

# Erfolgreiche additive Fertigung durch die richtige Aus- und Weiterbildung

Um die vielen Vorteile der additiven Fertigung optimal zu nutzen, sind sehr gute Kenntnisse in dieser noch recht jungen Fertigungstechnologie immens wichtig. Allerdings sind heute noch zu wenig Konstrukteure und Ingenieure in der additiven Fertigung ausgebildet. Neue Aus- und Weiterbildungsangebote an der ZHAW zeigen wie diese Lücke erfolgreich geschlossen wird.

Dr.-Ing. Andreas Kirchheim, ZPP  
ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften  
CH-8401 Winterthur

Gegenüber der herkömmlichen subtraktiven Fertigung bietet die additive Fertigung (AF) direkt aus dem CAD-Modell diverse Vorteile. Komplexe Strukturen im Leichtbau für die Luft- und Raumfahrt, patientenspezifische Produkte in der Medizin- und Dentaltechnik, aber auch spezielle Kundenwünsche in der Schmuckindustrie sind einfach herstellbar. Die funktionale Integration ist ein weiterer Vorteil, der zu einem zusätzlichen Wert, einem «added Value» führt; beispielsweise durch konturnahe Kühlung zur Reduktion der Zykluszeiten beim Spritzgossen oder in Baugruppen zur Bauteilreduzierung. «Complexity for free»: Das ist eines der vielversprechenden Argumente für die additive Fertigung (Abbildung 1). Die Fertigungskosten eines Bauteils nehmen mit Erhöhung der Komplexität bei der konventionellen im Gegensatz zu der additiven Fertigung zu. Nur wer die innovativen AF-Technologien richtig beherrscht, kann diese optimal einsetzen und auf dem Markt erfolgreich sein.

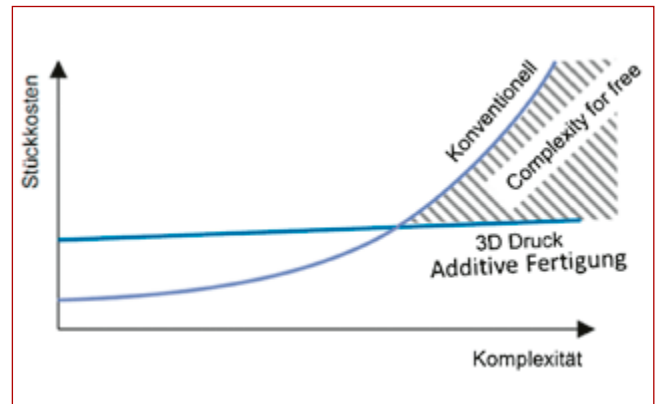


Abb. 1. «Kostenlose» Komplexität durch additive Fertigung nur bei richtiger Anwendung

Daher ist es notwendig, eine fundierte theoretische und praktische Ausbildung in AF für Studierende oder Berufstätige zu schaffen.

Am Zentrum für Produkt- und Prozessentwicklung (ZPP) der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW in Winterthur ist AF schon seit mehreren Jahren nicht nur Teil der angewandten Forschung und Entwicklung, sondern auch Teil des Ausbildungsprogramms. Sowohl in der Lehre der Maschinenbaustudierenden als auch in der Weiterbildung von Berufsleuten gehört AF zum Lernstoff. Neu wird in diesem Jahr auch das erste Certificate of Advanced Studies CAS «Additive Fertigung» angeboten.

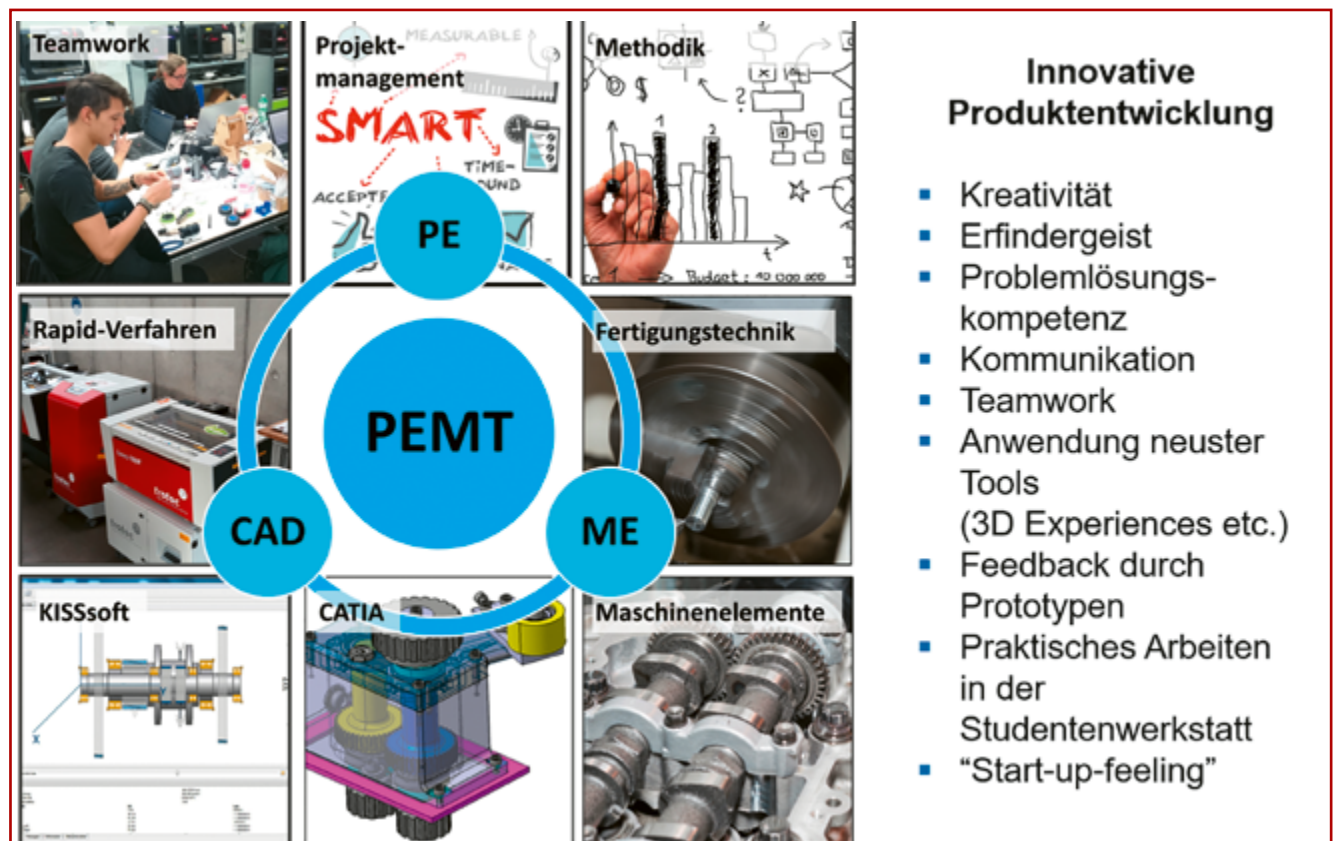


Abb. 2: Innovative Produktentwicklung im Grundstudium des Maschinenbaus an der ZHAW/ZPP

### Additive Fertigung im Bachelorstudium

Das Maschinenbaustudium an der ZHAW konzentriert sich auf den innovativen und integrierten Produktentwicklungsprozess. Neben klassischen Gestaltungsprinzipien und Maschinenelementen werden Kreativität und Erfindergeist von Anfang an gefördert. Werkzeuge wie CAx-Technologien in 3D-Experience und neue Fertigungstechnologien wie 3D-Druck werden geschult. Im Rahmen eines teambasierten Semesterprojekts kommt Rapid Prototyping (Einsatz 3-D-Drucker, Laser Cutter etc.) zum Einsatz, um den Studierenden schnell ein verständliches, reales und greifbares Feedback für ihre Entwicklungen zu geben. Ein diskreter Prototyp kann Fragen zu Grösse, Design und Ergonomie beantworten und macht Dysfunktionen sichtbar und nachvollziehbar. Das alles fördert nicht nur die Problemlösungskompetenzen, die Kreativität und die kommunikativen Fähigkeiten der Studierenden, sondern vermittelt ihnen zusätzlich ein motivierendes «Start-up-feeling».

Mit dieser Ausbildungsgrundlage haben die Studierenden gute Voraussetzungen für eine Vertiefung der AF im Hauptstudium. In diesem Wahlmodul lernen die Studierenden die Voraussetzungen für eine erfolgreiche AF und deren verschiedenen Anwendungen, erhalten einen breiten Überblick über die AF-Technologien im Allgemeinen und über das Selektive Laserstrahlschmelzen (SLM) für metallische Bauteile unter wirtschaftlichen und technischen Gesichtspunkten. In Theorie und Praxis erlernen die Studierenden den Workflow der additiven Fertigung, wie in Bild 3 dargestellt.

Ihr erlerntes Wissen über die additive Fertigung müssen die Studierenden in einer semesterbegleitenden Projektarbeit anwenden d.h. sie müssen den Workflow (Bild 3) umsetzen.

Zuerst wird eine sinnvolle Komponente für die additive Ferti-

gung unter technischen und wirtschaftlichen Aspekten identifiziert, gefolgt von der «additiv» gerechten Konstruktion, der Vorbereitung des Build-Jobs (z. B. Ausrichtung der Komponenten im Arbeitsbereich der Maschine, Anordnung von Stützstrukturen usw.), der Anwendung der korrekten Nachbehandlungs- und Nachbearbeitungsmethoden sowie der abschliessenden Qualitätssicherung.

Der Abschluss bildet eine Posterpräsentation und Demonstration der gedruckten Bauteile.

In einer Evaluierung des Wahlmoduls durch die Studierenden zeigte sich die sehr gute Balance zwischen theoretischem Input und praktischer Arbeit an der Software sowie am 3D-Drucker. Auch die semesterbegleitende Projektarbeit mit Abschlusspräsentation als Test kam bei den Studierenden gut an. Sie können die erlernte Theorie direkt in der Projektarbeit üben.

### Berufsbegleitende Weiterbildung

Die ZHAW bietet seit mehreren Jahren den Weiterbildungslehrgang «Additive Manufacturing» (9 × 4 halbe Tage) für Berufsleute an. Hier werden die verschiedenen additiven Fertigungstechnologien und die entsprechenden Prozesse zur Vor- und Nachbearbeitung vermittelt. Der Kurs richtet sich an Anfänger aber auch Personen mit technischem Hintergrund wie Ingenieure, Techniker und ähnliche Fachkräfte.

Neu bietet die ZHAW das Certificate of Advanced Studies CAS «Additive Fertigung» (12 ECTS) an. Das CAS wird berufsbegleitend absolviert und umfasst 15 Kurstage zu je 8 Lektionen (insgesamt also 120 Lektionen). Begleitet wird der Kurs durch eine semesterbegleitende Projektarbeit und Selbststudium. Das Ausbildungsprogramm umfasst verschiedene Aktivitäten, wie Vorlesungen, praxisorientierte Übungen und Fallbeispiele, Gruppenarbeiten, Exkursionen, Arbeiten an der Maschine sowie Selbststudium.

Bei erfolgreicher Teilnahme am CAS «Additive Fertigung» verstehen die Teilnehmenden die additive Fertigungskette

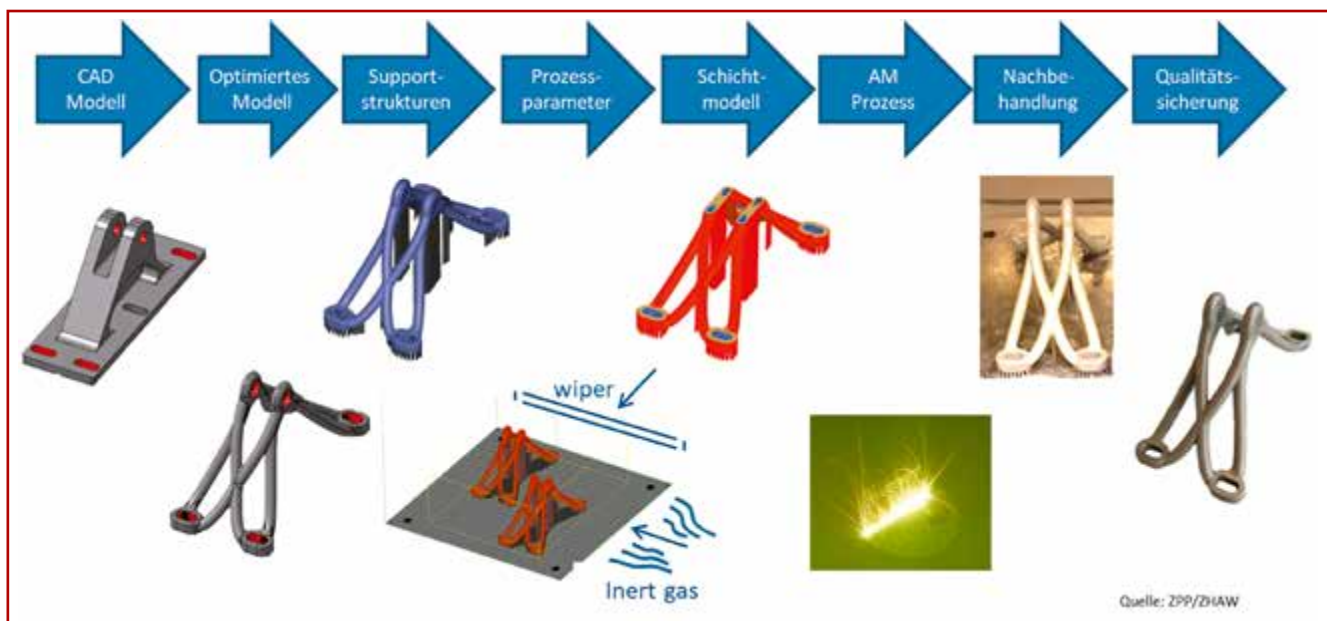


Abb. 3: Workflow eines additiven Fertigungsprozesses am Beispiel des selektiven Laserschmelzens (topologieoptimierte Aufnahmevorrichtung einer Bordküchenbefestigung in Titan)



Abb. 4: Additive Fertigung eines Spritzgusswerkzeugs mit konturnaher Kühlung in Werkzeugstahl

(vom CAD bis zum additiv gefertigten Bauteil) sowie die unterschiedlichen industriell umgesetzten additiven Fertigungsverfahren für Metall (Abb. 4) aber auch für Kunststoff und einmalig auch für Keramik. Sie lernen die Möglichkeiten und Grenzen der additiven Fertigung sowie der zum Einsatz kommenden Materialien kennen, verstehen die für die additive Fertigung notwendige digitale Datenvorbereitung, Konstruktionsrichtlinien, Prozessdaten und Nachbehandlungsverfahren und können diese anwenden. Prozesssimulationen und Topologieoptimierung sind neben den verschiedenen Anwendungen und anwendungsspezifischen Aspekten ebenfalls Themen. Darüber hinaus werden neue Geschäftsmodelle unter rechtlichen und sicherheitstechnischen Aspekten vorgestellt und diskutiert. Kurs begleitend können im AF-Labor und in der Projektarbeit die theoretischen Kenntnisse umgesetzt werden.

### Zusammenfassung und Ausblick

Diese Kurse führen zu mehr Absolventinnen und Absolventen und somit qualifizierten Fachleuten, die das Potenzial verstehen und in der Lage sind, AF erfolgreich anzuwenden. Dies soll die breite Anwendung und Industrialisierung von additiven Fertigungsprozessen unterstützen und eine verbesserte, innovative Produktentwicklung ermöglichen, um das volle Potenzial der AF auszuschöpfen. Die angebotene Aus- und Weiterbildung der ZHAW im Bereich der AF (Konstruktionsregeln, Materialwissen, Nachbehandlung, Qualitätsmanagement) schafft ein Gleichgewicht zwischen Theorie und Praxis und führt zu verbesserten Fähigkeiten für neue Produktideen, Konstruktionsdenken und Produktionsmethoden.

Dr.-Ing. Andreas Kirchheim,  
Leitung Advanced Production Technologies, AM  
ZPP Zentrum für Produkt- und Prozessentwicklung  
ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften  
CH-8401 Winterthur, Tel: 41 (0) 58 934 76 25, Mobil: +41 (0) 79 536 94 63  
E-Mail: andreas.kirchheim@zhaw.ch/ <http://www.zhaw.ch/zpp>  
Information und Anmeldung:  
CAS Additive Fertigung startet im September 2020  
<https://weiterbildung.zhaw.ch/de/school-of-engineering/programm/cas-additive-fertigung.html>

### Interview

Herr Kirchheim: Die Additive Fertigung ist in der Industrie angekommen, was fehlt sind oftmals ausgebildete Fachleute, umfassende Normung und Öffentlichkeitsarbeit. Sie veranstalten im September eine Tagung «aF&E in der additiven Fertigung», die einen Einblick in die Forschungsaktivitäten der Schweizer Fachhochschulen gibt. Darüber hinaus ist die additive Fertigung Bestandteil des ZHAW-Aus- und Weiterbildungsprogramms und neu wird ein CAS «Additive Fertigung» angeboten.



### In welche Fachrichtung geht die Ausbildung?

- Eine vertiefte Weiterbildung in der additiven Fertigung in Keramik, Kunststoff und Metall, das bevorzugt behandelt wird.

### Welche Industrie steht im Vordergrund?

- MEM-Industrie also Maschinen- und Werkzeugbau, Luft- & Raumfahrt, Medizinaltechnik etc.

### Wer sind die typischen Teilnehmer?

- Ingenieure, Materialwissenschaftler, Physiker aus Forschung, Entwicklung und Fertigung

### Was fehlt der additiven Fertigung bezüglich der Ausbildung?

- Die Ausbildung muss Antworten auf die Fragen geben:
  - Wo ist es technisch und wirtschaftlich sinnvoll die additive Fertigung einzusetzen?
  - Welche sind die richtigen Technologien?
  - Was bedeutet AF-gerechte Konstruktion?

### Wie vermitteln Sie Kenntnisse von Lichtbogen-, Laser- und Elektronenstrahlenanwendungen praxisnah?

- Das selektive Laserschmelzen in unserem Labor und in Exkursionen und das EBM theoretisch.

### Wie gewichten Sie metallische gegenüber nichtmetallischen Anwendungen?

- Wir sind etwas metalllastig, aber insgesamt überwiegen die Anwendungen in Kunststoff.

### Welches sind die zukunftssträchtigen Verfahren?

- Zurzeit geht die Entwicklung zu schnelleren Drucktechnologien, die meist aber einen nachteiligen Sinterprozess nach sich ziehen.

### Wie beurteilen Sie das WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing)?

- Das gute alte Auftragsschweißen, neu in Hybridmaschinen mit anschliessender spanender Nachbearbeitung realisiert. Eine Alternative für grosse Bauteile.

### Sehen Sie Möglichkeiten den SVS auf der schweisstechnischen Seite mit einzubinden?

- Das tun wir bereits. Zusammen mit dem SVS sind wir dabei eine Weiterbildung AF für Facharbeiten bzw. Maschinenbediener auszuarbeiten.

Zürcher Hochschule  
für Angewandte Wissenschaften



School of  
Engineering

## Angewandte Forschung & Entwicklung in der additiven Fertigung

Einladung zur Tagung  
Dienstag, 3. September 2019

**Anmeldung bis 23. August 2019 unter**  
[xing-events.ch/additiv](http://xing-events.ch/additiv)

Die additive Fertigung hat sich als Fertigungstechnologie in Hochschulen aber auch in vielen Industriezweigen etabliert. Die Erwartungen an eine industrielle Umsetzung sind immens, d.h. es müssen schnell zuverlässige Ergebnisse auf den Tisch. So entsteht ein Spannungsfeld zwischen noch zu erarbeitenden Grundlagen und erfolgreichen industriellen Anwendungen. Die Konferenz soll die angewandte Forschung und Entwicklung im Bereich der «Additiven Fertigung» und die Aktivitäten der Hochschulen insbesondere in Kooperation mit der Industrie beleuchten und einen Ausblick in die Zukunft vermitteln.



Wir laden Sie ein, in einem inspirierenden Umfeld des Sulzerareals spannende Vorträge zu geniessen und anschliessend bei einem Apéro zu diskutieren.

Dr. Andreas Kirchheim  
Schwerpunktleiter Advanced Production Technologies  
Location: Zentrum für Produkt- und Prozessentwicklung ZPP  
Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften  
Lagerplatz 22, 8408 Winterthur

[www.zhaw/zpp](http://www.zhaw/zpp)

[andreas.kirchheim@zhaw.ch](mailto:andreas.kirchheim@zhaw.ch)

Mehr Informationen: [aF&E in der additiven Fertigung](#)





Dr. Kirchheim erläutert das Ausbildungskonzept «Additive Fertigung AF»

## Wie ist der Stand der Ausbildung für Bediener?

- Jetzt im Herbst werden wir den CAS «Additive Fertigung» starten
- Für das 2. Quartal 2020 ist das Ziel, die Ausbildung für Facharbeiter und Bediener anzubieten.

## Wer ist das Zielpublikum?

- Fokus sind Maschinenbediener aber auch Entwickler

## Welche Vorkenntnisse sollten Kursteilnehmer mitbringen?

- Polymechanische, einfache CAD und Materialkenntnisse (Metall)

Herr Dr. Kirchheim – vielen Dank für das interessante und aufschlussreiche Interview. H. Moritz, SVS

## Zentrum für Produkt-und Prozessentwicklung (ZPP)

**Leistungsbereiche:** Bachelor- und Masterstudium, angewandte Forschung & Entwicklung, Weiterbildung und Dienstleistung

## Wir sind die Experten von der Vision zum Produkt

1. Innovation Playground
2. Innovation Development
3. 3D Experience
4. Advanced Production Technologies (Additive Manufacturing & High Performance Cutting)

## Forschungsbereiche (Auszug)

### Ideen-Workshops

- z.B. Lego Serious Play ermöglicht durch die 3-dimensionale Darstellung von Ideen, diese in kürzester Zeit greifbar zu machen.

### Nachhaltige Produktentwicklung

- Tools und Methoden zur Entwicklung nachhaltiger Produkte

### Produktentwicklung ohne Anforderungsliste

- Disruptive (oder radikale) Ideen umsetzen in neuartige bisher unbekannte Produkte

### Industrie 4.0

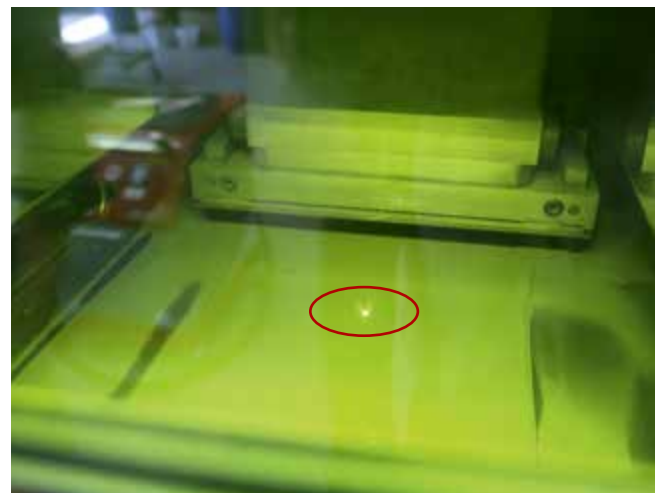
- Digitalisierung im Produktentwicklungsprozess

### Unser Angebot in der Additiven Fertigung

- angepasste Produktentwicklung für die additive Fertigung
- wirtschaftliche und technische Machbarkeitsstudien
- Topologieoptimierung und Simulation
- Maschinenentwicklung für die additive Fertigung
- aF&E-Projekte zur Produkt- und Prozessentwicklung in der additiven Fertigung
- Unterstützung in Form von Workshops und Schulung bei der Einführung der additiven Fertigung
- Allgemeine und kundenspezifische Aus- und Weiterbildung zum Thema Additive Fertigung.



Patrik Hochreutener, Wissenschaftlicher Assistent, an einer der beiden im Einsatz befindlichen Drucker zum Selektiven Laserschmelzen (SLM) Renishaw AM400 HT (400 W Laser, 499°C Bauraumheizung), Renishaw AM250 (200 W Laser), Arbeitsraum: 250×250×320 mm, Schichtauflösung: 30 - 50µm Werkstoffe: Edelstahl 1.4404 (316L); Werkzeugstahl 1.2709; Ti6Al4V; AlSi10Mg, weitere Materialien auf Anfrage.



Der Laserstrahl im Einsatz



Am ZPP werden innovative Produkte auch für Start-ups entwickelt, hier das E-Fahrzeug BICAR.



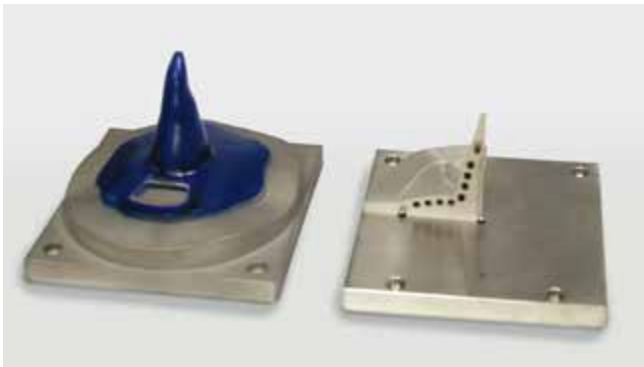
Präsentationen der Projektarbeiten: Ping-Pong-Maschinen und Jasskartenmisch-Automat.



3D-Drucker der neuesten Generation am Laufmeter und im kontrollierten Einsatz in der Studentenwerkstatt



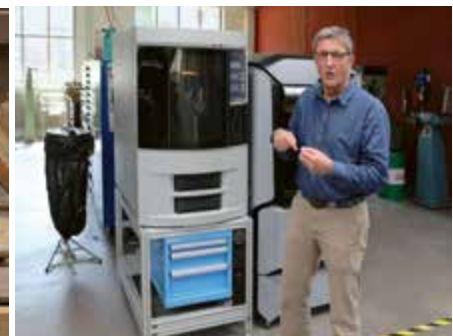
Am Anfang steht immer der Quader und der Zugstab – Stichwort: Festigkeit, Oberflächenrauigkeit, Neigungswinkel, Porosität, etc.



Schlagwort: Funktionsintegration, Konturnahes Kühlen/Wärmen im Kunststoff-Spritzguss-Bereich



Schlagwort: Gewichtsreduktion um 90 bis 95 %. rechts konventionell, links additiv gefertigter Hydraulik-Block



Von links: Moderne mechanische Fertigung (bis zu 5 Achsen)/Prototypen auf dem Weg zur Präsentation/3D-Drucker für das Rapid-Prototyping