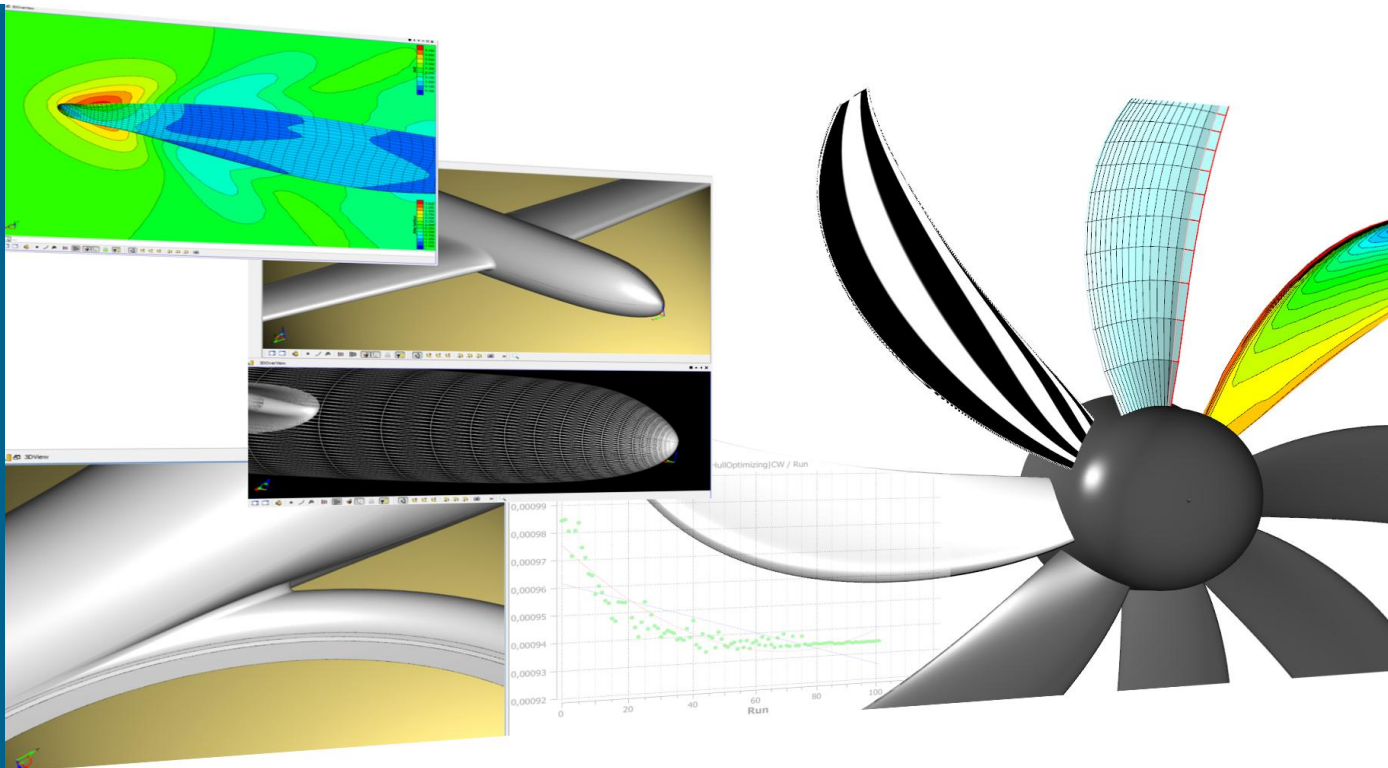
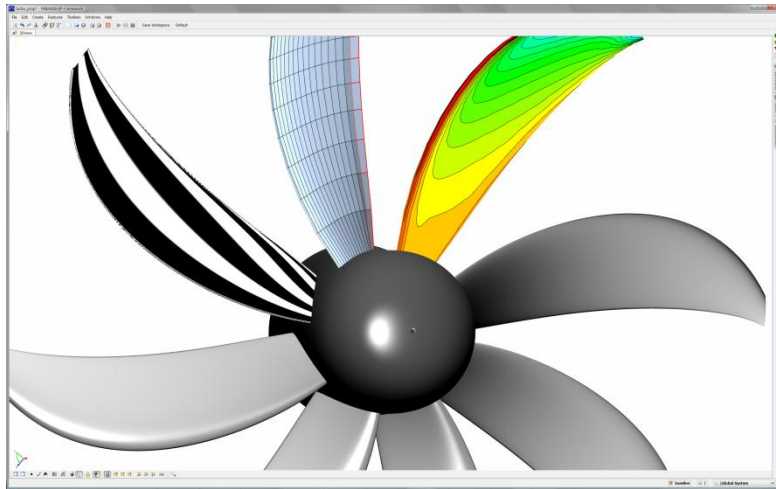


FRIENDSHIP-Framework: Optimierung umströmter Flächen über konzeptionelle Kopplung von CAD, Variation und Simulation



Inhalt

- FRIENDSHIP SYSTEMS
- *FRIENDSHIP-Framework*
 - Parametrische Geometrie
 - Anbindung Simulation
 - Variation und Optimierung
 - Beispiele



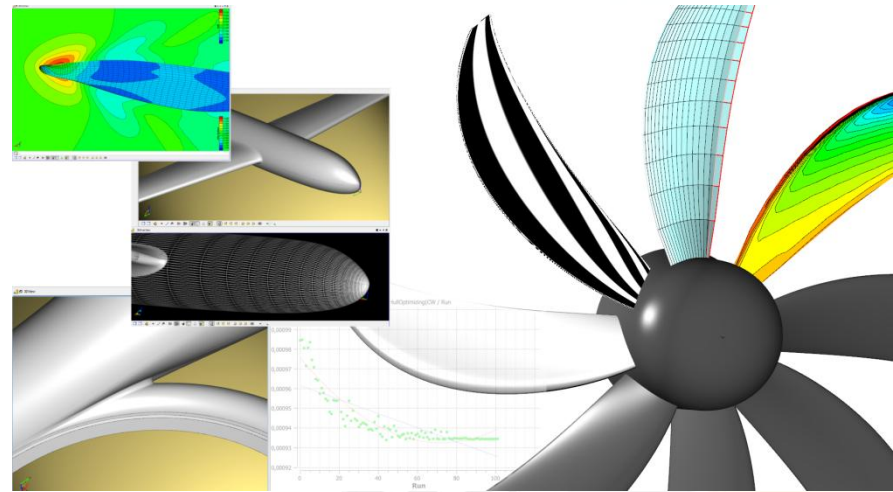
FRIENDSHIP SYSTEMS

- Firmensitz in Potsdam, DE
- Gegründet 2001
als Spin-Off der TU-Berlin
- Software-Entwicklung
und -Lizenzierung
- Produkt:
FRIENDSHIP-Framework
- Seit 2009: GL-Company
Germanischer Lloyd, Hamburg
 - 6700 Angestellte
 - Techn. Dienstleistungen in der Maritimen Industrie und im Energiesektor
 - Klassifikation von Schiffen



FRIENDSHIP-Framework

- Fokus auf umströmten Geometrien
- Hierbei insbesondere komplexe Freiformflächen
 - Strömungsmaschinenbau
 - Maritime Industrie
 - Chemie-/Verfahrenstechnik



- „Ganzheitlicher“ Ansatz: Zusammenführen von

CAD → Erstellen *vollparametrischer* Geometriemodelle

Simulation → Anbindung beliebiger externer Software (CFD, FEM, ...)

Variation → Systematische Untersuchung und Optimierung der Geometriemodelle

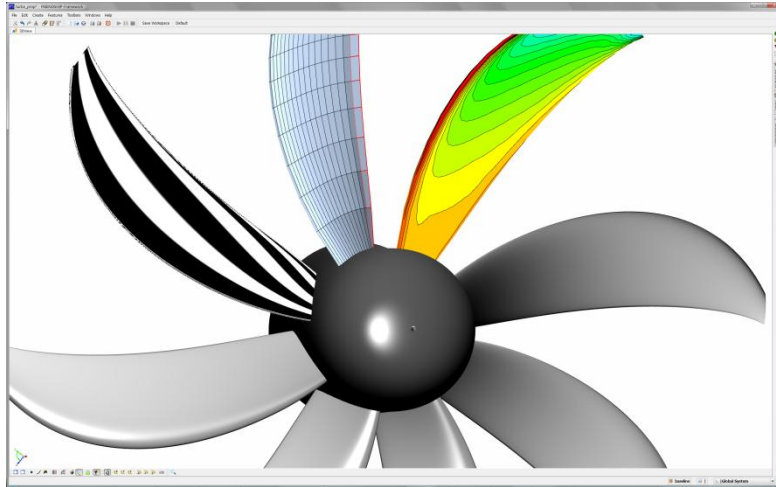
FRIENDSHIP-Framework

Parametrische Geometrie

Anbindung Simulation

Variation und Optimierung

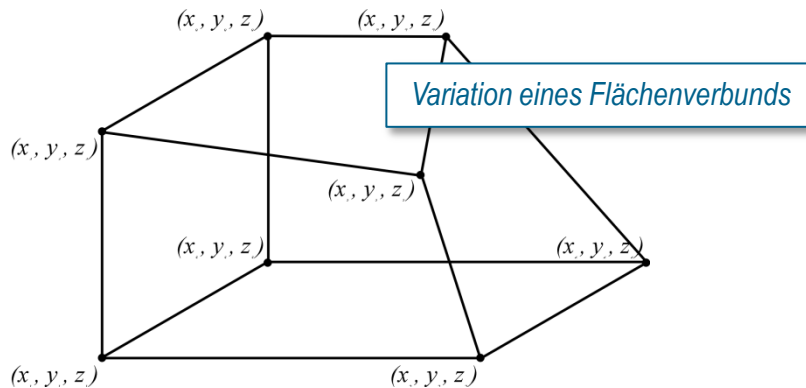
Beispiele



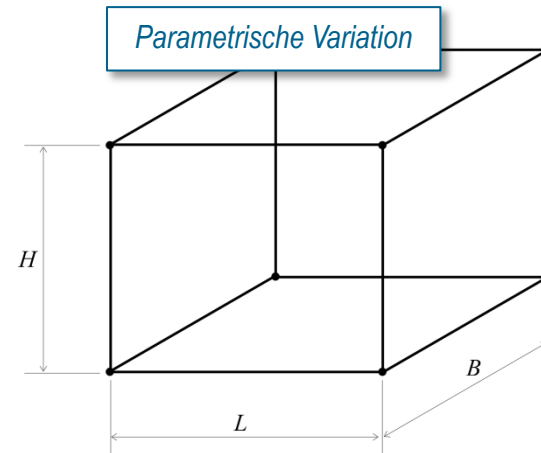
Parametrik als Grundlage für

- *Probabilistische Untersuchungen
(z.B. Fertigungstoleranzen über Geometrievariation)*
- *Numerische Optimierung*

Parametrische Geometrie

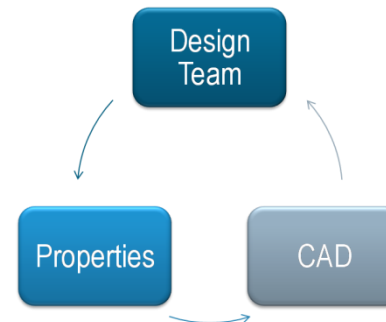
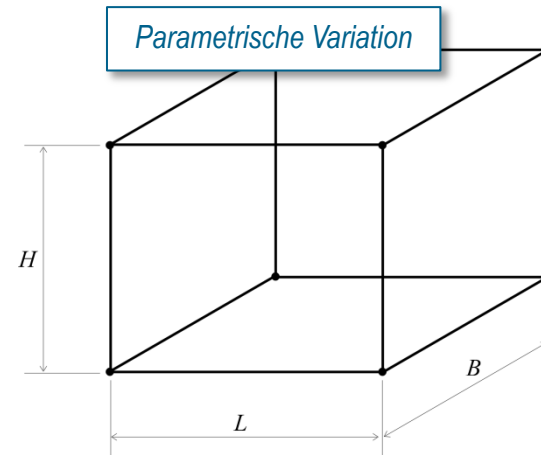
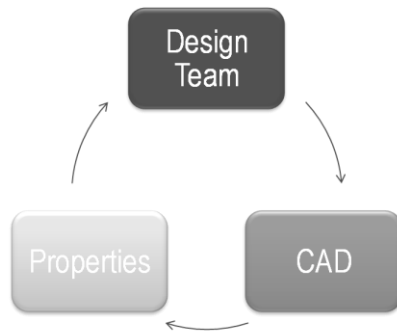
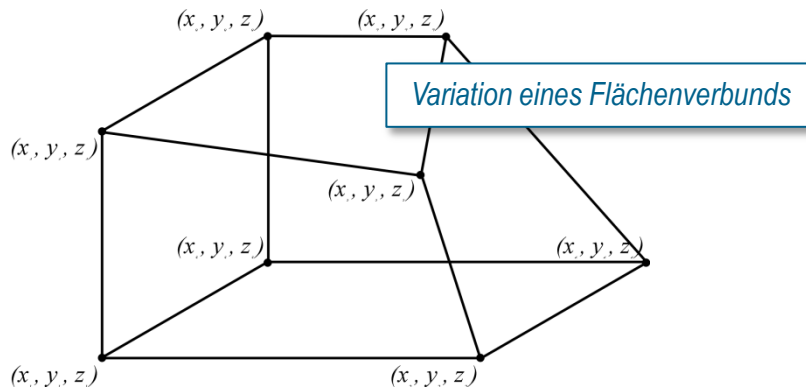


- Hohe Flexibilität
- Ggf. sehr viele freie Variablen
- Form schwierig zu steuern, Erzeugung unbrauchbarer Formen



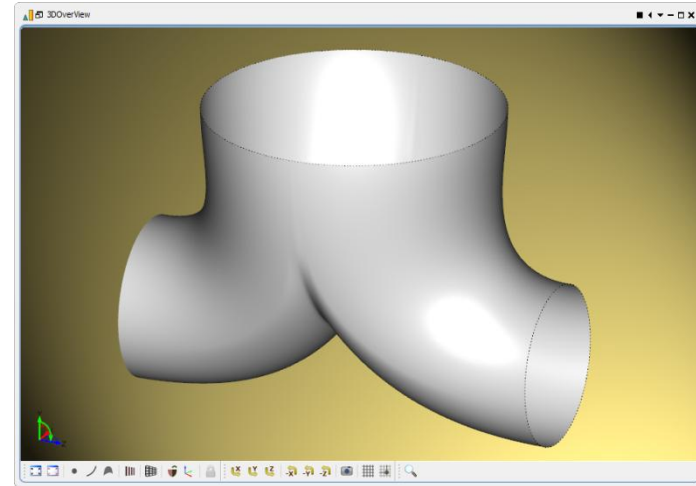
- Einfangen wesentlicher Produkteigenschaften
- Wenig freie Variablen
- Intuitiv zu steuern (auch automatisiert), Erzeugung ausschließlich „brauchbarer“ Formen

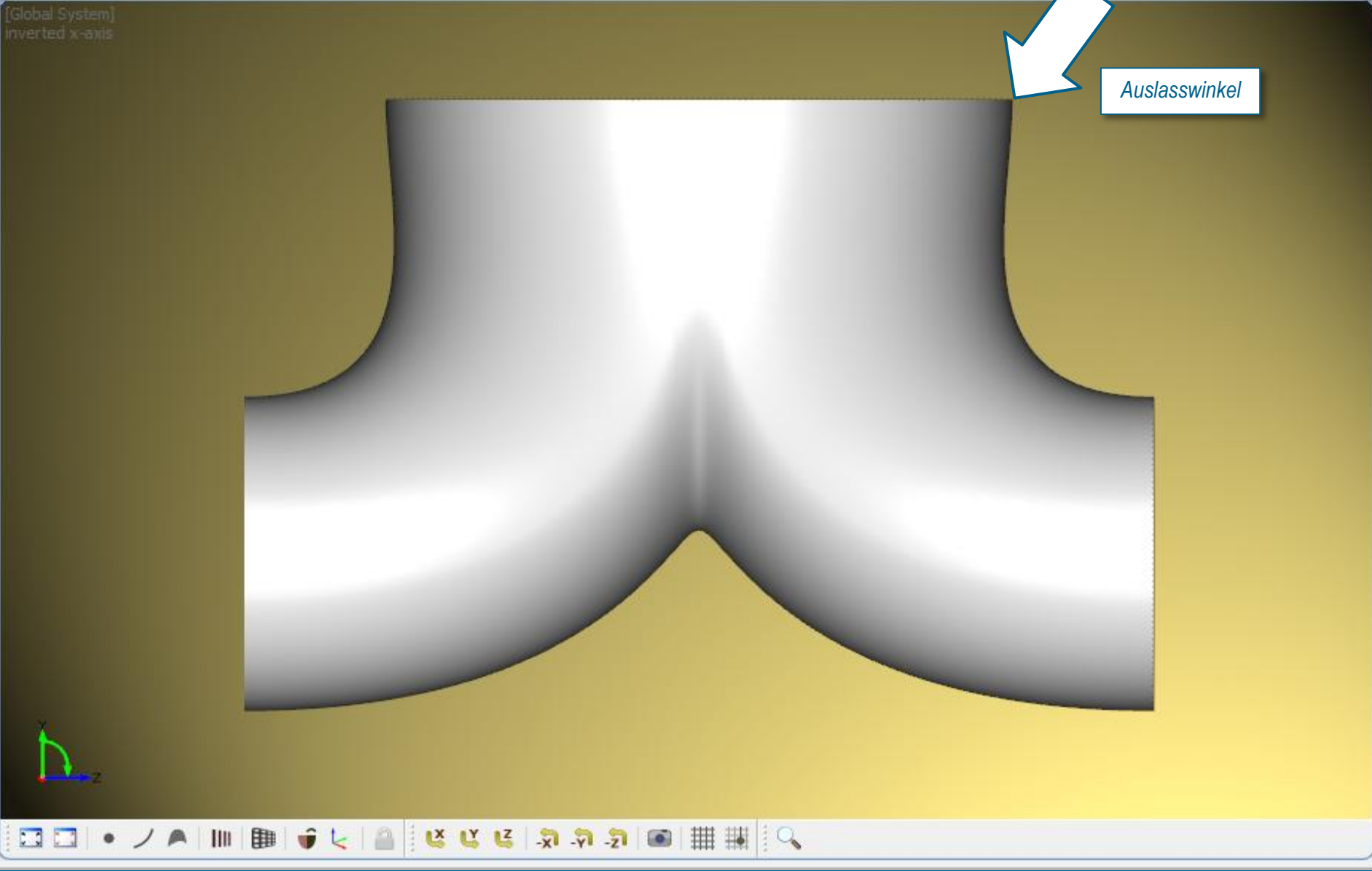
Parametrische Geometrie

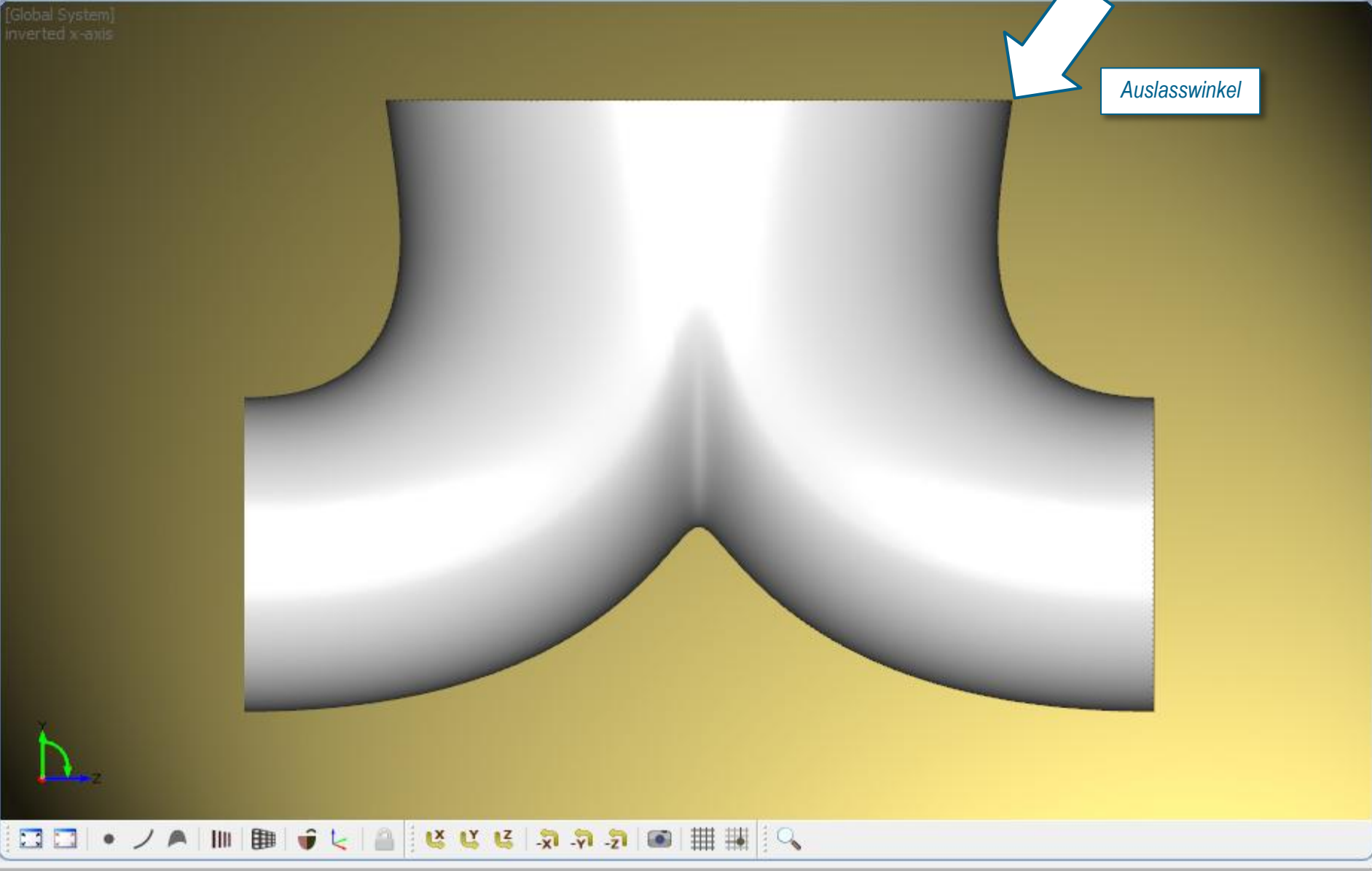


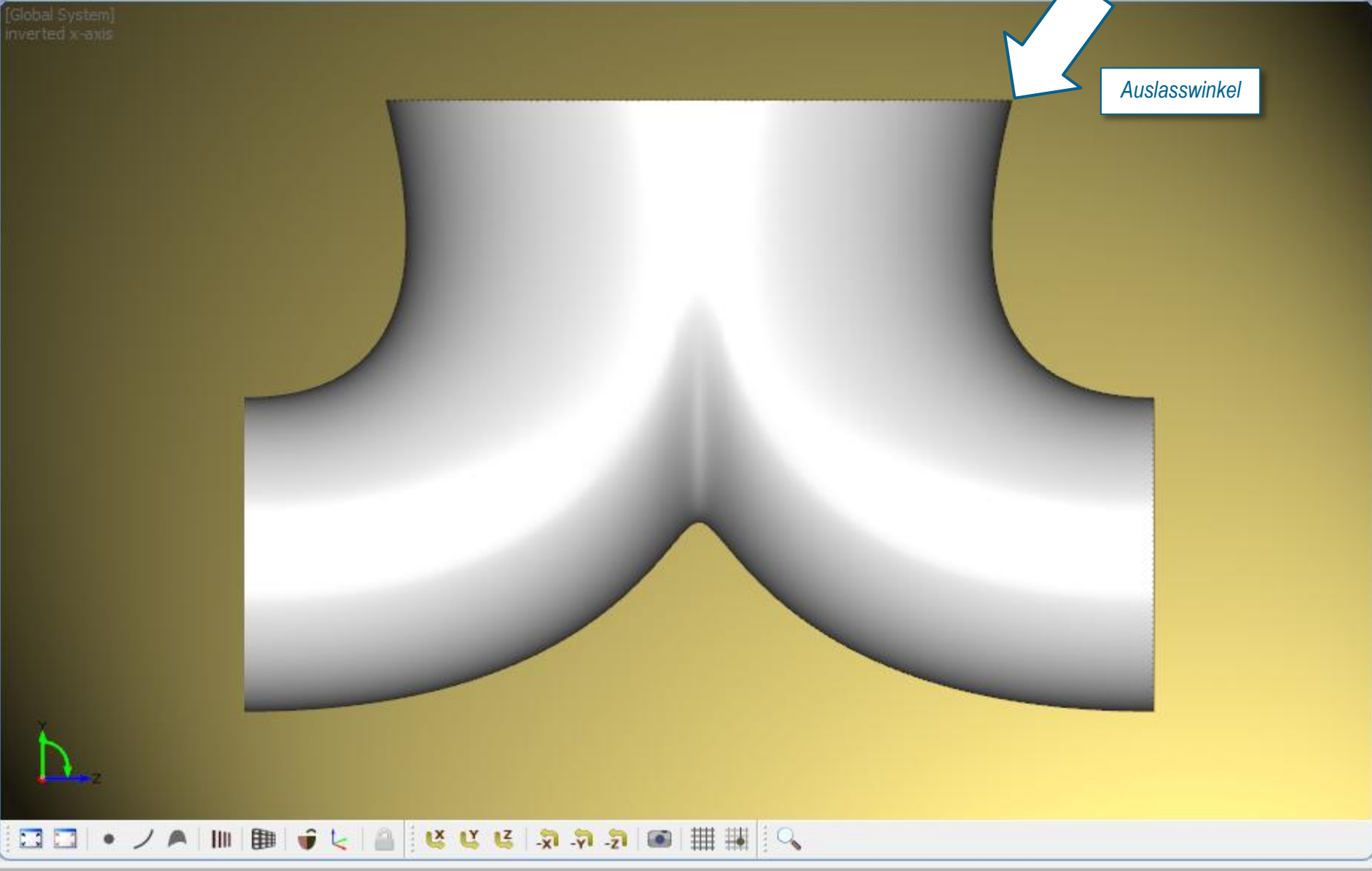
Parametrische Geometrie | FW-Beispiel

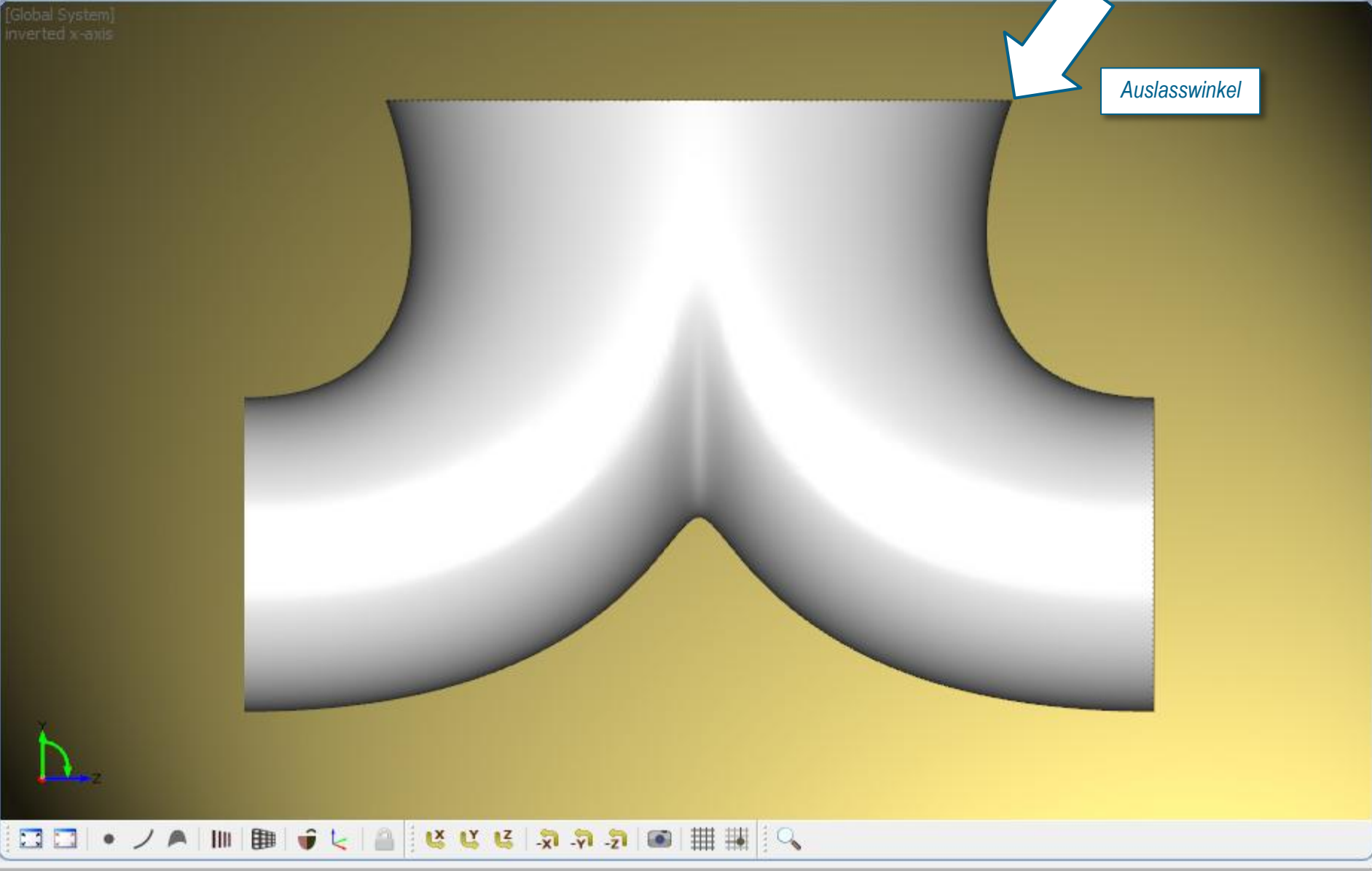
- Beispiel: „Hosenrohr“
- Geometrie aus Maschinenbau, z.B. Teil einer Abgasanlage
- Zusammenführen zweier Strömungen über zwei zusammentreffende Rohre
- Gesucht: Optimale Geometrie hinsichtlich bestimmter Zielgrößen (Druckverlust, Homogenität,...)
- Modellierung und Formvariation im *FRIENDSHIP-Framework* z.B. mit 5 Parametern (freien Variablen) ...

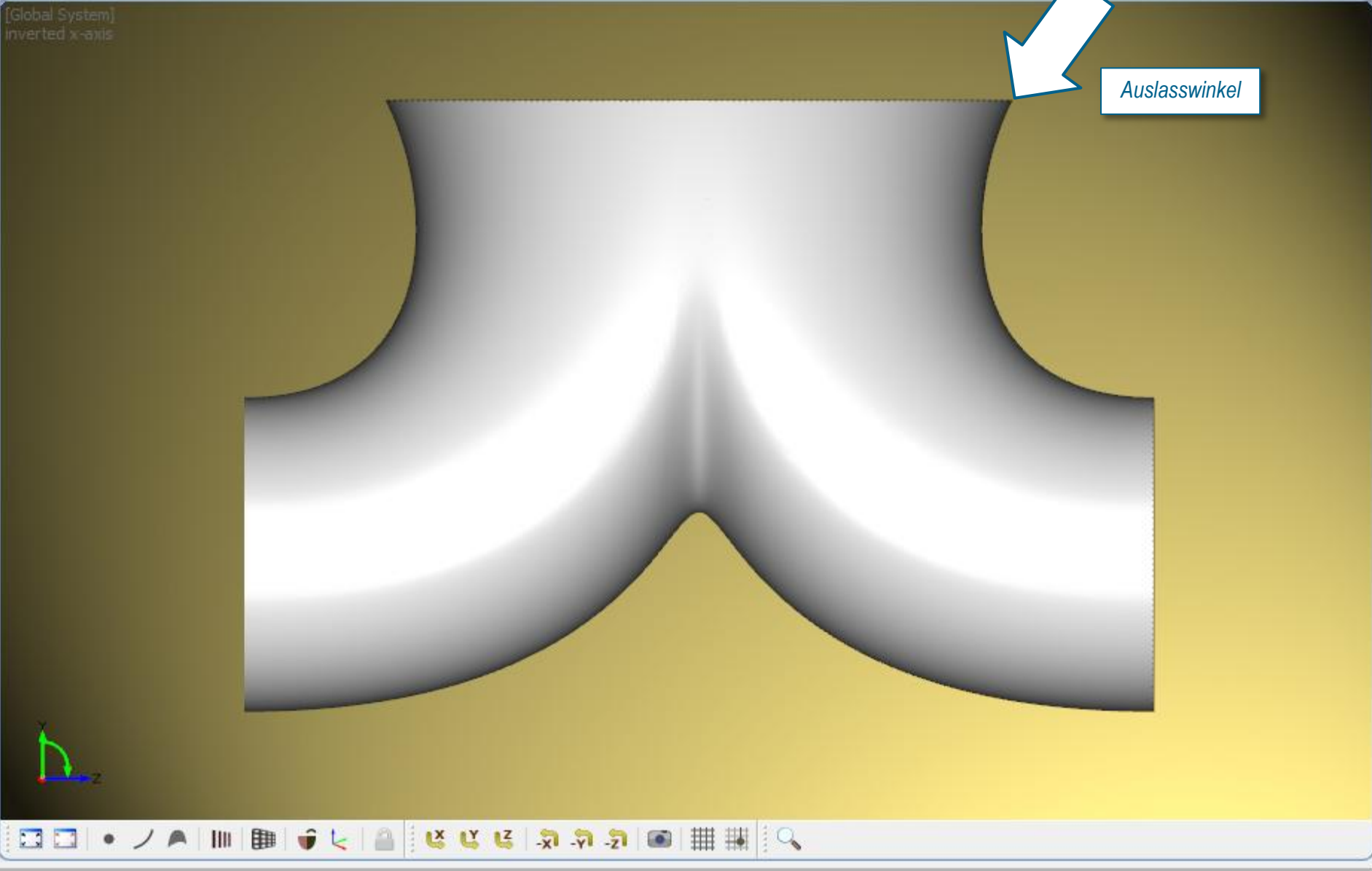


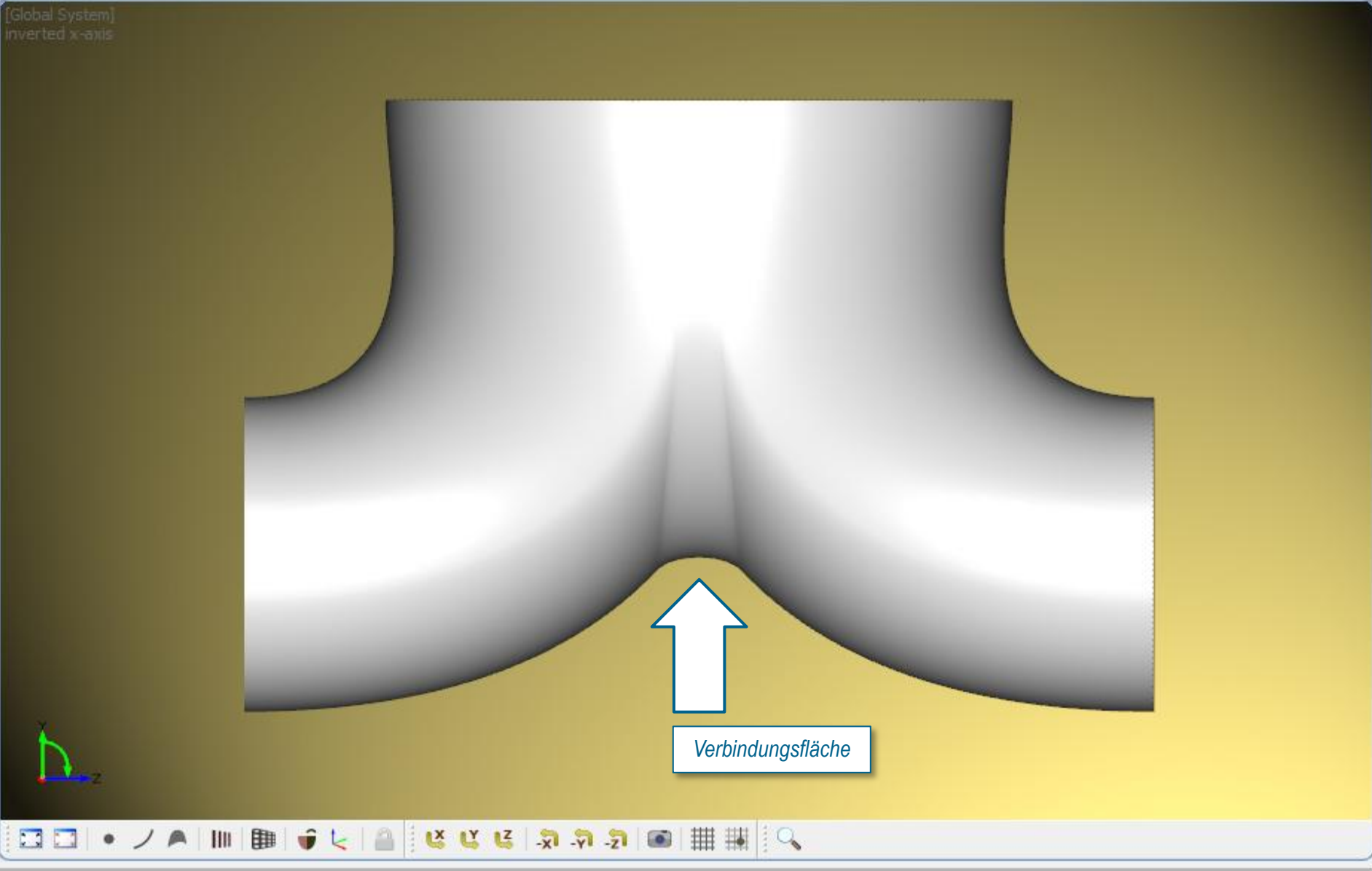




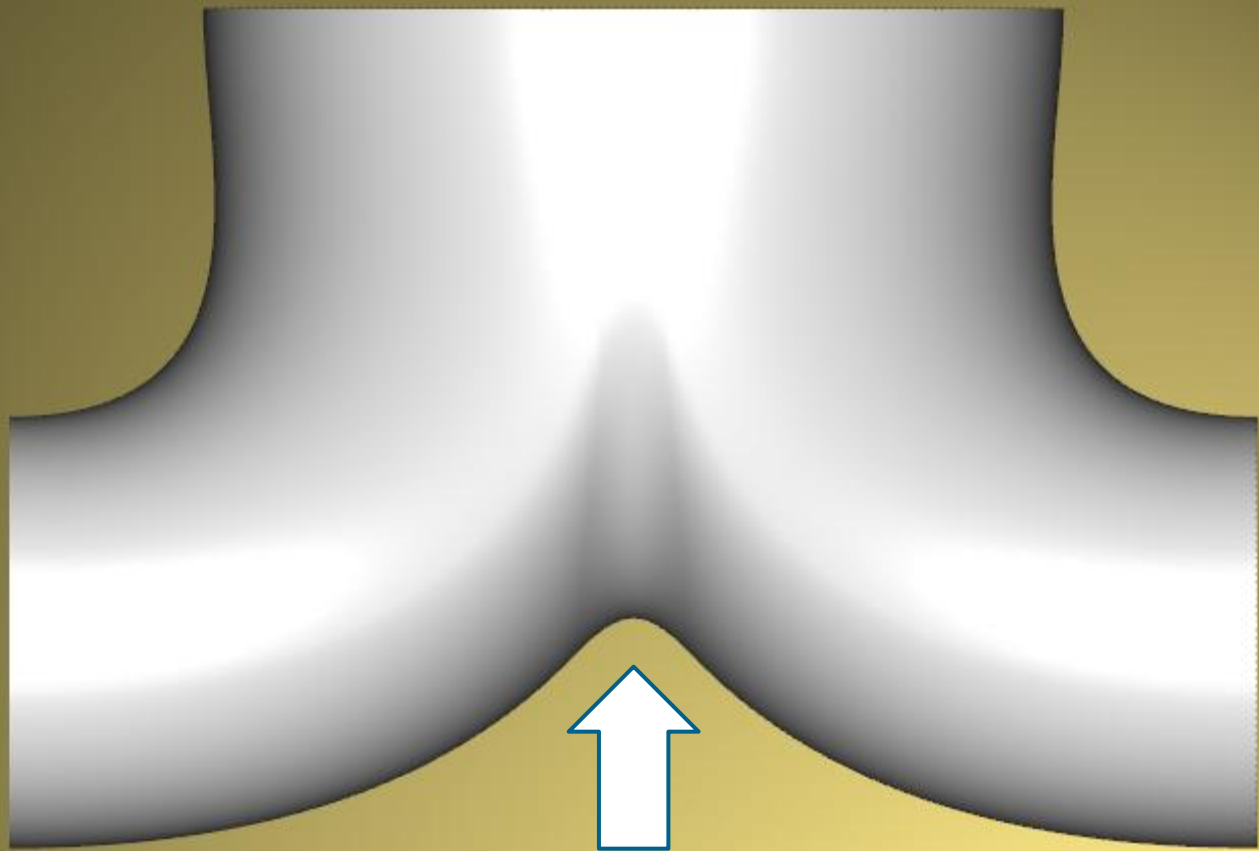








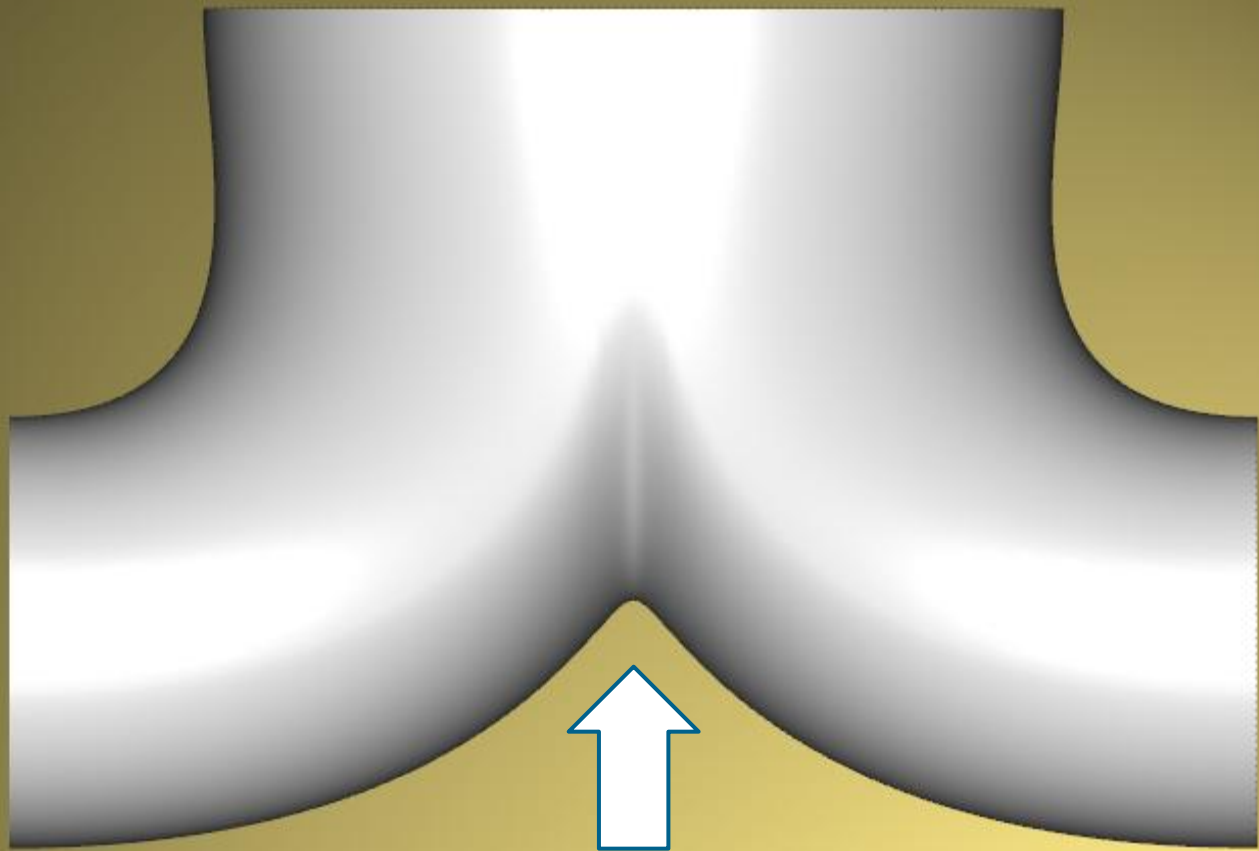
[Global System]
inverted x-axis



Verbindungsfläche

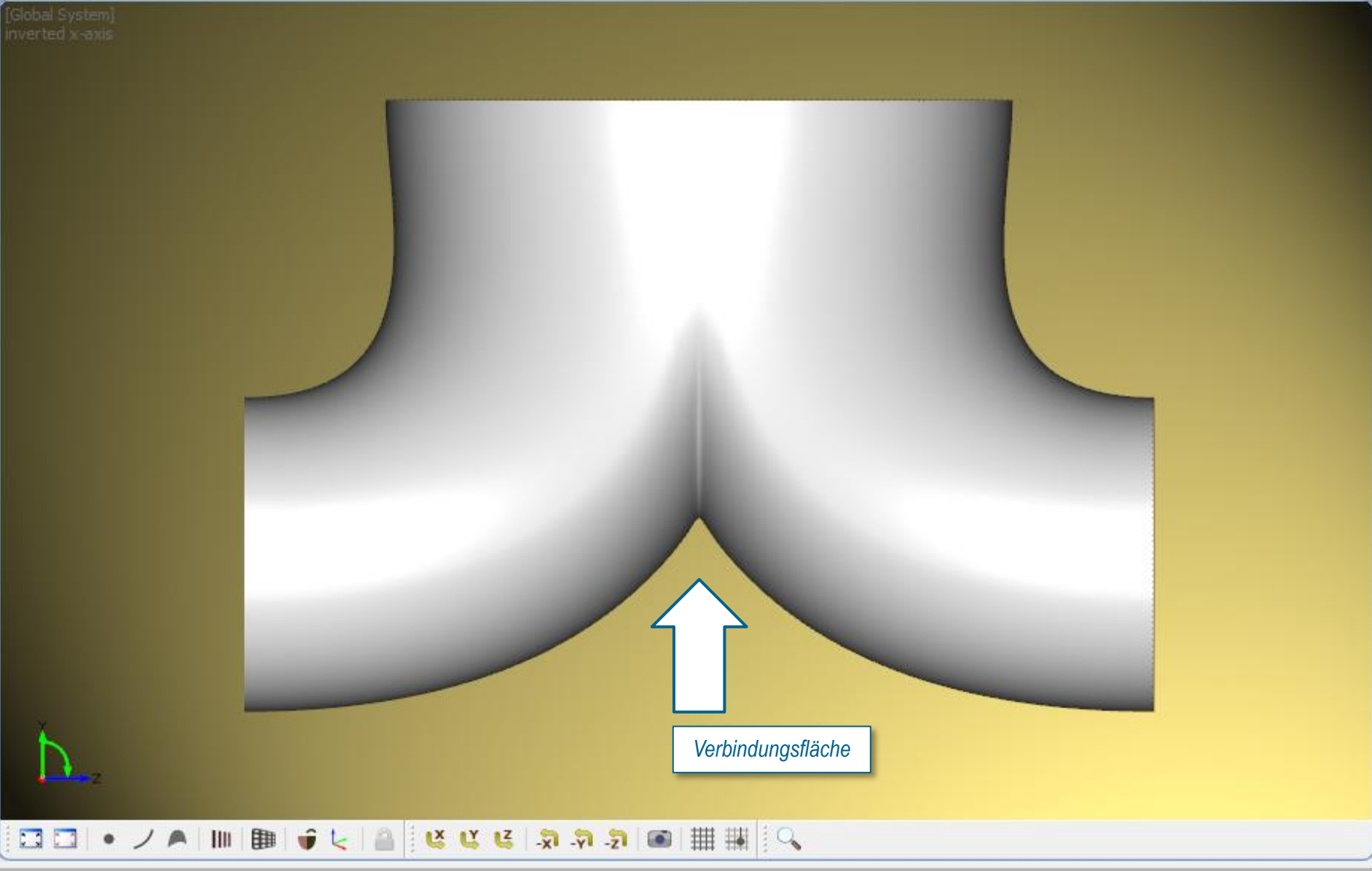


[Global System]
inverted x-axis



Verbindungsfläche

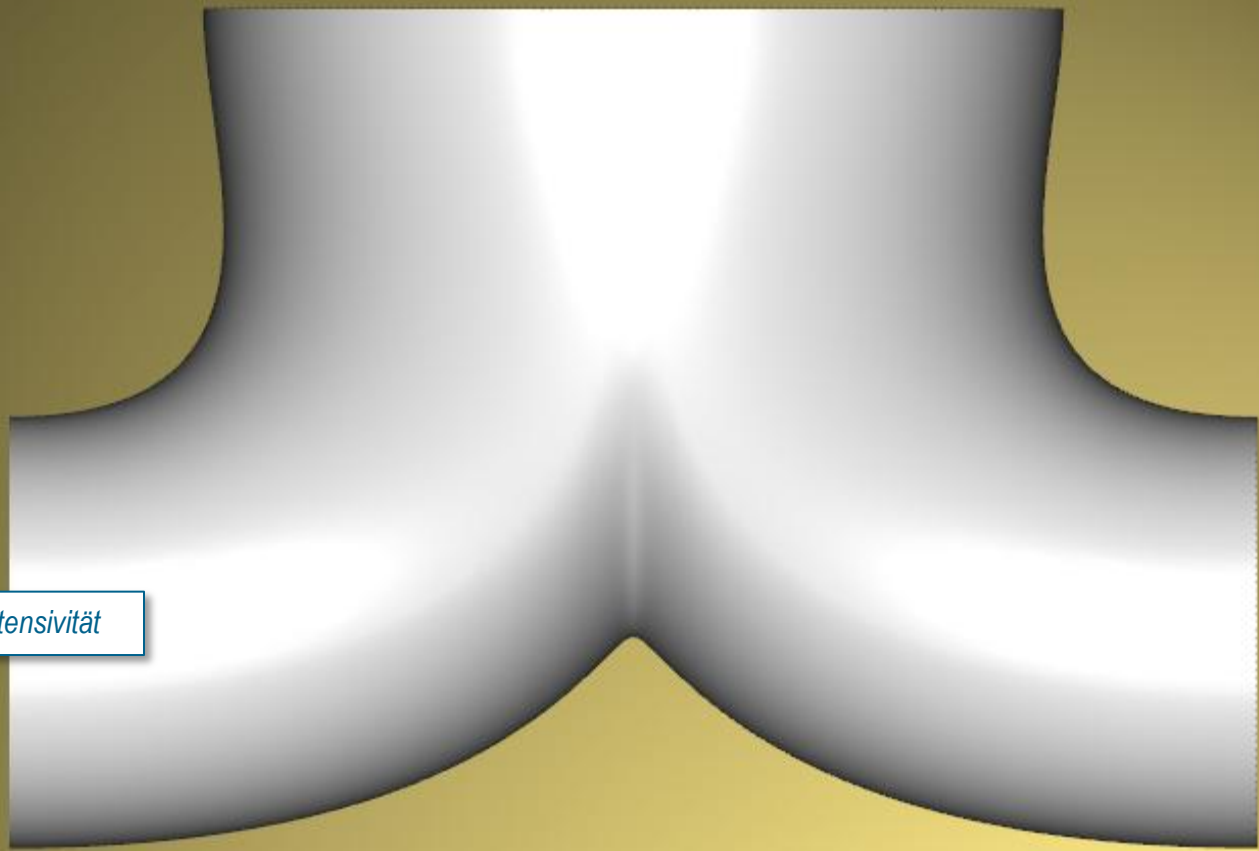


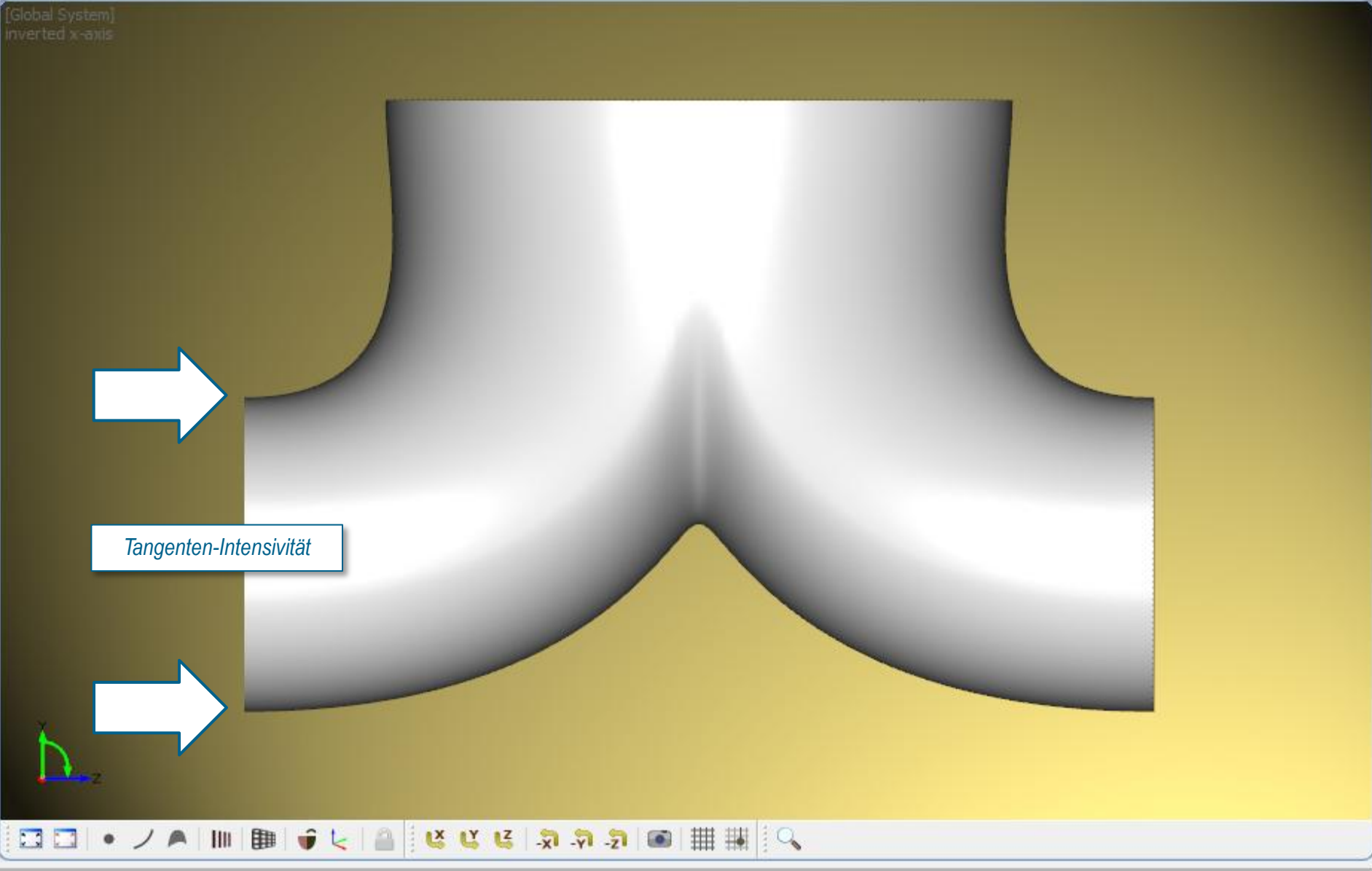


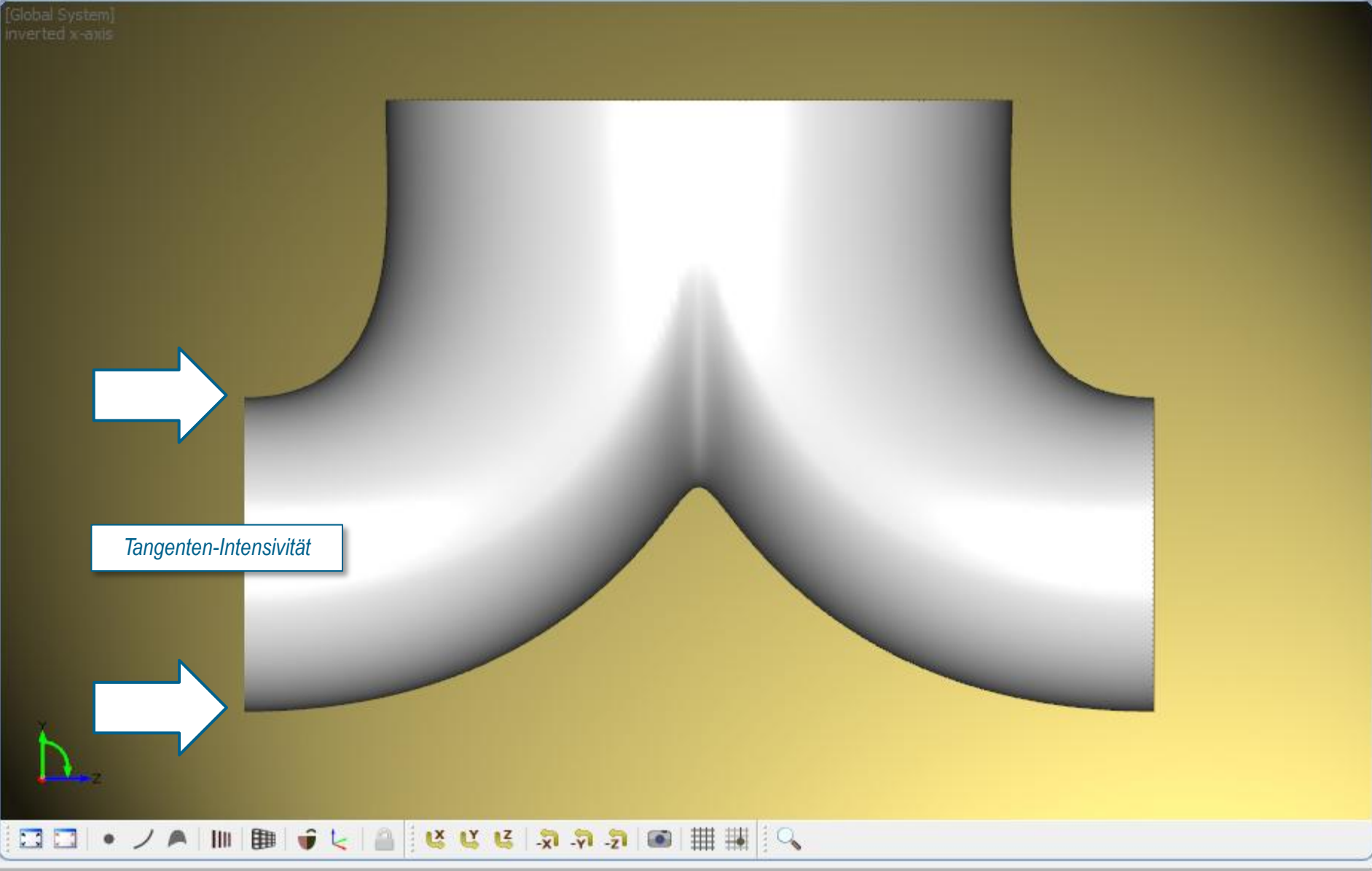
[Global System]
inverted x-axis



Tangenten-Intensivität



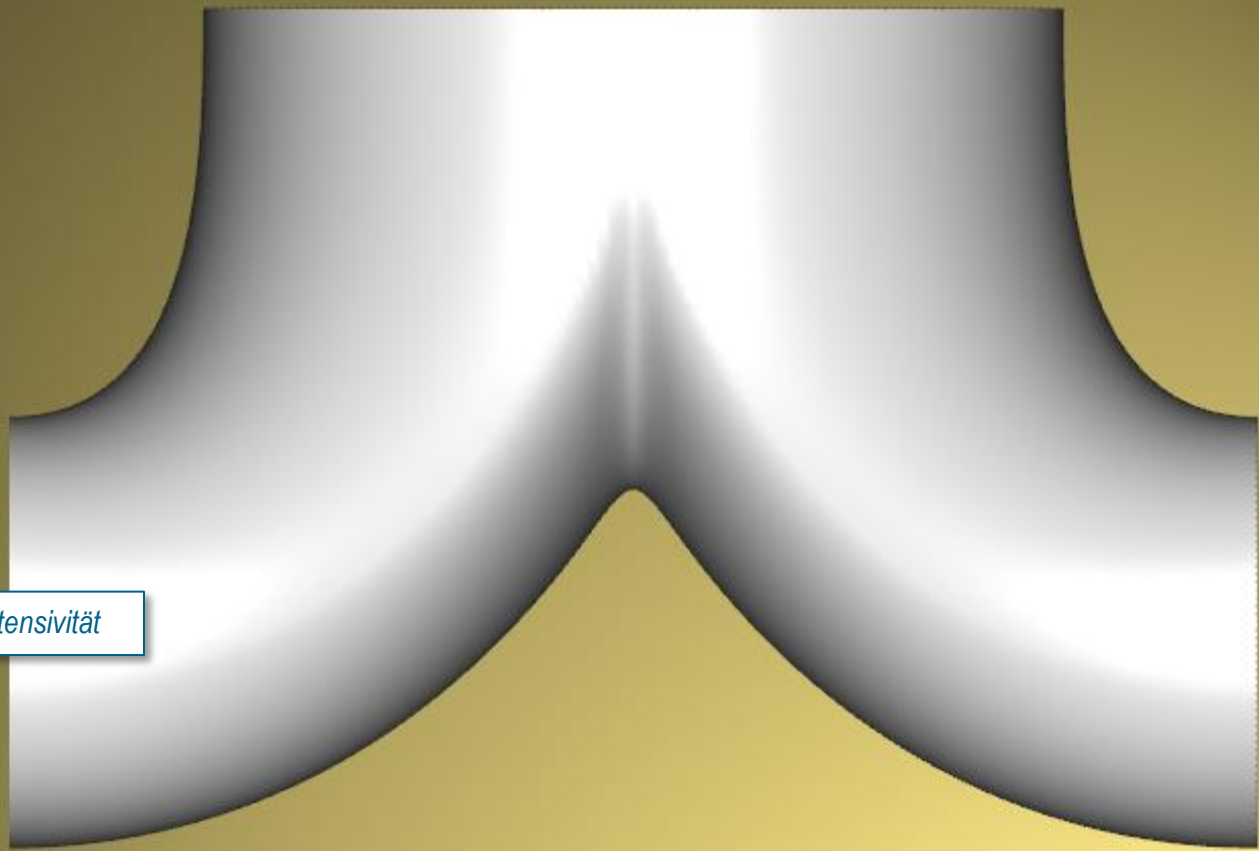




[Global System]
inverted x-axis



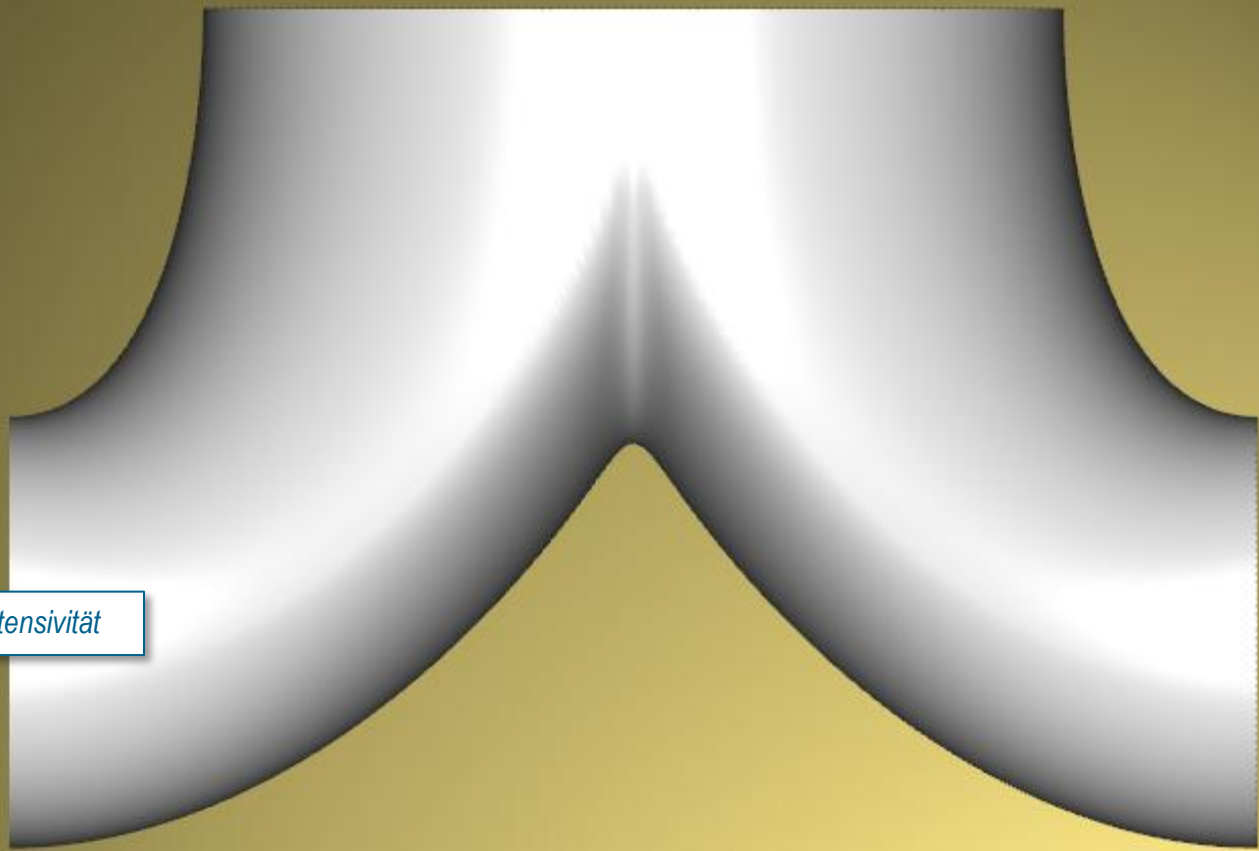
Tangenten-Intensivität



[Global System]
inverted x-axis

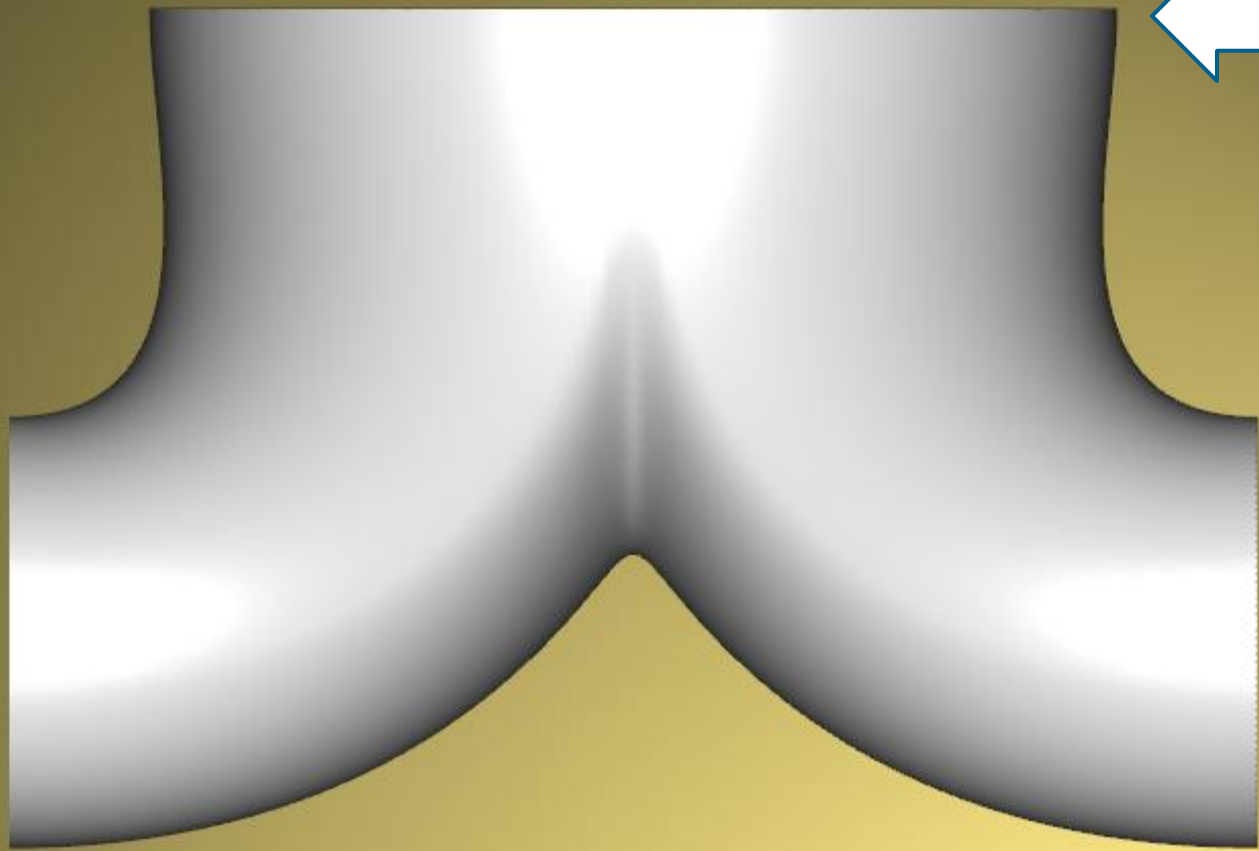


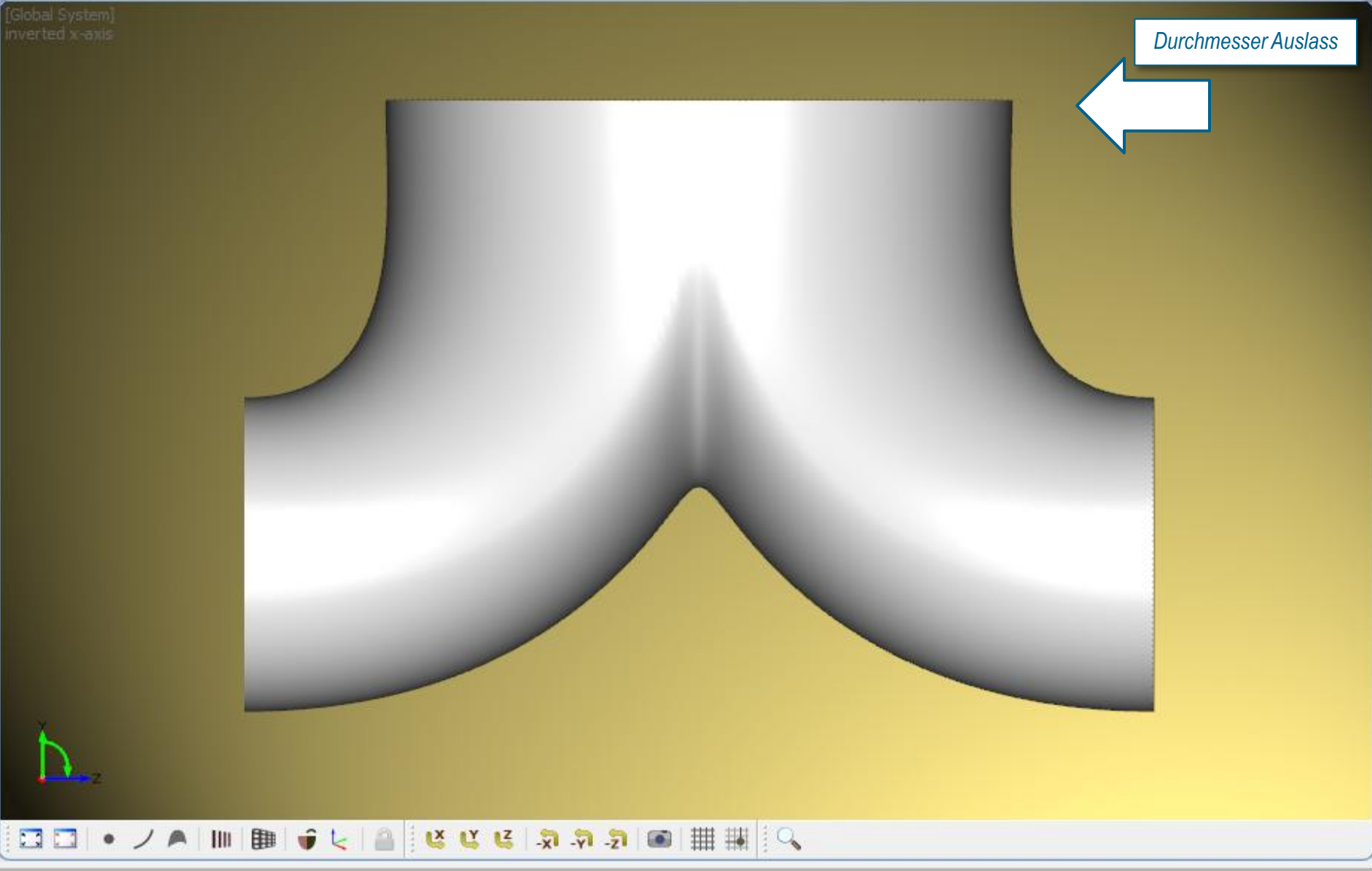
Tangenten-Intensivität

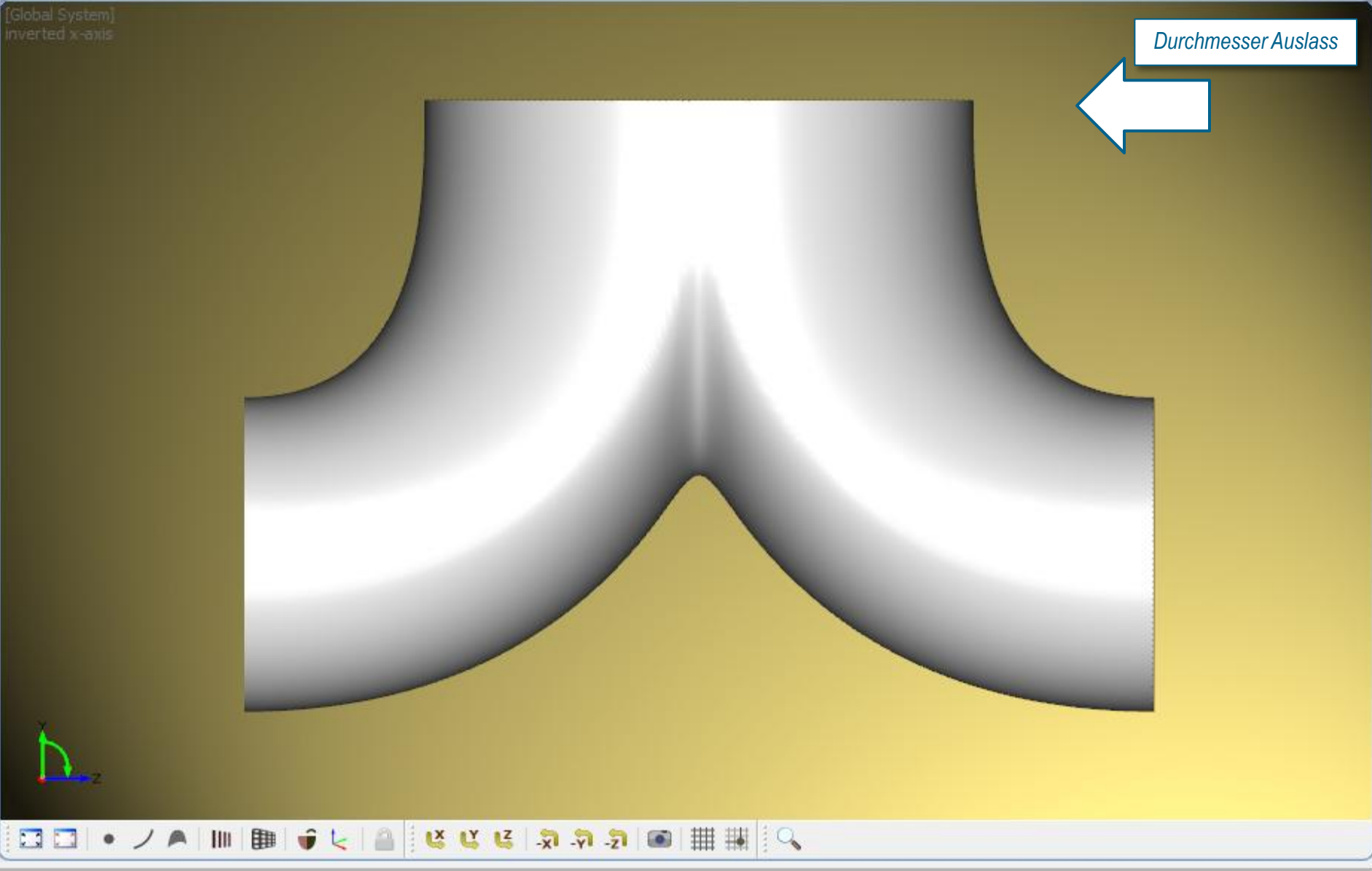


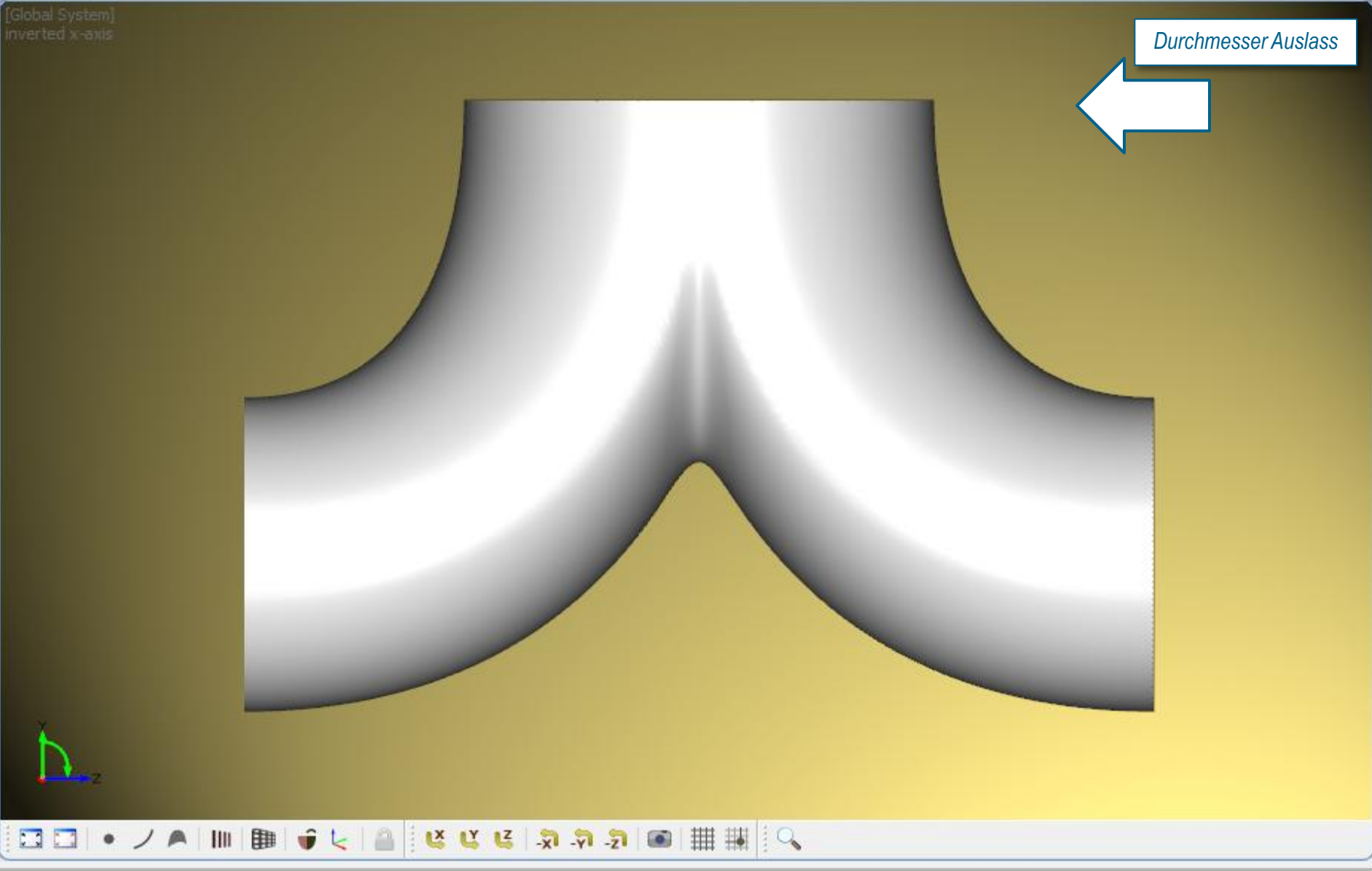
[Global System]
inverted x-axis

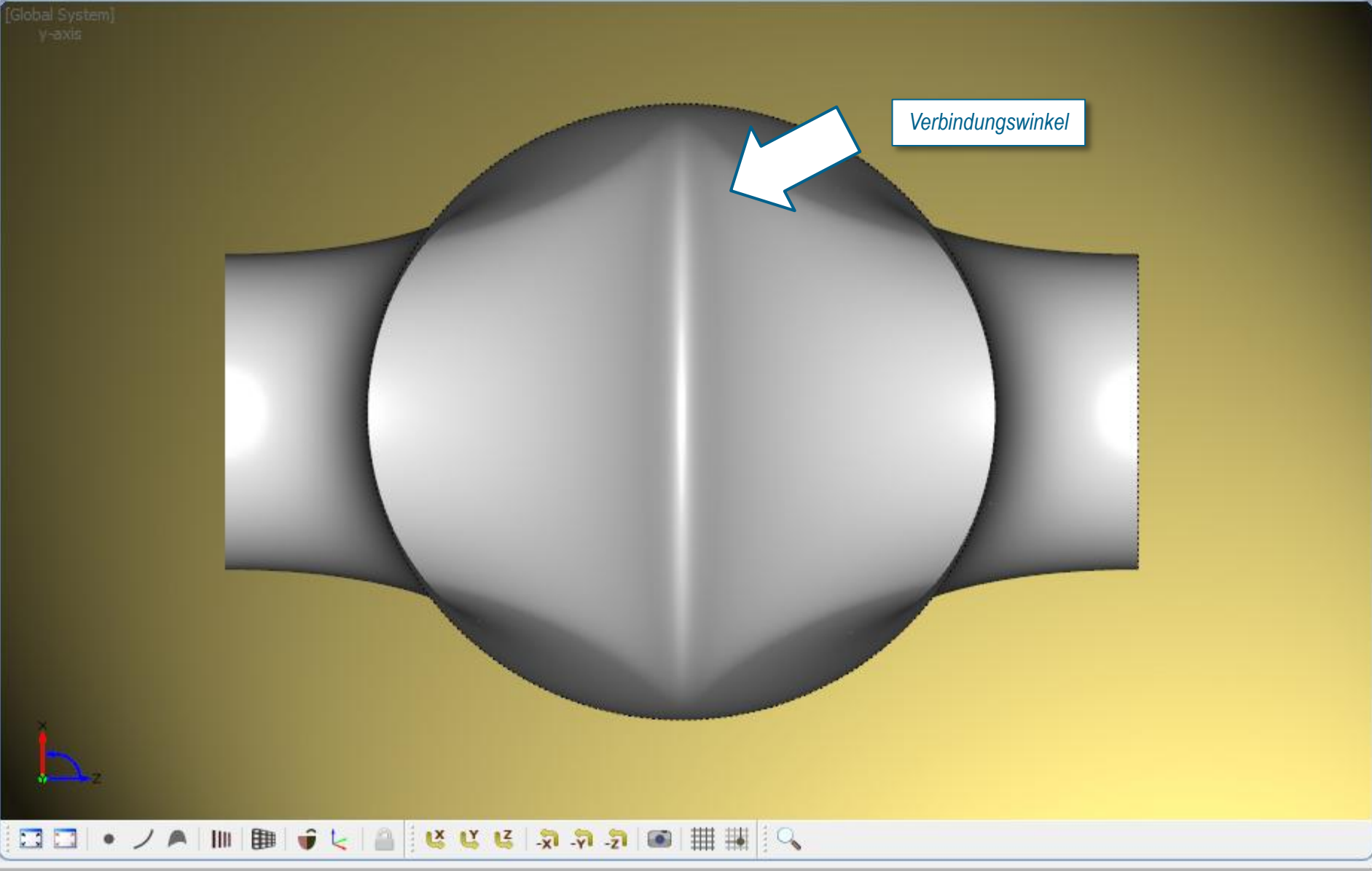
Durchmesser Auslass

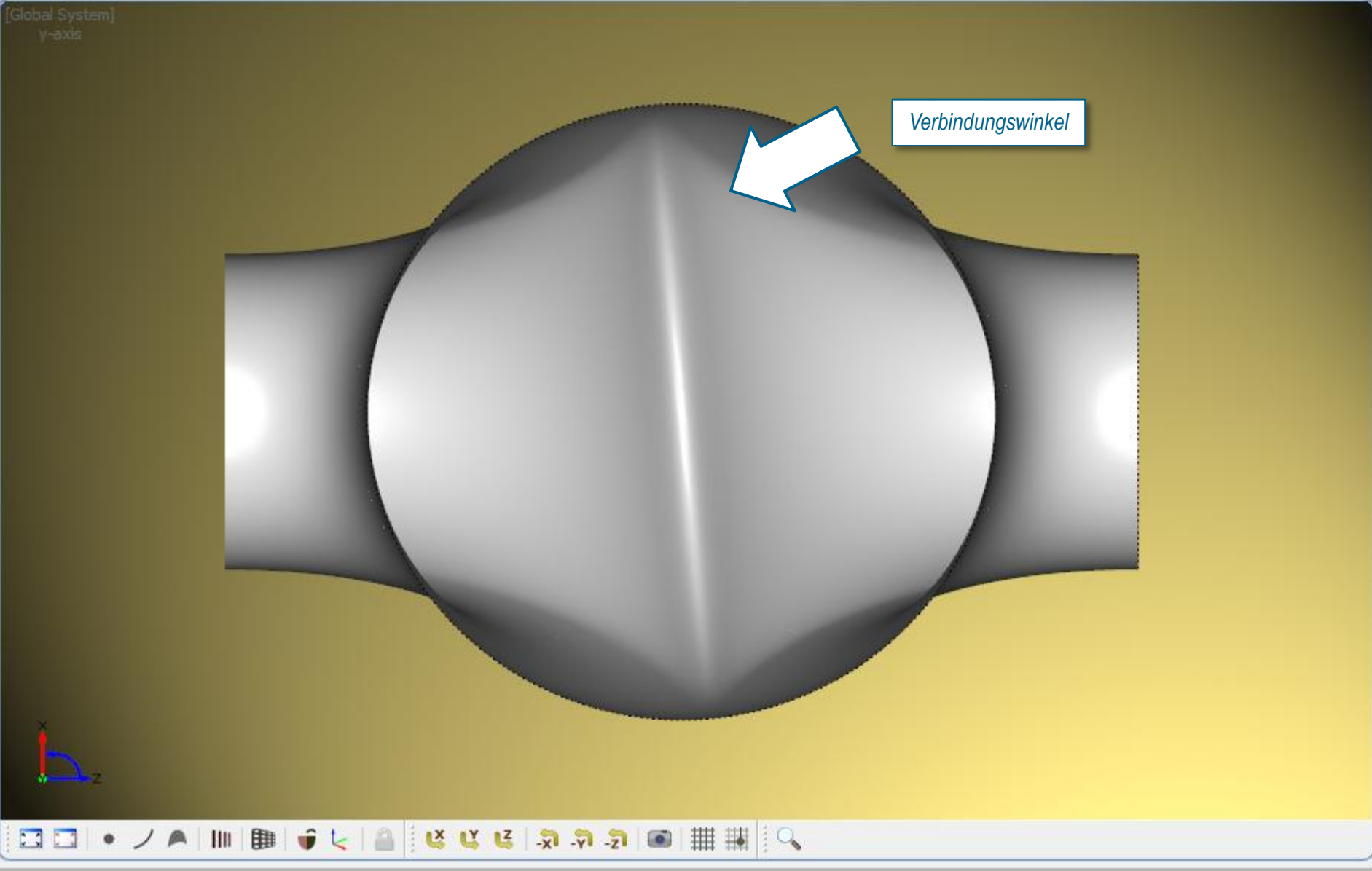


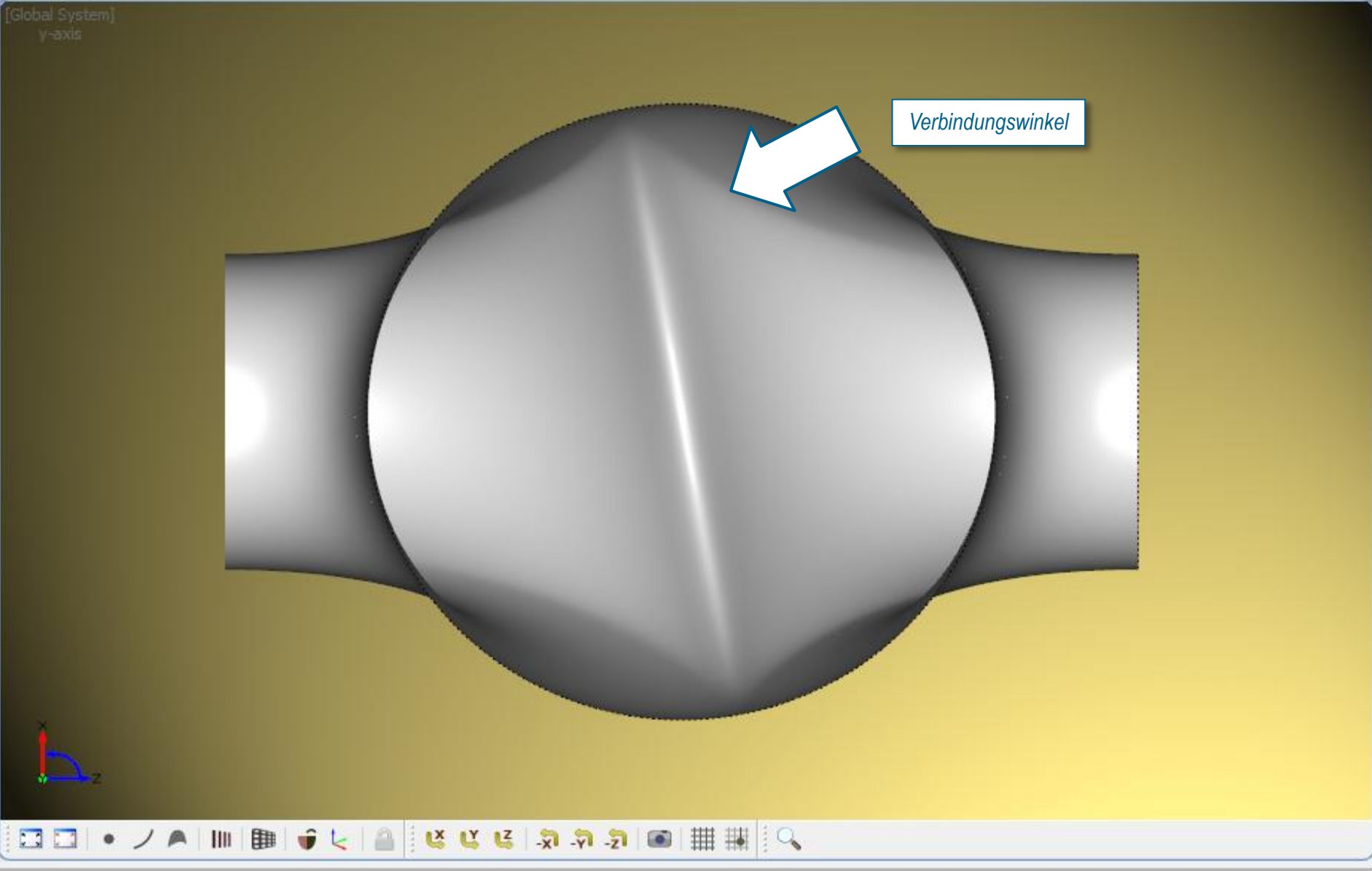


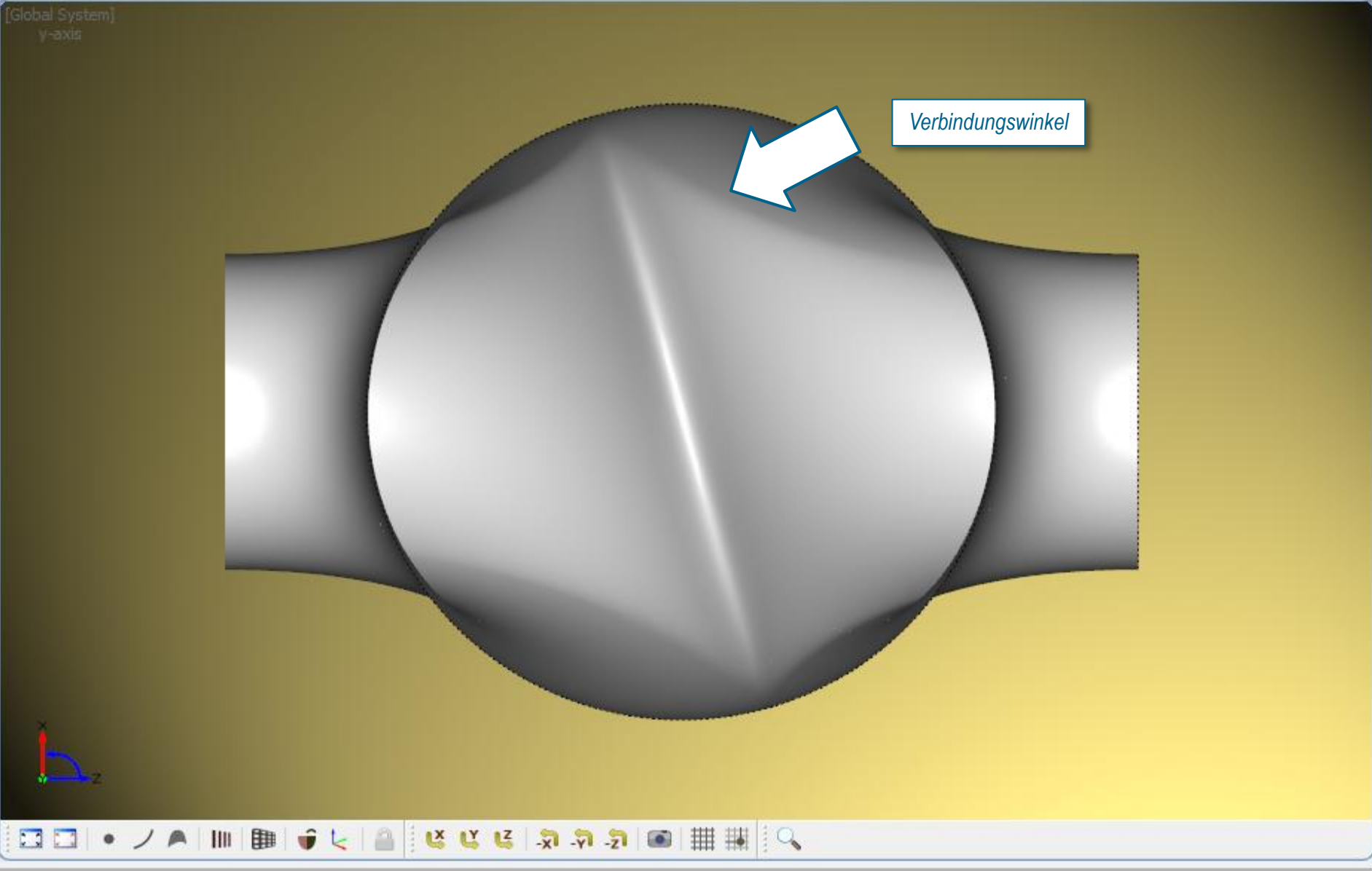


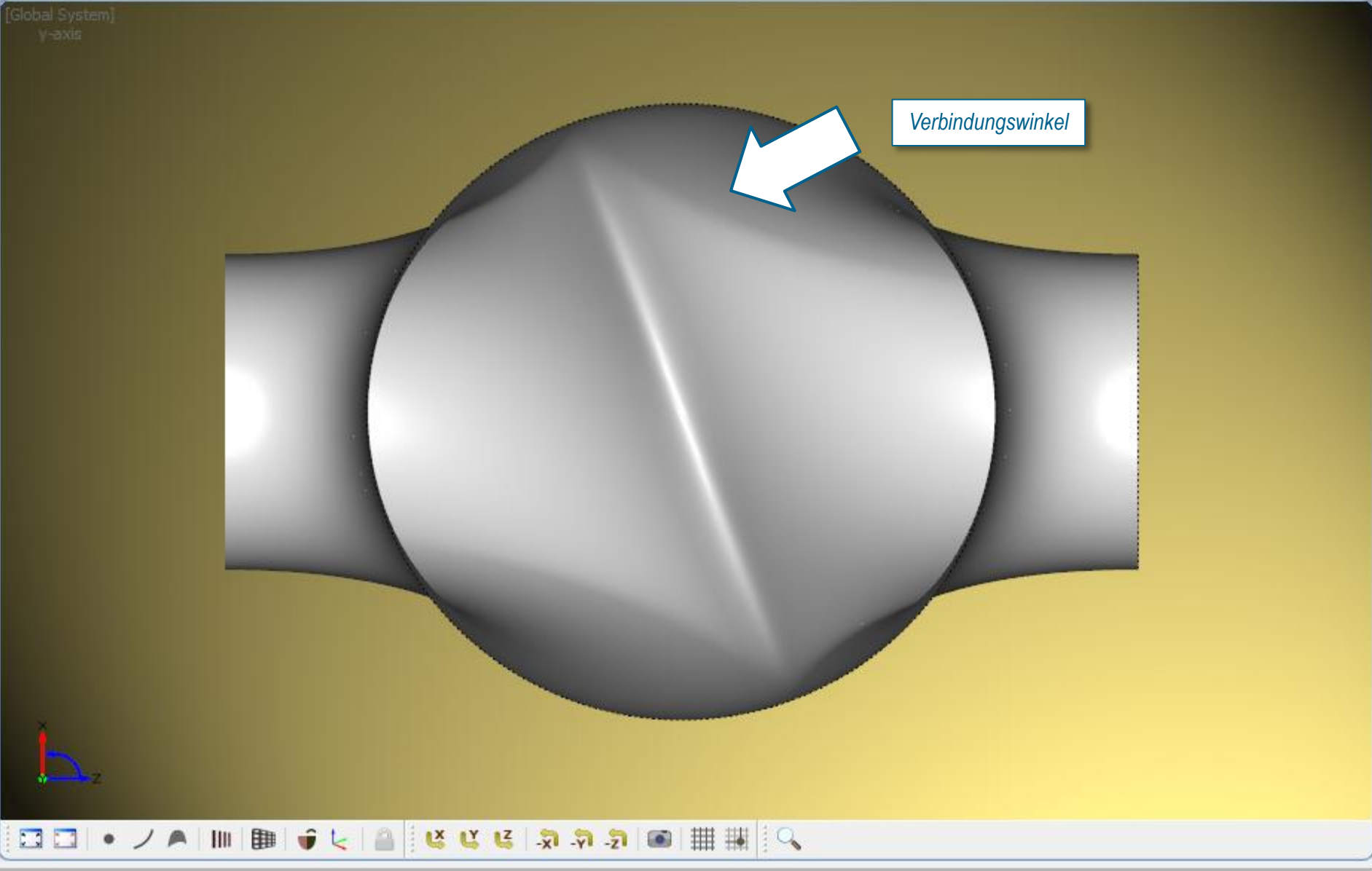






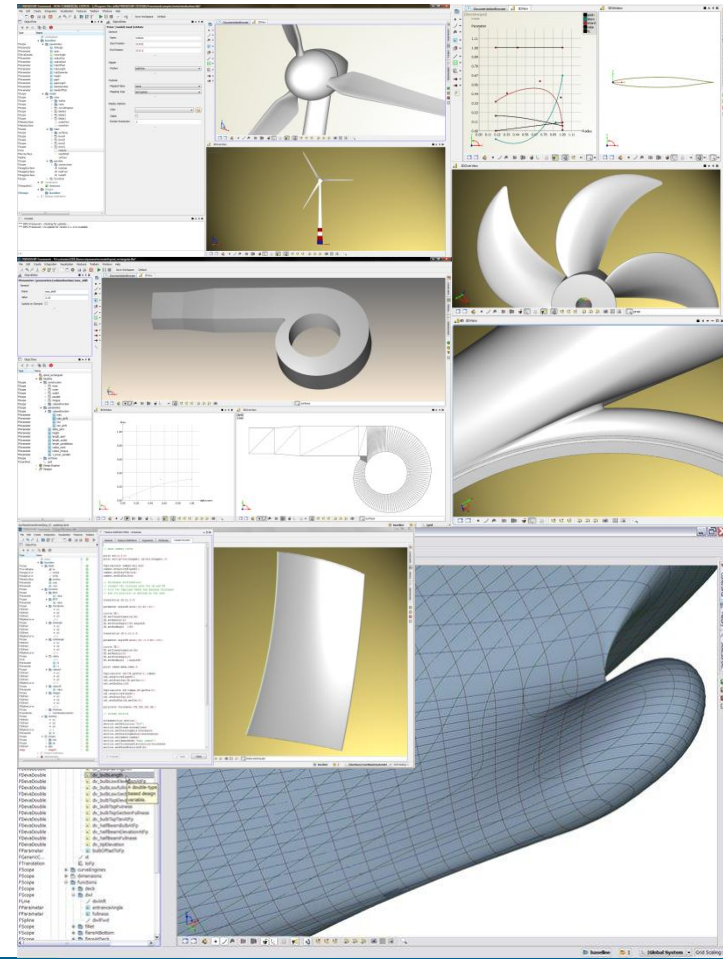






Parametrische Geometrie | Weitere FW-Beispiele

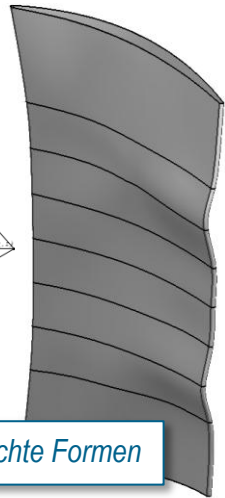
- Schiffsrümpfe, Anhänge und Propeller sowie Ruder
- Gehäuse-Geometrien z.B. Spiralen
- Pumpen
- Komplexe Rohrverbindungen
- Verdichter- und Turbinenschaufeln
 - Individuelle, vollparam. 3D-Modelle
 - Eigene Profilmodellierung über Skelettlinien & Dickeverteilungen
 - Längen- und winkeltreu
 - Radialfunktionen für 2D-Profilparameter



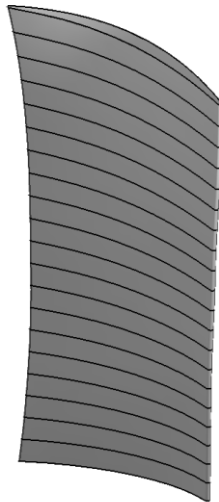
Parametrische Geometrie | Weitere FW-Beispiele

- Aufgabe: Optimierung eines manuell optimierten Stators
- Mehrziel + Nebenbedingungen
- 3D-Parametermodell vs. 2D-Ansatz

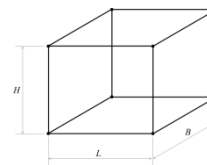
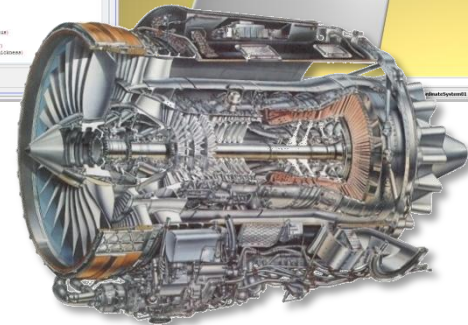
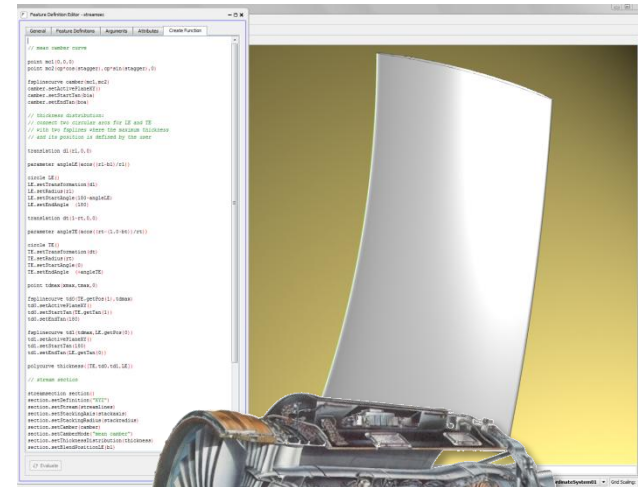
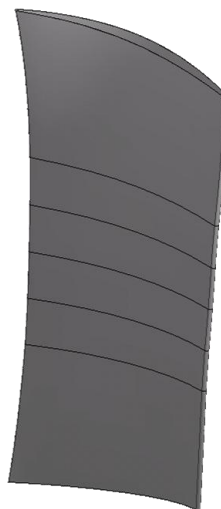
2D (RRD/BTU)



DATUM



PARAMETRISCH



Ggf. unerwünschte Formen

Mit freundlicher Genehmigung von Dr. Akin Keskin, Rolls-Royce Deutschland

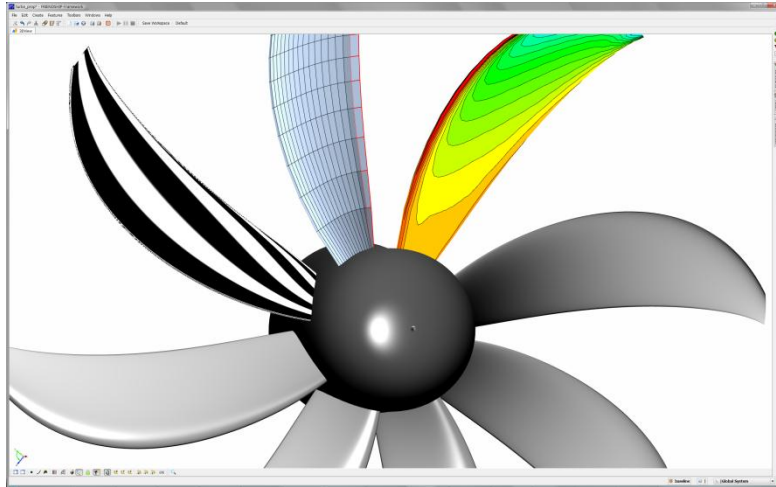
FRIENDSHIP-Framework

Parametrische Geometrie

Anbindung Simulation

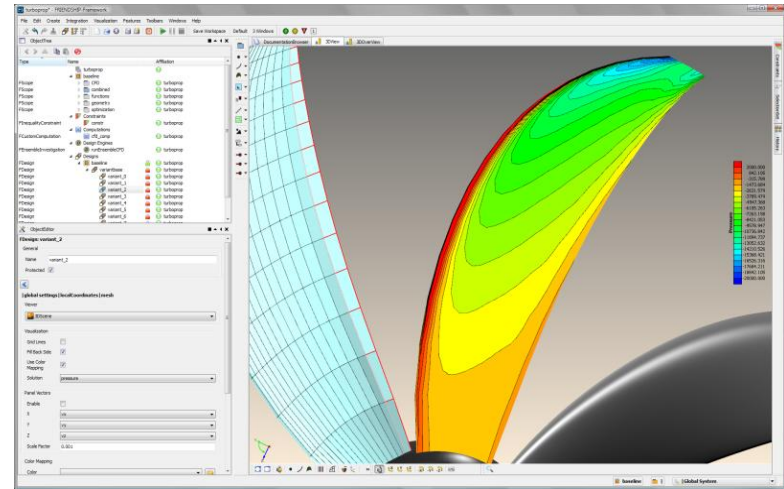
Variation und Optimierung

Beispiele



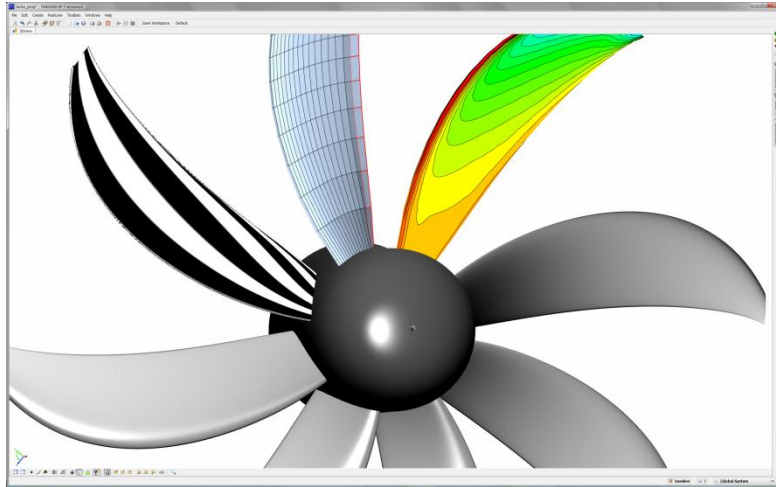
Anbindung Simulation

- Motivation:
Simulationsbasierte Optimierung
bzw. Analyse von Formvariationen
- Einbinden beliebiger
Simulationswerkzeuge
des jeweiligen Unternehmens
bzw. Instituts, für das bereits
Know-How existiert
- Datenaustausch via
 - Standardformate wie IGES, STL („wasserdicht“) sowie XML
 - Beliebigen ASCII-Dateien (eigene Templates, I/O-Funktionalität, Tabellen, PNGs)
 - Spezielle Exportformate (u.a. *GeomTurbo*, direkter Schaufelexport f. *NUMECA*-Software)



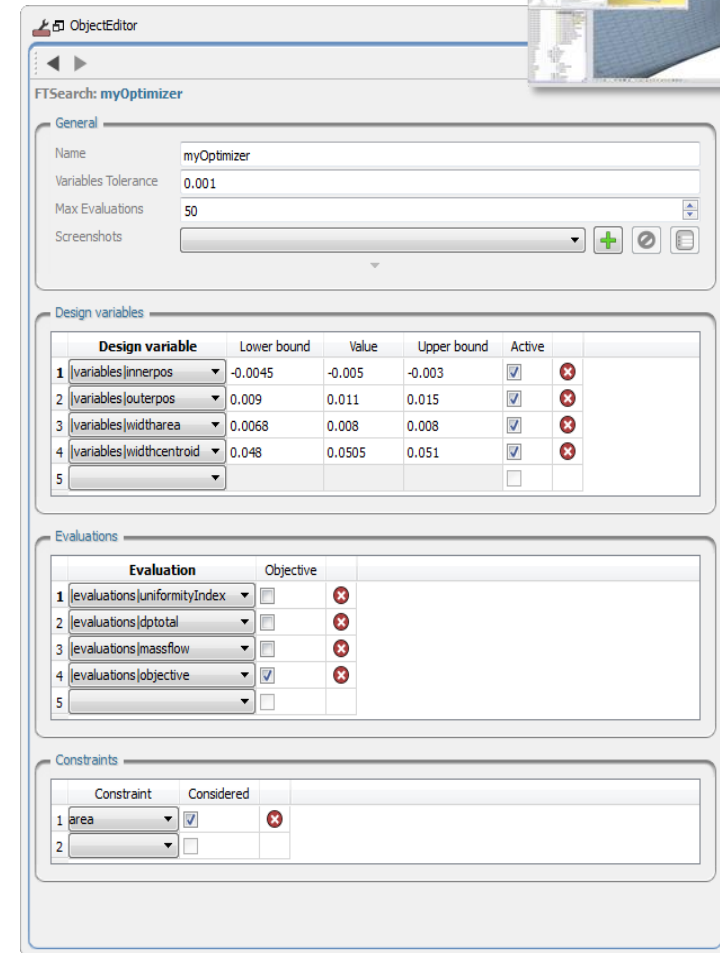
FRIENDSHIP-Framework

Parametrische Geometrie
Anbindung Simulation
Variation und Optimierung
Beispiele



Variation & Optimierung

- Motivation:
Automatisierte Geometrievaryation der Parametermodelle inkl. CFD etc.
- Kopplung der Geometrieparameter an *Design Engines*
 - Variation, DoE (lokal / verteilt via SSH)
Sobol, Latin Hypercube (>2.2), ...
 - Optimierung: Einzel-/Mehrziel
TSearch, NSGA-II, MOSA, ...
 - Berücksichtigen von Nebenbedingungen
 - Metamodelle RSM, ANN, Kriging (>2.2)
 - Rangkorrelationskoeffizienten (>2.2)



The screenshot shows the 'ObjectEditor' window with the 'FTSearch: myOptimizer' configuration. The 'General' tab is active, showing the name 'myOptimizer', 'Variables Tolerance' of 0.001, 'Max Evaluations' of 50, and a 'Screenshots' list. Below this, the 'Design variables' section contains a table with 5 rows. The 'Evaluations' section contains a table with 5 rows. The 'Constraints' section contains a table with 2 rows.

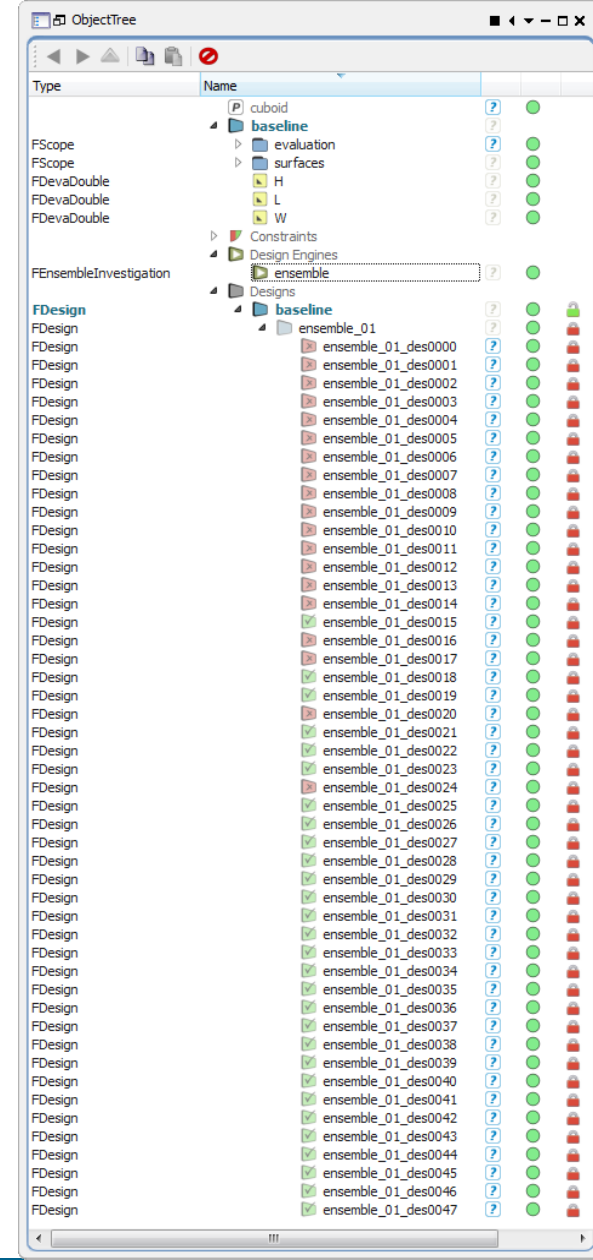
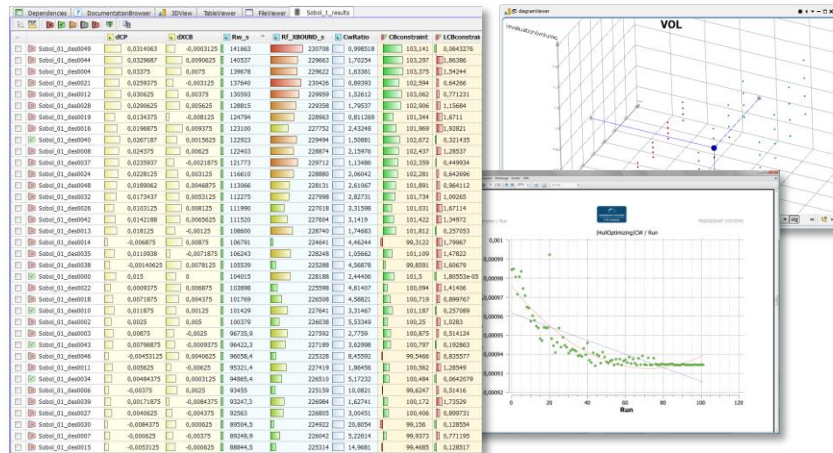
Design variable	Lower bound	Value	Upper bound	Active	
1 [variables innerpos]	-0.0045	-0.005	-0.003	☒	☒
2 [variables outerpos]	0.009	0.011	0.015	☒	☒
3 [variables widtharea]	0.0068	0.008	0.008	☒	☒
4 [variables widthcentroid]	0.048	0.0505	0.051	☒	☒
5				☐	☐

Evaluation	Objective	
1 [evaluations uniformityIndex]	☐	☒
2 [evaluations dptotal]	☐	☒
3 [evaluations massflow]	☐	☒
4 [evaluations objective]	☒	☒
5	☐	☐

Constraint	Considered	
1 area	☒	☒
2	☐	☐

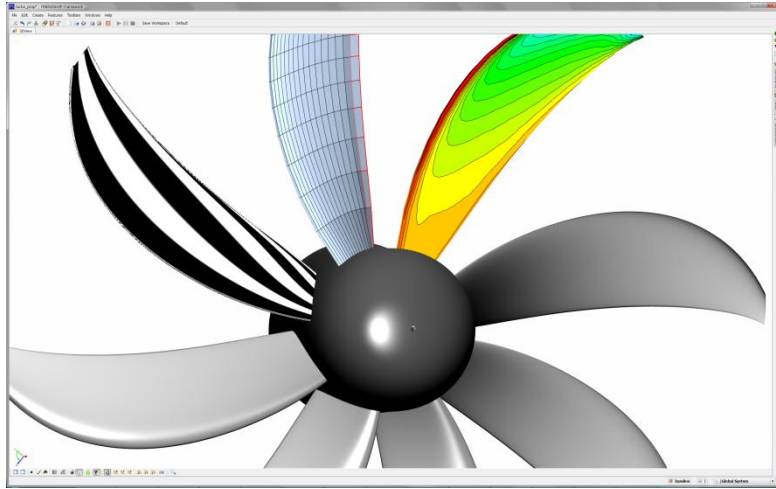
Variation & Optimierung

- Variantenmanagement
 - Geometrie
 - Ergebnisse externer Berechnungen
 - Interne Ergebnisse
(„Expressions“: z.B. mathematische Formeln)
- Tabellen, Diagramme und PDF-Report



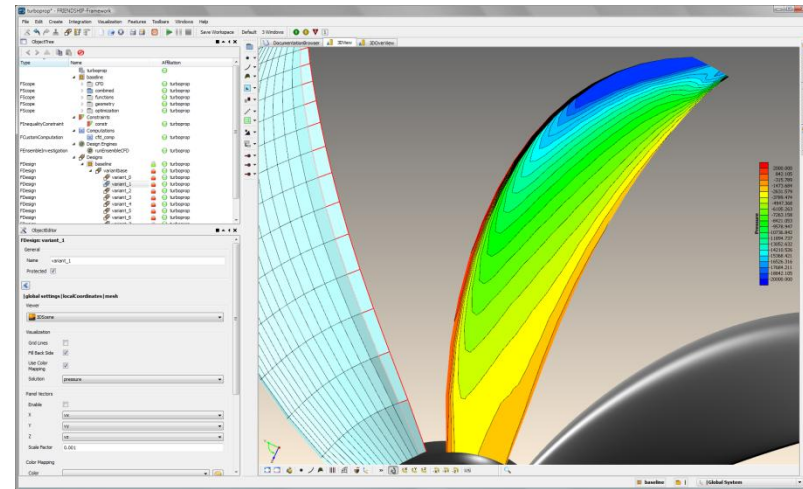
FRIENDSHIP-Framework

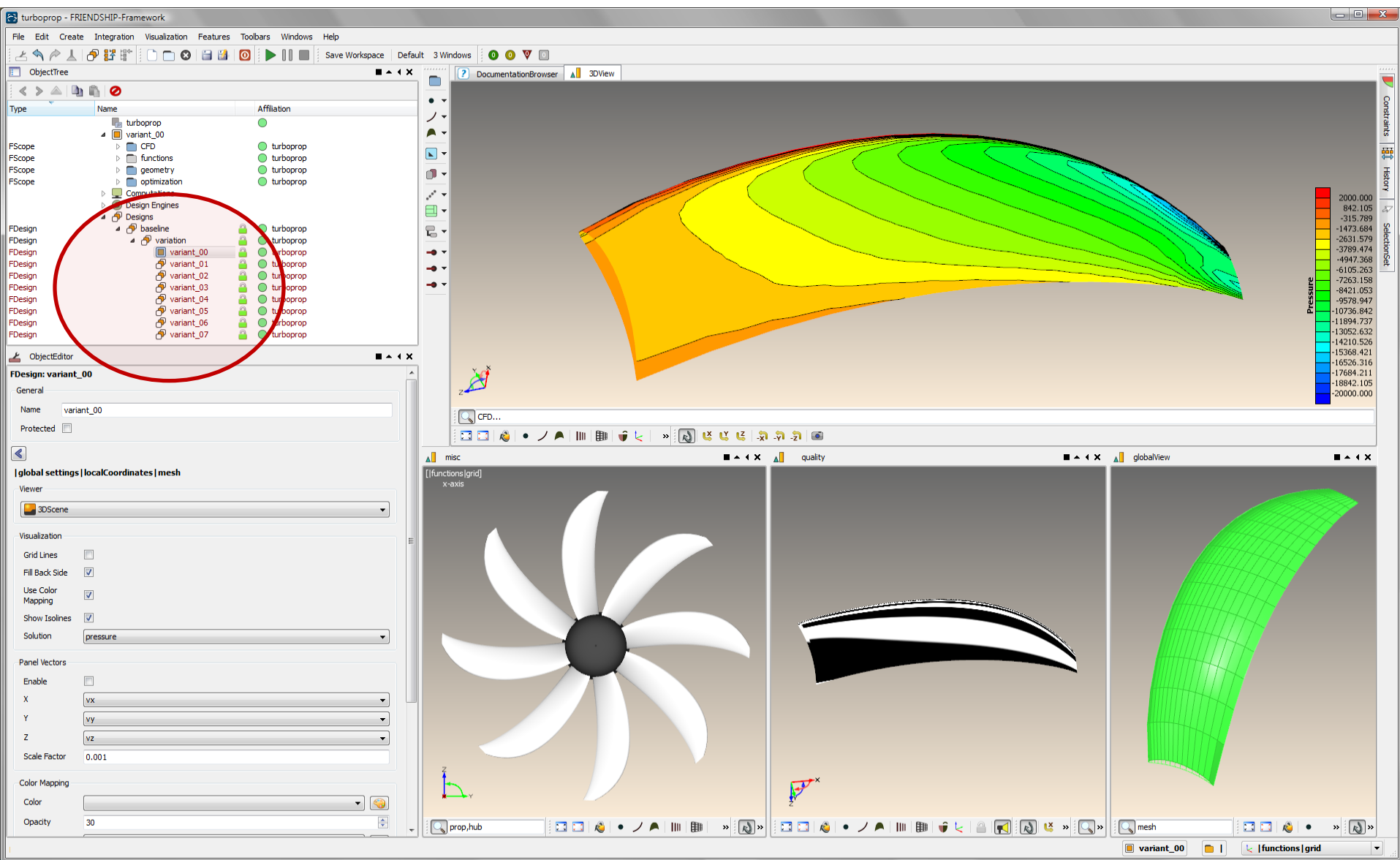
Parametrische Geometrie
Anbindung Simulation
Variation und Optimierung
Beispiele

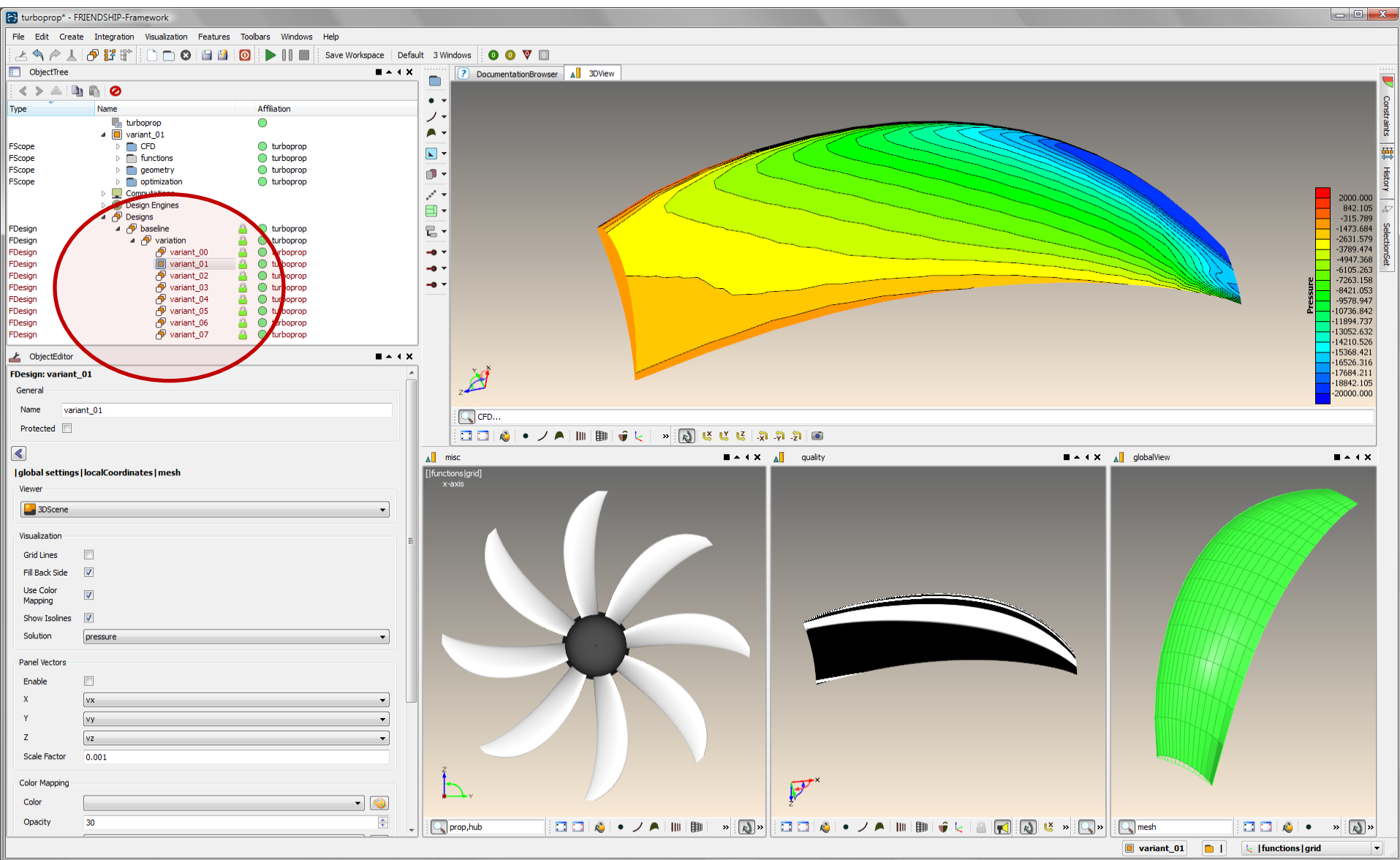


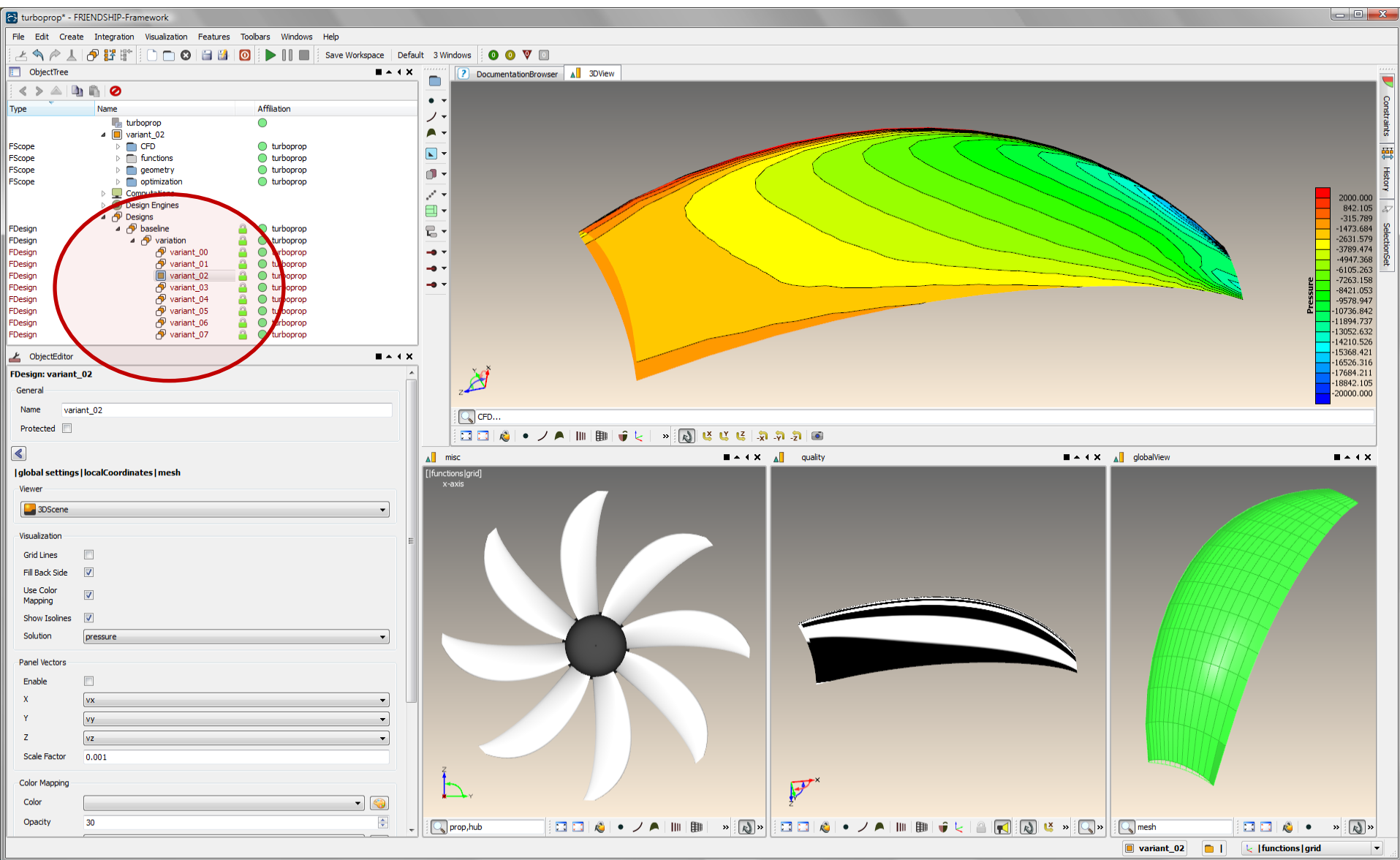
Beispiele

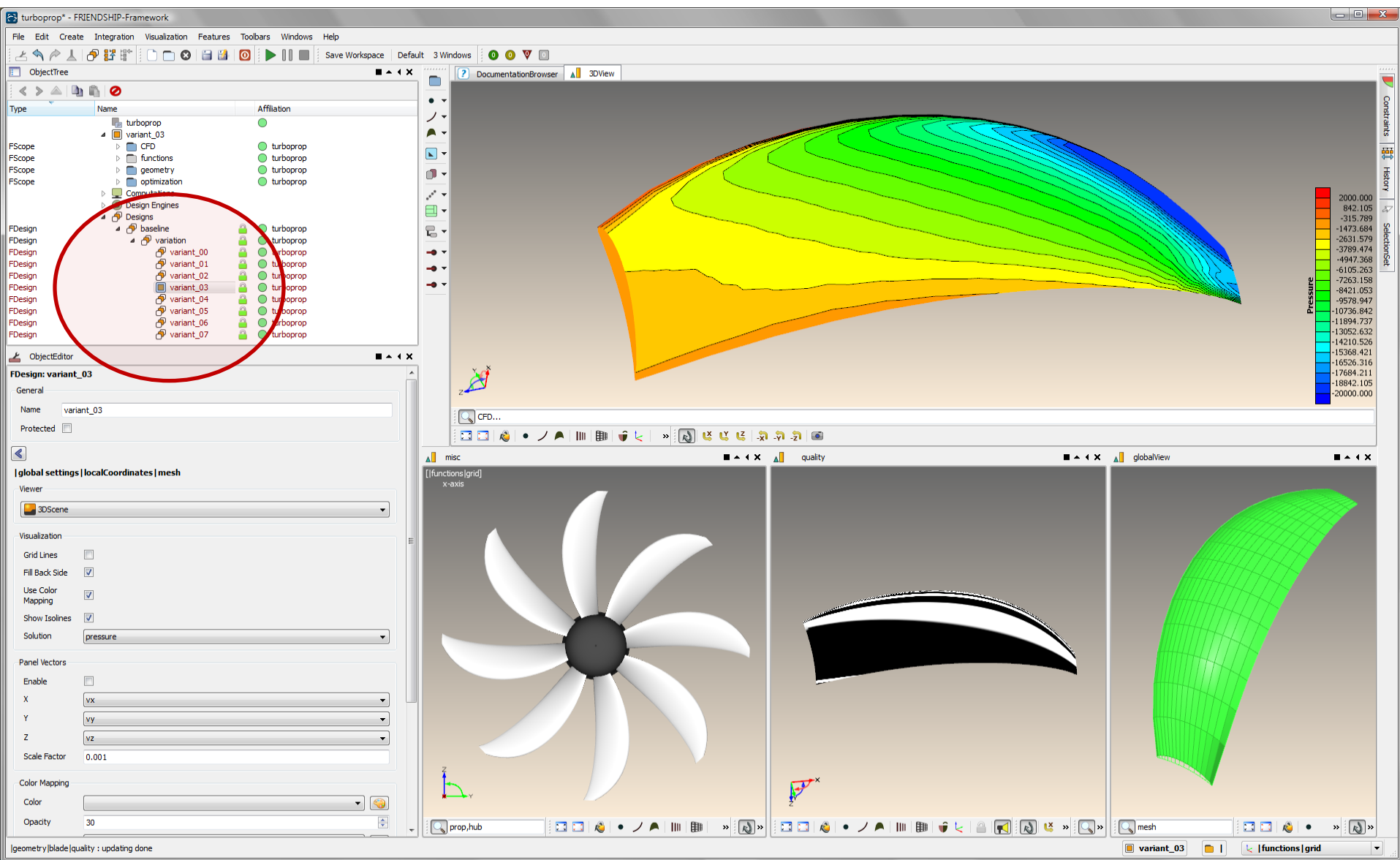
- Turboprop:
Rotorblatt Design inkl. Nabe
- Vollparametrisches Modell
mit Radialfunktionen $y_i = f_i(R)$
z.B. für Rücklage, Steigung etc.
- Anbindung von CFD zur
Berechnung der Druckverteilung
- Geometrievariation über
Änderungen der Funktionen y_i

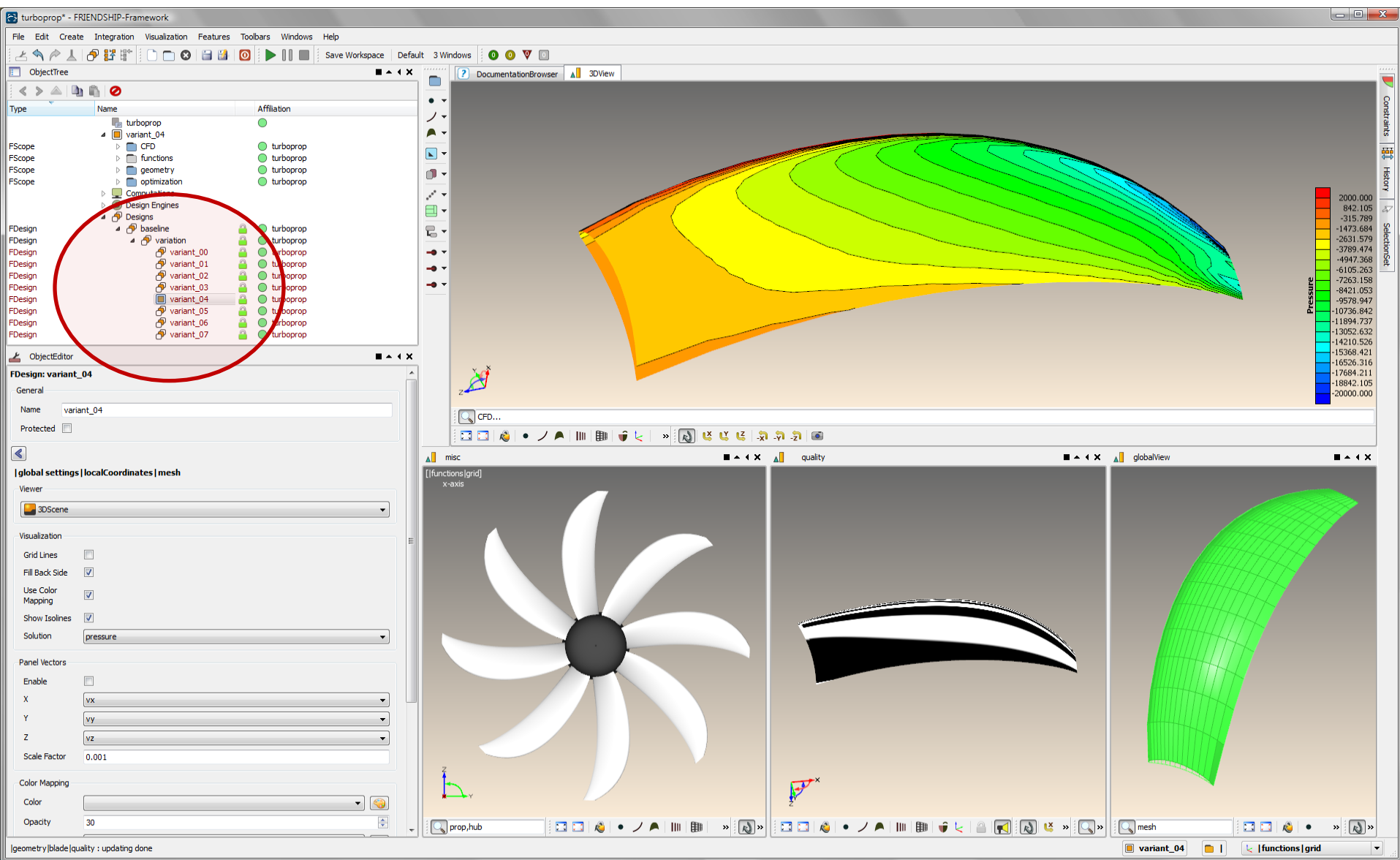


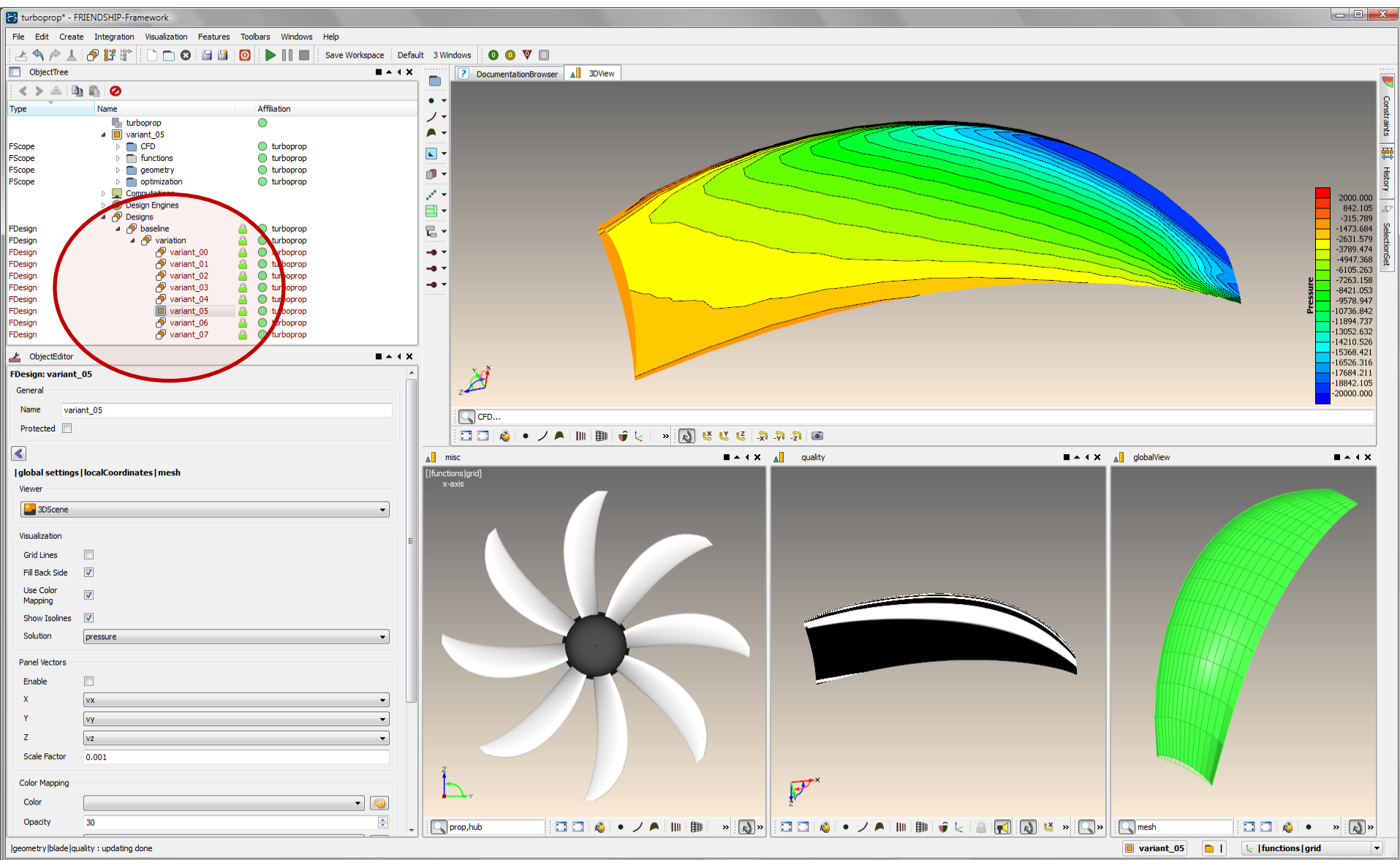


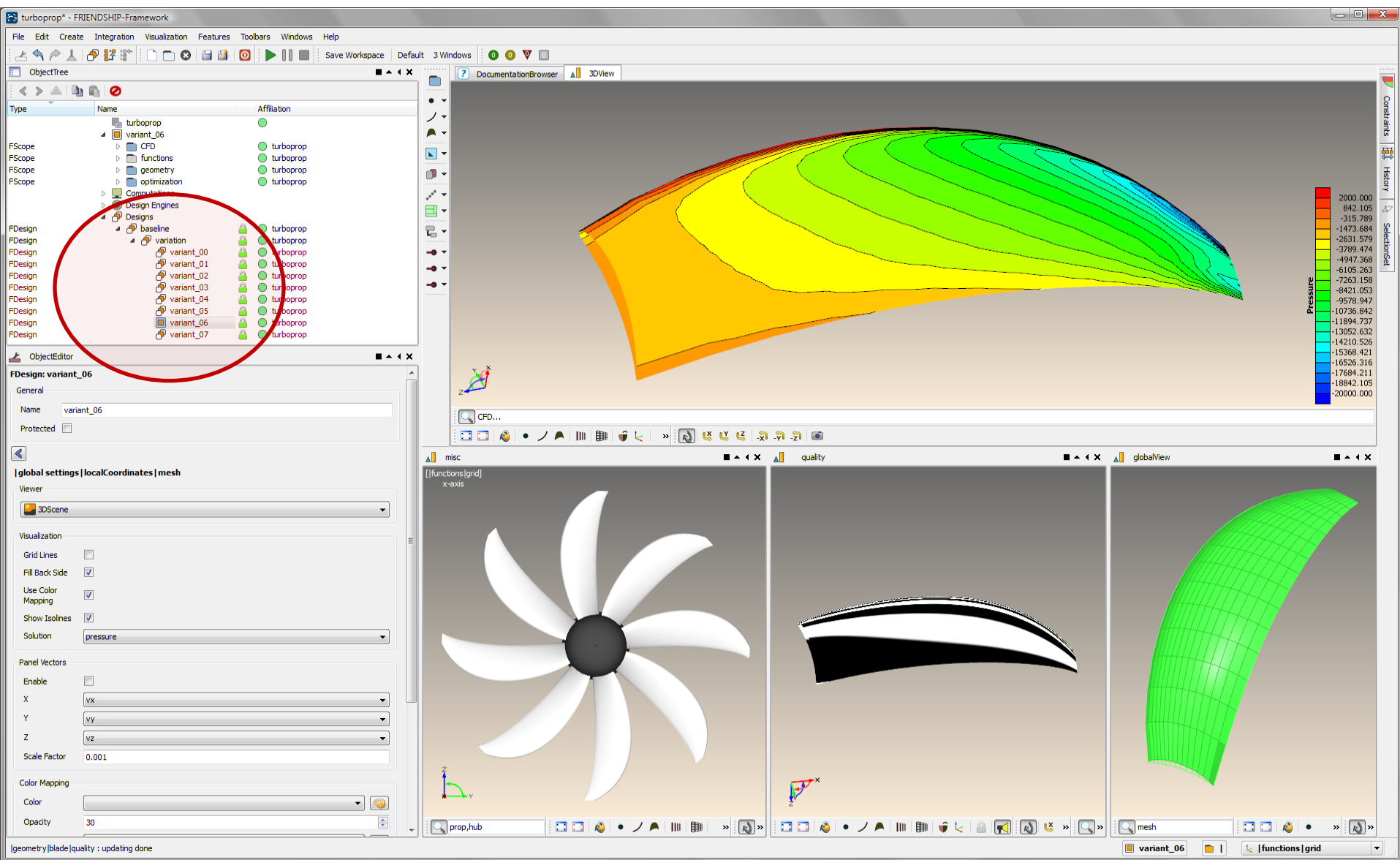


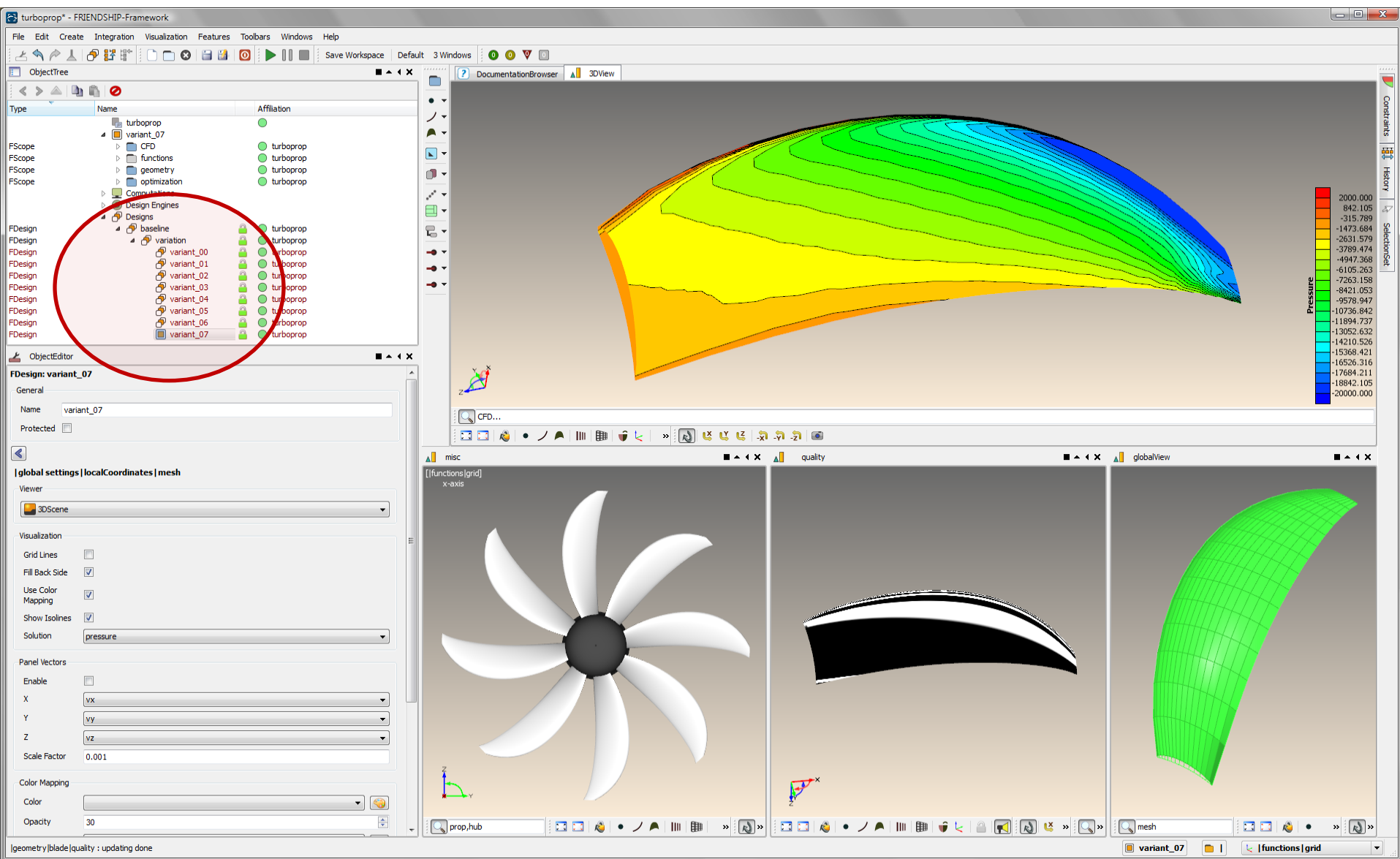






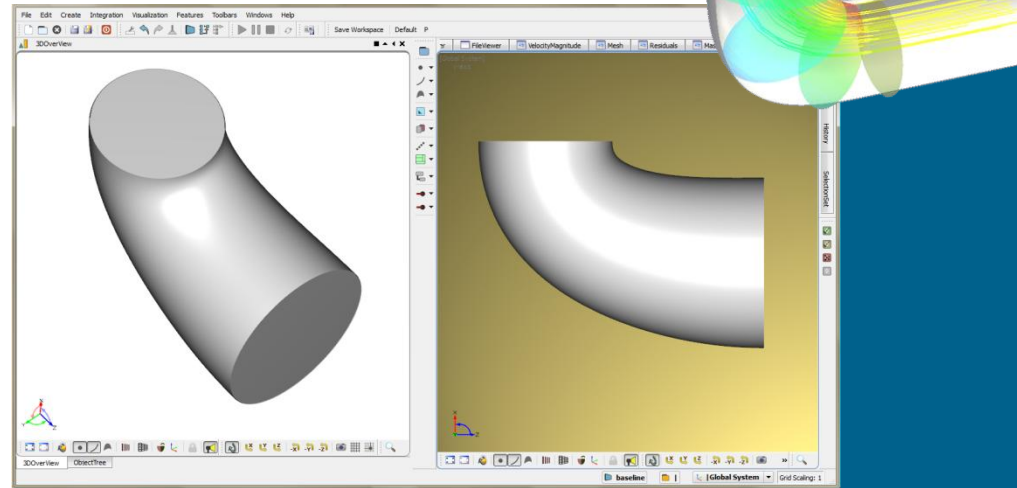




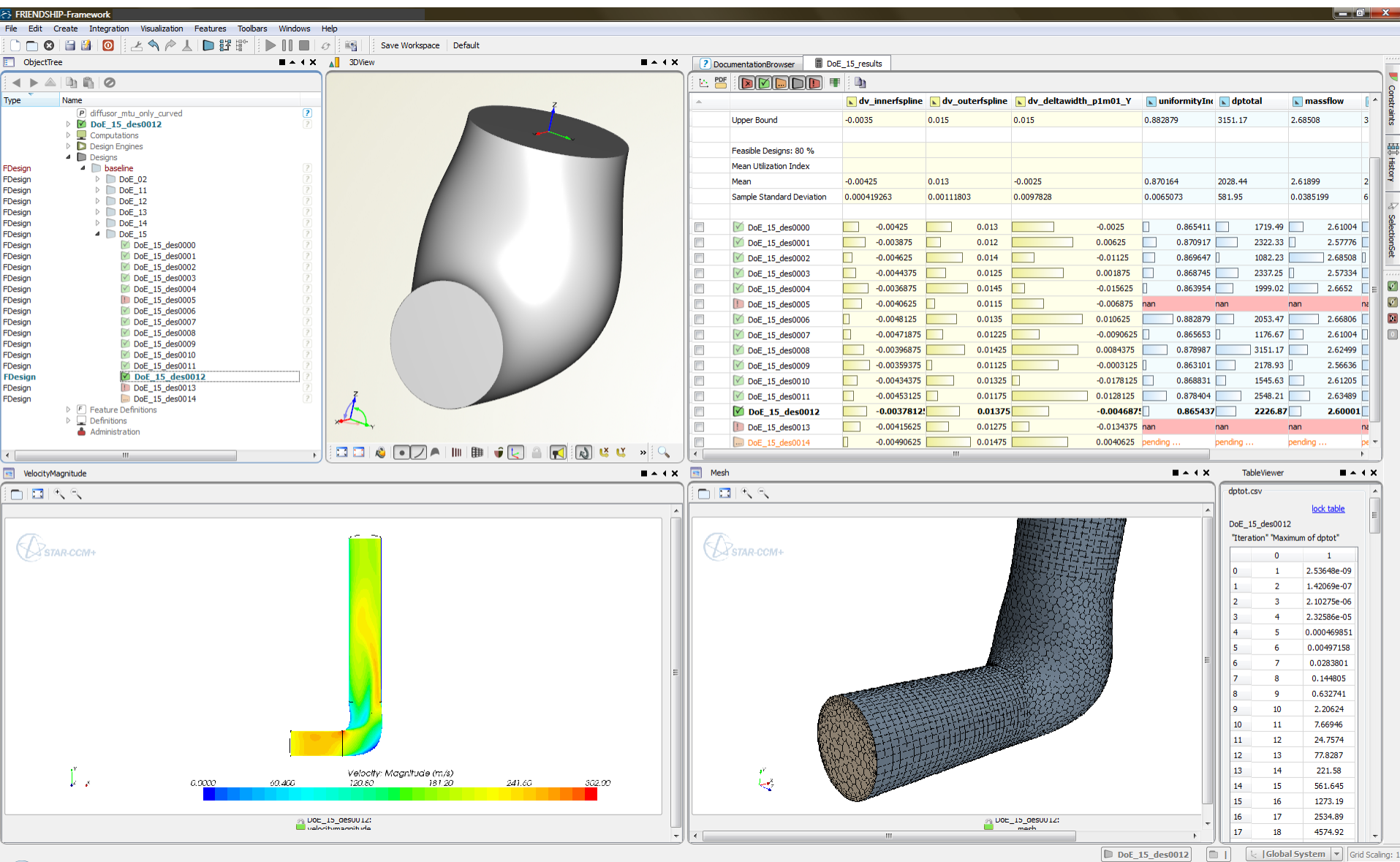


Beispiele

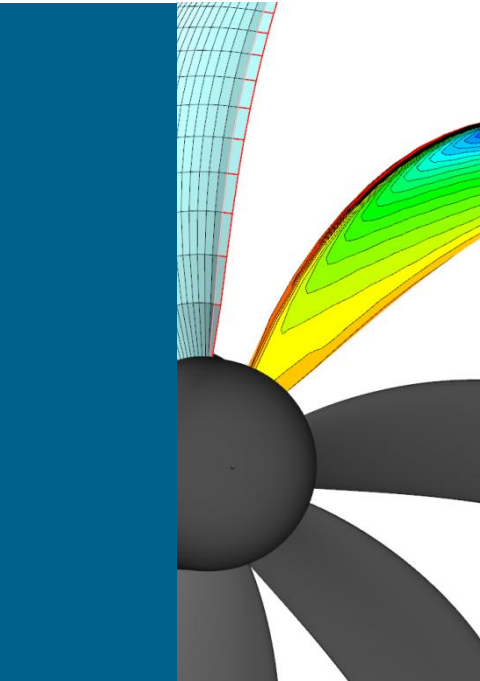
- Variation eines 90°-Diffusors über verschiedene parametrische Modelle
- In Zusammenarbeit mit MTU Friedrichshafen 
- Heiße Abgas-Strömung: 1kg/s mit ca. 500°C
- CFD-Vergleich mit der in der Maschine verbauten Variante
- Erzielten Ergebnisse: Verbesserung bzgl. Druckverlust und Homogenität



Mit freundlicher Genehmigung von Tobias Männle, MTU Friedrichshafen



Mit freundlicher Genehmigung von Tobias Männle, MTU Friedrichshafen



Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

FRIENDSHIP SYSTEMS GmbH
Benzstrasse 2
14482 Potsdam
Germany

info@friendship-systems.com