

Zahnwellen-Verbindungen mit Evolventenflanken

Prüfung und Lehren bei Flankenzentrierung

DIN
5480
Blatt 15

Involute splines; testing and gauges for side fit

Cannelures à flancs en développante; vérification et calibres dans le cas de centrage sur flancs

Maße in mm

Inhalt

	Seite		Seite
1. Zeichen und Benennungen	1	4.2. Gutlehren	7
2. Allgemeine Angaben	2	4.3. Ausschußlehren	7
3. Abnahmeprüfung von Zahnwellen und Zahnnaben	2	4.4. Gegenlehren	7
3.1. Prüfprinzip	2	4.5. Anzeigende Meßzeuge	7
3.2. Prüfen der Gutseite mit Gutlehren	2	4.6. Toleranzen und Prüfung der Lehren	7
3.3. Prüfen der Ausschußseite	3	4.7. Bezeichnung und Kennzeichnung der Lehren	9
3.4. Ersatz der Gutlehrung durch Einzelmessungen	4	5. Berechnung der Zahndicken und der Prüfmaße von Lehren	9
4. Lehren	4	5.1. Rechnungsgang	9
4.1. Maße der Lehrenkörper	4	5.2. Berechnungsbeispiel	9

1. Zeichen und Benennungen

b_1	Zahnbreite	p	Teilung am Teilkreis (Teilkreisteilung)
b_2	Lehrdornbreite	s_1	Nennzahndicke der Welle (am Teilkreis)
b_3	siehe Bild 9 und Tabelle 2	z	Zähnezahl
b_4 bis b_8	siehe Bild 10 und Tabelle 3	A_{ee}	oberes Lückenweitenabmaß
b_9	Lehringbreite	A_{ei}	unteres Lückenweitenabmaß
b_{10}	Prüfflächenbreite, siehe Bild 12	A_{eiE}	unteres Lückenweitenabmaß bei Einzel- messung
d	Teilkreisdurchmesser	A_{se}	oberes Zahndickenabmaß
d_{a1}	Wellen-Kopfkreisdurchmesser	A_{seE}	oberes Zahndickenabmaß bei Einzelmessung
d_{a2}	Naben-Kopfkreisdurchmesser	A_{si}	unteres Zahndickenabmaß
d_{f1}	Wellen-Fußkreisdurchmesser	D_1, D_2	siehe Bild 12 und Tabelle 4
d_{f2}	Naben-Fußkreisdurchmesser	F_f	Profil-Gesamtabweichung
D_m	Meßkugel- bzw. Meßrollendurchmesser	F_p	Teilungs-Gesamtabweichung
d_B	Bezugsdurchmesser	F_r	Rundlaufabweichung
d_{Nf1}	Wellen-Fußnutzkreisdurchmesser	LQ	Lehrenqualität
d_{Nf2}	Naben-Fußnutzkreisdurchmesser	M_e	Prüfmaß über Rollen bei Außenverzahnung
d_7 bis d_{10}	siehe Bild 8 und Tabelle 1	M_i	Prüfmaß zwischen Rollen bei Innenverzahnung
d_{11} bis d_{13}	siehe Bild 9 und Tabelle 2	T	Gesamttoleranz (bei Gutlehrung)
d_{14} bis d_{20}	siehe Bild 10 und Tabelle 3	T_E	Einzeltoleranz (bei Einzelmessung)
d_{21} bis d_{23}	siehe Bild 11	W	Zahnweite
e_2	Nennlückenweite der Nabe	α	Eingriffswinkel
f_p	Teilungs-Einzelabweichung	α_M	Pressungswinkel am Meßrollen-Berührungspunkt
$f_{H\beta}$	Flankenlinien-Winkelabweichung	$\text{inv } \alpha$	Evolvente α
g	Grifflänge	η	Zahnücken-Halbwinkel
l_1, l_2	Lehrdornlänge		
l_3	Zapfenlänge		
m	Modul		

Fortsetzung Seite 2 bis 11
Erläuterungen Seite 12

Ausschuß Keilwellen-Verbindungen im Deutschen Normenausschuß (DNA)

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Deutschen Normenausschusses, Berlin, gestattet.

Wenn Verwechslungen möglich sind, sind die folgenden Indizes zu verwenden:

Index	bezogen auf
a	Zahnkopf
e	Außen, oberer Grenzwert, Lücke, Lückenweite
f	Profilform, Zahnfuß
i	Innen, unterer Grenzwert
p	Teilung
r	Rundlauf
s	Zahndicke
E	Einzelmessung
N	Nutzbereich
β	Schrägungswinkel
1	Welle
2	Nabe
'	Arbeitslehre
"	Gegenlehre (Größen, die sich auf den Prüfling beziehen, stehen ohne Strich)

2. Allgemeine Angaben

Diese Norm behandelt die Prüfung der Flankenpassung von flankenzentrierten Zahnwellen-Verbindungen sowie die dazu erforderlichen Lehren.

Die Lückenweitenabmaße A_{ee} und A_{ei} (bzw. die Zahndickenabmaße A_{se} und A_{si}), die in DIN 5480 Blatt 14 angegeben sind, beschreiben nach Bild 1 zwei Grenzprofile der Nabe (bzw. der Welle), innerhalb denen das tatsächliche Gesamtprofil einschließlich aller Teilungs-, Profilform-, Flankenrichtungs- und sonstiger Abweichungen liegen muß. Sofern Welle und Nabe dieser Bedingung genügen, was durch Lehrung nach dem Taylor'schen Grundsatz zu prüfen ist, spielen der tatsächliche Profilverlauf und eventuelle Unterschiede der Einzelabmessungen (Zahndicke, Zahnweite, Kugelmaße usw.) für die Passung keine Rolle.

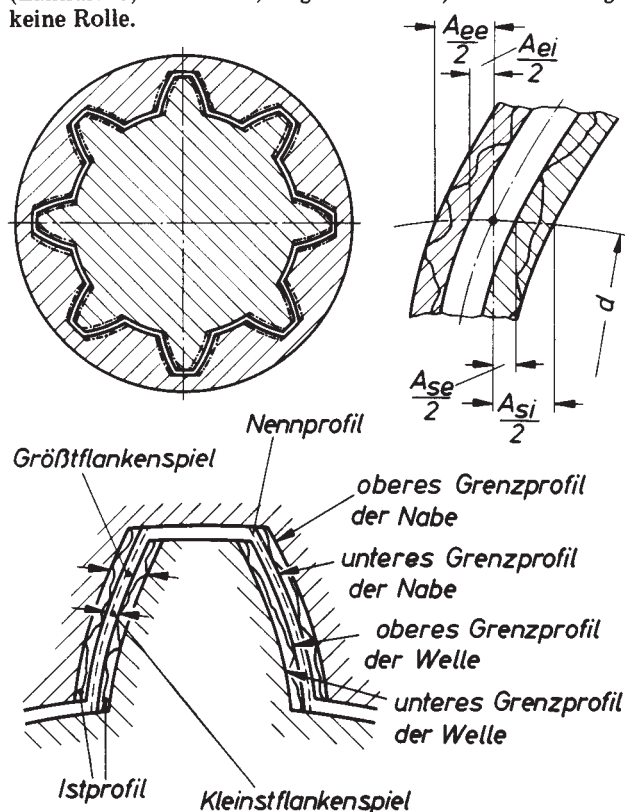


Bild 1. Zahnwellenverbindung mit Grenzprofilen und Istprofil

Im Gegensatz zu Rundpassungen können jedoch bei Zahnwellen-Verbindungen aus dem schwereren oder leichteren „Gehen“ der Lehren mit den Prüflingen keine Rückschlüsse auf das zu erwartende Spiel der Passung gezogen werden. Dies hat folgende Ursachen:

Rundpassungen sind auch bei größerer Qualität sehr formgenau rund, wogegen die Form der Zahnwellen und Naben verschiedene Abweichungen aufweist. Die hohen Stellen der Flankenform (z. B. Teilungsabweichungen) berühren die Gutlehren, aber bei den gepaarten Teilen treffen sich diese Stellen kaum. Es tritt ein gewisser Ausgleich ein, der sich besonders bei größeren Qualitäten bemerkbar macht. Die Passung der Teile ist lockerer als die Paarung mit den Lehren erwarten läßt.

3. Abnahmeprüfung von Zahnwellen und Zahnnaben

3.1. Prüfprinzip

Die Passungskontrolle nach dem Taylor'schen Prinzip erfordert, daß auf der Gutseite auf Paarung, auf der Ausschußseite dagegen die Istmaße aller voneinander unabhängigen Bestimmungstücke einzeln geprüft werden. Ist man aus praktischen Gründen nicht in der Lage, dieses Prinzip vollständig zu erfüllen, so muß dies bei der Bewertung der Prüfung berücksichtigt werden.

3.2. Prüfen der Gutseite mit Gutlehren

Mit Gutlehren wird geprüft, ob das Istprofil innerhalb des oberen Grenzprofils der Welle bzw. außerhalb des unteren Grenzprofils der Nabe liegt. Die Gutlehren müssen stets voll verzahnt sein (siehe Bilder 2 und 3). Sie müssen sich ohne Gewaltanwendung mit dem Prüfling paaren lassen. Bei Gutlehren, deren Maße in den vorgeschriebenen Herstelltoleranzen liegen, braucht die Lehre nicht umgesetzt zu werden. Wenn sie in einer Stellung mit dem Prüfling gepaart werden kann, kann sie auch in jeder anderen Stellung gepaart werden.

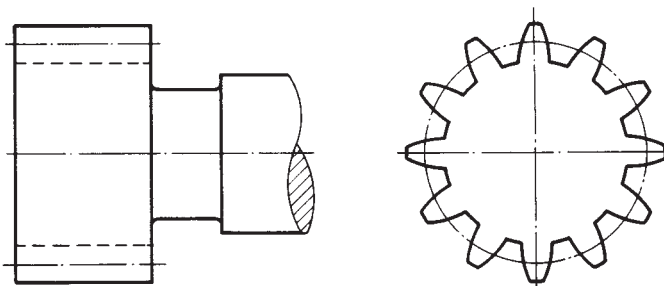


Bild 2. Vollverzahnter Gutlehrdorn

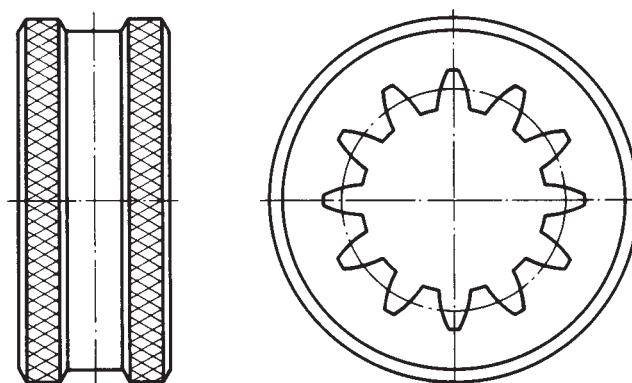
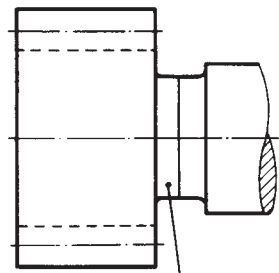


Bild 3. Vollverzahnter Gutlehrherring



rotes Farbband

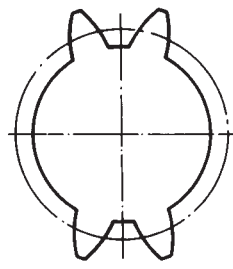
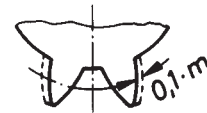
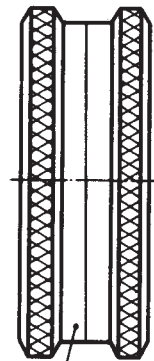


Bild 4. Sektorverzahnter Ausschußlehrdorn

Flankenrücknahme bei $z < 12$ 

rotes Farbband

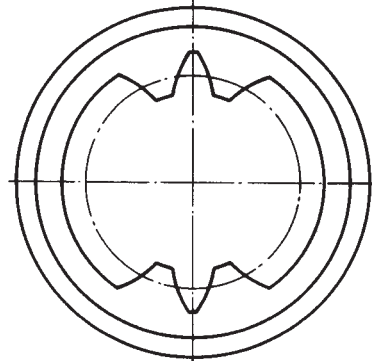
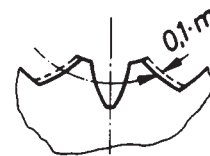


Bild 5. Sektorverzahnter Ausschußlehrring

Flankenrücknahme bei $z < 12$

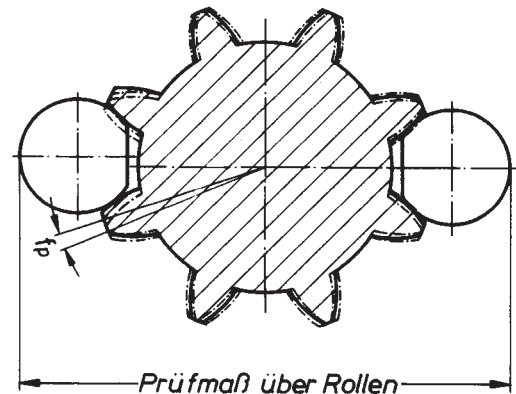
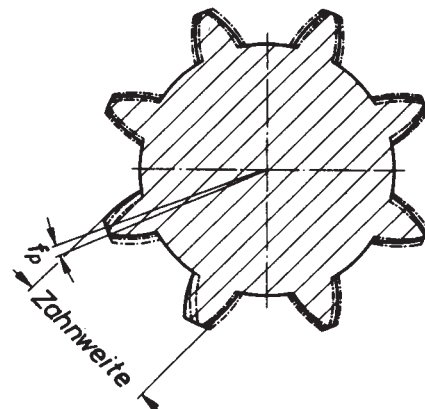
3.3. Prüfen der Ausschußseite

Nach dem in Abschnitt 3.1 genannten Prinzip sollen theoretisch auf der Ausschußseite alle voneinander unabhängigen Bestimmungstücke einzeln geprüft werden. Praktisch ist dies nicht möglich und auch nicht erforderlich. Wenn eine richtige Gutlehrung durchgeführt wurde, so genügt auf der Ausschußseite eine Lehrung mit den unter Abschnitt 4.3 beschriebenen Ausschußlehren. Mit ihnen wird geprüft, ob das Istprofil außerhalb des unteren Grenzprofils der Welle bzw. innerhalb des oberen Grenzprofils der Nabe liegt. Die Ausschußlehren müssen als Sektorlehren ausgeführt sein, d. h. sie dürfen nur zwei gegenüberliegende Gruppen von Zähnen haben (siehe Bilder 4 und 5).

Es ist jedoch in mindestens drei verschiedenen Zahnstellungen zu prüfen. Der Prüfling ist auch dann als Ausschuß anzusehen, wenn die Ausschußlehre nur in einer Stellung mit dem Prüfling gepaart werden kann.

Ist keine Ausschußlehre verfügbar, so kann die Ausschußseite auch durch Einzelmessung geprüft werden. Dabei sollen die aus den unteren Zahndickenabmaßen A_{si} der Wellen bzw. aus den oberen Lückenweitenabmaßen A_{ee} der Naben (siehe DIN 5480 Blatt 14) sich ergebenden Prüfmaße (Bolzenmaß, Zahnweite) an keiner Stelle unterschritten werden. Wenn die Einzelmäße eines Prüflings an wenigen Stellen die Ausschußgrenzen überschreiten, eine Ausschußsektorlehre sich jedoch in keiner Stellung mit dem Prüfling paaren läßt, so ist der Prüfling nicht als Ausschuß anzusehen.

Wenn keine Ausschußlehren vorhanden sind, können zur Ausschußprüfung bei der Nabe auch Stichmaße mit Kugelfenden und bei der Welle Rachenlehren mit Kugelflächen verwendet werden. Die Kugeldurchmesser sollten dann den Rollendurchmessern D_m nach DIN 5480 Blatt 3 bis Blatt 13 entsprechen.

Bild 6. Messung über Rollen
(Teilungsabweichung f_p wird nicht erfaßt)Bild 7. Zahnweitenmessung
(Teilungsabweichung f_p wird erfaßt)

3.4. Ersatz der Gutlehrung durch Einzelmessungen

Eine einwandfreie Gutprüfung kann im allgemeinen nicht ohne Gutlehre durchgeführt werden. Wenn jedoch in manchen Fällen — insbesondere bei größeren Durchmessern — keine Gutlehren vorhanden sind, muß ersatzweise auch durch Einzelmessungen geprüft werden. Als Einzelmessungen kommen bei Zahnwellen in Frage:

Messung über Rollen und Zahnweitenmessung, entsprechend bei Zahnnaben: Messung zwischen Rollen und (für grobe Qualitäten) Lückenweitenmessung. Da diese Einzelmessungen jeweils nur wenige Stellen des Profils erfassen, können die nicht gemessenen Bestimmungsstücke Toleranzüberschreitungen aufweisen, obwohl alle gemessenen Bestimmungsstücke maßhaltig sind. Insbesondere werden bei der Messung über bzw. zwischen Bolzen keine Teilungsabweichungen (siehe Bild 6) und keine Flankenrichtungsabweichungen erfaßt.

Besseren Aufschluß über Teilungsabweichungen ergibt die Zahnweitenmessung bei Wellen (siehe Bild 7). Die Zahnweiten müssen jedoch sehr sorgfältig gemessen werden, weil die Meßflächen die Flanken sehr nahe am Kopf- oder Fuß-Nutkreis berühren können. Die Meßzähnezahlen der Tabellen in DIN 5480 Blatt 3 bis Blatt 13 sind so bestimmt, daß eine einwandfreie Messung möglich ist.

Um den Unsicherheiten der Einzelmessung, bei der Teilungs- und Profilabweichungen nicht erfaßt werden, Rechnung zu tragen, dürfen die sich aus den Abmaßen A_{ei} und A_{se} nach DIN 5480 Blatt 14 ergebenden Grenzmaße der Gutseite nicht ausgenutzt werden. Vielmehr sind für die Einzelmessung die Abmaße A_{seE} der Welle und A_{eiE} der Nabe nach DIN 5480 Blatt 14 für die Gutgrenze maßgebend. Für die Ausschußgrenze gelten dagegen bei Einzelmessung die gleichen Abmaße A_{si} und A_{ee} wie bei der Lehrung. Berechnung der Prüfmaße siehe DIN 5480 Blatt 14, Ausgabe September 1974, Tabelle 3. Es müssen an jedem Prüfling mindestens drei Messungen durchgeführt werden. Alle Istmaße müssen innerhalb der Toleranz $T_{eE} = A_{ee} - A_{eiE}$ bzw. $T_{sE} = A_{seE} - A_{si}$ liegen.

Es kann jedoch nicht in jedem Fall als gültig angesehen werden, daß die Einzeltoleranzen T_E den Gesamt toleranzen T bei Gutlehrung restlos entsprechen. Nach bisherigen Erfahrungen gilt dies in durchschnittlichen Fällen. In manchen Fällen kann T_E unnötig klein oder auch unzulässig groß gegenüber T sein. Aus diesen Gründen ist es immer ratsam, wenn irgend möglich Vollehren zur Gutprüfung der Wellen und Naben zu verwenden.

4. Lehren

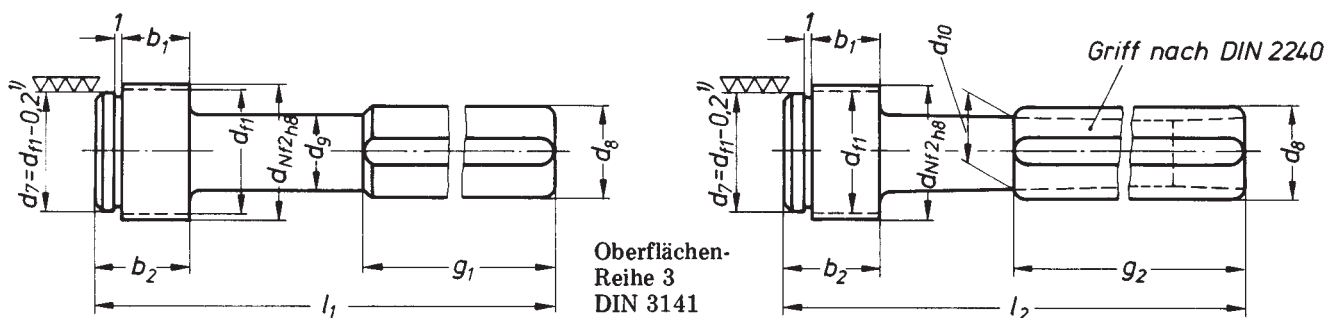
4.1. Maße der Lehrenkörper

Die äußeren Maße der Lehren gehen aus den Bildern 8 bis 12 und den Tabellen 1 bis 4 hervor. Die Lehrdorne werden in 10 verschiedene Größen eingeteilt, ihre Anwendungsbereiche sind in den Tabellen eingetragen.

Lehrdorne der Größen 1 bis 5 (Tabelle 1) werden mit festem Zapfen (Ausführung A, Bild 8a) oder mit Kegelschaft und Einsteckgriff (Ausführung B, Bild 8b) ausgeführt. Lehrdorne der Größe 6 werden mit festem Zapfen (Tabelle 1, Bild 8a) oder wie die Lehrdorngrößen 7 bis 9 mit einsteckbarem Zapfen (Tabelle 2, Bild 9 und Tabelle 3, Bild 10) ausgeführt. Lehrdorne der Größe 10 erhalten eine vergrößerte Mittenbohrung und keinen Zapfen (Bild 11).

Alle Lehrdorne erhalten auf der einen Seite einen Prüfbund. Die Lehrdorne mit Bohrung (Bild 9 und 10) erhalten auf der anderen Seite einen Schutzbund, der gleichzeitig als Zentrierbund dient und in Verlängerung der Zahnücken durchbrochen sein darf. Für den Prüfbund gelten die Rundlaufabweichungen F_r nach Tabelle 5.

Lehrringe werden mit einer Prüffläche in der Mitte der Lehringbreite nach Bild 12 ausgeführt und nach Tabelle 4 bemessen.



a) Lehrdorn mit festem Zapfen, Ausführung A
(Lehrdorngröße 1 bis 6)

b) Lehrdorn mit Kegelschaft und Einsteckgriff,
Ausführung B (Lehrdorngröße 1 bis 5)

Bild 8. Lehrdorne

Tabelle 1. Maße der Lehrdorne zu Bild 8

Lehrdorn Größe	Bezugs- durchmesser d_B	b_1		b_2		d_8	Ausführung A				Ausführung B			
		Gut	Ausschuß	Gut	Ausschuß		d_9	g_1	l_1		d_{10}	g_2	l_2	
1	bis 8	6	4	10	8	7	4	48	75	73	4	48	65	63
2	9 bis 12	8	6	12	10	9	6	50	85	83	5,5	56	76	74
3	14 bis 18	12	8	17	13	13,5	10	55	100	96	9	70	97	93
4	20 bis 28	16	10	21	15	17,5	14	60	120	114	12	80	113	107
5	30 bis 38	22	12	27	18	25	20	75	150	141	16	90	133	124
6	40 bis 48	28	14	34	20	25	22	80	150	136	—	—	—	—

1) Auf zehntel Millimeter gerundet