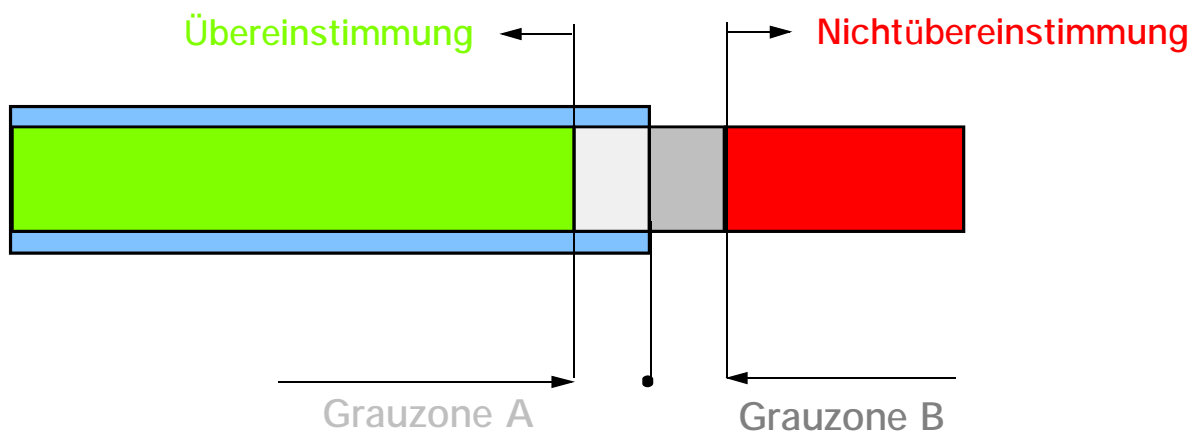




Verzahnte Lehren und Meister

Die Annahme oder Zurückweisung
von verzahnten Lehren und Meistern
bezüglich Maß- und Formtoleranzen



© Rudolf Och

Änderungen zur Vorversion ab Seite 18

Inhalt

	Seite
1. Einleitung	3
2. Toleranz und Messunsicherheit	3
3. Verschiedene Lagen von Messwerten	4
4. Grauzone und DIN EN ISO 14253	7
5. Annahme und Zurückweisungsirrtum	8
6. Unterteilung der Grauzone	11
7. Absprachen A und B	12
8. Verhältnisse von möglichen Annahme- und Zurückweisungsirrtümern	14
9. Prioritätenregelungen	17
10. Standardvereinbarung	18
11. Bestimmung der Messunsicherheiten	19
12. Merkmale der Einzelformabweichungen	22

1. Einleitung

Jede irgendwie geartete Toleranz besitzt Toleranzgrenzen. Die Einhaltung der Toleranzgrenzen wird als selbstverständlich betrachtet. Solche scharf gezogene Grenzen werfen bei genauer Betrachtung jedoch eine Reihe von Fragen auf. Jede Grenze besitzt mehrere Arten von Unschärfen. Einflussfaktoren von Unschärfen sind zum Beispiel:

Art der eingesetzten Prüfmethode Auflösung einer Prüfmethode Menschliche Einflussnahme Rundungsmethoden Rechenalgorithmen von Ersatzelementen Überlagerungen von verschiedenen Abweichungen Umweltschwankungen Messunsicherheiten
--

Bisher wurden scharf gezogene Toleranzgrenzen durch eine einfache Betrachtungsweise und eine gewohnheitsmäßige menschliche Akzeptanz entschärft. Bei analogen und visuellen Auswertungen wurden Messwerte zur Toleranzgrenze hin mit den Mechanismen des gesunden Menschenverstandes gerundet. Dann wurden Messwerte knapp außerhalb der Toleranzgrenze um eine Einheit der Auflösung oder oft auch mit 10% als Messunsicherheit akzeptiert. Durch die digitale Messtechnik, die Auslagerung vieler Prozesse, eine veränderte Rechtslage und detailliertere Betrachtungsweisen ist die Behandlung von Toleranzgrenzen einem starken Wandel unterworfen. Die DIN EN ISO 14253 ist das Ergebnis solcher Veränderungen. Sie beschäftigt sich mit den Entscheidungsregeln für die Annahme oder Zurückweisung von Werkstücken bezüglich der Toleranzgrenzen. Die Messunsicherheit spielt dabei eine zentrale Rolle.

2. Toleranz und Messunsicherheit

Es gibt einseitige und zweiseitige Toleranzen. Einseitige Toleranzen sind als minimum oder maximum bekannt. Zweiseitige Toleranzen beinhalten sowohl eine Minimum- als auch eine Maximum-Vorgabe. Der Einfachheit halber soll hier eine einseitige Toleranzgrenze, zum Beispiel die Profilgesamtabweichung einer Evolventenverzahnung betrachtet werden. Der Wert Null beschreibt die ideale Form der Evolvente, der Wert TG die noch zulässige Abweichung von der idealen Evolvente.

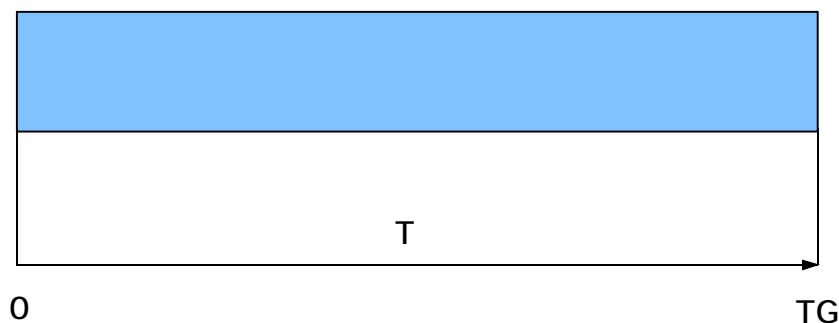


Bild1: Einseitige Toleranz

T	Toleranz
TG	Toranzgrenze

Soll ein Prüfling als ordnungsgemäß angenommen werden, so darf der Istwert eines Merkmales die vorgegebene Toleranzgrenze nicht überschreiten. Der Istwert ist jedoch nur theoretisch vorhanden. Praktisch liegt nur ein Messwert vor, der mit einer gewissen Messungenaugigkeit bestimmt wurde.

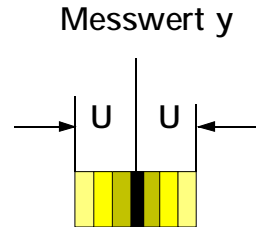


Bild 2: Messwert und Messunsicherheit

y	Messwert
U	Messunsicherheit

3. Verschiedene Lagen von Messwerten

Innerhalb des Messunsicherheitsbereiches von $2U$ ist der tatsächliche Istwert unbekannt und kann um $\pm U$ vom gemessenen Messwert abweichen. Solange der Messwert deutlich innerhalb der zulässigen Toleranz liegt, stellt die Messunsicherheit kein Problem dar. Es besteht die eindeutige Übereinstimmung aller, dass der mögliche Istwert innerhalb der Toleranzgrenze liegt und das Werkstück angenommen wird.

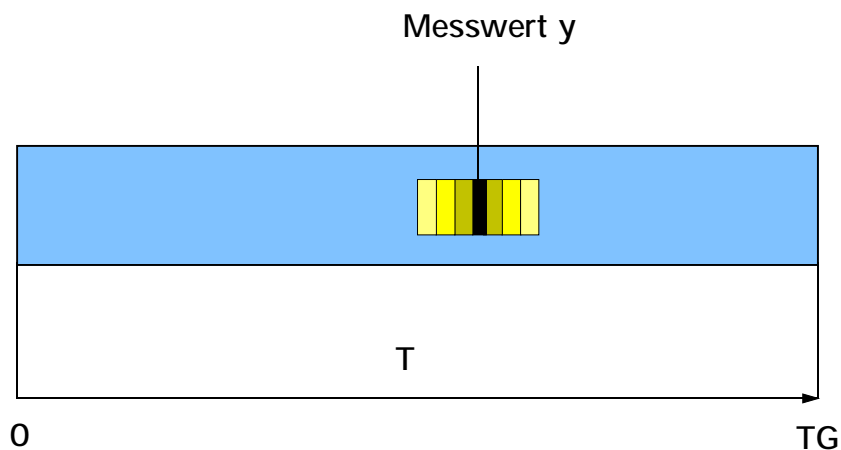


Bild 3: Messwert in Toleranz

Diese Übereinstimmung besteht bei Messwerten, die deutlich innerhalb der Toleranzgrenze sind. Der Bereich der Übereinstimmung endet dann, wenn ein Messwert zusätzlich seiner Messunsicherheit U an die Toleranzgrenze anstößt. Es besteht in diesem Fall gerade noch die Übereinstimmung, dass der mögliche Istwert innerhalb der Toleranzgrenze liegt und das Werkstück wird noch angenommen.

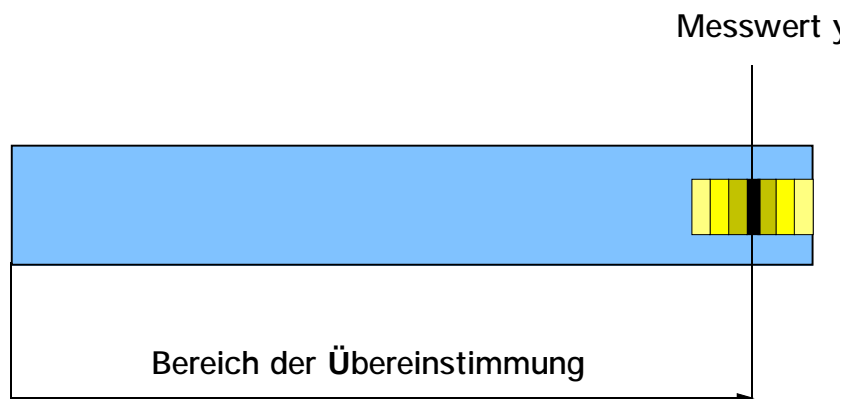


Bild 4: Bereich der Übereinstimmung

Schwierig wird die Entscheidung, wenn eine Überlappung des Messwertes und seiner Messunsicherheit mit der Toleranzgrenze vorliegt. Dann hat der Messwert den Bereich der Übereinstimmung verlassen. Es kann keine Entscheidung mehr gefällt werden, ob der Istwert innerhalb oder außerhalb der Toleranzgrenze liegt. Diese mögliche Überlappung stellt einen Bereich der Unsicherheit dar.

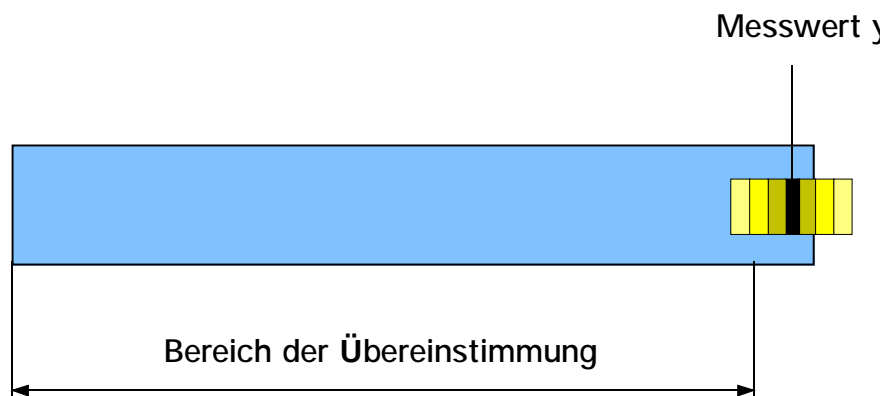


Bild 5: Überschreitung des Bereiches der Übereinstimmung

Der Messwert y wird erst dann wieder eindeutig beurteilbar, wenn er im Bereich der Nichtübereinstimmung liegt. Dann kann mit Sicherheit entschieden werden, dass der mögliche Istwert außerhalb der Toleranzgrenze liegt. Genau ab dieser Lage des Messwertes besteht Einigkeit, dass das Werkstück mit der Toleranzforderung nicht übereinstimmt. Solche Werkstücke werden eindeutig zurückgewiesen.

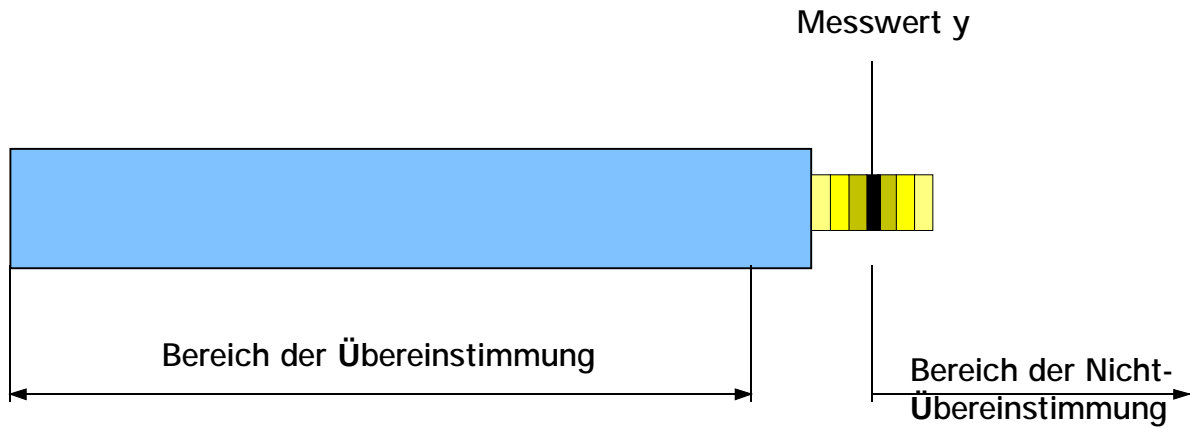


Bild 6: Bereich der Nicht-Übereinstimmung

Sowohl Messwerte im Bereich der Übereinstimmung, als auch im Bereich der Nicht-übereinstimmung bereiten keine Entscheidungsschwierigkeiten. Bei Messwerten im Bereich der Unsicherheit ist deren möglicher Istwert jedoch nicht mehr innerhalb oder außerhalb der Toleranzgrenze einordenbar.

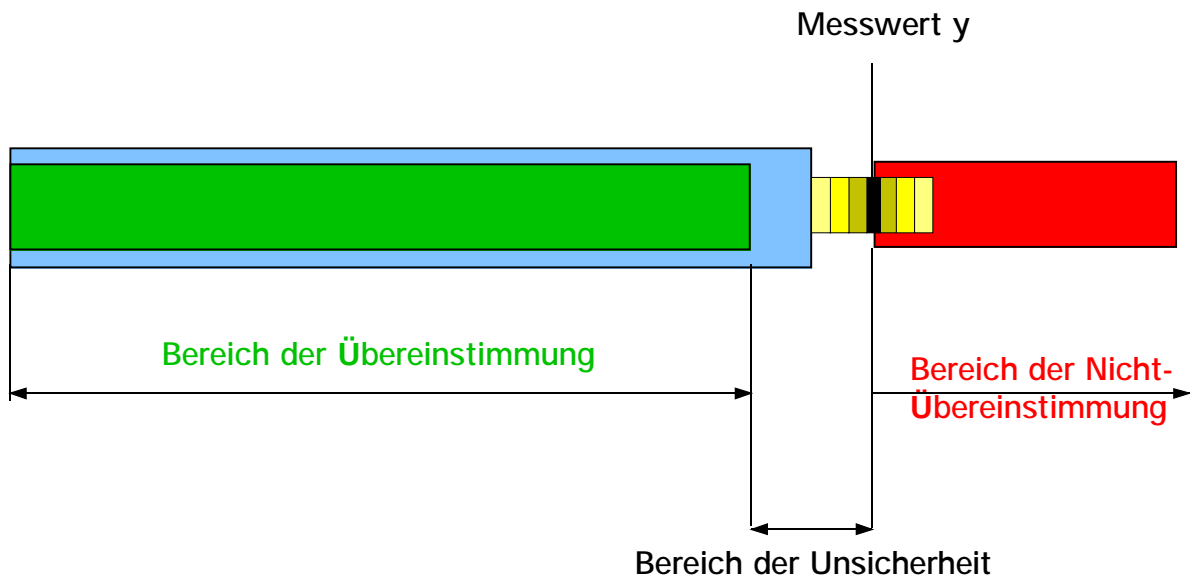


Bild 7: Bereich der Unsicherheit

4. Grauzone und DIN EN ISO 14253

Der Bereich der Unsicherheit ist eine Grauzone, in der nicht eindeutig entschieden werden kann, ob die Toleranzanforderung erfüllt ist oder nicht. Die DIN EN ISO 14253 schlägt folgende Lösungsmöglichkeiten vor:

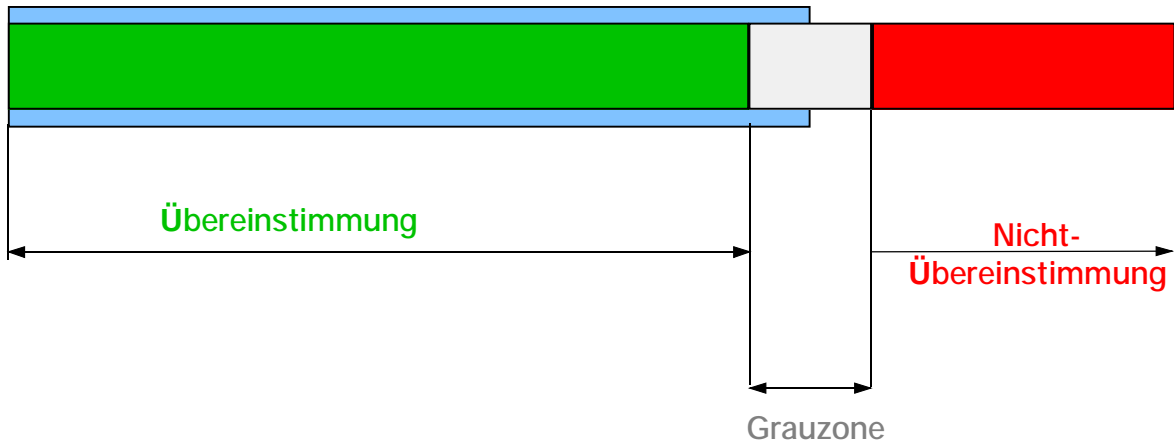


Bild 8. Grauzone

- Auf irgendeine Weise die Messunsicherheit senken
- Im voraus eine Absprache zwischen den Parteien treffen
- Das Werkstück zurückweisen

Die praktische Behandlung von Prüflingen mit einem Messwert innerhalb der Grauzone sollte vor der Messung schon klargestellt sein. Die DIN EN ISO 14253 sagt aus, dass bei fehlenden Absprachen Werkstücke mit einem Messwert in der Grauzone zurückgewiesen werden. Also werden beide untenstehenden Prüflinge zurückgewiesen:

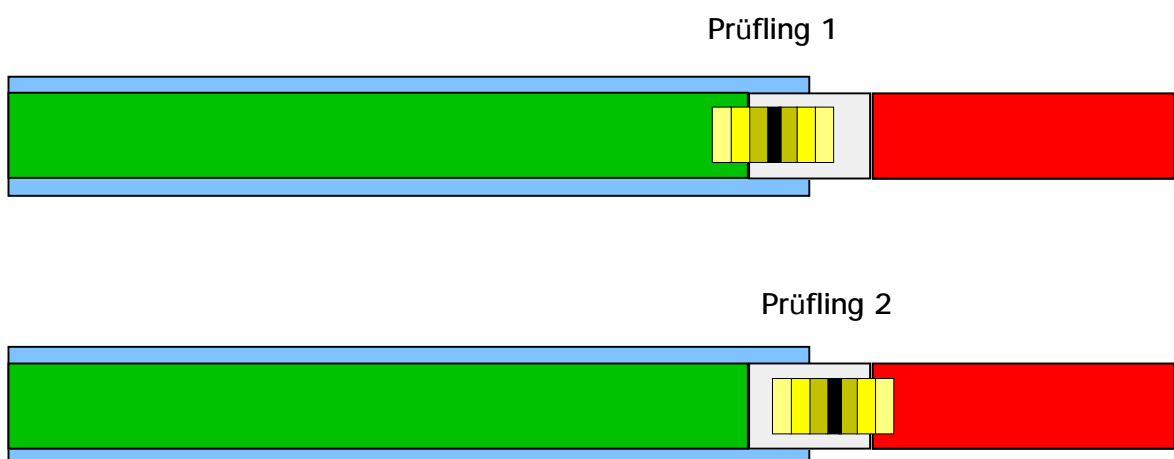


Bild 9: 2 Prüflinge in der Grauzone

5. Annahme- und Zurückweisungsirrtum

Durch diese Handhabung wird absolut sichergestellt, dass Prüflinge mit einem möglichen Istwert außerhalb der Toleranzgrenze zurückgewiesen werden. Gleichzeitig wird aber billigend in Kauf genommen, dass auch Prüflinge mit einem möglichen Istwert innerhalb der Toleranz zurückgewiesen werden. Ein Prüfling wird zurückgewiesen, obwohl sein Istwert deutlich innerhalb der Übereinstimmung liegen kann. Bei der absoluten Vermeidung von Prüflingen mit möglichen Istwerten außerhalb der Toleranzgrenze wird somit ein Zurückweisungsirrtum billigend in Kauf genommen.

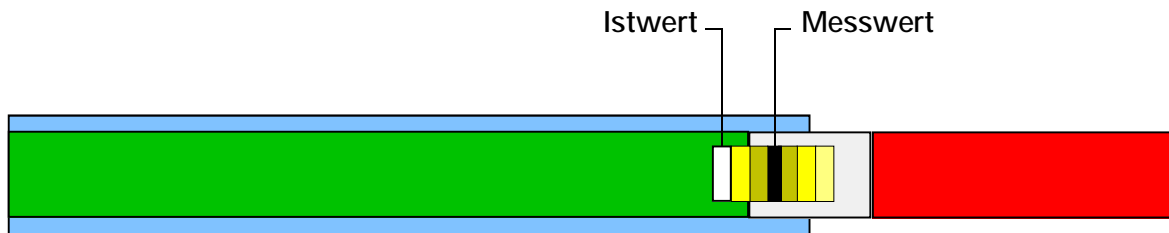


Bild 10: Messwert und Istwert

Dieser Zurückweisungsirrtum kann größenmäßig bis zu $2 \cdot U$ betragen. Dafür entsteht aber kein Annahmerrtum. Prüflinge mit einem möglichen Istmaß außerhalb der Toleranzgrenze können nicht irrtümlich angenommen werden.

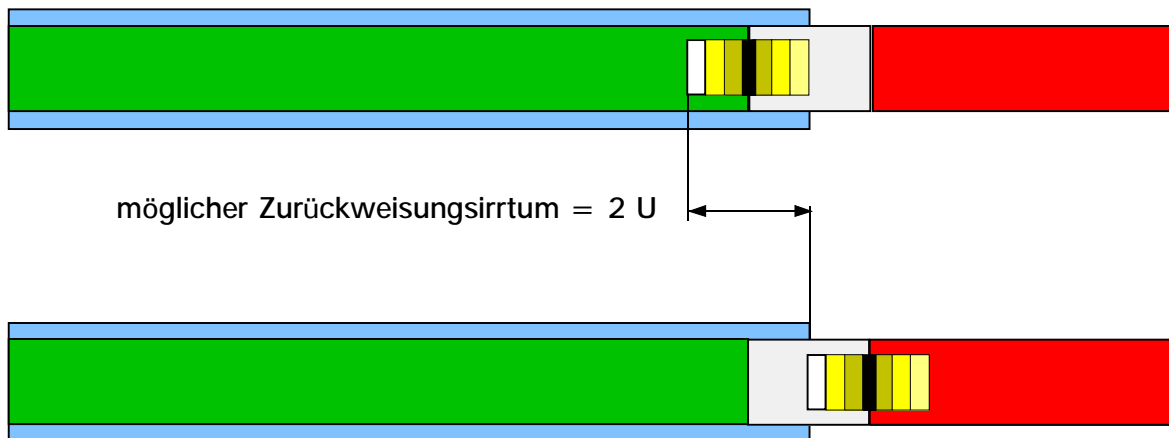


Bild 11: Zurückweisungsirrtum

Die Akzeptanz des relativ hohen Zurückweisungsirrtumes und der damit erkaufte absoluten Sicherheit von angenommenen Prüflingen mit einem möglichen Istwert außerhalb der Toleranzgrenze ist in vielen Fällen angebracht, in vielen Fällen teuer und in manchen gar unmöglich. Der mögliche prozentuale Zurückweisungsirrtum ZI_1 in Prozent errechnet sich bei einseitigen Toleranzen aus dem Verhältnis der Messunsicherheit U zur Toleranzgröße T :

$$ZI_1\% = 2U \times 100 / T$$

Beispiele für den prozentualen Zurückweisungsirrtum bei einseitigen Toleranzgrenzen:

Beispiel 1: Prüfung des Rundlaufes eines Zahnrades mit Bohrung		
Aufnahme des Zahnrades:	auf einem Spanndorn	
Aufnahme des Spanndornes:	zwischen festen Spitzen	
Prüfmittel:	Messständer mit Messuhr und Messkugelein- satz	
Erweiterte Messunsicherheit U:		0.004 mm
Prüflingstoleranz:		0.030 mm
Zurückweisungsirrtum	$ZI_1 = 2 \times 0.004 / 0.030 \times 100$	26.67 %

Beispiel 2: Prüfung der Teilungsgesamtabweichung eines Zahnrades zur Bohrung		
Aufnahme des Zahnrades:	Dreibackenfutter	
Prüfmittel:	3D - Messmaschine	
Ausrichtung:	Bohrungsachse Ausgleichszylinder	
Messmethode:	3-Messachsen	
Erweiterte Messunsicherheit U:		0.004 mm
Prüflingstoleranz:		0.020 mm
Zurückweisungsirrtum	$ZI_1 = 2 \times 0.004 / 0.020 \times 100$	40 %

Beispiel 3: Prüfung der Profilgesamtabweichung eines Lehrzahnrades zur Bohrung		
Aufnahme des Lehrzahnrades:	Hydrodehnspanndorn	
Prüfmittel:	Verzahnungsmessmaschine	
Ausrichtung:	Zentrierspitzen	
Messmethode:	4-Messachsen	
Erweiterte Messunsicherheit U:		0.002 mm
Prüflingstoleranz:		0.005 mm
Zurückweisungsirrtum	$ZI_1 = 2 \times 0.002 / 0.005 \times 100$	80 %

Der mögliche Zurückweisungsirrtum ist oft enorm und kann sogar 100% übersteigen. Spätestens dann wird die Notwendigkeit von abgestimmten Absprachen erkennbar. Zweiseitige Toleranzgrenzen werden hier nicht ausdrücklich behandelt, aber kurz betrachtet. Die Grauzonen entstehen bei zweiseitigen Toleranzgrenzen an beiden Toleranzgrenzen und der mögliche Zurückweisungsirrtum verdoppelt sich.

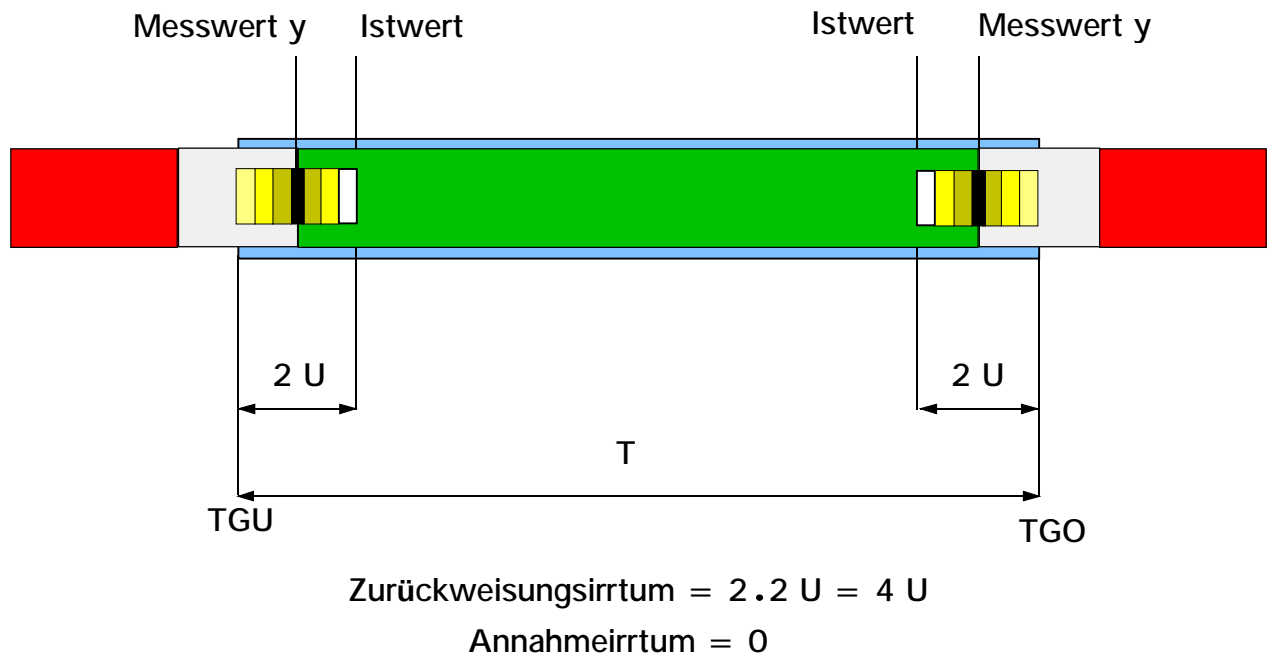


Bild 12: Zurückweisungsirrtum bei zweiseitigen Toleranzgrenzen

Der mögliche Zurückweisungsirrtum ZI_2 für zweiseitige Toleranzgrenzen beträgt prozentual:

$$ZI_2\% = 4U \times 100 / T$$

Ist die Zurückweisung von Prüflingen mit Messwert in der Grauzone nicht durchführbar und eine Verringerung der Messunsicherheit wirtschaftlich oder technisch nicht möglich, so ist diese Sackgassensituation durch Absprachen lösbar. Dies wird immer dann notwendig sein, wenn das Verhältnis der Messunsicherheit zur Toleranz zu groß ist.

6. Unterteilung der Grauzone

Bei genauer Betrachtung der Grauzone besteht sie aus zwei Bereichen. Die Grauzone A befindet sich noch innerhalb der Toleranz, während sich Grauzone B bereits außerhalb der Toleranz befindet.

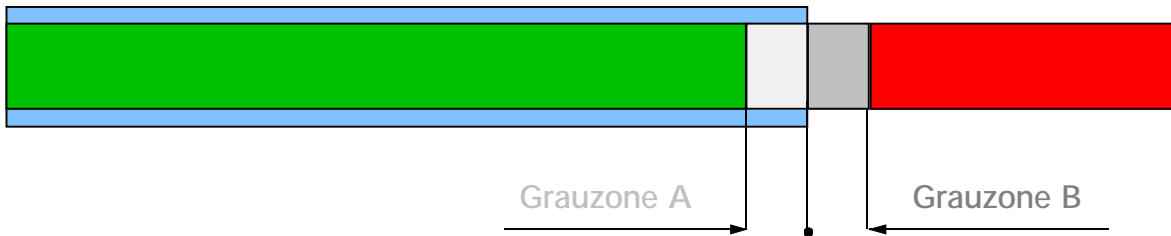


Bild 13: Grauzone A und B

Messwerte von Werkstücken können sowohl in Grauzone A, als auch in Grauzone B liegen. Der Messwert des Prüflings 1 befindet sich noch innerhalb der Toleranz, der Messwert des Prüflings 2 ist schon außerhalb der Toleranzgrenze. Trotzdem könnten die Istwerte beider Prüflinge sowohl innerhalb, als auch außerhalb der Toleranzgrenze liegen. Die Wahrscheinlichkeit, dass der Istwert innerhalb der Toleranzgrenze liegt, ist bei Prüfling 1 jedoch deutlich größer, als bei Prüfling 2.

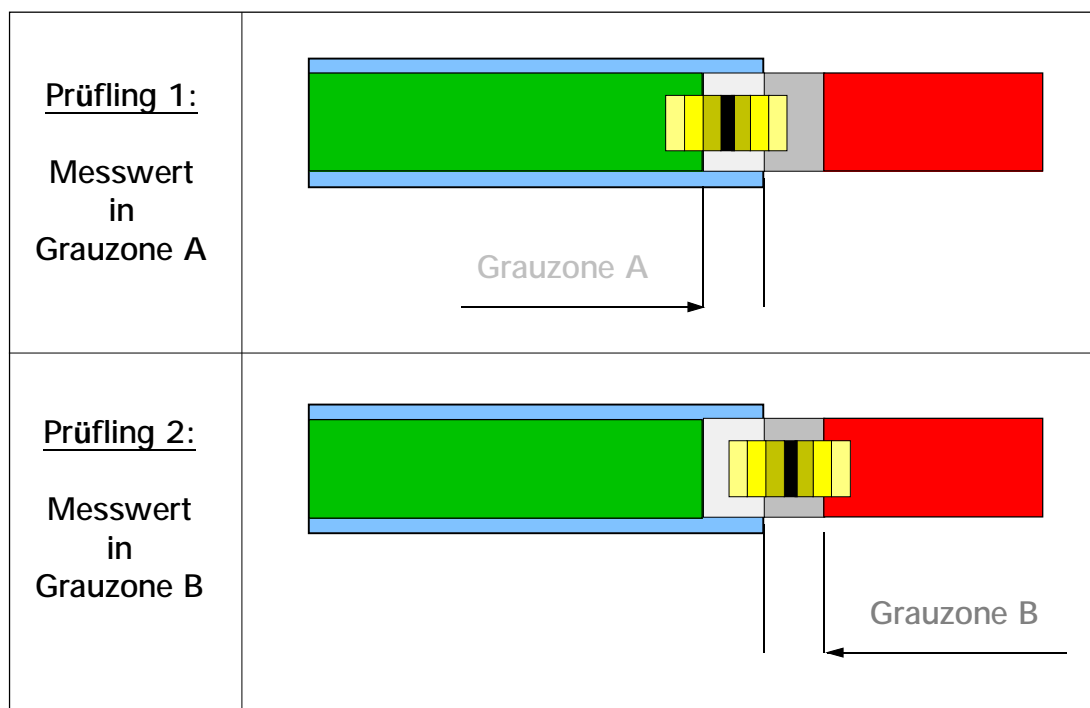


Bild 14: Messwerte in Grauzone A und B

Istwerte von Prüflingen mit Messwert in Grauzone A bergen keinerlei Risiko, in den Bereich der Nicht-Übereinstimmung eingeordnet zu werden. Sie besitzen sogar eine Chance, in den Bereich der Übereinstimmung zu fallen.

Istwerte von Prüflingen mit Messwert in Grauzone B bergen das Risiko in den Bereich der Nichtübereinstimmung zu fallen. Sie besitzen keine Chance in den Bereich der Übereinstimmung zu fallen.

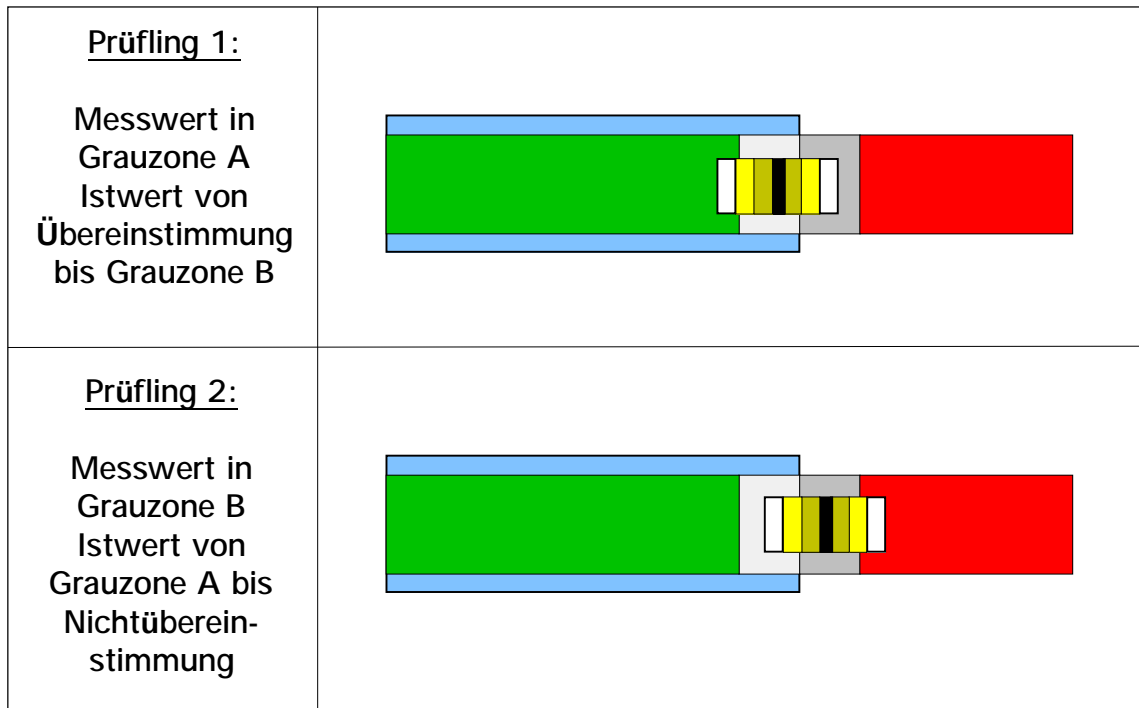


Bild 15: Messwerte und mögliche Istwerte

Ist es technisch oder wirtschaftlich nicht sinnvoll, Prüflinge mit Messwerten außerhalb der Übereinstimmung zurückzuweisen, so sind Absprachen notwendig. Sie können verschiedenes Aussehen haben. Möglich sind zum Beispiel:

7. Absprachen A und B

Absprache A: Prüflinge werden erst dann zurückgewiesen, wenn der Messwert außerhalb der Grauzone A liegt (= außerhalb der Toleranzgrenze)

Absprache B: Prüflinge werden erst dann zurückgewiesen, wenn der Messwert außerhalb der Grauzone B liegt (= außerhalb der um die Messunsicherheit erweiterten Toleranzgrenze)

Bei Absprache A entsteht sowohl möglicher Zurückweisungsirrtum, als auch Annahmeirrtum:

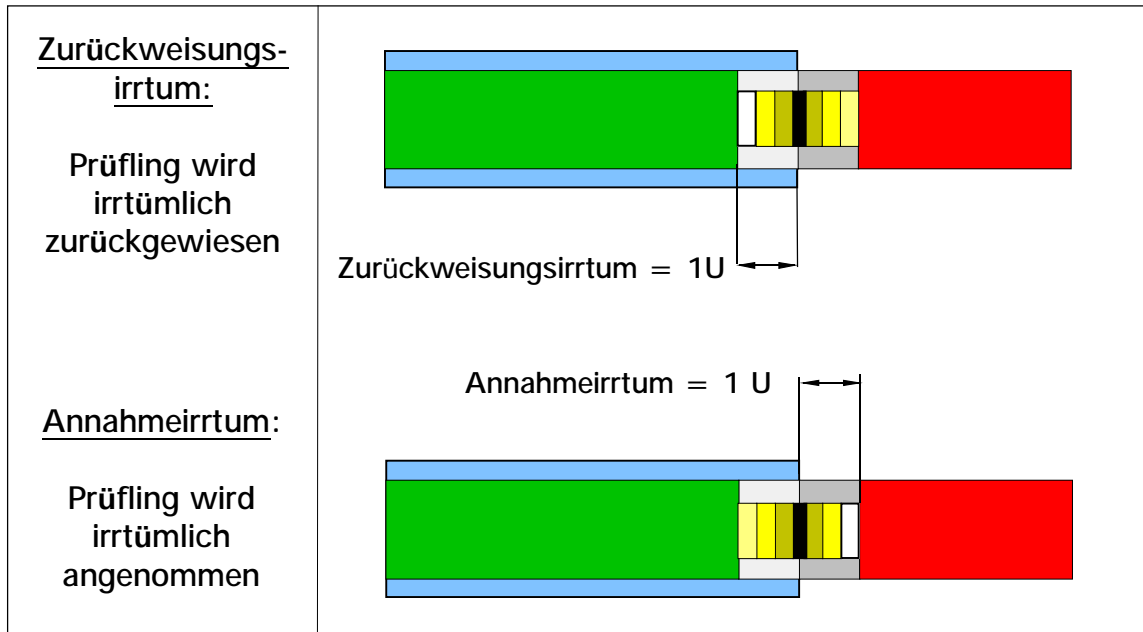


Bild 16: Mögliche Irrtümer bei Absprache A

Bei Absprache B entsteht nur möglicher Annahmeirrtum:

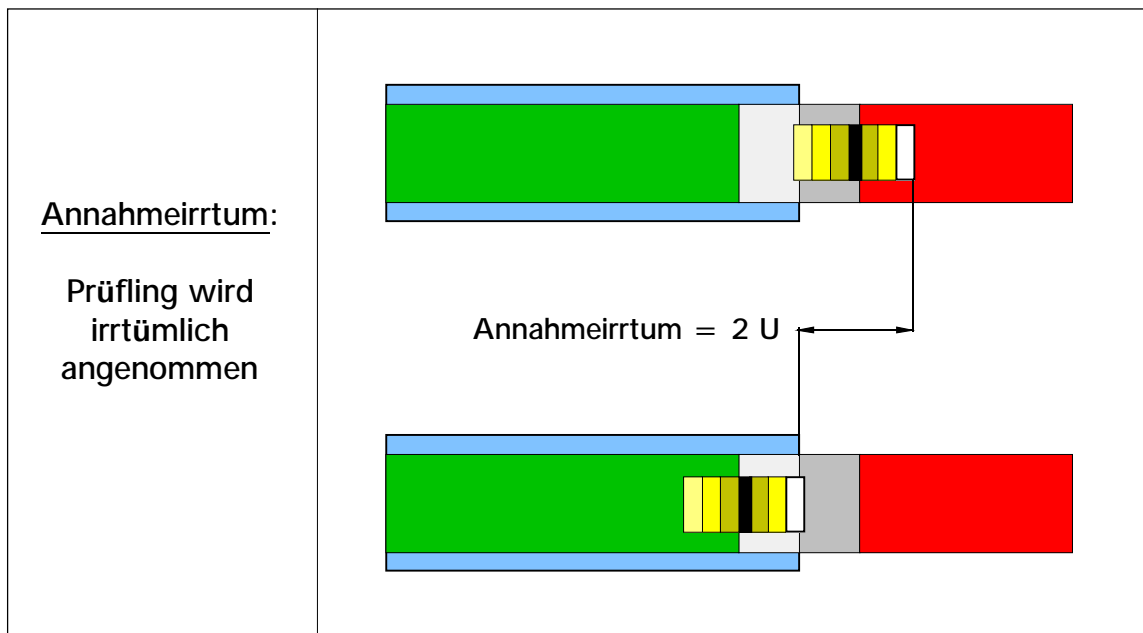


Bild 17: Mögliche Irrtümer bei Absprache B

Absprachen werden dann notwendig, wenn der mögliche Zurückweisungsirrtum wirtschaftlich oder technisch nicht mehr vertretbar ist, ein möglicher Annahmeirrtum aber zu keinen schwerwiegenden Konsequenzen führt.

Einseitige Toleranz	Zurückweisungsirrtum	Annahmeirrtum
Ohne Absprache	2 U	0
Absprache A	1 U	1 U
Absprache B	0	2 U

Zweiseitige Toleranz	Zurückweisungsirrtum	Annahmeirrtum
Ohne Absprache	4 U	0
Absprache A	2 U	2 U
Absprache B	0	4 U

8. Verhältnisse von möglichen Annahme- und Zurückweisungsirrtümern

Das Verhältnis des möglichen Zurückweisungsirrtumes zur Toleranz bestimmt die technischen und wirtschaftlichen Grenzen für Annahmebedingungen ohne oder mit Absprachen.

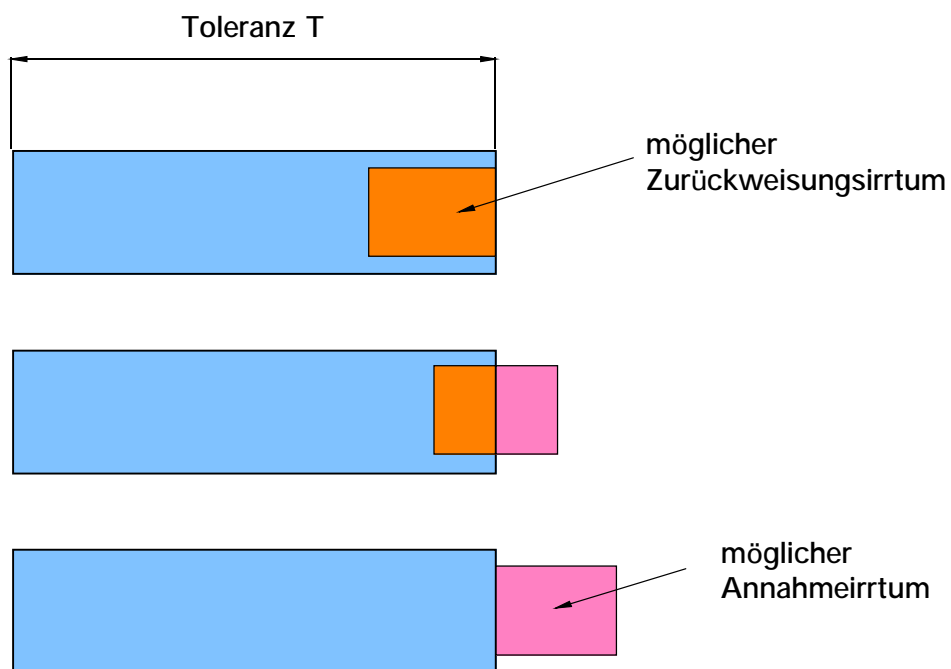


Bild 18: Maßstäbliche Darstellung von Toleranz und Irrtümern

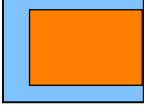
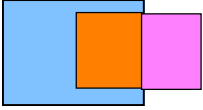
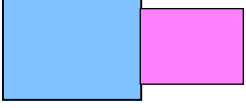
Beispiel 1: Prüfung der Profilgesamtabweichung eines Lehrzahnrades zur Bohrung					
Prüflingstoleranz: 0.005 mm				Erweiterte Messunsicherheit U: 0.002 mm	
	Zurückweisungs- irrtum		Annahme- irrtum		
	mm	%	mm	%	
Ohne Absprache	0.004	80	0	0	
Absprache A	0.002	40	0.002	40	
Absprache B	0	0	0.004	80	

Bild 19: Maßstäbliche Darstellung Beispiel 3

Der mögliche Zurückweisungsirrtum kann eine so große Bedeutung gewinnen, daß die Wahrscheinlichkeit der Annahme ohne Absprache gegen Null absinkt, die Kosten jedoch gegen Unendlich.

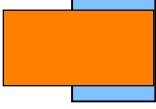
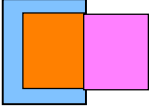
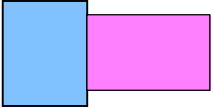
Beispiel 2: Prüfung der Flankenliniengesamtabweichung einer Verzahnungslehre					
Prüflingstoleranz: 0.0025 mm				Erweiterte Messunsicherheit U: 0.002 mm	
	Zurückweisungs- irrtum		Annahme- irrtum		
	mm	%	mm	%	
Ohne Absprache	0.004	100	0	0	
Absprache A	0.002	80	0.002	80	
Absprache B	0	0	0.004	160	

Bild 20: Maßstäbliche Darstellung von Beispiel 4

Als Beispiel für eine zweiseitige Toleranzgrenze dient das Maß über Rollen eines Verzahnungslehrdornes:

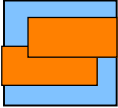
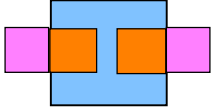

Beispiel 3: Prüfung des Maßes eines Verzahnungslehrdornes					
Prüflingstoleranz: 0.0025 mm				Erweiterte Messunsicherheit U: 0.001 mm	
	Zurückweisungs- irrtum		Annahme- irrtum		
	mm	%	mm	%	
Ohne Absprache	0.004	100	0	0	
Absprache A	0.002	80	0.002	80	
Absprache B	0	0	0.004	160	

Bild 21: Maßliche Darstellung Beispiel 5

9. Prioritätenregelung

Alle eng tolerierte verzahnte Meister und Lehren werden in Einzelanfertigung hergestellt und sind nur unter Absprache B wirtschaftlich vertretbar zu prüfen. Bei Absprache B entsteht kein möglicher Zurückweisungsirrtum, aber ein relativ großer Annahmerrtum. Bei Absprache B ist die Wahrscheinlichkeit der Annahme eines Prüflings im Bereich der Nichtübereinstimmung gegeben. Diese Wahrscheinlichkeit lässt sich durch eine Doppelprüfung stark absenken. Wird eine Doppelprüfung mit 2 ähnlichen Prüfeinrichtungen mit gleicher Messunsicherheit durchgeführt, so ist eine Prioritätenregelung notwendig:

Bei Anwendung der Absprache B wird ein Prüfling spätestens dann zurückgewiesen, wenn eine Zweitmessung im Vergleich zur Erstmessung einen Messwert im Bereich der Nichtübereinstimmung aufweist.

Dieser Prüfling wird bei Vereinbarung der Absprache B zurückgewiesen:

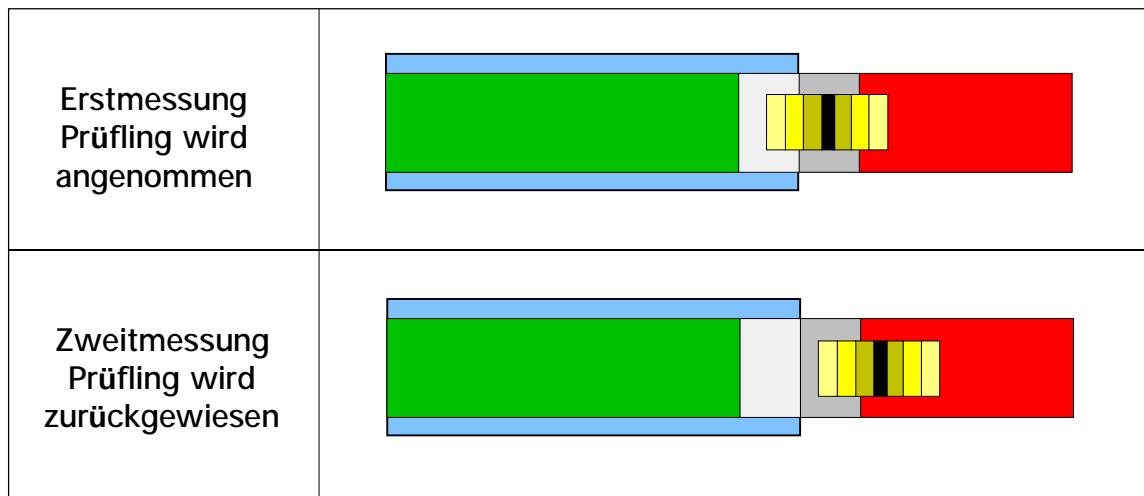


Bild 22: Erst- und Zweitmessung bei Absprache B

Eine ähnliche Vorgehensweise ist auch bei Absprache A denkbar. Bei korrekter Ermittlung der Messunsicherheit ist bei einer Zweitmessung mit gleich großer oder geringerer Messunsicherheit kein Messwert im Bereich der Nichtübereinstimmung denkbar. Logischerweise muss die Prioritätenregelung bei Vereinbarung der Absprache A dann lauten:

Bei Anwendung der Absprache A wird ein Prüfling spätestens dann zurückgewiesen, wenn eine Zweitmessung mit nachweisbar gleich großer oder geringerer Messunsicherheit in Vergleich zur Erstmessung einen Messwert im Bereich der Grauzone B aufweist.

Dieser Prüfling wird bei Vereinbarung der Absprache A zurückgewiesen:

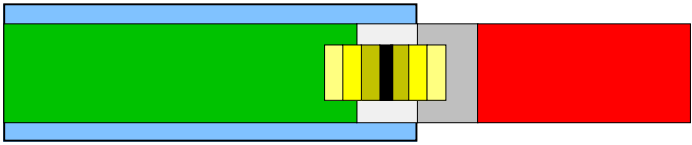
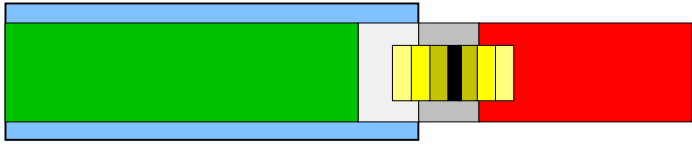
Erstmessung Prüfling wird angenommen	
Zweitmessung Prüfling wird zurückgewiesen	

Bild 23: Erst- und Zweitmessung bei Absprache A

Bei Absprache A ist die Messunsicherheit der Zweitmessung äußerst wichtig, da die Wahrscheinlichkeit eines gemessenen Istmaßes in der Grauzone B bei größerer Messunsicherheit ansteigt. Bei Absprache B hingegen ist die Messunsicherheit der Zweitmessung gleichgültig.

Werden keine Absprachen getroffen, so werden nur Prüflinge angenommen, die im Bereich der Übereinstimmung liegen. Bei korrekter Ermittlung der Messunsicherheit ist bei einer Zweitmessung mit gleicher Messunsicherheit kein Messwert im Bereich der Grauzone B denkbar. Deshalb ist sie nicht erforderlich.

10. Standardvereinbarung

Die Herstelltoleranzen von verzahnten Lehren und Meistern sind sehr klein. Die kleinsten erreichbaren Messunsicherheiten sind im Verhältnis zu den Toleranzen groß. Dieses Verhältnis U / T bestimmt die technisch und wirtschaftlich vertretbare Vereinbarung der Abnahmebedingung.

Abnahmebedingung	Verhältnis U / T	
	Einseitige Toleranz	Zweiseitige Toleranz
ISO 14253	$\leq 10 \%$	$\leq 5 \%$
Absprache A nach FRENCO OFD 10	$> 10 \% \leq 20 \%$	$> 5 \% \leq 10 \%$
Absprache B Nach FRENCO OFD 10	$> 20 \%$	$> 10 \%$

Bei verzahnten Lehren und Meistern ist das Verhältnis U/T fast immer so groß, dass als Abnahmebedingung nur Absprache B nach FRENCO OFD 10 möglich ist. Ist zwischen dem Besteller und dem Lieferant keine gegenseitige Vereinbarung getroffen, so gilt bei verzahnten Lehren und Meistern die Absprache B nach FRENCO OFD 10 als vereinbart.

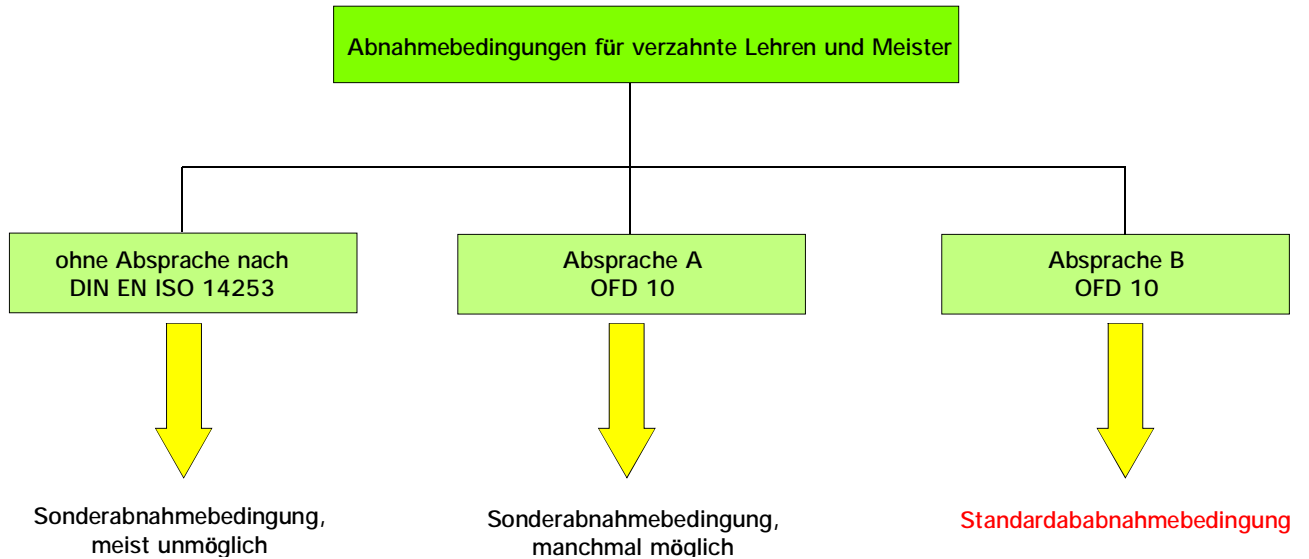


Bild 24: Abnahmebedingungen

11. Bestimmung der Messunsicherheit

Die Bestimmung der Messunsicherheit folgt den Leitlinien der GUM-Spezifikationen „Guide to the Expression of uncertainty in measurement“ (in deutscher Sprache als Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen beim Beuth Verlag erhältlich). Bei Verzahnungsmessungen ist es nicht möglich, die Messunsicherheit vollständig theoretisch zu berechnen. Als Basis sind Normale notwendig, deren Istwerte von der PTB (Physikalisch Technische Bundesanstalt) zertifiziert sind. Die festgestellten Istwerte sind von der PTB mit einer Messunsicherheit versehen. Diese angegebene Messunsicherheit U der PTB gilt als absolut kleinste erreichbare Messunsicherheit und kann von anderen Institutionen nicht unterschritten werden.

Auf der Basis dieser PTB Bezugsnormale baut sich die Messunsicherheit aller untergeordneten Institutionen auf.



Die der PTB nächste, untergeordnete Stufe stellt die Messung einer DKD (Deutscher Kalibrierdienst) Institution dar. DKD Kalibrierlaboratorien führen die Messung von PTB Normalen außerhalb der PTB in eigenen Räumen und mit eigenen Messeinrichtungen durch. Die festgestellten Istwerte werden mit denen der PTB verglichen. Die Differenz wird auf die Messunsicherheit der PTB addiert und ergibt eine Messunsicherheit des DKD Kalibrierlaboratoriums für dieses eine spezielle gemessene Normal. Werden geometrisch davon abweichende Normale gemessen, wird ein Abweichungsfaktor zur Messunsicherheit hinzuaddiert. Der Abweichungsfaktor wird nach GUM errechnet und von der PTB aus dem DKD Kalibrierlaboratorium vorgeschrieben. Diese Bezugs-kette ist die Basis für alle angegebenen Messunsicherheiten von DKD Kalibrierlabora-torien. Deren Messunsicherheiten sind durch die PTB zertifiziert.

Die Erstellung von DKD Prüfzertifikaten ist äußerst aufwendig und sehr teuer. Des-halb werden DKD Prüfzertifikate meist nur für Normale erstellt, mit denen Messma-schinen kalibriert werden. Für verzahnte Lehren und Meister genügen FRESCO Prüf-zertifikate, wenn die darin angegebene Messunsicherheit nachgewiesen ist. Dieser Nachweis ist nur dann möglich, wenn der Ersteller des Prüfzertifikates eine von der PTB akkreditiertes DKD Kalibrierlaboratorium unterhält. Dies ist bei FRESCO der Fall. Die nachgewiesenen Messunsicherheiten und ein Verhältnis U / T lassen sich vereinfacht und im Überblick darstellen:

Einseitige Toleranzen

	Merkmal	U PTB	U Frengo DKD	U Frengo Werk	Toleranz DIN 3962 Q3	Verhältnis U / T Von U FRESCO Werk Zu DIN 3962 Q3
m= 1,5 Ø 50 mm	F α	0,6	1,4	2,0	3,0	66 %
m= 2,5 Ø 100 mm	F α	1,4	1,8	3,0	4,0	75 %
m= 1,5 Ø 50 mm L= 40	F β	1,4	1,9	2,0	5,0	40 %
m= 2,5 Ø 100 mm L= 60	F β	1,6	2,1	3,0	6,0	50 %
m= 1,5 Ø 50 mm	FP	*	*	2,0 ¹⁾	7,0	28 %
m= 2,5 Ø 100 mm	FP	*	*	3,0 ¹⁾	10,0	33 %
m= 1,5 Ø 50 mm	Fp	*	*	2,0 ¹⁾	2,5	80 %
m= 2,5 Ø 100 mm	Fp	*	*	3,0 ¹⁾	2,5	120 %
$\alpha= 20^\circ-30^\circ$	Fr	*	*	2,0 ¹⁾	6,0	33 %

* in Arbeit

1) geschätzt

Bei zweiseitigen Toleranzen wirkt bei der Ermittlung des Verhältnisses U / T die Messunsicherheit U auf beide Toleranzgrenzen. Dies ist bei der Tabelle der Abnahmebedingungen berücksichtigt.

Zweiseitige Toleranzen

	Merkmal	U PTB	U Frenco DKD	U Frenco Werk	Lehren- Toleranz ISO 4156	U FRENCO Werk zu Lehrentoleranz ISO 4156
m = 1,5 Ø 50 mm	Zahndicke	1,0	*	1,5 ¹⁾	4,0	37 %
m = 2,5 Ø 100 mm	Zahndicke	*	*	2,0 ¹⁾	6,0	33 %

* in Arbeit

1) geschätzt

Die angegebenen Messunsicherheiten U und das Verhältnis zur Toleranz T bestimmen die Definition der Abnahmebedingungen. Nur auf Grund dieser Basis ist die Kette der Messunsicherheiten konstruierbar und die technisch und wirtschaftlich vertretbare Abnahmebedingung auszuwählen.

Die Messunsicherheiten der FRENCO Prüfzertifikate (Werk) lassen sich ganz vereinfacht darstellen:

Messunsicherheiten	0 bis 50 mm	> 50 bis 150 mm	> 150 bis 250 mm
Kopfkreisdurchmesser:	± 0.002	± 0.003	± 0.004
Maß über/zwischen Rollen:	± 0.002	± 0.003	± 0.004
Einzelformabweichungen:	± 0.002	± 0.003	± 0.003

12. Merkmale der Einzelformabweichungen

Oft werden verzahnte Lehren und Meister wie Werkstückprüflinge betrachtet und lediglich von der Qualitätsreihe her entsprechend genauer eingestuft. Bei verzahnten Lehren für Passverzahnungen gelten die relevanten Passverzahnungsnormen, und keine Normen für Laufverzahnungen. Werden verzahnte Lehren ohne Normbezug bestellt, so gelten die Toleranzen der Einzelformabweichungen der ISO 4156. Für Lehrzahnräder gelten die Angaben in den entsprechenden Qualitätsreihen, jedoch nicht die einzelnen untergeordneten Abweichungen von der Sollgeometrie:

Kurzzeichen	relevante Einzelabweichungen	nicht relevante Einzelabweichungen
$F\alpha$	Profil-Gesamtabweichung	
$F\beta$	Flankenlinien-Gesamtabweichung	
F_p	Teilungs-Gesamtabweichung	
f_p	Teilungs-Einzelabweichung	
F_r	Rundlaufabweichung	
$ff\alpha$		Profilformabweichung
$fH\alpha$		Profilwinkelabweichung
$ff\beta$		Flankenlinienformabweichung
$FH\beta$		Flankenlinienwinkelabweichung
F_u		Teilungssprung

Die einzelnen untergeordneten Abweichungen werden durch die Gesamtabweichungen verkörpert. Die einzelnen untergeordneten Abweichungen sind errechnete Werte, die bei Werkstück-Prüflingen Hinweise auf systematische Herstellfehler herleiten. Bei Lehrzahnradern werden sie nicht als Abnahmekriterium herangezogen.

Für Lehrzahnräder nach DIN 58420 gelten nicht die Toleranzen dieser Norm, sondern die Toleranzen nach DIN 3962, Modul 1, Qualität 3. Die zulässigen Toleranzen der DIN 58420 sind utopisch und unerreichbar.

Deutscher Kalibrierdienst (DKD)
 Akkreditierungsstelle bei der
 Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB)
 vertreten im

Deutschen AkkreditierungsRat



Akkreditierung

Die Akkreditierungsstelle des **Deutschen Kalibrierdienstes** akkreditiert hiermit das
 Kalibrierlaboratorium für die Messgröße Länge (Zahnradmessgrößen)

bei

FRENCO GmbH

Verzahnungstechnik • Meßtechnik

Jacob-Baier-Straße 3

90518 Altdorf

als Kalibrierlaboratorium nach DIN EN 45001 für Kalibrierungen in folgenden Bereichen:

Evolventennormale, Flankenliniennormale

Bestandteil der Urkunde ist: Anlage 02 (2 Seiten), 2001-08-15

DAR-Registriernummer: DKD-K-27401-02

Akkreditiert im DKD seit: 2000-04-17

Braunschweig, 2001-08-15

Leiter der Akkreditierungsstelle
 In Vertretung

Dr.-Ing. Wolfgang Bosch



FRENCO Produktgruppen



Verzahnte Hochpräzision H

Verzahnungslehren
Lehrzahnräder und Abrollräder
Einstellmeister
Verzahnte Werkzeuge
Verzahnte Spannsysteme
Verzahnungsherstellung



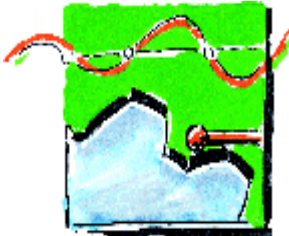
Istmassprüfgeräte Gruppe V

VK Messrollen und Messkugeleinsätze
VA Prüfgeräte zum Auspendeln
VP Prüfgeräte mit Plananschlag
VM Prüfgeräte mit Verzahnungsführung
VS Sonderprüfgeräte
VD Drehflankenspiel-Messgeräte



Universelle Rotationsmessgeräte URM

URM - K mit Messkreisen
URM - R mit Prüfrädern
URM - WE Einflanken - Wälzprüfung
URM - WZ Zweiflanken - Wälzprüfung
URM - WS Wälzscannen



Verzahnungsprüfung P

DKD - Kalibrierungen
Werkstückprüfungen
Abweichungsanalysen
Prüfmittelüberwachung



Know-how Transfer K

Software
Schulungen, Seminare und Workshops
Beratung und Berechnung
Literatur und Dokumentationen
Normung

FRENCO GmbH
Verzahnungstechnik/Messtechnik
Jakob-Baier-Straße 3
90518 Altdorf, Germany

Tel. +49 (0) 9187 9522 0
Fax +49 (0) 9187 9522 40
Email: frenco@frenco.de
www.frenco.de

