

TWINTORS® - Membrankupplung für Turbomaschinen

Birkholz, H.; Garzke, M.; Mupende, I.

Für die drehstarre Übertragung von sehr hohen Drehmomenten und Drehzahlen bei gleichzeitigem Ausgleich von axialem, radialem und winkligem Versatz der zu verbindenden Wellenenden bieten sich Membrankupplungen hervorragende Einsatzmöglichkeiten. Der Artikel beschreibt Aufbau und Eigenschaften dieser Kupplungsbauart.

For the transmission of high torques and revolutions accompanied by simultaneous axial, radial and angular variations of the shaft ends to be connected, a membrane clutch is an excellent solution. This paper describes the structure and the characteristics of this clutch.

1 Einleitung

Kupplungen sind grundlegende Elemente der Antriebstechnik, sie lassen sich in schaltbare und nicht schaltbare Kupplungen unterteilen. Neben der eigentlichen Aufgabe der Drehmomentübertragung müssen sie z.T. weitere Funktionen erfüllen, z.B.:

- Minderung von stoßartigen Belastungen oder Schwingungen (elastische Kupplungen)
- Sicherung gegen Überlasten (Überlastkupplungen)
- Verbinden oder Trennen der Wellenenden (Schaltkupplungen, Fliehkraftkupplungen)
- Ausgleich von Wellenverlagerungen (Ausgleichskupplungen)

Speziell für den Ausgleich von Wellenverlagerungen sind zahlreiche Konstruktionsformen herausgearbeitet worden, die je nach Bauart axiale, radiale und/oder winklige Wellenverlagerungen ausgleichen. Ursachen für Wellenverlagerungen sind im wesentlichen Ausricht- oder Montageungenauigkeiten, Wärmedehnungen, elastische Verformungen, Fundamentversatz oder konstruktive Gründe /1/.

Als Bauarten drehstarrer Ausgleichskupplungen können genannt werden:

- Klauenkupplungen, Parallelkurbelkupplungen
- Kreuzschlitzkupplungen
- Kreuzgelenkwelle (Kardangelen)
- Zahnkupplung

- Federlaschenkupplung
- Metallbalgkupplung
- Membrankupplung

Wesentliches Unterscheidungsmerkmal dieser Kupplungen ist die Realisierung der Ausgleichsfunktion über Führungen und Gelenke oder über metallelastische Elemente, sog. Metallfedern /2/. Aufgrund des mehrteiligen Kupplungsaufbaus ist die formschlüssige Übertragung des Drehmomentes (z.B. Zahnkupplungen, Kreuzschlitzkupplung) mit Verschleißproblemen verbunden, eine Schmierung der Kontaktstellen ist unumgänglich. Dadurch wird dem Einsatz durch eine maximal zulässige Temperatur eine Grenze gesetzt. Gleiches gilt für die Ausführung als wartungsfreie, trockenlaufende Zahnkupplung, bei der die innenverzahnte Hülse aus Kunststoff (Polyamid) hergestellt ist und die Verwendung bis zu einer maximalen Temperatur von etwa 80°C erfolgen kann.

Dagegen übertragen Membrankupplungen die Drehmomente absolut spielfrei, wodurch sich das dynamische Verhalten des Antriebsstranges gerade im Reversierbetrieb oder beim Auswuchten entscheidend verbessert. Außerdem ist kein Schmierstoffeinsatz notwendig, der Betrieb kann bei Temperaturen bis 250°C und höher erfolgen. Auf weitere wesentliche Charakteristiken von Membrankupplungen soll im folgenden eingegangen werden.

2 Konstruktive Gestaltung von Membrankupplungen

Unter Membranen sind technisch gesehen dünne biegeeweiche Bleche zu verstehen. Diese Membranen können in Vollscheiben- oder Segmentstruktur ausgebildet sein und besitzen somit unterschiedliche Eigenschaften. Alle Membrankupplungen bestehen aus zwei Naben, den Membranteilen und den Verbindungselementen. Mögliche Anordnungsformen sind in den **Bildern 1, 2 und 3** dargestellt /3/.

Die Ablenkwinkel sind bei der Einfachanordnung des Ausgleichselementes „Membrane“ verhältnismäßig klein, so daß die Ausführung in der Doppelanordnung zweckmäßiger ist.

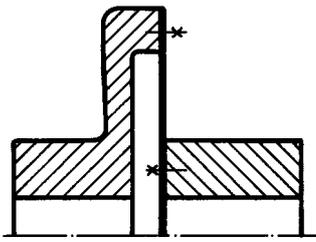
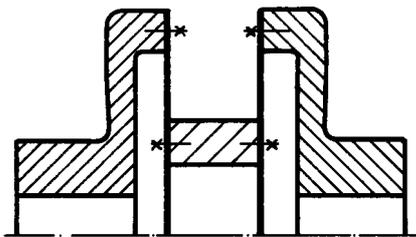
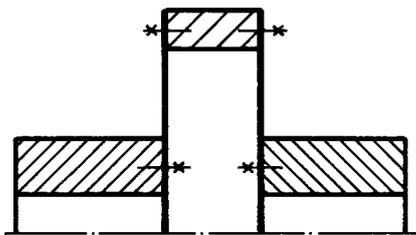


Bild 1: Membrankupplung in Einfachanordnung



Mittelstück
innen



Mittelstück
außen

Bild 2: Membrankupplung in Doppelanordnung

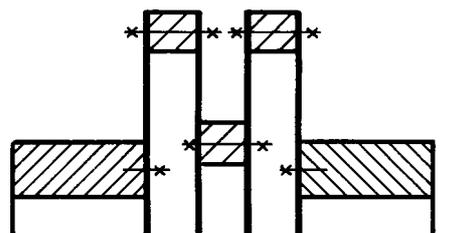
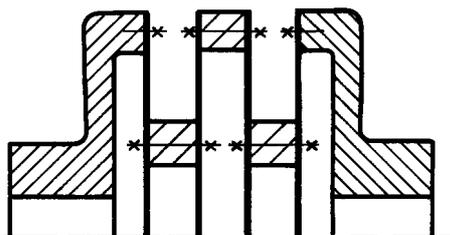


Bild 3: Membrankupplung in 4-fach-Anordnung

Die Hintereinanderschaltung von zwei Doppelkupplungen führt zu der gebräuchlichen Form der 4-fach-Kupplung, wodurch sich der zulässige Winkel- und Axialversatz proportional zur Anzahl der Membranen erhöht.

Spezielle Vorteile von Membrankupplungen sind:

- kostengünstige Gestaltung hinsichtlich der Symmetrie der Flächen und Gleichheit der Bauteile
- einfache kraftschlüssige Verbindung von Naben und Membranteilen

3 TWINTORS®-Membrankupplungen

Die gezielte Weiterentwicklung bestehender Membrankupplungskonstruktionen sowie die geschickte Kombination der o.g. Vorteile führte in Kooperation zwischen der Fa. BHS-Cincinnati Getriebetechnik Sonthofen und dem Institut für Maschinenwesen zu der in den **Bildern 4** und **5** dargestellten TWINTORS®-Membrankupplung mit optimierten Eigenschaften /4/:

- Integration der Verbindungsstücke (Mittelstücke) in die Vollmembranscheiben
- Übertragung hoher Drehmomente bei höchsten Drehzahlen, abhängig von der Baugröße $T \cdot 500000 \text{ Nm}$, $n \cdot 25000 \text{ min}^{-1}$
- hohe Laufpräzision, kleine Massen und Massenträgheitsmomente



Bild 4: Zwei TWINTORS®-Membrankupplungen mit Zwischenhülse (BHS-Cincinnati)

Bei einer dauerfesten Auslegung der Kupplung ergibt sich eine unbegrenzte Lebensdauer, da ein verschleißfreier Betrieb gewährleistet ist. Durch den Austausch der Schraubverbindung zwischen Membrane und Mittelstück durch eine Schweißverbindung entstehen geringere Ventilationsverluste, außerdem wird durch die glatten Außenflächen der Membranscheiben die Geräusch- und Wärmeent-

wicklung auf ein Minimum reduziert. Diese herausragenden Eigenschaften prädestinieren den Einsatz der Kupplungen u.a. in Gas- und Dampfturbinenanlagen und bei Zentrifugalpumpen.

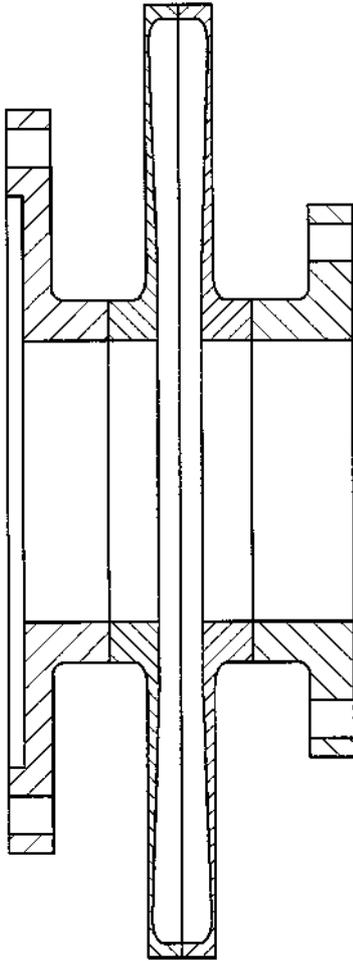


Bild 5: TWINTORS®-Membrankupplung

4 Beanspruchungsverhalten der Membrankupplungen

Zur Gewährleistung des Kupplungseinsatzes nach dem Safe-Life-Prinzip sind zahlreiche numerische und experimentelle Untersuchungen des Beanspruchungs- und Deformationsverhalten unter Drehmoment-, Biegemoment- und Axialkraftbelastung durchgeführt worden. **Bild 6** veranschaulicht das Verformungsverhalten der TWINTORS®-Membrankupplung unter Biegebelastung. Deutlich ist an der mit Pkt.1 gekennzeichneten radialen Außenposition der Membrane die Stelle der höchsten Beanspruchung bei Biegemomentbelastung zu erkennen, der geringe Abstand der Linien gleicher Radialspannungen weist auf einen hohen Spannungsgradienten hin. Die Position der maximalen Schubbeanspruchung bei einwirkendem Drehmoment befindet sich in der Nähe des Übergangsbe-

reiches zum Anschlußflansch und ist mit Pkt.2 bezeichnet.

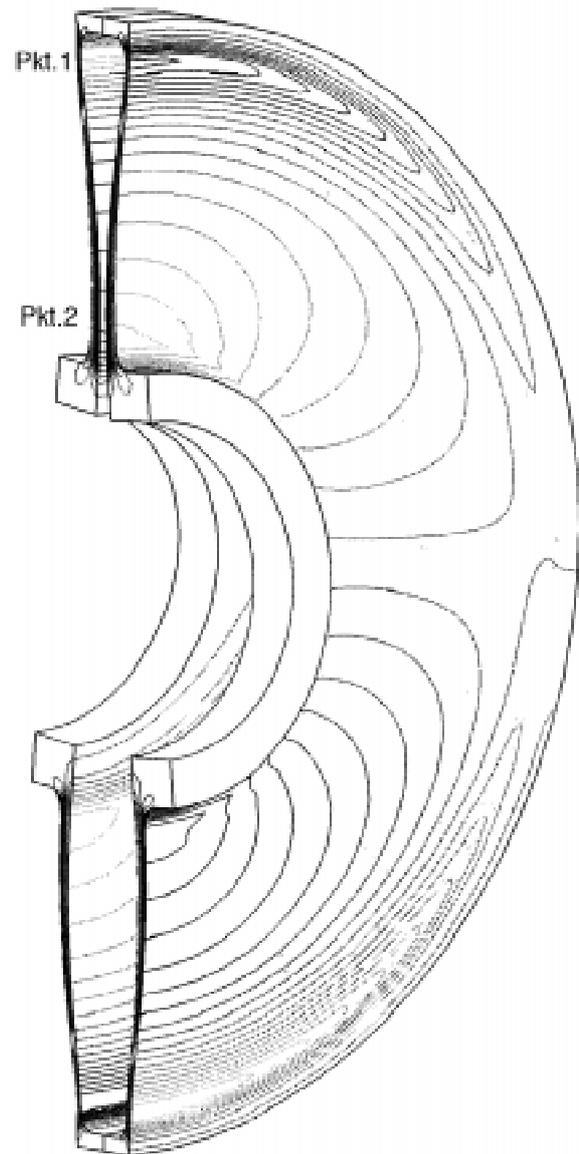


Bild 6: Membrankupplung unter Biegebelastung; Linien gleicher Radialspannungen

Die Federkennlinien der Membrankupplungen unter Drehmoment- und Biegemomentbelastung sind in den **Bildern 7** und **8** dargestellt. Das Steifigkeitsverhalten der Kupplung unter Biegemomentbelastung ist erst bei sehr großen Ablenkwinkeln, die über den zulässigen Prospektangaben der Fa. BHS-Cincinnati liegen, durch einen nichtlinearen Zusammenhang zwischen Last und Deformation mit einem progressiven Federcharakter geprägt. In dem für den Einsatz maßgebenden Bereich zeigt die Konstruktion ein lineares Steifigkeitsverhalten, wodurch sich das schwingfähige System „Antriebsstrang“ besonders bei hohen Drehzahlen besser dynamisch beherrschen läßt. Zum Vergleich ist in **Bild 8** eine lineare Federkennlinie eingezeichnet.

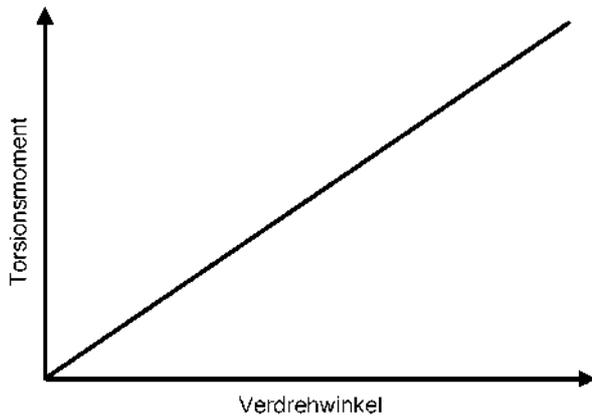


Bild 7: Steifigkeitsverhalten einer Membrankupplung unter Torsionsbelastung

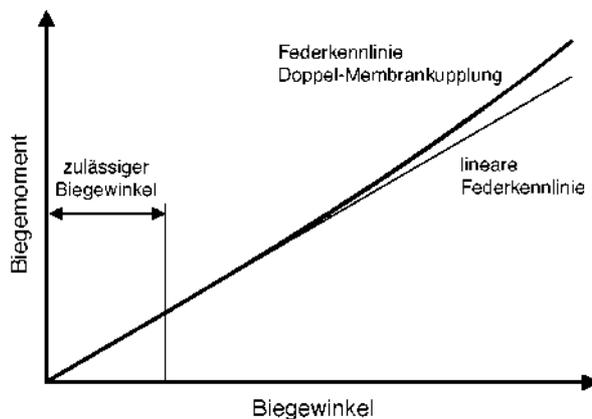


Bild 8: Steifigkeitsverhalten einer Membrankupplung unter Biegebelastung

5 Experimentelle Untersuchungen

Zur Ermittlung der Beanspruchbarkeitsgrenzen der TWINTORS®-Membrankupplungen sind auf verschiedenen Prüfständen im IMW /5, 6/ umfangreiche Versuche durchgeführt worden:

- statische Torsion und Wechselbiegung mit bis zum doppelten des zulässigen Biege winkels
- schwellendes Torsionsmoment
- statische Torsion zur Bestimmung des Abschermomentes

Bild 10 zeigt exemplarisch eine im Einstufenversuch mit unzulässig hohem Biegeablenkwinkel gebrochene Kupplung. Der Bruchort korreliert sehr gut mit den im Kap.4 beschriebenen hochbeanspruchten Bereichen des Bauteils. Aufgrund der deutlich auseinanderliegenden Bruchlagen bei Torsion, Biegung und Axiallast ist bei möglichen Schadensfällen eine Identifikation der Versagensursache leicht möglich.



Bild 10: Dauerbruch einer Membrankupplung im Versuchsbetrieb infolge zu hoher Umlaufbiegebelastung

Die Versuchsergebnisse bestätigen eindrucksvoll, daß es sich aufgrund der herausragenden Festigkeitseigenschaften der TWINTORS®-Membrankupplungen um eine ausgewogene und leistungsfähige Konstruktion handelt. Das Optimierungspotential wird jedoch sowohl durch die Fa. BHS-Cincinnati Getriebetechnik als auch durch das IMW als noch nicht erschöpft angesehen. Derzeit laufen weitere Untersuchungen, um die Tragfähigkeit der Membrankupplungen weiter zu erhöhen.

6 Literatur

- /1/ Dubbel – Taschenbuch für den Maschinenbau, Springer-Verlag, 19. Auflage, 1997
- /2/ Peeken, H.; Troeder, C.: Elastische Kupplungen, Konstruktionsbücher Band 33, Springer-Verlag, 1986
- /3/ Ehrlenspiel, K.; Henkel, G.: Membrankupplungen als drehstarre, biegenachgiebige Ganzmetallkupplungen, VDI-Berichte 299, VDI-Verlag, 1977
- /4/ Rohbeck, N.: Doppel-Membrankupplung – Neuentwicklung mit verbesserten Eigenschaften, Antriebstechnik 30 (1991), Nr.2
- /5/ Garzke, M.; Henschel, J.; Schäfer, G.: Prüfstände zur Bauteiluntersuchung am IMW (Teil 1), Institutsmitteilung Nr. 23, 1998
- /6/ Birkholz, H.; Heider, G.: Prüfstände zur Bauteiluntersuchung am IMW (Teil 2), Institutsmitteilung Nr. 23, 1998