

Aktuelles aus der Zahnwellen-/ Passverzahnungs-Normung

Schäfer, G.

Das IMW ist neben der Forschung auf dem Gebiet der Zahnwellen-Verbindungen auch in den betreffenden DIN- und ISO-Arbeitsgremien aktiv an der Gestaltung der Normen tätig. Damit wird das gewonnene Wissen für die Nutzer zugänglich.



The IMW is doing research work in the field of splined shaft-hub connections. The transfer of the results into DIN- and ISO-standards is an additional topic, to spread the knowledge to the users.

Einleitung

Zahnwellen oder im aktuellen Normungssprachgebrauch Passverzahnungen, werden als sehr tragfähige und leicht zu montierende Welle-Nabe-Verbindung in fast allen Bereichen der Antriebstechnik eingesetzt. Weit verbreitete und sehr wirtschaftliche Fertigungsverfahren, wie das Abwälzfräsen oder die umformenden Fertigungsverfahren machen den Einsatz in Sonderkonstruktionen ebenso sinnvoll, wie in der Großserie. Die Anwendungen reichen von nahezu stillstehenden Drehstabfederanbindungen über mittlere Drehzahlen in vielen Industrieanwendungen und der Windkraft, bis hin zu sehr hochdrehenden Antrieben in der E-Mobilität oder von Zentrifugen. Für all diese Anwendungen werden Passverzahnungen mit Evolventenflanken und Ihrem großen Variationsbereich bezüglich Durchmesser, Modul und Zähnezahl eingesetzt. Die Kompatibilität der Fügestelle wird durch die zugehörigen Normen erreicht. In Deutschland ist die DIN 5480 /1/ seit vielen Jahrzehnten bewährt. Neben dieser nationalen Norm bestehen im internationalen Umfeld diverse weitere Normen. Im Automobilbau sind häufig Profilgeometrien auf Basis der amerikanischen ANSI 92 anzutreffen. Die metrische Version ANSI 92.2M wurde vor einigen Jahren zur Aufstellung der ISO 4156 genutzt und mit Tolerierungsansätzen der DIN ergänzt. Im Jahr 2008 erschien die bislang gültige Version /2/. In den letzten zwei Jahren wurde die ISO 4156 mit Ihren drei Teilen überarbeitet und steht jetzt im ersten Quartal 2021 zur Veröffentlichung an. Gleichzeitig werden die Übersetzungen in eine französische und eine deutsche Version erfolgen, so dass erstmalig eine DIN/ISO4156 verfügbar sein wird. Dieser kleine Beitrag soll wesentliche Unterschiede zwischen DIN 5480 und der DIN/ISO 4156 beleuchten und sinnvolle Anwendungen der einzelnen Profile aufzeigen.

Unterschiede der beiden Normen

Beide Normen behandeln Passverzahnungen mit evolventischen Flanken und grundsätzlicher Flanken-zentrierung. Eine zusätzliche Durchmesser-zentrierung ist jeweils möglich. Der größte nach diesen Normen vorgesehene Modul beträgt $m = 10$ mm. Die Modulstufung ist geringfügig unterschiedlich, und die ISO 4156 startet bereits bei Modul $m = 0,25$ mm. Sowohl die Tolerierungsgrundsätze als auch die Messung und Lehreng wurden im Rahmen der Normüberarbeitungen weitestgehend angepasst, so dass der Nutzer hier einfach zwischen beiden Normen wechseln kann.

Grundsätzliche Unterschiede bestehen in dem Ansatz der DIN 5480 mit Ihrem Bezugsdurchmesser d_B und der damit verbundenen Profilverschiebung. Die DIN 5480 nutzt die Profilverschiebung, um Wellenkopfdurchmesser zu erreichen, die ein Überschieben von Wälzlagern mit gestuften Innendurchmessern erlauben und dabei einen maximalen Profildurchmesser (Tragfähigkeit) der Verzahnung ermöglichen. ISO 4156 sieht keine Profilverschiebung vor.

Ein weiterer wesentlicher Unterschied besteht in den vorgesehenen Flankenwinkeln. Die DIN 5480 /1/ sieht aktuell nur den Flankenwinkel 30° vor. Nachdem in der Version von 1986 die Winkel $37,5^\circ$ und 45° in die DIN 5480 ansatzweise aufgenommen wurden, wurden sie in der aktuell gültigen Version /1/ vom März 2006 wieder herausgenommen und ein Verweis auf die ISO 4156 eingefügt. In ISO 4156 /2/ sind alle drei Flankenwinkel 30° , $37,5^\circ$ und 45° enthalten. Das grundsätzliche Formelwerk zur Geometriebestimmung erlaubt in beiden Normen aber auch die Berechnung mit allen genannten Flankenwinkeln, auch der teilweise verwendete und fertigungstechnisch motivierte Flankenwinkel von 20° bei benachbarter Laufverzahnung, ist mit beiden Normen abbildbar, zur Verwendung siehe auch /3/.

Neben den zusätzlichen Flankenwinkeln, sind in ISO 4156 im Fall der 30° -Verzahnung auch zwei Fußverrundungsvarianten „flacher Fuß“ (flat root) und „verrundeter Fuß“ (fillet root) vorgesehen. Die DIN 5480 kennt diese Unterscheidung nicht, hat aber abhängig vom Fertigungsverfahren unterschiedliche Angaben für den Fußrundungsradius. So wird in DIN 5480 für das Abwälzfräsen ein Fußrundungsradius von $0,16$ m und für umformende Fertigung $0,54$ m genannt. Damit wird im Fall des AbwälzfräSENS ein extrem scharfkantiger flacher Fuß und mit der umformenden Fertigung ein vollverrundeter Fuß erreicht. Umfangreiche Untersuchungen der letzten Jahre am IMW haben ergeben, dass für ein verbessertes dynamisches Tragverhalten $0,16$ m unbedingt vermieden werden sollten, die Empfehlung für das AbwälzfräSENS lautet $0,48$ m, siehe dazu auch den folgenden Absatz „Ausblick“ und /4/.

Ein weiterer Unterschied zwischen den beiden Normen DIN 5480 und ISO 4156 betrifft die Abmaße und Toleranzen. Bei den verfügbaren Passungsklassen sind keine wesentlichen Unterschiede vorhanden. Beide Normen bevorzugen die Einheitsbohrung H in der Nabenverzahnung und bieten mit den zugehörigen Wellenpassungen von d bis k die Möglichkeit das Verzahnungsspiel bis hin zur Presspassung zu variieren.

Einen wesentlichen Unterschied stellen dagegen die verfügbaren Toleranzklassen und die damit verbundenen Abmaße dar. Die ISO 4156 /2/ kennt, in Anlehnung an die ANSI 92, die vier Toleranzklassen 4, 5, 6 und 7 und gibt für die Berechnung der Teilungsgesamtabweichung F_p , der Profilabweichung F_α und der Flankenlinienabweichung F_β Formeln an. Die DIN 5480 /1/ dagegen, nennt die acht Toleranzklassen von 5 bis 12, verweist für die Abmaßberechnung auf die Laufverzahnungsnorm DIN 3962 /5/ und gibt Abmaßwerte in ihrer Tabelle 7 /1/ an. Vor dem Hintergrund der kurzfristig erscheinenden deutschen Übersetzung der ISO 4156 als DIN/ISO 4156 ist nachfolgend ein Vergleich der Toleranzklassen durchgeführt worden. Abbildung 1 zeigt einen beispielhaften Vergleich für die Verzahnung DIN 5480 45x2x21 mit einer Länge von 50 mm.

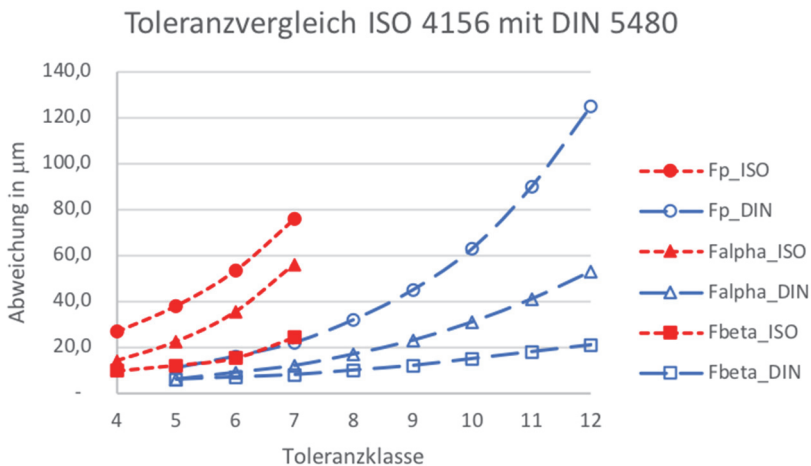


Abbildung 1: Vergleich der Abmaße nach ISO 4156 und DIN 5480 für die Teilungsgesamtabweichung F_p , Profilabweichung F_α und Flankenlinienabweichung F_β

Der direkte Vergleich der Abmaße macht einen deutlichen Unterschied bei gleicher Toleranzklassenzahl sichtbar. Vor dem Hintergrund der kurzfristig parallelen Verfügbarkeit von DIN 5480 und DIN/ISO 4156 muss der Nutzer an dieser Stelle genau darauf achten, dass z.B. die Toleranzklasse 6 je nach verwendeter Norm eine qualitativ hochwertige und teure oder auch eine unterdurchschnittliche Verzahnungsqualität bedeuten kann. Im Rahmen einer etwas größeren Variantenstudie ergab sich ein mittlerer Umrechnungsfaktor zwischen DIN- und DIN/ISO-Toleranz von 1,8, d.h. eine ISO-Klasse 6 entspricht knapp einer DIN-Klasse 11.

Ausblick

Neben der noch anstehenden Übersetzung der ISO 4156, was im DIN-Arbeitsausschuss NA 060-34-31 erledigt wird, wird das IMW sich weiter mit seinen Forschungsarbeiten um die konkrete Angabe sinnvoller Fußrundungsradien kümmern. Ausgehend von den Minimalangaben in Tabelle 1 werden dadurch konkrete Rundungsradien für die optimierte Tragfähigkeit verfügbar.

Tabelle 1: Minimaler Fußrundungsradius von Innen- und Außenverzahnungen (siehe Tabelle 12 in ISO 4156 /2/)

Minimaler Fußrundungsradius in mm für			
$\alpha_D = 30^\circ$ flacher Fuß	$\alpha_D = 30^\circ$ verrundeter Fuß	$\alpha_D = 37,5^\circ$	$\alpha_D = 45^\circ$
0,2 m	0,4 m	0,3 m	0,25 m

Zusammenfassung

Mit der Überarbeitung und Übersetzung der ISO 4156 wird kurzfristig eine sinnvolle Ergänzung zur DIN 5480 für Passverzahnungen erscheinen. Die ISO 4156 erlaubt mit größeren Flankenwinkeln eine günstigere umformtechnische Herstellung bei gleichzeitig verbesserter Zentrierwirkung. Auf der anderen Seite können mit dem kleineren Flankenwinkel von 30° , auf den die DIN 5480 spezialisiert ist, in Verbindung mit der Fußrundungsradiusempfehlung von 0,48 m auch bei dünnwandigen Naben sehr hohe Tragfähigkeiten erreicht werden, siehe /3/ und /4/. Besonders zu beachten ist in der parallelen Nutzung der beiden Normen, dass die Toleranzklassenangabe zu Fehlinterpretationen bezüglich der Verzahnungsqualität verleiten kann.

Literatur

- /1/ DIN 5480-1: Passverzahnungen mit Evolventenflanken und Bezugsdurchmesser, Teil 1: Grundlagen, Hrsg. Deutsches Institut für Normung, Beuth-Verlag, Berlin, März 2006
- /2/ ISO 4156-1, Straight cylindrical involute splines — Metric module, side fit — Part 1: Generalities International Standards Organization (ISO), 2008
- /3/ Schäfer, G.: Zahnwellenverbindung – Auslegung, Potentiale und Festigkeitsnachweis von Passverzahnungen, Institutsmitteilung Nr. 39, Seite 5 – 12, IMW Clausthal 2014, ISSN 0947-2274
- /4/ Schäfer, G.: Zahnwelle 3.0, Institutsmitteilung Nr. 44, Seite 29 – 32, IMW Clausthal 2019, ISSN 0947-2274