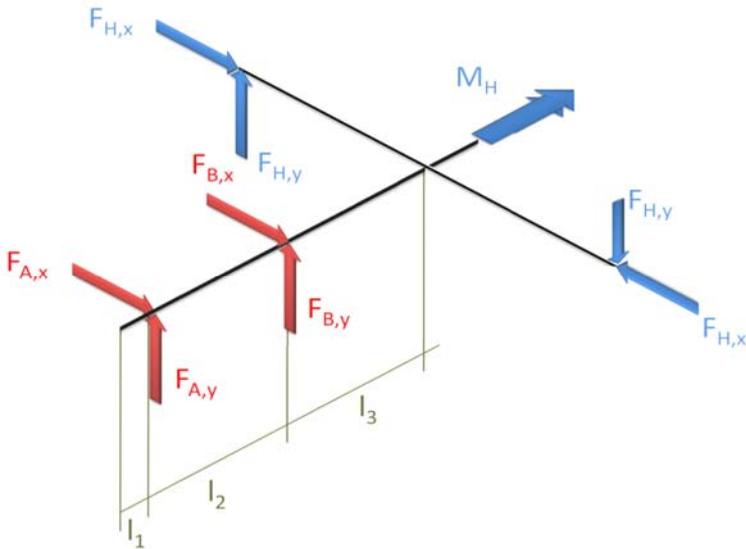
Der Prüfstand ist gemäß dem in **Bild 2** dargestellten Konzept aufgebaut.

Im Versuchsbetrieb können Prüflinge unterschiedlichster Bauart mittels beidseitiger Flansche (1) mit variablem Lochkreisdurchmesser in den Prüfstrang (vgl. **Bild 1**) adaptiert werden. Ein wesentliches konstruktives Detail stellt die Lagerung der Lasteinleitungswelle im Drehmoment freien Bereich dar. Auf diese Weise konnte

- der Lagerungsaufwand und
- der Fertigungsaufwand

signifikant reduziert sowie an die Möglichkeiten unserer institutseigenen Werkstatt angepasst werden. Ein weiterer wesentlicher Grund für diese Konstruktionsvariante war

- die Drehmomentgrenze des notwendigen Spannelements für die Drehmomentübertragung auf die Welle.

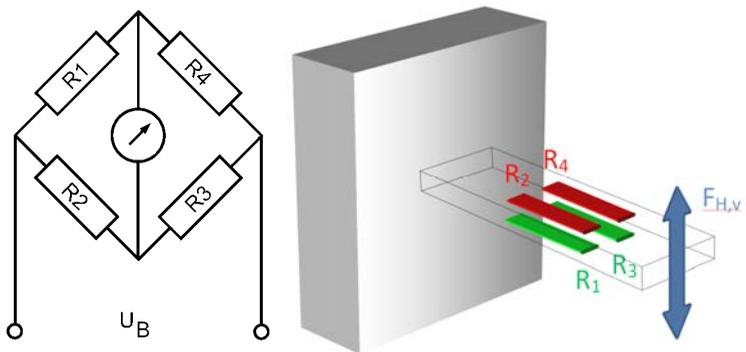


**Bild 2:** Prinzipieller Aufbau und Kräfteplan des Torsionsprüfstandes

In der ausgeführten Konstruktionsvariante hat das Spannelement lediglich eine zentrierende Haltefunktion ohne Drehmomentbelastung. Die zur Aufbringung eines Drehmomentes notwendige Beaufschlagung des symmetrisch ausgeführten Hebelarms (2) mit zwei Kräften geschieht durch das gleichmäßige Verfahren gegenüberliegender Spindelhubgetriebe (3). Beide Getriebe werden durch einen Elektromotor (4) angetrieben und somit verstellt. Zur Sicherstellung eines synchronen Laufes sind beide Spindelhubgetriebe über eine Kardanwelle (5) miteinander verbunden. Die Tordierung des Prüfteiles geschieht hierbei durch ein symmetrisches Kräftepaar ohne jegliche Querkraftbeanspruchung bis hin zu einem Spitzendrehmoment von 200 kNm. Erfasst wird diese Messgröße mittels an den Hebelarmen applizierter Dehnungsmessstreifen. Insgesamt acht DMS sind hierbei zu zwei Biegevollbrücken verschaltet, die eine gleichmäßige Wirkung beider Hebelarme im Prüfbetrieb jederzeit dokumentieren und sicher stellen. Diese Art der Verschaltung birgt zusätzlich weitere Vorteile: die Erfassung der Messgröße ist hinsichtlich Temperatur- und anderer Umgebungseinflüsse vollständig kompensiert. Ebenso beeinflusst eine eventuelle Axialkraftkomponente in Richtung des Hebelarmes das Messergebnis nicht. Die Verstärkung der Messgröße mit dem Brückenfaktor 4 sowie die Kompensation negativer Einflüsse erfolgt hierbei durch den physikalischen Effekt der Wheatstone'schen Brückenschaltung, wonach durch gezielte Verschaltung der Widerstände eine

Addition bzw. Subtraktion der infolge einer physikalischen Veränderung verstimmten Brücke vorgenommen wird. In der hier angewandten und in **Bild 3** dargestellten Vollbrückenschaltung sind jeweils vier Dehnungsmessstreifen miteinander verschaltet, die Signale gleichen Vorzeichens aus benachbarten Brückenzeigen heben sich darin auf.

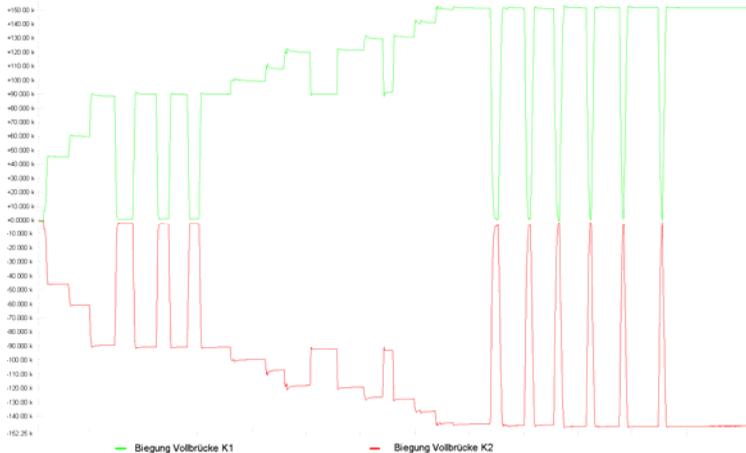
Dieses Phänomen lässt sich relativ einfach anhand eines Biegebalkens erläutern: auf der oberen Seite des Balkens entsteht eine Zugbeanspruchung (Dehnung), während auf der Unterseite eine Druckbeanspruchung (Stauchung) auftritt.



**Bild 3:** Wheatstone'sche Brückenschaltung (vgl. /1/ sowie /2/)

Appliziert man an einem derartigen Messobjekt eine Halbbrücke mit zwei aktiven Dehnungsmessstreifen, erhält man in beiden Brückenzeigen dem Betrag nach gleiche Messsignale, die sich jedoch im Vorzeichen unterscheiden. Durch eine Subtraktion der Messsignale kann die Messgröße somit verdoppelt, mit ähnlich angeordneten vier aktiven Dehnungsmessstreifen sogar vervierfacht werden, was insbesondere bei sehr kleinen Eingangsgrößen von Vorteil ist. Im Falle einer gleichmäßigen Erwärmung der Messstellen werden die dadurch entstandenen gleichsinnigen Widerstandsänderungen subtrahiert, die Brückenschaltung und ihr elektrisches Signal somit kompensiert. Der Prüfstand wurde mit Hilfe modernster Drehmomentaufnehmer aus dem Hause Hottinger Baldwin Messtechnik (HBM) kalibriert. **Bild 4** zeigt die gleichmäßige Verstimmung beider Vollbrücken des Torsionsprüfstandes während der Kalibriermessung und die ausgezeichnete Wiederholgenauigkeit. Im drehwinkelgesteuerten Prüfbetrieb verursacht ein Anriss des Prüfteilens einen Abfall des aufgetragenen Torsionsmomentes und ist somit Anzeige für ein Bauteilversagen. Der Prüfstand steht für Festigkeitsuntersuchungen bis zur Bruchlastgrenze

an Drehmoment übertragenden Bauteilen des Antriebsstranges, Verbindungselementen, Kupplungen/Bremsen, Sicherheitselementen und vielem mehr am Institut zur Verfügung. Neben der Drehmomentmessung kann auch eine synchrone Aufzeichnung des Drehwinkels erfolgen, um Torsionssteifigkeiten solcher Elemente im relevanten Betriebsbereich bis 200 kNm experimentell zu bestimmen.



**Bild 4:** Gegenläufiges Messsignal beider DMS-Schaltungen bei Be- und Entlastung des Prüflings

### 3 Literatur

- /1/ Hoffmann, K.; Eine Einführung in die Technik des Messens mit Dehnmessstreifen, Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH, Darmstadt, 1987
- /2/ Keil, S.: Beanspruchungsermittlung mit Dehnmessstreifen, Cuneus, Zwingenberg an der Bergstr., 1995