



DEUTSCHER SCHRAUBENVERBAND E.V.
HERSTELLER MECHANISCHER VERBINDUNGSELEMENTE

DSV - Information

**Toleranzen von Verbindungselementen
DIN EN ISO 4759-1**

Stand: Januar 2006

Danksagung

Der Deutsche Schraubenverband e.V. bedankt sich bei folgenden Damen und Herren für die intensive Arbeit zur Erstellung der Richtlinie und bei den jeweiligen Unternehmen für die Unterstützung:

Ejot Tambach GmbH, Tambach	Huhn, Stefan, Dipl.-Ing.
Fastenrath Befestigungstechnik GmbH, Plettenberg	Schulte, Marc, Dipl.-Ing.
Finnveden Bulten GmbH, Bergkamen	Stähler, Michael, Dipl.-Ing.
August Friedberg GmbH, Gelsenkirchen	Hasselmann, Uwe., Dr.-Ing. Röder, Agnes (redaktionelle Überarbeitung) Weckerlei, Dieter
Prinz Verbindungselemente GmbH, Plettenberg	Reichelt, Michael
Sächsische Schraubenwerke GmbH, Chemnitz	Wolf, Gregor, Dipl.-Ing.
Wilhelm Schumacher GmbH, Hilchenbach	Heles, Dirk, Dipl.-Ing. (FH)

Inhaltsverzeichnis

		Seite
0.	Zielstellung <i>Uwe Hasselmann</i>	3
1.	Form- und Lagetoleranzen <i>Stefan Huhn</i>	4
1.1	Maximum – Material Bedingung	4
1.2	Theoretisch genaues Maß	5
1.3	Positionstoleranz	5
1.4	Geradheitstoleranz	6
1.5	Lafttoleranzen	7
2.	Allgemeine Schraubentoleranzen <i>Michael Stähler</i>	9
2.1	Maßtoleranzen	9
2.1.1	Schematische Darstellung der Lage von Grundabmaßen	9
2.1.2	Gewindebemaßung	11
2.1.3	Bemaßung von Sechskanten	12
2.1.3.1	Antriebshöhen (k_W) bei Sechskantschrauben	12
2.1.3.2	Antriebshöhen (k_W) bei Sechskantschrauben mit Flansch	12
2.1.4	Prüfverfahren zur Ermittlung der Antriebshöhe bei Sechskanten	13
2.1.5	Kopfhöhen von Senkkopfschrauben	13
2.1.6	Durchmesser der Auflagefläche und Höhe des Telleransatzes	14
3.	Form und Positionstoleranzen von Antrieben <i>Gregor Wolf</i>	15
3.1	Allgemeine Festlegungen	15
3.2	Formtoleranz von Antrieben	15
3.2.1	Bedeutung der Formtoleranzen von Antrieben	15
3.2.2	Tolerierung der Formtoleranzen von Antrieben	16
3.2.3	Prüfung der Formtoleranzen von Antrieben	16
3.3	Positionstoleranzen von Antrieben	17
3.3.1	Bedeutung der Positionstoleranzen von Antrieben	17
3.3.2	Allgemeine Festlegungen zu Positionstoleranzen von Antrieben	17
3.3.3	Tolerierung der Positionstoleranzen von Antrieben	18
3.3.4	Prüfung der Positionstoleranzen von Antrieben	20
3.4	Zusammenfassung	22

4.	Positionstoleranzen für metrische Schrauben und Blechschrauben	23
	<i>Michael Reichelt</i>	
	(DIN EN ISO 4759-1:2000 Kapitel 3 und Kapitel 5)	
4.1	Zweck	23
4.2	Anwendungshinweis zur DIN EN ISO 4759-1	23
4.3	Positionstoleranz Kopf	24
4.4	Positionstoleranz einer Bohrung	26
4.5	Positionstoleranzen Zapfen	28
4.6	Positionstoleranz Schaft zum Gewinde	30
4.7	Positionstoleranz Schaft zum Gewinde (Gewindebolzen)	32
5.	Lauf-/Gesamtplanlauftoleranzen und Geradheit	34
	<i>Dirk Heles</i>	
5.1	Anwendungshinweise zu Lauf-/Gesamtplanlauftoleranz	34
5.1.1	Rundlauftoleranz	34
5.1.2	Gesamtplanlauftoleranz	34
5.2	Vergleich normgerechte Messverfahren mit alternativen Messverfahren	35
5.2.1	Allgemeine Anwendungshinweise	35
5.2.2	Beispiel Rundlaufprüfung	35
5.2.2.1	Aufnahme am Gewindeaußen \varnothing mit Dreibackenfutter	36
5.2.2.2	Aufnahme am Gewindeaußen \varnothing mit Dreirollengerät	37
5.2.2.3	Aufnahme am Gewindeaußen \varnothing mit einer dreigeteilten Spannzange	38
5.2.2.4	Auswertung und Beurteilung	39
5.2.3	Beispiel Geradheitsprüfung	40
5.2.3.1	Geradheitsprüfung mit Lehre	40
5.2.3.2	Geradheitsprüfung mit Zweirollengerät	41
5.2.3.3	Auswertung und Beurteilung	41
6.	Anwendung und Prüfung von Form und Lagetoleranzen an Muttern	42
	(DIN EN ISO 4759-1:2000 Kapitel 4)	
	<i>Dieter Weckerlei, Marc Schulte,</i>	
6.1	Allgemein	42
6.2	Anwendungshinweise zur Anwendung der DIN EN ISO 4759-1	42
6.3	Formtoleranz Antriebsmerkmale und Lehre	43
6.4	Positionstoleranz Mutternsechskant zum Gewinde	44
6.5	Positionstoleranz Mutternbund zum Gewinde	48
6.6	Positionstoleranz Nut an Kronenmuttern zum Gewinde	51
6.7	Gesamtplanlauftoleranzen an Muttern (Auflageflächen)	52
7.	Literatur	54
8.	Anlagen	55

0. Zielstellung

Uwe Hasselmann

Im April des Jahres 2001 erschien die derzeit aktuelle Neuauflage der DIN EN ISO 4759-1, die Toleranzen für Schrauben und Muttern der Produktklassen A, B und C beschreibt. Diese Norm wurde als internationale Norm (ISO) im ISO TC 2 in Zusammenarbeit mit dem europäischen Komitee CEN TC 185 erarbeitet, und danach in das europäische und deutsche Normenwerk übernommen.

Gegenüber der Vorgängerausgabe mit dem Ausgabedatum Mai 1980 wurden umfangreiche Änderungen vorgenommen, die bei Herstellern und Anwendern von Verbindungselementen zu Verunsicherung führten, da sie teilweise schwer verständlich waren.

Zu Beginn des Jahres 2002 schloss sich im Unterausschuss „Werkstoff- und Qualitätsanforderungen“ des Deutschen Schraubenverbandes e.V. in Hagen eine Arbeitsgruppe zusammen, die sich die Aufgabe stellte, eine entsprechende Schulungs- und Anwendungskompetenz für Hersteller und Anwender dieser Norm zu entwickeln und die Erkenntnisse dann in einer Richtlinie zur DIN EN ISO 4759-1 zu dokumentieren.

Die vorliegende Richtlinie fasst die Erkenntnisse und Hinweise der Experten dieser Arbeitsgruppe zusammen. Wir hoffen, dass damit einer sachgerechten Nutzung dieser Norm Vorschub geleistet wird. Die DSV-Richtlinie steht auf der Homepage des Deutschen Schraubenverbandes (www.schraubenverband.de) als Download im PDF-Format zur Verfügung.

Gelsenkirchen, im August 2005

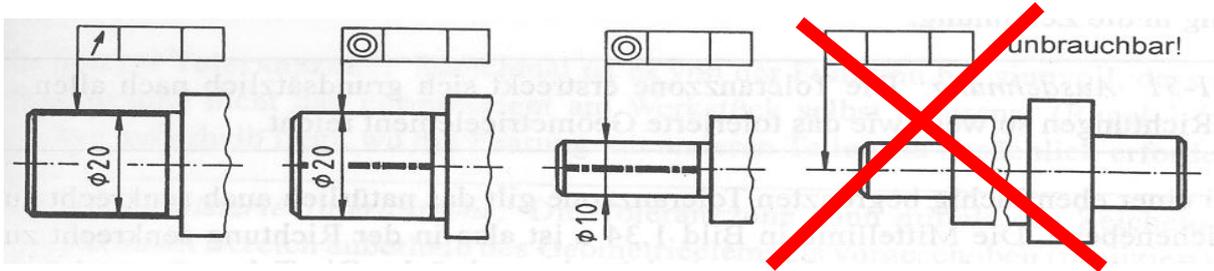
1. Form- und Lagetoleranzen

Stefan Huhn

Die Form- oder Lagetoleranz eines Geometrie-/Formelements definiert die Zone (Toleranzzone), innerhalb der dieses Element liegen muss.

Unterschieden werden:

- wirkliche Elemente (z.B. Mantelflächen, Ebenen, Kanten, Ecken, Spitzen, Ebenen) – Toleranzpfeil senkrecht auf dem toleriertem Geometrieelement
- abgeleitete Elemente (z.B. Mittelebenen, Achsen, Mittelpunkte) - Toleranzpfeil steht mind. 4mm vom entsprechenden Maßpfeil entfernt (z.B. Lauf toleranz)



1.1 Maximum-Material Bedingung

Die Maximum-Material-Bedingung findet Anwendung bei Spielpassungen. Mit Anwendung der Maximum-Material Bedingung kann der Fertigung eine größere Toleranz erlaubt werden, wobei die Funktion des Bauteils gewährleistet ist.

Anwendung:

- zunächst gilt die angegebene Toleranz (z.B. Positionstoleranz)
- diese Toleranz gilt aber nur, wenn ein Maximum an Material vorliegt (Bohrung: Kleinstmaß, Bolzen Größtmaß)
- die erlaubte Toleranz erhöht sich um den Betrag, der zum Maximum-Material-Maß fehlt
- gilt die Maximum-Material Bedingung, so ist die entsprechende Toleranz mit einem eingekreisten M gekennzeichnet, Zeichnung:



1.2 theoretisch genaues Maß

Ein theoretisch genaues Maß ist ein Bezugsmaß, von dem aus Grenzabmaße bzw. ein Toleranzfeld festgelegt werden. Es hat die Bedeutung eines Nennmaßes, welches keine Abweichungen kennt. Um es als solches zu kennzeichnen, wird es in einen rechteckigen Rahmen gesetzt.

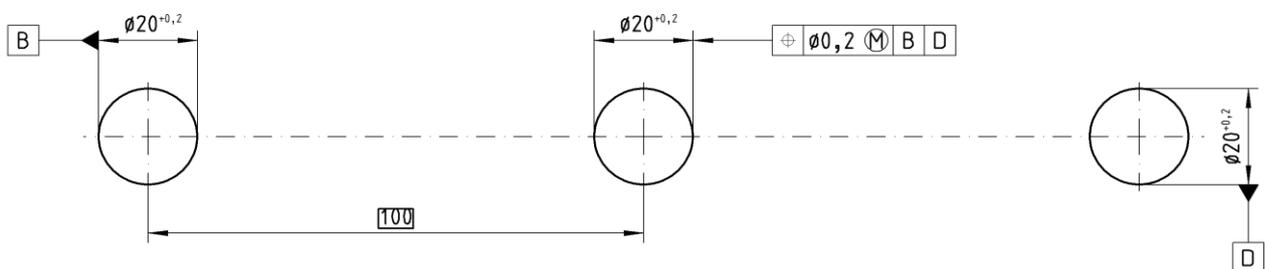
1.3 Positionstoleranzen

Die Positionstolerierung gehört zu den Lagetoleranzen und begrenzt den Ort eines tolerierten Elements. Die Positionsabweichung ist daher die größte Abweichung zwischen wirklicher Lage und Nennlage (theoretisch genaues Maß) eines Elements.

Die Tolerierung mit Positionstoleranzen dient häufig zur Berücksichtigung von Montageschwierigkeiten. Für die Prüfung werden daher oftmals Funktionslehren (Gutlehren) herangezogen – siehe auch EN ISO 4759 Anhang C. Vor- und Nachteile einer Lehre sind dabei zu beachten.

Beispiel:

- die Lage der Achse darf um den festgelegten Ort schwanken (hier: innerhalb eines Kreises von 0,2 mm Durchmesser um den theoretisch genauen Ort)
- ausgerichtet wird über die Bezüge B und D, erste Stelle kennzeichnet primären Bezug (hiernach wird zuerst ausgerichtet), erst danach sekundäre Bezüge heranschieben,
- Bezüge, die ein Bezugssystem bilden, stehen dabei immer in exakten Winkel zueinander
- die Soll-Position wird durch theoretische Maße angegeben (100), zum Ermitteln der Positionsabweichung vergleicht man Soll - Position und Ist - Position
- Max.-Materialbedingung: Die Positionstoleranz von $\varnothing 0,2\text{mm}$ gilt dann, wenn die Bohrung $\varnothing 20,0\text{mm}$ am Max.-Material-Maß (d.h. $20,0\text{mm}$) liegt, diese Toleranz erhöht sich um den Betrag, der zum Max.-Material-Maß fehlt (d.h.: wenn Bohrung Ist: $\varnothing 20,2\text{mm}$ dann Positionstoleranz $\varnothing 0,4\text{mm}$)



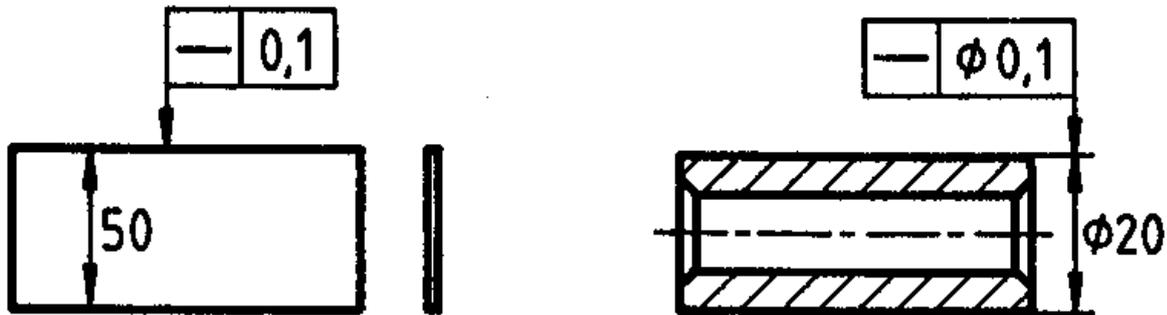
1.4 Geradheitstoleranzen

Eine Geradheitstoleranz sorgt dafür, dass ein Geometrieelement, das geometrisch ideal eine gerade Linie darstellt, bei der Ausführung am Werkstück eine bestimmte Geradheitsabweichung nicht überschreitet.

Anwendungsfälle:

wirkliche Gerade
(z.B. Kante)

abgeleitete Gerade
(Achse des Außenmantels)



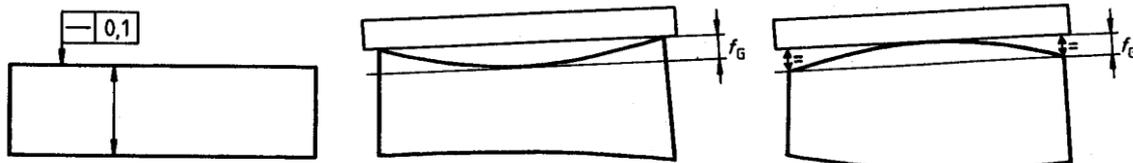
Prüfung wirkliche Gerade:

Geradheitsabweichung: ist der kleinste Abstand zwischen 2 geraden Linien, die das tolerierte Element (reale Kante) gerade noch einschließt, d.h. das die anliegende Gerade (Lineal) so auszurichten ist, dass die Abweichung ein Minimum wird (Minimumbedingung)

Beispiel:

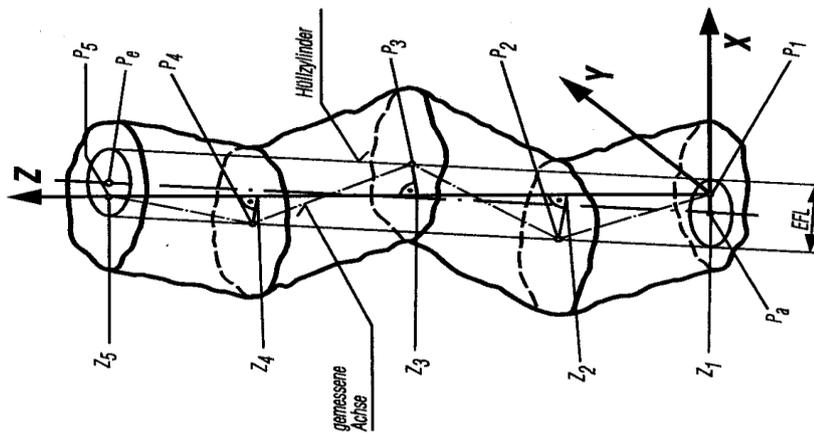
Zeichnung:

Prüfung:



Geradheitsabweichungen (abgeleitete Gerade)

Die Geradheitsabweichung (abgeleitete Gerade) ist der Durchmesser des kleinsten umschreibbaren Zylinders (Hüllzylinder) um die wirkliche Achse. Dabei ist die wirkliche Achse einer Rotationsfläche (Mantelfläche) der geometrische Ort der Mittelpunkte der Referenzkreise von Radialschnitten.

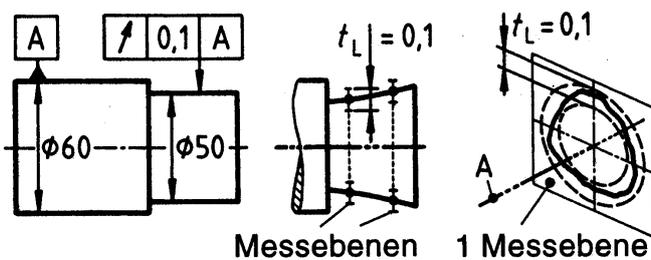


1.5 Lauftoleranzen

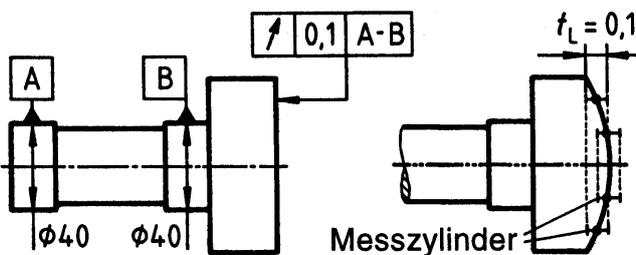
Lauftoleranzen haben eine Achse als Bezug. Zur Messung rotiert das Werkstück um diese Achse, während eine Messuhr / Feinzeiger senkrecht auf die zu prüfende Fläche aufgesetzt wird (Abw. = max. Ausschlag – min. Ausschlag). Lauftoleranzen schränken meist mehrere funktionswichtige Toleranzarten gemeinsam ein (z.B. Kreisformabweichungen, Winkelabweichungen, Maßabweichungen und Oberflächenfehler).

Gepprüft werden immer wirkliche Elemente mit Kreisquerschnitt (Zylinder-, Kegelflächen) oder Planflächen (stirnseitige Flächen). Man unterscheidet die Toleranzarten „einfachen Lauf“ und „Gesamtlauf“.

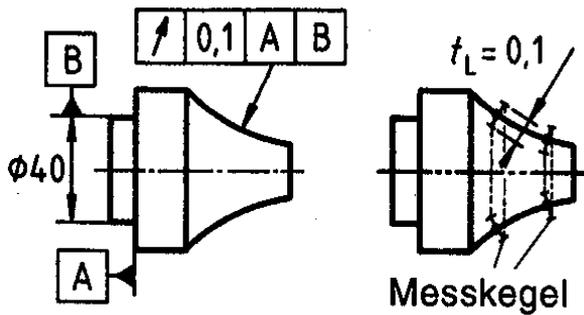
Einfacher Lauf - Prüfung an einzelnen Stellen beliebig über das tolerierte Element verteilt, die größte Einzelabweichung wird mit der Toleranz verglichen:



Rundlauf

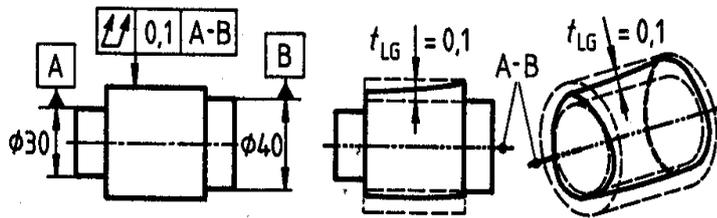


Planlauf

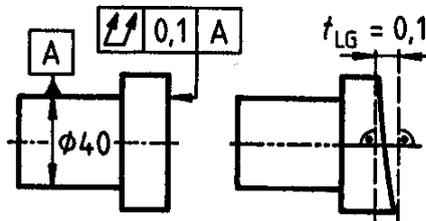


Laufabweichung in beliebiger oder festgelegter Richtung

Gesamtlauf - Prüfung über die gesamte tolerierte Fläche, bei mehreren Umdrehungen des Teils um die Bezugsachse; die Differenz der Messanzeige darf nicht größer sein als die Gesamtlauftoleranz:



Gesamtrundlauf



Gesamtplanlauf - die zugehörige Toleranzzone ist identisch mit der Rechtwinkligkeit (bei gleicher Bezugsachse)

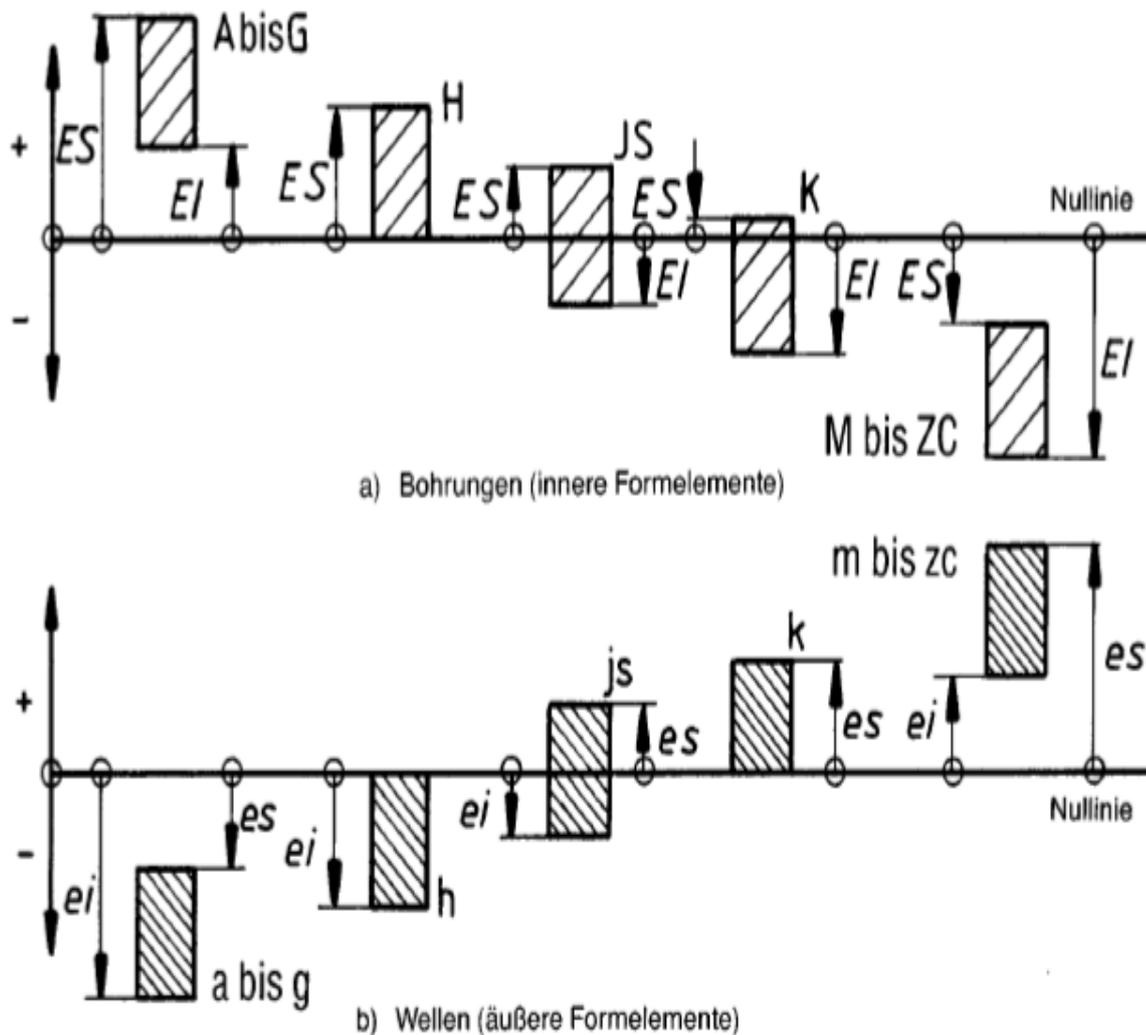
2. Allgemeine Schraubentoleranzen

Michael Stähler

2.1 Maßtoleranzen

2.1.1 Schematische Darstellung der Lage von Grundabmaßen

Basis für die Maßtoleranzen ist die DIN ISO 282 mit ihrem System, das die Größe des Toleranzfeldes mit Zahlen (in Abhängigkeit vom Nennmaß) und die Lage zur Nulllinie mit Buchstaben beschreibt.

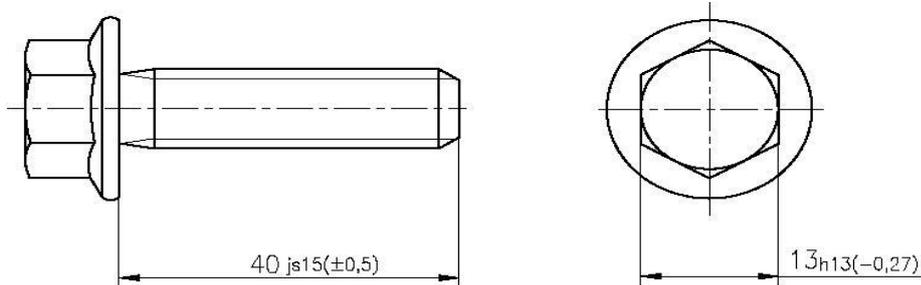


Als Beispiel die Zahlenwerte der für Schrauben üblichen Grundtoleranzen für Nennmaße bis 120 mm.

Nennmaß		Toleranzreihe	
>	≤	IT12	IT13
	3	0,1	0,14
3	6	0,12	0,18
6	10	0,15	0,22
10	18	0,18	0,27
18	30	0,21	0,33
30	50	0,25	0,39
50	80	0,3	0,46
80	120	0,35	0,54

An der Schraube stellt es sich dann wie folgt dar:

Als Beispiel hier die Bemaßung der Gesamtlänge und der Schlüsselweite:

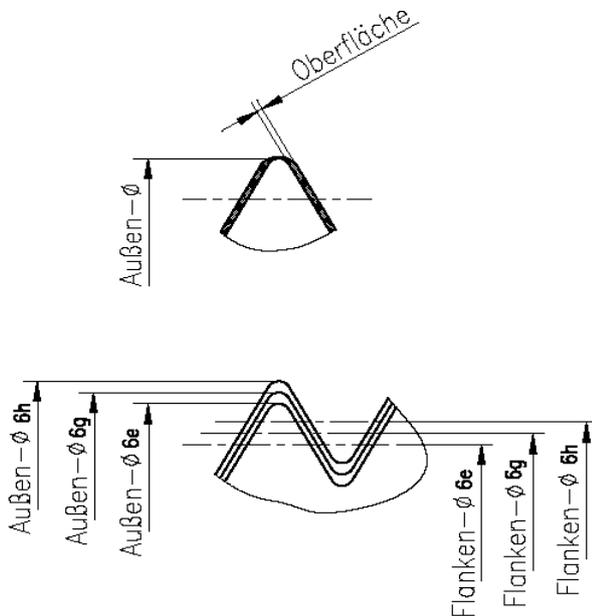


Nennmaß		Toleranzreihe
>	≤	js15
	3	± 0,20
3	6	± 0,24
6	10	± 0,29
10	18	± 0,35
18	30	± 0,42
30	50	± 0,50

Nennmaß		Grenzabmaß
>	≤	h13
	3	-0,14
3	6	-0,18
6	10	-0,22
10	18	-0,27

2.1.2 Gewindebemaßung

Die Bemaßung der Gewinde erfolgt nach einem ähnlichen Verfahren, die Abmaße hierzu jedoch sind in der DIN ISO 965 zu finden, zu beachten sind die unterschiedlichen Abmaße abhängig von der Schichtdicke der Oberflächebeschichtung siehe auch DIN EN ISO 4042.



Beispiel:

Gewindemaße für M10 6g

Außen-Ø 9,732 bis 9,968

Flanken-Ø 8,862 bis 8,994

Kern-Ø 7,938 bis 8,128

Bitte beachten:

Im Schiedsfall gilt die Lehrgung der Gewinde (nicht messend).

Schlagstellen nach DIN EN 26157-3

$d^3 \times 0,001$ Nm, Aufschraubmoment über 3 Gewindegänge.

Meßmittel vor Ort als Beispiel:

- Gut-Lehrring
- Ausschuß-Lehrring
- Bügelmeßschraube
- Rollensystem
 - Kordataster
 - Universal-Punch
- Konturmessgerät
- 3 Faden-Methode
- Messmaschine
- Profilprojektor

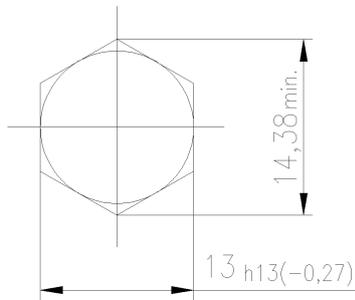
2.1.3 Bemaßung von Sechskanten

Formel zur Berechnung des Eckenmaßes für Schrauben mit Außensechskantantrieb:

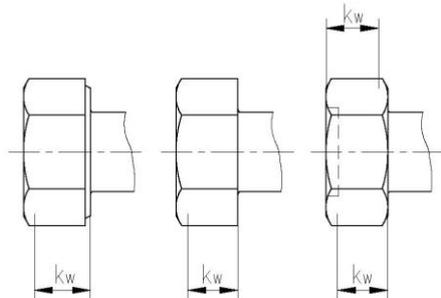
Sechskantschraube
 $e_{\min} = 1,13 s_{\min}$

Sechskantschraube mit Flansch
 $e_{\min} = 1,12 s_{\min}$

Beispiel: Sechskantkopf mit Schlüsselweite 13



2.1.3.1 Antriebshöhen (k_w) bei Sechskantschrauben



k_w legt die Länge fest über die e_{\min} gilt, wobei jedoch Fasen, Telleransätze oder Radien, die in den jeweiligen Produktnormen festgelegt sind, nicht berücksichtigt werden.

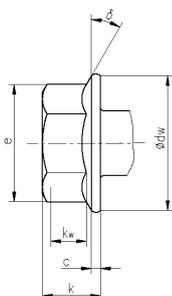
$$k_{w\min} = 0,7 k_{\min} \text{ (Gesamtkopfhöhe)}$$

2.1.3.2 Antriebshöhen k_w bei Sechskantschrauben mit Flansch

Das Symbol k_w ersetzt das frühere Symbol k'

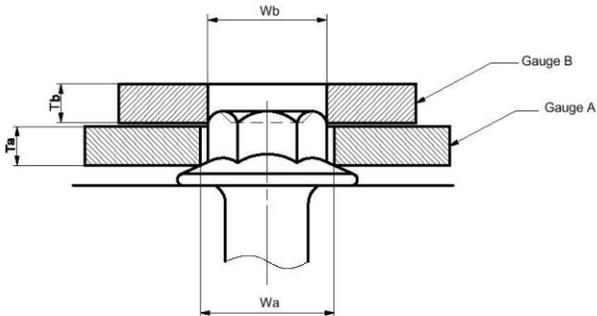
x ist $c_{\min} \times 1,25$ oder $c_{\min} + 0,4$ wobei der größere Wert gilt.

$$k_{w\min} = 0,7 \times [(k_{\max} - IT15) - (x + (d_{w\min} - e_{\min})/2 \times \tan\delta_{\max})]$$



2.1.4 Prüfverfahren zur Ermittlung der Antriebshöhe bei Sechskanten

- Profilprojektor
- Meßschieber
- Lehrringe
- Konturograph
- Messuhr
- Messmaschine

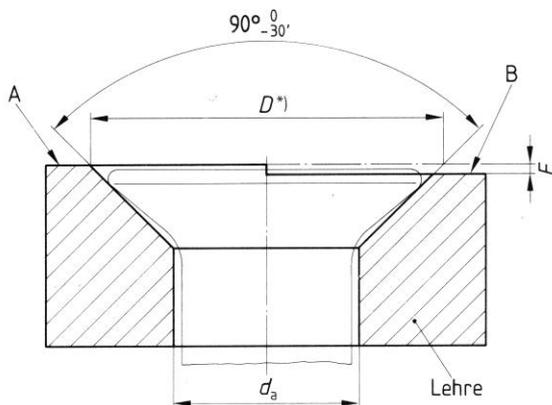


Beispiel: Volvo-System Lehrringe

$$\begin{aligned} \text{SW 13: } T_{a_{\max}} &= 4,3 & W_{a_{\max}} &= 15 \\ T_{b_{\min}} &= 4 & W_{b_{\max}} &= 14,25 \end{aligned}$$

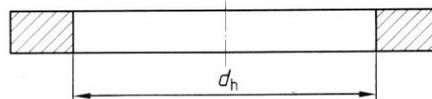
2.1.5 Kopfhöhen von Senkkopfschrauben

Stufenlehre



Ringlehre

Ausschußlehre für
 d_k min. tatsächlich



Die Oberfläche des Senkkopfes muß in der Lehre zwischen den Flächen A und B liegen.

Gewinde		M10
D	max.	20
	min.	19,95
Da	max.	10,62
	min.	10,52
F	max.	0,4
	min.	0,39
dh	max.	17,78
	min.	17,8

Bei Senkschrauben gehört eine erhabene Signierung zur Kopfhöhe; sollte man aber generell bei allen Schraubenköpfen berücksichtigen (evtl. Verbauprobleme - Zuführschienen)

2.1.6 Durchmesser der Auflagefläche und Höhe des Telleransatzes

Der Kantenabfall des Tellers wird mit den eingerahmten 0,1 mm berücksichtigt, so dass auf dem Profilprojektor erst dort zu messen ist.

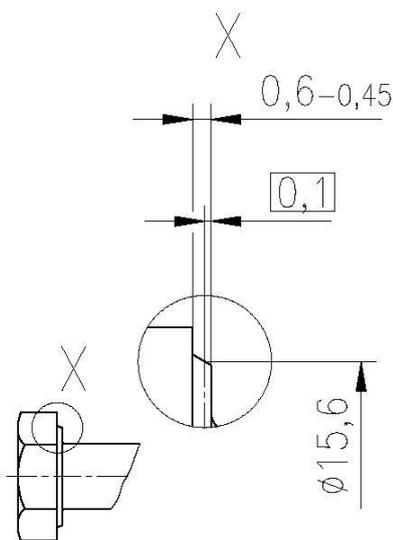
Für die Auflagefläche gilt:

$$d_w \min = s_{\min} - IT 16 \quad \text{für Schlüsselweiten} < 21 \text{ mm}$$

$$d_w \min = 0,95 s_{\min} \quad \text{für Schlüsselweiten} \geq 21 \text{ mm}$$

$$d_w \max = s_{\text{effektiv}}$$

Die Höhe des Telleransatzes C ist aus der Tabelle zu entnehmen.



Die Höhe des Telleransatzes C ist aus der Tabelle zu entnehmen.

Gewinde	C	
	min.	max
≤ 1,6 bis 2,5	0,10	0,25
> 2,5 bis 4	0,15	0,40
> 4 bis 6	0,15	0,50
> 6 bis 14	0,15	0,60
> 14 bis 36	0,20	0,80
> 36	0,30	1,0

Bitte beachten:

Im Allgemeinen gelten die jeweiligen Produktnormen vor der DIN EN ISO 4759.

Bitte einer Kundenzeichnung mit Angabe von Allgemeintoleranzen ist eine Gegenzeichnung (Vorschlagszeichnung) nach DIN EN ISO 4759 ratsam.

3. Form und Positionstoleranzen von Antrieben

Gregor Wolf

3.1 Allgemeine Festlegungen

Bei der Betrachtung der Form- und Positionstoleranzen innerhalb dieser Norm gelten einige grundsätzliche Festlegungen, die beachtet werden müssen. Diese Festlegungen sind nachfolgend aufgeführt.

Die festgelegten Toleranzen sind in Übereinstimmung mit den Normen ISO 1101 und ISO 2692 unabhängig vom Herstell-, Mess- oder Prüfverfahren. Die Norm unterbreitet jedoch Vorschläge, wie die festgelegten Form- und Positionstoleranzen geprüft werden können.

Die Koaxialitätsabweichung des Gewindeaußendurchmessers zur Achse des Gewindeflankendurchmessers kann vernachlässigt werden. Wenn die Achse des Gewindeflankendurchmessers als Bezug angegeben ist bedeutet das, dass bei gerollten Gewinden die Achse des Außendurchmessers als Bezugsmaß verwendet werden kann.

Bei Angabe der Gewindeachse als Bezugsmaß bedeutet die Angabe MD nach ISO 1101, dass die Achse des Gewindeaußendurchmessers gemeint ist.

Grundsätzlich gilt das Maximum-Material-Bedingung nach ISO 2692. Dieses Prinzip bedeutet, dass Form- und Lagetoleranzen in Abhängigkeit von der Ausnutzung der mit diesen Toleranzen verbundenen Maßtoleranzen vergrößert werden darf, ohne dass die Fügbarkeit von Bauteil und Gegenstück beeinträchtigt wird.

3.2 Formtoleranzen von Antrieben

3.2.1 Bedeutung der Formtoleranzen von Antrieben

Die Formabweichung stellt den größten Abstand zwischen dem realen und dem anliegenden Element, rechtwinklig bzw. radial zum anliegenden Element, dar. Dabei geht die Oberflächenwelligkeit in die Formabweichung ein und die Rauheit wird eliminiert. Die Angabe der Formtoleranz sorgt dafür, dass das tolerierte Element von der gedachten Idealform nur innerhalb spezifizierter Grenzen abweichen darf.

In der Norm DIN EN ISO 4759-1 werden hinsichtlich der Formtoleranzen von Antrieben drei Antriebsarten unterschieden:

- Außensechskant
- Außenvierkant
- Innensechskant

3.2.2 Tolerierung der Formtoleranzen von Antrieben

Die Tolerierung der Formtoleranzen von Antrieben erfolgt für alle drei Antriebsarten nach dem gleichen Prinzip. Sie wird in dieser Anwendungsrichtlinie am Beispiel des Außensechskants erklärt.

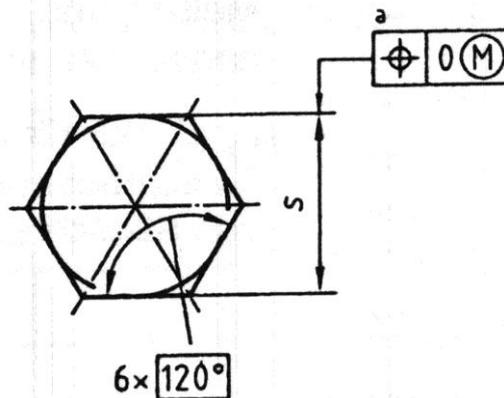


Bild 1: Formabweichung Außensechskant

Die Toleranzangabe erfolgt auf den Maßpfeil der Schlüsselweite. Damit ist die Mittellinie zwischen den beiden Schlüsselflächen das tolerierte Element. Die Toleranzangabe enthält in der Norm den Zusatzvermerk a „3 x gleichzeitig“. Die Winkelangabe 120° ist ein theoretisches Maß. Die Toleranzangabe $t = 0$ gilt bei Einhaltung des Maximum-Material-Prinzips.

Das bedeutet, wenn die SW am Maximum-Material-Maß liegt ist eine Abweichung von der Gesamtfläche nicht zulässig. Eine Abweichung von der idealen Mittellinie ist ebenfalls nicht zulässig. Das tolerierte Formelement muss sich innerhalb der durch die Toleranzangabe der Schlüsselweite zulässigen Maximalgrenze befinden.

3.2.3 Prüfung der Formtoleranzen von Antrieben

Die Prüfung der Einhaltung der Formtoleranzen entsprechend dieser Norm erfolgt grundsätzlich mit einer Gutlehre. Diese Lehre ist so gestaltet, dass das formideale Gegenstück (z.B. Innensechskant bei einem Außensechskant-Antrieb) realisiert wird. Dabei gilt für die Schlüsselweite das Maximum-Materialmaß, d.h. dass die Schlüsselweite in allen drei Ausrichtungen der Toleranzobergrenze entspricht.

In der Norm sind ausschließlich die Lehren für den Außensechskant, den Außenvierkant und den Innensechskant dargestellt. Weitere Kraftangriffsformen sind nicht berücksichtigt. In der Praxis könne für andere Antriebsformen (z.B. Außensechsrund) die entsprechenden Lehren, die der Markt hergibt eingesetzt werden. Das Gleiche gilt für die hier definierten Formtoleranzen (z.B. Lehdorn für Innensechskant).

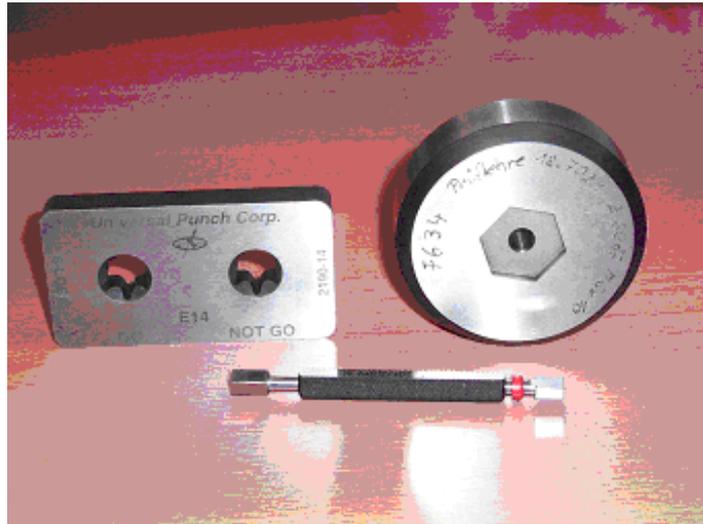


Bild 2: Prüflehren Formabweichung von Antrieben

3.3 Positionstoleranzen von Antrieben

3.3.1 Bedeutung der Positionstoleranzen von Antrieben

Die Positionsabweichung stellt den größten Abstand zwischen der realen Lage eines betrachteten Elements zu seiner Nennlage dar. Häufig wird die Lage von Achsen oder Mittelebenen zu ihrer Nennlage toleriert.

Die Tolerierung der Position ist eine der wichtigsten aber auch vielfältigsten Lage-toleranzen. Diese Toleranz begrenzt den Ort des tolerierten Elements in Relation zum Bezug bzw. Bezugssystem. Sie ist damit verwandt mit der Maßtolerierung, vor allem mit der Abstandstolerierung.

In der Norm DIN EN ISO 4759-1 sind die Positionstoleranzen der folgenden Antriebe dargestellt:

- Außensechskant (Normal und Flansch)
- Innensechskant (Zylinder-, Pilzkopf-, Senkkopf-, Stiftschraube)
- Schlitz (Außensechskant-, Zylinder-, Senkkopf-, Stiftschraube)
- Kreuzschlitz (Pilzkopf-, Senkkopfschraube)

3.3.2 Allgemeine Festlegungen zu Positionstoleranzen von Antrieben

Das Bezugselement A ist so nahe wie möglich an den Kopf des Verbindungselementes zu legen. Dabei gilt, dass es nicht weiter als $0,5d$ bei Regelgewinde bzw. $1P$ bei Blechgewinde vom Kopf entfernt sein darf. Das Bezugselement muss hierbei entweder vollständig Schaft oder vollständig Gewinde sein. Es darf weder den Gewindeauslauf noch den Unterkopfradius einschließen.

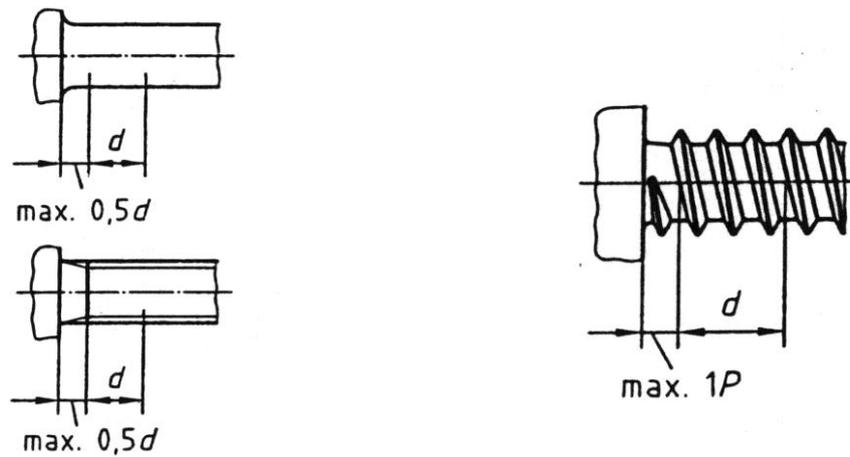


Bild 3: Abstand Bezugselement zu Kopf

3.3.3 Tolerierung der Positionstoleranzen von Antrieben

Die Tolerierung der Position von Antrieben wird hier am Beispiel der Außensechskantschraube mit Regelgewinde beschrieben.

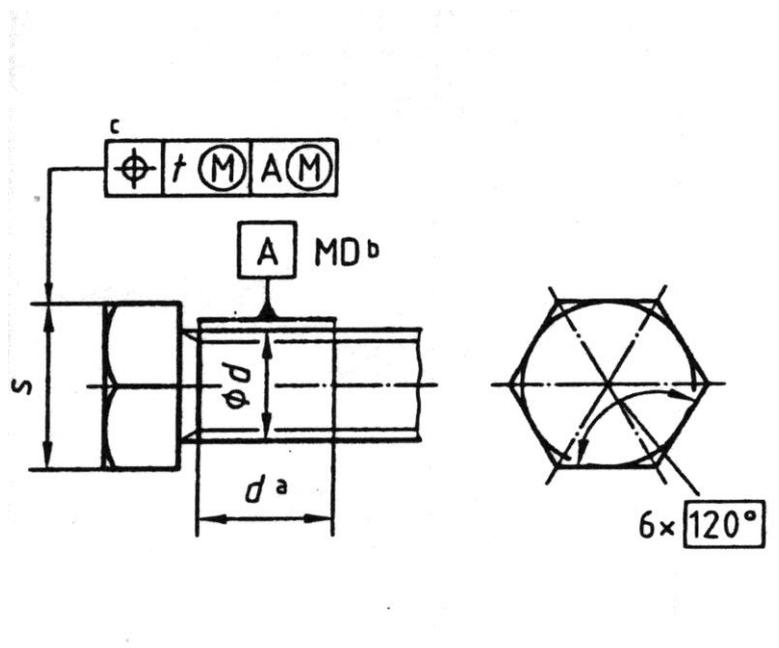


Bild 4: Position Außensechskant

Die Toleranzangabe erfolgt auf den Maßpfeil der Schlüsselweite. Damit ist die Position der Mittelebene zwischen diesen beiden Schlüsselflächen das tolerierte Element. Die Toleranz t bezieht sich auf die Achse des Zylinders, der durch den Gewindeaußendurchmesser gebildet wird (Angabe MD). Die Toleranzangabe gilt für alle drei Ausrichtungen des Außensechskantes (Angabe c „3 x gleichzeitig“).

Die Toleranz t gibt den maximal zulässigen Abstand vom Bezugselement A an, wobei das Maximum-Maximal-Prinzip gilt. Für die Verkörperung des Bezugselementes A gilt ebenfalls das Maximum-Material-Prinzip.

Die Positionstolerierung der restlichen Antriebe erfolgt nach dem gleichen Prinzip. Das gilt auch unabhängig von der Gewindeart. In jedem Fall ist die Mittelebene des Antriebes das tolerierte Element.

Für die Tolerierung der Position des Kreuzschlitzes gilt ein Zusatz:

„Im Schiedsfall ist die Koaxialität des Kreuzschlitzes mit Hilfe eines Messzapfens nach ISO 4757 zu bestimmen.“

3.3.4 Prüfung der Positionstoleranzen von Antrieben

Die Einhaltung der Positionstoleranzen nach DIN EN ISO 4759-1 kann „nur“ geprüft werden. Die Prüfung der Positionstoleranzen von Antrieben erfolgt grundsätzlich mit Gutlehren.

Die Führungen der Lehren müssen so genau gearbeitet sein, dass die durch das Prüfmittel verursachten Fehler gegenüber der Werkstücktoleranz t vernachlässigt werden können. Als Zielwert kann zum Beispiel $< t/10$ gelten.

In der Norm DIN EN ISO 4759-1 sind für die dort definierten Kraftangriffsformen jeweils Beispiele für Prüflehren dargestellt. Alle Lehren funktionieren nach dem gleichen Prinzip. In dieser Anwendungsrichtlinie werden Beispiele für Außensechskantschrauben, Innensechskantschrauben, Schlitzschrauben und Kreuzschlitzschrauben beschrieben.

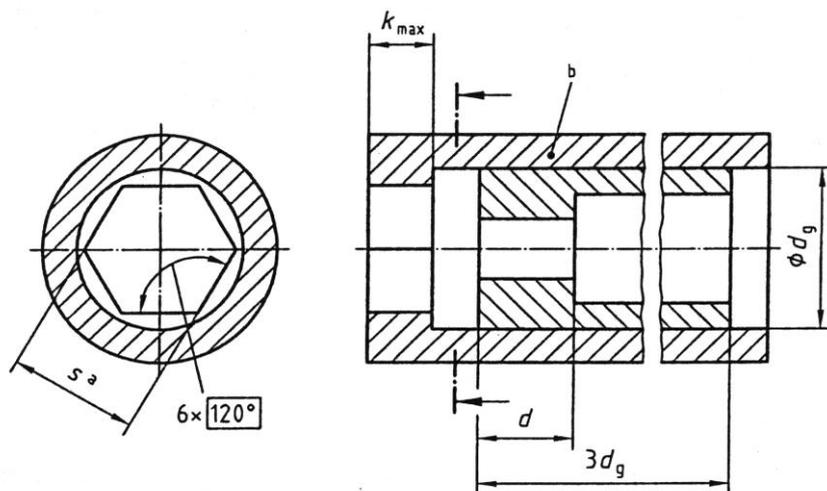


Bild 5: Prüfung Position Außensechskant zu Achse A

Für die Angabe der Schlüsselweite gilt

$$s = \text{Maximum-Materialmaß} + t$$

Die Gutlehre (Angabe b) ist ein glattes Loch mit Maximum-Materialmaß und wird aufgrund des Außenangriffes durch die Außenhülse verkörpert.

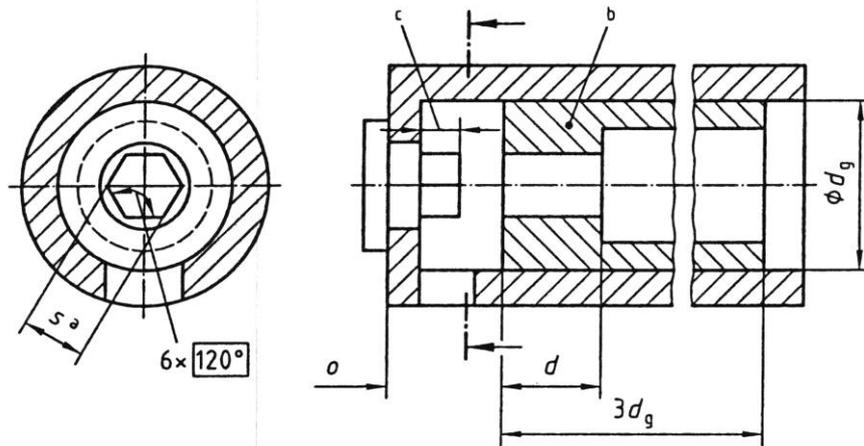


Bild 6: Prüfung Position Innensechskant zu Achse A

Bei dieser Prüflehre gilt für die Schlüsselweite

$$s = \text{Maximum-Materialmaß} - t$$

Die Gutlehre ist auch hier ein glattes Loch mit Maximum-Materialmaß, wobei sie hier aufgrund des Innenangriffes durch die Innenhülse verkörpert wird. Die Tiefe der Sechskantverkörperung muss der Mindest-Sechskanttiefe entsprechen.

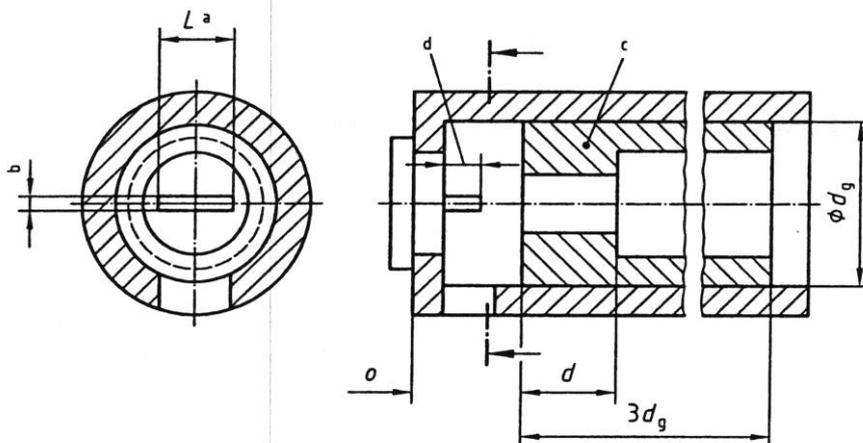


Bild 7: Prüfung Position Schlitz zu Achse A

Für die Ausführung von L gelten folgende Bedingungen:

$$L > s \quad L > dk \quad L > d$$

Die Breite des Gegenstückes zum Schlitz muss dem Maximum-Materialmaß – t entsprechen. Die Gutlehre ist auch hier ein glattes Loch mit Maximum-Materialmaß und wird aufgrund des Innenangriffes durch die Innenhülse verkörpert.

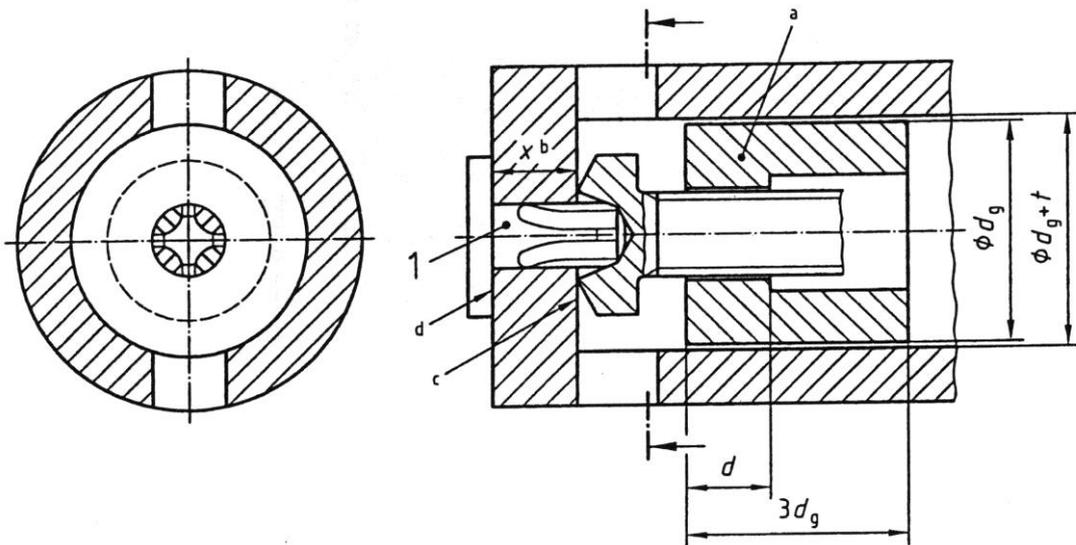


Bild 8: Prüfung Position Kreuzschlitz zu Achse A

Das Maß x ist bei dieser Lehre abhängig vom Messzapfen und der geforderten Eindringtiefe des Kreuzschlitzes. Die Gutlehre ist auch hier ein glattes Loch mit Maximum-Materialmaß und wird aufgrund des Innenangriffes durch die Innenhülse verkörpert. Die Angabe c bedeutet, dass der erste Kontakt der Kopfseite gilt. Für die Angabe d gilt, dass der Kontakt erreicht werden muss.

Achtung! Diese Lehre prüft nicht die Größe des Kreuzschlitzes.

3.4 Zusammenfassung

Die Tolerierung der Form und der Position von Antrieben entsprechend dem Maximum-Materialprinzip ist fertigungsgerecht. Sie kommt dem Einsatz des Verbindungselementes entgegen.

Grundsätzlich gilt auch, dass diese Tolerierung prüfgerecht ist, wobei in diesem Zusammenhang der Aufwand bei der Beschaffung bzw. Herstellung der Prüflehren betrachtet werden muss.

Der Vorteil ist, dass die Form- und Lagetoleranzen mit Lehren geprüft werden kann. Der Einfluss des Prüfers ist weitestgehend eingeschränkt, was der Prüfmittelfähigkeit entgegen kommt.

Die Tolerierung entsprechend der Norm DIN EN ISO 4759-1 ist für den Einsatz realitätsnah. Für die Überprüfung der Toleranzvorgaben entsprechend dieser Norm fehlt allerdings diese Realitätsnähe. Ein Prüfmittelfundus für die Vielzahl der verschiedenen Teile heutiger Hersteller von Verbindungselementen ist für diese mit vertretbarem Aufwand nicht realisierbar.

4. Positionstoleranzen für metrische Schrauben und Blechschrauben

Michael Reichelt

4.1 Zweck

Festgelegte Toleranzen im Fertigungsprozess sicher und unter wirtschaftlichen Bedingungen prüfen.

4.2 Anwendungshinweis zur DIN EN ISO 4759 -1

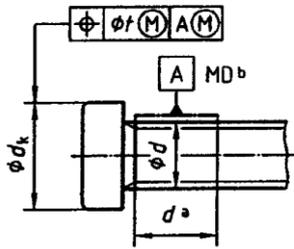
Wenn die Achse des Flankendurchmessers als Bezugsmaß gilt, ist die Koaxialitätsabweichung der Achse des Aussendurchmessers in Bezug auf die Achse des Flankendurchmessers vernachlässigbar, d.h. im Falle von gerolltem Gewinde darf die Achse des Aussendurchmessers als Bezugsmaß genommen werden.

Das nach DIN EN ISO 4759 zulässige Maximal-Materialprinzip wird bei der Auslegung der Lehre berücksichtigt.

Bei der messenden Prüfung muss das Maximal-Materialprinzip zu der zulässigen Toleranz addiert werden.

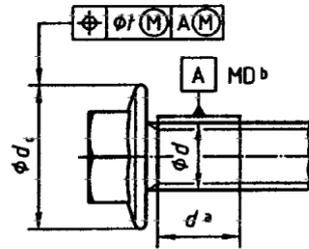
4.3 Positionstoleranzen Kopf

Vorgabe der DIN EN ISO 4759-1:



^{a, b} siehe Bild 26.

Bild 38

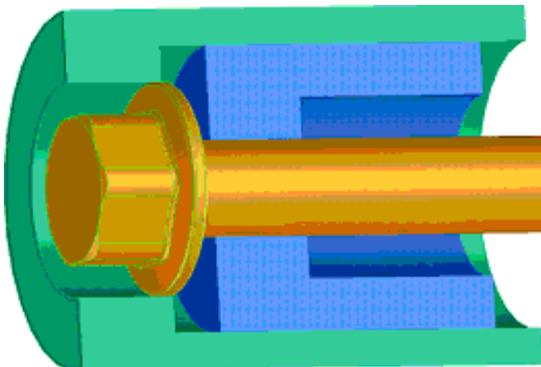


^{a, b} siehe Bild 26.

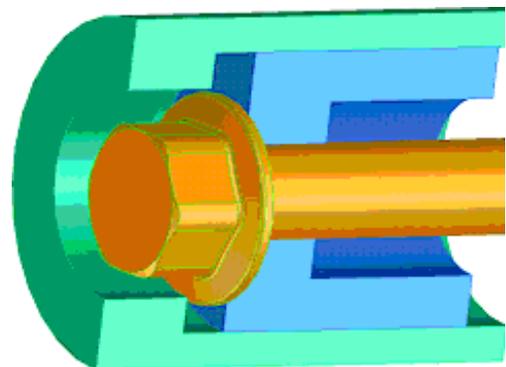
Bild 39

- **Bezugsmass ist der Kopfdurchmesser d_k**
 - Bezugselement A muß sich so nah wie möglich am Kopf befinden und darf nicht weiter als $0,5 d$ (d = Durchmesser) entfernt liegen. Es muß entweder vollständig Schaft oder vollständig Gewinde sein und darf weder Gewindeauslauf noch den Unterkopfradius einschliessen.
 - MD bedeutet, die Toleranz gilt bezüglich der Achse des Zylinders durch den Gewindeaußendurchmesser

Prüflehre aus der DIN EN ISO 4759:

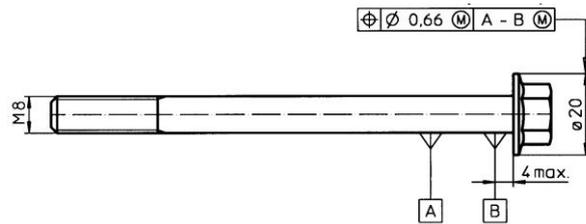
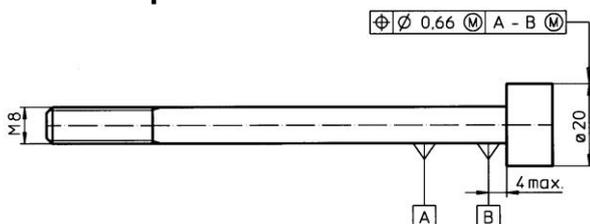


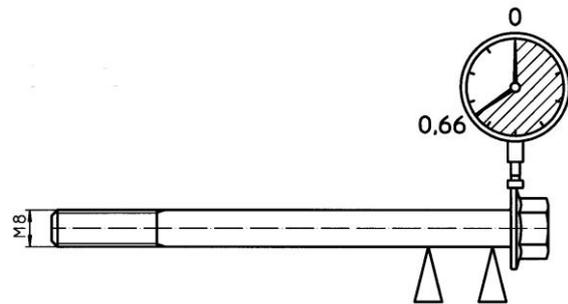
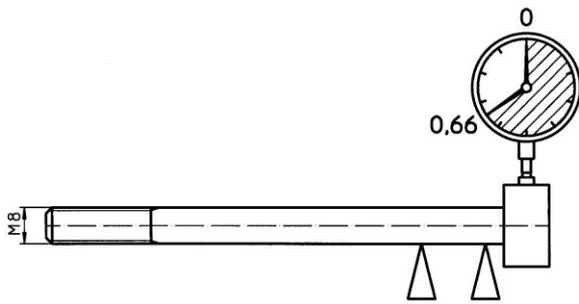
Prüfung i.O.



Prüfung n.i.O.

Praxisbeispiel:



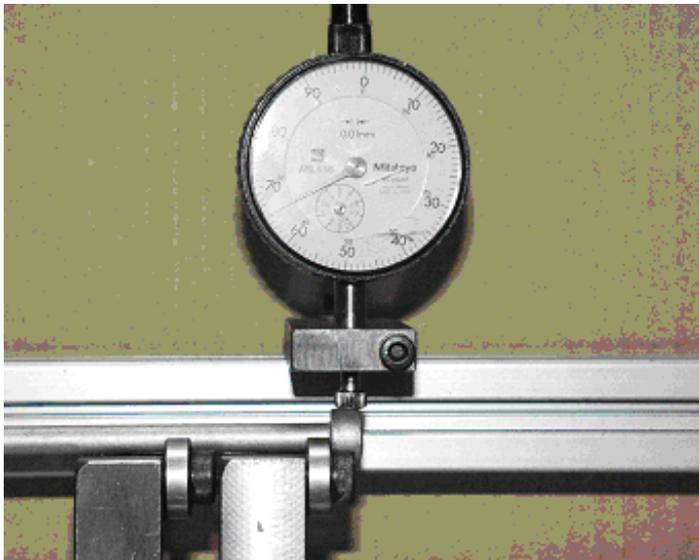


Beispiel:

Kopfdurchmesser 20,0 mm Produktklasse A für d = M8 Max. Abstand Pkt. B

$0,5 \times d = 4,0 \text{ mm}$ (2 x IT 13; 2 x 0,33 = 0,66 mm)

Max. Material Prinzip muß beim Messen separat berücksichtigt werden

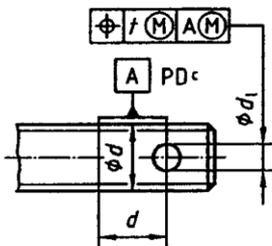


Die zu prüfende Schraube wird auf zwei Rollen aufgenommen und der Messtaster auf den Kopf aufgesetzt. Die Schraube wird zum prüfen um 360° gedreht.

	Lehrenprüfung DIN ISO 4759	Messende Prüfung in der Praxis
Verwendung	Endkontrolle/ Eingangskontrollen	prozessbegleitende Prüfung
Aussage	nur gut/ schlecht Prüfung attributive Prüfung	Messergebnisse für Prozessregelung
Prüfaufwand	größere Prüfumfänge möglich, z.B. 100% Prüfungen	Stichprobenprüfung
Kosten	je Abmessung/ Kopfform eine Lehre erforderlich enorme Kosten	universell einsetzbar

4.4 Positionstoleranzen einer Bohrung

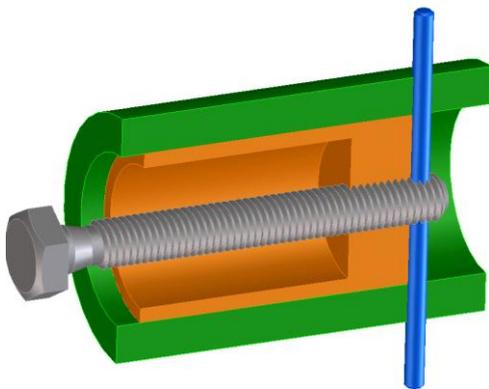
Vorgabe aus der DIN EN ISO 4759:



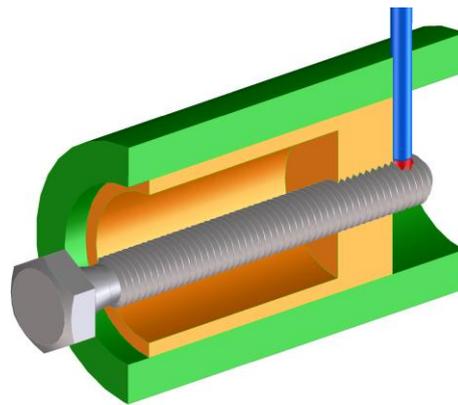
Bezugsmass ist der Gewindeaußendurchmesser d
 PD bedeutet, die Toleranz gilt bezüglich der Achse des
 Zylinders durch den Flankendurchmesser
 Hinweis: Wenn die Achse des Flankendurchmessers als
 Bezugsmaß gilt, ist die Koaxialitätsabweichung des
 Außendurchmessers in Bezug auf die Achse des
 Flankendurchmessers vernachlässigbar, d.h. im Falle
 von gerolltem Gewinden darf die Achse des **Aussen-**
durchmessers als Bezugsmaß genommen werden.

Bild 40

Prüflehre aus der 4759:

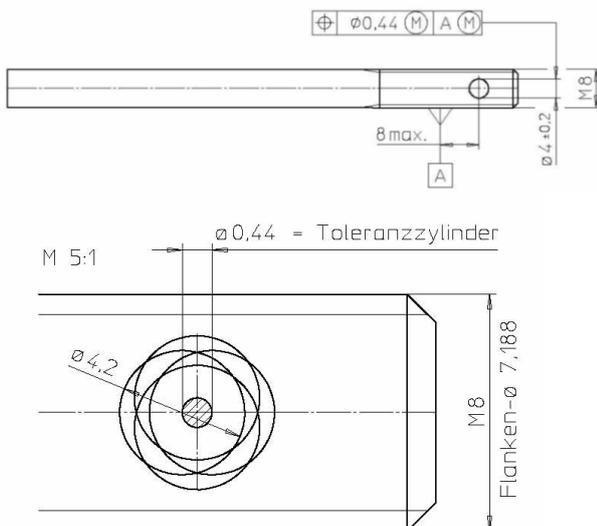


Prüfung i.O.



Prüfung n.i.O.

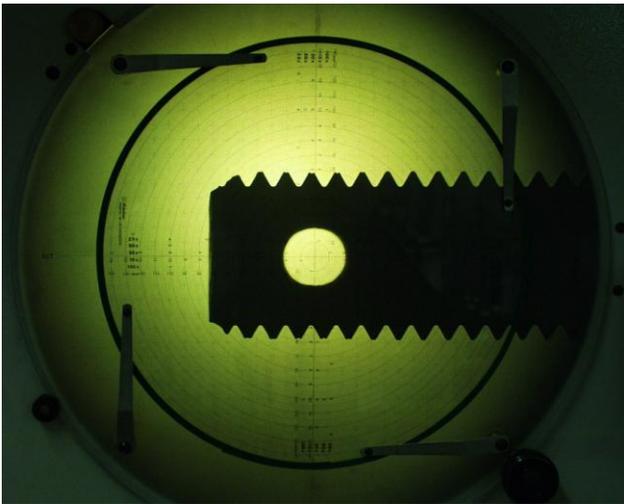
Praxisbeispiel:



Beispiel:

Flankendurchmesser = 7,188 mm, Produkt-
 klasse A für $d = M8$
 Auflagepunkt A max. 8,0 mm von der Bohrung
 ($2 \times IT 13; 2 \times 0,22 = 0,44 \text{ mm}$)

Um den Toleranzzylinder 0,44 mm darf die
 Bohrung in einem Durchmesser von 4,2 mm
 (Max. Material Prinzip) liegen.

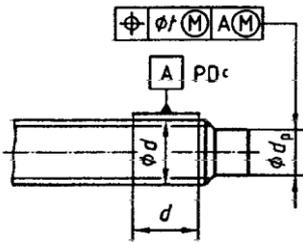


Prüfung mit einem Projektor

	Lehrenprüfung DIN EN ISO 4759	Messende Prüfung in der Praxis
Verwendung	Endkontrolle/ Eingangskontrollen	prozessbegleitende Prüfung
Messverfahren	nur gut/ schlecht Prüfung	Messergebnisse für Prozessregelung
Prüfaufwand	größere Prüfumfänge möglich	Stichprobenprüfung
Meßgenauigkeit	hohe Wiederholgenauigkeit	geringe Messunsicherheit
Kosten	je Abmessung/ Bohrung eine Lehre erforderlich	Anschaffungskosten hoch, jedoch für mehrere Abmessungen einsetzbar

4.5 Positionstoleranzen Zapfen

Vorgabe aus der DIN EN ISO 4759:

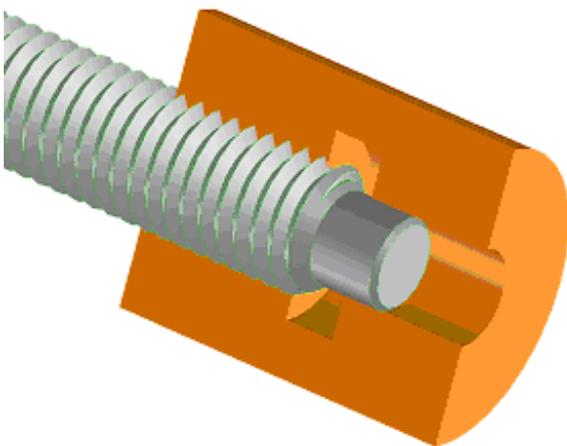


- Bezugsmass ist der Gewindeaußendurchmesser d
- PD bedeutet, die Toleranz gilt bezüglich der Achse des Zylinders durch den Flankendurchmesser

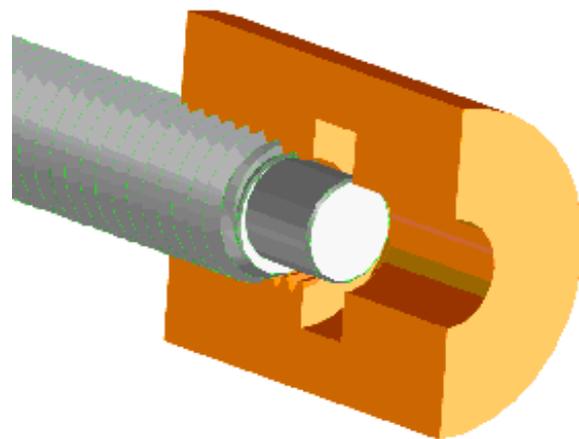
siehe Bild 40.

Bild 41

Prüflehre aus der DIN EN ISO4759:

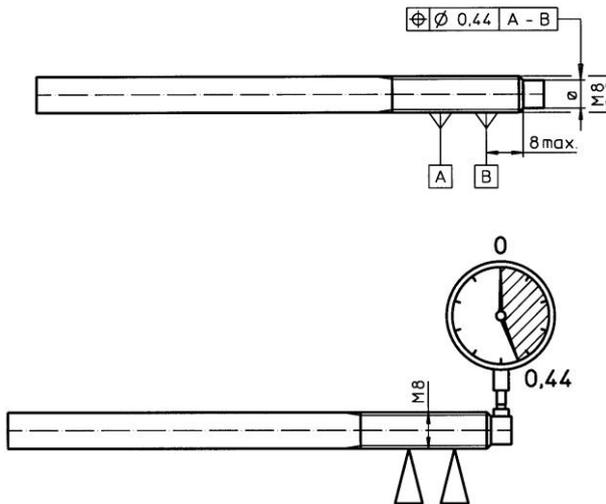


Prüfung i.O.



Prüfung n.i.O.

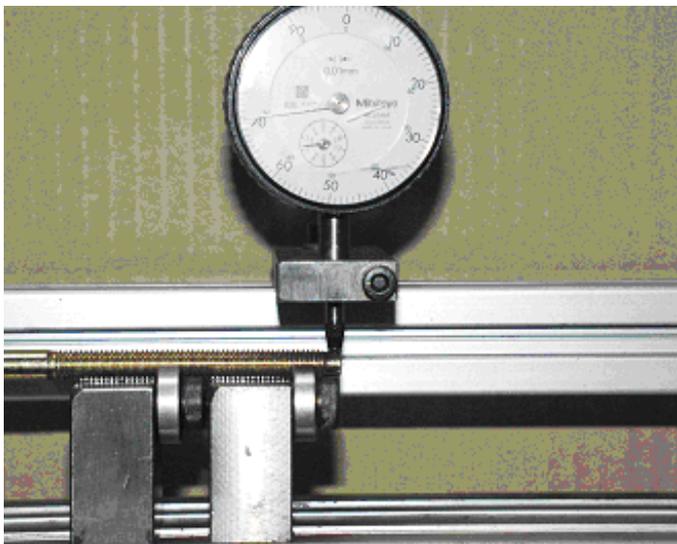
Praxisbeispiel:



Beispiel:

- Flankendurchmesser 7,188 mm, Produktklasse A für $d = M8$ Auflagepunkt B, max. 8,0 mm ($2 \times IT 13$; $2 \times 0,22 = 0,44$ mm)
- Max. Material Prinzip muß beim Messen separat berücksichtigt werden.

Anmerkung: Bei Gewindestifte IT 13 alle anderen Produkte $2 \times IT 13$

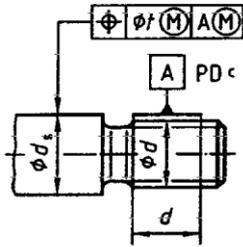


Die zu prüfende Schraube wird am Gewindeaußendurchmesser auf zwei Rollen aufgenommen und der Messtaster auf den Zapfen aufgesetzt. Die Schraube wird zum prüfen um 360° gedreht.

	Lehrenprüfung DIN ISO 4759	Messende Prüfung in der Praxis
Verwendung	Endkontrolle/ Eingangskontrollen	prozessbegleitende Prüfung
Aussage	nur gut/ schlecht Prüfung attributive Prüfung	Messergebnisse für Prozessregelung
Prüfaufwand	größere Prüfumfänge möglich, z.B. 100% Prüfungen	Stichprobenprüfung
Kosten	je Abmessung/ Kopfform eine Lehre erforderlich enorme Kosten	universell einsetzbar

4.6 Positionstoleranzen Schaft zum Gewinde

Vorgabe aus der DIN EN ISO 4759:

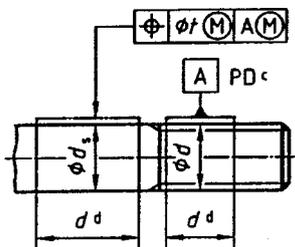


siehe Bild 40.

Bild 44

- Bezugsmaß ist der Gewindeaußendurchmesser d
- PD bedeutet, die Toleranz gilt bezüglich der Achse des Zylinders durch den Flankendurchmesser

Hinweis: Die Positionstoleranz gilt über die komplette Länge des Teiles



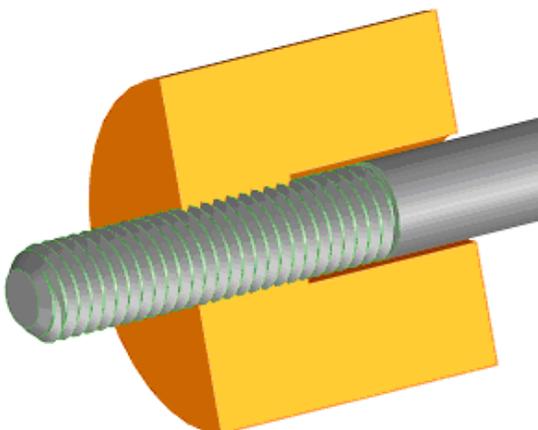
^c siehe Bild 40.

Bild 45

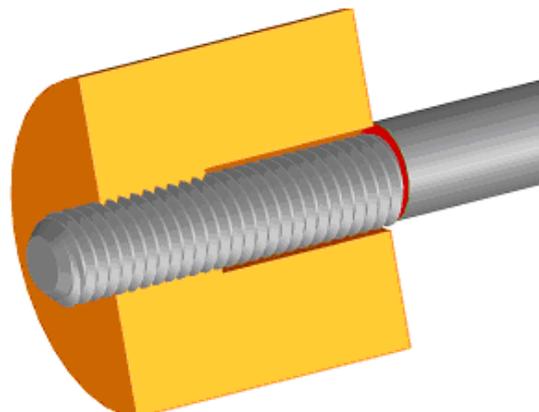
- Bezugsmaß ist der Gewindeaußendurchmesser d
- PD bedeutet, die Toleranz gilt bezüglich der Achse des Zylinders durch den Flankendurchmesser
- Das Bezugsselement A muss so nah wie möglich an dem betreffenden Teil des Schaftes liegen, darf jedoch den Gewindeauslauf nicht mit einschliessen

Hinweis: Die Positionstoleranz gilt nur für den Bereich dd

Prüflehre aus der DIN EN ISO 4759:

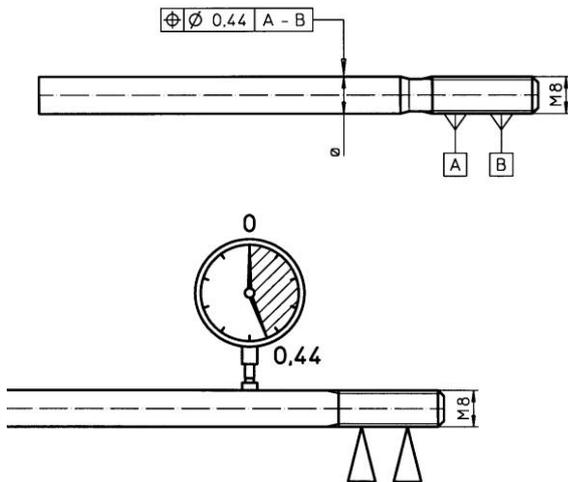


Prüfung i.O.



Prüfung n.i.O.

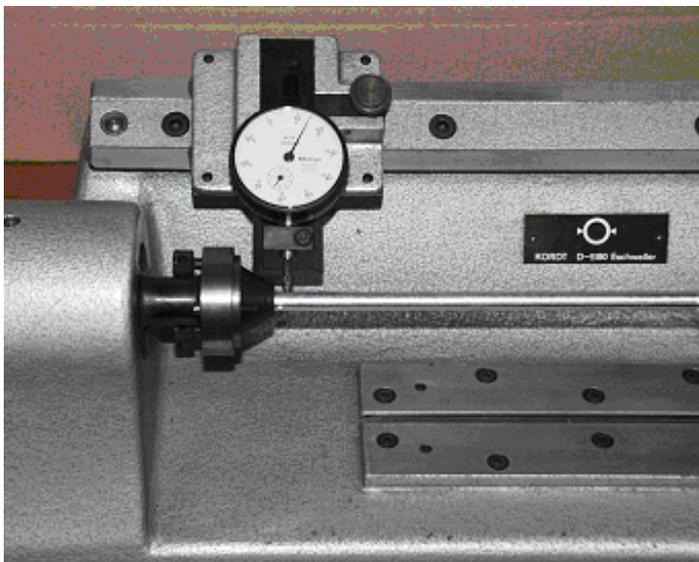
Praxisbeispiel:



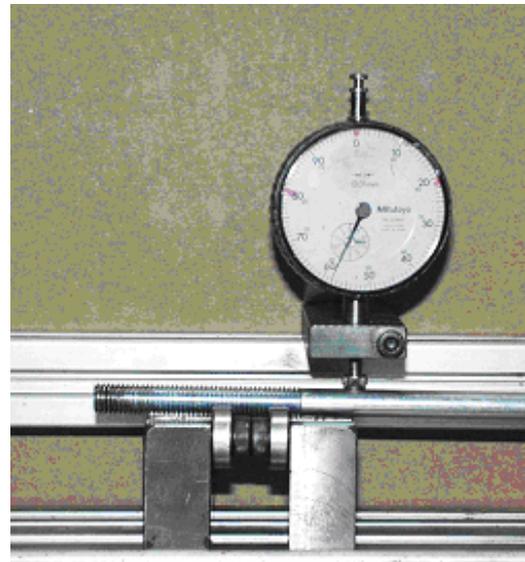
Beispiel:
 Flankendurchmesser 7,188 mm, Produkt-
 klasse A für d = M8 (2 x IT 13; 2 x 0,22 =
 0,44 mm)

Max. Material Prinzip muß beim Messen
 separat berücksichtigt werden.

Das Bezugselement A muss so nah wie
 möglich an dem betreffenden Teil des
 Schaftes liegen, darf jedoch den
 Gewindeauslauf nicht mit einschliessen.



Die zu prüfende Schraube wird in eine
 Gewindeaufnahme eingeschraubt und der
 Messtaster auf den Schaft aufgesetzt.
 Die Schraube wird zum prüfen um 360°
 gedreht.

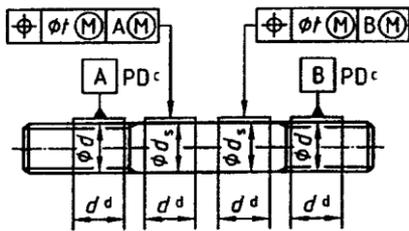


Die zu prüfende Schraube wird am Ge-
 windeaußendurchmesser auf zwei
 Rollen aufgenommen und der
 Messtaster auf den Schaft aufgesetzt.
 Die Schraube wird zum prüfen um
 360° gedreht.

	Lehrenprüfung DIN ISO 4759	Messende Prüfung in der Praxis
Verwendung	Endkontrolle/ Eingangskontrollen	prozessbegleitende Prüfung
Aussage	nur gut/ schlecht Prüfung attributive Prüfung	Messergebnisse für Prozessregelung
Prüfaufwand	größere Prüfumfänge möglich, z.B. 100% Prüfungen	Stichprobenprüfung
Kosten	je Abmessung/ Kopfform eine Lehre erforderlich enorme Kosten	universell einsetzbar

4.7 Positionstoleranzen Schaft zum Gewinde (Gewindebolzen)

Vorgabe aus der DIN EN ISO 4759:



- Bezugsmass ist der Gewindeaußendurchmesser d
- PD bedeutet, die Toleranz gilt bezüglich der Achse des Zylinders durch den Flankendurchmesser
- Die Bezugselemente A und B müssen so nah wie möglich an dem betreffenden Teil des Schaftes liegen, dürfen jedoch den Gewindeauslauf nicht mit einschliessen

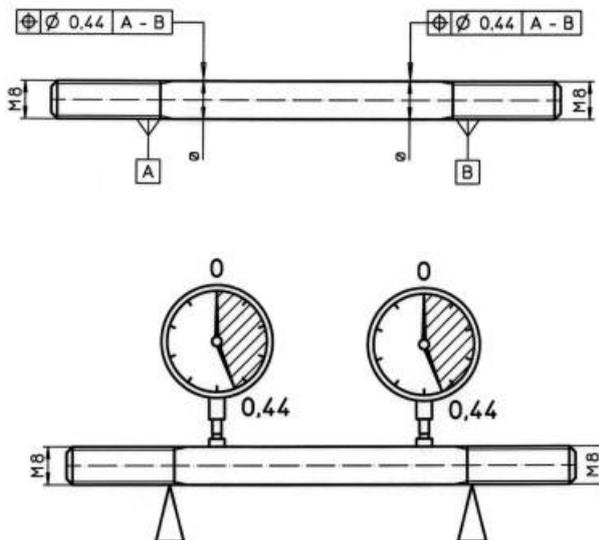
^c siehe Bild 40.

Bild 46

Prüflehre aus der DIN EN ISO 4759:

Siehe Positionstoleranz Schaft zum Gewinde, Punkt 6.

Praxisbeispiel:

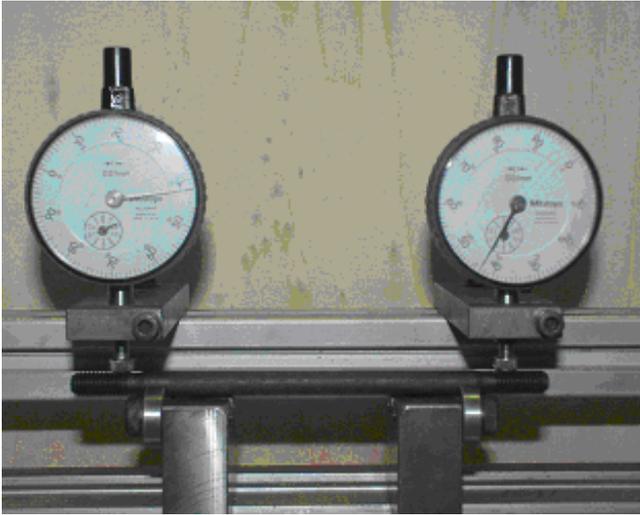


Beispiel:

Flankendurchmesser 7,188 mm, Produktklasse A für $d = M8$
 $(2 \times IT 13; 2 \times 0,22 = 0,44 \text{ mm})$

Die Bezugselement A und B müssen so nah wie möglich an dem betreffenden Teil des Schaftes liegen, dürfen jedoch den Gewindeauslauf nicht mit einschliessen.

Max. Material Prinzip muß beim Messen separat berücksichtigt werden.



Der zu prüfende Gewindebolzen wird auf beiden Gewindeaußendurchmesser auf zwei Rollen aufgenommen und beide Messtaster auf den Schaft aufgesetzt. Der Gewindebolzen wird zum prüfen um 360° gedreht.

	Lehrenprüfung DIN EN ISO 4759	Messende Prüfung in der Praxis
Verwendung	Endkontrolle/ Eingangskontrollen	prozessbegleitende Prüfung
Aussage	nur gut/ schlecht Prüfung attributive Prüfung	Messergebnisse für Prozessregelung
Prüfaufwand	größere Prüfumfänge möglich, z.B. 100% Prüfungen	Stichprobenprüfung
Kosten	je Abmessung/ Kopfform eine Lehre erforderlich enorme Kosten	universell einsetzbar

5. Lauf-/ Gesamtplanlauftoleranzen und Geradheit

Dirk Heles

5.1 Anwendungshinweise zu Lauf-/ Gesamtplanlauftoleranzen

5.1.1 Rundlauftoleranzen

Anwendungshinweise:

- Der (einfache) Lauf ist an vielen *einzelnen* Stellen ausreichend zu prüfen
- Die Messrichtung ist im allgemeinen senkrecht zur prüfenden Fläche
- Bei jeder Messung dreht sich das zu prüfende Teil um die Bezugsachse
- Das einzelne Messergebnis wird jeweils für sich mit der max. zulässigen Abweichung (sprich Lauftoleranz) verglichen
- Abweichung = max. Uhrenausschlag – min. Uhrenausschlag
- Die Rundlauftoleranz schließt die Rundheit und Koaxialität ein
- Die Gesamtrundlauftoleranz schließt zudem noch die Geradheits- und Parallelitätsabweichungen der Mantellinien zur Bezugsachse ein
- Für die Rundlauftoleranzen gilt nur die Produktklasse A
- Gegenüber der Normausgabe 1980-05 wurde die Toleranz halbiert (früher: 2 IT13; heute: IT13)

5.1.2 Gesamtplanlauftoleranzen

Anwendungshinweise:

- Während sich das zu prüfende Teil um die Bezugsachse dreht, wird das Messgerät langsam über die *gesamte* tolerierte Fläche verschoben.
- Gesamtlauftoleranzen setzen hohe Ansprüche an mechanische Messeinrichtungen (ggf. Einsatz von Messmaschine notwendig)
- Gesamtlauftoleranz in beliebiger Richtung (z. B. auf Kegel) setzt in aller Regel eine Messmaschine voraus!
- Abweichung = max. Uhrenausschlag – min. Uhrenausschlag
- Die Gesamtplanlauftoleranz setzt sich aus der Plan- und der Ebenheitstoleranz der tolerierten Stirnfläche zusammen
- Die Gesamtplanlauftoleranz entspricht bei gleicher Bezugsachse der Rechtwinkligkeit (Angabe in alter Normausgabe 1980-05)

5.2 Vergleich normgerechte Messverfahren mit alternativen Messverfahren

5.2.1 Allgemeine Anwendungshinweise

Die Norm gibt neben den Beispielen für Lehren und Messeinrichtungen im informativen Anhang C folgende allgemeine Anwendungshinweise:

- Bezugselement immer so nahe wie möglich am Kopf
Bei metrischen Schrauben gilt: Max. $0,5 d$
Bei Blechschrauben gilt: Max. $1 P$
(Ohne Einschluss von Gewindeauslauf und Unterkopfradius)
- Bei Angabe des Flankendurchmessers (PD) kann bei gerollten Gewinden die Achse des Außendurchmessers (MD) als Bezugsmaß genommen werden.
- Lehren (L) und Messeinrichtungen (M)
 - Die Toleranzen von L und M müssen kleiner 10% von der Werkstücktoleranz (t) liegen
 - Wenn das Bezugselement ein glatter Schaft oder ein Gewindeaußendurchmesser ist, darf das Teil unabhängig von seiner Größe in einem Dreibackenfutter aufgenommen werden

5.2.2 Beispiel Rundlaufprüfung

Das Augenmerk wurde bei diesem Vergleich auf die verschiedenen Werkstückaufnahmen gelegt, da diese erfahrungsgemäß die Messergebnisse am größten beeinflussen.

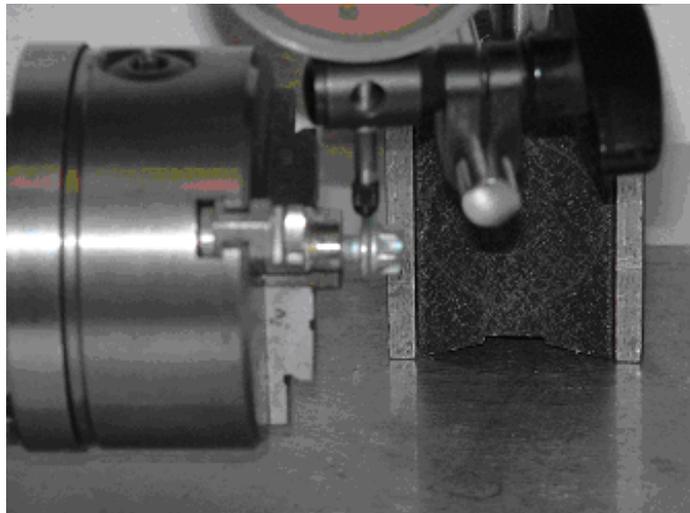
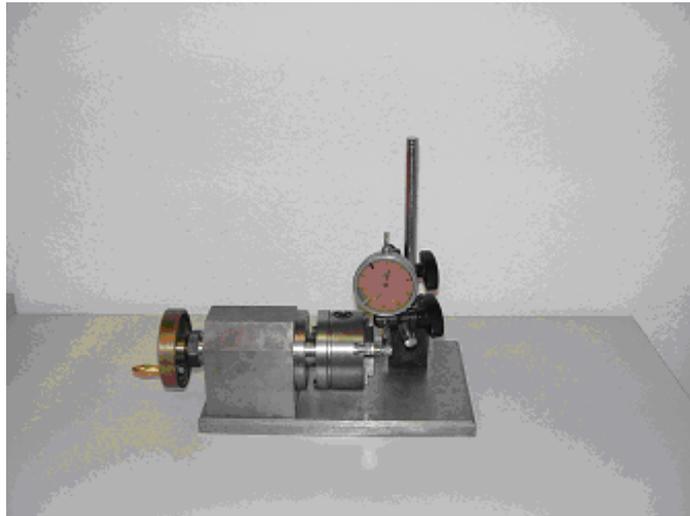
An dieser Stelle wird vorausgesetzt, dass der Hinweis zum Gewinderollen verständlicherweise auch für das Gewindewalzen zutrifft, so dass generell am Gewindeaußen-Ø gespannt werden darf, wenn das Bezugselement das Gewinde darstellt.

Die folgende Übersicht stellt die Auswahl an Aufnahmenmöglichkeiten dar:

1. Aufnahme am Gewindeaußen-Ø mit Dreibackenfutter (normkonform)
2. Aufnahme am Gewindeaußen-Ø mit Dreirollengerät
3. Aufnahme am Gewindeaußen-Ø mit einer dreigeteilten Spannzange
4. Aufnahme am Flanken-Ø mit konischem Gewinde
5. Aufnahme am Flanken-Ø mit Leerring (normkonform)
6. Aufnahme am Flanken-Ø mit zweigeteiltem Gewinde (normkonform)

Aus der Übersicht wurden die Aufnahmen 1 bis 3 verglichen und nachfolgend gegenübergestellt, da diese am häufigsten in der Praxis Anwendung finden.

5.2.2.1 Aufnahme am Gewindeaußen-Ø mit Dreibackenfutter

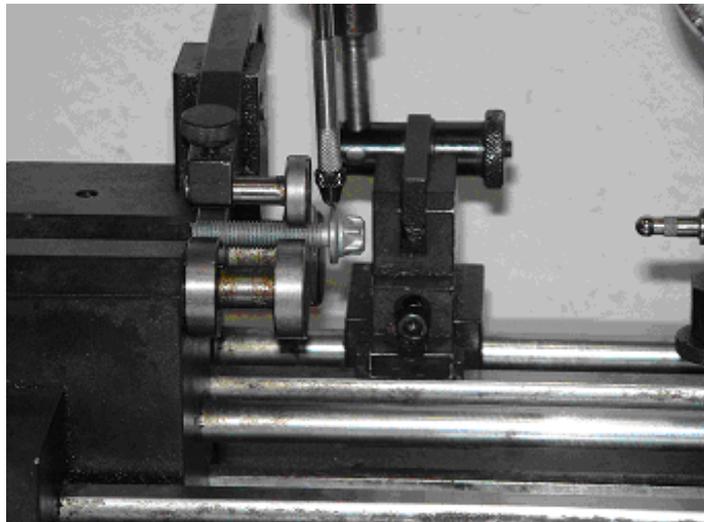
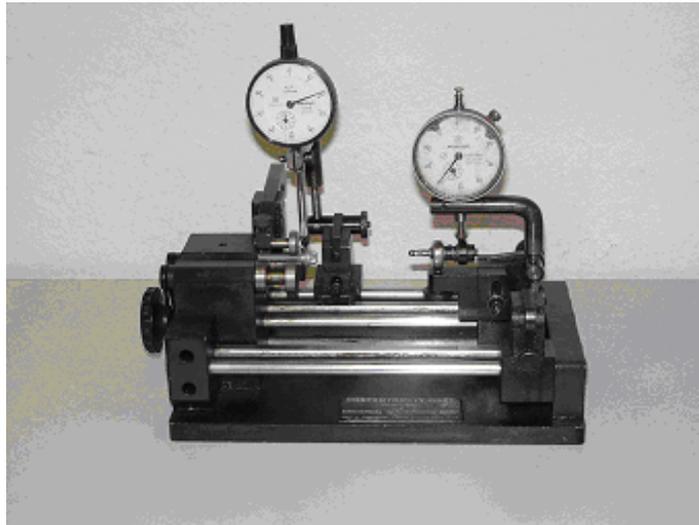


Vorteile: Einfaches Spannen
Kein Umrüsten bei unterschiedlichen Gewindedurchmessern

Nachteile: Verkantungsgefahr beim Spannen
Gefahr des zu starken Anziehens beim Spannen auf Gewinden

Hinweis: Vorzugsweise ist ein Präzisionsspannfutter einzusetzen. Bei herkömmlichen Spannfuttern ist die Genauigkeit des Spannfutters durch Vermessen eines kalibrierten Dorns vor dem (Erst)Gebrauch erforderlich

5.2.2.2 Aufnahme am Gewindeaußen-Ø mit Dreierollengerät

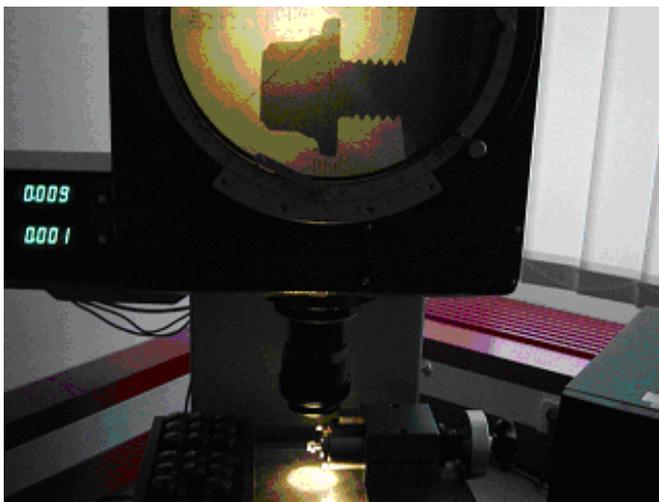
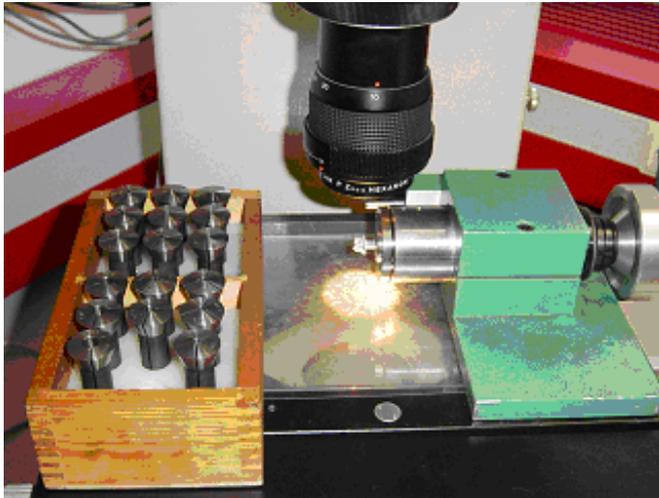


Vorteile: Sehr einfaches und schnelles Spannen
Kein Umrüsten bei unterschiedlichen Gewindedurchmessern
Kein Verkanten beim Spannen
Konstant niedrige Anpresskraft (Vermeidung von Spannmarkierungen)
Besonders geeignet für die fertigungsbegleitende Prüfung von Pressrohlingen

Nachteile: Beim Spannen auf Gewinden kann sich die Lage des Prüflings verändern und somit den Messwert beeinflussen; dies kann jedoch durch Einsatz einer Anschlagvorrichtung verhindert werden.

Hinweis: Bei diesem Spannsystem wird der Einsatz von Präzisionsspannrollen vorausgesetzt.

5.2.2.3 Aufnahme am Gewindeaußen-Ø mit einer dreigeteilten Spannzange



Vorteile: Einfaches Spannen

Nachteile: Umrüsten auf verschiedene Durchmesser
Gefahr des zu starken Anziehens beim Spannen auf Gewinden

Hinweis: Vorzugsweise sind Präzisionsspannzangen einzusetzen. Bei herkömmlichen Spannzangen ist die Genauigkeit durch Vermessen eines kalibrierten Dorns vor dem (Erst)Gebrauch erforderlich

5.2.2.4 Auswertung und Beurteilung

Im Vordergrund der Untersuchung der drei getesteten Aufnahmen stand insbesondere der Vergleich der normkonformen mit den nicht normkonformen Aufnahmen, sowie der Einfluss des Gewindes auf die Streuung des Rundlaufes.

Für die Untersuchung wurden 50 Prüflinge mit folgenden Kenndaten verwendet.

Prüfling: Schraube M 6 x 30 bzw. als Pressrohling
Bezugselement: Gewinde (Schraube) bzw. Schaft (Pressrohling)
tolerierte Fläche: Flansch
max. Rundlauf toleranz t: $t = 2 IT13 = 0,36 \text{ mm}$ (nach DIN EN ISO 4759-1)

Untersuchungsergebnisse der Spannweite R (Streuung):

	Pressrohling	Schraube
Dreibackenfutter	0,16	0,29
Dreirollen	0,09	0,23
Spannzange	nicht ermittelt	0,28

Anhand der Untersuchungsergebnisse konnte festgestellt werden, dass die Spannzangen- und Dreirollenaufnahme nicht weniger tauglich sind als die Aufnahme mit dem Dreibackenfutter.

Die DIN EN ISO 4759-1 sollte daher nicht nur die Möglichkeit des Einsatzes eines Dreibackenfutters vorsehen.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen auch, dass das Gewinde einen entscheidenden Einfluss auf das Rundlaufergebnis hat. Aus diesem Grund ist es notwendig und in der Praxis auch üblich, dass die Toleranzgrenzen am Pressrohling für die fertigungsbegleitende Prozessüberwachung enger gelegt werden.

5.2.3 Beispiel Geradheitsprüfung

Die normkonforme Prüfung der Geradheit erfolgt mit einer Lehre. Es gibt aber auch Alternativen wie beispielsweise die Prüfung mit einem Zweirollengerät. Diese beiden Verfahren wurden nachfolgend am Beispiel eines Prüflings mit folgenden Kenndaten verglichen.

Kenndaten:

Prüfling:	Schraube M 5 x 120
Bezugselement:	Gewinde
tolerierte Fläche:	Schraubenlänge
max. Rundlauf toleranz t:	$t = 0,002 l + 0,05 = 0,29 \text{ mm zzgl. M}^*$
attributive Stichprobe:	$n = 200$
variable Stichprobe:	$n = 50$

*) M steht für Maximum-Material-Prinzip, d. h. die nicht ausgenutzte Toleranz des Gewindeaußen-Ø kann zur Geradheitstoleranz addiert werden.

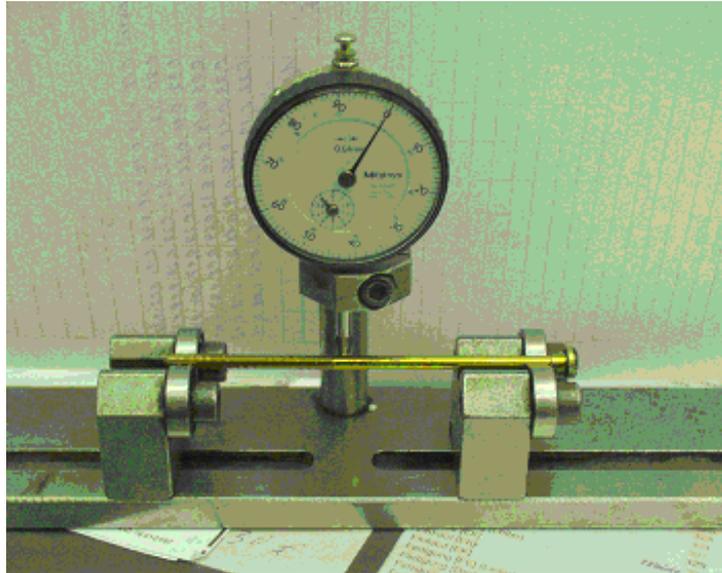
5.2.3.1 Geradheitsprüfung mit Lehre (Innen-Ø 5,29 mm)



Vorteile: Sehr einfache Handhabung
Geringer Prüfaufwand

Nachteile: Keine statistische Prozessbeurteilung möglich (x_{\min} , x_{\max} , x_{quer} , s etc.)
Hohe Anschaffungskosten (abmessungsspezifische Lehren)

5.2.3.2 Geradheitsprüfung mit Zweirollengerät



Vorteile: Einfache Bedienung
Kein Umrüsten auf unterschiedliche Durchmesser und Längen
Besonders geeignet für die fertigungsbegleitende Prüfung
Statistische Prozessbeurteilung möglich (x_{\min} , x_{\max} , x_{quer} , s etc.)
Einmalige Anschaffungskosten

Nachteile: Höherer Prüfaufwand

5.2.3.3 Auswertung und Beurteilung

Bei der attributiven Prüfung der 200 Schrauben waren zwei nicht lehrenhaltig. Diese zwei nicht lehrenhaltigen Schrauben wurden der variablen Prüfung über 50 Schrauben beigemischt. Die Untersuchungsergebnisse haben gezeigt, dass auch bei dem messenden Verfahren die zwei nicht lehrenhaltigen Schrauben, die zuvor bei der attributiven Prüfung festgestellt wurden, sicher ermittelt werden konnten und sich von den sonst gemessenen Werten sichtbar abgrenzten.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die messende Geradheitsprüfung mit der Zweirollenaufnahme eine hervorragende Alternative zur Lehrenprüfung darstellt. Aufgrund der messenden Prüfung eignet sie sich besonders für die fertigungsbegleitende Prozessüberwachung. Aus diesem Gesichtspunkt sollte die DIN EN ISO 4759-1 nicht nur die Möglichkeit einer Lehrenprüfung vorsehen.

6. Anwendung und Prüfung von Form und Lagetoleranzen an Muttern

Dieter Weckerle, Marc Schulte,

6.1 Allgemein

Diese Anwendungsrichtlinie enthält eine Zusammenstellung von Verfahren für das Prüfen von Form- und Lageabweichungen. Dem Anwender soll hiermit eine Hilfe bei der Auswahl geeigneter Prüfverfahren gegeben werden.

Zum besseren Verständnis sind die Zeichnungen aus Anhang C 3-Dimensional dargestellt.

Für die Praxisbeispiele sind Fotos in den entsprechenden Kapiteln mit eingebunden.

6.2 Anwendungshinweise zur Anwendung der DIN EN ISO 4759-1

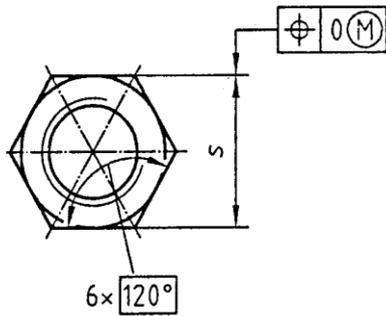
Ist das Bezugselement ein Innengewinde, dann wird in den Beispielen die Mutter gegen eine Spannscheibe verspannt oder wie in den Praxisbeispielen spielfrei auf einen konischen Gewindedorn gedreht.

Die zu den Verfahren angegebenen Praxisbeispiele für Prüfmittel beziehen sich auf die gängige Ausrüstung von Werkstätten und Messräumen.

Es können auch unter Gesichtspunkten der Wirtschaftlichkeit durchaus andere Prüfmittel eingesetzt werden.

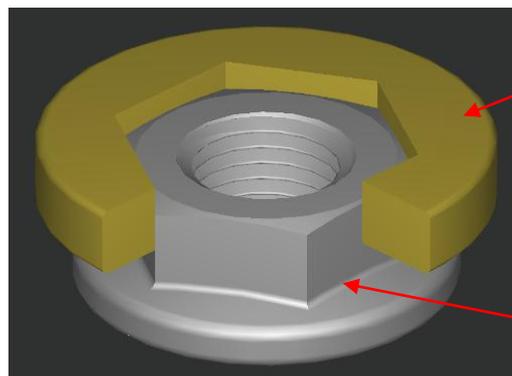
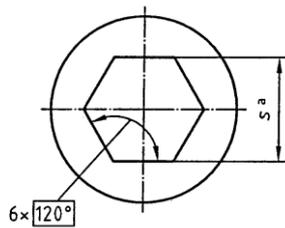
Bei der punktförmigen mechanischen Antastung des Prüfgegenstandes sollten die zu verwendenden Messeinsätze unter Gesichtspunkten der Form der anzutastenden Fläche und der Möglichkeit des Ausrichtens der Messeinsätze ausgewählt werden.

6.3 Formtoleranzen Antriebsmerkmale und Lehre



Beispiel: Mutter M16 nach DIN EN ISO 4032
Schlüsselweite
Toleranz = 23,67 – 24,0 mm

Prüflehre



Prüflehre

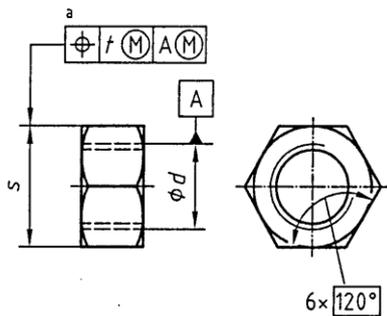
z.B.
Bundmutter

Prüflehre: Schlüsselweite max z.B.24

Vorteil: schnelle einfache Handhabung

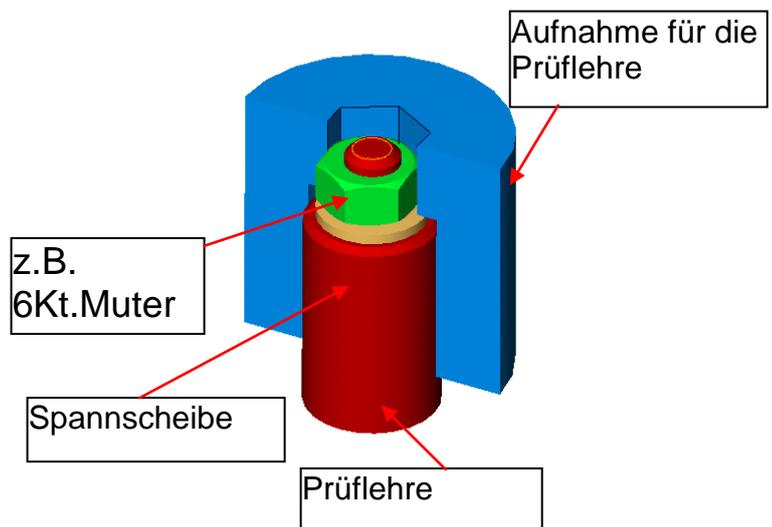
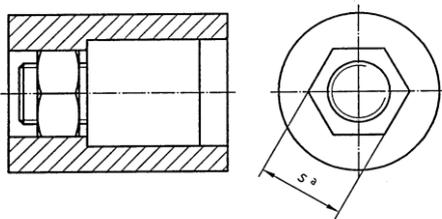
Nachteil: zu Kostenintensiv, da die Formgenauigkeit durch die Werkzeuge vorgegeben wird.

6.4 Positionstoleranzen Mutternsechskant zum Gewinde



Toleranz: Mutter M16 nach DIN EN ISO 4032
 Schlüsselweite = 23,67 – 24,0 mm
 Produktkl.A = 2 IT 13= 2*0,33

Prüflehre



Prüflehre: Schlüsselweite
 max. + 2 IT13= **24,66 mm**

Anwendung: Die Prüflehre wird für die Prüfung in die Prüflehre geschoben

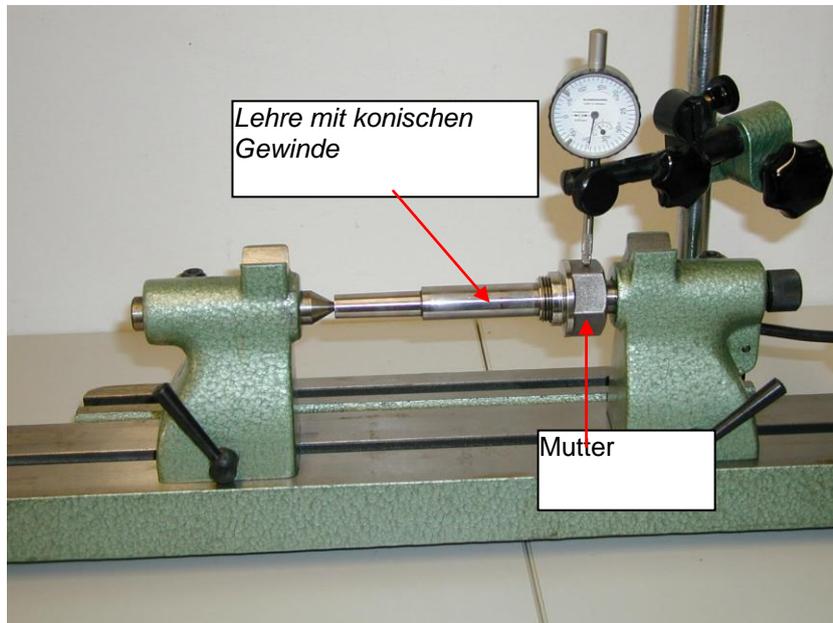
Lehrenkosten

880€ für Prüflehre Positionstoleranz Mutternsechskant zum Gewinde Abmessung M16
 Regelgewinde

Vorteil: - schnelle einfache Anwendung

- Nachteil:**
- keine Messergebnisse zur Prozesszentrierung vorhanden
 - zu kostenintensiv Praxisbeispiel

Abb. Prüfung mit Kegelprüfdorn



Kurzbeschreibung:

Die zu prüfende Mutter wird auf den konischen Gewindedorn bis Festsitz gedreht und in Spitzen aufgenommen. Die Prüflehre wird bei der Prüfung gedreht und am Messtaster, der die 6Kt. Flächen abtastet, wird die Abweichung abgelesen. Spielfreie Aufnahme

Vorteil:

Nachteil:

keine Prüfung nach dem Maximum Material – Prinzip

Abb. Prüfung Wanddickenunterschied mit Messschieber



Kurzbeschreibung:

Wanddickenunterschied an mehreren Messstellen aufnehmen und vergleichen.

Vorteil:

Nachteil:

schnelle Prüfung
ungenau Prüfung durch Handhabung des Messmittels und eventueller Formabweichungen am Produkt.

Praxisbeispiel für Prüfmittel-Fähigkeitsuntersuchung /Eignungsprüfung

Messgegenstand: Rundmutter M 8 mit Gewinde (Gage R&R Study)

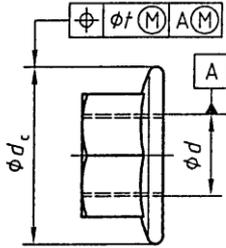
Wanddickenunterschied : 3 Meßstellen

	Messuhr Digital Aufnahme Kern Mit Kegeldorn	Messuhr Digital Aufnahme im Gewinde mit Kegeldorn	Messschieber Digital über 3 Stellen an der Mutter gemessen
	n=10	n=10	n=10
Prüfer	3	3	3
R&R	10,7%	5,1%	21%
Ergebnis	fähig	fähig	bedingt fähig

Einzelauswertungen: siehe Anlage 1-3

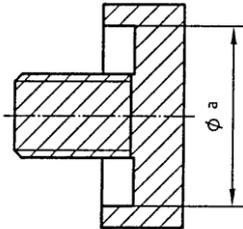
Bewertung: Aus den Prüfergebnissen der R&R Methode ist ersichtlich, dass die Meßmethode mit Messschieber über 3 Stellen gemessen die ungenauesten Ergebnisse liefert. Demnach ist diese Prüfung nur als grober Schätzwert zu betrachten.

6.5 Positionstoleranzen Mutterbund zum Gewinde

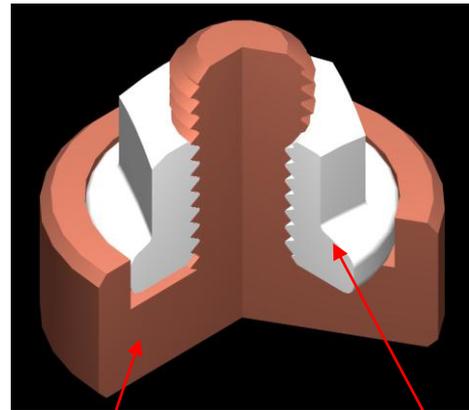


Toleranz: Mutter M16 DIN EN 1661 Produktklasse A
2IT 14 Toleranz = $2 \cdot 0,62\text{mm}$

Prüflehre



Prüflehre: Flansch d_c max. + 2 IT14
= $34,5 + 1,24 = 35,74\text{ mm}$



Prüflehre

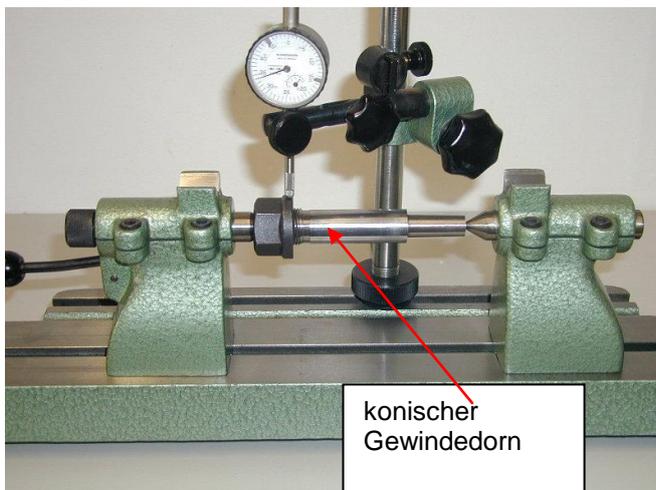
Bundmutter

Vorteil: - schnelle einfache Prüfung

Nachteil: - keine Messergebnisse zur Prozesszentrierung vorhanden
- zu kostenintensiv

Praxisbeispiel

Abb.



konischer
Gewindedorn

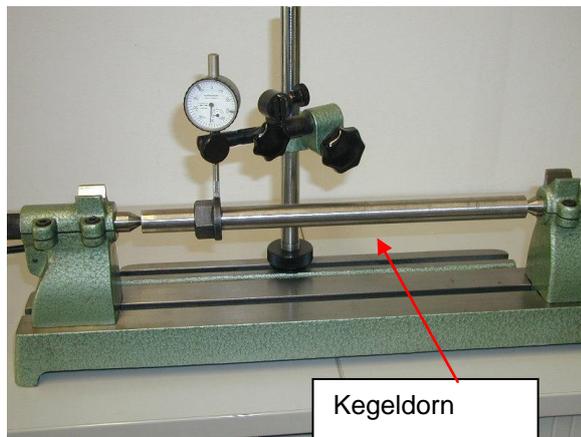
Kurzbeschreibung: Die zu prüfende Mutter wird auf den konischen Gewindedorn bis Festsitz gedreht und anschließend wird die Prüflehre in Spitzen aufgenommen.
Die Prüflehre wird bei der Prüfung gedreht und am Messtaster, der den Mutterbund abtastet, wird die Abweichung abgelesen.

Vorteil: Spielfreie Aufnahme

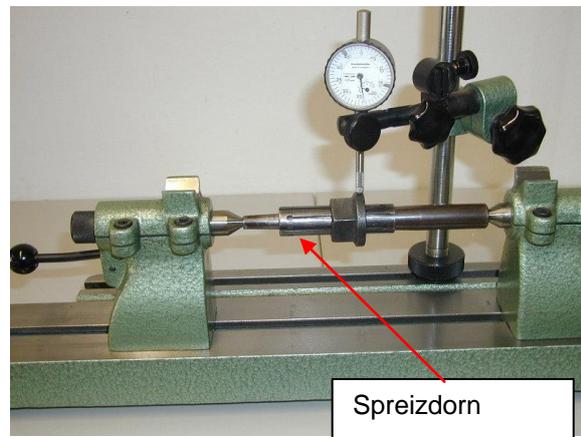
Nachteil: keine Prüfung nach Maximum Material

Prüfung in der Fertigung

Um das relevante Merkmal in der Fertigung zu prüfen hat sich folgende Prüfung bei der Fertigungsstufe „Pressen“ in der Praxis bewährt:



Prüfung mit Kegeldorn
Herstellung Kleinst bis Größtmaß
Kern Ø

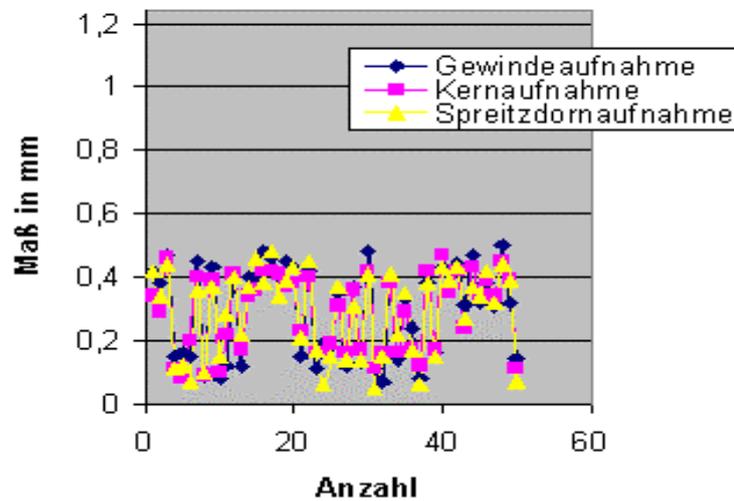


Prüfung mit Spreizdorn und Aufnahme im Kern der Mutter

Vergleich Kernaufnahme (Kegel und Spreizdorn) zur Aufnahme im Flanken Ø wie es die Norm DIN EN ISO 4759-1 vorgibt.

	Aufnahme Kegeldorn	Aufnahme Spreizdorn	Aufnahme Gewinde 4759 Teil 1
Anzahl	50	50	50
Mittelwert	0,297	0,288	0,289
Standardabweichung	0,142	0,123	0,134
Cp	1,10	1,29	1,18
Cpk	2,21	2,58	2,36

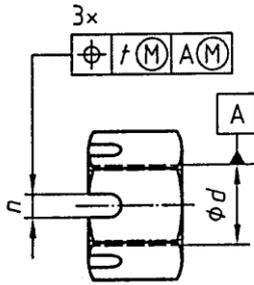
Positionstoleranz 4759T.1 Bundmutter



Bewertung:

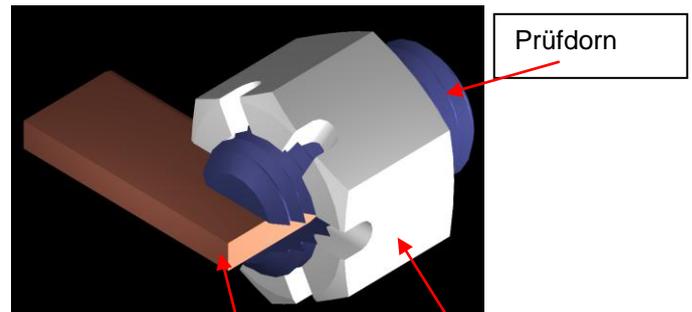
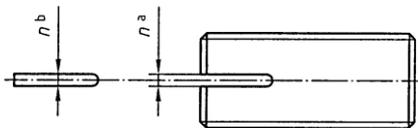
Aufgrund der Ergebnisse können durchaus die Messmittel Kegeldorn und Spreizdorn zur Prozessüberwachung bei der Fertigungsstufe Pressen eingesetzt werden.

6.6 Positionstoleranzen Nut an Kronenmüttern zum Gewinde



Toleranz: Mutter M16 DIN 935 T.1 Produktklasse A
2IT 13 Toleranz = 2*0,27 mm

Prüflehre



Prüflehre Keil : $nb = n \text{ min.} - 2IT13 = 4,5 - 0,54 = 3,96 \text{ mm}$
Prüflehre Nut : $na = n \text{ min.} = 4,5 \text{ mm}$

Prüfkeil

Mutter

- Vorteil:** - schnelle einfache Prüfung
- Nachteil:** - keine Messergebnisse zur Prozesszentrierung vorhanden
 - zu kostenintensiv

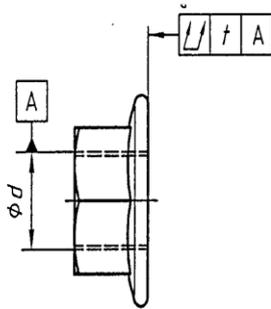
Praxisbeispiel

Abb.



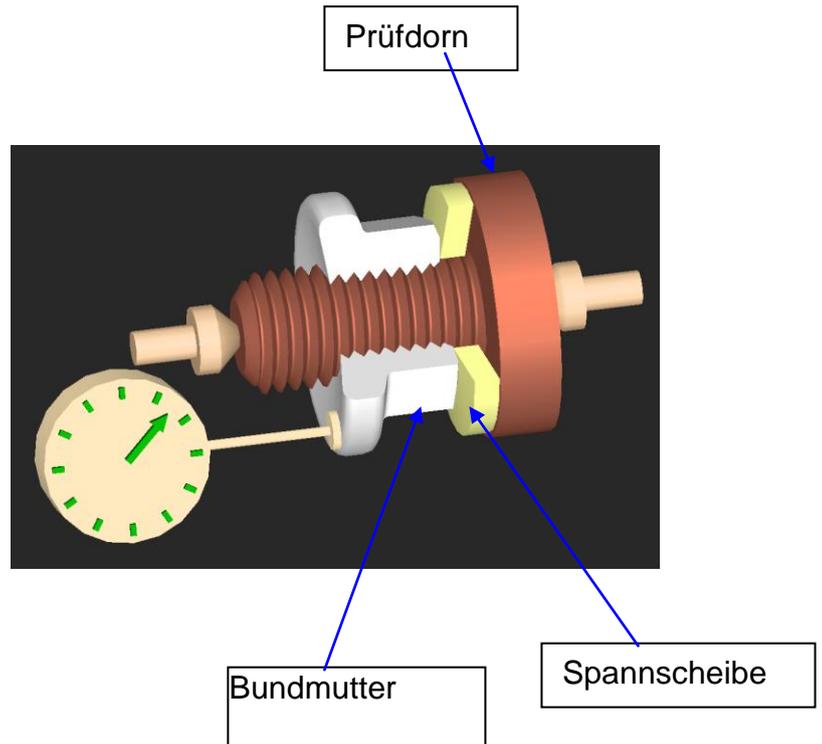
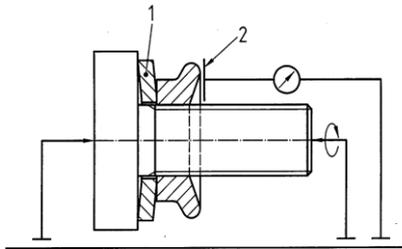
Der Grenzlehndorn wird durch die Nut und Innenbohrung eines Gewindezapfens geführt.

6.7 Gesamtplanlauftoleranzen an Muttern (Auflageflächen)



Flanschmuttern M16 DIN EN 1661
Produktklasse A $t = 0,34$ mm

Prüflehre (Aufbau)



Kurzbeschreibung

Die zu prüfende Mutter wird auf dem Prüfdorn gegen eine Spannscheibe verspannt und anschließend der Prüfdorn in Spitzen aufgenommen. Der Messtaster wird gegen die Auflagefläche gedrückt und die Messung erfolgt durch Drehung der Prüfdorns.

Praxisbeispiele

Prüfverfahren mit Lehre (Einzellösung)



Kurzbeschreibung: Die zu prüfende Mutter wird auf einen konischen Gewindedorn spielfrei aufgenommen und der Messtaster wird gegen die Stirnseite der Mutter gedrückt. Die Prüfung im Umfang erfolgt durch Drehung des mittleren Rändels.

Vorteil: Einfache Handhabung
Nachteil: Der Messkreis ist fest fixiert

Prüfverfahren mit Lehre aus Eigenfertigung



Kurzbeschreibung: Die hier abgebildete Prüflehre mit konischem Gewinde wurde in einer Spannung zerspanend hergestellt. Die Mutter wird so spielfrei aufgenommen und während einer Drehung der Prüflehre mit dem Messuhr abgetastet.

Vorteil: Einfache Handhabung und schnelle Reaktionszeit durch Eigenfertigung des Prüfdornes

Nachteil: -

7. Literatur:

Walter Jorden:

Form- und Lagetoleranzen

2., überarbeitete und ergänzte Auflage,
Carl Hanser Verlag München Wien, 2001

Trumpold, Beck, Richter:

Toleranzsysteme und Toleranzdesign – Qualität im Austauschbau

Carl Hanser Verlag München Wien, 1997

Aberle, Brinkmann, Müller:

Beuth-Kommentare-Prüfverfahren für Form- und Lageabweichungen

2., überarbeitete Auflage 1990, Beuth Verlag GmbH Berlin Köln

Georg Henzold:

DIN Normenheft 7

Anwendung der Normen über Form- und Lagetoleranzen in der Praxis

6. Auflage 2001, Beuth Verlag GmbH Berlin Köln
Herausgeber: DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN ISO 4759-1:2001-04

Beuth Verlag GmbH, April 2001

Prüfmittel-Fähigkeitsuntersuchung / Eignungsprüfung (Gage R&R Study)

Fastenrath Befestigungstechnik GmbH

Prüfmittel: MEASUREMENT	Benennung / Gage name: Meßuhr Digital		Funktion / Dep 0,001-12,7	Ident-Nr. / Gage No.: MUD01393	PMFU-Index 0	Datum / Date: 24.03.2004
Prüfteil: 10St. Sample:	Benennung / Description: Rundmutter M8 mit Gw.		Sach-Nr. / Part.No.: 542036	Merkmal / Characteristic: Positionstoleranz / Dorn	Spezifikation:	Toleranz / Tolerance: 0,54
0,1620	0,1520	0,0100	0,1750	0,1700	0,0050	0,1620 0,1610 0,0010
0,1560	0,1460	0,0100	0,1400	0,1560	0,0160	0,1580 0,1520 0,0060
0,1180	0,1100	0,0080	0,1330	0,1360	0,0030	0,1380 0,1530 0,0150
0,1550	0,1540	0,0010	0,2050	0,1540	0,0510	0,1620 0,1640 0,0020
0,1620	0,1790	0,0170	0,1760	0,1740	0,0020	0,1800 0,1670 0,0130
0,1190	0,1040	0,0150	0,1300	0,1520	0,0220	0,1040 0,1230 0,0190
0,0930	0,1070	0,0140	0,0920	0,1120	0,0200	0,0920 0,1140 0,0220
0,1270	0,1230	0,0040	0,1130	0,1100	0,0030	0,1310 0,1280 0,0030
0,1510	0,1370	0,0140	0,1550	0,1640	0,0090	0,1440 0,1530 0,0090
0,1230	0,1340	0,0110	0,1270	0,1400	0,0130	0,1380 0,1440 0,0060
2,7120			2,9140			2,8680
Jenkel		0,10	Kuchta		0,14	M.Schulte 0,10
XQuer A			XQuer B		XQuer C	
0,136			0,146		0,143	
MAXXQuer	-MINXXQ	XQuerDIFF		RQuer	Berechnungen auf Annahme von +- 2.58s 99% Calculations based upon predicting 5.15 sigma	
0,146	0,136	0,010		0,0115		
Messwertanalyse / Measurement Unit Analysis				Prozentuale Toleranz-Analyse		
Geräteabweichung (E.V.) / Equipment Variation (E.V.) Repeatability				% Tolerance Analysis		
RQuer		K 1	E.V.	100xEV / Toleranz	E. V.	
0,0115	X	4,56	= 0,052288		9,6830	
Reproduzierbarkeit (A.V.) / Reproducibility				100xAV / Toleranz		
$\sqrt{[xquerDiff \cdot xK2]**2 - EV**2} / nxr$			A.V.	A. V.		
			= 0,0246364	4,5623		
K 2 =	2,7	nxr= 10*2		100xR&R / Toleranz		
Wiederholbarkeit & Reproduzierbarkeit				R & R		
Repeatability & Reproducibility			R & R	R & R		
$\sqrt{EV**2 + AV**2}$			= 0,0578013	10,7039		
Ergebnis der Prüfmittelfähigkeitsanalyse R&R:				Aktivität / Corrective Action		
Result - Measurement						
Kleiner 20 / smaller 20						
Bedingt fähig / may be acceptable						
Nächster Prüftermin				Verantwortlich:		
				Responsibility		
				Termin / Date:		

Prüfmittel-Fähigkeitsuntersuchung / Eignungsprüfung (Gage R&R Study)

Fastenrath Befestigungstechnik GmbH

Prüfmittel: MEASUREMENT	Benennung / Gage name: Meßuhr Digital	Funktion / Dep 0,001-12,7	Ident-Nr. / Gage No.: MUD 01393	PMFU-Index 0	Datum / Date: 24.03.2004			
Prüfteil:10St Sample:	Benennung / Description: Rundmutter M8 mit Gw.	Sach-Nr. / Part.No.: 542036	Merkmal / Characteristic: Positionstoleranz / Gewinde	Spezifikation:	Toleranz / Tolerance: 0,54			
0,1690	0,1710	0,0020	0,1780	0,1790	0,0010	0,1780	0,1720	0,0060
0,1900	0,1900	0,0000	0,1840	0,1820	0,0020	0,1840	0,1850	0,0010
0,1450	0,1400	0,0050	0,1450	0,1400	0,0050	0,1500	0,1500	0,0000
0,1970	0,2010	0,0040	0,2100	0,1790	0,0310	0,1640	0,1770	0,0130
0,1750	0,1790	0,0040	0,1860	0,1810	0,0050	0,1860	0,1850	0,0010
0,0800	0,0780	0,0020	0,1020	0,1070	0,0050	0,1030	0,1010	0,0020
0,1430	0,1440	0,0010	0,1300	0,1430	0,0130	0,1450	0,1420	0,0030
0,2080	0,2070	0,0010	0,1950	0,1840	0,0110	0,2020	0,1860	0,0160
0,1940	0,1950	0,0010	0,1600	0,1890	0,0290	0,1740	0,1750	0,0010
0,1590	0,1630	0,0040	0,1490	0,1570	0,0080	0,1680	0,1660	0,0020
3,3280			3,2800			3,2930		
Jenkel		0,02	Kuchta		0,11	M. Schulte		0,05
XQuer A			XQuer B			XQuer C		
0,166			0,164			0,165		

MAXXQuer	-MINXXQ	XQuerDIFF
0,166	0,164	0,002

RQuer
0,0060

Berechnungen auf Annahme von +- 2.58s 99%
Calculations based upon predicting 5.15 sigma

Messwertanalyse / Measurement Unit Analysis

Geräteabweichung (E.V.) / Equipment Variation (E.V.) Repeatability

RQuer	X	K 1	=	E.V.
0,0060		4,56		0,027208

Reproduzierbarkeit (A.V.) / Reproducibility

$\sqrt{[xquerDiff \cdot xK2]**2 - EV**2} / nxr$	=	A.V.
		0,0022308
K 2 =	2,7	nxr= 10*2

Wiederholbarkeit & Reproduzierbarkeit

Repeatability & Reproducibility	=	R & R
$\sqrt{EV**2 + AV**2}$		0,0272993

Prozentuale Toleranz-Analyse

% Tolerance Analysis

100xEV / Toleranz	E. V.
	5,0385

100xAV / Toleranz	A. V.
	0,4131

100xR&R / Toleranz	R & R
	5,0554

Ergebnis der Prüfmittelfähigkeitsanalyse R&R:

Result - Measurement

Kleiner 20 / smaller 20
Fähig / satisfactory

Nächster Prüftermin

Aktivität / Corrective Action

Verantwortlich:
Responsibility

Termin / Date:

Prüfmittel-Fähigkeitsuntersuchung / Eignungsprüfung (Gage R&R Study)

Fastenrath Befestigungstechnik GmbH

Prüfmittel: MEASUREMENT	Benennung / Gage name: Messschieber		Funktion / Dep 0 - 150mm	Ident-Nr. / Gage No.: MED 7	PMFU-Index 0	Datum / Date: 24.03.2004
Prüfteil: 10 St Sample:	Benennung / Description: Rundmutter M8 mit Gw.		Sach-Nr. / Part.No.: 542036	Merkmal / Characteristic: Wanddickenunterschied.	Spezifikation:	Toleranz / Tolerance: 0,54
0,1400	0,1300	0,0100	0,1100	0,1100	0,0000	0,1300 0,0700 0,0600
0,1300	0,1100	0,0200	0,1300	0,1000	0,0300	0,0400 0,1200 0,0800
0,1100	0,1000	0,0100	0,1200	0,0900	0,0300	0,0900 0,0900 0,0000
0,1500	0,1300	0,0200	0,1400	0,1100	0,0300	0,1500 0,1500 0,0000
0,1700	0,1700	0,0000	0,1600	0,1300	0,0300	0,1700 0,1100 0,0600
0,0700	0,0800	0,0100	0,0800	0,0800	0,0000	0,0700 0,0700 0,0000
0,1000	0,0800	0,0200	0,0600	0,1000	0,0400	0,0700 0,1500 0,0800
0,1300	0,1200	0,0100	0,1100	0,1000	0,0100	0,1000 0,1100 0,0100
0,1500	0,1300	0,0200	0,0900	0,1400	0,0500	0,1600 0,1500 0,0100
0,1400	0,1100	0,0300	0,1100	0,0900	0,0200	0,1200 0,0900 0,0300
2,4500			2,1600			2,2100
Jenkel		0,15	Kuchta		0,24	M. Schulte 0,33
XQuer A			XQuer B		XQuer C	
0,123			0,108		0,111	
MAXXQuer	-MINXXQ	XQuerDIFF		RQuer	Berechnungen auf Annahme von +- 2.58s 99% Calculations based upon predicting 5.15 sigma	
0,123	0,108	0,015		0,0240		
Messwertanalyse / Measurement Unit Analysis				Prozentuale Toleranz-Analyse		
Geräteabweichung (E.V.) / Equipment Variation (E.V.) Repeatability				% Tolerance Analysis		
RQuer		K 1	E.V.	100xEV / Toleranz	E. V.	
0,0240	X	4,56	0,10944		20,2667	
Reproduzierbarkeit (A.V.) / Reproducibility				100xAV / Toleranz	A. V.	
$\sqrt{[xquerDiff \cdot xK2]**2 - EV**2} / nxr$			A.V.		5,6591	
K 2 =	2,7	nxr= 10*2	0,0305592	100xR&R / Toleranz	R & R	
Wiederholbarkeit & Reproduzierbarkeit					21,0419	
Repeatability & Reproducibility			R & R			
$\sqrt{EV**2 + AV**2}$			0,1136265			
Ergebnis der Prüfmittelfähigkeitsanalyse R&R:				Aktivität / Corrective Action		
Result - Measurement						
Zwischen 20 und 30 / between 20 and 30						
Bedingt fähig / may be acceptable						
Nächster Prüftermin				Verantwortlich:		
				Responsibility		
				Termin / Date:		



DEUTSCHER SCHRAUBENVERBAND E.V.
HERSTELLER MECHANISCHER VERBINDUNGSELEMENTE

Inhaltliche Fragen zu diesem Dokument richten Sie bitte an die
Geschäftsstelle des Deutschen Schraubenverbandes e.V.

Erstellt vom AK „DIN EN ISO 4759-1“ im AK Oberflächenschutzsysteme