

## Wie kommt die Kugel in den Würfel?



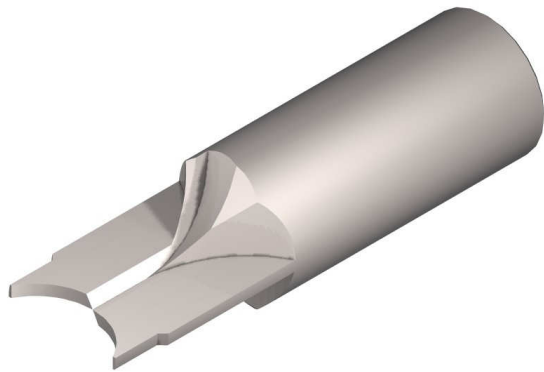
Die Fa. Traub Drehmaschinen verschenkte ihren Kunden häufig einen kleinen Würfel mit einer Kugel darin. Auch ich kam in den Genuss eines solchen Würfels und konnte bei einer Maschinenvorführung die Fertigung dieses begehrten Teils verfolgen. Zusätzlich schenkten sie mir ein Video über die Herstellung des Würfels. Auf diesem Video waren jedoch nicht alle Arbeitsschritte vollständig sichtbar, so dass man allein mit dem Video nicht alle Geheimnisse entschlüsseln konnte. Aber als Fachmann schaut man bei der Vorführung genau hin und merkt sich die entscheidenden Schritte.

Der Würfel ist aus gut zerspanbarem Messing, hat eine Kantenlänge von 27mm und die darin befindliche Kugel einen Durchmesser von 22mm. Die Bohrungen haben einen Durchmesser von 20mm und alle Außenkanten, inklusive der Bohrungen sind mit ungefähr 0,5mm angefast.

Die Teile wurden vollautomatisch auf einer CNC-Drehmaschine komplett von der Stange gefertigt. Man kann dazu 40mm Rundstangen oder, wenn es die Ausstattung erlaubt, 30mm Vierkantstangen nehmen. Die Drehmaschine hatte zwei Revolver mit der Möglichkeit für angetriebene Werkzeuge. Auf einem davon war die Gegenspindel montiert, die zum Festhalten beim Abstechen und für die Rückseitenbearbeitung dient. Auf der Gegenseite (zur Rückseitenbearbeitung) befand sich ein weiterer Revolver.

Neben den üblichen Anforderungen sind besonders zwei Dinge erwähnenswert:

Zuerst das Werkzeug zum Fräsen der einzelnen Abschnitte der Kugel von 6 Seiten. Das Verhältnis von Kugel- zu Bohrungsdurchmesser ist nur in bestimmten Grenzen sinnvoll. Der spezielle Formfräser muss so geschliffen sein, dass die Außenkanten lang genug sind, um auch die benachbarten Kugelabschnitte zu erreichen, damit die Kugel nachher frei beweglich ist. Die Außenkanten dürfen jedoch nicht zu spitz sein, sonst brechen sie leicht ab. Der Idealwert kann ausgerechnet werden.



Ungefähr so sieht der Formfräser zur Bearbeitung der Kugel aus, ein rechtsdrehendes Werkzeug. Innen der Radius 11mm, außen der Durchmesser 20mm und die 45 Grad Fase.



Die Werkzeuge müssen sich zumindest theoretisch treffen und sollen sich sogar ein bisschen überschneiden, damit die Kugel nachher nicht an einigen Punkten fest hängt. In der Mitte sieht man den zu errechnenden kritischen Punkt, der vom Werkzeug noch erreicht werden muss.

Der zweite Faktor ist schon etwas geheimnisvoller. Wie halte ich die Kugel und den Würfel fest, wenn ich den letzten der 6 Kugelabschnitte fräse? Wer das nicht tut erleidet mit Sicherheit einen Werkzeugbruch oder muss zumindest mühselig die stehen gebliebenen Werkstoffreste (Butzen) von der Kugel entfernen.

Dazu wird vor dem Fräsen des letzten Kugelabschnittes an der Rohstange einfach ein Zapfen mit der Negativform der Kugel angedreht, damit die Kugel dagegen gedrückt werden kann. Ebenso ist im Inneren der Gegenspindel die selbe Form als Anschlag eingesetzt.

Wären Sie so ohne weiteres darauf gekommen?

Der nachfolgende dargestellte, ungefähre Arbeitsablauf muss nicht in allen Punkten zwingend in dieser Reihenfolge eingehalten werden und ist auch nicht mit der originalen Arbeitsfolge identisch.

## **Erste Aufspannung – Front- und Seitenflächen – von der Stange**

Stange bis Anschlag vorschieben, spannen

Plandrehen

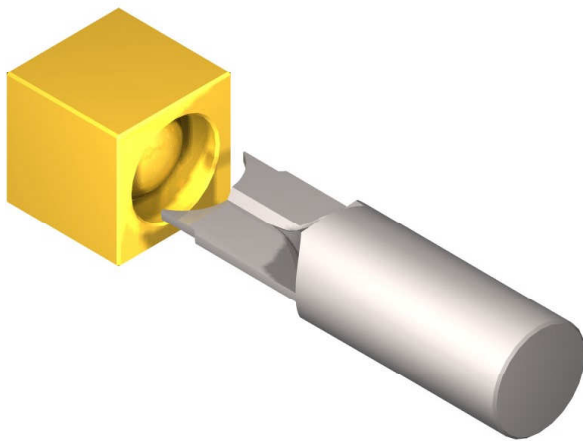
Vierkant fräsen und eventuell am Umfang anfasen

Würfel vorne an der Frontseite mit Prismenfräser anfasen

Würfel hinten an der Abstichseite anfasen. Dies könnte z. B. auch später mit dem 3. Revolver von der Rückseite aus erledigt werden.

Die 4 am Umfang liegenden Fasen drehen, falls nicht beim Fräsen des Vierkants schon geschehen. Ist davon abhängig, auf welche Weise die Flächen zuvor gefräst wurden.

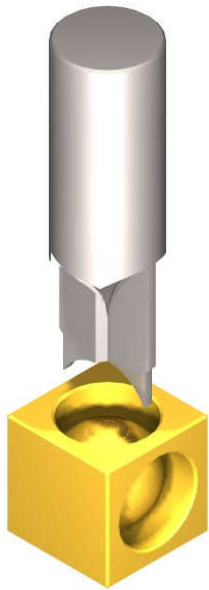
1. Kugelabschnitt mit Formfräser an der Front fräsen



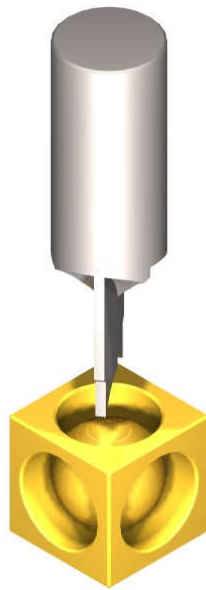
Mit einem hakenförmigen Spezialdrehmeißel die späteren Innenecken an der Front ausdrehen, damit die Kugel mehr Platz hat. Dabei darf die (zukünftige) Kugel nicht berührt werden. Auf dem ersten Foto dieses Artikels ist so eine Fläche vom Ausdrehen oben im Inneren des Würfels zu erkennen. Wer genau hinschaut, kann auf dem CAD-Bild beim Arbeitsschritt für den 6. Kugelabschnitt feststellen, dass ich dort die Innenecken noch nicht entfernt habe und somit weniger Platz für die Kugel bleiben würde.

Dieser Arbeitsschritt kann auch nach der Bearbeitung der nächsten drei Kugelabschnitte erfolgen (weniger Materialabnahme, dafür unterbrochener Schnitt).

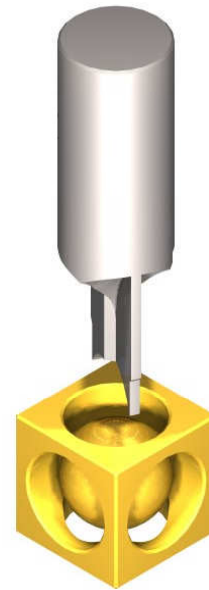
Die Kugelabschnitte 2, 3 und 4 auf den Außenflächen fräsen



2. Abschnitt



3. Abschnitt



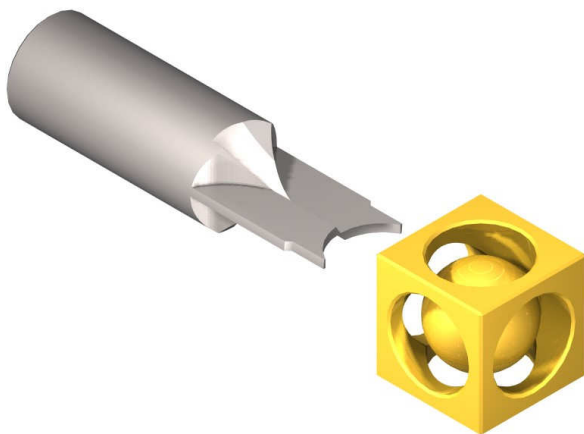
4. Abschnitt

## Zweite Aufspannung – Rückseite – letzter Kugelabschnitt

Würfel mit Gegenspindel greifen und abstechen

Rückseite eventuell plandrehen

5. Kugelabschnitt der Rückseite fräsen

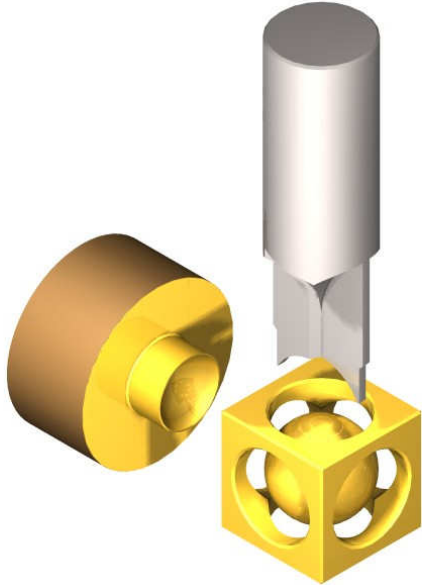


Innenecken der Rückseite in gleicher Weise wie an der Frontseite mit Spezialdrehmeißel freidrehen

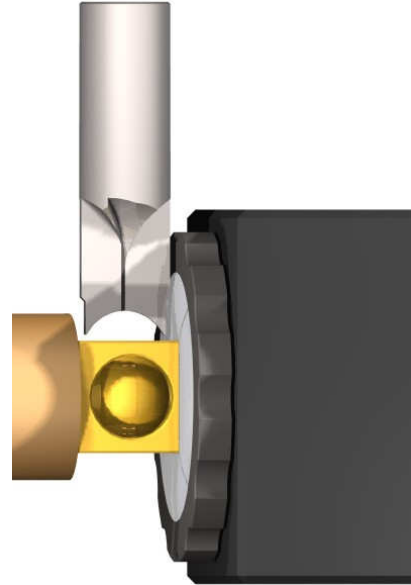
Rohmaterialstange zum Festhalten der Kugel andrehen

Würfel mit Kugel gegen die Stange drücken

6. und letzten Kugelabschnitt fräsen



Schematische Darstellung für die letzte Bearbeitung.  
Links Negativform der Kugel am Rohmaterial



Würfel in der Gegenspindel gespannt und mit angelegter Rohmaterialstange  
Man kann hier auch sehen, dass nur sehr wenig Platz in der Maschine ist.

Fläche für Firmenlogo anfräsen (anspiegeln)

Stempel mit Firmenlogo andrücken

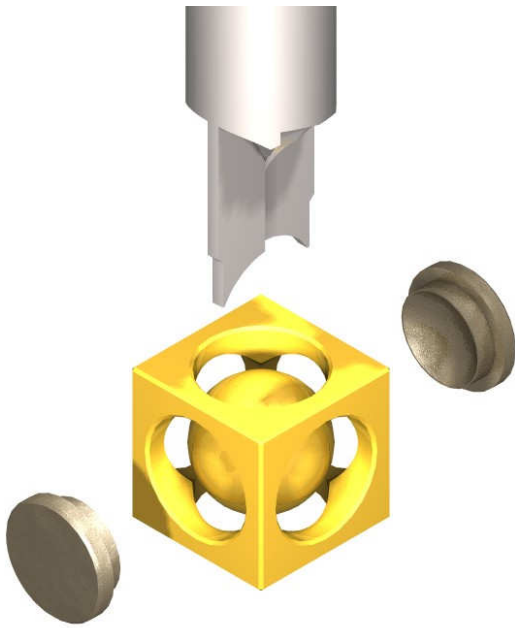
Gegenspindel und Abnahmeeinrichtung zueinander positionieren

Würfel aus Gegenspindel auswerfen

Die Abnahmeeinrichtung übergibt den fertigen Würfel

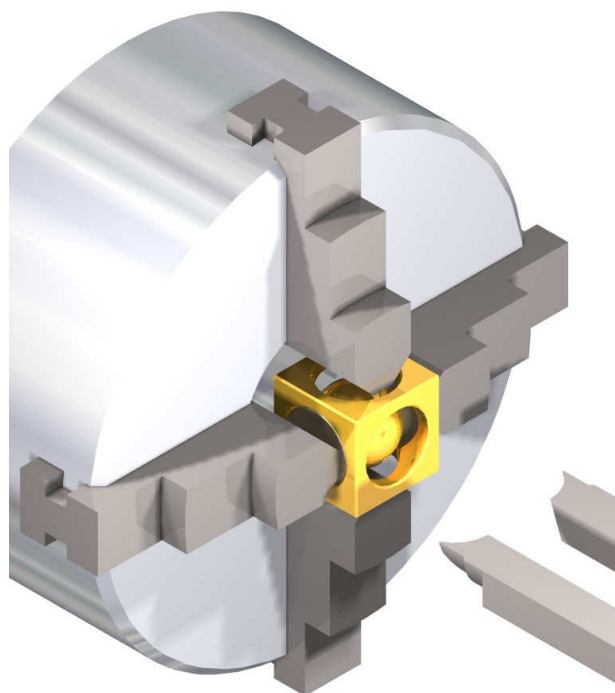
Beim Schleifen der Werkzeuge und bei der Fertigung ist äußerst genau vorzugehen. Durch die Bearbeitung von allen Seiten können sich Fehler schnell summieren und das Ergebnis sieht dann sehr unprofessionell aus.

Wer es sich zutraut, kann so einen ähnlichen Würfel auch manuell anfertigen.  
Die Außenmaße des Würfels müssen sauber vorgefräst sein, damit das Werkstück bei jeder Umspannung korrekt positioniert wird.



### Fräsmaschine

Zum Fräsen der sechs Kugelabschnitte jedes Mal auf gleiche Schraubstockspannung achten und einen Anschlag benutzen. Für den letzten Schnitt sind im Schraubstock zusätzlich beidseitig Halter mit der Negativform der Kugel einzuspannen. Am besten aus thermoplastischem Kunststoff anfertigen, der große Durchmesser muss leicht in das Loch passen und in der Höhe ca. 0,1mm Aufmass lassen, damit die Halter beim Spannen etwas zusammen gedrückt werden und der Würfel und die Kugel gleichzeitig fest gehalten werden.



### Drehmaschine

Zum Drehen ein Vierbackenfutter benutzen und einen Formdrehmeißel schleifen (Profil wie ein halber Formfräser). Wenn die Innenecken ebenfalls manuell freigedreht werden sollen, dann muss dies sehr feinfühlig mit einem ziemlich schlanken Drehmeißel erfolgen. Für den letzten Schnitt sind wie beim Fräsen zusätzlich auf zwei Seiten Haltevorrichtungen mit der Negativform der Kugel im Backenfutter einzuspannen. Auf dem Bild ist vorne und hinten ein Halter mit eingespannt und zwei Varianten eines Formdrehmeißels (links oder rechts) zu sehen.





Der Würfel der Fa. Traub in Großaufnahme.  
Auf Grund kleiner Ungenauigkeiten kann man hier  
sehr gut einige Schnitte auf der Kugel erkennen

**Copyright © 2010 Stephan Pausch**