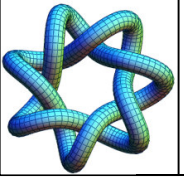
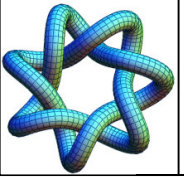


Strobl 7. Nov. 2015

Trends in der Produktentwicklung

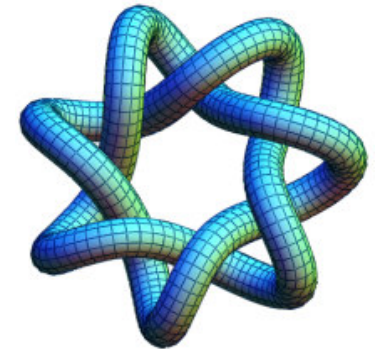


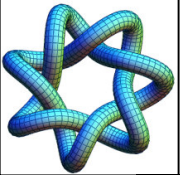
- **Allgemeines**
 - GeKo
 - DG und Konstruktion
- **Produktentwicklung in Industrie und KMU's heute**
 - PEP und global verteilte Entwicklung
 - PDM & PLM
- **Konstruktion und Produktentwicklung in der Lehre**
 - PLM
 - Anforderungen, Lehrinhalte, ...



Chemie
Elektrotechnik
Maschinenbau
Mechatronik
Informatik
Hochbau
Tiefbau

...





- Homepage www.3d-cad.at

ARGE 3D-CAD

an österreichischen HTL's



Startseite	CAD Systeme	Berechnung & FEM	Wettbewerbe	PDM-UP	Links	Seminare	Methodik	Kontakt	Intranet
------------	-------------	------------------	-------------	--------	-------	----------	----------	---------	----------

Startseite

CAD Systeme

Berechnung & FEM

Wettbewerbe

PDM-UP

Links

Seminare

Methodik

Kontakt

Intranet

Willkommen auf der Homepage der österreichischen ARGE 3D-CAD

Die Arbeitsgruppe 3D-CAD beschäftigt sich mit grundsätzlichen Fragen des dreidimensionalen Konstruktionsunterrichts an Höheren technischen Lehranstalten und Fachschulen. Die Arbeitsgruppe erarbeitet unter anderem Vorschläge und Empfehlungen, die die Schulen bei der pädagogischen Gestaltung des Unterrichts oder der Verwendung und Implementierung von Software-Tools unterstützen.

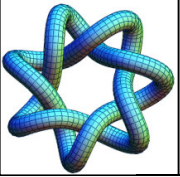
Der Bereich der Konstruktion ist in vieler Hinsicht durch besondere Anforderungen geprägt. Der Konstruktionsunterricht integriert Wissen aus verschiedenen Unterrichtsbereichen und ist damit ein zentraler Kompetenzbereich der Fachrichtung Maschineningenieurwesen und von Fachrichtungen im Umfeld des Maschinenbaus.

Aktuelle Arbeitsgebiete der Arbeitsgemeinschaft sind:

- Mitwirkung bei der Erarbeitung des Bildungsstandards der Höheren Lehranstalt für Maschineningenieurwesen
- Erarbeitung eines Konzeptes für den standardbasierten Unterricht im Bereich Konstruktion
- 3D-CAD Wettbewerbe
- Forschungs-Bildungsk Kooperationen zwischen der österr. TU's und den österreichischen HTL's
- Vorschläge und Angebote für die Lehrer/innenfortbildung

Homepage der österreichischen HTL's: <http://www.htl.at>

[Schwerpunktportal CAD auf der HTL-Homepage](#)



- **GeKo-BAG** (Geometrie und Konstruktion Bundes-ARGE)

bm:bf / Sektion II

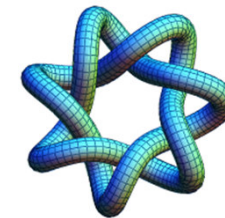
DiFAG
HTL-
Sektion



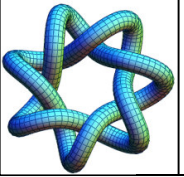
GeKo-
BAG



ARGE-3D



Gemeinsame
Bundesarbeitsgruppe



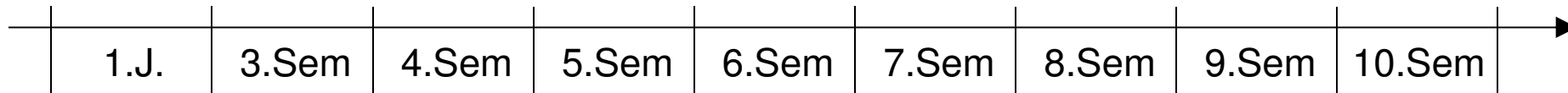
KOP1 - Inhalte

- **KOP1 an Maschinenbau – HTLs**

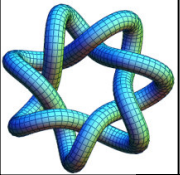
KOP1 - DG

KOP1 - Maschinenelemente

KOP1 - Konstruktion



- Situation DG – Professoren an HTLs
- DG-Inhalte inhaltlich und didaktisch richtig vermitteln



about us

- <http://www.htl.at/de/htlat/schwerpunktportale/kop1.html>

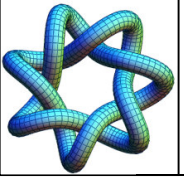
■ UNTERRICHT & ABSCHLUSSQUALIFIKATION
■ GENDER & DIVERSITY - MÄDCHEN IN DIE TECHNIK
■ LEHRERIN UND LEHRER AN DER HTL: DER BERUF MIT VIELFALT
■ LEHRPLÄNE
■ DIPLOM- UND ABSCHLUSSARBEITEN
■ FACHRICHTUNGEN
■ SCHWERPUNKTPORTALE
IGIP
3D-CAD
Bundesarbeitsgemeinschaft Informationstechnologien
CLIL (Content and Language Integrated Learning)
Entrepreneurship for Engineers
» KOP1
Aktuelles
Arbeitsgebiet
Organisation
Unterrichtsmaterial
» KOP1 Beispiele 1.Jahr
KOP1 Beispiele 3.Sem
KOP1 Beispiele 4.Sem
Bücher und Literatur

1.JAHR

im ersten Jahr findet im Fach KOP1 keine Semestrierung statt

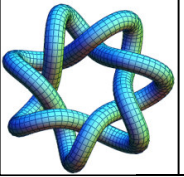
Fachrichtung	Maschinenbau	1.JG		
Gegenstand	Konstruktion und Projektmanagement (KOP1)			
Deskriptoren:	Schülerinnen und Schüler			
D1	können normgerechte Zeichnungen lesen			
D2-	können Konstruktionsaufgaben mittels geeigneter Abbildungsverfahren lösen sowie technische Bauteile normgerecht darstellen			
D3-	können technische Bauteile im Hinblick auf ihre Geometrie analysieren			
Bereich	Lehrstoff	Ausbildungsinhalt	Deskriptor	Ref. Bsp.
		Blattgrößen, Normschrift	D1	KOP1_1_1
		Linienarten, Linienbreiten, Schriftkopf	D1	KOP1_1_2
		Raumvorstellungstraining	D1, D2-, D3-	KOP1_1_3
		Ebene Figuren und Geometrische Grundkörper	D1, D2-	KOP1_1_4
		Koordinatensysteme: kartesisch, absolut, relativ, BKS	D1, D2-	KOP1_1_5
		Drehung, Spiegelung, Schiebung	D1, D2-, D3-	KOP1_1_6
		Freihandskizze	D1, D2-	KOP1_1_7
		Abbildungsverfahren: Projektionsvorgang, Normalrisse, Parallelriss, Zentralriss	D1, D2-	KOP1_1_8
		Haupt- / Grund- / Auf-		KOP1_1_9

Ausgearbeitete Beispiele zum Download



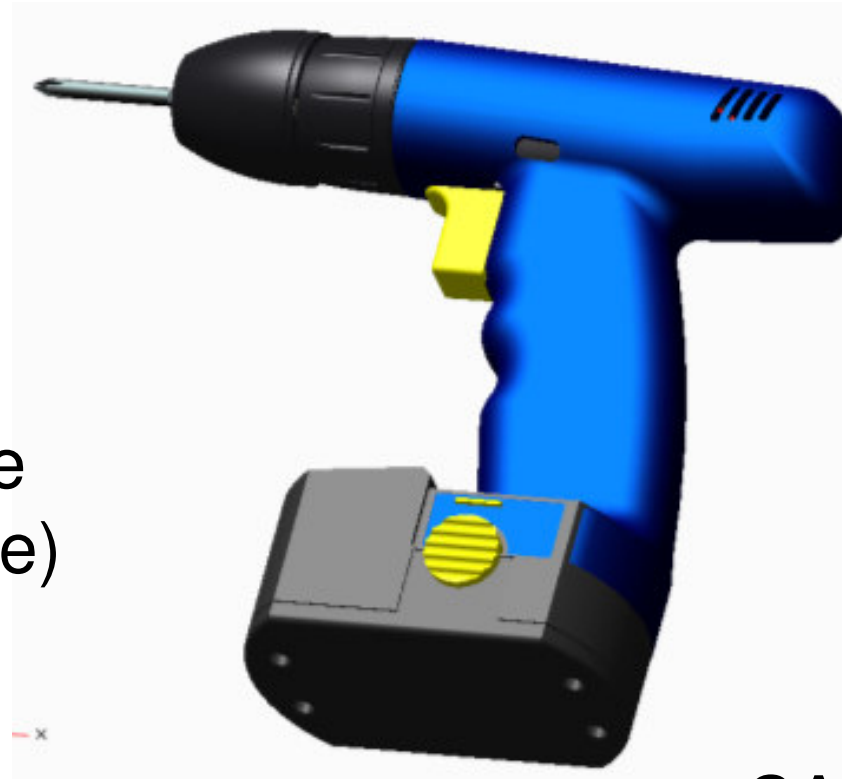
Strobl 7. Nov. 2015

DG & Konstruktion



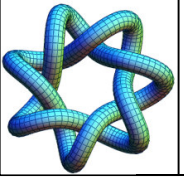
DG

Risse
Transformationen
Spiegelungen
Kurven
Kegelschnitte
Splines
Flächen (abwickelbare
und nicht abwickelbare)
Ebene Schnitte
Durchdringungen
Boole'sche Operationen
Abwicklungen
CAD

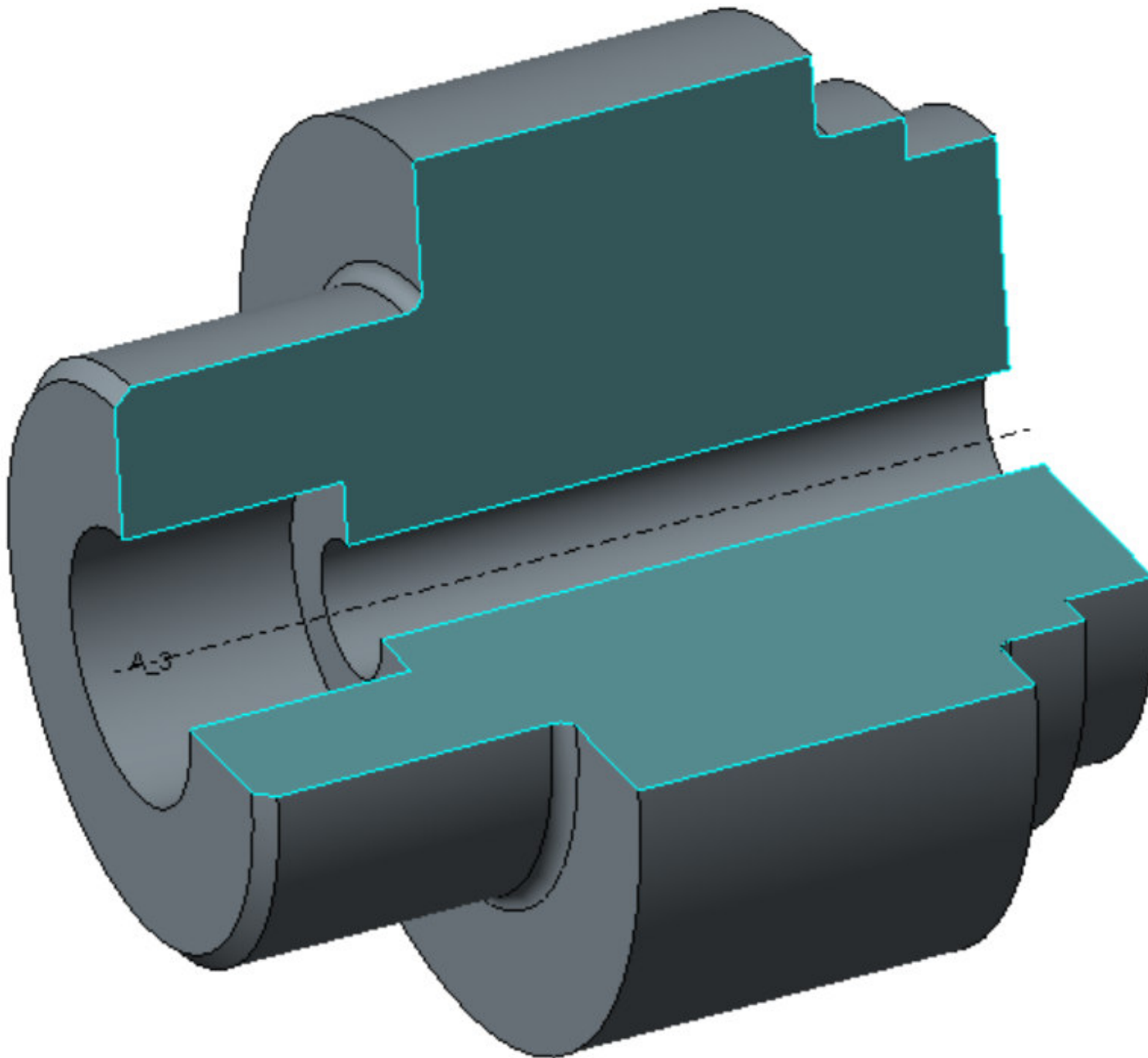


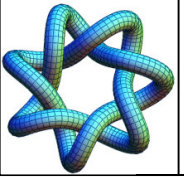
Konstruktion

Mechanik, Elektrik
Elektronik
Funktion
Fertigbarkeit
Montierbarkeit
Festigkeit
Zuverlässigkeit
Kosten
Design
Recycling
CAD, CAM, CNC, FEM
PDM, PLM
Rapid Prototyping



Was sehen Sie????





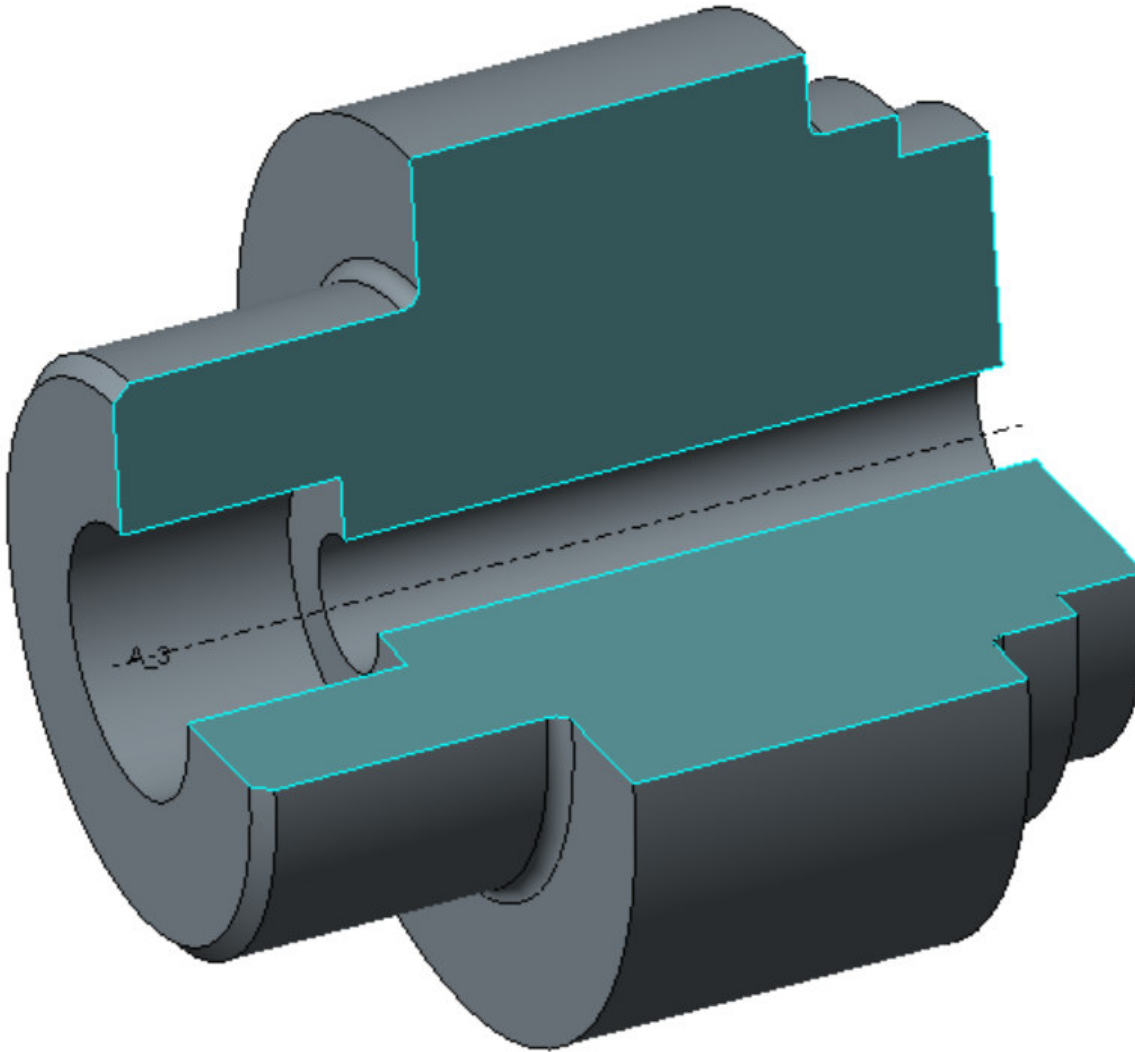
DG

...

...

...

...



Konstruktion

Rotationskörper

Fertigung: Drehen

Absatz links aussen

...

Senkbohrung innen

Koaxialität

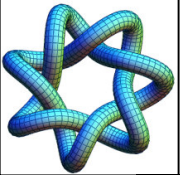
Rundlauf

Passungen

Toleranzen

...

→ wie fertigen?

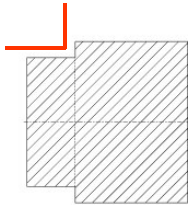


fertigungsgerechte Teilemodellierung

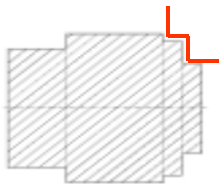
1. Erzeugen Rotationskörper



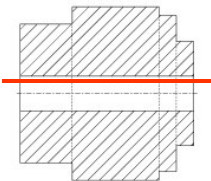
2. Linke Außenbearbeitung



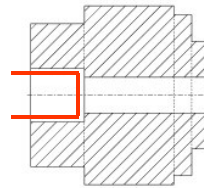
3. Rechte Außenbearbeitung



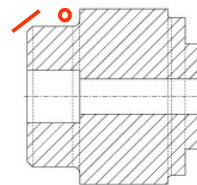
4. Durchgangsbohrung



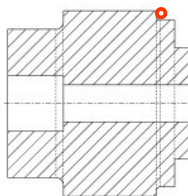
4. Rechte Stufenbohrung



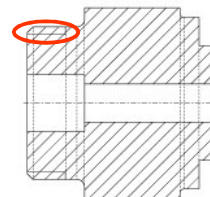
5. Radien, Fasen links



6. Radien, Fasen rechts



7. Gewinde



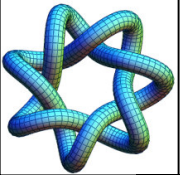
- **VORTEILE**

Entfernen einer Fertigungsstufe einfach möglich und saubere Teilestruktur → gute Änderbarkeit

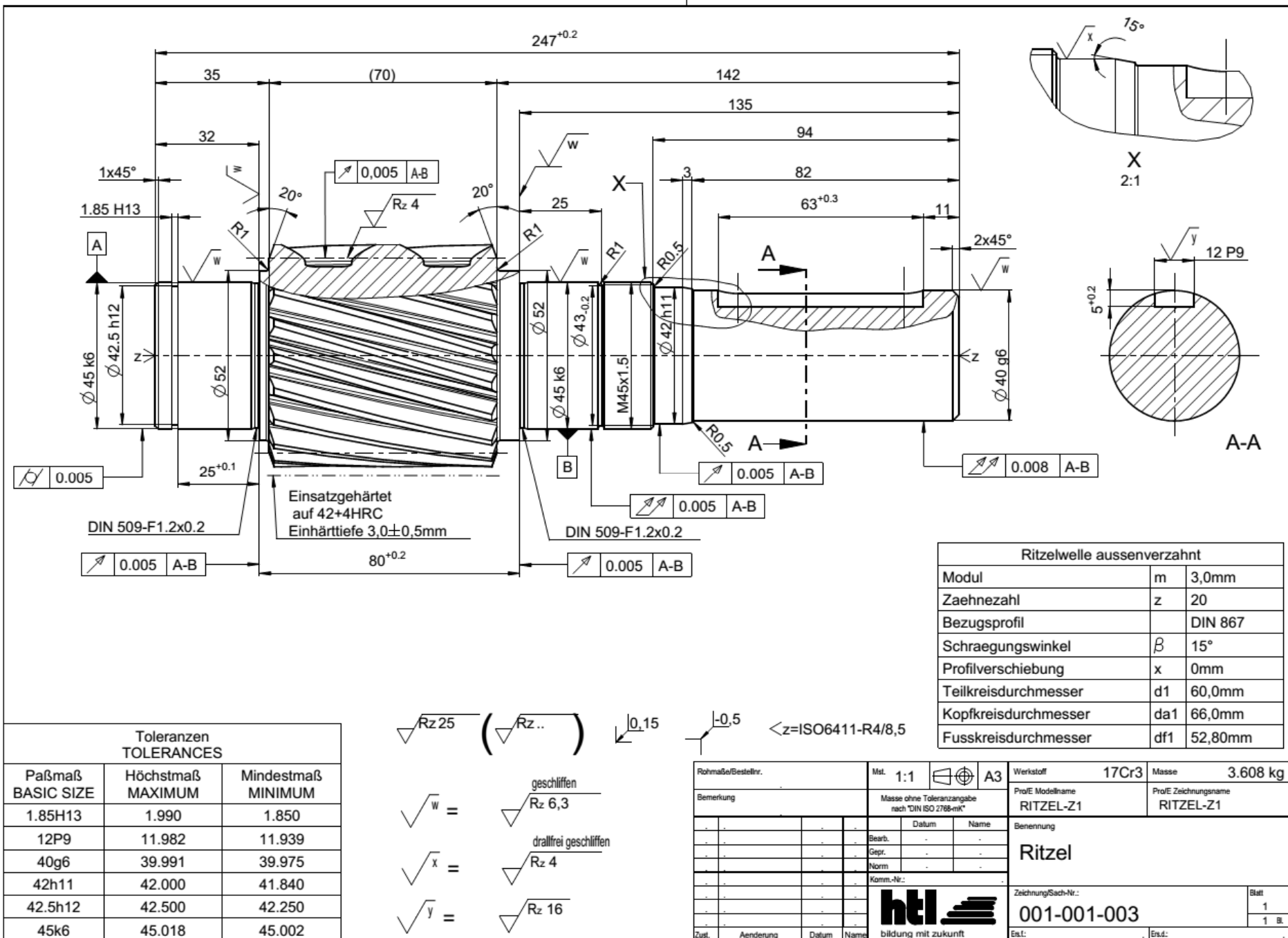
- **NACHTEILE**

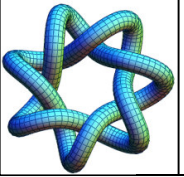
Planung vor Teilerzeugung nötig





fertigungsgerechte Zeichnung - II

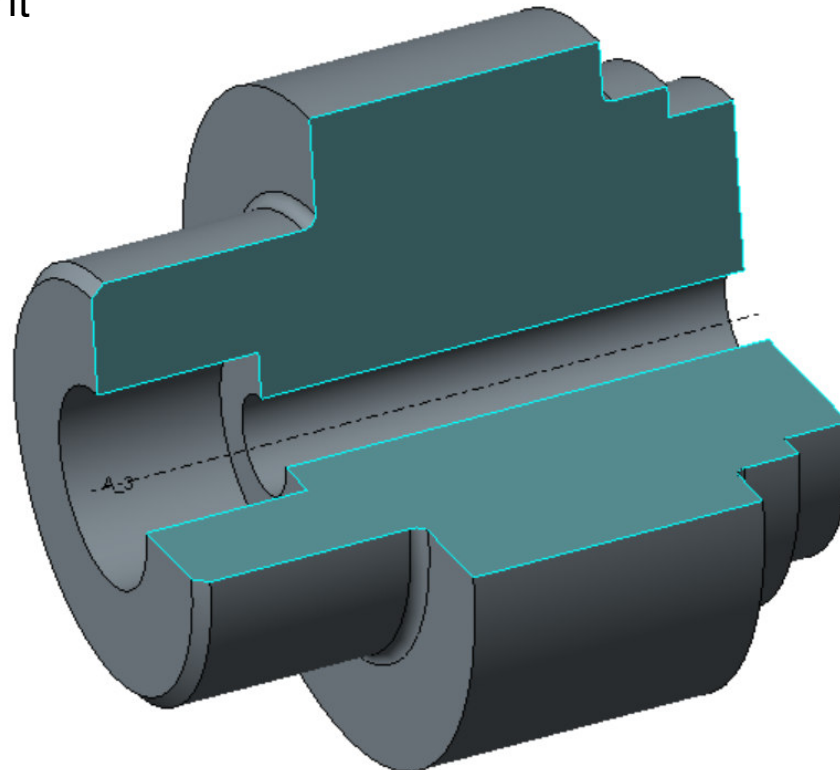
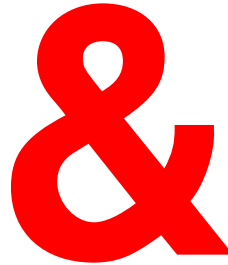




Anforderung

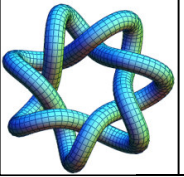
DG

Risse
Transformationen Spiegelung
Kurven Kegelschnitte, Splines)
Flächen (abwickelbare und nicht
abwickelbare)
Ebene Schnitte
Durchdringungen
Boole'sche Operationen
Abwicklungen
CAD
...

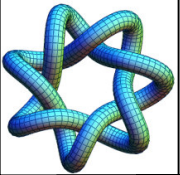


Konstruktion

Mechanik, Elektrik Elektronik
Funktion
Fertigbarkeit
Montierbarkeit
Festigkeit
Zuverlässigkeit
Kosten
Design
Recycling
CAD, CAM, CNC, FEM
PDM, PLM
Rapid Prototyping
...

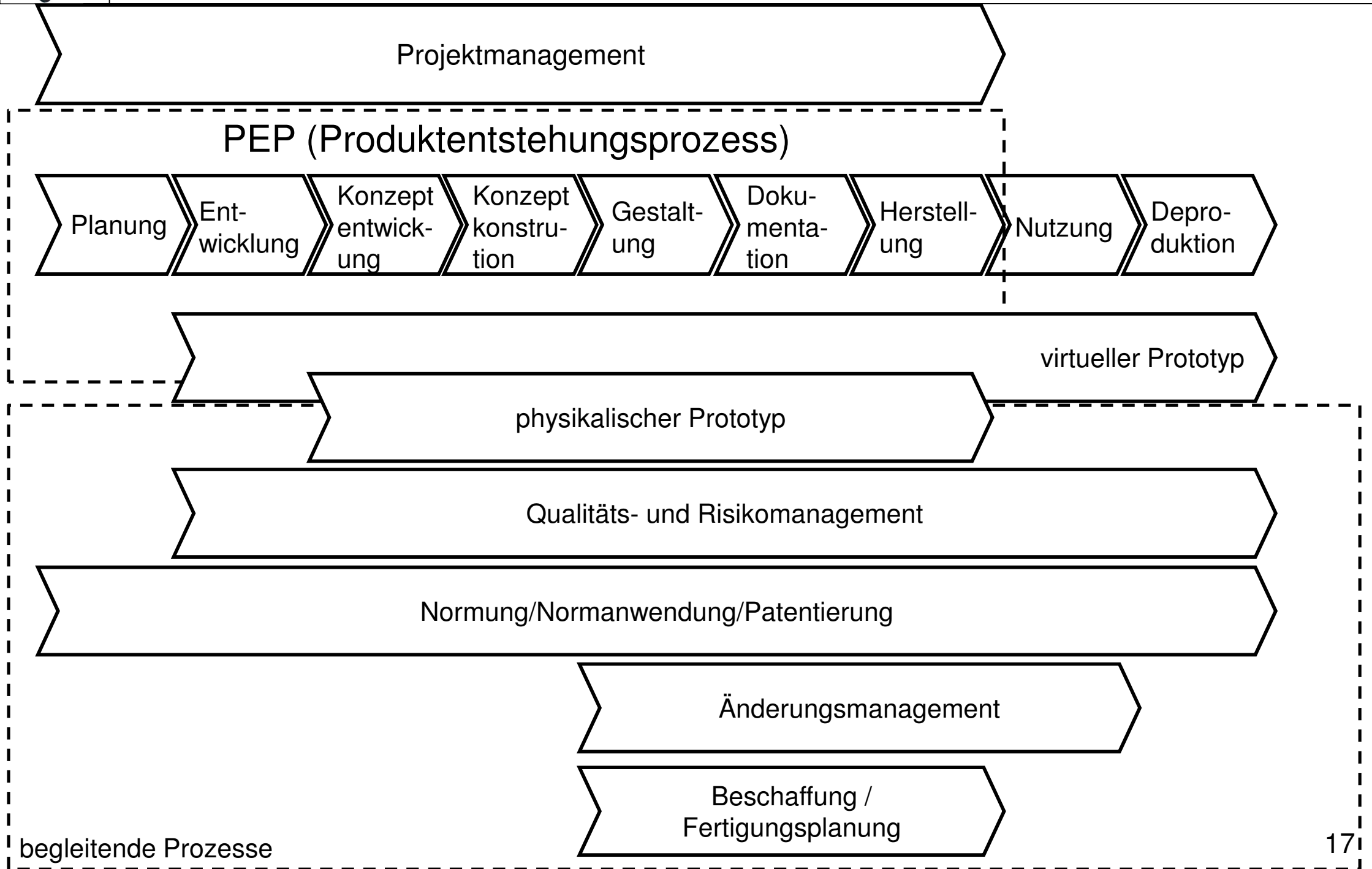


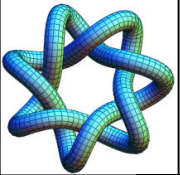
Konstruktion im Produktentstehungsprozess PEP



PEP - Details

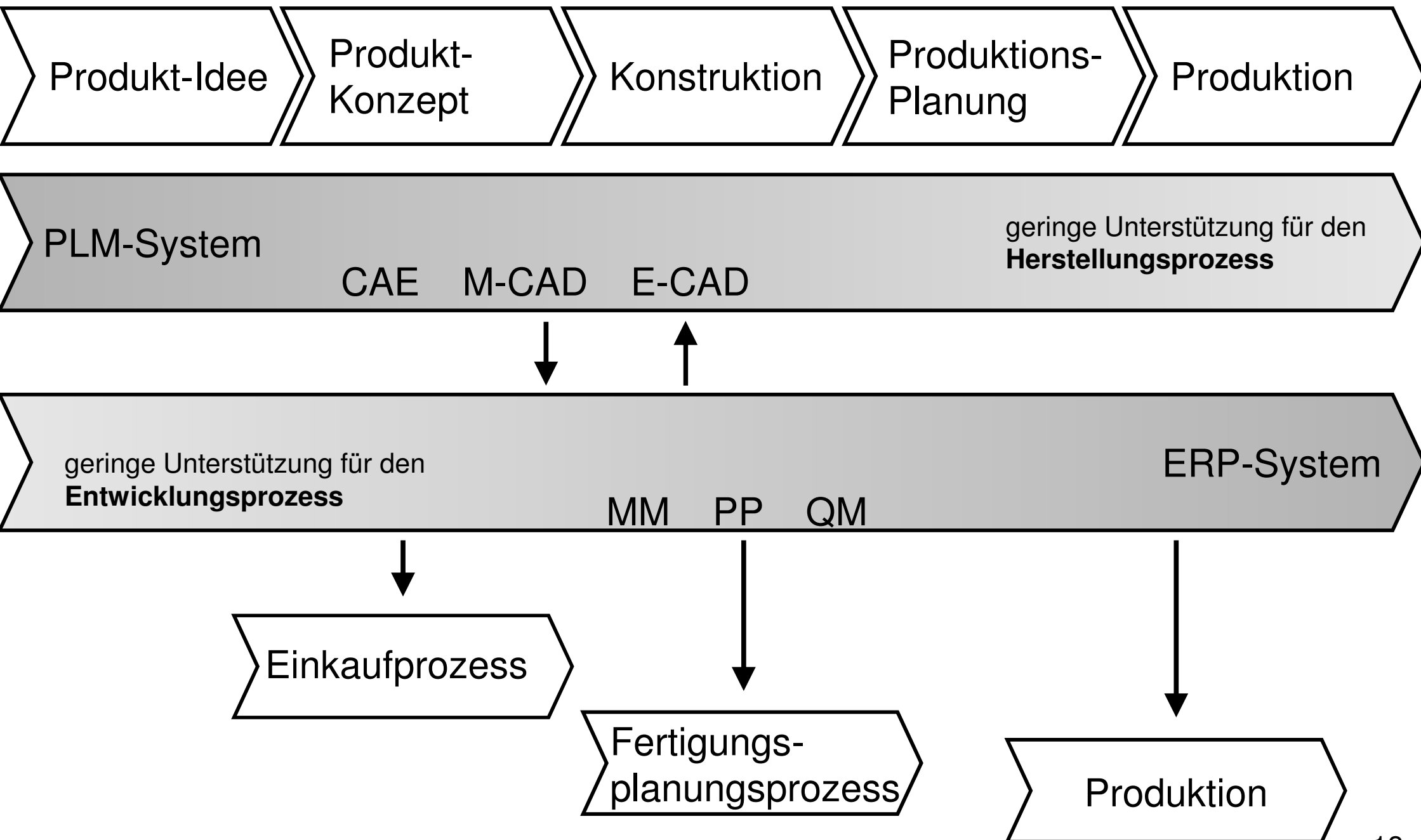
Quelle: Pahl-Beitz

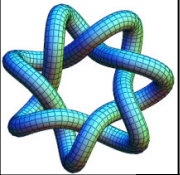




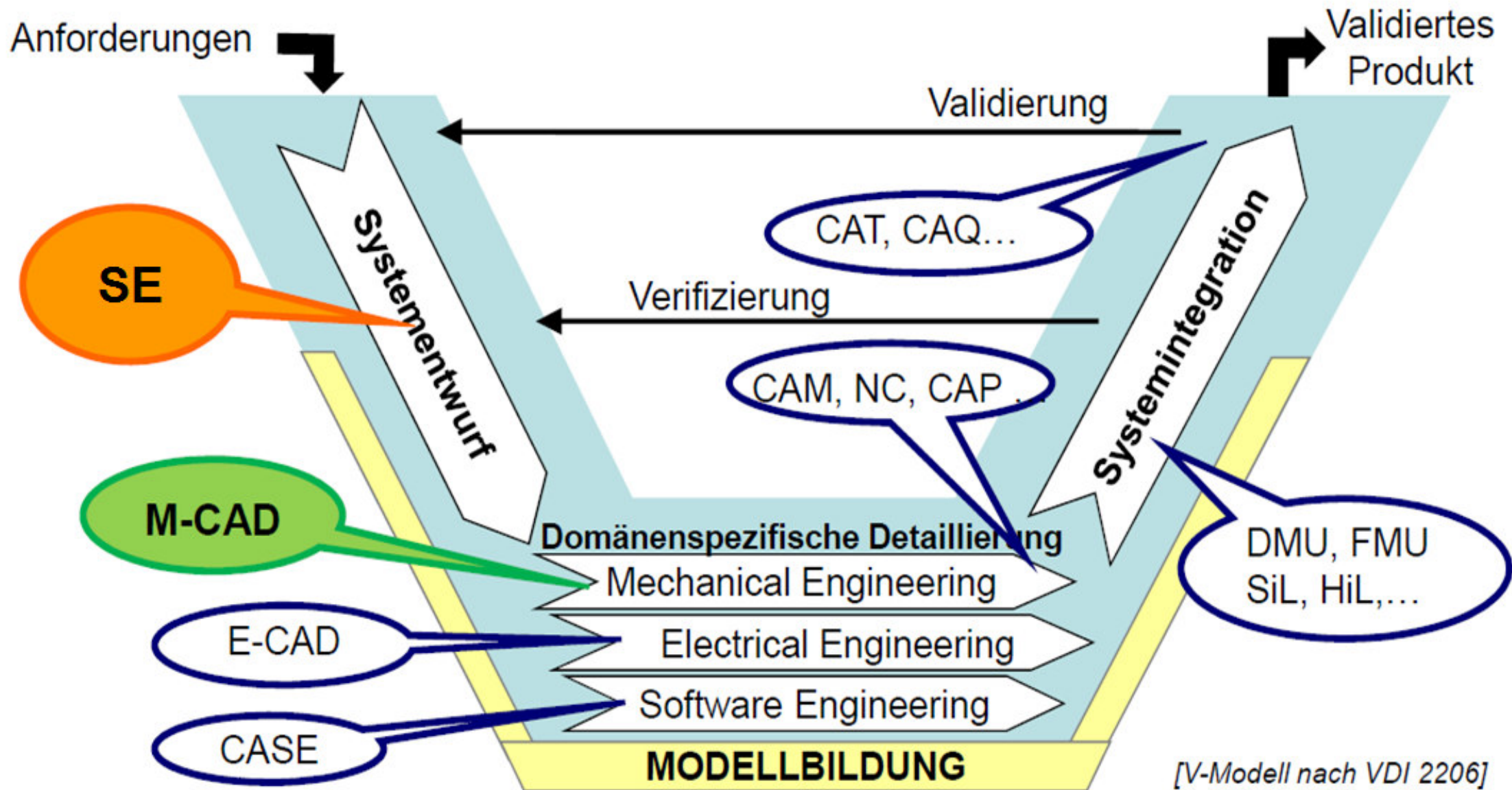
PEP und CAX-Techniken

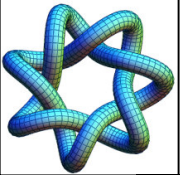
Quelle: Pahl-Beitz



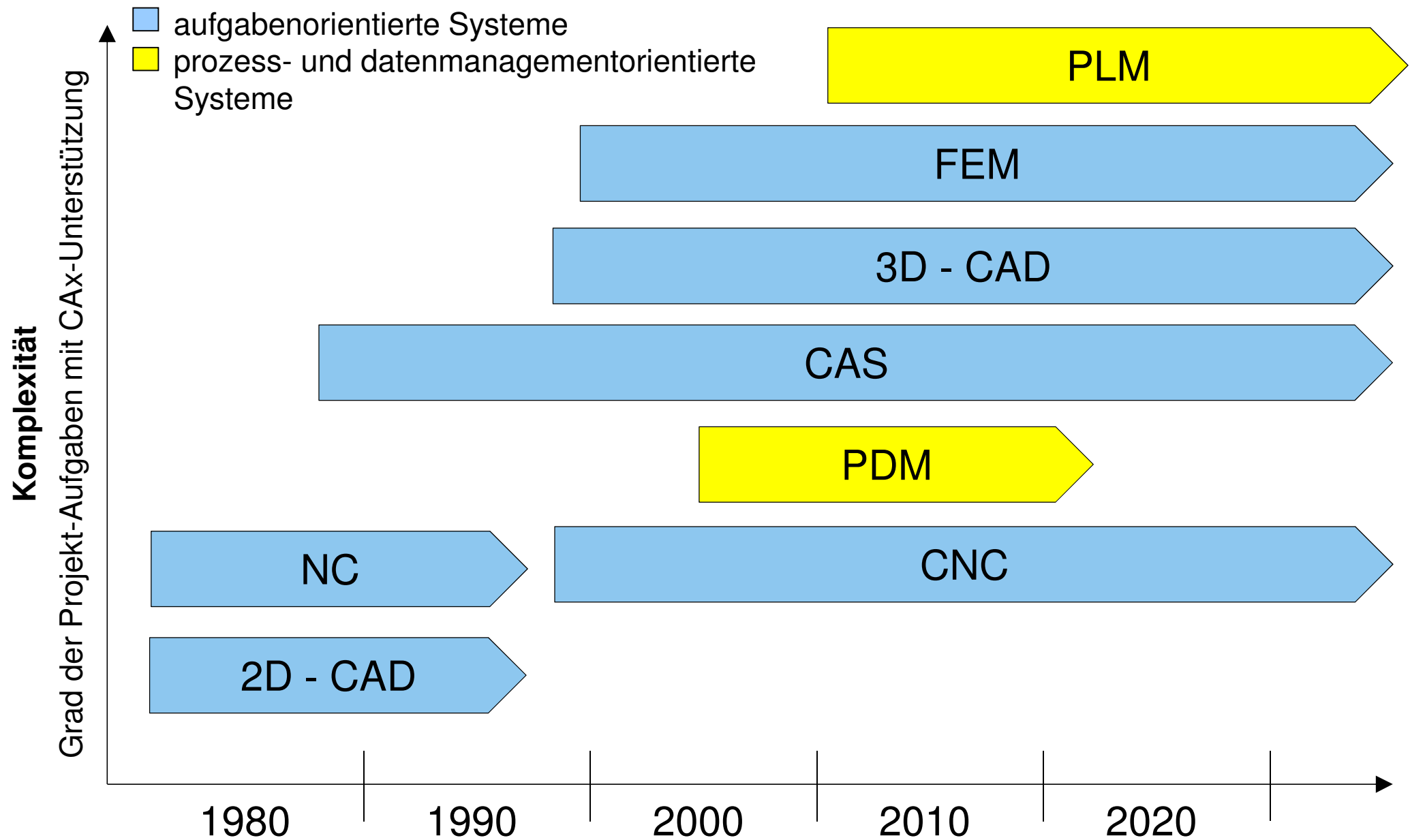


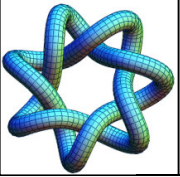
VDI-V Modell





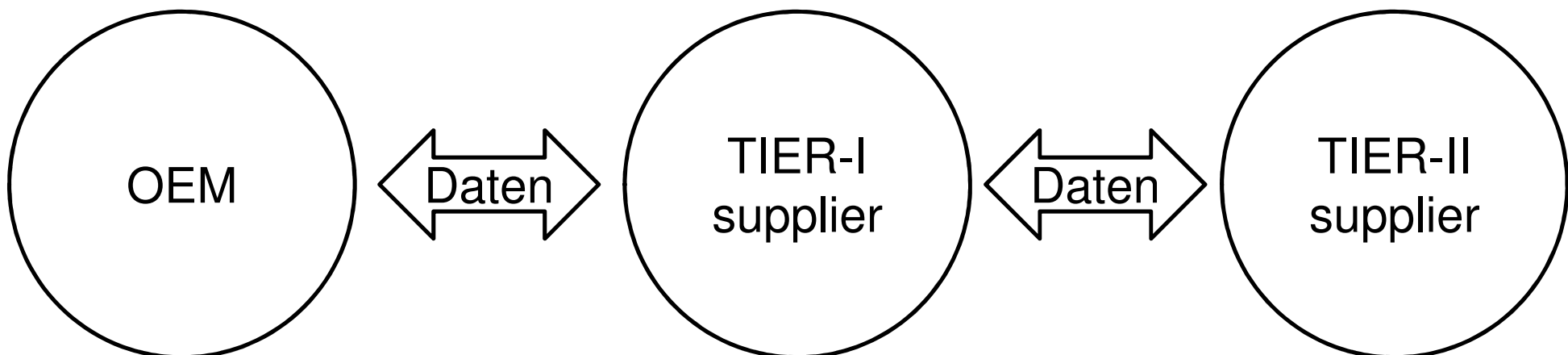
Entwicklung der CAx - Techniken

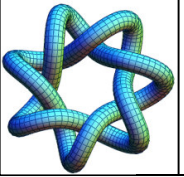




Datenfluss in internationalen Entwicklungen

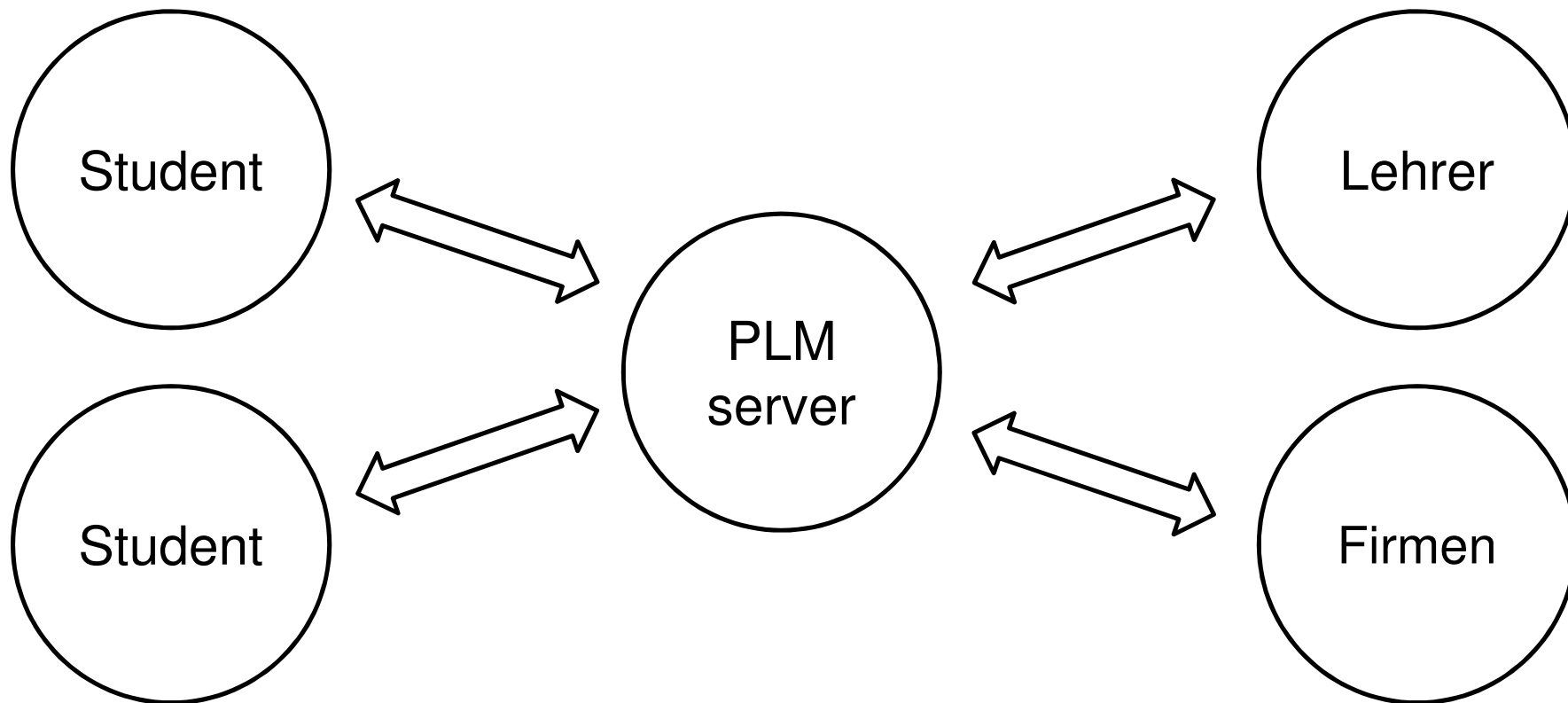
- **OEM entwickelt z. Bsp. neues Auto oder Flugzeug**
- **Zulieferer entwickeln Teilprojekte und teilen Daten**
- **Herausforderungen**
 - Rechtekonzept und weltweiter Zugriff
 - Verwaltung aller Projektdaten und Datenkonsistenz
 - Multi-Programm-Umgebungen

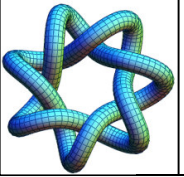




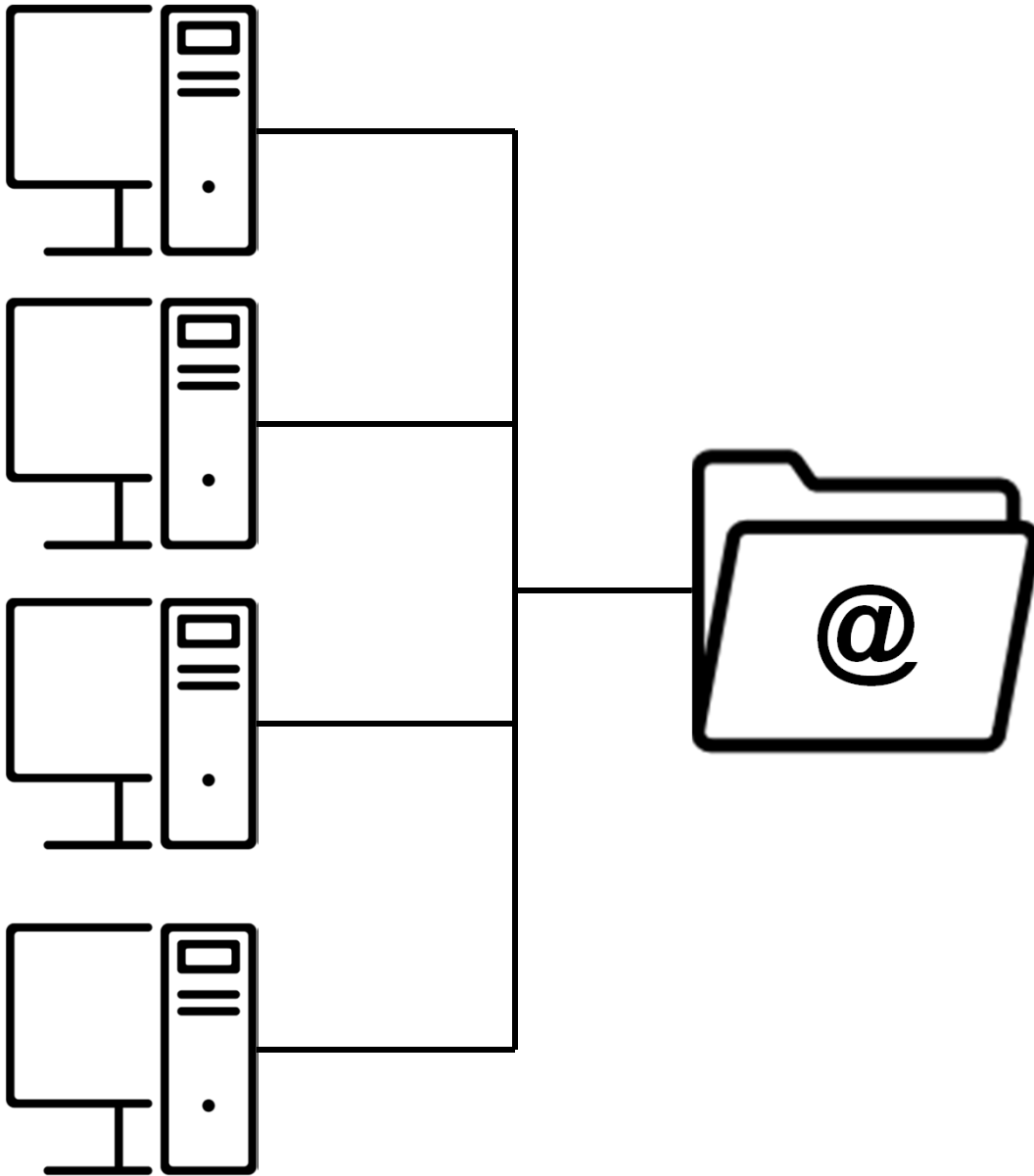
Datenaustausch in Diplomarbeiten

- **Situation Diplomarbeit ab SJ 2015/16 an HTLs**
 - ab SJ 2015/16 Diplomarbeit für jede(n) HTL-SchülerIn
 - min 2 und max. 5 SchülerInnen pro DA
 - Datenaustausch in Maschinenbau und Mechatronik-DA





file based development – working concept so far

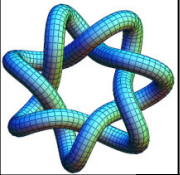


[+]

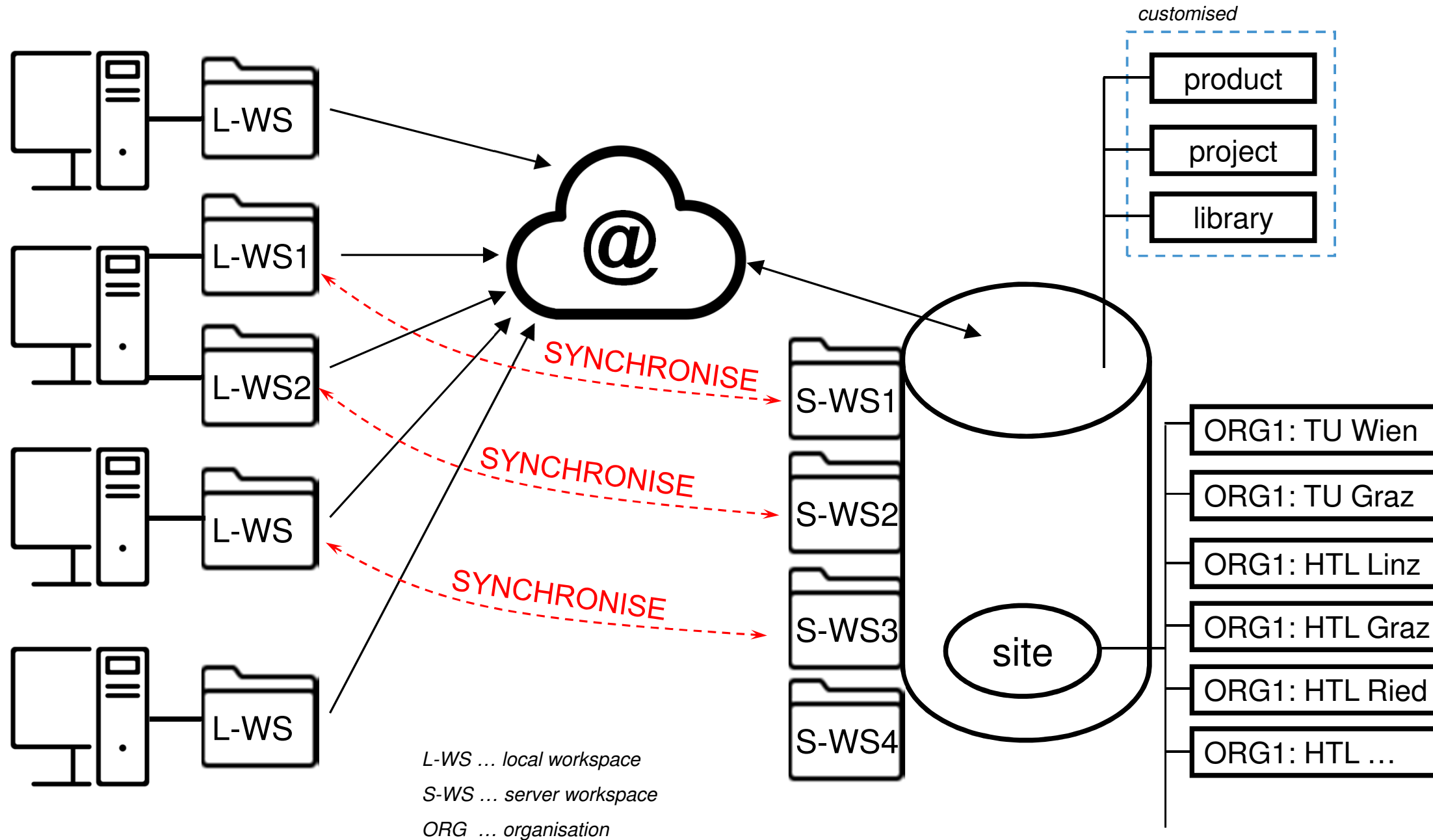
- flexible structure
- no rules
- custom to individual demand

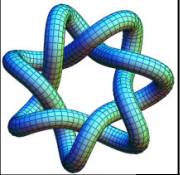
[-]

- overwriting files
- transfer large amount data
- controlled data sharing for 3rd parties
- administration large number of users

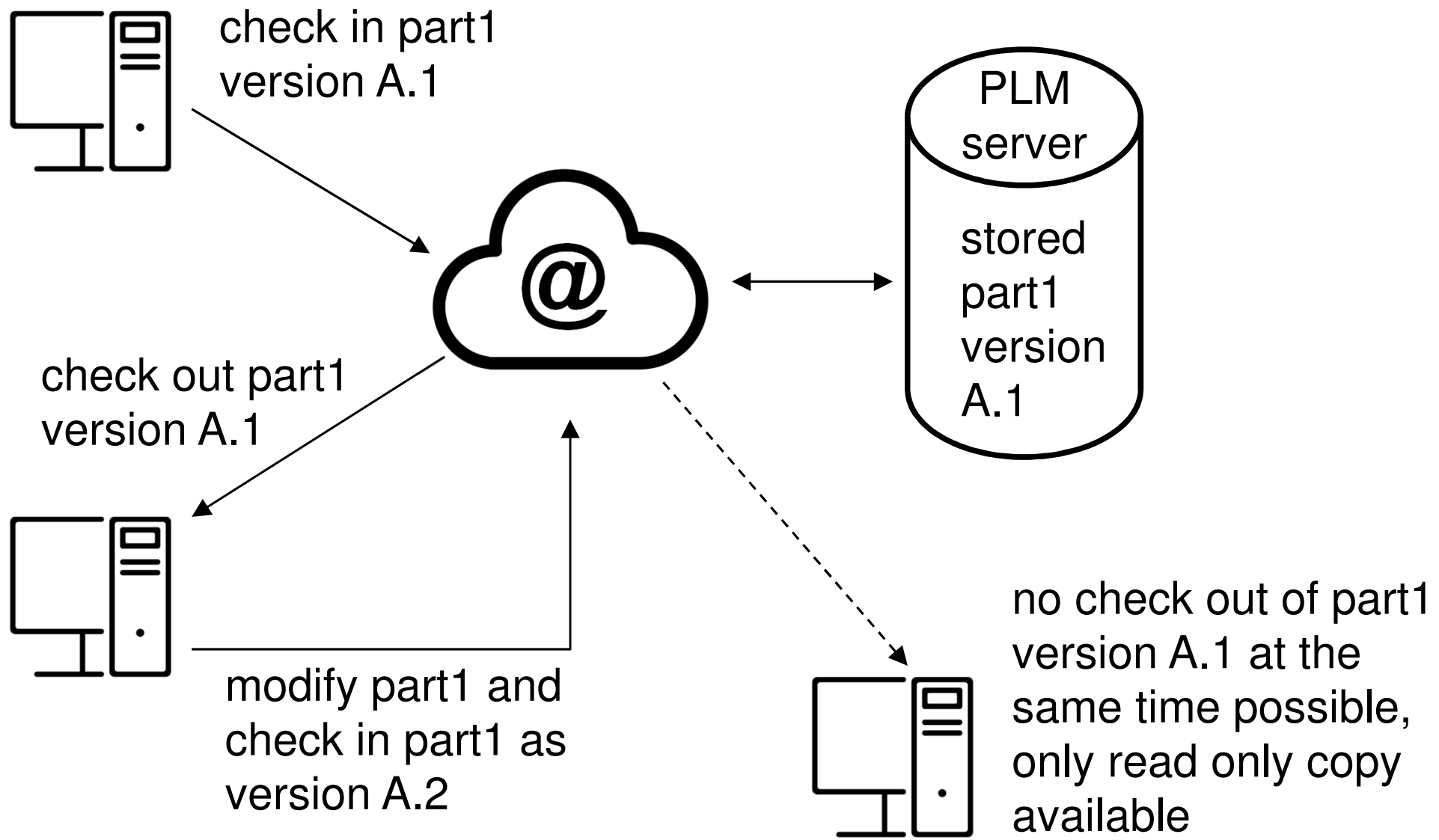


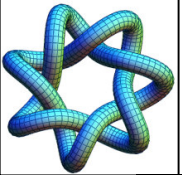
PDM based development @ colleges





PLM check in / check out procedure



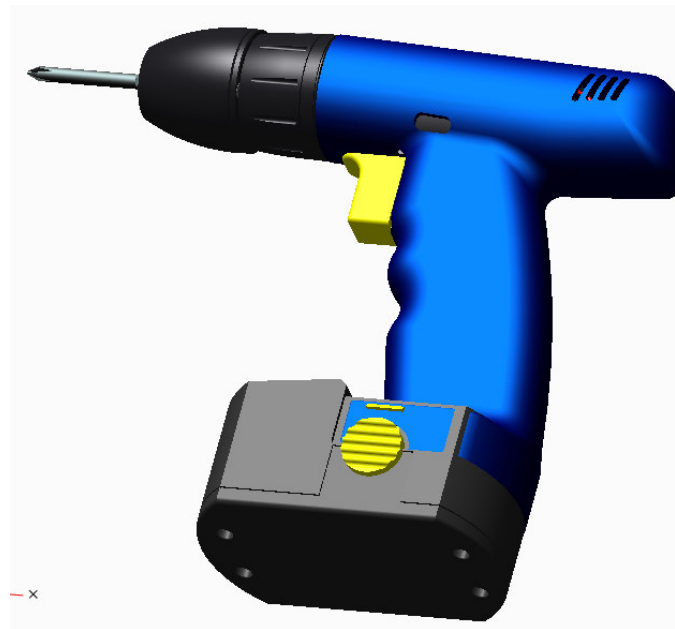
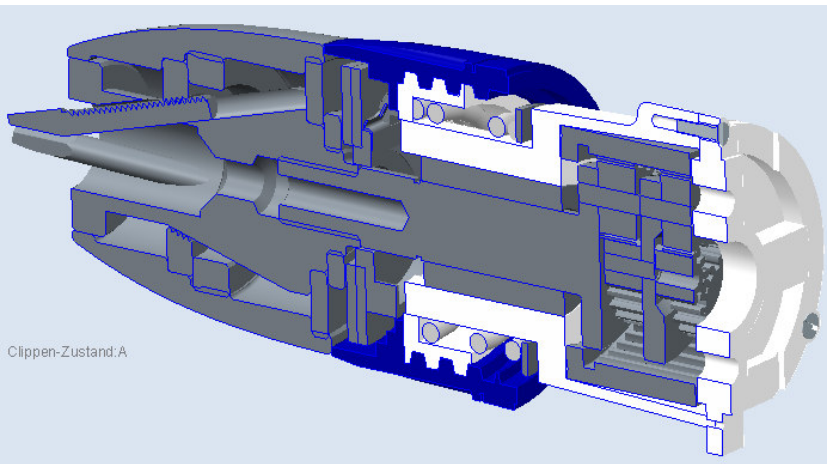


project “PDM-UP” - cordless drill driver

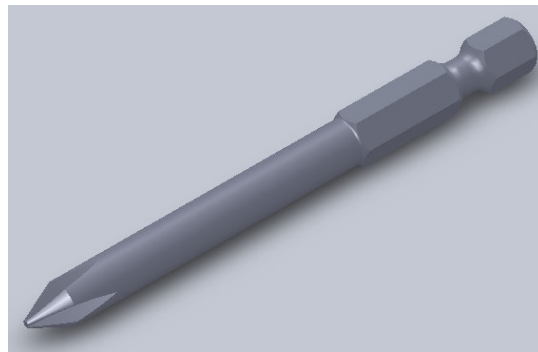
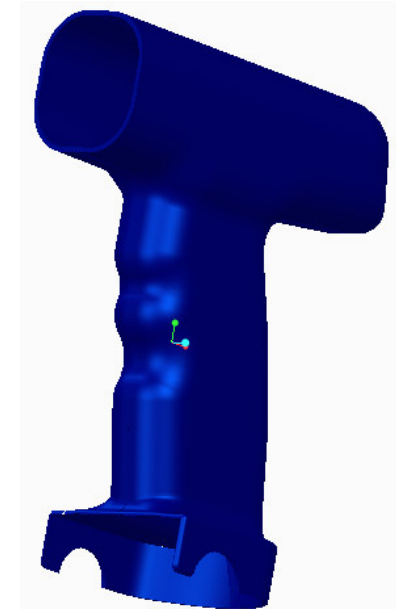
HTL LITEC Linz

HTL BULME Graz

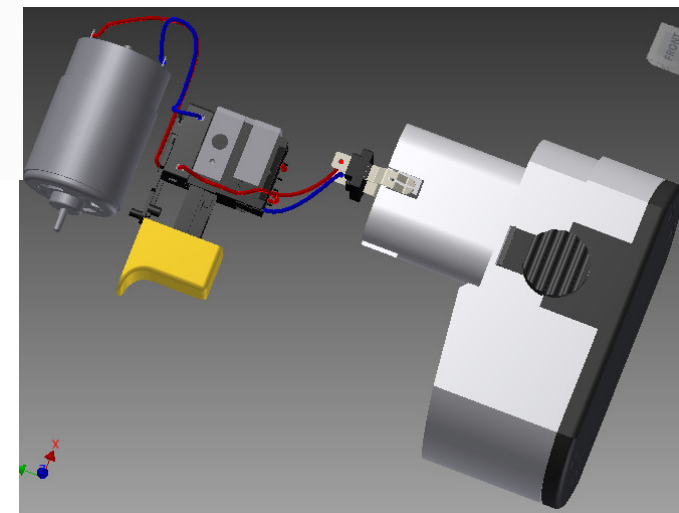
HTL Zeltweg



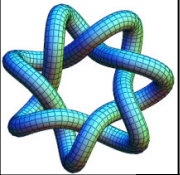
assembled & visualised
cordless drill driver



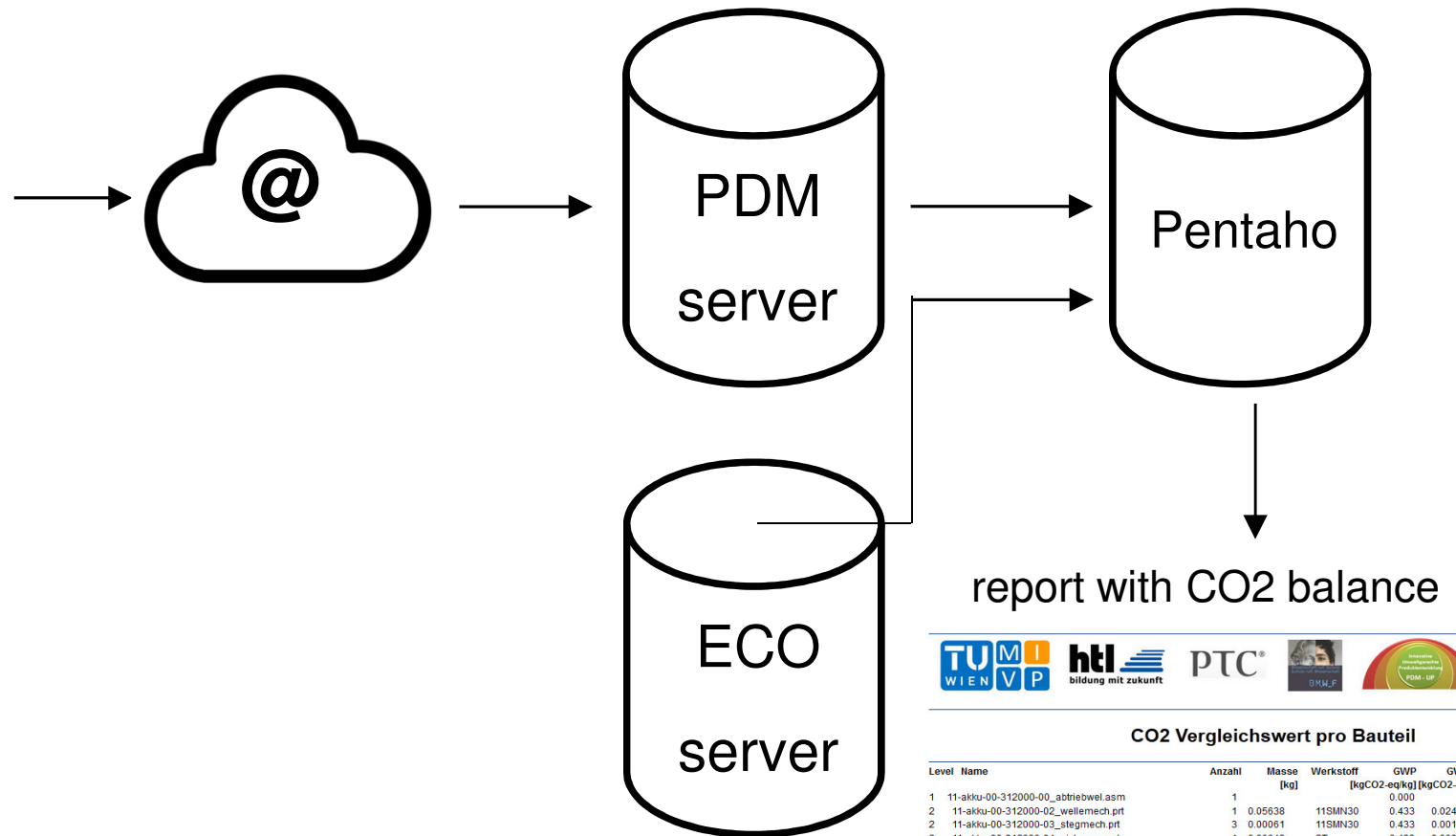
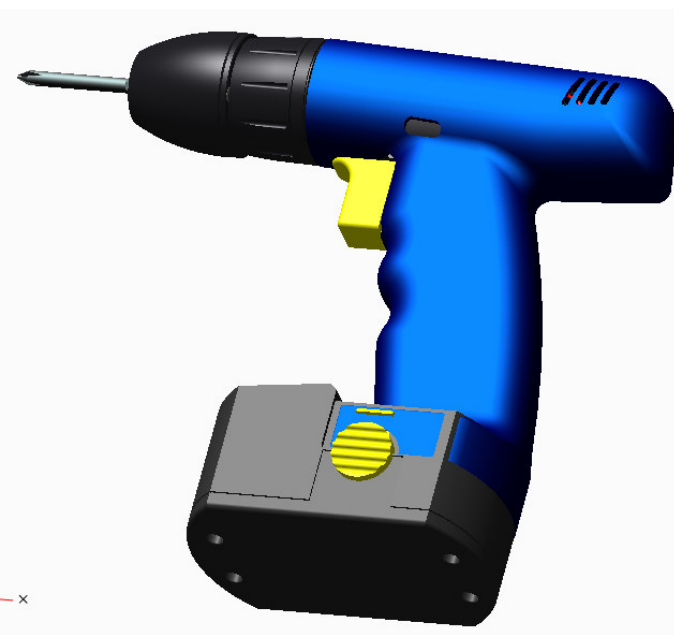
customer part



HTL Eisenstadt



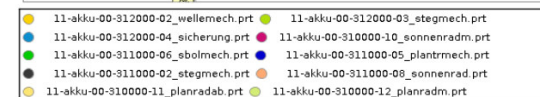
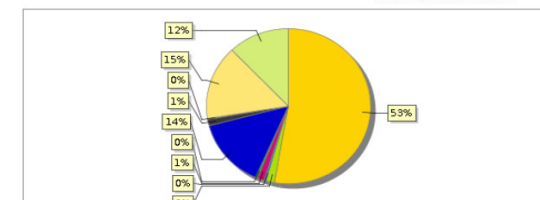
green development – CO₂



CO2 Vergleichswert pro Bauteil

Level	Name	Anzahl	Masse [kg]	Werkstoff	GWP [kgCO2-eq/kg]	GWP
1	11-akku-00-312000-00_abtriebwell.asm	1			0.000	
2	11-akku-00-312000-02_wellemech.prt	1	0.05638	11SMN30	0.433	0.024
2	11-akku-00-312000-03_stegmech.prt	3	0.00061	11SMN30	0.433	0.001
2	11-akku-00-312000-04_sicherung.prt	1	0.00049	ST	0.433	0.000
1	11-akku-00-310000-13_hohlrad.prt	1	0.06377	41CR4	0.000	0.000
1	11-akku-00-310000-10_sonnenradm.prt	1	0.00149	C45	0.433	0.001
1	11-akku-00-311000-00_planetentr.asm	1			0.000	
2	11-akku-00-311000-05_sbolmech.prt	1	0.00035	11SMN30	0.433	0.000
2	11-akku-00-311000-05_plantmech.prt	1	0.01539	C45	0.433	0.007
2	11-akku-00-311000-02_stegmech.prt	3	0.00050	11SMN30	0.433	0.001
2	11-akku-00-311000-08_sonnenrad.prt	1	0.00015	C10E	0.433	0.000
1	11-akku-00-310000-11_planradab.prt	3	0.00549	C15E	0.433	0.007
1	11-akku-00-310000-12_planradm.prt	3	0.00433	C15E	0.433	0.006

Summe GWP[kgCO2-eq]:0.05

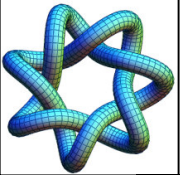


GWP = Global Warming Potential

all 3d-parts including parameters:

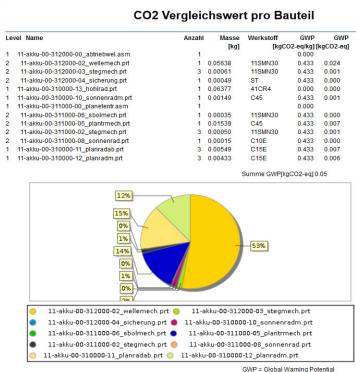
- part- weight (raw material)
- part weight (machined)
- information about manufacturing processes

change design with
aim to reduce the
Global Warming Potential
(GWP)

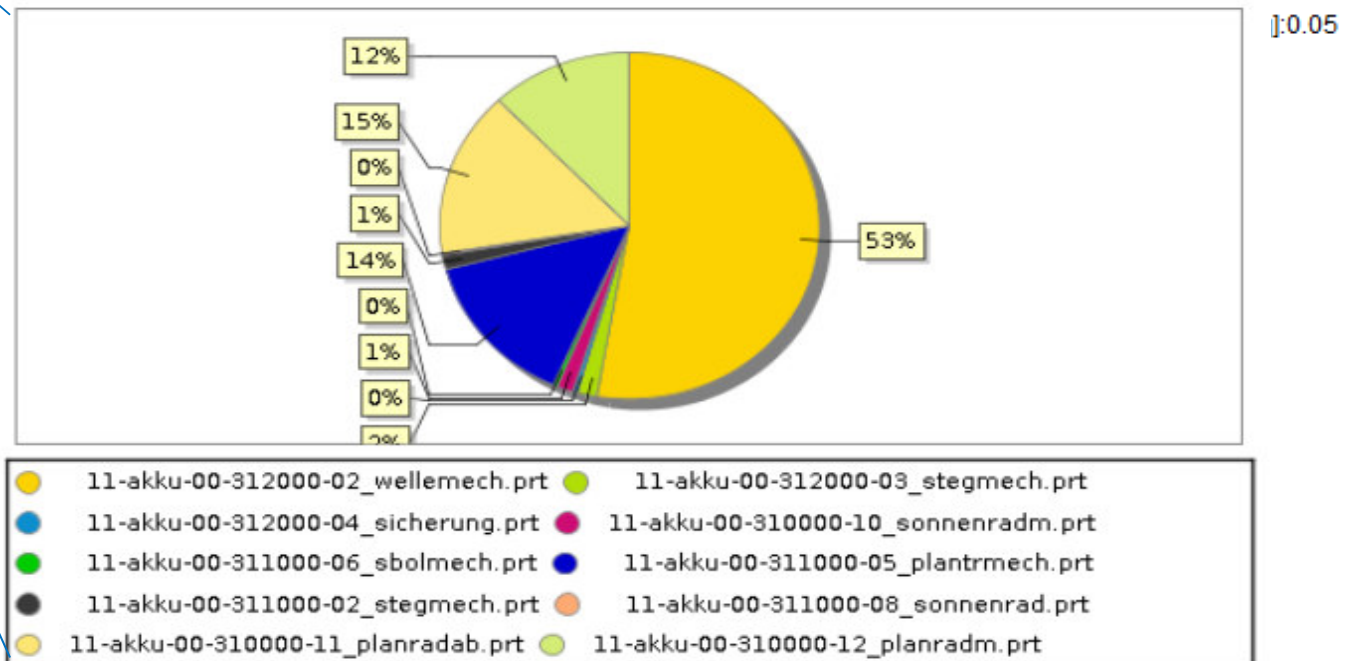


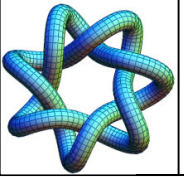
green development – CO₂

• report with CO2 balance (Global Warming Potential)

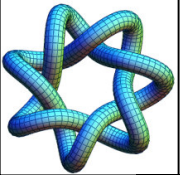


Level	Name	Anzahl	Masse [kg]	Werkstoff	GWP [kgCO ₂ -eq/kg]	GWP [kgCO ₂ -eq]
1	11-akku-00-312000-00_abtriebwel.asm	1			0.000	
2	11-akku-00-312000-02_wellemech.prt	1	0.05638	11SMN30	0.433	0.024
2	11-akku-00-312000-03_stegmech.prt	3	0.00061	11SMN30	0.433	0.001
2	11-akku-00-312000-04_sicherung.prt	1	0.00049	ST	0.433	0.000
1	11-akku-00-310000-13_hohlrad.prt	1	0.06377	41CR4	0.000	0.000
1	11-akku-00-310000-10_sonnenradm.prt	1	0.00149	C45	0.433	0.001
1	11-akku-00-311000-00_planetentr.asm	1			0.000	
2	11-akku-00-311000-06_sbollmech.prt	1	0.00035	11SMN30	0.433	0.000
2	11-akku-00-311000-05_plantrmech.prt	1	0.01539	C45	0.433	0.007
2	11-akku-00-311000-02_stegmech.prt	3	0.00050	11SMN30	0.433	0.001
2	11-akku-00-311000-08_sonnenrad.prt	1	0.00015	C10E	0.433	0.000
1	11-akku-00-310000-11_planradab.prt	3	0.00549	C15E	0.433	0.007
1	11-akku-00-310000-12_planradm.prt	3	0.00433	C15E	0.433	0.006

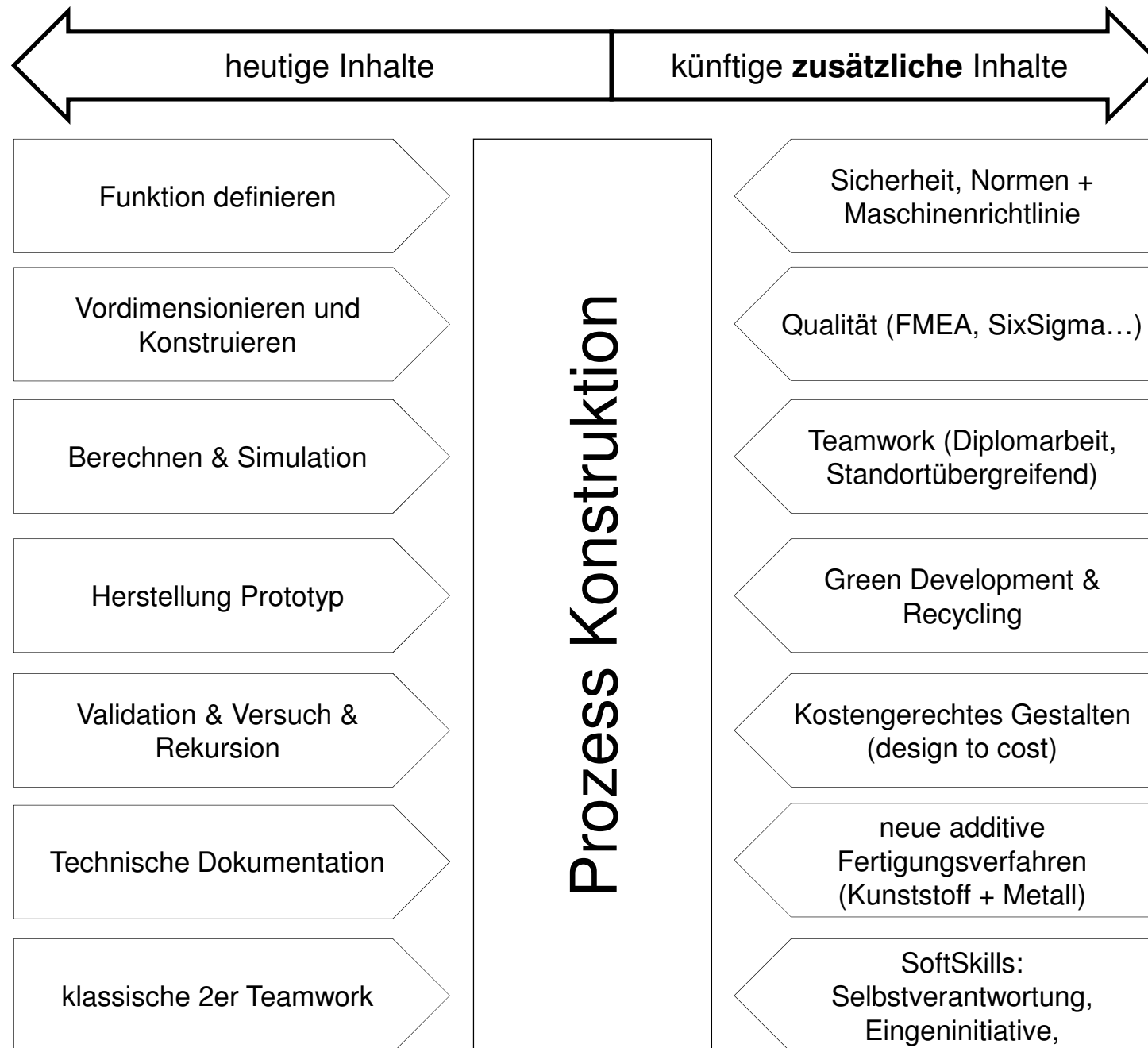


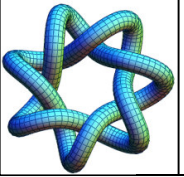


what's next?



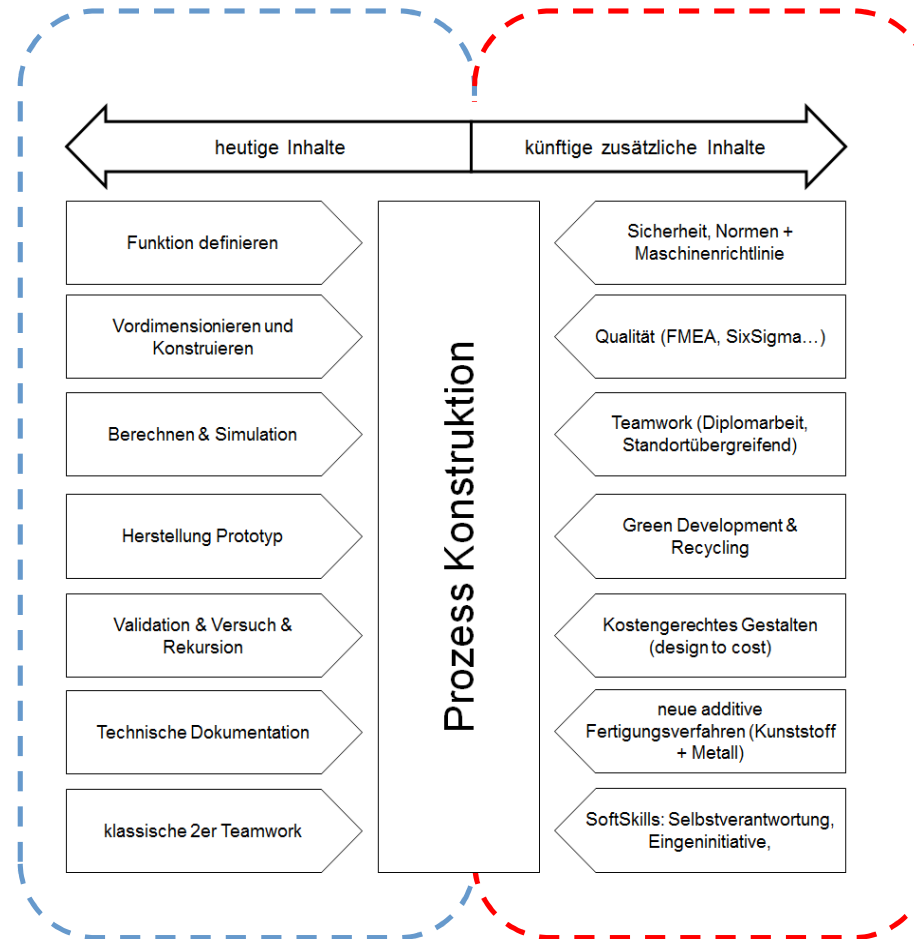
Inhalte des Konstruktionsprozesses



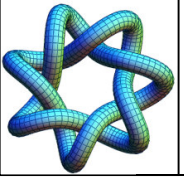


Inhalte und Methoden

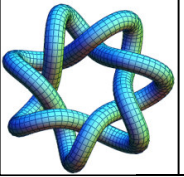
- **Lehrpläne**
- **Methoden**
- **Unterlagen**
- **Wissensch. Basis**



- **Lehrpläne**
- **Methoden**
- **Unterlagen**
- **Wissensch. Basis**

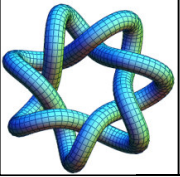


Additive Fertigungsverfahren

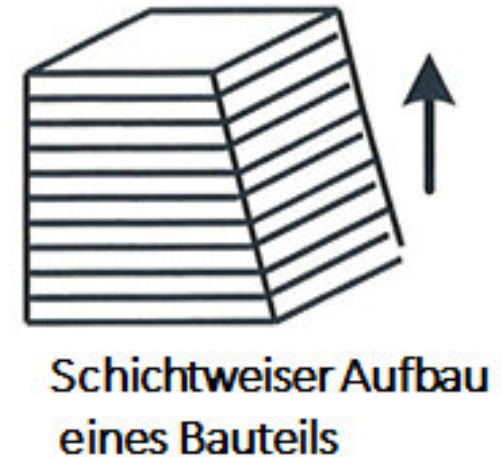
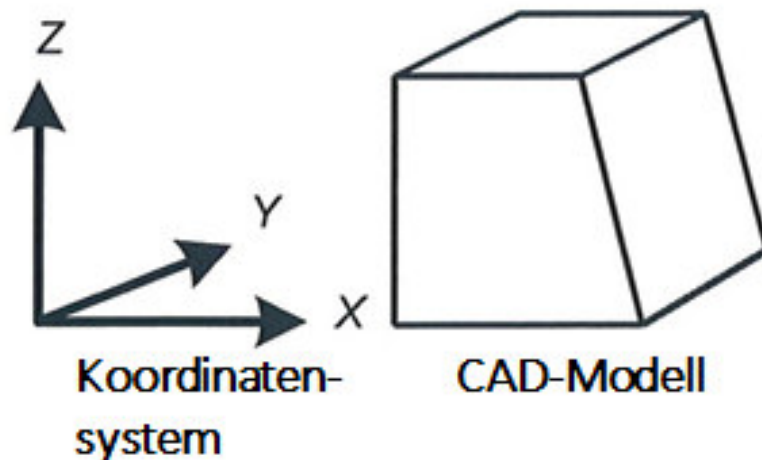


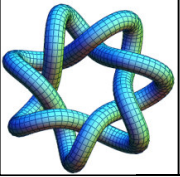
additive Fertigungsverfahren

- **3d-Druck Kunststoff**
 - Verfahren Standardisiert
 - Kostengünstige Geräte für EDU-Bereich vorhanden
- **3d-Druck Metall**
 - Möglich alle Metalle: Stahl, Titan
 - Mittelfristiger Einsatz in Serie (Airbus, ...)
- **3d Druck generell**
 - Fertigungsgerechtes Modellieren unnötig → bisherige Modellierungsstrategien sind tw. zu überdenken



- Prinzip, Methoden und Anwendungen
 - Ein Verfahren zur Herstellung von Objekten aus einem 3D-CAD Modell durch die zyklische Aneinanderreihung bzw. Anbindung von einzelnen Materialschichten.



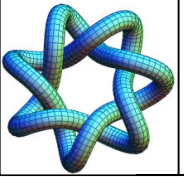


additive Fertigungsverfahren

- Stereolithographie von Kunststoffen
 - Erstes additives Fertigungsverfahren, es wurde 1986 von Chuck Hull (CEO, 3DSystems, USA) erfunden
 - Photosensitives Harz wird von einem UV-Laser entsprechend der Schichtinformation aus dem CAD-Modell belichtet und die betroffenen Bereiche härten aus und verbinden sich mit der darunter liegenden Schicht
 - Aktuell immer noch der größte Marktanteil an 3D-Drucksystemen
 - Weiterentwicklung durch TU Wien



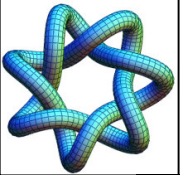
Quelle: Shapeways, USA



additive Fertigungsverfahren

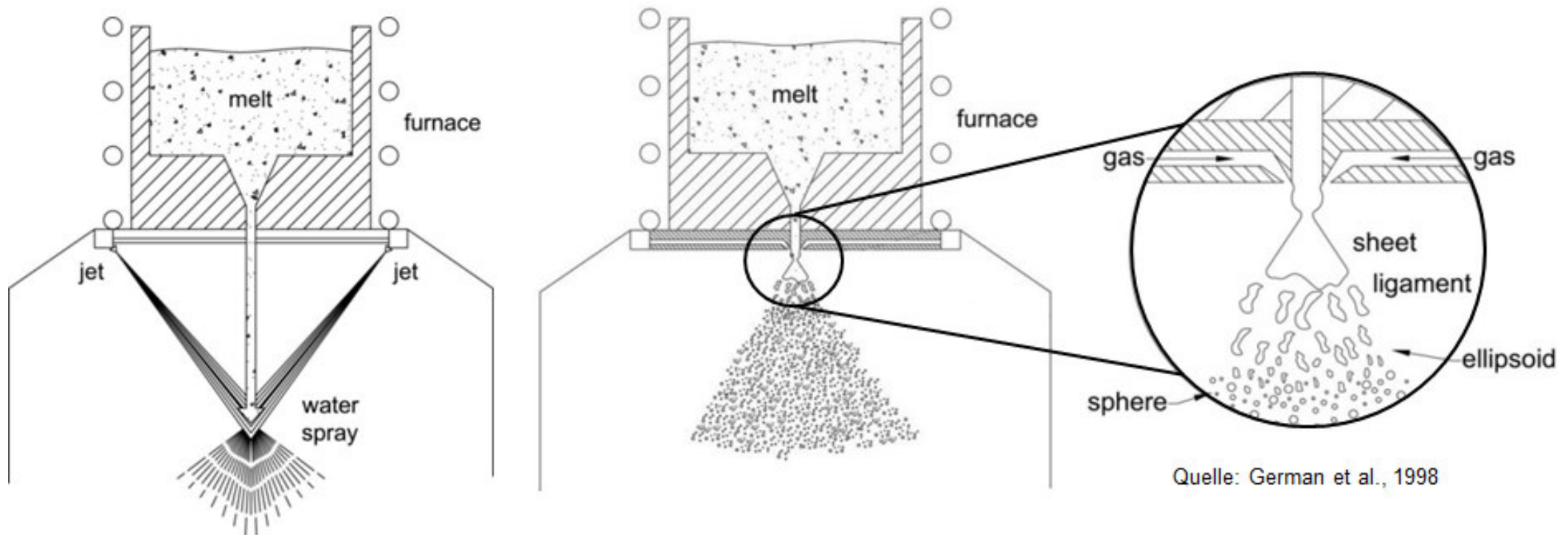
Selective Laser Melting (FOTEC)

- Laser erzeugt ein definiertes Schmelzbad unter Inertgas-Atmosphäre
- Metallpulver wird schichtweise aufgebracht
- Anwendungen:
 - Medizintechnik
 - Luft- und Raumfahrt
 - Automobiltechnik
 - Werkzeug- und Formenbau
- Vorteile
 - Vergleichsweise hohe Auflösung, 250µm
 - Hohe Komplexität der Bauteile
- Nachteile
 - Geringe Aufbaurate von 20cm³/h



- Selektives Laserschmelzen von metallischen Werkstoffen

Metallpulver Herstellung



Quelle: German et al., 1998

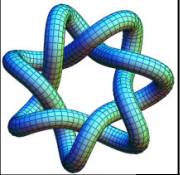
Wichtige Eigenschaften:

- **Chemische Zusammensetzung**

- Verdüsungsoptimierte Reinmetallpulver
- Legierung durch Einsatz von zwei oder mehr Reinmetallpulvern

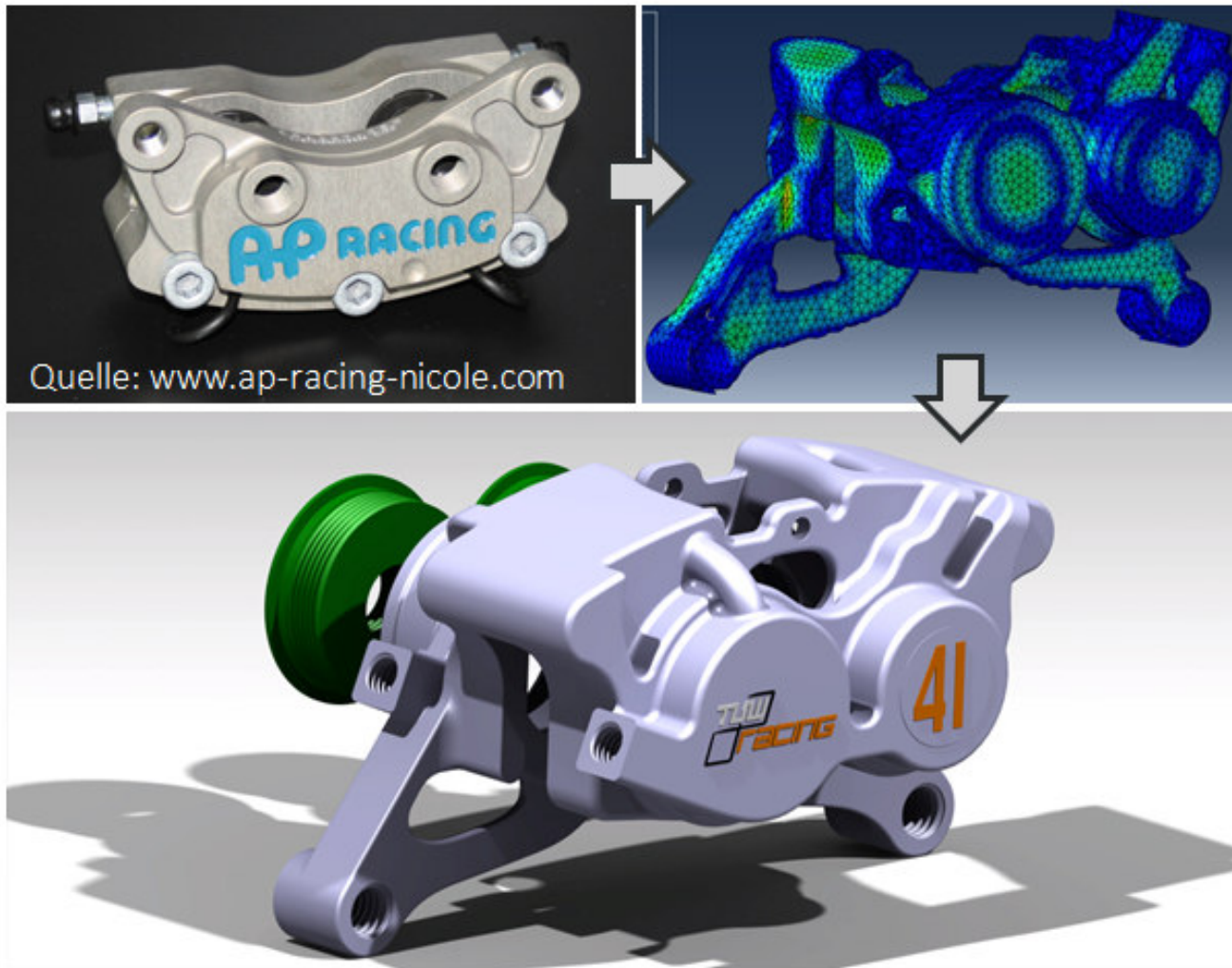
Fließverhalten

- Oberfläche
- Dichte
- Größenverteilung
- Form



• Fallstudien

Bremssattel aus Ti6Al4V für Formula Student Racing Team der TU Wien



Ausgangssituation:

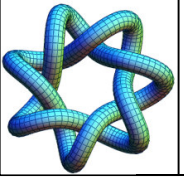
- Mechanische Bearbeitung eines Gussrohlings
- Material: Aluminiumleg.
- Gewicht: 500g

Optimiertes Design:

- Topologieoptimierung
- Additive Fertigung (EOS)
- Material: Ti6Al4V
- Gewicht: 284g

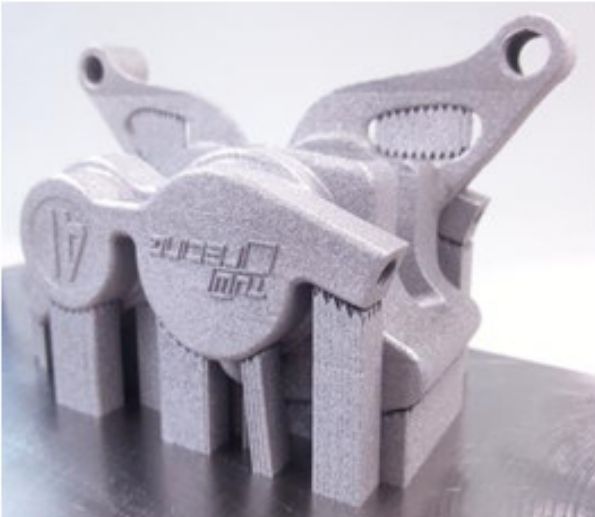
=> Gewichtsreduktion von 43 %

Quelle: TUW Racing / FOTEC

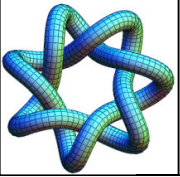


- **Fallstudien**

Bremssattel aus Ti6AlV4 für Formula Student Racing Team der TU Wien

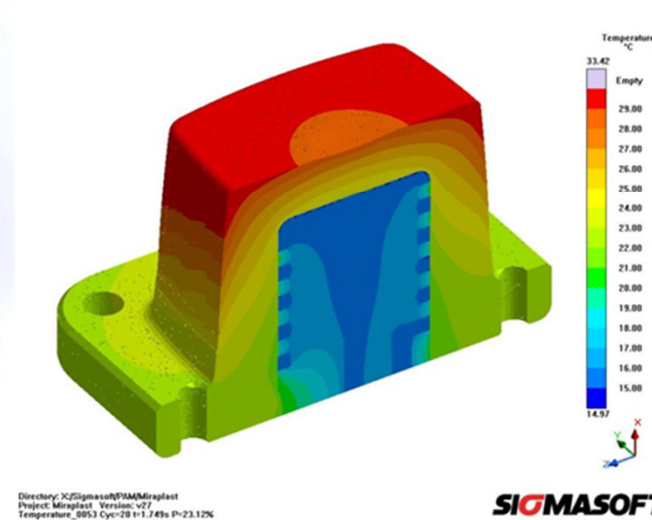
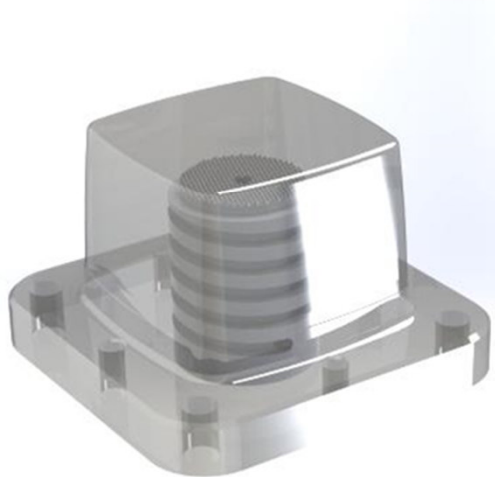


Source: FOTEC / TUW Racing

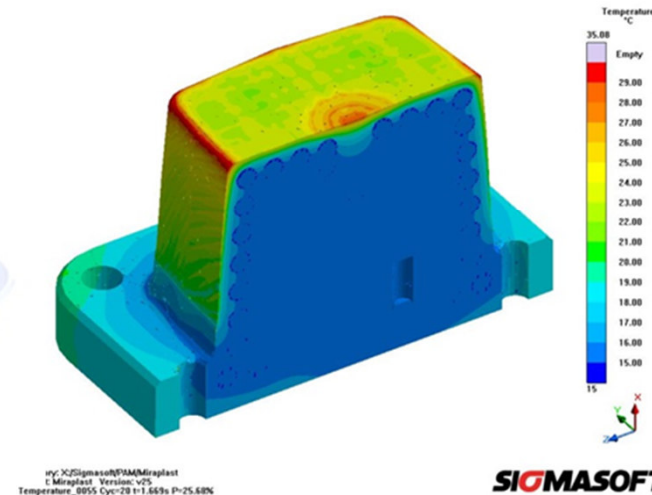


• Fallstudien

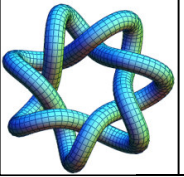
Formeinsätze für das Spritzgießen – Beispiel Lebensmittelbehälter



- Ursprünglicher Einsatz: CuBe-Legierung
- Hot Spots auf Deck- und Seitenflächen

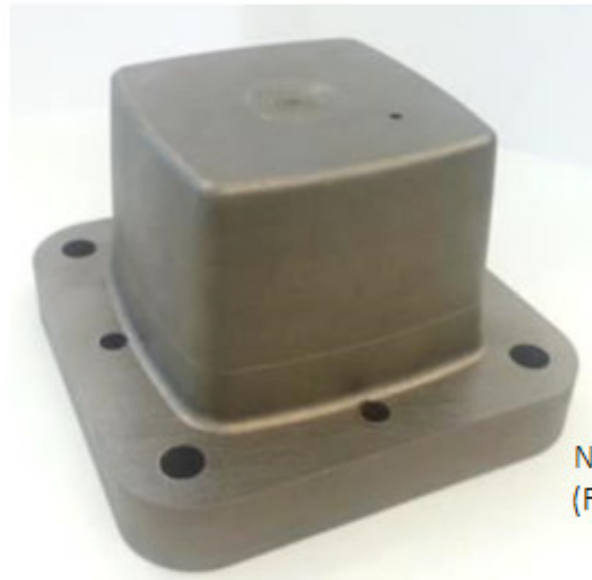
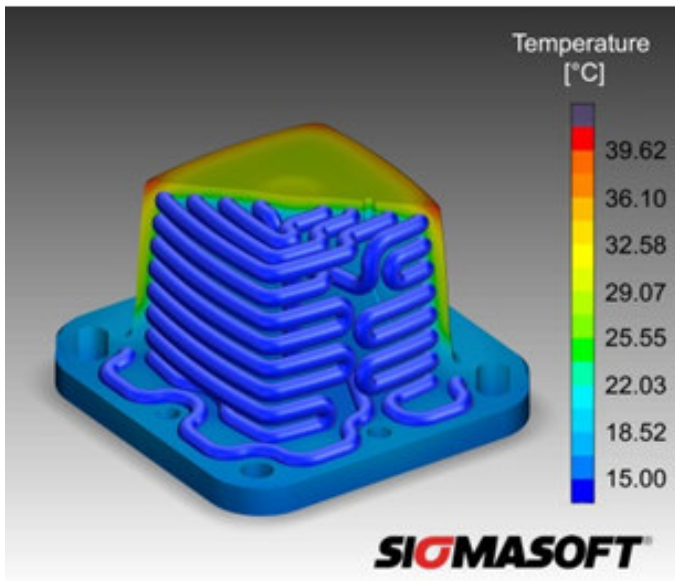


- Verbessertes Design: Werkzeugstahl
- Konturnahe Kühlung
- Verbesserung der Qualität der Kunststoffteile
- Reduktion der Zykluszeit
=> 6.000.000 Stk.: Maschine stellt Auftrag 69 Tage früher fertig
- Höhere Standzeit des Formeinsatzes

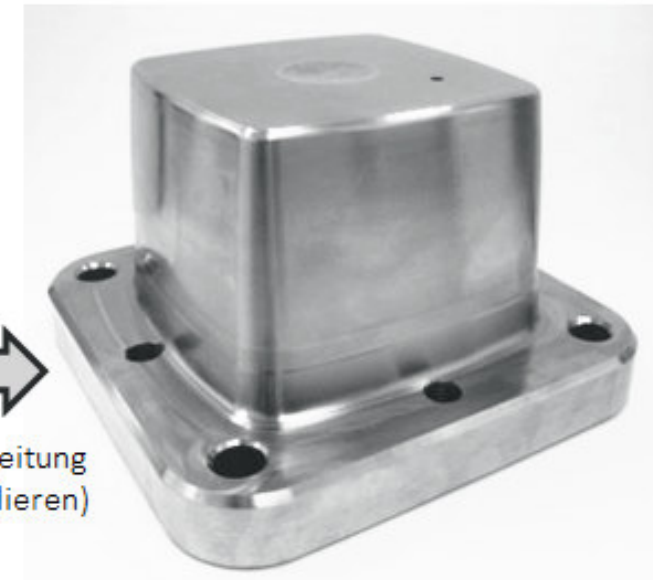


- **Fallstudien**

Formeinsätze für das Spritzgießen – Beispiel Lebensmittelbehälter

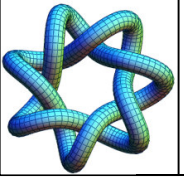


Nachbearbeitung
(Fräsen, Polieren)



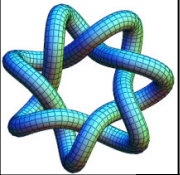
Quelle: FOTEC / Miraplast

- Mit 0,5 mm Übermaß hergestellt
- Gefräst und poliert vor Verwendung



Strobl 7. Nov. 2015

FMEA



- **FMEA (Fehler - Methoden - Einfluss - Analyse)**

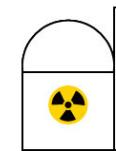
1963 Nasa



1965 Luft- und Raumfahrt



1975 Luft- und Kerntechnik



1977 Automobilindustrie (FORD)



1980 Normung in Deutschland

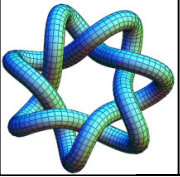


1986 Verstärkter Einsatz in der Automobilindustrie



1990 Einsatz in den verschiedensten Bereichen Elektronik, Logistik, Chemie, Einzel- und Kleinserienfertigung usw

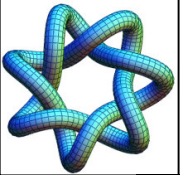




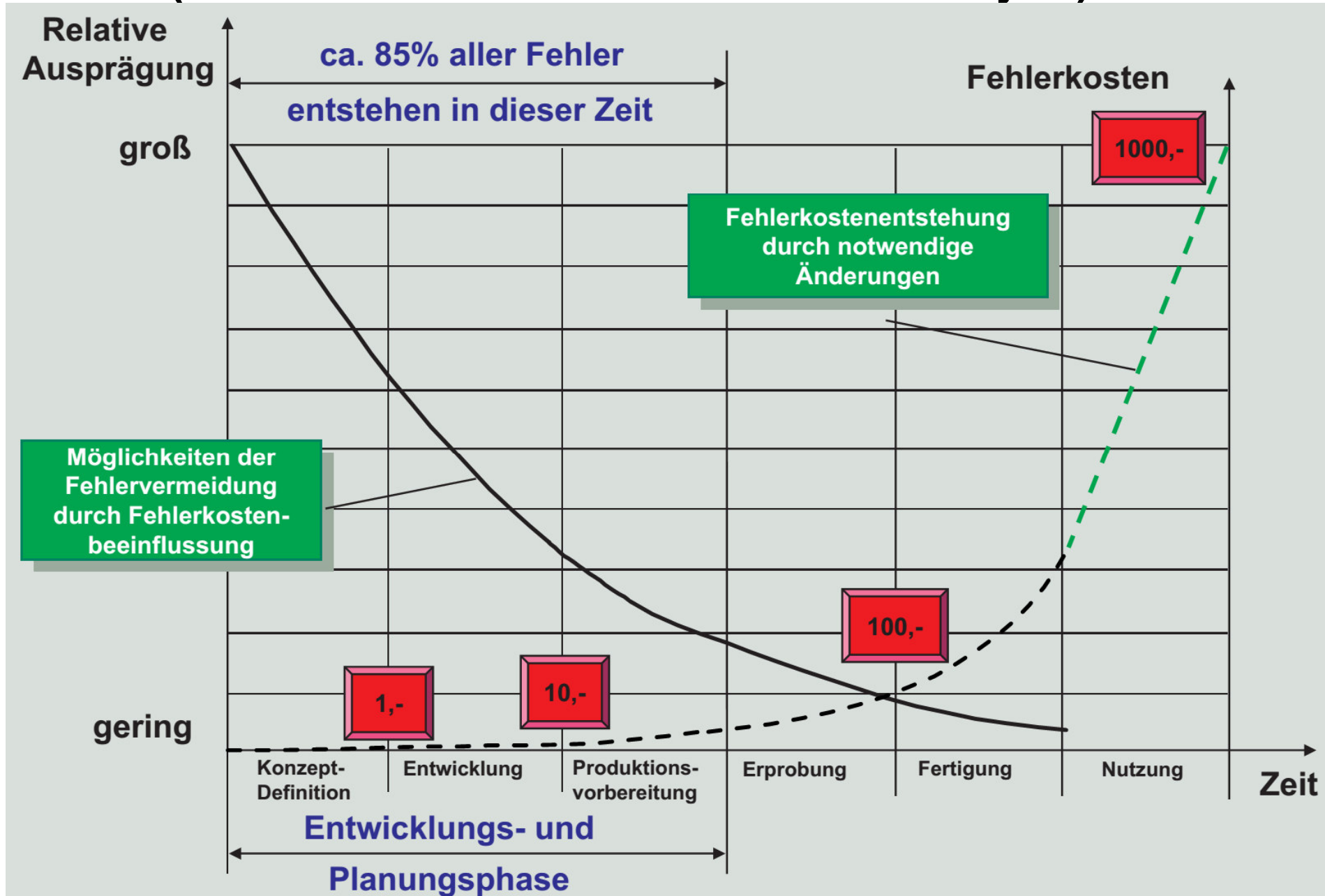
- **FMEA - Warum FMEA?**

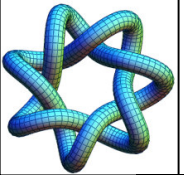
Die Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) ist eine analytische Methode zur vorbeugenden System- und Risikoanalyse.

Sie dient dazu, mögliche Schwachstellen zu finden, geeignete Maßnahmen zu ihrer Vermeidung bzw. Entdeckung rechtzeitig einzuleiten, deren Bedeutung zu erkennen und zu bewerten (präventiver Ansatz)



- **FMEA (Fehler - Methoden - Einfluss - Analyse)**





Qualität (FMEA, SixSigma, DRBFM, ...)

- FMEA (Fehler - Methoden - Einfluss - Analyse)**

B

Bedeutung der Fehlerfolge

A

**Auftretenswahrscheinlichkeit
der Fehlerursache**

E

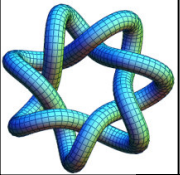
**Entdeckungswahrscheinlichkeit
des Fehlers oder der Ursache**

$$RPZ = B \times A \times E$$

RPZ = Risikoprioritätszahl
wenn $RPZ > 125 \rightarrow$ Gegenmaßnahmen erforderlich

Bewertung der **Bedeutung/Schadensausmaß B** der potentiellen Risiken

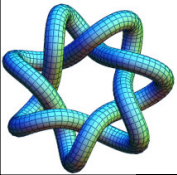
Bewertungszahl B	Bedeutung/Schadensausmaß	Erläuterung
10	Extrem gefährlich	Projekt auf allen Linien gescheitert, Projektabbruch
9	gefährlich	
8	Sehr hoch	mehrere Projektziele werden nicht erreicht. Verfehlung technischer Zielsetzungen, Kostenüberschreitungen, Terminverzug
7	hoch	Projektziele können durch umfangreiche Gegensteuerungsmaßnahmen noch erreicht werden.
6	Mäßig	Projektziele können durch Gegensteuerungsmaßnahmen in mäßigem Umfang erreicht werden.
5	gering	
4	sehr gering	
3	vernachlässigbar	
2	vernachlässigbar gering	
1	keine	Keine Auswirkungen auf Projektziele



FMEA - Formblatt

Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse										Teilname		Teilnummer			
Konstruktions-FMEA <input type="checkbox"/> Prozeß-FMEA <input checked="" type="checkbox"/>										Modell/System/Fertigung		Techn. Änderungsstand			
Bestätigung durch betroffene Abteilungen und/oder Lieferant:										Name/Abt./Lieferant		Name/Abt./Lieferant			
										Erstellt durch/Name/Abt.:		Datum			
												Überarbeitet Datum			
Systeme/Merkmale	Potentielle Fehler	Potentielle Folgen des Fehlers	Potentielle Fehlersachen	Derzeitiger Zustand					Empfohlene Abmaßnahmen	Verantwortlichkeit	Verbesserter Zustand				
				vorgesehene Prüßmaßnahmen	Aufbau	Bedienung	Einrichtung	Risiko-Prioritätszahl (RPZ)			geplante Maßnahmen	Aufbau	Bedienung	Einrichtung	Risiko-Prioritätszahl (RPZ)
Fehleranalyse															
Risiko-beurteilung															
Lösungen, Maßnahmen															
Ergebnis-beurteilung															

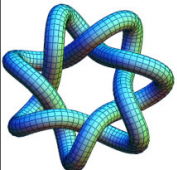
Wahrscheinlichkeit des Auftretens (Fehler kann vorkommen)				Wahrscheinlichkeit der Entdeckung (vor Auslieferung an den Kunden)				Priorität (RPZ)			
unwahrscheinlich	= 1	kaum wahrnehmbare Auswirkungen	= 1	hoch	= 1	hoch	= 1000				
sehr gering	= 2-3	unbedeutender Fehler, geringe Belästigung des Kunden	= 2-3	mäßig	= 2-5	mittel	= 125				
gering	= 4-6	mäßig schwerer Fehler	= 4-6	gering	= 6-8	keine	= 1				
mäßig	= 7-8	schwerer Fehler, Verzögerung des Kunden	= 7-8	sehr gering	= 9						
hoch	= 9-10	äußerst schwerwiegender Fehler	= 9-10	unwahrscheinlich	= 10						



FMEA am Bsp. einer Breitbandstrasse

Erstellung einer FMEA mit 28 identifizierten Risiken Maßnahmen und einer Risikobewertung vor und nach Einführung der Maßnahmen

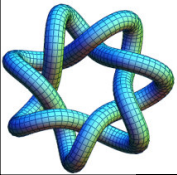
FMEA				aktueller Zustand							geplanter / veränderter Zustand							
Risikogruppe	potenzielles Risiko	potenzielle Folgen des Risikos	ID	Rd.Nr.	potenzielle Ursachen des Risikos	Verhütungs- (V) und Prüfmassnahme (P)	A	B	C	RPE	Empfohlene Abwehrmaßnahmen	gegriffene Maßnahmen	Int.Gesamt	Bemerkung Projektierer	A	B	C	RPE
Glaubwürdigkeit allgemein	Zeitlicher Bedarf an gemeinsamen Ressourcen wie Hallenflächen, Baufirmen und Montagepersonal.	Terminverschiebung.	GAUND1	1	Keine ausreichende Übermittlung zwischen supply chain management und Projektierung.	Ausreichende Übermittlung zwischen allen Beteiligten (V) Zusätzliches Ausarbeiten für Baufirmen einstellen. (V) Stellen eines detaillierten Zeitplanes mit Umschicht aller Beteiligten (P)	7	6	5	225	Erstellung eines detaillierten Zeitplanes mit laufender Übergabe (2 Stunden) aller Beteiligten. Zusätzlich Ausarbeiten für Baufirmen.	Erstellung eines detaillierten Zeitplanes mit laufender Übergabe (2 Stunden) aller Beteiligten. Zusätzlich Ausarbeiten für Baufirmen.		Ohne detaillierte Planung sehr hohe Wahrscheinlichkeit das die Aufnahme, basieren verfahren laufen und bringen 100% Sicherung & Überlegung wegen Terminverschiebung kritisch.	2	6	5	RPE
	Gegenseitige Behinderungen bei Transport, Voranfrage und speziell Böden und Montage.	Zahnverschiebung	GAUND2	2	Pläne vor Ort nur teilweise bekannt.	Alle Pläne komplett erhalten und prüfen lassen (V) Gemeinsames Planschium aller Beteiligten speziell Kranpositionen mit Umschicht (P).	6	6	6	240	Alle für die Koordination notwendigen Personen müssen dafür unterschreiben, alle Pläne ausreichend studiert zu haben. Bei einem gemeinsamen Briefing sollen alle ihre Gedanken noch einmal fundieren können und Lösungsvorschläge erarbeitet werden. Briefing vor jeder Schicht.	Alle für die Koordination notwendigen Personen müssen dafür unterschreiben, alle Pläne ausreichend studiert zu haben. Bei einem gemeinsamen Briefing sollen alle ihre Gedanken noch einmal fundieren können und Lösungsvorschläge erarbeitet werden. Briefing vor jeder Schicht.		Ohne Koordination ist die Aufnahme dr gegeben. Mit Koordination kann es auch noch sein. Es handelt sich um eine digitale mögliche Zahnverschiebung ohne Zusatzkraft auf Endteil, weil Gegenüberarbeiten. Die Kosten (jeweils Überstunden)	2	6	6	160
Auftragsergänzung / Partnerfinden	Falsche Lieferantenauswahl	Mangelhafte Ausführung der Lieferung, und bereits zu spät zusammengekauft Lieferung, daher zu spät für den Transport.	AUFTRAG	3	Einkauf wurde nachschauen. Neue Einkäufer sollen neue (unbekannte) Anbieter ins Projekt einbeziehen. Ungenügende Unterlagen und Lieferantenliste.	Zuerst Einkauf und dann Lieferanten entsprechend befragen. (V) Topmanagement von der negativen Auswirkung "Häcker" Lieferantenwahl überzeugen. Lieferanten prüfen (P).	7	6	6	225	Bewährte Lieferanten mit Erfahrung verwenden. Bewusst werden GG & Ersatz bei Lieferanten.	Bewährte Lieferanten mit Erfahrung verwenden. Bewusst werden GG & Ersatz bei Lieferanten.		Bei ungeprüften Lieferanten ist Projekt betreffend Zeit und Geld gefährdet. Erfahrung und qualifizierte Lieferanten geben hohe Sicherheit.	3	6	5	110
Beschaffung von Komponenten	Verzögerte Lieferung.	Gravierende Änderungen am Zeitplan bis Umbauverschiebung um mehrere Monate.	DESCH1	4	Einige Teile sind schon für Engineering und Fertigung mehrere Monate. Selbst später Bestellung mit genügend geheimer Reserve für den Lieferanten kann es dazu kommen.	Mit dem Lieferanten abklären was die vorzuziehende Lieferant ist. (V) Reduziert bestellen und erhöhter Risiko auf Lieferanten setzen. (V) Vertragsprüfung (P).	6	6	5	225	Hochzeitig mit genügend Reserve bestellen. Risiko im Vertrag.	Hochzeitig mit genügend Reserve bestellen. Risiko im Vertrag.		Bei ungeprüften Druck Projekt in Zeit und Geld gefährdet. Erfahrung wegen Versagen von Lieferanten der es nicht kommen sehen ist gering.	4	7	5	120
	Mangelhafte Ausführung Fertigungsfehler.	Nacharbeiten notwendig.	FERT1	5	Zu wenig Überwachung Fertigung und reduzierte Endkontrolle.	Fertigung Überwachen (V). Endkontrolle durch eigene Spezialisten. (P) Spezifikation der Qualität. (V) Wenn es geht nur lokal Sourcing bei kritischen Komponenten verwenden, da jede zusätzliche Schicht 1 Mio. Euro kostet, ist dies berechnung.	5	6	7	165	Fertigung Überwachen. Endkontrolle durch eigene Spezialisten. Spezifikation der Qualität. Wenn es geht nur lokal Sourcing bei kritischen Komponenten verwenden, da jede zusätzliche Schicht 1 Mio. Euro kostet, ist dies berechnung.	Fertigung Überwachen. Endkontrolle durch eigene Spezialisten. Spezifikation der Qualität. Wenn es geht nur lokal Sourcing bei kritischen Komponenten verwenden, da jede zusätzliche Schicht 1 Mio. Euro kostet, ist dies berechnung.		Die Teile werden knapp geliefert, daher ist die Verzögerung um 1-2 Schichten betreffend die Endkontrolle wahrscheinlich. Die Verzögerung 1 Mio. Euro groß. Im Geld. Geeignete Lieferanten minimieren die Wahrscheinlichkeit stark. Erkennbarkeit mehr erst nach Lieferung.	3	6	6	101
Fertigungsüberwachung Komponenten	Ungeprüfte Sublieferanten.	Mangelhafte Ausführung.	FERT2	6	Vertrag erlaubt freie Sublieferantenauswahl. Kapazität von Lieferanten nichtausreichend.	Vertrag mit Zusatzklausel entsprechend ändern und Liste von erlaubten Sublieferanten dazu geben oder nur nach Zustimmung erlauben Vertrag prüfen. (P) Falls es nicht anders geht, dann Nachschubung der ML, des Subunternehmens (auf deren Kosten) vor Beginn des Projektes.	5	6	6	165	Vertrag mit Zusatzklausel entsprechend ändern und Liste von erlaubten Sublieferanten dazu geben oder nur nach Zustimmung erlauben Vertrag prüfen. Falls es nicht anders geht, dann Nachschubung der ML, des Subunternehmens (auf deren Kosten) vor Beginn des Projektes.	Vertrag mit Zusatzklausel entsprechend ändern und Liste von erlaubten Sublieferanten dazu geben oder nur nach Zustimmung erlauben Vertrag prüfen. Falls es nicht anders geht, dann Nachschubung der ML, des Subunternehmens (auf deren Kosten) vor Beginn des Projektes.		Fertigungsfehler sind hier noch wahrscheinlich als FERT1. Sonst deutlich gleich.	3	7	6	112
	Planung Umbaudauer und Umbaupunkte	Der optimale Zeitplan und die Hochlaufkurven können nicht eingehalten werden.	UMBAU	7	Stakeholder will gute Auftragslage nutzen.	Gespräch mit Stakeholder und alle Beteiligten (Einkauf, GG, Produktionsleitung,...) mit der Darstellung der Risiken bei Verkürzung der TPL. (V)	6	6	5	225	Gespräch mit Stakeholder und alle Beteiligten (Einkauf, GG, Produktionsleitung,...) mit der Darstellung der Risiken bei Verkürzung der TPL.	Gespräch mit Stakeholder und alle Beteiligten (Einkauf, GG, Produktionsleitung,...) mit der Darstellung der Risiken bei Verkürzung der TPL.		Wenn die Verkürzung nicht (geheim) vorher eingeplant war, bzw. genügend Reserven im Zeitplan drinnen war, komplett unumkehrbar. Man muss die Sache aber bei Projekten proaktiv sehen.	3	7	6	120
Personalbewerter	Personalengpass bei Instandhaltungspersonal.		PERG1	8	Mangelhafte Personalressourcenplanung.	Stakeholder muss Umbau mit Risiko & definieren. (V) Konkrete Personalressourcenplanung (V)	5	6	6	160	Stakeholder muss Umbau mit Risiko & definieren. Konkrete Personalressourcenplanung.	Stakeholder muss Umbau mit Risiko & definieren. Konkrete Personalressourcenplanung.		Ohne Maßnahmen sehr wahrscheinlich und zusätzlich schlecht. Schaden schwer abschätzbar. Erkenntbarkeit aber gegeben.	4	6	4	86
	Mitglieder des Planungsstabs werden abgezogen oder krank.	Probleme bei Planungsausführung und beim Umbau Probleme bei mehrschichtiger Planungsanpassung bei Problemauftritt.	PERG2	9	Mangelhafte Personalressourcenplanung.	Konkrete Ressourcenplanung. (V) Kapazitätsauslastungsplanung. (V) Einplanung als 3-Projekt. (V) Präzision. (V)	5	7	6	240	Konkrete Ressourcenplanung. Kapazitätsauslastungsplanung. Einplanung als 3-Projekt. Präzision. Mehr 10. Stunden einplanen.	Konkrete Ressourcenplanung. Kapazitätsauslastungsplanung. Einplanung als 3-Projekt. Präzision. Mehr 10. Stunden einplanen.		Ohne Maßnahmen wahrscheinlich und zusätzlich schlecht. Schaden schwer abschätzbar. Erkenntbarkeit nicht gegeben. Reserven können zu ungenutzten Kapazitäten führen.	3	5	6	120



FMEA am Bsp. einer Breitbandstrasse

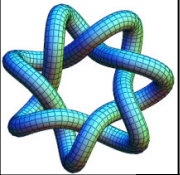
Detailansicht FMEA IST - Situation

FMEA					derzeitiger Zustand					
Risikogruppe	potentielles Risiko	potentielle Folgen des Risikos	ID	lfd. Nr.	potentielle Ursachen des Risikos	Verhütungs - (V) und Prüfmaßnahme (P)	A	B	E	RPZ
Baubwicklung allgemein	Zeitgleicher Bedarf an gemeinsamen Ressourcen wie Hallenkränen, Baufirmen und Montagepersonal.	Terminverschiebung.	BAUAB 1	1	Keine ausreichende Abstimmung zwischen supply chain management und Projektleitung.	Ausreichende Abstimmung zwischen allen Beteiligten (V). Zusätzlichen Assistenten für Bauleiter einstellen. (V) Erstellen eines detaillierten Zeitplanes mit Unterschrift aller Beteiligten. (P)	7	8	5	248
	Gegenseitige Behinderungen bei Transport, Vormontage und speziell Abriss und Montage.	Zeitverzögerung.	BAUAB 2	2	Pläne vor Ort nur teilweise bekannt.	Alle Pläne komplett erheben und prüfen lassen (V). Genaues Planstudium aller Beteiligten speziell Kranfahrplan mit Unterschrift (P).	8	6	8	360
Auftragsvergabe / Partnerfirmen	Falsche Lieferantenauswahl	Mangelhafte Ausführung der Lieferung, und bereits zu weit zusammengebaute Lieferung, daher zu groß für den Transport.	AUFTRAG	3	Einkauf wurde restrukturiert. Neue Einkäufer wollen neue (unbekannte) Anbieter ins Projekt einbeziehen. Ungenügende Anlagen- und Ortskenntnisse.	Zuerst Einkauf und dann Lieferanten entsprechend briefen. (V) Topmanagement von der negativen Auswirkung "falscher" Lieferantenauswahl überzeugen. Lieferanten prüfen (P).	7	8	6	326
Beschaffung von Komponenten	Verspätete Lieferung.	Gravierende Änderungen am Zeitplan bis Umbauverschiebung um mehrere Monate.	BE SCH1	4	Einige Teile benötigen für Engineering und Fertigung mehrere Monate. Bei zu später Bestellung mit genügend geheimer Reserve für den Lieferanten kann es dazu kommen.	Mit dem Lieferanten abklären was die worst case Lieferzeit ist. (V) Rechtzeitig bestellen und erheblicher Pönale auf Lieferverzug setzen. (V) Vertragsprüfung (P).	6	8	5	238

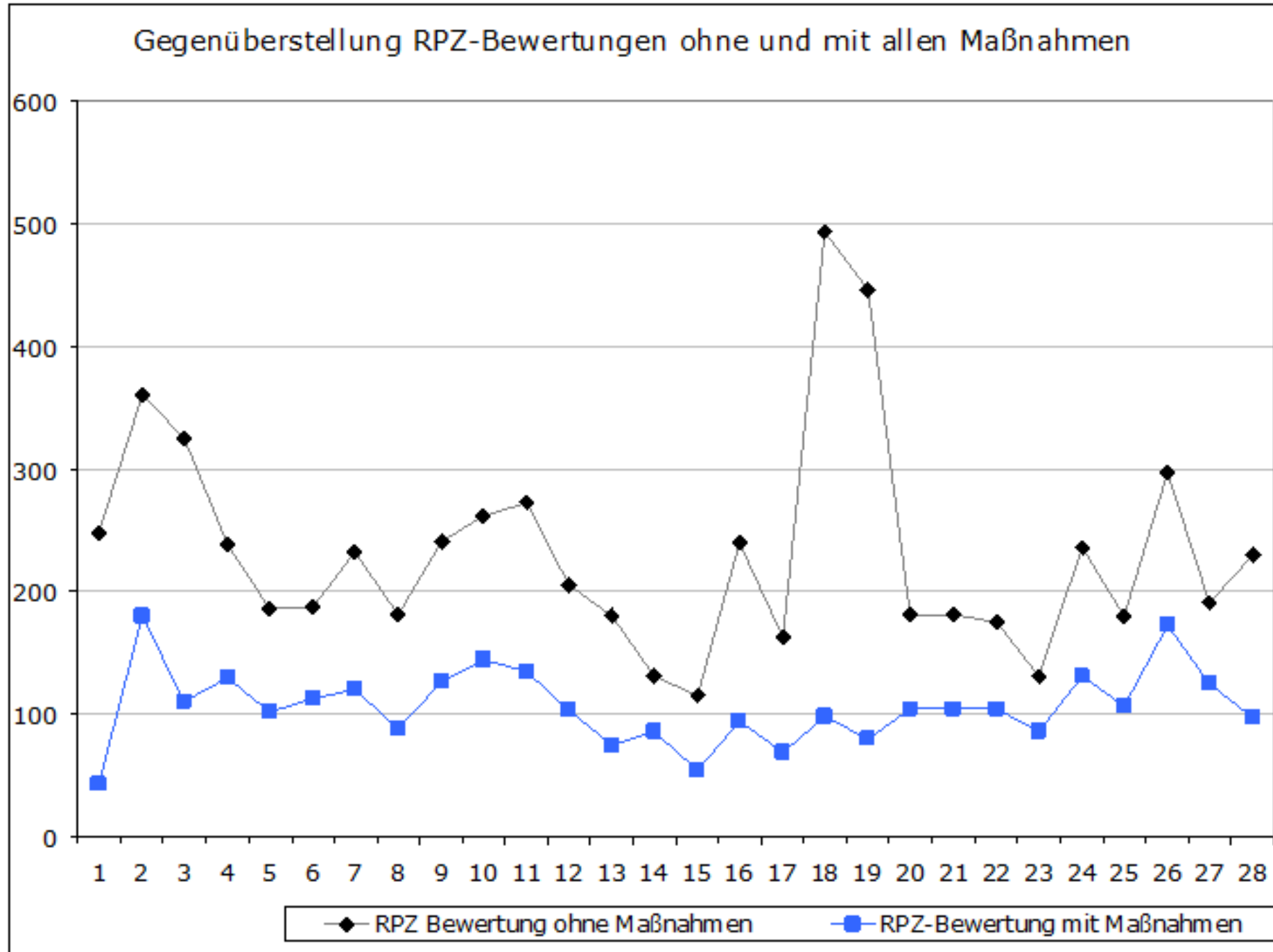


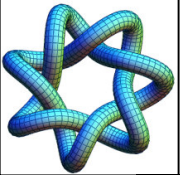
FMEA - Report mit ABC-Analyse dargestellt

ABC-Analyse Bewertung <u>ohne</u> Maßnahmen						ABC - Analyse Bewertung <u>mit</u> Maßnahmen					
lfd. Nr.	RPZ	RPZ-Anteil in %	RPZ kumuliert	Klasse	potentielles Risiko	lfd. Nr.	RPZ	RPZ-Anteil in %	RPZ kumuliert	Klasse	Maßnahmen
18	494	7,59%	7,59%	A	Fehlerhafte Planung betreffend der bestehenden Fundamente.	2	180	6,04%	6,04%	B	Alle für die Koordination notwendigen Personen müssen dafür unterschreiben, alle Pläne ausreichend studiert zu haben. Bei einem gemeinsamen Briefing sollen alle ihre Bedenken noch einmal kund tun können und Lösungsvorschläge erarbeitet werden. Briefing vor jeder Schicht.
19	446	6,85%	14,44%	A	Vermessungsfehler.	26	172	5,79%	11,83%	B	Geeignete Kapazität Ressourcen Planung. Überprüfung der Teammitglieder und Personalressourcenplanung. Zusätzliches Einbindung von qualifizierten Personal welche langfristig mit der VA zusammen arbeiten.
2	360	5,53%	19,98%	A	Gegenseitige Behinderungen bei Transport, Vormontage und speziell Abriss und Montage.	10	144	4,84%	16,67%	B	Unterweisung der Kranführer.
3	326	5,00%	24,98%	A	Falsche Lieferantenauswahl	11	135	4,53%	21,20%	B	Seile täglich prüfen. Seile immer vor Grenzplastbetrieb prüfen. Prüfbuch. Laufende Kontrolle der Seile.
26	297	4,57%	29,55%	A	Die gut eingespielte Crew ist nicht mehr vorhanden.	24	131	4,42%	25,62%	B	Werkzeuge überprüfen und dokumentiert warten lassen. Wichtige Werkzeuge in Reserve halten.
11	273	4,19%	33,74%	A	Seilriss des Hubseil der Hallenkräne.	4	129	4,34%	29,96%	B	Rechtzeitig mit genügend Reserve bestellen. Pönale im Vertrag.
10	262	4,03%	37,76%	A	Seilriss des Hubseil der Hallenkräne.	9	126	4,24%	34,20%	B	Korrekte Ressourcenplanung. Kapazitätsauslastungsplanung. Einstufung als A-Projekt. Prämien. Mehr MA Stunden einplanen.
1	248	3,82%	41,58%	A	Zeitgleicher Bedarf an gemeinsamen Ressourcen wie Hallenkränen, Baufirmen und Montagepersonal.	27	125	4,19%	38,39%	B	Geeignete Verhandle verwenden. Geldreserve bereitstellen.
9	240	3,70%	45,28%	A	Mitglieder des Kernplanungsteams werden abgezogen oder krank.	7	120	4,02%	42,42%	B	Gespräch mit Stakeholder und alle Beteiligten (Einkauf, QS, Produktionsleitung,...) mit der Darstellung der Risiken bei Verkürzung der TP's.
16	239	3,67%	48,96%	A	Zwischenlagerung nicht möglich.	6	112	3,77%	46,19%	B	Vertrag mit Zusatzklausel entsprechend ändern und Liste von erlaubten Sublieferanten dazu geben oder nur nach Abstimmung erlauben. Vertrag prüfen. Falls es nicht anders geht, dann Nachschulung der MA des Subunternehmers (auf deren Kosten) vor Beginn des Projektes.
4	238	3,66%	52,62%	A	Verspätete Lieferung.	3	110	3,69%	49,88%	B	Bestehende Lieferanten mit Erfahrung verwenden. Bewusst verstärkter QS Einsatz bei Lieferanten.
24	236	3,62%	56,24%	A	Defekte Werkzeuge und Anschlagmittel.	25	107	3,59%	53,47%	B	Keine Verkürzungen im Zeitplan erlauben. Komponentenprüfung. I/O-Tests. Vorab Tests im Simulationsmodus durchführen.
7	233	3,57%	59,81%	A	Stakeholder fordert kürzere Umbauzeit.	20	104	3,51%	56,97%	B	Planung und Ausführung durch Fachfirma und Fachpersonal Lieferung durch Probe kontrollieren. Dokumentation mit Unterschrift.
28	230	3,53%	63,35%	A	Ersatzteile nicht mehr vorhanden.	21	104	3,51%	60,48%	B	Planung und Ausführung durch Fachfirma und Fachpersonal Lieferung kontrollieren.
12	206	3,16%	66,51%	A	Beschädigung von bereits eingebauten Komponenten	22	104	3,51%	63,98%	B	Planung und Ausführung durch Fachfirma und Fachpersonal Lieferung kontrollieren.
27	190	2,93%	69,43%	B	Lieferanten und Sublieferanten nicht mehr vorhanden oder verlangen mehr Geld.	12	103	3,47%	67,45%	B	Nur erfahrenen, top fitten Kranführer verwenden. Überprüfung der Kranführer und Gesundheitstest.
6	188	2,88%	72,32%	B	Unqualifizierte Sublieferanten.	5	101	3,41%	70,86%	B	Fertigung Überwachen. Endkontrolle durch eigene Spezialisten. Spezifikation der Qualität. Wenn es geht nur lokal Sourcing bei kritischen Komponenten verwenden, da jede zusätzliche Schicht 1 Mio. Euro kostet, ist dies berechtigt.
5	186	2,85%	75,17%	B	Mangelnde Ausführung (Fertigungsfehler).	18	97	3,28%	74,14%	C	Alle Pläne sobald es möglich ist durch Experten während des Umbaus auf Istzustand bringen mit vor Ort Aufnahme und Prüfung der Fundamente. Und Korrektur der Planung.
8	180	2,77%	77,95%	B	Personalengpass bei Instandhaltungspersonal.	28	96	3,25%	77,38%	C	Ersatzteile prüfen und kritische fehlende Ersatzteile nachkaufen. Vorab eine Ersatzteilliste erstellen.
20	180	2,77%	80,72%	B	Fehlende Tragkraft und Risse im Fundament.	16	95	3,18%	80,56%	C	Benötigte Flächen reservieren und gelb markieren, rechtzeitig frei machen und einen Beauftragten mit Weisungsrecht einsetzen und Aufwandsplanung durchführen.
21	180	2,77%	83,49%	B	Fehlende Tragkraft und Risse im Fundament.	8	88	2,95%	83,51%	C	Stakeholder muss Umbau mit Priorität A definieren. Korrekte Personalressourcenplanung.
25	180	2,76%	86,26%	B	Mängel und Fehlfunktionen	23	86	2,89%	86,40%	C	Weiträumige Absperrung der Baustelle.
13	179	2,76%	89,01%	B	Hubzeuge und Transportsysteme werden defekt.	14	85	2,86%	89,26%	C	Prüfung durch Spezialisten mit Dokumentation.
22	175	2,69%	91,70%	B	Fundamentrisse.	19	80	2,68%	91,94%	C	Ist-Zustand der Fundamente durch Experten prüfen und Bescheinigen lassen.
17	163	2,50%	94,20%	B	Transport nicht möglich.	13	75	2,52%	94,46%	C	Prüfung durch Spezialisten mit Dokumentation.
14	131	2,02%	96,22%	C	Hallentore werden defekt.	17	69	2,32%	96,78%	C	Benötigte Fahrwege großzügig frei halten, gelb markieren und durch einen Beauftragten mit Weisungsrecht überwachen.
23	131	2,02%	98,24%	C	Fehlerhafte Montage und Verletzte.	15	53	1,80%	98,58%	C	Prüfung durch Spezialisten mit Dokumentation.
15	115	1,76%	100,00%	C	Fahrwege halten der Belastung nicht stand.	1	42	1,42%	100,00%	C	Erstellung eines detaillierten Zeitplanes mit laufender Absprache (2 Stunden) aller Beteiligten. Zusätzlicher Assistent für Bauleiter.
Σ	6505					Σ	2973				



FMEA RPZ – Vergleich mit u. ohne Maßnahmen





FMEA - Cockpit – Chart

