

# Strömungsberechnung mit OpenFOAM

## **Studienarbeit**

für das 5. Semester

der Fachrichtung Maschinenbau, Vertiefung Virtual Engineering  
an der Berufsakademie Mosbach

von **Michael Wendel**

Dezember 2005

Bearbeitungszeitraum

Kurs

Ausbildungsfirma

Gutachter der Studienakademie

3 Monate

TMB2003

Comau

Heilbronn

Prof. Dr.-Ing Uwe Janoske

# ***Teachware***

***Importierung und Vernetzung eigener  
Geometrien in OpenFOAM mit Hilfe von  
Catia V5 und Netgen***

**Catia V5**

Erzeugen der Geometrie und exportieren einer  
\*.stl - Datei.

**Netgen**

Einlesen der \*.stl – Datei, Generierung eines  
Mesh und erstellen einer NeutralFormat - Datei

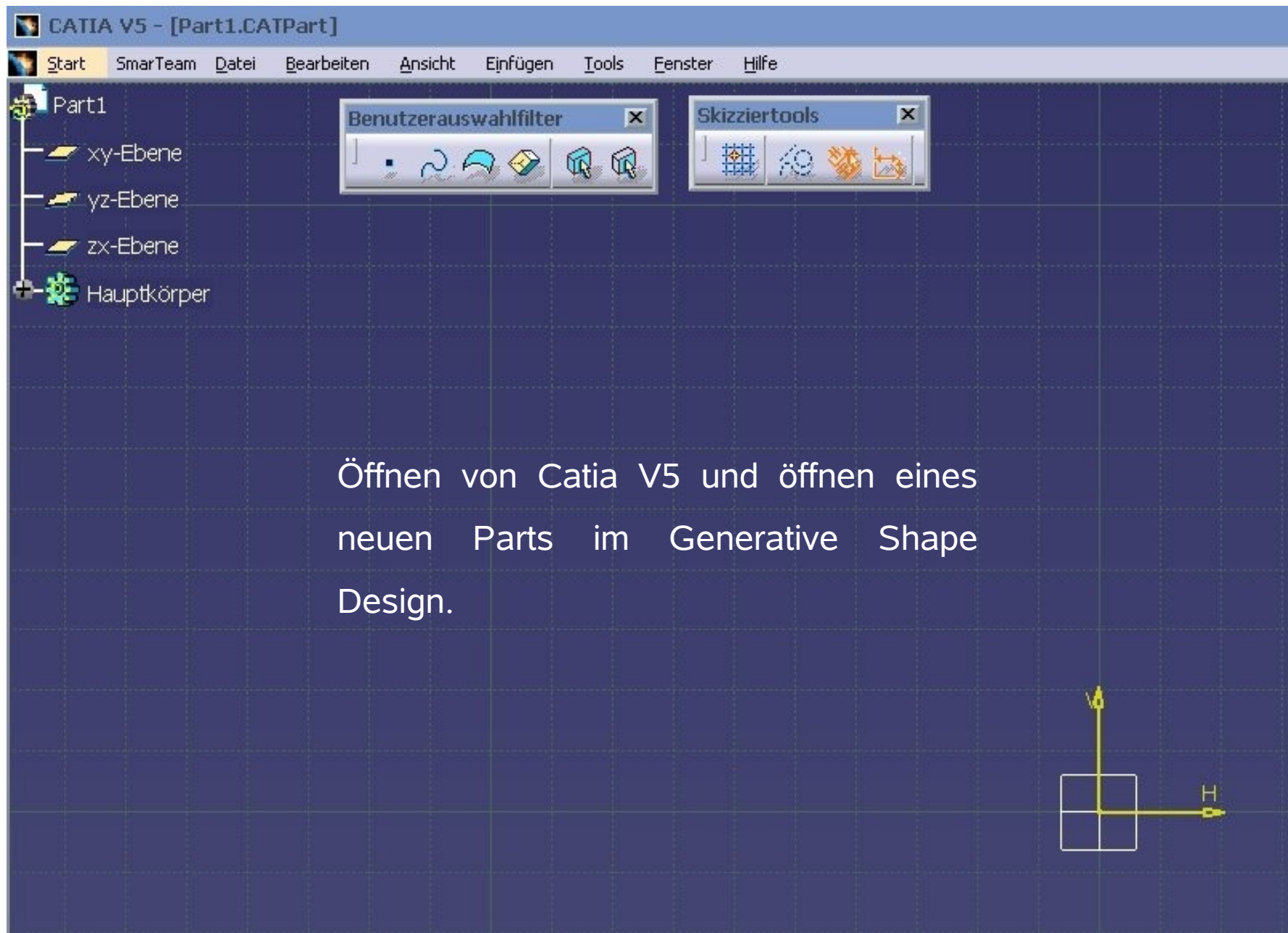
**FoamX**

Erstellen eines neuen Case, Konvertierung des  
Mesh mit netgenNeutralToFoam und setzen der  
Simulationsparameter.

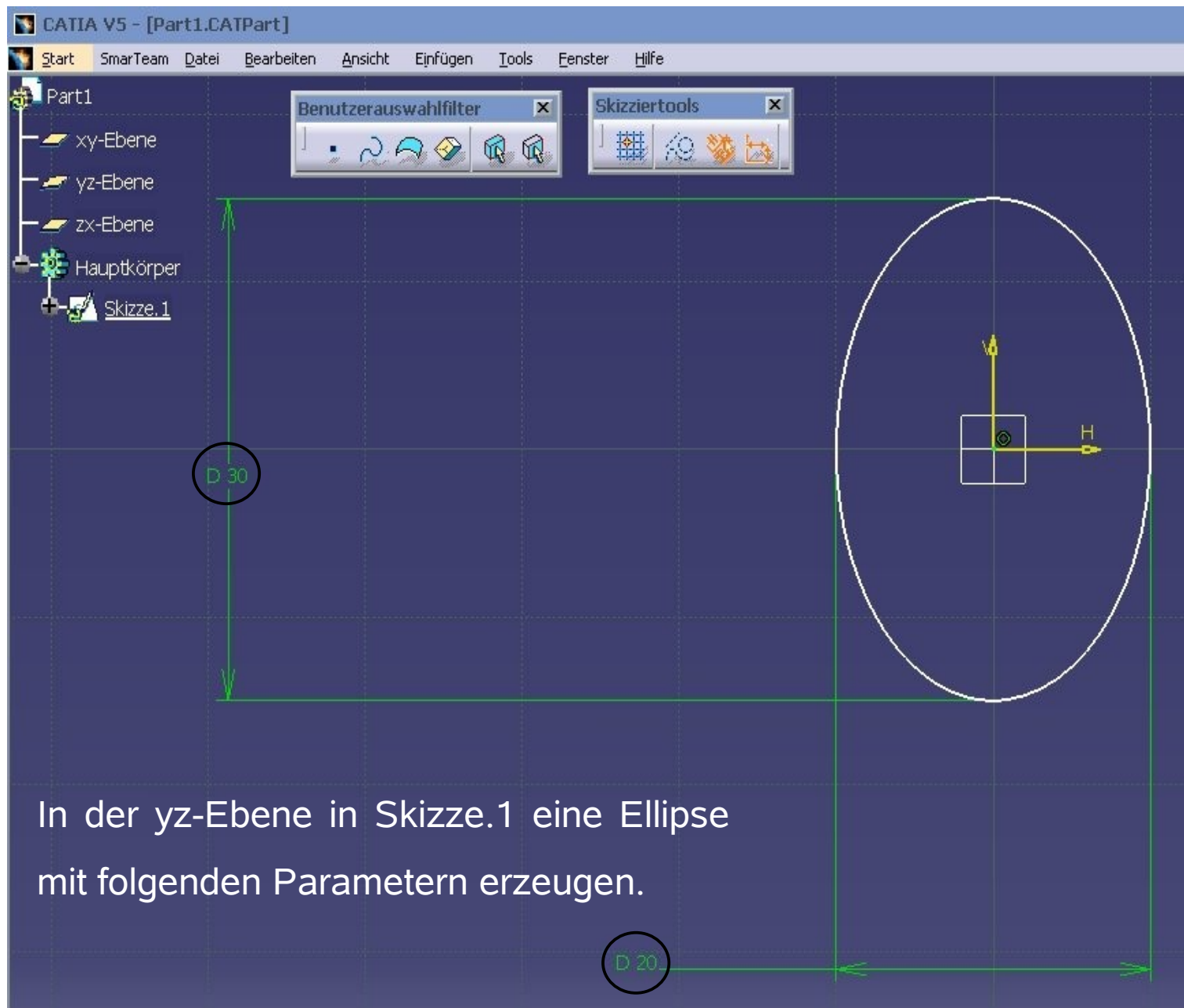
**OpenFOAM**

**ParaView**

Auswertung der Simulation.

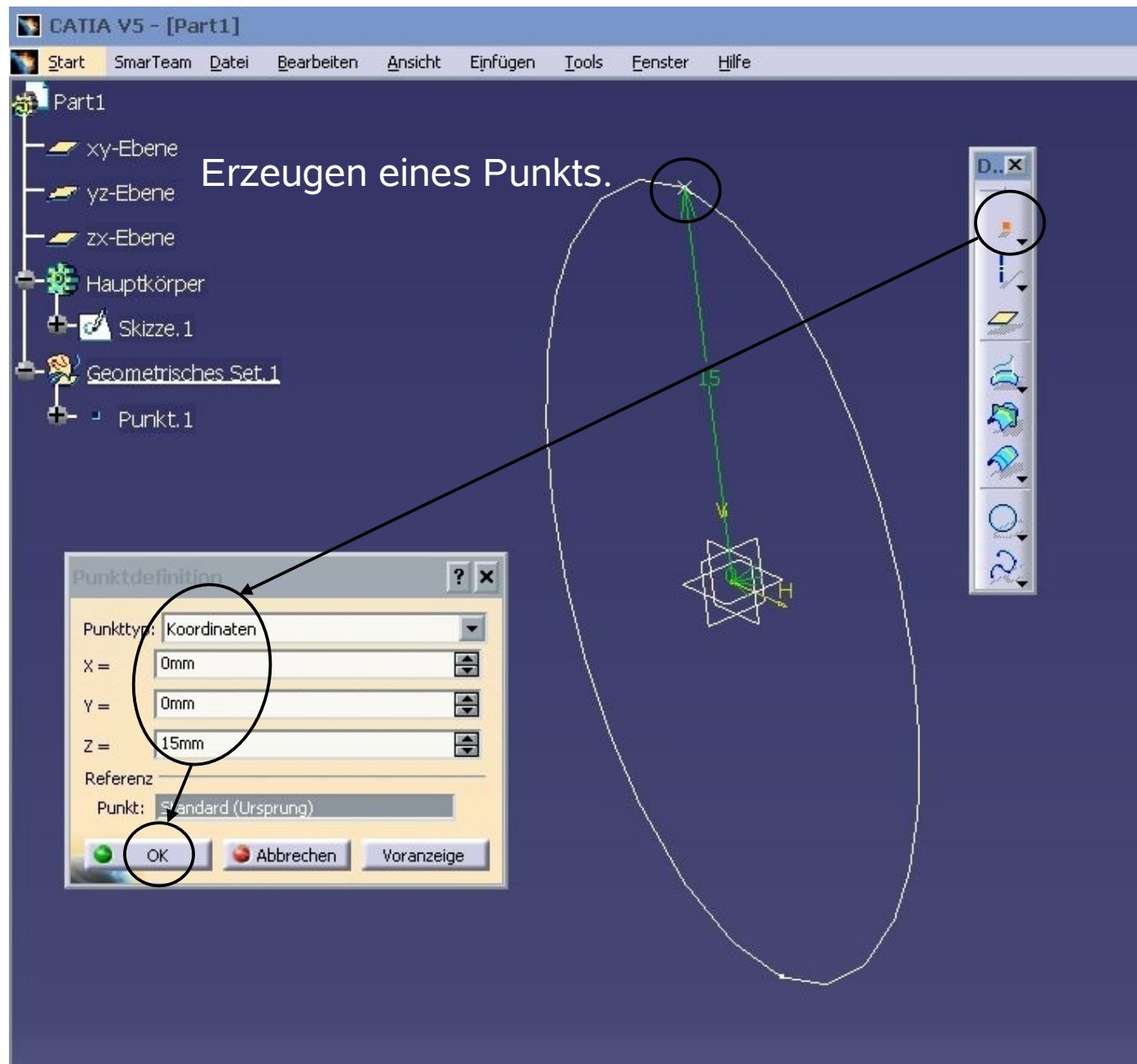


Öffnen von Catia V5 und öffnen eines neuen Parts im Generative Shape Design.

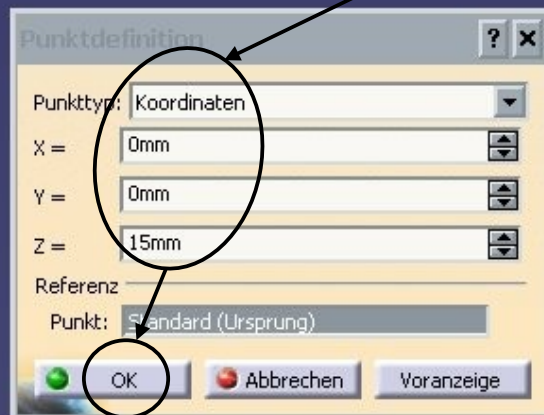


In der yz-Ebene in Skizze.1 eine Ellipse  
mit folgenden Parametern erzeugen.

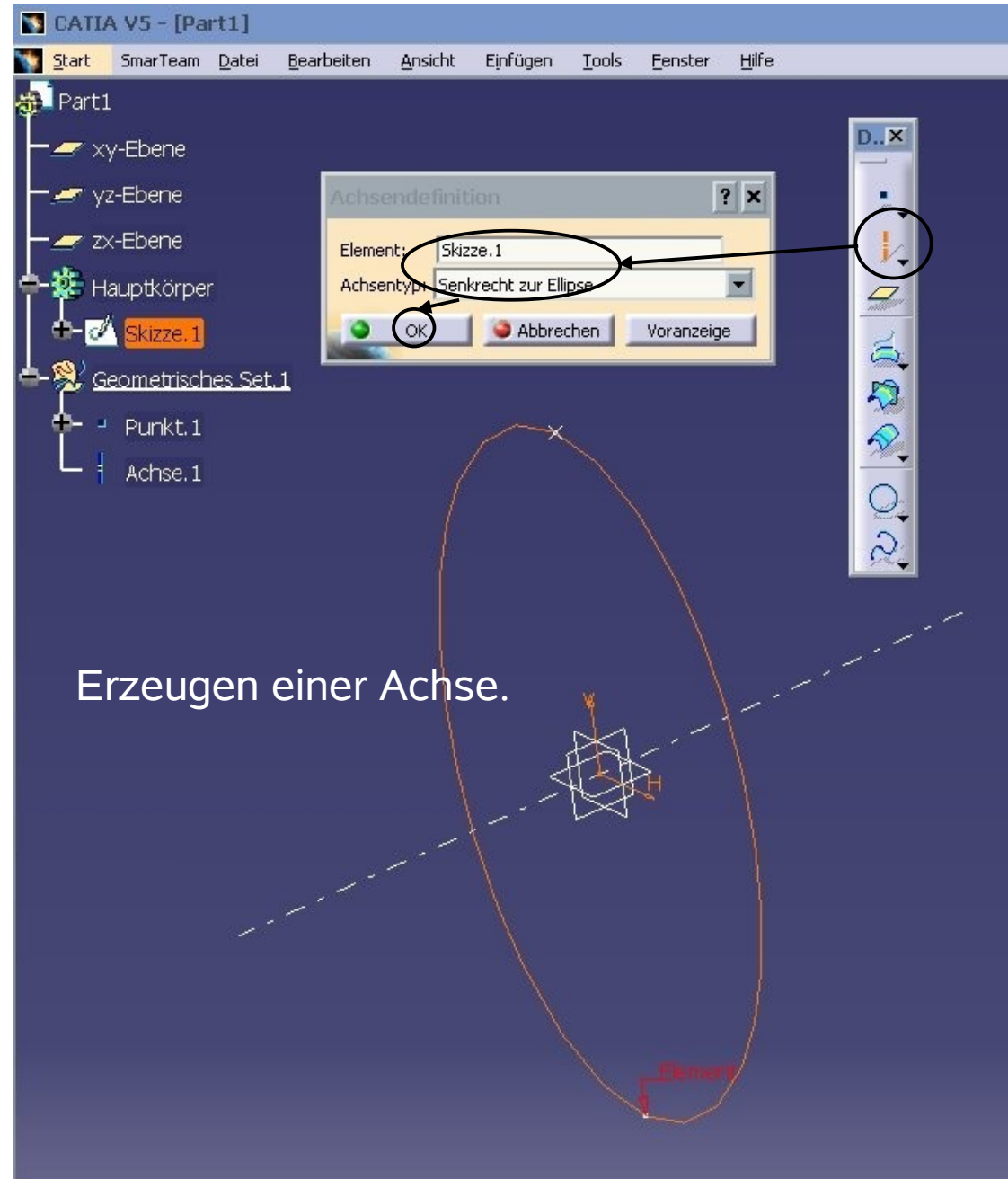
# OpenFOAM Computational Fluid Dynamics



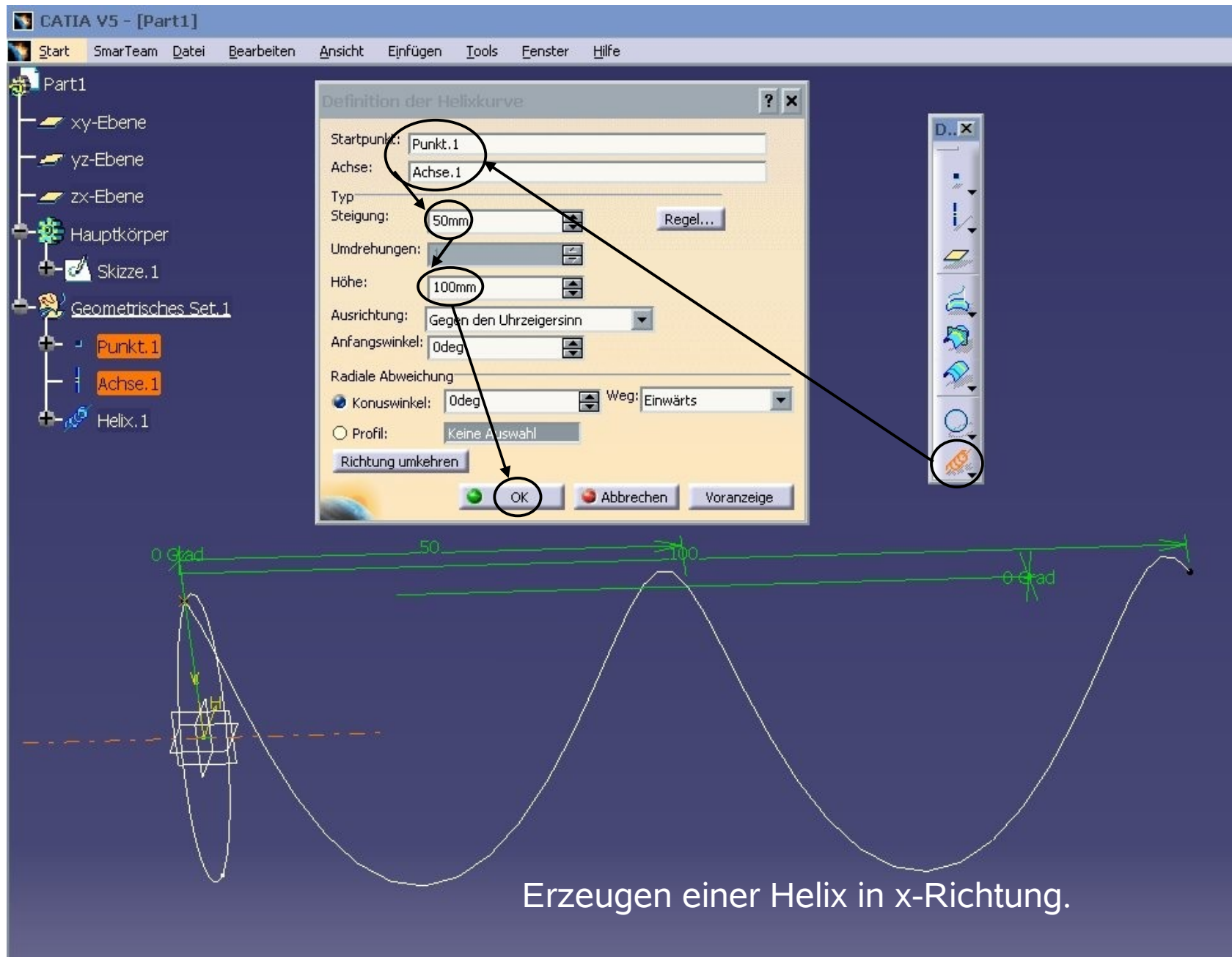
Erzeugen eines Punkts.



# OpenFOAM Computational Fluid Dynamics

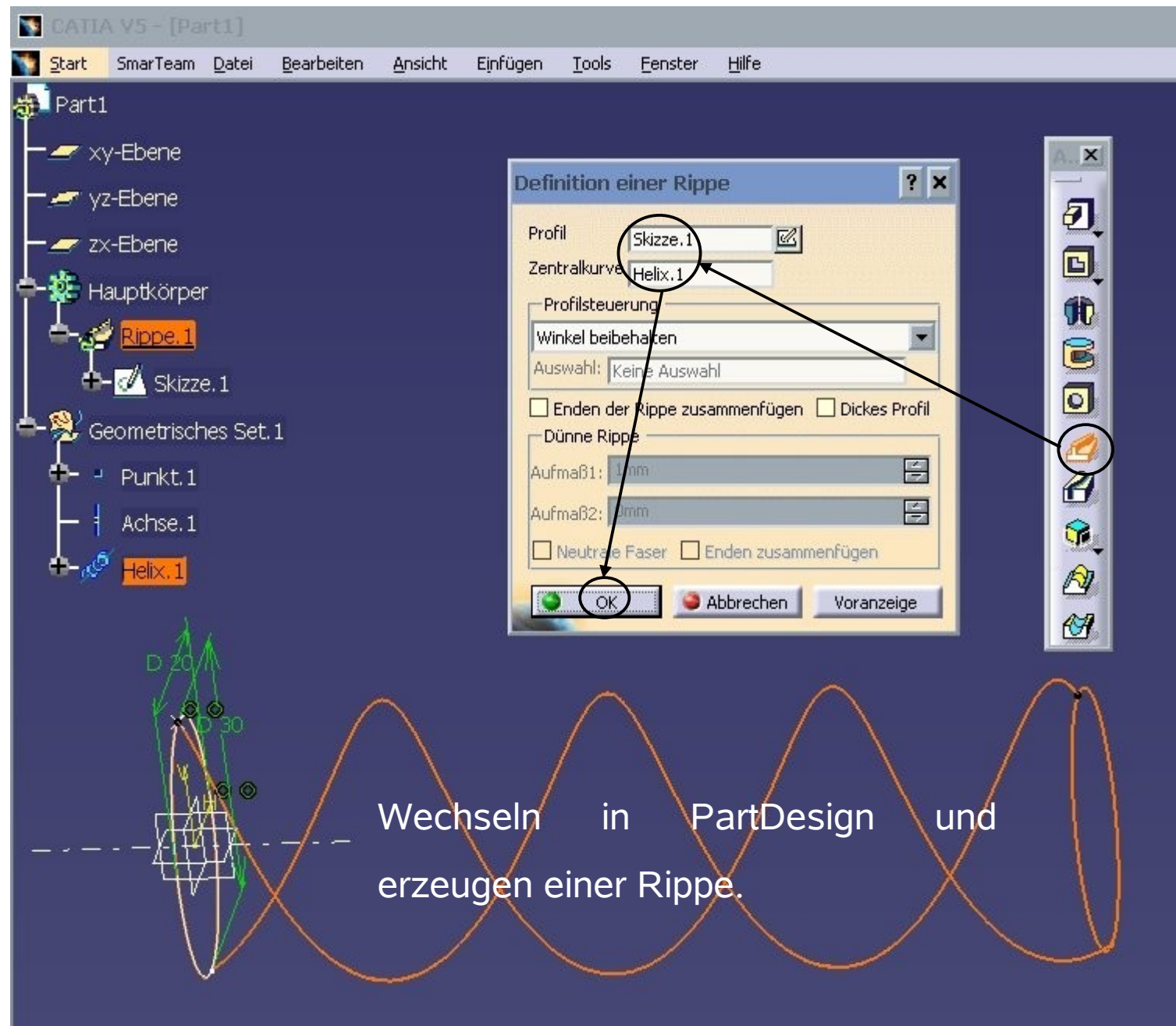




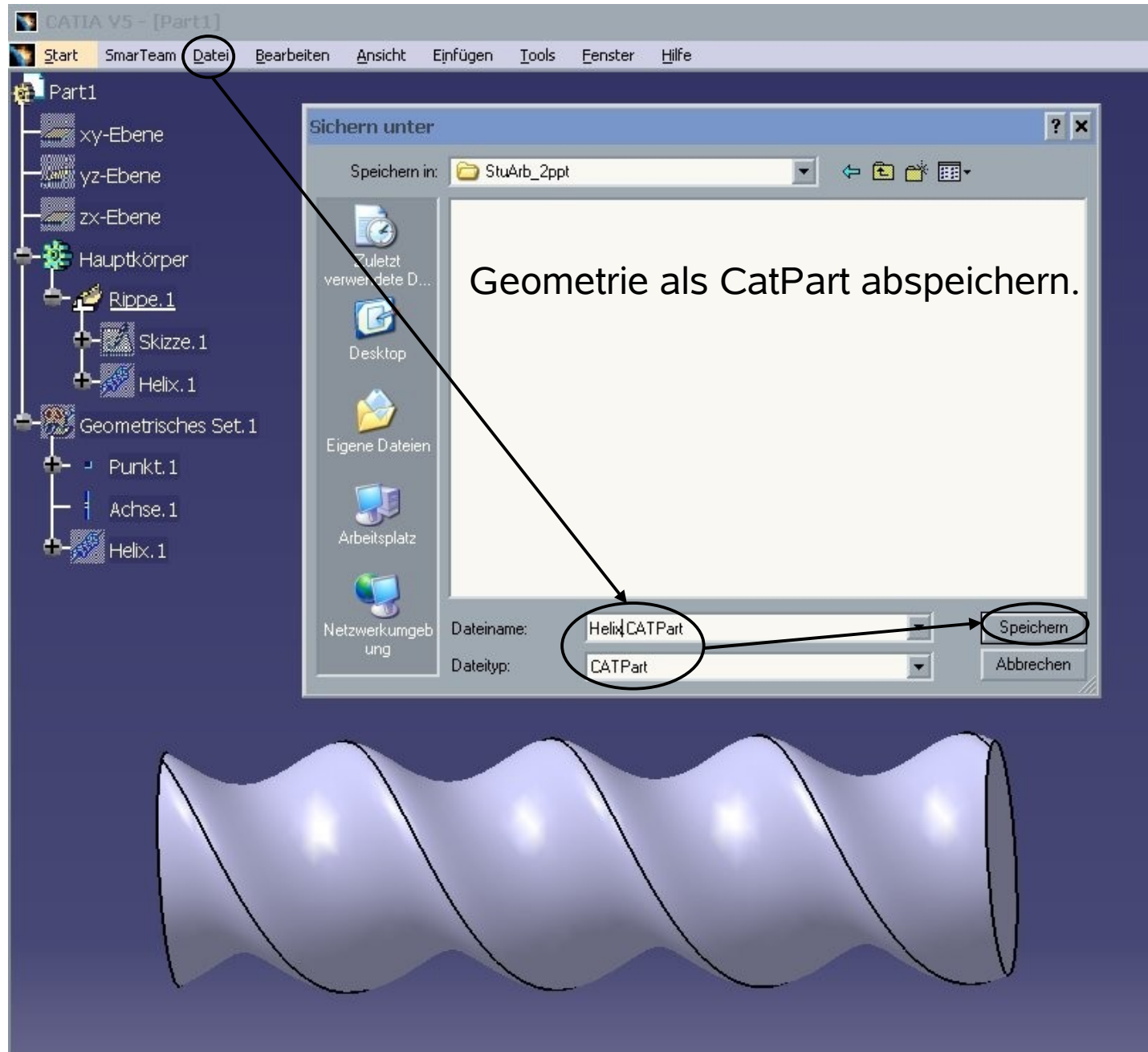




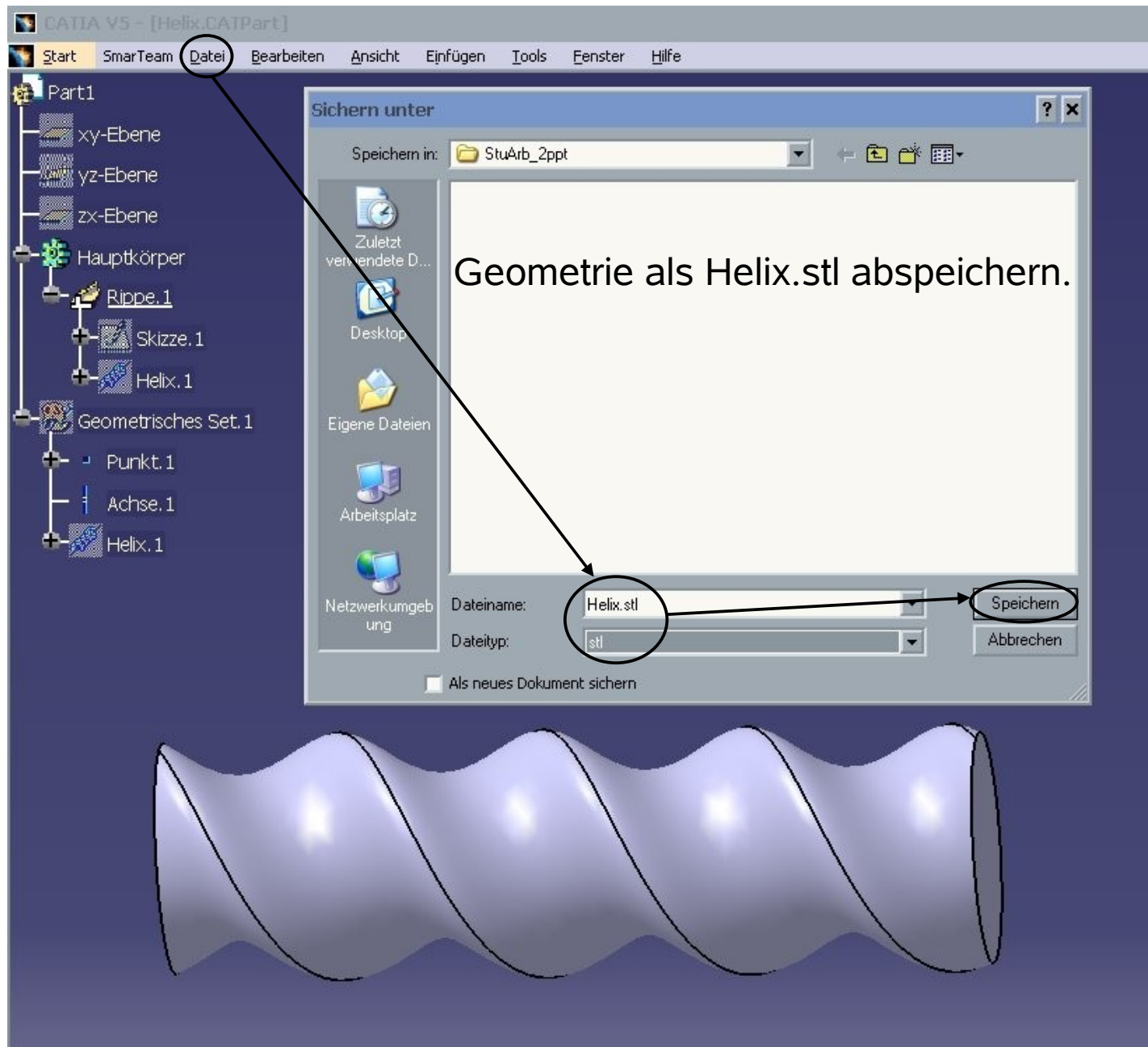
# OpenFOAM Computational Fluid Dynamics



# OpenFOAM Computational Fluid Dynamics

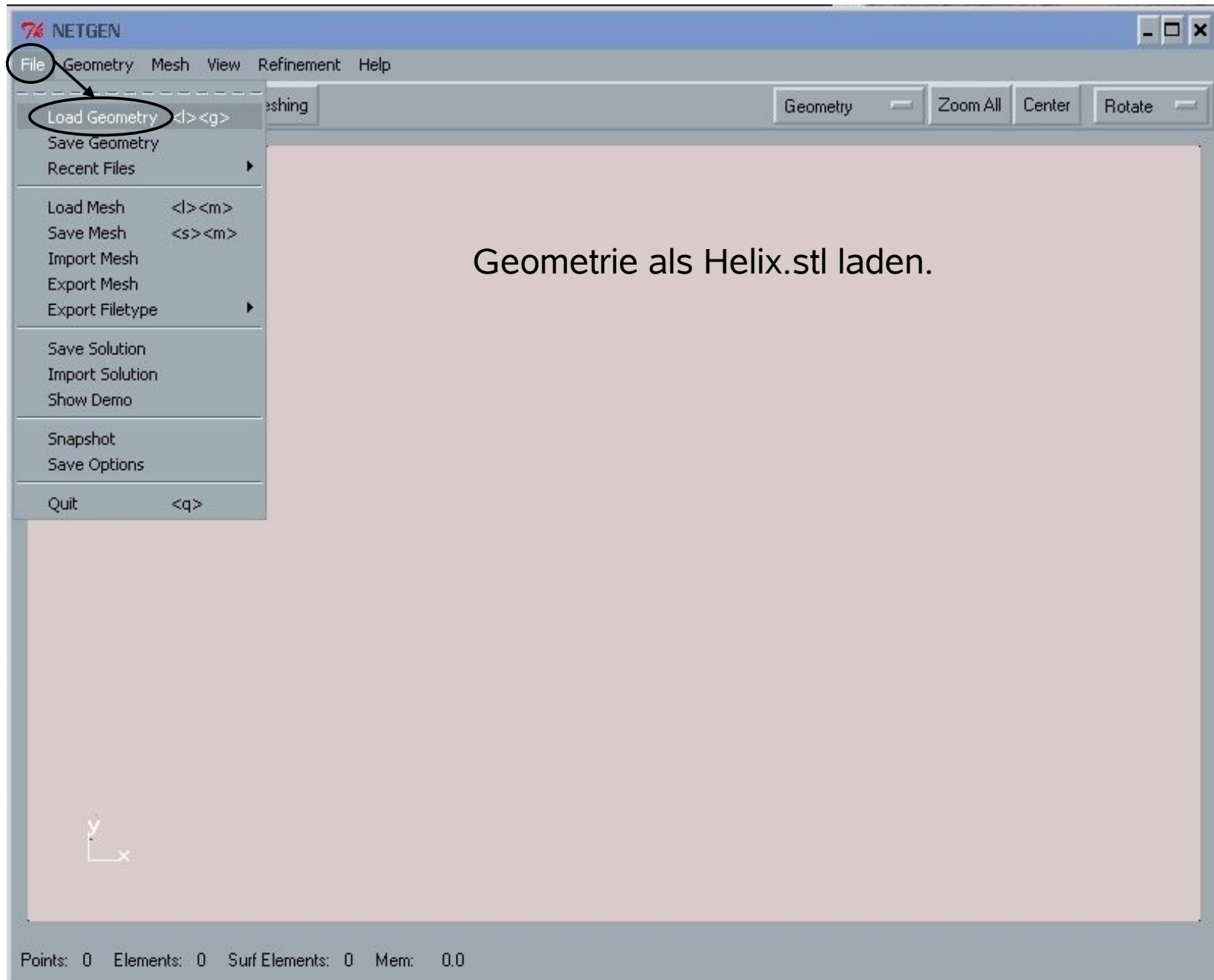


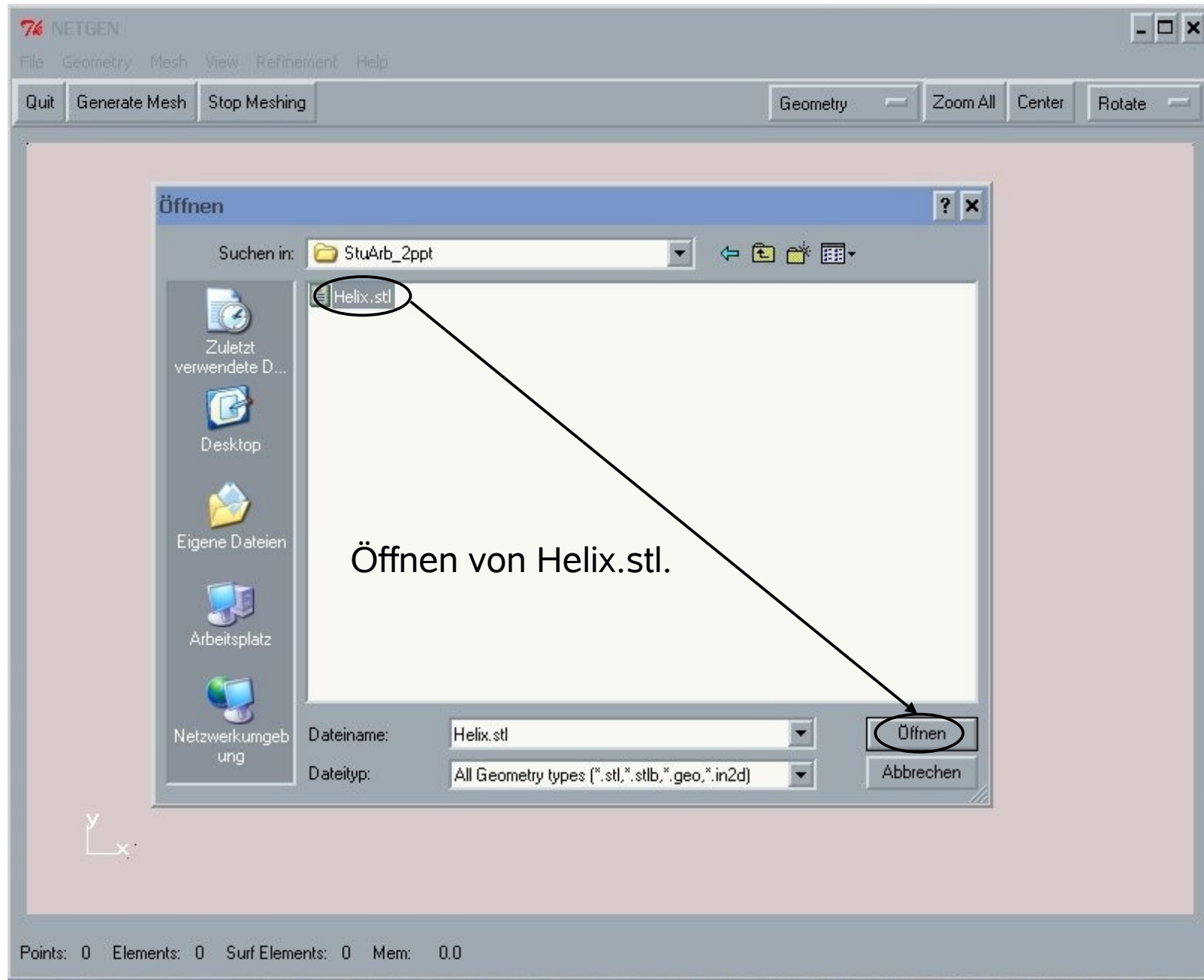
# OpenFOAM Computational Fluid Dynamics



Die Geometrie für die Simulation haben wir nun erzeugt und als Helix.stl abgespeichert. Dieses Datenformat kann von Netgen mit LoadGeometry geladen werden.

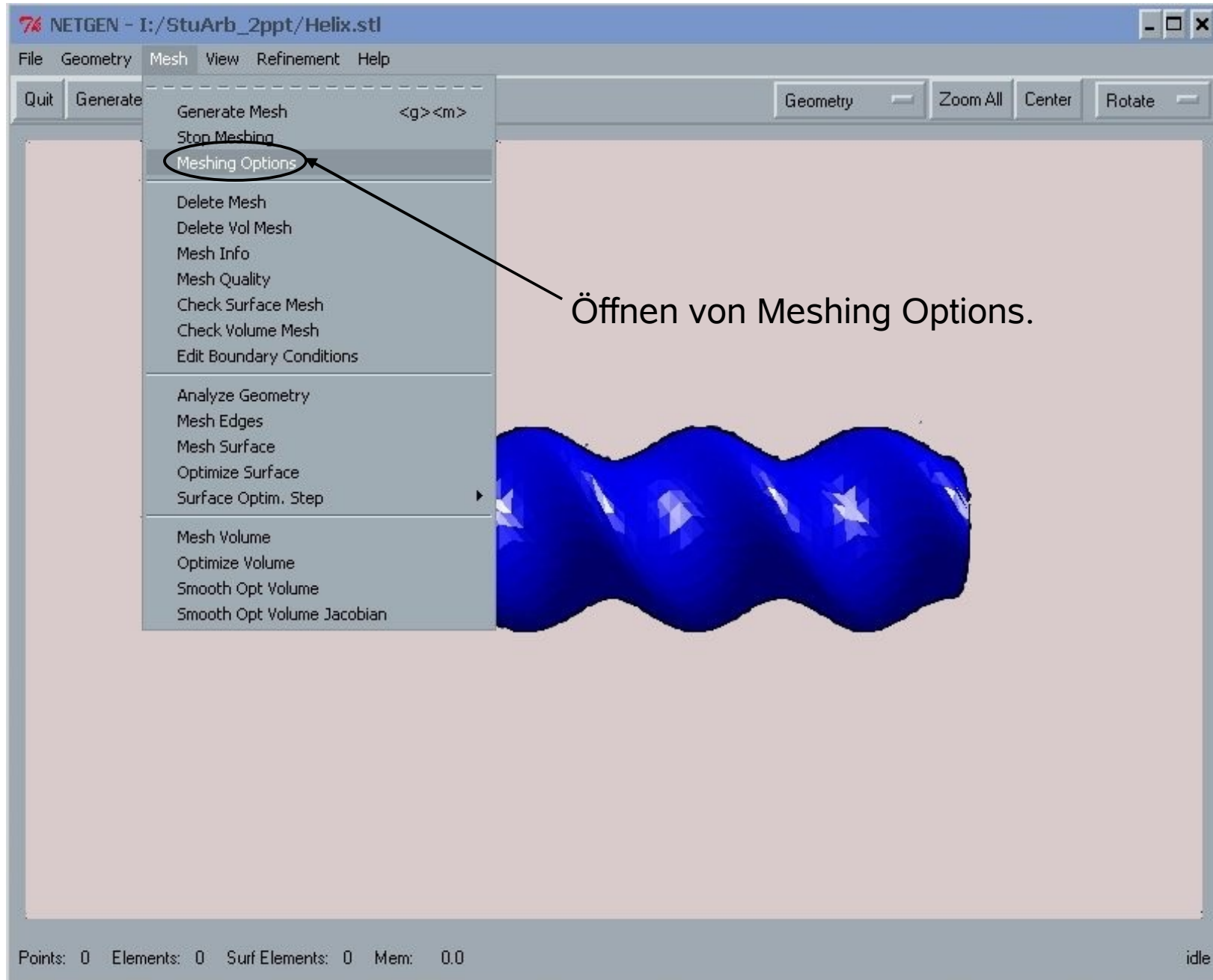
Netgen ist Freeware und muss lediglich in ein eigenes Verzeichnis entpackt werden. Mit Hilfe dieses Programms können Volumen oder Flächen vernetzt werden.





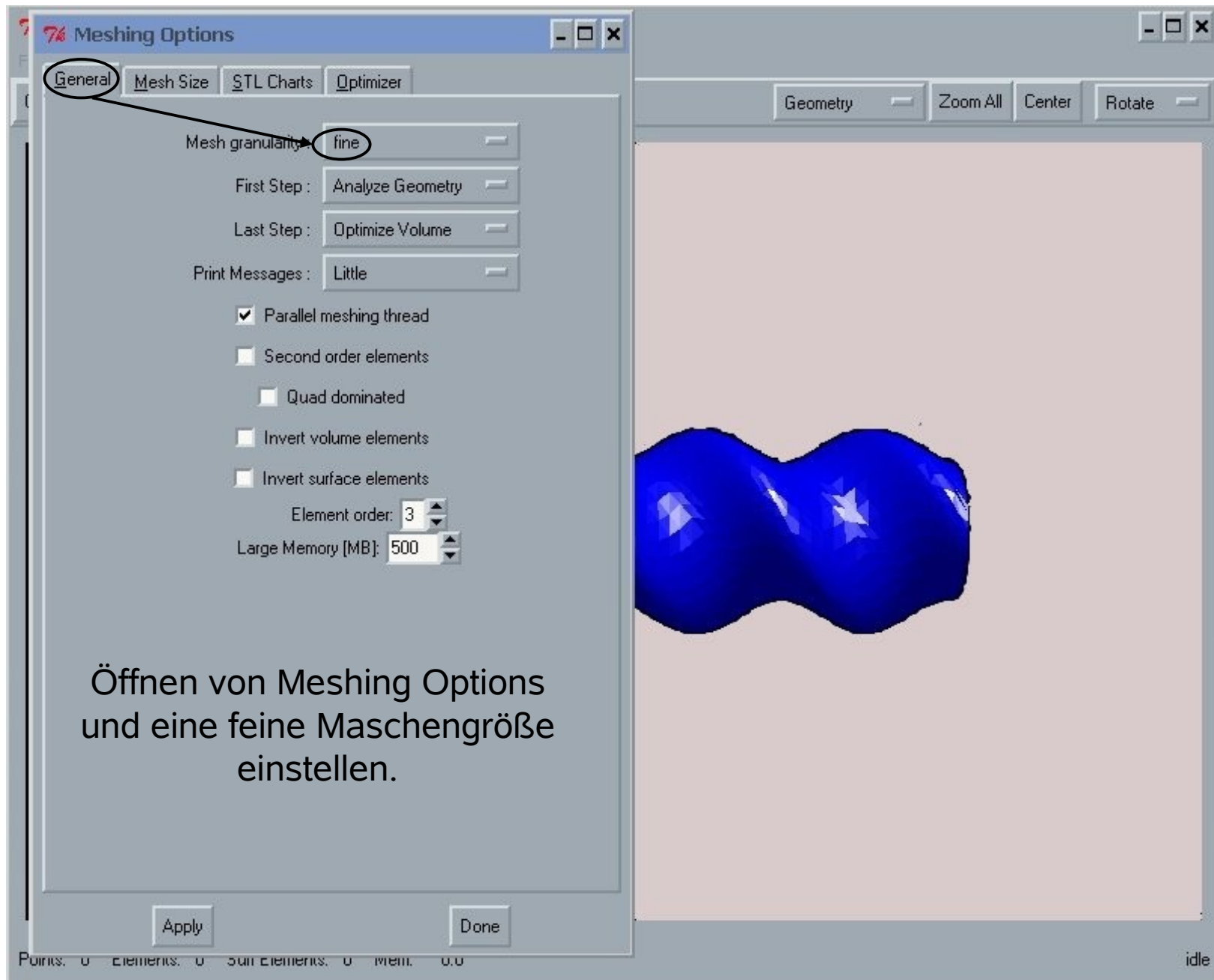


# OpenFOAM Computational Fluid Dynamics

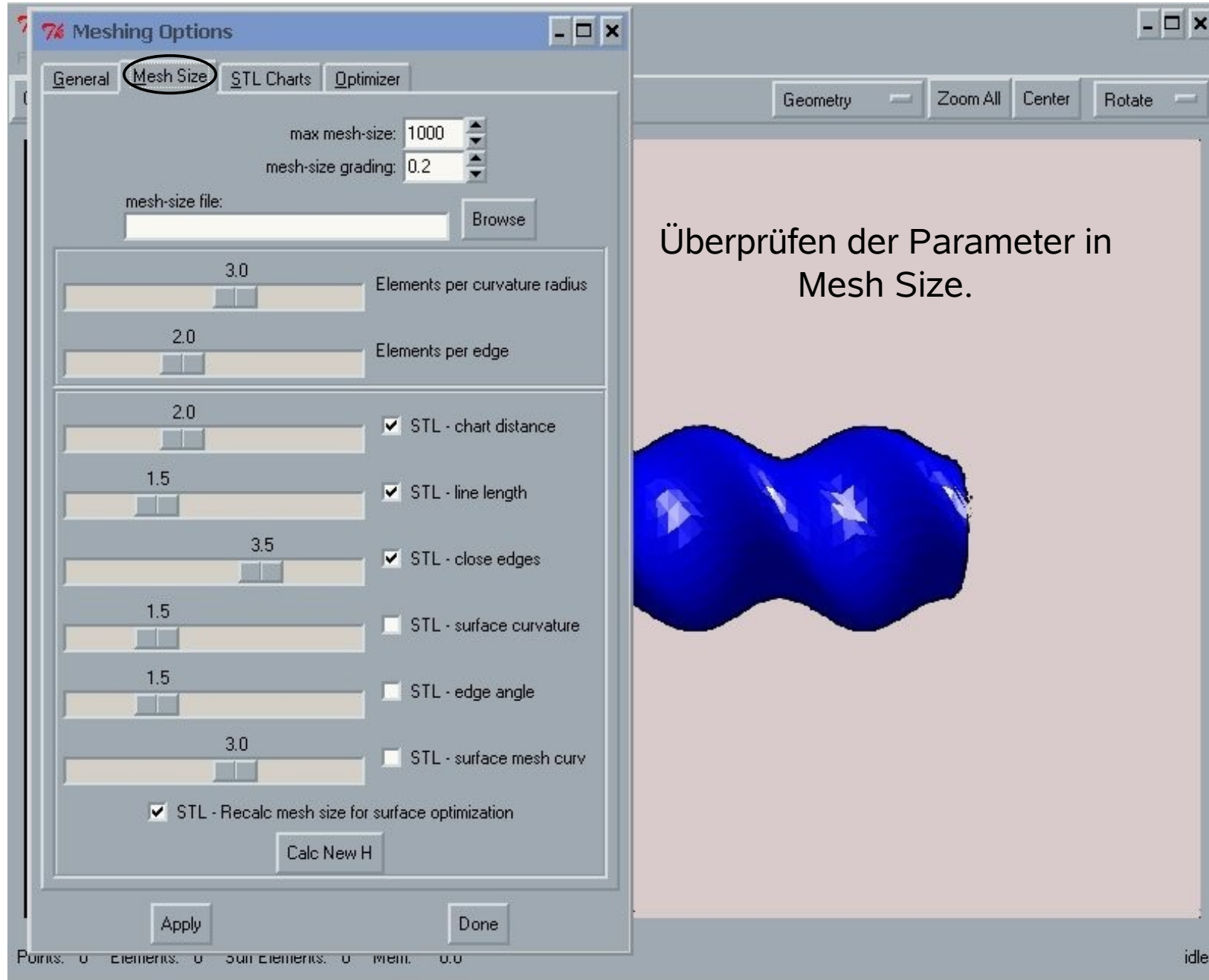


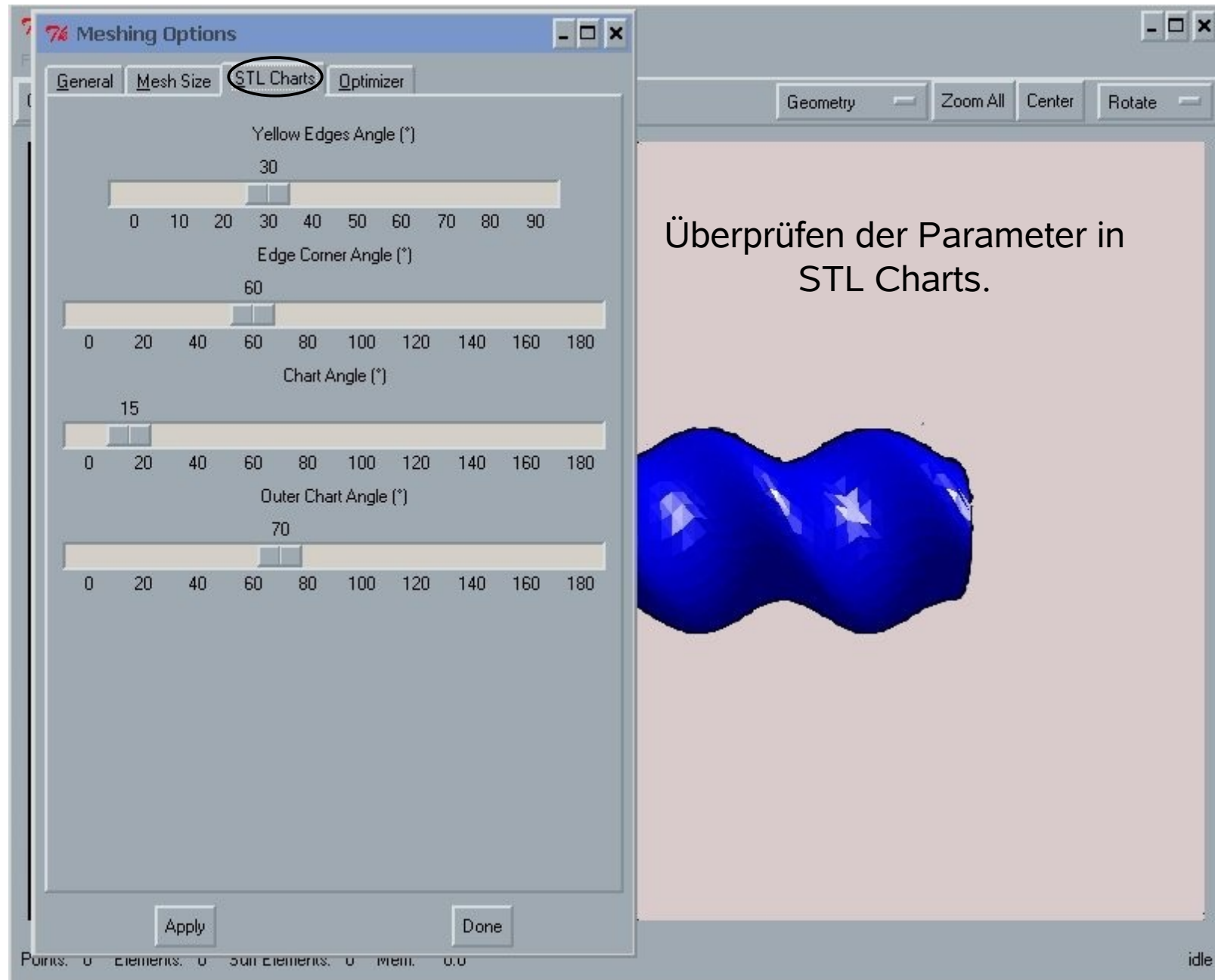
Öffnen von Meshing Options.

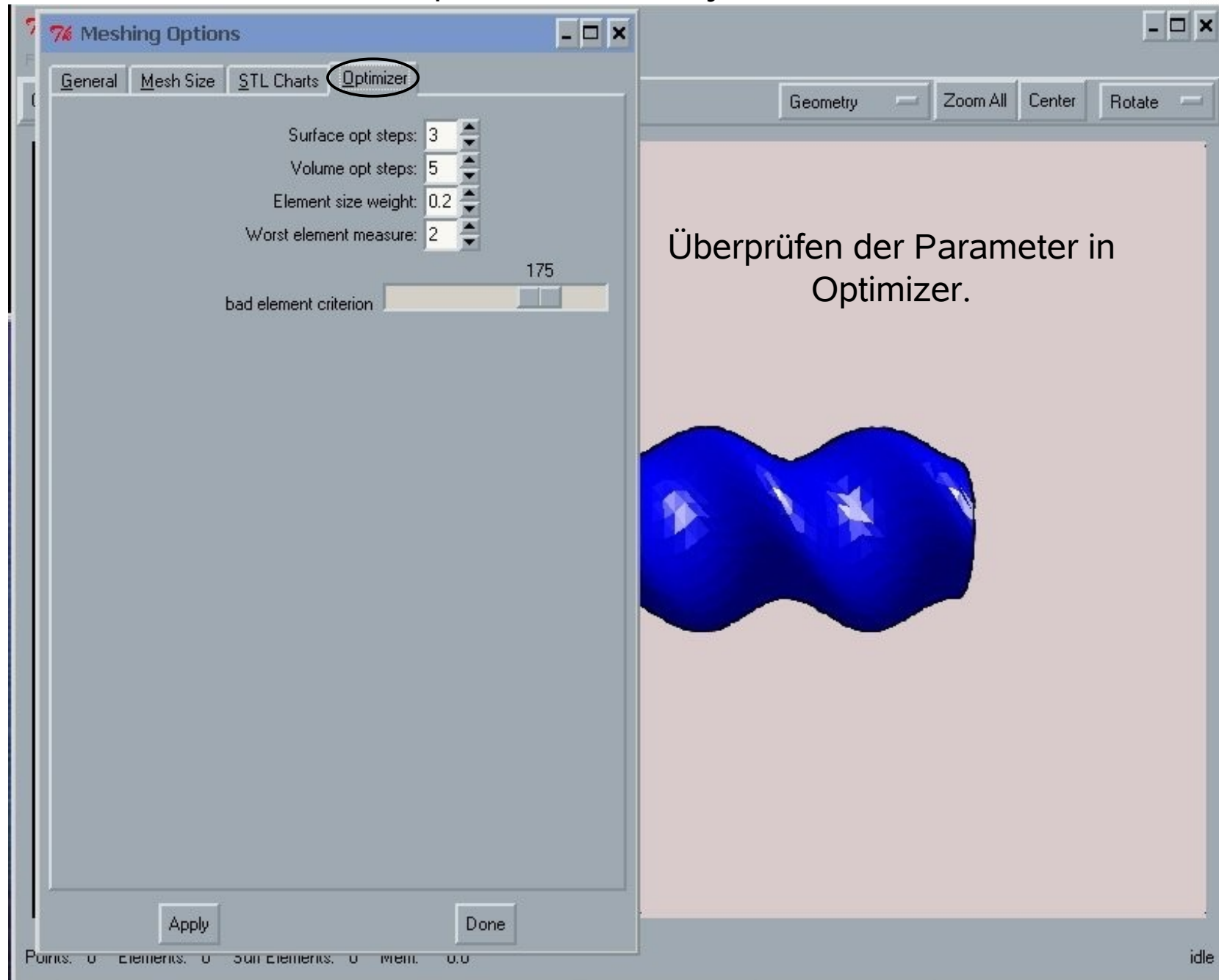




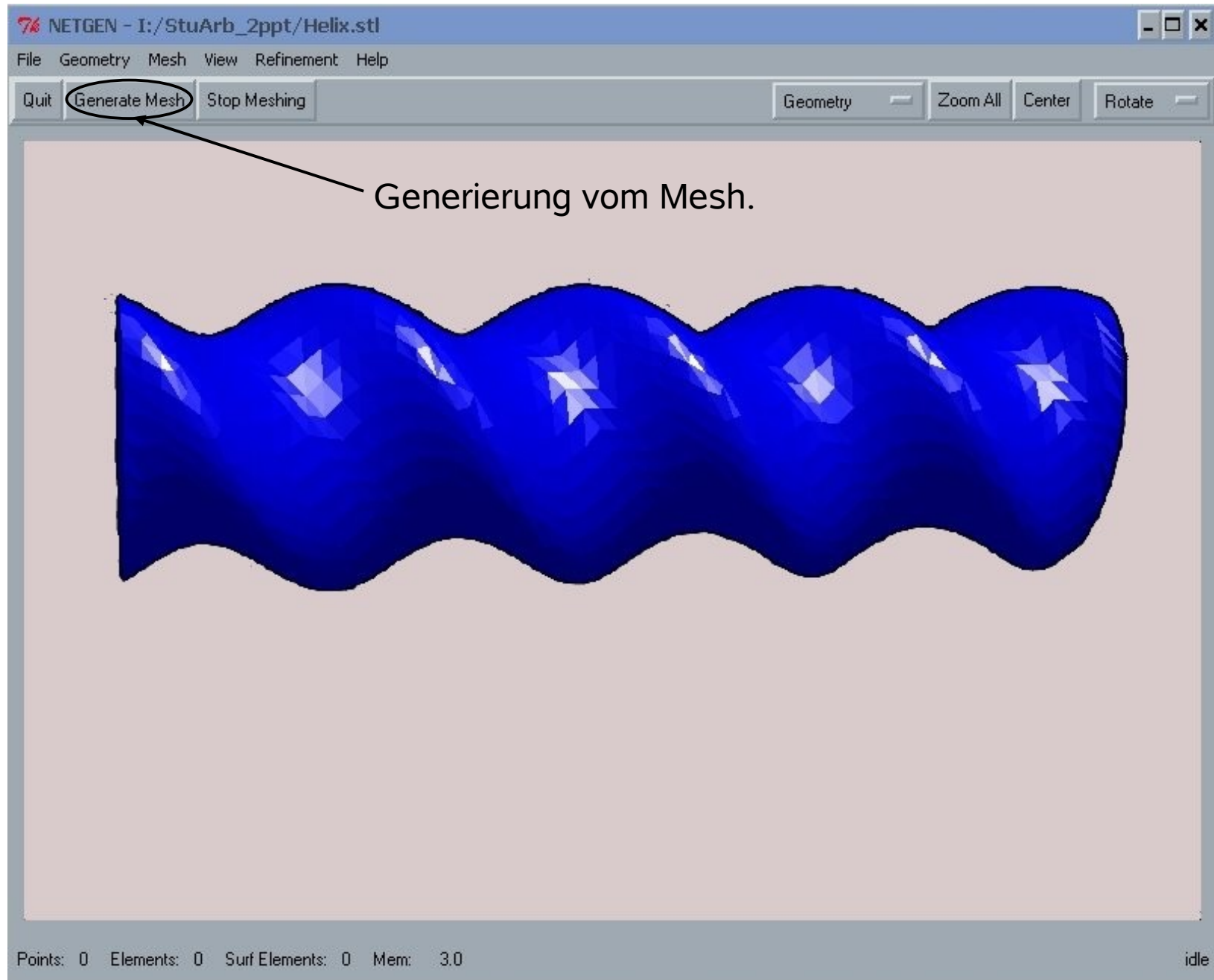
Öffnen von Meshing Options  
und eine feine Maschengröße  
einstellen.



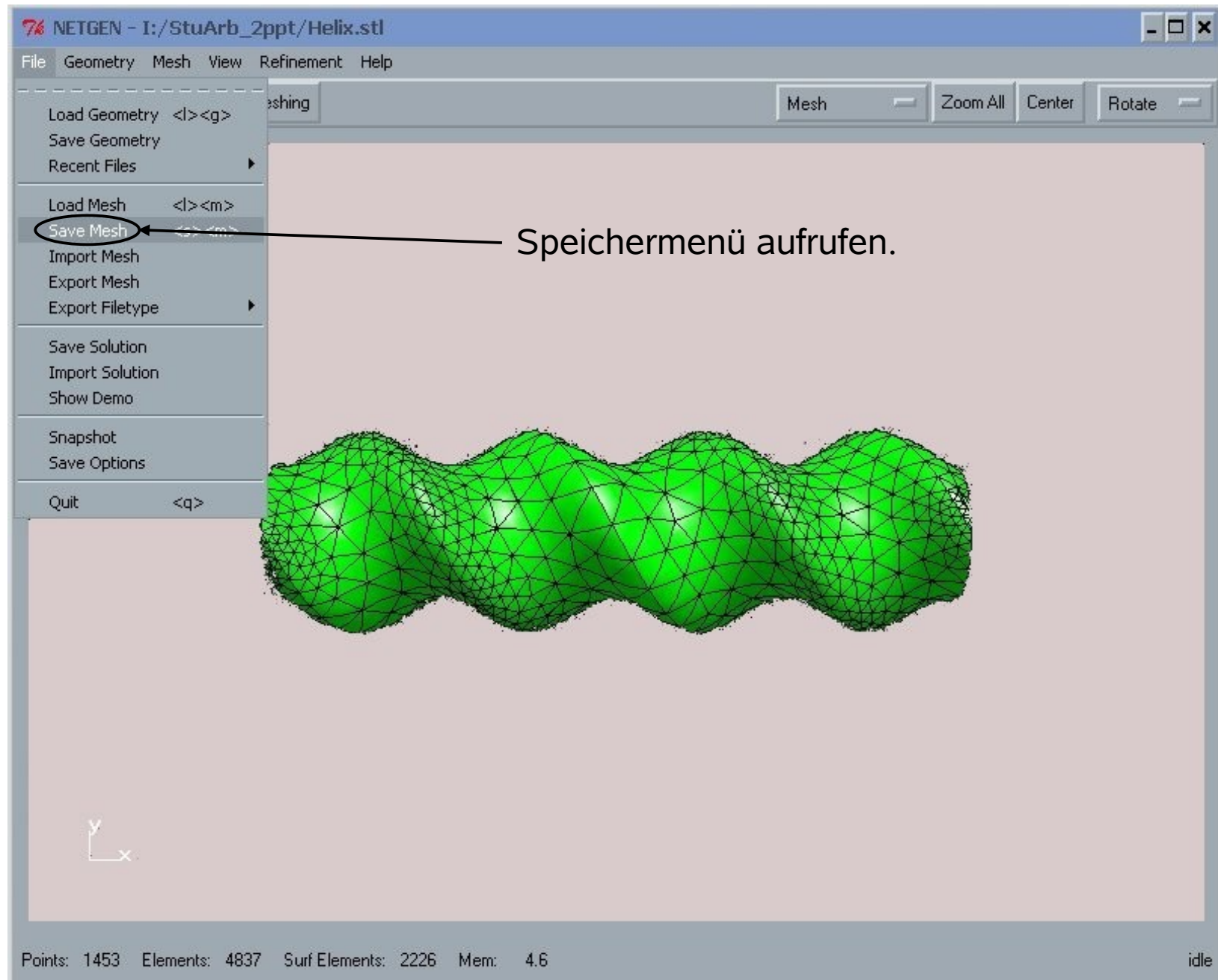




# OpenFOAM Computational Fluid Dynamics

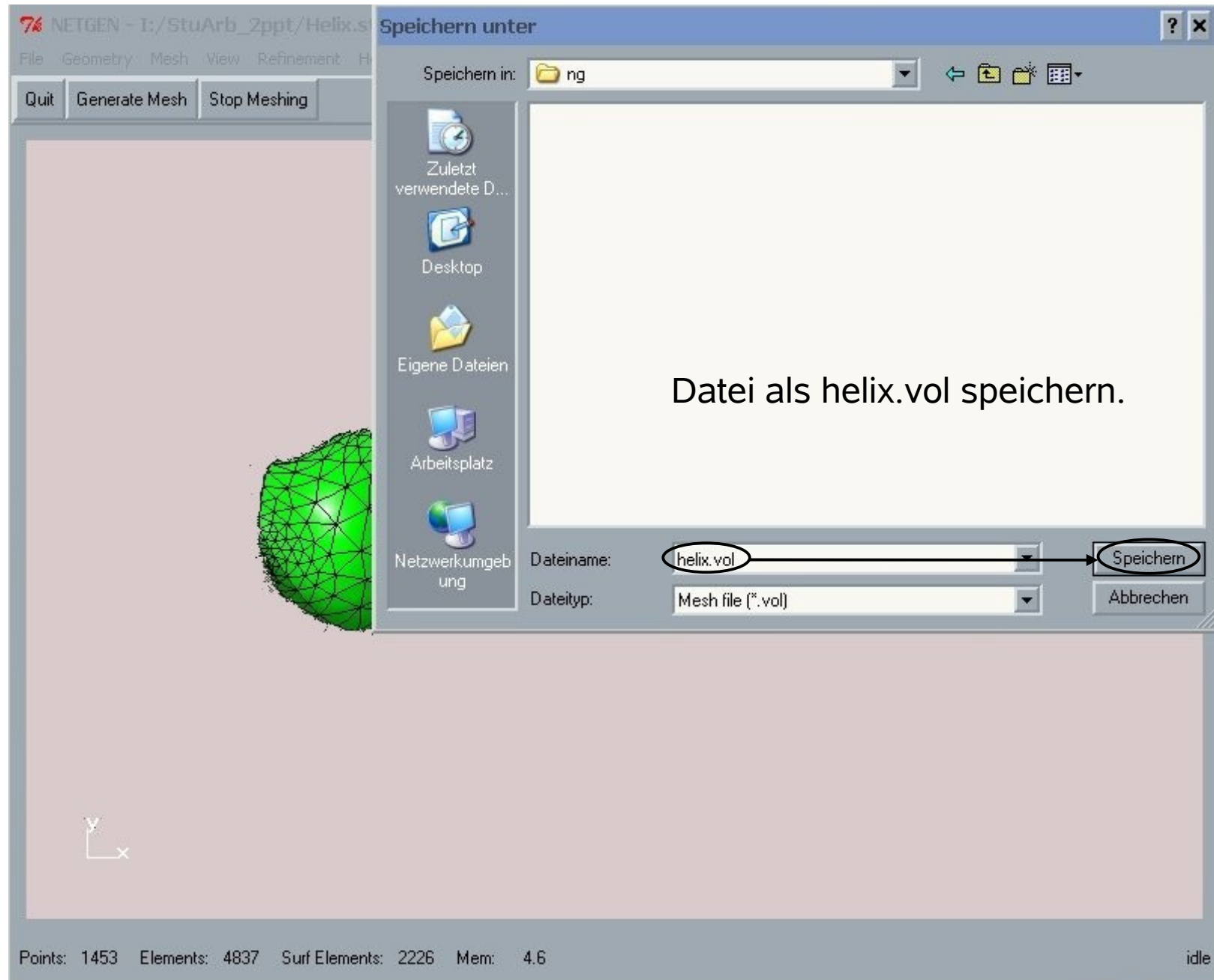


# OpenFOAM Computational Fluid Dynamics



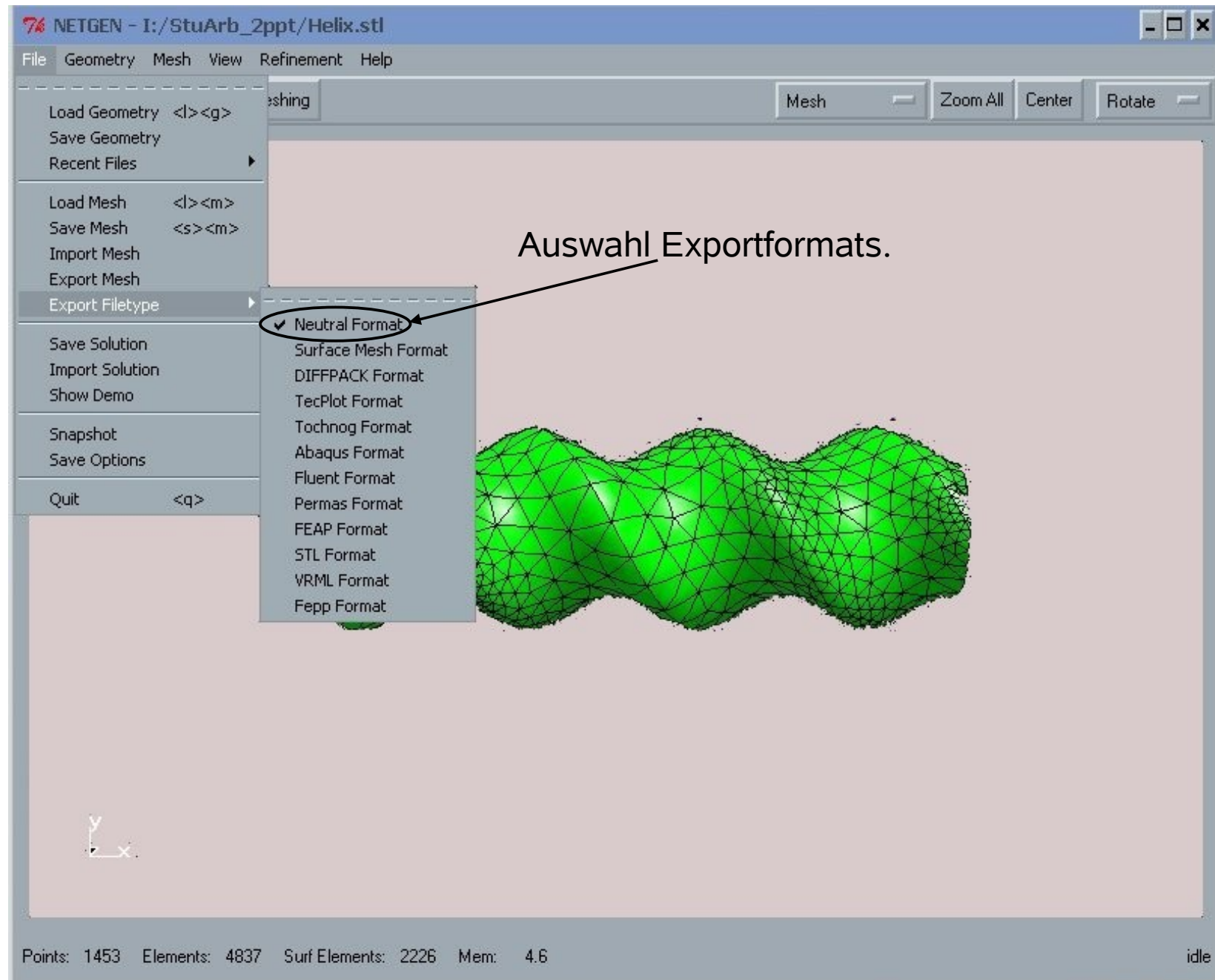


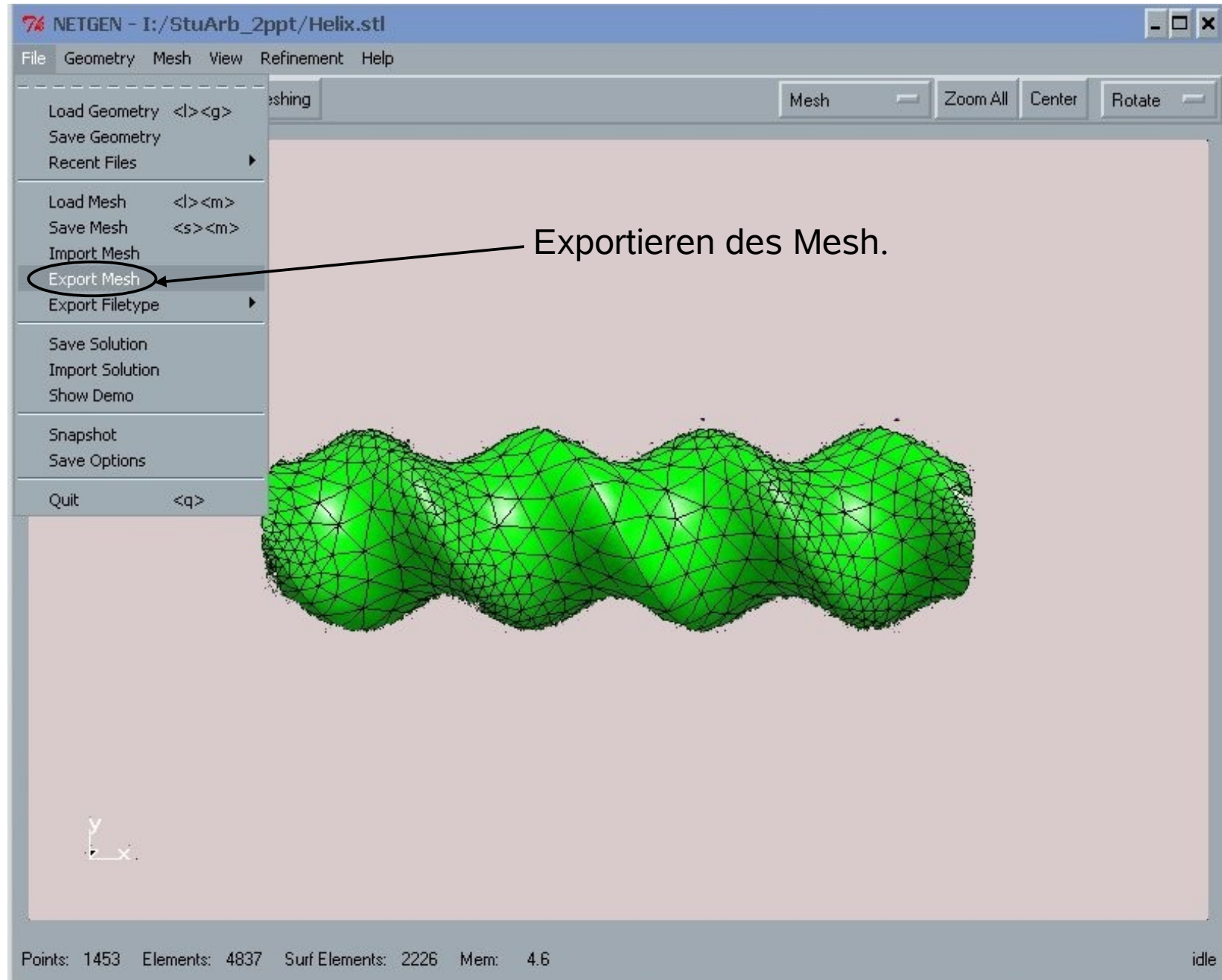
# OpenFOAM Computational Fluid Dynamics



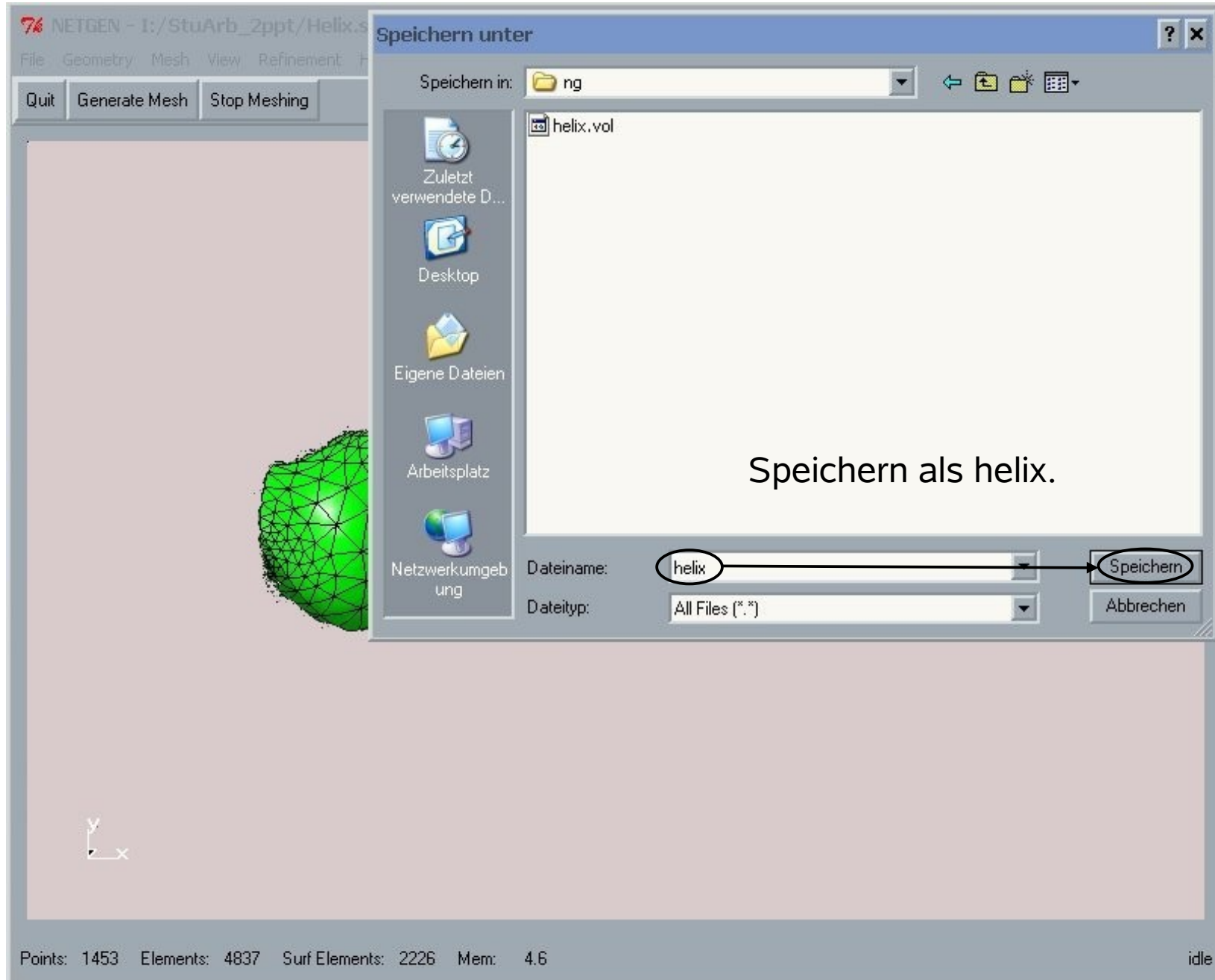


# OpenFOAM Computational Fluid Dynamics

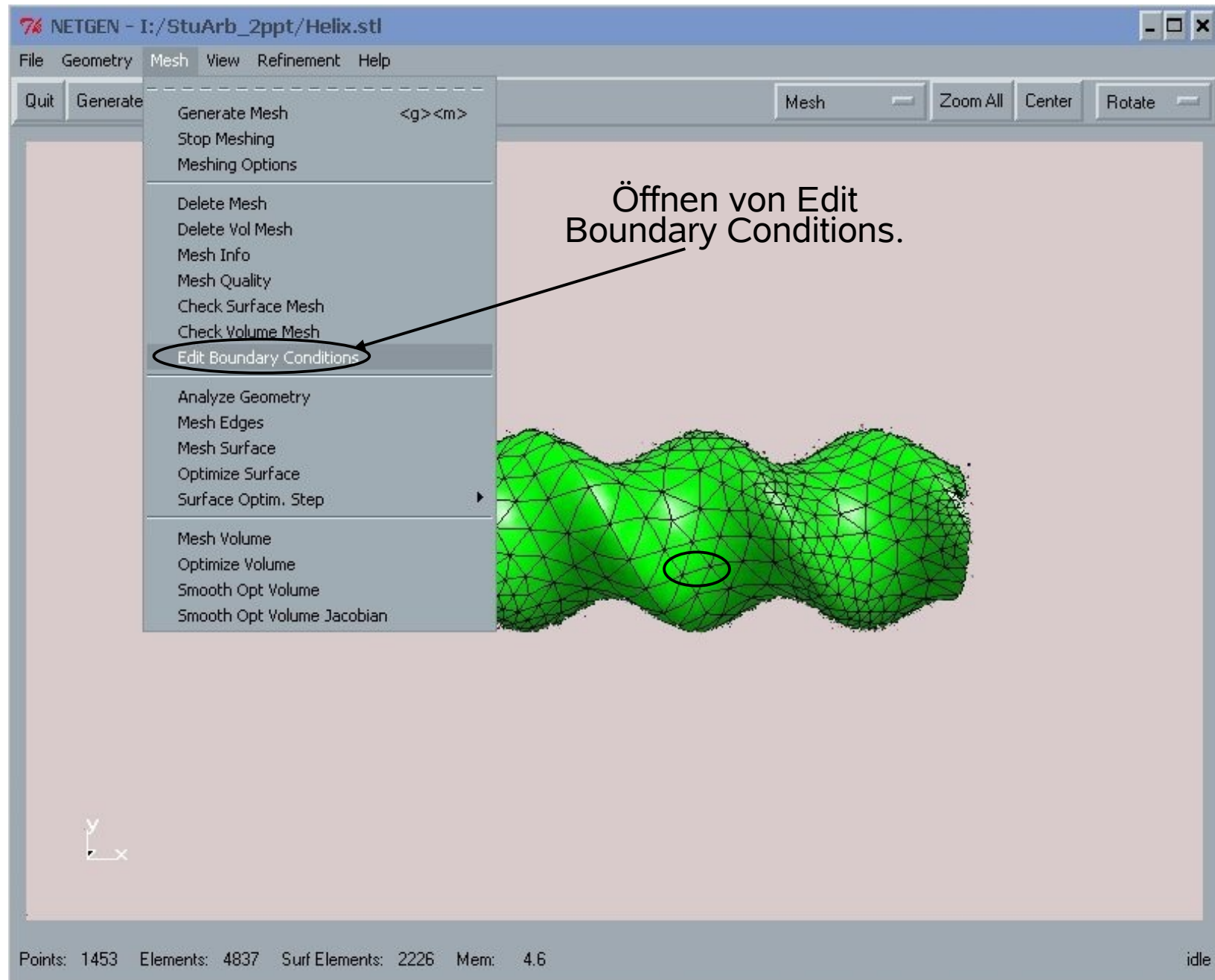




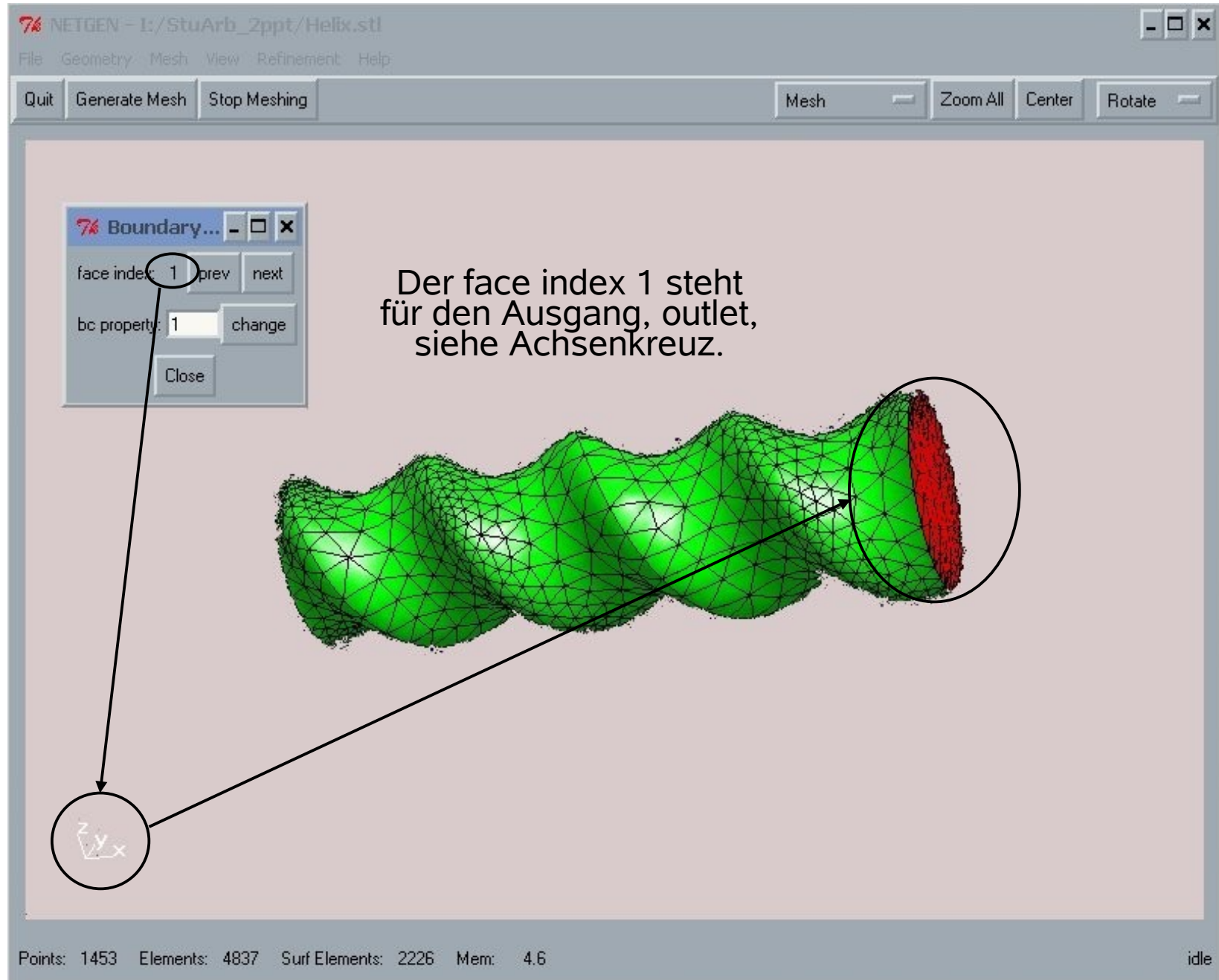
# OpenFOAM Computational Fluid Dynamics



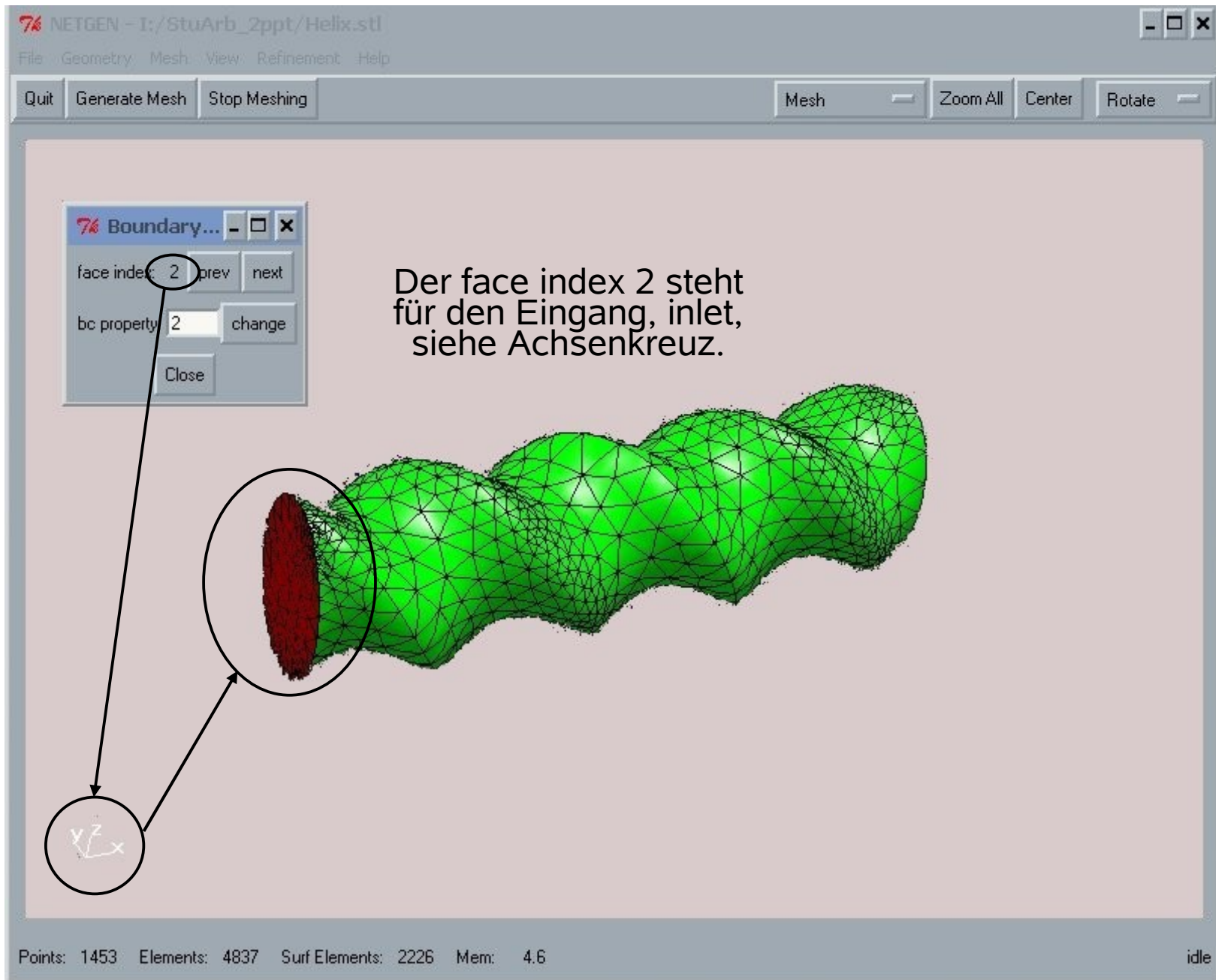
# OpenFOAM Computational Fluid Dynamics



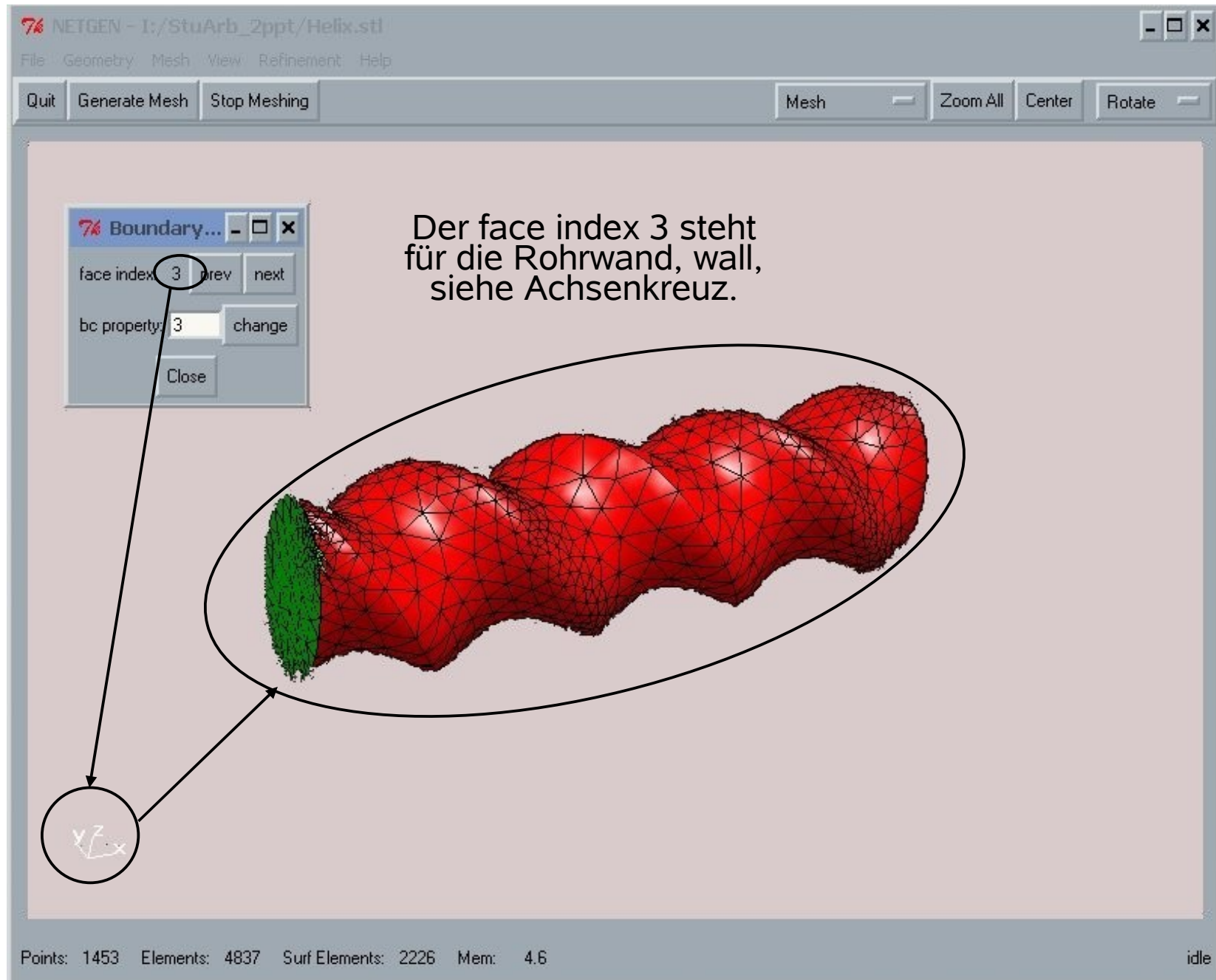
# OpenFOAM Computational Fluid Dynamics



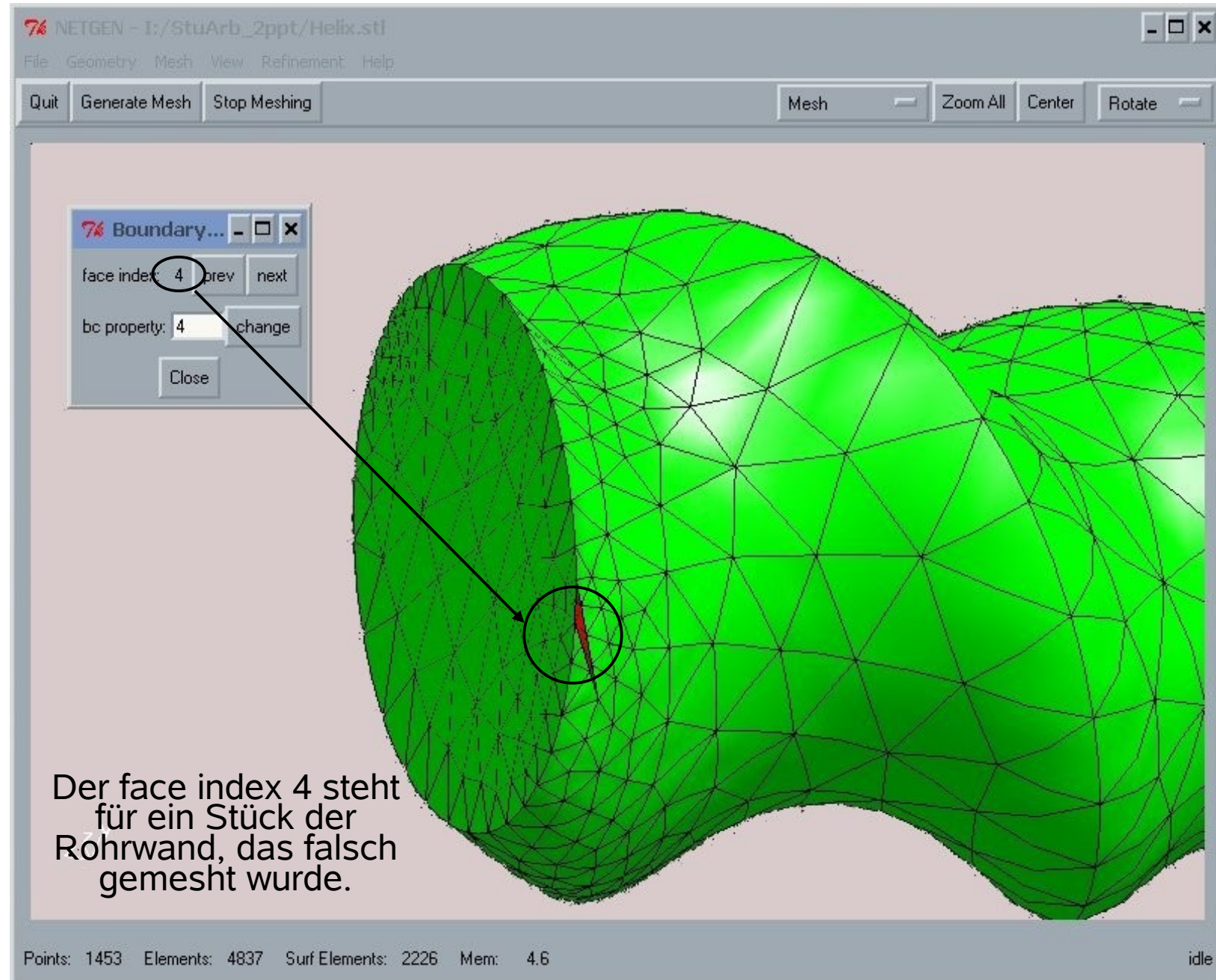


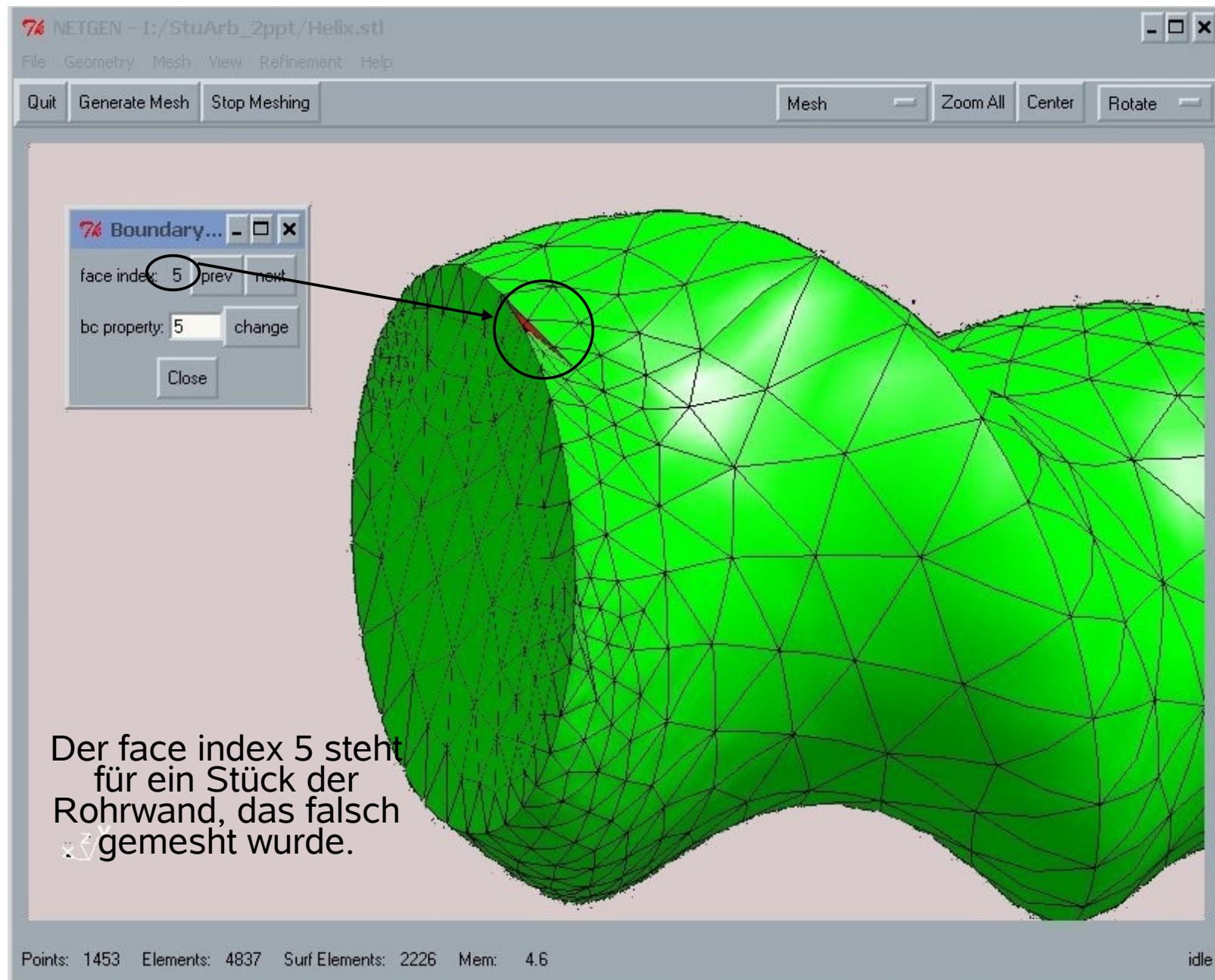


# OpenFOAM Computational Fluid Dynamics

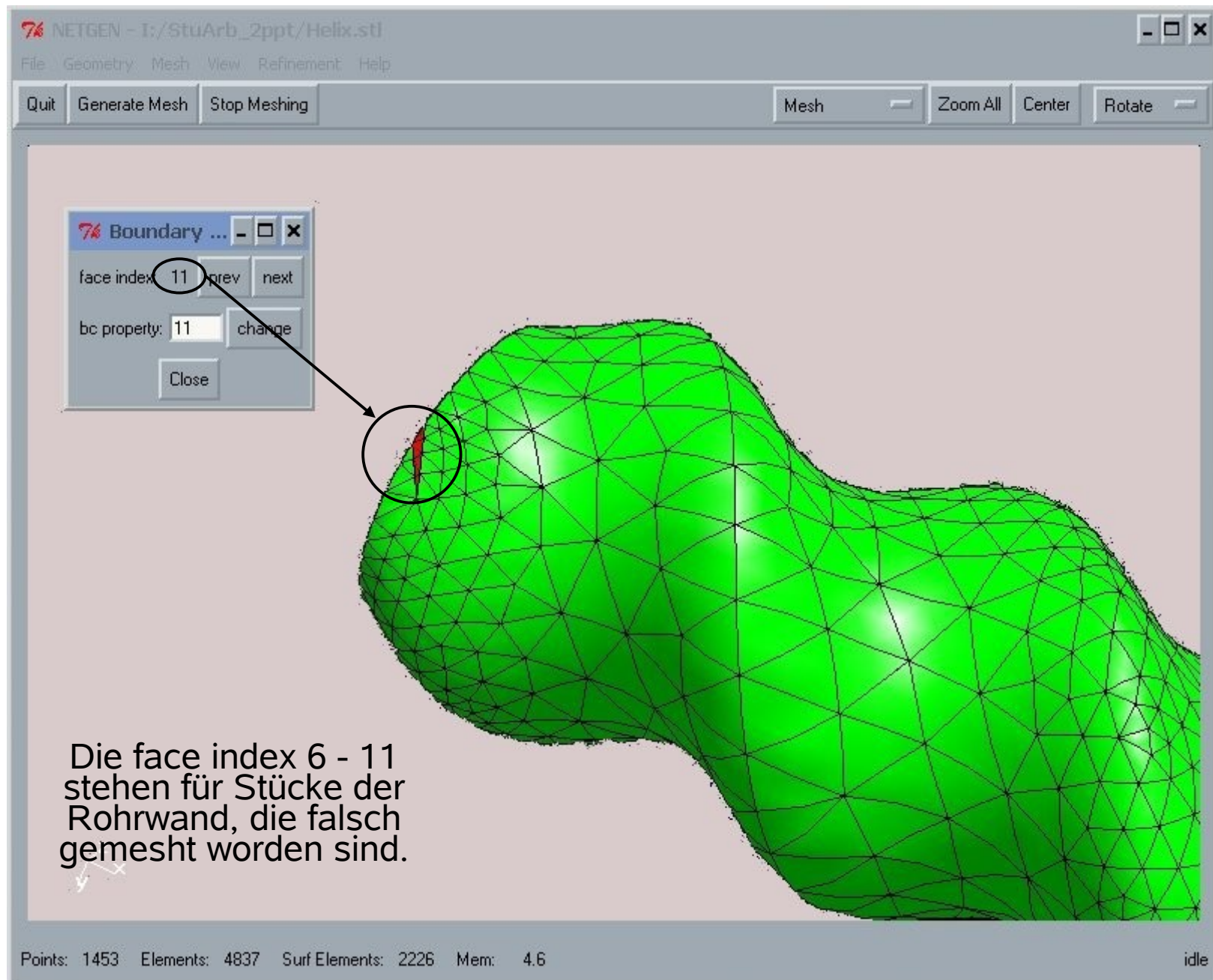












Das Mesh wurde jetzt in Netgen erzeugt und als NeutralFormat exportiert. Im Edit Boundary Conditions – Menü haben wir die Gruppierung verschiedener Flächen zu faces überprüft und herausgefunden, dass nicht alle face Gruppen einen Sinn machen, da sie eigentlich zur Rohrwand gehören. Dies soll uns aber nicht kümmern.

Im Folgenden erzeugen wir den Fall Helix in FoamX, importieren die Mesh-Datei und setzen die Simulationsparameter.

Nach der Importierung müssen wir die Datei boundary unter constant/polyMesh abändern und die überflüssigen Gruppierungen zur Rohrwand hinzufügen.

**FoamX**

Erzeugen vom Fall Helix mit dem solver icoFoam.

**Import**

netgenNeutralToFoam root case (root)/file &

**Parameter**

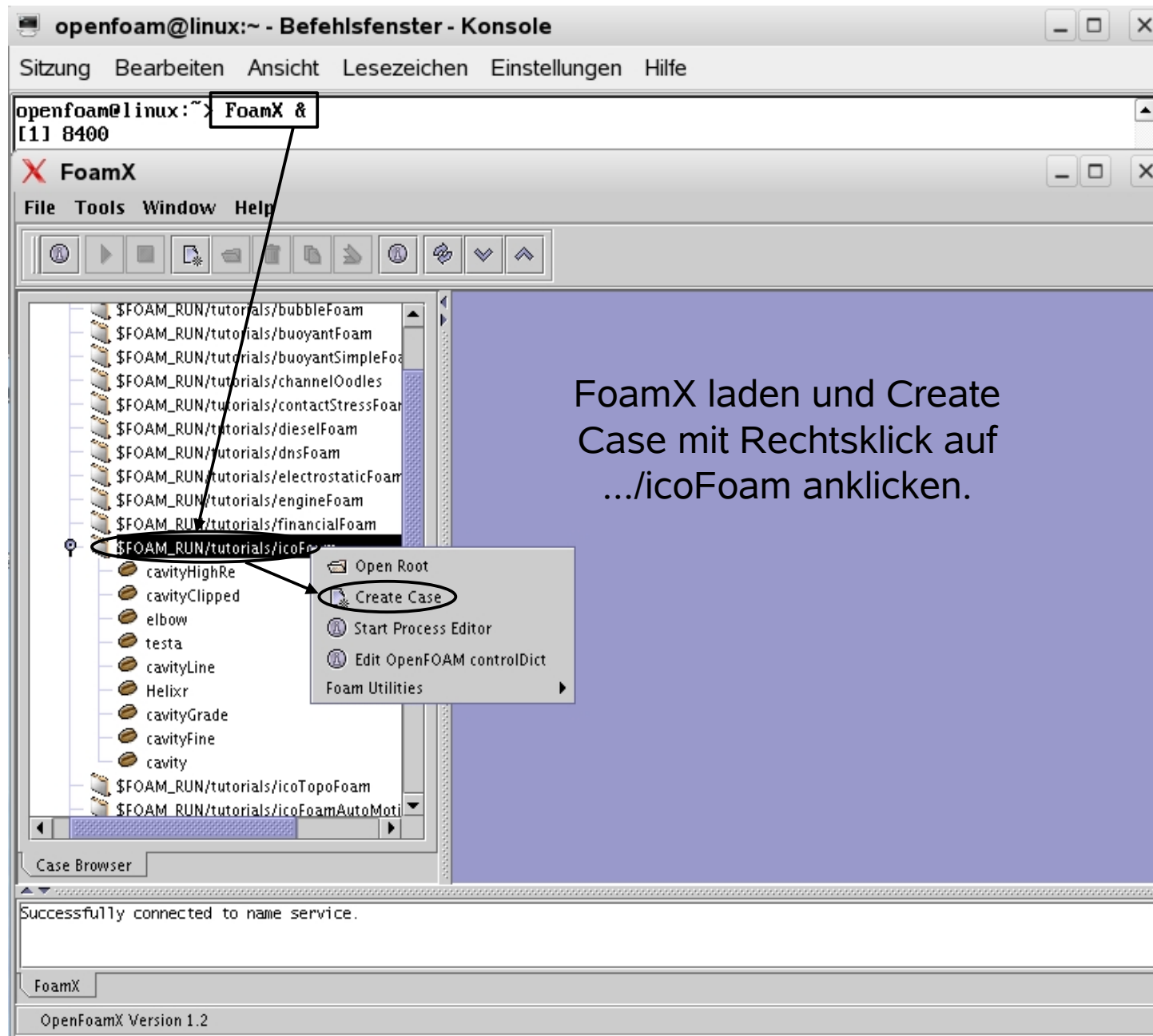
Helix/constant/polyMesh/ kwrite boundary &  
Helix/constant/ kwrite transportProperties &  
Helix/0/ kwrite U &, Helix/0/kwrite p &  
Helix/system/kwrite fvSchemes &  
Helix/system/kwrite controlDict &

**Simulation**

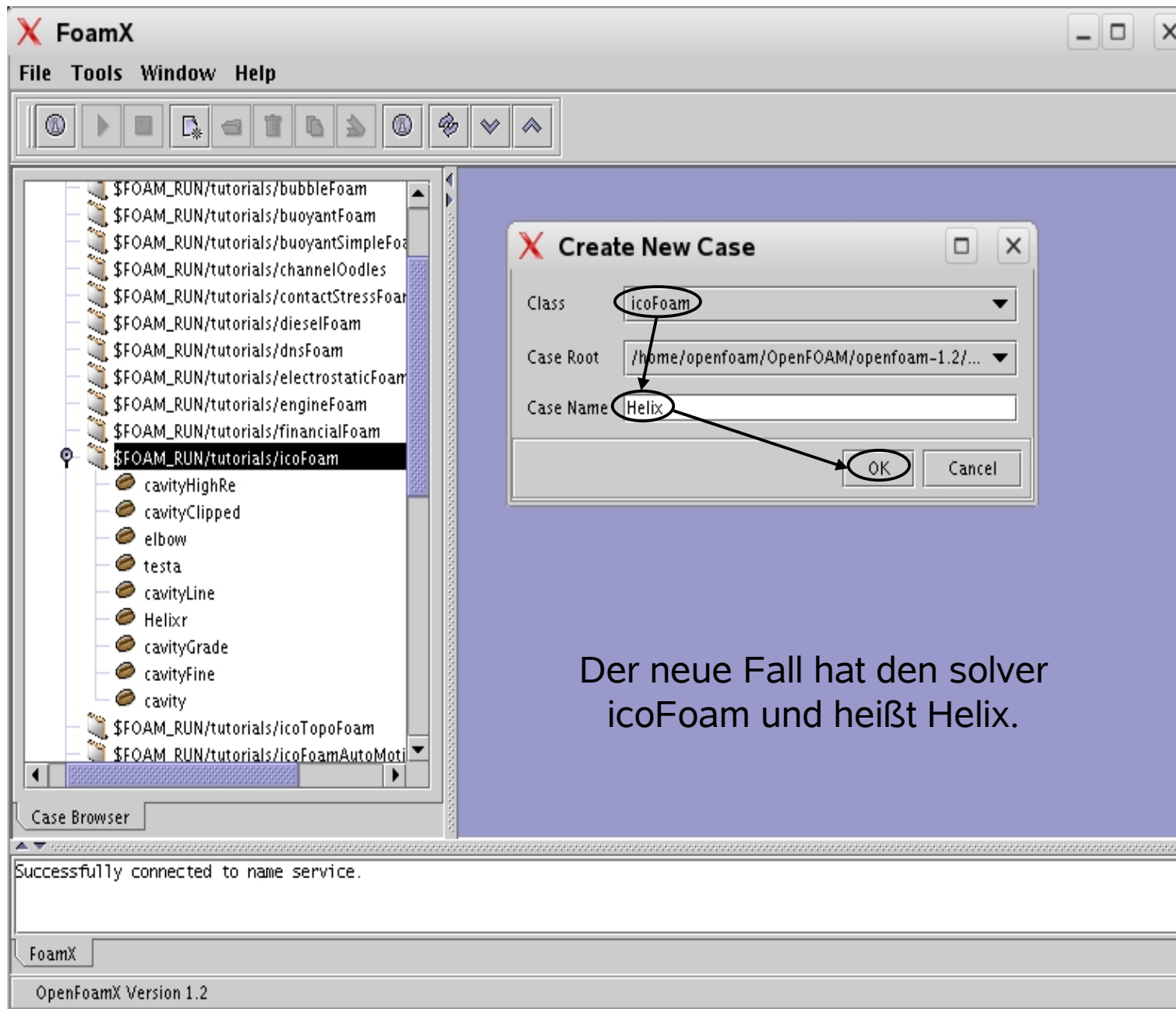
Start der Berechnung und Auswertung in  
ParaView.

# OpenFOAM

## Computational Fluid Dynamics



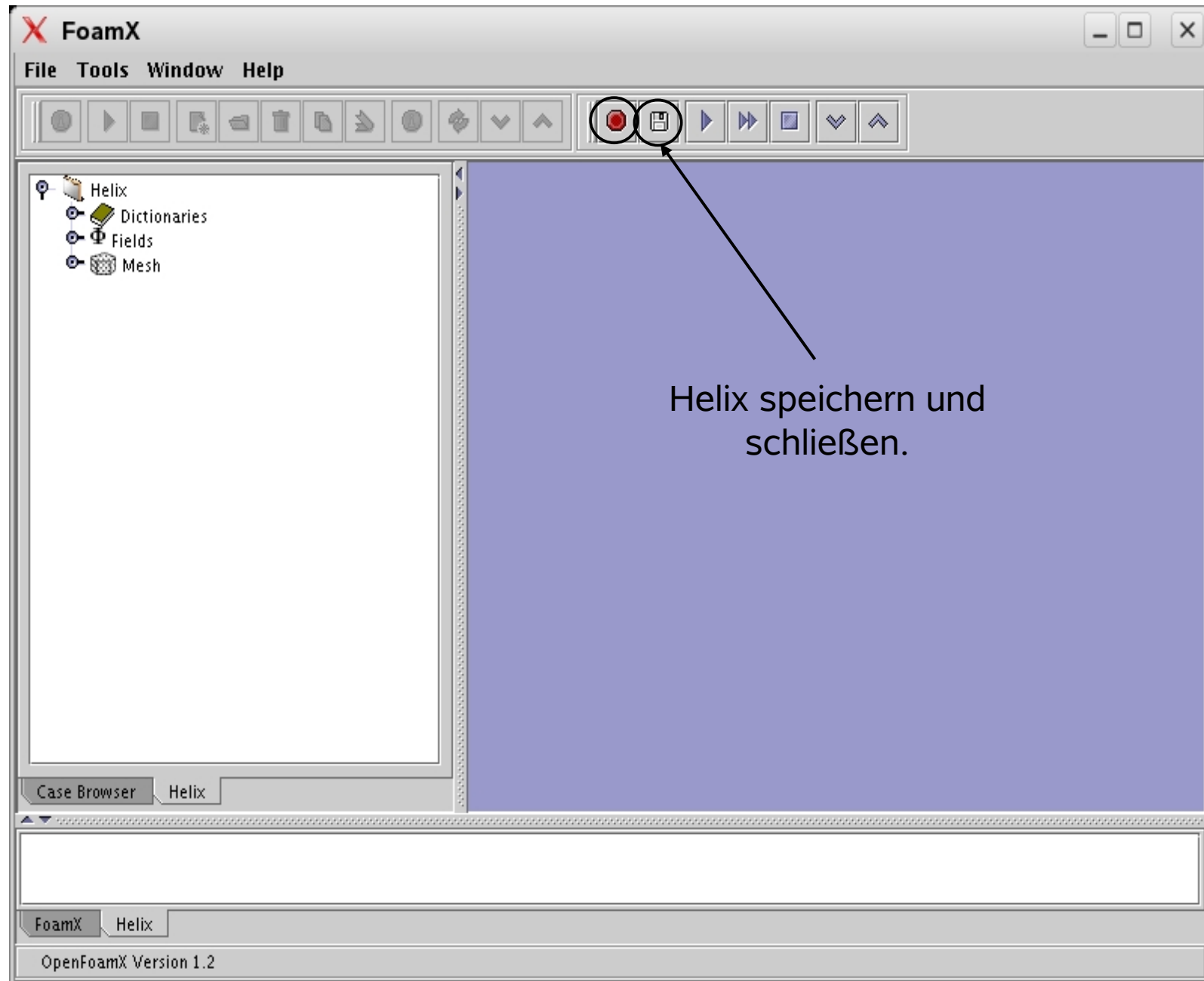
# OpenFOAM Computational Fluid Dynamics



Der neue Fall hat den solver  
icoFoam und heißt Helix.

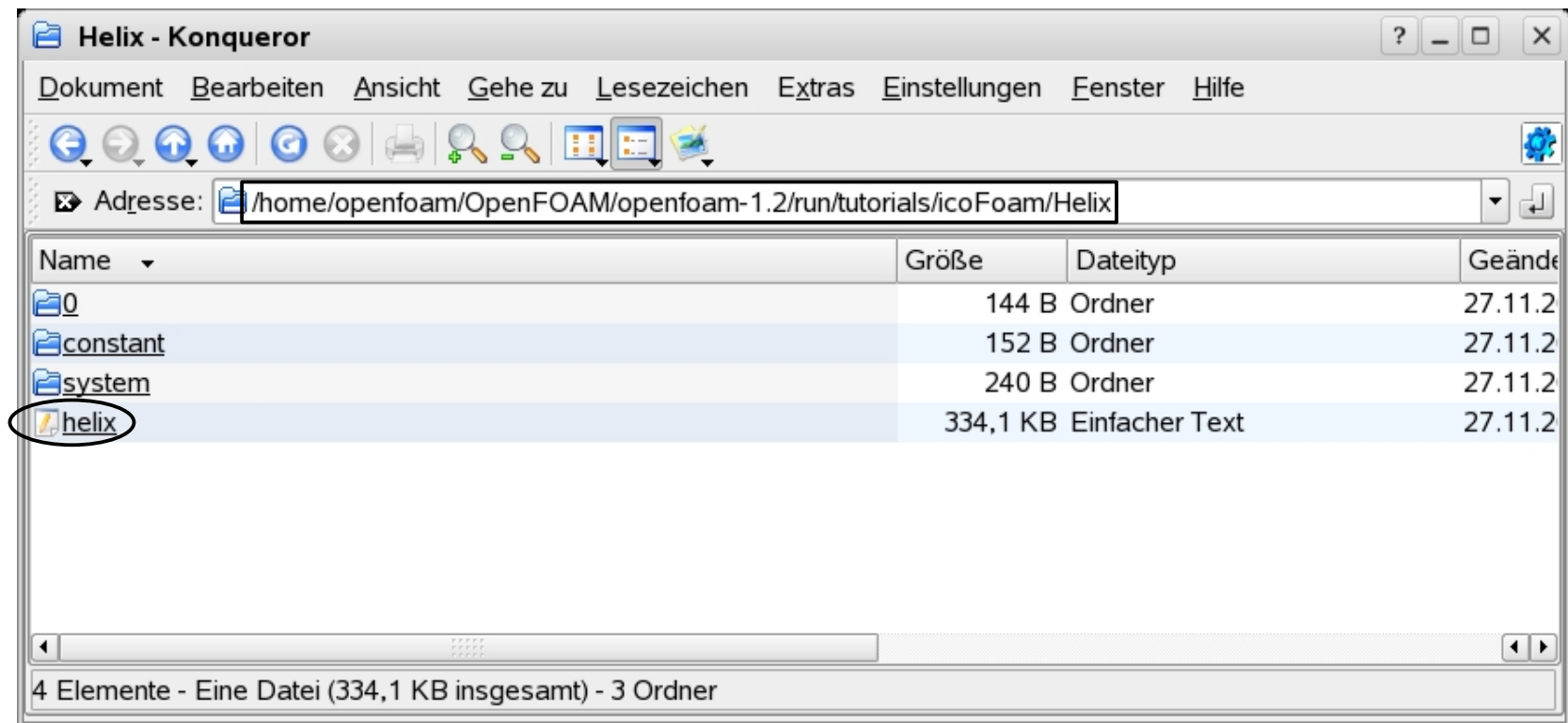


# OpenFOAM Computational Fluid Dynamics



Helix speichern und  
schließen.

Kopieren der Exportdatei von Netgen in das Verzeichnis von Helix.



Importieren des mesh:  
netgenNeutralToFoam root case (root)/helix &

## Writing mesh to constant

# OpenFOAM

## Computational Fluid Dynamics

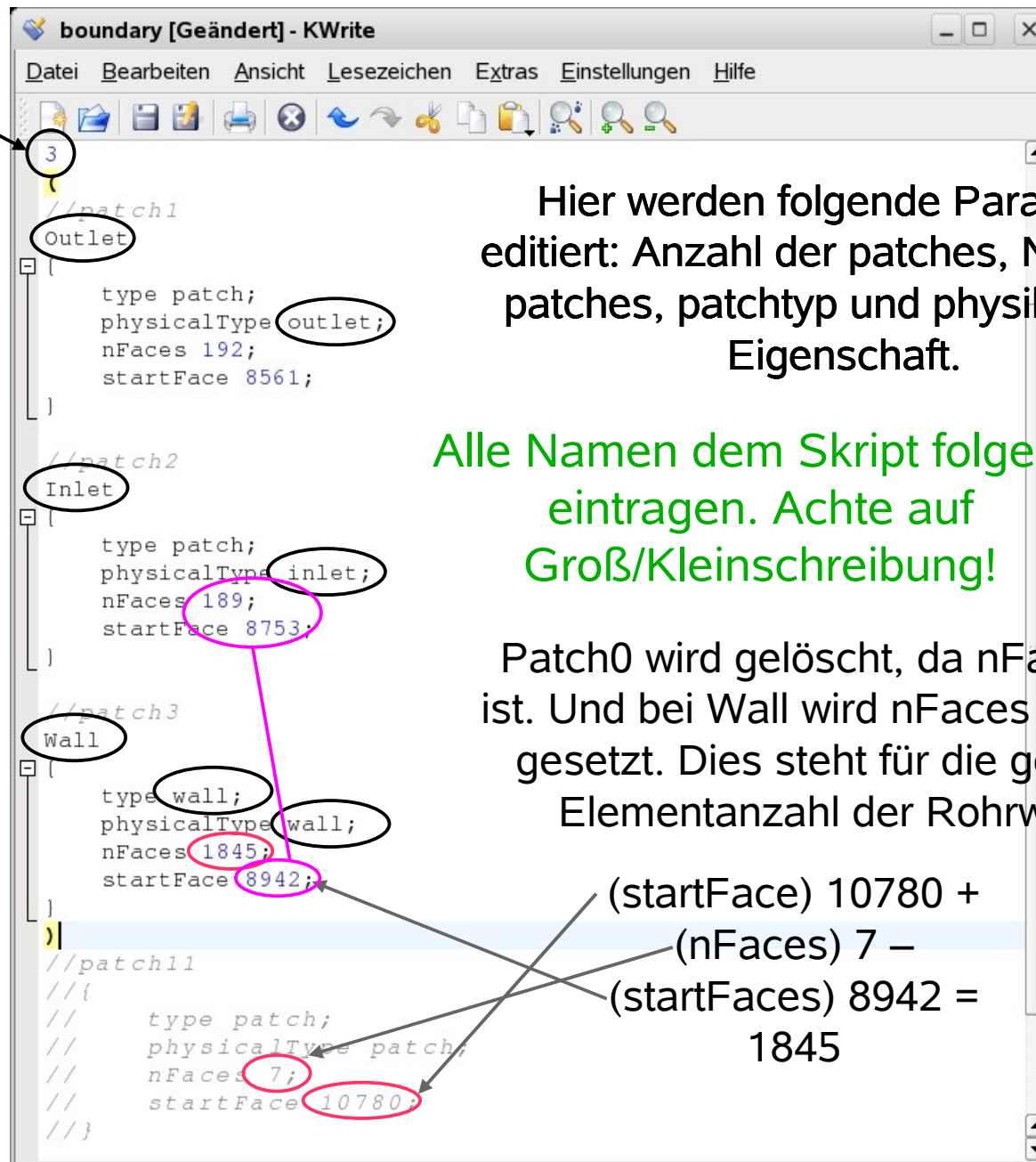


The screenshot shows a terminal window at the top with the command `cd polyMesh/` and `write boundary &`. Below it is the KWrite editor showing the `boundary` file. The file contains a list of patches. The first patch, `patch0`, is highlighted with a blue background. A red circle with the number 12 is next to the opening curly brace of `patch0`. An arrow points from this circle to the text block on the right. Another arrow points from the terminal command `write boundary &` to the text block.

```
12 {
    patch0
    {
        type patch;
        physicalType patch;
        nFaces 0;
        startFace 8561;
    }
    patch1
    {
        type patch;
        physicalType patch;
        nFaces 192;
        startFace 8561;
    }
    patch2
    {
        type patch;
        physicalType patch;
        nFaces 189;
        startFace 8753;
    }
    patch3
    {
        type patch;
        physicalType patch;
        nFaces 1793;
        startFace 8942;
    }
}
```

Öffnen von boundary. Hier werden 12 patches aufgelistet. Auf der nächsten Seite reduzieren wir diese auf 3 patches: Inlet, Outlet und Wall. nFaces steht für Elementanzahl eines patches. Alle Faces sind durchnummeriert. startFace steht für das erste Face in einem patch. Nun müssen die Nummern an 3 patches angeglichen werden.

Anzahl der  
patches.



```
//boundary [Geändert] - KWrite
Datei Bearbeiten Ansicht Lesezeichen Extras Einstellungen Hilfe

//patch1
Outlet
{
    type patch;
    physicalType outlet;
    nFaces 192;
    startFace 8561;
}

//patch2
Inlet
{
    type patch;
    physicalType inlet;
    nFaces 189;
    startFace 8753;
}

//patch3
Wall
{
    type wall;
    physicalType wall;
    nFaces 1845;
    startFace 8942;
}

//patch11
//{
//    type patch;
//    physicalType patch;
//    nFaces 7;
//    startFace 10780;
//}
```

Hier werden folgende Parameter  
editiert: Anzahl der patches, Name der  
patches, patchtyp und physikalische  
Eigenschaft.

Alle Namen dem Skript folgend  
eintragen. Achte auf  
Groß/Kleinschreibung!

Patch0 wird gelöscht, da nFaces = 0  
ist. Und bei Wall wird nFaces auf 1845  
gesetzt. Dies steht für die gesamte  
Elementanzahl der Rohrwand.

$$(startFace) 10780 + \\ (nFaces) 7 - \\ (startFaces) 8942 = \\ 1845$$

## BA





# OpenFOAM

## Computational Fluid Dynamics



openfoam@linux:/...ls/icoFoam/Helix/0 - Befehlsfenster - Konsole

Sitzung Bearbeiten Ansicht Lesezeichen Einstellungen Hilfe

openfoam@linux:~/OpenFOAM/openfoam-1.2/run/tutorials/icoFoam/Helix/0> kwrite U &

U [Geändert] - KWrite

Datei Bearbeiten Ansicht Lesezeichen Extras Einstellungen Hilfe

// Field Dictionary

FoamFile

[ ]

dimensions [0 1 -1 0 0 0];

internalField uniform (0 0 0);

boundaryField

[ ]

Outlet

[ ]

type zeroGradient;

Inlet

[ ]

type fixedValue;

value uniform (1 0 0);

Wall

[ ]

type fixedValue;

value uniform (0 0 0);

boundary - Konqueror

Dokument Bearbeiten Ansicht Gehe zu Lesezeichen Extras Einstellungen Fenster Hilfe

Adresse: /instant/polyMesh/boundary

3

(

//patch1

Outlet.

[ ]

type patch;

physicalType outlet;

nFaces 192;

startFace 8561;

)

//patch2

Inlet

[ ]

type patch;

physicalType inlet;

nFaces 189;

startFace 8753;

)

//patch3

Wall

[ ]

type wall;

physicalType wall;

nFaces 1845;

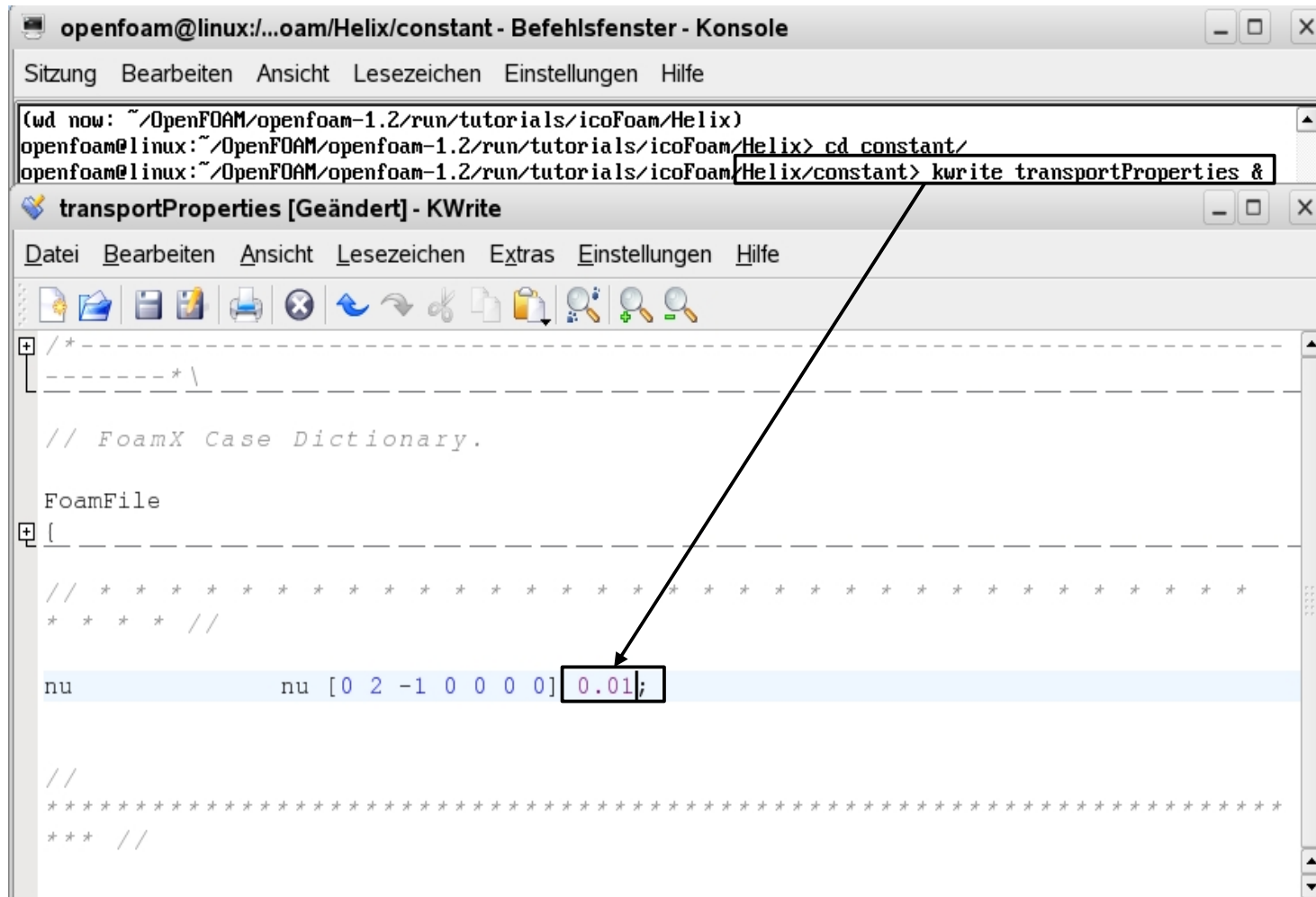
startFace 8942;

)

//patch11

Ändern der Geschwindigkeitsparameter.

Eingabe der dynamischen Viskosität.



The screenshot shows a terminal window and a KWrite editor. The terminal window, titled 'openfoam@linux:~/...oam/Helix/constant - Befehlsfenster - Konsole', shows the following commands and output:

```
(wd now: ~/OpenFOAM/openfoam-1.2/run/tutorials/icoFoam/Helix)
openfoam@linux:~/OpenFOAM/openfoam-1.2/run/tutorials/icoFoam/Helix> cd constant/
openfoam@linux:~/OpenFOAM/openfoam-1.2/run/tutorials/icoFoam/Helix/constant> kwrite transportProperties &
```

The KWrite editor, titled 'transportProperties [Geändert] - KWrite', shows the following content:

```
// FoamX Case Dictionary.

FoamFile
[
// * * * * *
// * * * * *
nu      nu [0 2 -1 0 0 0] 0.01;

//
*****
*** //
```

An arrow points from the terminal command 'kwrite transportProperties &' to the '0.01' value in the 'nu' property definition in the KWrite editor.

# OpenFOAM

## Computational Fluid Dynamics



```
openfoam@linux:~/...oFoam/Helix/system - Befehlsfenster - Konsole
Sitzung Bearbeiten Ansicht Lesezeichen Einstellungen Hilfe
openfoam@linux:~/OpenFOAM/openfoam-1.2/run/tutorials/icoFoam/Helix/system> kwrite controlDict &

controlDict [Geändert] - KWrite
Datei Bearbeiten Ansicht Lesezeichen Extras Einstellungen Hilfe

// FoamX Case Dictionary.

FoamFile
{
  // * * * * *
  // * * * * *

  application      icoFoam;
  startFrom        startTime;
  startTime         0;
  stopAt           endTime;
  endTime          0.5;
  deltaT           0.005;
  writeControl      timeStep;
  writeInterval     20;
  purgeWrite       0;
  writeFormat       ascii;
  writePrecision    6;
  writeCompression  uncompressed;
  timeFormat        general;
  timePrecision     6;
  graphFormat       raw;
  runTimeModifiable yes;
}
```

Eingabe der Laufzeit und Rechenschritte.

# OpenFOAM

## Computational Fluid Dynamics



openfoam@linux:~/...oFoam/Helix/system - Befehlsfenster - Konsole

Sitzung Bearbeiten Ansicht Lesezeichen Einstellungen Hilfe

openfoam@linux:~/OpenFOAM/openfoam-1.2/run/tutorials/icoFoam/Helix/system> kwrite fvSchemes &

fvSchemes - KWrite

Datei Bearbeiten Ansicht Lesezeichen Extras Einstellungen Hilfe

```
// FoamX Case Dictionary.

FoamFile
{
  // * * * * *
  * * * * * //

  ddtSchemes
  {
    default Euler;
  }

  gradSchemes
  {
    default Gauss linear;
    grad(p) Gauss linear;
  }

  divSchemes
  {
    default none;
    div(phi,U) Gauss linear;
  }

  laplacianSchemes
  {
    default none;
    laplacian(nu,U) Gauss linear corrected;
    laplacian(1|A(U),p) Gauss linear corrected;
  }

  interpolationSchemes
  {
    default linear;
    interpolate(HbyA) linear;
  }
}
```

Korrektur von fvSchemes.

# OpenFOAM

## Computational Fluid Dynamics



```
openfoam@linux:~ - Befehlsfenster - Konsole <2>
Sitzung Bearbeiten Ansicht Lesezeichen Einstellungen Hilfe

Executing: /home/openfoam/OpenFOAM/OpenFOAM-1.2/.bashrc
Executing: /home/openfoam/OpenFOAM/OpenFOAM-1.2/.OpenFOAM-1.2/apps/ensightFoam/b
ashrc
Executing: /home/openfoam/OpenFOAM/OpenFOAM-1.2/.OpenFOAM-1.2/apps/paraview/bash
rc
openfoam@linux:~> icoFoam $FOAM_RUN/tutorials/icoFoam Helix &
```

Simulation starten.

```
openfoam@linux:~ - Befehlsfenster - Konsole
Sitzung Bearbeiten Ansicht Lesezeichen Einstellungen Hilfe

time step continuity errors : sum local = 6.47173e-12, global = 1.07684e-13, cumulative = 7.58853e-10
ExecutionTime = 14.66 s

Time = 0.5

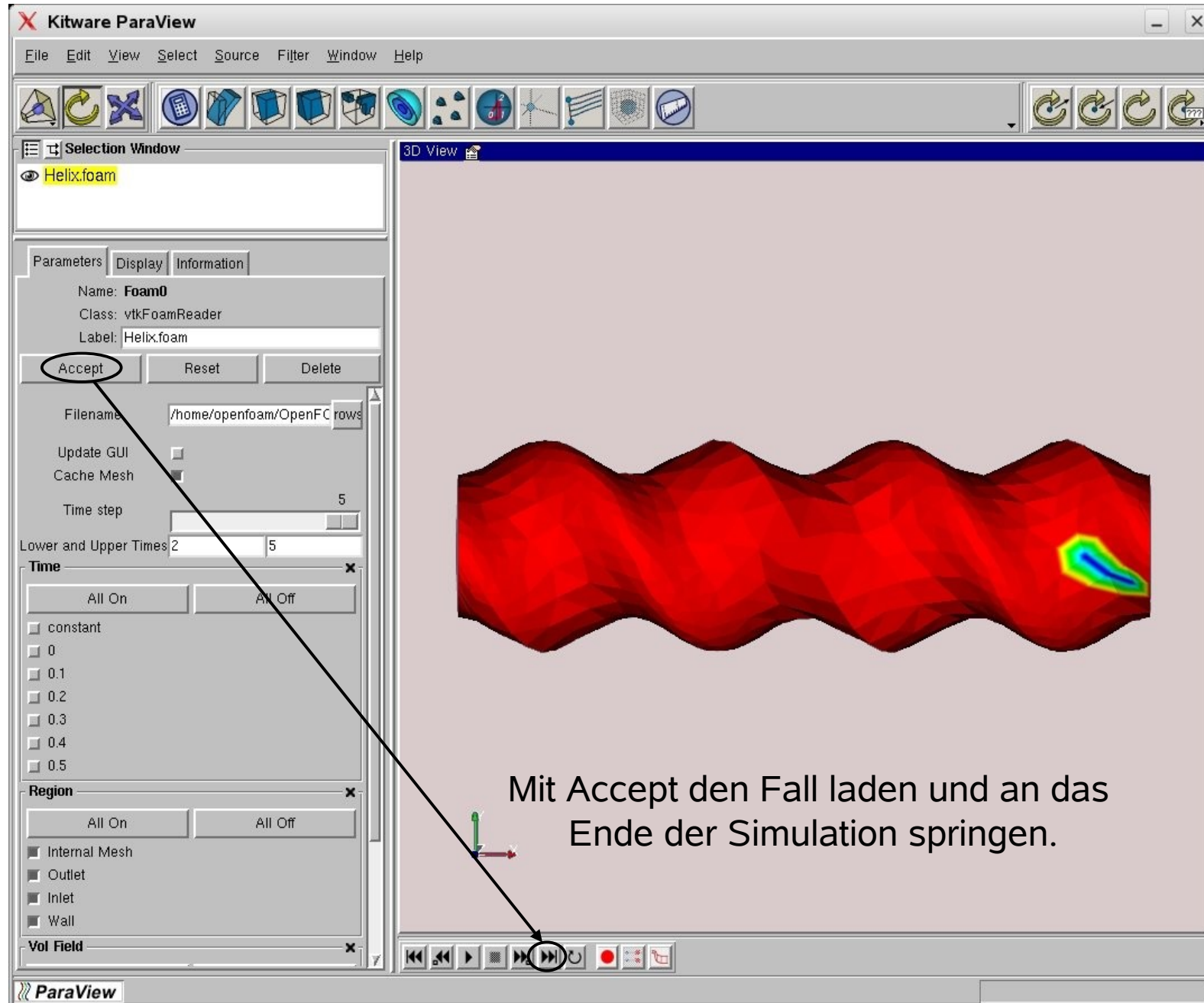
Mean and max Courant Numbers = 0.00163924 0.061236
BICCG: Solving for Ux, Initial residual = 0.000753754, Final residual = 3.66202e-09, No Iterations 1
BICCG: Solving for Uy, Initial residual = 0.00093765, Final residual = 4.83833e-09, No Iterations 1
BICCG: Solving for Uz, Initial residual = 0.000941533, Final residual = 4.08874e-09, No Iterations 1
ICCG: Solving for p, Initial residual = 0.00367914, Final residual = 9.83777e-07, No Iterations 56
time step continuity errors : sum local = 1.08095e-11, global = -2.55549e-13, cumulative = 7.58597e-10
ICCG: Solving for p, Initial residual = 0.000306512, Final residual = 8.09169e-07, No Iterations 53
time step continuity errors : sum local = 8.87996e-12, global = 3.73417e-13, cumulative = 7.58971e-10
ExecutionTime = 14.87 s

End

openfoam@linux:~> paraFoam $FOAM_RUN/tutorials/icoFoam Helix &
```

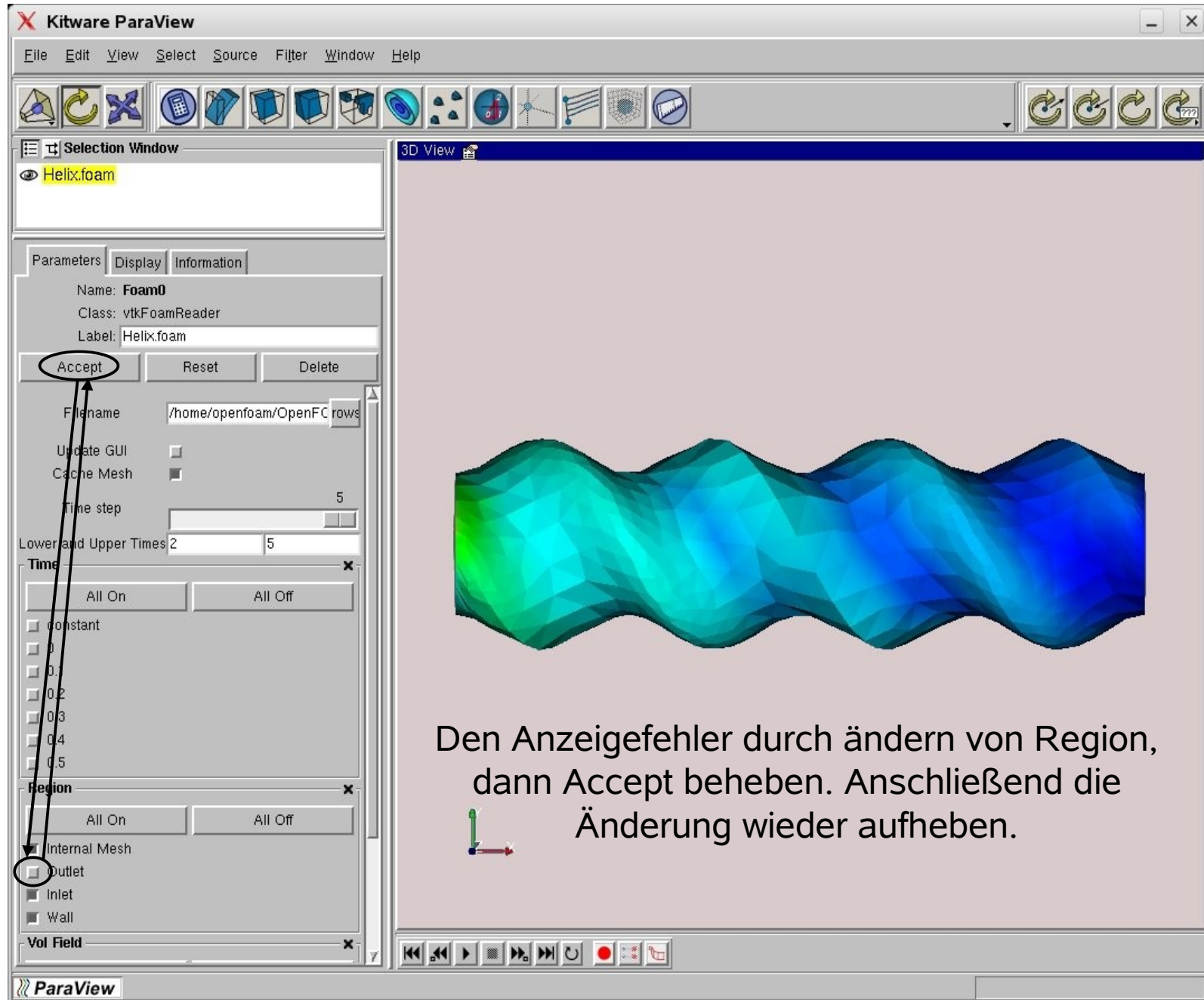
Start der Simulation und einlesen in  
ParaView.

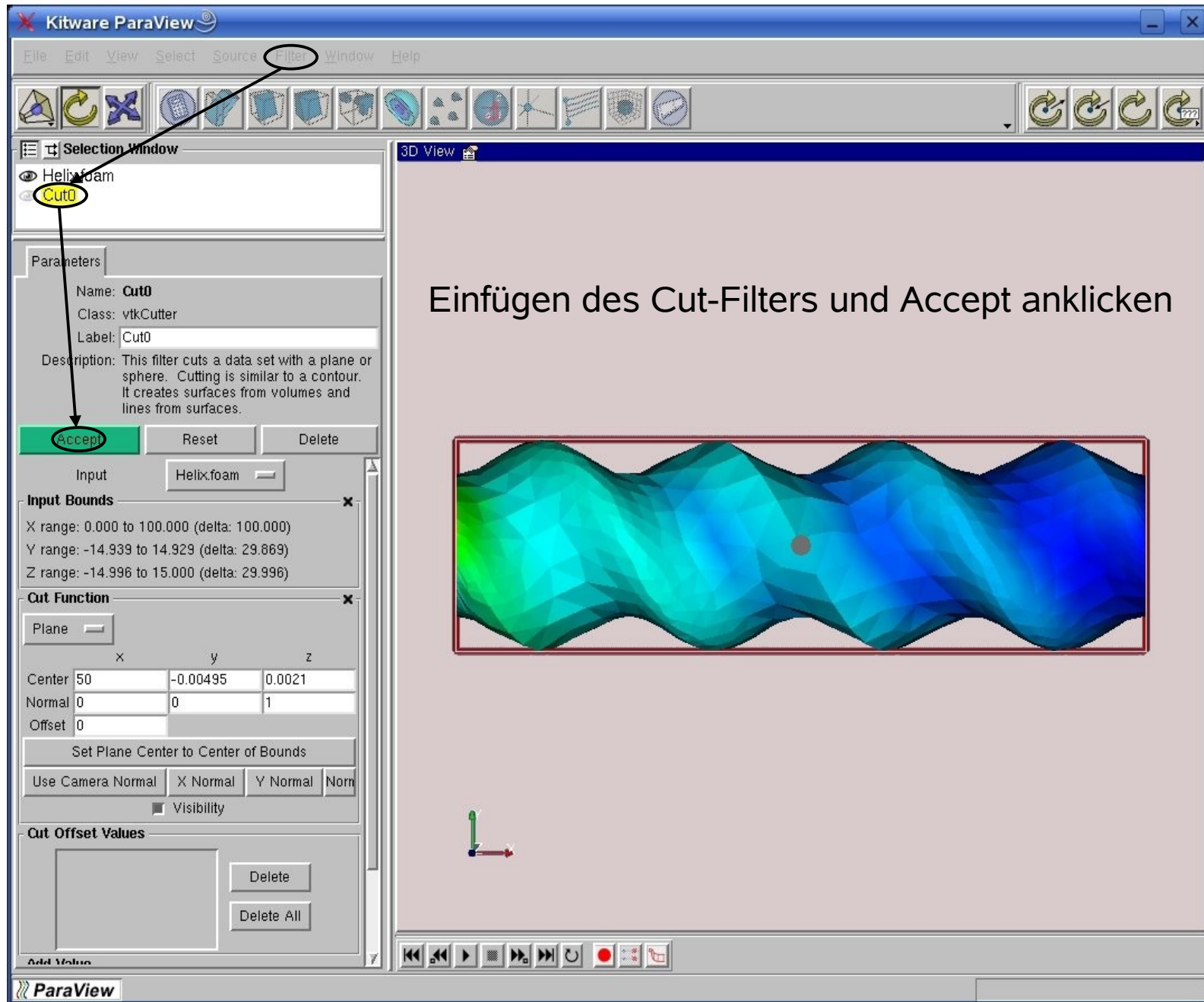
# OpenFOAM Computational Fluid Dynamics



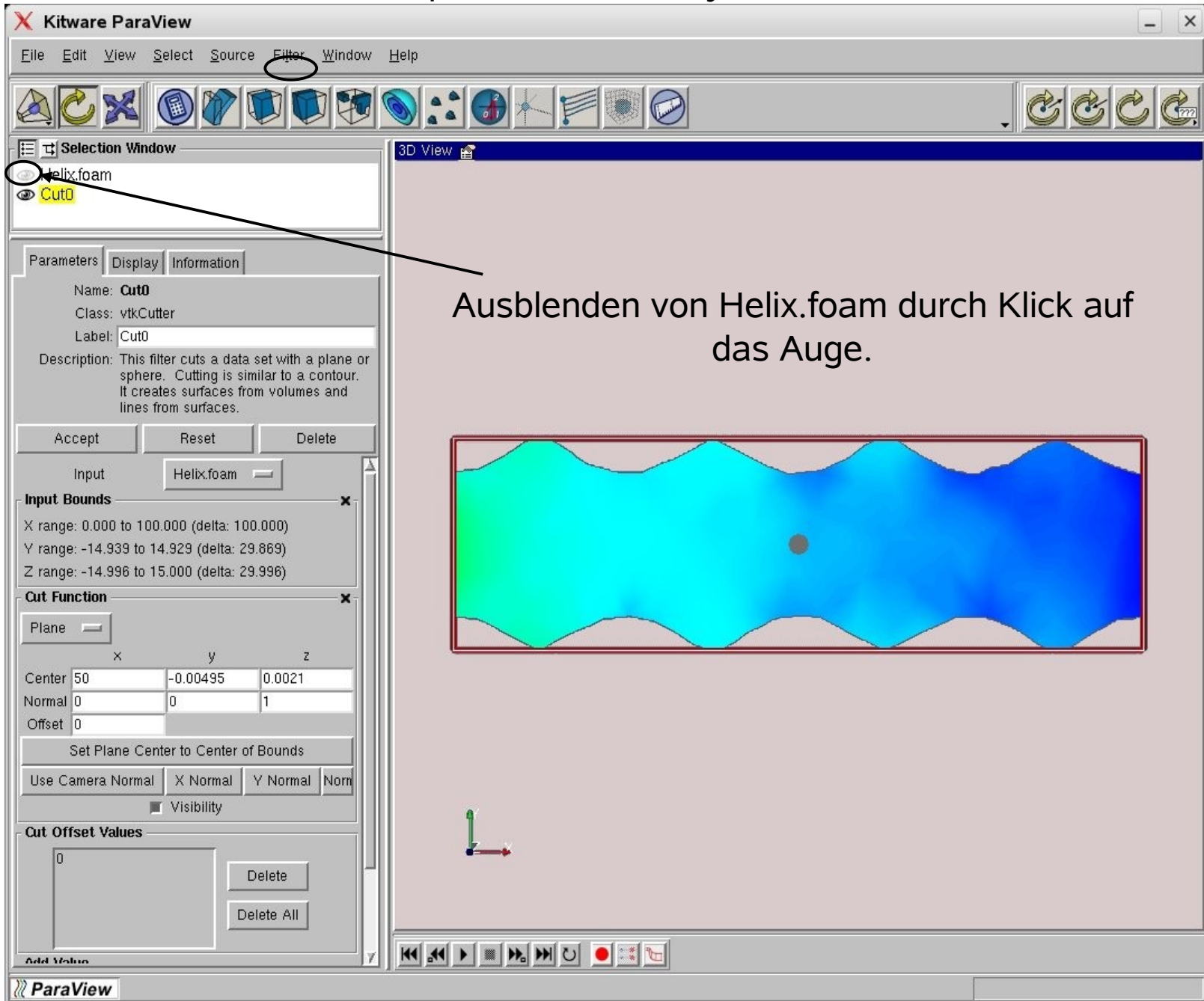


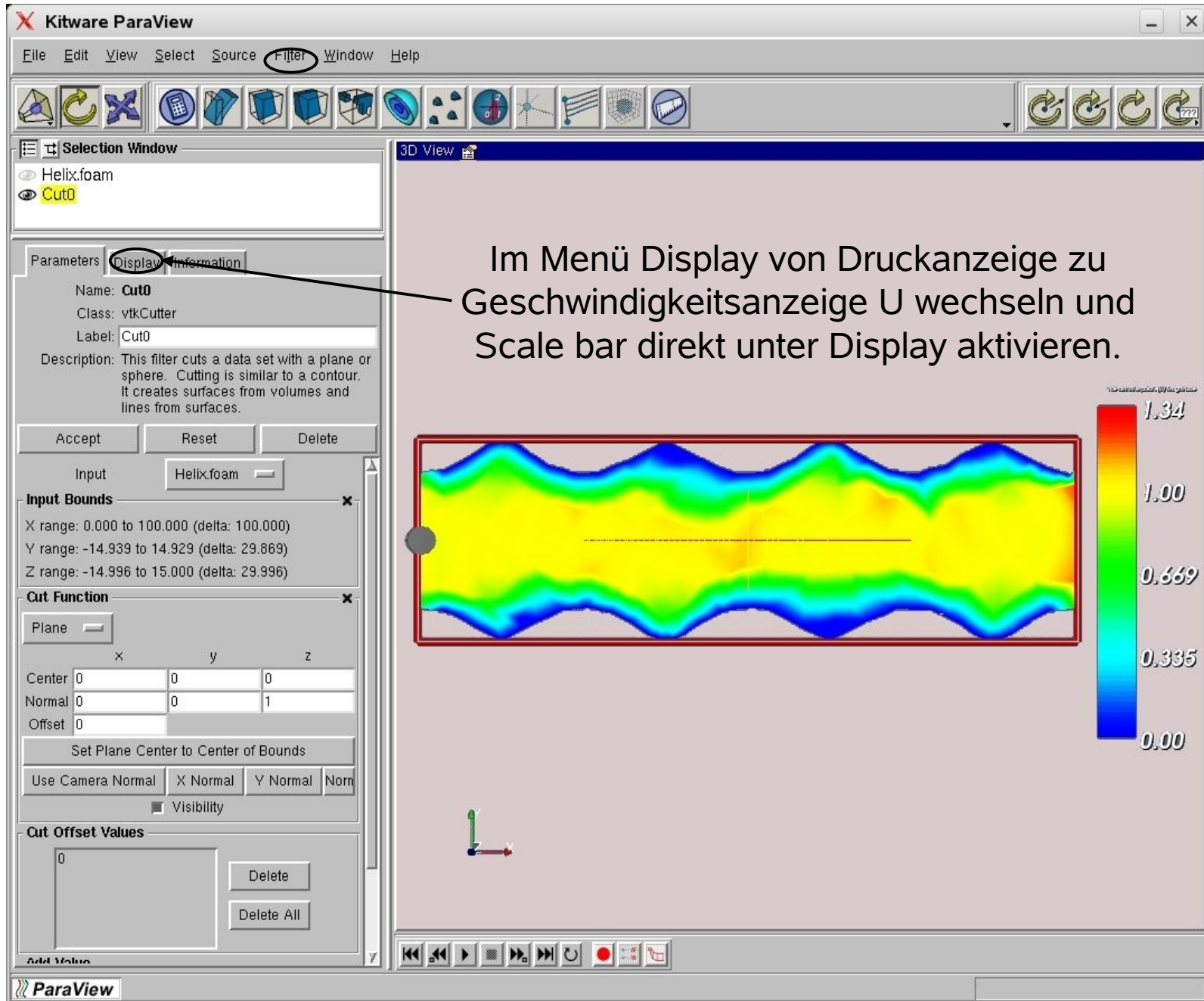
# OpenFOAM Computational Fluid Dynamics





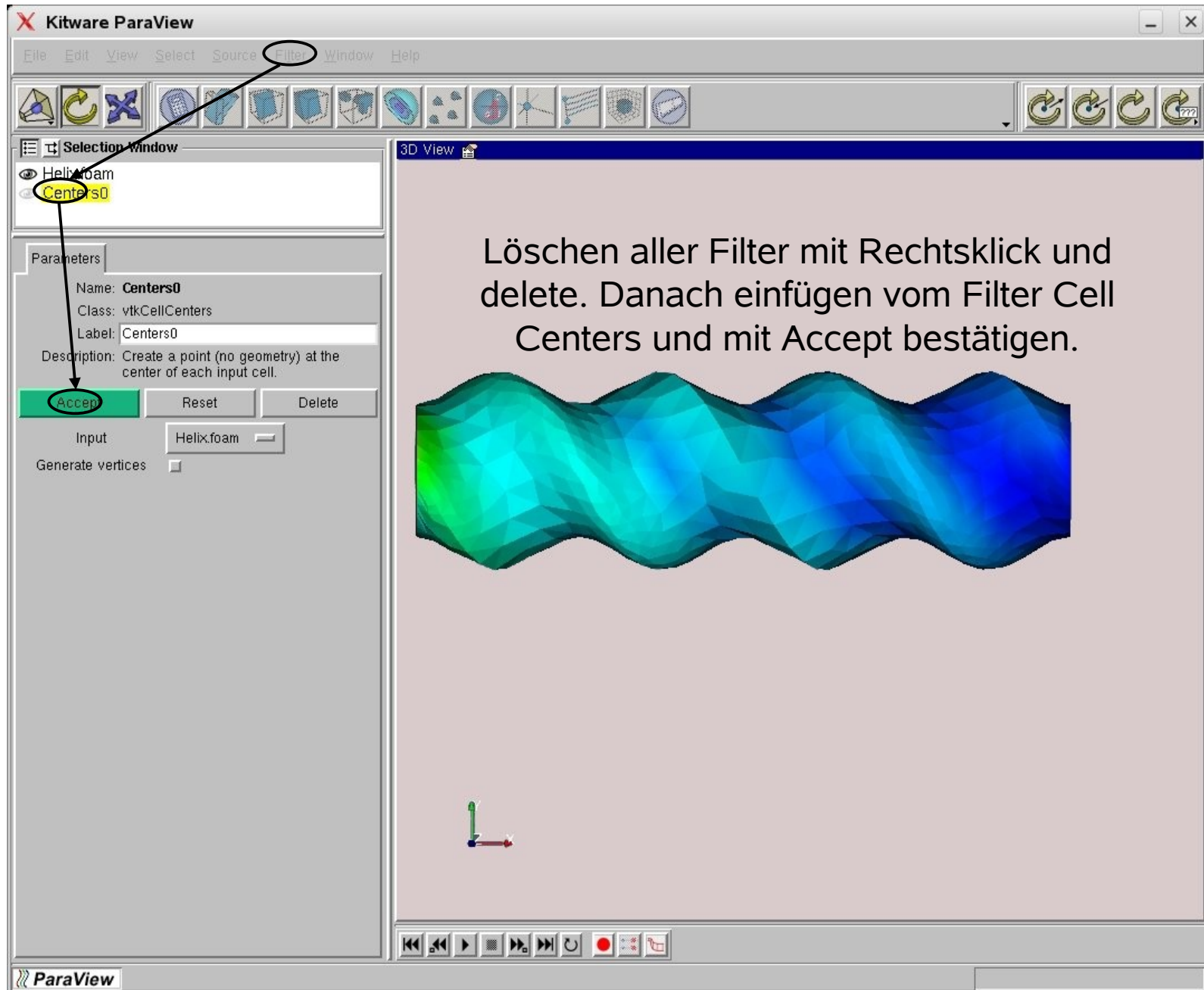
# OpenFOAM Computational Fluid Dynamics

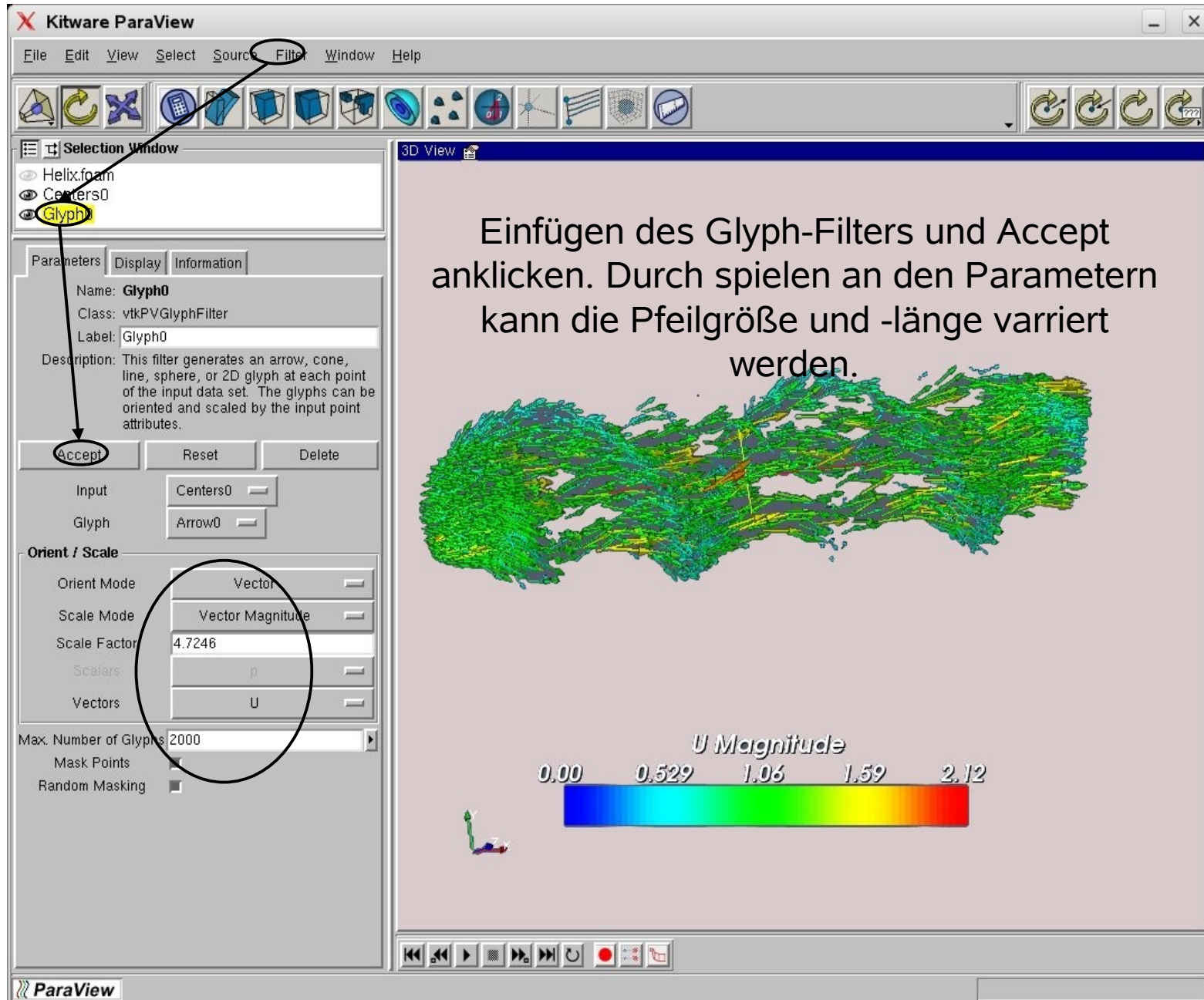






# OpenFOAM Computational Fluid Dynamics







# OpenFOAM Computational Fluid Dynamics

