

1. Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung des „CAD/CAM Praxisprojektes“ im Sommersemester 2009, resultierte aus einer bisher einmaligen Zusammenarbeit der Technischen Universität Braunschweig und der HAWK Hildesheim.

Der Fachbereich Architektur der TU Braunschweig hatte den Wunsch, verhältnismäßig großformatige Modelle, skulptureller Hochhausentwürfe zu erhalten. Aus diesem Grund suchte die TU nach einem geeigneten Partner, der in der Lage war diese Modelle anzufertigen.

Da das „Labor für Bearbeitungstechnik“ der HAWK Hildesheim mit einem modernen 5-Achs CNC-Bearbeitungszentrum ausgerüstet ist, entschied man sich für eine Zusammenarbeit der beiden Hochschulen.

Der uns zugeteilte Turm sowie drei weitere Modelle waren von dem Dozenten der TU als Test geplant.

Er wollte herauszufinden wo die Grenzen der Bearbeitung durch die Fräse liegen und was generell mit der 5-Achs Technik möglich ist.

Unsere Aufgabe war es nun, die schon generierten Geometrien und Oberflächen mit dem Programm „Alpha – CAM“ aufzubereiten und Frässtrategien zu entwickeln, um ein möglichst sauberes und präzises Ergebnis zu erzielen.

Des Weiteren hatten wir uns selbst zur Aufgabe gemacht, das Model zu einem vorgezogenen Termin fertig zu stellen, um unseren Turm auf der „Ligna 2009“ ausstellen zu können.

2. Vorgehensweise

Als wir die IGES- Dateien der Turmsegmente erhalten hatten, setzten wir den Turm als erstes virtuell zusammen, um uns einen Überblick über die Aufgabe zu verschaffen.

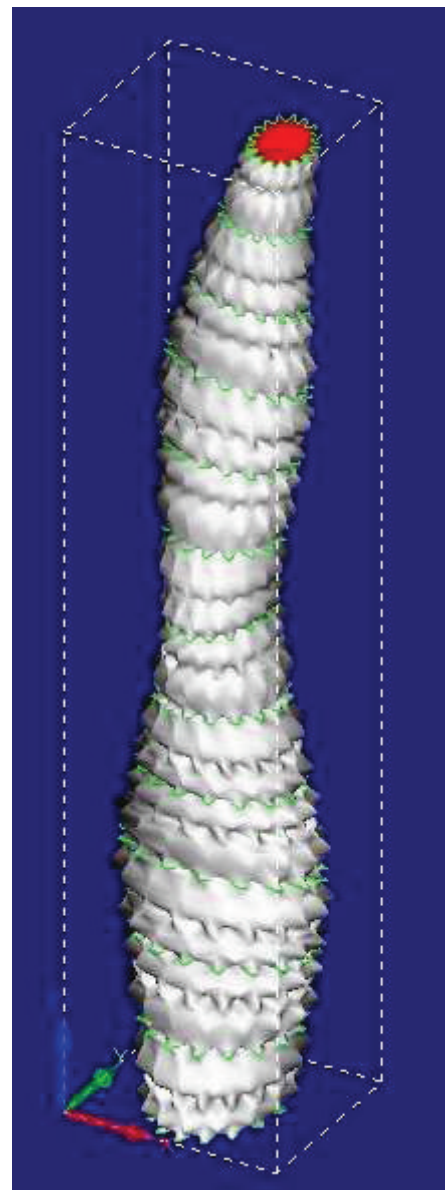
Die erste Frage die sich stellte war, wie wir den Turm zum Fräsen am sinnvollsten aufteilen. Schnell wurde klar, dass es zu unsicher war mehrere Segmente vor der Fräsbearbeitung zu verkleben, da das Verhältnis von Grundfläche zu Bauhöhe sehr ungünstig für die Standsicherheit ausfiel.

Aus diesem Grund entschieden wir uns dafür, alle 12 Teile des Models einzeln zu bearbeiten. Gleichzeitig hatte dies für uns den Vorteil, dass sich Fehler im Programm auf ein kleines Segment beschränkten.

Die Montage sollte dann nach der Bearbeitung erfolgen.

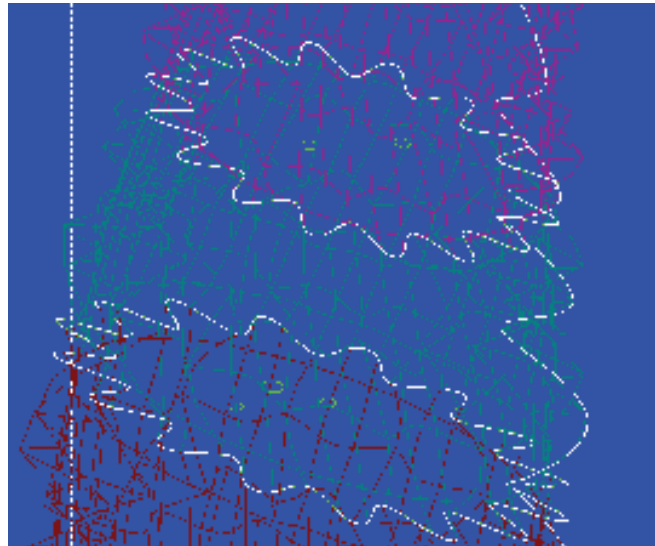
Die weitere Vorgehensweise beinhaltete:

- Drehen und Ausrichten der Teile
- Anordnen von Positionierbohrungen
- Erstellen von Grundgeometrien der Rohteile
- Erstellen eines Zuschnittplans
- Ausfräsen der Rohteile
- Vorrichtungsbau
- Programmieren von Teststücken
- Fräsen der Teststücke
- Programmieren der endgültigen NC-Programme
- Fräsen der Turmteile
- Montage des Turms



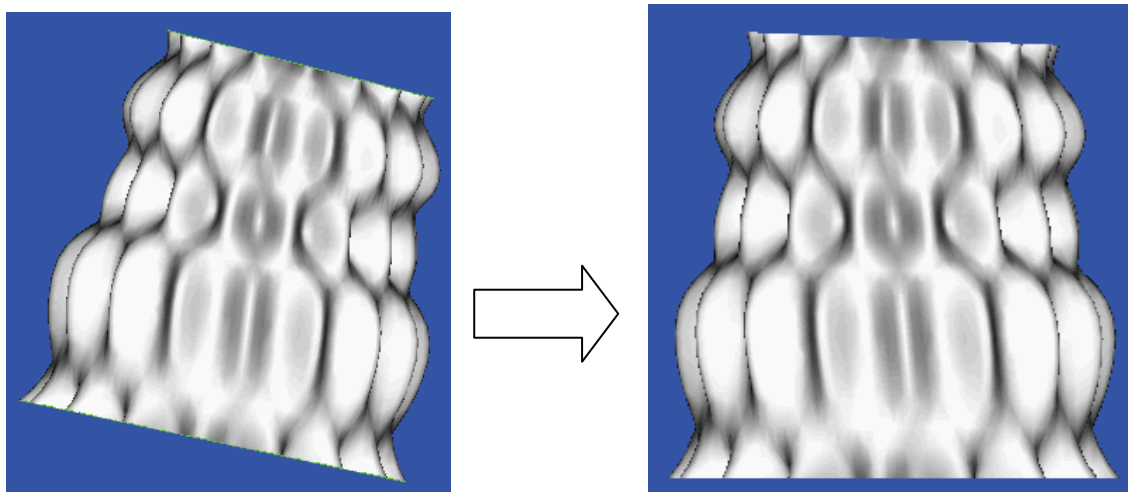
3. Vorbereitung

Um ein möglichst präzises Ergebnis zu erzielen, begannen wir damit, den einzelnen Turmsegmenten Positionierbohrungen zuzuordnen. Diese sollten einerseits eine exakte Positionierung der Einzelteile auf der Vorrichtung gewährleisten, andererseits für eine passgenaue Montage sorgen.



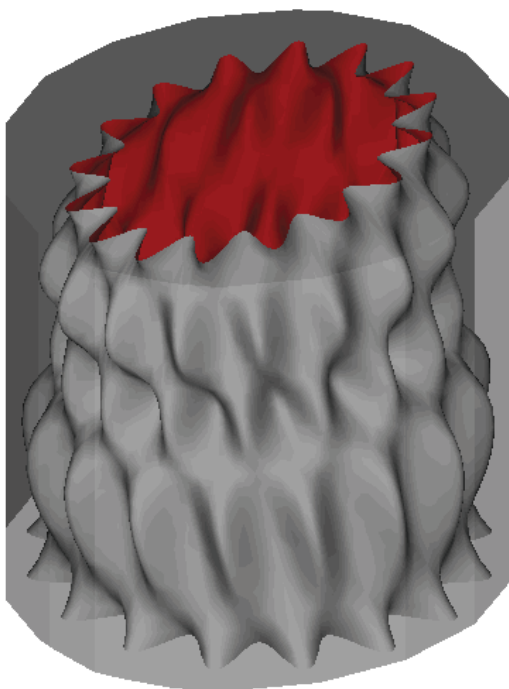
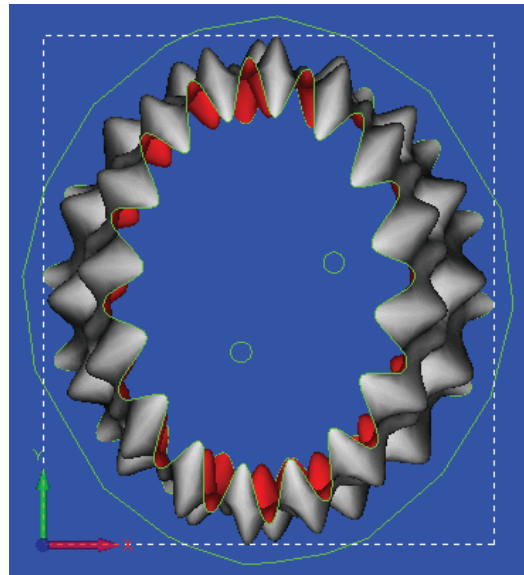
Anschließend erstellten wir für die einzelnen Turmteile eine eigene Datei, um die Einzelteilbearbeitungen weiter Planen zu können.

Da der Turm eine leichte Neigung hat, mussten wir einige Segmente ausrichten, um eine gerade Grundfläche zu erreichen. Hierzu wählten wir (WICHTIG!!!) alle Geometrien incl. Positionierbohrungen und drehten diese um eine definierte Achse, sodass die Unterseite des Segments nun auf der horizontalen Achse lag und die gesamte Schräge in die Oberseite einging.



Der nächste Schritt war das Erstellen von Grenzgeometrien, um daraus die Rohteile definieren zu können.

Wir legten für jedes Bauteil in der Draufsicht eine Grenzgeometrie an, um sicherzustellen, dass das Rohteil ausreichend groß wird ohne übermäßigen Verschnitt zu erhalten. Diese Geometrie, die sich an den Außenpunkten der gezackten Oberfläche orientierte, versetzten wir um 5 mm nach außen, sodass genügend Material für die Bearbeitung zur Verfügung stand. Aus den so generierten Konturen definierten wir mit Hilfe von Alpha – CAM die Rohteile.



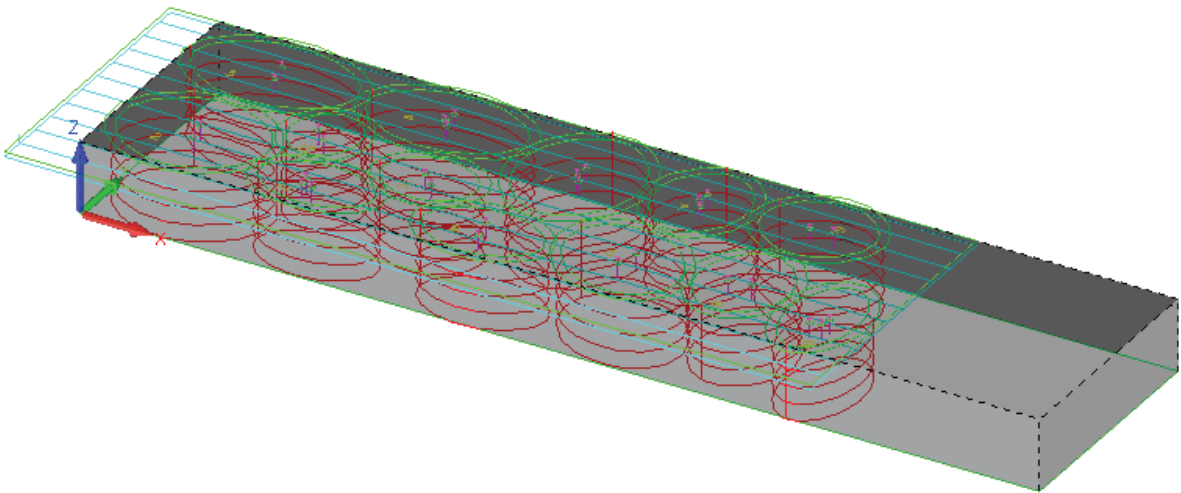
4. Erstellen des Zuschnittplans und Ausfräsen der Rohteile

Der wichtigste Teil hierbei war es zu definieren, wie der folgende Arbeitsgang ablaufen sollte und welche Konsequenzen dieser für die weiteren Bearbeitungen haben würde.

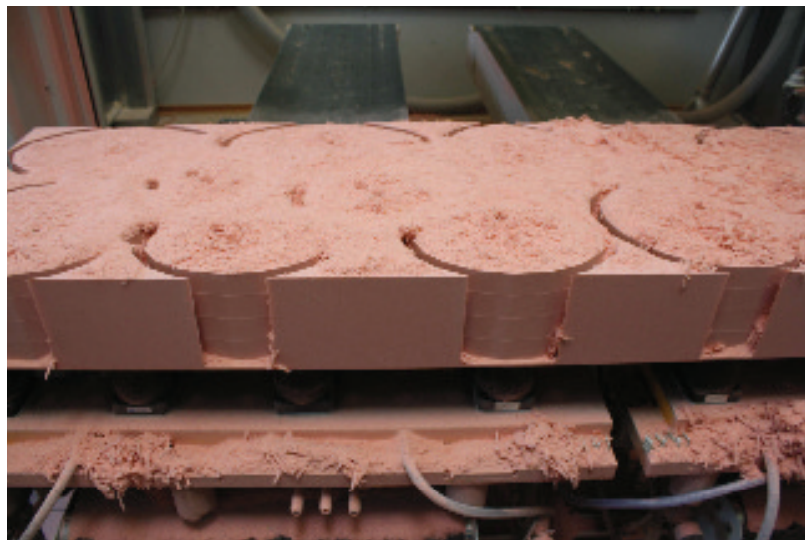
Die 150 mm starke Obomodulan Platte (PU Schaum), sollte zuerst plan gefräst und mit Bohrungen versehen werden um später die Rohteile ausfräsen zu können.

Wir entschieden uns dafür, alle Teile auf dem Zuschnittplan um 180° zu drehen, sodass die Unterseite der Teile nach oben kam. Durch diesen Arbeitsschritt erhielten wir auf der gesamten Platte eine plane Oberfläche.

Anschließend definierten wir im Alpha – CAM das Rohteil der 200 x 50 x 15 cm großen Obomodulan Platte und erstellten auf ihrer Oberfläche eine Arbeitsebene. Wir versuchten die Grenzgeometrien mit den Positionierbohrungen möglichst ideal auf der Platte anzuordnen, um später die mit Hilfe von Alpha – CAM generierten NC-Codes in die Steuerung der CNC-Maschine einzuspeisen.



Die Rohteile wurden dann später gestürzt, um sie in der ursprünglichen Position, mit der plan gefrästen Seite nach unten, auf der Vorrichtung montieren zu können. Dadurch ersparten wir uns unnötiges Drehen der Teile im Alpha – CAM, und schlossen so weitere Fehlerquellen aus.



5. Vorrichtungsbau

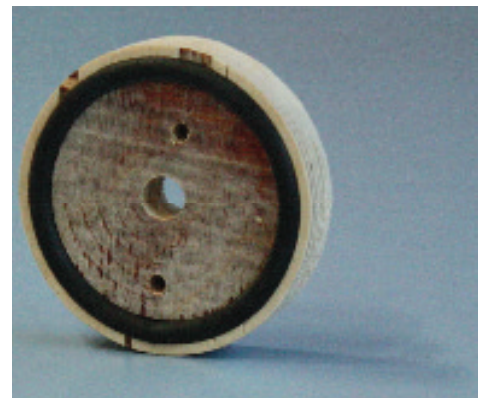
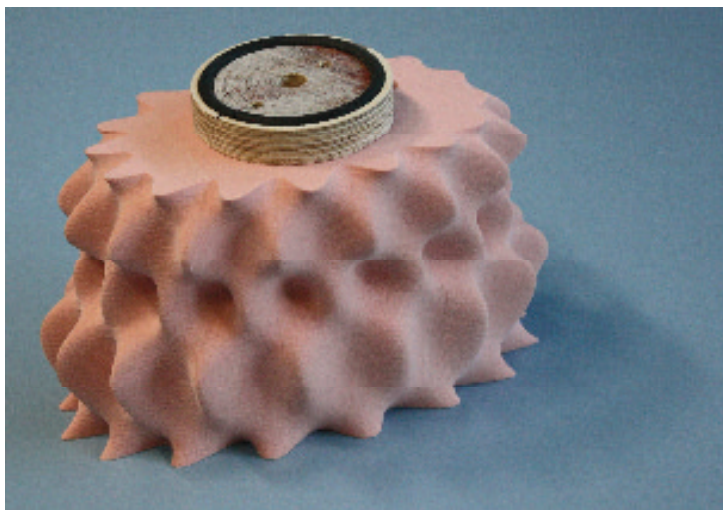
Um die Rohteile zu formatieren, mussten sie natürlich in der Maschine positioniert und festgehalten werden. Dies geschah in unserem Fall mit Hilfe von Vorrichtungen, die an ein Anschlagssystem angelegt wurden.

Das Problem hierbei waren die sehr stark in Form und Größe variierenden Grundflächen der Rohteile.

Unser erster Gedanke war es, möglichst viele Querschnitte zusammenzufassen, um im Idealfall mit zwei verschiedenen großen Kreisquerschnitten und somit nur zwei Vorrichtungen auszukommen.

Versuche, die gängige Vakuum-Spannmethode anzuwenden, scheiterten jedoch an der viel zu kleinen Ansaugfläche. Die Kraft des Vakuums reichte einfach nicht aus, um die Teile ausreichend zu fixieren.

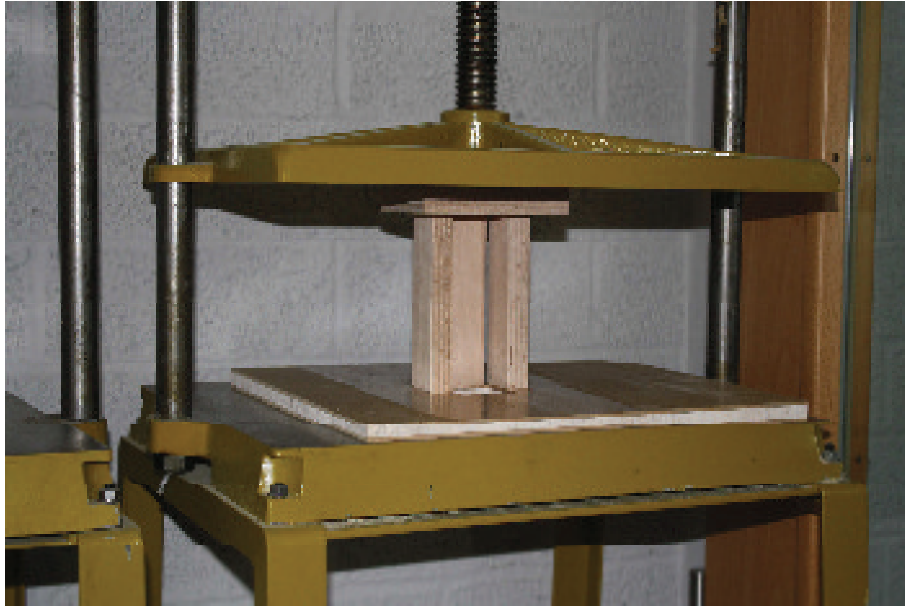
Nach weiteren Versuchen stellten wir fest, dass die Befestigung der Teile auf den Vorrichtungen durch lange Holzschrauben in unserem Fall besser geeignet war. Deshalb verzichteten wir vollständig auf das Vakuum und suchten nach einer Lösung die Teile auf den Vorrichtungen festzuschrauben.



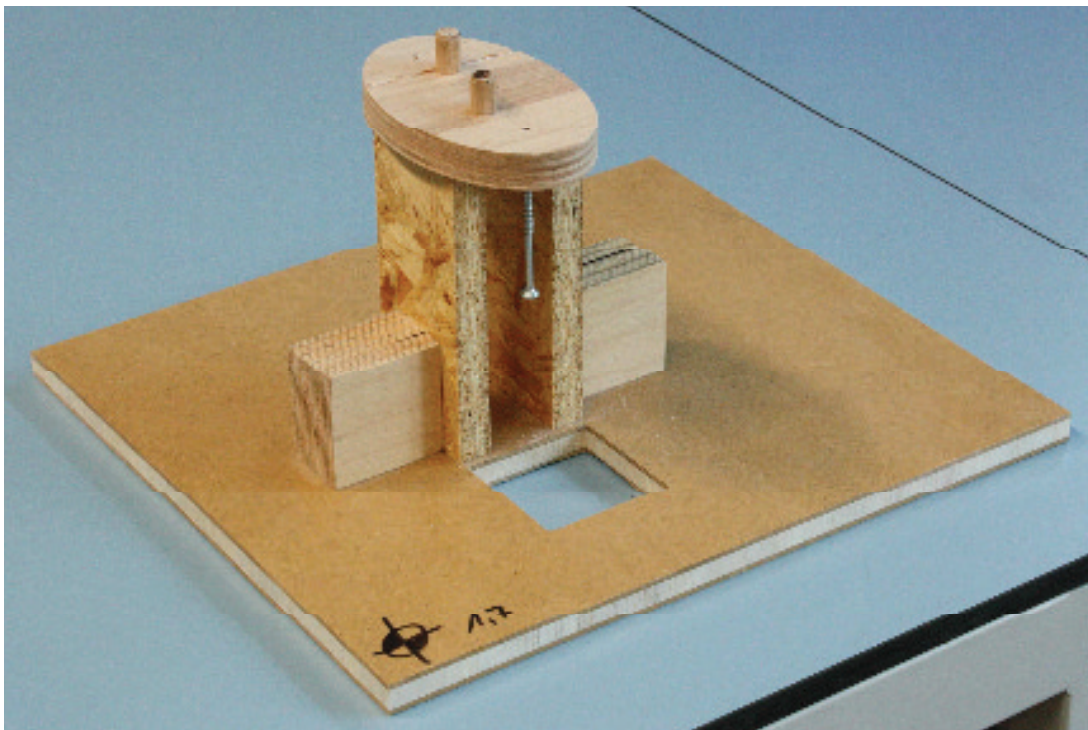
Wir testeten darauf hin verschiedene Kombinationen und entschieden uns letztlich dafür, die Grundplatten der Vorrichtungen mit einem Loch zu versehen, um die Teile von unten mit Schrauben zu befestigen. Auch die Lösung mit den Kreisquerschnitten stellte sich als ungeeignet heraus. Am Ende fassten wir ähnliche Geometrien zusammen und erstellten verschiedene Kreis- und Ovalformen, sodass letztlich fünf verschiedene Vorrichtungen hergestellt werden mussten.

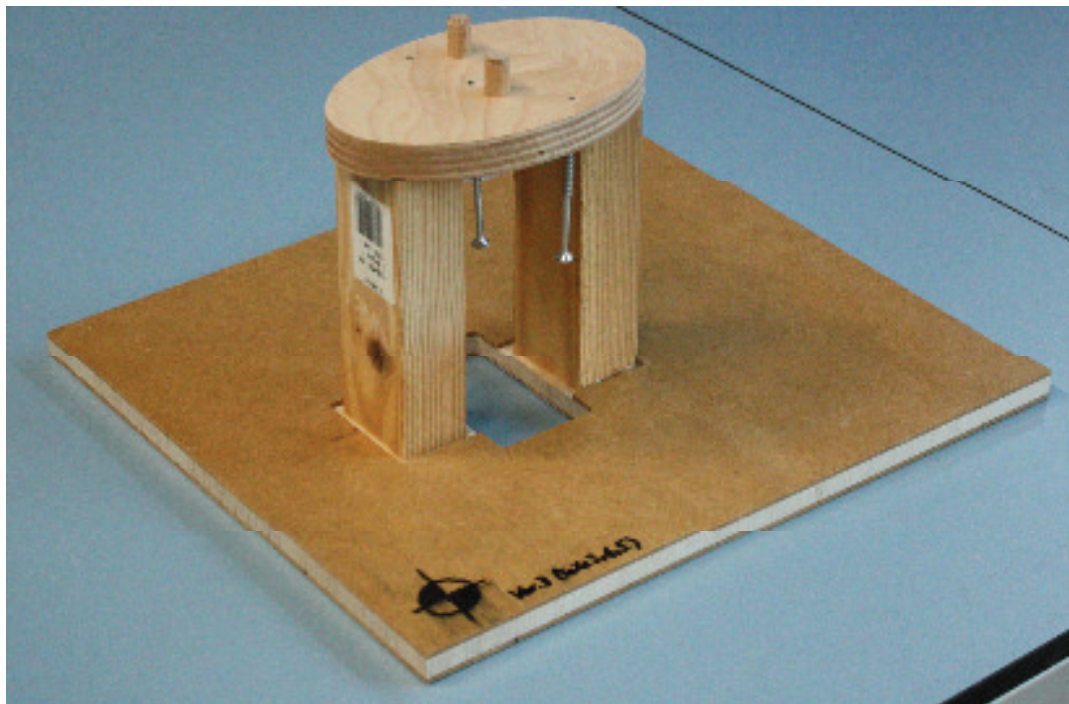
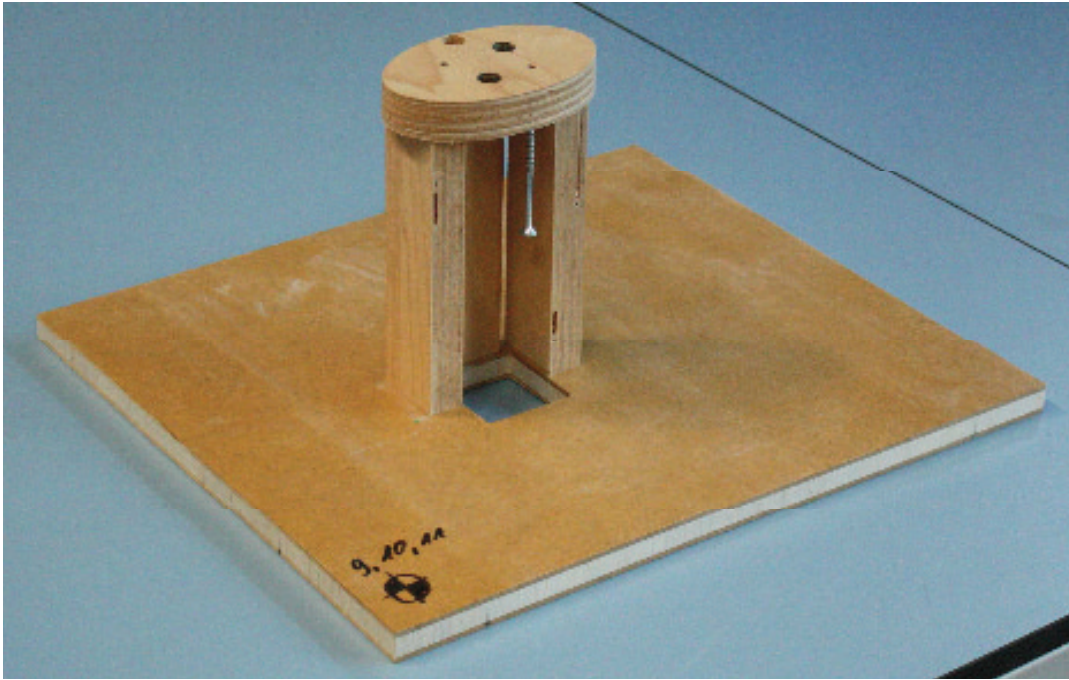
Für das Erstellen der Vorrichtungen, nutzten wir die Eberle 3-Achs CNC-Fräse, um Anderen die Möglichkeit zu geben, in dieser Zeit die 5-Achs-Fäse zu benutzen.

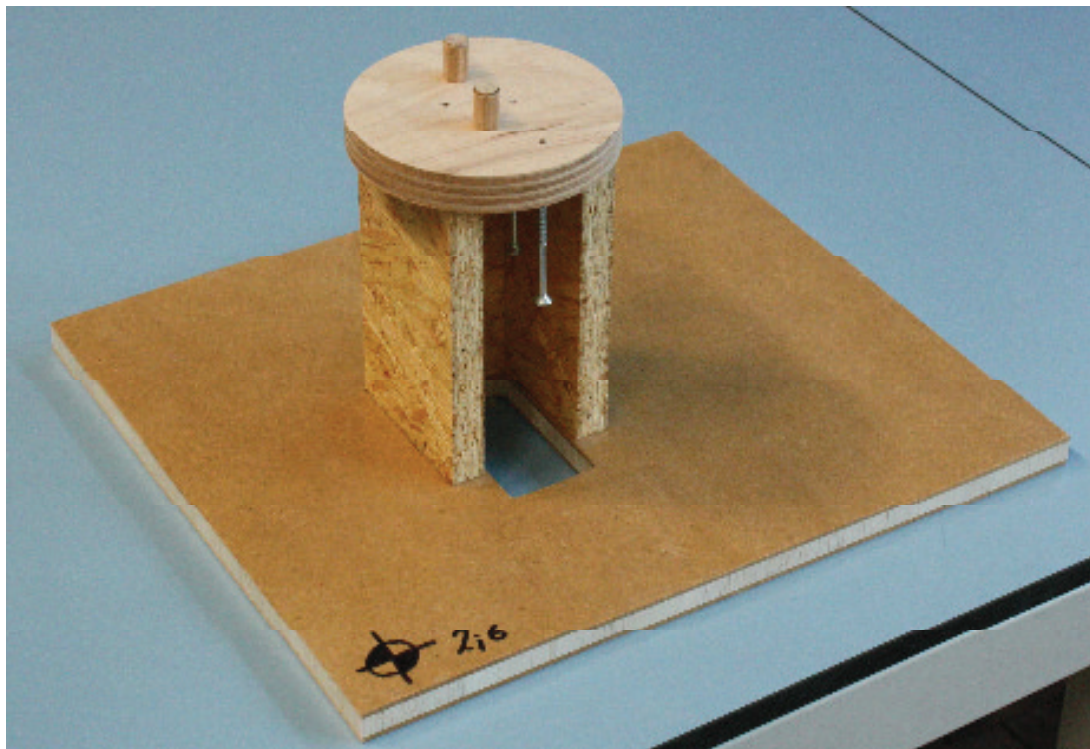
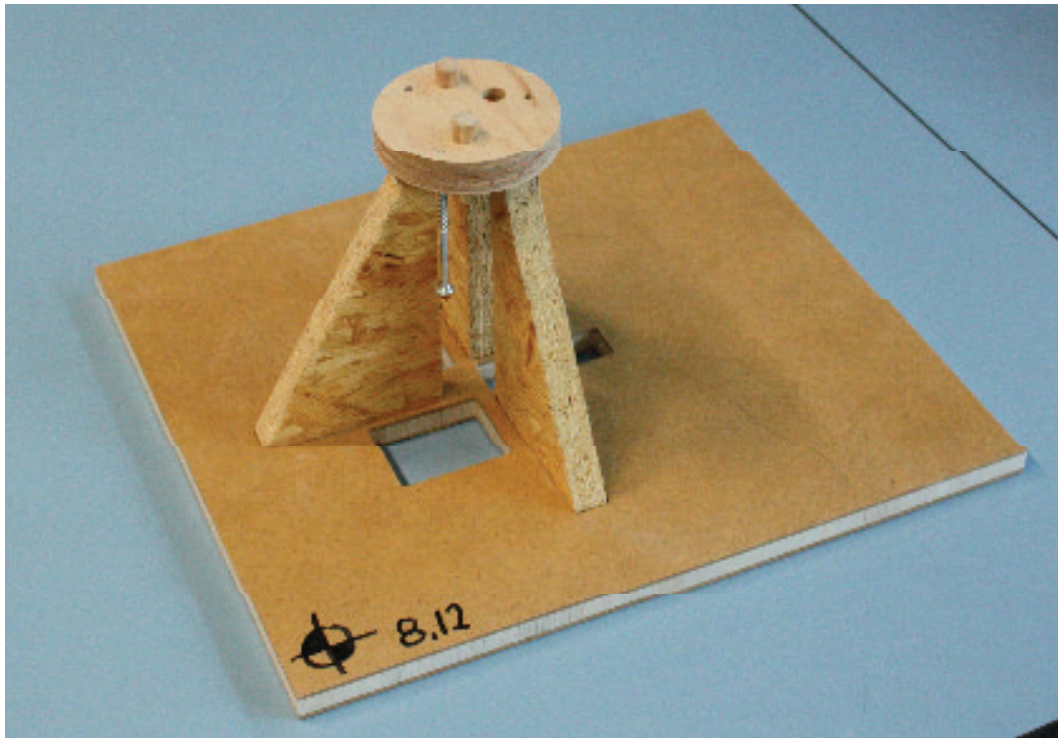
5.1 Die Fertigen Vorrichtungen



Die Zahlen auf der Grundplatte stehen für die jeweiligen Teile, die auf der Vorrichtung bearbeitet wurden.





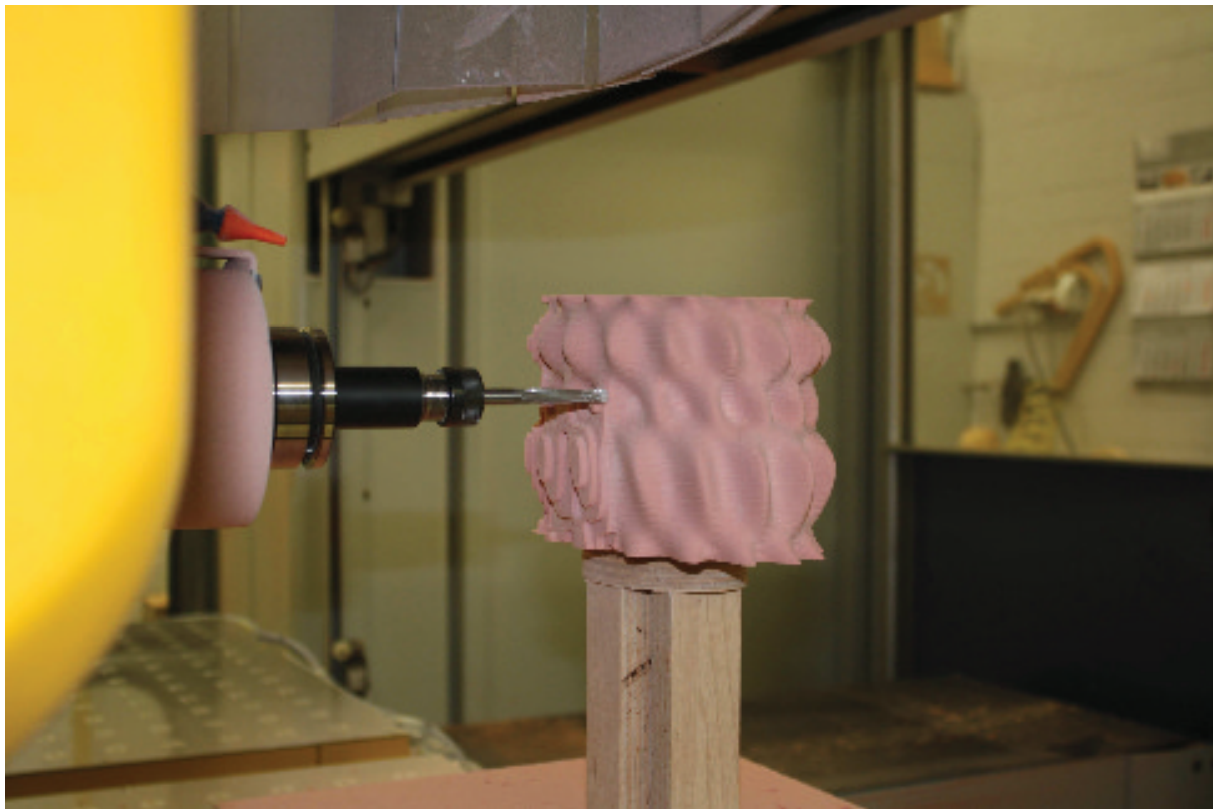


6. Programmieren von Teststücken

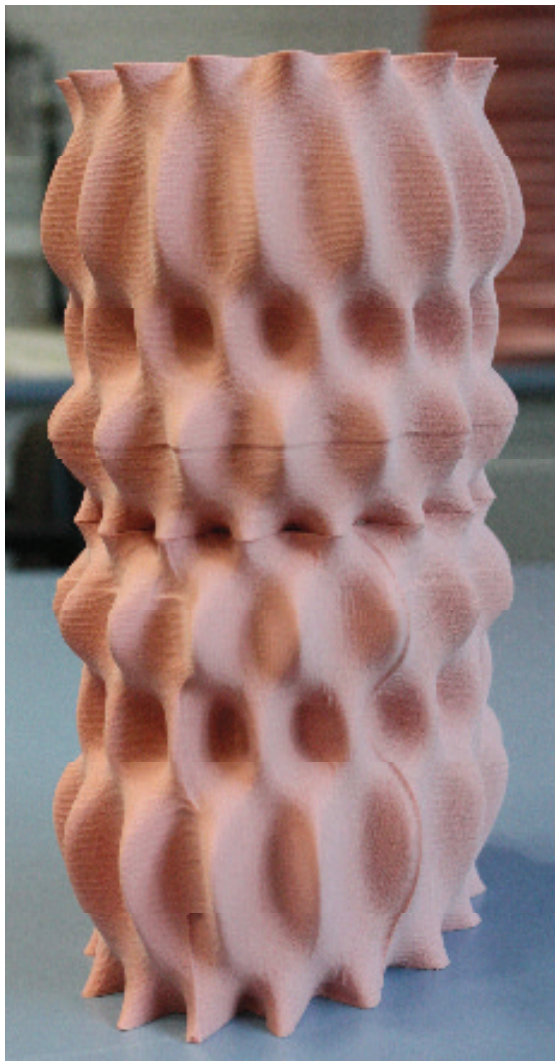
Da wir keinerlei eigene Erfahrung hatten, beschlossen wir Teststücke zu fräsen, um verschiedene Frässtrategien auszuprobieren und die Ergebnisse miteinander zu vergleichen. Teil 10 schien uns als Teststück sehr geeignet, da es durch seine lang gezogene ovale Form, in Verbindung mit der geringen Querschnittsfläche, das ungünstigste Teil für die Befestigung und für den Fräsvorgang darstellte.

Wir legten eine einheitliche Vorrichtungshöhe von 190 mm fest, um Kollisionen der Fräse mit dem Maschinentisch ausschließen zu können.

Bei der Erstellung der Programme und der Aufteilung der Arbeitsebenen verfolgten wir vorläufig die Idee, die ursprünglichen Grenzgeometrien als Grundlage zu verwenden. Auf diese Weise erhielten wir durchschnittlich 16 Arbeitsebenen. Diese Arbeitsebenen teilten wir auf, um verschiedene Bearbeitungen (Fräsrichtung, Rillenhöhe sowie Vorschubgeschwindigkeiten) auszuprobieren.



Als wir dann die ersten beiden aufeinander folgenden Teile gefräst hatten, entdeckten wir jedoch einen Fehler, den wir bis dahin übersehen hatten. Der von uns verwendete 8mm dicke Kugelfräser, räumte unter den zusätzlich ungünstigen Winkeln, das Material nicht sauber aus, sodass die Übergänge zwischen den Segmenten nicht passten.



Um dieses Problem zu lösen, entschieden wir uns die Winkel der Arbeitsebenen zum Werkstück zu ändern und die Arbeitsebenen auf die Hälfte zu reduzieren. Außerdem erweiterten wir die Bearbeitungen. Nach dem Schruppen und einem groben Schlichten mit einem 8mm Kugelfräser erstellten wir noch einen weiteren Schlichtvorgang mit einem 4mm Kugelfräser, um auch kleine Radien sauber ausräumen zu können. Dies testeten wir an den bereits fertig gefrästen Teilen, durch die Veränderung der Frästiefe.

7. Programmieren der endgültigen NC-Programme

Das Programmieren der Teile verlief durch die Vorbereitung der Geometrien weitgehend reibungslos.

In den zuvor erstellten Arbeitsebenen generierten wir zuerst das z-Ebenen Schruppen mit einem x-, y- und einem z- Aufmaß von je 2 mm, um sicher zu gehen, das der Fräser kein wichtiges Material beschädigt. Danach generierten wir einen Schlichtvorgang mit einem 8 mm Kugelfräser und einer Rillenhöhe sowie einem Aufmaß von 1 mm, um das Werkstück vorzuformatieren und um den im letzten Arbeitsschritt verwendeten 4 mm Kugelfräser zu schonen. Bei dem 4 mm Fräser haben wir eine Rillenhöhe von 0,1 mm gewählt, da eine Struktur in der Oberfläche seitens der TU so gewünscht wurde.

Die Teile wurden dann noch auf der Oberseite mit einem 80 mm Fräser plan gefräst. Zum Schluss wurden dann noch die Positionierbohrungen mit einem 12 mm Dübelbohrer durchgeführt.

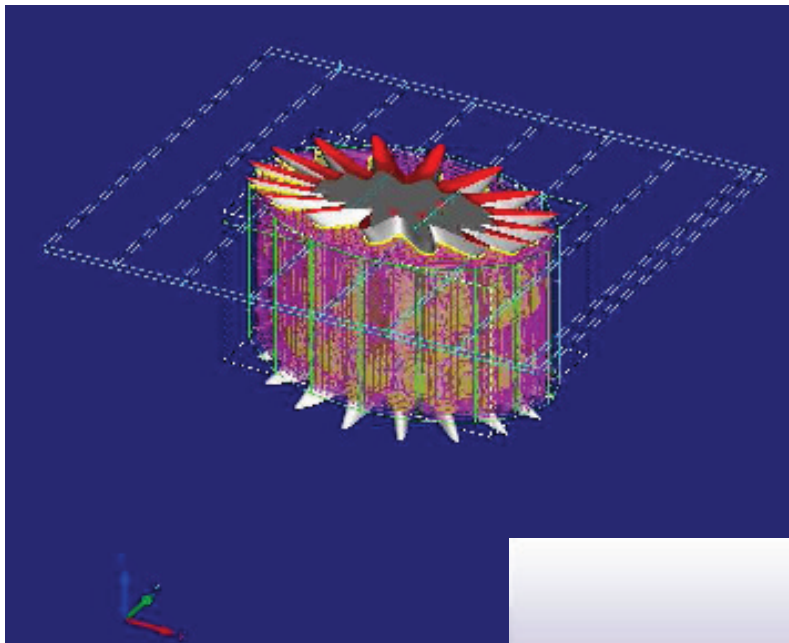
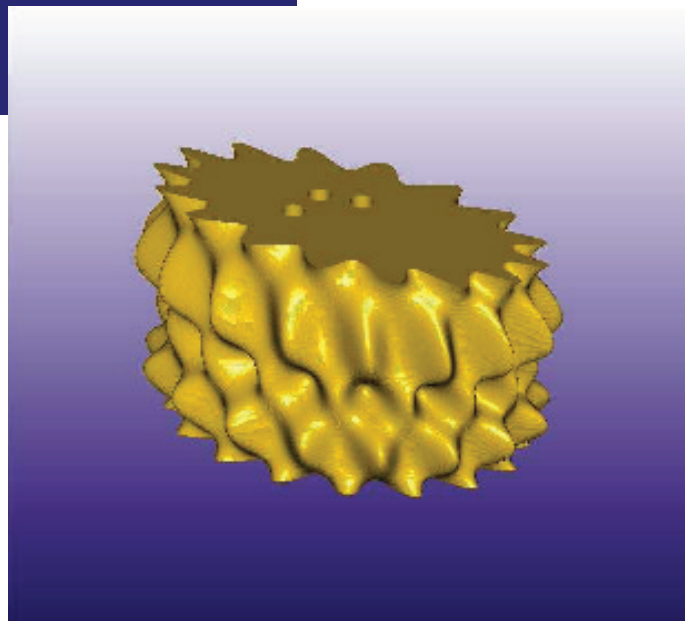


Bild links:
Fertig programmiertes Teil mit NC-
Pfad

Bild rechts:
Das fertig programmierte Teil nach der
Computer- Simulation



8. Fräsen und Montage

Nach dem Fertigstellen der ersten Programme, begannen wir mit dem Fräsen. Dabei übernahm ein Gruppenmitglied die Maschinenüberwachung und das andere Mitglied erstellte gleichzeitig die nachfolgenden Programme.

Die eigentliche Fräsarbeit verlief dann ohne Komplikationen, bis auf diverse Maschinenausfälle mit dem daraus entstandenen Zeitverlust. Grund für die Ausfälle waren zum einen Softwareprobleme und zum anderen der defekte Motor für den Z-Achsen Vorschub.

Als alle Teile fertig waren und passten, verklebten wir die einzelnen Segmente in drei Schritten mit einem speziellen Kleber.

Zuerst verklebten wir die unteren 6 Segmente, deren Flächen parallel verliefen.

Anschließend die oberen Segmente, die wir auf Grund ihrer Neigung, zum Verkleben schräg stellen mussten.

Zum Schluss fügten wir die beiden Turmteile zusammen.



Bild oben: fertig montierter Turm

9. Fazit

Durch das CAD/CAM Praxisprojekt hatten wir die Möglichkeit, das Arbeiten mit einem CAM-System sowie einem 5-Achs Bearbeitungszentrum kennen zu lernen.

Die Bearbeitung des Projektes und die Freiheit ohne große Vorgaben arbeiten zu können, hat uns gezeigt, was mit der maschinellen Bearbeitung möglich ist und wo Schwierigkeiten auftreten können.

Die gewonnenen Erfahrungen sind sicherlich ein wertvoller Teil des Studiums, und möglicherweise eine große Hilfestellung im späteren Berufsleben.

Für uns war das CAD/CAM Praxisprojekt ein voller Erfolg, da wir sowohl das Projektziel als auch unser persönliches Ziel erreicht haben.

Der Turm ist trotz der technischen Schwierigkeiten, nicht zuletzt durch eigenen Ehrgeiz und ungewöhnliche Arbeitszeiten, pünktlich zur Messe fertig geworden.

Wir haben uns sehr darüber gefreut, unseren Turm auf dem Stand von Maka ausstellen zu dürfen. Auch haben wir uns sehr über das Lob des Maschinenherstellers gefreut, dem unser Exponat sehr gefiel.

