

Kunststoff

Design Leitfaden

für CNC-Bauteile



HOCHEGGER
TECHNIK

Inhalt

Vor dem Start ...

Verhalten von Kunststoffteilen verstehen **S. 4**

Unsere Fertigungsstandards

Die Tolerierung von CNC-Bauteilen aus Kunststoff **S. 5**

Allgemein- und Sondertoleranzen **S. 6**

Design-Tipps:

- 1** Sondertoleranzen nur wenn nötig definieren **S. 7**
- 2** Innenliegende, vertikale Ecken mit einem Radius versehen **S. 7**
- 3** Wandstärke von dünnen Bauteilen anheben **S. 8**
- 4** Bauteilfeatures mit großem Längen/Dicken-Verhältnis vermeiden **S. 8**
- 5** Tiefe von Kavitäten begrenzen **S. 9**
- 6** Bohrungen mit „Standarddurchmesser“ definieren **S. 9**
- 7** Anzahl der Aufspannungen aufs Nötige minimieren **S. 10**
- 8** Auf gleichmäßigen Materialabtrag Acht geben **S. 10**
- 9** Länge von Gewinden begrenzen **S. 11**
- 10** Jegliche Art von Beschriftung vermeiden **S. 11**
- 11** Oberflächennachbearbeitung vermeiden **S. 12**
- 12** Lassen Sie sich von uns beraten! **S. 12**

Zusammenfassung **S. 13**

Einfach statt kompliziert

Das richtige Fertigungsverfahren wählen **S. 13**

CNC-Bearbeitung?

Hohe Qualität, niedrige Kosten!

Sie denken darüber nach, ein Bauteil durch CNC-Bearbeitung herstellen zu lassen?

Eine hervorragende Idee!

Um das volle Potenzial der CNC-Bearbeitung für Ihre gewünschten Bauteile auszuschöpfen, sollten Sie immer drei Dinge beachten:

- Materialkosten
- Aufwand für Rüstung & Programmierung zur Vorbereitung der Fertigungsaufgabe
- Tatsächliche Herstellungsdauer jedes einzelnen Bauteils

Sie haben im Designprozess unmittelbaren Einfluss auf diese drei Faktoren, indem Sie die Größe der Bauteile, die Komplexität der Bauteilgeometrie sowie die Festlegung von Toleranzen und Oberflächenqualitäten bestimmen.

Dieser Designguide soll Ihnen die wesentlichen Prinzipien vermitteln, die für eine wirtschaftliche und fertigungstechnisch optimale Konstruktion von Dreh- und Frästeilen wichtig sind.

CNC-Bearbeitung: Spanabhebende Verfahren zur hochwertigen & flexiblen Verarbeitung von Kunststoff

Bei der CNC-Bearbeitung, die auch als CNC-Zerspanung bekannt ist, wird mit einem Schneidwerkzeug überschüssiges Material von einem Werkstück in Form von Spänen abgetrennt. So wird aus dem Werkstück die gewünschte Form „herausgearbeitet“.

Zu den wichtigsten Verfahren zählen das Fräsen und das Drehen. Beim Fräsen dreht sich das Werkzeug um die eigene Achse, wodurch meist prismatische Formen entstehen.

Beim Drehen hingegen dreht sich das eingesetzte Werkstück um seine eigene Achse, während das Werkzeug entlang der Kontur geführt wird. So entstehen aus dem Werkstück dann rotationssymmetrische Bauteile.

Mit der Abkürzung „CNC“ (Computer Numerical Control) werden Dreh- und Fräsmaschinen bezeichnet, deren Bewegungen computergesteuert sind, um automatisiert komplexere Formen zu erzeugen.

Hochleistungskunststoffe für langlebige Dreh- und Frästeile

Hochegger Technik ist auf Hochleistungskunststoffe spezialisiert und bietet eine äußerst umfangreiche Auswahl an Materialien. Durch die Kombination von Kunststoffmatrizen, Verstärkungskomponenten und Festschmierstoffen entstehen Polymere, die den wärmetechnischen, mechanischen und physikalischen Anforderungen der Industrie standhalten.

Mithilfe unserer Erfahrung im Spritzguss, im 3D-Druck und in der CNC-Bearbeitung setzen wir Ihre gewünschten Bauteile technisch präzise und wirtschaftlich effizient um.

Vor dem Start ...

Das Verhalten von Kunststoffteilen verstehen



Unsere verschleißfesten und schmiermittelfreien CNC-Bauteile ersetzen häufig Metallteile und erfüllen ihre Aufgaben zuverlässig. Die Toleranzen und Gestaltungsprinzipien von Metallteilen sollten jedoch nicht ohne Anpassungen auf Kunststoffteile übertragen werden.

Obwohl die engen, metalltypischen Toleranzen dank der modernen CNC-Technik bis zu einem gewissen Grad herstellbar sind, ist entscheidend, was danach passiert. Zusätzlich zu fertigungsbedingten Restspannungen sind vor allem die verhältnismäßig hohe Wärmeausdehnung und die Feuchtigkeitsaufnahme dafür verantwortlich, dass enge Metalltoleranzen im Laufe der Zeit realistisch nicht erreichbar sind.

Bereits das Ausspannen des Bauteils aus der Maschinenoberfläche oder eine Wetterveränderung (gestern war es noch ziemlich kalt, und jetzt ist es auf einmal sonnig) kann ausreichen, um enge Toleranzen, wie man sie von Metallen gewohnt sind, zu reißen.

Darüber hinaus können Messungen mit unterschiedlichen Messgeräten, zu unterschiedlichen

Zeitpunkten und unter variierenden Bedingungen zu Diskussionen über die Konformität der Bauteile führen. Je enger die Toleranzen angesetzt sind, desto wahrscheinlicher treten solche Unklarheiten auch auf.

Wenn Bauteile nicht gezielt auf die spezifischen Eigenschaften von Kunststoffen ausgelegt und konstruiert werden, hat dies nicht nur direkte Auswirkungen auf die Kosten der Fertigung: Auch der gesamte Ablauf - von der Erstellung eines Angebots über die Auftragserteilung bis hin zur tatsächlichen Fertigung - kann sich spürbar verzögern. Grund dafür ist, dass während dieses Prozesses häufig offene Fragen auftauchen und Unklarheiten beseitigt werden müssen, bevor eine reibungslose Produktion gewährleistet werden kann.

Aus diesem Grund möchten wir Ihnen in diesem Designguide einige praxisnahe Hinweise und Empfehlungen mitgeben, welche Ihnen helfen werden, Kunststoffbauteile konstruktiv und fertigungstechnisch optimal zu gestalten und so mögliche Verzögerungen und Missverständnisse zu vermeiden.

Unsere Fertigungsstandards

Für Bauteile, auf die Sie sich verlassen können

Unsere Fertigungsstandards berücksichtigen die typischen Eigenschaften von Kunststoffen, wie Wärmeausdehnung und Feuchtigkeitsaufnahme.

Die nachfolgende Liste gewährleistet daher eine kunststoffgerechte Fertigung sowie eine schnelle Bearbeitung Ihrer Anfrage.

Selbstverständlich können Sie abweichende Anforderungen, beispielsweise engere Toleranzen, ebenfalls bei uns anfragen – wir prüfen immer die technische Umsetzbarkeit.

Für die Konfiguration und Berechnung von Sonderteilen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung – sprechen Sie uns einfach an.

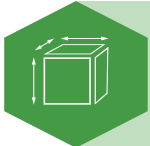


Kunststoff
Fräsbearbeitung

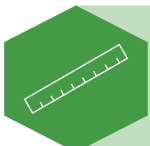
5-Achs
Bearbeitungszentrum



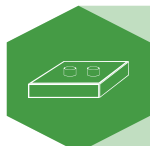
Konfigurierbar



Allgemeintoleranzen für Längen-, Form- und Lagemaße (siehe Tabelle 1):
▶ ISO 2768-m/K



Minimale Sondertoleranzen bei Längenmaßen und Passungen (siehe Tabelle 2)
▶ IT11 und IT12
▶ Faustregel: Minimale Toleranzenbreite von 0,05 mm



Konfiguration von Löchern und Bohrungen
▶ Metrisches ISO-Gewinde
▶ Passung



Oberflächenrauheiten:
▶ Typisch, erwartbare Qualitäten geschlichteter Oberflächen
▶ Erwartbar: Ra ~ 2-3 µm

Anfragbar



Weitere Anforderungen sind möglich nach Prüfung:
▶ Engere Toleranzen, feinere Oberflächen, andere Gewinde
▶ Bestimmte Bauteilgeometrien (Verzahnungen)
▶ Zusätzlich Services (Prüfungen, etc.)

Allgemein- und Sondertoleranzen

Allgemeintoleranzen gemäß ISO 2768

Maße ohne Toleranzangabe (Empfehlung) für Drehteile und Frästeile aus Kunststoff

Grenzabmaße in [mm] für Nennmaßbereich [mm]

Genauigkeitsgrad	bis 6	über 6 bis 30	über 30 bis 100	über 100 bis 300	über 1000 bis 2000	über 2000 bis 4000	über 4000
f (fein)	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	-	-
m (mittel)	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 2	± 3
c (grob)	± 0,2	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 4	± 5
v (sehr grob)	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2	± 3	± 6	± 8

 Kunststoffgerecht
Allgemeintoleranzen

ISO-Toleranzgrade gemäß DIN ISO 286

ISO-Toleranzgrad (IT) in [µm] = [0,001 mm]

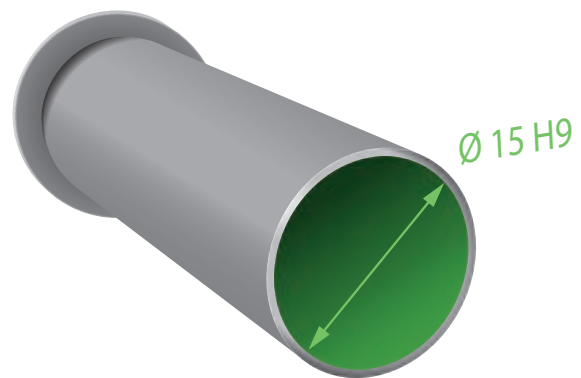
Nennmaßbereich in [mm]	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
von 1 bis 3	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
über 3 bis 6	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
über 6 bis 10	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
über 10 bis 18	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
über 18 bis 30	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
über 30 bis 50	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
über 50 bis 80	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
über 80 bis 120	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
über 120 bis 180	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
über 180 bis 250	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
über 250 bis 315	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
über 315 bis 400	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
über 400 bis 500	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000
über 500	Prüfung erforderlich										

 von uns empfohlen

Tipp Nr. 1

Sondertoleranzen nur wenn nötig definieren

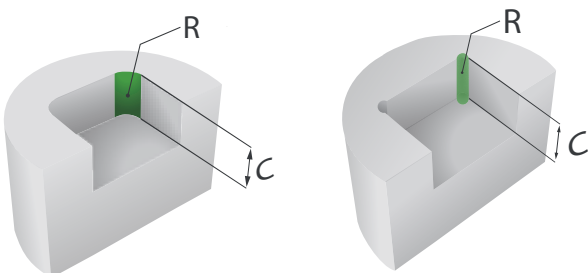
- Standardtoleranzen sind häufig ausreichend – sofern nicht anders gefordert, gilt für alle Maße die Allgmeintoleranz gemäß ISO 2768-m/K.
- In Abhängigkeit der nominellen Länge können minimale Toleranzbreiten von IT9, IT10 oder IT11 erreicht werden (gemäß ISO 286) – engere Toleranzen sind herstellbar, jedoch wegen der kunststofftypischen Wärmeausdehnung und Feuchtigkeitsaufnahme über die Zeit nicht verlässlich einzuhalten und daher eher zu vermeiden.
- Enge Sondertoleranzen heben die Kosten, da sie die Fertigungsdauer verlängern können und manuelle Prüfungen erforderlichen – je enger die Toleranz, desto komplexer kann die Messmethode sein (von Messschieber über Mikrometerschraube bis hin zu Koordinatenmessgerät).
- Vor allem bei innenliegenden Bauteilmerkmalen, wie bei der tolerierten langen Bohrung im Bild, stellen enge Toleranzen eine Schwierigkeit dar.



Innenliegende, vertikale Ecken mit einem Radius versehen

Tipp Nr. 2

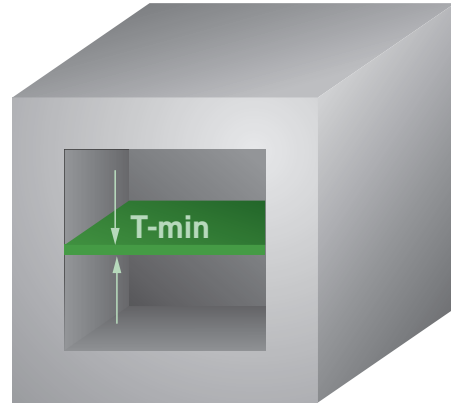
- Der Radius (R) sollte mindestens $\frac{1}{3}$ der Kavitätentiefe (D) betragen – bevorzugt in allen Ecken den gleichen Radius definieren.
- R sollte etwas größer sein als der Radius des verwendeten Werkzeugs.
- Für die Kanten zwischen Boden und Wandung der Kavität kann ein kleiner Radius (0,5 oder 1 mm), oder falls nötig, gar kein Radius festgelegt werden.
- Allgemein: Je größer R, desto wirtschaftlicher wird die Fertigung der Kavität.
- Sollen die Ecken der Kavität frei werden, z. B. um später ein eckiges Bauteil einzusetzen, ist die wirtschaftlichste Option ein Aufbohren der Ecken.
- Alternativ können Sie Hinterschneidungen mit $R \geq \frac{1}{3} D$ hinzufügen.



Tipp Nr. 3

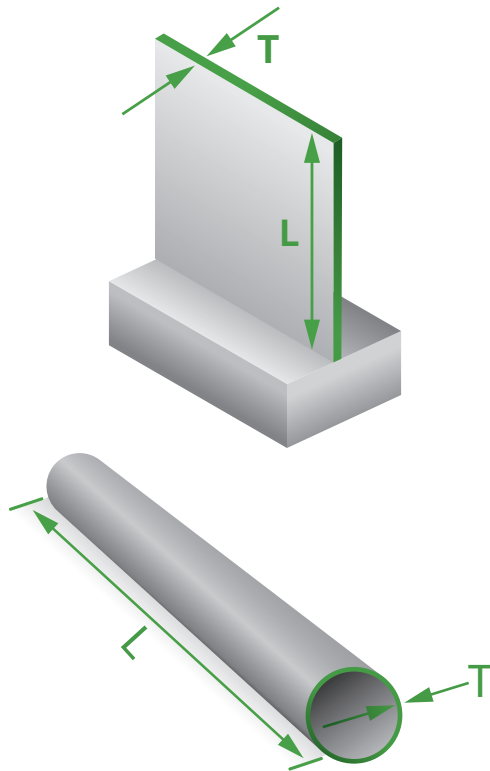
Wandstärke dünner Bauteile anheben

- Je dünner, desto höher das Risiko von Vibrationen und Deformationen, was die Einhaltung enger Toleranzen unmöglich macht – im „Worst case“ können auch Brüche auftreten.
- Dünne Wände können zu einem vergrößerten Aufwand beim Spannen des Bauteils führen.
- Daher raten wir, eine minimale Wandstärke (T_{min}) von 1,0 mm zu beachten – je nach Form sind möglicherweise auch dünnere Wandstärken anwendbar.



Bauteilfeatures mit großem Längen/Dicken-Verhältnis vermeiden

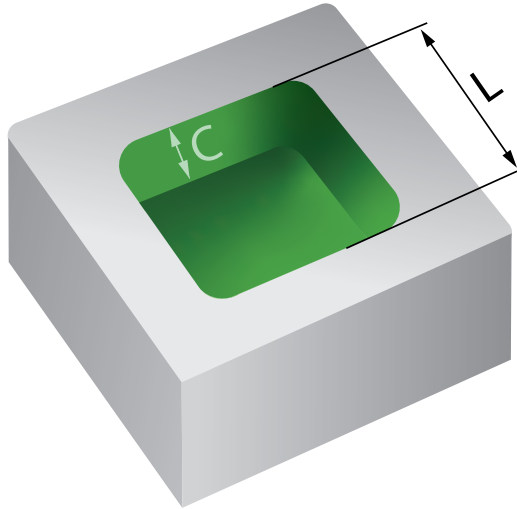
Tipp Nr. 4



- Bei Bauteilstrukturen mit einem ungünstig und sehr großem Längen-/Dicken-Verhältnis (L/T) sind die Aussagen aus Tipp Nr. 3 zu den minimalen Wandstärken entsprechend zu ergänzen.
- Je größer L/T , desto geringer die Steifigkeit der Struktur
- Daher sollte L/T den Wert 4 im Idealfall nicht überschreiten - der Wert 10 sollte jedoch nie überschritten werden.
- Für radialsymmetrische Strukturen trifft Ähnliches zu, je nach Form können aber auch extremere Verhältnisse von $L/T > 10$ möglich sein.

Tipp Nr. 5

Tiefe von Kavitäten begrenzen

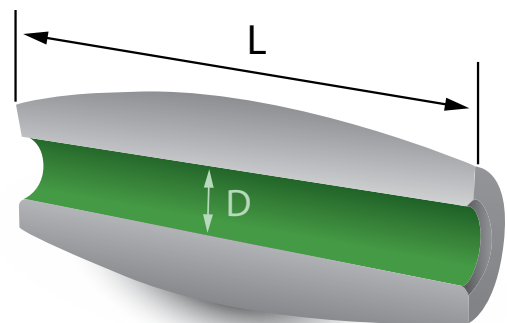


- Die Kavitätestiefe (C) sollte das 4-fache ihrer maximalen Länge (L) nicht übersteigen.
- Am besten übersteigt C auch nicht das 3-fache des Werkzeugdurchmessers.

Tipp Nr. 6

Bohrungen mit Standarddurchmesser definieren

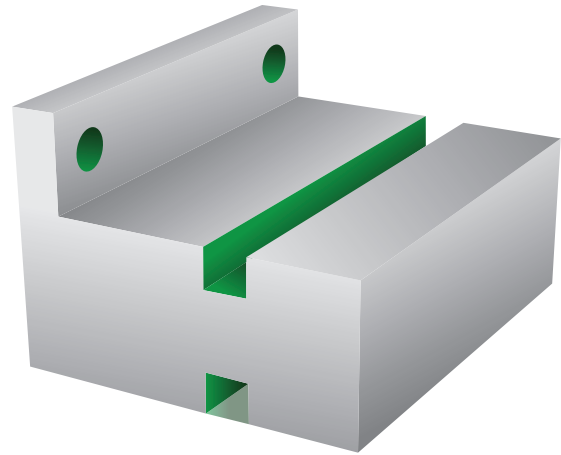
- Standarddurchmesser erleichtern die Fertigung und steigern die Genauigkeit, da sie mit einem Standardbohrer gebohrt werden können:
 - Bei Durchmesser (D) bis 10 mm sollte ein Vielfaches von 0,1 mm gewählt werden
 - Für Durchmesser (D) über 10 mm empfehlen sich Vielfache von 0,5 mm
- Nicht-Standard-Durchmesser können die Herstellungskosten erhöhen, da sie mit einem geeigneten Fräswerkzeug bearbeitet werden müssen.
- Im Idealfall sollte die Bohrtiefe (L) das Vierfache des Durchmessers (D) nicht überschreiten ($L/D < 4$) - Bohrungen mit $L/D > 4$ erfordern einen höheren Aufwand und verursachen somit höhere Kosten.
- Bohrungen mit $L/D > 10$ sollten vermieden werden - sie können oft nur durch „Tiefbohren“ durchgeführt werden und müssen je nach Material individuell geprüft werden.
- Bohrungen mit Nicht-Standard-Durchmessern müssen gefräst werden statt gebohrt, deshalb muss gegebenenfalls das maximal erlaubte Verhältnis L/D verringert werden.



Anzahl der Aufspannungen auf das Minimum reduzieren

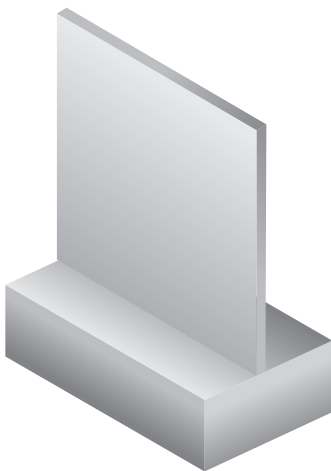
Tipp Nr. 7

- Jeder zusätzliche Umspannvorgang erhöht den (manuellen) Fertigungsaufwand und damit die Kosten – zudem wird das Risiko für Ungenauigkeiten erhöht.
- Sehr komplexe Geometrien brauchen möglicherweise bauteilspezifische Spannvorrichtungen, die zusätzliche Kosten verursachen.
- Die Bauteile sollen so gestaltet werden, dass das Werkzeug alle Bauteilmerkmale aus möglichst wenigen Richtungen ansteuern kann und somit möglichst wenig Aufspannungen nötig sind - sollte das nicht machbar sein, können komplexe Teile möglicherweise in einfache Bauteile aufgesplittet werden.



Tipp Nr. 8

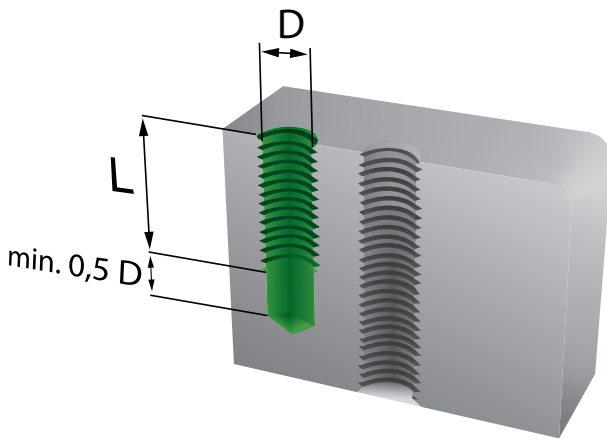
Auf gleichmäßigen Materialabtrag Acht geben



- Einseitiger Abtrag von Material verursacht auch einen einseitigen Wärmeeintrag. Spannungen, die im Rohmaterial dominieren, können ebenfalls ungleichmäßig freigesetzt werden, was in einen unerwünschten Verzug des Bauteils resultieren kann.
- Bauteilstrukturen sollten so gestaltet werden, dass eine gleichmäßige Bearbeitung möglich ist. Dadurch wird der Wärmeeintrag gleichmäßig verteilt und Spannungen im Rohmaterial freigesetzt, was ungewollte Deformationen verringert.

Tipp Nr. 9

Länge von Gewinden begrenzen



- Gewindetiefen (L) sollten das 3-fache des Lochdurchmessers (D) nicht überschreiten.
- Das Ende von Gewinden in Sacklochbohrungen sollte gewindefrei sein, mit einer minimalen Länge von einem halben Bohrungsdurchmesser (D).
- Es ist zu berücksichtigen, dass Gewindelängen, die den halben Bohrungsdurchmesser überschreiten, keinen Beitrag zur Stabilität der Fügung leisten.
- Wo konstruktiv möglich, sollte auf Gewinde in Kunststoffen verzichtet werden. Beim Verbinden von Kunststoff- mit Metallteilen empfiehlt es sich, eine Durchgangsbohrung im Kunststoff vorzusehen und das Gewinde im Metallteil anzubringen.

Jegliche Art von Beschriftung vermeiden

- Beschriftungen erfordern einen weiteren Produktionsschritt, welcher viel Zeit in Anspruch nehmen kann und deshalb besser zu vermeiden ist.
- Gravuren sollten Prägungen vorgezogen werden, wenn eine Beschriftung nötig ist, da bei Gravuren weniger Material entfernt werden muss.
- Je größer die Schrift, desto schneller die Fertigung: Die Schrift sollte nicht zu klein ausfallen ($> 5 \text{ mm}$).
- Ebene, bearbeitete Flächen eignen sich besonders für Beschriftungen und sollten nicht auf runden, unbearbeiteten Oberflächen oder ähnliches angebracht werden.

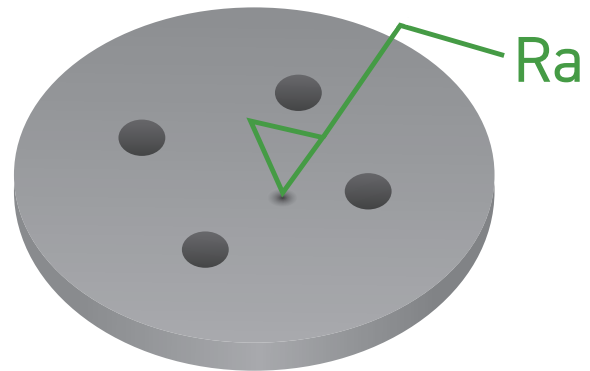
Tipp Nr. 10



Tipp Nr. 11

Oberflächennachbearbeitung vermeiden

- Oberflächen, die durch Drehen oder Fräsen geglättet wurden, zeigen Mittenrauwerte von Ra 2–3 µm, was für die meisten Verwendungen völlig geeignet ist.
- Bei metallischen Gleitpartnern kann sich die Oberfläche von Kunststoffbauteilen beim Gleiten weitgehend glätten, abhängig von Material, Belastung und Schmierung.
- Mittelrauwerte unter Ra 1 µm können bei Bedarf durch Nachbearbeitung erreicht werden (z. B. durch Trowalisieren). Dies verursacht zusätzliche Kosten und bedarf einer vorherigen Prüfung.



Lassen Sie sich
von unseren Experten beraten

Tipp Nr. 12

Gibt es Unsicherheiten beim Bauteildesign oder bei der Werkstoffwahl?

Kontaktieren Sie uns einfach! Wir begleiten Sie kompetent bei jedem Schritt – von der ersten Idee bis zum fertigen Bauteil.

Mit mehr als 35 Jahren Erfahrung kennen wir unzählige Möglichkeiten ihre Vorgaben umzusetzen und unterstützen Sie dabei, die bestmögliche Lösung für Ihre Anforderungen zu finden.

Damit Sie den passenden Werkstoff auswählen können, steht Ihnen auf unserer Website außerdem der **Material Finder** zur Verfügung. Damit können Sie Materiale vergleichen, deren Eigenschaften kennenlernen und schließlich eine fundierte Entscheidung treffen.

►► www.hochegger-technik.at



Zusammenfassung

Einfach statt kompliziert

►► www.hochegger-technik.at

Berücksichtigen Sie unsere Fertigungsstandards, sowie die richtigen Toleranzen für Kunststoffe.

Senken Sie die Komplexität Ihrer Strukturen, um die Umspannvorgänge zu verringern und eine gleichmäßige Bearbeitung zu erreichen.

Wenn möglich, sollte auf Nachbearbeitungen oder Beschriftungen verzichtet werden.

Haben Sie fragen?

Tel.: +43 (0) 3123 / 3333-0

E-Mail: office@hochegger-technik.at

Öffnungszeiten:

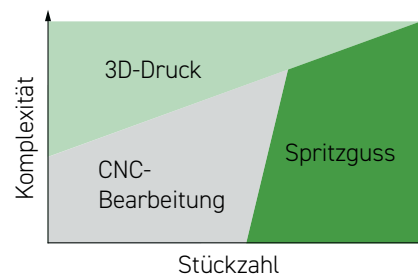
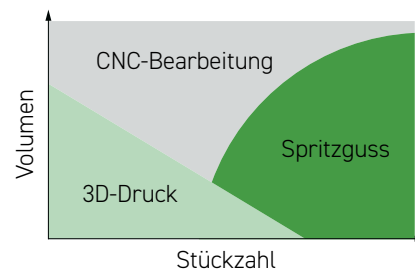
Montag – Donnerstag: 07:00 – 16:00 Uhr

Freitag: 07:00 – 13:00 Uhr

Was ist das richtige Fertigungsverfahren?

Bei kleinen Stückzahlen und geringem Bauteilvolumen wird in der Praxis häufig der 3D-Druck eingesetzt. Liegen mittlere bis hohe Stückzahlen und Teilvolumen vor, bietet sich die CNC-Bearbeitung perfekt an. Mit steigender Stückzahl und größerem Bauteilvolumen gewinnt schließlich die Fertigung mithilfe des Spritzgussverfahren an Wirtschaftlichkeit.

Im Hinblick auf die Bauteilkomplexität gilt: Je komplexer ein Bauteil, desto besser eignet sich der 3D-Druck, besonders bei kleinen Stückzahlen. Mit sinkender Komplexität gewinnen CNC-Bearbeitung und Spritzguss an Bedeutung. Während CNC vor allem für kleine bis mittlere Stückzahlen geeignet ist, spielt der Spritzguss seine Stärken bei großen Stückzahlen aus.



Rechtliche Hinweise:

Die in diesem Designleitfaden enthaltenen Angaben, insbesondere technische Hinweise und Konstruktionsvorschläge für CNC-Bauteile, basieren auf dem aktuellen Kenntnisstand der Hochegger Technik GmbH zum Zeitpunkt der Erstellung. Sie dienen ausschließlich als unverbindliche Empfehlungen und stellen keine rechtlich bindende Zusicherung bestimmter Eigenschaften oder der Eignung für einen spezifischen Einsatzzweck dar. Die Anwendung der dargestellten Inhalte erfolgt auf eigene Verantwortung. Eine Haftung für Schäden oder Nachteile, die aus der Nutzung der enthaltenen Informationen entstehen, ist – soweit gesetzlich zulässig – ausgeschlossen. Trotz sorgfältiger Ausarbeitung können Fehler, Unvollständigkeiten oder Abweichungen nicht vollständig ausgeschlossen werden. Irrtümer und Druckfehler bleiben vorbehalten. Im Zuge der kontinuierlichen technischen Weiterentwicklung behalten wir uns Änderungen an Inhalten, Empfehlungen und beschriebenen Lösungen jederzeit vor. Wir empfehlen ausdrücklich, die Eignung der jeweiligen Konstruktion und Auslegung für den konkreten Anwendungsfall durch eigene Tests und praxisnahe Versuche zu überprüfen. Wir bitten Sie, unsere Beratung in Anspruch zu nehmen!

Urheberrecht:

Die in diesem Dokument veröffentlichten Inhalte, insbesondere Texte, Grafiken und Abbildungen, sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung außerhalb der gesetzlichen Bestimmungen bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung der Hochegger Technik GmbH. Dies gilt insbesondere für die Vervielfältigung, Bearbeitung, Übersetzung, Einspeicherung, Verarbeitung, Wiedergabe in elektronischen Medien, Datenbanken und anderen Systemen.



HOCHEGGER
TECHNIK

www.hochegger-technik.at