



# TOLERANZSTANDARD

Dieses Dokument präsentiert die von der Gruppe TMA implementierten und eingehaltenen Maß- und Formtoleranzen.

Dient als Grundlage, wenn keinerlei Spezifikation oder allgemeine Toleranz im Plan angegeben sind.

Präsentiert auch die bewährten Verfahren zur Konzeption und die Kontrollmethoden für geschnittene und gebogene Teile.

Bezieht sich auf die Branchenstandards ISO und NF EN der verschiedenen Verfahren. Falls nicht anders vermerkt, werden die Abmessungen in Millimetern (*mm*) angegeben



<https://www.groupe-tma.com/de/>

**INHALTSVERZEICHNIS**

<b>I.</b>	<b>SCHNEIDEN</b> .....	<b>3</b>
1.	Maßtoleranzen .....	3
2.	Rauheit / Rechtwinkligkeit .....	5
3.	Schneidkanten (Stirnfläche) .....	6
4.	Kanten .....	9
5.	Ausführbare Mindestdurchmesser (außer Bearbeitung) gemäß der internen Norm .....	10
<b>II.</b>	<b>BIEGEN</b> .....	<b>11</b>
1.	Toleranzen an den Winkeln .....	11
2.	Toleranzen am gebogenen Rand .....	11
3.	Machbarkeit und technische Lösungen .....	12
<b>III.</b>	<b>SCHWEIßEN</b> .....	<b>15</b>
1.	Maßtoleranzen .....	15
2.	Winkeltoleranzen .....	15
3.	Geradheit, Ebenheit und Parallelität .....	15
<b>IV.</b>	<b>ENDFERTIGUNGSVORGANG</b> .....	<b>16</b>
<b>V.</b>	<b>ROHSTOFF</b> .....	<b>17</b>
1.	Quarto-Stahlbleche zum Brennschneiden .....	19
2.	Stahlbleche zum Laserschneiden und Stanzen .....	20
3.	Feuerverzinkte Stahlbleche .....	21
4.	Kaltgewalzte Stahlbleche zum Kaltformen und elektrolytisch verzinkte Bleche .....	22
5.	Edelstähle .....	23
6.	Andere Rohstoffe .....	23
<b>VI.</b>	<b>KONTROLLHINWEISE</b> .....	<b>24</b>
1.	Biegen .....	24
2.	Ebenheit .....	24
3.	Grate .....	25
4.	Die Messungen beim Schneiden .....	25
5.	Erwähnung in den technischen Unterlagen .....	26
	<b>REFERENZEN</b> .....	<b>27</b>

# I. SCHNEIDEN

Die Gruppe TMA implementiert 7 Schneidverfahren, die an verschiedene Dicken angepasst sind.

- ☞ Brennschneiden (8 bis 300 mm Dicke)
- ☞ Plasmaschneiden (0,5 bis 45 mm)
- ☞ Laserschneiden (0,5 bis 25 mm)
- ☞ Wasserstrahlschneiden (0,5 bis 280 mm)
- ☞ Stanzen (0,5 bis 5 mm)
- ☞ Bearbeitung (Teil von 3000 x 800 mm maximal)
- ☞ Bearbeitung (Abschnitt von 450 x 450 mm maximal)

## 1. Maßtoleranzen

Die hier angegebenen Toleranzen berücksichtigen nicht den Anstich, der als ein dem Verfahren innewohnender Fehler und unabhängig von den Maßtoleranzen behandelt werden muss. Um zu erfahren, wie man ein Maß misst, sehen Sie im Paragraph **VI.4** nach: **Die Messungen beim Schneiden.**

Die folgenden Toleranztabellen werden für das Schneiden von Metallen angegeben:

LASERSCHNEIDEN							ISO 9013 KLASSE 1			
Dicke des Blechs in mm	Nennmaße in mm									
	0 bis 3 ausgeschlössen	3 bis 10	10 bis 35	35 bis 125	125 bis 315	315 bis 1000	1000 bis 2000	2000 bis 4000	4000 bis 6000	6000 bis 8000
	Toleranzen in mm									
0 bis 1 inklusive	± 0,075	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,2	± 0,3	± 0,4	± 0,65	± 0,9	± 1,6
1 bis 3,15	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,25	± 0,25	± 0,35	± 0,4	± 0,65	± 1	± 1,75
3,15 bis 6,3	± 0,2	± 0,2	± 0,25	± 0,25	± 0,3	± 0,4	± 0,45	± 0,7	± 1,1	± 1,9
6,3 bis 10	—	± 0,25	± 0,3	± 0,3	± 0,35	± 0,45	± 0,55	± 0,75	± 1,25	± 2,2
10 bis 15	—	± 0,3	± 0,35	± 0,4	± 0,45	± 0,55	± 0,65	± 0,85	± 1,5	± 2,5
15 bis 20	—	± 0,4	± 0,4	± 0,45	± 0,55	± 0,75	± 0,85	± 1,2	± 1,9	± 2,8
20 bis 25	—	± 0,45	± 0,5	± 0,6	± 0,7	± 0,9	± 1,1	± 1,6	± 2,4	± 3,25
25 bis 32	—	—	± 0,7	± 0,7	± 0,8	± 1	± 1,6	± 2,25	± 3	± 4
32 bis 50	—	—	± 0,7	± 0,7	± 0,8	± 1	± 1,6	± 2,5	± 3,8	± 5

WASSERSTRAHLSCHNEIDEN		Qualität 3 - Interne Norm		
Dicke des Blechs in mm	Nennmaße in mm			
	0,5 bis 30 inklusive	30 bis 120	120 bis 400	400 bis 3000
0 bis 10 inklusive	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,5
10 bis 50	± 0,15	± 0,3	± 0,4	± 0,8
50 bis 100	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,4

BRENNSCHNEIDEN UND PLASMASCHNEIDEN								ISO 9013: 2017 CLASSE 2		
Dicke des Blechs in mm	Nennmaße in mm									
	0 bis 3 ausgeschlos- sen	3 bis 10	10 bis 35	35 bis 125	125 bis 315	315 bis 1000	1000 bis 2000	2000 bis 4000	4000 bis 6000	6000 bis 8000
	Toleranzen in mm									
6,3 bis 10	—	± 1	± 1,1	± 1,3	± 1,4	± 1,5	± 1,6	± 1,7	± 1,9	± 2
10 bis 15 inklusive	—	± 1,8	± 1,8	± 1,8	± 1,9	± 2,3	± 3	± 4,2	± 4,3	± 4,5
15 bis 20	—	± 1,8	± 1,8	± 1,8	± 1,9	± 2,3	± 3	± 4,2	± 4,3	± 4,5
20 bis 25	—	± 1,8	± 1,8	± 1,8	± 1,9	± 2,3	± 3	± 4,2	± 4,3	± 4,5
25 bis 32	—	± 1,8	± 1,8	± 1,8	± 1,9	± 2,3	± 3	± 4,2	± 4,3	± 4,5
32 bis 50	—	± 1,8	± 1,8	± 1,8	± 1,9	± 2,3	± 3	± 4,2	± 4,3	± 4,5
50 bis 100	—	—	± 2,5	± 2,5	± 2,6	± 3	± 3,7	± 4,9	± 5,3	± 5,6
100 bis 150	—	—	± 3,2	± 3,3	± 3,4	± 3,7	± 4,4	± 5,7	± 6,1	± 6,4
150 bis 200	—	—	± 4	± 4	± 4,1	± 4,5	± 5,2	± 6,4	± 6,8	± 7,1
200 bis 250	—	—	—	—	—	± 5,2	± 5,9	± 7,2	± 7,6	± 7,9
250 bis 300	—	—	—	—	—	± 6	± 6,7	± 7,9	± 8,3	± 8,6

STANZEN		DIN 6930 - m		
Nennmaße in mm	Dicke des Blechs in mm			
	0 bis 1 inklusive	1 bis 3	3 bis 6	
0 bis 6 inklusive	± 0,1	± 0,15	± 0,2	
6 bis 10	± 0,15	± 0,2	± 0,25	
10 bis 25	± 0,2	± 0,25	± 0,3	
25 bis 63	± 0,25	± 0,3	± 0,4	
63 bis 160	± 0,3	± 0,4	± 0,5	
160 bis 400	± 0,5	± 0,6	± 0,6	
400 bis 1000	± 0,8	± 0,8	± 1	
1000 bis 6300	± 1,2	± 1,5	± 1,5	

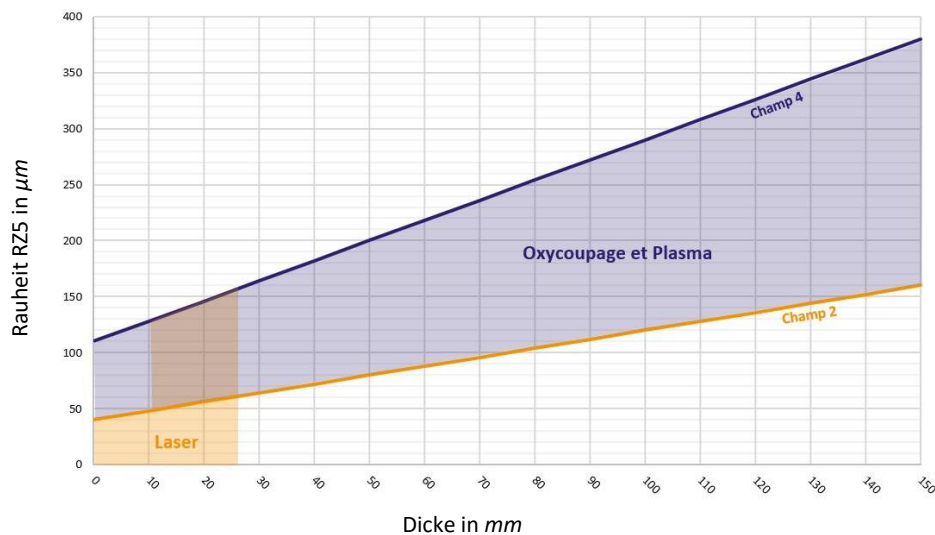
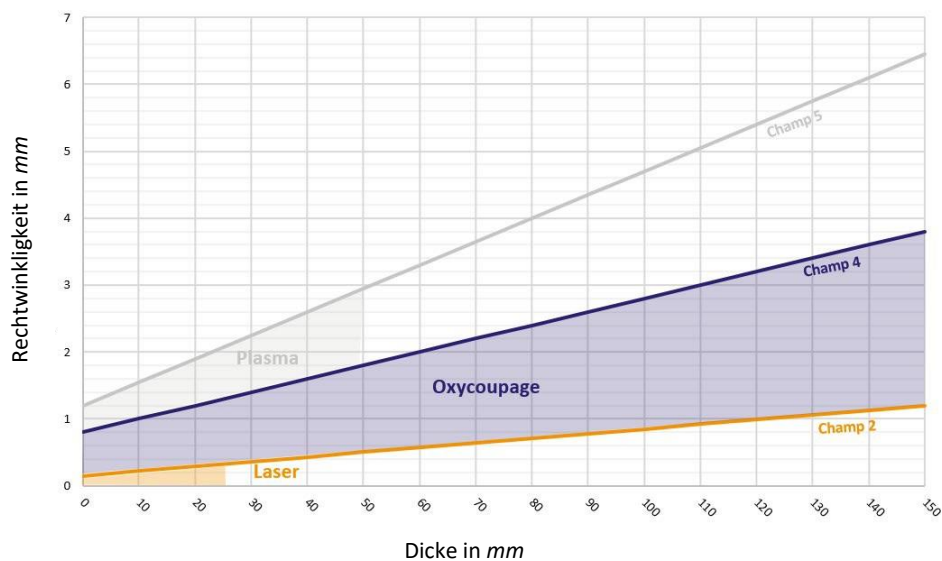
ZERSPANEN					ISO 2768-m		
Nennmaße in mm							
0,5 bis 3 inklusive	3 bis 6	6 bis 30	30 bis 120	120 bis 400	400 bis 1000	1000 bis 2000	200 bis 4000
Toleranzen in mm							
± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2

BANDSÄGE	Interne Norm
Längen in mm	Toleranzen in mm
0 bis 1500 ausgeschlossen	± 0,3
1500 bis 3000	± 0,6
3000 bis 4500	± 0,9
4500 bis 6000	± 1,2
6000 bis 7500	± 1,5
7500 bis 9000	± 1,8

## 2. Rauheit / Rechtwinkligkeit

Die Rechtwinkligkeiten und die Rauheiten der Schneidflächen entstammen der Norm ISO 9013 zu thermischen Schneidverfahren.

Siehe Paragraph **VI: Kontrollhinweise** zum Messen der Rechtwinkligkeit.

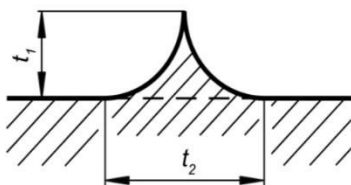
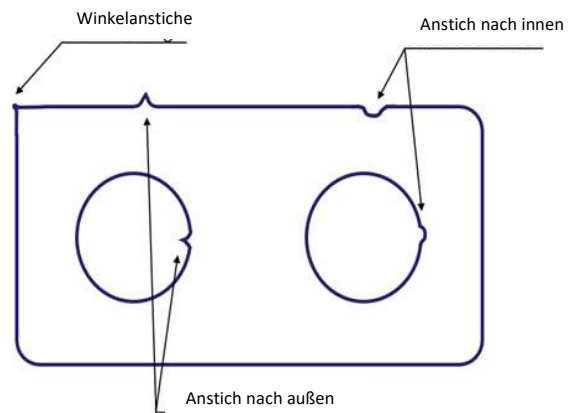


### 3. Schneidkanten (Stirnfläche)

#### ANSTICHE

Ein Anstich ist der Ort, an dem man das Schneiden des Teils beginnt. Die Anstiche sind an allen Schneidstellen vorhanden, haben aber je nach gewähltem Verfahren nicht das gleiche Aussehen.

Die Anstiche sind dem Schneiden innewohnend. Es ist jedoch möglich, Anstichtyp und -stelle zu wählen, um die technischen Bedürfnisse zu garantieren.

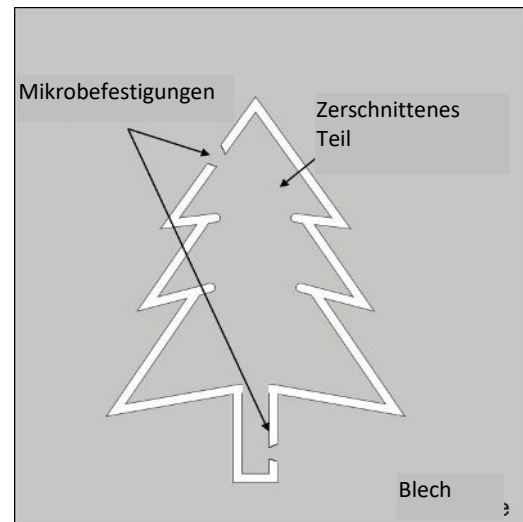


- Beim Laserschneiden,  $tt_1 = 0,4 \text{ mm}$
- Beim Schneiden per Brennschneiden,  $tt_1 = 2 \text{ mm}$
- Beim Plasmaschneiden,  $tt_1 = 1 \text{ mm}$
- Zum Wasserstrahlschneiden, siehe **Besonderheit des Wasserstrahlschneidens**

MIKROBEFESTIGUNGEN

Diese Befestigungen ermöglichen es, die Teile während der Verfahren **Laserschneiden** und **Wasserstrahlschneiden** an ihrem Platz zu fixieren, um so präzises und hochwertiges Schneiden zu gewährleisten. Die Mikrobefestigungen hinterlassen jedoch Materialrückstände, die scharfkantig sein können. Sie sind für Teile mit Abmessungen von weniger als 200x200 mm oder 150x500 mm beim **Laserschneiden** und für Teile mit Längen unter 150 mm beim **Wasserstrahlschneiden** unverzichtbar.

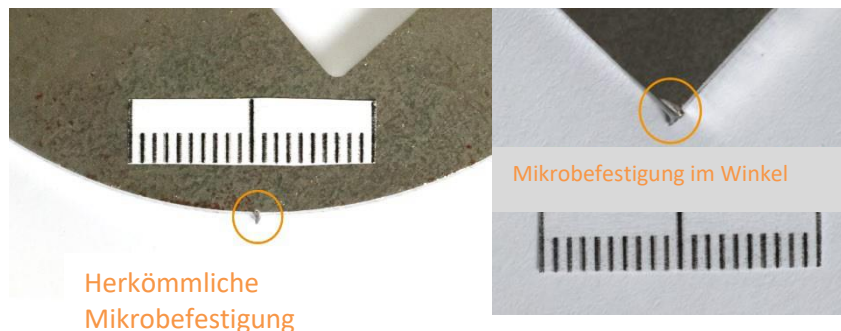
Die Länge  $tt_1$  der Mikrobefestigung beträgt 1,5 mm beim Laserschneiden für jegliche Größe und Form des Teils.



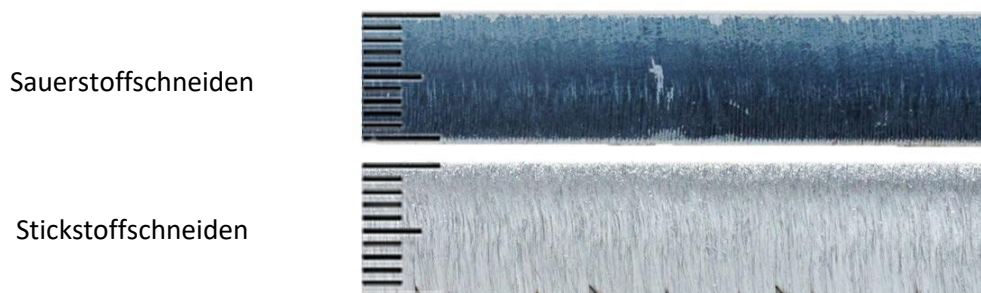
Obwohl diese Befestigung minimiert werden kann indem eine Nachbehandlung durchgeführt wird, muss sie unbedingt bei der Planung des Teils berücksichtigt werden.

**Es ist möglich, den Anbringungsort der Mikrobefestigung genau** auf eine Position zu bestimmen, die den technischen Bedürfnissen des Teils entspricht.

Die Laserprogrammierer können die Mikrobefestigung zum Beispiel im Anstich nach innen platzieren, wie im vorstehenden Paragraph genannt.



☞ DIE VERSCHIEDENEN LASERSCHNEIDVERFAHREN: SAUERSTOFF UND STICKSTOFF



Das Laserschneidverfahren kann mit zwei verschiedenen Schneidgasen durchgeführt werden: Stickstoff und Sauerstoff. Das Sauerstoffschneiden ermöglicht Stähle bis zu einer Dicke von 25 mm zu schneiden. Es hinterlässt eine schwarz aussehende Schicht aus Oxid und Zunder, wie auf obigem Foto.

Der Zunder kann dank Glattschleifen oder Kugelstrahlen entfernt werden (siehe Paragraph **IV: Endfertigungsverfahren**).

Bei stickstoffgeschnittenen Laserteilen ist das Metall nicht mit Oxid und Zunder bedeckt. Das Stickstoffschneiden ermöglicht aber nicht so dicke Schnitte wie bei Sauerstoffschneiden. Es wird hauptsächlich zur Herstellung geschweißter und lackierter Teile verwendet.

☞ BESONDERHEIT DES WASSERSTRAHLSCHNEIDENS

Das Wasserstrahlschneiden kann mit 5 verschiedenen Schneidqualitäten erfolgen, die von mittlerem Schneiden Q1 bis zu einem sehr sauberen Schneiden Q5 gehen.

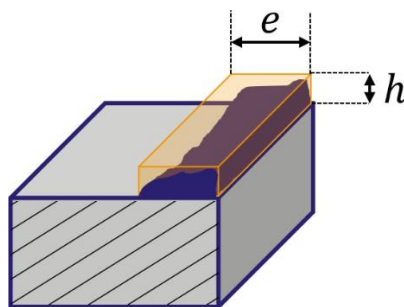
SCHNITTQUALITÄTEN				SN 214001
Qualitätsniveau	Rauheit Ra in µm	Rechtwinkligkeitsfehler	Fehler am Anfang und Ende des Schneidvorgangs $t_1$ und $t_2$	Schnittoberfläche
Q5	3,2	< 0,05	< 0,1	
Q4	6,3	< 0,10	< 0,25	
Q3	12,5	< 0,20	< 0,5	
Q2	25	< 0,3	< 1	
Q1	50	> 0,3	> 1	

#### 4. Kanten

Jedes Schneidverfahren führt zu mehr oder weniger wichtigen Ungleichmäßigkeiten an der Kante des Teils. Die Schneidverfahren **Laser**, **Wasserstrahl** und **Stanzen** führen zu Graten. **Sauerstoffschneiden** und **Plasmaschneiden** führen zum Auftreten einer vorstehenden Kante. Es ist wichtig zu wissen, dass die Kantenfehler sich an der Innenoberfläche befinden.

##### GRATE

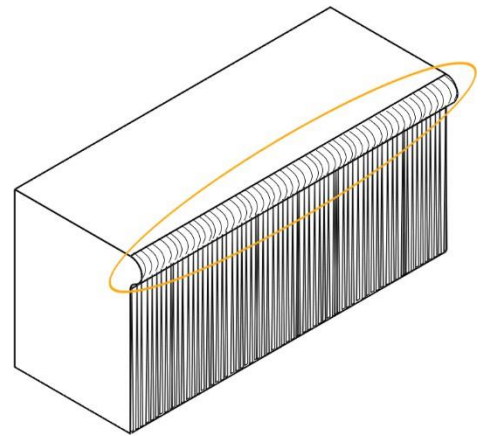
Bei **Laserschneiden** und **Plasmaschneiden** sind die Grate geschmolzene Metalltröpfchen, die an der Innenoberfläche des Teils hängen.



Grate beim Stanzen dürfen nicht mehr als **1/10** der Blechdicke betragen.

 VORSTEHENDE KANTEN

Die vorstehenden Kanten sind ein Überlaufen der oberen Kante durch die beim Schneiden verwendeten hohen Temperaturen. Sie können, je nach Dicke bis zu 2 mm nach außen überstehen.



5. Ausführbare Mindestdurchmesser (außer Bearbeitung) gemäß der internen Norm

Stahl		0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	8	10	12	14	15	20	25
Dicke in mm		0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	8	10	12	14	15	20	25
∅ mini	BRENNSCHNEIDEN															20	20	25
	LASER	1	1	1	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3,5	4	5	7	8	12	
	PLASMASCHNEIDEN										7	9	11	14	16	17	22	28
	WASSERSTRAHLSCHNEIDEN		2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4
	STANZEN	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5								
Dicke in mm		30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
∅ mini	BRENNSCHNEIDEN	30	35	35	35	40	40	40	45	45	50	50	50	50	60	60	60	60
	PLASMASCHNEIDEN	33	39	44	50													
	WASSERSTRAHLSCHNEIDEN	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6	8	8	8	8	10	10	10
Dicke in mm		115	120	125	130	135	140	145	150	160	170	180	200	220	240	260	280	300
∅ mini	BRENNSCHNEIDEN	60	60	70	70	70	70	70	70	80	80	80	80	80				
	WASSERSTRAHLSCHNEIDEN	10	10	10	10	10	10	10	15	15	15	15	20	20	20	20	20	20

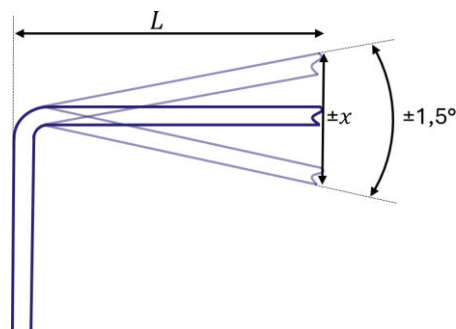
Andere zu analysierende Nuance, gemäß verschiedenen Verfahren und Eigenschaften der Maschinen (CO2, Faser...)

## II. BIEGEN

### 1. Toleranzen an den Winkeln

Zulässige Abweichungen an den Winkelmaßen  
NF E02-352 mittlere Klasse (m)

$\pm 1,5^\circ$



Es ist möglich, die Maßtoleranz  $x$  an der Falte mit folgender Formel zu finden:

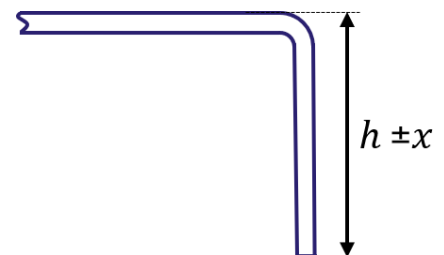
$$x = L \times \tan(1,5^\circ)$$

Für  $L = 1$  Meter:  $x = 1 \times \tan(1,5^\circ) = 0,026 \text{ m} = 26 \text{ mm}$ .

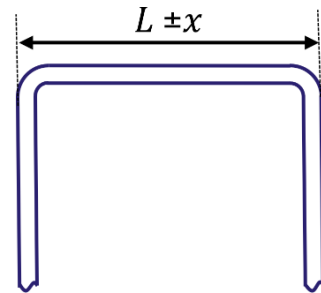
Die Toleranz auf 1 Meter ist also  $\pm 26 \text{ mm}$ .

### 2. Toleranzen am gebogenen Rand

Höhe eines gebogenen Rands		NF E02-352 normale Klasse (n)			
Nennmaße in mm	Dicken in mm				
	0,1 bis 0,35 inklusive	0,35 bis 1	1 bis 3	3 bis 6	6 bis 10
1 bis 6 inklusive	$\pm 0,3$	$\pm 0,3$	$\pm 0,4$	—	—
6 bis 10	$\pm 0,3$	$\pm 0,3$	$\pm 0,4$	$\pm 0,6$	—
10 bis 25	$\pm 0,4$	$\pm 0,4$	$\pm 0,5$	$\pm 0,6$	$\pm 0,8$
25 bis 63	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 0,6$	$\pm 0,7$	$\pm 0,8$
63 bis 160	$\pm 0,6$	$\pm 0,6$	$\pm 0,7$	$\pm 0,7$	$\pm 1$
160 bis 400	$\pm 0,7$	$\pm 0,7$	$\pm 0,8$	$\pm 0,8$	$\pm 1$
400 bis 1000	$\pm 0,8$	$\pm 0,8$	$\pm 1$	$\pm 1,2$	$\pm 2$
1000 bis 3000	—	$\pm 1,5$	$\pm 2$	$\pm 3$	$\pm 4$



Toleranzen zwischen zwei gebogenen Rändern		NF E02-352 normale Klasse (n)			
Nennmaße in mm	Dicken in mm				
	0,1 bis 0,35 inklusive	0,35 bis 1	1 bis 3	3 bis 6	6 bis 10
1 bis 6 inklusive	± 0,4	± 0,4	± 0,5	—	—
6 bis 10	± 0,4	± 0,4	± 0,5	—	—
10 bis 25	± 0,5	± 0,5	± 0,5	± 0,7	—
25 bis 63	± 0,6	± 0,6	± 0,6	± 0,8	± 0,9
63 bis 160	± 0,7	± 0,7	± 0,8	± 0,9	± 1,2
160 bis 400	± 0,8	± 0,8	± 0,9	± 1	± 1,4
400 bis 1000	± 1	± 1	± 1	± 1,5	± 1,8
1000 bis 3000	—	± 1,7	± 2	± 3	± 4

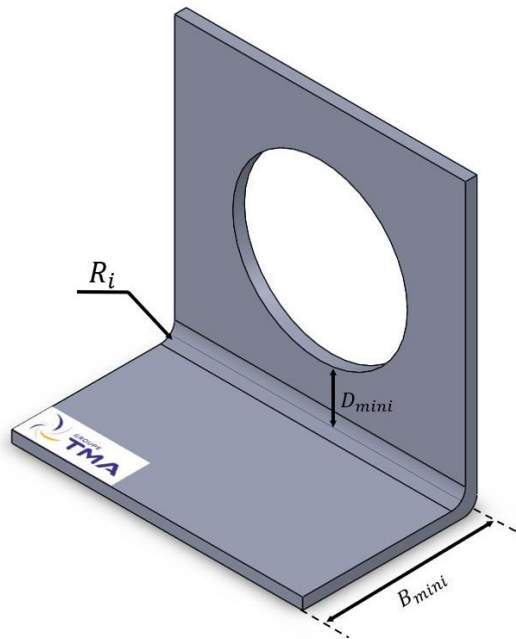


Das Messen dieser Toleranzen erfolgt wie im Paragraph **VI angegeben: Kontrollhinweise.**

### 3. Machbarkeit und technische Lösungen

Um hochwertigen Service zu garantieren, untersucht die Gruppe TMA die Machbarkeiten bei Biegevorgängen. Die meisten intern durchgeführten Biegungen erfolgen in der Luft mit spitzen Werkzeugen, d.h. das Blech wird nicht auf den Boden der Matrix gezogen. Um spezifische Formen zu produzieren, müssen wir geeignete Werkzeuge benutzen. Es kann auch Verformungen geben, wenn Öffnungen sich zu nahe am Biegebereich befinden.

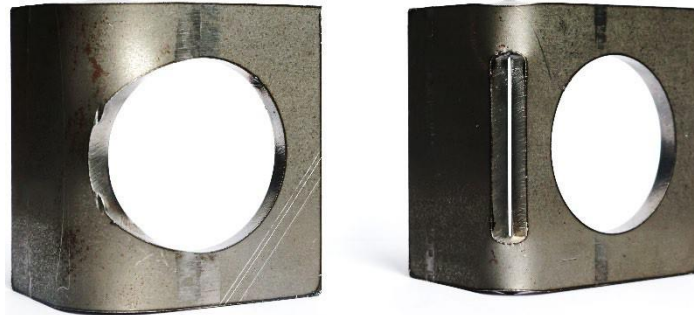
Wir präsentieren die verschiedenen Möglichkeiten und Lösungen, die den Bedürfnissen der Kunden entsprechen.



Machbarkeit, Toleranzen an den Radien und Verformung bei in der Luft um 90° gebogenem Stahl																								
$B_{mini}$	$R_i$	Dicken in mm																		$D_{mini}$				
		0,5	1	1,2	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	14	15	16	18	20	25	30	Perfekte Kreise	Andere Formen	
2,9	0,6 ±1	■																				2,2	4,95	
4,6	1 ±1	■	■																					
5,8	1,2 ±1		■	■																		4,4	7,7	
6,9	1,5 ±1		■	■	■																	5,5	8,8	
8,1	1,8 ±1		■	■	■	■																6,6	9,9	
12,1	2,4 ±1				■	■	■	■														8,8	13,2	
13,8	3 ±1,5				■	■	■	■	■													11	15,4	
17,3	3,6 ±1,5					■	■	■	■	■												13,2	18,7	
21,9	4,5 ±1,5						■	■	■	■	■													
23,0	4,5 ±2							■	■	■	■	■										17,6	24,2	
28,8	5,5 ±2								■	■	■	■	■									22	29,7	
36,8	6,8 ±2									■	■	■	■	■								27,5	37,4	
44	7,4 ±2										■	■	■	■	■									
59	10 ±2,5											■	■	■	■	■						44	58,3	
71	13 ±3												■	■	■	■	■					55	70,4	
84	15 ±3													■	■	■	■	■				66	82,5	
113	20,4 ±4																■	■	■	■				
145	25,5 ±4																	■	■	■	■	110	140,8	
		Durchführbare Biegung																						
		Garantie des Grenzbereichs ohne Verformung																						

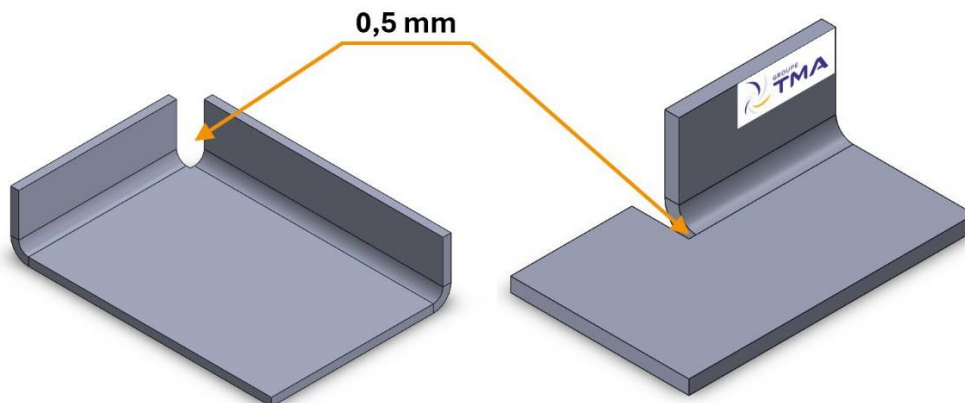
Nehmen wir z. B. ein Blech der Dicke 3 mm. Es gibt 6 Möglichkeiten, diese Biegung auszuführen. Wenn wir  $B_{mini} = 17,3 \text{ mm}$  nehmen, mit einem Radius von  $3,6 \pm 1,5 \text{ mm}$ , kann eine Bohrung in 13,2 mm Abstand vom Biegebereich erfolgen, ohne dass er verformt wird.

Eine weitere Lösung, um die Verformung der Löcher zu vermeiden ist eine Schnittfuge in der Biegelinie anzubringen. Dann kommt es zu keinerlei Verformung der Löcher mehr, aber zu eine Verringerung des Widerstands.



*Links ist das Loch durch die Biegung verformt, rechts ist das Loch durch die Schnittfuge geschützt.*

Wir empfehlen, bei der Planung 0,5 mm Abstand zwischen den Falzkanten der Teile des Typs „Behälter“ zu lassen. Es ist jedoch möglich die beiden Ränder aus Gründen der Dichtigkeit oder Ästhetik zusammenstoßen zu lassen, aber das Ausführen der Biegung dauert dann länger.



### III. SCHWEIßEN

Die hier spezifizierte Norm ISO 13 920 gilt für geschweißte Konstruktionen.

#### 1. Maßtoleranzen

Maßtoleranzen beim Schweißen							ISO 13 920 Klasse B			
Nennabmessungen in mm										
2 bis 30 inklusive	30 bis 120	120 bis 400	400 bis 1000	1000 bis 2000	2000 bis 4000	4000 bis 8000	8000 bis 12000	12000 bis 16000	16000 bis 20000	20000
± 1	± 2	± 2	± 3	± 4	± 6	± 8	± 10	± 12	± 14	± 16

#### 2. Winkeltoleranzen

Winkeltoleranzen		ISO 13 920 Klasse B	
Nennabmessungen	Bis 400 inklusive	400 bis 1000	Mehr als 1000
Toleranzen in °	± 45'	± 30'	± 20'
Toleranzen in mm/m	± 13	± 9	± 6

#### 3. Geradheit, Ebenheit und Parallelität

Geradheit, Ebenheit und Parallelität beim Schweißen								ISO 13 920 Klasse F		
Nennabmessungen	30 bis 120 inklusive	120 bis 400	400 bis 1000	1000 bis 2000	2000 bis 4000	4000 bis 8000	8000 bis 12000	12000 bis 16000	16000 bis 20000	Mehr als 20000
Toleranzen	1	1,5	3	4,5	6	8	10	12	14	16

Die Ebenheit hängt auch von der Materialnorm ab (siehe Paragraph **V: Rohstoff**). Es muss also das breitere von beiden berücksichtigt werden.

## IV. ENDFERTIGUNGSVORGANG

Die Gruppe TMA bietet mehrere Endfertigungsvorgänge:

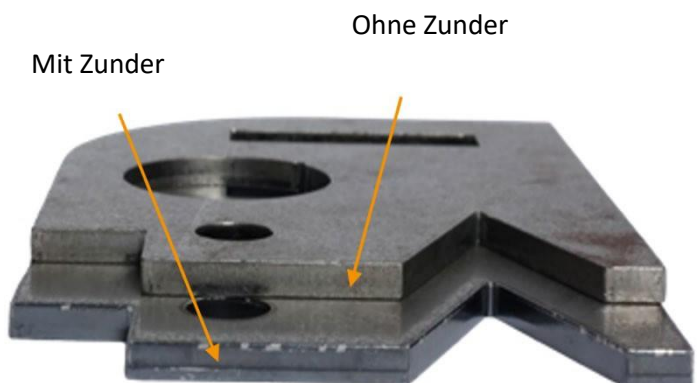
- Das **Kugelstrahlen** besteht darin, Kügelchen mit hoher Geschwindigkeit auf das mindestens 8 mm Dicke Teil zu schießen.

Es wird systematisch nach dem Brennschneiden eines Teils verwendet. Das Kugelstrahlen gewährleistet ein sehr sorgfältiges Abbeizen, ein Teil frei von Zunder und garantiert einen Pflegegrad DS 2½ gemäß der Norm ISO 8501-1.



- Das **Gleitschleifen** ermöglicht weniger scharfe Kanten zu bekommen (der Größenordnung 0,2 mm Radius) sowie eine sauberere Oberfläche. Die Teile (maximal 120 x 100 mm) werden in einen mit in Bewegung befindlichem Scheuermittel gefüllten Behälter getaucht.

Das Gleitschleifen ermöglicht auch den Zunder an der Umrandung des Teils zu entfernen.



- Das **Entgraten LISSMAC®** beizt die Seiten des Teils mit Schleifbändern ab. So werden die Winkel abgerundet und überschüssiges Material entfernt. Wir können einen Kantenradius von 0,5 mm erreichen. So wird die Scharfkantigkeit abgetragen und eine eventuelle Lackschicht kann anhaften. Die Teile bis zu 1 m Breite können mit der Entgratungsmaschine behandelt werden.



- Das **manuelle Schleifen** mit einem Winkelschleifer

## V. ROHSTOFF

Die Dicken und Ebenheiten hängen direkt vom Blech ab, aus dem das geschnittene Teil besteht. Jeder Blechtyp ist genormt, siehe den Paragraphen **Referenzen** am Ende des Standards, um mehr Details zu den Normen und ihren Anwendungsgebieten zu erfahren.

Die Toleranzklasse **normal** wird für jede der folgenden Normen verwendet. Zwei

Typen Blech werden verfügbar sein:

- Quarto-Platten, die hauptsächlich zum Brennschneiden verwendet werden.
- Bandbleche, die zum Laserschneiden und Stanzen verwendet werden.

Quarto-Bleche zum Brennschneiden		
Materialbezeichnung	Chemische Zusammensetzung	Maßtoleranzen für Dicke und Ebenheit
S235JR S235JRG1 S235JRG2 S235JO S355J2G3 S355J2G3C	NF EN 10 025	NF EN 10 029
S 690QL	NF EN 10 025-2	NF EN 10 029
P265 à P690	NF EN 10 028	NF EN 10 029

<b>Bandbleche zum Laserschneiden und Stanzen</b>		
<b>Materialbezeichnung</b>	<b>Chemische Zusammensetzung</b>	<b>Maßtoleranzen für Dicke und Ebenheit</b>
S235JR S235JRG1 S235JRG2 S235JO S355J2G3 S355J2G3C	NF EN 10 025	NF EN 10 051
S315MC bis S700MC	NF EN 10 149	NF EN 10 051
DD11	NF EN 10 111	NF EN 10 051
P265 bis P690	NF EN 10 028	NF EN 10 051
DC01 DC03 DC04	NF EN 10 130	NF EN 10 031
DC01+ZE DC03+ZE DC04+ZE	NF EN 10 152	NF EN 10 031
DX51D+Z DX52D+Z DX53D+Z DX54D+Z	NF EN 10 327	NF EN 10 143
301 (1.4310 ) 304-304L ( 1.4301-1.4307) 316L (1.4404 ) 316TI ( 1.4571) 321 (1.4541) 410-420 (1.4021) 430 (1.4016) 310 (1.4845)	NF EN 10 088	NF EN ISO 9445

## 1. Quarto-Stahlbleche zum Brennschneiden

☞ S235/S355 und ihre Varianten

☞ S690QL

☞ P265 bis P690

TOLERANZEN FÜR DIE DICKE					NF EN 10 029			
Nennstärke	Klasse A		Klasse B		Klasse C		Klasse D	
	Geringer	Höher	Geringer	Höher	Geringer	Höher	Geringer	Höher
3 bis 5 ausgeschlossen	- 0,3	+ 0,7	- 0,3	+ 0,7	0	+ 1,00	- 0,5	+ 0,5
3 bis 8	- 0,4	+ 0,8	- 0,3	+ 0,9	0	+ 1,20	- 0,6	+ 0,6
8 bis 15	- 0,5	+ 0,9	- 0,3	+ 1,1	0	+ 1,40	- 0,7	+ 0,7
15 bis 25	- 0,6	+ 1	- 0,3	+ 1,3	0	+ 1,60	- 0,8	+ 0,8
25 bis 40	- 0,7	+ 1,3	- 0,3	+ 1,7	0	+ 2,00	- 1	+ 1
40 bis 80	- 0,9	+ 1,7	- 0,3	+ 2,3	0	+ 2,60	- 1,3	+ 1,3
80 bis 150	- 1,1	+ 2,1	- 0,3	+ 2,9	0	+ 3,20	- 1,6	+ 1,6
150 bis 250	- 1,2	+ 2,4	- 0,3	+ 3,3	0	+ 3,60	- 1,8	+ 1,8
250 bis 400	- 1,3	+ 3,5	- 0,3	+ 4,5	0	+ 4,80	- 2,4	+ 2,4

EBENHEIT			NF EN 10 029	
Nennstärke in mm	Stahlgüte L		Stahlgüte H	
	Messlänge in mm			
	1000	2000	1000	2000
3 bis 5 ausgeschlossen	9	14	12	17
5 bis 8	8	12	11	15
8 bis 15	7	11	1	14
15 bis 25	7	10	10	13
25 bis 40	6	9	9	12
40 bis 250	5	8	8	12
250 bis 400	6	9	9	13

**Güte L** : Produkte mit spezifizierter minimaler Elastizitätsgrenze von  $\leq 460$  N/mm<sup>2</sup>, weder getempert noch getempert und gegläht

**Güte H** : Produkte mit spezifizierter minimaler Elastizitätsgrenze von  $> 460$  N/mm<sup>2</sup> und  $< 700$  N/mm<sup>2</sup>, sowie in allen Nuancen getemperte sowie getemperte und geglähte Produkte.

## 2. Stahlbleche zum Laserschneiden und Stanzen

☞ S235/S355 und ihre Varianten

☞ S315MC bis S700MC

☞ DD11

☞ P265 bis P690

TOLERANZEN FÜR DIE DICKE					NF EN 10 051			
Re ≤ 300MPa Kategorie A und 300 < Re ≤ 360MPa Kategorie B								
Nennstärken in mm	Toleranzen für eine Nennstärke in mm							
	≤ 1200		1200 bis 1500 inklusive		1500 bis 1800		> 1800	
	A	B	A	B	A	B	A	B
≤ 2	± 0,17	± 0,2	± 0,19	± 0,22	± 0,21	± 0,24	—	—
2 bis 2,5 inklusive	± 0,18	± 0,21	± 0,21	± 0,24	± 0,23	± 0,26	± 0,25	± 0,29
2,5 bis 3	± 0,2	± 0,23	± 0,22	± 0,25	± 0,24	± 0,28	± 0,26	± 0,3
3 bis 4	± 0,22	± 0,25	± 0,24	± 0,28	± 0,26	± 0,3	± 0,27	± 0,31
4 bis 5	± 0,24	± 0,28	± 0,26	± 0,3	± 0,28	± 0,32	± 0,29	± 0,33
5 bis 6	± 0,26	± 0,3	± 0,28	± 0,32	± 0,29	± 0,33	± 0,31	± 0,36
6 bis 8	± 0,29	± 0,33	± 0,3	± 0,35	± 0,31	± 0,36	± 0,35	± 0,4
8 bis 10	± 0,32	± 0,37	± 0,33	± 0,38	± 0,34	± 0,39	± 0,4	± 0,46
10 bis 12,5	± 0,35	± 0,4	± 0,36	± 0,41	± 0,37	± 0,43	± 0,43	± 0,49
12,5 bis 15	± 0,37	± 0,43	± 0,38	± 0,44	± 0,4	± 0,46	± 0,46	± 0,53
15 bis 25	± 0,4	± 0,46	± 0,42	± 0,48	± 0,45	± 0,52	± 0,5	± 0,58

EBENHEIT				NF EN 10 051		
Re ≤ 300MPa Kategorie A und 300 < Re ≤ 360MPa Kategorie B						
Dicken in mm	Toleranzen für eine Nennstärke in mm					
	≤ 1200		1200 bis 1500		> 1500	
	A	B	A	B	A	B
≤ 2	18	18	20	23	25	28
2 bis 25	15		18		23	

### 3. Feuerverzinkte Stahlbleche

TOLERANZEN FÜR DIE DICKE					NF EN 10 143	
Dicken in <i>mm</i>	Toleranzen für eine Nenndicke in <i>mm</i>					
	≤ 1200		1200 bis 1500 inklusive		> 1500	
	Re < 260MPa	260 ≤ Re < 360	Re < 260MPa	260 ≤ Re < 360	Re < 260MPa	260 ≤ Re < 360
0,2 bis 0,4 inklusive	± 0,04	± 0,05	± 0,05	± 0,06	± 0,06	± 0,07
0,4 bis 0,6	± 0,04	± 0,05	± 0,05	± 0,06	± 0,06	± 0,07
0,6 bis 0,8	± 0,05	± 0,06	± 0,06	± 0,07	± 0,07	± 0,08
0,8 bis 1	± 0,06	± 0,07	± 0,07	± 0,08	± 0,08	± 0,09
1 bis 1,2	± 0,07	± 0,08	± 0,08	± 0,09	± 0,09	± 0,11
1,2 bis 1,6	± 0,1	± 0,11	± 0,11	± 0,12	± 0,12	± 0,14
1,6 bis 2	± 0,12	± 0,14	± 0,13	± 0,15	± 0,14	± 0,16
2 bis 2,5	± 0,14	± 0,16	± 0,15	± 0,17	± 0,16	± 0,18
2,5 bis 3	± 0,17	± 0,19	± 0,17	± 0,2	± 0,18	± 0,2
3 bis 5	± 0,2	± 0,22	± 0,2	± 0,24	± 0,21	± 0,25
5 bis 6,5	± 0,22	± 0,24	± 0,22	± 0,25	± 0,23	± 0,26

TOLERANZEN EBENHEIT					NF EN 10 143	
Dicken in <i>mm</i>	Toleranzen für eine Nenndicke in <i>mm</i>					
	≤ 1200		1200 bis 1500 inklusive		> 1500	
	Re < 260MPa	260 ≤ Re < 360	Re < 260MPa	260 ≤ Re < 360	Re < 260MPa	260 ≤ Re < 360
< 0,7	± 10	± 13	± 12	± 15	± 17	± 20
0,7 bis 1,6 ausgeschlossen	± 8	± 10	± 10	± 13	± 15	± 19
1,6 bis 3	± 8	± 10	± 10	± 13	± 15	± 19
3 bis 6,5	± 15	± 18	± 18	± 25	± 23	± 28

#### 4. Kaltgewalzte Stahlbleche zum Kaltformen und elektrolytisch verzinkte Bleche

☞ DC01(+ ZE)

☞ DC03 (+ ZE)

☞ DC04 (+ ZE)

TOLERANZEN FÜR DIE DICKE					NF EN 10 131	
Nennstärken in mm	Toleranzen für eine Nennstärke in mm					
	≤ 1200		1200 bis 1500 inklusive		> 1500	
	Re < 260MPa	260 ≤ Re < 340	Re < 260MPa	260 ≤ Re < 340	Re < 260MPa	260 ≤ Re < 340
0,35 bis 0,4 inklusive	± 0,03	± 0,04	± 0,04	± 0,05	± 0,05	± 0,06
0,4 bis 0,6	± 0,03	± 0,04	± 0,04	± 0,05	± 0,05	± 0,06
0,6 bis 0,8	± 0,04	± 0,05	± 0,05	± 0,6	± 0,06	± 0,07
0,8 bis 1	± 0,05	± 0,06	± 0,6	± 0,07	± 0,07	± 0,08
1 bis 1,2	± 0,06	± 0,07	± 0,7	± 0,08	± 0,08	± 0,1
1,2 bis 1,6	± 0,08	± 0,09	± 0,9	± 0,11	± 0,1	± 0,12
1,6 bis 2	± 0,1	± 0,12	± 0,11	± 0,13	± 0,12	± 0,14
2 bis 2,5	± 0,12	± 0,14	± 0,13	± 0,15	± 0,14	± 0,16
2,5 bis 3	± 0,15	± 0,17	± 0,15	± 0,18	± 0,16	± 0,18

TOLERANZEN EBENHEIT					NF EN 10 131	
Nennstärken in mm	Toleranzen für eine Nennstärke in mm					
	600 bis 1200 ausgeschlossen		1200 bis 1500		≥1500	
	Re < 260MPa	260 ≤ Re < 340	Re < 260MPa	260 ≤ Re < 340	Re < 260MPa	260 ≤ Re < 340
< 0,7	10	13	12	15	17	20
0,7 bis 1,2 ausgeschlossen	8	10	10	13	15	19
≥ 1,2	7	8	8	11	13	17

## 5. Edelmstähle

DICKEN ISO 9 445-2	
Nennstärke	Toleranzen
0,3 bis 0,5 ausgeschlossen	± 0,04
0,5 bis 0,6	± 0,05
0,6 bis 0,8	± 0,05
0,8 bis 1	± 0,06
1 bis 1,2	± 0,07
1,2 bis 1,5	± 0,8
1,5 bis 2	± 0,09
2 bis 2,5	± 0,1
2,5 bis 3	± 0,12
3 bis 4	± 0,14
4 bis 5	± 0,15
5 bis 6,5	± 0,15
6,5 bis 8	± 0,17
Mehr als 30 mm vom Rand entfernt gemessene Dicken	

EBENHEIT ISO 9 445-2	
LÄNGE	TOLERANZEN
< 3000	10
≥ 3000	12

## 6. Andere Rohstoffe

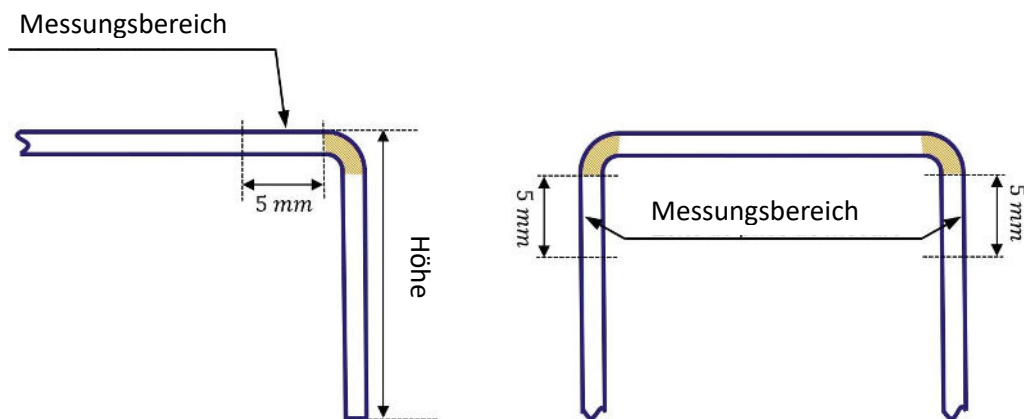
Rohstoffe aus Stahl des Typs Stangen, die bei unseren Fertigungen verwendet werden, haben durch folgende Normen definierte Toleranzen.

- ↻ NF EN 10 056 für Winkelstahl
- ↻ NF EN 10 058 für Stangen des Typs flach
- ↻ NF EN 10 059 für Stangen des Typs Vierkant

## VI. KONTROLLHINWEISE

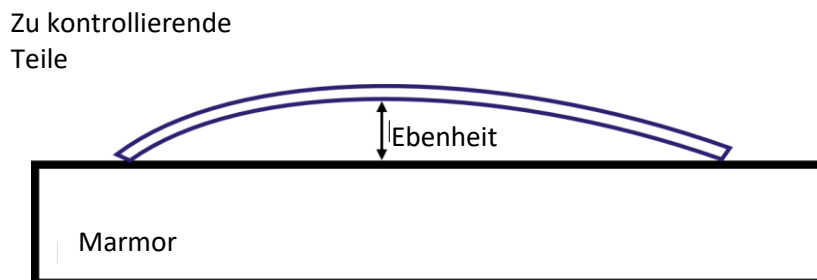
### 1. Biegen

Das Messen eines Abstands eines gebogenen Rands oder zweier gebogener Ränder darf nicht durch den Winkelfehler beeinflusst werden. Das Messen muss also so nahe wie möglich an der Biegefalte erfolgen, ohne sich jedoch im gerundeten Bereich zu befinden. Das Messinstrument muss im Bereich der 5 mm positioniert werden, wie auf den Darstellungen angegeben.



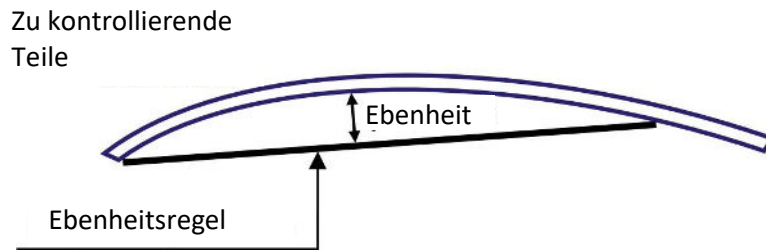
### 2. Ebenheit

Falls Marmor oder Messstab länger als das Teil sind, entspricht der gemessene Abstand dem absoluten Ebenheitsfehler.



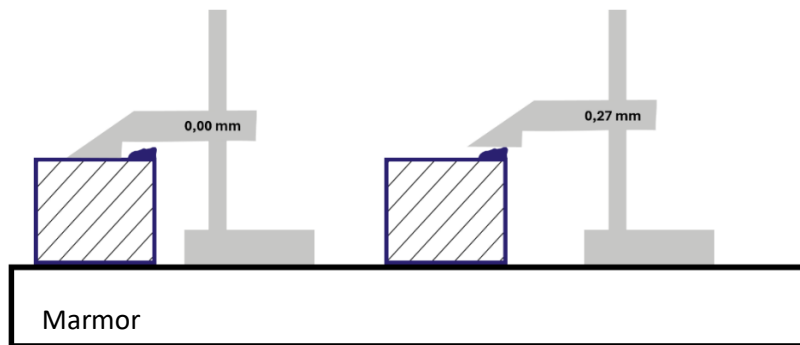
Falls Marmor oder Messstab kürzer als das zu kontrollierende Teil sind, entspricht der gemessene Abstand der Ebenheit pro Längeneinheit des Messstabs.

Beispiel: der Messstab misst 1,5 Meter Länge und der Fehler beträgt 18mm. Die Ebenheit beträgt also  $\frac{18}{1,5} = 12\text{mm/m}$ .



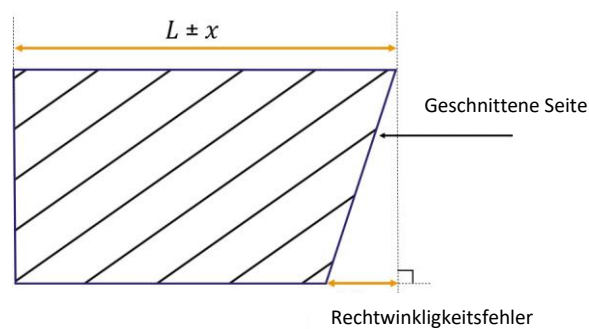
### 3. Grate

An einem Grat müssen zwei Messungen erfolgen, die Höhe, die mit einem Streichmaß gemessen wird und die Tiefe, deren Messung mit einer Schieblehre erfolgt.



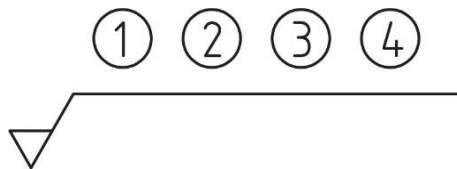
### 4. Die Messungen beim Schneiden

Die Messung muss erfolgen, ohne weder den Rechtwinkligkeitsfehler noch eventuelle Fehler an den Kanten (Anstiche zum Beispiel) zu berücksichtigen.

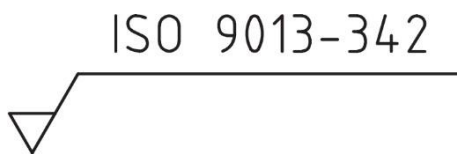


## 5. Erwähnung in den technischen Unterlagen

Anweisungen zur Qualität der Schneidfläche und der Toleranzklasse. Die erforderlichen Qualitätsklassen und Toleranzen bei thermischen Schneidverfahren und Wasserstrahlschneiden müssen durch Benutzung der folgenden Symbole gemäß ISO 1302 wie folgt angegeben werden:



- ① Angabe des Hauptindex der vorliegenden internationalen Norm
- ② Angabe der Toleranzen zu Rechtwinkligkeit oder Winkligkeit
- ③ Angabe der durchschnittlichen Höhe des Profils Rz5
- ④ Angabe der Toleranzklasse



Beispiel: Man nimmt die Tabellen und die verschiedenen Qualitätsklassen von ISO 9013. Man bezieht sich auf die Klasse 3 für die Rechtwinkligkeit und die Klasse 4 für die Rauheit. Die Maßtoleranzen werden sich auf die Klasse 2 beziehen.

Die Qualitätsklassen werden in ISO 9013 „Felder“ genannt.

## REFERENZEN

**ISO 9013: 2017** Norm für die Maßtoleranzen, Rechtwinkligkeiten und Rauheiten bei thermischen Schneidverfahren (Brennschneiden, Plasmaschneiden und Laserschneiden)

**SN 214001: 2010** Schweizer Norm zum Wasserstrahlschneiden. Die Bilder der Schneidfläche beim Wasserstrahlschneiden entstammen dieser Norm.

**ISO 2768 – 1: 1989** Norm der allgemeinen Maßtoleranzen

**NF E02-352: 2013** Norm der allgemeinen Maßtoleranzen für geschnittene gebogene Teile

**ISO 13920: 2023** Norm der allgemeinen Toleranz beim Schweißen

**ISO 8501-1: 2007** Norm für den Pflegegrad bei kugelgestrahlten Teilen

**NF EN 10029: 2011** Norm zu den Maß- und Formtoleranzen von heißgewalzten Stahlblechen einer Dicke zwischen 3 und 400 mm, einer Dicke von über 600 mm. Sie gilt nicht für rostfreie Stähle.

**NF EN 10051: 2011** Norm zu den Maß- und Formtoleranzen von heißgewalzten Blechen aus legiertem und nicht legierten Stählen einer Dicke bis zu 25 mm mit maximaler Breite von 2200 mm.

**NF EN 10143: 2006** Norm zu den Maß- und Formtoleranzen von Blechen aus feuerverzinktem Stahl.

**ISO 9445-2: 2010** Norm zu den Maß- und Formtoleranzen von Blechen aus rostfreiem Stahl in Form von kaltgewalzten breiten Bändern und Blechen mit Dicken zwischen 0,3 und 8 mm und Dicken zwischen 600 und 2100 mm.

**NF EN 10056: 1994** Norm zu den Winkelstählen aus Baustahl

**NF EN 10058: 2018** Norm zu Stangen des Typs flach bzw breit und flach aus heißgewalztem Stahl.

**NF EN 10059: 2004** Norm zu Stangen des Typs Vierkant aus heißgewalztem Stahl

Index	Datum	Änderung	Erstellt	Geprüft	Bestätigt
INS 033.5	18.11.2024	Vollständige Überarbeitung des Dokuments	M.GOERKE	F.MELHINGER	M.BLUNDEN