

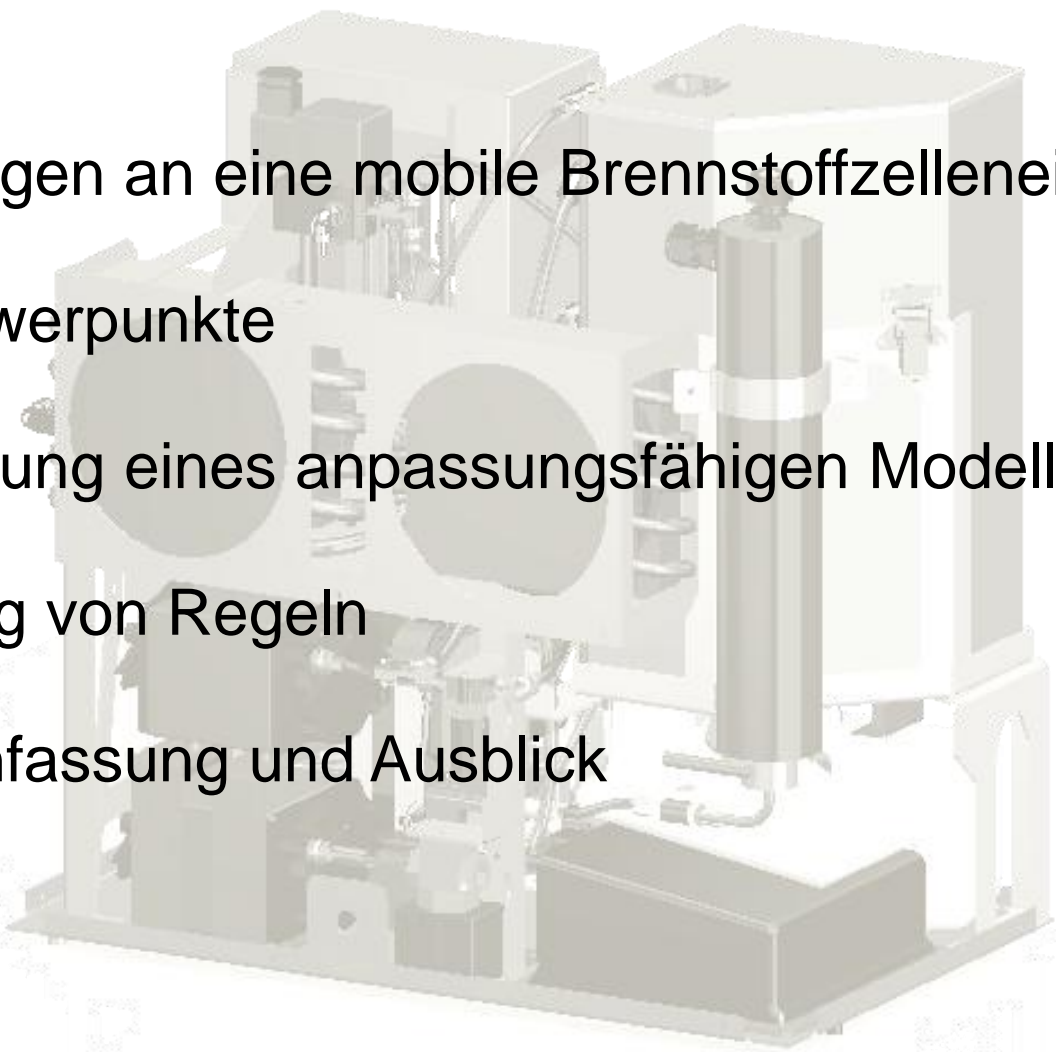
Virtuelle Optimierung der Komponentenkonfiguration eines mobilen Brennstoffzellensystems

Dipl.-Ing. Birte Meister

*Prof. Dr.-Ing. Peter Köhler
Rechnereinsatz in der Konstruktion
Universität Duisburg-Essen*

In Zusammenarbeit mit



- 
- A detailed 3D CAD model of a mobile fuel cell unit. The model shows a complex assembly of components, including a large cylindrical fuel cell stack in the center, various pipes, valves, and structural housing. The unit is mounted on a base with four legs. The model is rendered in a light gray color, showing the internal structure and external components.
- Anforderungen an eine mobile Brennstoffzelleneinheit
 - Arbeitsschwerpunkte
 - Assemblierung eines anpassungsfähigen Modells
 - Einbringung von Regeln
 - Zusammenfassung und Ausblick

- Mobile Brennstoffzelleneinheit (APU), Brennstoff: LPG (Flüssiggas)
- Nutzung der APU unter anderem für Freizeitanwendungen zur autarken Stromversorgung
 - z.B.: Wohnmobile, Segelyachten, ...
 - Vorteil: Infrastruktur zur LPG-Versorgung ist bereits vorhanden
- Anforderungen an die APU (aus Kundensicht):
 - Sicherheit
 - kleines Bauvolumen
 - geringes Gewicht
 - geringe Geräuscentwicklung
 - vibrationsarmer Betrieb
 - lange Lebensdauer
 - möglichst große Wartungsintervalle
 - ...



Quelle: Bavaria Yachtbau

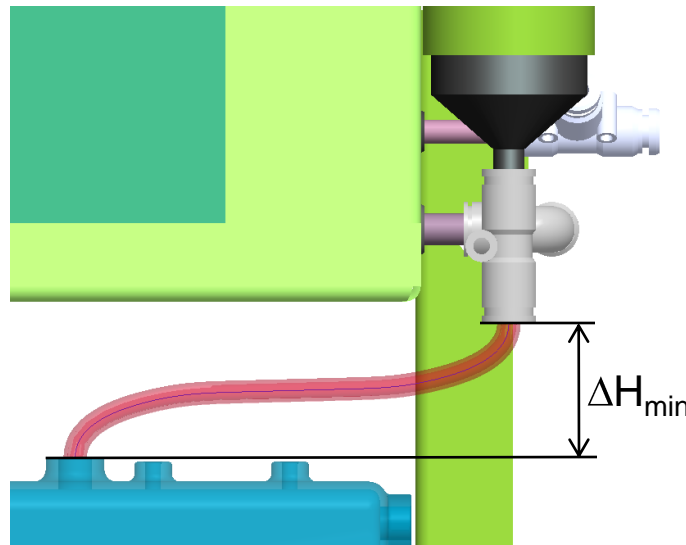
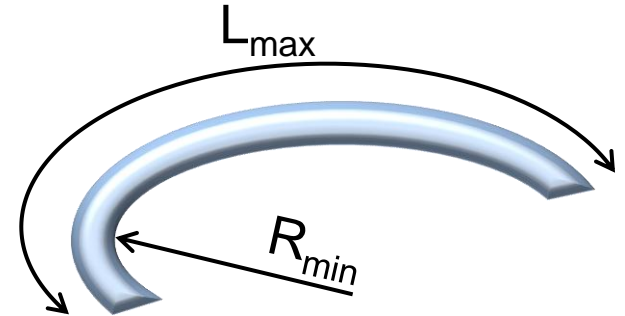


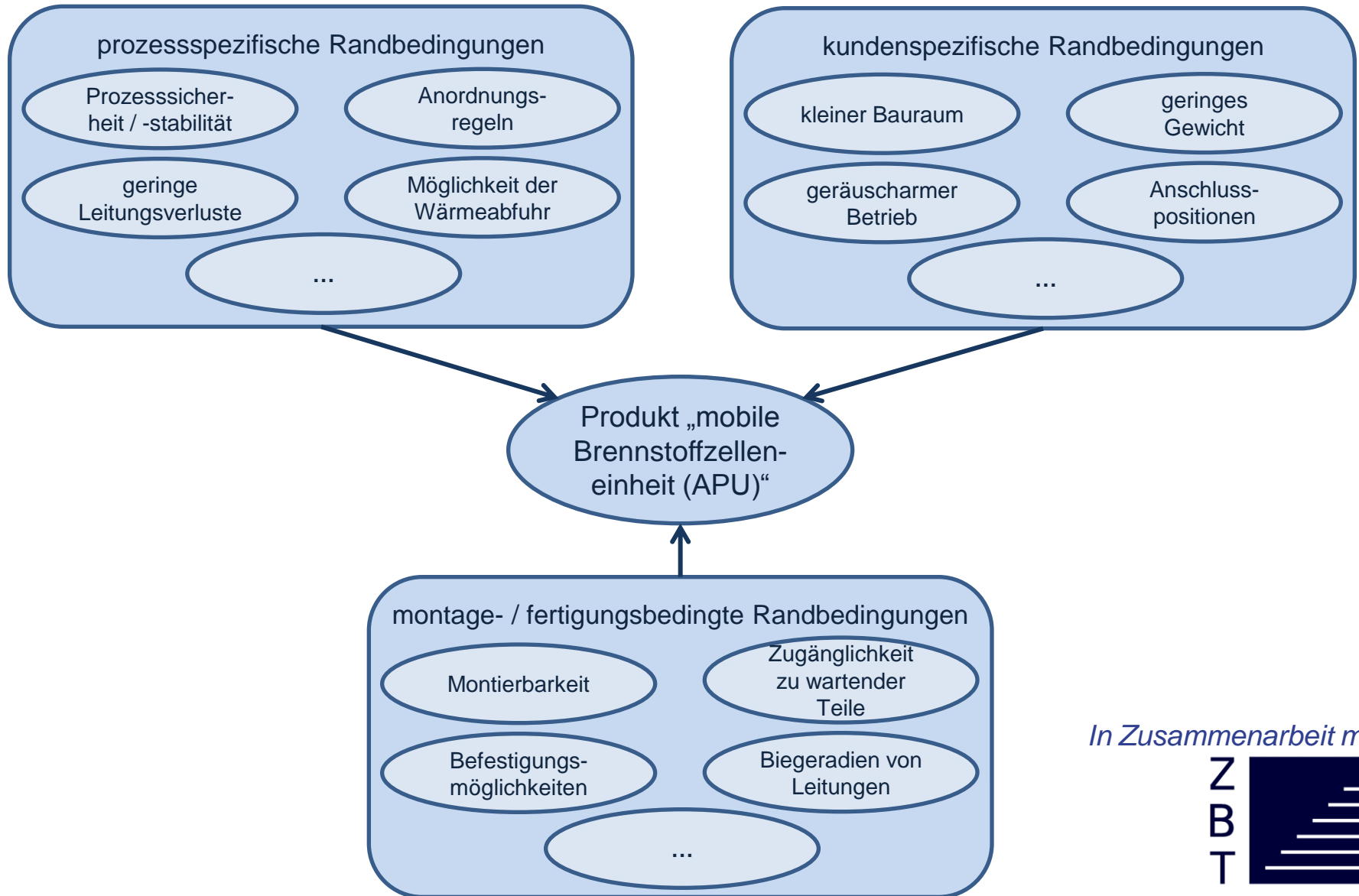
Quelle: Hobby

APU: Auxiliary Power Unit

Anforderungen (aus prozess- und fertigungstechnischer Sicht)

- Prozesssicherheit / -stabilität
 - Einhaltung Verfahrenstechnischer Vorgaben
 - maximale / minimale Leitungslängen
 - Höhenniveaus der Komponenten zueinander
 - ...
- Einhaltung von Mindestbiegeradien der Leitungselemente
- Gewährleistung der Montierbarkeit
- Sicherung der Zugänglichkeit zu wartender Komponenten (z.B. Filter)
- ...

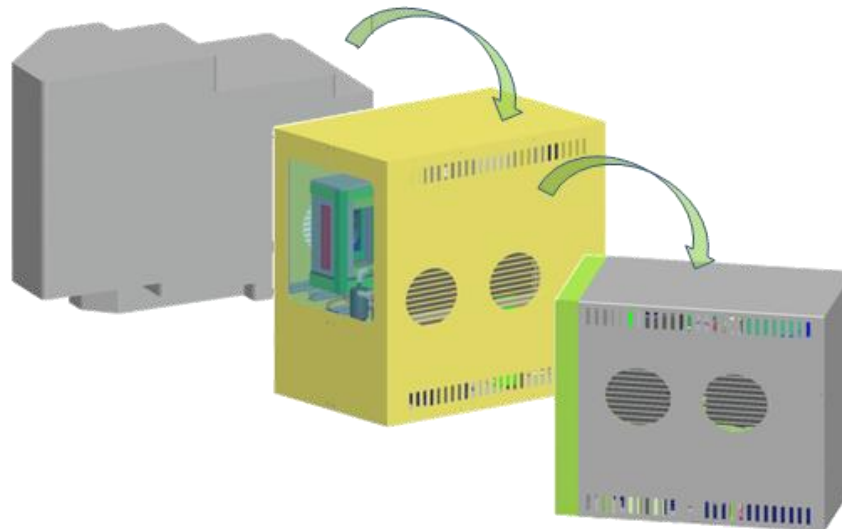
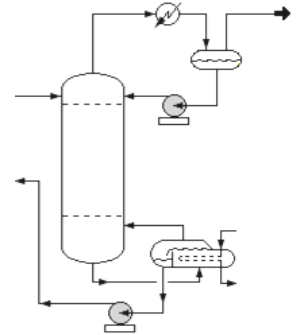




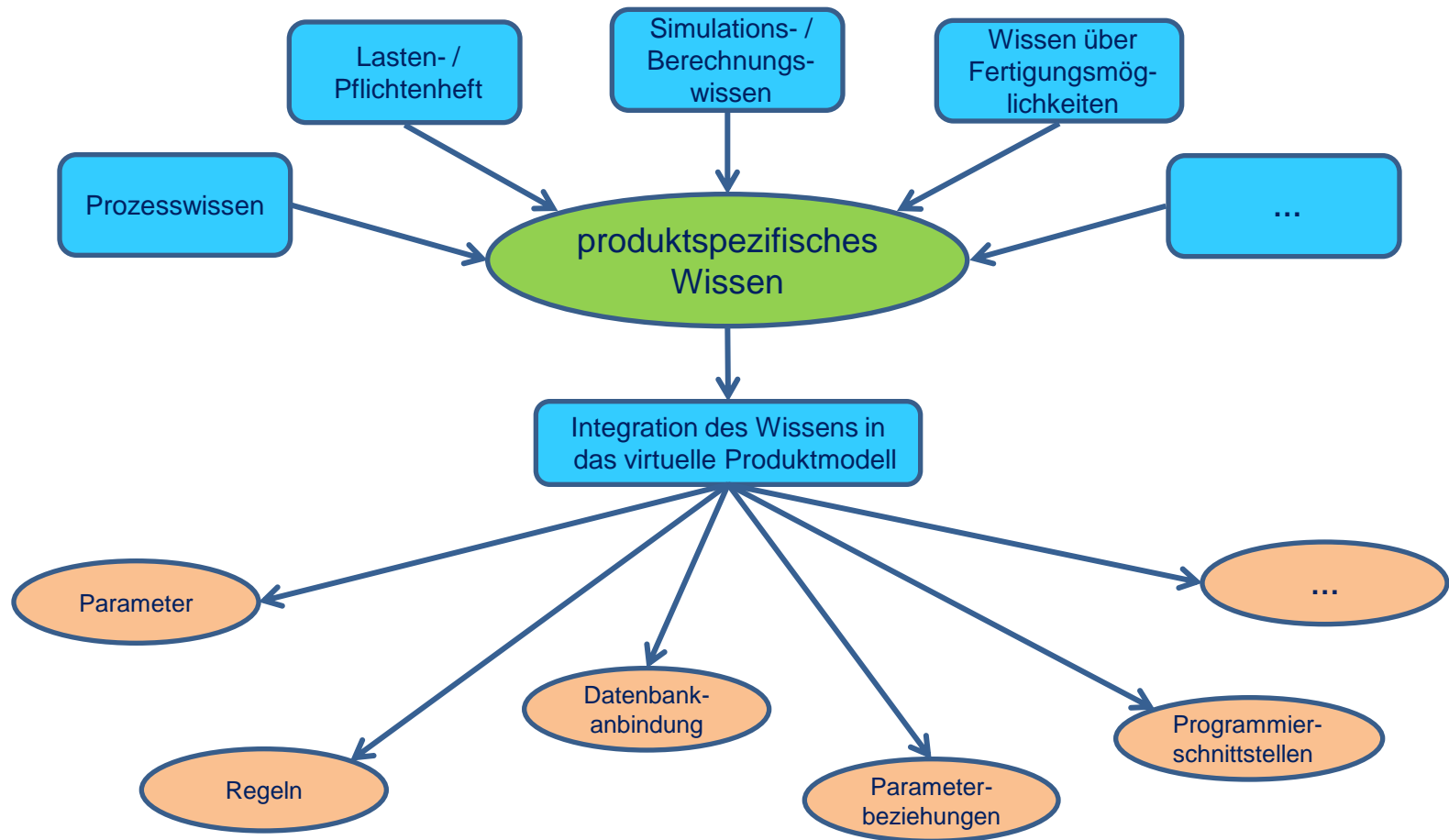
In Zusammenarbeit mit



- Analyse grundlegender konstruktiver und prozessspezifischer Zusammenhänge
- Ermittlung anwendungsbezogener Anforderungen an das CAD-System
- Strukturierung und Grobgestaltung des Produktmodells (anhand des Prozessfließbildes)
- Integration von produktspezifischem Wissen
- Modellstudien für ausgewählte Anwendungsszenarien
- Absicherung des funktions- und fertigungsgerechten Modellaufbaus
- Gehäuseentwurf

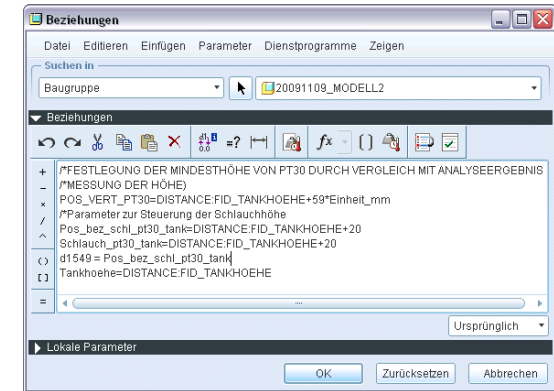
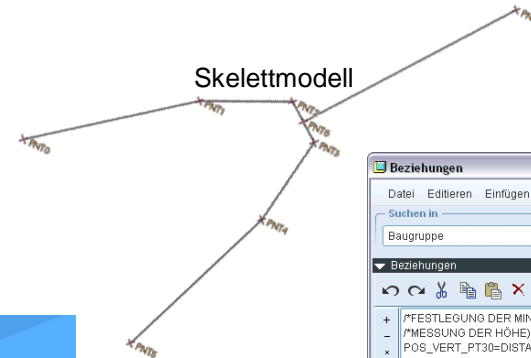
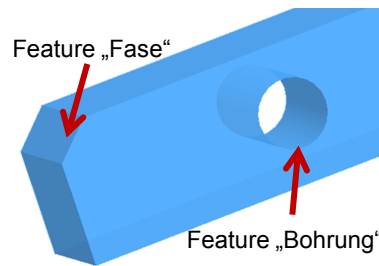


Integration von produktspezifischem Wissen



Anwendungsbezogene Anforderungen an das CAD-System

- Featuretechnik
- Parametrik, Parameterbeziehungen
- Skelettmodelle
- Einbindung von Tabellen und Datenbanken
- Teilefamilien
- Regelbasierter Modellaufbau
- ...



Parameterbeziehungen

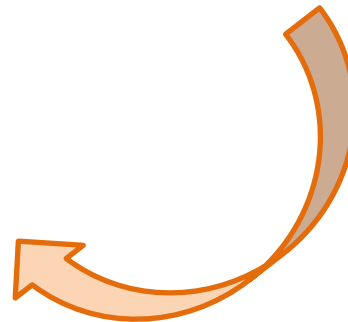
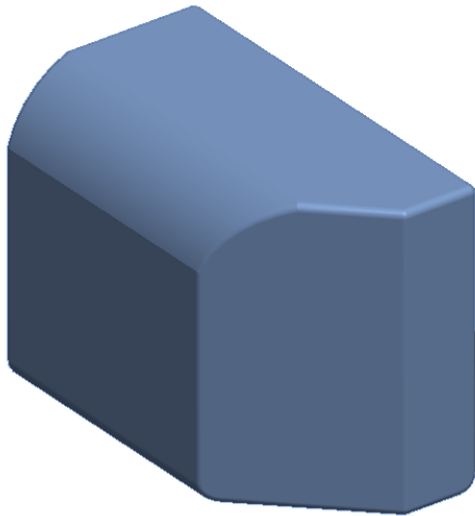


Erfüllt werden diese Anforderungen unter anderem von den Systemen *Catia* (Dassault), *ProENGINEER* (PTC), *NX* (Siemens PLM) und *Inventor* (Autodesk).

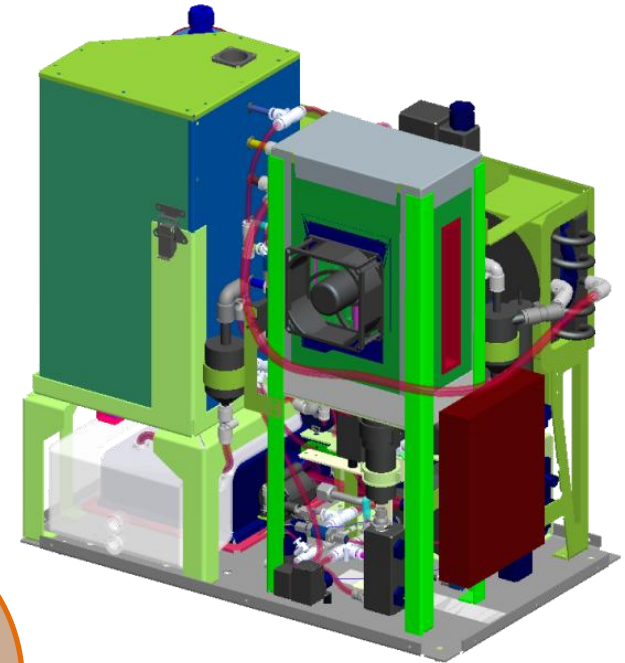
→ Es wurde das CAD-System ProENGINEER ausgewählt, da dieses System auch am ZBT vorhanden ist.

Schritte zur Grobgestaltung

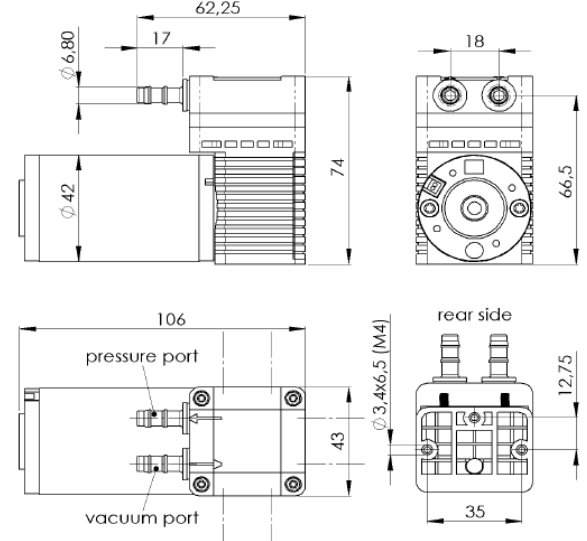
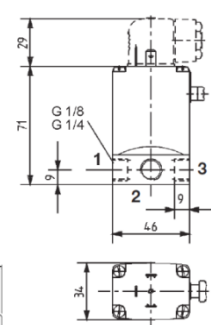
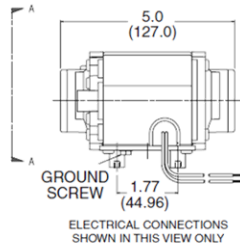
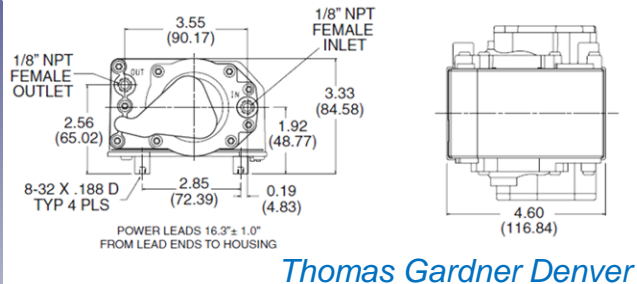
- Erfassung der grundsätzlichen Anordnungsregeln
- Packaging der Systemkomponenten
(zunächst ohne Befestigungsstruktur und Elektronik)
-



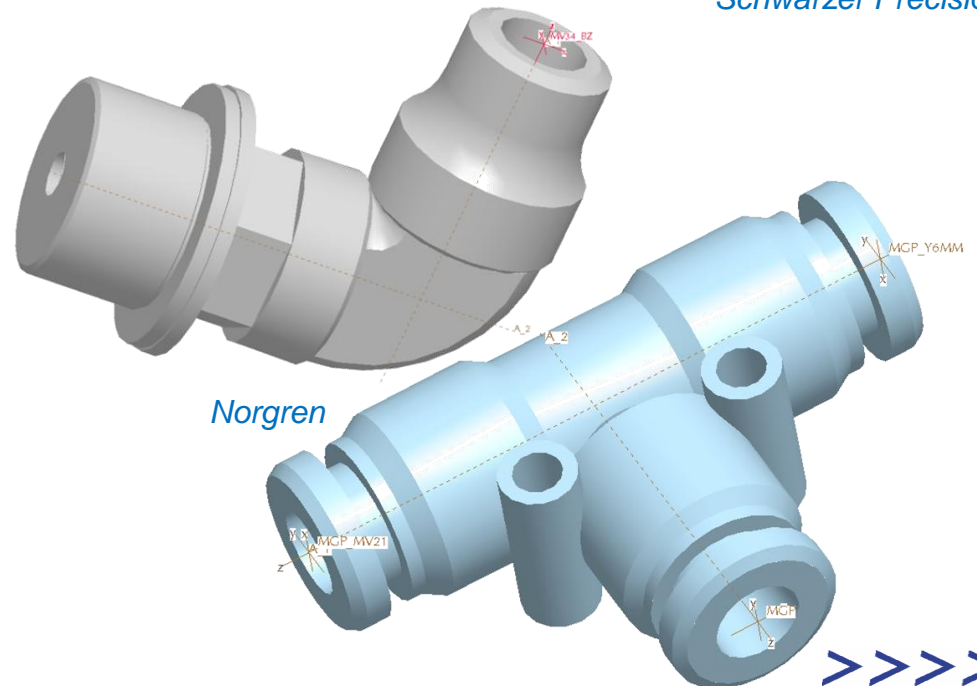
Gehäuseentwurf
(ohne Anschlüsse und Lüftungsöffnungen)



Modellierung der Komponentenmodelle anhand von Datenblättern



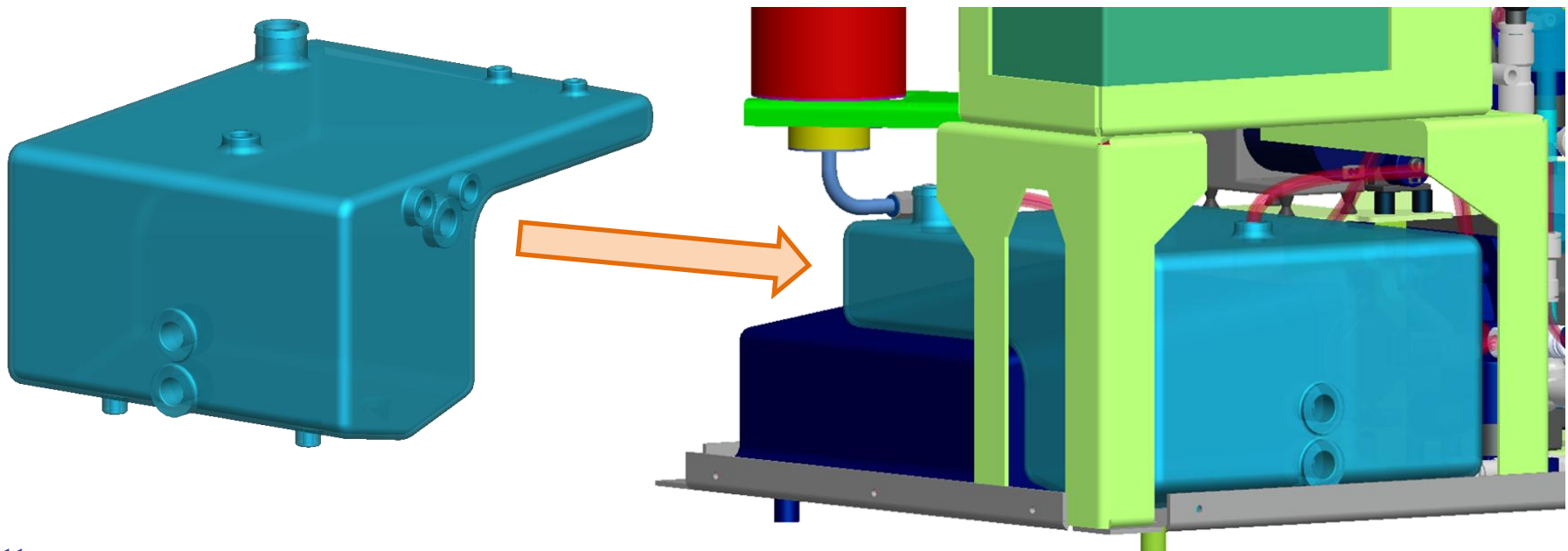
Download von CAD-Modellen der Anschlüsse in neutralen Formaten (IGES, STEP) von Herstellerseiten
→ Anpassung bezüglich notwendiger Bezugselemente (Achsen, Koordinatensysteme)



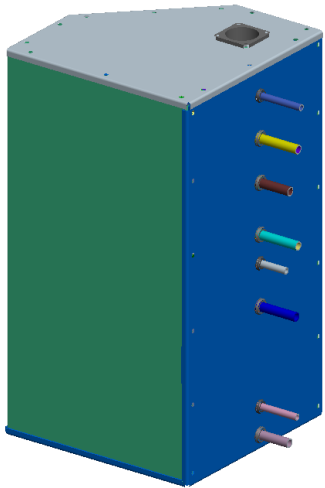
Vorgabengerechte Modellierung von Komponentenmodellen am Beispiel des Wassertanks

Modellierung unter Beachtung

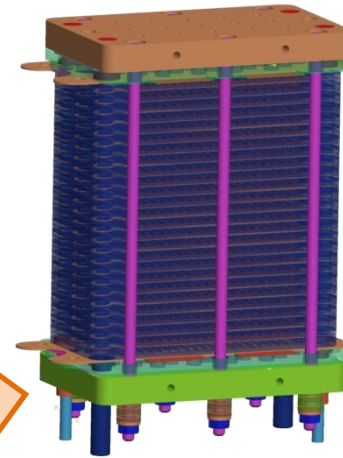
- des prozessseitig erforderlichen Mindestvolumens
→ optimale Ausnutzung des verfügbaren Bauraums
- der Anschlusspositionen
- Zugänglichkeit der Anschlüsse
- Fertigungsmöglichkeit (z.B. Blasformen)
- ...



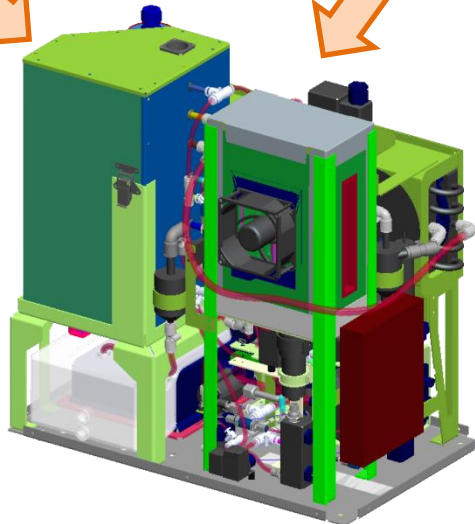
Anpassung und Integration vorhandener
CAD-Modelle



Mobiler Gasprozess
(Kirchhoff)

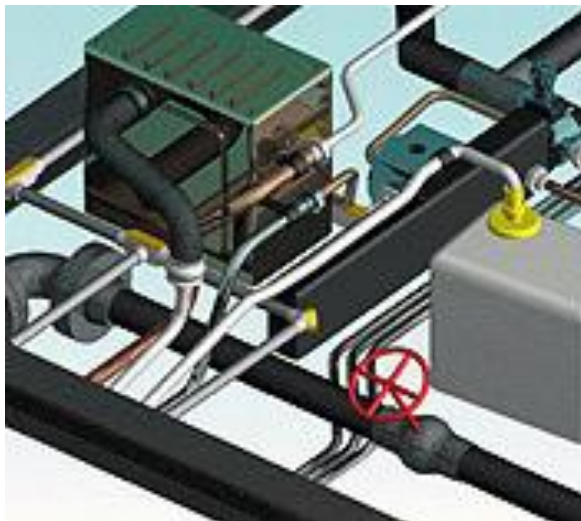


Brennstoffzellenstack
(ZBT)



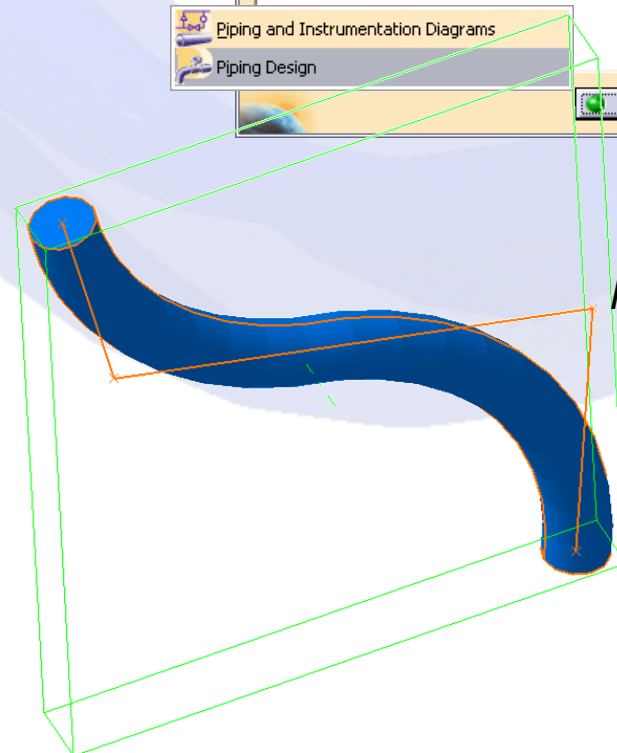
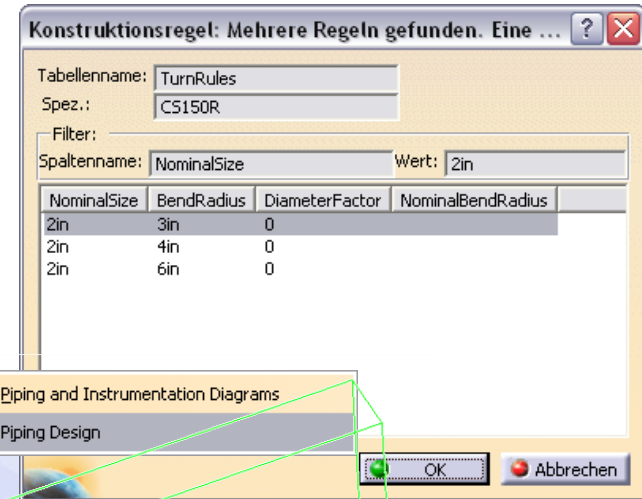
Funktionen zur Leitungsverlegung

- In einigen CAD-Systemen als Zusatztools integriert (NX: *Mechanical Routing*, CATIA: *Piping Design* / *Tubing Design*)
- Automatische Anpassung des Leitungsverlaufs bei Änderung der Position der Anschlusskomponenten
- Einstellung von Datensätzen (Biegeradien, ...)
- Beeinflussbarer Leitungsverlauf bei flexiblen Leitungen
- Darstellung der Leitung als Volumenkörper



Quelle: Siemens PLM

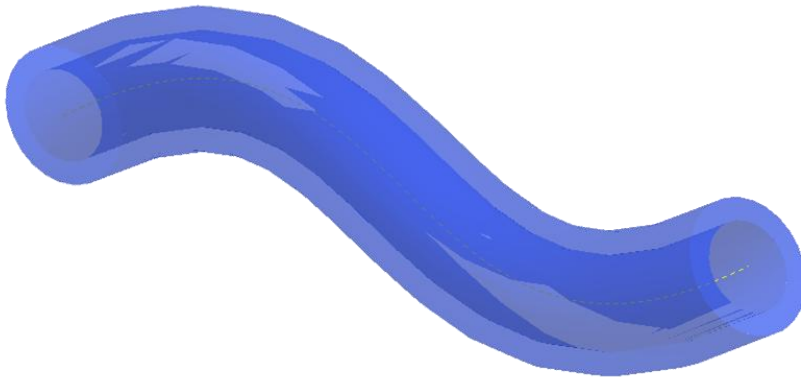
NX
Mechanical Routing



CATIA
Piping Design

Nutzung des ProENGINEER-Tools ProPIPING

- Leitungsdaten werden in Leitungsdatensätzen hinterlegt
→ spezifische Daten für jede Leitung können hinterlegt werden (Wandstärke, Mindestbiegeradius, Mindestlänge, ...)
- Möglichkeit der einfachen Erzeugung auch flexibler Schlauchleitungen → Erzeugung von Splines
- Prüfung der Leitung auf Verstöße gegen Vorgabedaten



LeitDatensatz

Leitungsdatensatz: SCHLAUCH_6MM

LeitDatensatz | KonstrRegel | Benutzerdefiniert

Allgemeine Parameter

LeitDatensatz-Nr. PIPE

Material Schlauch

Güte

Querschnitt

☐ Rechteckig
 ☒ Rund

Schnitttyp

☒ Hohl
 ☐ Volumenkörper

Schnittparameter

Rohr-AD 6

Dicke 1

Formtyp

☐ Gerade
 ☒ Flexibel

Eckentyp

☒ Biegen
 ☐ Formstück
 ☐ Gehrungsschnitt

Gewicht/Länge 10

Biegeradius 1.5 2 3

Biegewinkel 90 45 60

Gehrungsschnitt-Länge 0.05 0.1 0.5

Gehrungsschnitt-Nummer 1 2 3

LeitDatensatz

Leitungsdatensatz: SCHLAUCH_6MM

LeitDatensatz | KonstrRegel | Benutzerdefiniert

Konstruktionsregel-Parameter

Max Gesamtlänge 39370.08

Min Segmentlänge 1

Max Segmentlänge 1000

Max Anzahl der Biegungen 5

Min Biegetrennung 10

Min gerade Länge 1

Min Biegeradius 1.25

Max Biegeradius 72

Min Biegewinkel 15

Max Biegewinkel 112.5

Biegungsbogen-Schwellenwert 165

Min Zweigtrennung 2

Min Zweigwinkel 30

Biegetabellenname NO_TABLE

Konstruktionsregelprüfung

Einrichten Baum

Konstruktionsregel-Baum

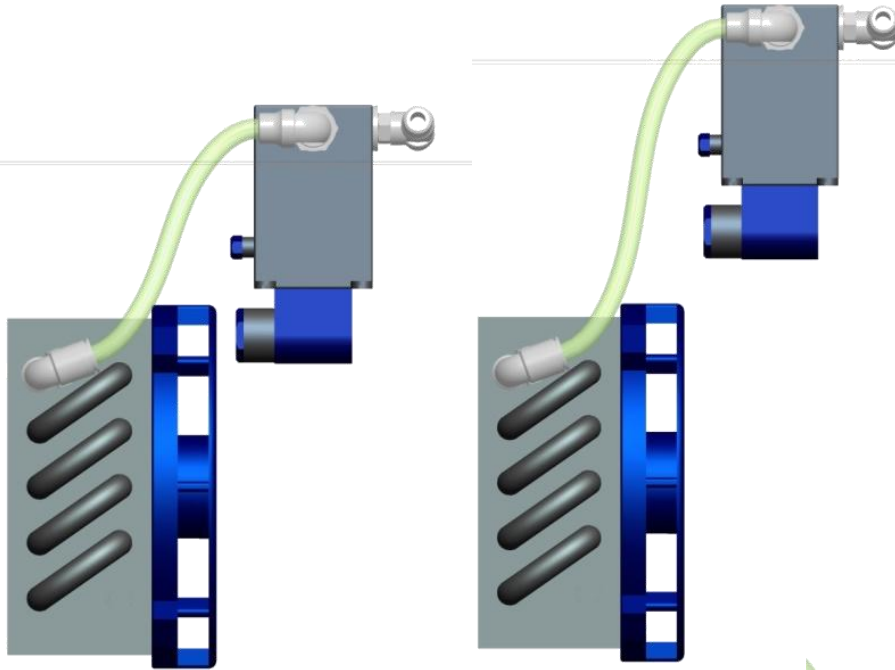
Segmentverstöße (2)

Biegeverstöße (2)

Max Anzahl der Biege
 Start-Spannpratzenl
 Mittlere Spannpratze
 End-Spannpratzenl

Verstoß-Details

#	Leitungsdatensatz	Aktuell
1	SCHLAUCH_12MM	
2	SCHLAUCH_12MM	

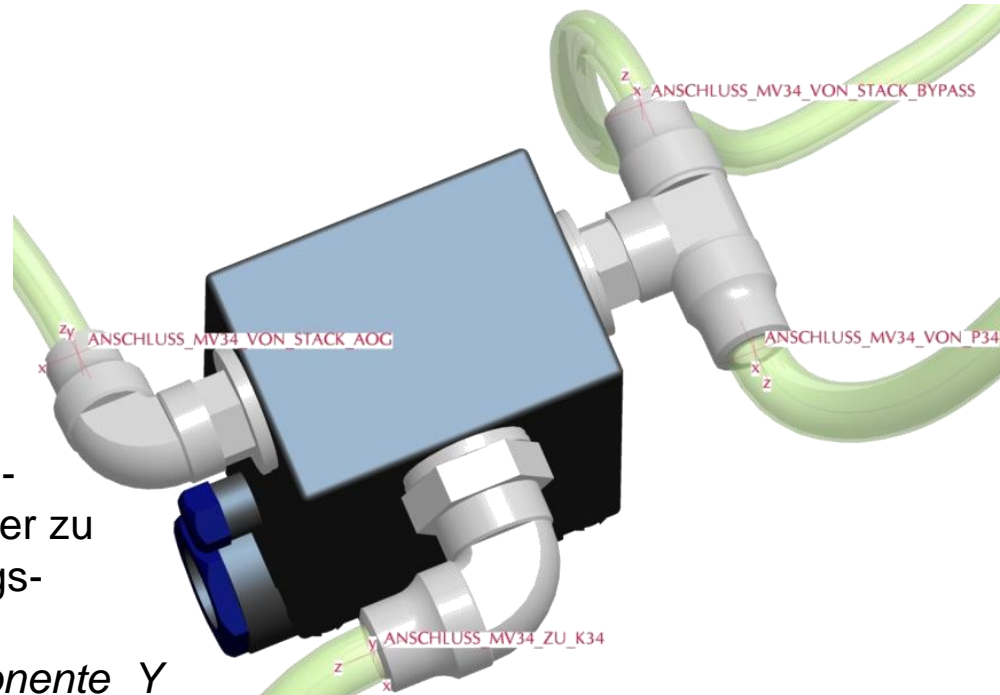


Automatische Anpassung der Leitungsführung bei Veränderung der Anschlusspositionen

Leitungsenden / Anschlüsse:

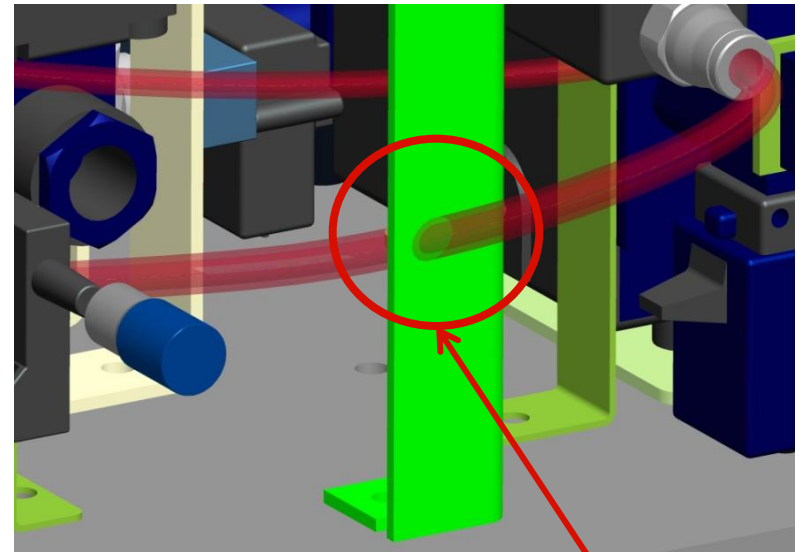
- Koordinatensysteme (positive Z-Richtung = Leitungsrichtung)
- Systematische Benennung der Anschlusskoordinatensysteme mit Informationen über zu verbindende Komponenten und Strömungsrichtung, z.B.

Anschluss_Komponente_X_nach_Komponente_Y

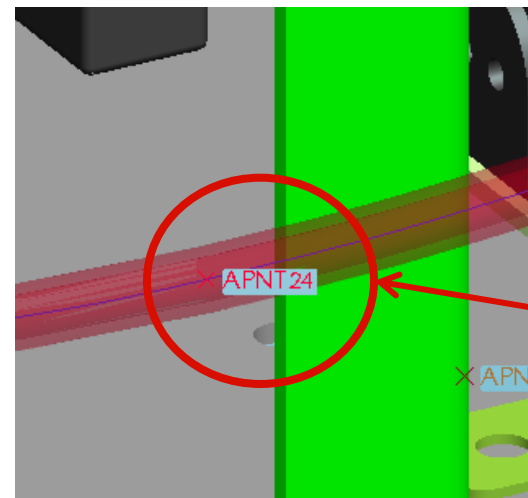


Notwendigkeit von Anpassungen

- Keine automatische Erkennung / Vermeidung von Durchdringungen anderer Baugruppenkomponenten
- Beeinflussung des Leitungsverlaufs durch Bezugspunkte möglich
- Abstand der Bezugspunkte zum Hindernis durch Parameter steuerbar (so wird z.B. bei Veränderung der Position des Hindernisses der Abstand beibehalten)
- Aufteilung der Leitung an jedem Bezugspunkt und Verlegung der aller Leitungsabschnitte entsprechend des Leitungsdatensatzes
- durch die resultierende Veränderung des Leitungsverlaufs kann es zu weiteren, zuvor nicht aufgetretenen Durchdringungen kommen

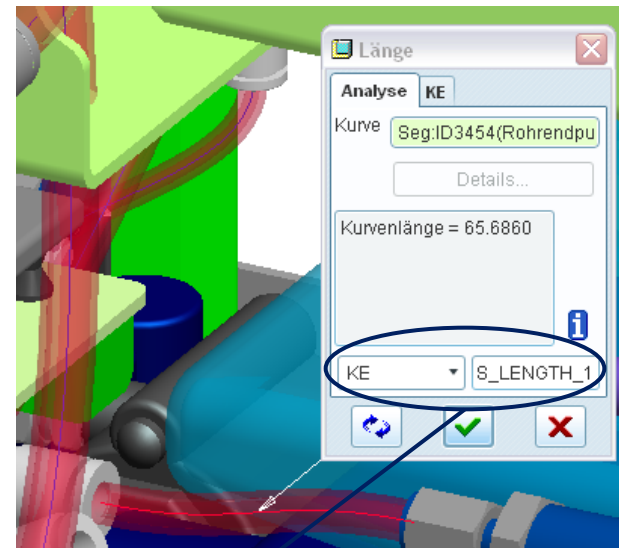
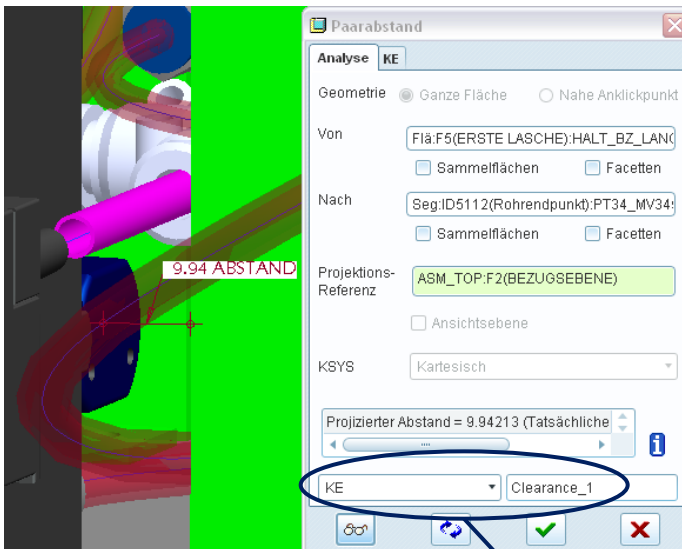


Leitungsverlauf ohne Bezugspunkt



Leitungsverlauf durch Bezugspunkt

- Prüfung aktueller Einbausituationen
- Messung von Abständen, Durchmessern, Längen, Krümmung, ...
- Durchdringungsprüfung, Masseneigenschaften, ...
- Zugriff auf Analysewerte → Nutzung als Parameterwerte
- Möglichkeit benutzerdefinierter Analysen



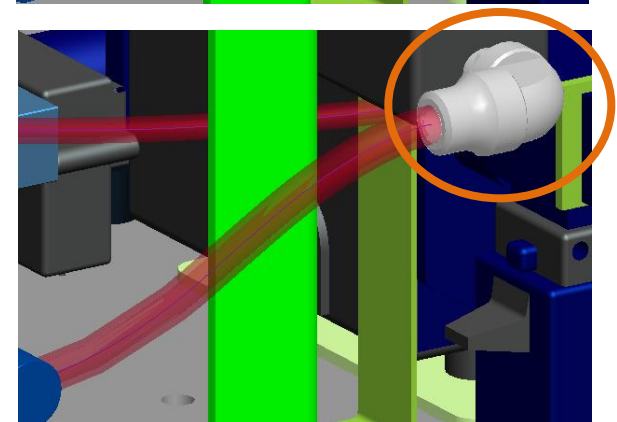
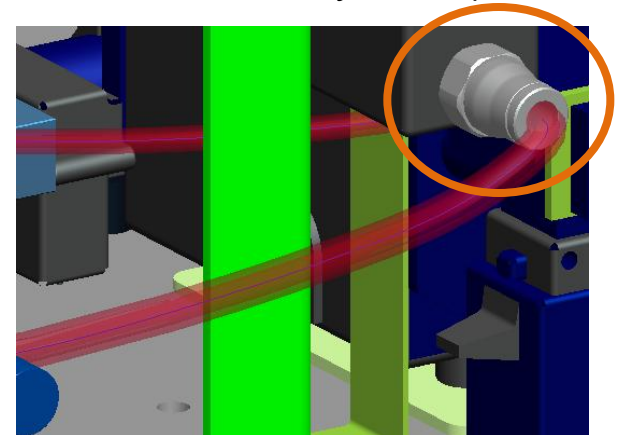
Zugriff auf Analysewert:
ANALYSIS:FID_ANALYSISNAME

ProENGINEER

- im Baugruppenmodell muss Austauschbarkeit einzelner Komponenten sichergestellt sein
- Probleme treten dabei bei Bezugs-Abhängigkeiten zwischen Komponenten auf (Verlust von Bezugsreferenzen bei Ausbau einer Komponente)
 - Vermeidung solcher komponentenbezogener Referenzen
 - Nutzung von allgemeinen Bezugselementen (z.B. Ebenen, Koordinatensysteme)

Einsatz von Komponentenschnittstellen:

- Komponenteneinbau wird durch benutzerdefinierte Regeln „automatisiert“
 - In der Komponente kann das Wissen über die vorgesehene Position in der Baugruppe in Regeln hinterlegt werden
 - beim Einbau wird nach den in der Komponentenschnittstelle festgelegten Referenzen gesucht (z.B. über den Namen einer Ebene)
- bei Austausch von Komponenten können Bezüge zur ausgetauschten Komponente auf die neu eingebaute Komponente übertragen werden



API (Application Programming Interface)

- Zugriff auf Baugruppen-Parameter
- Möglichkeit zur Umsetzung von Regeln und Berechnungen
- Erstellung von graphischen Oberflächen (GUI) zur Nutzer-Interaktion (z.B. Werteeingabe / -ausgabe)
 → Anwenderfreundlichkeit
- Rückgabe neuer Parameterwerte und automatische Modellregeneration
- Sprache: z.B. Visual Basic

Parameter

Datei Editieren Parameter Werkzeuge Zeigen

Suchen in: Baugruppe 100212_APU

Filtern nach: Standard Anpassen...

Name	Typ	Wert	Auswe...	Zugriff	Quelle	Beschr...	Einges...
FU3015...	Reelle Z...	37.5532...	<input type="checkbox"/>	Voll ...	Benutze...		
HOEHE...	Reelle Z...	0.000000	<input type="checkbox"/>	Voll ...	Benutze...		
HOEHE...	Reelle Z...	540.000...	<input type="checkbox"/>	Voll ...	Benutze...		
H_TANK	Reelle Z...	105.000...	<input type="checkbox"/>	Voll ...	Benutze...		
L	Reelle Z...	62.7823...	<input type="checkbox"/>	Voll ...	Benutze...		
MC_INTF	Zeichen...	08/06/2...	<input type="checkbox"/>	Voll ...	Benutze...		
POS_B...	Reelle Z...	132.000...	<input type="checkbox"/>	Voll ...	Benutze...		
POS_H...	Reelle Z...	-185.00...	<input type="checkbox"/>	Voll ...	Benutze...		
POS_V...	Reelle Z...	170.000...	<input type="checkbox"/>	Voll ...	Benutze...		
POS_V...	Reelle Z...	210.000...	<input type="checkbox"/>	Voll ...	Benutze...		

Abbrechen

Form1

APU

ipe

UNIVERSITÄT D U I S B U R G E S S E N

APU-Modell öffnen

Festlegung der Kondensatabscheider position

APU_API

aktueller Wert von Pos_Vert_PT30: 160mm

OK

APU_API

Neuen Wert für Pos_Vert_PT30 eingeben:

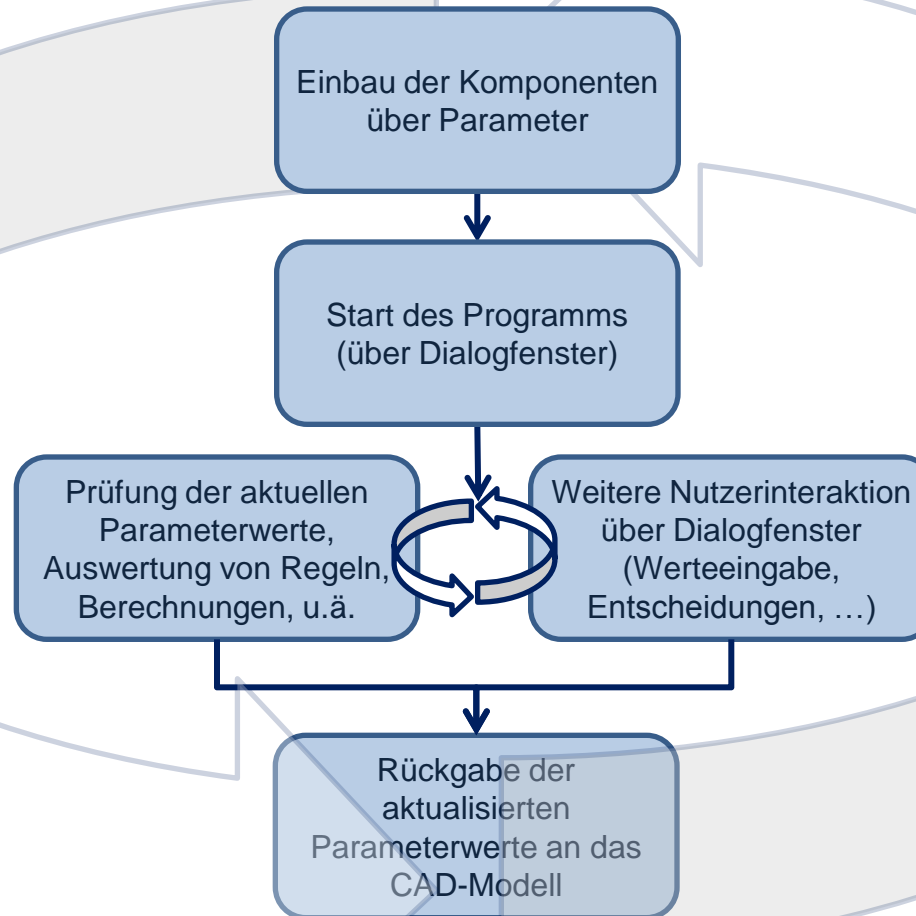
OK

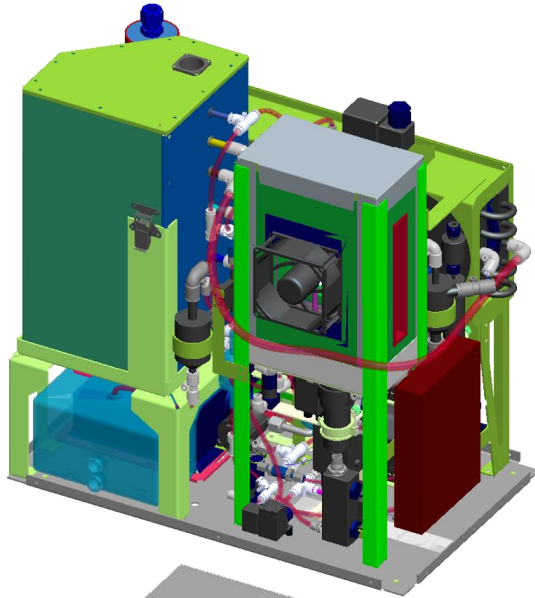
Abbrech

schließen

```
'Meldung des aktuellen Wertes
MsgBox("aktueller Wert von Pos_Vert_PT30: " & Pos_Vert_PT30.DoubleValue & Unit_Pos_Vert_PT30)
Pos_Vert_PT30.DoubleValue = InputBox("Neuen Wert für Pos_Vert_PT30 eingeben: ")
Para_Pos_Vert_PT30.SetScaledValue(Pos_Vert_PT30, Unit_Pos_Vert_PT30)

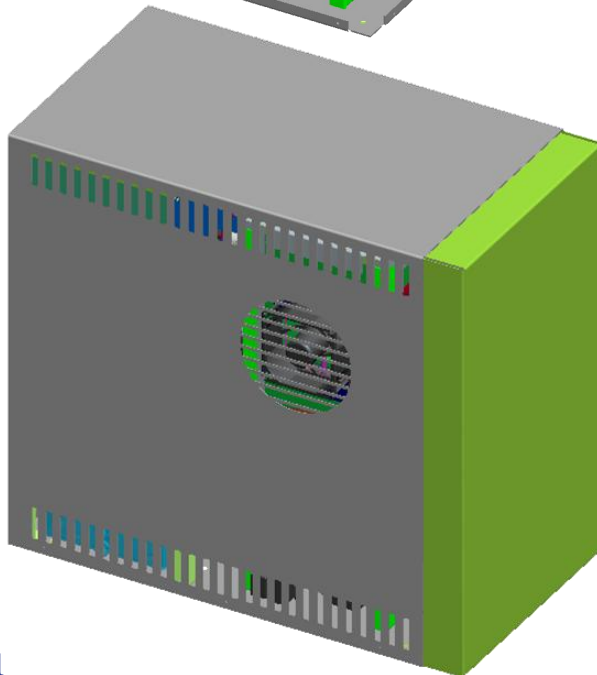
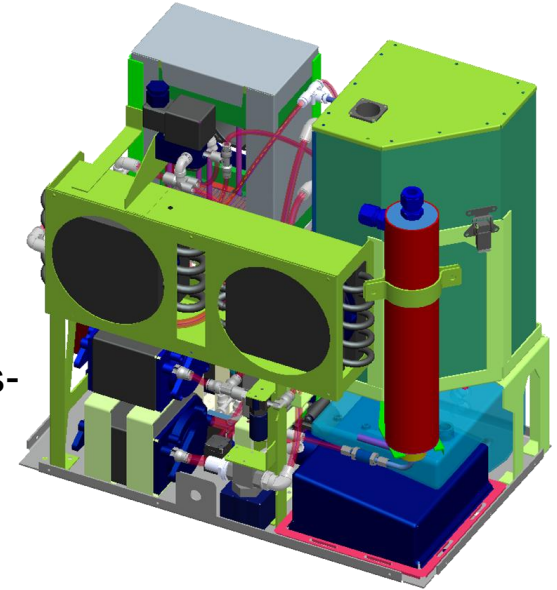
'#####
'Einlesen und Ausgeben des Vergleichsparameters Tankhoehe
'Auslesen des Parameters "Tankhoehe"
Para_Tankhoehe = ParaOwner.GetParam("TANKHOEHE")
Tanhoehe = Para_Tankhoehe.GetScaledValue
'Einlesen der Einheit des Parameters "Tankhoehe"
Tanhoehe = Para_Pos_Vert_PT30.Units
'Meldung des aktuellen Wertes des Parameters Tankhoehe
MsgBox("Parameter Tankhoehe besitzt den Wert: " & Tankhoehe.DoubleValue & Unit_Pos_Vert_PT30)
'#####
'Vergleich und Anpassung des Wertes von Pos_Vert_PT30
Do While (Pos_Vert_PT30.DoubleValue < Tankhoehe.DoubleValue)
  Pos_Vert_PT30.DoubleValue = Pos_Vert_PT30.DoubleValue + 20
  Para_Pos_Vert_PT30.SetScaledValue(Pos_Vert_PT30, Unit_Pos_Vert_PT30)
Loop
```





Modellaufbau einer mobilen Brennstoffzelleneinheit

- Befestigungs- und Trägerkonstruktion erfolgt noch nicht regelbasiert
- Gehäusekonstruktion unter Beachtung notwendiger Belüftungsöffnungen und Versorgungsanschlüsse (für LPG und Elektronik)

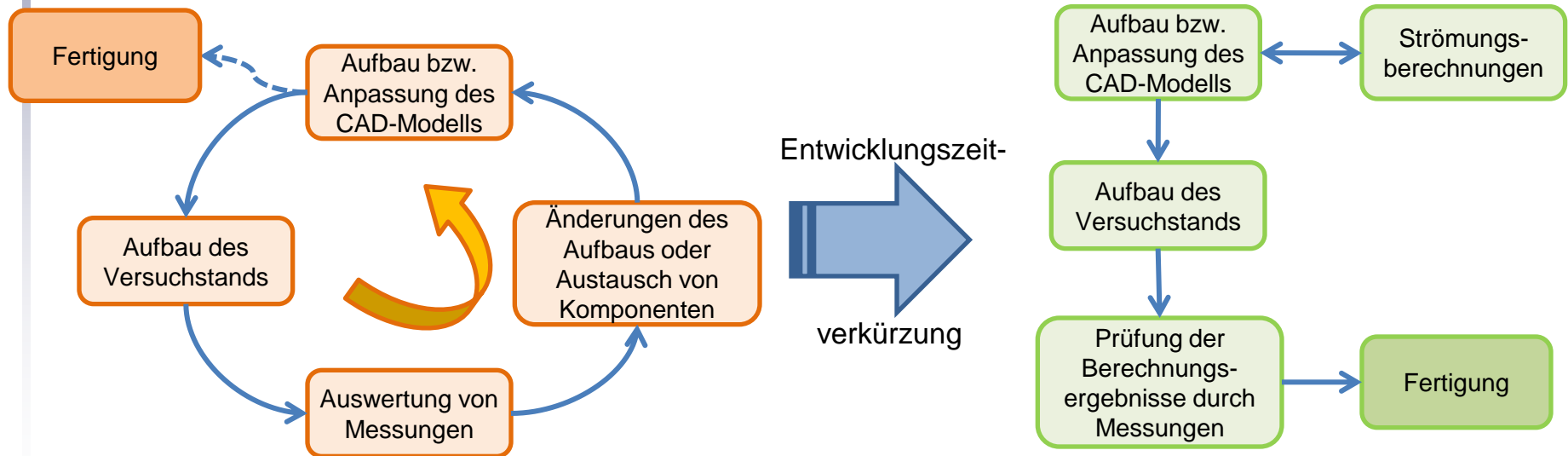



Verbesserungspotentiale beim Modellaufbau:

- Unterstützung beim Aufbau der Trägerkonstruktion
- Maßnahmen zur Reduktion von Geräuschen durch Vibrationen
- ...

Weiterreichende Arbeiten zur Optimierung einer mobilen Brennstoffzelleneinheit

- Strömungsmechanische Optimierung des Gesamtsystems
 - Integration von Strömungsberechnungen bereits im virtuellen Produktmodell
 - Optimierung der Komponentenanzahl bezüglich der Strömungsverluste
 - Reduktion der Anzahl notwendiger Versuchsstandaufbauten
 - Erhöhung der Prozesssicherheit durch virtuelle Produkt- und Prozessanalysen





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit