

# 3D-Druck-Modelle in der Apparatetechnik

## 1 Antragsteller/in

Arbeitsgruppe Apparatedesign  
Mathias Schmitz, Prof. Dr.-Ing. Norbert Kockmann

## 2 Kurzbeschreibung des Projektes

In der Vorlesung Apparatetechnik, 3. Semester Bachelor BIW und CIW, sollen verschiedene 3D-gedruckte Anschauungsobjekte eingesetzt werden, um verschiedene Apparateelemente, Belastungszustände und Schnittmodelle zu erstellen, die den Vorlesungsinhalt besser veranschaulichen. Das wird in Kombination mit der Blockveranstaltung „Additive Fertigung“ erfolgen unter Mitwirkung von Kleingruppen. Damit werden Lerninhalte anschaulicher vermittelt und Kompetenzen in der zukunftssträchtigen Technologie des 3D-Drucks mit Anwendungen vermittelt.

## 3 Details zum Projekt

### 3.1 Istzustand vor Beantragung

Kapitel 4.9 im Skript der Vorlesung Apparatetechnik zeigt einen kurzen Überblick der Metall-3D-gedruckten Apparate, die von der BASF aus Pressemitteilungen bekannt sind, siehe Abb. 1. Zudem wird seit WiSe 2024/25 ein farbig gedrucktes Anschauungsobjekt zur Stützenverbindung in der Vorlesung und Übung verwendet. Diese Beispiele haben großes Interesse bei den Studierenden in der Apparatetechnik-Veranstaltung geweckt.



Abb. 1: mikrostrukturierter Wärmeübertrager der BASF

In Kapitel 2.6 der Vorlesung geht es um die Finite Elemente Methode. FEM-Analysen sind im CADProgramm Fusion360 von Autodesk möglich, sodass der Umgang mit CAD-Software mit FEM-Analysen kombiniert werden kann. Studierende können Fusion kostenlos nutzen.

FEM ist bereits eine Übungsaufgabe in der Apparatetechnik-Veranstaltung. In dieser werden detaillierte Matrixrechnungen vorgestellt, die eher in die höhere Mathematik gehören. Stattdessen sollen Spannungssimulationen durchgeführt werden, die bei der Auslegung der additiv gefertigten Apparatelemente unterstützen können.

In der Blockveranstaltung „Grundlagen der additiven Fertigung (3D-Druck) in der Verfahrenstechnik“ werden detailliertere Kenntnisse der additiven Fertigung vermittelt und in einem Kleingruppenprojekt angewendet. So wurde im SoSe 2024 eine transparente Mikromischerstruktur entworfen, gefertigt und getestet. In Eigenregie haben Studierende das von der TU angebotene HiLeC (<https://hylec.tu-dortmund.de/ausstattung/3d-druck>) genutzt und weitere Apparatelemente zur Unterstützung entworfen und gefertigt, siehe Abb. 2.

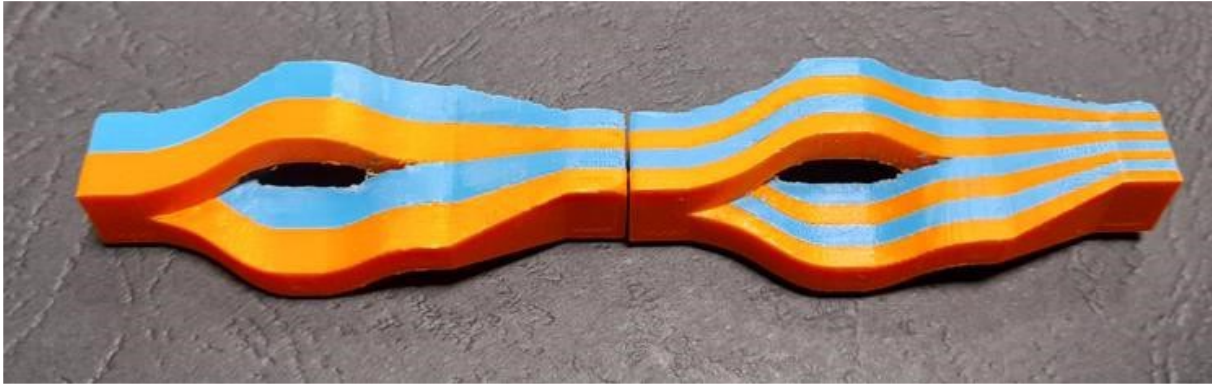


Abb. 2: Split&Recombine Mikromischer, Ergebnis von S. Blum im Blockseminar SoSe 2024

Diese Motivationsquelle soll durch das beantragte QVM-Projekt weiter ausgebaut werden und möglichst viele Studierende mit Ergebnissen und Methoden der additiven Fertigung in Kontakt bringen.

### 3.2 Didaktische Grundlagen und Motivation

AT-Vorlesung: erste Grundlagen und Anschauungsobjekte: Apparateelemente wie Flansche, Böden, Tragstrukturen; Elemente unter Belastung wie gewellter Klöpperboden, gebeulte dünnwandige Apparate oder gebogener Flansch/Ring; bionische Apparateelemente aus Forschungsarbeiten; differentielle Elemente von ebenen und gewölbten Strukturen, die Berechnungsvorgänge besser veranschaulichen.

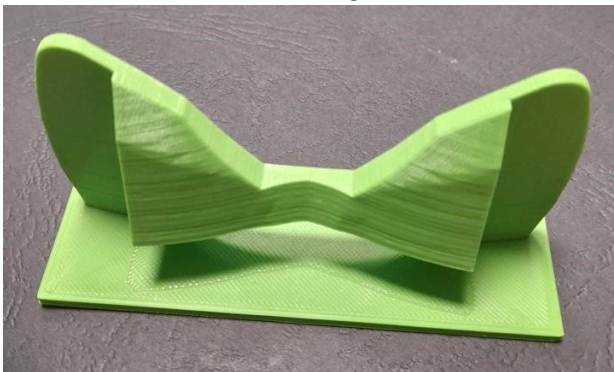


Abb. 3: bionische Tragpratze, Projekt D. Becker

In der AT-Übung werden aufbauend auf den Elementen der Vorlesung gezielt weitere Elemente eingesetzt. Als Alternative zum Programmierpraktikum, in dem Zusatzpunkte für bestandene Klausuren gewonnen werden können, sollen Designaufgaben durchgeführt werden, von der 3D-Zeichnung erstellen, der Vorbereitung fürs Drucken auf AG-eigenen oder HyLeC-Drucker. Es können realitätsnahe Belastungssimulationen durchgeführt werden und damit Verformungen von belasteten Apparaten veranschaulicht werden, z.B. ein unter Druck stehender Reaktor mit Böden und Stützen.

Es können kleinere Behälter (50-100 mL Inhalt) für den Berstversuch erstellt werden, der als ergänzender praktischer Versuch neben der Veranstaltung stattfinden kann. Damit können selbst Behälter designt und gedruckt werden, die für dieses Experiment eingesetzt werden und z.B. das „Leak-before-burst“-Prinzip veranschaulicht werden.

### 3.3 Projektziel/Projektbeschreibung

Vermittlung von ersten Kenntnissen zur additiven Fertigung. Erklären der Möglichkeiten und Beschränkungen

Erstellen von Anschauungsobjekten, z.B. bionische

### **3.4 Einzelmaßnahmen, Schritte etc.**

Das Projekt gliedert sich in folgende Schritte:

- Konzepterstellung für AT-Vorlesung und -Übung, Identifikation geeigneter Objekte
- Erstellung der Designstrategie, Mustererstellung und -optimierung
- Anpassung der Vorlesungs- und Übungsinhalte, eine Übung wird komplett auf die neue Thematik angepasst
- Ergänzung der Zusatzangebote zur AT-Vorlesung, alternativ zum Programmierpraktikum
- Erproben der Objekte in der Blockveranstaltung durch geeignete Versuchsaufbauten, die schon in den Laboren der AG Apparatedesign vorhanden sind. Weitere Ideen werden auch von Studierenden in den Veranstaltungen eingeholt. Insbesondere eignen sich dafür transparente Bauteile.
- Einsatz der Objekte und des Lehrmaterials in der AT-Vorlesung/Übung im WiSe 2025/26
- Rückmeldung über Moodle-Zwischenevaluation und gezielte Ansprache der Studierenden
- Verstetigung in folgenden AT-Veranstaltungen und in der Blockveranstaltung
- Elemente werden als step-Dateien mit Dokumentation ins Netz gestellt und mit anderen Gruppen in D und international ausgetauscht

### **3.5 Geplante Laufzeit**

bis Ende 2025, dann Fortführung durch Eigenmittel der AD in den Lehrveranstaltungen.

### **3.6 Indikatoren zur Evaluation des Projektes**

Anzahl der erstellten Objekte > 5

Erstellung des Zusatzangebotes zur AT-Vorlesung, alternativ zum Programmierpraktikum, für insgesamt 5-7 Zusatzpunkte in der erfolgreich bestandenen AT-Klausur, was einen Sprung von 0,3 in der Endnote ermöglicht.

Anzahl Vorlesungs- und Übungsmaterialien: 10 Folien, 1 Übungsaufgabe, eine Blockveranstaltungseinheit ergänzen.

### **3.7 Nachhaltigkeit/Verstetigung**

Die Ergebnisse werden dauerhaft in die AT-Vorlesung und Übung eingebaut, wenn notwendig ergänzt und ersetzt. Das 3D-Druck-Designangebot wird parallel zur Programmieraufgabe verdauert. Die Blockveranstaltung wird weiterentwickelt und ergänzt.

### **3.8 Das Wichtigste in Kürze**

Folgende 3D-gedruckten Objekte sind schon zur Unterstützung in der AT-Vorlesung erstellt worden. Diese werden durch funktionale Objekte im Laufe des QVM-Projektes ergänzt.

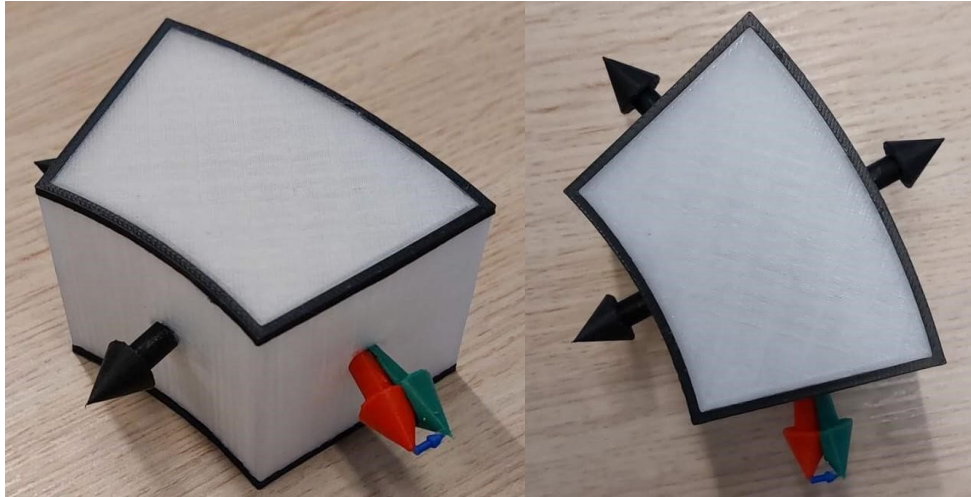


Abb. 4: 3D-gedrucktes Modell eines differentiellen Elementes mit angeklebten Pfeilen um angreifende Kräfte darzustellen.



Abb. 5: 3D-gedrucktes Modell eines Drucktanks mit zwei Anschlussstutzen und abnehmbaren Teilen, um das Flächenvergleichsverfahren zu veranschaulichen. Die abnehmbaren Teile werden über Magnete fixiert.