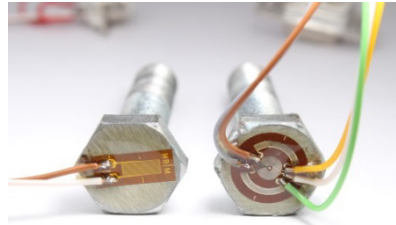


Möglichkeiten zum Erfassen der Schraubenvorspannung mit Dehnungsmessstreifen



Hofmann, S.

Für die Messung der Schraubenvorspannung mit Dehnungsmessstreifen (DMS) im Versuch und laufendem Betrieb existieren mehrere gebräuchliche Möglichkeiten. Eine besonders rückwirkungsfreie Möglichkeit ist die Vorspannung über auf dem Schraubenkopf installierte DMS zu messen.

There exist several usual methods of measuring the bolt pretension with the use of strain gages in experiment and during operation. An extraordinary repercussion free possibility is to measure the preload by using bolt head installed strain gages.

1 Einleitung

Für die Untersuchung von Schraubverbindungen sowie für die Überwachung im laufenden Betrieb ist die möglichst genaue Kenntnis der wirksamen Schraubenvorspannung von großer Bedeutung. Für die Messung der Schraubenvorspannung mit Dehnungsmessstreifen (DMS) gibt es mehrere Verfahren. So kann die Dehnung z.B. durch spezielle Axial-DMS gemessen werden, welche in einer zentrischen Bohrung in die Schraube eingebracht werden. Oder es können auf einem entsprechend verjüngten Schraubenschaft DMS installiert werden, wobei bei diesem Verfahren die Anschlussdrähte der DMS durch den Schraubenkopf geführt werden müssen.

Diesen beiden genannten Verfahren ist gemein, dass die Schraube im tragenden, verspannten Teil modifiziert werden muss und somit geschwächt wird. Weiterhin sind diese Verfahren auf größere Schraubengrößen (in der Regel $> M8$) beschränkt. Soll die Schraubenvorspannung mit minimaler Veränderung der Schrauben bzw. auch bei kleinen Schraubengrößen ($< M6$) gemessen werden, so bietet sich eine Messung durch auf den geplanten Schraubenkopf installierte DMS an. Dieses Verfahren wurde bereits von /1/ beschrieben und wurde am IMW nachvollzogen.

2 Verfahren

Zuerst wurden die Köpfe der zu untersuchenden Schrauben geplant und auf dem geplanten Schraubenkopf DMS installiert. Sinnvollerweise ist hierbei das Verfahren auf Sechskantschrauben zu beschränken. In Anlehnung an /1/ wurden Versuche mit auf dem Schraubenkopf installierten Membranrosetten-DMS und Linear-DMS durchgeführt. Hierzu wurden in ersten Versuchen M10-Schrauben mit entsprechenden DMS versehen und gegen eine Ringkraftmessdose als Referenzkraftaufnehmer verspannt. Der Aufbau der verwendeten Kalibriereinrichtung mit Kraftmessdose (Positionsnummer 1) ist in Abbildung 1 dargestellt.

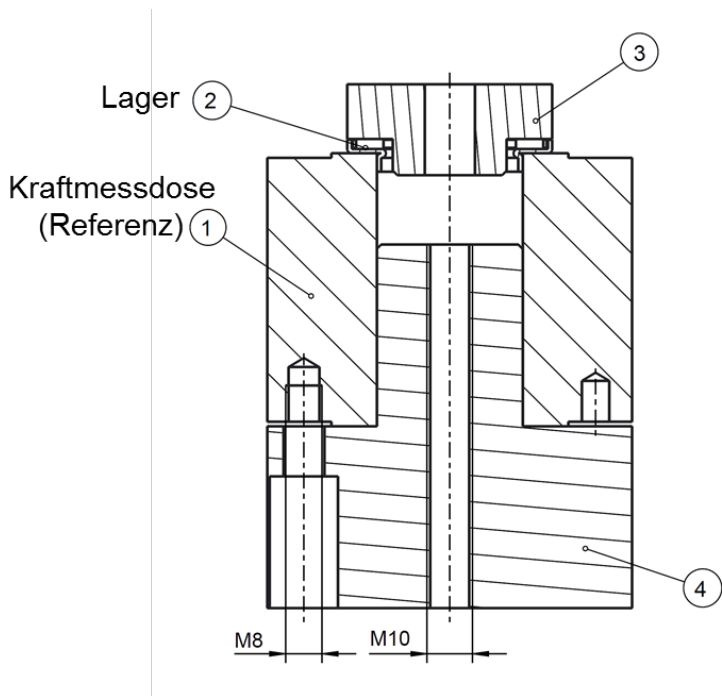


Abbildung 1: Kalibriereinrichtung für DMS-Messschrauben

Durch das Lager (Positionsnummer 2) kann die Schraube torsionsfrei angezogen werden. Weiterhin wird hierdurch die Kraftmessdose vor mechanischer Beschädigung geschützt. Durch die DMS auf dem Schraubenkopf wird die membranartige Durchbiegung des Schraubenkopfes als Maß für die Schraubenvorspannung genutzt

und somit diese messbar gemacht. Die Membran-Rosette besteht aus 4 einzelnen Messgittern, die in einer Vollbrücke verschaltet wurden. Der Linear-DMS wurde als Viertelbrücke verschaltet, für spätere Versuche sollte der Linear-DMS mit einem weiteren baugleichen Kompensations-DMS zur Halbbrücke ergänzt werden, um Störeinflüsse wie die Temperatur ausschalten zu können und stabilere Langzeitmessungen zu ermöglichen.

3 Ergebnisse

Für die mit Membran-DMS versehene Schraube ergibt sich eine ausreichend reproduzierbare Empfindlichkeit (siehe Abbildung 2) mit einer mittleren elektrischen Empfindlichkeit von

$$S_{\text{Membran}} = 0,021 \frac{\text{mV}}{\text{V}} \cdot \frac{\text{V}}{\text{kN}} \quad . \quad 3.1$$

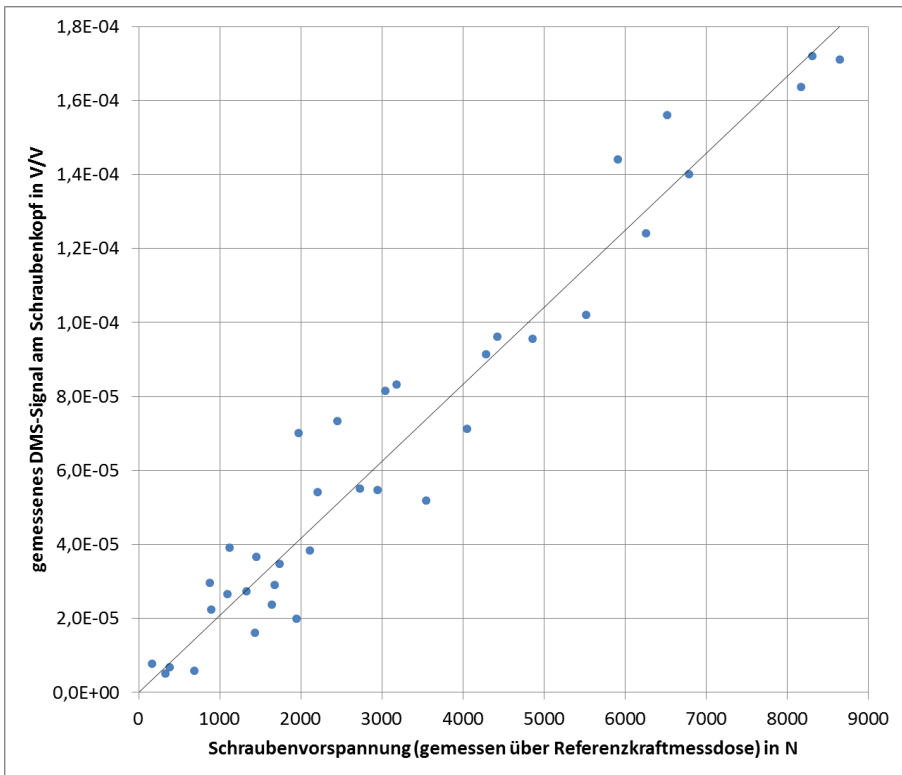


Abbildung 2: Empfindlichkeit Membran-DMS

Für die mit Linear-DMS aufgebaute Messschraube ergibt sich ebenfalls eine ausreichend reproduzierbare elektrische Empfindlichkeit (siehe Abbildung 3) mit einer mittleren elektrischen Empfindlichkeit von

$$S_{\text{Linear}} = 0,023 \frac{\text{mV}}{\frac{\text{V}}{\text{kN}}} \quad . \quad 3.2$$

Für die Messschraube mit Linear-DMS ergab sich jedoch eine größere Streuung in den einzelnen Messergebnissen und ein deutlich schlechteres Hystereseverhalten. Weiterhin ergab sich für den Messaufbau mit einem Linear-DMS eine leichte Nichtlinearität im Signalverlauf, besonders bei höheren Vorspannungen.

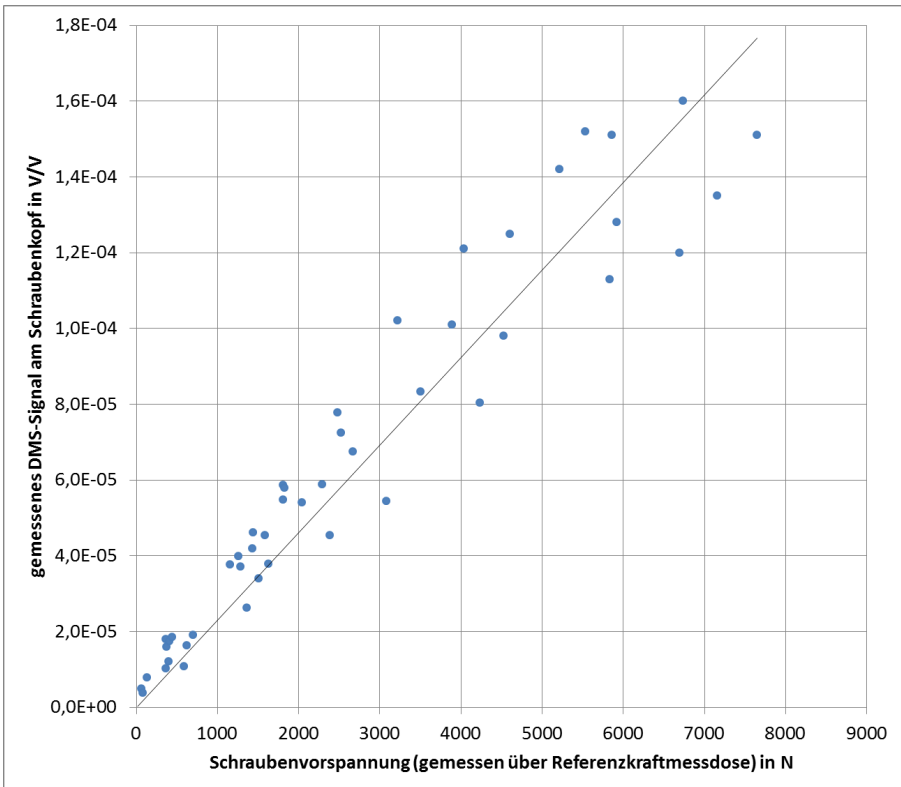


Abbildung 3: Empfindlichkeit Linear-DMS

Beide DMS-Typen reagieren auf das Anziehen der Schrauben (im untersuchten Fall durch einen Ringschlüssel), wobei der Linear-DMS weniger empfindlich auf das Anziehen reagiert als die Schaltung mit

Membran-DMS. In Abbildung 4 ist der Verlauf des gemessenen DMS-Signals am Schraubenkopf im Vergleich zu der durch die Kraftmessdose aufgezeichneten Schraubenvorspannung (Referenz) am Beispiel des Membran-DMS aufgezeichnet. Zu erkennen sind die infolge des Anziehens der Schraube entstehenden Spitzen, welche das gemessene DMS-Signal gegenüber dem Referenzsignal verfälschen. Das Verfahren ist jedoch für quasi-statische Messungen, wie sie während des Betriebs mit bereits angezogenen Schrauben auftreten, gut geeignet.

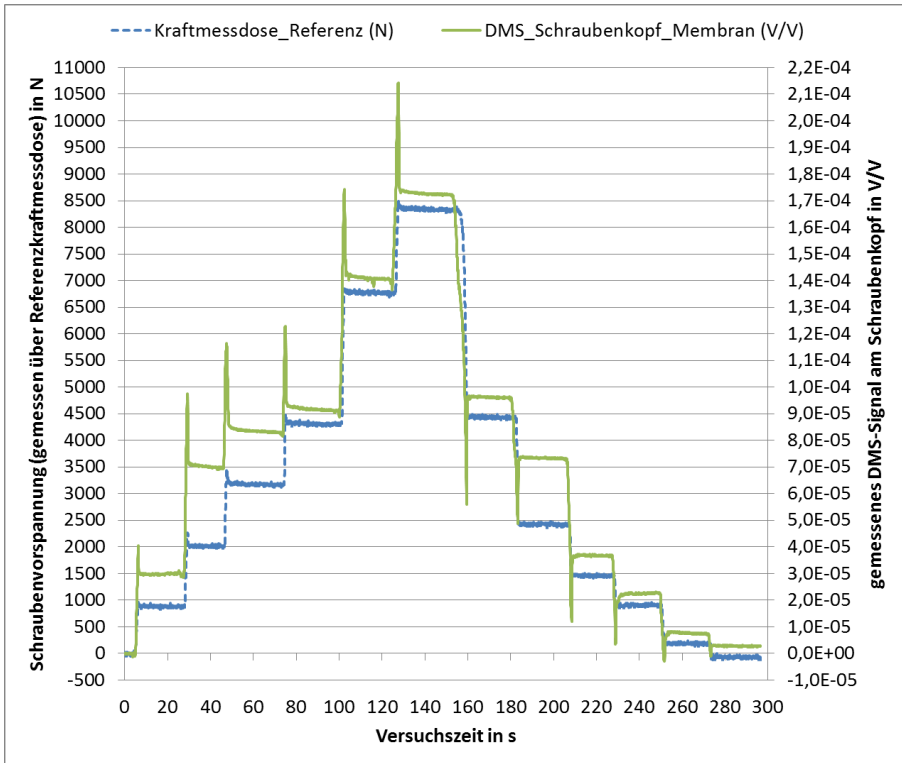


Abbildung 4: Messsignal mit Membran-DMS gegenüber Schraubenvorspannung als Zeitverlauf

4 Zusammenfassung

In dem vorliegenden Artikel wurde ein Verfahren zur Messung der Schraubenvorspannung durch auf den geplanten Schraubenkopf installierte DMS nachvollzogen. Die Ergebnisse decken sich hierbei mit den Ergebnissen aus /1/. Sowohl die verwendeten Membran-DMS als Vollbrücke, als auch die Linear-DMS als Viertelbrücke weisen hierbei eine ausreichende elektrische Empfindlichkeit auf. Somit ist das Messverfahren für die Messung der Schraubenvorspannung im Betrieb geeignet. Die Vorteile des Verfahrens sind, dass die Einspannverhältnisse und die Widerstandsmomente der Schrauben durch das Messverfahren unverändert bleiben. Das Messverfahren kann somit quasi rückwirkungsfrei angewendet werden. Ein weiterer Vorteil ist, dass das Verfahren auch auf sehr kleine Schraubengrößen angewendet werden kann. Die einzige Einschränkung ist hierbei, dass ein DMS auf den entsprechend geplanten Schraubenkopf Platz findet.

5 Literatur

- /1/ Hauhoff, J.; Wunsch, D.: Schädigungsmechanismen bei kreuzverzahnten Flanschverbindungen. FAT Schriftenreihe Nr. 110, 1994