

Inhaltsverzeichnis

Über den Autor.....	7
1 Wir bauen ein Flugzeug.....	8
2 Begriffsbestimmungen.....	10
2.1 CAD.....	10
2.2 CAM.....	11
2.3 CNC.....	12
3.1 Vorüberlegungen.....	15
3.2 2D-Konstruktion – Planerstellung.....	15
3.2 Konventionen.....	17
3.3 Die Programm-Oberfläche.....	18
3.4 Grundlagen des Konstruierens am CAD.....	24
3.5 Konstruktion der Tragfläche.....	27
3.6 Unser Plan soll „schöner“ werden.....	41
3.7 Profilauswahl und Rippenkonstruktion.....	49
3.8 Bauteile zum Zusammenstecken.....	76
3.9 Dateiverwaltung.....	80
3.10 Drucken und Datenaustausch.....	83
4 Konstruieren in 3D.....	86
4.1 Wer braucht schon 3D ...?.....	86
4.2 Methodik der 3D-Konstruktion.....	87
4.3 Programm-Oberfläche im 3D.....	89
4.4 Arbeitsebenen.....	90
4.5 Rumpfkonstruktion als Volumenmodell.....	95
4.5.4 Der feature tree.....	119
4.5.5 Ausrichten von Körpern.....	126
4.5.6 Basiskörper.....	130
4.5.8 Dreidimensionale Baugruppen und weitere 3D-Funktionen.....	144

4.5.10 Details der Konstruktion	160
4.5.11 Zeichnungsableitung – aus 3D mach 2D.....	164
4.5.12 Modellierung von Freiformflächen	168
5 CNC-Technik – vom PC auf die Maschine.....	175
5.1 Nach CAD kommt CAM.....	175
5.2 CAM-Funktionen im 2D	176
5.2.3 Erste virtuelle Späne.....	185
5.2.5 Weitere CAM-Funktionen.....	205
5 3 CAM-Funktionen im 3D	212
6 Schlusswort.....	226

3 2D-Konstruktion – Planerstellung

3.1 Vorüberlegungen

Ich hatte versprochen, eine reale Flugzeugkonstruktion in dieses Buch einfließen zu lassen und bin bei den Vorarbeiten über einen alten Plan gestolpert, der bei ebay angeboten wurde und der 3-2-1 kurz darauf meins war. Es handelt sich dabei um ein Modell aus den 60er Jahren, das mich spontan angesprochen hat. Der Plan wurde in einem Heft der Reihe „hobby – Wissen – Technik“ von Helmut Appelt vorgestellt und beschreibt einen kleinen Segler mit 2-Kanal-Steuerung, bei der eine Kanal für die Ansteuerung des

Seitenruders, der andere nicht wie zu erwarten für das Höhenruder, sondern für das Öffnen einer Rumpfklappe genutzt wurde, die einen Bremsfallschirm freigab. Wer braucht schon ein Höhenruder, wenn das Modell ordentlich ausgetrimmt ist – das erklären Sie einmal einem jungen Modellflieger heute!

Natürlich war schnell klar, dass dieser Condor genannte Flieger nur eine Anregung für ein heutiges Modell sein konnte und so war kurzerhand der Condor NT (für **n**eu**e** **T**echnologie) geboren. Er sollte den Luxus von angelenktem Höhen- und Seiten-



Bild 3.1: Condor mit viel V-Form und Tipp-tipp-Anlage



Die Menüleiste unterhalb der Pulldown-Befehle beinhaltet Funktionen, die zu jedem Zeitpunkt der Bedienung sichtbar sind. Im Gegensatz zu den weiter unten beschriebenen seitlichen Menüs erfährt diese Menüleiste keine Veränderung und die Icons sind immer direkt im Zugriff. Damit empfiehlt sie sich zur Aufnahme von wichtigen Befehlen, die immer wieder spontan abrufbar sein sollen. *Laden, Speichern, Drucken, Löschen* oder auch verschiedene *Edit*-Befehle sind hier abgelegt. Sie können aber auch jederzeit diese Menüleiste mit eigenen „favorites“ bestücken.

In der darunter liegenden Attributleiste werden die Eigenschaften von Elementen ausgewählt, die im Folgenden erstellt werden sollen. Diese Eigenschaften sind z. B. die Farbe, die Strichart, die Linienstärke und

die Layer-Zugehörigkeit. Jedes neue Element entsteht exakt mit den hier ausgewählten Attributen. Damit fällt die Arbeit leichter, weil die einzelnen Linien, Kreise oder auch Maße schnell aufgrund ihrer Optik erkannt werden können, aber auch indem entsprechend diesen Attributen Kriterien für deren Auswahl zur Verfügung stehen, beispielsweise bei nachträglichen Veränderungen der Konstruktion. Natürlich können auch zu jedem späteren Zeitpunkt bei bestehenden Elementen die Attribute geändert werden.

Damit kommen wir noch zu der seitlichen Menüleiste, die die zentrale „Schalt- und Schaltstelle“ des Programms darstellt.

Zu Programmstart ist das Hauptmenü zu sehen, das im Wesentlichen die Verzweigung in die einzelnen Kapitel der Bedienung anbietet. Abhängig von der Vorgehensweise

– Extrameldung! – Extrameldung! - Extrameldung! – Extrameldung! –

Der Begriff „Layer“ sollte hier kurz erläutert werden. Es handelt sich um eine Strukturierung der Zeichnungsdaten in einzelne Ebenen – ähnlich den Folien bei einem Vortrag mit dem Overhead-Projektor. Wenn nun die Zeichnungselemente auf unterschiedlichen Layern (Folien) liegen, können sie einfach angezeigt oder auch ausgeblendet werden.

oben erwähnte Feinheit der Rundung zu beeinflussen.

EDIT

Nachdem das Grobe jetzt erledigt ist und die Geometrie des Flügels steht machen wir uns an die Feinarbeit. Diese beginnt mit dem Entfernen der überstehenden Linien am Flügelende. Sie könnten wieder die Aufbrechen-Funktion nehmen und Überstände einfach wegknipsen, aber Sinn Ihrer Lektüre hier ist es ja, immer neue Funktionen kennenzulernen.

TRIM

Veränderungen an bestehenden Elementen machen wir mit den Werkzeugen im *Edit-Menü*. In der klassischen Oberfläche oben links und in der *Bearbeiten*-Karteikarte des fluent-Stils im Block Trimmen befinden sich Funktionen, um die Länge von Elementen zu modifizieren. Dabei können diese Trimmen-Werkzeuge Linien, Bögen, etc. kürzer oder länger machen. Um die Frontlinie direkt in den Spline übergehen zu lassen wählen Sie *Trimmen doppelt*. Damit werden zwei Bauteile so gestreckt oder gestutzt, dass sie eine Ecke bilden oder in unserem Fall direkt ineinander übergehen. Dazu müssen Sie nach einem Linksklick auf das Icon zuerst das eine, dann das zweite Element anklicken, wie dies in Bild 3.14 dargestellt ist.

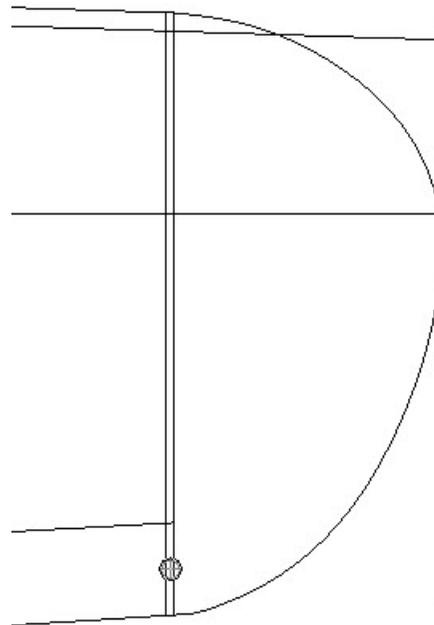


Bild 3.15: Der getrimmte Randbogen

Das Ergebnis zeigt Bild 3.15. Die restlichen, überzähligen Objekte entfernen Sie mit dem *Automatischen Aufbrechen* (dies betrifft die Nasenleiste) und der Funktion *Löschen*, die Sie im Edit-Menü, aber auch in der Funktionsleiste am oberen Rand des Zeichenbereichs finden. Mit dieser universellen Funk-

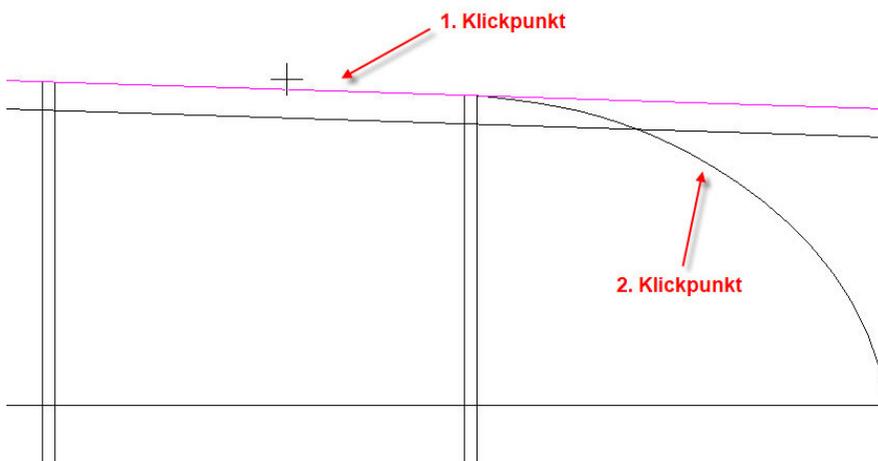
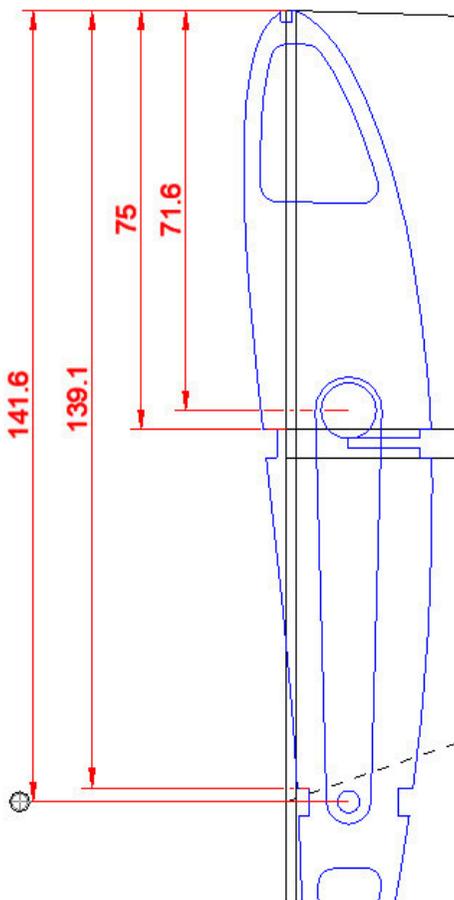


Bild 3.14: Doppeltes Trimmen



vorweg und gebe Ihnen die Maße der Wurzelrippe, wie wir sie später noch gemeinsam entwickeln werden. Sie erkennen, dass der Hilfsholm mit einem Querschnitt von 5×2 mm in einem Abstand von 139,1 mm von der Nase entfernt liegt. An der vierten Rippen mündet dann dieser Hilfsholm in den Verband des Hauptholmes ein. Mit der inzwischen bereits bekannten Funktion *Linie frei* wird daher einfach eine Linie schräg eingezeichnet. Nachdem später die Beplankung diesen Bereich komplett abdecken wird, muss auch der nun entstehende Strich mit Stift 3 konstruiert werden. Die Distanz von 139,1 mm lässt sich einfach mit *Fangen*

Abstand eingeben und der zweite Mausklick führt zu dem Punkt, an dem die 4. Rippe den Hauptholm trifft. Präzise gefangen werden kann diese Stelle mit der Punktbestimmungsmethode *Schnittpunkt*.

Im Laufe unseres langen Gesprächs werden Sie Ihre Kenntnisse im Umgang mit der Software immer weiter ausbauen und immer öfter werden Sie auch Zwischenschritte ohne detaillierte Klick-für-Klick-Anweisungen eigenständig ausführen. Dies dient natürlich dazu, dass dieses Buch nicht unendlich dick wird, aber auch um Ihnen die Möglichkeit zu geben, Ihren Übungsstand zu kontrollieren und auszubauen. Auch die bisher vollständige Erklärung der einzelnen Mausklicks und Auflistung der zu drückenden Icons können wir etwas reduzieren, da Sie inzwischen sicherlich schon eine ganz gute Übersicht über die Menüstruktur haben und ohne nachzudenken einen Rechtsklick machen, wenn Sie eine Funktion beenden oder ein Menü verlassen wollen. Jetzt wäre zum ersten Mal eine solche Gelegenheit für Sie, die Darstellung des Hilfsholmes mit einer Breite von 5 mm ohne vollständige Erklärung auszuführen.

Weiter geht es anschließend mit der Erkenntnis, dass die Parallele (kleiner Hinweis) ja an beiden Enden zu kurz ist. Eine gute Gelegenheit, um auf eine weitere Trimm-Funktion im Edit-Menü einzugehen. Mit *Trimmen einfach* kann ein Element an ein anderes herangeführt werden. Dabei spielt es keine Rolle, ob es verlängert oder verkürzt wird. Unten rechts finden Sie wieder die jederzeit aktuellen Informationen, was die Software von Ihnen, bzw. Ihrer Maus verlangt. Das zu *trimmende Element* ist in diesem Fall die Linie, die verlängert werden soll. Als Hilfe erhalten Sie eine optische Rückmeldung (rosa). Sobald Sie geklickt haben (LMT) werden Sie nach dem *trimmenden Element* gefragt. Fahren Sie nun mit der



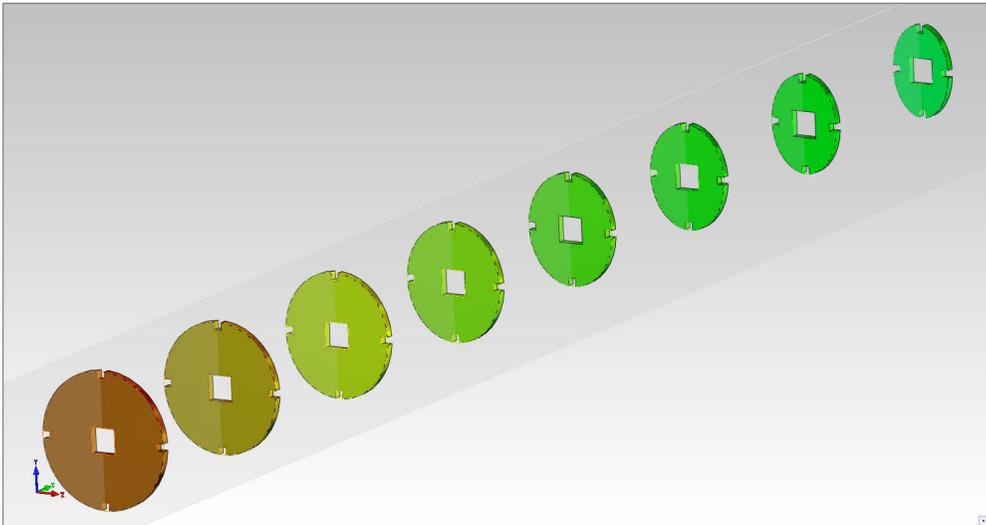


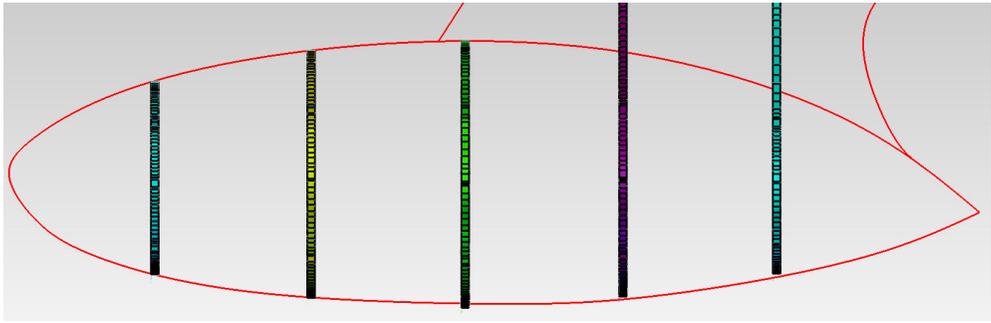
Bild 4.5: Die Spanten der Rumpfröhre

teil werden soll. Dazu können Sie das Prisma mit der Maus aufziehen. Ein Mausklick mit der Fangoption *frei* genügt, um ein Fenster erscheinen zu lassen, in dem Sie einen korrekten Wert eingeben können. An anderer Stelle können Sie natürlich auch einen konkreten Punkt an einem anderen Bauteil anklicken. Der zeichnerisch ermittelte Wert erscheint dann im Menü und kann dort bestätigt oder korrigiert werden. Hilfreich ist es, bereits in die gewünschte Richtung aufzuziehen, da damit gleich das korrekte Vorzeichen übernommen wird. Als Spantenmaterial haben wir 3-mm-Sperrholz vorgesehen, dies ist hier einzugeben. Den Vorschlagstext „gerades Prisma“ überschreiben Sie mit *Spant 6*, dann ist dieses Bauteil später im feature tree immer leicht zu identifizieren. Die OK-Taste schließt das Menü und Sie sehen Ihr erstes 3D-Bauteil vor sich. In gleicher Weise können Sie jetzt mit den restlichen Spanten vorgehen.

In Bild 4.5 ist das Ergebnis der ersten 3D-Arbeiten sichtbar. Die Kanten von 3D-Bauteilen werden in der Grundeinstellung schwarz dargestellt. Auf dem Bild sieht man

jedoch ein leichtes Schimmern an der Vorderkante. Dies kommt daher, dass beim Aufziehen der Prismen die Option *Kantenelemente löschen* nicht aktiv geschaltet war. Daher sehen Sie hier die Kantendarstellung der Volumen überlagert von den Ausgangskonturen der 2D-Elemente. Über ein Optionsicon (Hotkey Leertaste) kann dies zum Zeitpunkt der Konturauswahl zugeschaltet werden. Nachdem dieses automatische Löschen der Kontur aber nur die Geometrie löscht, die zu dem Prisma führt kann es vorkommen, dass dann Reste von überstehenden Elementen liegen bleiben. Daher ist es hier günstiger, wenn wir die Ausgangskonturen nachträglich löschen. Um unnötige Klickarbeit zu sparen bemühen wir wieder das seitliche Auswahlménü und entfernen den Filter auf 3D-Bauteile. Mit dieser Vorarbeit können Sie wieder die *Auswahl Bildschirm* anklicken oder einfach ein Rechteck über alle Bauteile aufziehen. Damit sind die vorher beobachteten Flackereffekte entfernt und die Spanten stehen perfekt da. Später werden Sie noch Bohrun-





wieder entfernen können. Nutzen Sie dazu die Funktion *Löschen* mit der Auswahlmethode *Layer* im seitlichen Hilfsmenü (bzw. oben in der fluent-Oberfläche). In der Listenansicht (Struktur) scrollen Sie bis zum Layer 63 und klicken dort auf die Zahl, woraufhin sich das Layer-Symbol vorn rot färbt. Bevorzugen Sie die Darstellung als Dia-Vorschau (Ansicht), dann erkennen Sie direkt die Anordnung der Hilfslinien im Ansichtsfenster. Die Auswahl durch das Anklicken der Layernummer ist natürlich in beiden Optiken die gleiche. Das OK-Feld führt dann den Befehl aus.



Sie haben vielleicht versucht, die Prismen aufzuziehen, indem Sie mit der Auswahlmethode *Fläche* innerhalb der Spantgeometrie geklickt haben. Der Erfolg wird damit leider nicht auf Ihrer Seite gewesen sein, da die Mittellinie hier eine unerwünschte Abgrenzung darstellt, die Sie zuerst ausblenden müssten. Die Alternative ist wieder das Anklicken der Kontur an der Außenseite. Eine Unterscheidung von Mittellinie und Außenform ist über Layer nicht möglich, sodass nur die Methode der *Unsichtbarkeit* – *Einzelne unsichtbar machen* in Frage kommt. Zur schnellen Selektion wäre wieder *Auswahl Attribute* zu nennen, um über die Eigenschaft *Mittellinie (Stift 4)* und *Als Filter* den Auswahlbereich einzuschränken. Bild 4.7 zeigt eine Perspektive des augenblicklichen Standes der Konstruktion von



schräg vorne. Sie erkennen meine Schwäche für Farben. Diese „Regenbogentechnik“ hilft mir während der Konstruktion den Überblick zu behalten. Vielleicht geht es Ihnen ja ähnlich. Für eine seriöse Darstellung kann man jederzeit mit wenigen Klicks zu einer anderen Farbgebung kommen.

Wenn Sie mit diesem Ergebnis jetzt die Ansicht wechseln, um den Rumpf von der Seite zu sehen (in unserer Arbeitsweise im Moment die Vorderansicht – wir werden das bei Gelegenheit ändern) werden Sie feststellen, dass sich die an der oberen Kurve angesetzten Spanten unten nicht perfekt an die Kontur halten. Dies ist dem Umstand ge-

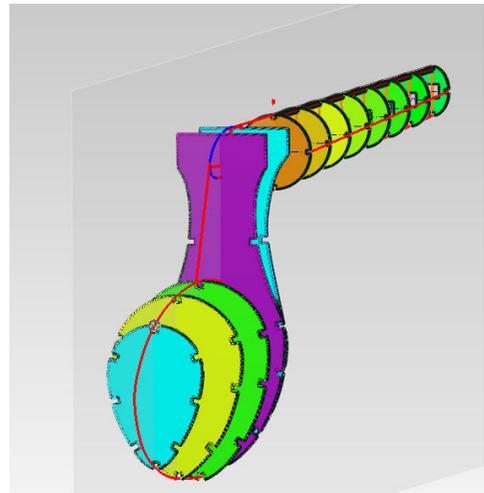
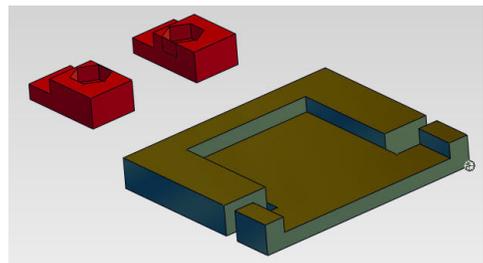
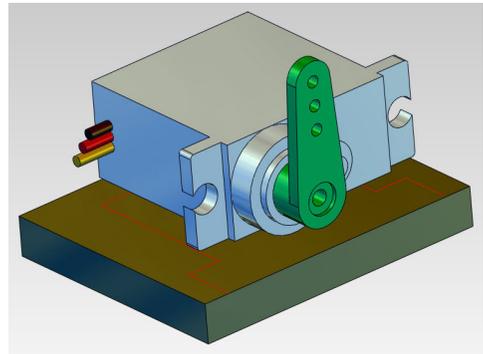
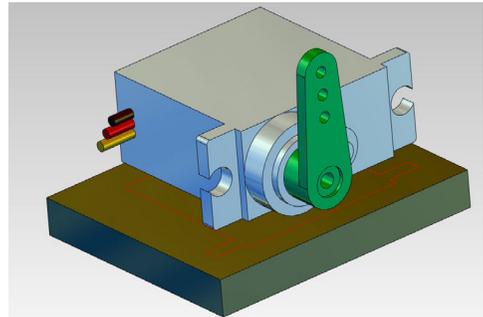
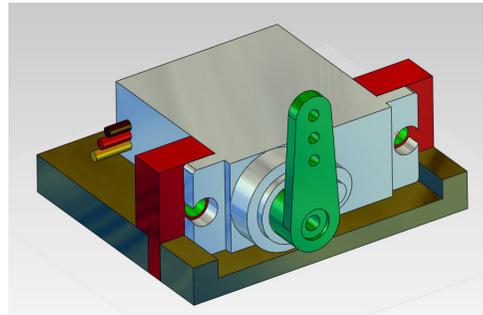


Bild 4.7: Rumpfspanten aufgereiht

Eilgangfahrten (rosa) könnte man in diesem Beispiel leben. Es gibt aber auch Situationen, dass die Maschine mehr Zeit für die Positionierfahrten benötigt als für das eigentliche Bohren oder Fräsen. Dann kommt gerne die Funktion *Optimieren* ins Gespräch. Sie finden die Schaltfläche im TechnologieManager, den Sie jetzt nochmals händisch öffnen und mit gedrückter Maustaste die Einträge 2 bis Ende markieren. Ausgehend von der ersten Bohrung wird bei der Optimierung der Verfahrbewegungen nach Bearbeitung einer Technologie der Startpunkt der nächsten gesucht. Diejenige, die dem Ausgangspunkt am nächsten liegt, wird angefahren. So wird versucht, möglichst kurze Fräszeiten zu erhalten. In Grenzfällen kann dies zu „vergessenen“ Bearbeitungen führen, die die Software erst einmal links liegen lässt, um sie in der Liste weiter unten einzureihen. Wenn Sie jetzt das *Optimieren* mit der Schaltfläche am rechten Menürand starten werden Sie aufgrund der identischen Namen der Technologien keine Veränderung feststellen können. Die Auswirkung sehen Sie erst durch das Schließen des Menüs mit *OK* und einer *Neuberechnung* der Fräsbahnen.

In der Oberfläche des TechnologieManagers können Sie auch markierte Bearbeitungen mit den Tasten *nach oben* bzw. *nach unten* verschieben, um die Reihenfolge des Fräsvorgangs zu beeinflussen. Auch mit gedrückter mittlerer Maustaste ist ein Verschieben der Einträge möglich. Es können dabei auch mehrere Bearbeitungen markiert sein, die dann jeweils gemeinsam verschoben werden.

Die zweite Bohrungsfunktion *Bohrung direkt* unterscheidet sich vom oben Beschriebenen nur durch die Definition der Positionen. Für dieses Werkzeug müssen keine Punkte oder Kreise in der Zeichnung ausgewählt werden. Mit dem Mausklick wird hier die Bohrposition direkt erzeugt. Dafür stehen



alle Fangmethoden von MegaNC zur Verfügung, wie Sie im seitlichen Menü erkennen

