

Webinar

Dynamische Simulation von Flexiblen Schläuchen und Kabeln



Peter Trost



Eckardt Niederauer



Agenda

Einführung Simcenter + Simcenter 3D

Simcenter 3D als Simulationsplattform

Motivation, Entstehungsweg und Technologie der Lösung

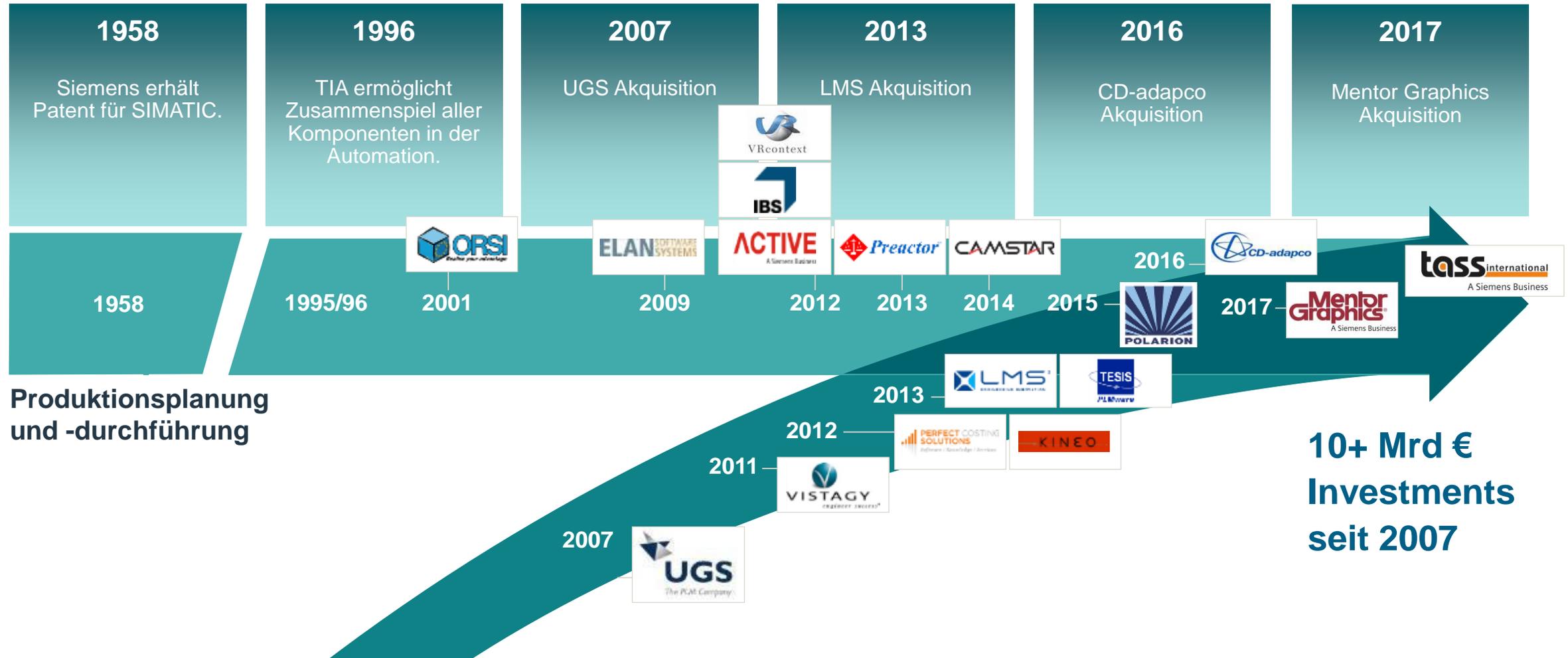
Bauraumabsicherung und Dynamische Simulation

- von Schläuchen
- von Kabeln und Kabelbäumen

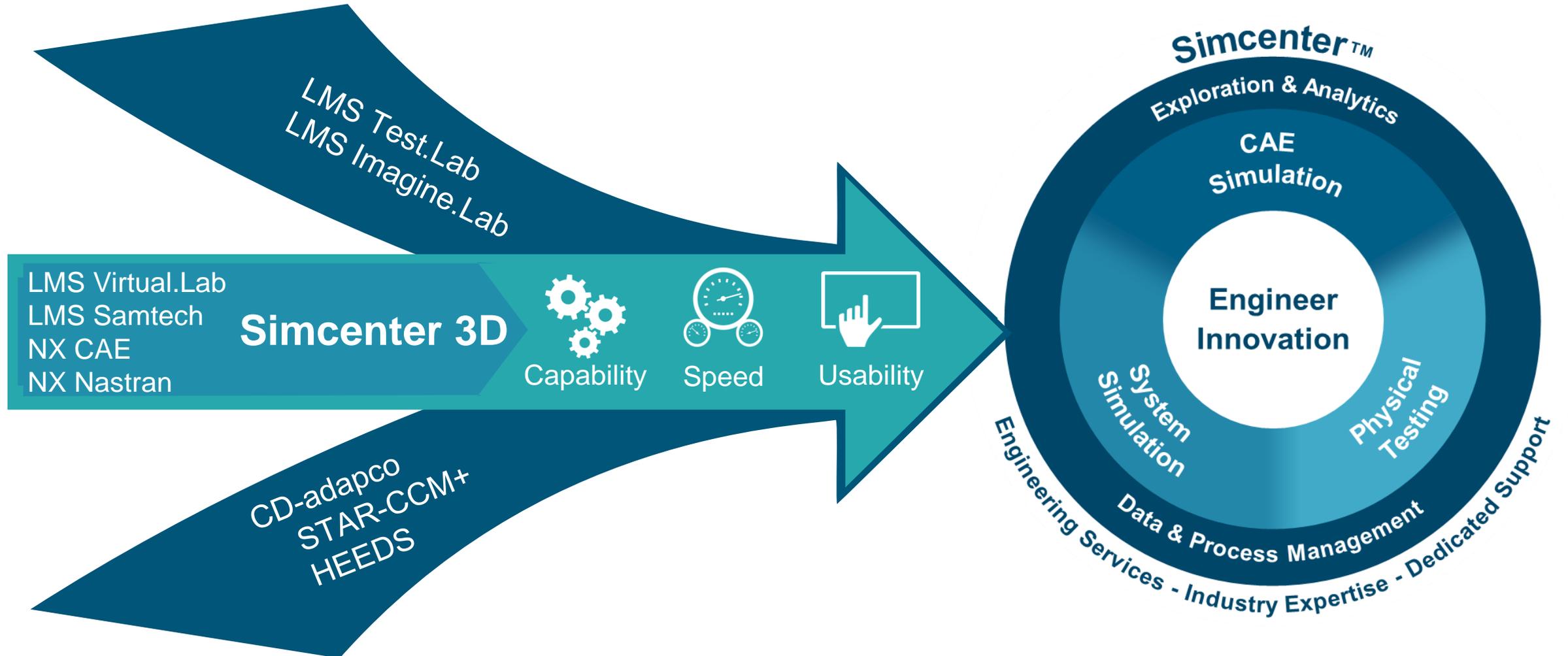
Fragen und Antworten

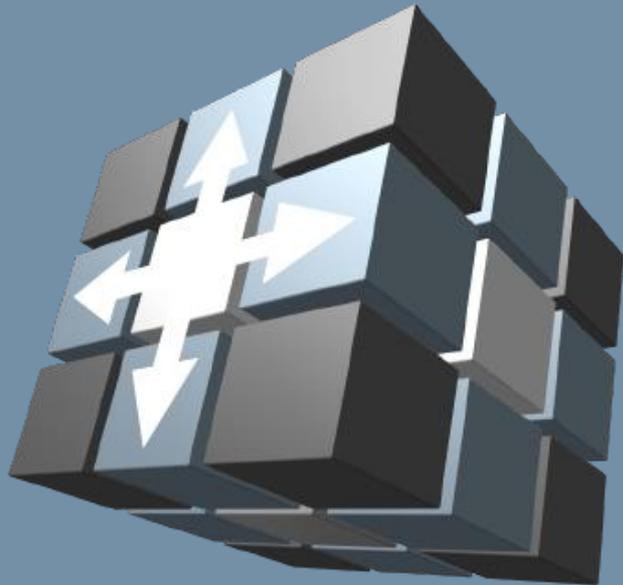
Die Siemens Strategie für die industrielle Digitalisierung erweist sich als erfolgreich und nachhaltig

SIEMENS
Ingenuity for life



Simcenter™ Portfolio für Predictive Engineering Analytics





Predictive Engineering Analytics

Mehr als nur Verifikation von Designs, Vorhersage von Verhalten, dadurch schnellere und bessere Entscheidungen.

- ✓ Multi-Fidelity Digitale Zwillinge – so schnell wie möglich, so gut wie nötig – Simulations- und Testmodelle
- ✓ Abdeckung aller leistungsrelevanten Charakteristiken durch Integration der Simulations-Disziplinen (Multi-Physics)
- ✓ Modelle entwickeln sich über der Zeit und repräsentieren das Produkt auch in seiner Betriebsumgebung
- ✓ Durch Analytics und Multi-Disziplinäre Design Exploration erschließen sich bessere Lösungen schneller und mit mehr Sicherheit.

Simcenter 3D

3D CAE für den Digitalen Zwilling

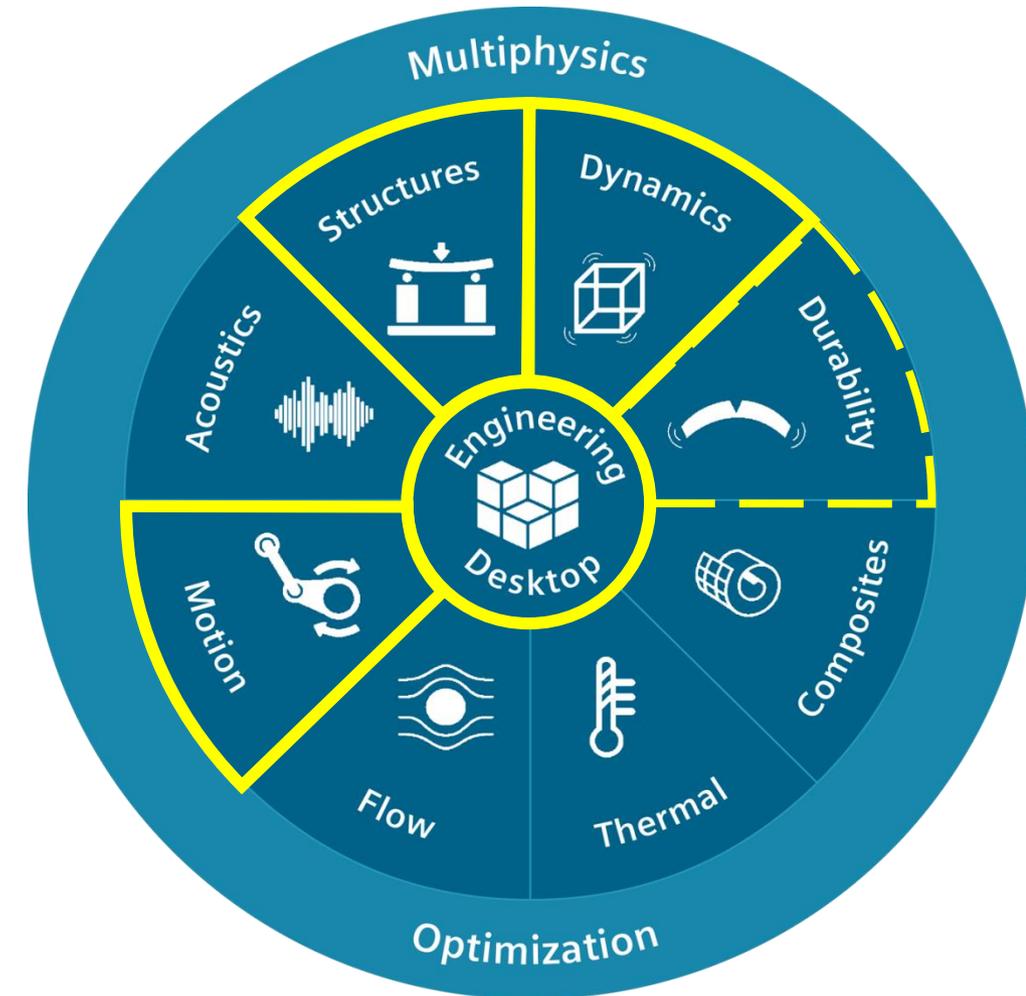
Multi-disziplinäre Simulationen

Integration in die System Simulation

Hervorragende Modellerstellung

Offenheit und Skalierbarkeit

Industrie Engineering Expertise



Die Simcenter 3D Plattform

Multi-CAD & Multi-CAE Solver Unterstützung

SIEMENS
Ingenuity for life

NX Nastran

Samcef

**Motion
Acoustics
Durability**

- Multi-CAD Geometrie Bearbeitung
- 1D, 2D, 3D Vernetzungen
- Bauteile und –gruppen Modelle

Simcenter 3D

- Solver Management
- Post-Processing & Reporting
- Assoziativität der Modelle

ANSYS

Abaqus

LS-Dyna

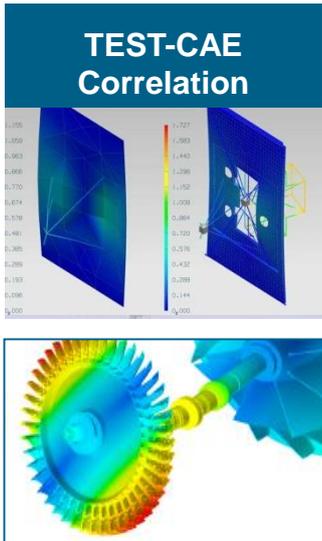
**MSC
Nastran**

Permas

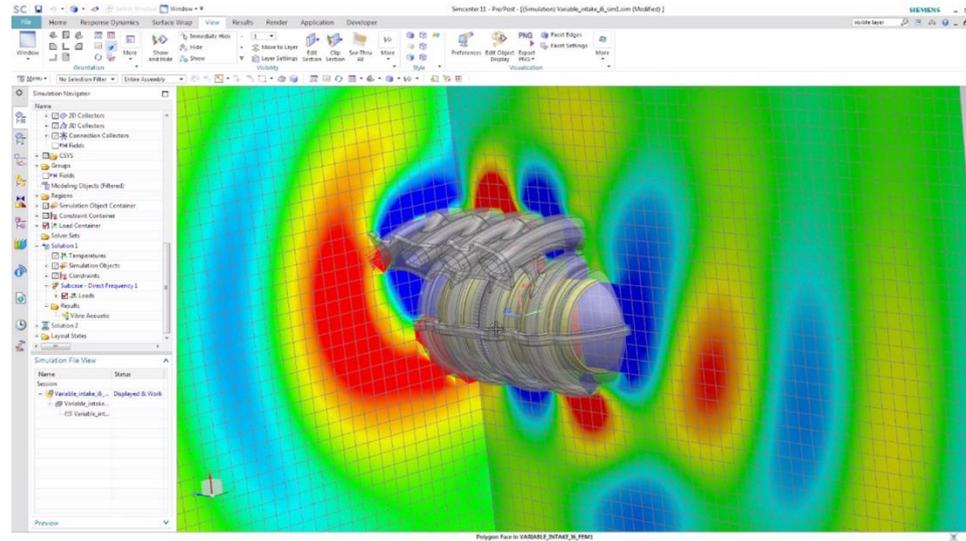
Simcenter 3D

Umfangreiches Simulationsportfolio

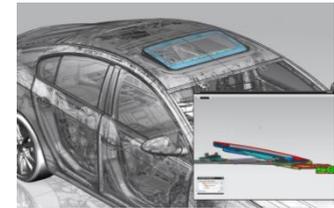
SIEMENS
Ingenuity for life



**Structures
NVH &
Acoustics
Thermal
Flow
Composites**

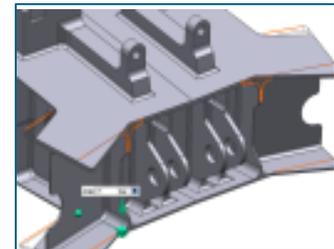
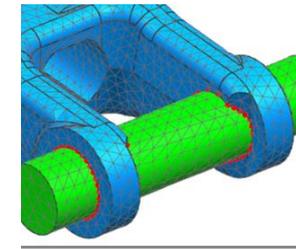
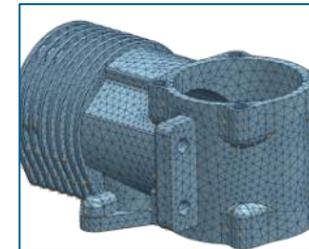
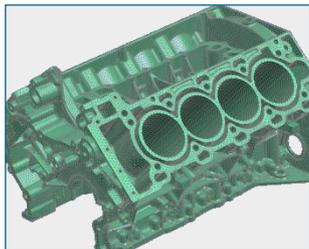
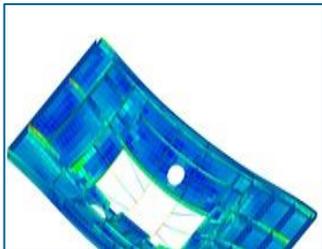


**Motion
Rotor
Dynamics
Durability
Optimization**



**1D – 3D
Co-Simulation**

Multiphysics

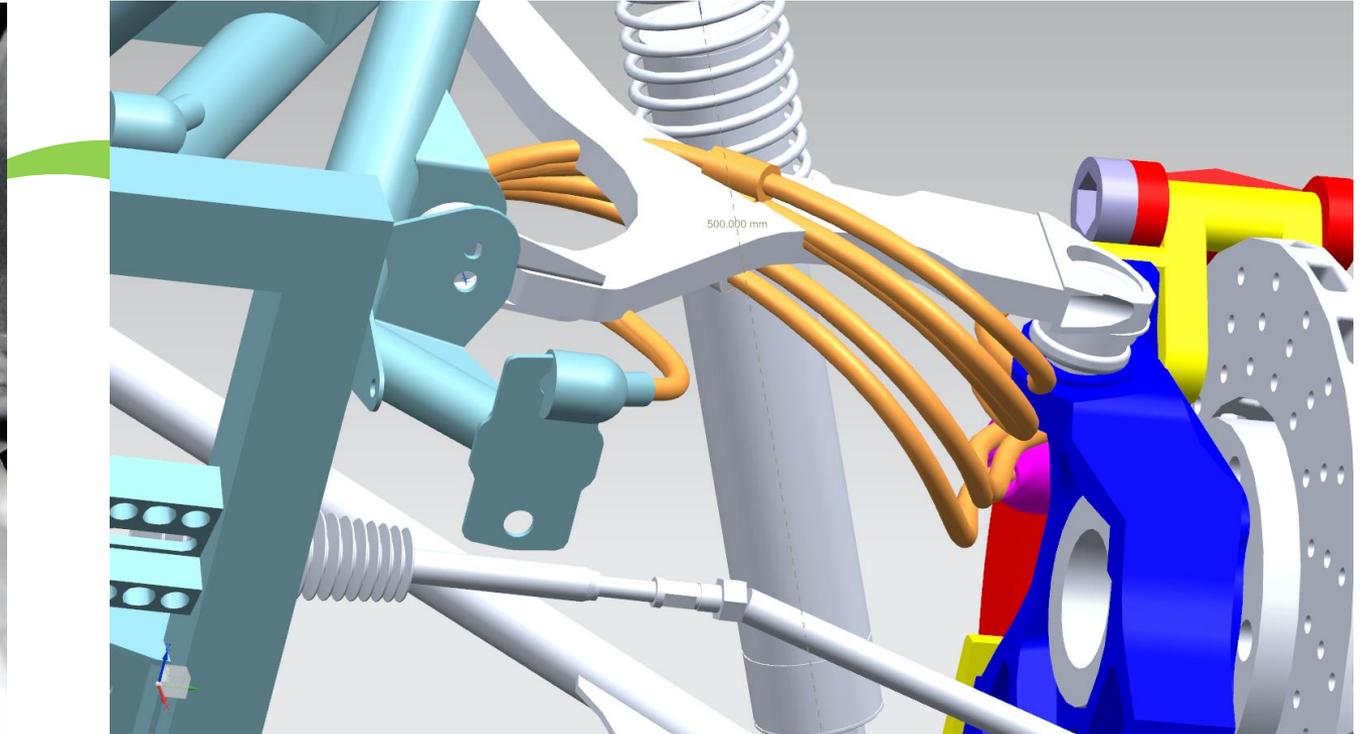
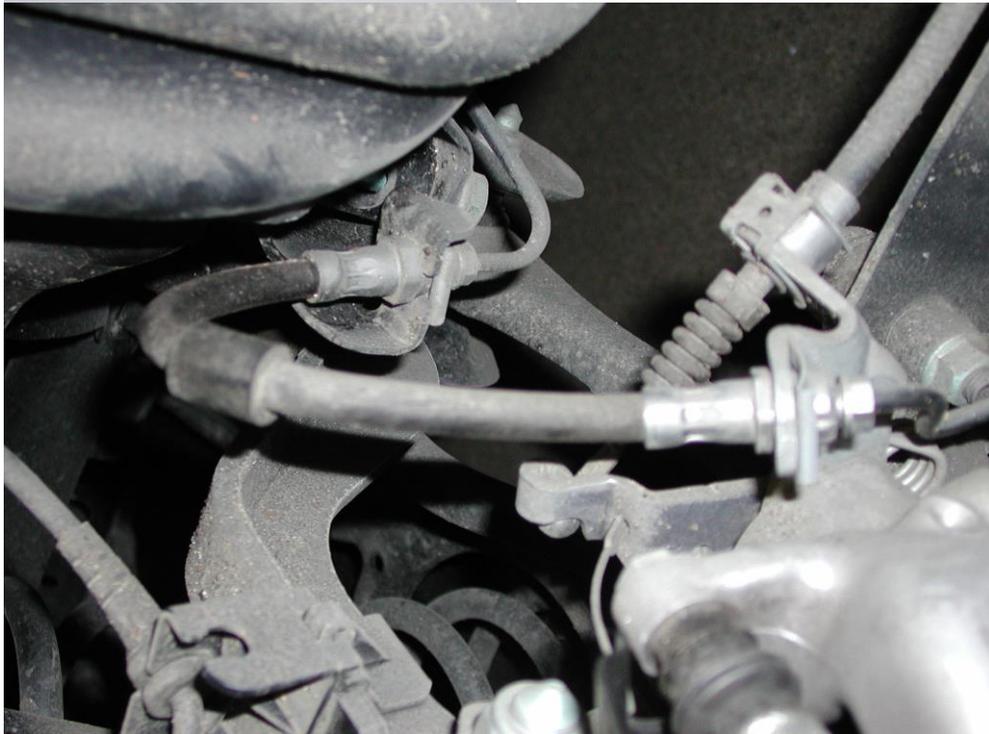


Linear FEM Non-Linear FEM BEM Multi-body Fatigue Thermal CFD

Früher - Heute

Früher wurden anhand von Musterboxen Bremsleitungen verlegt;
die Kinematik wurde durch einen Wagenheber simuliert.

Digital Twin

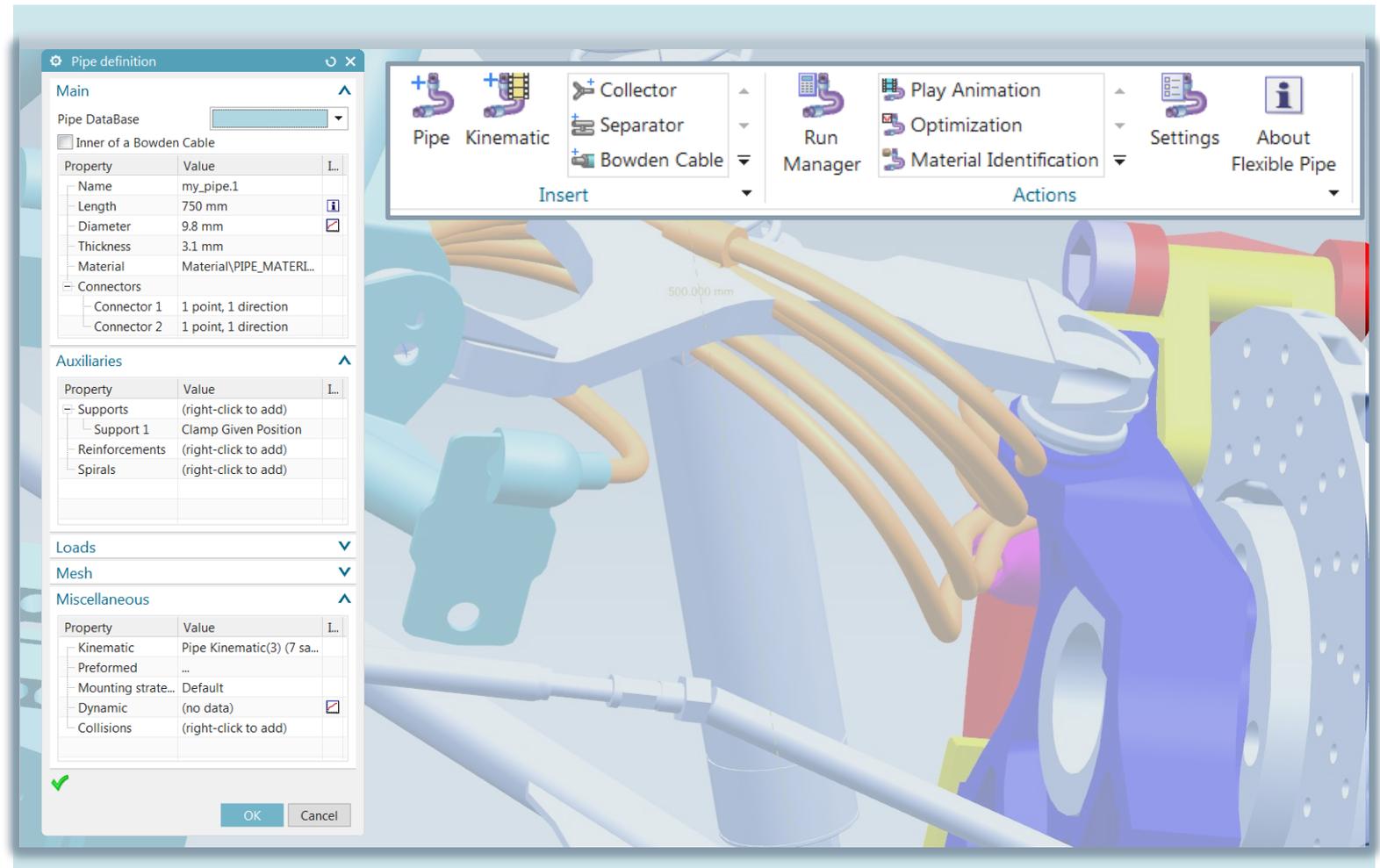


Schlauch/Kabel-Verlegung

Kinematik

Simulation

Ergebnisse



Schlauch/Kabel-Verlegung

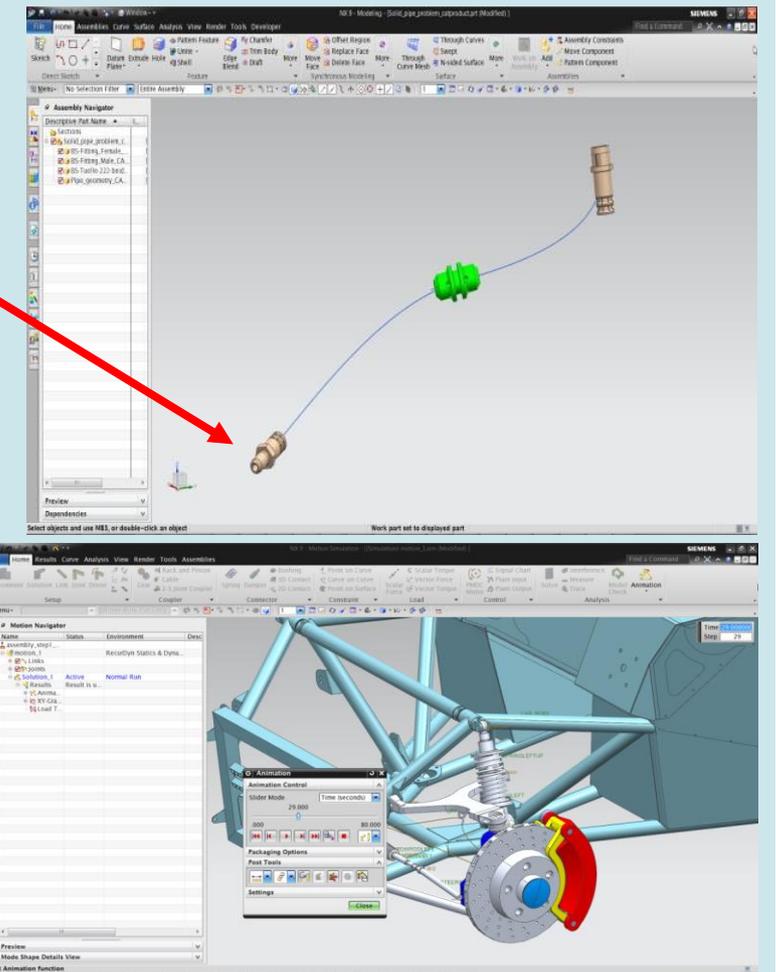
Kinematik

Simulation

Ergebnisse

Was wird für eine Simulation mit Simcenter Flexible Pipe benötigt:

1. Mittelpunkte der Schlauch-konnektoren
2. Abgangsrichtung der Konnektoren (Linie)
3. Hersteller Datenbank mit Schlauchquerschnitt (nicht zwingend)
4. Material-Datenbank
5. Lasten, Kinematik (z.B. Vorderachskinematik beim Federn und Lenken,...)



Schlauch/Kabel-Verlegung

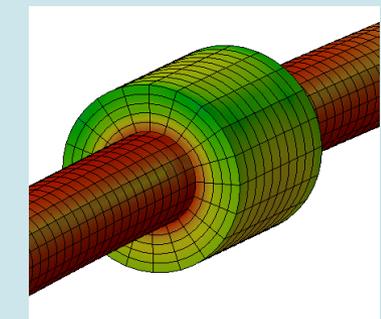
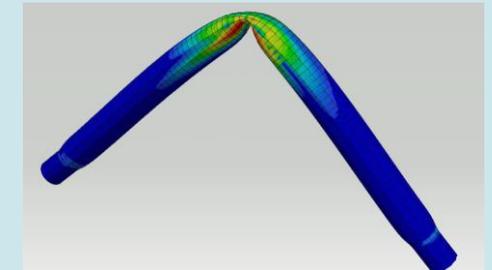
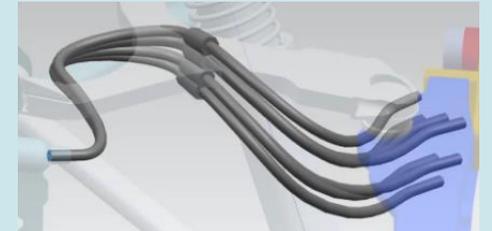
Kinematik

Simulation

Ergebnisse

Elementtypen für nichtlineare Simulation:

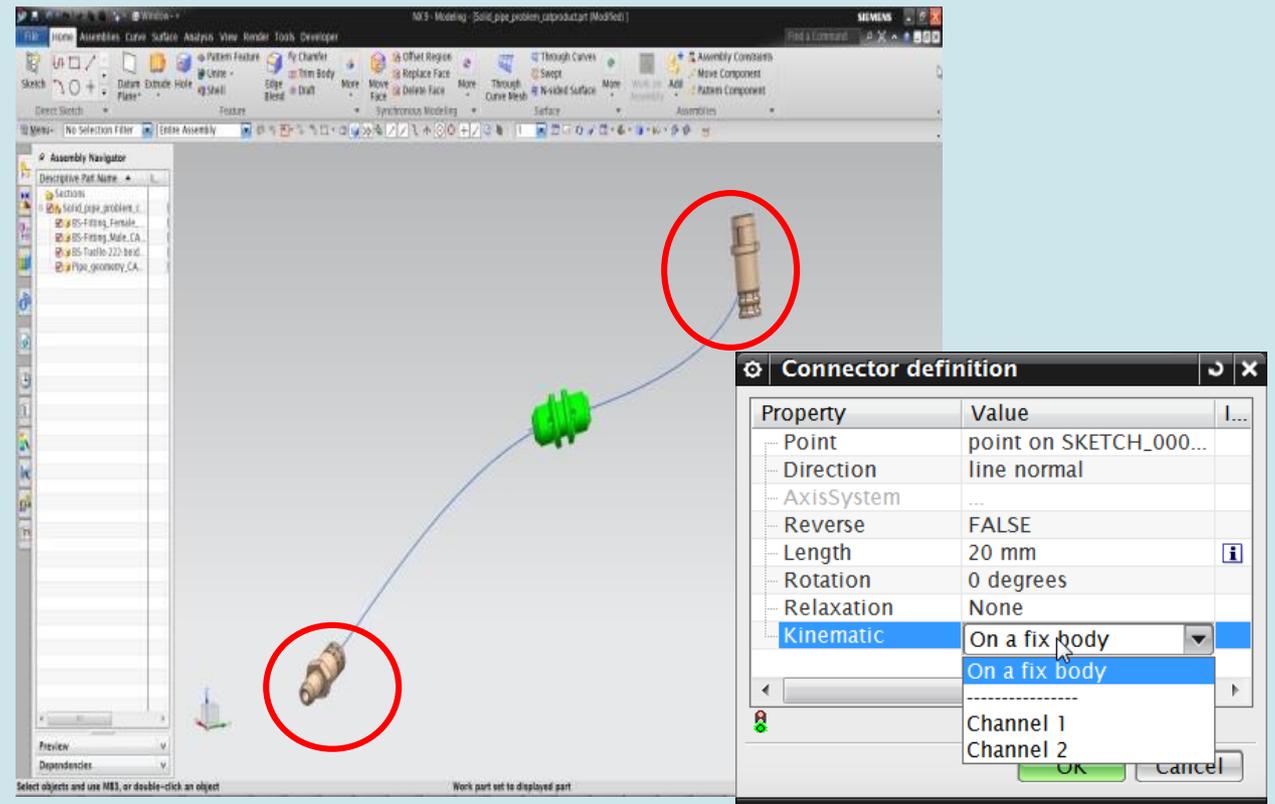
- Balkenelemente
(linearer Ansatz; einfache Materialien)
- Schalenelemente
(große Verformungen; Composite-Material)
- Volumenelemente
(große Verformungen; nichtlineares Material)



Connector geometry definition

- Torsion at connector
- Axial/torsional coupling
- Heterogenic pipes
- Supports (rigid, flexible)
- Straight or preformed initial pipe
- Pipe section full or hollow
- Internal pressure (Time-Space)
- Thermal strain (Time-Space)
- Collector
- Separator
- Bowden cable
- Contact
- Nonlinear material (volumic elements)

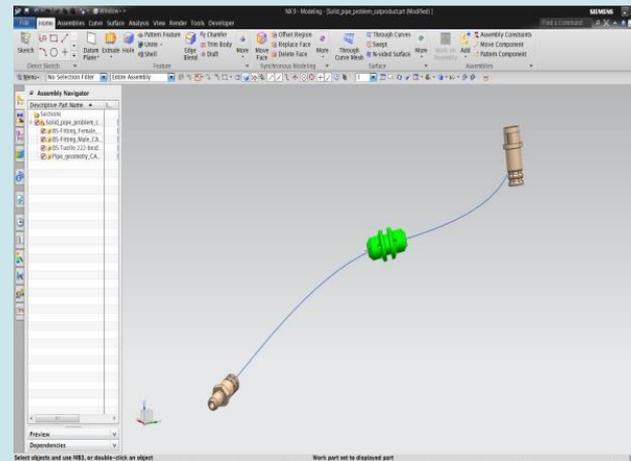
Konnektor Definition



Simcenter Flexible Pipe

- Connector geometry definition
- **Torsion at connector**
- Axial/torsional coupling
- Heterogenic pipes
- Supports (rigid, flexible)
- Straight or preformed initial pipe
- Pipe section full or hollow
- Internal pressure (Time-Space)
- Thermal strain (Time-Space)
- Collector
- Separator
- Bowden cable
- Contact
- Nonlinear material (volumic elements)

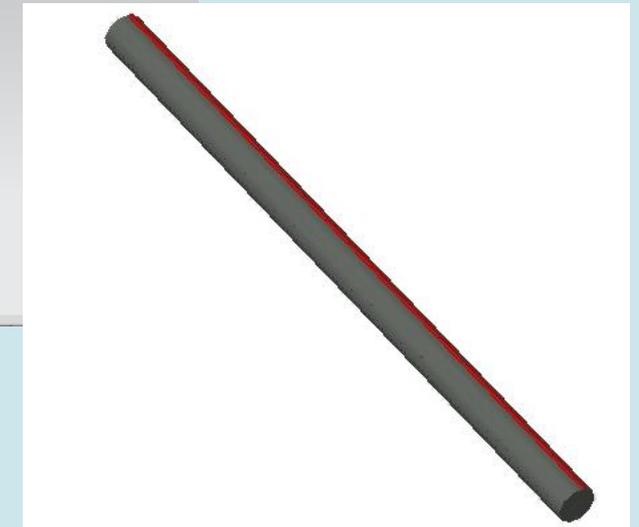
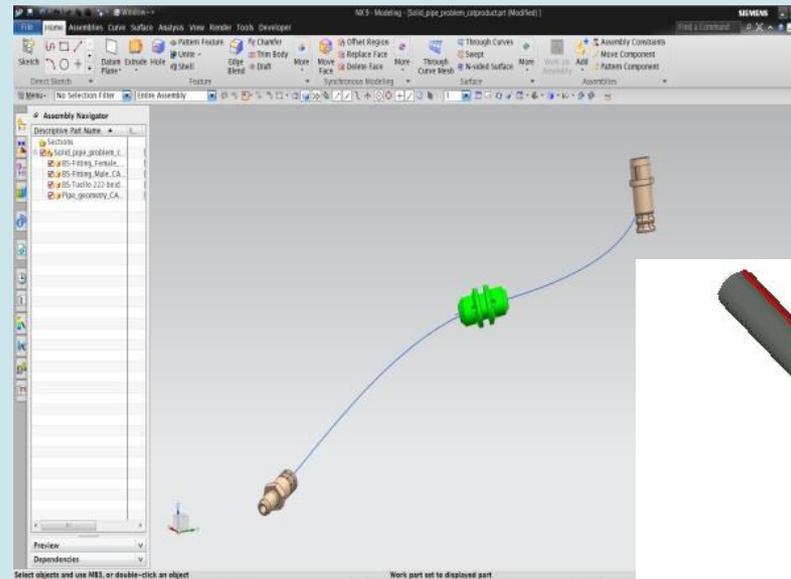
Torsion am Konnektor



Simcenter Flexible Pipe

- Connector geometry definition
- Torsion at connector
- **Axial/torsional coupling**
- Heterogenic pipes
- Supports (rigid, flexible)
- Straight or preformed initial pipe
- Pipe section full or hollow
- Internal pressure (Time-Space)
- Thermal strain (Time-Space)
- Collector
- Separator
- Bowden cable
- Contact
- Nonlinear material (volumic elements)

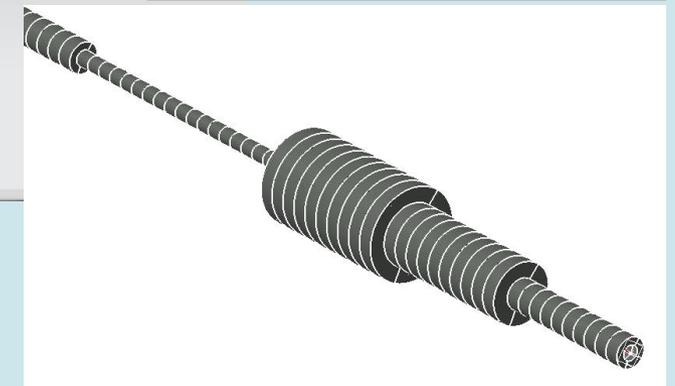
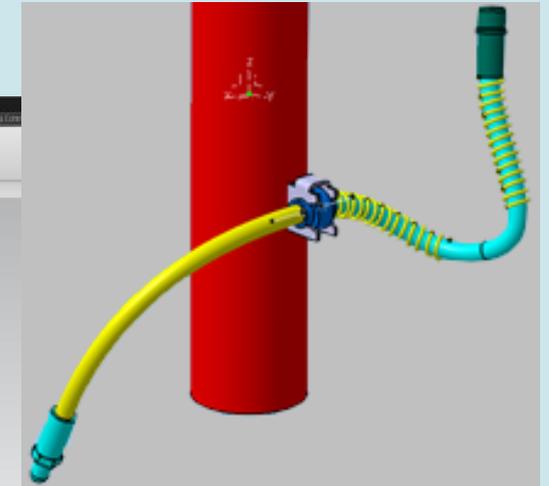
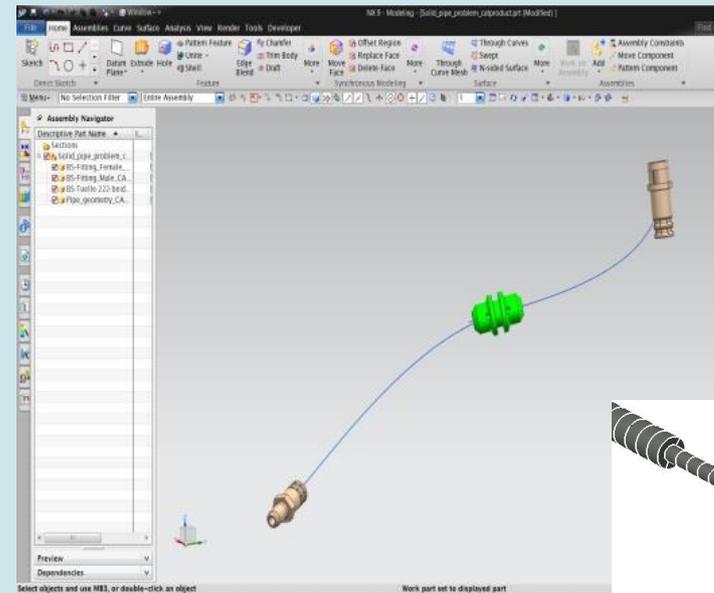
Kopplung mit Koppelfaktor



Simcenter Flexible Pipe

- Connector geometry definition
- Torsion at connector
- Axial/torsional coupling
- **Heterogenic pipes**
- Supports (rigid, flexible)
- Straight or preformed initial pipe
- Pipe section full or hollow
- Internal pressure (Time-Space)
- Thermal strain (Time-Space)
- Collector
- Separator
- Bowden cable
- Contact
- Nonlinear material (volumic elements)

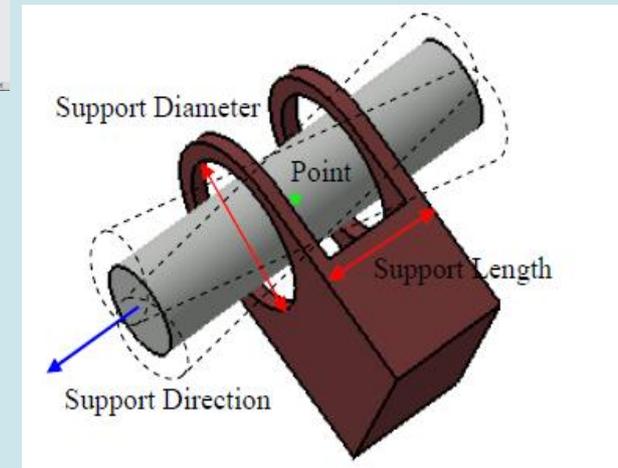
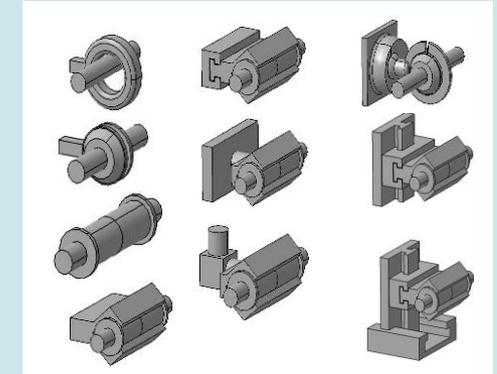
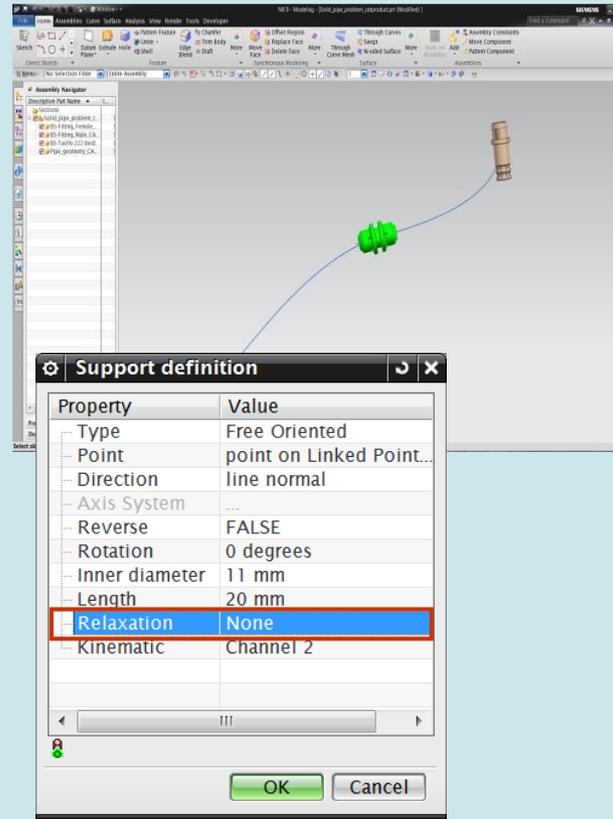
Heterogene Leitungen



Simcenter Flexible Pipe

- Connector geometry definition
- Torsion at connector
- Axial/torsional coupling
- Heterogenic pipes
- **Supports (rigid, flexible)**
- Straight or preformed initial pipe
- Pipe section full or hollow
- Internal pressure (Time-Space)
- Thermal strain (Time-Space)
- Collector
- Separator
- Bowden cable
- Contact
- Nonlinear material (volumic elements)

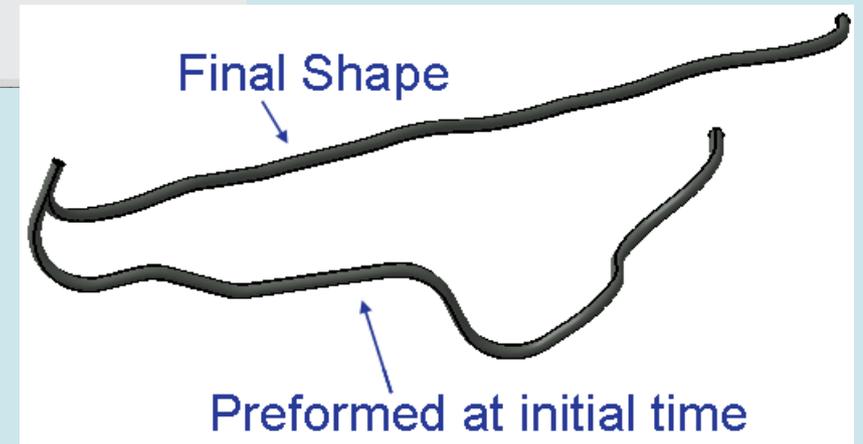
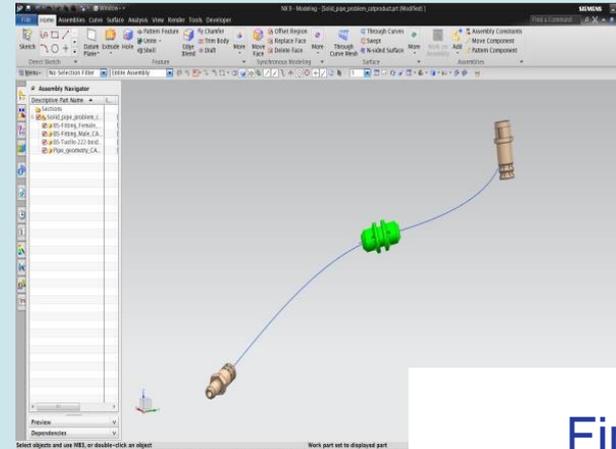
Halterungen



Simcenter Flexible Pipe

- Connector geometry definition
- Torsion at connector
- Axial/torsional coupling
- Heterogenic pipes
- Supports (rigid, flexible)
- **Straight or preformed initial pipe**
- Pipe section full or hollow
- Internal pressure (Time-Space)
- Thermal strain (Time-Space)
- Collector
- Separator
- Bowden cable
- Contact
- Nonlinear material (volumic elements)

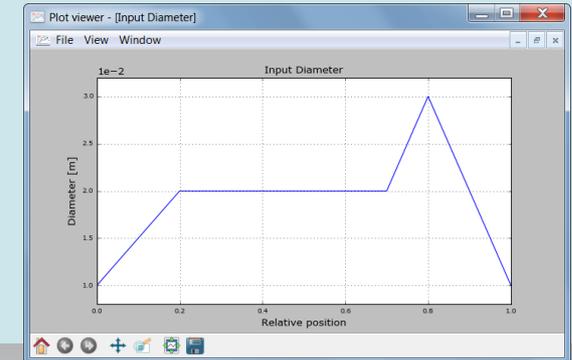
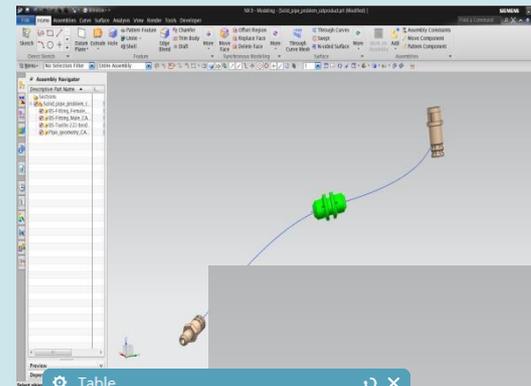
Gerade und vorgeformte Leitungen



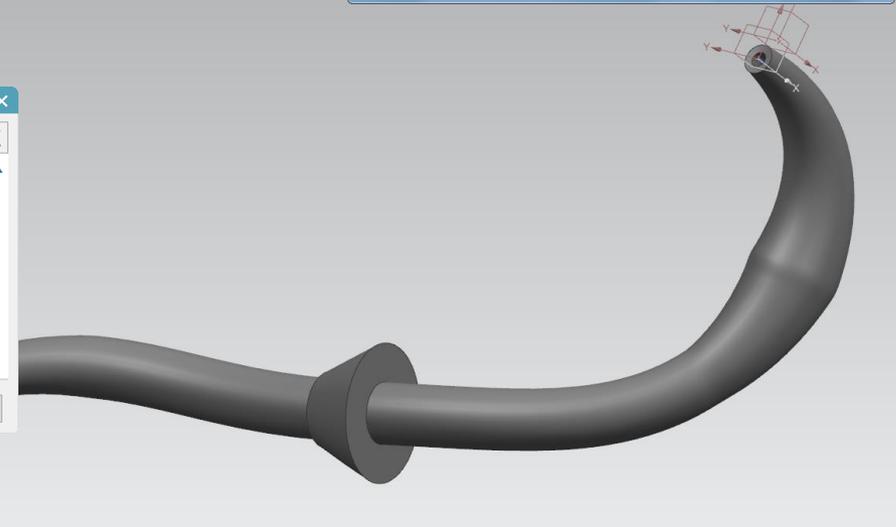
Simcenter Flexible Pipe

- Connector geometry definition
- Torsion at connector
- Axial/torsional coupling
- Heterogenic pipes
- Supports (rigid, flexible)
- Straight or preformed initial pipe
- **Pipe section full or hollow**
- Internal pressure (Time-Space)
- Thermal strain (Time-Space)
- Collector
- Separator
- Bowden cable
- Contact
- Nonlinear material (volumic elements)

Voll- und Hohlquerschnitte



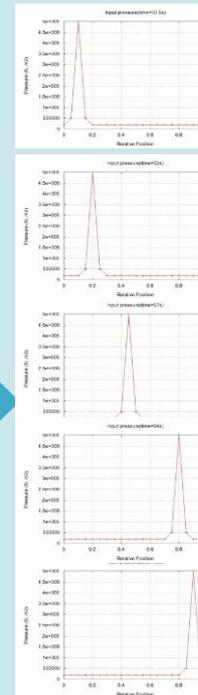
Position ...	Diamete...
0	10
20	20
70	20
80	30
100	10



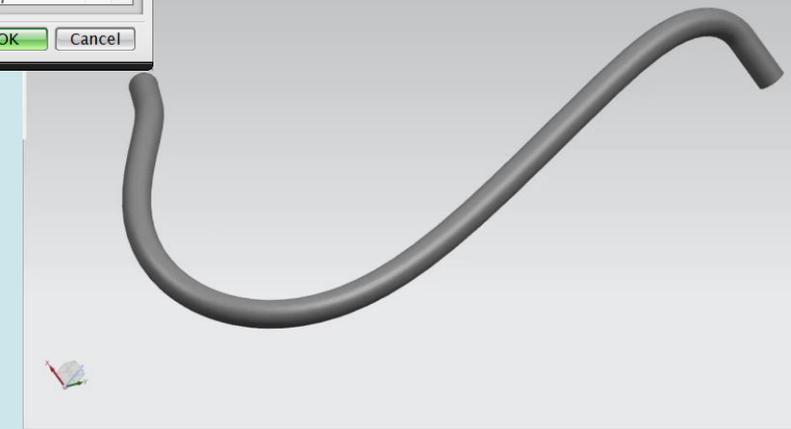
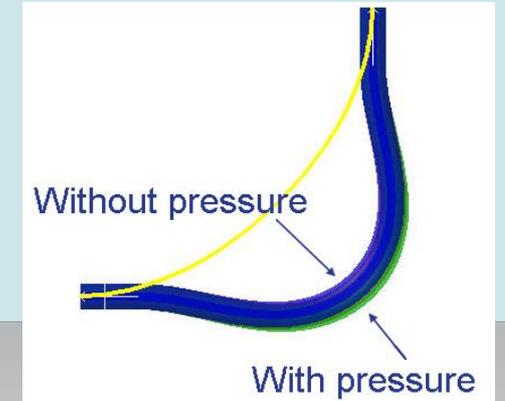
Simcenter Flexible Pipe

- Connector geometry definition
- Torsion at connector
- Axial/torsional coupling
- Heterogenic pipes
- Supports (rigid, flexible)
- Straight or preformed initial pipe
- Pipe section full or hollow
- **Internal pressure (Time-Space)**
- Thermal strain (Time-Space)
- Collector
- Separator
- Bowden cable
- Contact
- Nonlinear material (volumic elements)

Leitungen unter Innendruck



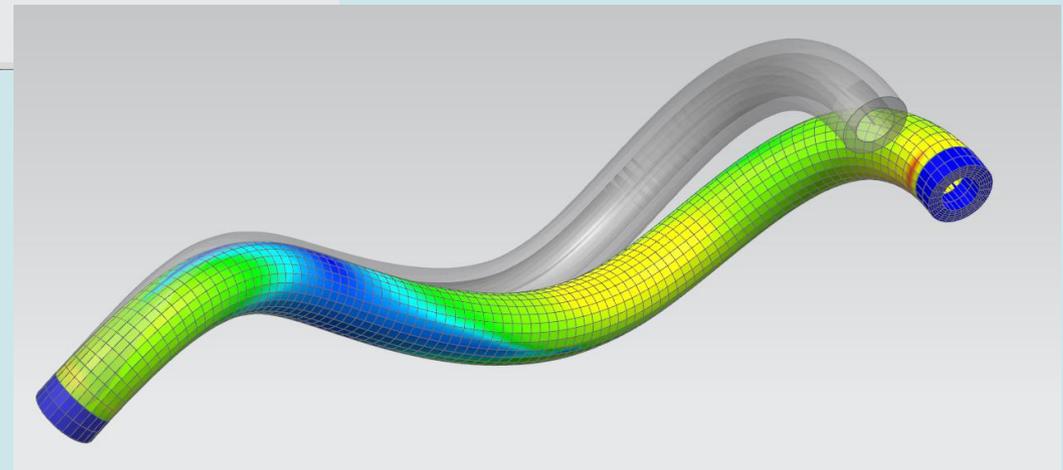
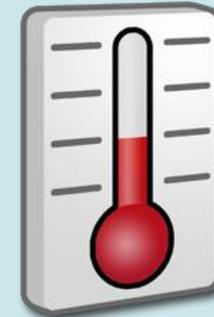
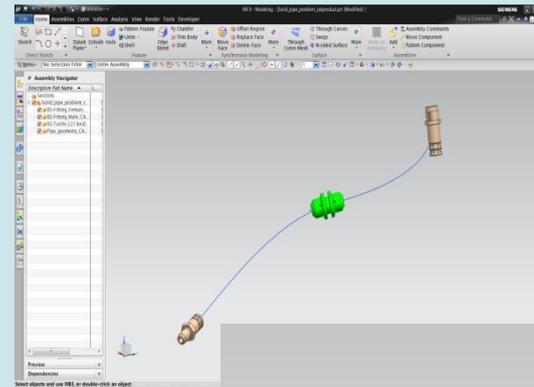
Time (s...)	Positio...	Pressure (kPa)
-0	90	2000
0	95	2000
0	100	2000
-0.1	0	2000
-0.1	5	2000
-0.1	10	2000
-0.1	15	2000
-0.1	20	2000
-0.1	25	2000
-0.1	30	5000
-0.1	35	15000
-0.1	40	5000
-0.1	45	2000
-0.1	50	2000



Simcenter Flexible Pipe

- Connector geometry definition
- Torsion at connector
- Axial/torsional coupling
- Heterogenic pipes
- Supports (rigid, flexible)
- Straight or preformed initial pipe
- Pipe section full or hollow
- Internal pressure (Time-Space)
- **Thermal strain (Time-Space)**
- Collector
- Separator
- Bowden cable
- Contact
- Nonlinear material (volumic elements)

Leitungen unter Temperatureinfluss



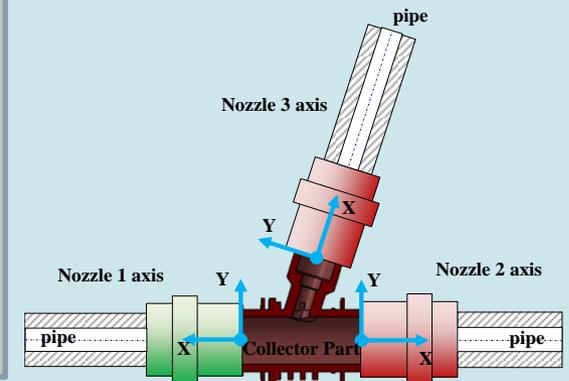
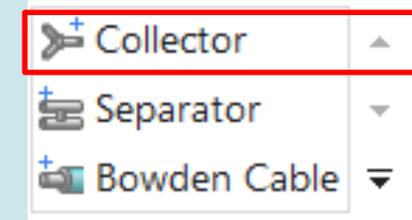
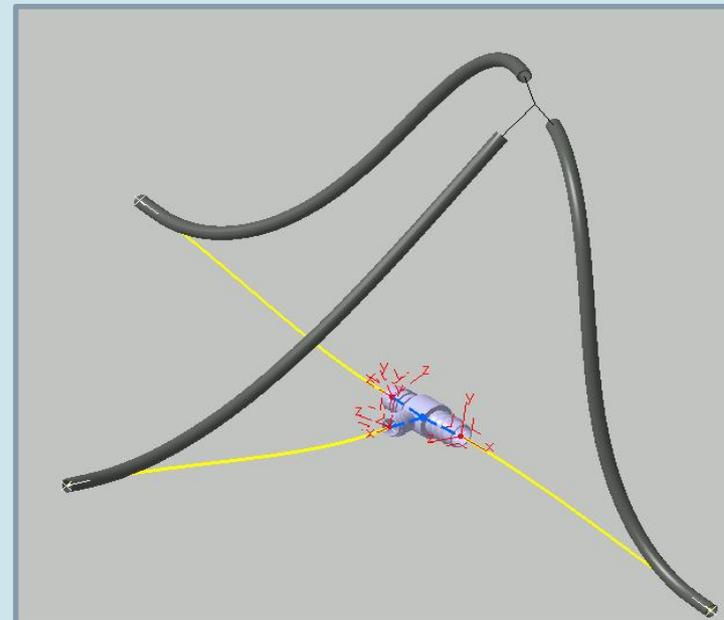
Simcenter Flexible Pipe

- Connector geometry definition
- Torsion at connector
- Axial/torsional coupling
- Heterogenic pipes
- Supports (rigid, flexible)
- Straight or preformed initial pipe
- Pipe section full or hollow
- Internal pressure (Time-Space)
- Thermal strain (Time-Space)

Collector

- Separator
- Bowden cable
- Contact
- Nonlinear material (volumic elements)

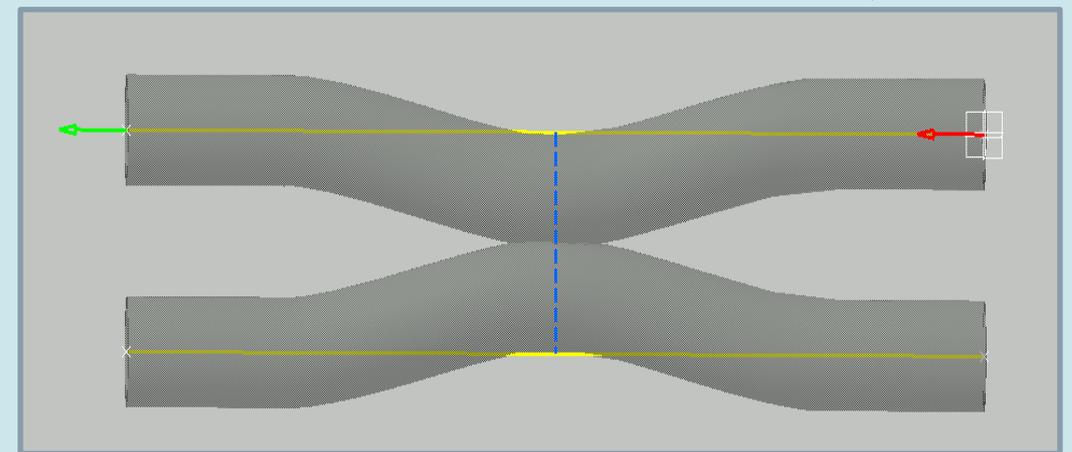
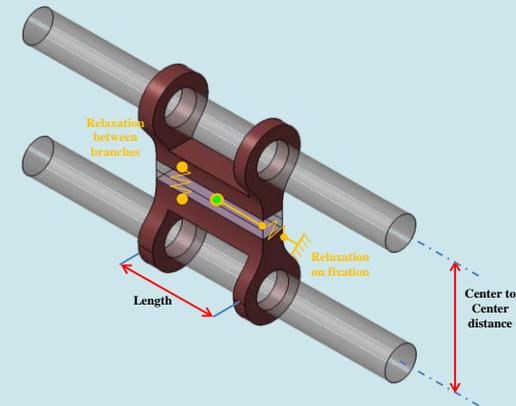
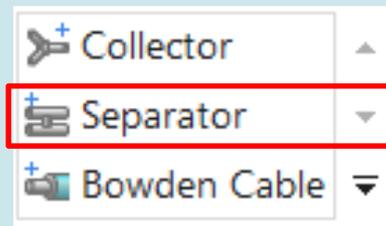
Verbindungen



Simcenter Flexible Pipe

- Connector geometry definition
- Torsion at connector
- Axial/torsional coupling
- Heterogenic pipes
- Supports (rigid, flexible)
- Straight or preformed initial pipe
- Pipe section full or hollow
- Internal pressure (Time-Space)
- Thermal strain (Time-Space)
- Collector
- **Separator**
- Bowden cable
- Nonlinear material (volumic elements)

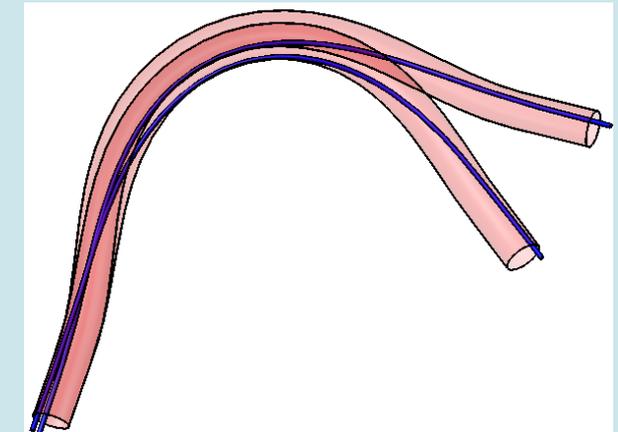
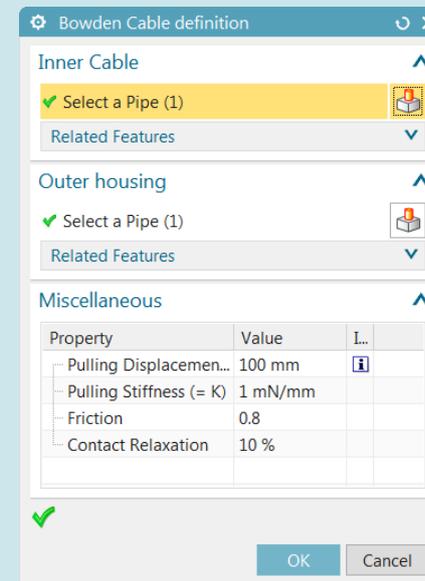
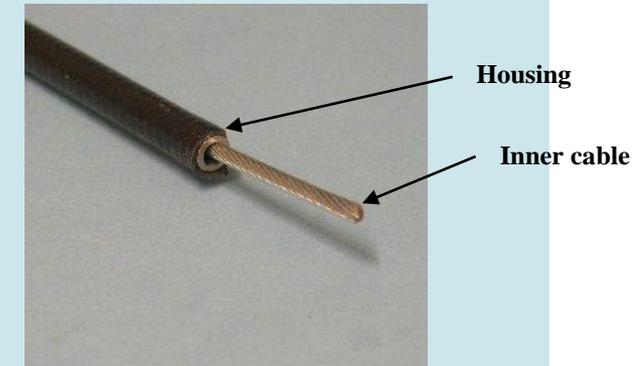
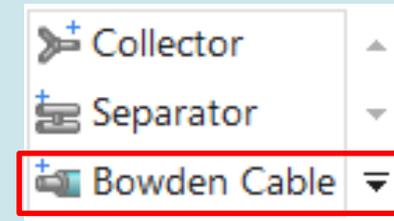
Parallel-Führungen



Simcenter Flexible Pipe

- Connector geometry definition
- Torsion at connector
- Axial/torsional coupling
- Heterogenic pipes
- Supports (rigid, flexible)
- Straight or preformed initial pipe
- Pipe section full or hollow
- Internal pressure (Time-Space)
- Thermal strain (Time-Space)
- Collector
- Separator
- **Bowden cable**
- Contact
- Nonlinear material (volumic elements)

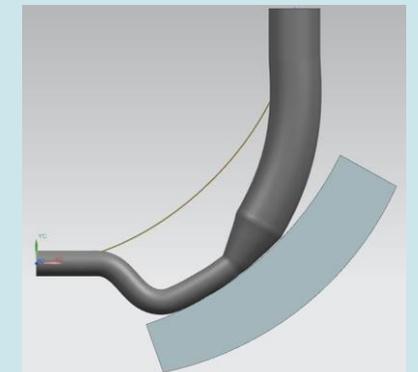
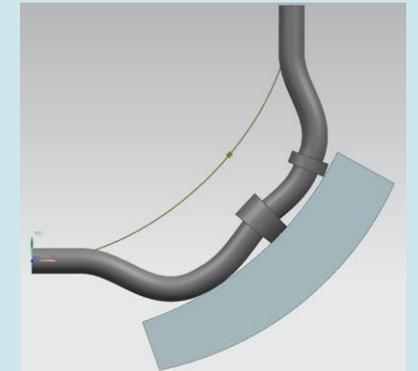
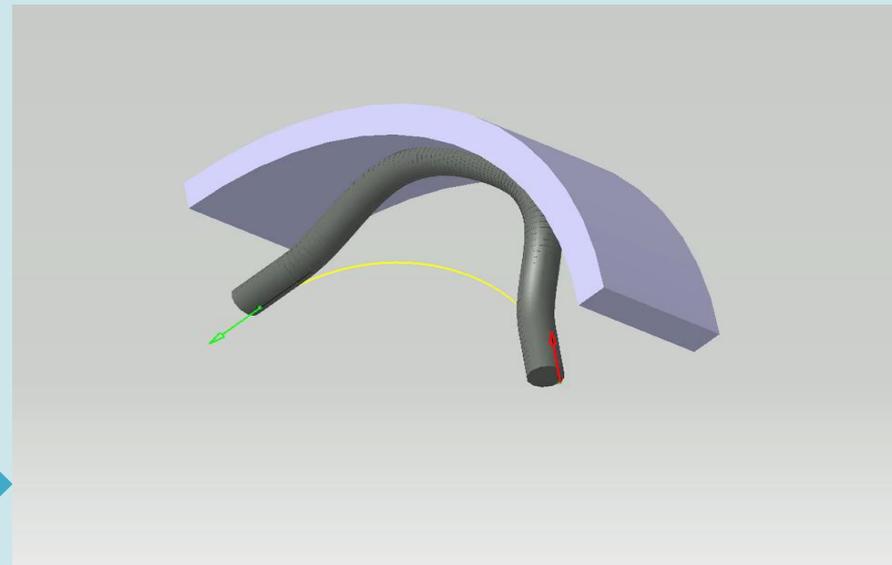
Bowdenzug



Simcenter Flexible Pipe

- Connector geometry definition
- Torsion at connector
- Axial/torsional coupling
- Heterogenic pipes
- Supports (rigid, flexible)
- Straight or preformed initial pipe
- Pipe section full or hollow
- Internal pressure (Time-Space)
- Thermal strain (Time-Space)
- Collector
- Separator
- Bowden cable
- **Contact**
- Nonlinear material (volumic elements)

Kontakt mit Umgebung

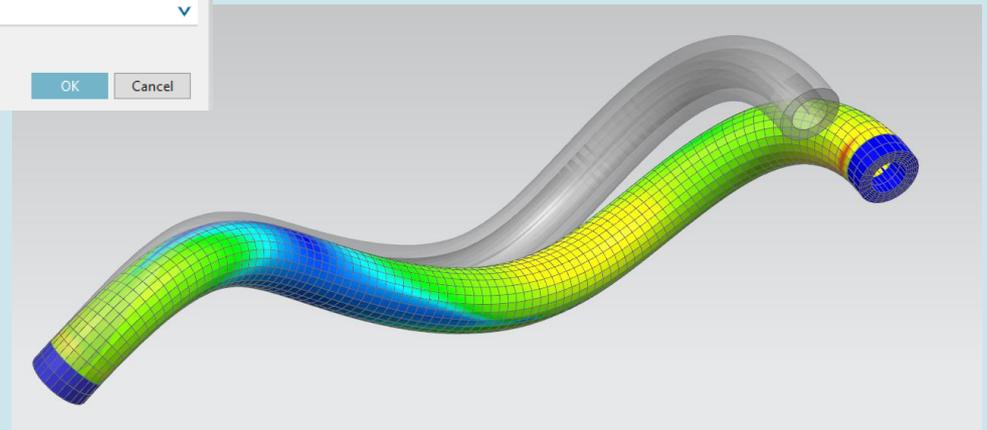
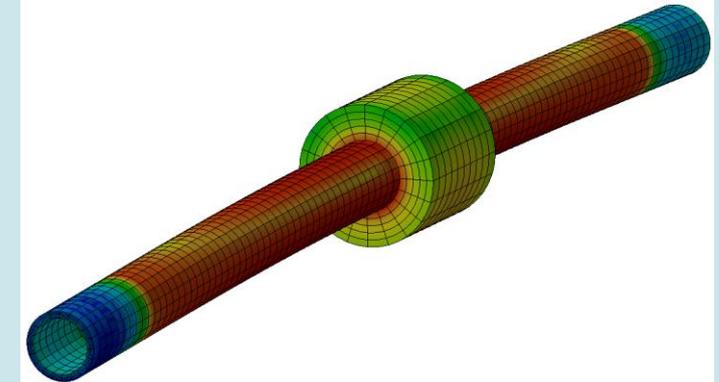
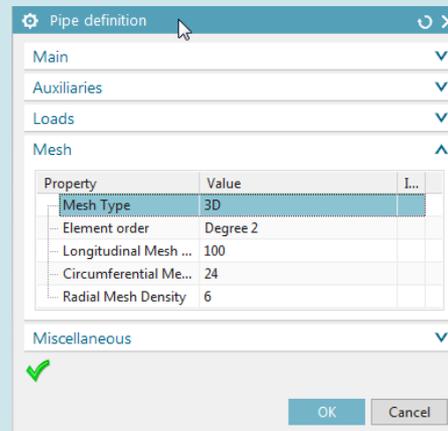


Simcenter Flexible Pipe

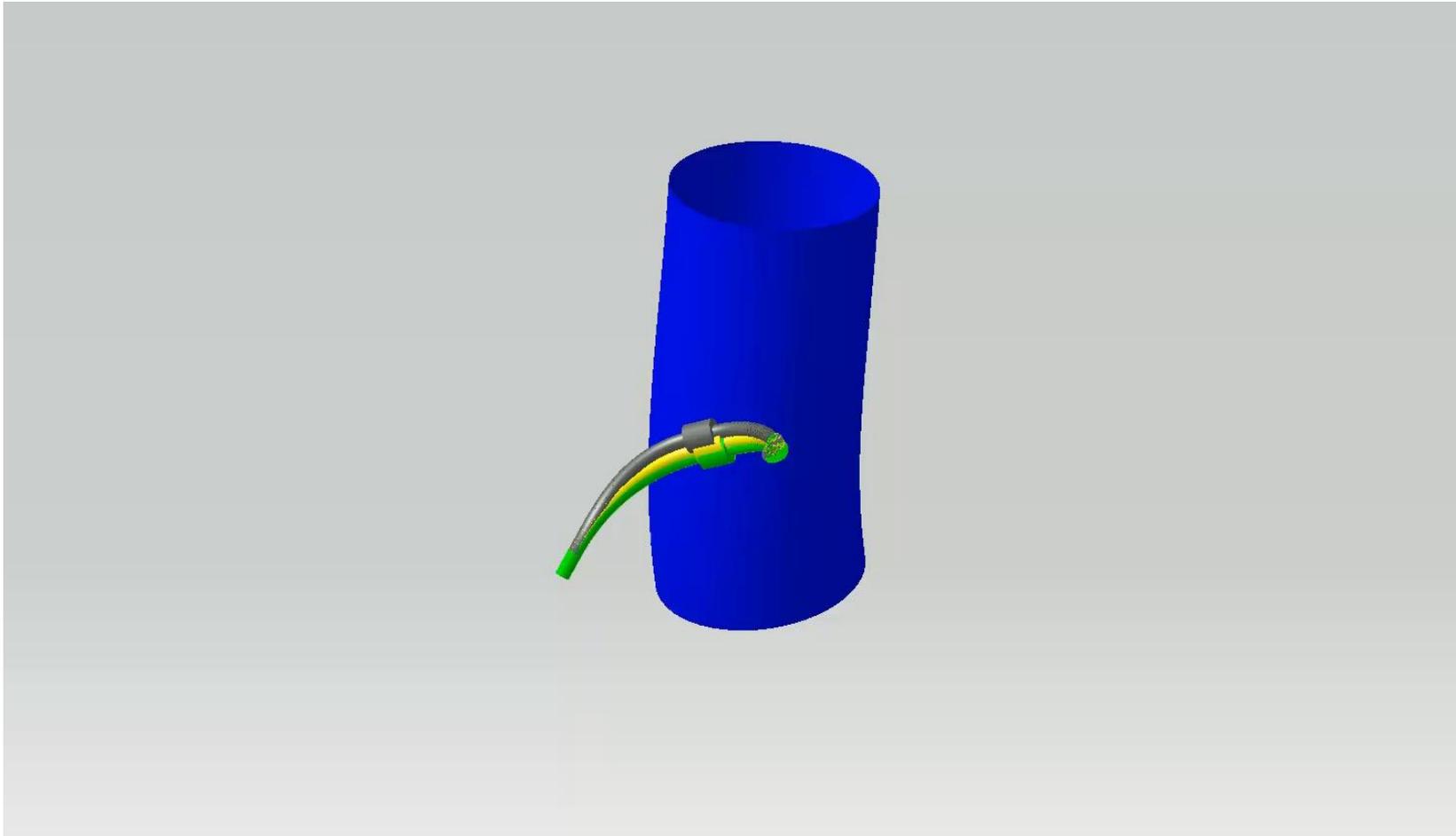
- Connector geometry definition
- Torsion at connector
- Axial/torsional coupling
- Heterogenic pipes
- Supports (rigid, flexible)
- Straight or preformed initial pipe
- Pipe section full or hollow
- Internal pressure (Time-Space)
- Thermal strain (Time-Space)
- Collector
- Separator
- Bowden cable
- Contact

- **Nonlinear material** (volume elements)

Nicht-lineare Materialien



Beispiel des Einflusses von Materialdämpfung auf das Verhalten:



Simcenter Flexible Pipe

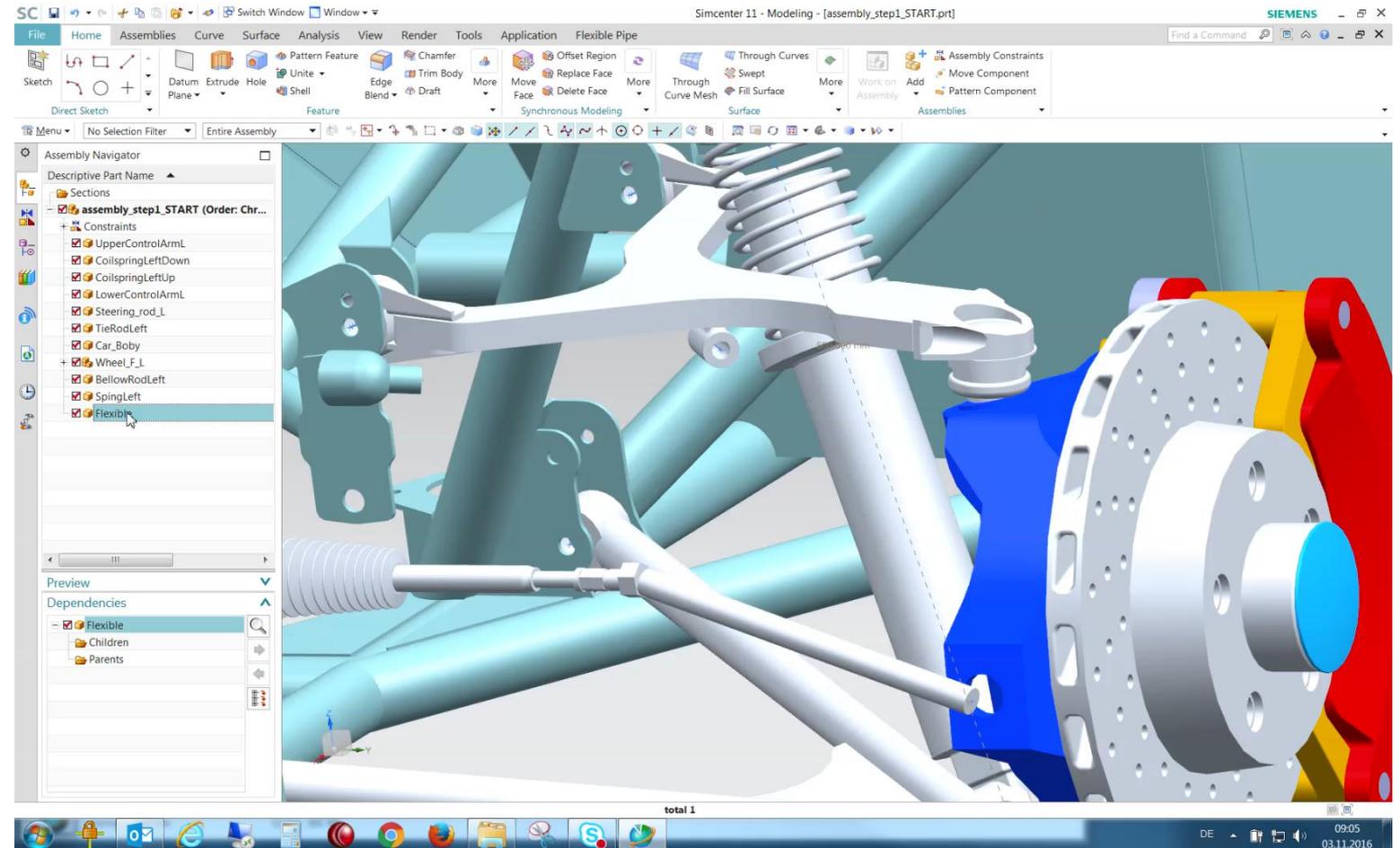
SIEMENS
Ingenuity for life

Schlauch/Kabel-Verlegung

Kinematik

Simulation

Ergebnisse



Schlauch/Kabel-Verlegung

Kinematik

Simulation

Ergebnisse

Designstudien einfach durchzuführen, basierend auf virtuellem Prototyp

Integrierte Datenbank für unterschiedliche Schläuche/Kabel

Schlauch/Kabel-Verlegung

Designstudien einfach durchzuführen, basierend auf virtuellem Prototyp

Integrierte Datenbank für unterschiedliche Schläuche/Kabel

Kinematik

Simulation

Ergebnisse

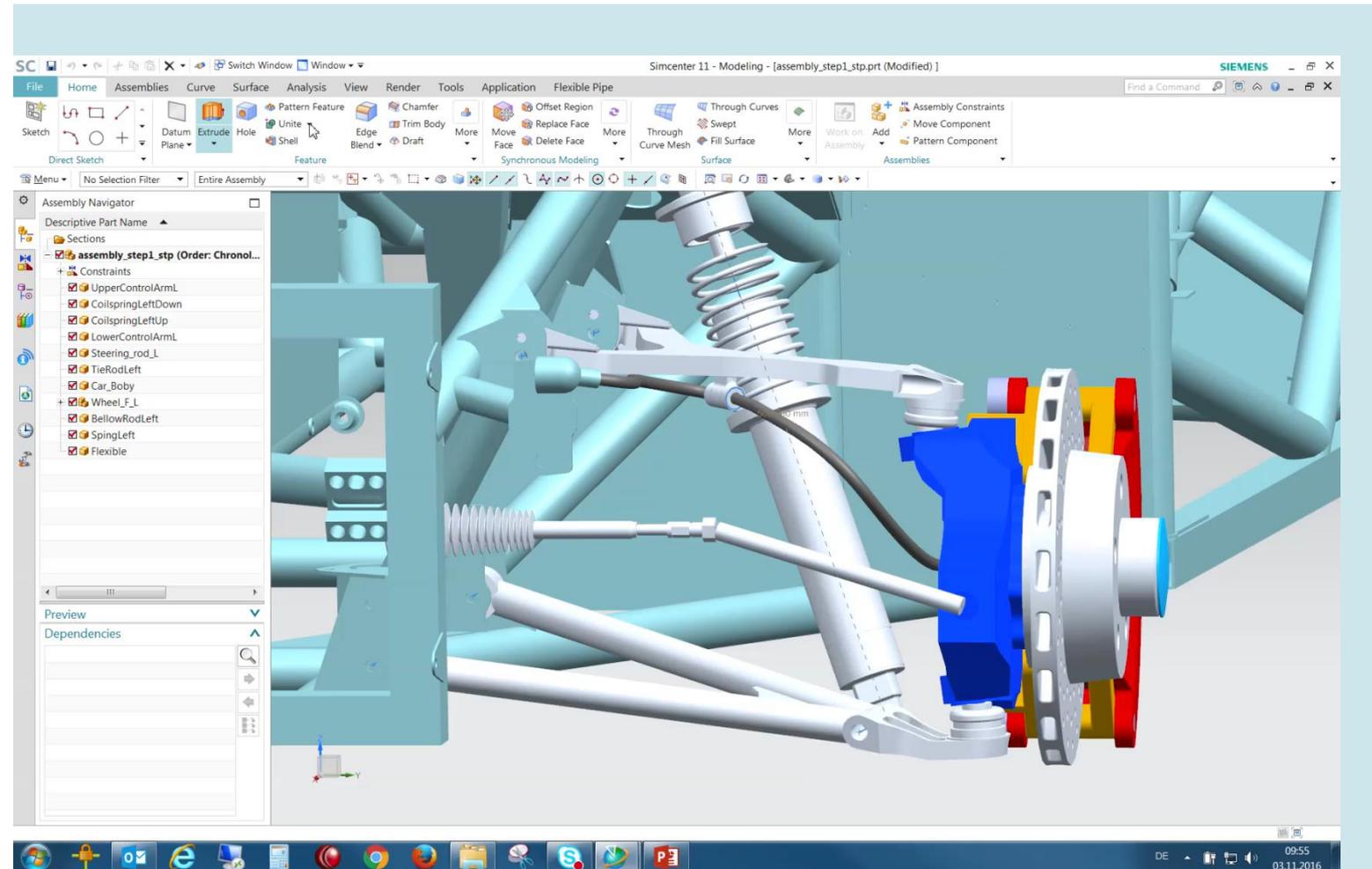
Simcenter Flexible Pipe

Schlauch/Kabel-Verlegung

Kinematik

Simulation

Ergebnisse



Schlauch/Kabel-Verlegung

Designstudien einfach durchzuführen, basierend auf virtuellem Prototyp

Integrierte Datenbank für unterschiedliche Schläuche/Kabel

Kinematik

Direkte Verbindung zur Kinematik (erlaubt schnelle Designzyklen)

Animation der Fahrzeugkinematik mit flexiblem Schlauch/Kabel

Simulation

Ergebnisse

Schlauch/Kabel-Verlegung

Designstudien einfach durchzuführen, basierend auf virtuellem Prototyp
Integrierte Datenbank für unterschiedliche Schläuche/Kabel

Kinematik

Direkte Verbindung zur Kinematik (erlaubt schnelle Designzyklen)
Animation der Fahrzeugkinematik mit flexiblem Schlauch/Kabel

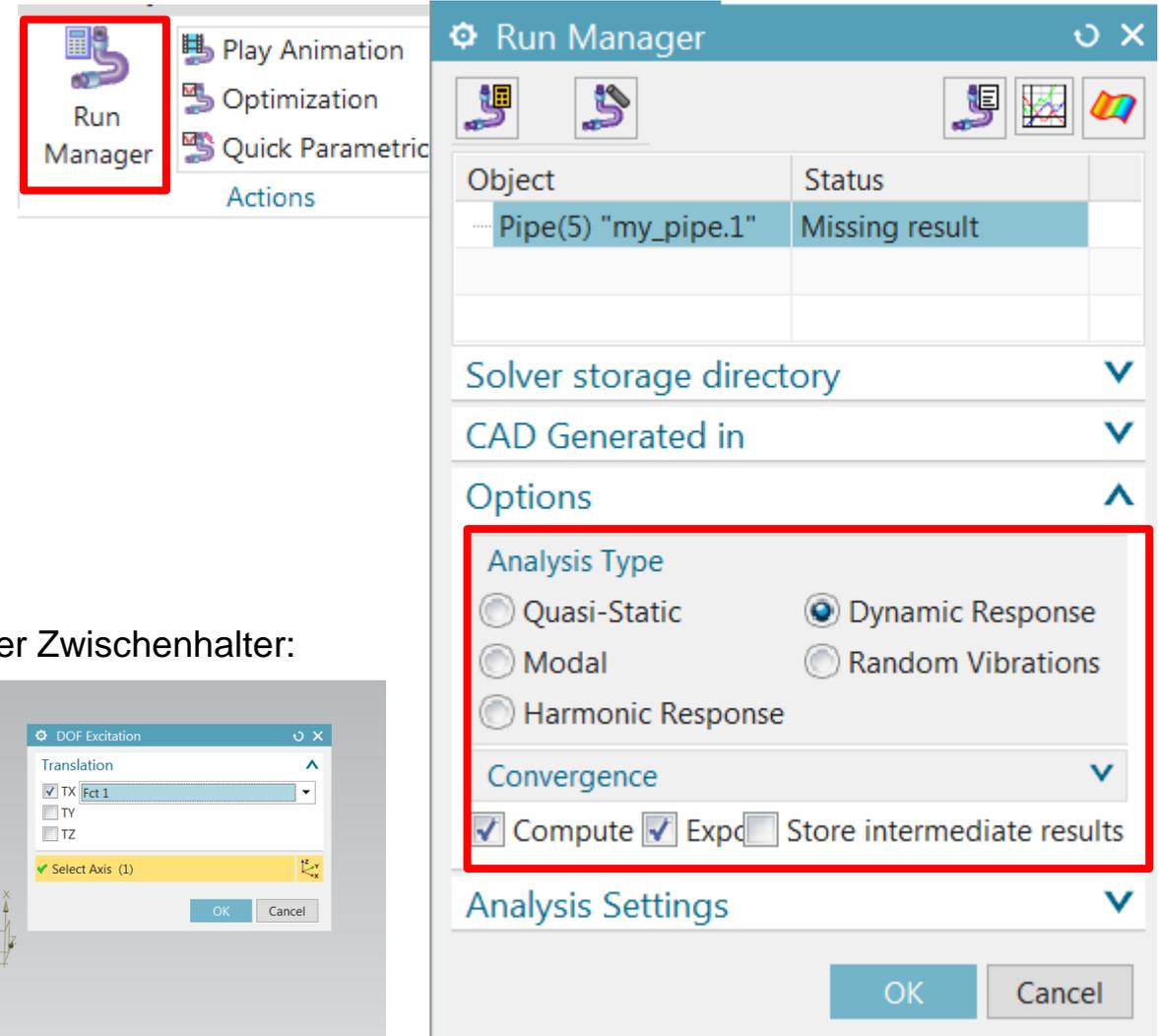
Simulation

Ergebnisse

Simcenter Flexible Pipe

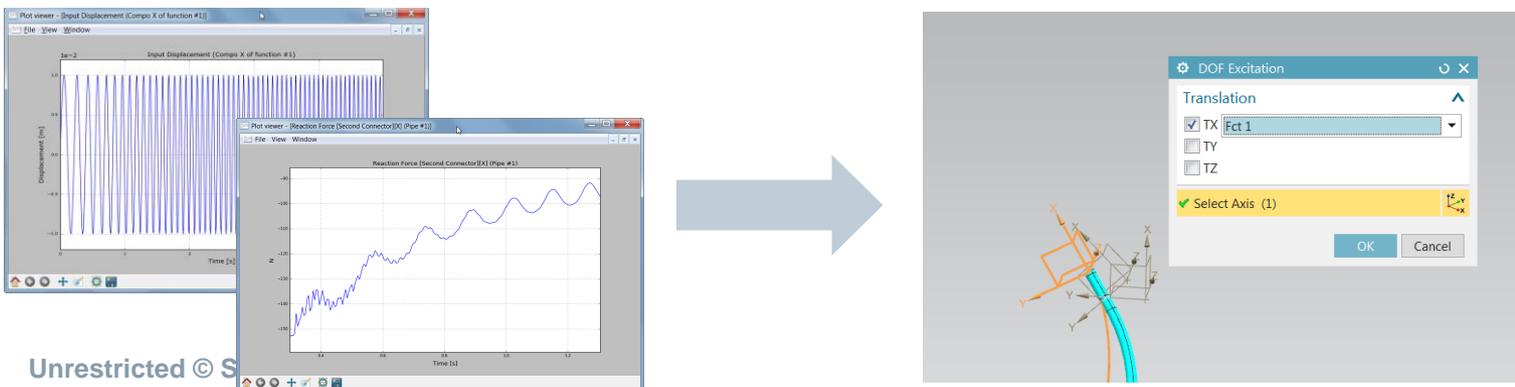
Folgende Berechnungsverfahren sind verfügbar:

- Quasi-statische Berechnung
- Eigenwerte
- Harmonische Response (Frequenzbereich)
- Transiente Responseanalyse (Zeitbereich)
- Zufallserregung (Random Vibration)

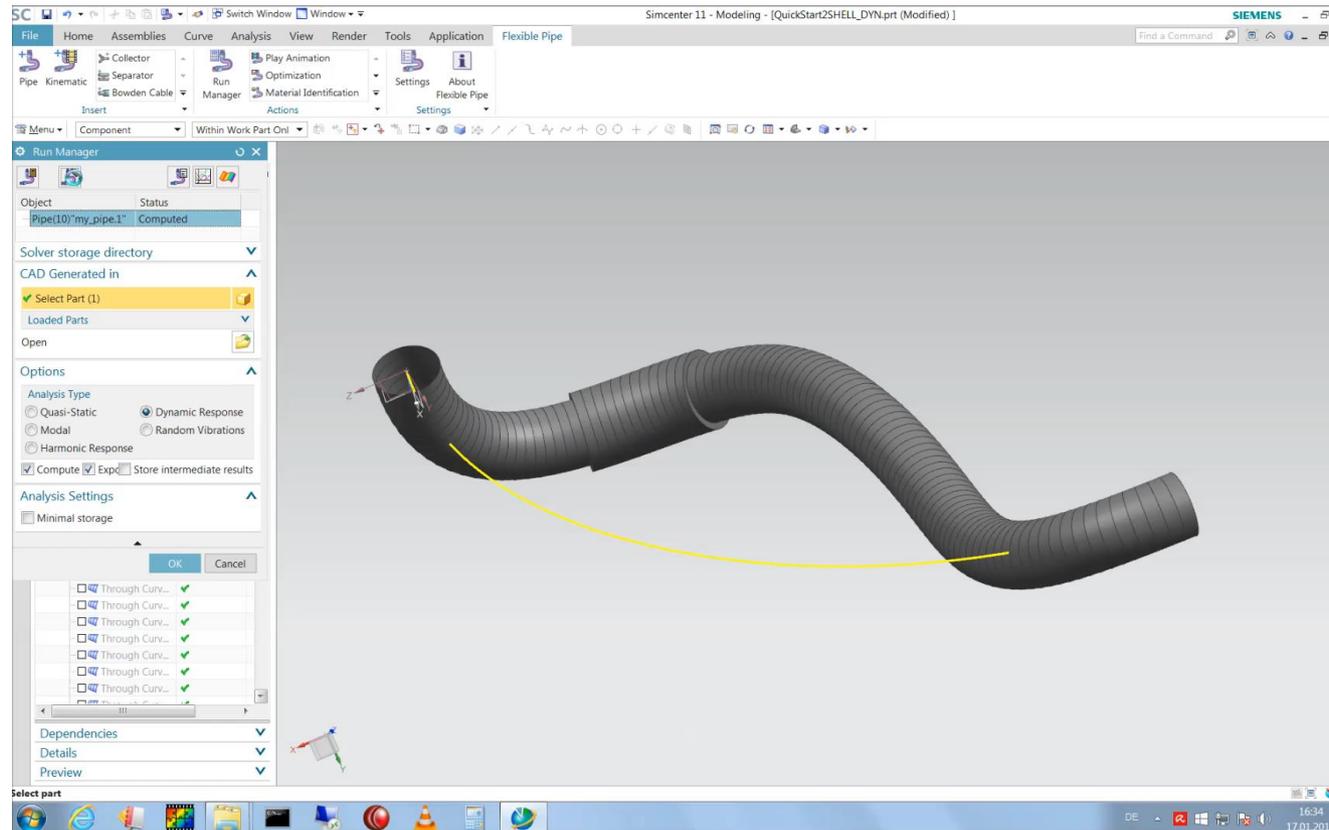


Beispiel einer transienten Response Simulation

Aufbringen eines Anregungsprofiles auf einen Leitungskonnektor oder Zwischenhalter:



Beispiel: Dynamische Simulation eines Kühlwasserschlauches (Anregung durch Motorbewegung)



Simcenter Flexible Pipe

Simulation der torsionsfreien Montage bei vercrimpten Steckern (Konnektoren)

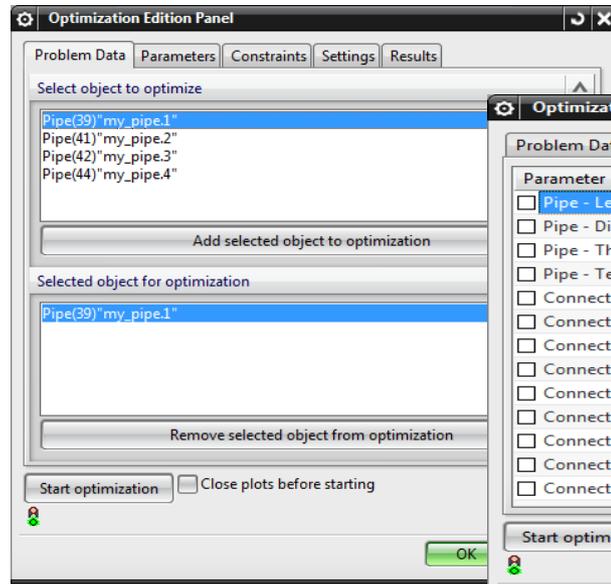
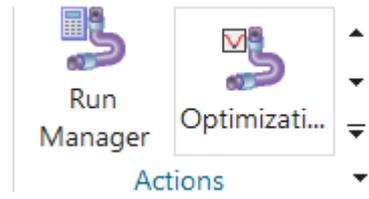
The image illustrates the simulation process for torsion-free mounting of a pipe with crimped connectors. It consists of several key components:

- Run manager:** A window showing the simulation status for the object "Pipe(5)'test'", which is currently "Not computed".
- Straight view:** A 2D diagram of the pipe showing the coordinate system (XC, YC, ZC) and labels C1, S1, and C2. C1 is at the left end, S1 is at the middle, and C2 is at the right end.
- Information window:** A window displaying the results of the simulation, including the text: "Second connector frame shift of 26.1deg to reach free torsion." and "Support #1 frame shift of -40.0deg to reach free torsion."
- Torsionsfree mounting:** A 3D model of the pipe showing the torsion-free mounting configuration, with labels C1, S1, and C2.

Arrows indicate the flow of information from the Run manager to the Straight view and the Information window, and from the Information window to the Torsionsfree mounting model.

Optimierung und Parameterstudien zum Finden des bestmöglichen Bauraums unter gewissen Vorgaben (Krümmungsradien, Abstände, ...)

Leitungsauswahl



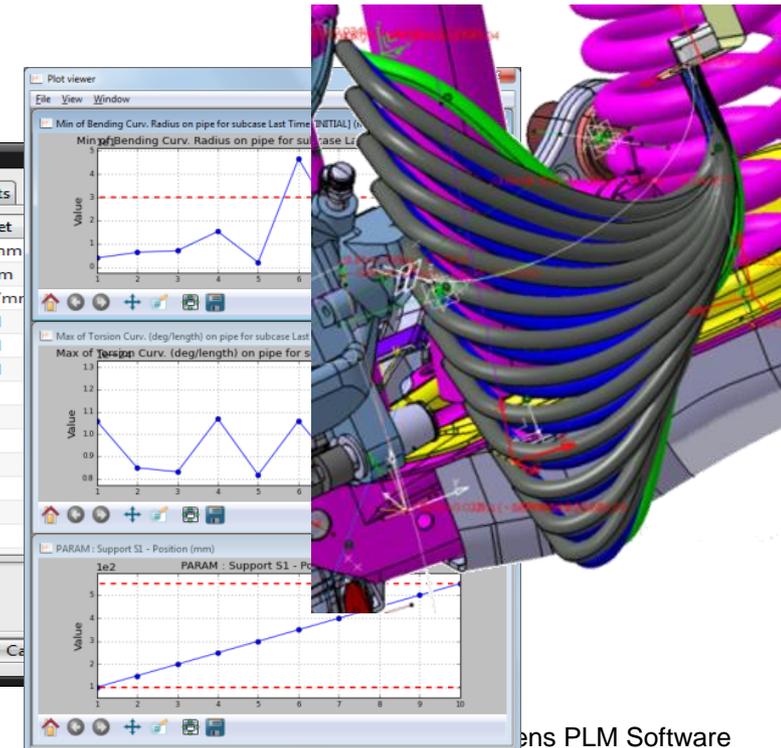
Parameter und Min-Max-Werte

Parameter	Min	Init	Max	Nb steps
<input type="checkbox"/> Pipe - Length	560 mm	700 mm	840 mm	2
<input type="checkbox"/> Pipe - Diameter	8 mm	10 mm	12 mm	2
<input type="checkbox"/> Pipe - Thickness	0.8 mm	1 mm	1.2 mm	2
<input type="checkbox"/> Pipe - Temperature	-273.15 C	20 C	-73.15 C	2
<input type="checkbox"/> Connector 1 - Length	560 mm	700 mm	840 mm	2
<input type="checkbox"/> Connector 1 - Torsion	0 degrees	0 degrees	360 degrees	2
<input type="checkbox"/> Connector 1 - X	-88.0757 mm	-110.095 mm	-132.114 mm	2
<input type="checkbox"/> Connector 1 - Y	953 mm	-110.095 mm	1429.5 mm	2
<input type="checkbox"/> Connector 1 - Z	-1719.67 mm	-110.095 mm	-2579.51 mm	2
<input type="checkbox"/> Connector 1 - Angle 1	-180 degrees	0 degrees	180 degrees	2
<input type="checkbox"/> Connector 1 - Angle 2	-180 degrees	0 degrees	180 degrees	2
<input type="checkbox"/> Connector 2 - Length	560 mm	700 mm	840 mm	2
<input type="checkbox"/> Connector 2 - Torsion	0 degrees	0 degrees	360 degrees	2

Zielbedingungen

Constraint	Type	Target
<input checked="" type="checkbox"/> Pipe - Length	min	700 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Min of Bending Curv. Radius	>	30 mm
<input type="checkbox"/> Max of Torsion Curv. (deg/length)	<	0.1 1/m
<input type="checkbox"/> Reaction C1 (Magn)	min	0 mN
<input type="checkbox"/> Reaction C2 (Magn)	min	0 mN
<input type="checkbox"/> Reaction S1 (Magn)	min	0 mN

Ergebnis



Schlauch/Kabel-Verlegung

Designstudien einfach durchzuführen, basierend auf virtuellem Prototyp
Integrierte Datenbank für unterschiedliche Schläuche/Kabel

Kinematik

Direkte Verbindung zur Kinematik (erlaubt schnelle Designzyklen)
Animation der Fahrzeugkinematik mit flexiblem Schlauch/Kabel

Simulation

Statische, dynamische und transiente nicht-lineare Simulationen
Torsionsfreie Montage-Simulation für gecrimpte Konnektoren
Optimierung zum Finden der besten Verlegung im Bauraum

Ergebnisse

Schlauch/Kabel-Verlegung

Designstudien einfach durchzuführen, basierend auf virtuellem Prototyp
Integrierte Datenbank für unterschiedliche Schläuche/Kabel

Kinematik

Direkte Verbindung zur Kinematik (erlaubt schnelle Designzyklen)
Animation der Fahrzeugkinematik mit flexiblem Schlauch/Kabel

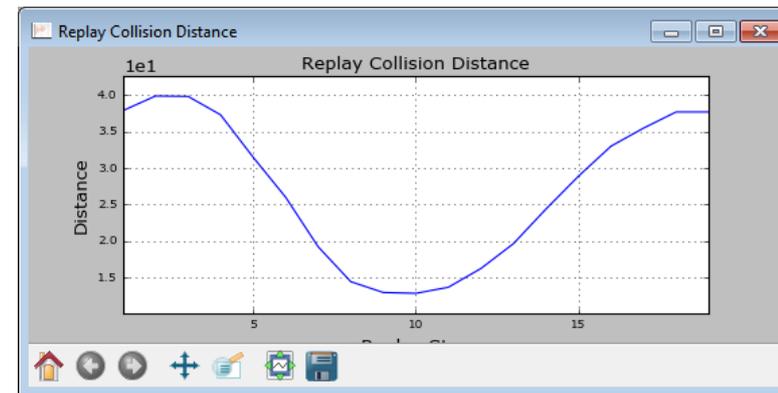
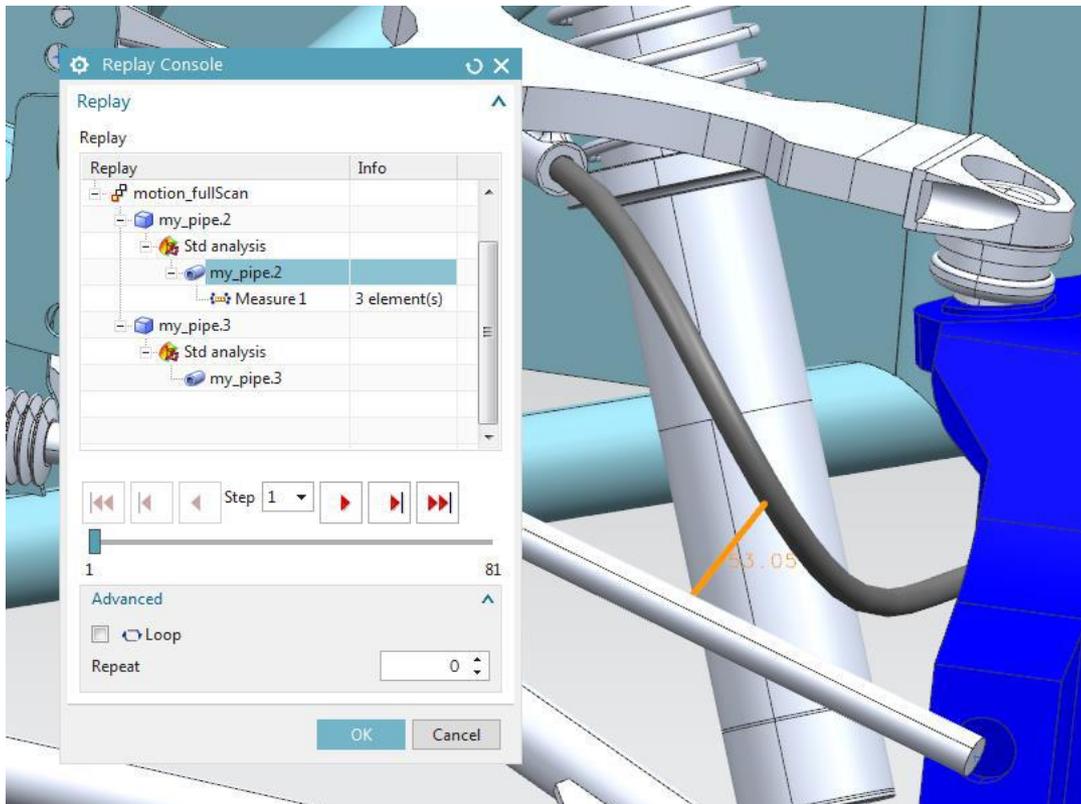
Simulation

Statische, dynamische und transiente nicht-lineare Simulationen
Torsionsfreie Montage-Simulation für gecrimpte Konnektoren
Optimierung zum Finden der besten Verlegung im Bauraum

Ergebnisse

Postprocessing der Ergebnisse

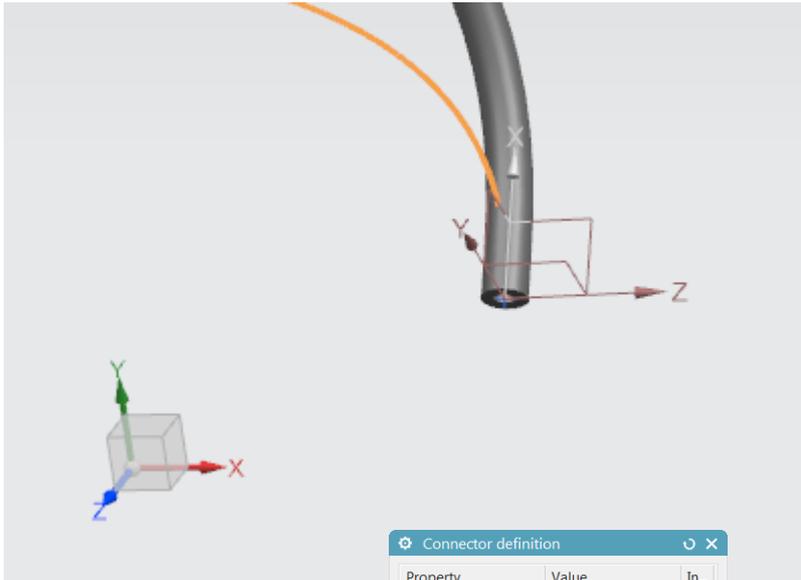
Automatische Abstandsanzeige während der Animation, sowie 2D-Plots oder Textausgabe



```
== Compute measurement ==  
Name : Measure 1  
Between: UPPERCONTROLARM_L, KNUCKLELEFT, STEERING_ROD_L  
And : my_pipe.2  
min distance is: 41.782735 at step 0  
maxmin distance is: 63.273238 at step 59  
== results measurement ==  
Step 1: min distance: 41.782735; point 1 -178.531388, 1383.691995, -2289.937984; point 2 -216.388153, 1389.325952, -2273.177212;  
Step 2: min distance: 54.635111; point 1 -175.266371, 1395.515360, -2301.094632; point 2 -218.223264, 1404.266189, -2268.489053;  
Step 3: min distance: 54.060987; point 1 -175.672307, 1395.148964, -2300.393437; point 2 -218.227789, 1403.994295, -2268.247187;  
Step 4: min distance: 50.719452; point 1 -176.462775, 1394.442850, -2295.014733; point 2 -217.227653, 1402.845664, -2266.030596;  
Step 5: min distance: 51.094455; point 1 -175.294735, 1393.463526, -2293.009339; point 2 -216.870235, 1402.020270, -2264.568113;  
Step 6: min distance: 53.409304; point 1 -175.740725, 1393.536228, -2297.179092; point 2 -218.345110, 1402.731158, -2266.310443;  
Step 7: min distance: 56.711829; point 1 -174.580303, 1393.140583, -2300.778894; point 2 -219.273429, 1403.092312, -2267.316690;  
Step 8: min distance: 56.073851; point 1 -174.752976, 1392.702433, -2299.441609; point 2 -219.159888, 1402.682666, -2266.689542;  
Step 9: min distance: 55.630861; point 1 -174.529738, 1392.071336, -2297.644659; point 2 -218.953097, 1402.084341, -2265.690042;
```

Postprocessing der Ergebnisse

Postprocessing der Reaktionskräfte und –momente in beliebigen Koordinatensystemen für jede Kinematik-Position, sowie Biegeradien und Torsion.



Connector definition

Property	Value	In...
Active Connector	TRUE	
Point	...	
Direction	...	
AxisSystem	Datum Coordinate...	
Reverse	TRUE	
Result Axis System	Datum Coordinate...	
Length	10 mm	
Rotation	0 degrees	
Relaxation	None	

OK Cancel

TEA Pipe.1

	Geometrical Curve Radius	Torsion Angle (per unit of length)
Mounting	34,1905 > 0 (mm)	1,45001e-005 < +1e+005 (deg/m)
Dynamic Step 1	34,1905 > 0 (mm)	-1,74233e-005 > -1e+005 (deg/m)
Dynamic Step 2	34,0855 > 0 (mm)	0,0182695 < +1e+005 (deg/m)
Dynamic Step 3	33,7713 > 0 (mm)	0,0825745 < +1e+005 (deg/m)
Dynamic Step 4	34,8385 > 0 (mm)	0,0896774 < +1e+005 (deg/m)
Dynamic Step 5	37,9815 > 0 (mm)	-0,2817 > -1e+005 (deg/m)
Dynamic Step 6	37,8594 > 0 (mm)	-1,01578 > -1e+005 (deg/m)
Dynamic Step 7	37,7105 > 0 (mm)	-2,18044 > -1e+005 (deg/m)
Dynamic Step 8	34,855 > 0 (mm)	-4,64581 > -1e+005 (deg/m)
Overall	33,7713 > 0 (mm)	-180,935 > -1e+005 (deg/m)

TEA Pipe.1

	First Connector				Second Connector			
	Reaction Force (N)	Reaction Moment (N.m)	magn		Reaction Force (N)	Reaction Moment (N.m)	magn	
Mounting	0,0018339	-4,2787e-016	0,00231068		-0,0016339	-4,2787e-016	0,00231068	
Dynamic Step 1	0,0018339	4,98178e-016	0,00231046		-0,00163995	-1,92672e-012	0,00231362	
Dynamic Step 2	0,00201029	5,07774e-013	0,00254143		0,00428065	-0,00336181	0,00544295	
Dynamic Step 3	0,00112836	-5,14515e-010	0,00203079		-0,0103912	0,00180242	0,0105464	
Dynamic Step 4	0,00164304	-1,88308e-009	0,00225473		-0,0203749	0,00205465	0,0204783	
Dynamic Step 5	0,00125569	7,70207e-009	0,00219465		0,0331633	-0,000480276	0,0331667	
Dynamic Step 6	0,00166892	0,00283295	0,00329963		0,0449228	-0,00269627	0,0460037	
Dynamic Step 7	0,000195872	0,0012993	0,00135183		0,0407538	-0,000884961	0,0407634	
Dynamic Step 8	0,00110032	1,33976e-007	0,00199212		0,0324806	-0,000510866	0,0324846	
Overall	Max Reaction Force (N) 0,00166892	0,00283295	0,0027687	magn=0,00329963	Max Reaction Force (N) 0,0449228	-0,00269627	0,0450037	magn=0,0450037

Second Connector				
	X	Y	Z	magn
Reaction Force (N)(Loc)	0	0	0	0
Reaction Force (N)(Abs)	0	0	0	0
Reaction Moment (N.m)(Loc)	0	0	0	0
Reaction Moment (N.m)(Abs)	0	0	0	0
Pulling Force (N)				0
Torque (N.m)				0
Reaction Force (N)(Loc)	1.51091	-0.692408	-0.117269	1.66614
Reaction Force (N)(Abs)	-0.255708	0.543184	-1.55422	1.66614
Reaction Moment (N.m)(Loc)	-1.17906e-009	-0.0857794	-0.362009	0.372033
Reaction Moment (N.m)(Abs)	-0.365831	-0.0620191	-0.027016	0.372033
Pulling Force (N)				1.51091
Torque (N.m)				3.73214e-008
Reaction Force (N)	1.51091	-0.692408	-0.117269	1.66614
Pulling Force (N)				1.51091
Torque (N.m)				3.73214e-008

Schlauch/Kabel-Verlegung

Designstudien einfach durchzuführen, basierend auf virtuellem Prototyp
Integrierte Datenbank für unterschiedliche Schläuche/Kabel

Kinematik

Direkte Verbindung zur Kinematik (erlaubt schnelle Designzyklen)
Animation der Fahrzeugkinematik mit flexiblem Schlauch/Kabel

Simulation

Statische, dynamische und transiente nicht-lineare Simulationen
Torsionsfreie Montage-Simulation für gecrimpte Konnektoren
Optimierung zum Finden der besten Verlegung im Bauraum

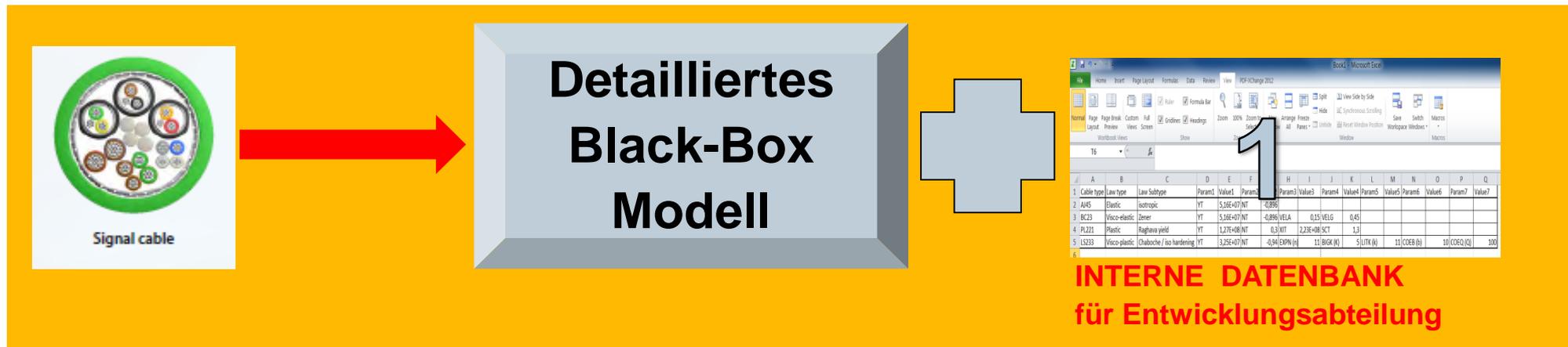
Ergebnisse

Relevante Ergebnisse sofort verfügbar
Abspeichern der Verlegungen in klassischem Part
(HTML-Berichte, 2D-Plots, FE-Ergebnisse)

NEW

Simulation von elektrischen Kabeln und Kabelbäumen mit Flexible Pipe in NX oder Simcenter

1) Finden von Materialwerten für Einzel- oder Mehradrige Kabel (detailliertes Black-Box Modell)

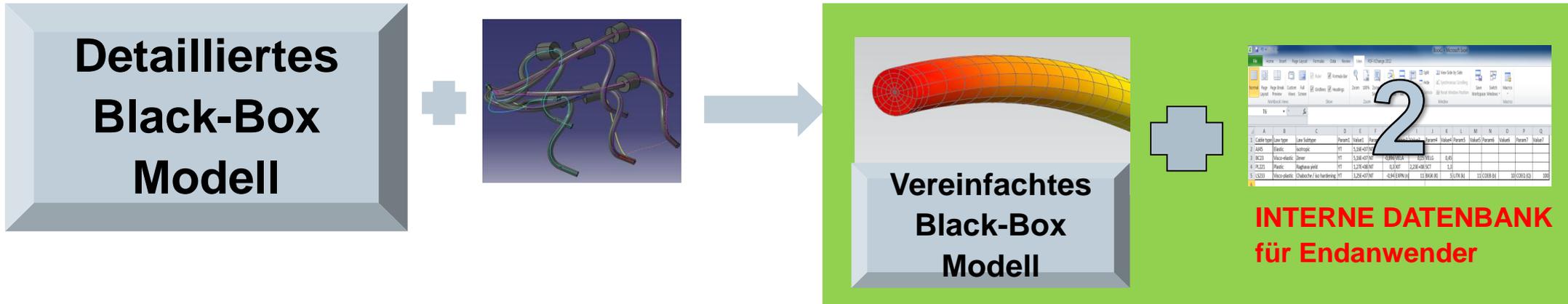


Sobald alle individuellen Kabel (Einzel- oder Mehradrig) ihren digitalen Zwilling haben, Sind KEINE PHYSIKALISCHEN TESTS mehr notwendig!

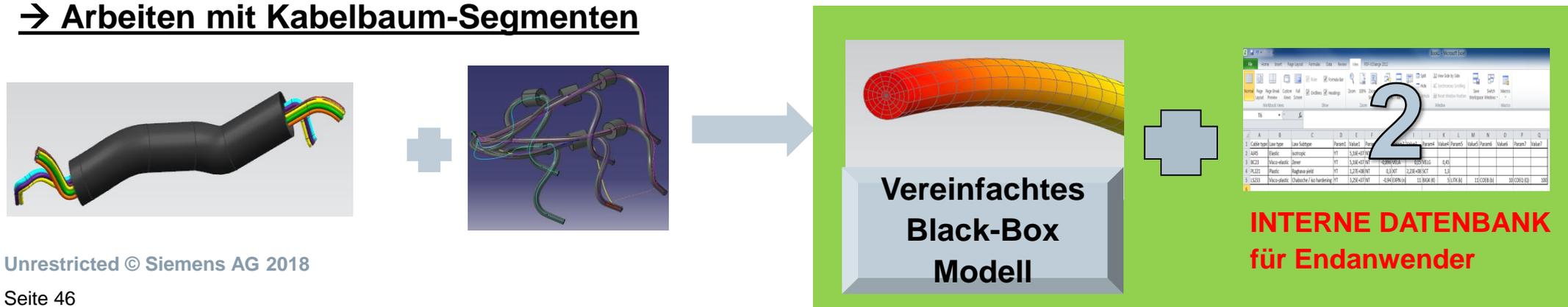
→ Folgende Schritte erfolgen dann nur noch auf Simulationsebene:

- Simulieren von jeglichen Kombinationen von Leitern oder Kabelbündel mit unterschiedlichen Ummantellungen (tapings).
- Reduzierung von Hardware-Tests / Kosten

2) Mapping des Digitalen Zwillingsmodells auf ein Flexible Pipe Modell (Balken/Volumenelemente) mit homogenisiertem Material → Arbeiten nur mit individuellen Kabeln

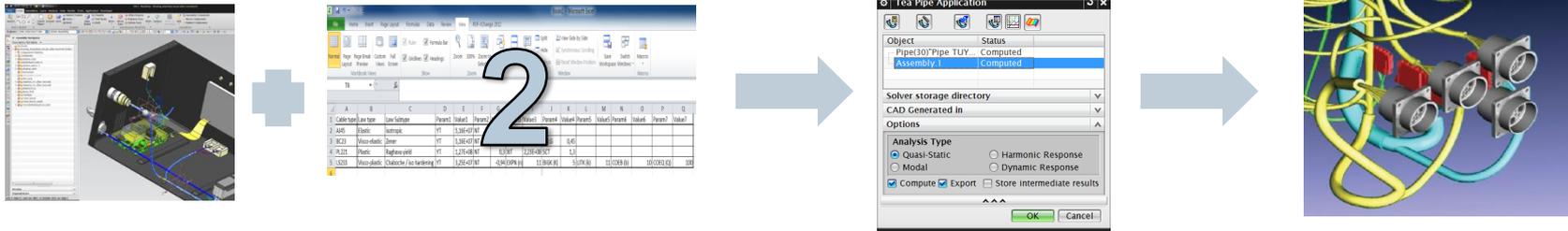


2') Mapping von Kabelbaum-Querschnitten von individuellen Flexible Pipe Modellen (aus Step 2) auf ein Flexible Pipe Ersatzmodell (Balken/Volumenelemente) mit homogenisiertem Material → Arbeiten mit Kabelbaum-Segmenten



Digitaler Zwilling - STEP 3 (Finale Anwendung für komplexe Simulationen)

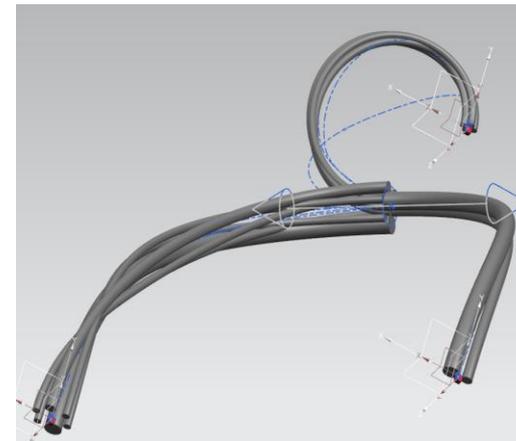
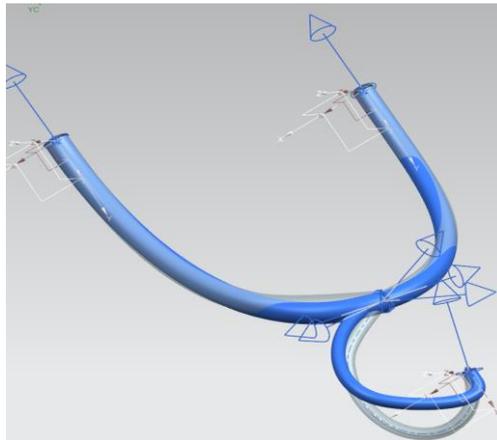
3) Automatische Erzeugung der Simulationsobjekte (Flexible Pipe Modelle) aus NX Routing und Starten von Berechnungs-Szenarien.



Detaillierung entweder als 'STOCK' (homogenisiertes Material aus Step 2')

ODER

als Bündel von einzelnen Leitungen aus Step 2



**Materialeigenschaften und
Plastizität**

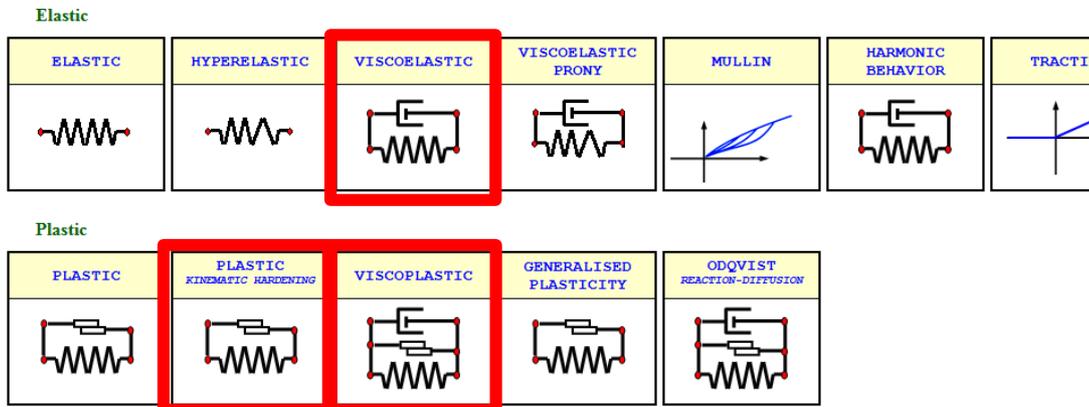
Kontakt

Kabelbaumsimulation

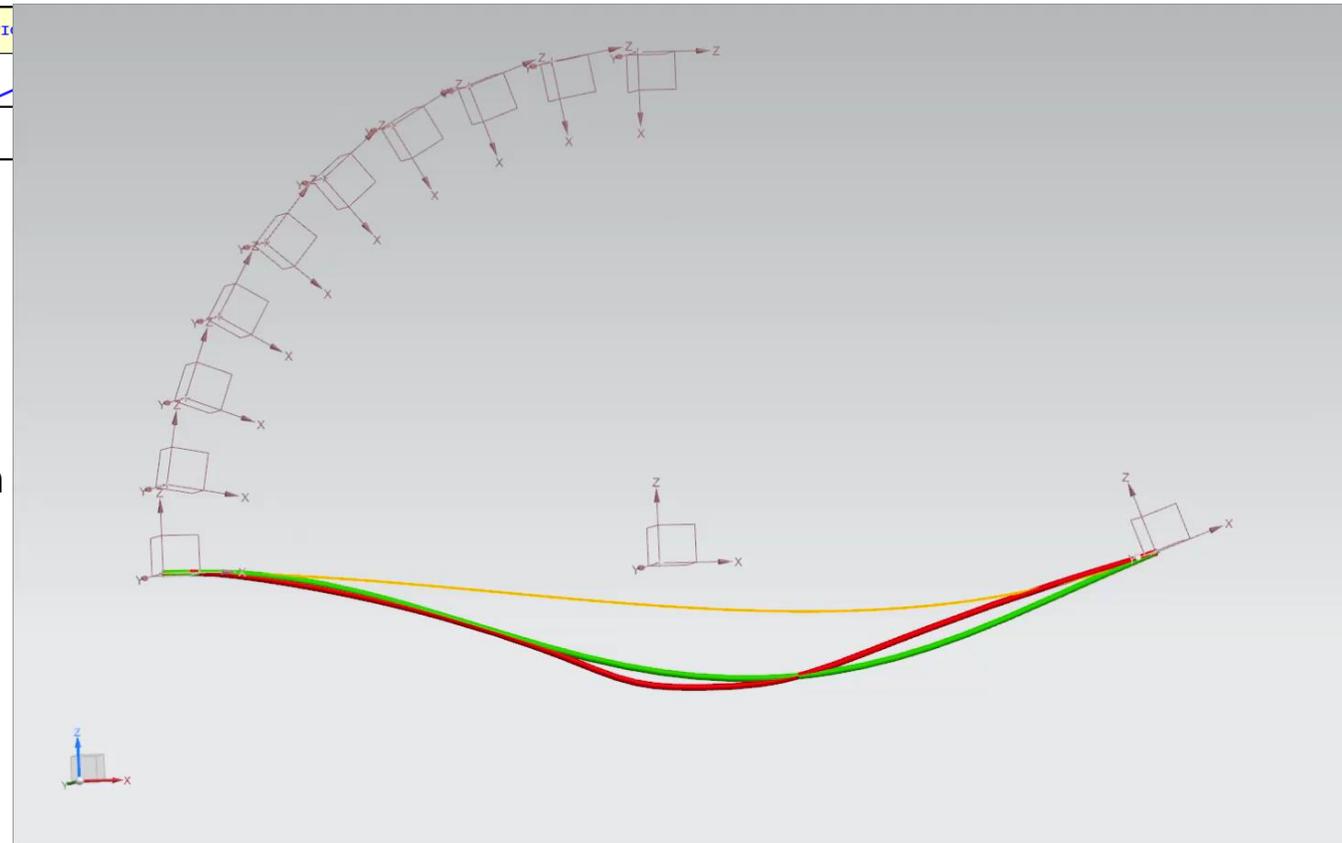


Simcenter Flexible Pipe für Elektrische Kabel & Kabelbäume

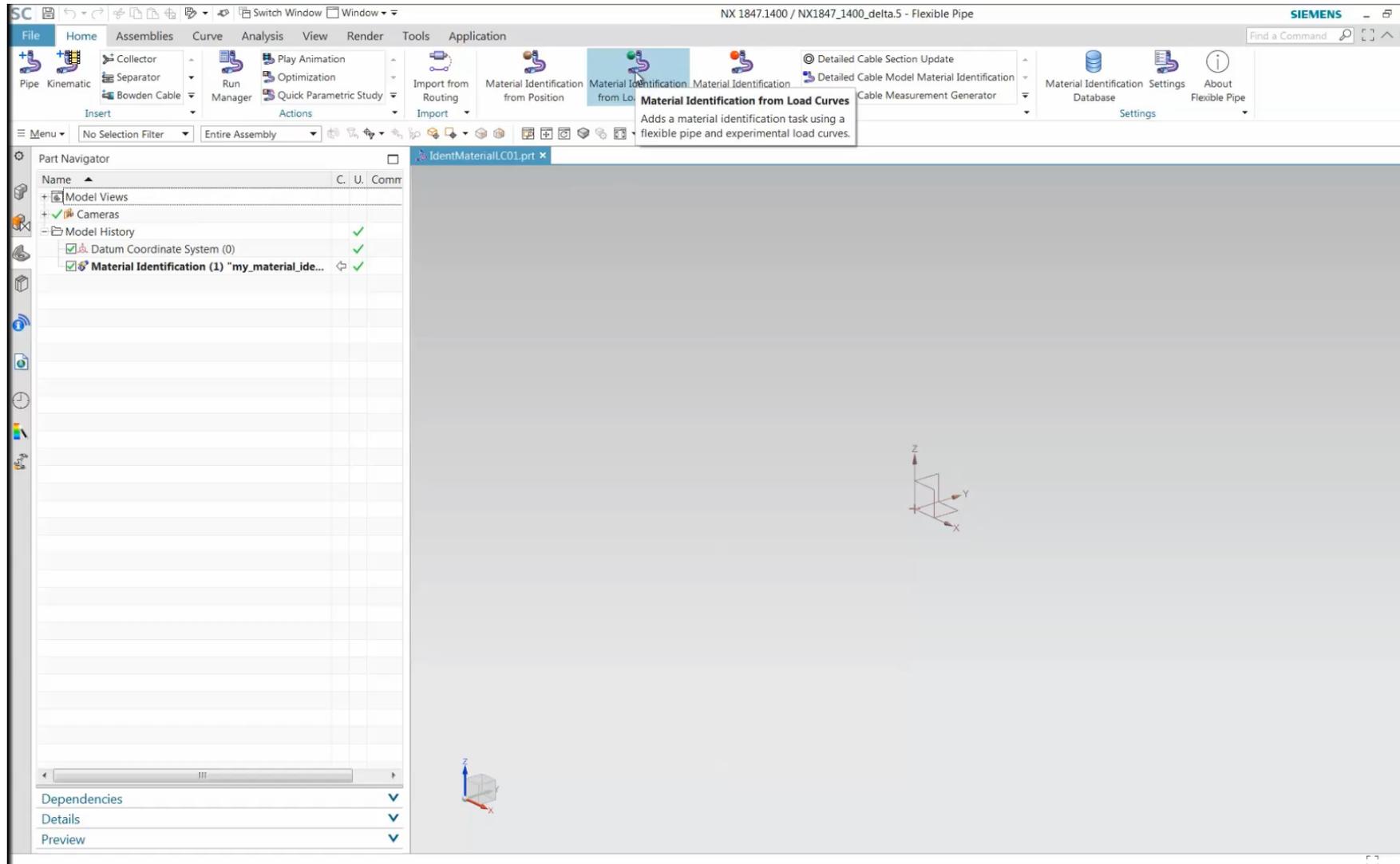
- Unterschiedliche Materialgesetze verfügbar
- Plastisches Verhalten für Kabel am besten geeignet



- Eigene Materialgesetze können implementiert werden



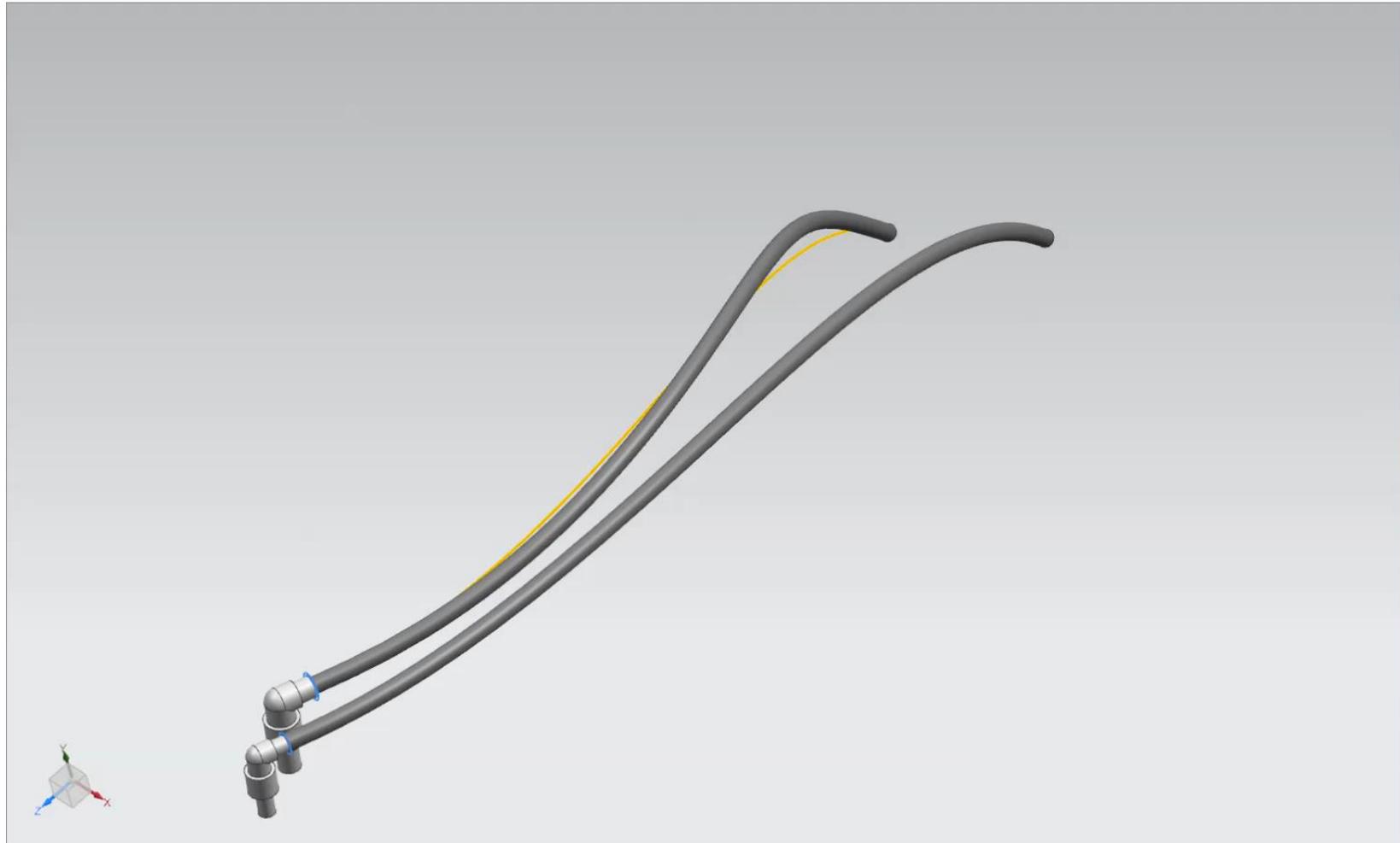
Simcenter Flexible Pipe für Elektrische Kabel & Kabelbäume



Materialeigenschaften und
Plastizität

Kontakt

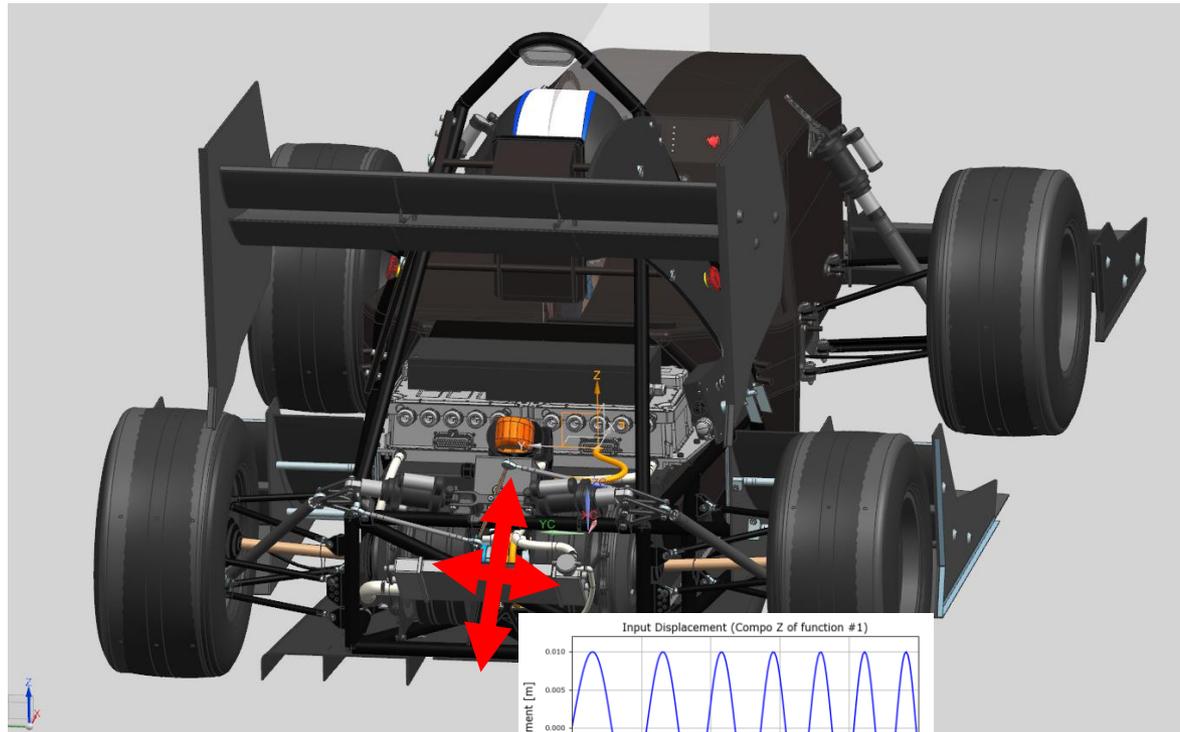
Kabelbaumsimulation



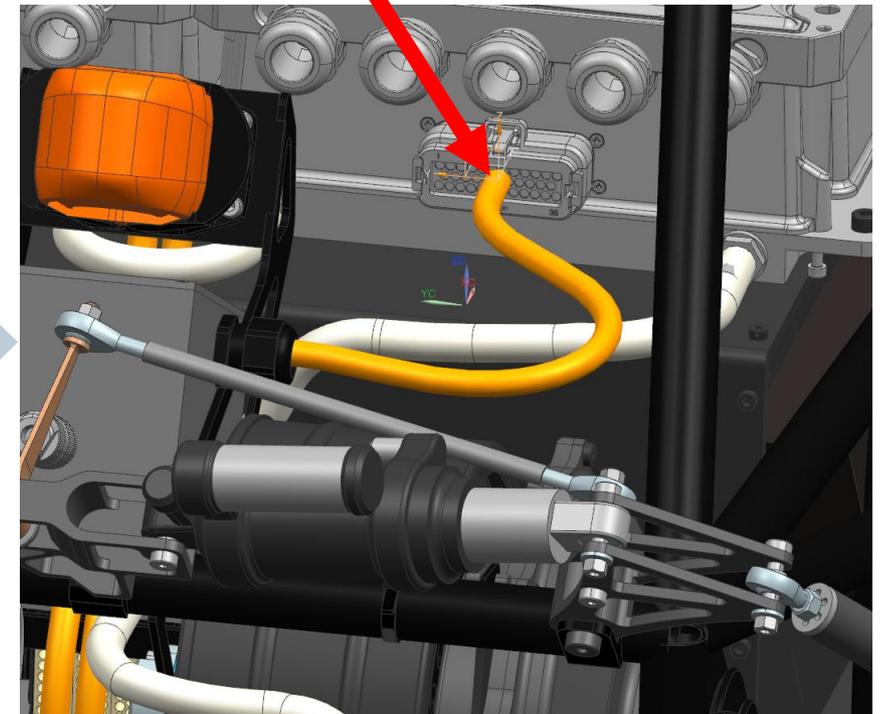
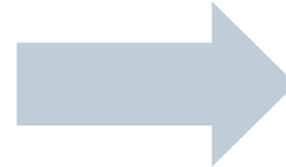
Beispiel einer dynamischen Simulation

Formula Student Rennwagen:

Untersuchung einer Datenleitung zwischen E-Motor und Steuergerät unter dynamischer Last (Hinterachsanregung Sinusprofil)

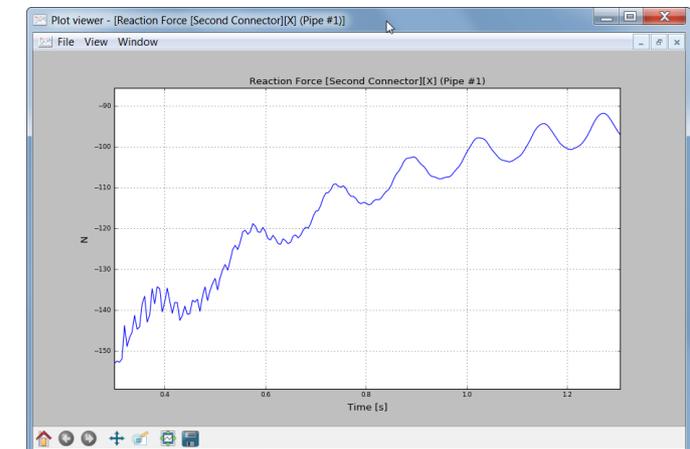
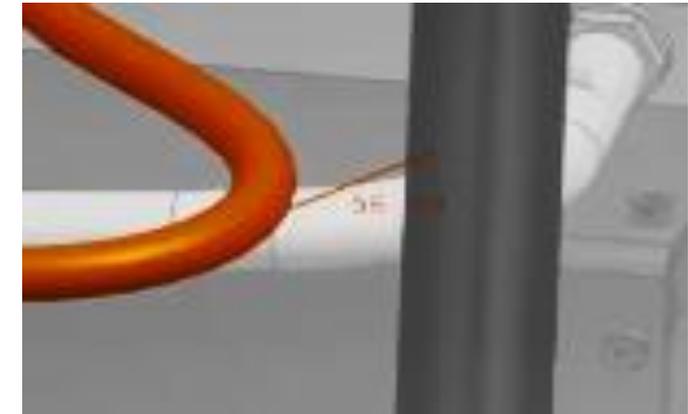
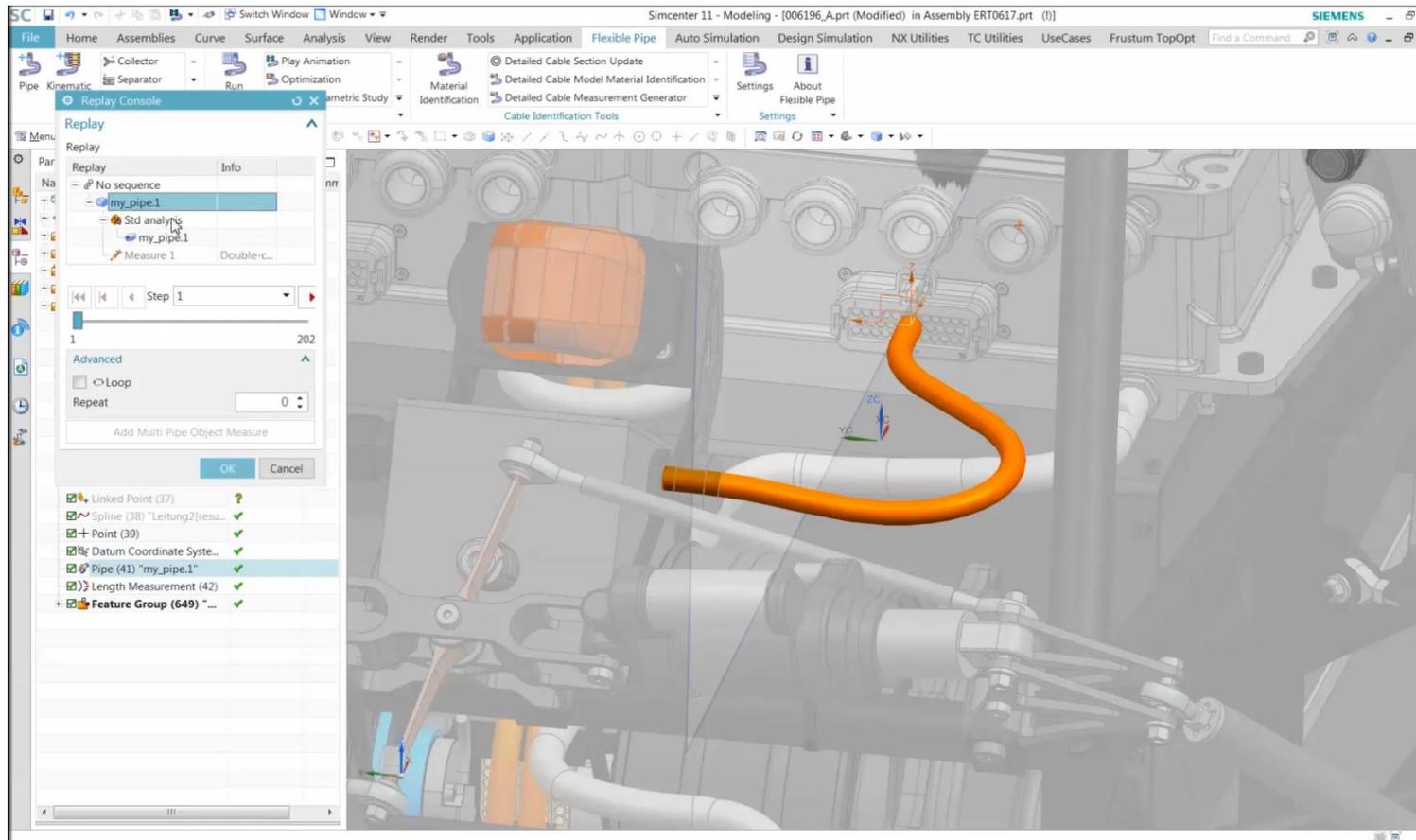


Reaktionskräfte?



Beispiel einer dynamischen Simulation

Animation der Ergebnisse mit Abstandsanzeige und Plotten der Reaktionskräfte am Stecker



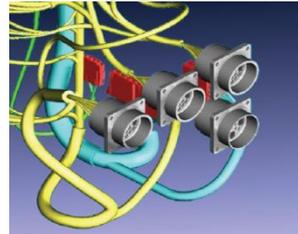
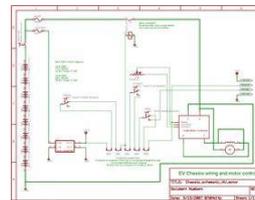
Simcenter Flexible Pipe für Elektrische Kabel & Kabelbäume

Materialeigenschaften und
Plastizität

Kontakt

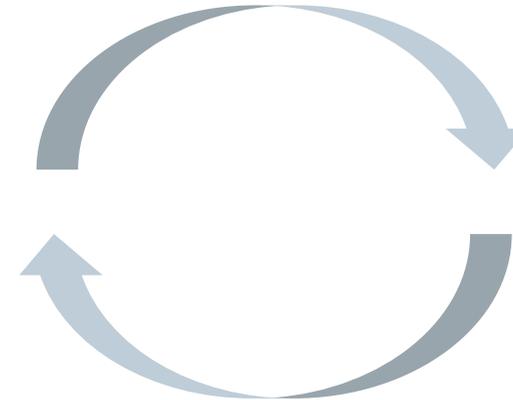
Kabelbaumsimulation

2D Logik
Diagramm



NX Routing

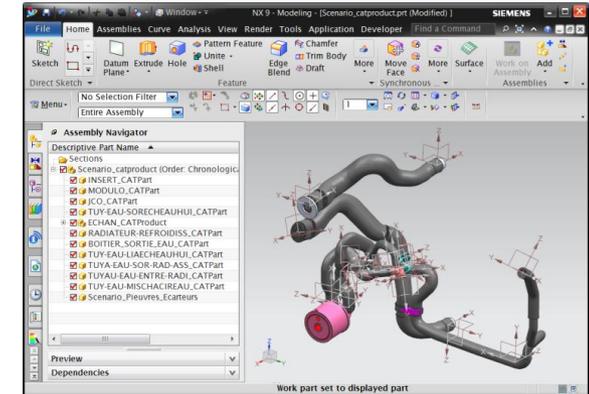
- Import der individuellen Eigenschaften
- Import der Verbindungen
→ Separatoren / Kollektoren



- 3D Design
- BOM
- Herstellungsinfo

- Neues Design
kompatibel mit
Routing-Bedingungen

Flexible Pipe



- Nichtlineare Montage
- Kollisions-Check
- Dynamische Analyse
- Optimierung

**Materialeigenschaften und
Plastizität**

Berücksichtigung des realen Verhaltens

Kontakt

Verhalten mehrerer Leitungen

Kabelbaumsimulation

**Komplexe Simulationen von Kabelbäumen
“Closed Loop Design”**

**Materialeigenschaften und
Plastizität**

Kontakt

Kabelbaumsimulation

Berücksichtigung von komplexen Querschnitten und aufwändigen Simulationen vermeiden in der frühen Entwicklungsphase von Kabeln und Kabelbäumen Schäden und Ausfälle.

- **Zeiteinsparung, von 10 Tagen auf 1 Tag**
- **Kosteneinsparung durch weniger Prototypen**
- **Abgesicherte Qualität**

Zusammenfassung Simcenter Flexible Pipe



Umfassende eigenständige Lösung zur dynamischen Simulation von

- Medien-durchströmten Schläuchen und Leitungen
- Kabel, Litzen und Kabelbäumen

Multi-Fidelity Digitaler Zwilling

Einfacher und effizienter Modellaufbau

Entwickelt mit und für anspruchsvolle Kunden



Vertikale Multi-Physics Applikation auf der Simcenter 3D Plattform

Natives NX-User Interface

Native Integration zu NX und Teamcenter

Benötigt keinerlei Dritt-Software



Q & A

YouTube: Simcenter 3D

www.siemens.com/plm/community/simcenter

Kontaktinformationen



Peter Trost
Simcenter Customer Support Germany

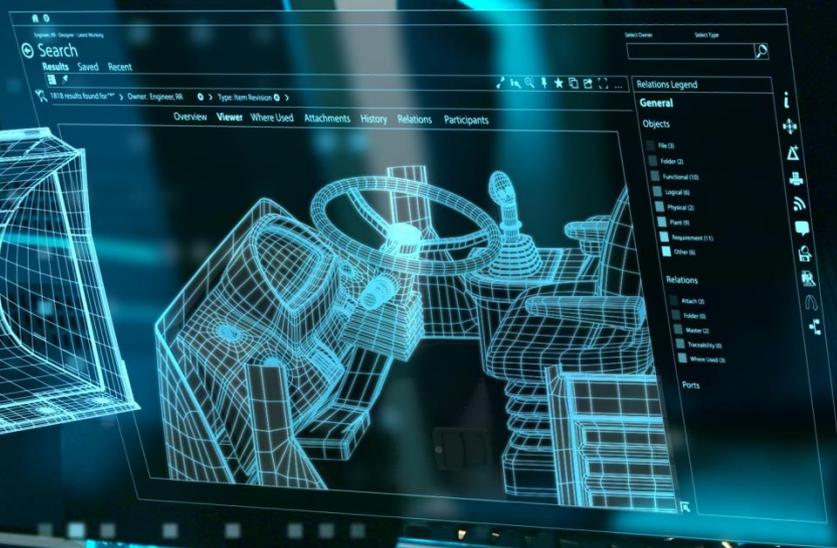
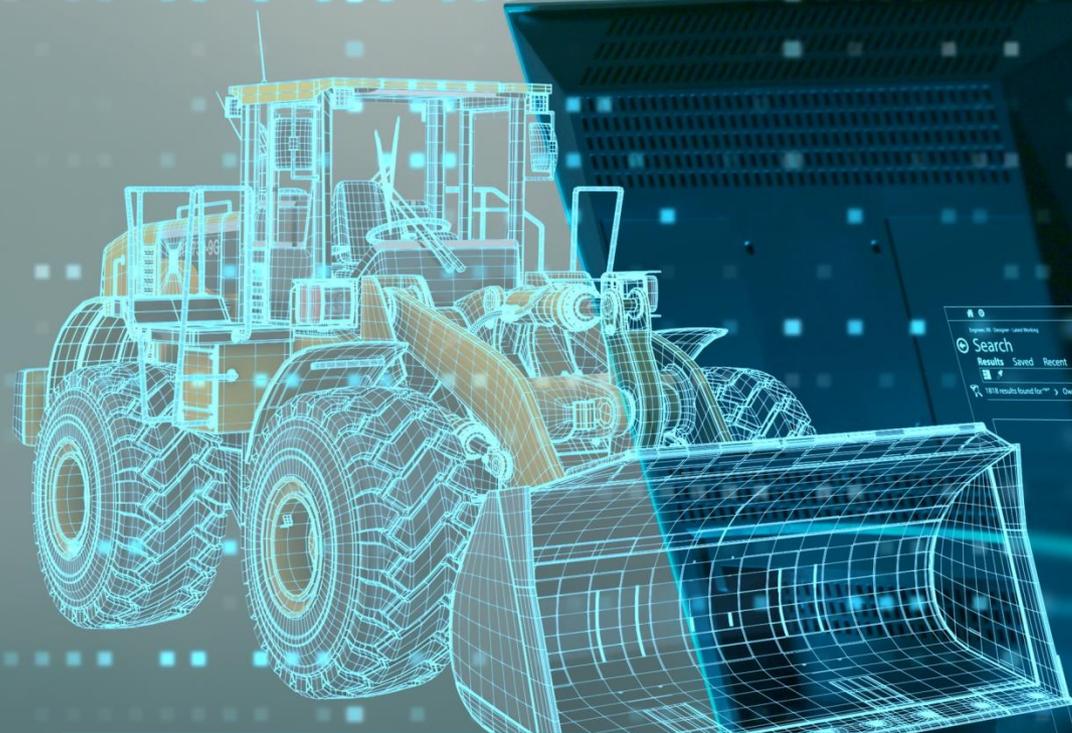
Siemens Industry Software GmbH
Weissacher Str. 11
70499 Stuttgart, Germany
Mobile: +49 (174) 993 6949
Peter.trost@siemens.com



Eckardt Niederauer
Portfolio Development 3D Simulation

Siemens Industry Software GmbH
Lyoner Str. 27
60528 Frankfurt am Main, Germany
Mobile: +49 (151) 14036064
eckardt.niederauer@siemens.com

SIEMENS
Ingenuity for life



Vielen Dank!