

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



- 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 Geräuschentwicklung
 - vibrationsarmer Betrieb
 - lange Lebensdauer
 - möglichst große Wartungsintervalle
 - ...



Quelle: Bavaria Yachtbau

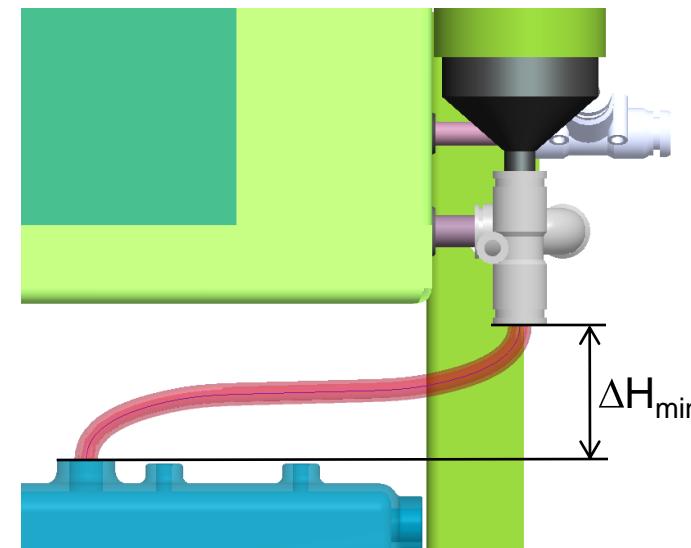
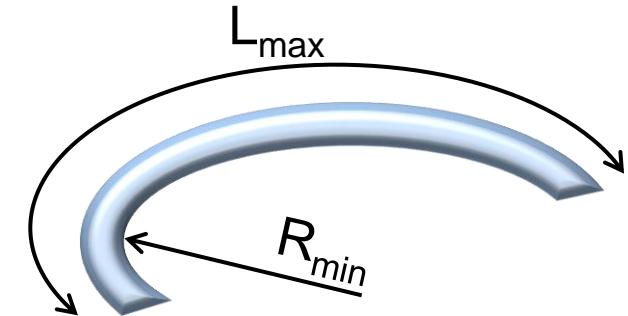


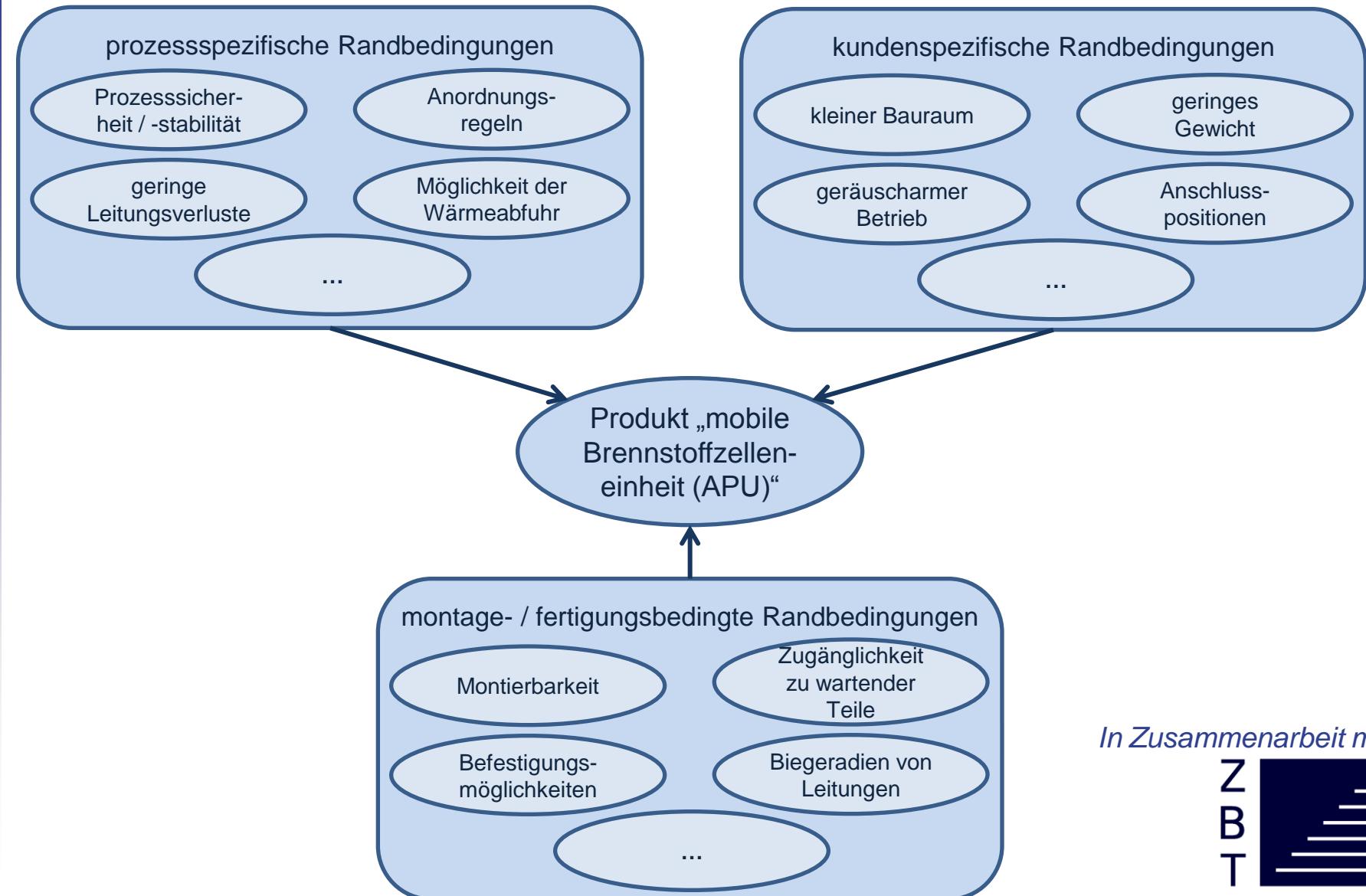
Quelle: Hobby

APU: Auxiliary Power Unit

Anforderungen (aus prozess- und fertigungstechnischer Sicht)

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

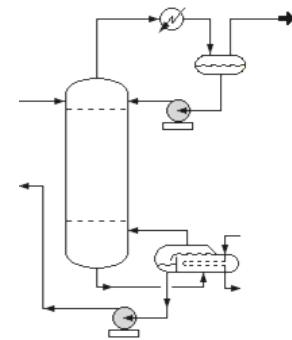
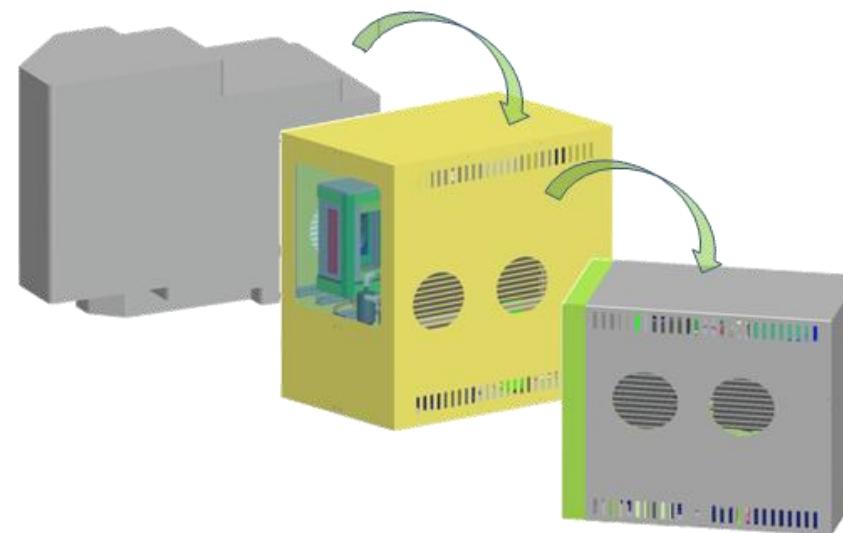




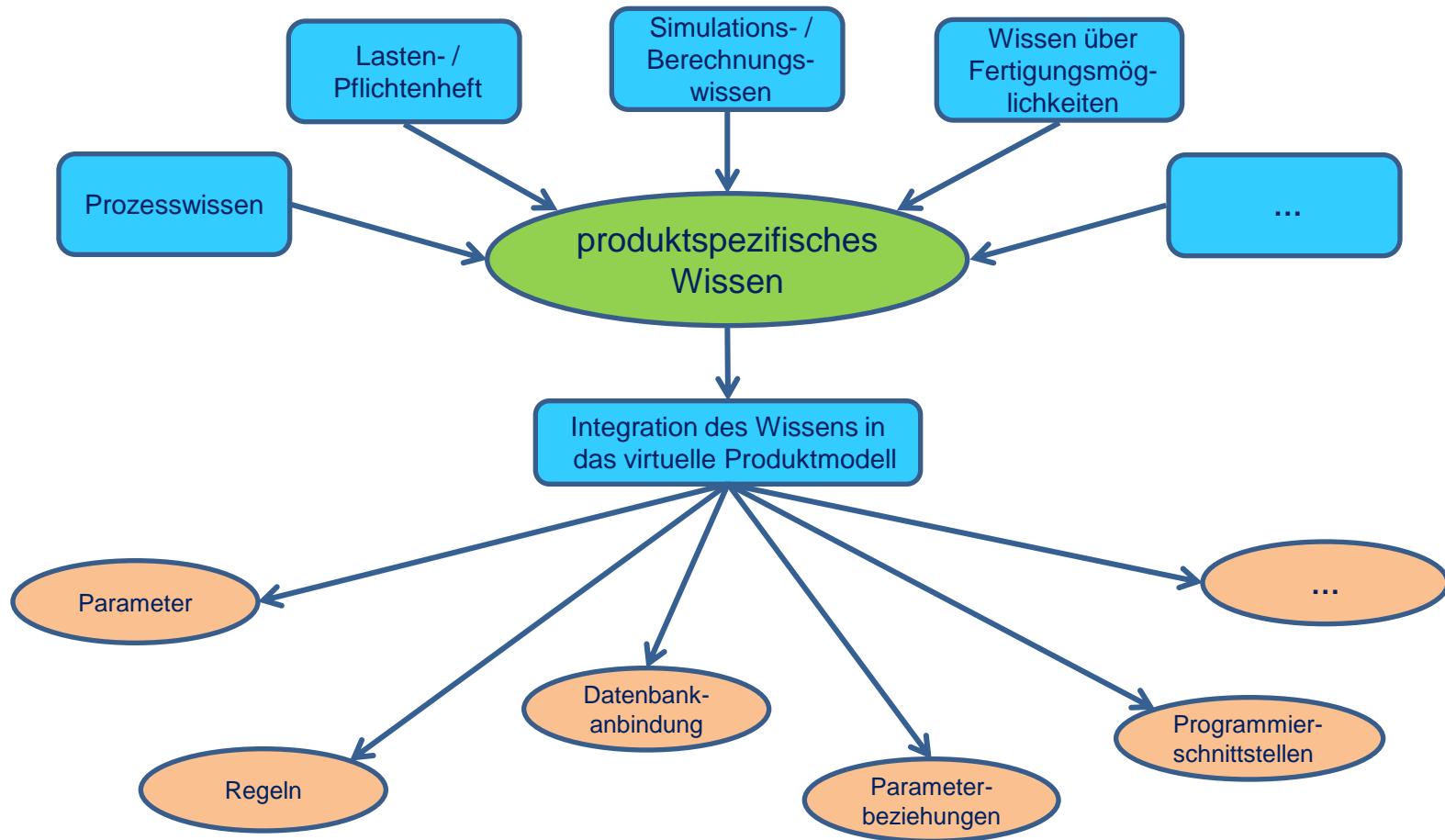
In Zusammenarbeit mit



- 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



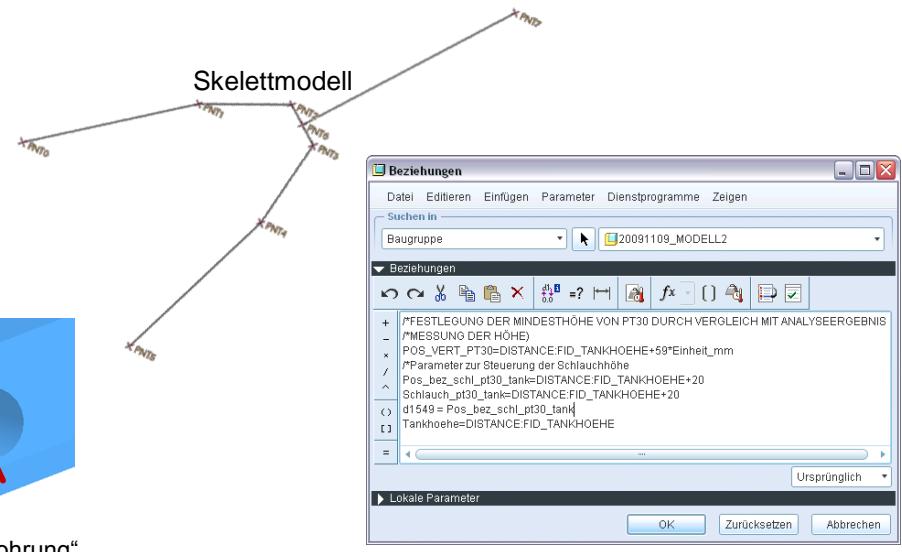
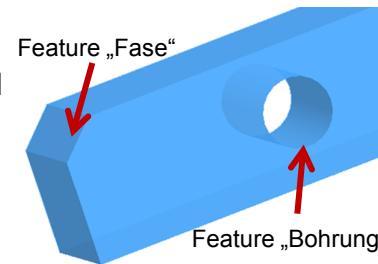
Integration von produktspezifischem Wissen



CAD-Systemanforderungen

Anwendungsbezogene Anforderungen an das CAD-System

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

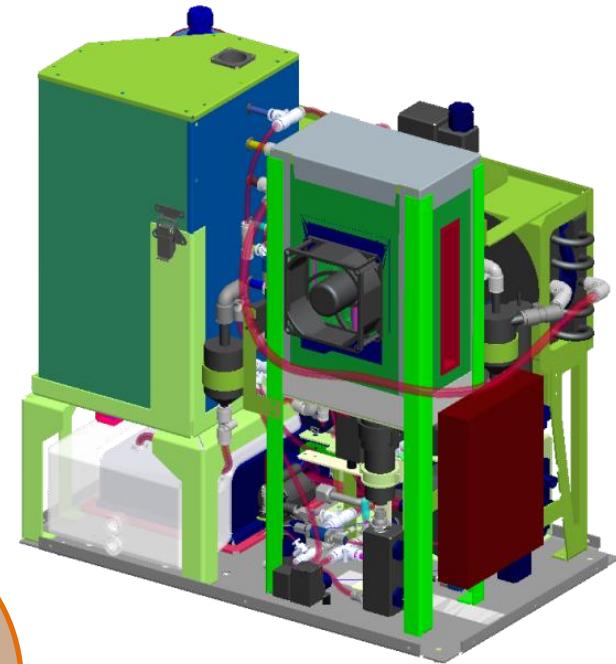
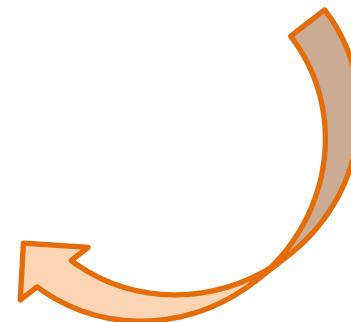
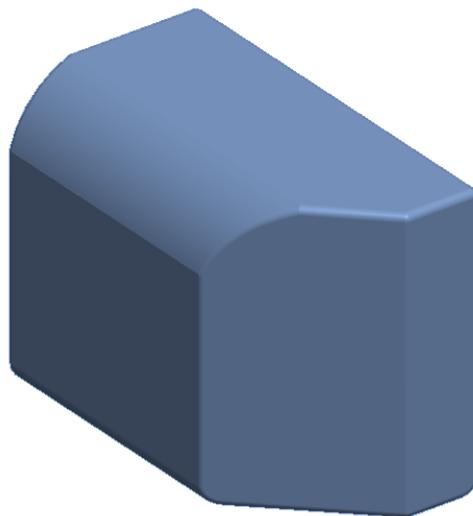


Erfüllt werden diese Anforderungen unter anderem von den Systemen *Catia* (Dassault), *ProENGINEER* (PTC), *NX* (Siemens PLM) und *Inventor* (Autodesk).

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

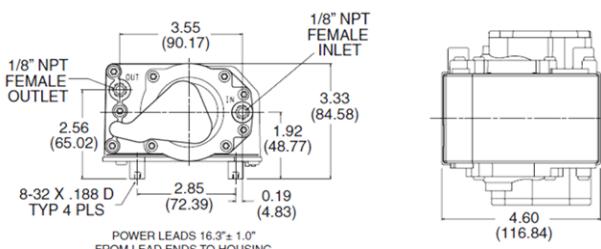
Schritte zur Grobgestaltung

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

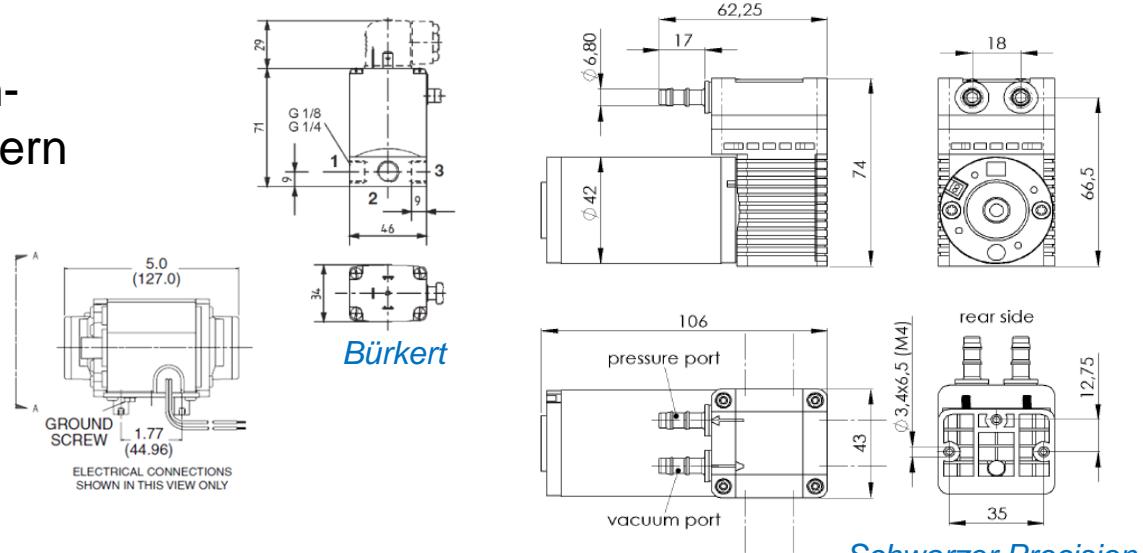


Gehäuseentwurf
(ohne Anschlüsse und Lüftungsöffnungen)

Modellierung der Komponentenmodelle anhand von Datenblättern

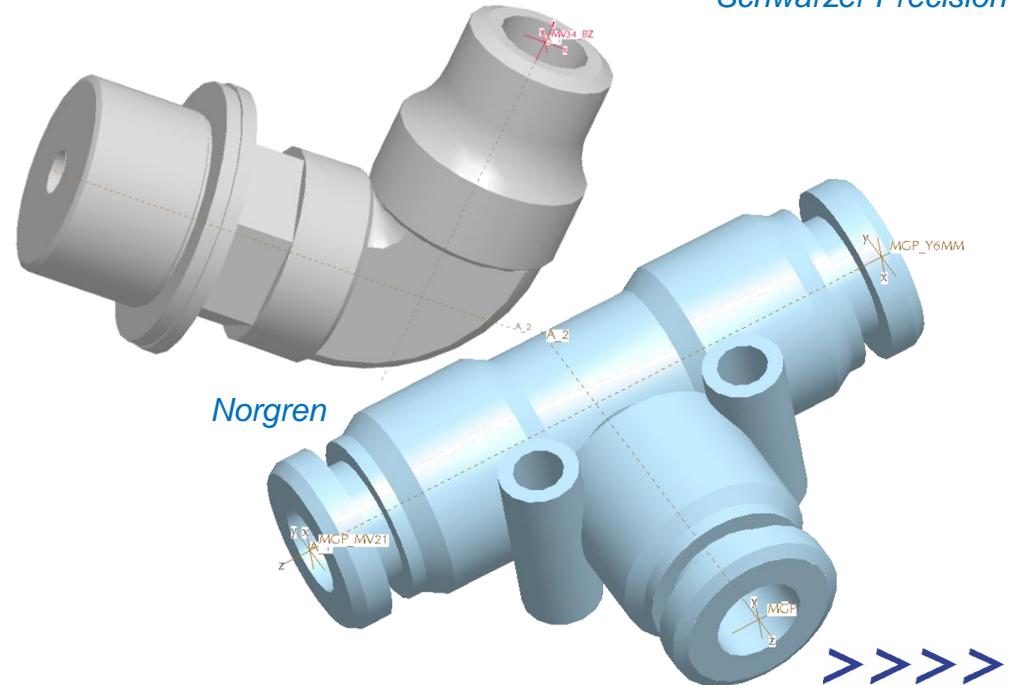


Thomas Gardner Denver



Schwarzer Precision

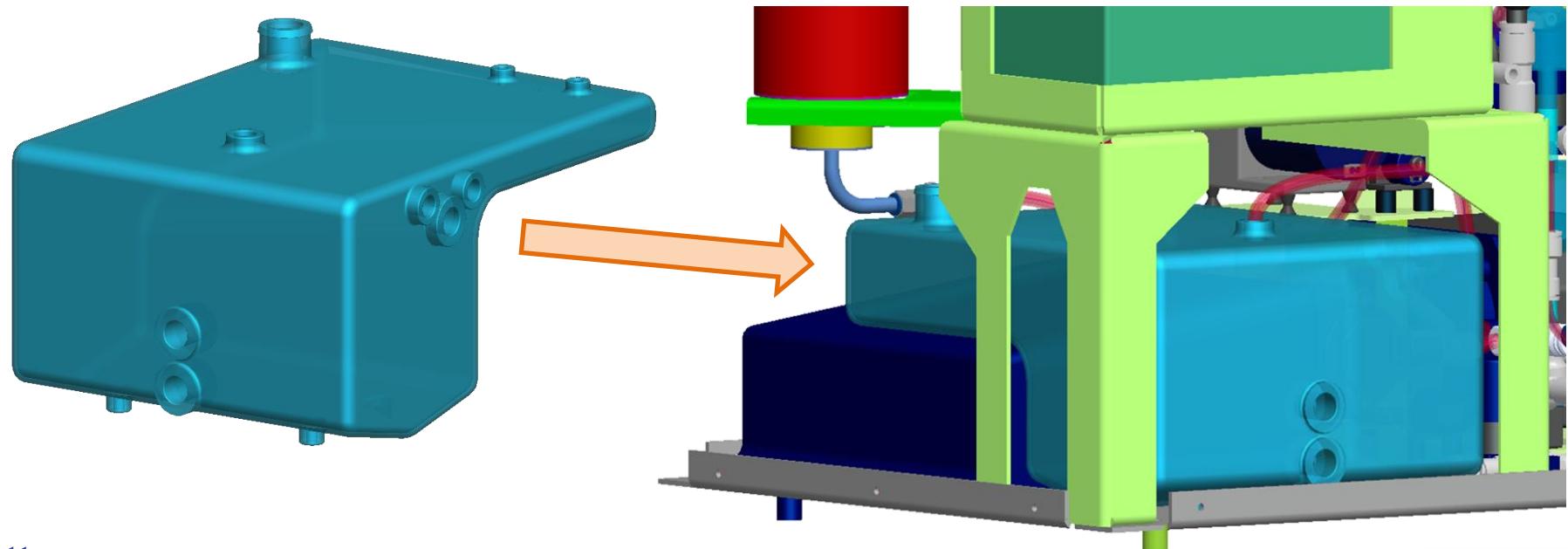
Download von CAD-Modellen der Anschlüsse in neutralen Formaten (IGES, STEP) von Herstellerseiten
→ Anpassung bezüglich notwendiger Bezugselemente (Achsen, Koordinatensysteme)



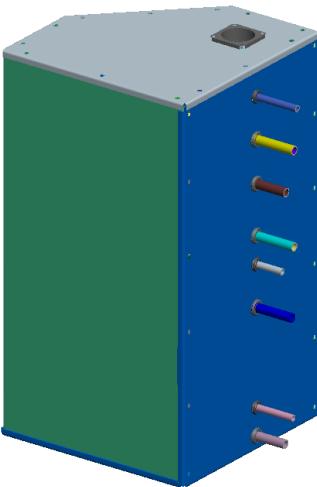
Vorgabengerechte Modellierung von Komponentenmodellen am Beispiel des Wassertanks

Modellierung unter Beachtung

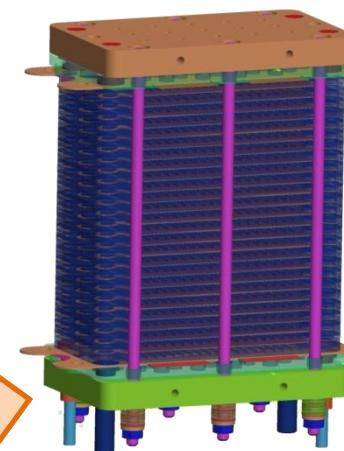
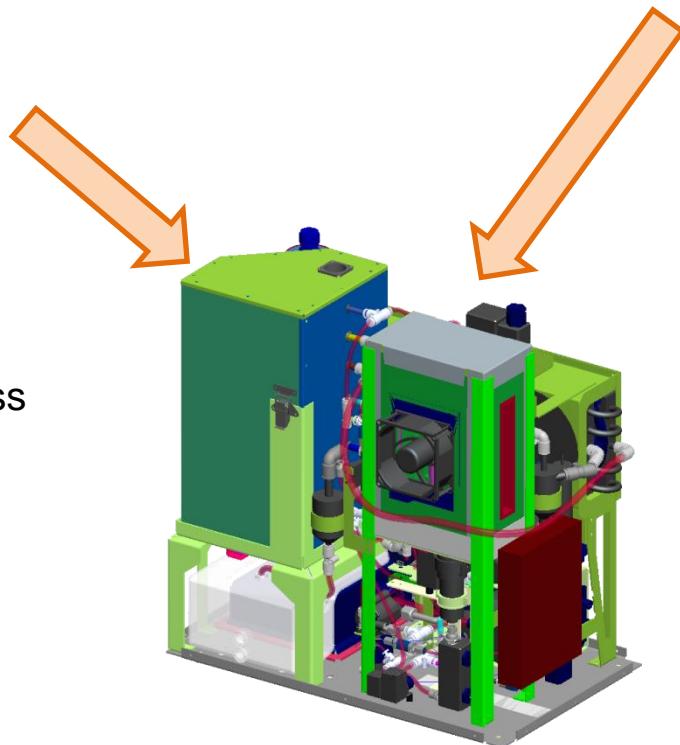
- des prozesseitig erforderlichen Mindestvolumens
→ optimale Ausnutzung des verfügbaren Bauraums
- der Anschlusspositionen
- Zugänglichkeit der Anschlüsse
- Fertigungsmöglichkeit (z.B. Blasformen)
- ...



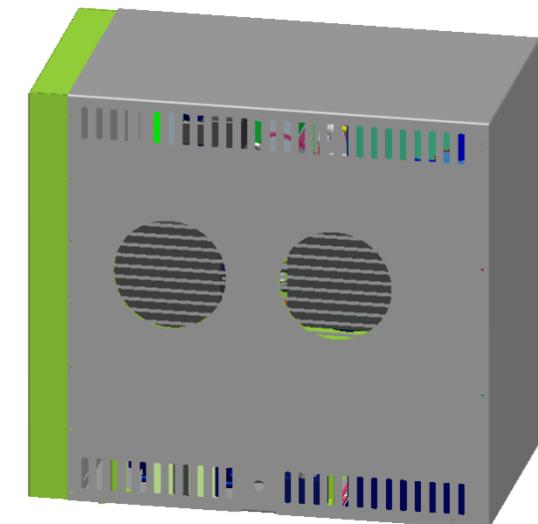
Anpassung und Integration vorhandener
CAD-Modelle



Mobiler Gasprozess
(Kirchhoff)

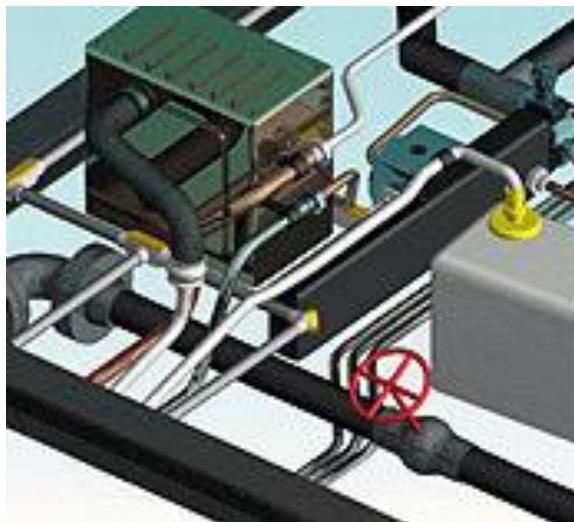


Brennstoffzellenstack
(ZBT)

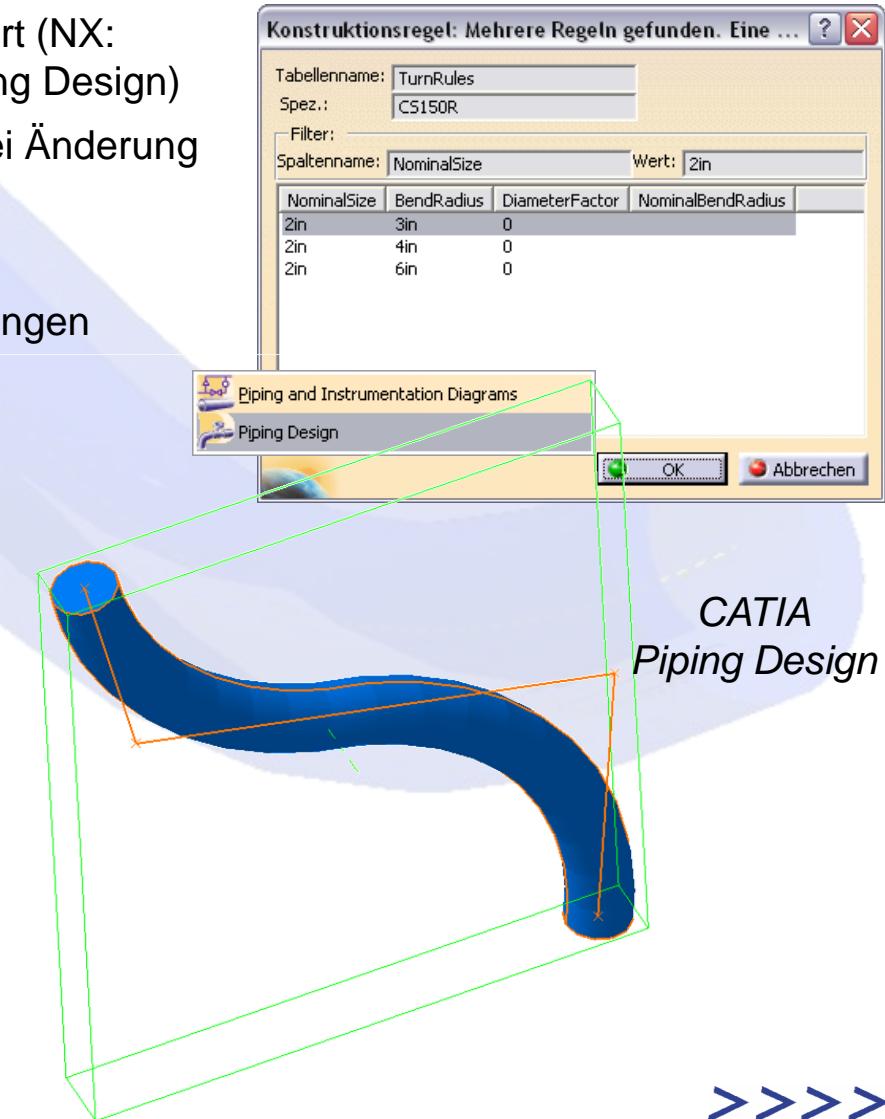


Funktionen zur Leitungsverlegung

- In einigen CAD-Systemen als Zusatzttools 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

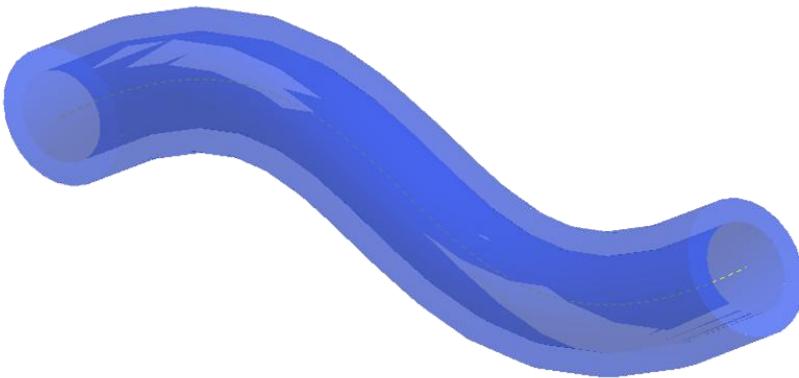


Quelle: Siemens PLM

NX
Mechanical Routing

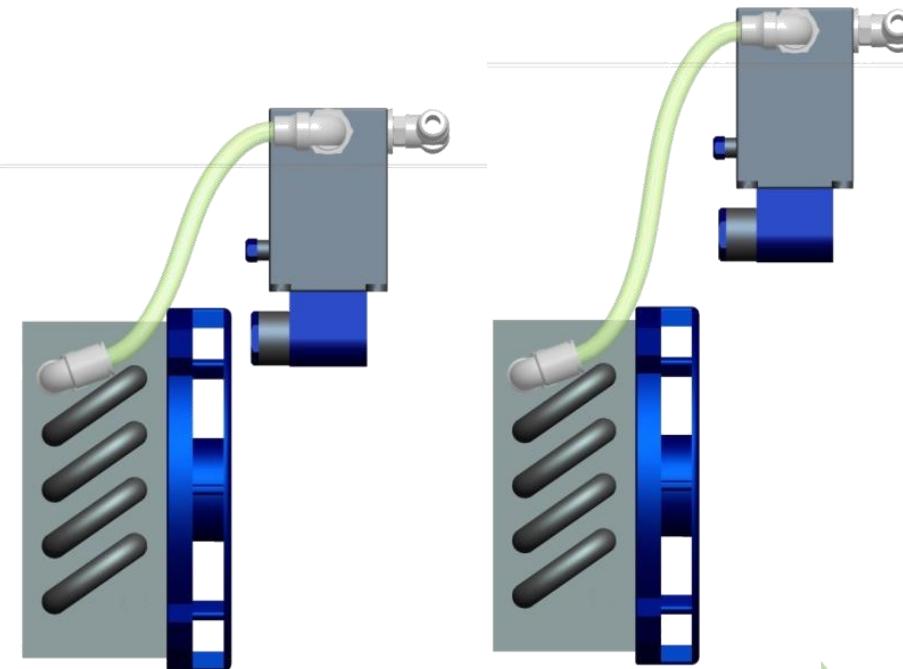
Nutzung des ProENGINEER-Tools ProPIPING

- 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		LeitDatensatz	
Leitungsdatensatz : SCHLAUCH_6MM		Leitungsdatensatz : SCHLAUCH_6MM	
LeitDatensatz KonstrRegel Benutzerdefiniert		LeitDatensatz KonstrRegel Benutzerdefiniert	
Allgemeine Parameter		Konstruktionsregel-Parameter	
LeitDatensatz-Nr.	PIPE	Max Gesamtlänge	39370.08
Material	Schlauch	Min Segmentlänge	1
Güte		Max Segmentlänge	1000
Querschnitt	<input type="radio"/> Rechteckig <input checked="" type="radio"/> Rund	Schnitttyp	<input type="radio"/> Hohl <input type="radio"/> Volumenkörper
		Rohr-AD	6
		Dicke	1
Schnittparameter		Formtyp	
		<input type="checkbox"/> Gerade <input checked="" type="checkbox"/> Flexibel	<input type="checkbox"/> Biegen <input type="checkbox"/> Formstück <input type="checkbox"/> 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
		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	

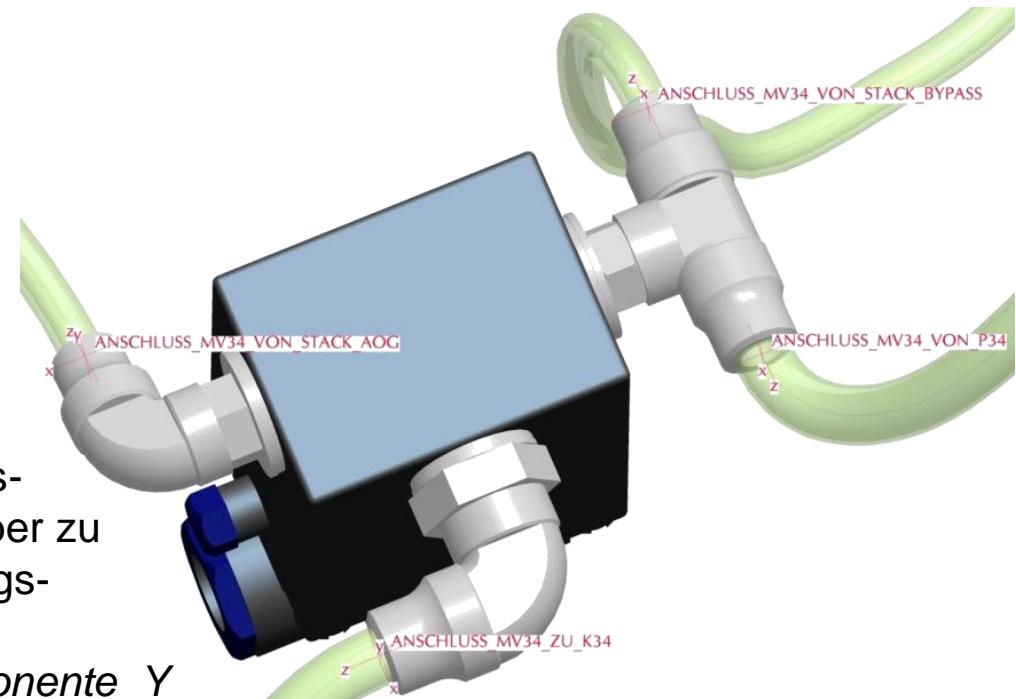
Konstruktionsregelprüfung										
Einrichten Baum										
Konstruktionsregel-Baum										
<ul style="list-style-type: none"> + Segmentverstöße(2) - Biegeverstöße(2) <ul style="list-style-type: none"> - Max Anzahl der Biegl. - Start-Spannpratzenl. - Mittlere Spannpratze - End-Spannpratzenl. 										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>#</th> <th>Leitungsdatensatz</th> <th>Aktuell</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>SCHLAUCH_12MM</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>SCHLAUCH_12MM</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		#	Leitungsdatensatz	Aktuell	1	SCHLAUCH_12MM		2	SCHLAUCH_12MM	
#	Leitungsdatensatz	Aktuell								
1	SCHLAUCH_12MM									
2	SCHLAUCH_12MM									
<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>										



Automatische Anpassung der Leitungsführung bei Veränderung der Anschlusspositionen

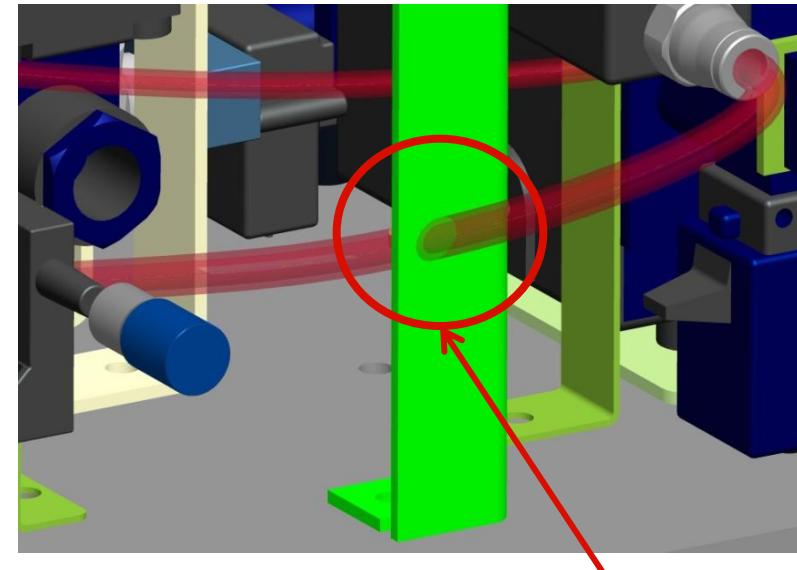
Leitungsenden / Anschlüsse:

- 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

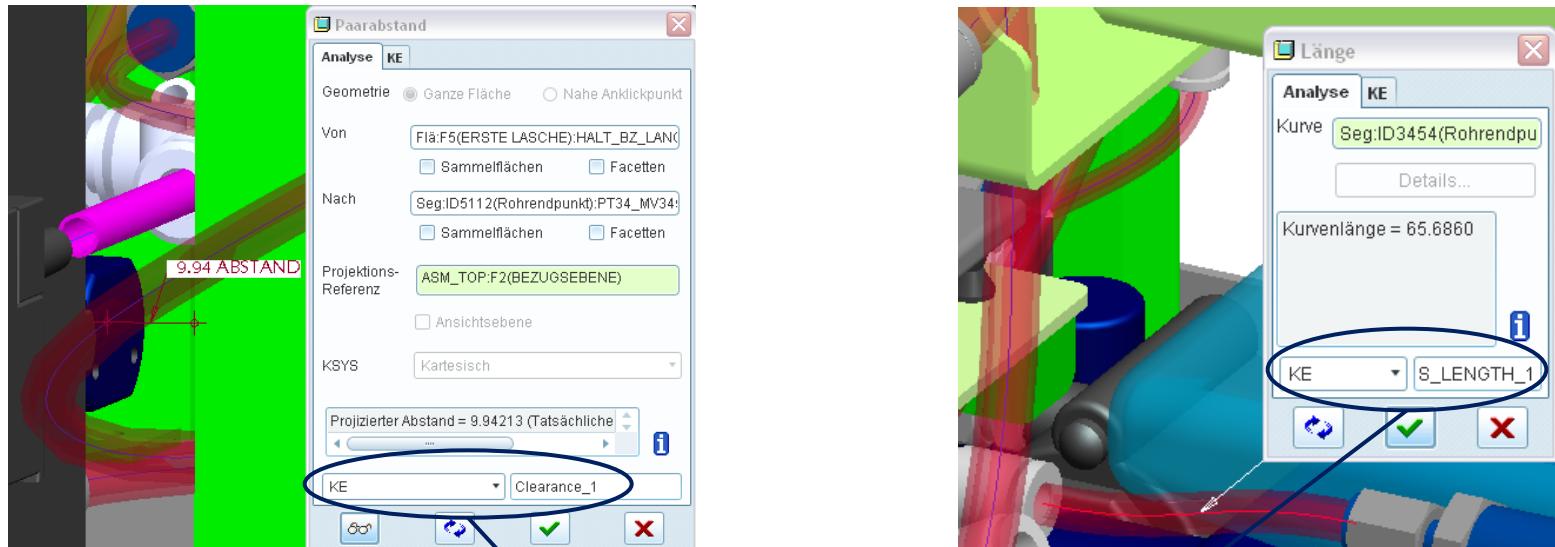


Notwendigkeit von Anpassungen

- 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



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



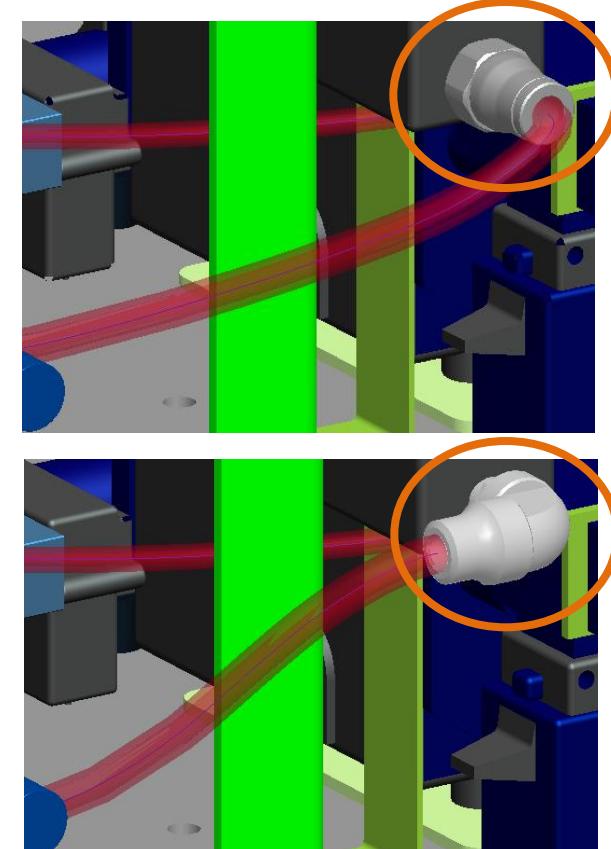
Zugriff auf Analysewert:
ANALYSIS:FID_ANALYSISNAME

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)

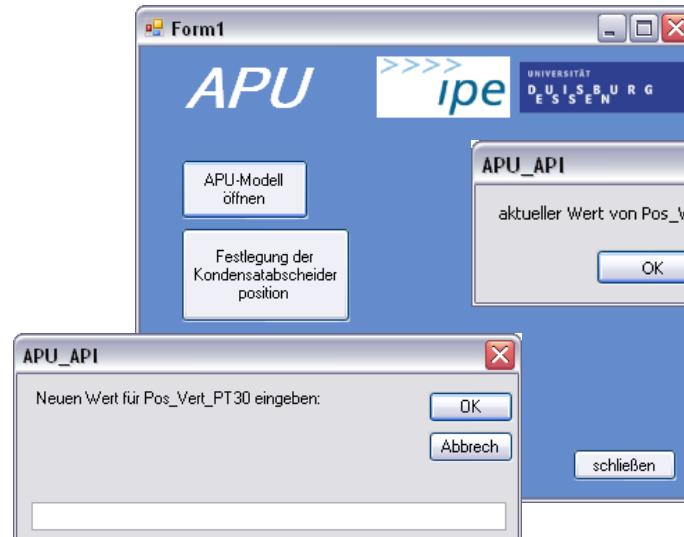
Einsatz von Komponentenschnittstellen:

- 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



```

' Meldung des aktuellen Wertes
MsgBox("aktueller Wert von Pos_Vert_PT30: " & Pos_Vert_PT30.DoubleValue & Unit_Pos_
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")
hoehe = Para_Tankhoehe.GetScaledValue

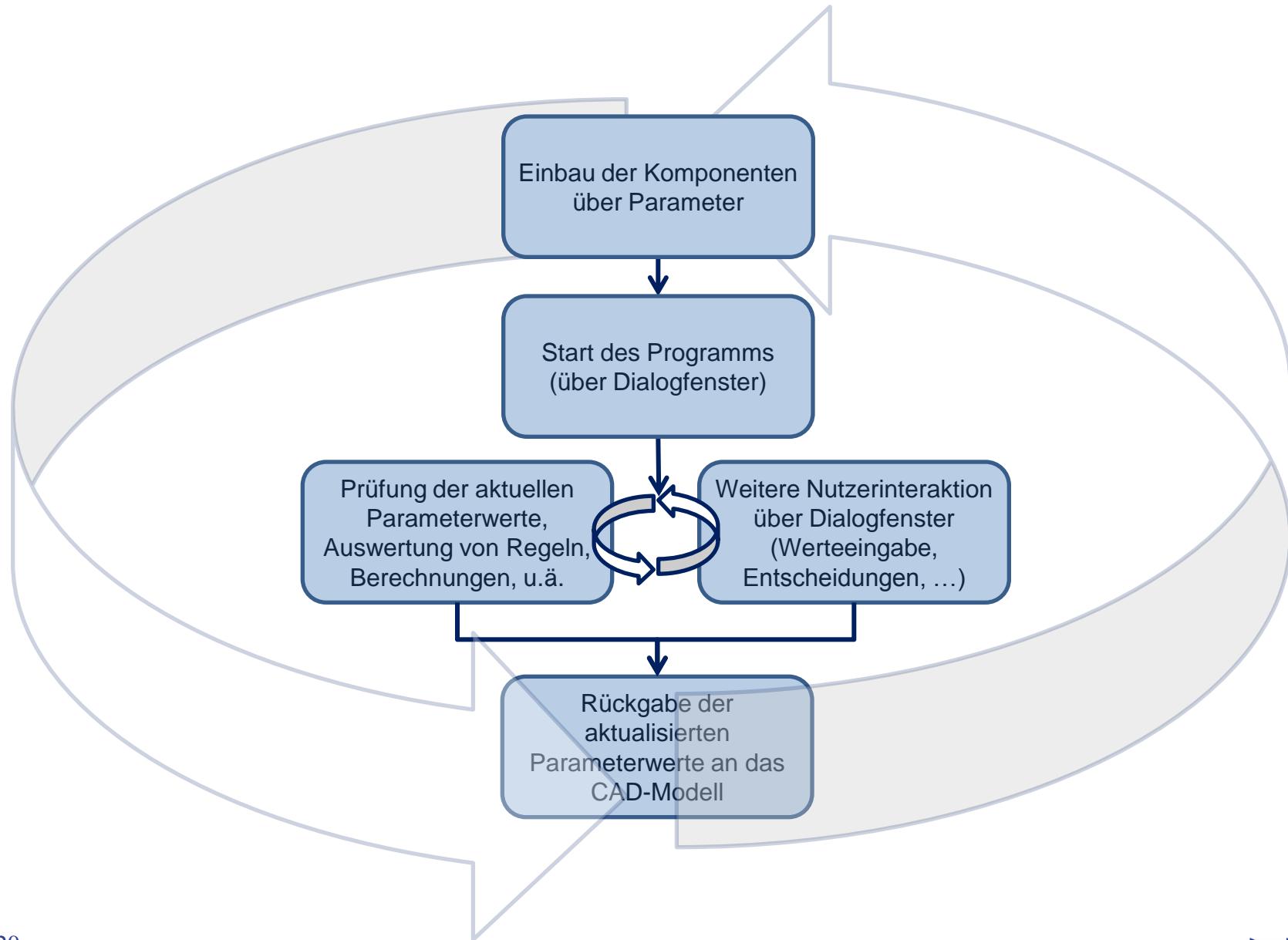
' lesen der Einheit des Parameters "Tankhoehe"
hoehe = Para_Pos_Vert_PT30.Units

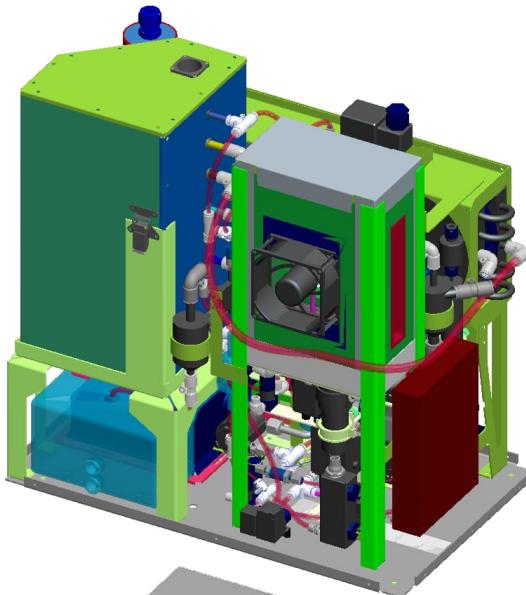
' Auslesen des aktuellen Wertes des Parameters Tankhoehe
' Der Parameter Tankhoehe besitzt den Wert: " & Tankhoehe.DoubleValue & Unit_
' #####
' Vergleich und Anpassung des Wertes von Pos_Vert_PT30
Do While (Pos_Vert_PT30.DoubleValue < Tankhoehe.DoubleValue)
    Pos_Vert_PT30.DoubleValue = Pos_Vert_PT30.DoubleValue + 20
    Para_Pos_Vert_PT30.SetScaledValue(Pos_Vert_PT30, Unit_Pos_Vert_PT30)
Loop

```

Name	Typ	Wert	Auswe...	Zugriff	Quelle	Beschr...	Einges...
FU301...	Reelle Z...	37.5532...	<input type="checkbox"/>	Voll ...	Benutz...		
HOEHE...	Reelle Z...	0.000000	<input type="checkbox"/>	Voll ...	Benutz...		
HOEHE...	Reelle Z...	540.000...	<input type="checkbox"/>	Voll ...	Benutz...		
H_TANK	Reelle Z...	105.000...	<input type="checkbox"/>	Voll ...	Benutz...		
L	Reelle Z...	62.7823...	<input type="checkbox"/>	Voll ...	Benutz...		
MC_INTF	Zeichen...	08/06/2...	<input type="checkbox"/>	Voll ...	Benutz...		
POS_B...	Reelle Z...	132.000...	<input type="checkbox"/>	Voll ...	Benutz...		
POS_H...	Reelle Z...	-185.00...	<input type="checkbox"/>	Voll ...	Benutz...		
POS_V...	Reelle Z...	170.000...	<input type="checkbox"/>	Voll ...	Benutz...		
POS_V...	Reelle Z...	210.000...	<input type="checkbox"/>	Voll ...	Benutz...		

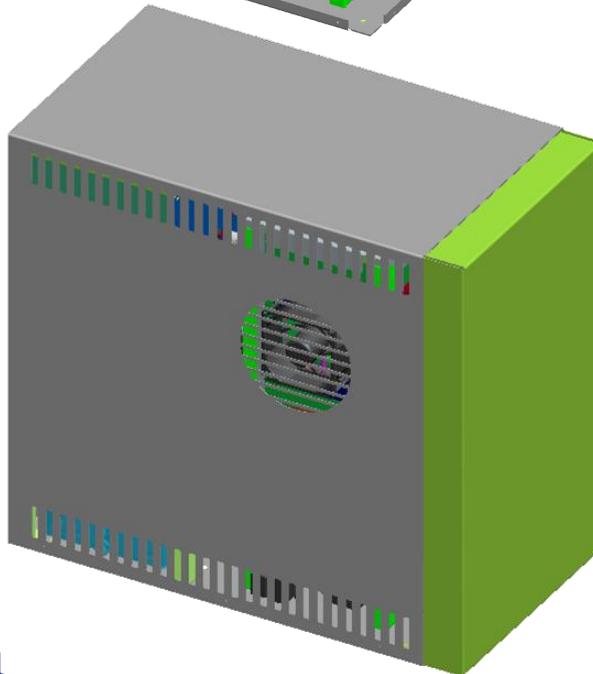
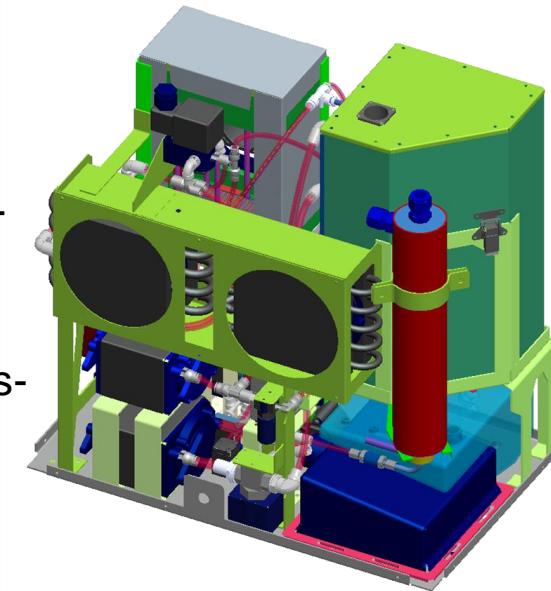
Ablauf API-Nutzung





Modellaufbau einer mobilen Brennstoffzelleneinheit

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

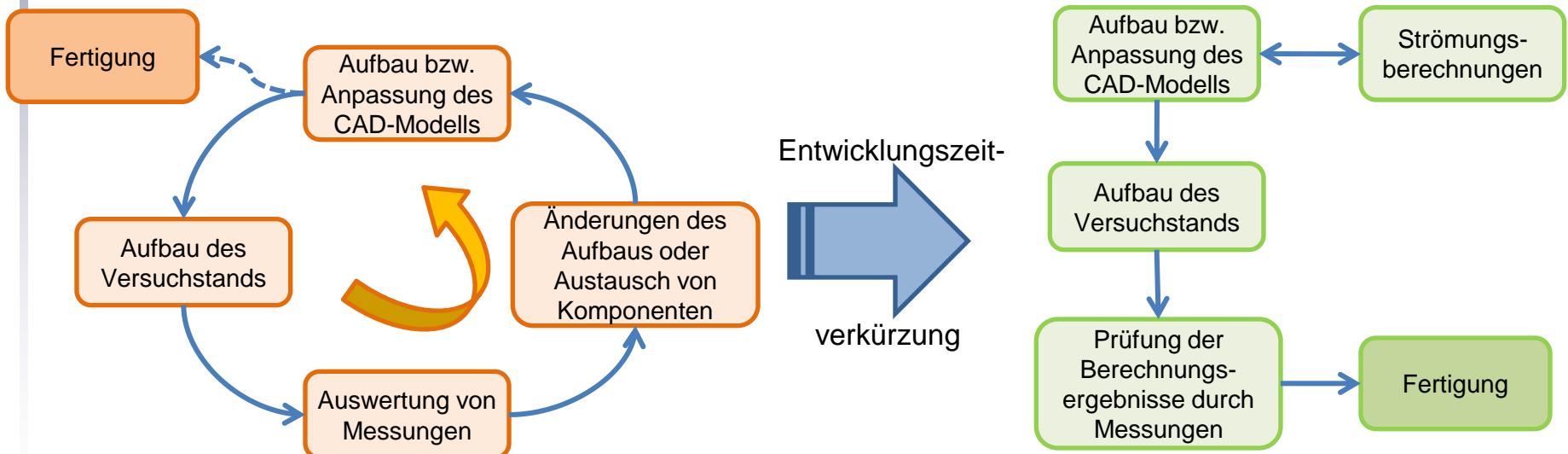


Verbesserungspotentiale beim Modellaufbau:

- 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 Komponentenanordnung bezüglich der Strömungsverluste
 - Reduktion der Anzahl notwendiger Versuchsstandaufbauten
 - Erhöhung der Prozesssicherheit durch virtuelle Produkt- und Prozessanalysen





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit