A close-up, low-angle shot of a highly reflective, polished metallic mechanical component, likely a part of a machine tool or a precision instrument. The component features sharp edges and a complex, angular design, with light reflecting off its surfaces to highlight its precision and material quality.

Vortrag Computer-Aided Manufacturing (CAM)

Lernziele

Nach Abschluss dieser Lektion können Sie Folgendes tun:

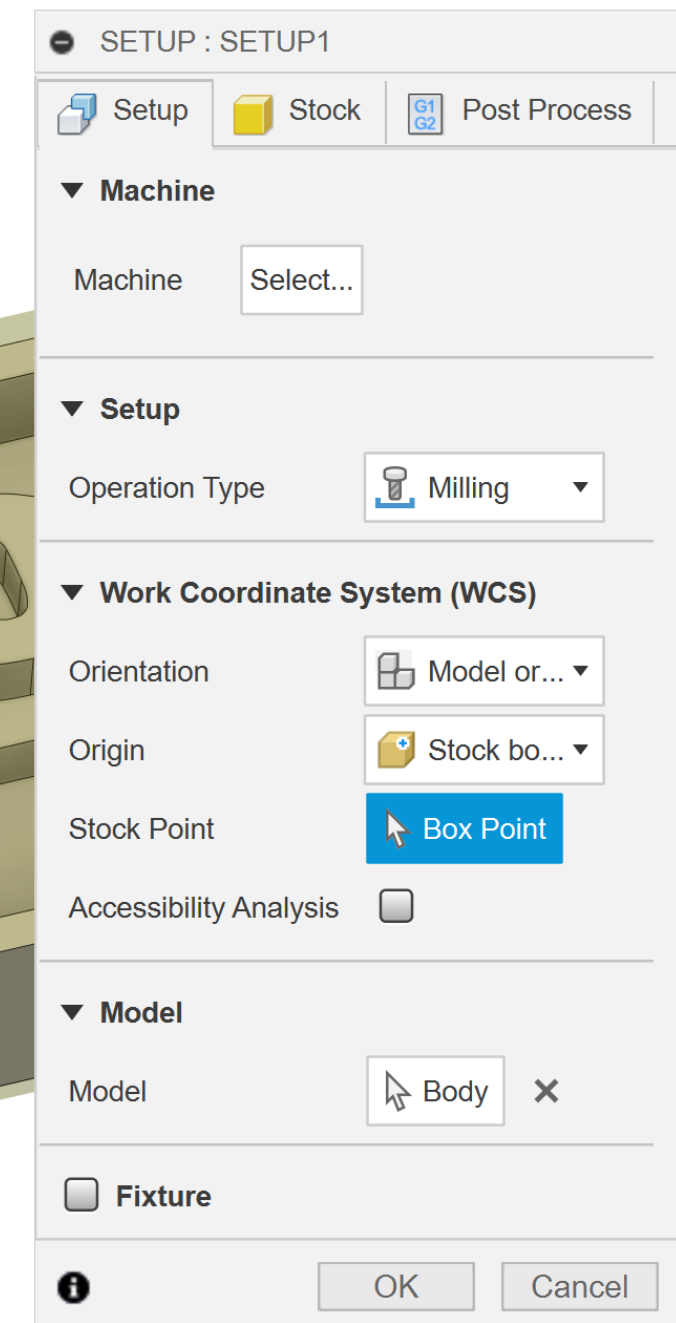
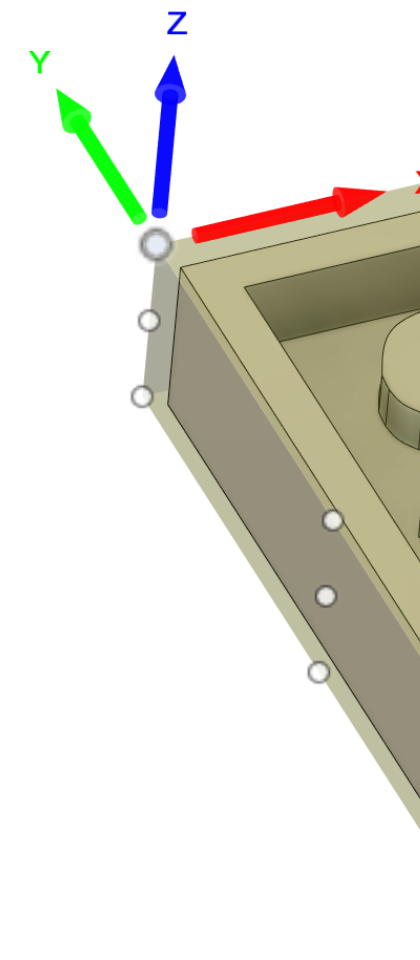
- Setups und Werkzeugwege erstellen
- 2D- und 3D-Bearbeitungsstrategien ermitteln und beschreiben
- Schrupp- und Schlichtoperationen verwenden
- Ermitteln, wann eine Flächen- und 2D-Konturoperation verwendet werden soll
- Die Verwendung und den Zweck der Restmaterialbearbeitung kennenlernen
- Zwischen „Nachzeichnen“ und „Gravieren“ unterscheiden
- Bestimmen, wann Bohren oder Ausdrehen verwendet werden soll
- CAM-Operationen simulieren
- Code nachbearbeiten

Erstellen der Setups für Formeinsätze

Setups für die Bearbeitung enthalten Informationen über die Rohteilgröße und -form sowie die Ausrichtung des Bauteils im Arbeitsbereich der Maschine.

Rohteilattribute definieren:

- Die Form und Größe des groben Materialstücks, das zum Schneiden eingespannt wird
- Die Position des Werkstücks innerhalb des Rohteils
- Die Position des Arbeitskoordinaten-systems (WKS) in Bezug auf das zu bearbeitende Bauteil
- Eine Position (WKS), an der die Maschinenkoordinaten vor dem Schneiden auf Null gesetzt werden müssen



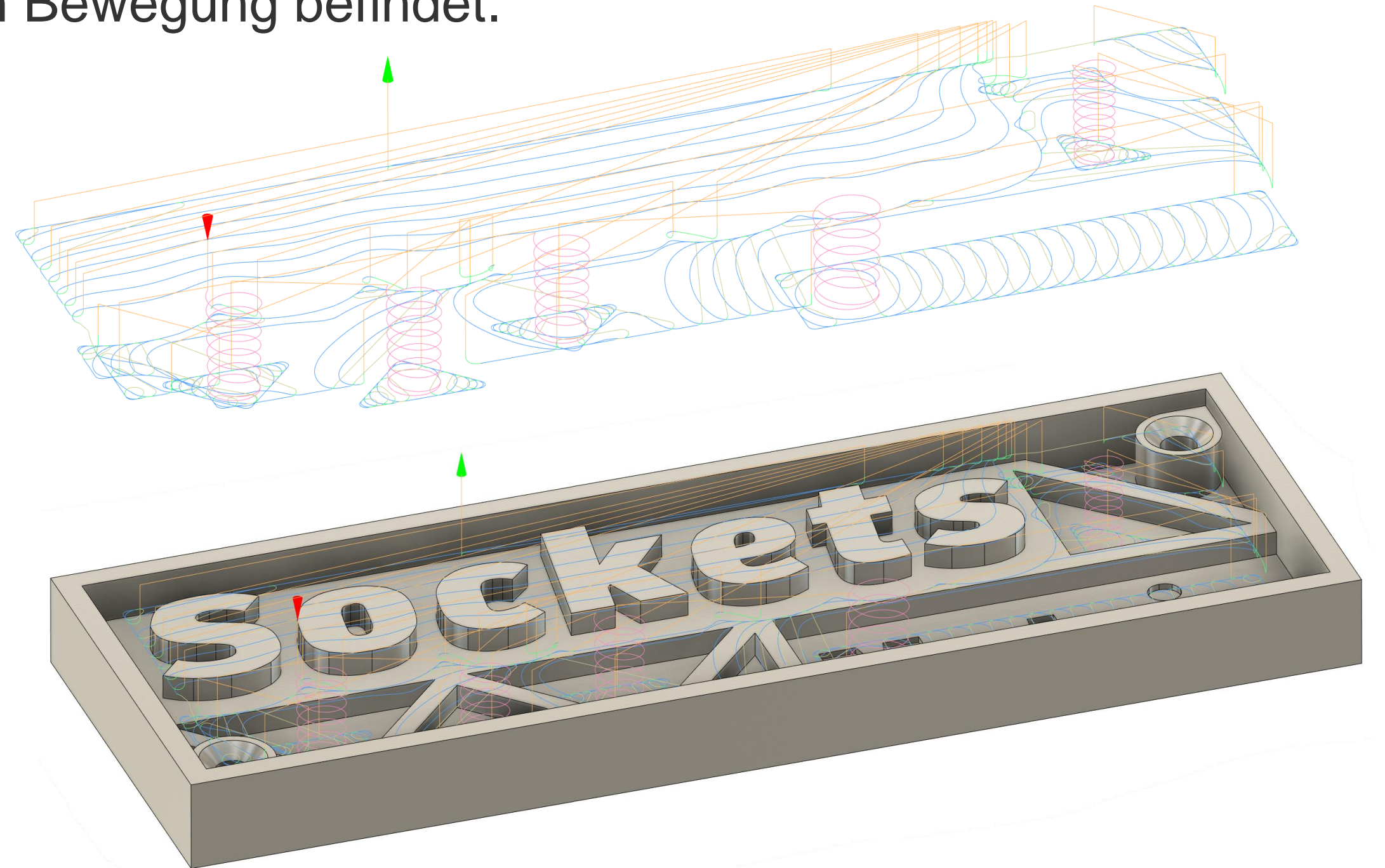
Erstellen von Werkzeugwegen zum Schneiden von Formeinsätzen

Ein Werkzeugweg ist der Vektor, entlang dem sich der Werkzeugmittelpunkt (TCP) bewegt, sobald das Werkzeug sich in Bewegung befindet.

Begriffe und Farben für Werkzeugwege:

- Verbindungen → gelb
- An-/Wegfahrtweg → grün
- Schneiden → blau
- Rampe → rot

DENKEN SIE DARAN: Werkzeuge schneiden zu beiden Seiten des angezeigten Werkzeugwegs.



Schruppstrategien

Das Ziel der Schruppstrategien ist es, so viel Material wie möglich so schnell wie möglich zu entfernen.

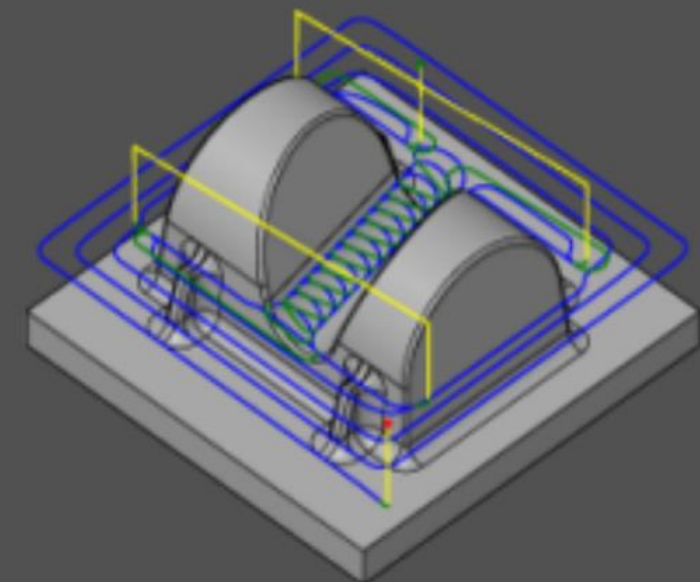
- Größere Werkzeuge werden im Allgemeinen verwendet, da sie steifer sind und einen größeren Vorschub pro Zahn aufweisen.
- Schruppfräser können Geometrie aufweisen, die die Vibration reduziert, können aber auch raue Flächen hinterlassen.
- Schruppfräser schneiden oft leiser als Nicht-Schruppfräser.



Adaptive Clearing

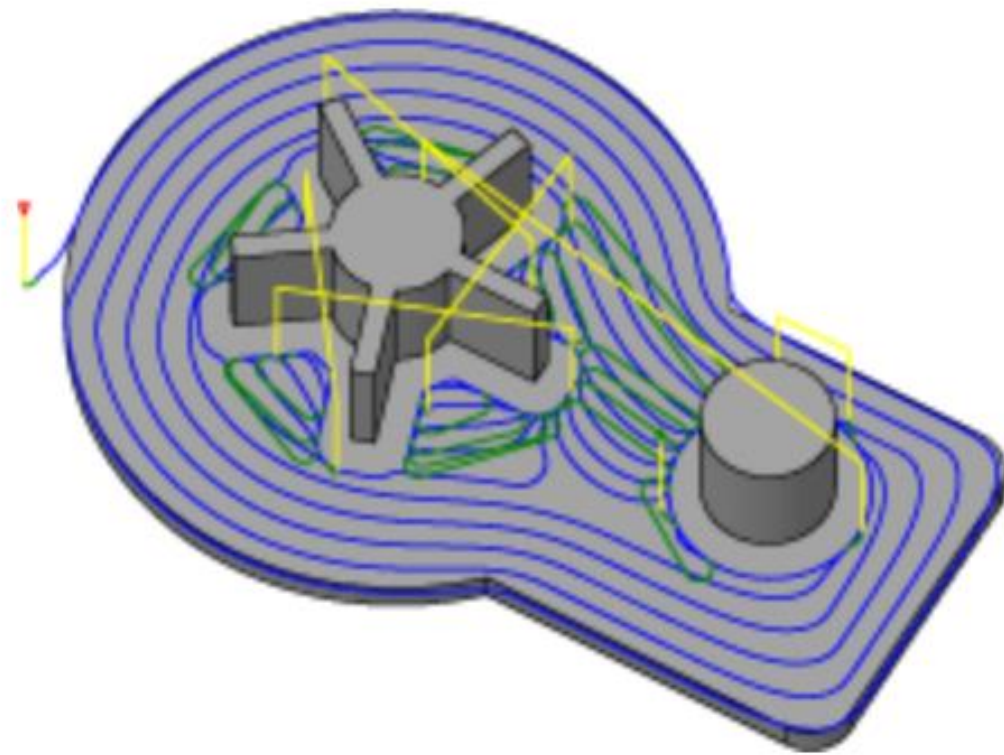
Eine Schruppstrategie, die für die effektive Beseitigung großer Materialmengen verfügbar ist. Dies ist insofern einzigartig, als es eine maximale Werkzeuglast in allen Phasen des Bearbeitungszyklus garantiert und es ermöglicht, tief und mit der Flanke des Werkzeugs zu schneiden, ohne Bruchgefahr.

Bei der Strategie wird zunächst eine Reihe von konstanten Z-Schichten durch das Bauteil erstellt, die dann stufenweise von unten nach oben entfernt werden. Da tiefe Schnitte möglich sind, sollte die erste Z-Zustellung in jeder Phase die effektive Schnittlänge des Werkzeugs sein. Anschließend wird die Zwischenschicht bis zu den flacheren Schichten abgetragen, um die Effizienz der Werkzeugverwendung zu maximieren.



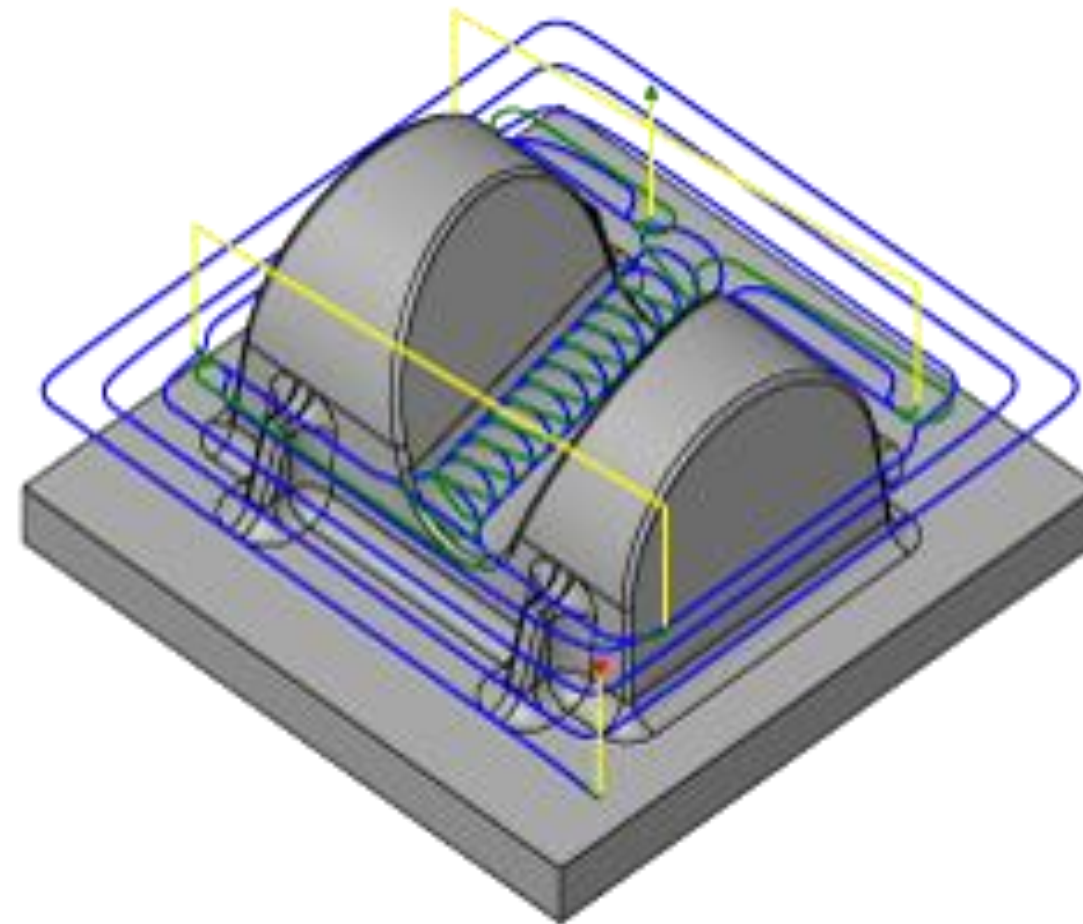
Gebräuchliche Schruppstrategien

In Fusion sind 2D- und 3D-Schruppstrategien verfügbar. Jede Methode bietet eigene Vorteile, die von Maschinen- und Werkzeugeinschränkungen sowie den gewünschten Ergebnissen abhängen.



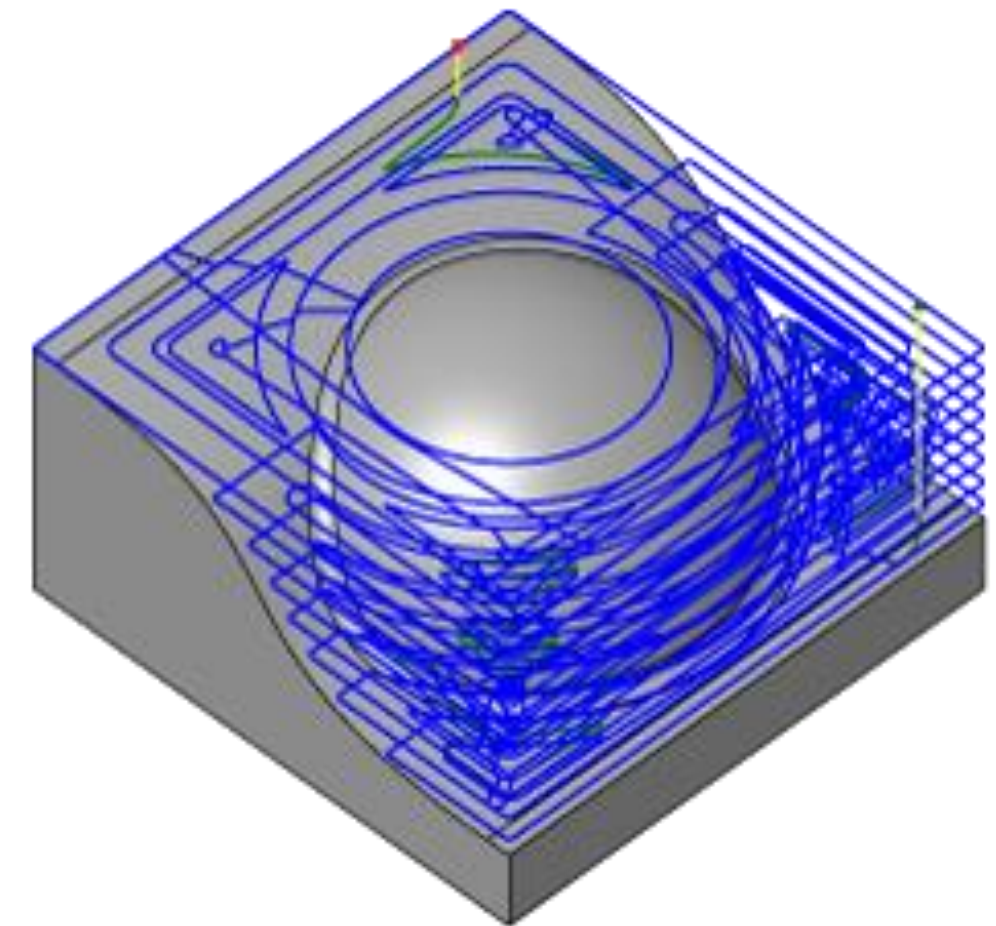
2D Adaptive

Fräst eine Kavität, eine offene Tasche oder den Bereich um eine Insel. Diese Option wird bevorzugt, wenn einfache Taschen und andere einfache Geometrie geschruppt werden sollen.



Adaptive Clearing

Entfernt große Materialbereiche und ermöglicht tiefe Schnitte. Ideal für Hochgeschwindigkeits-Fräsen und zur Bearbeitung von Kernen.



3D-Taschenfräsen

Entfernt große Materialbereiche und eignet sich ideal für Hochgeschwindigkeits-Fräsen. Alle Übergangsbewegungen werden bis zu einem minimalen Krümmungsradius geglättet.

Schlichtstrategien

Das Ziel von Schlichtstrategien ist es, eine geringe Menge an Material so genau wie möglich zu entfernen.

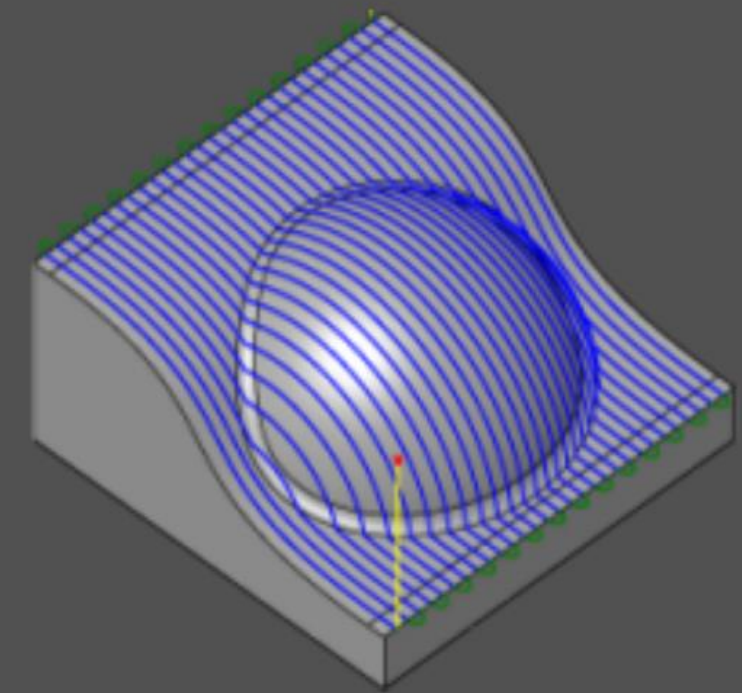
- Für eine hochwertige Oberflächenbeschaffenheit kommt es auf scharfe Schnittkanten an.
- Im Vergleich zum Schruppen werden geringe Spanlasten und langsamere Vorschübe verwendet.
- Die Bemaßungsgenauigkeit und das Aufmaß werden bei der Auswahl von Schlichtwerkzeugen und -strategien berücksichtigt.



Parallel

Eine häufig verwendete Schlichtstrategie. Die Durchgänge verlaufen in der XY-Ebene parallel und folgen der Fläche in der Z-Richtung. Sie können den Winkel sowie die Querstellung in horizontaler Richtung wählen. Die Durchgänge können in einem Zickzack-Muster verknüpft werden, unidirektional verlaufen oder in ansteigende bzw. abfallende Fräsabschnitte aufgeteilt werden.

Parallele Schlichtdurchgänge eignen sich am besten für Flachbereiche und können auf die Bearbeitung nur bis zu einem bestimmten Kontaktwinkel beschränkt werden.



Vorschlichtstrategien

Schaftfräser, die für Schlichtoperationen geeignet sind, können auch bei Schruppoperationen verwendet werden. Ebenso können einige Strategien für „Schruppen bis zum Ende“ konfiguriert werden, oder um geringe Mengen an Material für spezielle Schlichtoperationen übrig zu lassen.

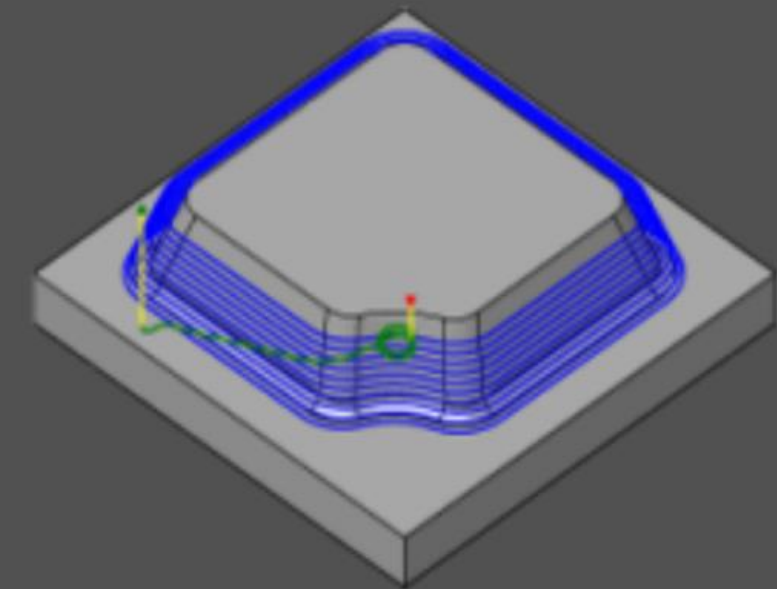
- Kontur und 2D-Kontur sind Beispiele für Operationen, die Möglichkeiten für Schrupp- und Schlichtschnitte bieten.
- Viele Strategien, die Optionen für REST-Bearbeitung oder mehrere Schlichtdurchgänge aufweisen, können als Vorschlichten betrachtet werden.



Kontur

Erstellt eine Schlicht- oder Vorschlichtoperation für steile Bereiche, wie z. B. vertikale Wände.

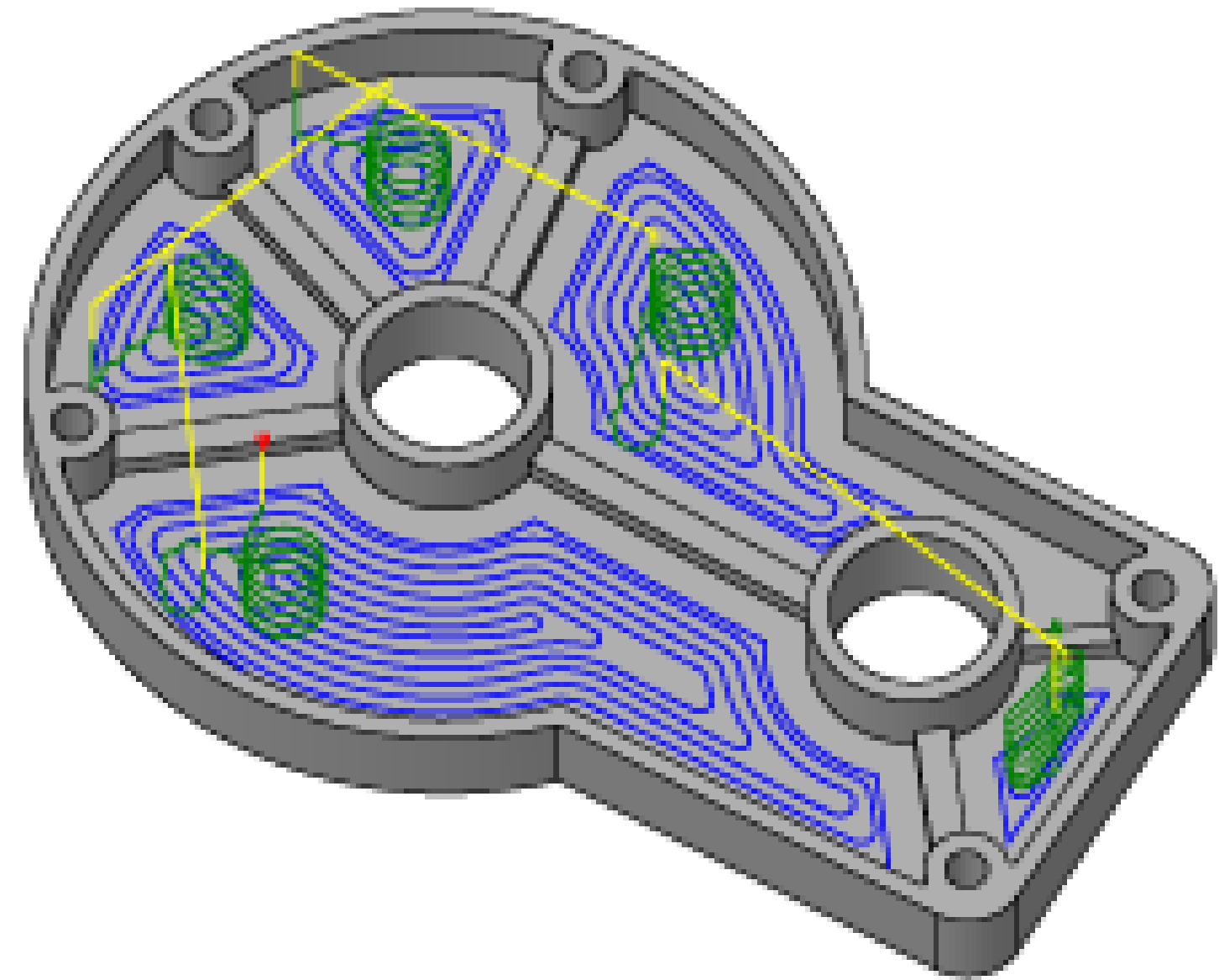
Wenn ein Neigungswinkel angegeben wird, z. B. 30 bis 90 Grad, werden die steilen Bereiche bearbeitet, sodass die Bereiche mit einer Neigung unter 30 Grad für die entsprechenden Strategien verbleiben.



Wann sollten Sie eine 2D- oder 3D-Operation auswählen?

Verlassen Sie sich auf die Bauteilgeometrie, um Hinweise zu erhalten, die Ihnen bei der Entscheidung helfen, welche Strategien möglich und effektiv sind. Wenn Sie die folgenden Fragen mit „Ja“ beantworten, können Sie möglicherweise eine 2D-Operation verwenden:

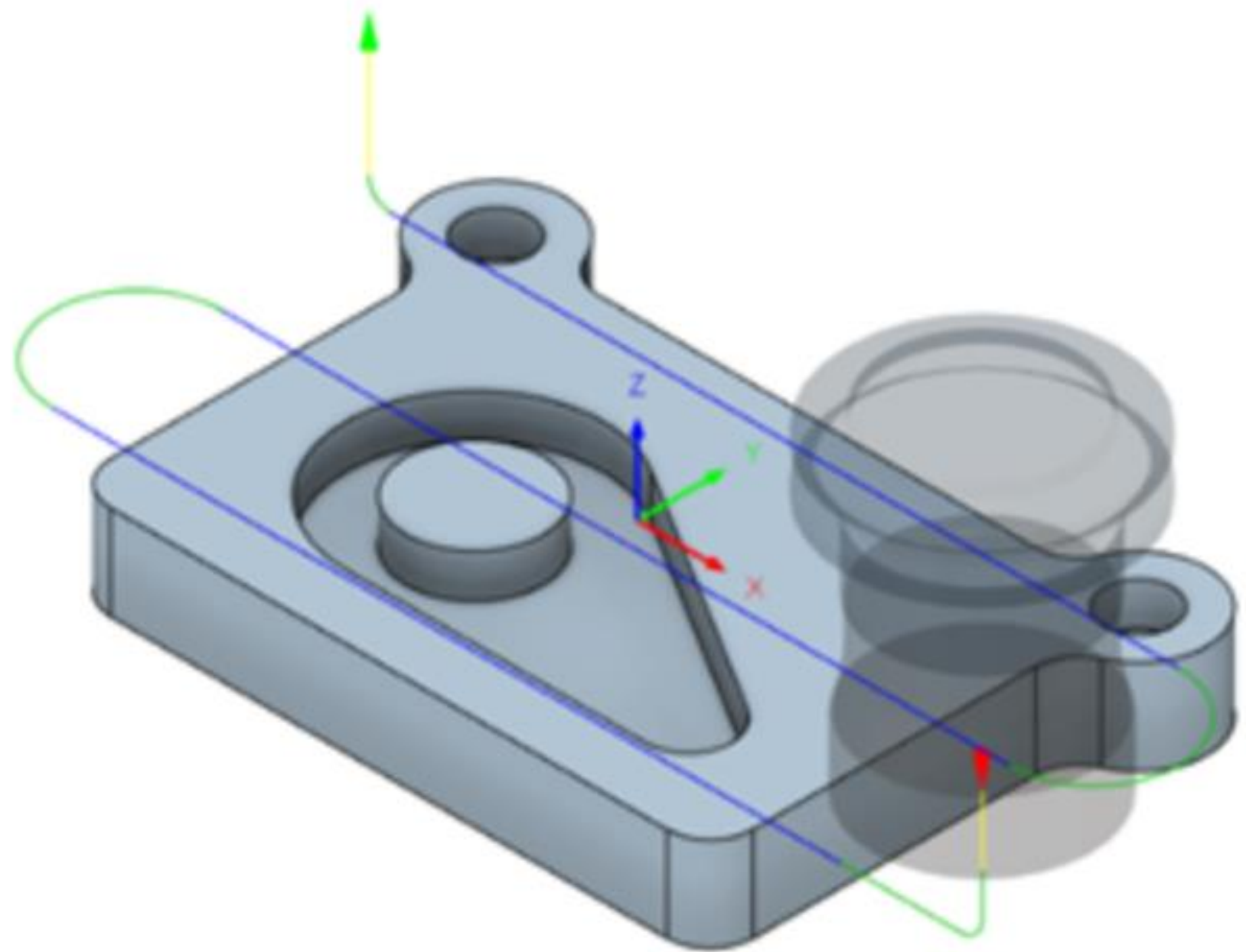
- Gibt es eindeutige Konturen oder Kanten, die die zu bearbeitenden Elemente definieren?
- Bestehen Features aus vertikalen Wänden und flachen Flächen?
- Weisen Features offensichtliche Grenzlinien auf, wie z. B. Taschen oder Inseln?



Wann sollten Sie eine Flächenoperation auswählen?

Der Werkzeugweg Fläche wird verwendet, um die nach oben geschruppte Fläche des Rohteils zu entfernen und große Materialmengen zu entfernen, sodass komplexere 2D- und 3D-Operationen angewendet werden können.

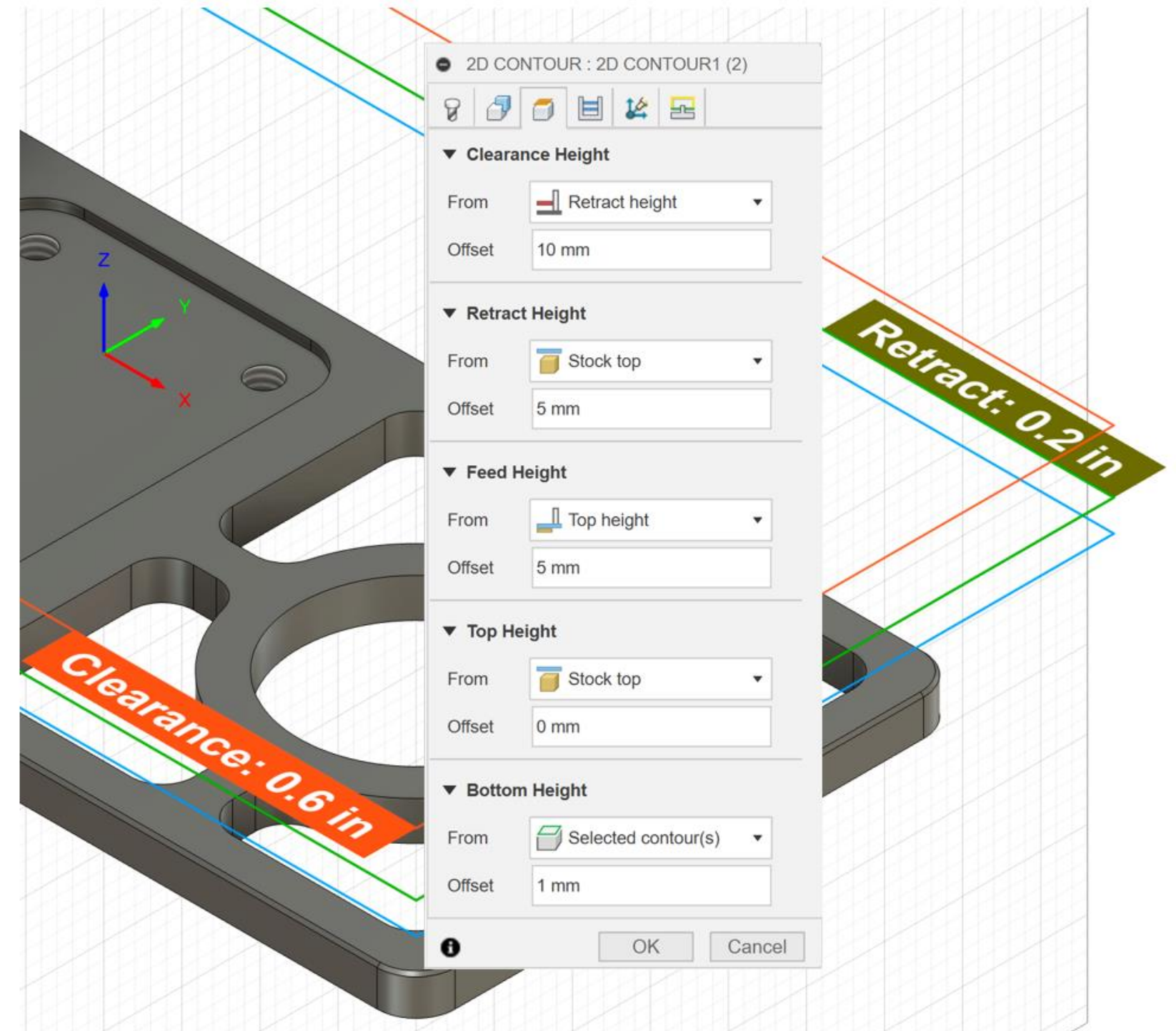
- Die Fläche kann so konfiguriert werden, dass mehrere Z-Zustellungen möglich sind, um viel Material zu entfernen.
- Werkzeuge mit großem Durchmesser, wie z. B. Schalenfräser, sind für die Entfernung großer Materialmengen wünschenswert.
- Ein großer Bahnabstand wird verwendet, wenn die Fläche zum Schrappen verwendet wird, und ein kleinerer, wenn sie zum Schlichten verwendet wird.



Wann sollten Sie eine 2D-Kontur-Operation auswählen?

Der Werkzeugweg „2D-Kontur“ wird beim Schrappen verwendet, wenn bei früheren Adaptive-Clearing-Operationen Material übrig bleibt, das vor Beginn von Schlichtoperationen entfernt werden muss.

- Mit dem Werkzeug „2D-Kontur“ können Sie Linien oder Flächen auf dem Bauteil nachzeichnen, um sie bis zur endgültigen Größe zu schlichten.
- Verwenden Sie die Option „Mehrere Tiefen“, wenn der Schnitt besonders tief ist.
- Verwenden Sie die Option „Schruppdurchgänge“, wenn Sie an das Bauteil in mehreren Durchgängen herangehen müssen, um sicherzustellen, dass ein Schnitt nicht zu tief ausgeführt wird.



Best Practices für Schruppoperationen

Schruppen sollte in der kürzestmöglichen Zeit durchgeführt werden, und zugleich einen möglichst großen Teil des Rohteils bearbeiten.

- Das Schruppen von Schaftfräsern kann effiziente Schruppoperationen erleichtern. Der Nachteil ist, dass für das Schlichten kein zusätzliches Werkzeug verwendet werden kann.
- Wenn Sie eine 2,5-Achsen-Maschine verwenden, sind 2D-Adaptive-Clearing- und 3D-Adaptive-Clearing-Werkzeugwege die effektivsten Schruppverfahren in Fusion.
- Neue Modelle für Schruppoperationen:
 - Herkömmliches Schruppen: Lineare Werkzeugwege mit niedriger Drehzahl, hoher Schnitttiefe und langsamem Vorschub.
 - Hocheffizientes Schruppen: Parabolische Werkzeugwege mit hoher Drehzahl, niedriger Schnitttiefe und schnellem Vorschub.

2D-Bearbeitungsoperationen und Werkzeugwege

Bei 2D-Bearbeitungsoperationen wird um Elemente herum geschnitten, deren Konturen und Kanten als Referenzgeometrie ausgewählt wurden.

2D-Operationen umfassen:

 2D Adaptive Clearing

 2D Pocket

 Face

 2D Contour


 Slot

 Trace

 Thread

 Bore

 Circular

 Engrave

 2D Chamfer

 Drill

Typ	Werkzeugweg	Häufige Anwendungsbereiche
Fläche	Fläche	<ul style="list-style-type: none"> • Schlichten einer Bauteilfläche
	Inselfläche	<ul style="list-style-type: none"> • Schlichten einer Fläche mit offenen Seiten und stehenden Inseln
2D-Kontur.	Kontur	<ul style="list-style-type: none"> • Schleifen • Teilschleifen • Einzelne Kanten • Strich-Fonts (einzelner Punkt) • Erstellen von Schwalbenschwänzen, Schlüsselsätzen oder Sägeschnitten
	Fase	<ul style="list-style-type: none"> • Erstellen von Fasen mit Konikfräser oder Zentrierbohrer • Entgraten
	Abrundung	<ul style="list-style-type: none"> • Erstellen von Rundungen mit dem Werkzeug „Eckenrundung“
Tasche	Tasche	<ul style="list-style-type: none"> • Entfernen von überschüssigem Material • TrueType-Fonts (Outline) und -Logos für die Bearbeitung
	Nutenfräser	<ul style="list-style-type: none"> • Gerade Schlitze • Bogenförmige Schlitze
Bohrer	Bohrer	<ul style="list-style-type: none"> • Anbohrungen, Bohrungen, Gewindebohrungen, gebohrte und gefräste Löcher
	Kreistaschenfräsen	<ul style="list-style-type: none"> • Herstellen von Bohrungen mit einem Durchmesser über 0,75 Zoll
	Gewindefräsen	<ul style="list-style-type: none"> • Erstellen von ID-Gewinde mit einem Durchmesser von über 0,75 Zoll • Erstellen von gefrästem Außengewinde (OD) in allen Größen

3D-Bearbeitungsoperationen und Werkzeugwege

3D-Bearbeitungsoperationen schneiden innerhalb ausgewählter Bearbeitungsbegrenzungen, wobei komplexe Flächen als Referenzen verwendet werden.


3D-Operationen umfassen:

 Adaptive Clearing

 Pocket Clearing


 Flat


 Parallel

 Scallop

 Contour


 Ramp

 Pencil


 Horizontal

 Spiral

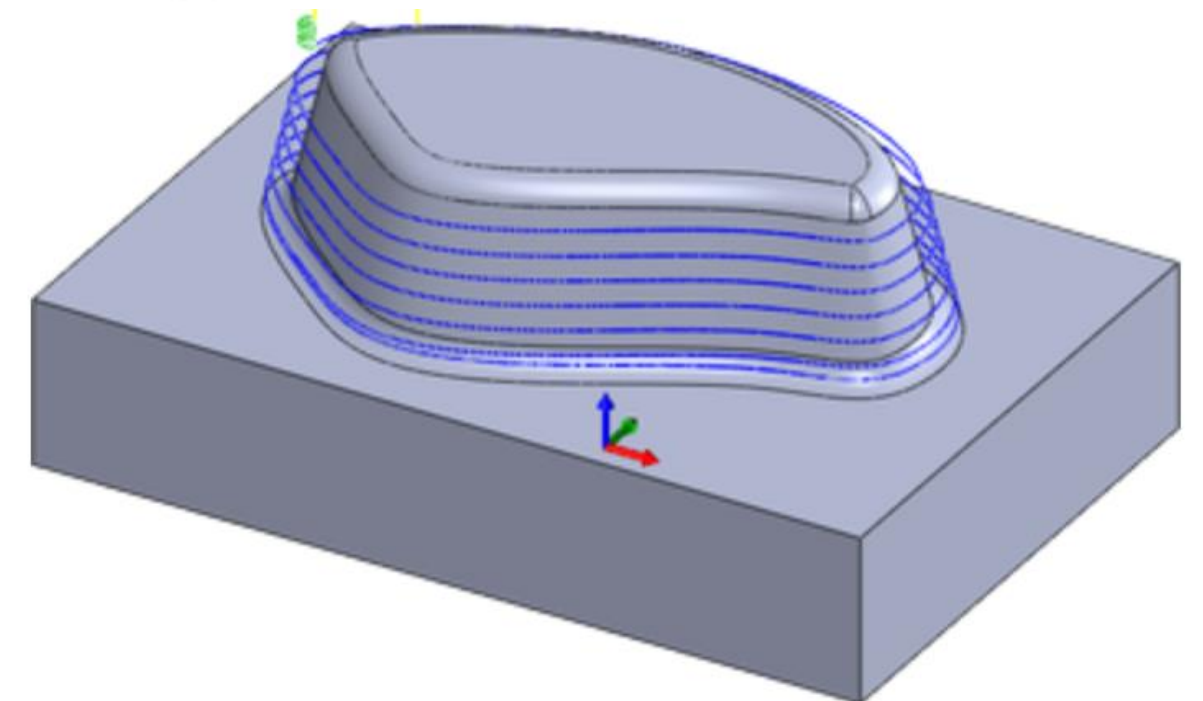
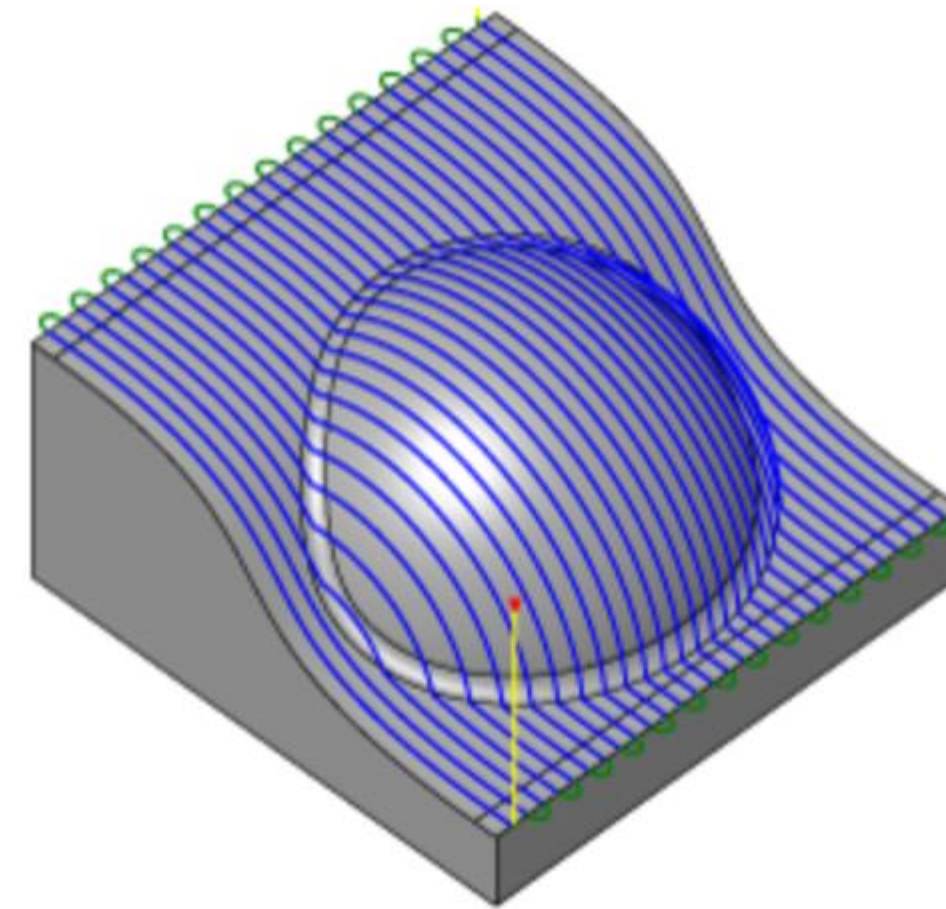
 Radial

 Morphed Spiral

 Project

 Morph

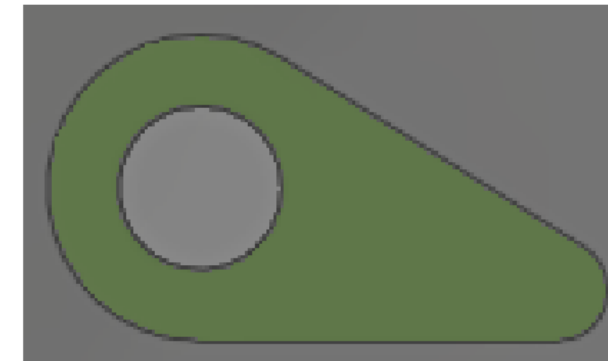
 Flow



REST-Bearbeitungsstrategie

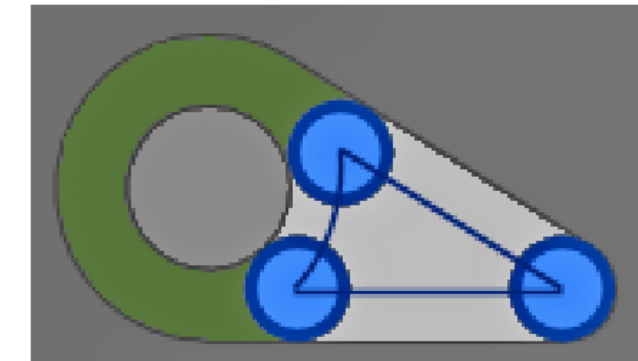
REST ist eine Abkürzung für Remaining Stock (Restmaterial). Die Restmaterialbearbeitung ist eine Strategie zum Entfernen von Material, das bei der vorherigen Operation oder sogar beim vorherigen Setup nicht erreicht werden konnte.

- Der Werkzeugdurchmesser aus der vorherigen Operation muss angegeben werden.
- Das Duplizieren einer Operation und das Auswählen eines kleineren Werkzeugs sind beim Zurückgreifen auf Restmaterialbearbeitung gängige Praxis.
- Kleinere Spanlasten und langsamere Vorschübe sollten berücksichtigt werden.



Zu bearbeitender Bereich

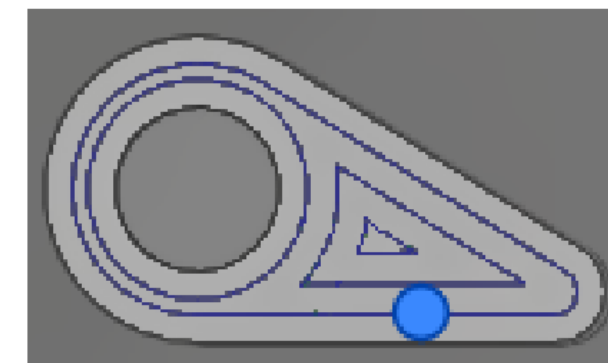
Tasche wird grün dargestellt.



Vorherige Operation

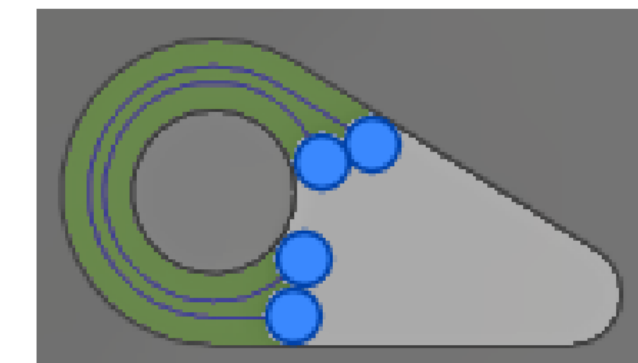
Es wird nicht das gesamte Rohteil entfernt.

Mit einem kleineren Werkzeug können Sie die gesamte Tasche bearbeiten oder das verbleibende Rohteil mithilfe der Restmaterialbearbeitung entfernen.



Restmaterialbearbeitung deaktivieren

Alle Bereiche werden bearbeitet.



Restmaterialbearbeitung aktivieren

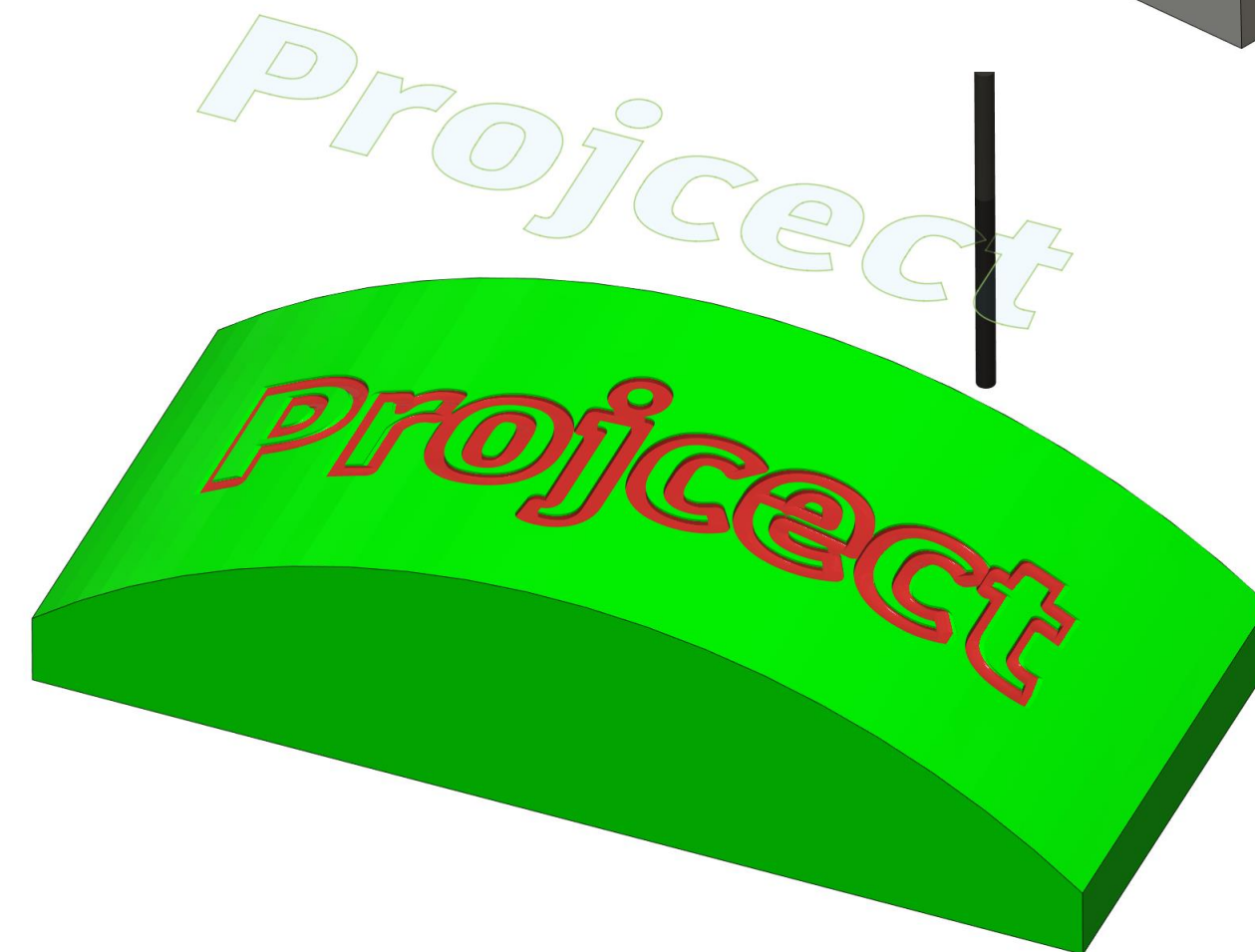
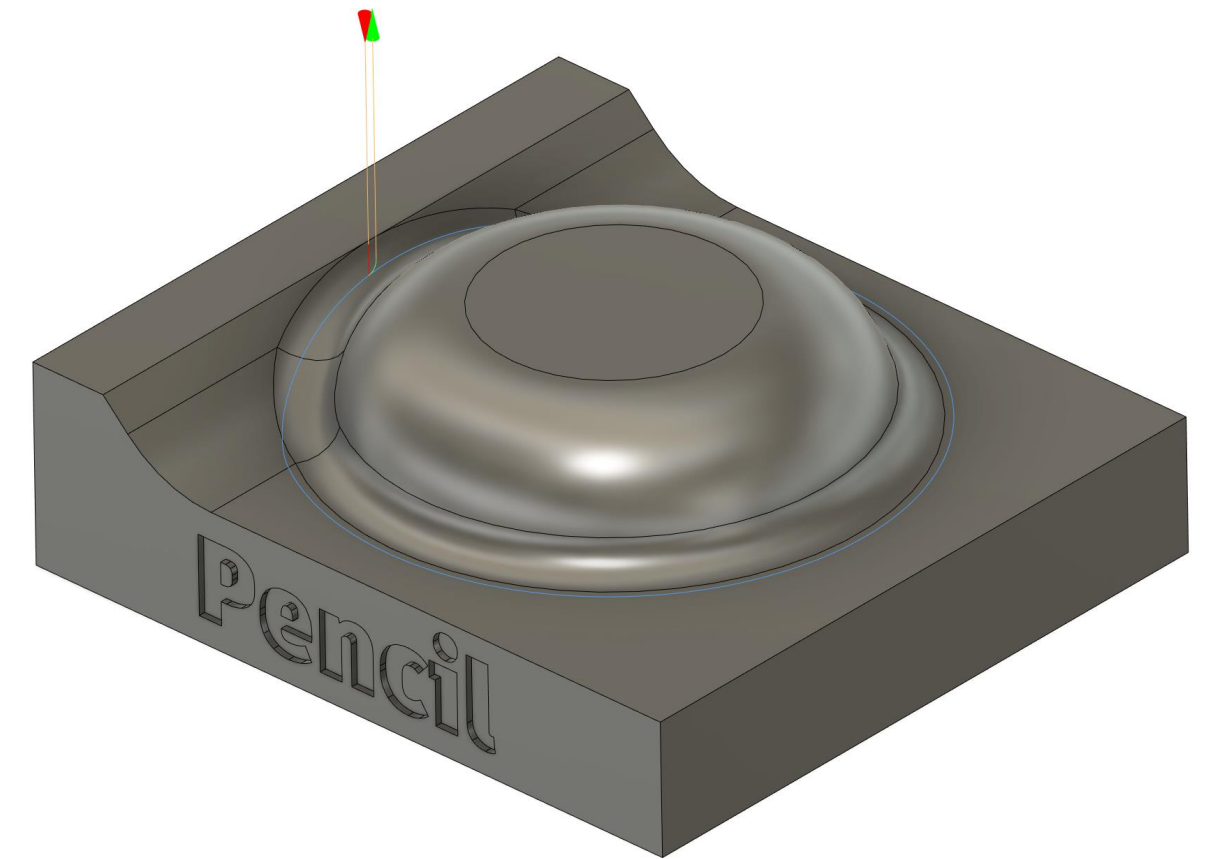
Zuvor nicht geschnittene Bereiche werden bearbeitet.

Erfordert zusätzliche Informationen über das Werkzeug, das zuvor zum Schneiden der Grenzlinie verwendet wurde.

Spezielle Schlichtoperationen

Spezifische Schlichtoperationen in Fusion, mit denen ein Werkzeug einer Abfolge von Kanten oder sogar Skizziergeometrie folgt.

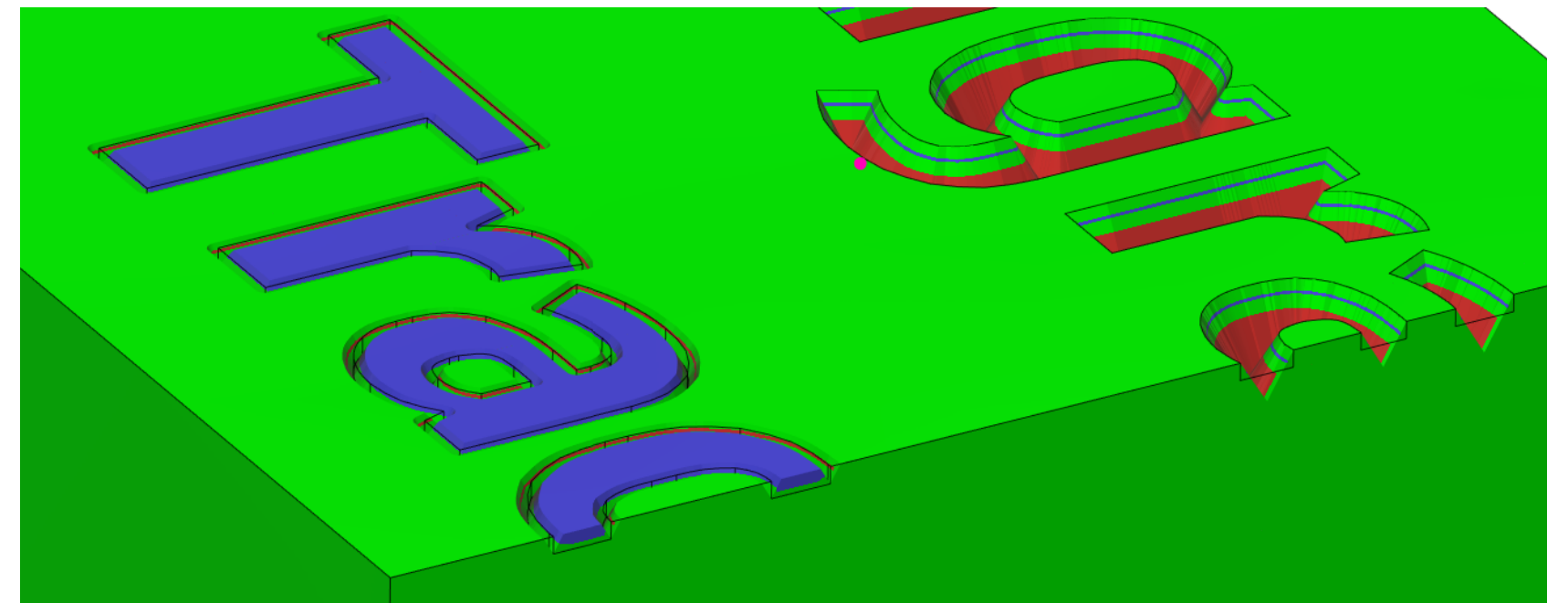
- Nut
- Gravieren
- Hohlkehle
- Projektion
- Nachzeichnen



Spezielle Schlichtoperationen

Was ist der Unterschied zwischen Gravieren- und Nachzeichnen-Operationen?

- Gravieren schneidet automatisch bis zu einer Tiefe, an der ein Kegelwerkzeug tangential zu mehr als einer Kante der ausgewählten Geometrie wird, oder bis die gesamte Schneidenlänge des Werkzeugs verwendet wird.
- Nachzeichnen schneidet exakt bis zur Tiefe der ausgewählten Geometrie, es sei denn, es wird ein radialer oder axialer Versatz angegeben.



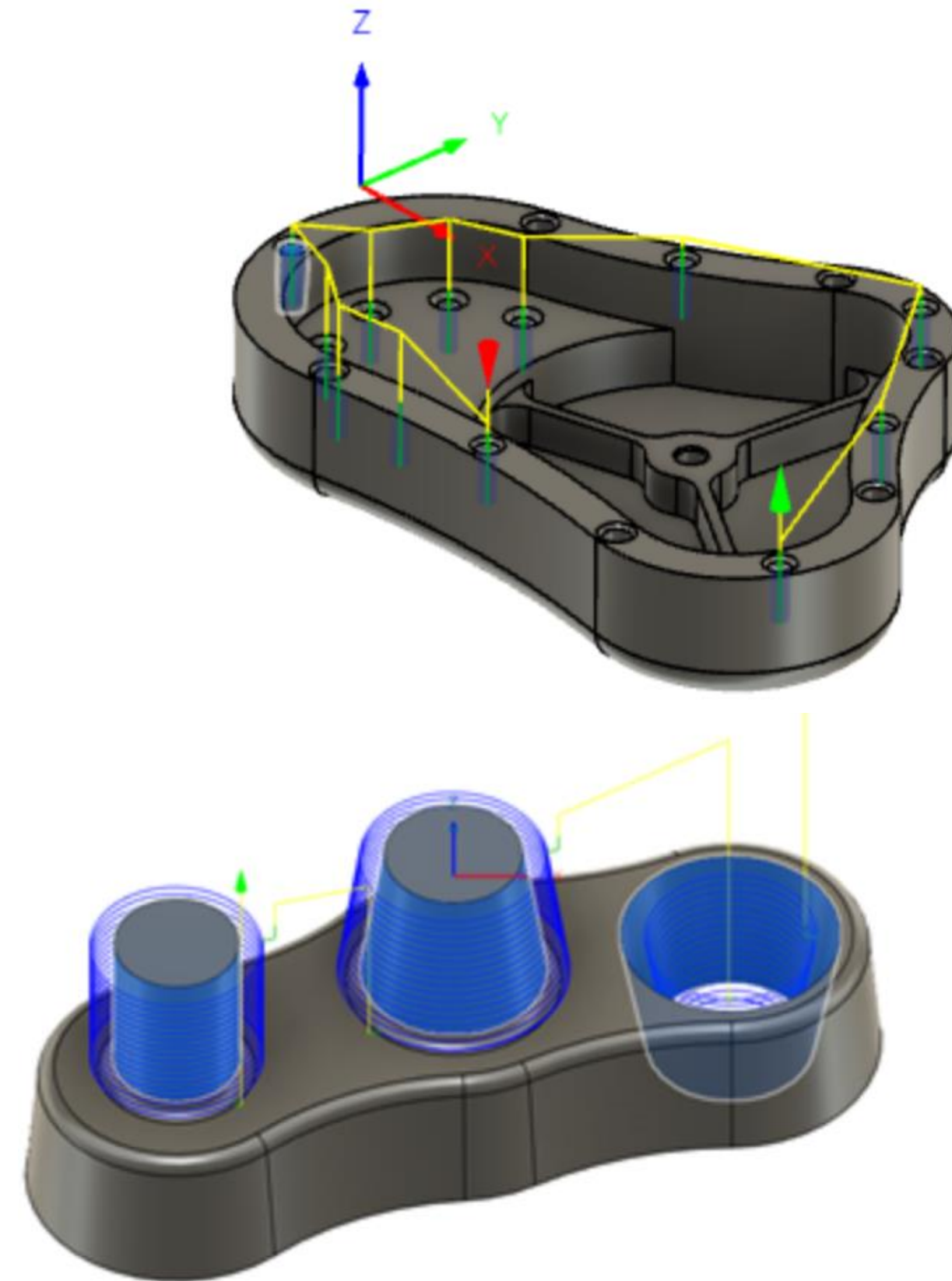
Wann Bohren und wann Ausdrehen gewählt werden soll

Bohroperationen werden ausgewählt, wenn Spiralbohrer, Gewindebohrer und Reibahlen verwendet werden müssen.

- Bohrzyklen wie Tieflochbohren, Durchbruch, Gewindefräsen, Gewindebohren und vieles mehr sind verfügbar.

Ausdrehen ist die Operation, die man für Bohrungen mit großem Durchmesser auswählt, die nicht mit typischen Durchmesserbohrern erstellt werden können.

- Ausdrehen ähnelt dem Rundfräsen von Taschen, kann aber auch kegelförmige Bohrungen und Zapfen mit hervorragender Flächenqualität bearbeiten.

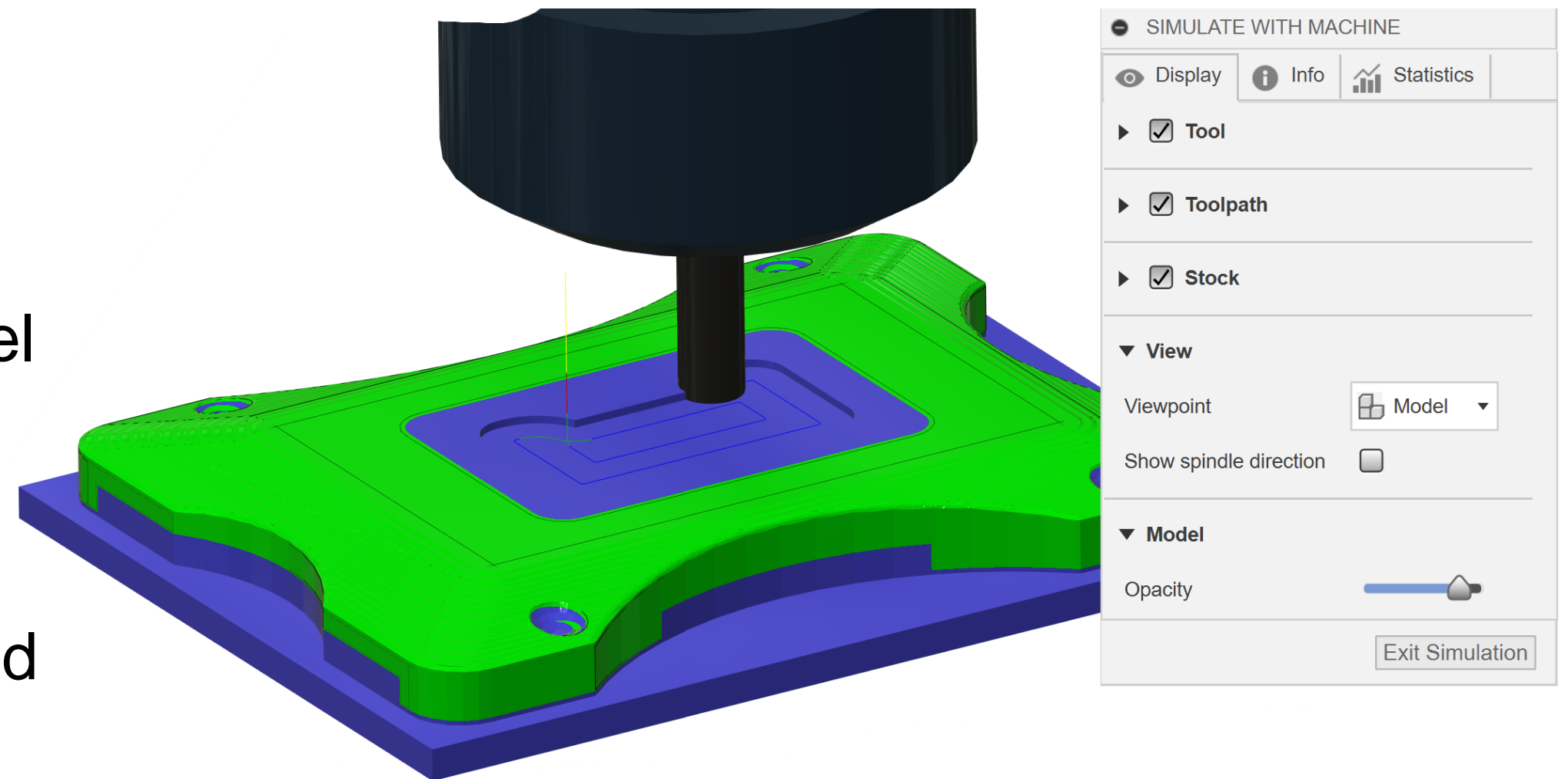


Simulieren von CAM-Operationen

Fusion bietet einen hervorragenden Simulator im Arbeitsbereich „Fertigen“. Verwenden Sie das Werkzeug „Simulieren“, um sicherzustellen, dass die CAM-Operationen die gewünschten Ergebnisse erzielen.

Simulationen können Folgendes anzeigen:

- Werkzeuge und Werkzeughalter
- Werkzeugwege und Kollisionen
- Rohteile, Modelle und Spannmittel
- Zykluszeit, Geschwindigkeiten, Vorschübe, Positionen, Werkzeugwechsel, Schnittabstand und vieles mehr



Postprozessor und numerischer Code

Wenn Bearbeitungsoperationen festgelegt werden, müssen die Informationen zu Werkzeugwegen in numerischen Code (G-Code) übersetzt werden, der von einem Maschinen-Controller gelesen werden kann.

Postprozessoren als Übersetzer:

- Werkzeugweg-Informationen aus der CAM-Software müssen in einen Dialekt übersetzt werden, den ein Maschinen-Controller interpretieren kann.
- Jeder Maschinen-Controller wird vom Hersteller so konfiguriert, dass er bestimmte Dialekte des G&M-Codes (allgemein und verschieden) interpretiert.
- Ein für eine Maschine spezifischer Postprozessor muss verwendet werden, um die richtige Übersetzung durchzuführen.

```
1  %
2  001001
3  (Using high feed G1 F200. instead of G0.)
4  (T1 D=12. CR=0. - ZMIN=-9. - flat end mill)
5  (T6 D=6. CR=3. - ZMIN=-6.218 - ball end mill)
6  N10 G90 G94 G17
7  N15 G21
8  N20 G53 G0 Z0.
9
10 (Face1 2)
11 N25 T1 M6
12 N30 S5000 M3
13 N35 G17 G90 G94
14 N40 G54
15 N45 M8
16 N50 G1 X105.8 Y-74.303 F200.
17 N55 G0 G43 Z15. H1
```

