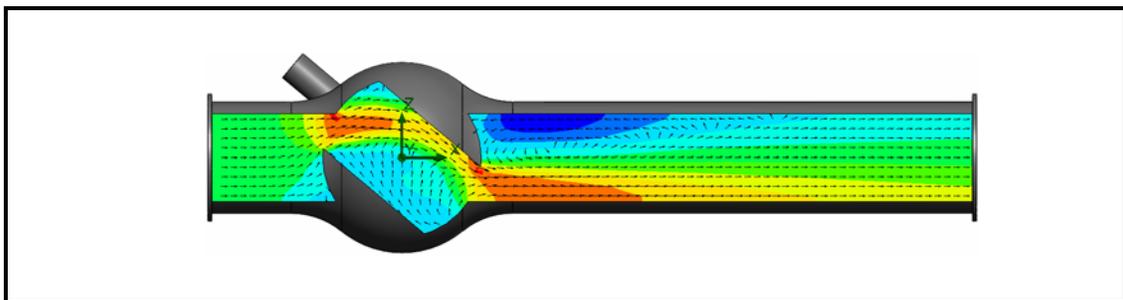


An Introduction to Flow Analysis Applications with SolidWorks Flow Simulation (Eine Einführung in Anwendungen der Strömungsanalyse mit SolidWorks Flow Simulation) Arbeitsbuch für Kursteilnehmer



© 1995 – 2010, Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, ein Unternehmen der Dassault Systèmes S.A.-Gruppe, 300 Baker Avenue, Concord, Mass. 01742, USA. Alle Rechte vorbehalten.

Die Informationen in diesem Dokument sowie die behandelte Software können ohne Ankündigung geändert werden und stellen keine Verpflichtungen seitens der Dassault Systèmes SolidWorks Corporation (DS SolidWorks) dar.

Es ist untersagt, Material ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung von DS SolidWorks in irgendeiner Form oder auf irgendeine Weise, elektronisch oder manuell, für welchen Zweck auch immer, zu vervielfältigen oder zu übertragen.

Die in diesem Dokument behandelte Software wird unter einer Lizenz ausgeliefert und darf nur in Übereinstimmung mit den Lizenzbedingungen verwendet und kopiert werden. Alle Gewährleistungen, die von DS SolidWorks in Bezug auf die Software und Dokumentation übernommen werden, sind im Lizenzvertrag festgelegt, und nichts, was in diesem Dokument aufgeführt oder durch dieses Dokument bzw. dessen Inhalt impliziert ist, darf als Modifizierung oder Änderung irgendwelcher Bedingungen (einschließlich Gewährleistungen) in diesem Lizenzvertrag betrachtet werden.

Patenthinweise

Die mechanische 3D CAD-Software von SolidWorks® ist durch die US-amerikanischen Patente 5.815.154, 6.219.049, 6.219.055, 6.611.725, 6.844.877, 6.898.560, 6.906.712, 7.079.990, 7.477.262, 7.558.705, 7.571.079, 7.590.497, 7.643.027, 7.672.822, 7.688.318, 7.694.238 und 7.853.940 sowie durch Patente anderer Länder (z. B. EP 1.116.190 und JP 3.517.643) geschützt.

Die Software eDrawings® ist durch die US-amerikanischen Patente 7.184.044 und 7.502.027 sowie das kanadische Patent 2.318.706 geschützt.

Weitere US-amerikanische Patente und Patente anderer Länder angemeldet.

Markenhinweise und Produktnamen für SolidWorks Produkte und Dienstleistungen

SolidWorks, 3D PartStream.NET, 3D ContentCentral, eDrawings und das eDrawings Logo sind eingetragene Marken und FeatureManager ist eine eingetragene Gemeinschaftsmarke von DS SolidWorks.

CircuitWorks, Feature Palette, FloXpress, PhotoWorks, TolAnalyst und XchangeWorks sind Marken von DS SolidWorks.

FeatureWorks ist eine eingetragene Marke von Geometric Software Solutions Ltd.

SolidWorks 2011, SolidWorks Enterprise PDM, SolidWorks Simulation, SolidWorks Flow Simulation und eDrawings Professional sind Produktnamen von DS SolidWorks.

Andere Marken- oder Produktbezeichnungen sind Marken oder eingetragene Marken der jeweiligen Eigentümer.

KOMMERZIELLE COMPUTER-SOFTWARE – EIGENTUMSRECHTE

Eingeschränkte Rechte der US-Regierung. Die Verwendung, Duplizierung oder Veröffentlichung durch die US-Regierung unterliegt den Beschränkungen gemäß der Definition in FAR 52.227-19 (Commercial Computer Software - Restricted Rights), DFARS 227.7202 (Commercial Computer Software and Commercial Computer Software Documentation) und im Lizenzabkommen, wie zutreffend.

Lieferant/Hersteller:

Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, 300 Baker Avenue, Concord, Massachusetts 01742, USA

Copyright-Vermerke für die Produkte SolidWorks Standard, Premium, Professional und Education

Teile dieser Software sind urheberrechtlich geschützt durch Siemens Product Lifecycle Management Software Inc., © 1986 – 2010. Alle Rechte vorbehalten.

Teile dieser Software sind urheberrechtlich geschützt durch Siemens Industry Software Limited, © 1986 – 2010. Alle Rechte vorbehalten.

Teile dieser Software sind urheberrechtlich geschützt durch Geometric Ltd., © 1998 – 2010.

Teile dieser Software sind urheberrechtlich geschützt durch Microsoft Corporation, © 1996 – 2010. Alle Rechte vorbehalten.

Teile dieser Software beinhalten PhysX™ und sind urheberrechtlich geschützt durch NVIDIA, © 2006 – 2010.

Teile dieser Software sind urheberrechtlich geschützt durch Luxology, Inc., © 2001 – 2010. Alle Rechte vorbehalten, Patente angemeldet.

Teile dieser Software sind urheberrechtlich geschützt durch DriveWorks Ltd., © 2007 – 2010.

Urheberrechtlich geschützt durch Adobe Systems Inc. und seinen Lizenzgebern, © 1984 – 2010. Alle Rechte vorbehalten.

Geschützt durch die US-amerikanischen Patente 5.929.866, 5.943.063, 6.289.364, 6.563.502, 6.639.593 und 6.754.382. Patente angemeldet.

Adobe, das Adobe Logo, Acrobat, das Adobe PDF Logo, Distiller und Reader sind eingetragene Marken oder Marken von Adobe Systems Inc. in den USA und/oder anderen Ländern. Weitere Copyright-Informationen finden Sie in SolidWorks unter **Hilfe > SolidWorks Info**.

Copyright-Vermerke für SolidWorks Simulation Produkte

Teile dieser Software sind urheberrechtlich geschützt durch die Solversoft Corporation, © 2008.

PCGLSS © 1992 – 2007, Computational Applications and System Integration, Inc. Alle Rechte vorbehalten.

Copyright-Vermerke für das Produkt Enterprise PDM
Outside In® Viewer Technology ist urheberrechtlich geschützt durch Oracle, © 1992 – 2010.

© Copyright 1995 – 2010, Oracle. Alle Rechte vorbehalten.

Teile dieser Software sind urheberrechtlich geschützt durch Microsoft Corporation, © 1996 – 2010. Alle Rechte vorbehalten.

Copyright-Vermerke für eDrawings Produkte

Teile dieser Software sind urheberrechtlich geschützt durch Tech Soft 3D, © 2000 – 2010.

Teile dieser Software sind urheberrechtlich geschützt durch Jean-Loup Gailly und Mark Adler, © 1995 – 1998.

Teile dieser Software sind urheberrechtlich geschützt durch 3Dconnexion, © 1998 – 2001.

Teile dieser Software sind urheberrechtlich geschützt durch Open Design Alliance, © 1998 – 2010. Alle Rechte vorbehalten.

Teile dieser Software sind urheberrechtlich geschützt durch Spatial Corporation, © 1995 – 2009.

Diese Software basiert zum Teil auf der Arbeit der Independent JPEG Group.

Zu diesem Kurs

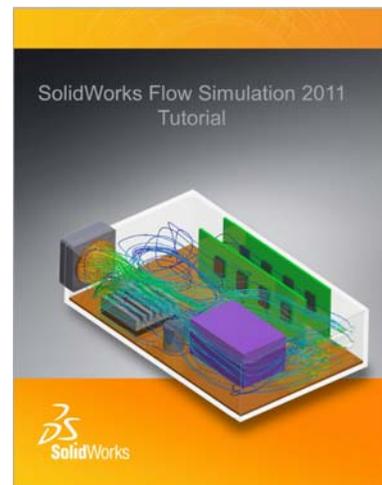
Der Kurs *Einführung in Anwendungen der Strömungsanalyse mit SolidWorks Flow Simulation* und das Begleitmaterial sollen Ihnen helfen, die Verwendung von SolidWorks Flow Simulation in einem schulischen Umfeld zu erlernen.

Online-Lehrbücher

Der Kurs *Einführung in Anwendungen der Strömungsanalyse mit SolidWorks Flow Simulation* stellt eine Begleitdokumentation dar und wird durch die SolidWorks Flow Simulation Online-Lehrbücher ergänzt.

Zugriff auf die Lehrbücher

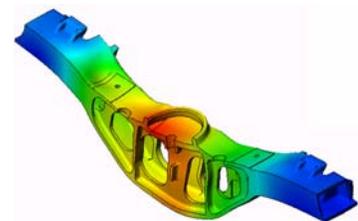
Um die Online-Lehrbücher zu starten, klicken Sie auf **Help, SolidWorks Simulation, Flow Simulation Online Tutorial** (Hilfe, SolidWorks Simulation, Flow Simulation-Online-Lehrbuch). Dadurch wird ein Flow Simulation-Lehrbuchdokument geöffnet.



SolidWorks Simulation Produktreihe

Dieser Kurs konzentriert sich auf die Einführung in die dynamische Analyse von Starrkörpern mit SolidWorks Motion Simulation. Die vollständige Produktreihe deckt jedoch noch weitere wichtige Analysebereiche ab. In den folgenden Abschnitten werden alle SolidWorks Simulation Pakete und Module kurz vorgestellt.

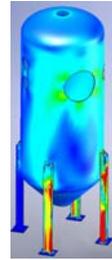
Mit statischen Studien können lineare Spannungsanalysen von Teilen und Baugruppen ausgeführt werden, die statischen Lasten ausgesetzt sind. Dieser Studientyp liefert z. B. Antworten auf folgende typische Fragen:
Hält das Teil den normalen Betriebslasten stand?
Ist das Modell überdimensioniert?
Kann der Sicherheitsfaktor durch Konstruktionsänderungen erhöht werden?



Durch Knickstudien kann die Leistung von dünnen Teilen unter Stauchung analysiert werden. Dieser Studientyp liefert z. B. Antworten auf folgende typische Fragen:

Die Standfüße des Kessels halten den Fließkräften stand. Sind sie jedoch auch stark genug ausgelegt, um bei einem Stabilitätsverlust nicht zu versagen?

Kann mit Änderungen an der Konstruktion die Stabilität der dünnen Komponenten in der Baugruppe sichergestellt werden?



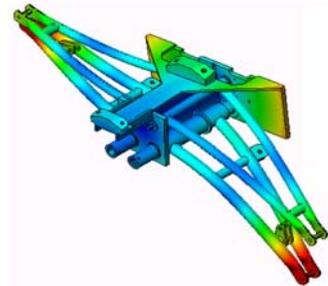
Mit Frequenzstudien können die Eigenschwingungen und -frequenzen analysiert werden. Eine solche Analyse ist nicht nur in der allgemeinen Konstruktion, sondern auch bei vielen statisch oder dynamisch belasteten Komponenten wichtig.

Dieser Studientyp liefert z. B. Antworten auf folgende typische Fragen:

Schwingt das Teil unter den normalen Betriebslasten?

Eignen sich die Komponenten aufgrund ihrer Schwingungseigenschaften für die vorgesehene Anwendung?

Können die Schwingungseigenschaften durch Konstruktionsänderungen verbessert werden?



Mit thermischen Studien kann die Wärmeübertragung aufgrund von Leitung, Konvektion und Strahlung analysiert werden. Dieser Studientyp liefert z. B. Antworten auf folgende typische Fragen:

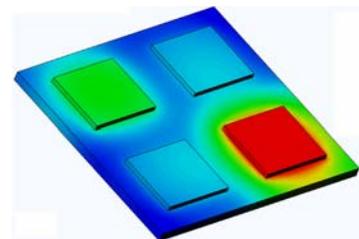
Haben die Temperaturänderungen Auswirkung auf das Modell?

Wie verhält sich das Modell in einer Betriebsumgebung mit Temperaturschwankungen?

Wie lange dauert es, bis das Modell abkühlt oder überhitzt?

Führen Temperaturänderungen zur einer Ausdehnung des Modells?

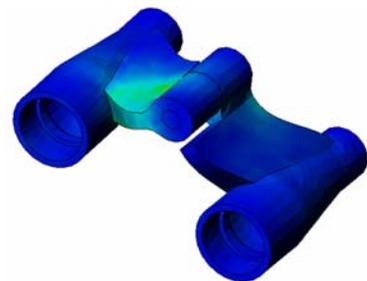
Führen die durch die Temperaturänderung verursachten Spannungen zum Versagen des Produkts? (Zur Beantwortung dieser Frage wird in der Regel eine Kombination aus statischen und thermischen Studien durchgeführt.)



Mit Fallprüfungsstudien wird die Belastung von beweglichen Teilen oder Baugruppen beim Aufprall auf ein Hindernis analysiert. Dieser Studientyp liefert z. B. Antworten auf folgende typische Fragen:

Was passiert, wenn das Produkt während des Transports nicht ordnungsgemäß behandelt oder fallen gelassen wird?

Wie verhält sich das Produkt beim Aufprall auf einen harten Holzfußboden, einen Teppichboden oder einen Betonboden?



Optimierungsstudien werden verwendet, um die Ausgangskonstruktion auf der Grundlage ausgewählter Kriterien, wie z. B. maximale Spannung, Gewicht, optimale Frequenz usw., zu verbessern (optimieren). Dieser Studientyp liefert z. B. Antworten auf folgende typische Fragen:

Kann die Form des Modells unter Beibehaltung des Entwurfsplans geändert werden?

Kann die Konstruktion leichter, kleiner oder kostengünstiger gemacht werden, ohne dass sich dies auf die Leistungsfähigkeit auswirkt?

Mit Ermüdungsstudien kann die Beständigkeit von Teilen und Baugruppen analysiert werden, die über längere Zeiträume wiederholt belastet werden. Dieser Studientyp liefert z. B. Antworten auf folgende typische Fragen:
Kann die Lebensdauer des Produkts genau bestimmt werden?
Lässt sich die Lebensdauer des Produkts durch Änderungen an der aktuellen Konstruktion verlängern?
Hält das Modell Kraft- oder Temperaturschwankungen über längere Zeiträume stand?

Können Konstruktionsänderungen zu einer Minimierung der durch Kraft- oder Temperaturschwankungen verursachten Schäden beitragen?

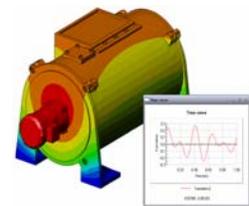
Mit nichtlinearen Studien kann die Spannung in Teilen oder Baugruppen analysiert werden, die extremen Belastungen und/oder großen Verformungen unterliegen. Dieser Studientyp liefert z. B. Antworten auf folgende typische Fragen:

Funktionieren Teile aus Gummi (wie z. B. O-Ringe) wie erwartet unter der gegebenen Belastung?

Kommt es unter den normalen Betriebsbedingungen zu einer übermäßigen Durchbiegung des Modells?

Mit dynamischen Studien werden Objekte analysiert, die zeitabhängigen Lasten unterliegen. Typische Beispiele dafür sind Fahrzeugkomponenten, die Stoßbeanspruchungen unterliegen, Turbinen, die Schwingungskräften unterliegen, Flugzeugkomponenten, die zufällig einwirkenden Kräften unterliegen, usw. Sowohl lineare (kleine strukturelle Verformungen, Grundmaterialmodelle) als auch nichtlineare Analysen (große strukturelle Verformungen, extreme Belastungen und erweiterte Modelle) stehen hier zur Verfügung. Dieser Studientyp liefert z. B. Antworten auf folgende typische Fragen:

Halten die Aufhängungen der Stoßbeanspruchung stand, wenn das Fahrzeug durch ein großes Schlagloch in der Straße fährt? Wie groß ist die Verformung unter diesen Umständen?



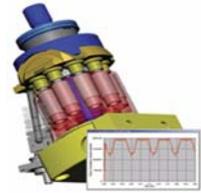
Mit Motion Simulation kann das kinematische und dynamische Verhalten von Mechanismen analysiert werden. Die Verbindungs- und Trägheitskräfte können anschließend in SolidWorks Simulation Studien übertragen werden, um die Spannungsanalyse durchzuführen. Dieses Modul liefert z. B. Antworten auf folgende typische Fragen:

Welche Größe muss der Motor oder Antrieb für die Konstruktion haben?

Ist die Konstruktion der Verknüpfungs-, Zahnrad- oder Riegelmechanismen optimal?

Welche Verschiebungen, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen haben die Mechanismuskomponenten?

Ist der Mechanismus effizient? Kann sie verbessert werden?



Mit dem Modul für Verbundstoffe können Strukturen aus Schichtverbundstoffen simuliert werden.

Dieses Modul liefert z. B. Antworten auf folgende typische Fragen:

Versagt das Verbundstoffmodell unter der gegebenen Belastung?

Kann die Struktur mithilfe von Verbundstoffmaterialien leichter gemacht werden, ohne dass dadurch die Festigkeit und Sicherheit beeinträchtigt werden?

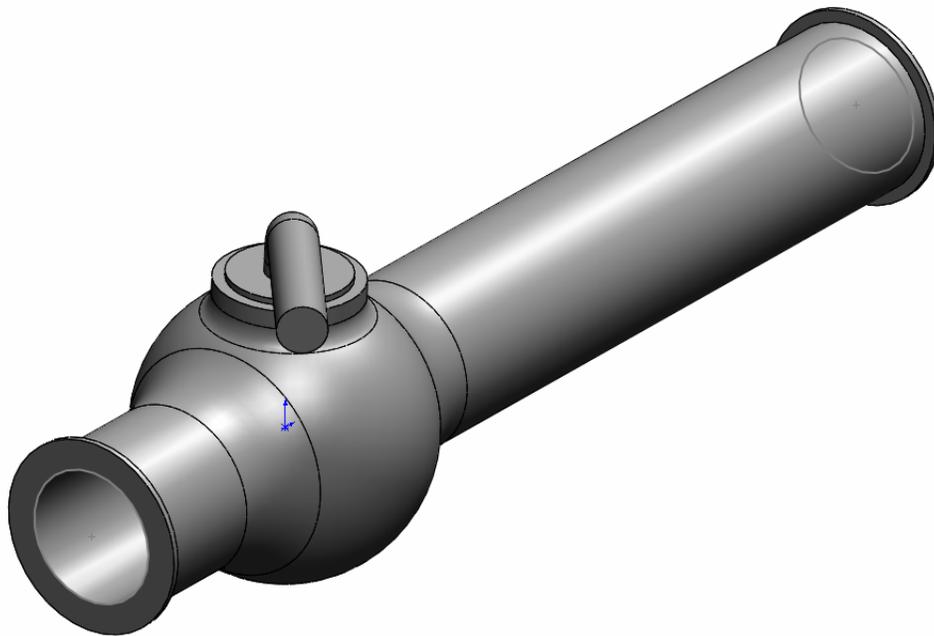
Lösen sich die Schichten des Schichtverbunds allmählich auf?



Grundlegende Funktionen von SolidWorks Flow Simulation

Ziele dieser Lektion

Nach erfolgreichem Abschluss dieser Lektion werden Sie in der Lage sein, die grundlegenden Funktionen von SolidWorks Flow Simulation zu verstehen und eine hydraulische Analyse des nachfolgend abgebildeten Teils durchzuführen.



Aktive Lernübung – Bestimmung des hydraulischen Druckverlusts

Verwenden Sie SolidWorks Flow Simulation zur Durchführung einer internen Fluidströmungsanalyse des rechts abgebildeten Teils `Valve.SLDPRT`.

Die schrittweise Anleitung ist nachfolgend beschrieben.

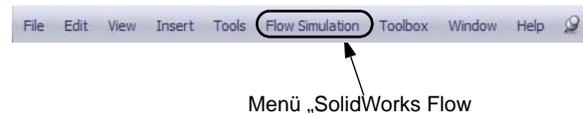


Öffnen des Dokuments `Valve.SLDPRT`

- 1 Klicken Sie auf **File, Open** (Datei, Öffnen). Navigieren Sie im Dialogfeld **Open** (Öffnen) zum Teil `Valve.SLDPRT`, das sich im entsprechenden Unterordner des Ordners `SolidWorks Curriculum_and_Courseware_2011` befindet, und klicken Sie auf **Open** (Öffnen) (oder doppelklicken Sie auf das Teil).

Überprüfen des Menüs „SolidWorks Flow Simulation“

Wenn SolidWorks Flow Simulation ordnungsgemäß installiert ist, wird das Menü **Flow Simulation** in der Menüleiste von SolidWorks angezeigt. Andernfalls verfahren Sie wie folgt:

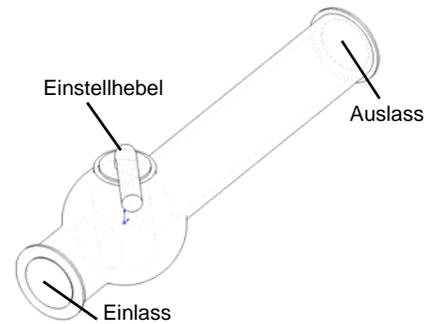


- 1 Klicken Sie auf **Tools, Add-Ins** (Extras, Zusatzanwendungen). Das Dialogfeld **Add-Ins** (Zusatzanwendungen) wird angezeigt.
- 2 Aktivieren Sie die Kontrollkästchen neben **SolidWorks Flow Simulation**. Wenn SolidWorks Flow Simulation nicht in der Liste aufgeführt ist, müssen Sie dieses Programm zuerst installieren.
- 3 Klicken Sie auf **OK**. Das Menü **Flow Simulation** (Strömungssimulation) wird in der Menüleiste von SolidWorks angezeigt.

Modellbeschreibung

Es handelt sich um ein Kugelventil. Mit dem Einstellhebel wird das Ventil geöffnet oder geschlossen.

Der hydraulische Druckverlust (oder Widerstand), der von einem in einem Rohrleitungssystem eingebauten Kugelventil verursacht wird, hängt von den Ventilabmessungen und der Stellung des Einstellhebels ab. Das Verhältnis von Kugel- zu Rohrdurchmesser bestimmt den Winkel des Einstellhebels, bei dem das Ventil geschlossen wird.



Standardmäßig wird der hydraulische Widerstand eines Hindernisses im Rohr (in diesem Fall ist der Widerstand ein Ventil) wie folgt definiert: Differenz aus dem Gesamtdruck vor und hinter dem Hindernis (wo die Strömung nicht vom Hindernis beeinträchtigt wird) dividiert durch die dynamische Druckhöhe des einströmenden Fluids, wobei der hydraulische Widerstand aufgrund der Reibung im Rohrabschnitt von der dynamischen Druckhöhe subtrahiert wird.

In diesem Beispiel ermitteln wir den lokalen hydraulischen Widerstand des Kugelventils, dessen Einstellhebel auf 40° gedreht ist. Die Ventilanalyse stellt eine typische interne SolidWorks Flow Simulation-Analyse dar.

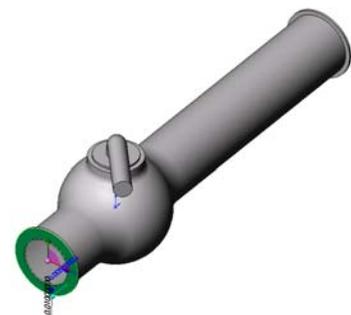
Hinweis: Bei internen Strömungsanalysen treten Fluide am Einlass in das Modell ein, und am Auslass wieder aus. Bei Analysen der natürlichen Konvektion, die möglicherweise keine Öffnungen umfassen, handelt es sich dagegen nicht um interne Strömungsanalysen.

Damit eine interne Analyse vorgenommen werden kann, müssen alle Modellöffnungen mit Deckeln geschlossen werden. Die Deckel werden benötigt, um Einlass- und Auslassströmungs-Randbedingungen für die Öffnungen festzulegen. Der mit einem Fluid gefüllte interne Modellraum muss in jedem Fall vollständig abgeschlossen sein. Die Deckel stellen einfach zusätzliche Extrusionen dar, die die Öffnungen abdecken. Die Deckel können manuell und automatisch erstellt werden. Unter werden beide Verfahren angegeben.

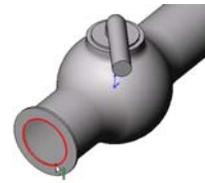
Manuelles Erstellen von Deckeln

So erstellen Sie einen Einlassdeckel:

- 1 Wählen Sie die Fläche wie in der Abbildung gezeigt.
- 2 Klicken Sie in der Skizzieren-Symbolleiste auf **Sketch** (Skizzieren) .

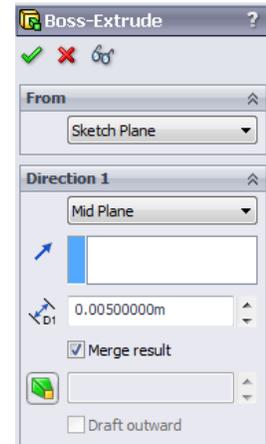


- 3 Wählen Sie die innere Kante des Rohrs.
- 4 Klicken Sie in der Skizzieren-Symbolleiste auf das Symbol für **Elemente konvertieren** . Klicken Sie im PropertyManager **Convert Entities** (Elemente konvertieren) auf , nachdem das Element konvertiert wurde.



- 5 Klicken Sie oben rechts im Grafikfenster im Bestätigungs-Eckfeld für die Skizze auf **OK** , um die Skizze fertig zu stellen.

- 6 Klicken Sie in der Features-Symbolleiste auf das Symbol für **Extruded Boss/Base** (Linear ausgetragener Aufsatz) .



- 7 Ändern Sie im PropertyManager **Extrude** Feature (Linear austragen) die Einstellungen wie in der Abbildung gezeigt.

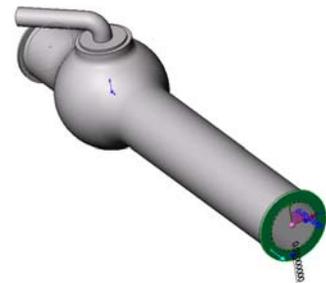
- **Endbedingung = Mid Plane** (Mittig)
- **Tiefe = 0,005 m**

- 8 Klicken Sie auf , um den Einlassdeckel zu erstellen.

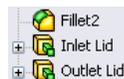
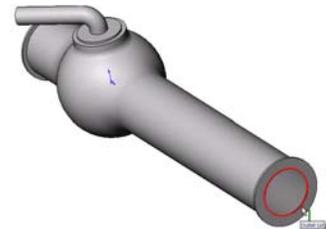
Auf gleiche Weise wird nun der Auslassdeckel erstellt.

Erstellen eines Auslassdeckels

- 1 Wählen Sie die Fläche wie in der Abbildung gezeigt.
- 2 Klicken Sie in der Skizzieren-Symbolleiste auf **Sketch** (Skizzieren) .



- 3 Wählen Sie die innere Kante des Rohrs.
- 4 Wiederholen Sie die Schritte 3 bis 8, um den Deckel für den Auslass zu erstellen.
- 5 Benennen Sie die neuen Austragungen **Extrude1** (Linear austragen1) und **Extrude2** (Linear austragen2) in **Inlet Lid** (Einlassdeckel) und **Outlet Lid** (Auslassdeckel) um.

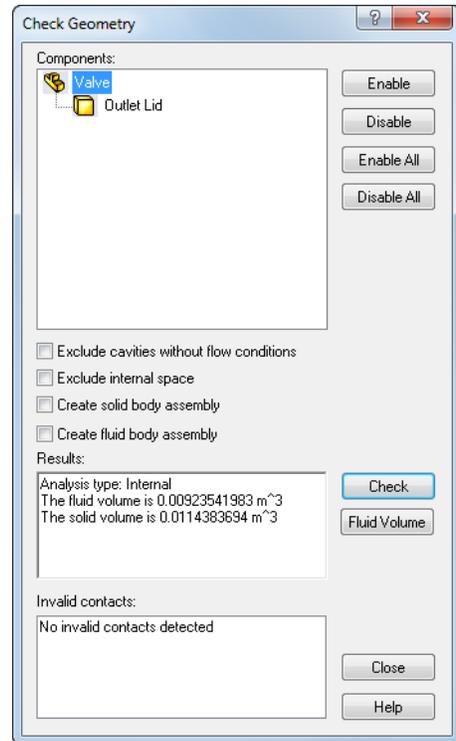


Sind Sie sich nicht sicher, dass die Deckel korrekt erstellt wurden? Dann können Sie einfach mit SolidWorks Flow Simulation das Modell auf mögliche Geometrie Probleme prüfen.

Prüfen der Geometrie

- 1 Um sicher zu stellen, dass das Modell vollständig geschlossen ist, klicken Sie auf **Flow Simulation, Tools, Check Geometry** (Flow Simulation, Extras, Geometrie prüfen).
- 2 Klicken Sie auf **Check** (Prüfen), um das Fluidvolumen des Modells zu berechnen. Bei einem Fluidvolumen von 0 ist das Modell nicht korrekt geschlossen.

Hinweis: Mit dem Werkzeug **Check Geometry** (Geometrie prüfen) können Sie den Gesamtwert für Fluid- und Hohlraumvolumen berechnen, Körper auf mögliche Geometrie Probleme prüfen (d. h. Tangentenberührung) und den Fluidbereich sowie den Volumenkörper als separate Modelle darstellen.



Automatisches Erstellen von Deckeln

Im vorherigen Schritt wurde die manuelle Deckelerstellung gezeigt. Mit dem nächsten Schritt üben Sie das automatische Erstellen eines Deckels mittels SolidWorks Flow Simulation. Wenn mehrere Deckel zum Abschließen des internen Volumens erforderlich sind, kann mit dieser Funktion viel Zeit gespart werden.

Löschen manuell erstellter Deckel

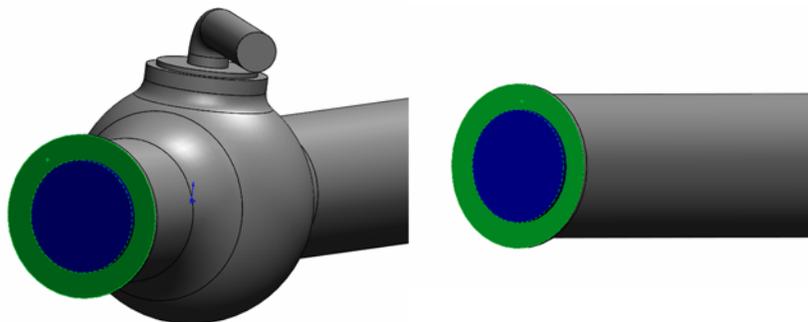
Löschen Sie die Features Inlet Lid (Einlassdeckel) und Outlet Lid (Auslassdeckel).

Erstellen von Einlass- und Auslassdeckel

- 1 Klicken Sie auf **Flow Simulation, Tools, Create Lids** (Flow Simulation, Extras, Deckel erstellen). Das Dialogfeld **Create Lids** (Deckel erstellen) wird eingeblendet.

- 2 Wählen Sie die Einlass- und Auslassfläche aus (siehe Abbildung).

- 3 Klicken Sie auf , um die Deckeldefinition abzuschließen.



- Benennen Sie die neu erstellen Features LID1 (DECKEL1) und LID2 (DECKEL2) in Inlet Lid (Einlassdeckel) und Outlet Lid (Auslassdeckel) um.

Hinweis: Im Baugruppenmodus stellt jeder neu erstellte Deckel ein neues Teil dar, das im Baugruppenordner gespeichert wird.

Der erste Schritt bei einer Strömungsanalyse ist das Erstellen eines SolidWorks Flow Simulation-Projekts.

Erstellen eines Projekts

- Klicken Sie auf **Flow Simulation, Project, Wizard** (Flow Simulation, Projekt, Assistent). Der Projektassistent führt Sie durch die Definition eines neuen SolidWorks Flow Simulation-Projekts.

- Klicken Sie im Dialogfeld **Project Configuration** (Projektkonfiguration) auf **Use current** (40 degrees).

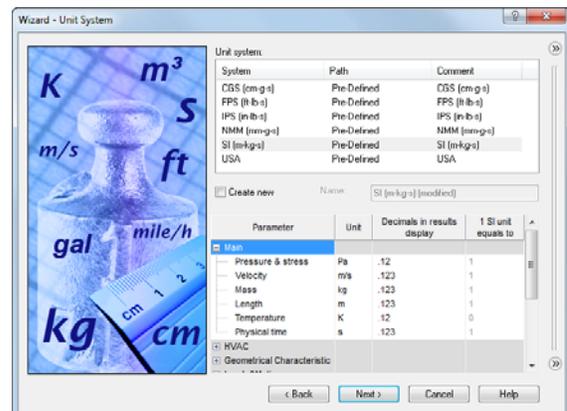
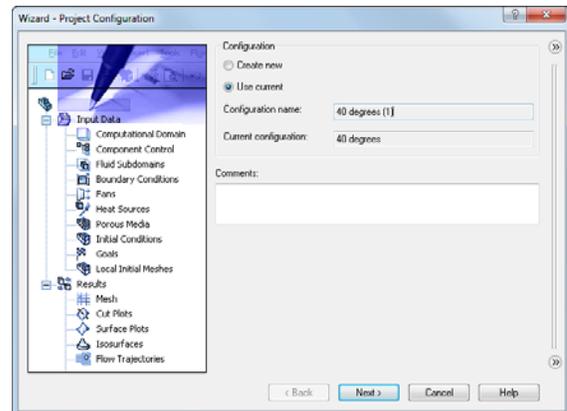
Zum jedem SolidWorks Flow Simulation-Projekt gehört eine SolidWorks-Konfiguration. Sie können das Projekt der aktuellen SolidWorks-Konfiguration hinzufügen oder eine neue SolidWorks-Konfiguration auf der Grundlage der aktuellen Konfiguration erstellen.

Klicken Sie auf **Next** (Weiter).

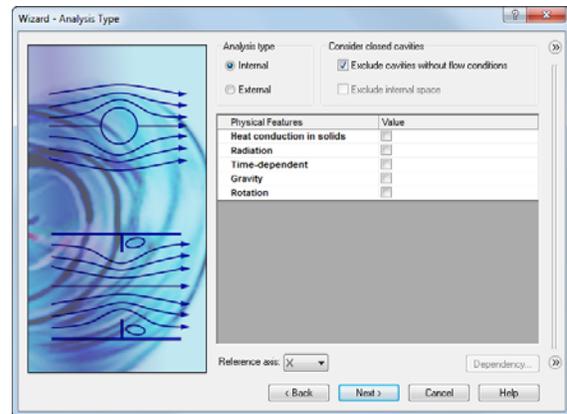
- Im Dialogfeld **Unit System** (Einheitensystem) können Sie das gewünschte Einheitensystem für Eingaben und Ausgaben (Ergebnisse) wählen.

Für dieses Projekt übernehmen wir die Standardeinstellung **SI** (Internationales System).

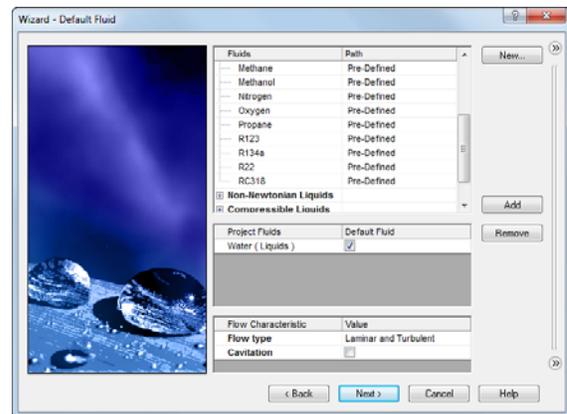
Klicken Sie auf **Next** (Weiter).



- 4 Im Dialogfeld **Analysis Type** (Analysetyp) können Sie den Strömungsanalysetyp **Internal** (Intern) oder **External** (Extern) wählen. In diesem Dialogfeld können Sie auch weitere zu berücksichtigende physikalische Eigenschaften definieren: Wärmeübertragung in Festkörpern, Wärmestrahlung des Typs „Fläche-zu-Fläche“, zeitabhängige Effekte, Schwerkraft und Rotation. Gegen Sie den Typ **Internal** (Intern) an, und übernehmen Sie für die anderen Einstellungen die entsprechenden Standardwerte. Klicken Sie auf **Next** (Weiter).



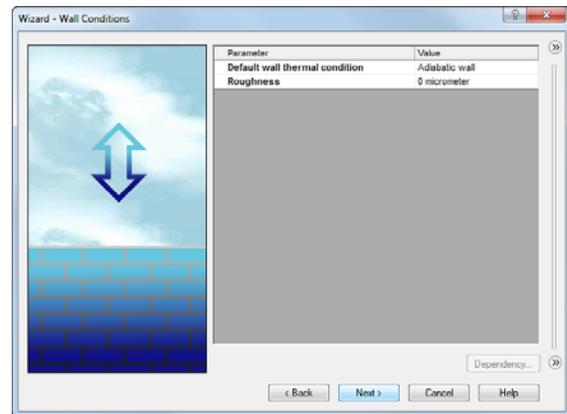
- 5 Im Dialogfeld **Default Fluid** (Standardfluid) können Sie den Fluidtyp auswählen. Der ausgewählte Fluidtyp wird standardmäßig allen Fluiden in der Analyse zugewiesen. Klicken Sie auf **Liquids** (Flüssigkeiten), und doppelklicken Sie dann auf das Element **Water** (Wasser) in der Liste **Liquids** (Flüssigkeiten). Lassen Sie die Standardwerte unter **Flow Characteristics** (Strömungseigenschaften) unverändert, und klicken Sie auf **Next** (Weiter).



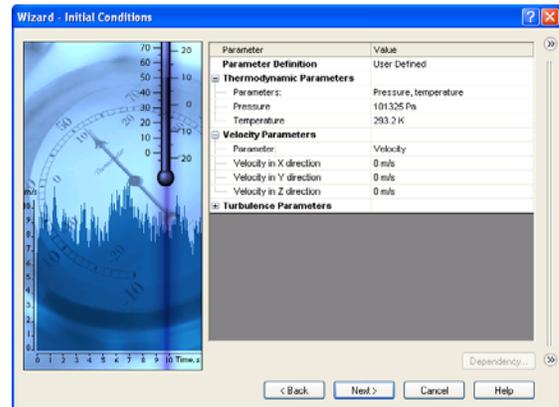
Hinweis: Die SolidWorks Flow Simulation **Engineering Database** (Technische Datenbank) enthält die physikalischen Eigenschaften von vordefinierten und benutzerdefinierten Gasen, realen Gasen, inkompressiblen Flüssigkeiten, nicht-Newtonschen Flüssigkeiten, kompressiblen Flüssigkeiten, Feststoffsubstanzen und porösen Materialien. Die technische Datenbank enthält die konstanten Werte und Tabellenwerte für die Temperatur- und Druckabhängigkeit von verschiedenen physikalischen Parametern.

Die Datenbank umfasst auch Einheitensysteme, Werte für den thermischen Kontaktwiderstand von verschiedenen Feststoffen, Eigenschaften von Strahlungsflächen sowie die physikalischen Eigenschaften von bestimmten technischen Komponenten wie Lüftern, Kühlkörpern und thermoelektrischen Kühlelementen. Sie können auf einfache Weise Ihre eigenen Substanzen, Einheiten und Lüfterkurven erstellen oder einen Parameter festlegen, der visualisiert werden soll.

- 6 Im Dialogfeld **Wall Conditions** (Wandbedingungen) können Sie einen Wert für die Wandrauheit sowie die thermische Wandbedingung angeben. Dieses Projekt umfasst keine rauen Wände und keine Wärmeleitung durch Wände, sodass die Standardeinstellungen beibehalten werden können. Klicken Sie auf **Next** (Weiter).

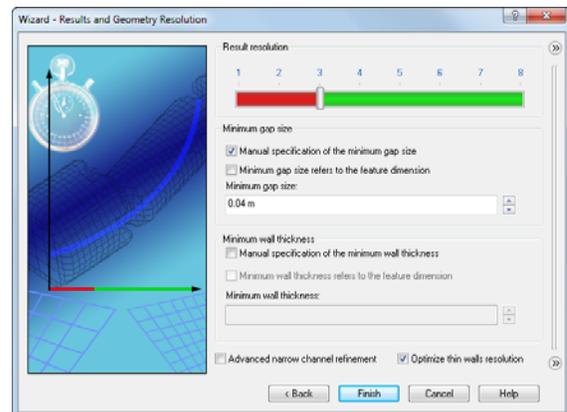


- 7 Geben Sie im Dialogfeld **Initial Conditions** (Anfangsbedingungen) die Anfangswerte der Strömungsparameter an. Je genauer die angegebenen Werte bei internen stationären Problemen dem erwarteten Strömungsfeld entsprechen, desto kürzer wird die Analysezeit sein. Verwenden Sie für dieses Projekt die Standardeinstellungen. Klicken Sie auf **Next** (Weiter).



Hinweis: Bei stationären Strömungsproblemen führt SolidWorks Flow Simulation solange Iterationen aus, bis die Lösung konvergiert. Bei nicht stationären (transienten bzw. zeitabhängigen) Problemen wird die Simulation mit der von Ihnen angegebenen Dauer ausgeführt.

- 8 Im Dialogfeld **Results and Geometry Resolution** (Ergebnisse und Geometrieauflösung) können Sie die Analysegenauigkeit einstellen. Sie können auch die Vernetzungseinstellungen, welche die benötigten Computerressourcen (CPU-Zeit und Speicherbedarf) bestimmen, vornehmen. Bei diesem Projekt behalten Sie den Standardwert **3** für **Result resolution** (Ergebnisauflösung) bei.



Der Wert für **Result resolution** bestimmt die Lösungsgenauigkeit, die als Auflösung der Berechnungsergebnisse interpretiert werden kann. Sie geben eine Ergebnisauflösung entsprechend der gewünschten Lösungsgenauigkeit, der verfügbaren CPU-Rechenzeit und des Computerspeichers an. Da sich diese Einstellung auf die Anzahl der erzeugten Netzzellen auswirkt, ist für eine genauere Lösung mehr CPU-Rechenzeit und mehr Computerspeicher erforderlich.

Die **Geometry Resolution** (Geometrieauflösung) wird durch die Werte für **Minimum gap size** (Mindestabstandsgröße) und **Minimum wall thickness** (Minimale Wanddicke) bestimmt und sorgt für die korrekte Auflösung der geometrischen Modellfeatures durch das Berechnungsnetz. Eine höhere Geometrieauflösung erfordert mehr Computerressourcen.

Aktivieren Sie das Kontrollkästchen **Manual specification of the minimum gap size** (Manuelle Angabe der Mindestabstandsgröße), und geben Sie **0,04 m** als kleinsten Strömungsdurchlass an.



Hinweis: Die Standard-Mindestabstandsgröße und Mindestwanddicke wird anhand der Modellgesamtabmessungen, der Berechnungsdomäne und der Flächen, für die Sie Bedingungen und Ziele festlegen, berechnet. Diese Daten reichen jedoch möglicherweise nicht aus, um relativ kleine Abstände und dünne Modellwände zu erkennen. In diesem Fall sind die Ergebnisse inkorrekt, und die Werte für Mindestabstandsgröße und Mindestwanddicke müssen manuell angegeben werden.

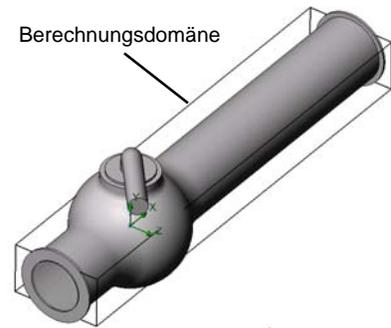
Klicken Sie auf **Finish** (Fertig stellen).

Baumstruktur von SolidWorks Flow Simulation

Nachdem das Basisteil des Projekts erstellt wurde, wird rechts auf der Registerkarte „ConfigurationManager“ eine neue SolidWorks Flow Simulation-Baumstruktur-Registerkarte  angezeigt.

Hinweis: Die SolidWorks Flow Simulation-Baumstruktur ermöglicht eine einfache Festlegung der Projektdaten und Anzeige der Ergebnisse. Mithilfe dieser Baumstruktur können Sie auch SolidWorks Flow Simulation-Features ändern oder löschen.

Gleichzeitig erscheint im SolidWorks-Grafikbereich ein Berechnungsdomänen-Drahtrahmen. Die Strömungs- und Wärmeübertragungsberechnungen werden innerhalb der Berechnungsdomäne ausgeführt. Die Berechnungsdomäne ist ein rechteckiges Prisma für 3D- und 2D-Analysen. Die Grenzen der Berechnungsdomäne verlaufen parallel zu den Ebenen des globalen Koordinatensystems.

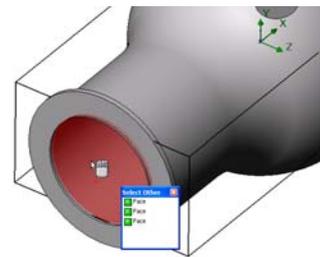


Lassen Sie uns nun die anderen Teile des Projekts definieren.

Mit dem nächsten Schritt werden die Randbedingungen festgelegt. Mit Randbedingungen werden bei internen Strömungsanalysen die Fluideigenschaften an den Einlässen und Auslässen des Modells festgelegt. Bei externen Strömungsanalysen werden die Fluideigenschaften auf Modellflächen definiert.

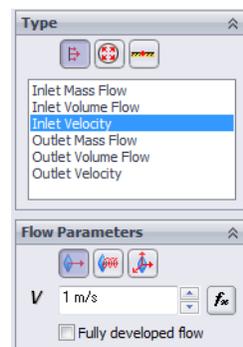
Festlegen von Randbedingungen

- 1 Klicken Sie auf **Flow Simulation, Insert** (Einfügen), **Boundary Condition** (Randbedingung).
- 2 Wählen Sie die innere Fläche des Einlassdeckels (die Kontakt mit dem Fluid hat). Um auf die innere Fläche zuzugreifen, klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die äußere Fläche des Deckels und wählen Sie **Select Other** (Anderes auswählen). Klicken Sie mit der rechten Maustaste, um die Flächen unter dem Cursor zu durchlaufen, bis die innere Fläche hervorgehoben wird. Klicken Sie dann mit der linken Maustaste.



Die ausgewählte Fläche wird in der Liste **Faces to Apply the Boundary Condition** (Flächen zum Anwenden der Randbedingung) angezeigt.

- 3 Im Gruppenfeld **Type** klicken Sie auf **Flow Openings** und wählen Sie **Inlet Velocity** (Einlassgeschwindigkeit).
- 4 Im Gruppenfeld **Flow Parameters** (Strömungsparameter) klicken Sie auf **Normal to Face** (Flächennormal-Geschw.), und stellen Sie **Velocity Normal to Face** (Flächennormalgeschwindigkeit) auf **1 m/s** ein. (Geben Sie nur den Wert ein, die Einheiten werden automatisch angezeigt.)

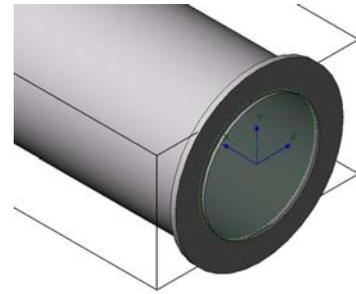


Akzeptieren Sie alle anderen Parameter, und klicken Sie auf .

Mit dieser Bedingung definieren wir, dass das Wasser am Kugelventil-Rohreinlass mit einer Geschwindigkeit von 1,0 m/s eintritt.

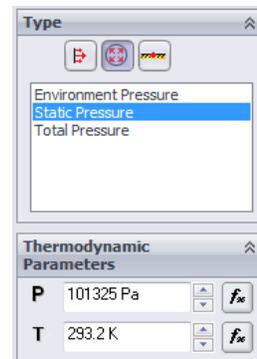
- 5 Wählen Sie die innere Fläche des Outlet Lid (Auslassdeckels).

Klicken Sie im Grafikbereich mit der rechten Maustaste auf eine Stelle außerhalb des Modells, und wählen Sie **Insert Boundary Condition** (Randbedingung einfügen). Der PropertyManager **Boundary Condition** (Randbedingung) wird mit ausgewählter Fläche in der Liste **Faces to Apply the Boundary Condition** (Flächen zum Anwenden der Randbedingung)  angezeigt.



Legen wir nun eine Druck-Randbedingung fest, andernfalls wäre die Problemdefinition unzureichend. Vor dem Start der Berechnung prüft SolidWorks Flow Simulation die angegebenen Randbedingungen auf einen ausgeglichenen Mengendurchfluss. Die Randbedingungen wurden falsch definiert, wenn der Gesamtmengendurchfluss an den Einlässen nicht gleich dem Gesamtmengendurchfluss an den Auslässen ist. In einem solchen Fall startet die Berechnung nicht. Der Wert des Mengendurchflusses wird anhand des Geschwindigkeits- oder Volumendurchflusswerts, der für eine Öffnung angegeben wurde, neu berechnet. Durch die Definition von mindestens einer Druckbedingung für eine Öffnung werden ungleiche Mengendurchflüsse vermieden, da der Mengendurchfluss für diese Öffnung dann während der Lösung berechnet wird, anstatt einen angegebenen Mengendurchflusswert zu verwenden.

- 6 Klicken Sie auf **Pressure Openings**  (Drucköffnungen), und wählen Sie den Eintrag **Static Pressure** (Statischer Druck) aus der Liste **Type of Boundary Condition** (Typ der Randbedingung).
- 7 Übernehmen Sie für alle anderen Parameter die Standardwerte (z. B. **101.325 Pa** für **Static Pressure** (Statischer Druck) und **293,2 K** für die **Temperatur**).
- 8 Klicken Sie auf .



Konstruktionsziele

Mithilfe dieser Bedingung definieren wir einen statischen Wasserdruck von **1 atm** am Kugelventilaustrag.

Der hydraulische Druckverlust ξ des Modells errechnet sich aus der Differenz zwischen Einlassgesamtdruck und Auslassgesamtdruck, ΔP , dividiert durch den dynamischen Druck (dynamische Druckhöhe), der am Einlass ermittelt wird:

$$\xi = (dP) / \frac{\rho V^2}{2} = (dP) / P_{dyn}$$

wobei ρ die Wasserdichte, V die Wassereinlassgeschwindigkeit und P_{dyn} der dynamische Druck am Einlass ist. Da uns die Werte für Wassergeschwindigkeit ($1 \frac{m}{s}$) und Wasserdichte ($998,1934 \frac{kg}{m^3}$ für die angegebene Temperatur von 293,2 K) bekannt sind, ist unser Ziel, den Gesamtdruck am Einlass und Auslass des Ventils zu ermitteln.

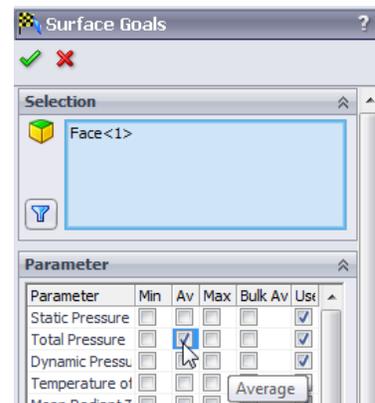
Die einfachste und schnellste Methode zur Ermittlung des gewünschten Parameters ist die Festlegung eines entsprechenden Konstruktionsziels.

Die vom Anwender zu ermittelnden Parameter werden als Konstruktionsziele bezeichnet. Mithilfe von Zielen werden die gewünschten Ergebnisse der Analyse definiert, und die Zieledefinition ermöglicht eine Verkürzung der Zeit, die zum Erzielen einer Lösung benötigt wird. Für die als Ziele ausgewählten Variablen ist wichtig, dass eine Konvergenz erzielt wird und genaue Werte geliefert werden. Die nicht als Ziele definierten Variablen brauchen nicht so genau sein, wodurch Zeit eingespart werden kann. Ziele können für den gesamten Bereich (**Global Goals**) (Globale Ziele) innerhalb eines ausgewählten Volumens (**Volume Goal**) (Volumenziel) für einen ausgewählten Bereich (**Surface Goal**) (Oberflächenziel) oder für einen bestimmten Punkt im Modell (**Point Goal**) (Punktziel) definiert werden. Weiterhin kann ein Ziel anhand eines Durchschnitts-, Mindest- oder Höchstparameterwerts definiert werden. Sie können auch ein **Equation Goal** (Gleichungsziel) definieren. Ein Gleichungsziel ist ein Ziel, das durch eine Gleichung (die mathematische Basisfunktionen enthält) definiert wird, und zwar mit den vorhandenen Zielen als Variablen. Mithilfe eines Gleichungsziels können Sie den gewünschten Parameter (z. B. Druckabfall) berechnen und im Projekt speichern, um später darauf zurückgreifen zu können.

Festlegen von Oberflächenzielen

- 1 Klicken Sie im SolidWorks Flow Simulation-Strukturbaum mit der rechten Maustaste auf das Symbol Goals (Ziele) und wählen Sie **Insert Surface Goal** (Oberflächenziel einfügen).
- 2 Wählen Sie die innere Fläche des Einlassdeckels aus.

Um eine Fläche mühelos auswählen zu können, klicken Sie auf das Element **Inlet Velocity 1** (Einlassgeschwindigkeit 1) in der SolidWorks Flow Simulation-Baumstruktur. Die zu der definierten Randbedingung gehörende Fläche wird automatisch ausgewählt und in der Liste **Faces to Apply the Boundary Condition** (Flächen zum Anwenden des Oberflächenziels) angezeigt.



- Suchen Sie in der Liste **Parameter** nach **Total Pressure** (Gesamtdruck). Klicken Sie in die Spalte **Av** (Durchschn.), um den Durchschnittswert zu verwenden, und lassen Sie die Option **Use for conv.** (Für Konv. verwenden) aktiviert, um dieses Ziel für die Konvergenzsteuerung zu verwenden.

Hinweis: Zur besseren Lesbarkeit der Parameternamen können Sie den PropertyManager-Bereich vergrößern, indem Sie die vertikale Leiste nach rechts ziehen.

- Klicken Sie auf .
- Klicken Sie in der SolidWorks Flow Simulation-Baumstruktur zweimal (mit einer kurzen Pause dazwischen) auf das neue Element SG Av Total Pressure 1 (OZ Durchschn. Gesamtdruck 1) und benennen Sie es um in SG Average Total Pressure Inlet (OZ Durchschn. Gesamtdruck Einlass).



Hinweis: Eine andere Methode zur Umbenennung ist, mit der rechten Maustaste auf das Element zu klicken und **Properties** (Eigenschaften) zu wählen.

- Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das Symbol für Goals (Netze), und wählen Sie anschließend die Option **Insert Surface Goal** (Flächennetz einfügen).
- Klicken Sie in der SolidWorks Flow Simulation-Baumstruktur auf das Element Static Pressure 1 (Statischer Druck 1), um die innere Fläche des Outlet Lid (Auslassdeckels) zu wählen.
- Suchen Sie in der Liste **Parameter** nach **Total Pressure** (Gesamtdruck).
- Klicken Sie in die Spalte **Av** (Durchschn.), und dann auf .
- Klicken Sie zweimal (mit einer kurzen Pause dazwischen) auf das neue Element SG Av Total Pressure 1 (OZ Durchschn. Gesamtdruck 1), und benennen Sie es um in SG Average Total Pressure Outlet (OZ Durchschn. Gesamtdruck Auslass).
- Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das Symbol für Goals (Netze), und wählen Sie anschließend die Option **Insert Surface Goal** (Flächennetz einfügen).
- Klicken Sie auf das Element Inlet Velocity 1 (Einlassgeschwindigkeit 1), um die innere Fläche des Inlet Lid (Einlassdeckels) zu wählen.
- Suchen Sie in der Liste **Parameter** nach **Total Pressure** (Gesamtdruck).
- Klicken Sie in die Spalte **Av** (Durchschn.), und dann auf .

- Klicken Sie zweimal (mit einer kurzen Pause dazwischen) auf das neue Element SG Average Dynamic Pressure 1 (OZ Durchschn. dynamischer Druck 1), und benennen Sie es um in SG Average Dynamic Pressure Inlet (OZ Durchschn. dynamischer Druck Einlass).



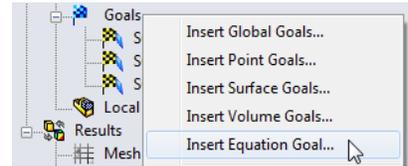
Der dynamische Druck am Einlass kann manuell berechnet werden. Wir haben das Ziel „Dynamischer Druck“ nur definiert, um später die hydraulischen Druckverluste bequemer berechnen zu können.

Nach Abschluss der Berechnung könnten Sie den hydraulischen Druckverlust ξ manuell anhand der ermittelten Gesamtdruckwerte berechnen. Alle erforderlichen Berechnungen können aber mit SolidWorks Flow Simulation ausgeführt werden, indem ein Gleichungsziel definiert wird.

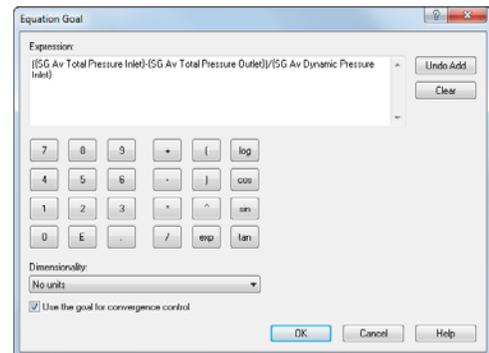
Festlegen eines Gleichungsziels

Ein Gleichungsziel wird durch eine analytische Funktion unter Verwendung der vorhandenen Ziele definiert. Das Gleichungsziel kann während der Berechnung überwacht werden. Die Ergebnisse werden auf die gleiche Weise wie bei anderen Zielen angezeigt. Jedes der vorhandenen Ziele kann als Variable verwendet werden. Dies gilt auch für Gleichungsziele, außer für Gleichungsziele, die von anderen Gleichungszielen abhängen. Bei der Definition von Gleichungszielen können Sie auch Konstanten verwenden.

- 1 Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das Symbol für Goals (Netze), und wählen Sie anschließend die Option **Insert Equation Goal (Gleichungsziel einfügen)**. Das Dialogfeld **Equation Goal (Gleichungsziel)** wird eingeblendet.



- 2 Klicken Sie auf das Symbol für „Klammer öffnen“ ([) oder geben Sie „(“ ein.
- 3 Wählen Sie das Ziel **SG Average Total Pressure Inlet (OZ Durchschn. Gesamtdruck Einlass)** aus der Liste **Goals (Ziele)**. Das Ziel wird dann automatisch dem Feld **Expression (Ausdruck)** hinzugefügt.
- 4 Klicken Sie auf das Minuszeichensymbol (-), oder geben Sie „-“ ein.



- 5 Wählen Sie das Ziel **SG Average Total Pressure Outlet (OZ Durchschn. Gesamtdruck Auslass)** aus der Liste **Goals (Ziele)**.
- 6 Klicken Sie auf das Symbol für „Klammer schließen“ () und den Vorwärtsschrägstrich (/) oder geben Sie „)“ ein.
- 7 Wählen Sie das Ziel **SG Average Dynamic Pressure Inlet (OZ Durchschn. dynamischer Druck Einlass)** aus der Liste **Goals (Ziele)**.
- 8 Wählen Sie in der Liste **Dimensionality (Dimensionalität)** die Option **No units (Keine Einheiten)**.

Hinweis: Zur Definition eines Gleichungsziels können nur vorhandene Ziele (einschließlich früher definierte Gleichungsziele) und Konstanten verwendet werden. Wenn Konstanten physikalische Parameter (z. B. Länge, Fläche usw.) bezeichnen, sollten Sie sicherstellen, dass das Einheitensystem des Projekts verwendet wird. SolidWorks Flow Simulation hat keine Daten über die physikalische Bedeutung der angegebenen Konstanten, sodass Sie anzugebende Dimensionen manuell angeben müssen.

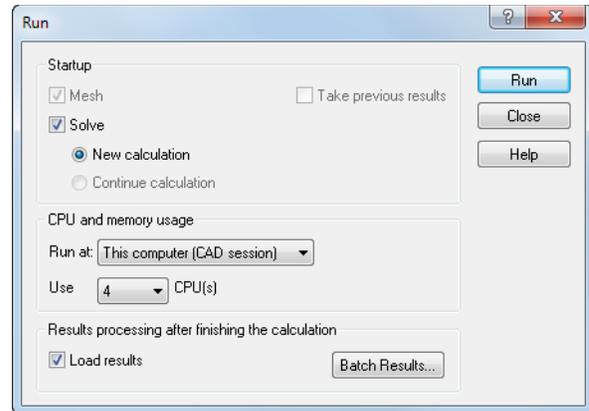
- 9 Klicken Sie auf **OK**. In der Struktur wird das Element **Equation Goal 1 (Gleichungsziel 1)** angezeigt.
- 10 Benennen Sie es in **Hydraulic Loss (Hydraulischer Druckverlust)** um.

Nun kann die Berechnung des SolidWorks Flow Simulation-Projekts gestartet werden. Die Berechnung ist abgeschlossen, wenn der stationäre Durchschnittswert des Gesamtdrucks am Ventileinlass und -auslass erreicht wird.

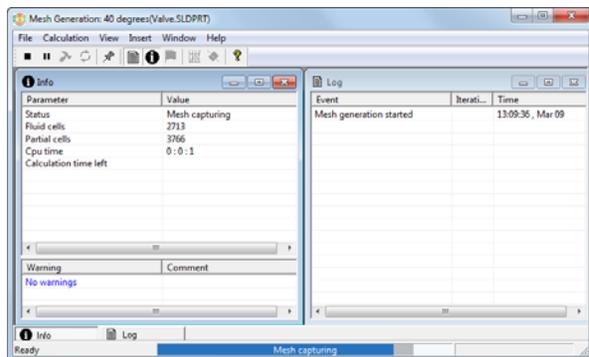
Ausführen der Berechnung

- 1 Klicken Sie auf **Flow Simulation, Solve (Lösen), Run (Ausführen)**. Das Dialogfeld **run** (Ausführen) wird angezeigt.
- 2 Klicken Sie auf **Run (Ausführen)**, um die Berechnung zu starten.

Bei einem 2,26-GHz-Pentium-M-Computer dauert die Berechnung ca. zwei Minuten.



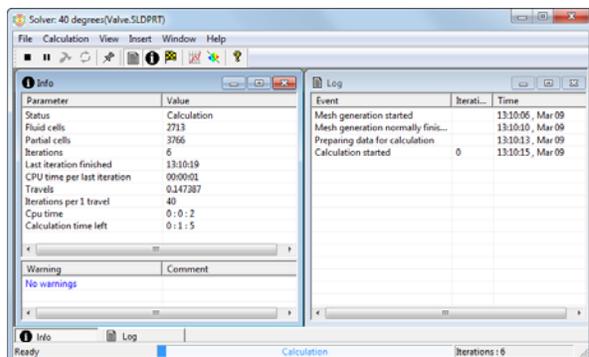
Es wird automatisch ein Berechnungsnetz anhand der Einstellungen für die Ergebnis- und Geometrieauflösung erzeugt. Das Netz wird durch Aufteilung der Berechnungsdomäne in Zellen, d. h. rechteckige Volumenelemente, gebildet. Zur korrekten Auflösung der Modellgeometrie und Strömungsfeatures werden die Zellen nach Bedarf weiter unterteilt. Dieser Vorgang wird Vernetzung genannt. Während des Vernetzungsvorgangs werden der aktuell ausgeführte Schritt und die Netzinformationen im Dialogfeld **Mesh Generation** (Netzerzeugung) angezeigt.



Überwachen des Solvers

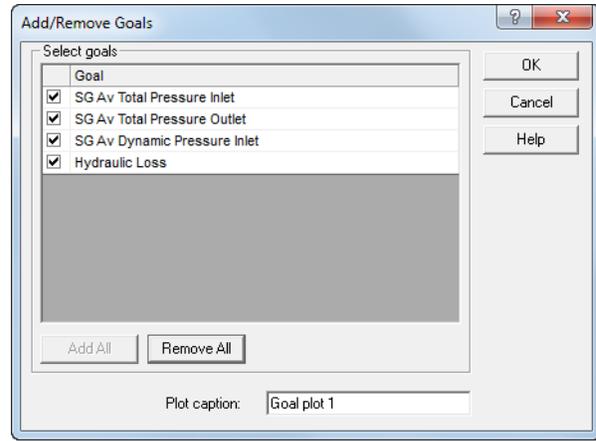
Der Lösungsvorgang wird in dem rechts abgebildeten Dialogfeld überwacht. Links werden die einzelnen Lösungsschritte angezeigt. Das Dialogfeld liefert einen Überblick über die Netzinformationen und Warnungen bezüglich der evt. während der Analyse aufgetretenen Probleme.

Während der Berechnung können Sie das Konvergenzverhalten der Ziele in der Zieldarstellung überwachen, die aktuellen Ergebnisse auf der angegebenen Ebene (Vorschau) anzeigen und die Mindest- und Maximalparameterwerte der aktuellen Iteration (Min/Max-Tabelle) anzeigen.



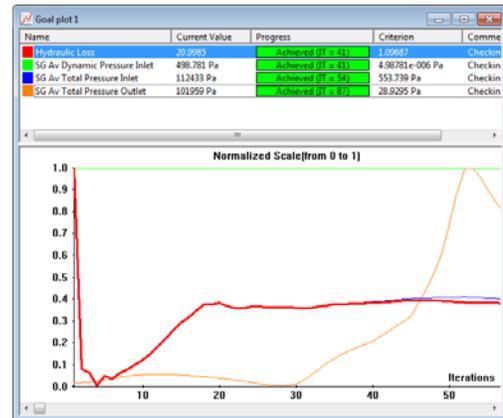
Erstellen einer Zieldarstellung

- 1 Klicken Sie in der Solver-Symbolleiste auf **Insert Goal Plot**  (Zieldarstellung einfügen). Das Dialogfeld **Add/Remove Goals** (Ziele hinzufügen/entfernen) wird eingeblendet.
- 2 Klicken Sie auf **Add All** (Alle hinzufügen), um alle Ziele zu markieren, und klicken Sie auf **OK**.



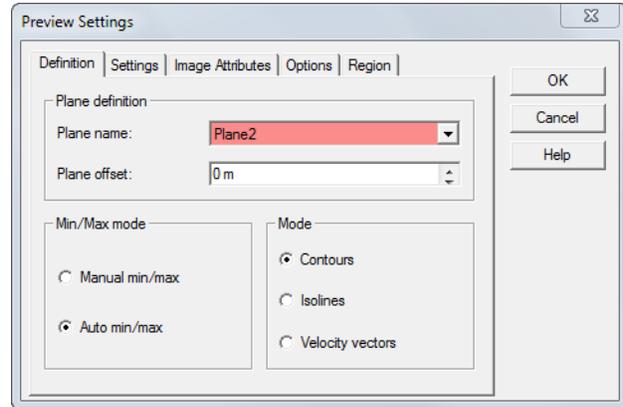
Dies ist das Dialogfeld „Goal Plot“ (Zieldarstellung). Oben im Fenster werden alle hinzugefügten Ziele und deren aktuelle Werte aufgelistet. Auch wird der Fortschritt des Lösungsvorgangs als Prozentwert angezeigt. Der Fortschrittswert stellt nur eine Schätzung dar und erhöht sich mit der Zeit (jedoch nicht immer). Unten wird das Diagramm für alle Ziele dargestellt.

Das Konvergieren ist ein iterativer Vorgang. Die Diskretisierung des Strömungsfelds belegt jeden Parameter mit Bedingungen, und ein Parameter kann keinen absolut stabilen Wert erreichen, oszilliert jedoch von Iteration zu Iteration näher um diesen Wert. Bei der Konvergenzanalyse eines Ziels wird dessen Streuung berechnet. Die Streuung ist als Differenz zwischen dem Maximal- und Mindestwert des Ziels, und zwar über das Analyseintervall definiert, wobei das Intervall aus der letzten Iteration berechnet wird. Dann wird diese Streuung mit dem von Ihnen angegebenen oder automatisch berechneten Konvergenzkriteriumswert für die Streuung des Ziel verglichen. Wenn der Oszillationswert kleiner als der Konvergenzkriteriumswert ist, ist das Ziel konvergiert.



Ergebnisvorschau

- 1 Während die Berechnung ausgeführt wird, klicken Sie in der Solver-Symbolleiste auf **Insert Preview** (Vorschau einfügen). Das Dialogfeld **Preview Settings** (Vorschau-Einstellungen) wird angezeigt.

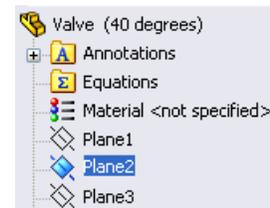


- 2 Klicken Sie auf die Registerkarte „FeatureManager“.

- 3 Wählen Sie Plane 2 (Ebene 2) aus.

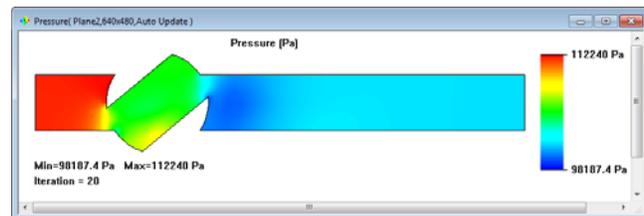
Bei diesem Modell ist Plane 2 eine gute Wahl als Vorschau-Ebene. Im Feature Manager kann jederzeit die Vorschau-Ebene ausgewählt werden.

- 4 Klicken Sie auf **OK**, um die Vorschau der Verteilung des statischen Drucks anzuzeigen.



Hinweis: Auf der Registerkarte **Setting** (Einstellung) des Dialogfelds **Preview Settings** (Vorschau-Einstellungen) können Sie einen Parameter angeben, der auf der Vorschau-Ebene angezeigt werden soll. Auf dieser Registerkarte können Sie auch den Parameterbereich und die Anzeigoptionen für Geschwindigkeitsvektoren festlegen.

Die Vorschau ermöglicht die Anzeige von Ergebnissen, während die Berechnung noch läuft. Die Vorschau ermöglicht eine Überprüfung aller Randbedingungen und gibt dem Anwender frühzeitig eine Vorstellung davon, wie die Lösung aussehen wird.



Am Beginn der Analyse sind die Ergebnisse möglicherweise wenig aussagekräftig und können sich schnell ändern. Mit zunehmender Analysedauer werden diese Änderungen immer kleiner, bis die Lösung konvergiert. Das Ergebnis kann in einer Kontur-, Isolinen- oder Vektordarstellung angezeigt werden.

Hinweis: Warum steigt der statische Druck im lokalen Bereich innerhalb des Ventils? Der Grund ist eine Verlangsamung (bis zur Stagnation in einem kleinen Bereich) der Strömung, die in diesem Bereich auf die Ventilwand trifft, sodass der dynamische Druck der Strömung teilweise in einen statischen Druck transformiert wird, während der Gesamtdruck der Strömung in diesem Bereich fast konstant bleibt. Die Folge ist also ein Anstieg des statischen Drucks.

- 5 Wenn der Solver den Lösungsvorgang abgeschlossen hat, schließen Sie den Monitor, indem Sie auf **File** (Datei), **Close** (Schließen) klicken.

Zugreifen auf die Ergebnisse

Erweitern Sie den Ordner **Results** (Ergebnisse) in der Projektstruktur, indem Sie auf das entsprechende (+)-Zeichen klicken.

Hinweis: Wenn der Solver den Lösungsvorgang abgeschlossen hat, werden die Ergebnisse automatisch geladen, sofern das Kontrollkästchen **Load results** (Ergebnisse laden) im Fenster **Run** (Ausführen) markiert ist. Wenn Sie jedoch mit einem früher berechneten Projekt arbeiten, müssen Sie die Ergebnisse manuell laden, indem Sie auf **Flow Simulation, Results** (Ergebnisse), **Load/Unload Results** (Ergebnisse laden/entladen) klicken.

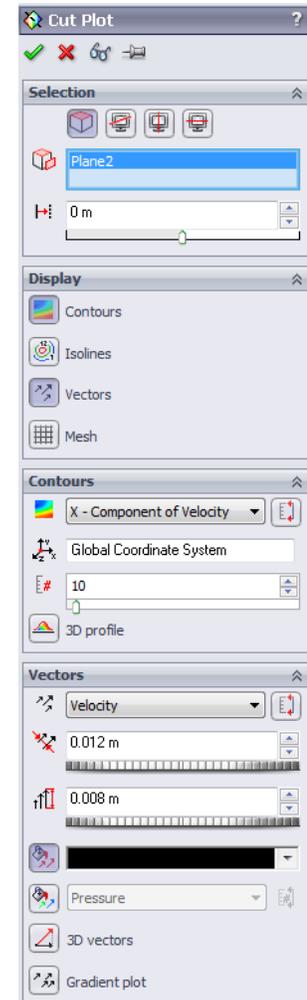
Nach Abschluss der Berechnung können Sie die gespeicherten Rechenergebnisse mittels zahlreicher Methoden direkt im Grafikbereich anzeigen. Mithilfe der Funktionen des Ordners **Result** (Ergebnis) können Sie folgende Ergebnisse anzeigen: **Cut Plots** (Schnittdarstellungen der Parameterverteilung), **3D-Profile Plots** (3D-Profildarstellungen, Schnittdarstellungen als Freischnitt), **Surface Plots** (Oberflächendarstellungen, Verteilung eines Parameters auf einer ausgewählten Oberfläche), **Isosurfaces (ISO-Oberflächen)**, **Flow Trajectories** (Durchflussbahnen), **Particle Studies** (Partikelstudien bzw. Teilchenbahnen), **XY Plots** (XY-Darstellungen, Diagramme des Parameterverhaltens entlang einer Kurve oder Skizze), **Point Parameters** (Abrufen von Parametern an festgelegten Punkten), **Surface Parameters** (Abrufen von Parametern an festgelegten Oberflächen), **Volume Parameters** (Abrufen von Parametern innerhalb von festgelegten Volumen), **Goals** (Verhalten der definierten Ziele während der Berechnung), **Reports** (Exportieren von Projektberichten in MS Word) und **Animation** (Bewegungssimulation von Ergebnissen).

Erstellen einer Schnittdarstellung

- 1 Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das Symbol für Cut plots (Schnittdarstellungen) und wählen Sie anschließend die Option **Insert** (Einfügen). Das Dialogfeld **Cut Plot** (Schnittdarstellung) wird angezeigt.

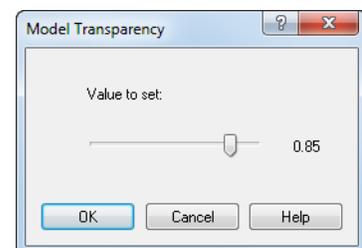
In der Schnittdarstellung werden die Ergebnisse eines ausgewählten Parameters in einem ausgewählten Ansichtsbereich angezeigt. Den Ansichtsbereich können Sie mit SolidWorks-Ebenen oder erstellten planaren Flächen (ggf. mit einem zusätzlichen Versatz) definieren. Die Parameter können als Konturen, Isolinien, Vektoren oder einer Kombination davon (z. B. Konturen mit überlagerten Vektoren) dargestellt werden.

- 2 Klicken Sie auf den SolidWorks FeatureManager, und wählen Sie `Plane2` (Ebene2). Der Ebenenname wird in der Liste **Section Plane or Planar Face** (Schnittebene oder planare Fläche) auf der Registerkarte **Selection** (Auswahl) angezeigt.
- 3 Um im PropertyManager-Fenster **Cut Plot** (Schnittdarstellung) zusätzlich **Contours** (Konturen) anzuzeigen, klicken Sie auf **Vectors** (Vektoren).
- 4 Wählen Sie im Feld **Parameter** im Gruppenfeld **Contours** (Konturen) die Option **X-Component of Velocity** (X-Komponente der Geschwindigkeit).
- 5 Stellen Sie im Gruppenfeld **Vectors** (Vektoren) mit dem Schieberegler den Wert für **Vector Spacing** (Vektorabstand) auf ca. **0,012 m**.
- 6 Klicken Sie auf , um die Schnittdarstellung zu erstellen. Das neue Element `Cut Plot 1` (Schnittdarstellung 1) wird in der SolidWorks Flow Simulation-Baumstruktur angezeigt.



Die Schnittdarstellung ist jedoch nicht durch das Modell sichtbar. Um die Darstellung sehen zu können, blenden Sie das Modell aus, indem Sie auf **Flow Simulation, Results** (Ergebnisse), **Display** (Anzeigen), **Geometry** (Geometrie) klicken oder indem Sie die SolidWorks-Standardoption **Section View** (Schnittansicht) wählen. Sie können auch die Modelltransparenz ändern; siehe nächsten Schritt.

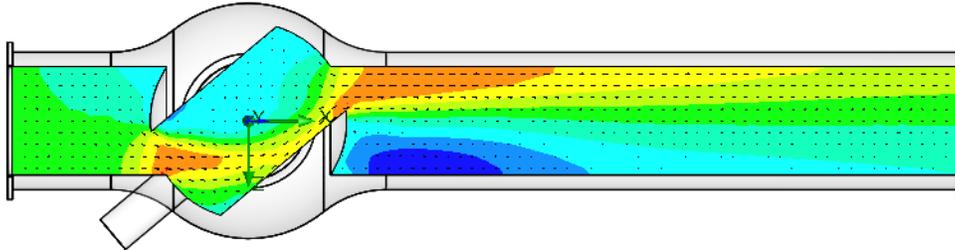
- 1 Klicken Sie auf **Flow Simulation, Results** (Ergebnisse), **Display** (Anzeigen), **Geometry** (Geometrie), um das Modell anzuzeigen. Klicken Sie auf **Flow Simulation, Results** (Ergebnisse), **Display** (Anzeigen), **Transparency** (Transparenz), und stellen Sie den Wert durch Ziehen des Schiebereglers auf ca. **0,85** ein. Klicken Sie auf .



- 2 Klicken Sie im SolidWorks Flow Simulation-Strukturbaum mit der rechten Maustaste auf das Symbol Computational Domain (Berechnungsdomäne), und wählen Sie **Hide** (Ausblenden).



Jetzt wird eine Konturdarstellung der Geschwindigkeit angezeigt, und die Geschwindigkeitsvektoren werden auf die Darstellung projiziert.

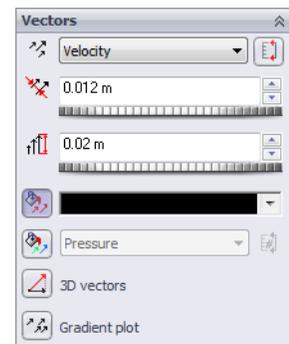


Zur besseren Darstellung des Wirbels können Sie kleine Vektoren skalieren:

- 1 Klicken Sie im Strukturbaum von SolidWorks Flow Simulation mit der rechten Maustaste unter Cut Plots (Schnittdarstellungen) auf das Symbol Cut Plot 1 (Schnittdarstellung 1), und wählen Sie im Kontextmenü die Option **Edit Definition** (Definition bearbeiten) aus.

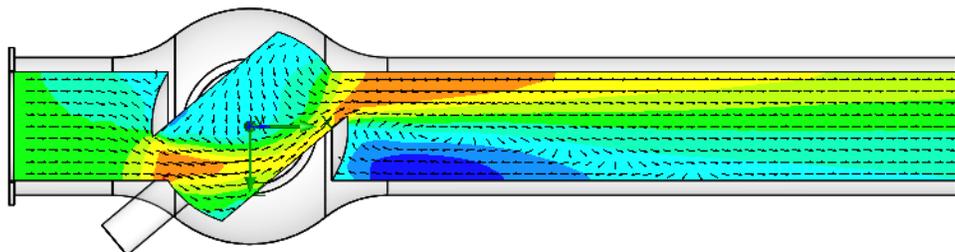
- 2 Wählen Sie im Gruppenfeld **Vectors** (Vektoren) die Option **Adjust Minimum and Maximum** (Minimum und Maximum anpassen). Ändern Sie den Wert **Min** auf **2 m/s**.

Geben Sie im Feld **Arrow size** (Pfeilgröße) den Wert **0,02 m** ein.



Durch die Einstellung des **Min**-Werts wird die Vektorlänge geändert, sodass die Vektoren, deren Geschwindigkeit unter dem eingestellten Min-Wert liegt, die gleiche Länge haben werden wie die Vektoren, deren Geschwindigkeit gleich dem Min-Wert ist. Dadurch kann der Bereich mit niedriger Geschwindigkeit detaillierter visualisiert werden.

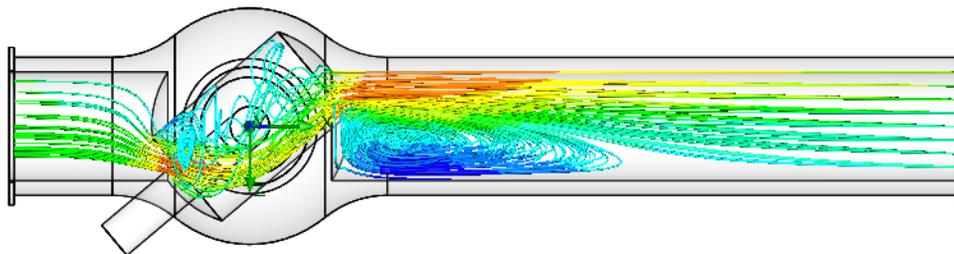
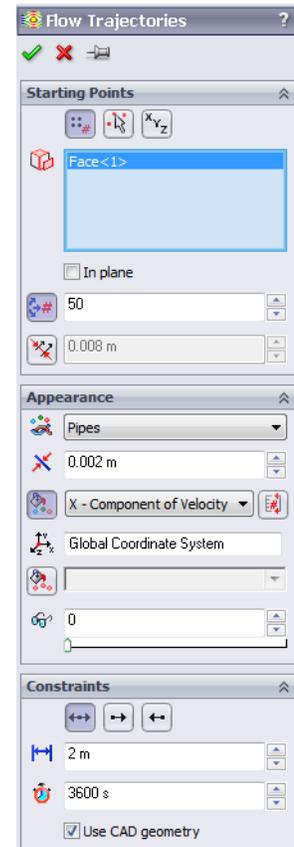
Klicken Sie auf **OK**, um die Änderungen zu speichern und das Dialogfeld zu schließen. Daraufhin wird die Schnittdarstellung aktualisiert.



Anzeige von Durchflussbahnen

Mithilfe von **Flow trajectories** (Durchflussbahnen) können Sie die Stromlinien anzeigen. Durch Stromlinien kann die Strömungsausprägung deutlich und aussagekräftig dargestellt werden. Durch den Export der Daten an Excel kann untersucht werden, wie sich Parameter entlang einer Durchflussbahn ändern. Zusätzlich können Sie Durchflussbahnen als SolidWorks-Bezugskurven speichern.

- 1 Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das Symbol **Cut Plot 1** (Schnittdarstellung 1), und wählen Sie **Hide** (Ausblenden).
- 2 Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das Symbol **Flow trajectories** (Durchflussbahnen), und wählen Sie **Insert** (Einfügen). Das Dialogfeld **Flow trajectories** (Durchflussbahnen) wird angezeigt.
- 3 Klicken Sie in der SolidWorks Flow Simulation-Baumstruktur auf das Element **Static Pressure 1** (Statischer Druck 1), um die innere Fläche des **Outlet Lid** (Auslassdeckels) zu wählen. Mit Durchflussbahnen, die an der Auslassöffnung beginnen, kann der Wirbel hinter dem Ventil (das Hindernis) besser visualisiert werden.
- 4 Stellen Sie die **Number of points** (Anzahl der Wiederholungen) auf **50** ein.
- 5 Klicken Sie auf die Registerkarte **Constraints** (Zwangsbedingungen), und verringern Sie die **Maximum length** (Maximallänge) der Durchflussbahnen auf **2 m**.
- 6 Klicken Sie auf **OK**, um die Durchflussbahnen anzuzeigen.

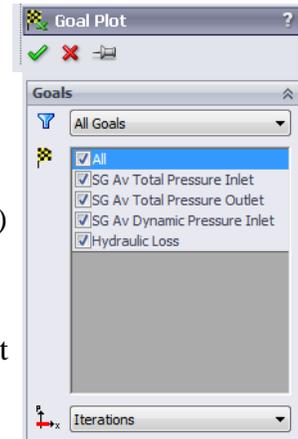


Drehen Sie das Modell, um die 3D-Struktur der Wirbel besser untersuchen zu können.

Erstellen einer Zieldarstellung

Eine Zieldarstellung ermöglicht die Untersuchung der Zieländerungen im Laufe der Berechnung. SolidWorks Flow Simulation zeigt die Zieldarstellungsdaten mithilfe von Microsoft Excel an. Jede Zieldarstellung wird in einer separaten Tabelle angezeigt. Die konvergierten Werte aller Projektziele werden in der Tabelle Summary (Zusammenfassung) einer automatisch erstellten Excel-Arbeitsmappe angezeigt.

- 1 Klicken Sie im SolidWorks Flow Simulation-Strukturbaum unter Results (Ergebnisse) mit der rechten Maustaste auf das Symbol Goals (Ziele), und wählen Sie **Insert** (Einfügen). Das Dialogfeld **Goal Plots** (Zieldarstellungen) wird angezeigt.
- 2 Klicken Sie auf **Add All** (Alle hinzufügen).
- 3 Klicken Sie auf **OK**. Die Excel-Arbeitsmappe goals1 (Ziele1) wird erstellt.



In dieser Arbeitsmappe kann nachvollzogen werden, wie sich die Zielwerte während der Berechnung geändert haben. Sie können mit dem Gesamtdruckwert arbeiten, der in der Tabelle Summary (Zusammenfassung) angegeben ist.

Valve.SLDPRT [40 degrees]

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
SG Av Total Pressure Inlet	[Pa]	112430.8735	112434.0325	112430.8608	112437.8367	100	Yes	6.97584751	553.7383178
SG Av Total Pressure Outlet	[Pa]	101959.4628	101968.1725	101959.4628	101986.2394	100	Yes	26.77667113	28.92735048
SG Av Dynamic Pressure Inlet	[Pa]	498.7808697	498.7808697	498.7808697	498.7808697	100	Yes	0	4.98781E-06
Hydraulic Loss	[]	20.99401031	20.98288176	20.94730334	21.00683308	100	Yes	0.059529735	1.09686578

Iterations: 87

Analysis interval: 21

Klonen eines Projekts

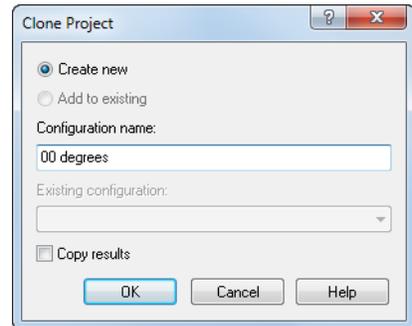
Mit der aktuellen Berechnung wird der hydraulische Gesamtwiderstand ξ ermittelt, einschließlich des hydraulischen Widerstands ξ_v (aufgrund des Hindernisses) beider Ventile und des hydraulischen Widerstands des Rohrs aufgrund der Reibung ξ_f : $\xi = \xi_v + \xi_f$. Um den Widerstand des Ventils zu ermitteln, muss vom ermittelten Wert der Gesamtdruckverlust aufgrund von Reibung in einem geraden Rohr mit der gleichen Länge und dem gleichen Durchmesser subtrahiert werden. Dazu führen wir die gleichen Berechnungen beim Kugelventilmodell aus, dessen Einstellhebel auf den Winkel 0° gedreht wurde.

Sie können auf drei Weisen ein neues SolidWorks Flow Simulation-Projekt erstellen:

- Mithilfe des Projektassistenten ist es am einfachsten. Der Assistent führt Sie durch die einzelnen Schritte der Analyseeinrichtung.
- Zur Analyse von verschiedenen Strömungen oder Modellvariationen ist das Klonen (bzw. Kopieren) des aktuellen Projekts die effizienteste Methode. Das geklonte Projekt übernimmt alle Einstellungen des ursprünglichen Projekts, und die Ergebniseinstellungen werden optional übernommen.
- Sie können ein SolidWorks Flow Simulation-Projekt auch mithilfe einer Vorlage erstellen. Dazu können Sie die Standardvorlage oder eine eigene Vorlage, die aus einem früheren SolidWorks Flow Simulation-Projekt erstellt wurde, verwenden. Eine Vorlage enthält nur allgemeine Projekteinstellungen (mit dem Assistenten vorgenommene Einstellungen und die „Allgemeinen Einstellungen“), und keine Randbedingungen, Ziele usw.

Die einfachste Methode zur Erstellung einer neuen SolidWorks-Konfiguration für einen Winkel von 0° und zur Festlegung der gleichen Bedingung wie beim 40°-Winkel-Projekt ist, das vorhandene **40°-Projekt** zu klonen.

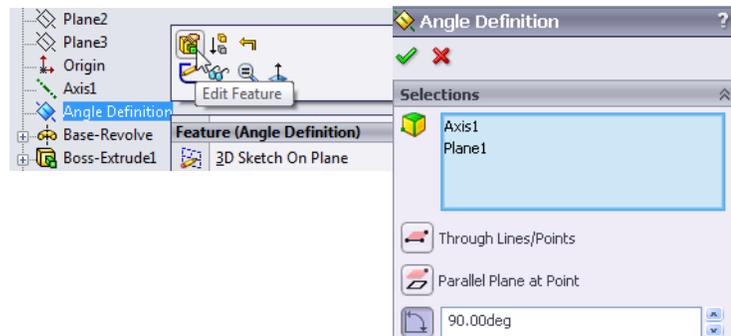
- 1 Klicken Sie auf **Flow Simulation, Project (Projekt), Clone Project** (Projekt klonen).
- 2 Klicken Sie auf **Create New** (Neues erstellen).
- 3 Geben Sie in das Feld **Configuration name** (Konfigurationsname) 00 Grad ein.
- 4 Klicken Sie auf **OK**.



Nun ist das neue SolidWorks Flow Simulation-Projekt mit der neuen 00 Grad-Konfiguration verknüpft, und das neue Projekt hat alle Einstellungen aus dem 40 Grad-Projekt übernommen. Da sämtliche Eingabedaten kopiert wurden, brauchen Sie keine neuen Definitionen vornehmen. Alle Änderungen werden nur auf die neue Konfiguration angewendet, sie wirken sich also nicht auf das alte Projekt und dessen Ergebnisse aus.

Ändern des Ventilwinkels

- 1 Klicken Sie im SolidWorks FeatureManager mit der rechten Maustaste auf das Feature **Angle Definition** (Winkeldefinition), und wählen Sie **Edit Feature** (Feature bearbeiten) aus.



- 2 Es wird eine Warnmeldung angezeigt:

Flow Simulation has detected that the model was modified. Do you want to reset mesh settings? (Flow Simulation hat festgestellt, dass das Modell geändert wurde. Möchten Sie die Netzeinstellungen zurücksetzen?)

Klicken Sie auf **Ja**.

Klicken Sie auf **OK**, wenn eine Modellneuaufbau-Fehlermeldung angezeigt wird.
- 3 Geben Sie in das Feld **At angle** (Im Winkel) den Wert **90** ein.

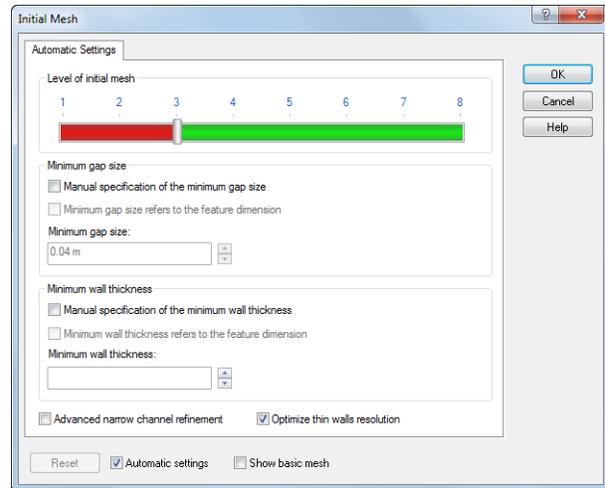
Klicken Sie auf **OK** .
- 4 Nach dem Klicken auf **OK** werden zwei Warnmeldungen angezeigt, die zur Neuerstellung des Berechnungsnetzes und zum Zurücksetzen der Berechnungsdomäne auffordern.

Beantworten Sie beide Meldungen mit **Yes** (Ja).

Ändern der Geometrieauflösung

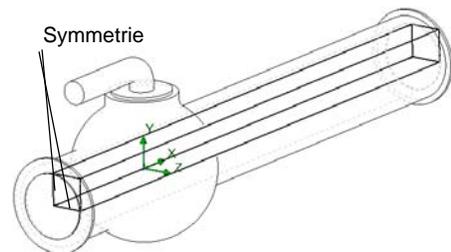
Da bei einem Winkel von Null das Kugelventil zu einem einfachen geraden Rohr wird, muss der Wert für **Minimum gap size** (Mindestabstandsgröße) nicht kleiner als die Standardabstandsgröße gewählt werden. Die Standardabstandsgröße wird in unserem Fall automatisch auf den gleichen Wert wie der Rohrdurchmesser gesetzt (die automatische Mindestabstandsgröße hängt von der Größe der Flächen, für die die Randbedingungen definiert wurden, ab). Die Einstellung einer geringeren Abstandsgröße führt zu einem feineren Netz, für das mehr CPU-Zeit und Speicher erforderlich ist. Für die jeweilige Aufgabe muss immer ein Kompromiss in Bezug auf Netzfeinheit und Rechendauer gefunden werden.

- 1 Klicken Sie auf **Flow Simulation, Initial Mesh** (Ausgangsnetz).
- 2 Deaktivieren Sie das Kontrollkästchen **Manual specification of the minimum gap size** (Manuelle Angabe der Mindestabstandsgröße).
- 3 Klicken Sie auf **OK**.



Ändern der Berechnungsdomäne

Sie können sich die Symmetrie des geraden Rohrs zu Nutze machen, um die CPU-Zeit- und Speicheranforderungen für die Berechnung zu reduzieren. Da die Strömung in zwei Richtungen (Y und Z) symmetrisch ist, ist es möglich, ein Viertel aus dem Modell herauszuschneiden und eine Symmetrie-Randbedingung auf die Symmetrieebenen anzuwenden. Dieses Verfahren ist nicht erforderlich, steigert jedoch die Effizienz von Analysen.



Hinweis: Die Symmetrie-Randbedingungen können nur angewendet werden, wenn Sie sicher ist, dass die Strömung symmetrisch ist. Eine Symmetrie des Modells und der eintretenden Strömung garantiert nicht unbedingt, dass in anderen Strömungsbereichen Symmetrie herrscht, z. B. in einer Kármánschen Wirbelstraße hinter einem Zylinder. In unserem Fall ist die Strömung in dem geraden Rohr symmetrisch, sodass wir die Berechnungsdomäne verkleinern können.

- 1 Klicken Sie im SolidWorks Flow Simulation-Strukturbaum mit der rechten Maustaste auf das Symbol **Computational Domain** (Berechnungsdomäne), und wählen Sie **Edit Definition** (Definition bearbeiten). Das Dialogfeld **Computational Domain** wird eingeblendet.

Im Dialogfeld **Computational Domain** haben Sie folgende Möglichkeiten:

- Ändern der Größe der Berechnungsdomäne.
- Anwenden von Symmetrierandbedingungen. Die Strömungssymmetrieebenen können als Berechnungsdomänengrenzen, für die **Symmetrie**-Randbedingungen definiert werden, genutzt werden. Voraussetzung ist, dass die Berechnungsdomänengrenzen mit den Strömungssymmetrieebenen deckungsgleich sind.
- Legen Sie eine **2D-Ebenenströmung** fest. Wenn Sie sicher sind, dass es sich bei der Strömung um eine 2D-Ebenenströmung handelt, können Sie die Berechnungsdomäne aus der 3D-Standardanalyse in eine 2D-Ebenenströmungsanalyse umdefinieren. Dadurch werden die Speicher- und CPU-Zeitforderungen gesenkt. Um eine 2D-Ebenenströmungsanalyse zu aktivieren, wählen Sie **2D plane flow** (2D-Ebenenströmung) auf der Registerkarte **Boundary Condition** (Randbedingung) aus.

- 2 Geben Sie in das Feld **Y min** den Wert **0** ein.
- 3 Geben Sie in das Feld **Z min** den Wert **0** ein.
- 4 Wählen Sie in den Listen **At Y min** (Bei Y-Min) und **At Z min** (Bei Z-Min) die Option **Symmetry**.
- 5 Klicken Sie auf **OK**.

Klicken Sie auf **Flow Simulation, Solve** (Lösen), **Run** (Ausführen). Klicken Sie dann auf **Run** (Ausführen), um die Berechnung zu starten.



Ermitteln des hydraulischen Druckverlustes des Ventils

Nach Abschluss der Berechnung schließen Sie das Monitor-Dialogfeld, und erstellen Sie die Zieldarstellung mit den gerade erzielten Ergebnissen.

Valve.SLDPRT [00 degrees]

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
SG Av Total Pressure Inlet	[Pa]	101905.2926	101911.1302	101905.0664	101936.7026	100	Yes	31.63624405	149.7417435
SG Av Total Pressure Outlet	[Pa]	101811.8177	101812.2024	101810.5486	101813.0826	100	Yes	2.534037859	2.860626822
SG Av Dynamic Pressure Inlet	[Pa]	498.7808697	498.7808697	498.7808697	498.7808697	100	Yes	0	4.98781E-06
Hydraulic Loss	[]	0.187406851	0.198339191	0.186275659	0.252924696	100	Yes	0.066649038	0.299646221

Nun kann der hydraulische Druckverlust im Kugelventil, dessen Einstellhebel auf 40° eingestellt ist, berechnet werden. Um den stationären Wert des Parameters genauer bestimmen zu können, müssen die Analyseintervall-Durchschnittswerte, die in der Spalte **Averaged Value** (Durchschnittswert) angezeigt werden, verwendet werden.

Hydraulische Gesamtverluste	Reibungsverluste (0 Grad)	Verlust durch Ventil
20,98	0,19	20,79

Speichern der Arbeitsergebnisse und Beenden von SolidWorks

- 1 Klicken Sie in der Standard-Symbolleiste auf , oder wählen Sie **File, Save** (Datei, Speichern).
- 2 Klicken Sie im Hauptmenü auf **File, Exit** (Datei, Beenden).

5-minütiger Test

- 1 Was ist SolidWorks Flow Simulation?

- 2 Wie starten Sie eine SolidWorks Flow Simulation Sitzung?

- 3 Was ist eine Fluidströmungsanalyse?

- 4 Warum ist diese Analyse wichtig?

- 5 Welche Art von internen Strömungsanalysen werden typischerweise mit SolidWorks Flow Simulation durchgeführt?

- 6 Welche spezielle Anforderung muss bei internen Analysen mit SolidWorks Flow Simulation erfüllt sein?

- 7 Wie kann sicher gestellt werden, dass das Modell vollständig geschlossen ist?

- 8 Warum müssen die Öffnungen des Kugelventilmodells mit Deckeln geschlossen werden?

- 9 Was ist der erste Schritt bei einer SolidWorks Flow Simulation-Analyse?

- 10 Mit welchen Methoden kann ein SolidWorks Flow Simulation-Projekt erstellt werden?

- 11 Wie legen Sie ein Fluid für ein Projekt fest?

12 Wie wird ein Fluid definiert, das mit einer Geschwindigkeit von 1 m/s in das Modell eintritt?

13 Das Modell weist eine Spiegelsymmetrie auf. Kann dann die Symmetrie-Randbedingung bei der Symmetrieebene des Modells verwendet werden?

14 Wie wird eine 2D-XY-Ebenenströmung definiert?

15 Ist die Festlegung von Projektzielen erforderlich, um die Berechnung starten zu können?

16 Wie wird die Berechnung gestartet?

17 Angenommen, Sie arbeiten mit einem früher berechneten Projekt. Was muss in diesem Fall zuerst getan werden, bevor die Ergebnisdaten angezeigt werden können?

18 Welche Anzeigefunktionen stehen in SolidWorks Flow Simulation zur Verfügung, um die Berechnungsergebnisse anzuzeigen?

19 Wie wird der Gesamtdruckwert für ein stationäres inkompressibles Fluid berechnet?

20 Wie ist der hydraulische Gesamtwiderstand (Verlust) eines Hindernisses in einem Rohr definiert?

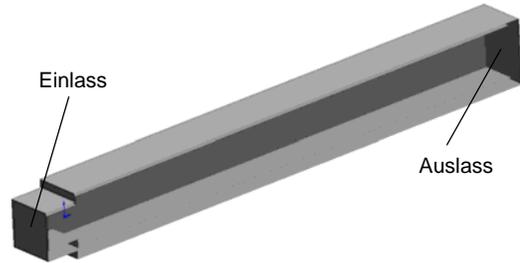
Projekte – Hydraulischer Druckverlust aufgrund einer plötzlichen Ausdehnung

Durch das durch das Kugelventil strömende Fluid ergeben sich zwei plötzlichen Kontraktionen und zwei plötzlichen Ausdehnungen. Berechnen wir nun den hydraulischen Druckverlust in dem einfachen 2D-Kanal, in dem die plötzliche Ausdehnung auftritt.

Aufgaben

- 1 Öffnen Sie die Datei `Bilateral expansion channel.sldprt` im Teil, das sich im entsprechenden Unterordner des Ordners `SolidWorks Curriculum_and_Courseware_2010` befindet.

Das Modell ist vollständig geschlossen (die Frontseite in der Abbildung rechts wurde transparent gemacht, um die Ergebnisse sehen zu können). Daher brauchen keine Deckel erstellt werden.



Um eine einfache Auswahl zu ermöglichen,

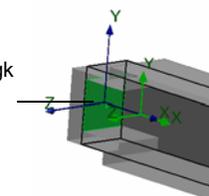
überprüfen Sie, ob die Option **Enable selection through transparency** (Auswahl über Transparenz ermöglichen) auf der Seite **Display/Selection** (Anzeige/Auswahl) des Dialogfelds **System Options** (Systemoptionen) aktiviert ist. Das Dialogfeld wird durch Klicken auf **Tools, Options** (Extras, Optionen) geöffnet.

- 2 Wie wird das SolidWorks Flow Simulation-Projekt für die interne Analyse mit dem **Assistenten** erstellt, wobei der Wert für **Result resolution level** (Ergebnisauflösungsebene) auf **5** eingestellt ist? (Alle anderen Einstellungen sind Standardeinstellungen.)

Antwort: Gehen Sie wie folgt vor:

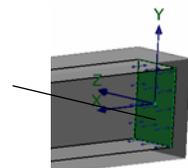
- 3 Wasser soll mit einer Geschwindigkeit von 1 m/s durch die Einlassöffnung in das Modell eintreten. Wie hoch ist in diesem Fall der Mengendurchflusswert des einströmenden Wassers?

Einlassgeschwindigkeit von 1 m/s für diese Fläche angeben.

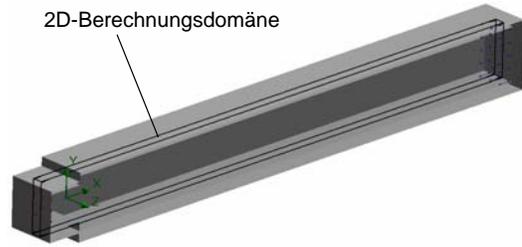


- 4 Das Wasser soll durch die Auslassöffnung aus dem Modell austreten, und zwar in einen Bereich, in dem ein atmosphärischer Druck herrscht. Welchen Wert hat der statische atmosphärische Umgebungsdruck in Pa?

Statischen atmosphärischen Druck für diese Fläche definieren.



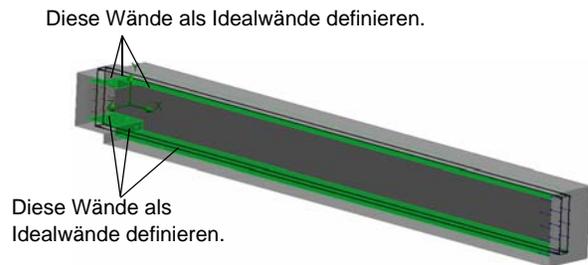
5 Wie wird eine 2D-XY-Ebenenströmungsanalyse ausgeführt?



Aus der Hydrodynamik ist bekannt, dass Kanäle bei einer plötzlichen Ausdehnung einen hydraulischen Widerstand gegen die Strömung erzeugen. Die Ursache für den Widerstand ist ein Verlust an Strömungsenergie, der von Wirbeln im Bereich hinter der plötzlichen Ausdehnung herrührt. Der hydraulische Widerstand dieses Bereichs muss zum hydraulischen Widerstand, der von der Wandreibung verursacht wird, addiert werden.

Nun soll nur der hydraulische Widerstand, der aufgrund der plötzlichen Ausdehnung erzeugt wird, berücksichtigt werden. Dazu ersetzen wir bei den Berechnungen die echten Wände des Kanals durch die SolidWorks Flow Simulation-Randbedingung „Ideal Walls“ (Idealwand), mit welcher adiabatische reibungsfreie Wände definiert werden können. Es wird also keine Wandreibung berücksichtigt, was natürlich nur bei Berechnungen und nicht in physikalischen Experimenten möglich ist. Bei dieser Analyse werden die Auswirkungen der Wandreibung auf die erzeugten Wirbel, und somit auf den hydraulischen Widerstand durch die plötzliche Ausdehnung, nicht berücksichtigt.

6 Wie wird die Randbedingung „Ideal Wall“ (Idealwand) auf die Kanalwände (grün dargestellt) angewendet?



7 Wie werden die Oberflächenziele „Total Pressure“ (Gesamtdruck) und „Dynamic Pressure“ (Dynamischer Druck) für den Einlass definiert?

8 Wie wird das Oberflächenziel „Total Pressure“ (Gesamtdruck) für den Auslass definiert?

9 Wie wird das Gleichungsziel zur Berechnung des hydraulischen Gesamtdruckverlustes definiert?

10 Wie wird die Berechnung ausgeführt?

11 Wie wird die Geschwindigkeitsverteilung entlang des Kanals dargestellt?

12 Wie wird der hydraulische Druckverlust, der durch eine plötzliche Ausdehnung verursacht wird, anhand des Gleichungsziel-Durchschnittswert ermittelt?

Arbeitsblatt „Begriffe“

Name: _____ Kurs: _____ Datum: _____

Tragen Sie an den entsprechenden Leerstellen die richtigen Antworten ein.

- 1 Die Fluidströmungsgleichungen, die von SolidWorks Flow Simulation gelöst wurden:

- 2 Die bei SolidWorks Flow Simulation verwendete Methode zur Lösung dieser Gleichungen:

- 3 Die bei SolidWorks Flow Simulation verwendete Methode zur Lösung von zeitunabhängigen Problemen:

- 4 Verfahren, mit dem ein Modell in kleinere Teile unterteilt wird:

- 5 Die Aufteilung von Netzzellen in kleinere Zellen zur besseren Auflösung einer Feststoff/Fluid-Schnittstelle oder des Lösungsverhaltens:

- 6 Die Funktion, mit der die Konvergenz von Strömungsparametern in einem SolidWorks Flow Simulation-Projekt verfolgt werden kann:

- 7 Die physikalische Eigenschaft, die in SolidWorks Flow Simulation ausgewählt werden muss, um die Temperaturberechnung in Feststoffen zu initiieren:

- 8 Die physikalische Eigenschaft, die in SolidWorks Flow Simulation ausgewählt werden muss, um eine zeitabhängige Lösung zu erhalten:

- 9 Die physikalische Eigenschaft, die in SolidWorks Flow Simulation ausgewählt werden muss, um eine Strömung mit signifikanten Überschallbereichen zu berechnen:

- 10 Die physikalische Eigenschaft, die in SolidWorks Flow Simulation ausgewählt werden muss, um eine Wärmekonvektion und/oder ein Fluidgemisch mit niedriger Fließgeschwindigkeit (nicht in Schwerelosigkeit) zu berechnen:

- 11 Die physikalische Eigenschaft, die in SolidWorks Flow Simulation ausgewählt werden muss, um alle Strömungsturbulenzen in der Berechnungsdomäne ganz zu unterdrücken:

- 12 Der SolidWorks Flow Simulation-Lösungsansatz zur Definition eines verteilten Widerstands für eine Fluidströmung:

- 13 Flüssigkeiten, deren Viskosität von Strömungsgeschwindigkeitsgradienten abhängt:

Quiz

Name: _____ Kurs: _____ Datum: _____

Anleitung: Beantworten Sie jede Frage, indem Sie die richtige(n) Antwort(en) in den freien Platz im Anschluss an die Frage eintragen.

1 Welche spezielle Anforderung muss bei internen Analysen mit SolidWorks Flow Simulation erfüllt sein?

2 Wie ist vorzugehen, wenn das in meiner Konstruktion verwendete Fluid nicht in der Technischen Datenbank definiert ist?

3 Was ist der Zweck von Zielen in einem Projekt?

4 Warum ist es wichtig, einen geeigneten Wert für die Mindestabstandsgröße anzugeben?

5 Wie wird ein Fluid definiert, das beim Austritt aus dem Modell einem statischen atmosphärischen Druck ausgesetzt ist?

6 Nach Ausgabe der Ergebnisse soll eine Neuberechnung ausgeführt werden, nachdem der Wert der Randbedingung geändert wurde. Muss das Berechnungsnetz nun neu erzeugt werden?

7 Ist während der Berechnung eine Ausgabe von Zwischenergebnissen möglich?

8 Wie werden Ergebnisse geladen?

9 Sie haben ein Ziel definiert. Wie kann der Zielwert nach Abschluss der Berechnung angezeigt werden?

10 Wann kann die Symmetriebedingung angewendet werden?

11 Wodurch werden hydraulische Druckverluste in einer Leitung verursacht?
