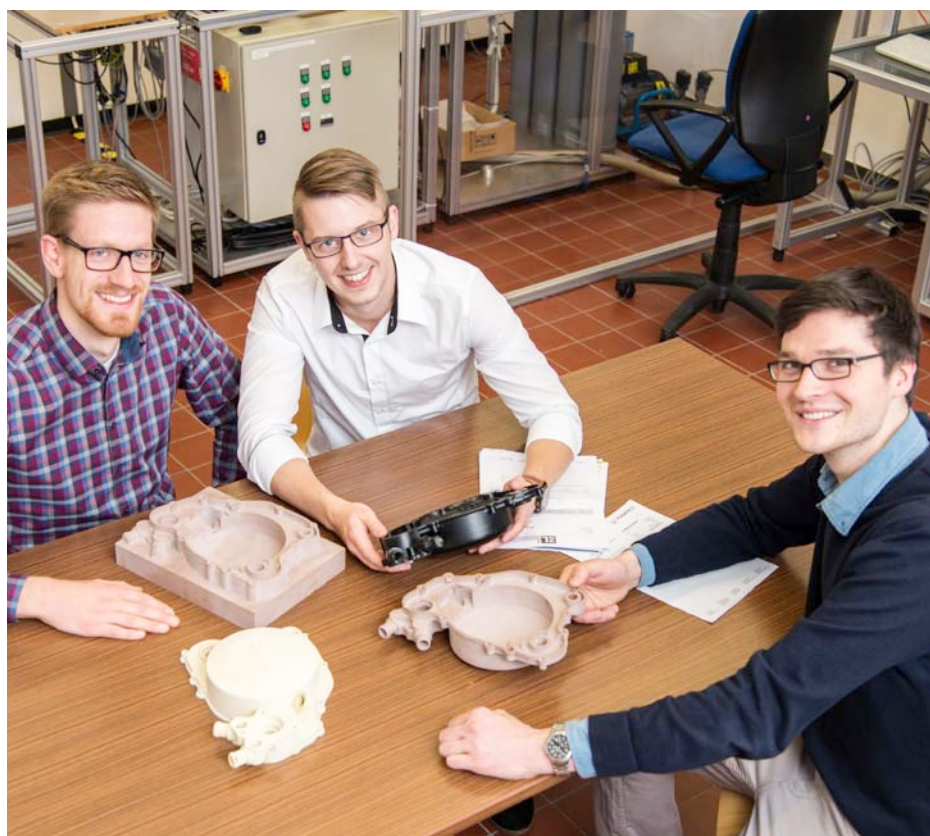


# Wenn Lehre Hobby und Studium verbindet

**P**rojektbasiertes und anwendungsorientiertes Lernen ist eine Grundvoraussetzung für eine interessante und praxisbezogene Ingenieurausbildung. Das Projekt Stuning (Student Centered Learning), gefördert vom Ministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) zielt unter anderem auf eine Erweiterung des Praxisbezugs der Studiengänge sowie den vermehrten Einsatz studienzentrierter Lehrmodelle. Durch die Fördermaßnahme konnten diese Lehrmethoden im Fachbereich Technik an der Hochschule Trier weiter intensiviert werden, so auch im Labor für Digitale Produktentwicklung und Fertigung. In einem Projekt entstanden per 3D-Scanning, CAD und CAM Ersatzteile für ein Oldtimer-Motorrad in der „Losgröße 1“.



Neue Teile für einen Oldie: Das studentische Projektteam bei der Arbeit (v.l.: K. Mertes, C. Fries, A. Esch).

Im Rahmen der Lehrmodule CAD und CAM werden an Hochschule Trier immer wieder Themen für Projekt- oder Seminararbeiten beispielsweise aus industriellen Anwendungen oder auch Problemstellungen innerhalb der Hochschule sowie für Unternehmenskooperationen aufgegriffen. Ergebnisse werden in Zwischenpräsentationen und nach Projektabschluss in Vortragsreihen präsentiert. Die Studierenden wählen ihr individuelles Projektthema nach eigenen Interessen und Neigungen selbst aus. Im Folgenden soll exemplarisch ein Projekt vorgestellt werden.

Das gemeinsame Hobby „Motorrad“ – ob beim Fahren, Schrauben oder Sammeln und Restaurieren – von Dozenten und Studierenden brachte eine Projektgruppe zusammen. Ein

großes Problem bei der Oldtimer-Restaurierung ist heute die Beschaffung der oft nicht mehr verfügbaren Ersatzteile. Durch die Anwendung leistungsfähiger Werkzeuge aus der computerunterstützten Konstruktion (CAD) und Fertigung (CAM), sowie 3D-Scan und den neuen Möglichkeiten der Additiven Fertigung wird eine Rekonstruktion historischer Ersatzteile ermöglicht. Ein großer Vorteil: Dabei können auch bekannte Probleme und Schwachstellen der Bauteile eliminiert werden.

Auf der Basis bereits gewonnener Grundlagenkenntnisse aus dem bisherigen Studium und einer passenden Ausstattung im Bereich CAD/CAM hat sich die Projektgruppe in einem Vertiefungsprojekt unter der Leitung von Dozent Michael

Hoffmann mit den Möglichkeiten der Rekonstruktion, Optimierung und Prototypenfertigung am Beispiel eines Kupplungsdeckels beschäftigt. Das Bauteil mit integriertem Wasserpumpengehäuse stammt von einem Motocross-Oldtimer Honda CR250R aus dem Baujahr 1982.

## Wenn Ersatzteile fehlen

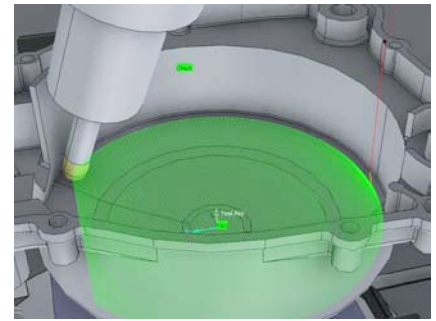
Bei der Entwicklung des Motorrads hat man damals im Bereich des Antriebsstrangs aus Gründen der Gewichtsreduktion auf die Verwendung von Leichtmetallen wie Aluminium (Motorblock) und Magnesium (Kupplungsdeckel) gesetzt. Aufgrund der Differenz der elektrochemischen Spannungspotentiale kommt es bei Verbindung der beiden Materialien



Motocross-Oldtimer Honda CR250R aus dem Baujahr 1982.



3D-Modellaufbau im CAD-System.



Werkzeugbahnsimulation Kopierfräsen mit angestellter Werkzeugachse.

durch Elektrolyt (Kühlflüssigkeit) zur galvanischen Korrosion. Das höherwertige Aluminium zersetzt das minderwertigere Magnesium im Umfeld des Impellers der Wasserpumpe. Die beschriebene Problematik macht in diesem konkreten Fall die Ersatzteilversorgung besonders schwierig.

### Reverse Engineering und 3D-Druck

Zu Beginn und als Grundlage für die digitale Fertigung musste ein maßgetreues, digitales 3D-Modell des Bauteils erstellt werden. Dazu wurde Catia V6, Enovia V6 und Delmia V6 von Dassault Systèmes verwendet, die an der Hochschule bereits seit vielen Jahren in der Lehre eingesetzt wird. Für die Passgenauigkeit der Bohrungen zur Befestigung und Aufnahme der Wellen gelten sehr hohe Anforderungen an die Genauigkeit. Aus diesem Grund wurden diese Achsabstände mit einem Messtaster auf einem 5-Achs Bearbeitungszentrum an der Hochschule vermessen. Da das Bauteil hauptsächlich aus einfachen Grundgeometrien wie Kreisbögen, Geraden aufgebaut ist, wurden die übrigen Geometrien mit einem taktilen (berührenden) 3D-Messtaster aufgenommen und unmittelbar über eine im Labor entwickelte Software in der CAD-Software weiterverarbeitet. Mit diesem Rekonstruktionsprozess entstand als Zwischenergebnis das digitale 3D-Modell des Kupplungsdeckels.

Um eine verlässliche Prozessüberwachung zu realisieren, wurde

dieser Zwischenstand als Prototyp im 3D-Druck gefertigt. Die Additiven Fertigungstechnologien werden in der Ersatzteilversorgung in Zukunft eine wichtige Rolle einnehmen. Lediglich die Verfügbarkeit besonderer Werkstoffeigenschaften und die sehr hohen Kosten in der additiven Fertigung (Selektives Laserschmelzen) von Kleinserien-Bauteilen in metallischen Werkstoffen sind heute noch häufig eine Hürde in der industriellen Anwendung dieser Technologie. Im konkreten Fall wurde das Bauteil zur Anschauung im Pulverdruck aus einem Polymergips an der Hochschule gefertigt. Bereits jetzt konnte die Passgenauigkeit durch Montage des Deckels an dem Motorrad überprüft werden.

### Prototypenfertigung in Aluminium

Im nächsten Projektschritt erfolgte die Fertigung eines Prototyps in Aluminium auf einem 5-Achs Bearbeitungszentrum. Für die virtuelle Absicherung komplexer Fertigungsprozesse beim 5-Achsfräsen wurde ein detailgetreues kinematisiertes Maschinenmodell der Fräsmaschine verwendet, das an der Hochschule entwickelt und im Rahmen dieses Projektes auf den aktuellen Softwarestand angepasst wurde. Zur exakten Simulation der Fertigungsschritte und deren Absicherung gegen Kollision und Erreichbarkeit werden alle benötigten Ressourcen wie die verwendete Maschine, Spannmittel, Werkzeughalter, Werkzeuge und gegebenenfalls Spannvorrichtungen in der jeweiligen Aufspannung konfiguriert. Weiterhin werden das zu zerspanende Rohteil und die Fertigteilgeometrie positioniert.

### CAD/CAM Programmierung, Simulation und Fertigung

Darauf folgte die CAM-Programmierung, bei der die notwendigen Fertigungsfolgen in Form von Bearbeitungsoperationen (z.B. Schruppen, Konturfräsen, Bohren oder Kopierfräsen) mit Angabe der Werkzeuge, Schnittgeschwindigkeiten, Strategien, Toleranzen et cetera konfiguriert werden. Die Maschinenbewegungen können bei der verwendeten Maschine in drei oder simultan in bis zu fünf Achsen definiert werden. Aufgrund der Vielzahl von Möglichkeiten und Einstellungen können bereits in der Simulation Ergebnisse verglichen, Fertigungszeiten abgeschätzt, sowie Probleme erkannt und vermieden werden.

Der entscheidende Lerneffekt zeigt sich jedoch erst nach der Ausgabe des generierten CNC-Codes bei der realen Zerspanung auf der Maschine. Aufgrund der komplexen Bauteilgeometrie führte in diesem Fall besonders die notwendige Verwendung von extrem langen Werkzeugen zu Problemen bei der Zerspanung.

Nach zahlreichen Optimierung- und Maschinenstunden konnte schließlich der fertige Kupplungsdeckel gespannt werden und findet Verwendung als eindrucksvolles Anschauungs- und Ausstellungsexponat im Labor für Computerunterstützte Fertigung. -sg-  
Autoren: Michael Hoffmann, C. Fries, K. Mertes, A. Esch, M. Reinhard, D. Maischberger

Hochschule Trier, Trier, Tel. 0651/8103-281, <http://3DDruck.hochschule-trier.de>