Die VDI-Richtlinie 3404
- Generative Fertigungsverfahren -

Prof. Dr.-Ing. habil. G. Witt

Fertigungstechnik

Universität Duisburg-Essen (Campus Duisburg)

Inhalt

VDI - Richtlinie 3404

- Status
- Mitarbeiter des Fachausschuss RP
- Inhalt
- Ausgewählte Themen

- Institut für Produkt Engineering – Fertigungstechnik
  - Rapid Technology Center (RTC) an der Universität Du-E

VDI - Guideline 3404

ICS 25.020 | VDI-RICHTLINIEN | Dezember 2007

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE	Generative Fertigungsverfahren Rapid-Technologien (Rapid Prototyping) Grundlagen, Begriffe, Qualitätskenngrößen, Liefervereinbarungen	VDI 3404 *Entwurf*

Generic manufacturing processes – Rapid technologies (rapid prototyping) – Fundamentals, terms and definitions, quality parameters, supply agrements

Einsprüche bis 2008-05-31

- *vorzugsweise in Tabellenform als Datei per E-Mail an adb@vdi.de*
  Die Vorlage dieser Tabelle kann abgerufen werden unter http://www.vdi-richtlinien.de/einsprueche
- *in Papierform an*
  VDI-Gesellschaft Produktionstechnik (ADB)
  Postfach 10 11 39
  40002 Düsseldorf

Leiter des Fachausschusses:
Prof. Dr.-Ing. habil. Gerd Witt
Universität Duisburg-Essen, Campus Duisburg

Stellvertreter:
Dr.-Ing. Volker Grießbach
V.G. Kunststofftechnik GmbH, Chemnitz

Status der VDI - Richtlinie 3404

ICS 13.###.##	VDI-RICHTLINIEN	##.##.200#
VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE	Generative Fertigungsverfahren -Rapid Technologien (Rapid Prototyping) Grundlagen, Begriffe, Qualitätskenngrößen, Liefervereinbarungen	VDI 3404 Blatt # *Vorentwurf Nr 03* *2007-07-04*
Rapid Technologies	*Einsprüche bis 200#-##-##* • *vorzugsweise in Tabellenform als Datei per E-Mail an adb@vdi.de* *Die Vorlage dieser Tabelle kann abgerufen werden unter http://www.vdi-richtlinien.de/einspruche* • *in Papierform an* *VDI-Gesellschaft Produktionstechnik (ADB)* *Postfach 10 11 39* *40002 Düsseldorf*	

- Das erste Ergebnis das Fachausschusses ist ein Entwurf
  - ⟶ Dieser Entwurf (Gründruck) ist der Öffentlichkeit zur Prüfung vorgelegt worden, bis Ende Mai sind Ergänzungen / Einsprüche möglich
  - ⟶ Nach Korrektur des Entwurfs wird die endgültige Version veröffentlicht (Weißdruck)
- so kann garantiert werden:
  - ⟶ Neutralität, auch in Bezug auf kommerzielle Interessen
  - ⟶ Sachlichkeit
  - ⟶ Anwendbarkeit

Mitarbeiter des Fachausschuss RP

Im Fachausschuss arbeiten über 40 Vertreter aktiv mit

Anlagenhersteller:

- EOS GmbH, Krailling
- Trumpf Gmbh & Co. KG, Ditzingen
- 3D Systems GmbH, Darmstadt
- MCP HEK GmbH, Kaarst
-.....
-.....

Dienstleister:

- CP GmbH, Erkelenz
- Micro TEC GmbH, Duisburg
- V.G. Kunststofftechnik GmbH, Chemnitz
- H&H GmbH, Leopoldshöhe
- Maquet GmbH & Co. KG, Rastatt
- ACTech GmbH, Freiberg
- 3D-Micromac AG, Chemnitz
- Hansgrohe AG, Schiltach
-.....
-.....

Endkunden:

- DaimlerChrysler AG, Ulm
- BMW Group, München
- Volkswagen AG, Wolfsburg
- Audi AG, Ingolstadt
- Siemens AG, Berlin
- MediKomp GmbH, Rastatt
- powerCut GmbH, Berlin
-.....
-.....

Forschungseinrichtungen:

- Universität Duisburg-Essen
- IPT, Aachen
- IPT, Wismar
- TU Chemnitz
- Fraunhofer IPA, Stuttgart
- Otto-von-Guericke Universität, Magdeburg
- FZ Karlsruhe GmbH, Dresden
- Fraunhofer-Allianz, Magdeburg
-.....
-.....

Ziele der VDI-Richtlinie 3404

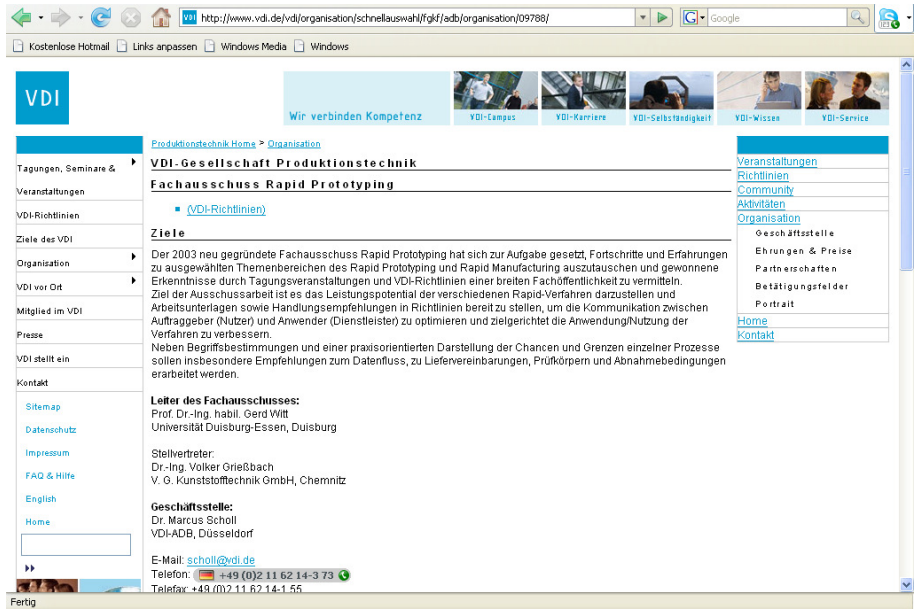
- Austausch von Fortschritten und Erfahrungen zu ausgewählten Themenbereichen des Rapid Prototyping (RP)
- Praxisorientierte Darstellung des Leistungspotentials verschiedener RP-Verfahren
- Zielgerichtete Verbesserung der Anwendungen und des Einsatzes von RP-Verfahren
- Vereinheitlichung von Begriffsbestimmungen
- Erstellung von Arbeitsunterlagen und Handlungsempfehlungen
- Erarbeitung von Empfehlungen zum Datenfluss, zu Liefervereinbarungen, Prüfkörpern und Abnahmebedingungen

⇨ Optimierung der Kommunikation zwischen Auftraggeber (Nutzer) und Anwender (Dienstleister)

Weiterführende Ziele

Die Richtlinie

- grenzt die generativen Verfahren von den konventionellen Verfahren ab
- ermöglicht eine bessere Bewertung verschiedener generativer Verfahren
- nennt Qualitätsmerkmale verschiedener Verfahren
- gibt entsprechende Prüfverfahren an
- empfiehlt den Umfand und Inhalt von
  - Prüfungen
  - Liefervereinbarungen



Inhalt der VDI - Richtlinie 3404

Vorbemerkung

Einleitung und Zielsetzung

1 **Anwendungsbereich**

2 **Begriffe und Definitionen**

3 **Bauteilarten und Verwendungszweck**

4 **Verfahrensgrundlagen** (Prozessketten, Verfahrensbeschreibungen, Nachbehandlung)

5 **Datenaustausch** (Datenfluss, Datenformate, Datenvorbereitung)

6 **Anforderungen und Auswahlkriterien** (Qualitätsmerkmale, Auswahlkriterien,…)

7 **Bauteil und Prozessprüfung** (Qualitätskriterien, Prüfung und Überwachung des Prozesses, Prüfung des Bauteils ,…)

8 **Anforderungsliste und Liefervereinbarungen**

9 **Sicherheit und Umwelt**

10 **Symbole und Abkürzungen / Glossar**

11 **Anhang**

12 **Schrifttum** (Gesetze, Verordnungen, Verwaltungsvorschriften, Technische Regeln, Literatur…)

Die VDI-Richtlinie 3404 richtet sich an?

Begriffe und Definitionen

Generative Fertigungsverfahren

Generativ [aus dem Lateinischen]- erzeugend, urformend
hier: Aufbauende Verfahren, z. B. element- oder schichtweise, additiv.

Rapid Technologien = Rapid Verfahren

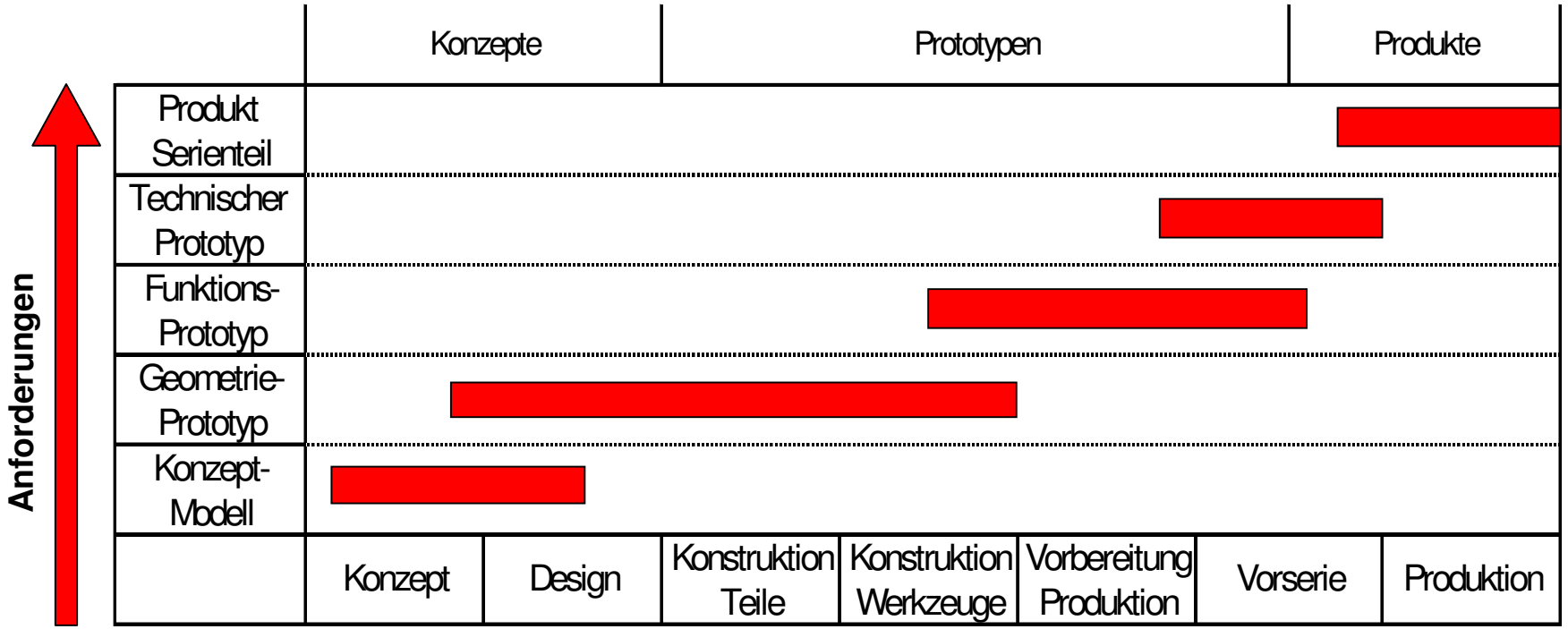
Zusammenfassung aller Prozessketten, die Bauteile unter Verwendung generativer Verfahren herstellen.

Rapid Prototyping

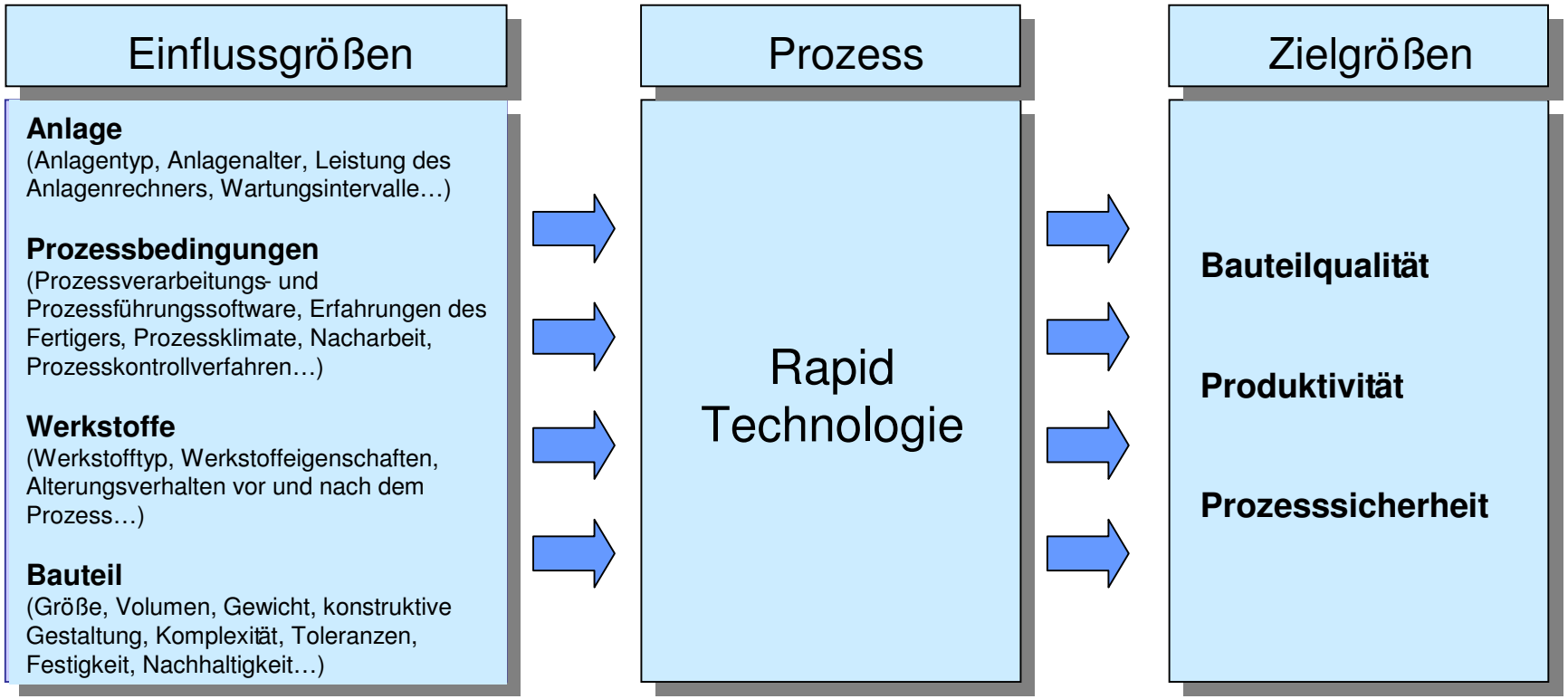
Generative Herstellung von Bauteilen mit eingeschränkter Funktionalität (Prototypen, Versuchsteile)
Eigenschaften: ausgewählte Merkmale, z.B. Geometrie, Haptik
Material kann, muss aber nicht Serienmaterial sein
Konstruktion kann, muss aber nicht fertigungsgerecht im Sinne der Serienfertigung sein

….

Einsatz von generativ gefertigten Bauteilen in der Produktentwicklung



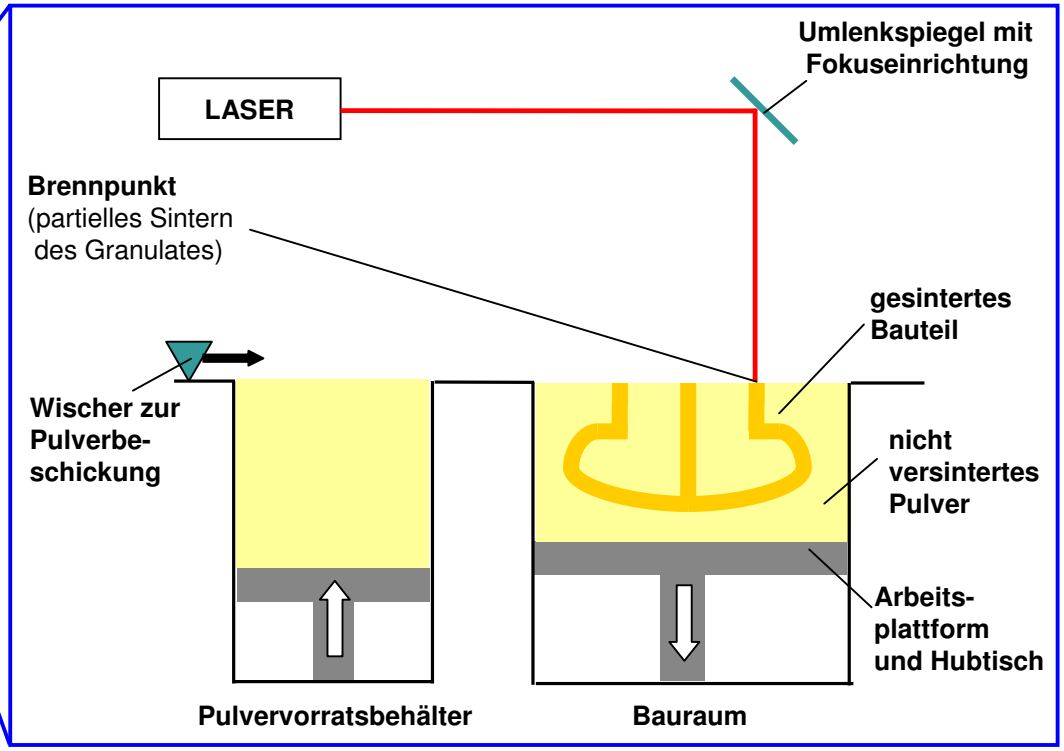
Einfluss- und Zielgrößendarstellung: Rapid Technologie-Prozess



Übersicht der betrachteten Verfahren

Generative Verfahren

- **Stereolithographie**
- **Laser Sintern**
- **Strahlschmelzen**
- **Fused Layer Modeling/ Manufacturing**
- **Multi-Jet Modeling**
- **Poly Jet Modeling**
- **3D-Printing**
- **Layer Laminated Manufacturing**
- **Masken Sintern**
- **Digital Light Processing**



Laser Sintern (LS)
Auch bekannt unter Selektives Laser Sintern (SLS)

Beispiele direkter Prozesse

Anwendungs-beispiel	Bauteilart	Generativer Fertigungs-prozess	Finishen	spezifische Merkmale des Bauteils	Bestim-mungsge-mäßes Teil	Opional: Nachbe-handlung
Im Ohr Hörgerät aus Acrylat	Produkt (Serienteil)	Stereolitho-graphie	• Manuelle Entfernung der Stützstruktur • Automatischer Waschprozess • Nachhärtung erforderlich	• Biokompati-bilität • Hohe Genauigkeit und Oberflächen-güte		• Strahlen • Tauchlack
Zahnrestaura-tion aus CoCr	Produkt (Serienteil)	Selektives Strahl-schmelzen	• Manuelle Entfernung der Stützstruktur durch Fräsen • Manuelle Reinigung durch Strahlen	• Hohe Genauigkeit • Gute Werkstoff-eigenschaften • Biokompabilität • Dauerbelast-barkeit		• Verblendung mit Keramik
Kabelstecker KFZ- Bereich Aus PA12	Funktions-Prototyp	Laser Sintern	• Manuelle Reinigung durch Strahlen	• Dauerbelast-barkeit		
…	…	…	…	…	…	…

Institut für Produkt Engineering

INGENIEURWISSENSCHAFTEN

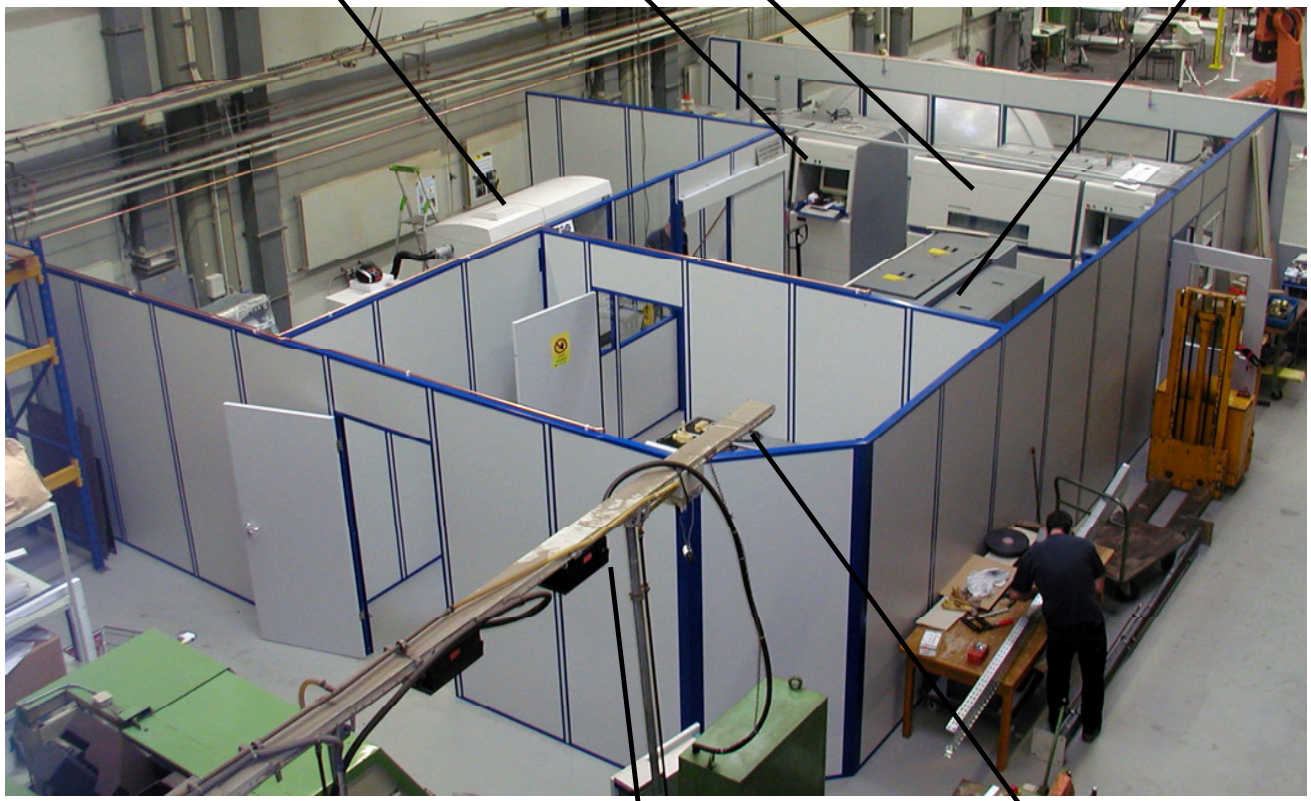
MASCHINENBAU

ipe
Institut für Produkt Engineering

Professuren

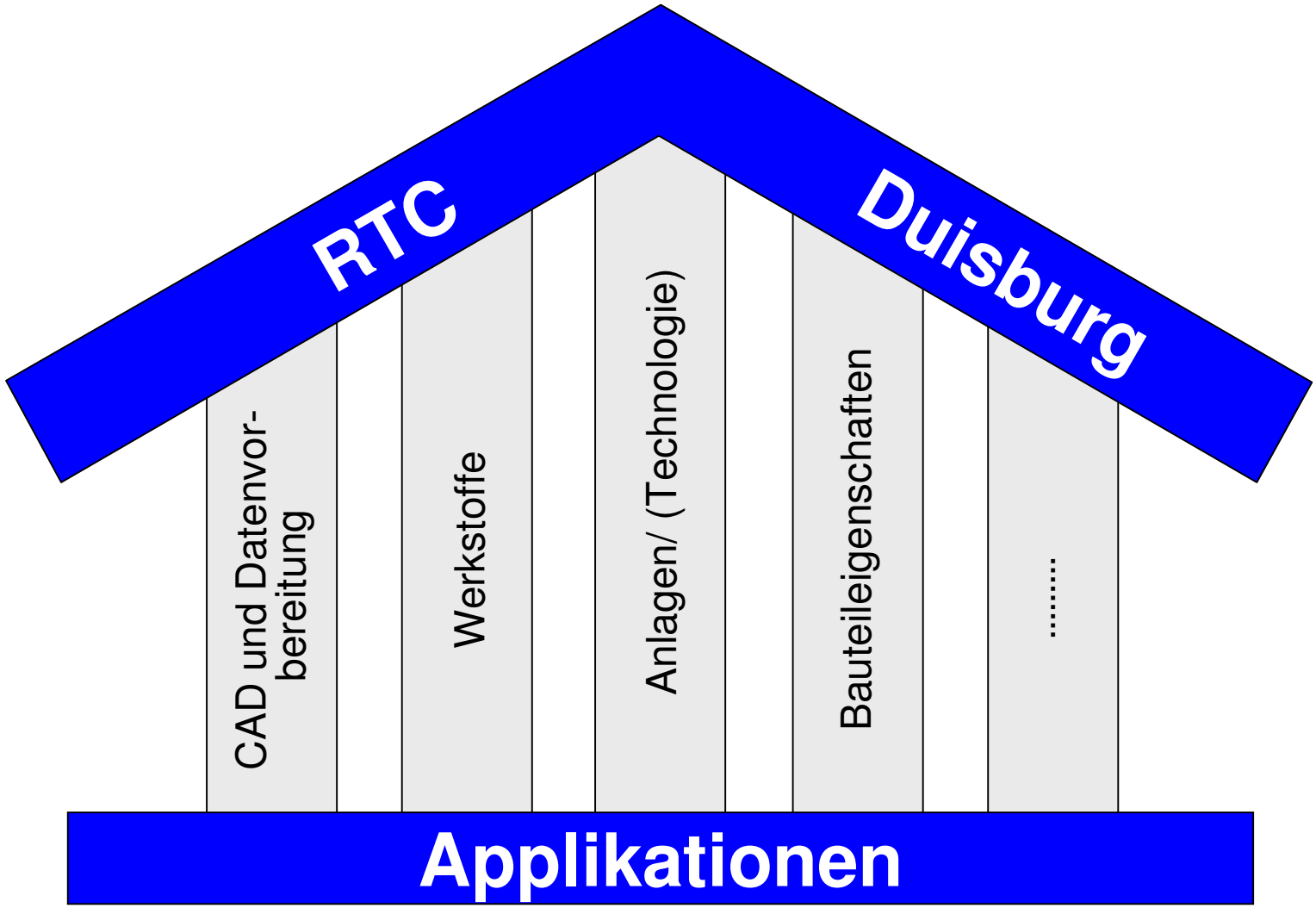
Konstruktion und Kunststoffmaschinen	Prof. Dr.-Ing. Johannes Wortberg
Rechnereinsatz in der Konstruktion	Prof. Dr.-Ing. Peter Köhler
Werkstofftechnik	Prof. Dr.-Ing. Alfons Fischer
Fertigungstechnik	**Prof. Dr.-Ing. habil. Gerd Witt**
Produktionstechnologie und Produktentwicklung	Prof. Dr.-Ing. Diethard Bergers
Transportsysteme und -logistik	Prof. Dr.-Ing. Bernd Noche

Rapid Technology Center (RTC) an der Universität Duisburg-Essen

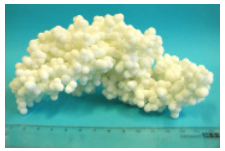
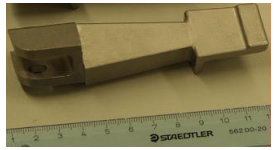


+ 3D-Scannen: KonicaMinolta + GOM

Forschungsschwerpunkte



Auszug: Anwendungsbeispiele am Lehrstuhl Fertigungstechnik

Anwendungsbereiche	Partner	Beispiele
Medizin	3D ReproMol; Cranio Construct Bochum	
Automobilindustrie	DaimlerChrysler; BRABUS; BMW	
Konsumgüter	PUKY	
Pumpen und Verdichter	Strömungsmaschinen	
Reverse Engineering/ Restauration	Konica Minolta; NRU Präzisionstechnologie GmbH	

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt:

Prof. Dr.-Ing. habil. Gerd Witt
Lehrstuhl Fertigungstechnik

Tel.: 0203/379-3360
E-Mail: gerd.witt@uni-due.de
Web: www.uni-due.de/fertigungstechnik

Chancen und Risiken des Rapid Manufacturing

Chancen:

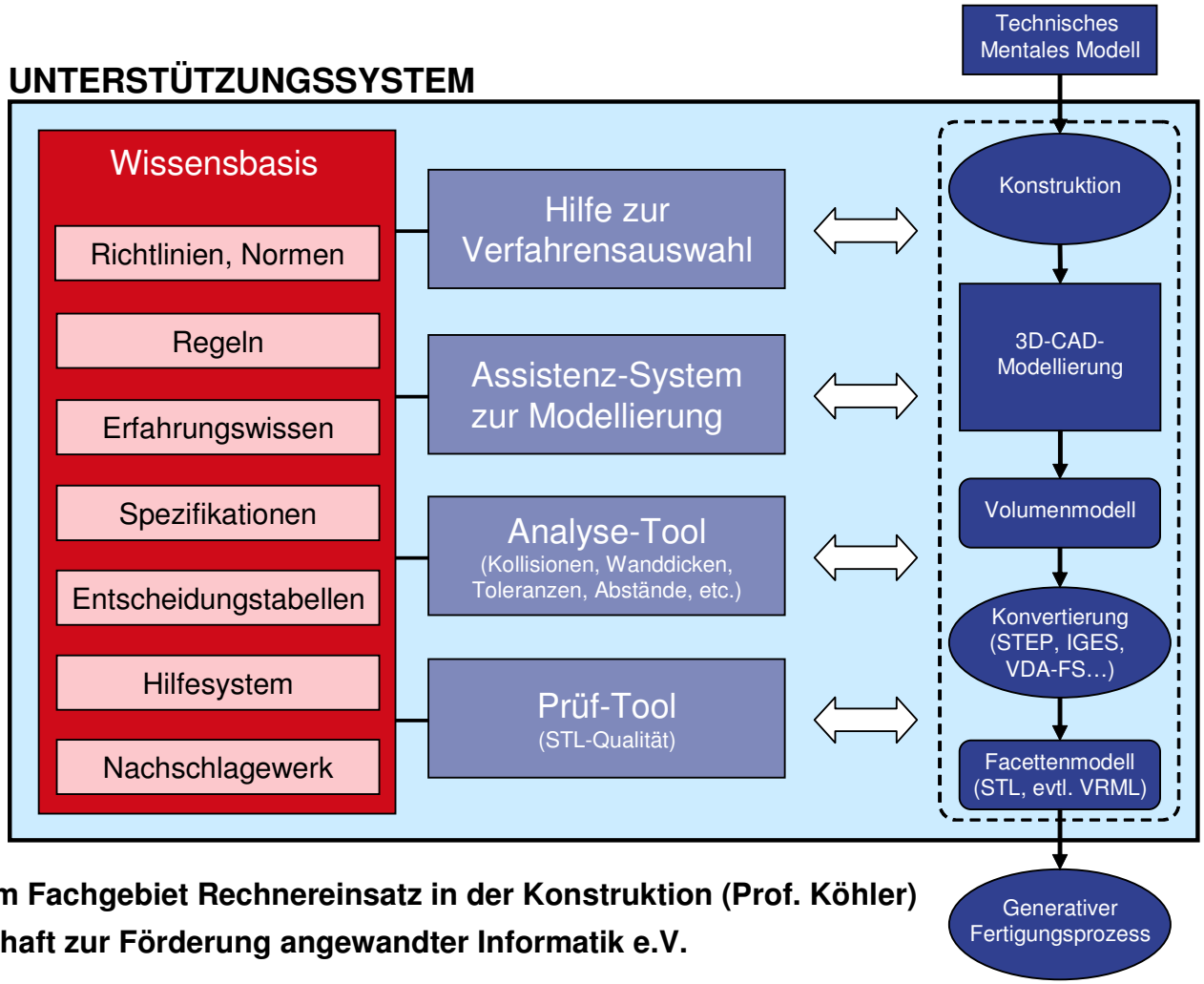
- Generativer Prozess, der direkt über CAD-Daten – ohne den Umweg über konventionelle Fertigungsverfahren – zum fertigen Werkstück führt
- Schneller Prozess (bezogen auf die Gesamtfertigungszeit)
- Schichtweiser Aufbau, das bedeutet eine hohe geometrische Freiheit in der Konstruktion (konturnahe Kühlung)
- Zusammenfassung von Funktionen, die eine spätere Montage überflüssig machen
- Wirtschaftliche Herstellung kleiner bis mittlerer Losgrößen

Risiken:

- Hohe Anlagenkosten
- Bisher noch wenig direkte Märkte vorhanden
- Werkstücke müssen oft nachbearbeitet werden, wenn hohe Oberflächenqualität erforderlich ist
- Einschränkungen in der Baugröße und im Werkstoffbereich

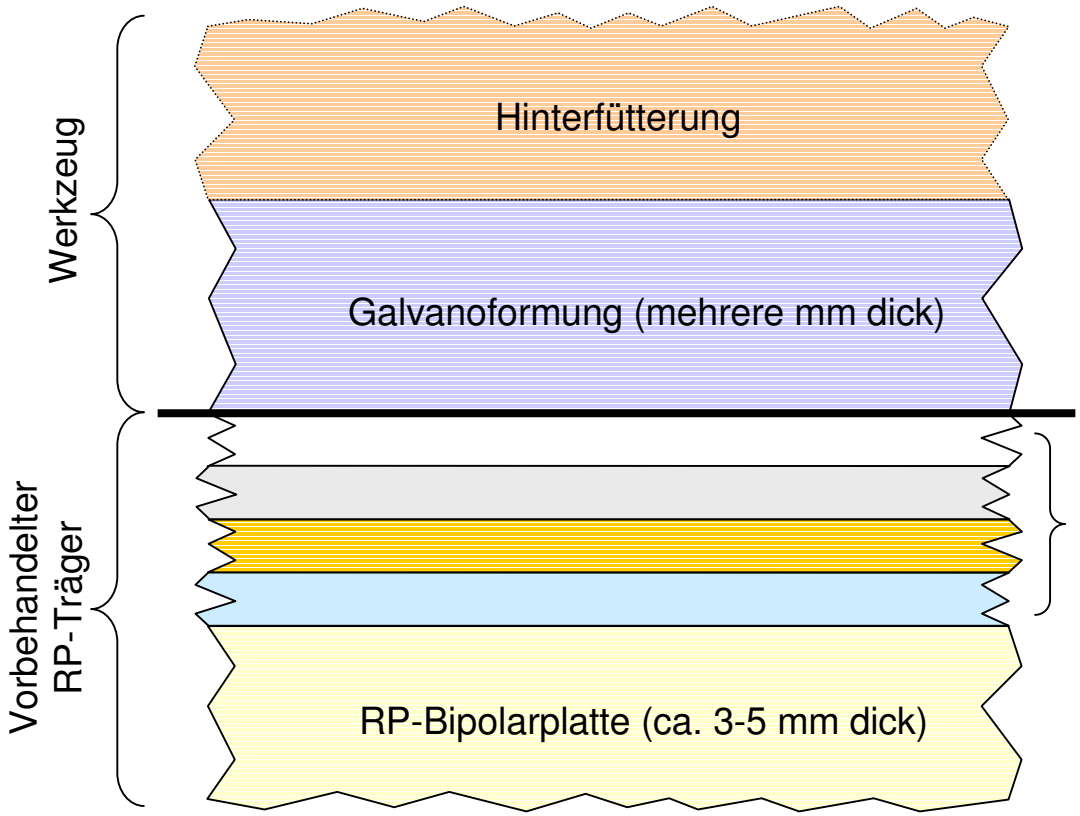
Wissensbasiertes Unterstützungssystem für RP gerechte CAD-CAM Prozesse

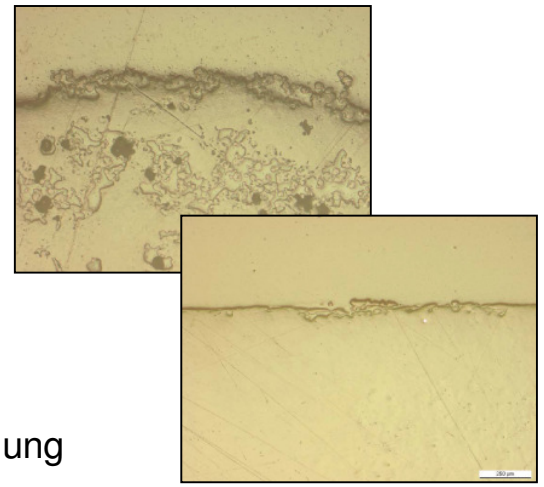
Gefördert durch
AiF
Otto von Guericke



In Kooperation mit dem Fachgebiet Rechnereinsatz in der Konstruktion (Prof. Köhler) und der GFaI Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e.V.

Alternative Spritzgieß-Werkzeugkonzepte (Bipolar Platte)





Kooperation mit dem Zentrum für Brennstoffzellen Technik und dem Forschungsinstitut Edelmetalle & Metallchemie

Gefördert durch
AiF Otto von Guericke

VDI - Guideline 3404

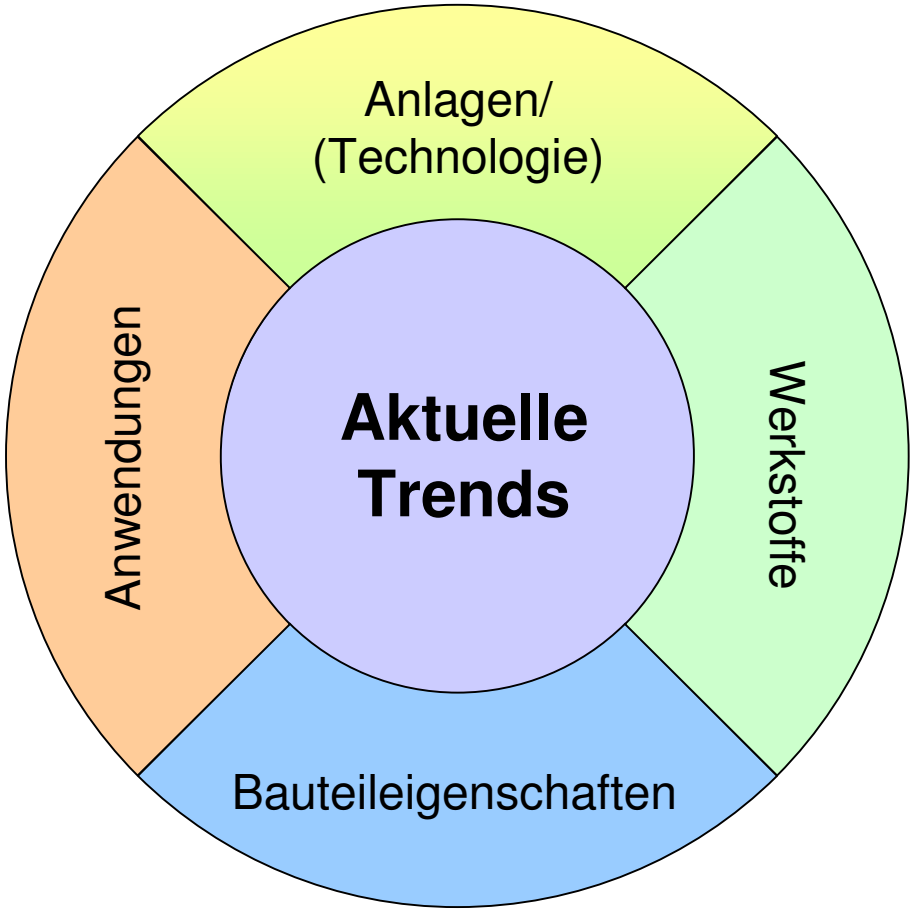
ICS 13.###.##	VDI-RICHTLINIEN	##.##.200#
VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE	Generative Fertigungsverfahren -Rapid Technologien (Rapid Prototyping) Grundlagen, Begriffe, Qualitätskenngrößen, Liefervereinbarungen	VDI 3404 Blatt # *Vorentwurf Nr 03* *2007-07-04*

Rapid Technologies ……	*Einsprüche bis 200# ## ##* • *vorzugsweise in Tabellenform als Datei per E-Mail an adb@vdi.de* *Die Vorlage dieser Tabelle kann abgerufen werden unter http://www.vdi-richtlinien.de/einsprueche* • *in Papierform an* *VDI-Gesellschaft Produktionstechnik (ADB)* *Postfach 10 11 39* *40002 Düsseldorf*

Leiter des Fachausschusses:
Prof. Dr.-Ing. habil. Gerd Witt
Universität Duisburg-Essen, Campus Duisburg

Stellvertreter:
Dr.-Ing. Volker Grießbach
V.G. Kunststofftechnik GmbH, Chemnitz

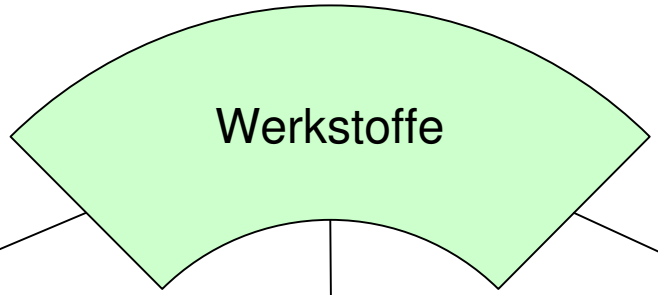
Forschungsschwerpunkte - Entwicklungstrends



Werkstoffklassifizierung (RP)

Materialeigenschaften:

- E-modul
- Streckgrenze
- Härte
- Kerbschlagzähigkeit
- Wärmeleitfähigkeit
- …
- Zugfestigkeit
- Bruchdehnung
- Rauheit
- Wärmekapazität
- Wärmeausdehnung



Keramiken

- Oxidkeramik
- Nichtoxidkeramik
- Silikatkeramik

(Hydroxylapatit …)

Metalle

Eisenmetalle:

- Edelstahl (1.4404)…
- Werkzeugstahl (1.2344)…

Nichteisenmetalle:

- Schwermetalle (Au, Ag, CoCr-Legierung…)
- Leichtmetalle (Al-,Ti-Legierung,…)

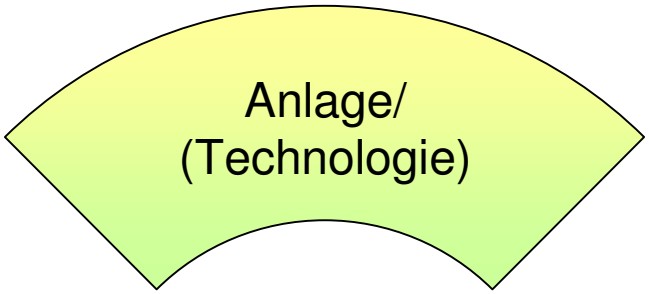
Kunststoffe

- Thermoplaste
- Duroplaste
- Elastomere

(PEEK, PMMA…)

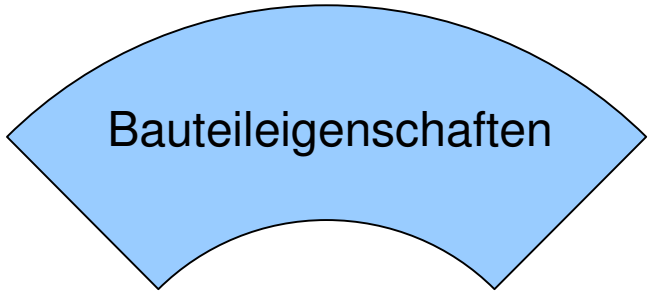
Plus: Verbundwerkstoffe

Haupteinschränkungen der RP-Anlagen



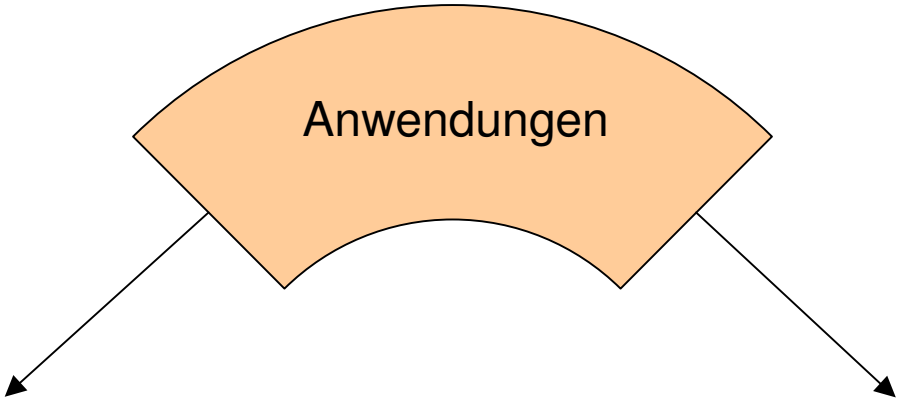
- Schichtdicke: Je dünner die Schichten sind, desto detailtreuer ist das Bauteil bei steigender Herstellungszeit und -kosten
- Bauteilgenauigkeit: Minimale Wandstärke, Schrumpfung, Stützstrukturen, Rauheit…
- Bauteilgröße: Die Größe des Bauraums begrenzt die Größe des Modells
- Werkstoffe: Die Anlagen müssen an die Werkstoffe angepasst werden und umgekehrt
- Geschwindigkeit: Die Bauzeit eines Modells hängt hauptsächlich vom RP-Prozess, der Bauteilgröße und der Orientierung des Bauteils im Bauraum ab
- Kosten: Die Betriebskosten der Anlagen und die zu verarbeitenden Werkstoffe sind sehr hoch
- ….

Auszug von Bauteileigenschaften



- Bauteilgröße – evtl. Bauteil schneiden
- Bauteilkomplexität (Funktionsintegration,…)
- Bauteildichte (Leichtbau,…)
- Optische Eigenschaften (Farbe,…)
- Oberflächenqualität und -eigenschaft (Rz,….)
- Steifigkeit, Härte…
- Porosität, Biokompatibilität, Sterilisierbarkeit…
- Chemikalienbeständigkeit
- Hitzebeständigkeit
- Verschleißfestigkeit
- …

Anwendungsfelder beim Rapid Prototyping



Produktionsbezogene Anwendungen während der Produktentwicklung für

- Konsumgüter
- Elektronikgüter
- Fahrzeugindustrie
- Luft- und Raumfahrt
- …

Nicht produktionsbezogene Anwendungen in den Bereichen

- Medizin:
  - individuelle medizinische Modelle
  - medizinische Apparaturen
  - Implantate und Prothesen
- Architektur
- Kunst
- …

VDI - The Association of German Engineers

VDI The Association of German Engineers

- established in 1856
- financially independent and politically unaffiliated, non-profit organization
- the largest engineering association in Western Europe with
  - ⟶ more than 132,000 engineers and natural scientists
  - ⟶ about 13,000 of these members work for the VDI in an honorary capacity
- leading institution for training and technology transfer among experts
- partner at preliminary stages of decision-making processes in matters of technological policy

VDI guidelines

VDI The Association of German Engineers

- The VDI has built up a set of technical regulations in the last 40 years
  - ⟶ more than 1700 valid guidelines exists
  - ⟶ existing guidelines are updated regularly in line with technical developments
  - ⟶ each year about 160 new VDI guidelines are published

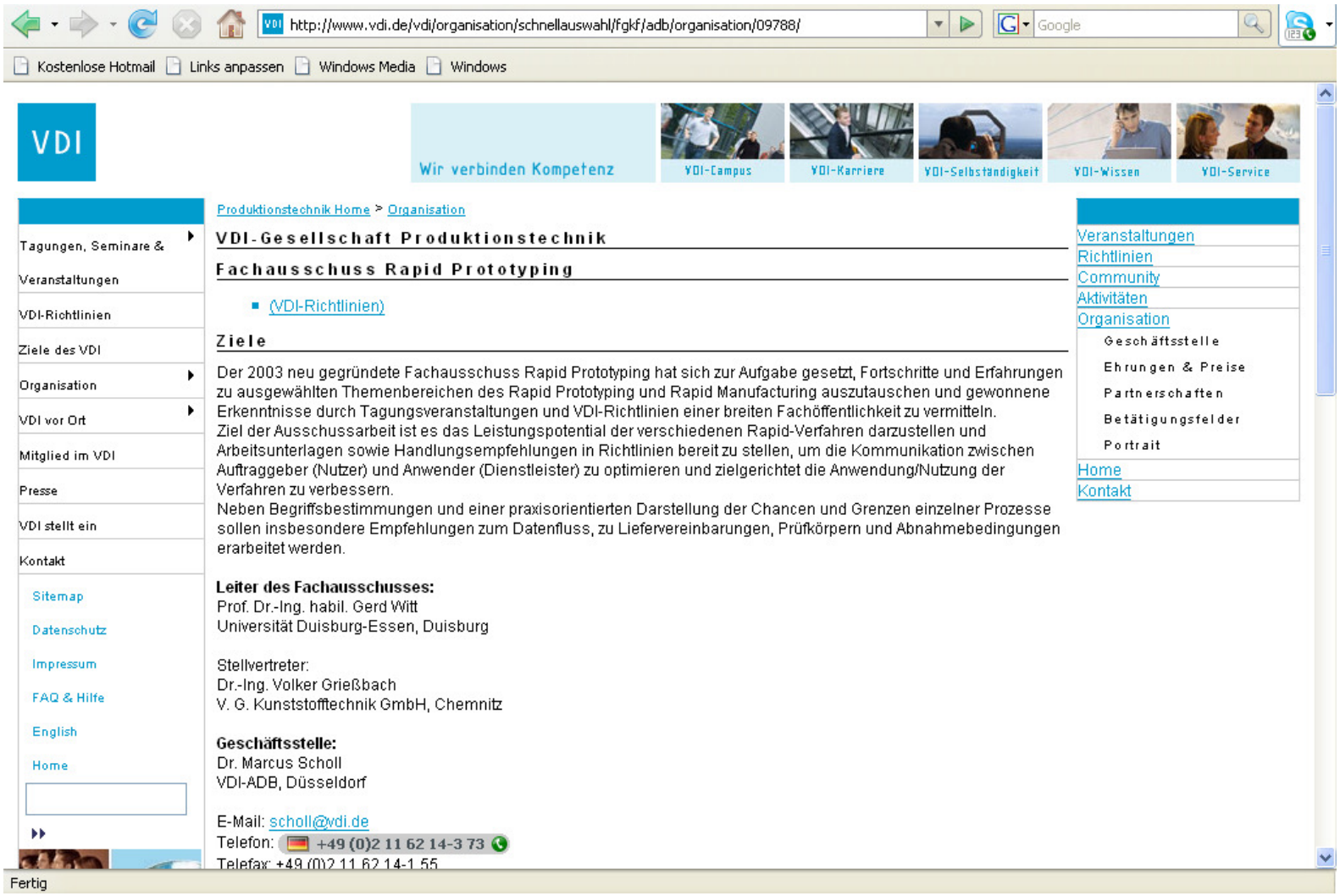
Transfer of technical knowledge as a service to engineers and students!

Significance of VDI guidelines

VDI The Association of German Engineers

- VDI guidelines are trend-setting working documents
- They provide well-founded bases for decision taking processes and represent benchmarks for unobjectionable technical proceeding
  - ⟶ VDI guidelines provide practising engineers with the security to be in line with approved technical regulations
- They have legal importance at the national level e.g. by their inclusion in acts, ordinances, decrees or regulations
- Practical supplement to European and international rules

Ziele der VDI-Richtlinie 3404

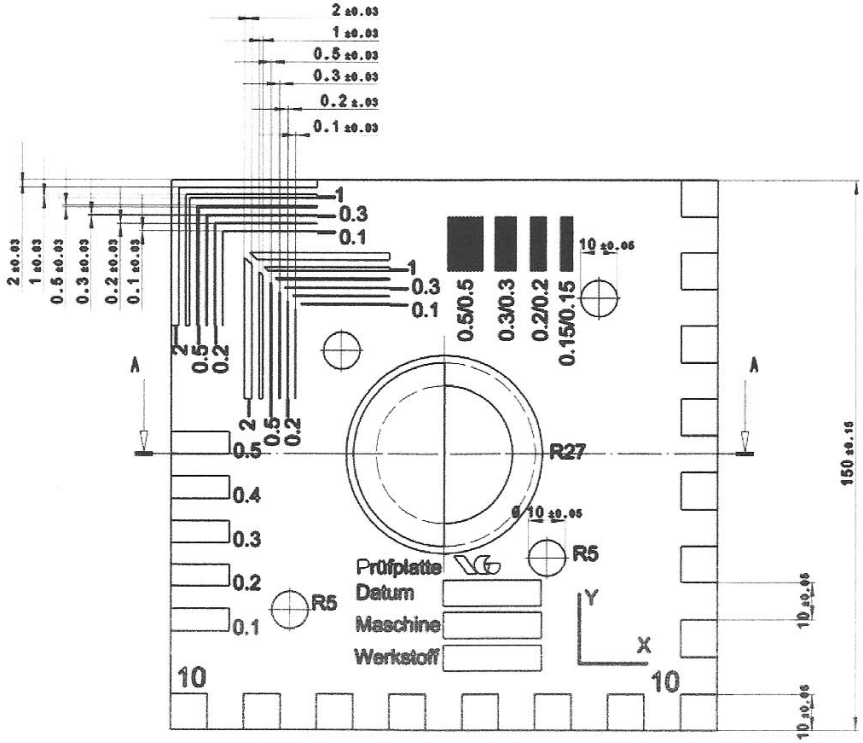


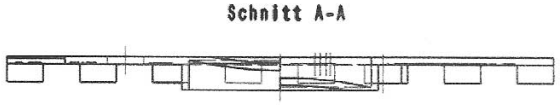
Beispiel eines möglichen Testkörpers

Zur Beurteilung der

Prozessgenauigkeit und

Prozessstabilität

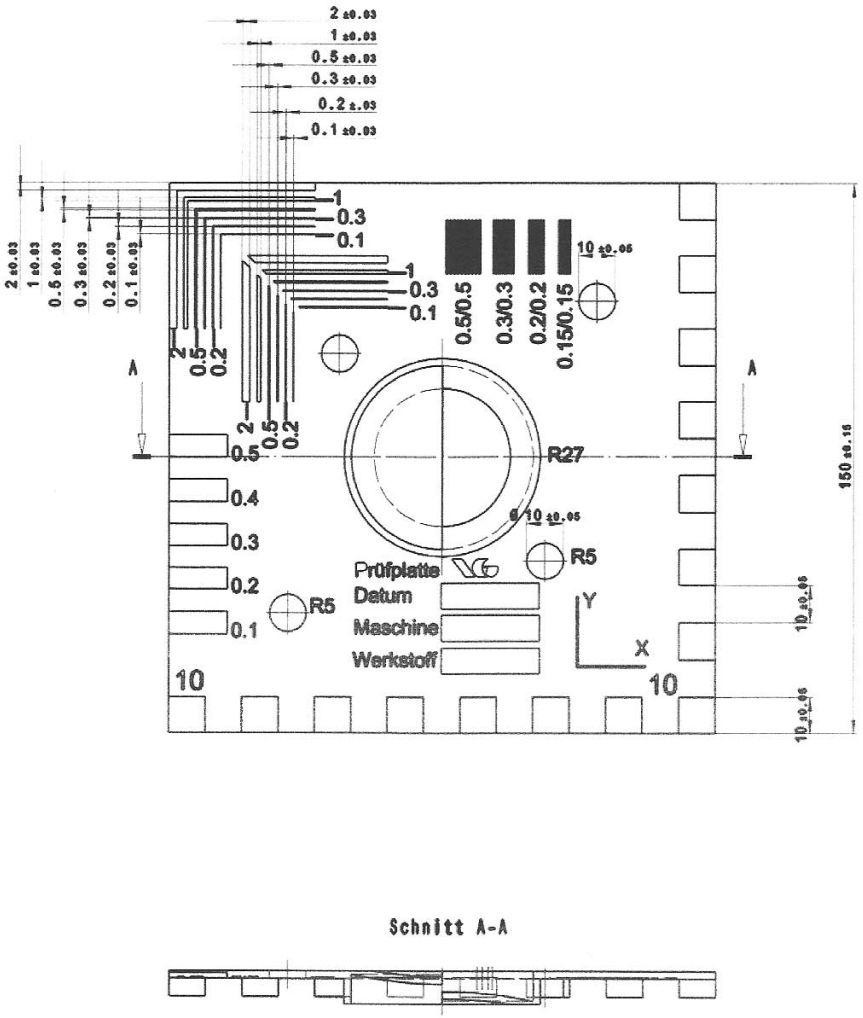




Example of a possible test body

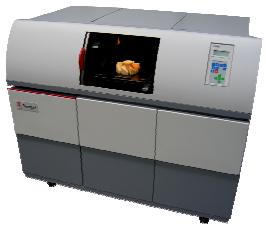
This exemplified test body can be used for evaluation of:

- **process exactness**
- **reproduction accuracy**
- **dimensional accuracy**
- **process stability**



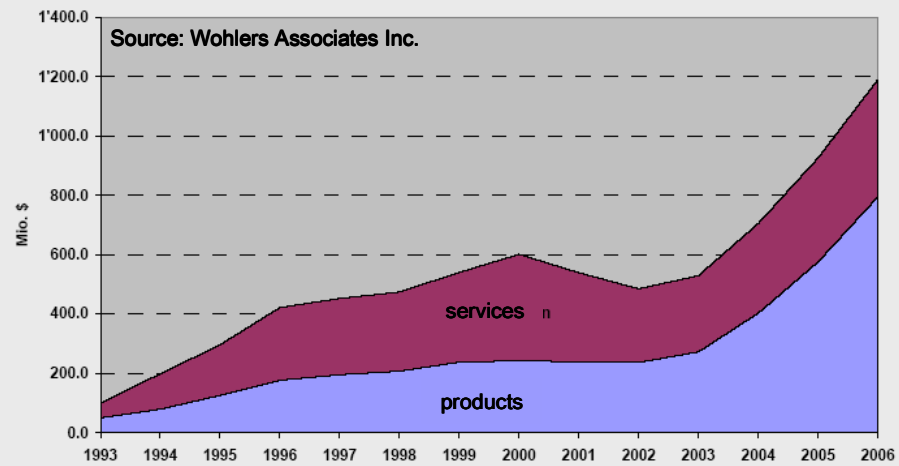
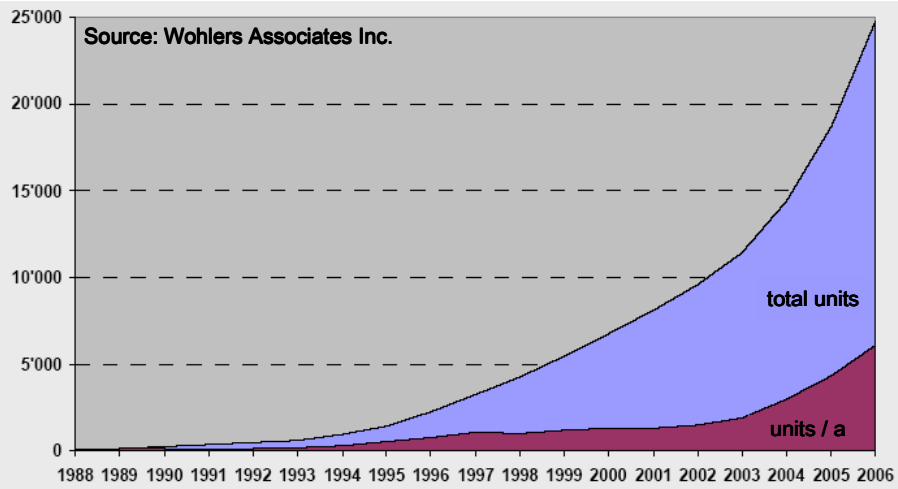
Equipment of the Rapid Technology Center (RTC)

	Technology	Machines in RTC	Building chamber	Materials
RP-machines	Direct Metal Laser Sintering (DMLS)	EOSINT M 270	250 x 250 x 215 mm	DirectMetal 20 DirectSteel H20 StainlessSteel 17-4 CobaltChrome MP1
	Selektive Laser Sintering (SLS)	Sinterstation 2000 (2x)	Ø 270 x 390 mm	Duraform (PA), DuraForm GF (PA), Laser Form ST100, Polystyrol (PS)
		Sinterstation 2500	380 x 320 x 400 mm	
	3D-Printing (3DP)	Z-Corp Z 402	250 x 200 x 125 mm	ZP100 ZP11
	ThermoJet (TJ)	ThermoJet SOP	250 x 190 x 200 mm	Thermopolymer TJ88 or TJ2000
Misc.	3D-Scanning	Konica Minolta Vivid 700	Max. Scanwindow at distance of 800 mm: 330 x 330 x 170 mm	Antireflection spray



Industry growth in the field of Rapid Prototyping

Worldwide revenues for RP products and services



Anually and overall sold RP units worldwide