

Band 1

Rudolf Och

PASSVERZÄHNUNGEN QUALITÄTSSICHERUNG

*lernen
lehren
nachschnagen*



pure
perfection

FRENCO

Inhaltsverzeichnis

1. Grundlagen (war OFL 01)	9
1.1. Funktion von Zahnrädern	9
1.2. Funktion von Passverzahnungen	9
1.3. Passverzahnungen und Flankenformen	11
1.3.1. Keiflanken	11
1.3.2. Kerbflanken	12
1.3.3. Evolventenflanken	13
1.3.3.1. Flankenzentrierung	13
1.3.3.2. Durchmesserzentrierungen	14
1.3.3.3. Verschiedene Eingriffswinkel bei Flankenzentrierungen	15
1.3.3.4. Kopf- und Fußgeometrie	15
1.3.3.5. Durchmesser	16
1.4. Flankenzentrierte Passverzahnungen	16
1.4.1. Passungsspiel	16
1.4.2. Traganteil	17
1.4.3. Hüllverzahnung	17
1.4.4. Passungssystem actual-effective	19
1.4.5. Passungsschaubild	23
2. Qualitätssicherung Übersicht (war OFS 10)	27
2.1. Übersicht	27
2.1.1. Verschiedene Passverzahnungen	27
2.1.2. Wichtigste Normen	28
2.1.3. Qualitätsmerkmale	28
2.2. Maßprüfung und Passungsspiel	29
2.2.1. Passverzahnungen mit Evolventenflanken, flankenzentriert	29
2.2.2. Passverzahnungen mit Evolventenflanken, durchmesserzentriert	31
2.2.3. Passverzahnungen mit Kerbflanken (immer flankenzentriert)	32
2.2.4. Passverzahnungen mit Keiflanken (immer durchmesserzentriert)	33
2.2.5. Prüfmethode und Messgeräte für Maß und Flankenspiel	34
2.3. Formprüfung	37
2.3.1. Übersicht	37
2.3.2. Einfluss der Lage	38
2.3.3. Messmethoden und Messgeräte für die Prüfung der Form	38
2.4. Lageprüfung	40
2.5. Spezielle Kombinations-Messgeräte	41
3. Prüfung von Passverzahnungen mit Messmaschinen (war OFD13)	43
3.1. Grundsätzliches	43
3.2. Maß actual	43
3.3. Maß effective	45
3.4. Kontur (Formabweichungen)	47
3.5. Lage	48

4.	Steuerung der Qualität (war OFS01)	51
4.1.	Toleranzgrenzen	51
4.2.	Istmaße	56
4.3.	Istmaße im Toleranzschaubild	57
4.3.1.	Istmaße innerhalb der Toleranz	57
4.3.2.	Istmaße außerhalb der Toleranz	58
4.4.	Überlagerung von Einzelabweichungen.	59
4.5.	Effective Hüllverzahnung	67
4.6.	Streuung der Istmaße actual	70
5.	Prüfmethoden actual und effective (war OFS04)	77
5.1.	Prüfung des Maßes actual	77
5.1.1.	Zahnweitenmessung	77
5.1.2.	Diametrales Zweirollenmaß	77
5.1.3.	Sektorverzahnte Ausschusslehren	78
5.1.4.	Diametrales Zweikugelmaß	78
5.1.5.	Drehflankenspiel	79
5.2.	Unterschiedliche Prüfergebnisse	81
5.2.1.	Zahnweitenmessung	81
5.2.2.	Maß über / zwischen Rollen	81
5.3.	Sektorverzahnte Ausschusslehren	83
5.4.	Maß über / zwischen Kugeln	84
5.5.	Drehflankenspiel	86
5.6.	Die Statistische Toleranzgrenze STA	88
5.6.1.	Statistische Toleranzgrenze actual	88
5.7.	Prüfung des Maßes effective	93
5.7.1.	Gutlehren	93
5.7.2.	Drehflankenspielmessgeräte	93
5.7.3.	Vollverzahnte Ausschusslehren	94
5.7.4.	Prüfung der Einzelformabweichungen	94
5.8.	Unterschiedliche Prüfergebnisse	95
5.8.1.	Gutlehren	95
5.8.2.	Drehflankenspiel-Messgeräte	95
5.8.3.	Vollverzahnte Ausschusslehren	95
5.8.4.	Prüfung der Einzelformabweichungen	96

6.	Prüfgeräte actual und effective (war OFS05)	99
6.1.	Vollverzahnte Gutlehren und sektorverzahnte Ausschusslehren	99
6.2.	Messrollen und Endmaße	100
6.3.	Messrollen und Mikrometerschraube	100
6.4.	Zahnweiten-Mikrometerschraube	100
6.5.	Verzahnungs-Messgeräte zum Auspendeln	101
6.6.	Messgeräte mit Plananschlag	102
6.7.	Drehflankenspiel-Messgeräte sektorverzahnt	103
6.8.	Drehflankenspiel-Messgeräte, vollverzahnt	104
6.9.	Zweipunktmessgeräte mit Führungsverzahnung 1x1	105
6.10.	Mehrpunktmessgeräte mit Führungsverzahnung nx2	106
6.11.	Mehrpunkt-Messgeräte mit Führungsverzahnung nx2 dynamisch	107
6.12.	Automatisierung von Mehrpunktmessgeräten	108
6.13.	Rotations-Messgeräte	109
7.	Effectives Passungsspiel (war OFS03)	110
8.	Toleranzgrenzen des effektiven Drehflankenspieles (war OFS18)	117
8.1.	Standardmethode für Tolerierung	117
8.2.	Tolerierungsmethode 'Alternative A'	120
8.3.	Toleranzierungsmethode 'Alternative B'	125
9.	Gegenlehrdorne für Gutlehringe (war OFD03)	127
9.1.	Funktion	127
9.2.	Prüfung von Lehringen im Neuzustand	128
9.2.1.	Einfluss von Profilform und Flankenlinie	128
9.2.2.	Einfluss der Teilungsabweichung	130
9.2.3.	Streuung bei Lehringen	131
9.2.4.	Streuung bei Gegenlehrdornen	132
9.3.	Verschleißprüfung von Lehringen	133
10.	Schrägverzahnte Passverzahnungen (war OFS14)	137
10.1.	Passverzahnungsdaten mit Schrägungswinkel	144
10.2.	Qualitätsprüfung	146
10.3.	Lehrenberechnungen für Prüflinge mit Schrägungswinkel	148
	Abbildungsverzeichnis	151
	Literaturverzeichnis	154

1. Grundlagen (war OFL 01)

Die Technik benötigt viele Arten von unterschiedlichen Verzahnungen. Obwohl die Herstellung von verzahnten Bauteilen teuer ist und sie direkt dem Verschleiß unterworfen sind, werden sie nur schwer ersetzbar. Getriebe mit Zahnrädern werden aus zwei sehr einfachen Gründen benötigt:

- a) Motoren haben ein ungünstiges Verhältnis Drehmoment zu Drehzahl.
- b) Einbauverhältnisse lassen sich konstruktiv nicht beliebig variieren.

Durch die zunehmende Anzahl von motorisch angetriebenen Bewegungen wird die Verwendung von Verzahnungen nicht geringer, sondern eher mehr.

Grundsätzlich gibt es zwei verschiedene gängige Arten von Verzahnungen: Zahnräder und Passverzahnungen.

1.1. Funktion von Zahnrädern

Zahnräder übertragen Drehmomente immer von einer Achse auf eine andere. Dies wird durch direkten oder indirekten Kontakt durch Ketten oder Zahnriemen erreicht. Meistens wird gleichzeitig eine Drehzahlveränderung durchgeführt. Beispiele sind Stirnräder, Kegelräder, Schneckenräder, Kettenräder und auch Zahnriemenräder.

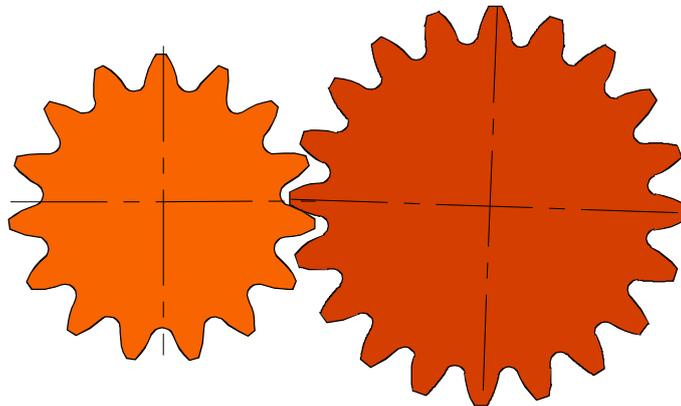


Bild 1: Stirradpaar

Über alle diese verschiedenen Formen von Zahnrädern gibt es Normen, Literatur, Vorlesungen in Universitäten, Seminare, Softwarepakete und Spezialisten.

Wenig Informationen gibt es dagegen bei Passverzahnungen. Deshalb werden hier speziell Passverzahnungen vertiefend betrachtet.

1.2. Funktion von Passverzahnungen

Anders als die Zahnräder werden Passverzahnungen ausschließlich für die Übertragung von Drehmomenten in gleicher Achse eingesetzt. Für die Notwendigkeit von Passverzahnungen gibt es wie bei Getrieben wieder grundsätzlich nur zwei Gründe:

- a) Das getriebene Teil muss sich auf dem treibenden verschieben lassen.
- b) Bedingt durch Herstellung oder Montage müssen Bauteile mit Drehmomentübertragung getrennt werden.

Der Fall a) tritt bei Schaltgetrieben und Kupplungen ein.

Die Notwendigkeit b) ergibt sich bei Antrieben oder zum Beispiel bei Lenkungen.

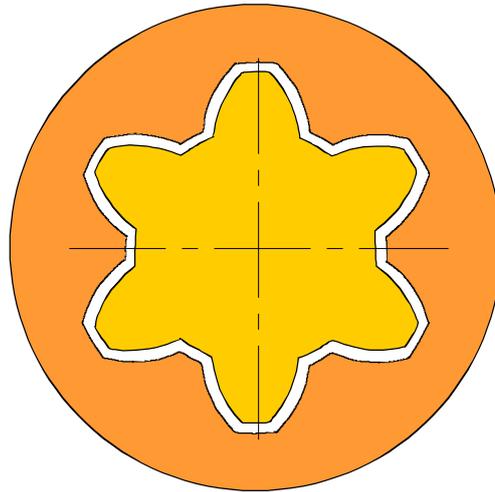


Bild 2: Verzahnungspaar

Die Hauptanforderung liegt bei Passverzahnungen in der sicheren Drehmomentsübertragung. Zusätzlich werden wenig Spiel, gute Zentrierung, geringes Geräusch, kleiner Verschleiß und meist wenig Axialkräfte gewünscht. Diese Forderungen sind zusammengenommen sehr hoch und meist ergibt sich daraus eine geometrische Überbestimmung.

Je nach Einsatzart sind die Anforderungen und Auslegungen verschieden. Dementsprechend finden sich viele Namen für diese formschlüssigen Verbindungen:

- Steckverzahnung
- Kupplungsverzahnung
- Keilverzahnungen
- Keilwellen und Keilnaben
- Schiebepprofile
- Kurzverzahnungen
- Kerbzahnwellen und - Naben

Die Bezeichnung Passverzahnung dient als Oberbegriff für alle ineinander steckbaren Profile obiger Typen. Ausgenommen davon sind die Stirnverzahnungen, die in mancher Hinsicht ähnliche Funktion besitzen, aber ganz getrennt von Passverzahnungen gesehen werden müssen. Auch sie übertragen Drehmomente auf einer Achse, sind aber nicht einfach steckbar, sondern benötigen eine zusätzliche axiale Presskraft.

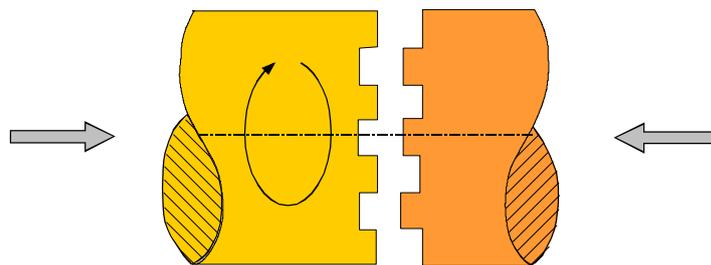


Bild 3: Planverzahnungspaar