

Maßhaltigkeit

Aufgrund der hohen thermischen Ausdehnungskoeffizienten ist eine Maßkontrolle erst nach Erreichen der Raumtemperatur sinnvoll. Bei Kunststoffteilen sind die Fertigungstoleranzen größer zu wählen als bei Metallen. Ebenso muss man darauf achten, dass die temperaturbedingten Maßänderungen um ca. eine Zehnerpotenz größer sind.

Maßgenaue Teile sollten aus spannungsarmen Halbzeugen gefertigt werden (siehe „Tempern“). Diese Werkstücke sollten unter Umständen vor der Fertigung getempert werden. Sind größere, ungleichmäßige Spanabnahmen erforderlich, empfiehlt sich je nach Toleranzanforderung ein grobes Vorarbeiten des Werkstückes und eine 24-stündige Auslagerung oder ein Zwischentemperprozess, um danach erst mit der Endbearbeitung zu beginnen. Bitte beachten Sie, dass durch ein Temperprozess oder eine Auslagerung ein Schrumpf der Werkstücke erfolgt und ein entsprechendes Aufmaß eingeplant werden muss.

Spannen

Beim Spannen der Werkstücke ist eine Deformation durch zu hohen Spanndruck zu vermeiden.

Weiterhin sollte ein Spannen über eine längere Zeitdauer vermieden werden, da der langeinwirkende Spanndruck eine Maßveränderung und eine Verminderung des Spanndrucks beim Werkstück hervorruft. Werkstücke können mittels Vakuumspanntechnik oder mit beidseitigem Klebeband befestigt werden.



Vakuumspannvorrichtung

Bearbeitungsfehler

Innere Spannungen und zusätzliche mangelhafte spanabhebende Bearbeitung können zu Rissbildungen oder nachträglichen Dimensionsänderungen führen.

Ursächlich sind meist:

- Verwendung von stumpfen Werkzeugen, welche zusätzlich zu den „eingefrorenen“ Spannungen noch Bearbeitungsspannungen erzeugen.
- Herstellung von starken Querschnittsveränderungen und scharfen Kanten, welche die „eingefrorenen“ Spannungen auf kleine Bereiche konzentrieren.
- Große Spanabnahmen führen zu einer schlagartigen Störung des Spannungsgleichgewichtes und resultieren in hohen Verzugsgeschwindigkeiten, welche zum Bruch führen können.

Vermeidung von Rissen durch die Bearbeitung



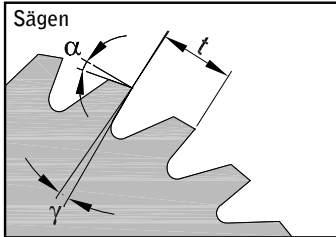
Geplatzttes Halbzeug aufgrund zu großer Spanabnahme

Bei einigen ZEDEX® Hochleistungskunststoffen ist es erforderlich, das Werkstück zu erwärmen und im noch warmen Zustand zu bearbeiten.

Entsprechende Hinweise sind in Tabelle 3 auf der nachfolgenden Seite angegeben.



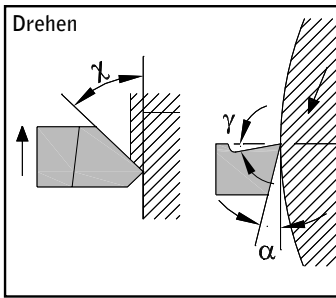
Wichtige Hinweise zur spanabhebenden Bearbeitung von ZEDEX Kunststoffen



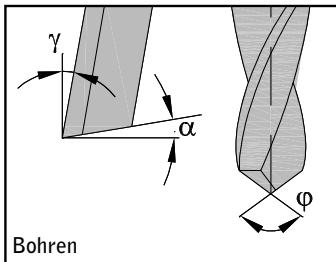
		ZX-100K	ZX-100EL63/55	ZX-100MT	ZX-324	ZX-324V1T	ZX-324V2T	ZX-324V11T	ZX-324VMT	ZX-410	ZX-410V7T	ZX-410VMT	ZX-530	ZX-530CD3	ZX-530EL3	ZX-530EL3AG2	ZX-530KF15	ZX-550	ZX-550PV	ZX-750V5T	ZX-750V5KF
α	min.	15	20	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	20	20	5	5
	max.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	10	10
γ	min.	5	2	5	0	0	0	0	10	0	10	10	0	0	0	0	0	5	5	0	0
	max.	8	5	8	5	5	5	5	15	4	15	15	5	5	5	5	5	8	8	3	3
V	min.	300	500	300	500	500	500	500	200	500	300	200	500	500	500	500	500	300	300	800	800
	max.				800	800	800	800	300			300	800	800	800	800	800			900	900
t	min.	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	10	10
	max.	8	8	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	14	14

Erforderliche Temperatur zum Sägen [°C]
Aufenthaltsdauer im Ofen 1h pro 30mm
Wanddicke (sk)

Stäbe $\geq \varnothing 120$ mm	100	-	-	100	100	100	100	100	100	-	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-
Rohre $\geq sk 25$ mm	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



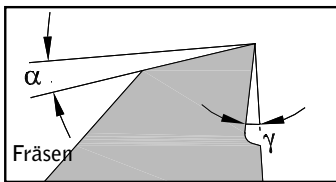
α	min.	5	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	10	10	2	2
	max.	10	10	10	8	8	8	8	8	6	8	8	8	8	8	8	8	10	10	5	5
γ	min.	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	2	0	0	0	0	0	5	5	0	0
	max.	5	5	5	5	5	5	5	8	0	8	8	5	5	5	5	5	8	8	5	5
λ	min.	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
	max.	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
V	min.	300	250	300	250	250	250	250	150	350	150	150	250	350	350	350	350	150	250	100	100
	max.	400	500	400	500	500	500	500	200	400	200	200	500	40	40	40	40	500	500	120	120
S	min.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	max.	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,08	0,08



α	min.	5	5	5	5	5	5	5	6	3	6	6	5	5	5	5	5	10	10	5	5
	max.	10	15	10	10	10	10	10	6	10	6	6	10	10	10	10	10	16	16	10	10
γ	min.	10	10	10	10	10	10	10	5	10	5	5	10	10	10	10	10	5	6	5	5
	max.	20	20	20	30	30	30	30	10	20	10	10	30	30	30	30	30	20	20	10	10
ϕ		90	90	90	90	90	90	90	120	90	120	120	90	90	90	90	90	130	130	120	120
V	min.	50	50	50	50	50	50	50	80	20	80	80	50	50	50	50	50	150	150	80	80
	max.	100	150	100	200	200	200	200	100	80	100	100	200	20	20	20	20	200	200	100	100
S	min.	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,02	0,02
	max.	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1

Erforderliche Temperatur zum Bohren [°C]
Aufenthaltsdauer im Ofen 1h pro 30mm
Durchmesser

Stäbe $\geq \varnothing 80$ mm	100	-	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-	-	100	100
--------------------------------	-----	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	---	-----	-----



α	min.	5	10	5	5	5	5	5	15	2	15	15	5	5	5	5	5	5	5	2	2
	max.	15	20	15	15	15	15	15	30	10	30	30	15	15	15	15	15	15	15	5	5
γ	max.	5	5	5	6	6	6	6	6	1	6	6	6	6	6	6	6	5	5	0	0
	max.	15	15	15	10	10	10	10	10	5	10	10	10	10	10	10	10	15	15	5	5
V	min.	250	250	250	250	250	250	250	80	250	80	80	250	250	250	250	250	250	250	90	90
	max.	500	500	500	500	500	500	500	100	500	500	100	500	500	500	500	500	500	500	100	100

Werkzeuge aus Wolfram-Karbid, Diamant, Keramik.			X						X		X	X								X	X
Keine wasserlöslichen Kühlmittel verwenden*										X	X	X									

* Wenn auf Kühlemulsionen nicht verzichtet werden kann, sollten die Teile sofort nach der Bearbeitung mit Isopropanol gereinigt und mit Wasser gespült werden

α [°] Freiwinkel	λ [°] Einstellwinkel	t [mm] Zahnteilung	V [m/min] Schnittgeschwindigkeit
γ [°] Spanwinkel	ϕ [°] Spitzwinkel	S [mm ⁻¹] Vorschub	

Maschinen

Beim Bearbeiten von ZEDEX® Hochleistungskunststoffen treten sehr geringe spezifische Schnittkräfte auf. Dies ermöglicht es, dass für die Bearbeitung von Werkstücken aus ZEDEX® Hochleistungskunststoffen Maschinen mit geringerer Antriebsleistung als für die Bearbeitung des gleichen Teils aus Metall ausreicht. Zum Bearbeiten von ZEDEX® Hochleistungskunststoffen können die schnelllaufenden Maschinen, die bei der Leichtmetall- oder Holzbearbeitung zum Einsatz kommen, verwendet werden. Sie ermöglichen die hohen Arbeitsgeschwindigkeiten bei geringem Vorschub und bei großen Spanwinkeln. Diese sind bei der Kunststoffverarbeitung erforderlich, um das Ausreißen des Werkstoffs und die Bildung von Wärmemetausch möglichst gering zu halten.



Werkzeug zum Abstechen dünnwandiger Teile

Werkzeuge

Allgemein gültig für alle Werkzeuge, die bei der Bearbeitung von Kunststoffen eingesetzt werden ist, dass sie sehr scharf und glatt sein müssen und einen großen Spanwinkel aufweisen sollten. Dabei kann die Schärfe der Werkzeuge nicht genug betont werden. Bei Werkzeugen mit zu geringem Spanwinkel und ohne ausreichend großem Freiwinkel neigen die Späne zum Schmelzen und zum Hängenbleiben an den Teilen. Für das Bearbeiten von ZEDEX® Hochleistungskunststoffen eignet sich Werkzeugstahl nicht. Mit Werkzeugen aus HSS (Hochleistungs Schnellschnittstahl) kann man wirtschaftliche Standzeiten erreichen. Werden aber hohe Stückzahlen verlangt, so ist es besser, Werkzeuge aus HM (Hartmetall) einzusetzen. Sehr enge Toleranzen über große Serien

lassen sich mit diamantbestückten Werkzeugen erreichen. Faserverstärkte ZEDEX® Hochleistungskunststoffe sollten immer mit diamantbestückten Werkzeugen bearbeitet werden.

Richtwerte für die Werkzeugauswahl:

- SS Klasse EV 4,
- EV 4 Co,
- E Mo 5 V3
- HM Sorten K 10 bis K 40

Werkzeuge, mit denen zuvor Metall bearbeitet wurden, sind grundsätzlich nachzuschärfen, bevor ZEDEX® Hochleistungskunststoffe damit bearbeitet werden.



Fräswerkzeuge zum Bearbeiten von Kunststoff

Kühlen

Werden ZEDEX® Hochleistungskunststoffe durch die Bearbeitung übermäßig erwärmt, so kann es zum Schmelzen oder Verbrennen der Werkstücke oder zum Ausglühen der Werkzeuge kommen. Deshalb sollte bei der Bearbeitung des Werkstücks möglichst viel Wärme abgeführt werden. Die beste Wärmeabfuhr wird über den Span erreicht. Zusätzlich kann noch mit einem Pressluftstrahl gekühlt werden, welcher gleichzeitig den Span aus dem Arbeitsraum entfernt. Höhere Vorschübe und bessere Oberflächenqualitäten lassen sich mit handelsüblichen Kühlemulsionen erreichen. Werkstoffe der ZEDEX® 410 Familie dürfen nicht mit Emulsionen, sondern nur mit Wasser oder Luft gekühlt werden. Ist eine Kühlung mit Emulsion unabdingbar, müssen nach der Bearbeitung die Emulsionsrückstände restlos entfernt werden. Dies erfolgt am besten mit Isopropanol und anschließender Was-

erspülung. Um das Hängenbleiben dieser Späne zu vermeiden, empfiehlt es sich, die Werkzeugspitzen abzurunden.

Sägen

Beim Trennen mit der Bandsäge ist eine Schnittgeschwindigkeit zwischen 8 und 25 m/s zu wählen, denn bei geringeren Schnittgeschwindigkeiten können ausgefrante Schnitte entstehen.

Als Werkzeugmaterial sollten nur Metallsägeblätter oder hartmetallbestückte Kreissägeblätter eingesetzt werden, die eine genügend große Zahnschrägung aufweisen.



Hartmetallbestücktes Sägeblatt

Die saubersten Schnittflächen werden dann erzielt, wenn das Sägeblatt nur wenige Millimeter über die zu trennende ZEDEX® Hochleistungskunststoffplatte hervorragt und der Sägevorgang zügig durchgeführt wird. Um ein Reißen zu vermeiden, ist bei manchen ZEDEX® Hochleistungskunststoffen ein Erwärmen und Sägen im warmen Zustand erforderlich (siehe Tabelle 3 auf Seite 26). Sehr schonend kann auf einer Bandsäge mit einer Zahnteilung von 4 bis 6 mm getrennt werden.

Schleifen, Polieren

Allgemein lassen sich ZEDEX® Hochleistungskunststoffe schleifen und polieren. Man muss nur darauf achten, dass nicht durch zu hohen Anpressdruck zu hohe Reibungswärme an der zu bearbeitenden Oberfläche entsteht. Beim Schleifen sind handelsübliche Schleifbänder und Schleifscheiben, möglichst mit grober Körnung, einsetzbar. Es sollte nach Möglichkeit eine ausreichende Kühlflüssigkeit auf

die Schleifscheibe gestrahlt werden, damit die Poren nicht durch Kunststoffpartikel zugesetzt werden. In jedem Fall sollten grobkörnige Schleifscheiben verwendet werden.

Bohren

Zum Bohren von ZEDEX® Hochleistungskunststoffen eignen sich HSS-Spiralbohrer nach DIN 1412, die auch in der Metallverarbeitung eingesetzt werden.

Um einen Wärmestau, Schmieren und Risse bei tiefen Bohrungen zu vermeiden, sollte gekühlt, häufig gelüftet und die Späne ausgebracht werden. Zweischnneider mit Führungzapfen werden für Bohrungen über 30 mm verwendet. Kreisschneider können nur für dünne Tafeln verwendet werden.

Bei größeren Bohrlochdurchmessern empfiehlt es sich, mit kleinen Durchmessern (ca. 10-20 mm) vorzubohren. Bohren ins volle Material darf nur mit einwandfrei geschärften Bohrern und im warmen Zustand des Kunststoffes erfolgen. Die erforderlichen Temperaturen und Aufwärmzeiten sind in Tabelle 3 auf Seite 26 angegeben. Bei Nichtbeachtung besteht die Gefahr des Platzens und Verletzungsgefahr.

Tiefe Bohrungen über 50 mm Durchmesser werden am günstigsten mit Aufbohr- und Senkwerkzeugsystemen der Fa. Rasmuc oder mit einem Wohlhaupter Bohrkopf ausgeführt. Für Präzisionsbohrungen sollte das Bohren in zwei Arbeitsgängen erfolgen, d.h. vorbohren, Material erkalten lassen und nachbohren.



HSS Spiralbohrer

Drehen



Fließspan beim Drehen

Beim Drehen von ZEDEX® Hochleistungskunststoffen sind hohe Vorschübe und große Spanquerschnitte anzustreben. Um eine Oberfläche mit besonders hoher Qualität zu fertigen, sollte die Schneide als Breitlichtschneide ausgeführt sein. Ebenfalls sollte die geforderte Werkstückkontur und die Oberflächenqualität in einem Arbeitsgang erreicht werden.

Bei Innenausdrehungen sind die normalen Innenausdrehstähle einsetzbar. Man muss nur auf eine stetige Spanabfuhr achten. Deshalb sind für Innenausdrehungen mit hoher Oberflächenqualität Spezialbohrer mit einem Drallwinkel von 15° zu bevorzugen.

Beim Abstechen dünnwandiger Teile werden messerähnlich geschliffene Werkzeuge verwendet. Bei den meisten ZEDEX® Kunststoffen entsteht ein Fließspan, der am besten mit Industriesaugern mit Vorabscheidern abgesaugt wird. Bei großen Drehlängen sollte mit einer Lünette abgestützt werden.



Spanabsaugung

Schneiden

Tafeln aus ZEDEX® Hochleistungskunststoff können mit einer Schlagschere geschnitten werden.

Fräsen

Um die große Zerspanungswärme abführen zu können, empfiehlt es sich, beim Fräsen einen möglichst großen Spanungsquerschnitt zu wählen. Diese Bedingung lässt sich durch einen großen Vorschub, eine große Schnitttiefe und einer nicht zu hohen Schnittgeschwindigkeit erreichen. Die Oberflächengüte beim Umfangsfräsen von ZEDEX® Hochleistungskunststoffen wird allein von der Hauptschneide bestimmt. Beim Bearbeiten mit einem Umfangsfräser wird die Oberflächengüte durch die Schneidengeometrie und ganz besonders vom Vorschub beeinflusst. Mit einschneidigen Werkzeugen sind größte Schnittleistungen bei hohen Oberflächengüten zu erreichen. Bei mehrschneidigen Werkzeugen kommt es zum Verkeilen der kommaförmigen Späne bei den nachfolgenden Schneiden, je größer die Schneidenzahl des Werkzeugs ist. Zahnräder mit hoher Verzahnungsqualität, die beim Spritzgießen nicht erzielt werden kann, werden mit dem Abwälzfräser gefertigt.

Feilen, Raspeln, Schaben

Beim Feilen haben sich grobgehauene Holzraspeln bewährt. Spezialfeilen mit einem der Rassel sehr ähnlichen Feilenhieb sind aber noch vorteilhafter. Diese haben Öffnungen im Feilenblatt, wodurch die beim Feilen abgetrennten Späne von der Werkstückoberfläche entfernt werden können. Dadurch wird das Verschmieren der Oberfläche verhindert. Durch ihre Gestaltung genügt ein leichtes Abklopfen, um die Späne aus der Feile zu entfernen.

Um eine geglättete Oberfläche bei Werkstücken, die mit der Feile oder Rassel bearbeitet wurden, zu erreichen, wird eine scharfe Ziehklinge verwendet. Mit diesem Werkzeug kann man auch scharfe Kanten am Kunststoffwerkstück brechen. Zum Vorbereiten von Schweißfugen wird ein sogenanntes Kehleisen oder ein Herzscharer verwendet. Scharer, die zum Glätten von Kehlnähten verwendet werden, sollten einen Radius von mindestens 2 mm aufweisen, denn durch die dabei entstandenen, gut abgerundeten Übergänge können keine störenden Kerbspannungen entstehen.

Reiben

Sehr eng tolerierte Bohrungen werden durch Aufreiben mit einer Reibahle nach DIN 206, DIN 212, DIN 219 erreicht. Aufgrund des elastischen Verhaltens des Kunststoffes muss mindestens 0,1 mm Bearbeitungszugabe vorgesehen werden. Ist die Bearbeitungszugabe zu gering, taucht der Kunststoff beim Reiben unter der Schneide elastisch weg. Es erfolgt kein Materialabtrag, sondern nur eine Deformation, die sich nach einer gewissen Zeit zurückstellt.

Hobeln



Dickenhobelmaschine

Zum Bearbeiten von ZEDEX® Hochleistungskunststoffen können sowohl Holzbearbeitungsmaschinen, wie z.B. Abrichthobelmaschinen und Dickenhobelmaschinen, als auch Metallverarbeitungsmaschinen, Shaping und Langhobelmaschinen verwendet werden.

Gewindeherstellung

Kernlochbohrungen für Gewinde bis M8 sollten ca. 0,1 mm im \emptyset größer und Kernlochbohrungen für Gewinde ab M10 ca. 0,2 mm im \emptyset größer ausgeführt werden, als es bei der Metallbearbeitung üblich ist. Das Gewindeschneiden mit einem Schneideisen ist ohne Probleme möglich.



Gewindeherstellung mit Gewindebohrer

Für die Herstellung von Gewindebohrungen können die in der Metallbearbeitung üblichen Gewindebohrer verwendet werden. Zur Verstärkung von Verbindungsgewinden sollten Metalleinsätze mit Hilfe von Ultraschall oder schraubend eingebracht werden.

Bei Bewegungsgewinden sollte das Gewinde mit möglichst glatten Oberflächen hergestellt werden. Dazu empfiehlt es sich, das Gewinde mit einem Drehmeißel auf einer Drehmaschine im letzten Arbeitsgang mit einer geringen Zustellung von ca. 0,05 mm zu fertigen.

Rändeln

Zum Rändeln von ZEDEX® Hochleistungskunststoffen können als Werkzeug sowohl radial als auch axial, Einfach- oder Doppelrollen eingesetzt werden.

Stanzen

Nur dünnwandige Teile bis 1,5 mm lassen sich durch Stanzen herstellen. Ein Vorwärmen des Materials verhindert Brüche.

Entfernen von Grat

Der auftretende Grat kann mit einem scharfen Entgratungsmesser oder mittels Stickstoffentgratung entfernt werden.



Entgratung mittels Entgratungsmesser

Bei größeren Mengen ist eine Trommelentgratung mit Nusschalen als Schleifmittel geeignet.

Toleranzen für spanend hergestellte Fertigteile

Kunststoffe unterliegen anderen physikalischen Gesetzmäßigkeiten als Metalle. Die bis zu 10-fach höhere thermische Ausdehnung, geringere Steifigkeit, Wasseraufnahme, Anisotropie, Nachschwindung und Verzug aufgrund von Spannungsrelaxation führen zu höheren Fertigungstoleranzen. Im Allgemeinen werden die IT-Toleranzreihen von 9 bis 12 verwendet. Die IT-Toleranzreihen von 7 und 8 sind in Sonderfällen möglich.

Allgemeintoleranzen für Maße ohne Toleranzangabe

Für maschinenbautechnische Teile sind die rot hinterlegten Klassen der Tabelle 4 zu wählen. In Sonderfällen können höhere Qualitäten verwendet werden. Jedoch empfehlen wir, die dauerhafte Einhaltbarkeit der Toleranz mit uns abzustimmen.

Rundungshalbmesser und Fasenhöhen			
Toleranzklasse	Nennmaßbereich [mm]		
	0,5 bis 3	über 3 bis 6	über 6
f (fein) m (mittel)	± 0,2	± 0,5	± 1,0
c (grob) v (sehr grob)	± 0,4	± 1,0	± 2,0

Grenzabmaße für Winkelmaße					
Toleranzklasse	Nennmaßbereich des kürzeren Schenkels [mm]				
	bis 10	über 10 bis 50	über 50 bis 120	über 120 bis 400	über 400
f (fein) m (mittel)	± 1°	± 30'	± 20'	± 10'	± 5'
c (grob)	± 1° 30'	± 1°	± 30'	± 15'	± 10'
v (sehr grob)	± 3°	± 2°	± 1°	± 30'	± 20'

Allgemeintoleranzen für Geradheit und Ebenheit						
Toleranzklasse	Nennmaßbereich [mm]					
	bis 10	über 10 bis 30	über 30 bis 100	über 100 bis 300	über 300 bis 1000	über 1000 bis 3000
H	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4
K	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8
L	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6

Grenzabmaße für Längenmaße								
Toleranzklasse	Nennmaßbereich [mm]							
	0,5 bis 3	über 3 bis 6	über 6 bis 30	über 30 bis 120	über 120 bis 400	über 400 bis 1000	über 1000 bis 2000	über 2000 bis 4000
f (fein)	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	-
m (mittel)	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2,0
c (grob)	± 0,15	± 0,2	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2,0	± 3,0	± 4,0
v (sehr grob)	-	± 0,5	± 1,0	± 1,5	± 2,5	± 4,0	± 6,0	± 8,0

Tabelle 4: Grenzabmaße und Allgmeintoleranzen

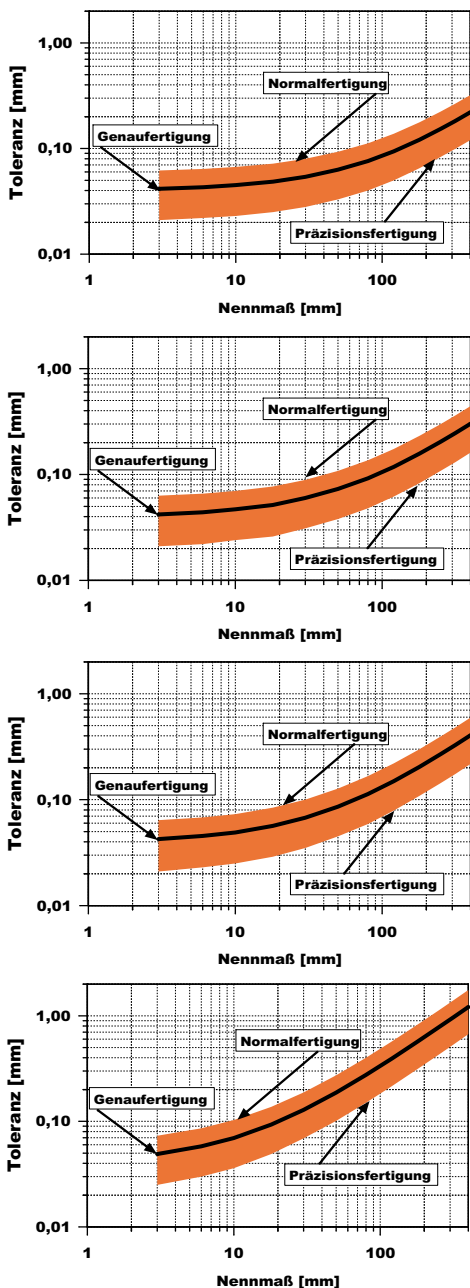
Erreichbare Toleranzen für Dreh- und Fräsarbeiten

Je nach Fertigungsaufwand wird unterschieden zwischen Normal-, Genau- und Präzisionsfertigung. In den Diagrammen in Abb. 5 sind die erreichbaren Toleranzen bei Dreh- und Fräsbearbeitung dargestellt. Die erreichbaren Qualitäten der Normalfertigung sind im Allgemeinen ausreichend für maschinenbautechnische Teile. Die Genaufertigung erhöht die Bearbeitungskosten um ca. 200%. Die Toleranzen der Präzisionsfertigung sind nur in Ausnahmefällen anzuwenden, da diese die Bearbeitungskosten um

800% erhöhen und i.d.R. auch nicht erforderlich sind. Die dauerhafte Einhaltung der Toleranzen der Präzisionsfertigung erfordert mehrfaches Zwischentempnen, Auslagern und vollklimatisierte Fertigungseinrichtungen und muss dem erfahrenen Bearbeiter vorbehalten bleiben.

Die ZEDEX® Hochleistungskunststoffe sind in 4 Toleranzkategorien eingeteilt. Werkstoffe der Kategorie A lassen sich präziser als Werkstoffe der Kategorie D bearbeiten.

Fräsen



Toleranzkategorie A

ZX-324VMT
ZX-410V7T
ZX-410VMT

B

ZX-100MT
ZX-324
ZX-324V1T
ZX-324V2T
ZX-324V11T
ZX-410
ZX-530CD3
ZX-530KF15
ZX-750V5T
ZX-750V5KF

C

ZX-100K
ZX-530
ZX-530EL3

D

ZX-100EL55/63
ZX-550
ZX-550PV

Drehen

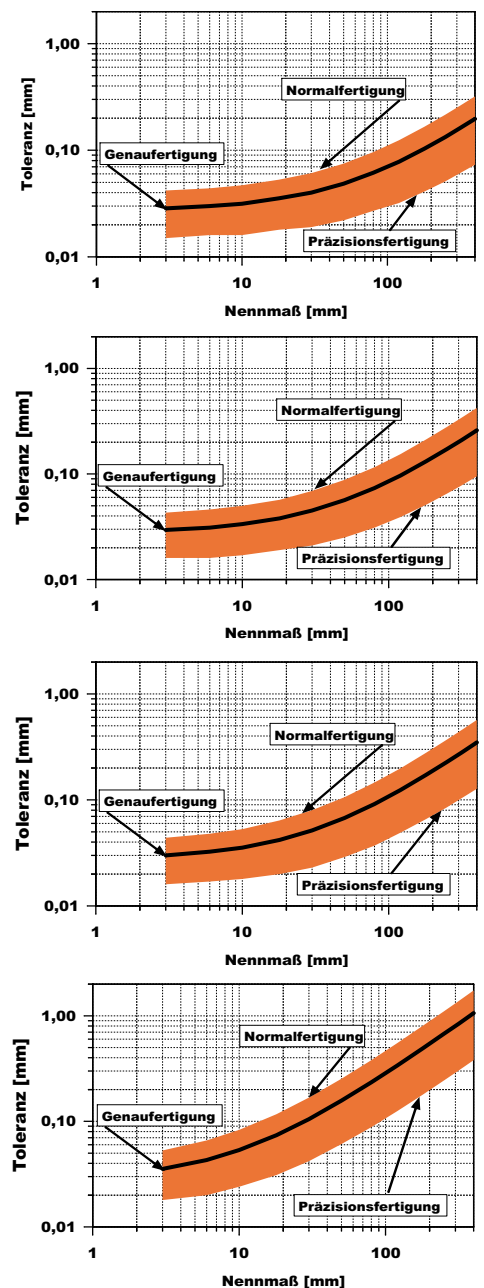


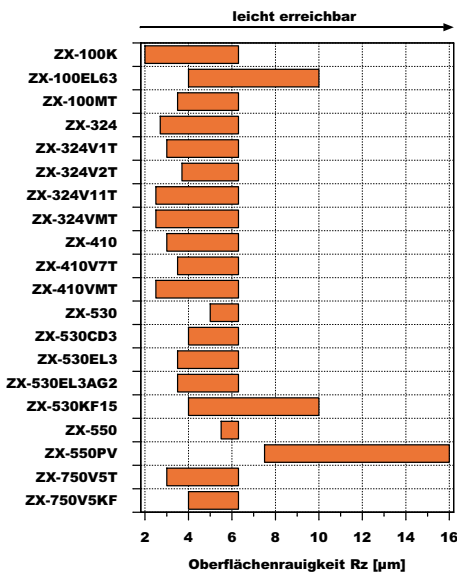
Abbildung 5: Toleranzen für Dreh- und Fräsbearbeitung

Erreichbare Oberflächenrauigkeiten

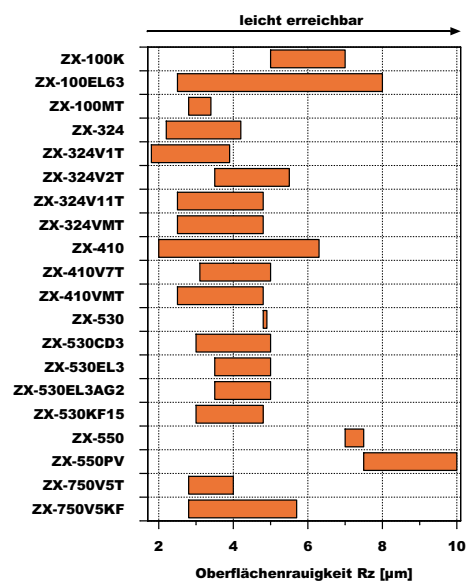
Die erreichbaren Oberflächenrauigkeiten sind von der Bearbeitung und auch von den Materialeigenschaften abhängig (siehe Abb.6). Die ohne besonderen Aufwand erreichbaren Oberflächenrauigkeiten sind in der Regel für maschinenbautechnische Teile ausreichend. Die mit besonderem Aufwand erreichbaren Oberflächenrauigkeiten sind in Ausnahmefällen zulässig, erfordern jedoch besondere Verfahren und Einrichtungen. Aus tribologischer Sicht haben die Oberflächenrauigkeiten der Metallgleitpartner

einen wesentlich höheren Einfluss und sollten deswegen „glatter“ ausgeführt werden. Wenn eine Schmierung vorgesehen ist, sind die Oberflächenrauigkeiten der Kunststoffteile nur von geringer Bedeutung. Ist die Reduktion von Reibung und Verschleiß erforderlich, sollten die Bearbeitungsriefen beider Gleitpartner in Richtung der Gleitbewegung verlaufen. Kunststoff-Oberflächenrauigkeiten von $Rz\ 10\ \mu\text{m}$ sind im Allgemeinen ausreichend, $Rz\ 6,3\ \mu\text{m}$ für hochwertige Oberflächen. Genauer nur in Sonderfällen. ■

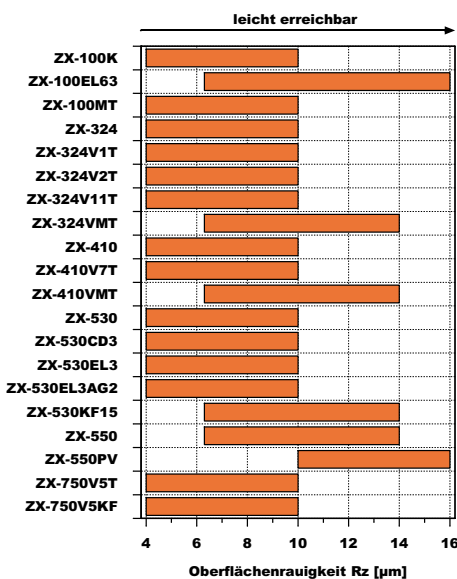
Drehen



Polieren



Fräsen



Sägen / Hobeln

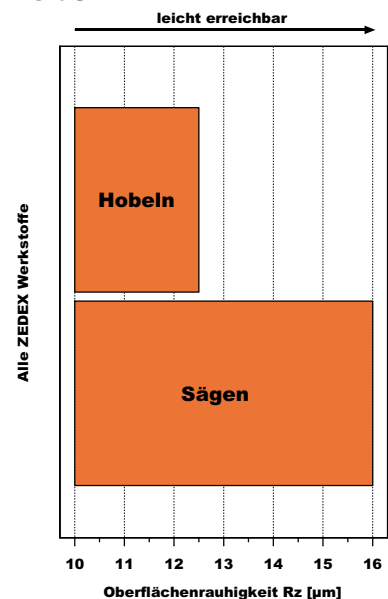


Abbildung 6: Rauigkeiten in Abhängigkeit des Bearbeitungsverfahrens