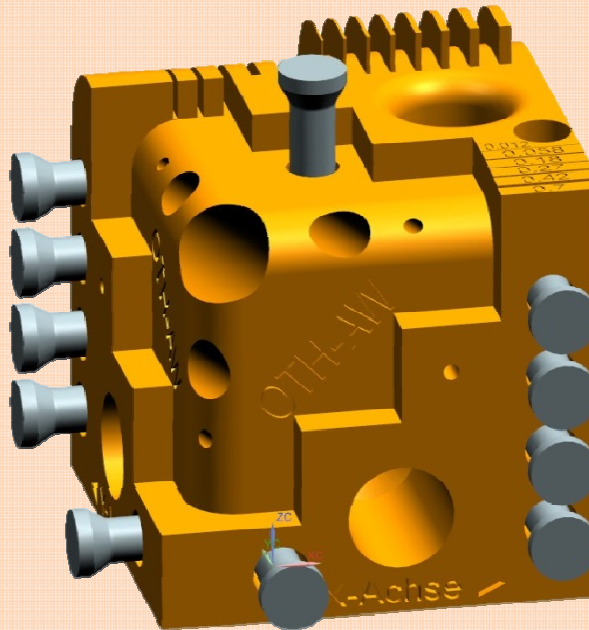


6. Treffen Cluster-Kreis Additive Fertigung im Maschinenbau

26. Oktober 2017 bei Bayern Innovativ in Nürnberg

Qualitätsprüfteil für additive Verfahren



Diese Unterlagen sind urheberrechtlich geschützt. Kein Teil dieser Unterlagen darf in irgendeiner Form ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung von Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Blöchl kopiert, reproduziert, übersetzt und unter Verwendung elektronischer Hilfsmittel verarbeitet und vervielfältigt werden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz.

Änderungen in diesen Unterlagen sind vorbehalten. Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Blöchl übernimmt keine Garantie für den Inhalt dieser Unterlagen, einschließlich der stillschweigenden Garantie auf handelsübliche Qualität und Eignung für einen bestimmten Zweck.

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Blöchl ist in keinem Fall für im folgenden enthaltene Fehler, zufällige Schäden oder Folgeschäden in Zusammenhang mit der Bereitstellung, Funktion oder Verwendung dieser Unterlagen haftbar. Alle Produktnamen sind eingetragene Warenzeichen oder Warenzeichen der jeweiligen Eigentümer.



Kontaktadresse:

Ostbayerische Technische
Hochschule Amberg-Weiden
z. Hd. Herrn Prof. Dr. Blöchl

Kaiser-Wilhelm-Ring 23
92224 Amberg

Telefon:

09621/482 – 3307

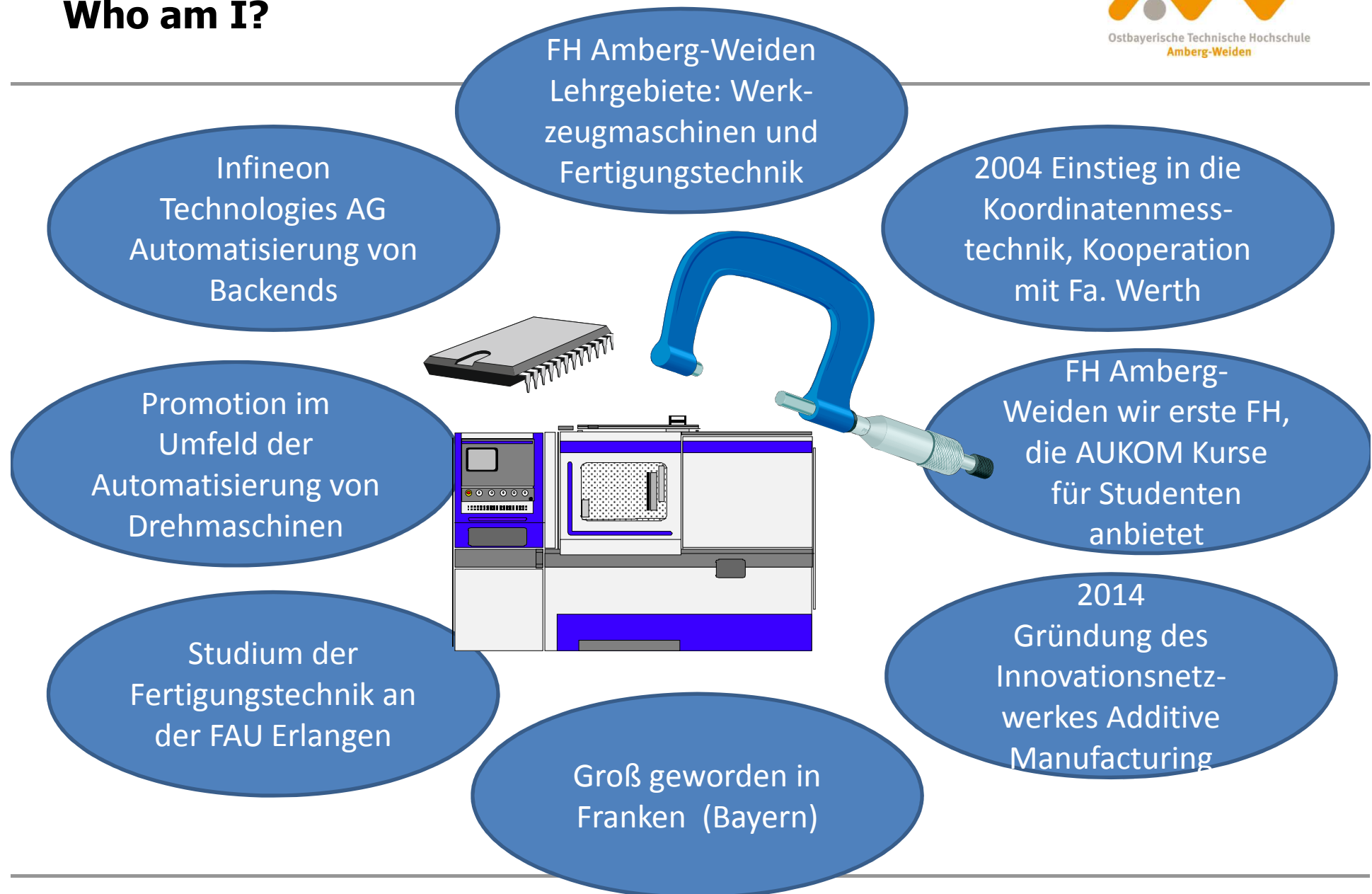
Fax:

09621/482 – 4307

E-Mail:

w.bloechl@oth-aw.de

Who am I?



Running Snail Team



In der **Formula Student** treten Studententeams mit selbstentwickelten Fahrzeugen auf Formel 1 Rennstrecken gegeneinander an.



Das Team der OTH Amberg-Weiden entwickelte 2013 erstmals ein E-Fahrzeug!

**Aktuell ist unser Team
in der Weltrangliste auf Platz 6!**

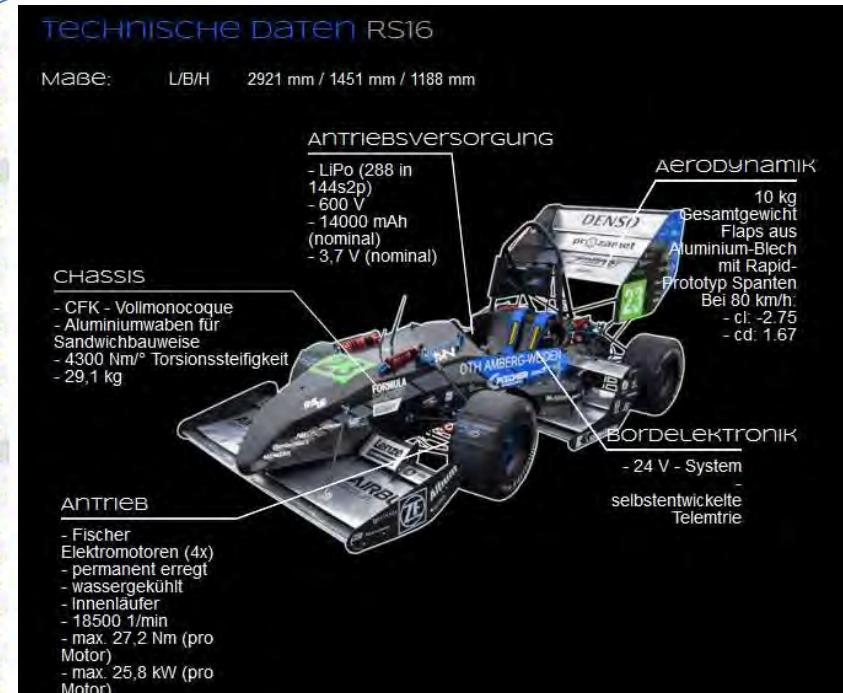
**Platzierungen 2017:
Tschechien: Gran Prix Sieg
Hockenheim: 3. Platz
Ungarn: 3. Platz**



Weltrangliste Formula Student Electric

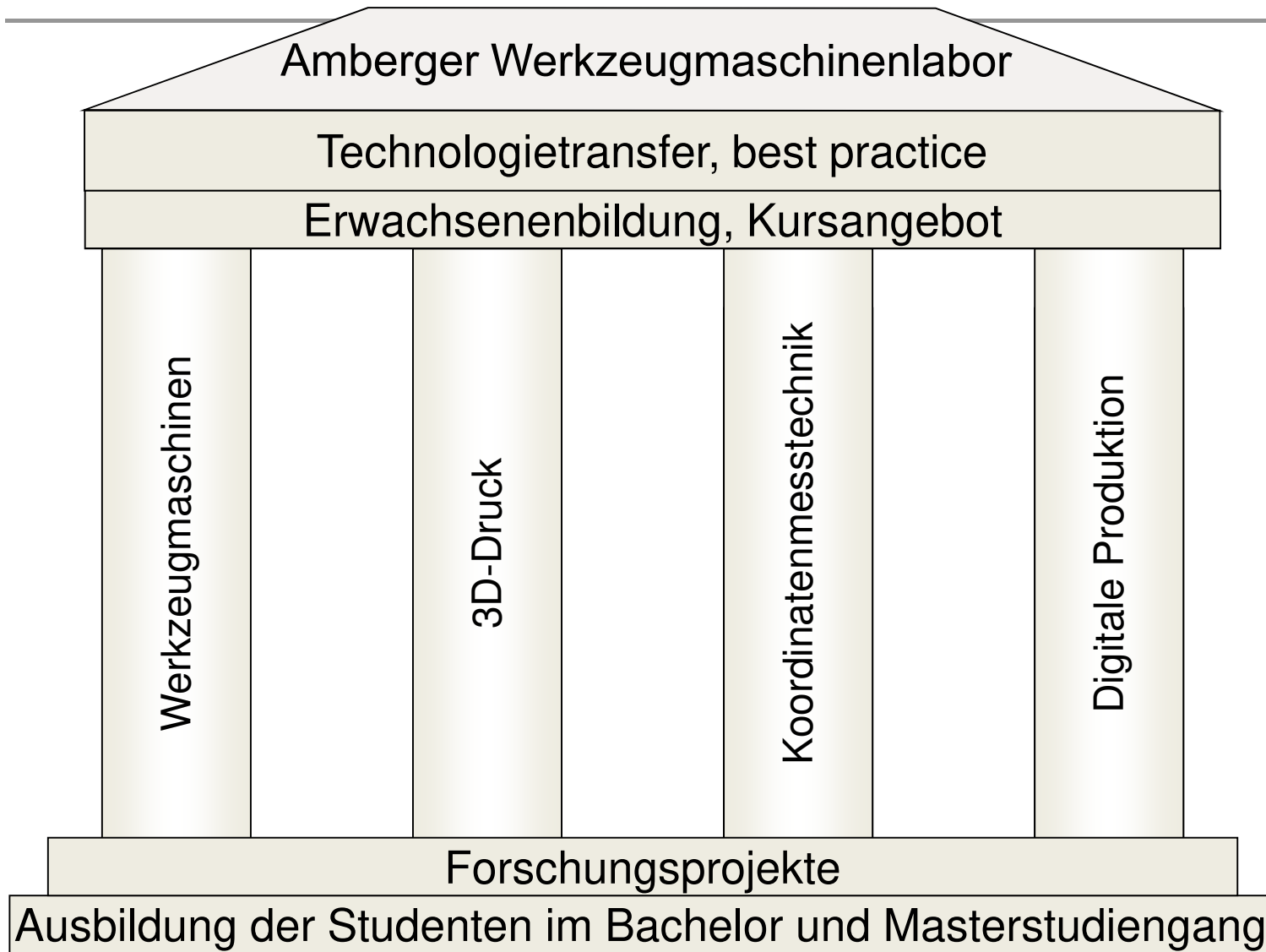
rank	wrp	university name	cn	team	A
1	3	823.76	Universität Stuttgart	DE onFSG	A
2	1	784.72	University of Pennsylvania	US onFSG	A
3	2	776.52	ETH Zürich	CH onFSG	A
4	-3	766.00	Karlsruhe Institute of Technology	DE onFSG	A
5	1	728.88	Massachusetts Institute of Technology	US --	A
6	1	726.32	Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden (OTH)	DE onFSG	A
7	1	675.89	RMIT University	AU onFSG	A
8	2	668.28	Duale Hochschule Baden-Württemberg Stuttgart	DE onFSG	A
9	2	660.58	GFR DHBW Ravensburg & Oregon State University	DE/US	A
10	-1	647.42	Tallinn TU UAS	EE onFSG	A
11	-9	633.53	TU Delft	NL onFSG	A
12	0	628.40	Budapest University of Technology and Economics	HU onFSG	A
13	0	626.16	Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa (UPC)	ES onFSG	A
14	9	609.28	Fachhochschule München	DE onFSG	A
15	-1	572.77	Politecnico di Torino	IT onFSG	A
16	-1	566.53	Universidade Estadual de Campinas	BR onFSG	A
17	-1	561.98	Czech Technical University in Prague	CZ onFSG	A
18	-1	531.93	Hochschule Esslingen	DE onFSG	A
19	0	526.82	Swinburne University of Technology	AU onFSG	A
20	1	522.92	Fachhochschule Osnabrück	DE onFSG	A
21	8	522.37	Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona - Universitat Politècnica de Catalunya	ES onFSG	A
22	-2	520.95	Université Laval	CA onFSG	A
23	4	502.86	Chalmers University of Technology	SE onFSG	A
24	-2	497.93	Missouri University of Science and Technology	US --	A
25	-1	490.28	University of Washington	US onFSG	A
26	-8	476.96	Hochschule Bonn-Rhein-Sieg	DE onFSG	A
27	4	449.14	Helsinki Metropolia University of Applied Sciences	FI onFSG	A
28	4	445.87	University of Canterbury	NZ onFSG	A
29	1	424.91	Technische Universität Dresden	DE onFSG	A
30	-2	409.17	Technical University of Munich	DE onFSG	A
31	-6	409.07	Norwegian University of Science and Technology	NO onFSG	A
32	2	396.12	University of Technology, Sydney	AU --	A
33	2	379.44	University of California Davis	US --	A
34	3	376.03	Technische Universiteit Eindhoven	NL onFSG	A
35	3	366.63	Iwate University	JP --	A
36	14	362.21	Technische Universität Hamburg-Harburg	DE onFSG	A
37	2	356.01	Hochschule RheinMain	DE onFSG	A
38	-12	345.58	Westfälische Hochschule Zwickau	DE onFSG	A
39	4	343.87	Universität Siegen	DE onFSG	A
40	6	320.74	Ostfalia University of Applied Sciences	DE onFSG	A
41	-5	320.41	Technische Universität Darmstadt	DE onFSG	A
42	-2	309.07	Instituto Superior Técnico - U.T. Lisboa	PT onFSG	A
43	1	302.63	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen	DE onFSG	A
44	3	297.24	University of the Basque Country	ES onFSG	A

Amberg

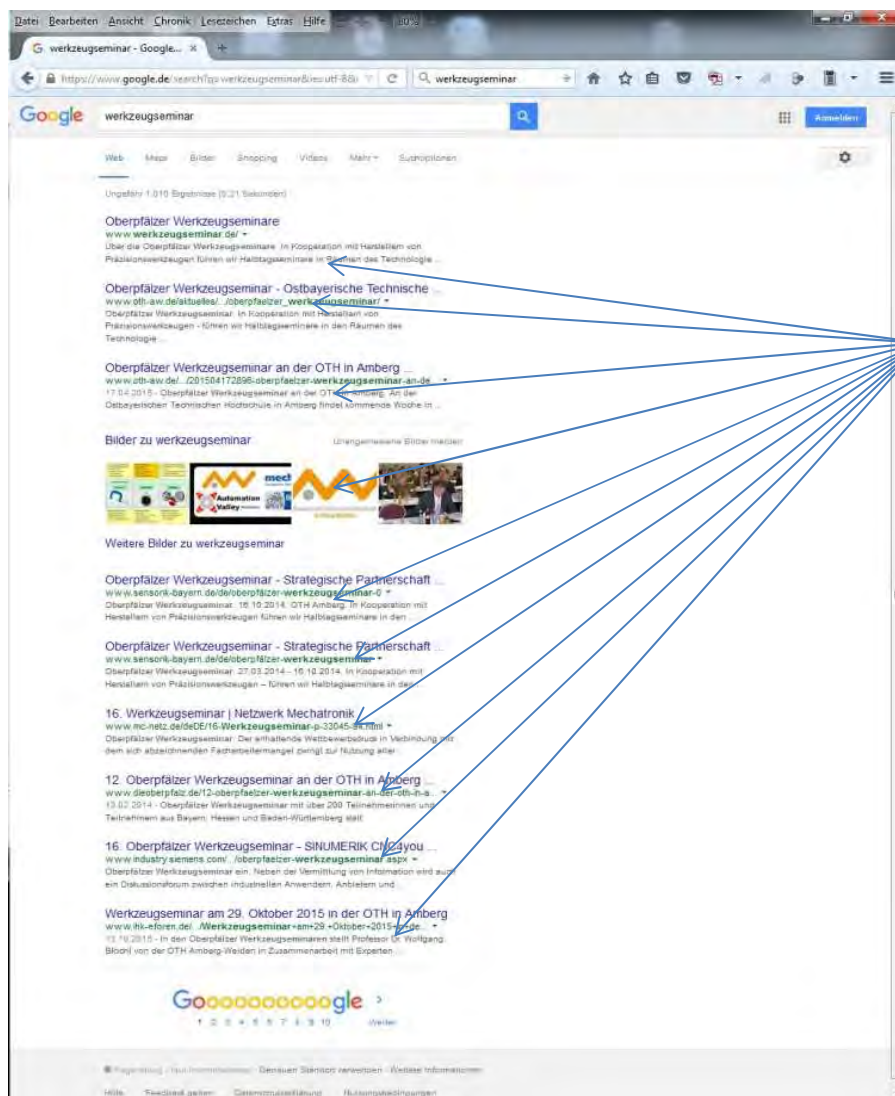


TUM

Themenschwerpunkte



Werkzeugseminare im Internet



Die ersten 9 Treffer bei der Google Suchabfrage „Werkzeugseminar“ (Abruf: 28.10.2015, 20:47 Uhr)

Erster Treffer stabil seit 4,5 Jahren

Link: www.werkzeugseminar.de

	Anmeldungen		
	Gesam	CHA	AM
Anmeldungen gesamt	4468	1616	2878
Anmeldungen seit Okt.2010	3367	1552	1724
Werkzeugseminare	2181	947	1234
Technik-Forum@OTH - Zerspanung	1494	333	1161
Technik-Forum@OTH - Messtechnik	173	87	86
Technik-Forum@OTH - Digitale Produktion	109	0	109
Technik-Forum@OTH - Additive Manufacturing	273	0	182
AUKOM Kurse für Industrie angeboten durch AUKOM Schulungspartner	117	64	53
Werkzeugdaten vollständig erklärt	6	6	0
Lunch and Learn Bayern mit Fa. Zoller	83	83	0
5-Achsfräskurs	32	32	0

Anmerkung: die Zahlen beziehen sich auf die zu den jeweiligen Veranstaltungen angemeldeten Personen über Alles



Beispiel:
12. Werkzeugseminar
Partner: Paul Horn
In Amberg
318 Anmeldungen zu
2 Werkzeugseminaren
Einzugsbereich der
Anmeldungen



The screenshot shows a web browser window displaying the website 'Innovationsnetzwerk Additive Manufacturing'. The browser's address bar shows 'innoam.de' and the search bar contains 'novationsnetzwerk additive manufacturing'. The website's header features a logo on the left, the title 'Innovationsnetzwerk Additive Manufacturing' in the center, and the university logo on the right. A left sidebar contains navigation links: 'Startseite', 'Über uns', 'Mitglieder', 'Links', 'Kontakt', and 'Impressum'. A right sidebar has a 'Termine:' section. The main content area displays a large 3D model of a yellow, perforated cube encased in a dark grey, spherical, woven mesh structure. Below this model, the section 'Netzwerkgedanke' is followed by a paragraph explaining the network's origin and purpose.

Innovationsnetzwerk Additive Manufacturing

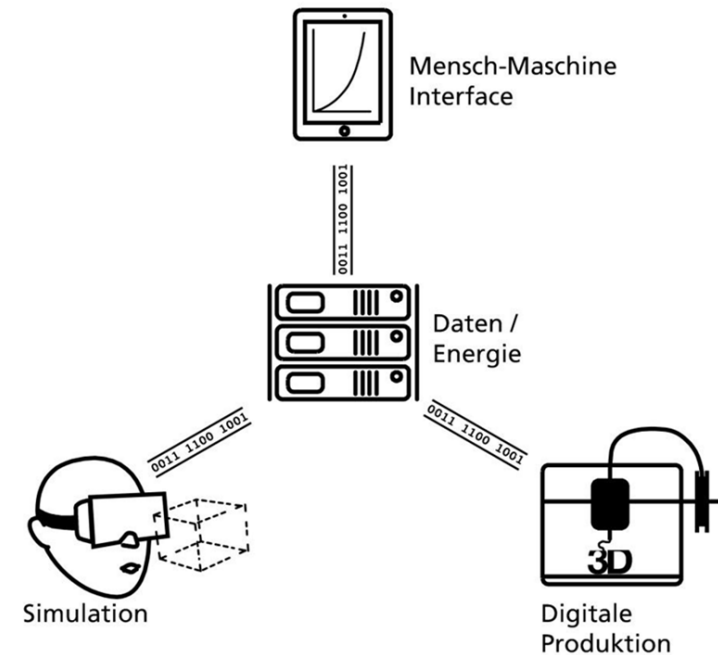
Startseite
Über uns
Mitglieder
Links
Kontakt
Impressum

Termine:

Netzwerkgedanke

Das Innovationsnetzwerk Additive Manufacturing wurde am 08.05.2014 an der OTH (Ostbayerische Technische Hochschule) in Amberg auf die Initiative von Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Blöchl gegründet. Durch ein Netzwerk regionaler Firmen aus unterschiedlichen Branchen soll bei überschaubarem Aufwand für den einzelnen Betrieb das Wissen um Risiken und Nutzen der neuen Technologien gestärkt werden.

• Gesamtprojektsumme:	3.726.748 €
• Förderanteil [€]:	2.608.723 €
• Förderanteil Forschung [%]:	100%
• Förderanteil Gesamtprojekt [%]:	70%
• Drittmittelanteil [€]:	1.118.025 €
• Drittmittelanteil [%]:	30%
• Investitionsmittel:	100.000 €
• Wiss. Mitarbeiter in Vollzeit:	5
• Technische Mitarbeiter	2
• Projektlaufzeit:	6 Jahre
• Art des Projektes:	Fakultätsübergreifendes Projekt der Fakultäten EMI und MB/UT
• Projektleitung:	Prof. Dr.-Ing. Blöchl
• Projektbeteiligt:	Prof. Dr. Meiller, Prof. Dr.-Ing. Schmidt, Prof. Dr.-Ing. Wenk
• Gefördert durch:	Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie



Eine EOS P350 die seit dem Jahr 2000 auf eine P360 hochgerüstet wurde bietet SLS mit PA.

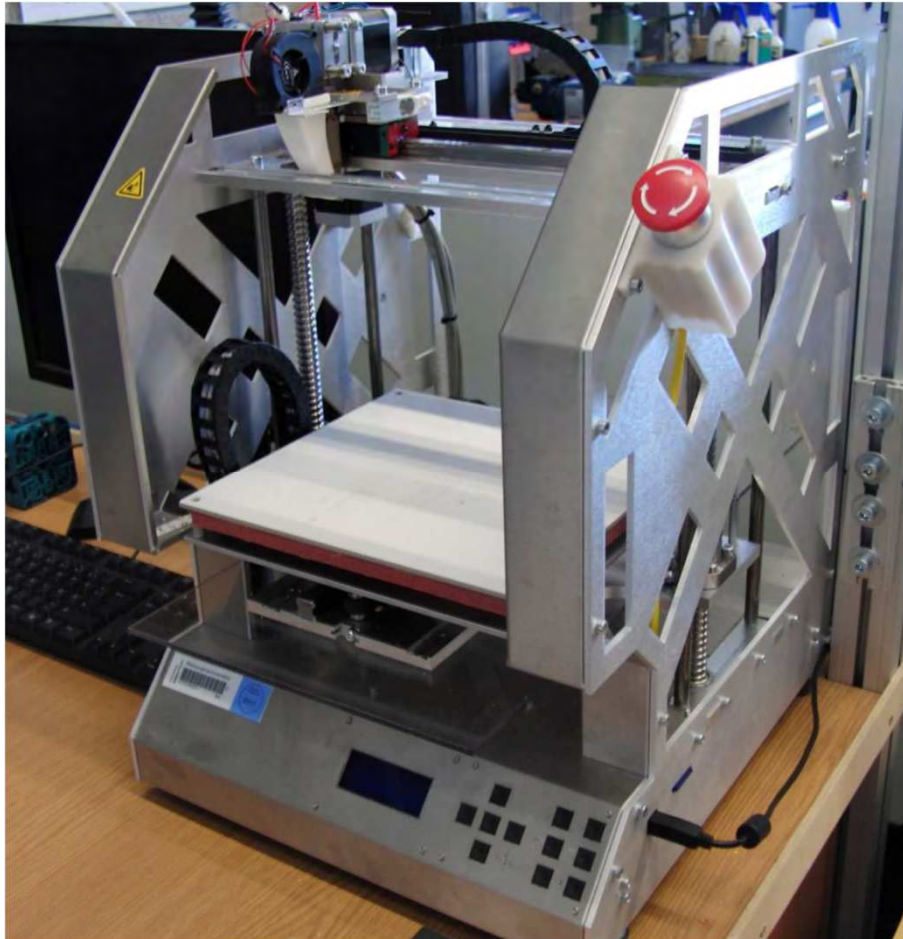


Technische Daten der EOS P 360

Nutzbares Bauvolumen:	340 x 340 x 620 mm
Baufortschritt (werkstoffabhängig)	10 - 25 mm
Bauhöhe / h	
Schichtdicke (werkstoffabhängig)	0,1 – 0,2 mm
Stützkonstruktionen:	nicht erforderlich
Lasertyp:	CO ₂ , 50W
Präzisionsoptik	F-Thetalinse
Scangeschwindigkeit	5 m/s
Stromanschluss	32 A
Leistungsaufnahme (typisch)	2 kW
Schutzgas:	Stickstoff
Datenaufbereitung:	PC, Windows 95, Windows NT
Software:	EOS RP Tools, Magics / Materialise
Datenschnittstelle zu CAD:	STL, CLI
Netzwerk:	Ethernet

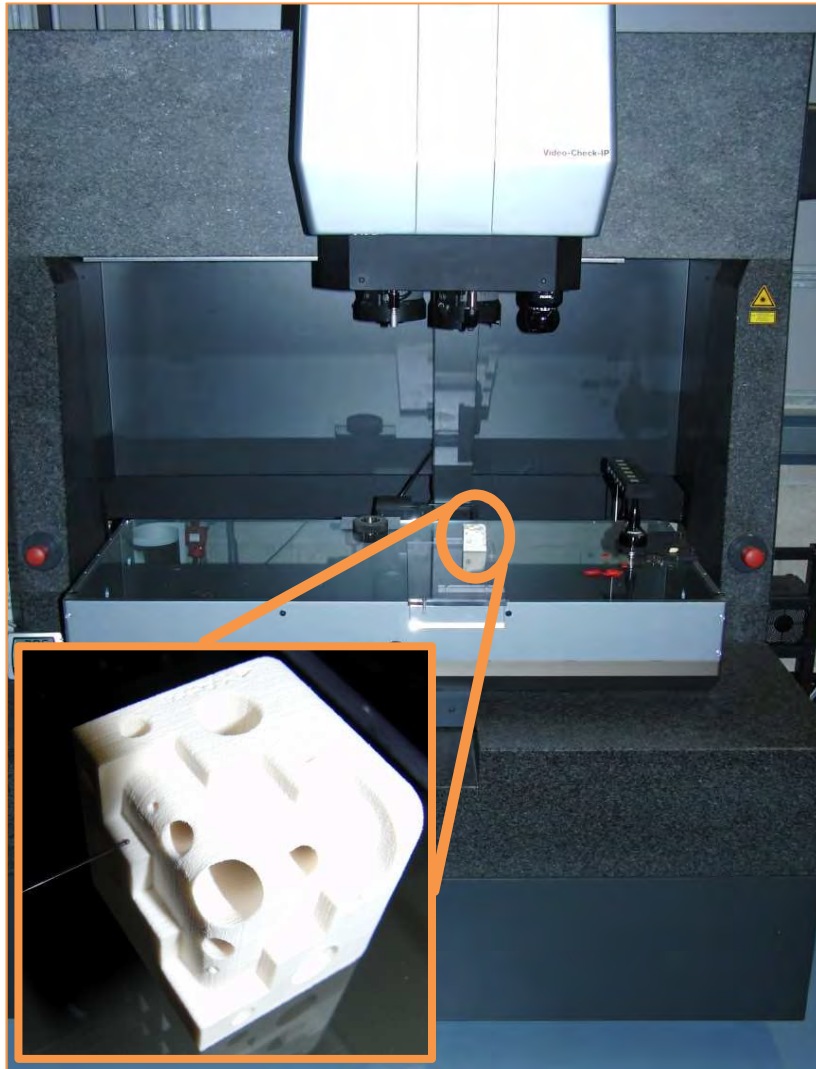


Die FDM Drucker RF1000 und RF2000 verarbeiten ein Vielzahl von Thermoplasten.



Anlagengröße:	410mm x 375mm x 500mm
max. Bauvolumen:	
RF1000:	245mm x 230mm x 200mm
RF2000:	230mm x 180mm x 200mm
Schichtstärken:	0,05 bis 0,3 mm
Gehäuse:	Aluminium
Achsen:	Kugelumlaufschienen und Kugelumlaufgewinde
Genauigkeit der Achsen	± 0,01 mm
Max. Gew.	1000 mm/sek.
Düsen Ø:	0,3 / 0,4 / 0,5 / 0,8 mm
Extruder:	Dualextruder
Druckplatte:	Keramik, 450 W Leistung
Extrudertemp:	120° bis 270 °C
Druckplattentemp:	55° bis 160 °C
Materialien:	PLA, ABS, PVA, HIPS, FLEX
Schnittstellen:	USB 2.0 und SD-Kartenleser
Software:	Cura, RepetierHost, weitere

Die maßlichen Abweichungen eines Bauteils lassen sich mit dem Multisensorkoordinatenmessgerät erfassen.



Multisensorkoordinatenmessgerät

Hersteller: Werth Videocheck IP 800

Portalbauweise

Maschinengestell: Granit

Linearführungen: Luftgelagert

Luftverbrauch: 200 NI/min.

Arbeitsraum: 800 x 400 x 400 mm

Messunsicherheit: E1=1,1 µm + L/500 µm

E2=1,5 µm + L/400 µm

E3=2,0 µm + L/300 µm

Auflösung des Messsystems: 0,1 µm

Max. Werkstückgewicht: 150 kg

Fahrgeschwindigkeit: 300 mm/s

Max. Beschleunigung: 1000 mm/s²

Sensoren:

- Bildverarbeitung mit Festoptik und Zoom
- Laserabstandssensor
- Schaltender und messender Taster auf Drehschwenkgelenk
- Profilsensor

Inbetriebnahme: 2004

Erweiterung mit 2. Bildverarbeitung und Zoom mit variablem Arbeitsabstand in 2007

Messender Taster Renishaw SP25 in 2009

Fasertaster WFP in 2011

Die Rautiefenmessung von FDM-Teilen erfolgt mit Hilfe von Streifenlichtprojektion.



Messung von Mikrostrukturen, Oberflächenstrukturen und Rauheit

Messprinzip: Streifenlichtprojektion

Lichtquelle: UV LED

Messvolumen: $1,7 \times 1,4 \times 0,5 \text{ mm}^3$

Kamerapixel: 5 Mio.

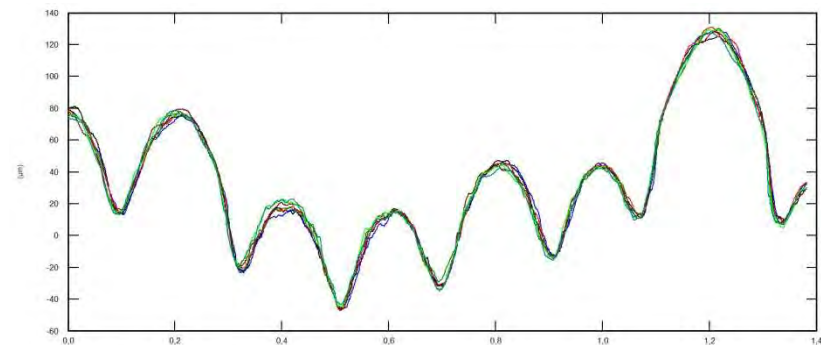
Punkteabstand: $0,7 \mu\text{m}$

Höhenauflösung: $0,05 \mu\text{m}$

Messdatenrate: 500.000 Punkte/s

Arbeitsabstand: 34mm

Messzeit: 10 s



Der Messarm mit Laserliniensensor ermöglicht das Aufnehmen von unbekannten Geometrien.



Hexagon Romer Infinite ∞ SC

Modell: 5024SC

Messbereich: 2.400mm Durchmesser

Wiederholgenauigkeit: $\pm 0,020$ mm

3D Längenmessunsicherheit: $\pm 0,040$ mm

Anzahl Achsen: 7

Sensoren:

- Taktil
- Laserliniensensor Scanworks V5
 - Profildichte: 7640 Punkte/Linie
 - Scan Rate: **458.400 Punkte/s**
 - Messgenauigkeit: 0,024mm 2σ (Eckentest)
 - Messabstand 100mm
 - Sichtfeld: 140 x 110 mm
 - minimale Auflösung: 12mm

Demoanwendung:

Rüstooptimierung von Fräsmaschinen

Zul. Umgebungstemperatur:

0°C – 46°C ($\pm 1,5^\circ\text{C/h}$)

Software: PC DMIS und Polyworks

Inbetriebnahme: 2008

Die Druckqualität wird durch die gezielte Einbringung von Standardgeometrien in das Qualitätsprüfteil beurteilt.

Eigenschaften des Qualitätsprüfteils:

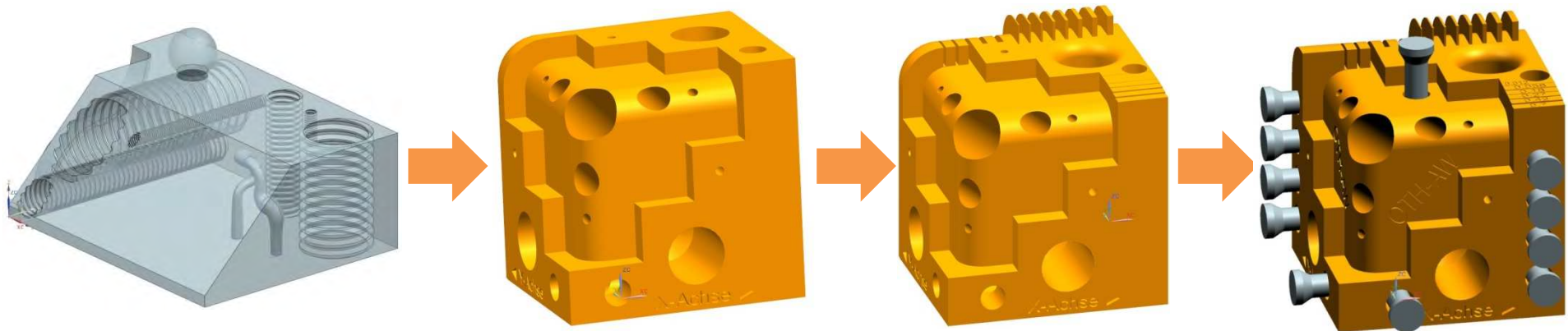
Kompakt, nur
44 mm
Kantenlänge
und 58 cm³
Volumen

Ablesbarkeit von
thermischen
Verzug und
Schwund

Einfache
Zugänglichkeit
der
Geometrien

Optische und
maßliche
Beurteilung von
Radien und
Rundungen

Bohrungen und
Überhänge als
Herausforderung



Prototyp V1

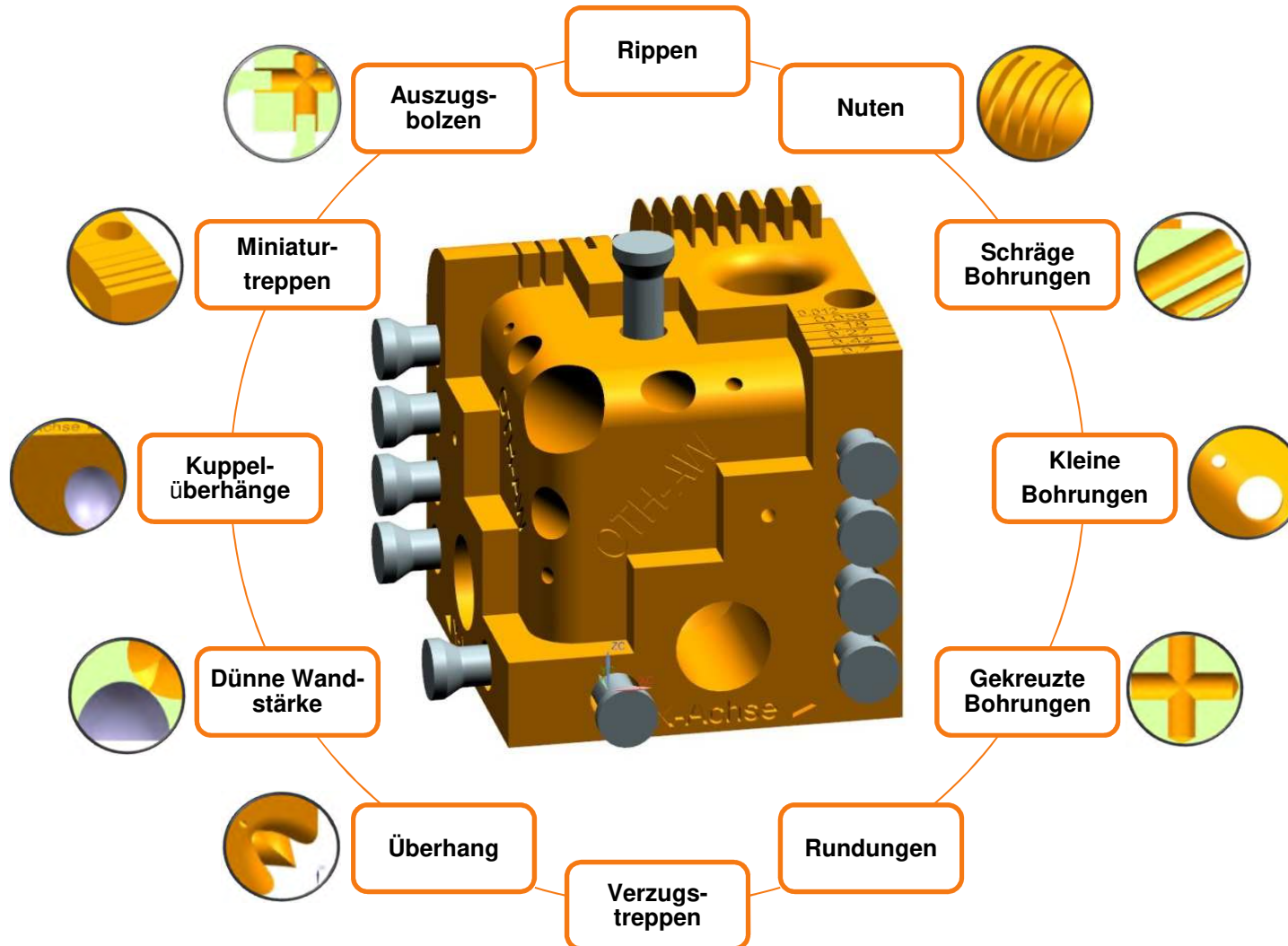
Prototyp V2

Prototyp V3

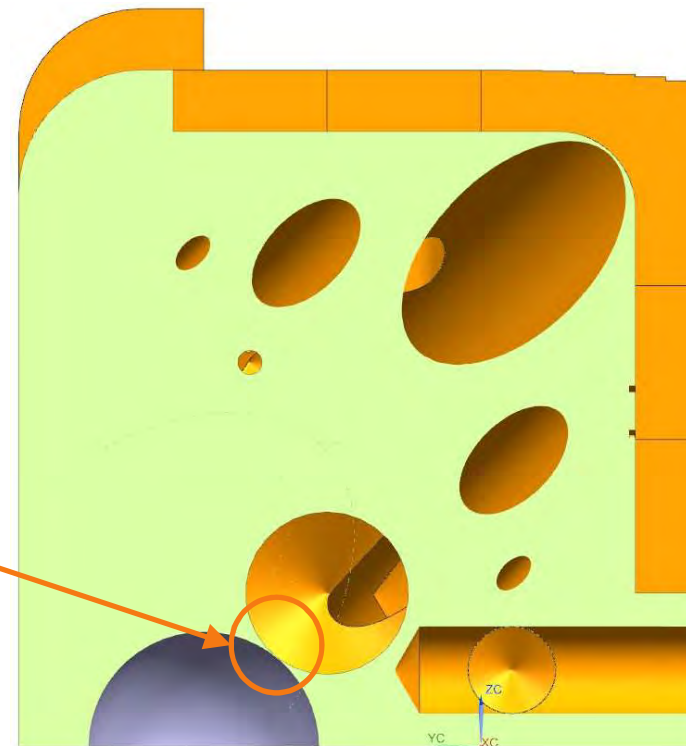
...

Prototyp V10

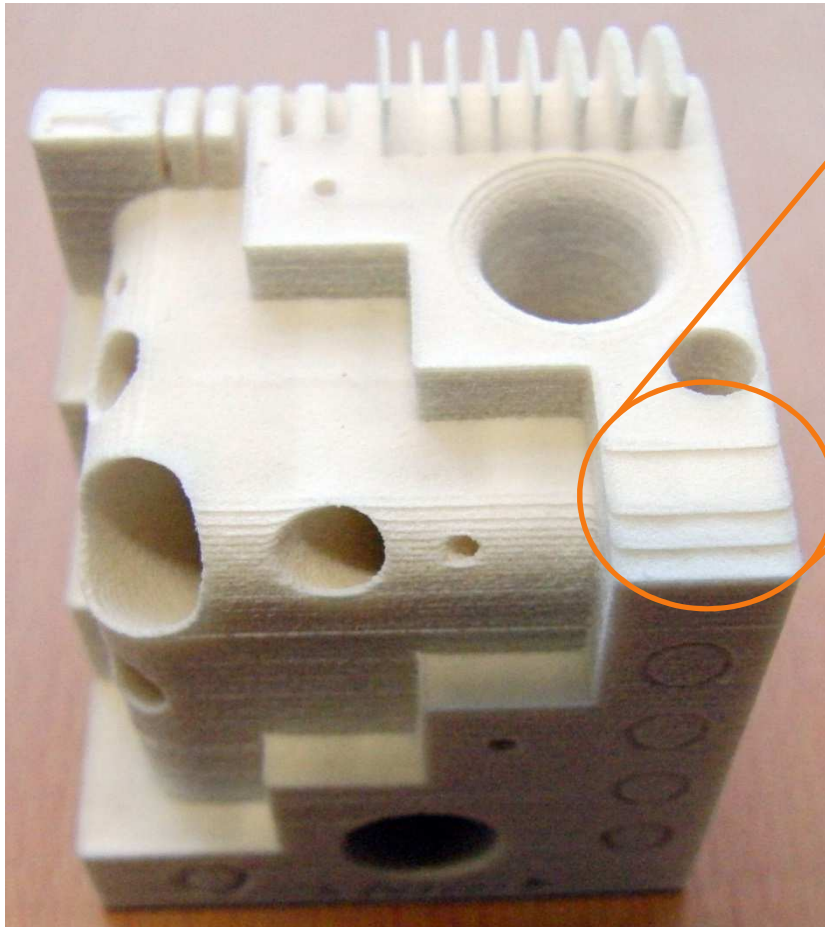
Nach 12 Features wird die Druckqualität eines Qualitätsprüfteils (Version 10) beurteilt.



Eine minimale tangentielle Strukturbreite von 6 μm zeigt das Auflösungsvermögen des additiven Verfahrens.



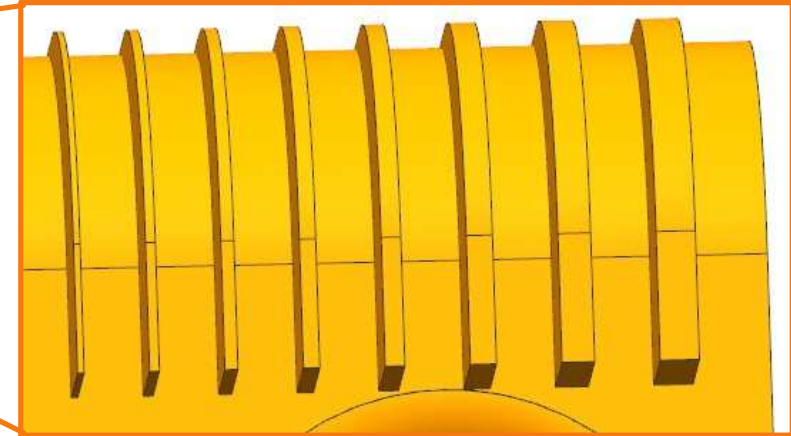
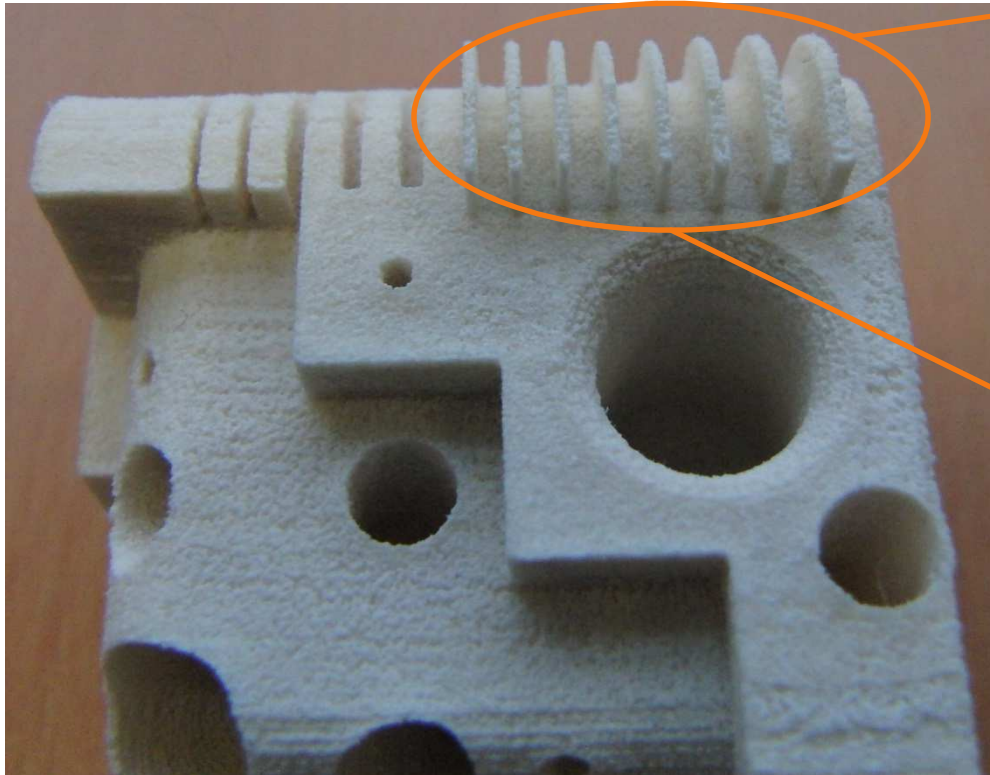
Die Schichtauflösung von Software und additiven Verfahren wird mittels Miniaturettreppenstufen ermittelt.



Über Miniaturettreppenstufen wird überprüft, wie die Slicer-Software und/oder der Drucker das Merkmal abbildet.

Ergebnis:
Verhalten der Slicer-Software erkennbar und Z-Auflösung des Druckers bestimmbar

Die minimalen Strukturbreiten in der XY-Ebene werden über Lamellen geprüft.



Über Lamellen wird überprüft, welche Strukturbreiten das additive Verfahren in der XY-Ebene abbilden kann

Lamellenbreiten:
1,2 / 1 / 0,8 / 0,6 / 0,5 / 0,4 / 0,3 / 0,2 mm

Erkenntnis:
Lamellen werden ausgelassen oder haben nicht die korrekte Breite

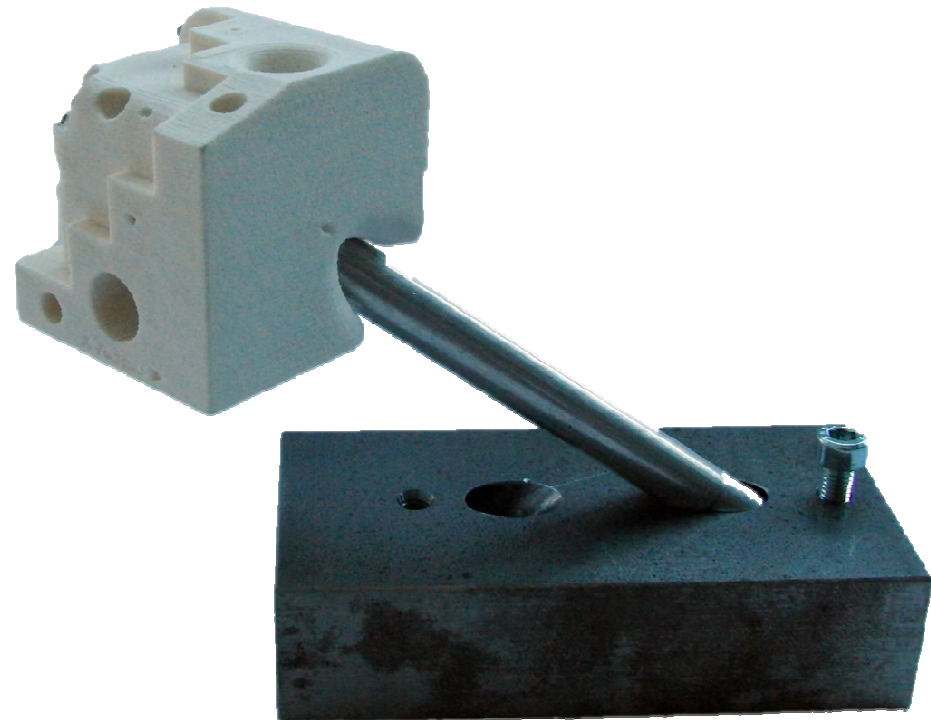
Eine Aufspannung lässt das Qualitätsprüfteil von allen Seiten zugänglich werden.

Problem:

Alle relevanten geometrischen Merkmale müssen bei der Messung zugänglich sein.

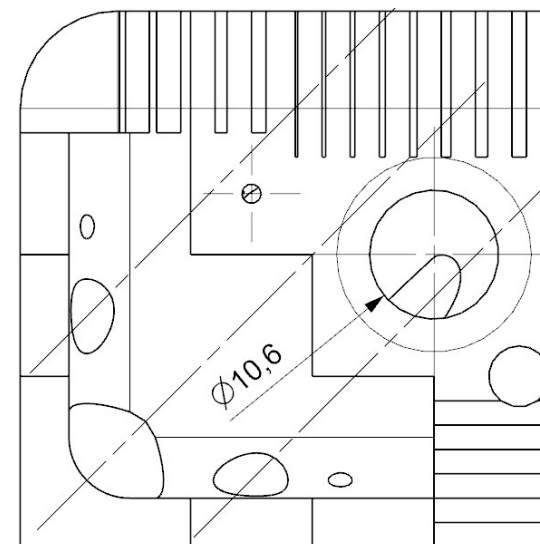
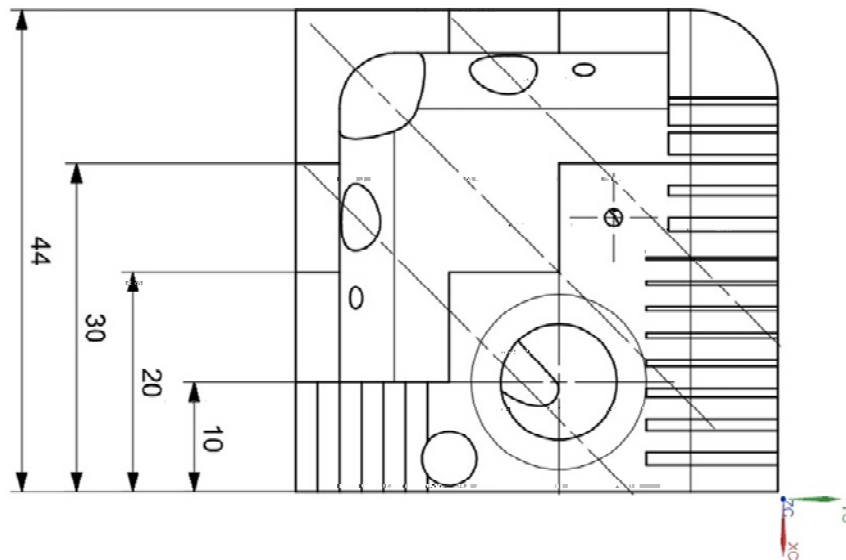
Lösung:

Punktuelle Aufspannung, die den Antastkräften widersteht.



Die ersten Messungen des Qualitätsprüfteils geben Aufschluss über die Druckqualität der EOS P360.

Abstand eines Punktes auf einer Stufe zur YZ-Ebene (Messung liegt in der XY-Ebene negativ in X-Richtung aufsteigend)									
X	10,0097	10,0000	0,1000	-0,1000	0,0097	XY-Stufe-1_X-Richtung	0,10%	Max.	0,51%
X	20,0325	20,0000	0,1000	-0,1000	0,0325	XY-Stufe-2_X-Richtung	0,16%	Min.	0,10%
X	30,1530	30,0000	0,1000	-0,1000	0,1530	XY-Stufe-3_X-Richtung	0,51%	Mittelwert	0,26%
X	44,1267	44,0000	0,1000	-0,1000	0,1267	XY-Stufe-4_X-Richtung	0,29%		
Gerechneter Kreis aus 9 Elementen in XY-Ebene oben									
D	10,7110	10,6000	0,1000	-0,1000	0,1110	XY-Kreis_oben	1,05%	Max.	1,05%
D	10,6126	10,6000	0,1000	-0,1000	0,0126	XY-Kreis_st2_oben	0,12%	Min.	0,12%
D	10,5129	10,6000	0,1000	-0,1000	-0,0871	XY-Kreis_st3_oben	-0,82%	Mittelwert	0,11%

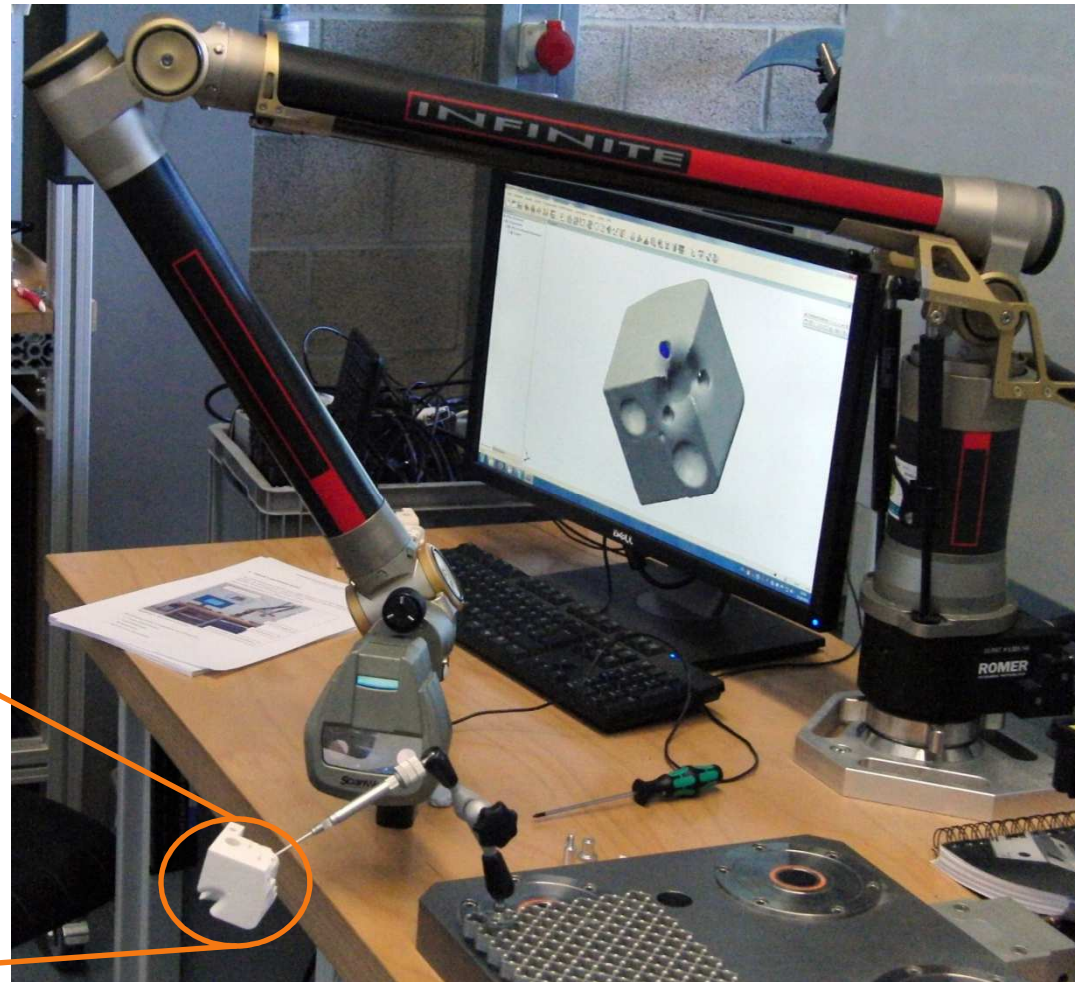
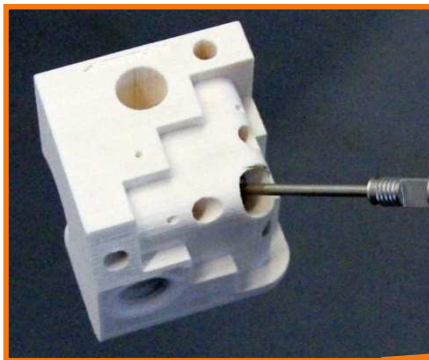


Das Vermessen des Qualitätsprüfteils in einer Aufspannung ermöglicht leichteres Scannen.

Problem:
Qualitätsprüfteil muss von allen
Seiten zugänglich sein

Lösung:
Punktueller Aufspannung, die
die Zugänglichkeit gewährt

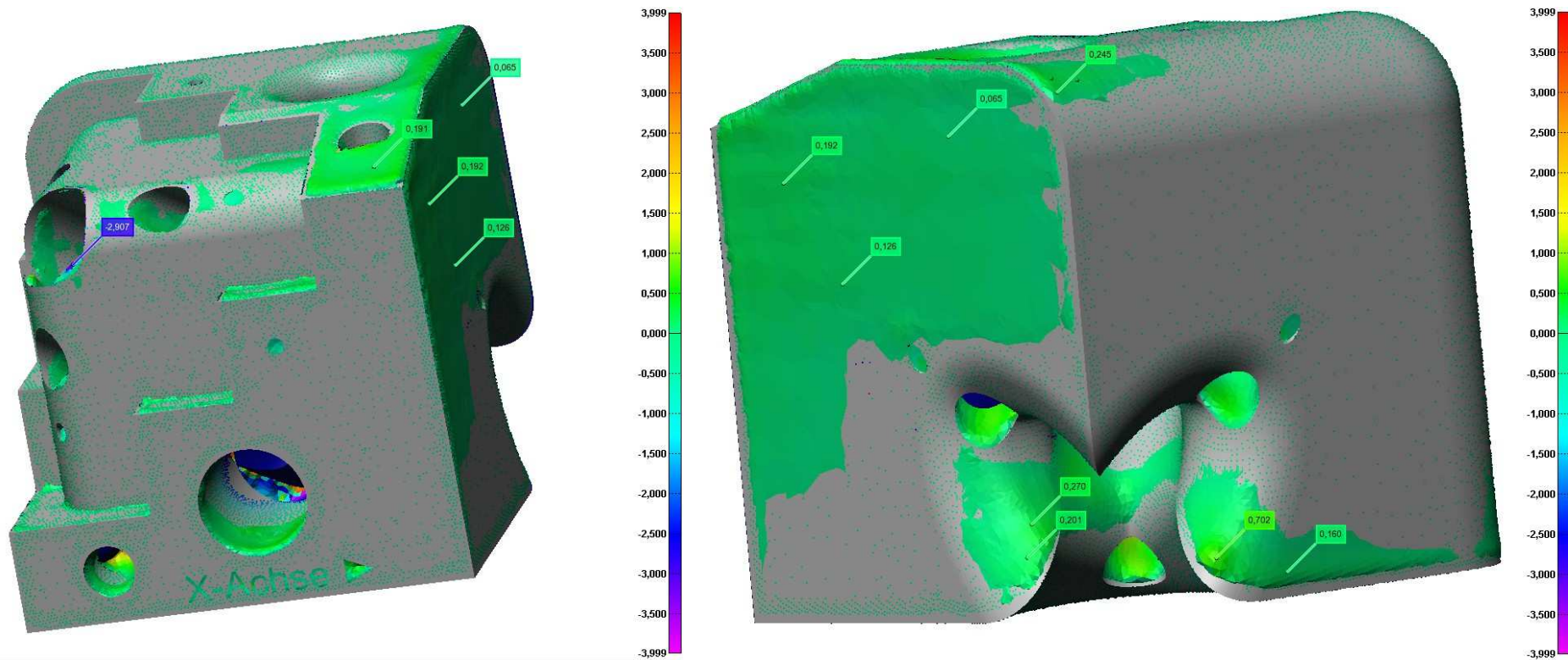
Ergebnis:
Qualitätsprüfteil kann in einer
Aufspannung gemessen werden



Die 3D-Messtechnik gibt Auskunft über die Bauteilqualität.



Der Soll-Ist-Vergleich des Qualitätsprüfteils zeigt Formabweichungen an.



Die Qualitätsverbesserungen ergeben sich aus der Interpretation der Ergebnisse.

Vorher:

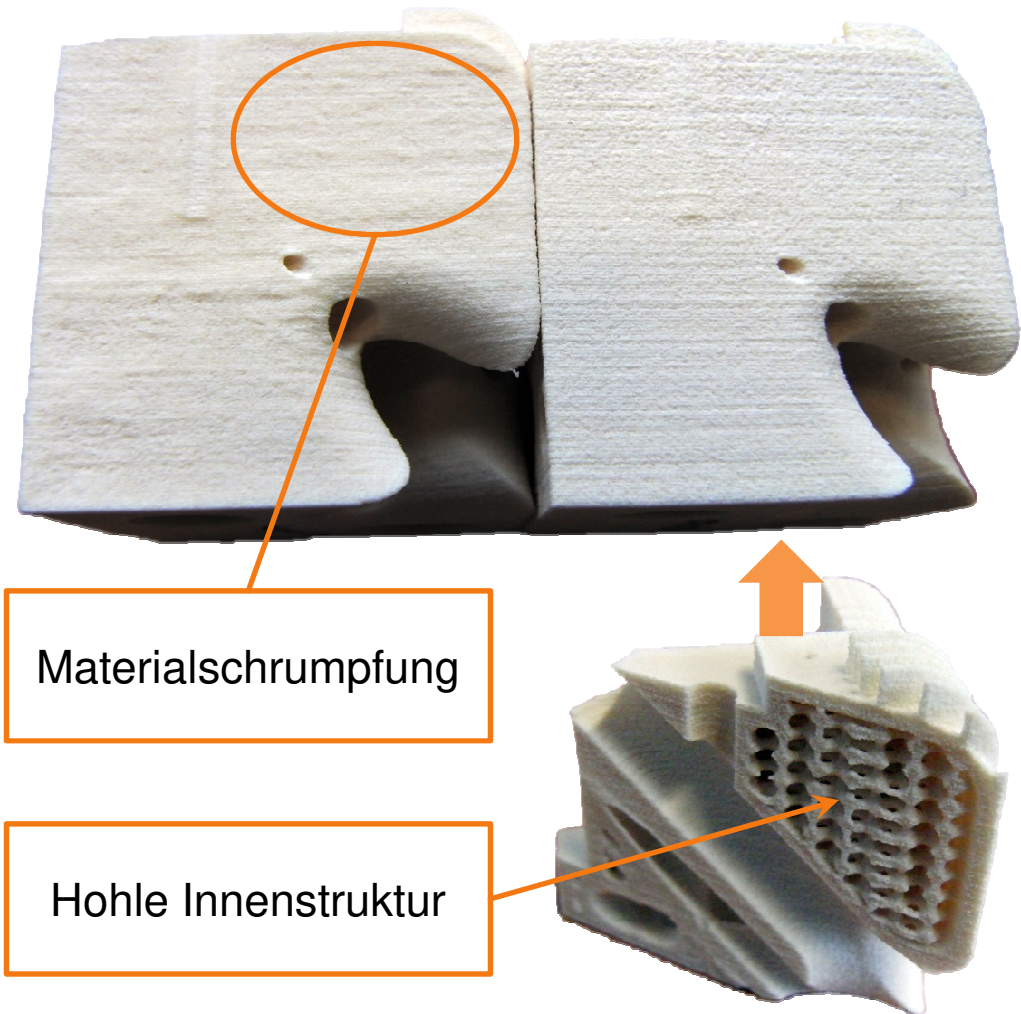
Das Qualitätsprüfteil links weist wegen Materialanhäufung viele Einfallstellen auf

Optimierung:

Beim Qualitätsprüfteil rechts wurden durch hohle Innenstrukturen Materialanhäufungen vermieden

Ergebnis:

Das Qualitätsprüfteil gibt bei massiver Ausführung Auskunft über Material schrumpfung

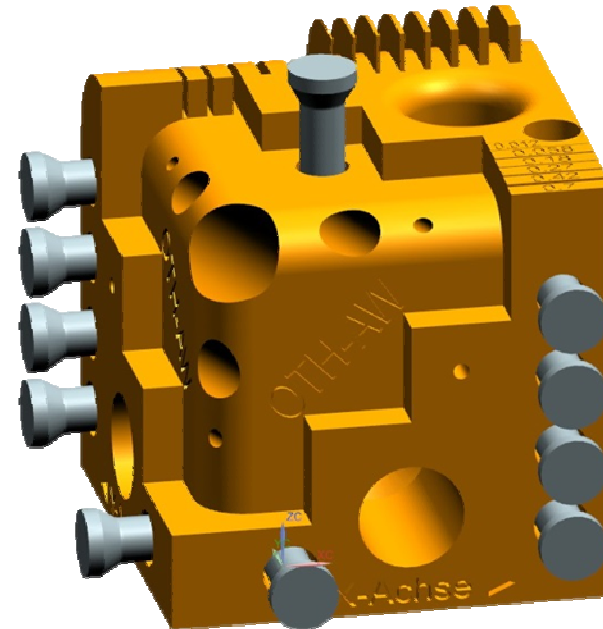


Dokumentation der Herstellung des Versuchsteils

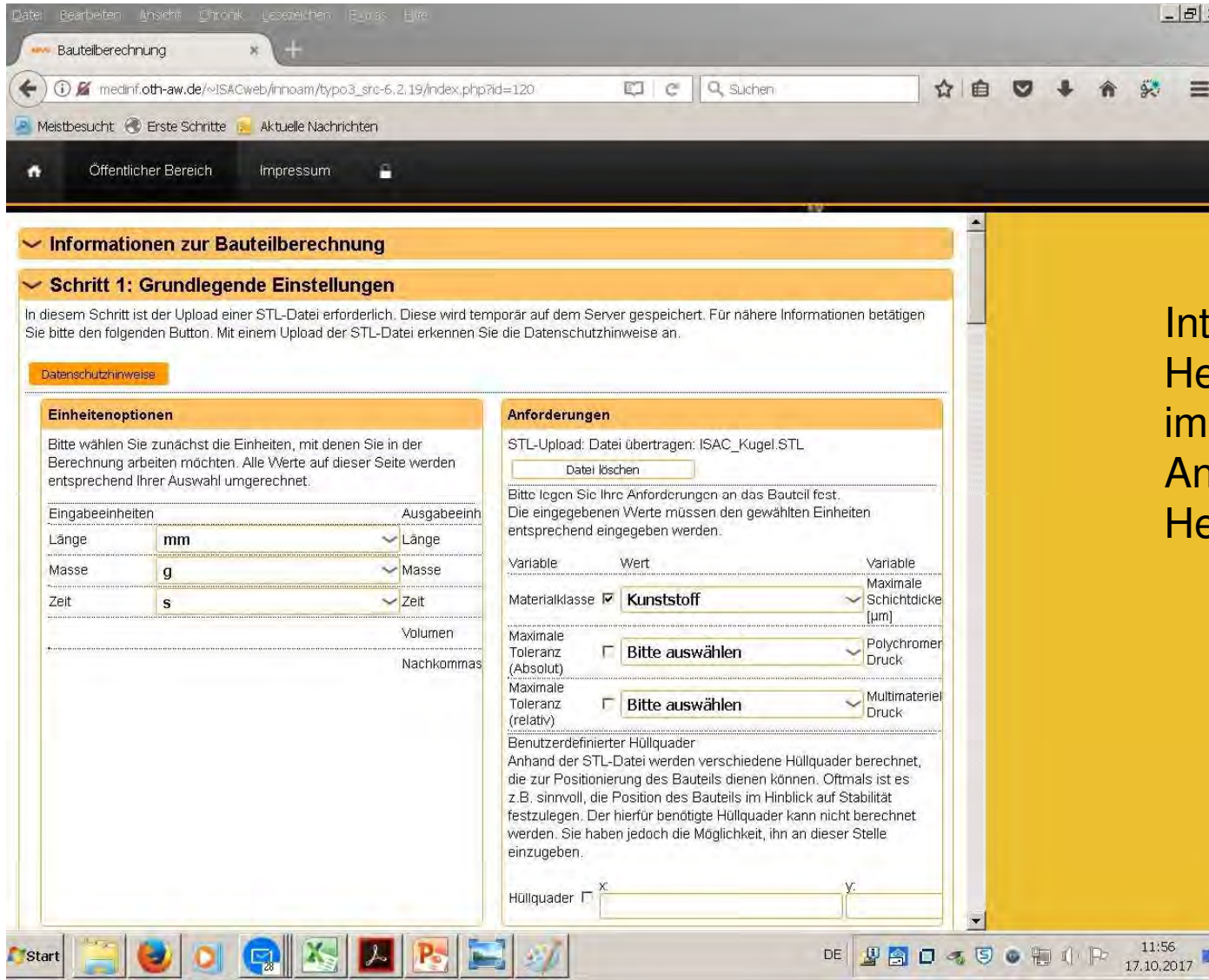
**Druck des Teils bei größeren Anlagen 3x:
Diagonal im Arbeitsraum verteilt**

Dokumentation der

- Vorbereitungstätigkeiten
- Prozessparameter
- Verwendeten Materialien
- Kosten der Materialien
- Materialverbrauch (inkl. Stützstrukturen)
- Druckzeit
- „Betreuungsaufwand“
- Gerätekosten
- Wartungskosten abh. von der Betriebszeit
- Energieverbrauch
- Nachbearbeitungsaufwand

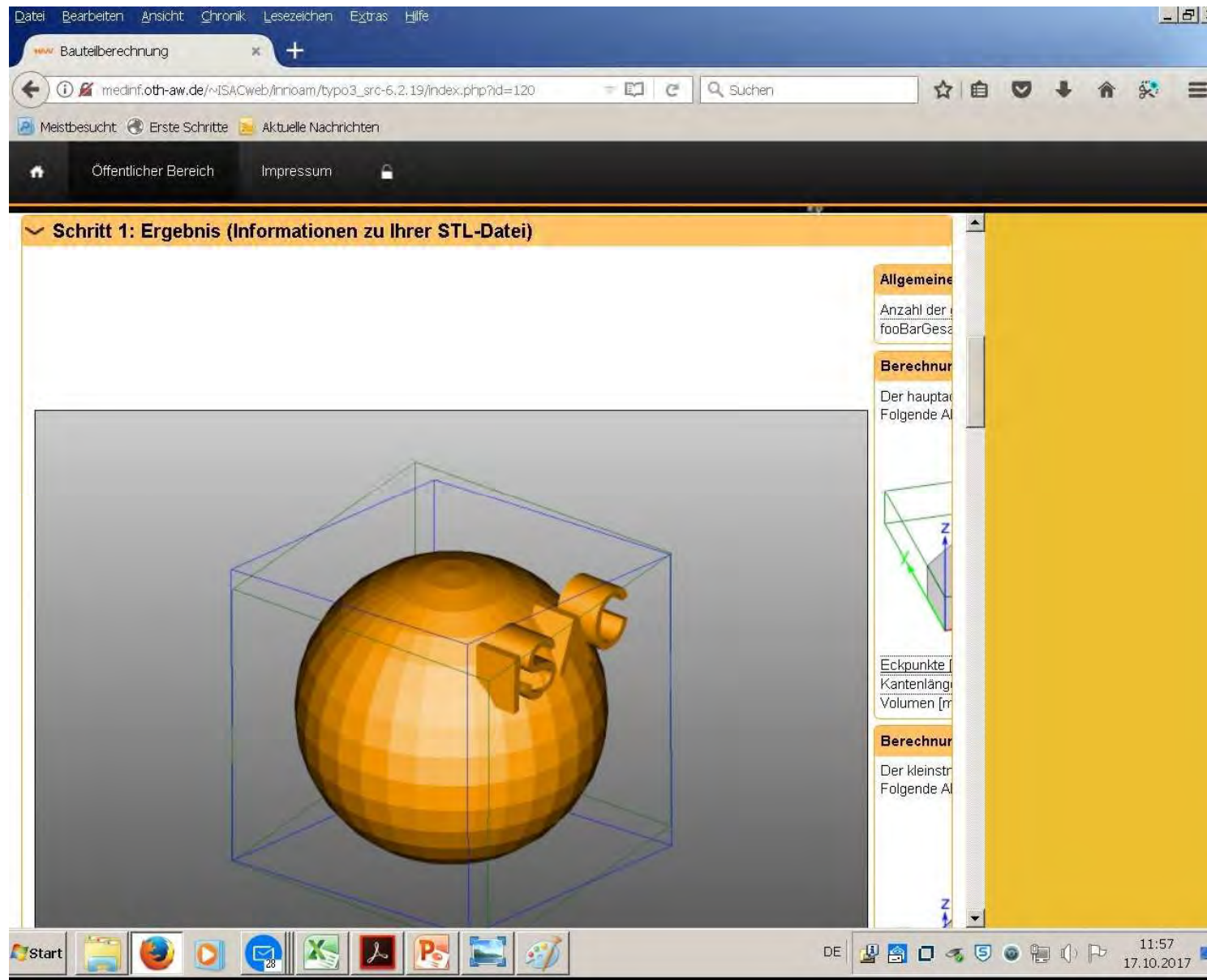


Aktuelle Themen in Amberg Datenbank



Internetplattform von
Herrn Hartmann ist
im Netz (Aktueller
Ansprechpartner:
Herr Gerlang)

Datenbank Teil 2



Datenbank Teil 3

Browser: Bauteilberechnung

URL: medinf.oth-aw.de/~ISACweb/innom/typo3_src-6.2.19/index.php?id=120

Meistbesucht Erste Schritte Aktuelle Nachrichten

Öffentlicher Bereich Impressum

Auswahl Datensatz-ID Materialbezeichnung

250 AR-M2 Datensatz anzeigen

Schritt 4: Kalkulationsergebnisse

Zusammenfassung Ihrer Eingaben

Einheitensystem: Eingabeeinheiten: [mm], [g], [s], Ausgabeeinheiten: [mm], [g], [s], [mm²], Nachkommastellen: 3

STL-Datei: ISAC_Kugel.STL

Volumen der STL-Datei: 136068.703mm³

Gewählter Hüllquader: Minimaler Hüllquader

Volumen des Hüllquaders: 256726.228mm³

Gewählter Drucker: Keyence Agilista 3200

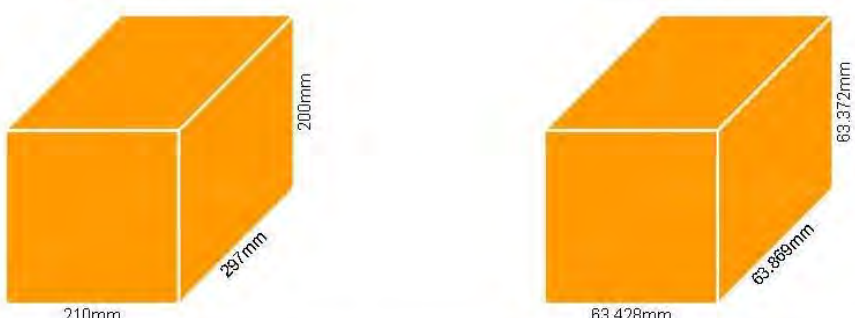
Gewähltes Material: Keyence AR-M2

Postprozessor: Keyence Agilista (allg.) PP (ID: 15)

Postprozessor

Maße des Druckerbaums
(Volumen: 12474000 mm³)

Maße des ausgewählten Hüllquaders
(Volumen: 256726.87mm³)



Hüllquaderausnutzung des Bauteilvolumens

Bauraumausnutzung des Bauteilvolumens

Bauraumausnutzung d

Start

DE

11:59
17.10.2017

- Ablesbarkeit von druckerspezifischen Problemen am Qualitätsprüfteil
- Durch die Kompaktheit geringe Herstellkosten
- Auskunft über Maßabweichungen und Beweglichkeit
- Gute Zugänglichkeit der Prüfgeometrien
- Umfangreiche Messtechnik im Haus
- Abwärtskompatibilität mit früheren Versionen
- **Zusätzlich Wirtschaftlichkeit und Energieverbrauch erfassbar**

