

Qualitätssicherung an Zahnwellen-Verbindungen

Birkholz, H.

Weltweit existieren für Zahnwellen-Verbindungen die unterschiedlichsten Normen, die alle unterschiedliche Meßverfahren beinhalten. Zur Beurteilung der Paarbarkeit und Qualität einer Zahnwellen-Verbindung sind verschiedene Meßmethoden zulässig. Diese werden gleichrangig nebeneinander behandelt, daher ist eine einheitliche qualitative Beurteilung einer Zahnwellen-Verbindung nicht gewährleistet. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens der Deutschen Forschungsgesellschaft (DFG) sollen optimierte Meßstrategien für Zahnwellen-Verbindungen erarbeitet werden, die eine sachgerechte Toleranzauswahl berücksichtigen.

To estimate spline shafts there are worldwide different standards, containing different types of measuring methods. These methods are considered to be of equal priority, so it is impossible to estimate the quality of spline shafts homogenously. In a research work supported by the Deutsche Forschungsgesellschaft, an improvement of measuring methods shall be worked out.

1 Stand der Technik

Zahnwellen-Verbindungen sind lösbare Verbindungselemente für die Übertragung von Drehmomenten /1,2/. Eine derartige Verbindung besteht aus einer Innenverzahnung sowie einer in diese gefügten Außenverzahnung. Die Übertragung des Drehmomentes erfolgt über die Zahnflanken der Zähne, diese Zahnflanken sind in den meisten Fällen als Evolventen ausgebildet.

Aus den Hauptforderungen, der sicheren Übertragung des Drehmomentes und der Gewährleistung eines eventuell erforderlichen Spiels ergeben sich die Problemstellungen bei der Auslegung bzw. Tolerierung von Zahnwellen-Verbindungen:

- die Paarbarkeit der Verbindung inklusive eines definierten Spiels sowie
- die Qualität der Verbindung im Betrieb, d.h. eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Belastungen auf alle Zahnflanken.

Aus diesem Grund werden für die Paarung von Innen- und Außenverzahnung Abmaße vom spielfreien Zustand festgelegt, wie in **Bild 1** dargestellt.

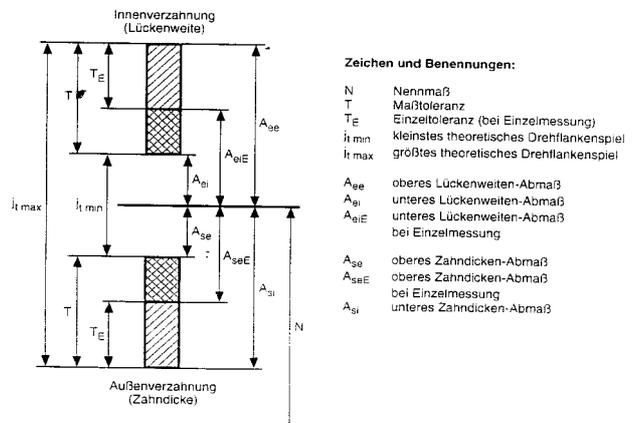


Bild 1: Passungen an Zahnwellen-Verbindungen (nach DIN 5480/14)

Toleriert werden sowohl die Zahndicke der Außenverzahnung als auch die Lückenweite der Innenverzahnung. Das erforderliche Abmaß hängt dabei vom mindestens erforderlichen Flankenspiel und den spielvermindernden Einflüssen der Verzahnungsabweichungen ab. Das maximal zulässige Abmaß ergibt sich aus dem maximal zulässigen Flankenspiel sowie den erreichbaren Fertigungstoleranzen beim Verzahnung.

Für das Spiel einer Zahnwellen-Verbindung ist nicht nur das Istmaß der Zahndicke bzw. der Lückenweite von Bedeutung, auch die auftretenden Verzahnungsabweichungen /3/ – vor allem Teilungsabweichungen, Flankenabweichungen und Rundlaufabweichungen beeinflussen das Spiel. Bei der Passung von Zahnwellen-Verbindungen ist der Einfluß der Verzahnungsabweichungen auf die Paarungseigenschaften wesentlich größer als der Einfluß des Istmaßes.

Aus diesen Gründen muß eine Prüfung bzw. Passungskontrolle nach dem Taylorschen Grundsatz erfolgen /4/. Dabei ist die Ausschußseite als Istmaß (auch *actual*) der Zahndicke bzw. Zahnweite im Teilkreisbogen, die Gutseite als Paarungsmaß (auch *effective*) zu prüfen. Das Paarungsmaß ist dabei die Zahndicke bzw. Zahnweite einer formidealen Gegenverzahnung (Hüllverzahnung), mit der die zu prüfende Verzahnung gerade noch zu paaren ist. **Bild 2** zeigt die Zusammenhänge am Beispiel eines einzelnen Zahnes einer Außenverzahnung.

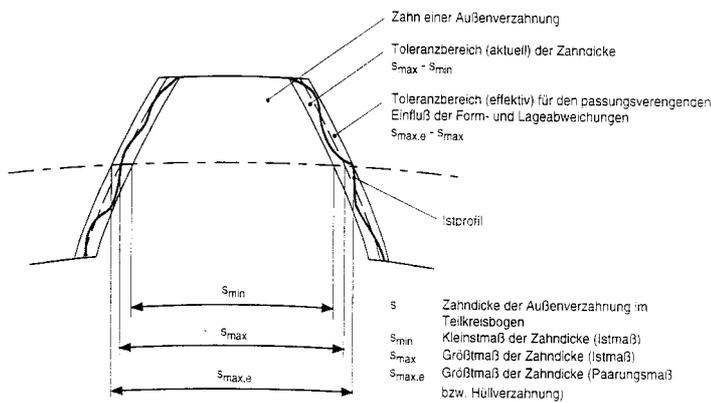


Bild 2: Toleranzproblematik an Zahnwellen-Verbindungen

1.1 Normen und Prüfmethode

Für die technische Beherrschung von Passungen verschiedenster Maschinenelemente wurden und werden national und international verschiedene Normen erarbeitet. Eine bekannte Norm ist z.B. die ISO 286 zur Paarung von Welle und Bohrung. Auch zum Thema Zahnwellen-Verbindungen existieren viele nationale und internationale Normen, für Deutschland beispielsweise die DIN 5461 bis DIN 5465 zu Keilwellen-Verbindungen, für Großbritannien die BS 3550 (Specification for involute splines) oder für Japan die JIS D 2001 (Involute spline for Automobiles).

Diese und andere Normen betreffend Zahnwellen-Verbindungen beinhalten verschiedenste Prüfmethode. Für die Messung der Zahndicken / Zahn-lücken (Istmaß/actual) umfassen die genormten Prüfverfahren sektorverzahnte Ausschußlehren, Maß über/zwischen Rollen, konische, sektorverzahnte Ausschußlehren sowie die Zahnweitenmessung, nichtgenormte Meßverfahren sind das Maß über/zwischen Kugeln statisch und dynamisch, sektorverzahnte Verdrehflankenspiel-Meßgeräte oder die Abrollprüfung mit Kugelrädern. Für die effektive Hüllverzahnung (Paarungsmaß/effective) kommen genormt vollverzahnte Gut- und Ausschußlehren sowie vollverzahnte konische Gutleh-dorne zum Einsatz, während vollverzahnte Verdrehflankenspiel-Meßgeräte und Rechenalgorithmen aus Istmaß- und Einzelabweichungen nicht genormte Prüfverfahren darstellen.

Für die Ermittlung von Form- und Lageabweichungen existieren keine genormten Meßverfahren, nicht genormte Verfahren sind die Bestimmung mit Kugeln und Rollen oder die Bestimmung mit Rechenalgorithmen.

1.2 Ziel der Untersuchungen

Es sollen Anforderungen an eine „ideale“ bzw. optimierte Prüfstrategie für Zahnwellen-Verbindungen erarbeitet werden. Dazu ist es nötig, die Behandlung von Aspekten der Qualitätssicherung in der Literatur in Bezug auf den gegenwärtigen Stand der Technik kritisch zu untersuchen. Die Untersuchungen sollen Unklarheiten sowie Schwierigkeiten bei der Anwendung der vorhandenen Normen zur Prüfung von Zahnwellen-Verbindungen offenlegen. Die einzelnen Meßverfahren müssen

untersucht und hinsichtlich der Aussagekraft der Meßergebnisse bewertet werden. Gleichzeitig müssen theoretische Ursachen für Meßwertunterschiede herausgearbeitet und kenntlich gemacht werden.

Es werden weiterhin die geeigneten Prüfverfahren an seriennahen Prüflingen sowie Prüflingen mit gezielt hergestellten Verzahnungsabweichungen angewendet und verglichen. Dazu sollen Meßreihen mit verschiedenen Meßgeräten durchgeführt werden. Als Referenz dient die vollständige Vermessung der Prüflinge mit der Koordinatenmeßmaschine.

Zusätzlich werden die Prüflinge einer Verdrehspielmessung unterzogen. Ebenfalls zur Anwendung kommen rechnergestützte Modellierungs- und Simulationstechniken zum Paarungs- und Zentrierverhalten.

Mittels der gewonnenen Erkenntnisse soll es ermöglicht werden, die Anwendung einzelner Prüfmethode zu beschreiben und Prüfeempfehlungen zu erarbeiten.

1.3 Literatur

- /1/ W. Beitz; K.-H. Küttner (Hrsg.): *Dubbel-Taschenbuch für den Maschinenbau*; 18. Aufl. Berlin; Springer Verlag, 1995
- /2/ K.-H. Decker: *Maschinenelemente – Gestaltung und Berechnung*; 8. Aufl. München; Carl Hanser Verlag, 1982
- /3/ H. Huber: *Untersuchungen über die Zentrierkräfte flankenzentrierter Zahnwellen-Verbindungen*; Mannheim; John Deere Werke; Februar 1965
- /4/ H. Winter; A. Seifried: *Der Taylorsche Grundsatz – ein Beitrag zur Theorie des Prüfens mechanisch gefertigter Werkstücke*; TZ für praktische Metallbearbeitung Bd. 59 (1965) Nr 7., S 419-425