

SYMplus

Ebenenschwenk nach PAL

- N1 G54
- N2 T3 F300 S3000 M3
- N3 G59 XA60
- N4 G15 BR60
- N5 G0 X8 Y-12
- N6 G0 Z0
- N7 G1 Y82
- N8 G0 X20
- N9 G1 Y-12
- N10 G0 Z100
- N11 G15
- N12 G50
- N13 T9 F400 S
- N14 G72 ZA-1
- N15 G79 X35
- N16 G0 Z100
- N17 T3 F300
- N18 G59 XA
- N19 G15 A
- N20 G0 X1
- N21 G0 X10
- N22
- N23
- N24
- N25
- N26
- N27
- N28
- N29
- N30
- N31
- N32
- N33
- N34 G0 X
- N35 G0 Z2
- N36 G81 ZA-15 V2
- N37 G79 X6 Y35 Z0
- N38 G0 Z200
- N39
- N40
- N41
- N42
- N43
- N44
- N45
- N46
- N47
- N48
- N49 G0 X0 Y-8
- N50 G0 Z2
- N51 G81 ZA-20 V2
- N52 G76 X25 Y-8 Z0 AS0 D
- N53 G0 Z100
- N54 G15
- N55 G50
- N56 G0 Z150
- N57 M30

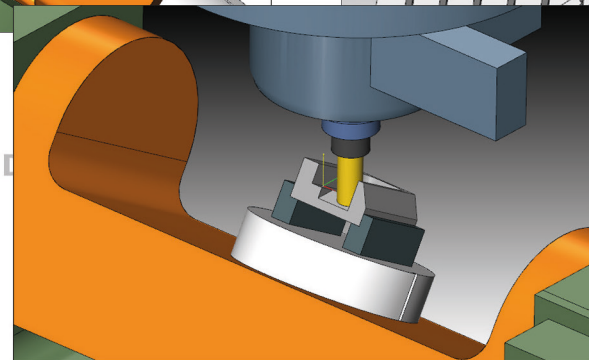
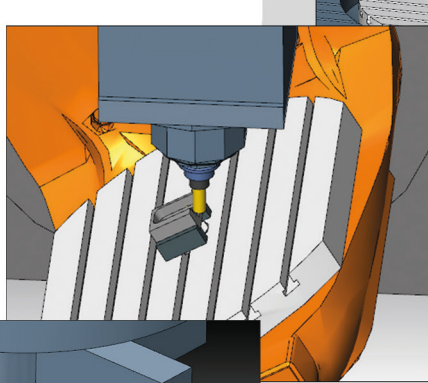
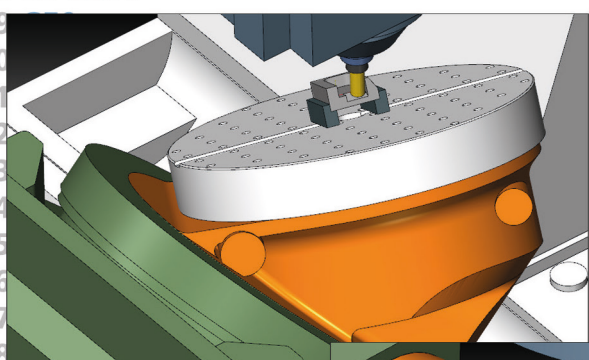
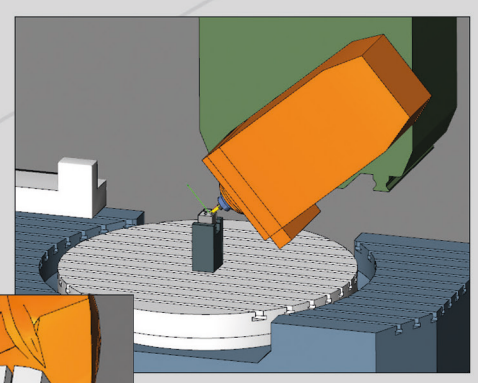
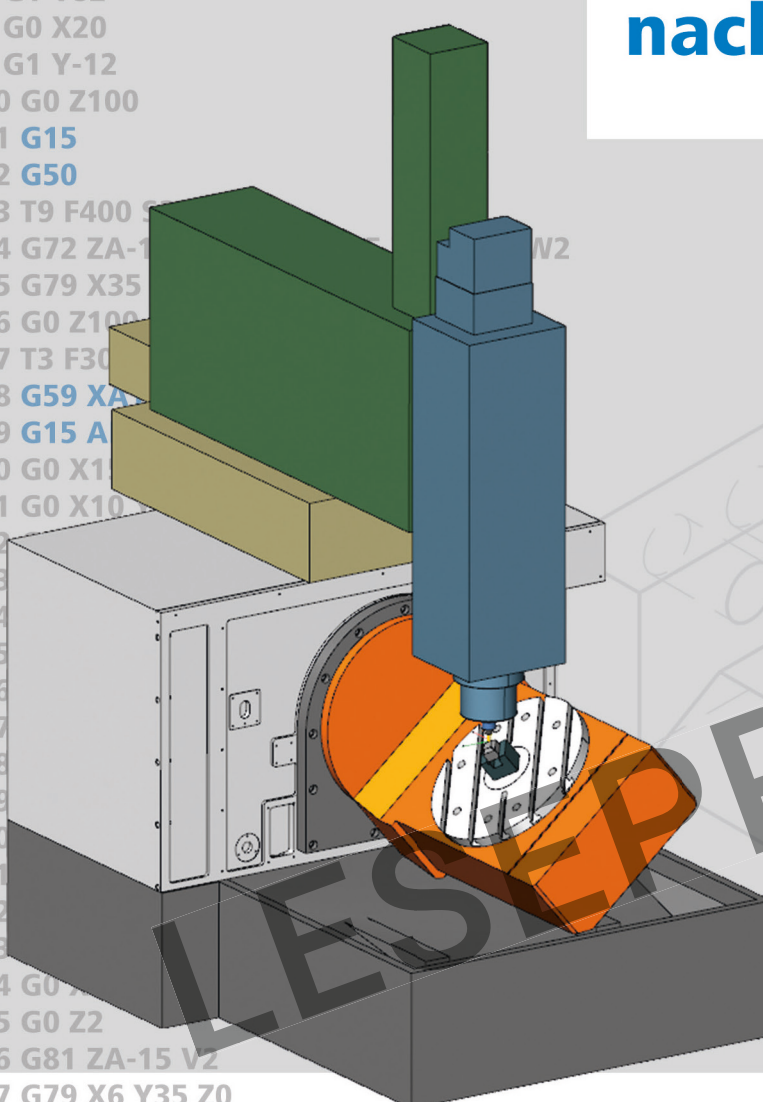
CAD/
CAM

STEUERUNGS-
SIMULATOR

PAL 3+2

VIRTUELLE WERKSTATT

TESTPROBE



LESEPROBE

8. überarbeitete Auflage 2022, gemäß PAL2020 überarbeitet

Alle Rechte vorbehalten

Die Vervielfältigung oder Übertragung auch einzelner Textabschnitte, Bilder oder Zeichnungen ist ohne schriftliche Zustimmung des Herausgebers nicht zulässig. Das gilt sowohl für die Vervielfältigung durch Fotokopie oder irgendein anderes Verfahren als auch für die Übertragung auf Filme, Bänder, Platten, Arbeitstransparente oder andere Medien.

Herausgeber: CNC KELLER GmbH, 42119 Wuppertal, Vorm Eichholz 2

Autor: Klaus Reckermann
Layout, Grafik und Satz: CNC KELLER GmbH

Bestell-Nr.: HD-D-KSE-PC

Vorwort

Fräsmaschinen mit 5 Achsen werden zunehmend zur Fertigung von komplexen Frästeilen verwendet. Außer der Kostenreduzierung besteht der Vorteil in einer höheren Fertigungsgenauigkeit durch den Wegfall des Umspannens.

Diese Maschinen mit **3 Linearachsen** und **2 Drehachsen** können teilweise alle Achsen gleichzeitig verfahren und werden damit zur Fertigung von 3D-Freifformflächen genutzt. Die NC-Programme dazu werden meist von recht komplexen Programmiersystemen erzeugt.

Neben einer solchen Anwendung mit „5 Achsen simultan“ besonders im Werkzeug- und Formenbau findet der Einsatz der 5-Achs-Fräsmaschinen überwiegend für die Mehrseitenbearbeitung als Bearbeitung mit 3+2 Achsen statt. Dabei werden die beiden Drehachsen dazu genutzt, beliebige Flächen einzuschwenken. Die anschließende Bearbeitung erfolgt dann wie gewohnt mit den 3 Linearachsen. Zur Programmierung dieser Mehrseitenbearbeitung kommen neben den als bekannt vorausgesetzten Befehlen zur 3-Achs-Programmierung die Befehle für den Ebenenschwenk hinzu.

Leistungsstarke Steuerungen bieten dafür sehr komfortable Schwenkbefehle an, bei denen die gewünschte Ebene auf eine sehr einfache Weise beschrieben werden kann. Die komplexen Bewegungen der 2 Drehachsen für das Einschwenken der Ebene übernimmt die Steuerung selbst. Diese Vorgehensweise erleichtert die Programmierung enorm, setzt allerdings, wie gesagt, eine leistungsstarke CNC-Steuerung voraus.

Auch nach PAL stehen solche Befehle zur Verfügung, die allerdings eine andere Syntax haben als reale Steuerungen. Die Prinzipien des Ebenenschwenks sind aber bei PAL und realen Steuerungen identisch. Die diesem Heft zugrunde liegende Software SYMplus™ Fräsen mit der Erweiterung 3+2 Achsen setzt die Befehle in eine sehr präzise und anschauliche Simulation um, so dass die Richtigkeit der Programmierung einfach überprüft werden kann.

Sowohl bei den realen Steuerungen als auch bei PAL gibt es mehrere Möglichkeiten, die gewünschte Bearbeitungsebene zu beschreiben: In diesem Heft wird G15 WR (bis 2019 G17 WR) mit relativen Raumwinkeln bevorzugt beschrieben, da diese Programmierung am einfachsten ist und nahezu alle Erfordernisse abdeckt. Ausgehend vom Verständnis der Ebenenanwahl mit relativen Raumwinkeln wird anschließend im Vergleich die Ebenenanwahl mit maschinenfesten Raumwinkeln an denselben Beispielen erläutert. Die weiteren Befehle wie die „Drei-Punkte-Definition einer Bearbeitungsebene“ und „Ebenenwahl mit Basis- und Zustellvektor“ werden hier nur kurz am Beispiel eines Würfels erläutert, da sie für die Programmierpraxis von untergeordneter Bedeutung sind.

Die Kombination aus Simulations-Software in SYMplus™ und diesem Arbeitsheft ist dabei die Gewähr für eine schnelle und erfolgreiche Bewältigung des Themas Ebenenschwenk, wobei davon ausgegangen wird, dass der Lernende das Fräsen in 3 Achsen mit XYZ beherrscht.

Beachten Sie für den PAL-Simulator von SYMplus™ der Modus „**PAL2020 3+2**“ aktiv sein muss, um die Aufgaben dieses Heftes bearbeiten zu können. Der Modus wird in der Kopfzeile des PAL-Editors angezeigt und kann in der Betriebsart Einrichten eingestellt werden.

Wir wünschen Ihnen viel Freude beim Programmieren und Simulieren mit SYMplus™.

Nachtrag zur überarbeiteten Auflage:

Bis 2019 wurde nach PAL der Ebenenschwenk mit dem Befehl G17, gefolgt von Winkel, Koordinaten, Vektoren, programmiert. Der Befehl G17 legt nach DIN66025 die XY-Ebene als Bearbeitungsebene fest. In dieser Funktion ist G17 weiterhin gültig, muss aber - da voreingestellt - nicht programmiert werden. Das eigentliche Schwenken erfolgt seit 2020 nun mit dem Befehl G15. Die Funktionalität ist unverändert.

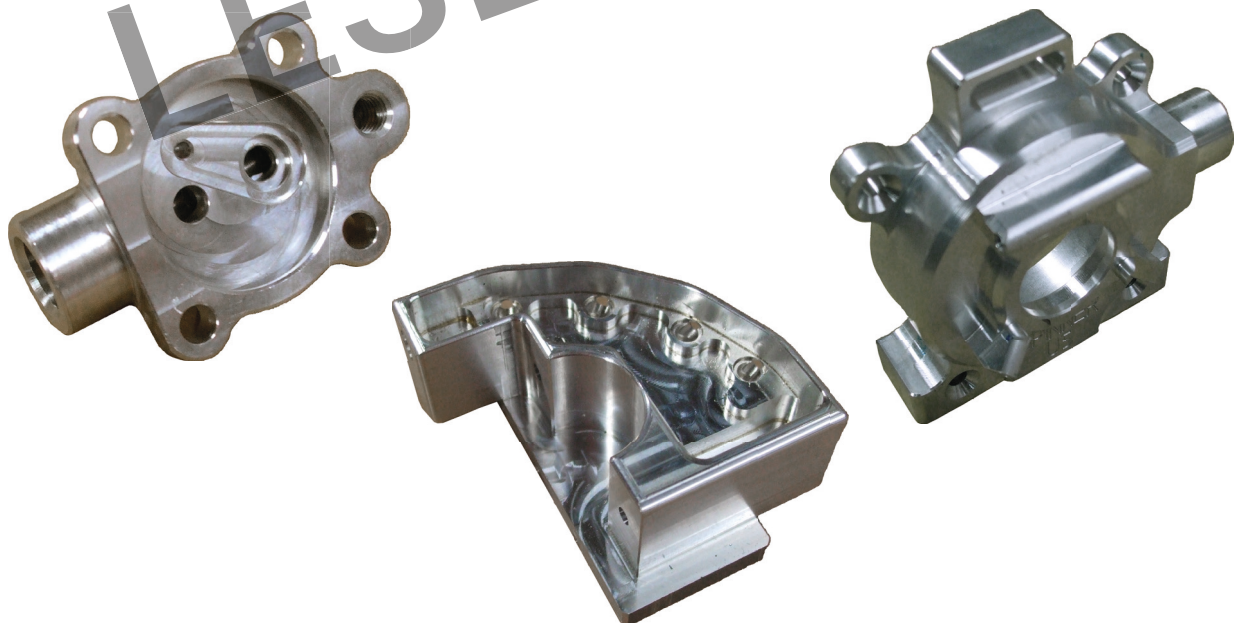
Klaus Reckermann
Wuppertal, Sommer 2022

Inhalt

Schwenkbearbeitung in der Praxis	2
Achsen und Koordinatensysteme	3
Die realen Drehachsen einer 5-Achs-Fräsmaschine.....	4
Programmieren mit virtuellen Drehachsen A, B und C.....	5
Schwenkbearbeitung programmieren	5
Programmierung einer Ebene mit Raumwinkeln	6
Befehle für den Ebenenschwenk	7
G15 WR Ebenenschwenk mit relativen Raumwinkeln	8
G15 WM Ebenenanwahl mit maschinenfesten Raumwinkeln	26
Werkstück ABLA1 mit G15 WM	27
Bearbeitung mit dem Fräser-Mantel	30
Frästeil mit Fasen an schrägen Flächen mit G15 WR.....	38
Schwenkbefehle ohne Einschwenken der Drehachsen	52
Schwenken mit Werkzeugausgleichbewegung.....	53
G16 Inkrementelle Drehung der Bearbeitungsebene	54
Bearbeiten eines Würfels auf 5 Seiten mit G15 WR	56
G15 P3 Ebenenanwahl mit 3 Punkten	57
Bearbeitung eines Würfels auf 5 Seiten mit G15 P3.....	58
G15 BZ Ebenenanwahl mit Basis- und Zustellvektor	60
Bearbeitung eines Würfels auf 5 Seiten mit G15 BZ.....	61
Zum Ausschneiden	63

Schwenkbearbeitung in der Praxis

Hier sehen Sie 3 Werkstücke, die mit der sogenannten Schwenkbearbeitung (3+2 Achsen) gefertigt wurden.



In diesem Arbeitsheft sind die Werkstücke nicht so komplex. Aber Sie lernen im Zusammenspiel von SYMplus-Software und Arbeitsheft die Prinzipien der Programmierung mit 3+2 Achsen kennen, so dass Sie später im Beruf auch solche Fertigungsaufgaben gut meistern können.

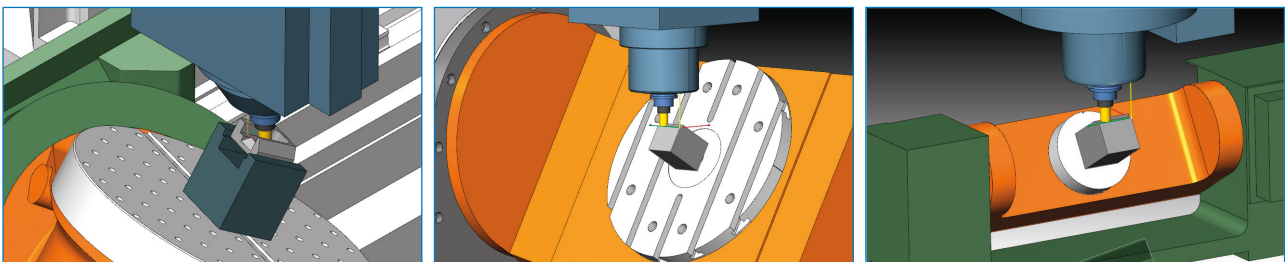
Programmieren mit virtuellen Drehachsen A, B und C

Zur Festlegung der geschwenkten Bearbeitungsebene werden die **virtuellen Drehachsen A, B und C** benutzt.

Die Beschreibung der geschwenkten Ebene mit den **3 virtuellen Achsen** ist völlig unabhängig von den **2 realen Drehachsen** der Fräsmaschine.

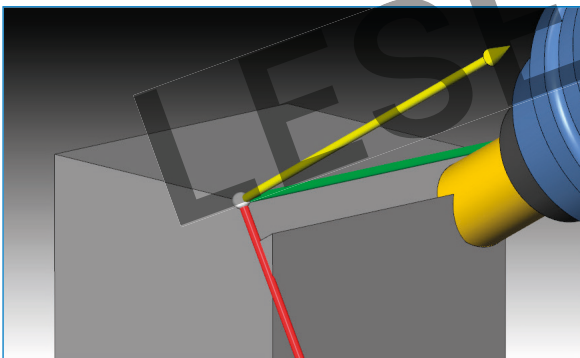
Eine leistungsstarke Steuerung setzt den programmierten Schwenkbefehl mit den virtuellen Achsen A, B und C in eine Drehbewegung mit den 2 vorhandenen realen Drehachsen um.

Dasselbe NC-Programm mit den virtuellen Achsen A, B und C läuft also auf 5-Achsmaschinen mit unterschiedlichen Kinematiken:



Insgesamt stehen in SYMplus 7 verschiedene 5-Achsmaschinen für die Simulation zur Verfügung (Stand 06/2016).

Zur besseren Veranschaulichung ist in der 3D-Simulation zusätzlich zu den verschiedenen Maschinentypen auch die Simulation nur mit Werkstück/Werkzeug (*Workpiece/Tool*) wählbar. Dabei bleibt das Werkstück stehen und das Werkzeug bewegt sich um das Werkstück. Das farbige Koordinatenkreuz zeigt dabei jeweils die Lage der virtuellen Achsen A, B und C an.



Diese reduzierte Darstellung ist aus Gründen der Übersichtlichkeit gerade bei komplexen Bewegungen sinnvoll.

Diese Einstellung sollte deshalb zunächst zur Kontrolle der NC-Programme gewählt werden, weil die Anschaulichkeit hier am größten ist.

Schwenkbearbeitung programmieren

Für die Beschreibung einer geschwenkten Ebene gibt es nach PAL-Codierung viele verschiedene Möglichkeiten:

- **G15 WM** Ebenenanwahl mit maschinenfesten Raumwinkeln
- **G15 WR** Ebenenanwahl mit relativen Raumwinkeln
- **G15 P3** 3-Punkte-Definition einer Bearbeitungsebene
- **G15 BZ** Ebenenanwahl mit Basis- und Zustellvektor
- **G16** Inkrementelle Drehung der Bearbeitungsebene

Im Beispiel auf den folgenden Seiten wird die **einfachste** Programmierung mit **relativen Raumwinkeln G15 WR** genutzt.

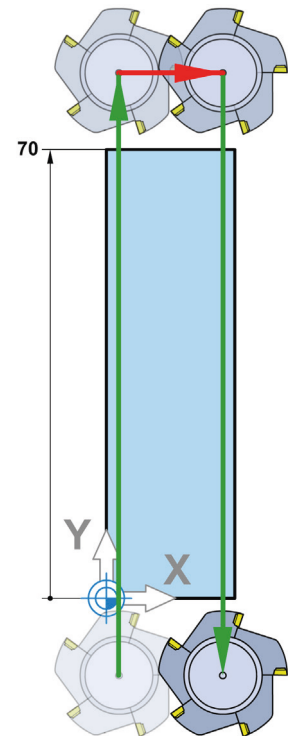
Dieses Beispiel wird danach auch mit den Befehlen **maschinenfesten Raumwinkeln G15 WM** programmiert.

Am Beispiel eines Würfels wird danach die Programmierung mit der **3-Punkte-Definition G15 P3** und die Programmierung mit **Basis- Zustellvektor G15 BZ** dargestellt.

N	NC-Programm	
N4	G15 BR60	<p>Drehung des Koordinatensystems um die Y-Achse um 60°</p>
N5	G0 X0 Y-12	<p>Abzeilen der schrägen Fläche</p>
N6	G0 Z0	
N7	G1 Y82	
N8	G0 X12	
N9	G1 Y-12	

LESEPROBE

Senkrechter Blick auf die blaue Fläche:



KEILER PAL-SIMULATOR

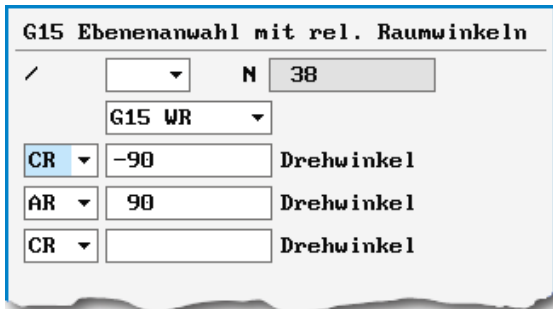
F1 Datei F2 Bearbeiten F3 Übung/Prüfung F4 Maschine einrichten

X 12.000
 ΔX 0.000
 Y 45.113
 ΔY - 57.113
 Z 0.000
 ΔZ 0.000
 F 1800 rpm/min
 S 3000 1/min
 T 3
 M 20 mm

N8 G0 X12
 N9 G1 Y-12
 N10 G0 Z150
 N11 G50

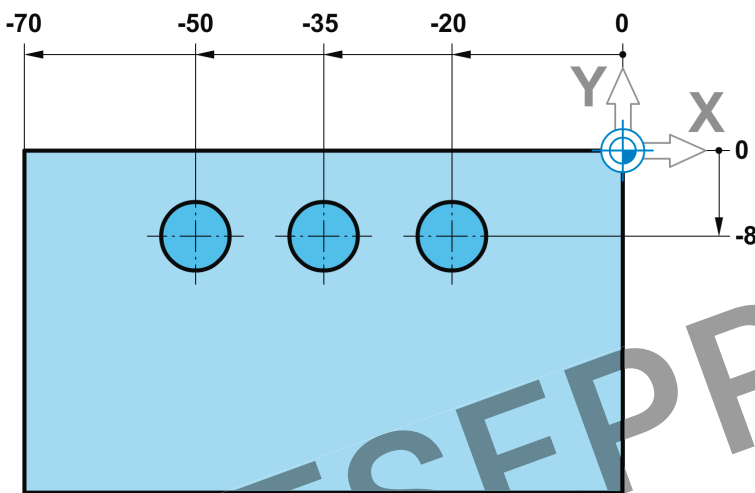
Simulation Folgesatz
 F1 Einzelsatz F2 Schnell-Lauf F3 Komponenten F4 Anzeigen F5 Abbrechen F6 OK
 + - Override START

Um diese Reihenfolge der Drehungen zu erreichen müssen die Adressfelder bei der Eingabe in SYMplus jetzt in eine andere Reihenfolge gebracht werden.



Da jetzt zuerst um die Z-Achse gedreht werden soll und dann um die X-Achse, müssen die Adressfelder jetzt auf die Reihenfolge CR vor AR eingestellt werden.

Senkrechter Blick auf die blaue Fläche:



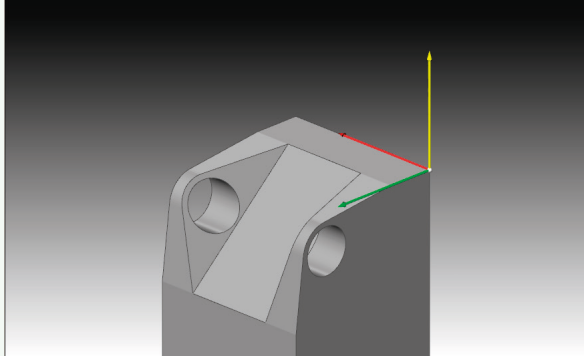
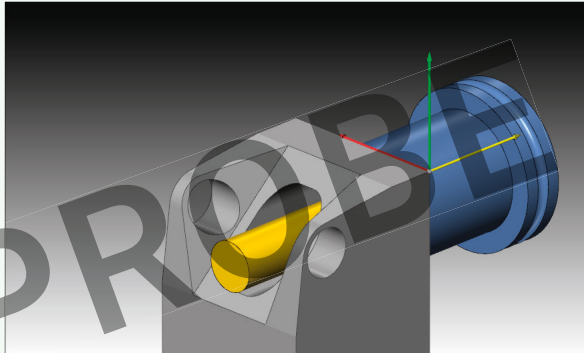
Auch hier wird das links abgebildete Koordinatensystem (X nach rechts / Y nach oben) erreicht.

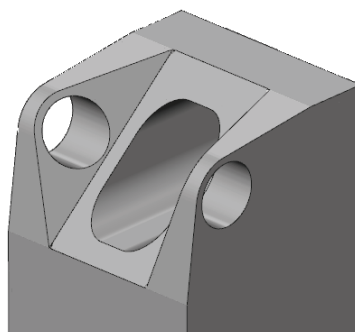
Die Koordinaten der Bohrungen liegen bei:

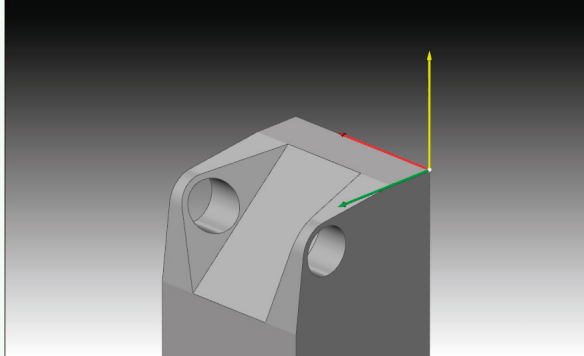
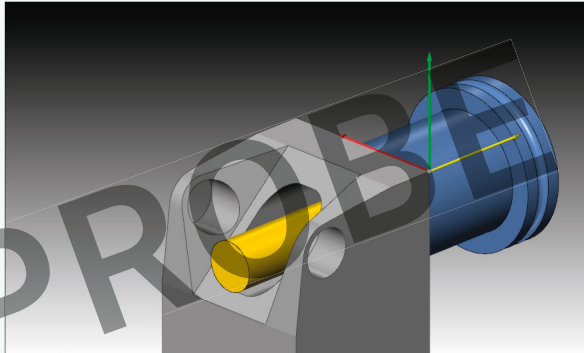
- X -20 Y-8
- X -35 Y-8
- X -50 Y-8

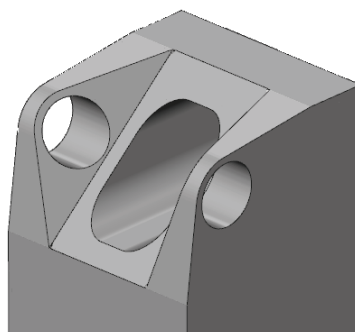
N	NC-Programm	
N39	G81 ZA-20 V2	3 Bohrungen auf Strecke
N40	G76 X-20 Y-8 Z0 AS180 D15 O3 *	
N41	G0 Z150	Werkzeug zurückziehen
N42	G15	Ebene auf Standardebene zurückschwenken
N43	G50	Nullpunktverschiebung zurücksetzen

* Das sind die Positionen für Möglichkeiten 2 und 3. Bei Möglichkeit 1 müssen andere Positionen eingegeben werden.

N	NC-Programm	
N65	<div style="border: 1px solid blue; width: 200px; height: 20px; margin: 10px 0;"></div>	<p>Drehung des Koordinatensystems um die Z-Achse um 180° ...</p> 
		<p>... und anschließend um die X-Achse um 90°</p> 
N66	G72 ZA-66 LP28 BP32 D10 V2 RN11	Hinteres Loch mit Rechtecktaschenzyklus fräsen.
N67	G79 X35 Y-24 Z0	
N68	G0 Z150	Werkzeug zurückziehen
N69	G15	Ebene auf Standardebene zurückschwenken
N70	G50	Nullpunktverschiebung zurücksetzen
N71	M30	Programm-Ende



N	NC-Programm	
N65	<div style="border: 1px solid blue; width: 200px; height: 20px; margin: 10px 0;"></div>	<p>Drehung des Koordinatensystems um die Z-Achse um 180° ...</p> 
		<p>... und anschließend um die X-Achse um 90°</p> 
N66	G72 ZA-66 LP28 BP32 D10 V2 RN11	Hinteres Loch mit Rechtecktaschenzyklus fräsen.
N67	G79 X35 Y-24 Z0	
N68	G0 Z150	Werkzeug zurückziehen
N69	G15	Ebene auf Standardebene zurückschwenken
N70	G50	Nullpunktverschiebung zurücksetzen
N71	M30	Programm-Ende




LESEPROBE



CNC KELLER GmbH
Vorm Eichholz 2
42119 Wuppertal

Fon 0202 4040-0
info@cnc-keller.de

 fb.cnc-keller.de
www.cnc-keller.de