

# Kurzeinführung Gmsh

Benedikt Steinbusch

3. Mai 2010

## 1 Aufruf des Programms

## 2 Die Programmoberfläche

Nach dem Programmstart öffnen sich folgende Fenster:

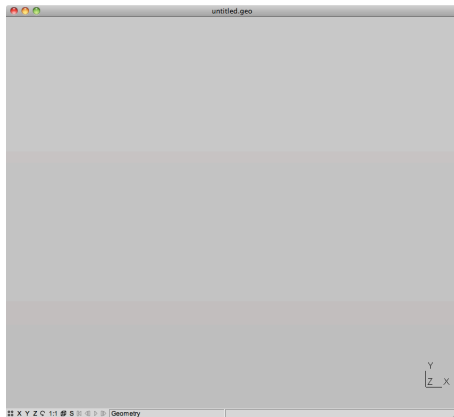


Abbildung 1: Das Gmsh Editorfenster

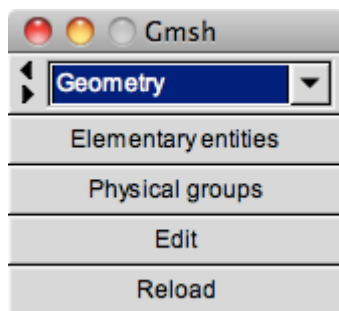


Abbildung 2: Das Gmsh Kommandofenster

Das Editorfenster (Abbildung ??) zeigt während der Bearbeitung die erstellte Geometrie und das erzeugte Netz an. Am unteren Rand befinden sich Schaltflächen zum automatischen Einstellen des Zooms ( $1:1$ ) und zur Ausrichtung der Blickrichtung an einer der drei Koordinatenachsen (hier bietet sich  $Z$ ) an.

Das Kommandofenster (Abbildung ??) bietet Zugriff auf die verschiedenen Funktionen des Programms. Aus der Dropdown-Leiste oben im Fenster kann man in die vier Modi *Geometry*, *Mesh*, *Solver* und *Post-Processing* wechseln. Davon sind hier zunächst nur die ersten beiden interessant. Die

Schaltflächen unterhalb der Dropdown-Liste führen zu den Funktionen des jeweiligen Modus. Navigation durch die Menüs (vor und zurück) ermöglichen die zwei Pfeile links neben der Dropdown-Liste.

## 3 Dateien speichern

Gmsh erlaubt kein explizites Speichern der bearbeiteten Geometriedaten, sondern speichert bei jedem Bearbeitungsschritt die Datei ab. Als Standard startet Gmsh mit der Datei *untitled.geo*. Das Hinzufügen einer geometrischen Entität würde sofort zum Anlegen und Speichern dieser Datei führen, deshalb sollte man zu Beginn im Menü *File* über den Punkt *Rename* den gewünschten Pfad für die Geometriedatei wählen, dabei muss unter Umständen die Dateiendung *.geo* per Hand angefügt werden.

Die Informationen über das erzeugte Netz werden separat gespeichert und müssen vom Benutzer explizit gespeichert werden. Dies geht ebenfalls im Menü *File* unter dem Punkt *Save Mesh*. Die Informationen über das Netz werden in einer Datei mit dem gleichen Namen wie die Geometriedaten, aber der Endung *.mesh* abgelegt.

## 4 Bearbeiten der Geometrie

### 4.1 Grundlegendes

Gmsh verfolgt beim Beschreiben der Geometrie einen *Bottom-Up* Ansatz. Das heißt man beginnt die Beschreibung der Geometrie mit den einfachsten Entitäten — Punkten — und arbeitet sich hoch über Linien zu Oberflächen und Volumen (hier nicht).

### 4.2 Erstellen von Punkten

Im *Geometry* Modus wählt man im Kommandofenster *Elementary Entities*, *Add*, *New*, *Point*. Es erscheint das Fenster für Geometrieingaben (Abbildung ??), der Reiter *Point* ist gewählt. Durch Eingabe der drei Koordinaten in die entsprechenden Felder und anschließendes Klicken auf *Add* werden Punkte an den entsprechenden Stellen erstellt und im Editorfenster in schwarz angezeigt. Da hier nur zwei Dimensionen betrachtet werden, lässt man die  $Z$ -Koordinate auf dem Wert 0. Es sollen

nun Punkte bei den Koordinaten (0,0), (4,0), (4,4), (0,4), (2,1), (3,2), (2,3) und (1,2) erstellt werden. Das Ergebnis zeigt Abbildung ??.

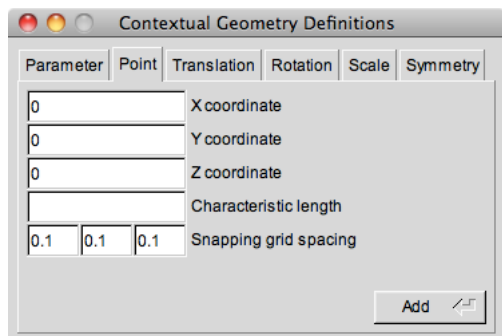


Abbildung 3: Das Gmsh Geometrieingabefenster

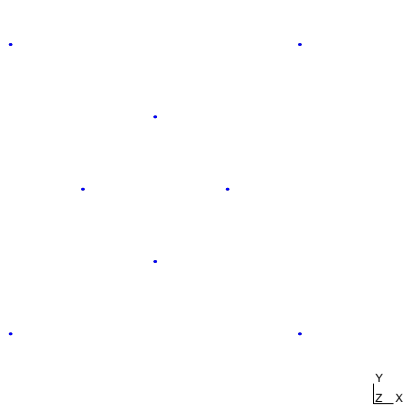


Abbildung 4: Punkte

### 4.3 Erstellen von Linien

Die soeben erstellten Punkte kann man nun durch Linien verbinden. Dazu wählt man im Kommandofenster *Straight Line* direkt unterhalb von *Point* (sollte dieser Menüpunkt nicht sichtbar sein, so navigiert man vom Anfang der Menüstruktur noch einmal wie im Abschnitt Punkte beschrieben bis *New*). Nun muss man die Punkte wählen, welche die jeweilige Gerade begrenzen sollen. Dies geschieht mit der Maus im Editorfenster, der Auswahlcursor ist dabei das Kreuz, *nicht* der dem

Kreuz folgende Punkt. Ein gewählter Punkt erscheint rot. Nach der Auswahl von zwei Punkten werden diese durch eine Gerade verbunden. Auf diese Art sollen nun die vier äußeren und die vier inneren Punkte zu zwei Quadraten verbunden werden, siehe Abbildung ??.

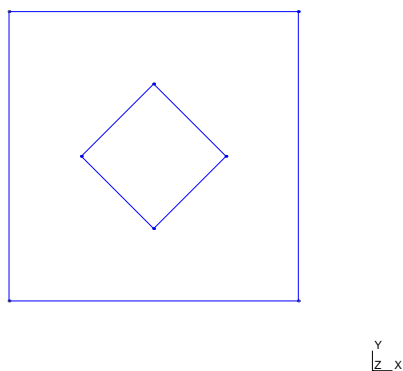


Abbildung 5: Linien

### 4.4 Erstellen von Flächen

Abschließend kann man durch die im letzten Abschnitt definierten Linienzüge Oberflächen begrenzen. Dazu wählt man im Kommandofenster *Plane Surface*. Jetzt muss per Maus im Editorfenster die äußere Begrenzung der Fläche gewählt werden, indem man eine Seite des äußeren Quadrats anklickt. Gmsh selektiert automatisch die drei anderen Seiten. Anschließend klickt man auf eine Seite des inneren Quadrats und teilt Gmsh so mit, dass dieser Linienzug eine innere Begrenzung der Fläche ist, das innere Quadrat ist also ein Loch in der Fläche. Hat man beide Begrenzungen selektiert, so beendet man die Aktion mit dem Druck der Taste *e* auf der Tastatur. Das Ergebnis zeigt Abbildung ??.

### 4.5 Anwendung des Erlernten

Mit den vorgestellten Methoden soll nun die Geometrie des später zu berechnenden Problems in einer neuen Datei erstellt werden. Erstellt werden sollen:

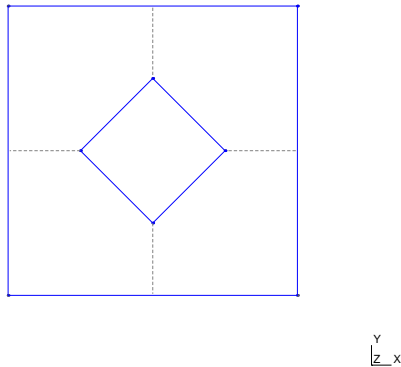


Abbildung 6: Flächen

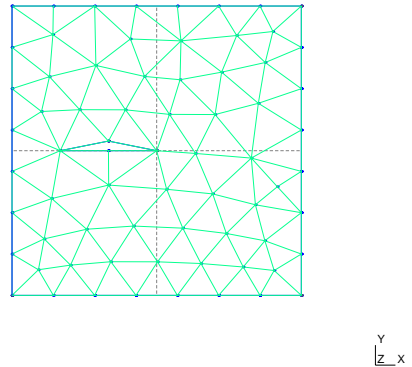


Abbildung 7: Erstes Netz

- Ein rechteckiger Linienzug mit den Eckpunkten  $(-2,3)$ ,  $(-2,-3)$ ,  $(4,3)$ ,  $(4,-3)$
- Ein dreieckiger Linienzug mit den Eckpunkten  $(-1,0)$ ,  $(1,0)$ ,  $(0,0.2)$
- Die von beiden Linienzügen begrenzte Fläche, die später als Rechengebiet genutzt werden soll

den Punkt *Options*. Im sich öffnenden Optionenfenster wählt man links *Mesh*, dann den Reiter *Visibility* und setzt dort einen Haken bei *Nodes*, siehe Abbildung ???. Nun das Optionenfenster wieder schließen.

## 5 Erzeugen des Netzes

### 5.1 Erste Schritte

Hat man die Geometrie fertig modelliert, so kann man von Gmsh darauf ein Rechengetz erzeugen lassen. Im Kommandofenster wechselt man über die Dropdown-Liste in den *Mesh* Modus. Hier wählt man den Punkt *2D*, nach kurzer Rechenzeit erscheint das Netz im Editorfenster, siehe Abbildung ???.

Dieses Netz ist zu grob, wie es besser geht, erklärt der nächste Abschnitt.

### 5.2 Das Netz verfeinern

Um die in diesem Abschnitt diskutierten Schritte besser nachvollziehen zu können, stellt man Gmsh zuerst so ein, dass er zusätzlich zu den Netzkannten auch die Knotenpunkte an den Enden dieser Kanten anzeigt. Aus dem Menü *Tools* wählt man

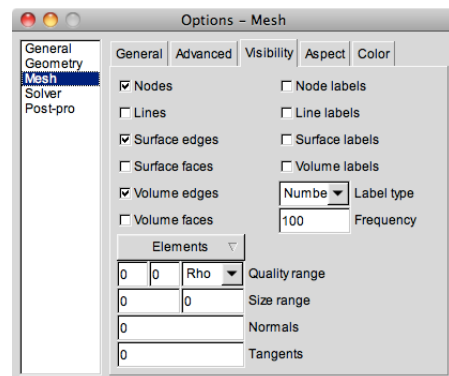


Abbildung 8: Das Gmsh Optionenfenster

Im Kommandofenster nun *Define*, *Transfinite*, *Line* wählen und das Fenster für Netzparameter (Abbildung ??) öffnet sich. Mit diesem Werkzeug kann man jeder Linie der Geometrie eine feste Anzahl von Netzpunkten zuordnen und so Gmsh bei der Wahl der Netzfeinheit einschränken. Im obersten Feld wählt man die Anzahl der Punkte für eine Linie, die Felder *Type* und *Parameter* werden später diskutiert (sie sollen hier noch auf *Progression* und 1 stehen). Im Feld *Number of points* trägt man

nun 30 ein, anschließend wählt man mit der Maus im Editorfenster nacheinander die vier Seiten des Quadrats und drückt dann  $e$  auf der Tastatur.

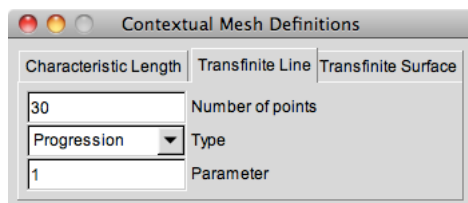


Abbildung 9: Das Gmsh Netzparameterfenster

Um das Resultat der vorgenommenen Korrekturen zu begutachten wechselt man wieder in das Stammmenü des *Mesh* Modus und klickt dort *1D*. Dadurch werden nur die Netzpunkte auf den Linien berechnet, man sieht, dass diese nun auf den Seiten deutlich dichter sitzen.

Jetzt führt man die oben vorgestellten Schritte noch einmal für die Seiten des Dreiecks aus und weist dabei den oberen Kanten jeweils 20 Punkte und der Unterkante 40 Punkte zu. Abschließend wechselt man wieder in das Stammmenü, mit *1D* kann man sich überzeugen, dass die Netzpunkte nun auch auf dem Dreieck dichter sind. Ein Klick auf *2D* erstellt ein vollständiges Netz auf der Fläche (was nun etwas mehr Zeit in Anspruch nimmt). Dieses Netz sollte nun merklich feiner sein, als das anfänglich erstellte, siehe Abbildung ??.

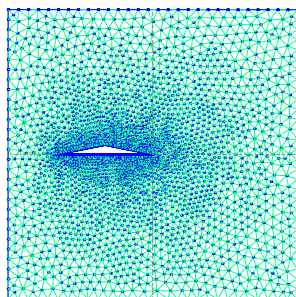


Abbildung 10: Verfeinertes Netz

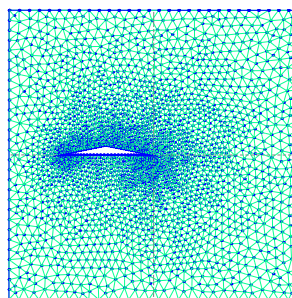


Abbildung 11: Weiter verfeinertes Netz

### 5.3 Weitere Möglichkeiten zur Verfeinerung

Im letzten Abschnitt wurde das Netz dadurch verfeinert, dass die Anzahl der Netzknoten auf den durch die Geometrie gegebenen Kanten fest bestimmt wurde. Dabei waren die Knoten entlang der Kanten äquidistant verteilt. In der vorliegenden Anordnung werden die Ergebnisse an den Ecken des Keils wahrscheinlich interessanter sein als zum Beispiel in der Mitte der Kanten. Es würde also Sinn machen die Auflösung des Netzes speziell an diesen Ecken zu erhöhen. Dies ist ja gerade ein Vorteil eines unstrukturierten Netzes.

Hierzu benutzt man nun die im vorherigen Abschnitt schon angesprochenen Felder *Type* und *Parameter* im Fenster für Netzparameter. Für das Feld *Type* stehen zwei Werte zur Auswahl: *Progression* und *Bump*. Diese stehen jeweils für eine Erhöhung der Auflösung zu einem oder zu beiden Enden einer Linie hin. Möchte man die Auflösung an allen drei Ecken des Keils erhöhen, so wählt man die Option *Bump* und trägt in das Feld *Parameter* den Wert 0.3 ein (als Anzahl der Punkte wählt man wie im vorigen Abschnitt wieder 20 für die beiden oberen und 40 für die untere Kante). Die neuen Einstellungen werden den Kanten wie oben auch durch Auswahl im Editorfenster und Drücken von  $e$  zugewiesen. Am Endergebnis (Abbildung ??) kann man sich davon überzeugen, dass die Netzzellen um die Ecken des Keil nun merklich feiner sind, als in der Mitter der Kanten oder fern vom Keil.

Hiermit ist die Diskussion der Verfeinerungsschritte abgeschlossen. Es bietet sich an, mit den vorgestellten Methoden zu spielen (der Wert für *Parameter*) und natürlich gibt es noch weitere Möglichkeiten das Netz zu verfeinern, aber darauf soll hier nicht eingegangen werden.

## 6 Randbedingungen

Randbedingungen sind für das CFD-Programm eminent wichtig. Jede Kante der Geometrie muss im Gittergenerator eine Randbedingung zugewiesen bekommen, damit ein physikalisch sinnvolles Ergebnis berechnet werden kann.

### 6.1 Randbedingungen in CFDFV

Im CFD-Programm CFDFV werden Randbedingungen mit einem Zahlencode nach dem Muster NXX benannt. Hierbei steht N für den Code der Randbedingung (siehe Tabelle) und XX ist eine fortlaufende Nummer, die zu unterscheidende gleichartige Randbedingungen bezeichnet.

- 1 Slip Wall (reibungsfreie Wand)
- 3 Inflow (Einlassrand)
- 4 Outflow (Auslassrand)
- 6 Exakte Lösung
- 7 Periodische Randbedingungen

### 6.2 Setzen der Randbedingung in Gmsh

Die Definition der Randbedingungen geschehen im Gmsh mithilfe des Features *Physical groups*. Dieses erlaubt es, Teile der Geometrie zu Gruppen zusammenzufassen, welche dann durch eine Nummer identifiziert werden. Diese Nummer setzt man auf den entsprechenden CFDFV-Randbedingungscode.

Zunächst wechselt man über die Dropdown-Leiste in den *Geometry*-Modus und wählt dort *Physical groups, Add, Line*. Dann klickt man die linke und untere Seite des Quadrats an und bestätigt mit *e* auf der Tastatur. Das wiederholt man noch einmal für die rechte und obere Seite und schließlich für die drei Seiten des Keils zusammen. Diese sind nun in drei Gruppen eingeordnet. Zuletzt wählt man aus dem Kommandofenster noch *Surface* und weist der Fläche zwischen Quadrat und Keil eine eigene Gruppe zu.

Den so entstandenen Gruppen muss nun (leider) von Hand die entsprechende Nummer/Randbedingung zugewiesen werden. Dazu wechselst man in das Stammmenü *Geometry* im Kommandofenster und wählt dort *Edit*, ein Texteditor mit der Geometriedatei wird geöffnet. Am Ende der Datei sollten diese Zeilen (die Nummern müssen sich nicht entsprechen) auftauchen:

```
Physical Line(11) = {2, 3};
Physical Line(12) = {1, 4};
Physical Line(13) = {5, 6, 7};
Physical Surface(14) = {10};
```

Es soll nun den Wänden links und unten die Randbedingung Inflow (301) zugewiesen werden, die Wände oben und rechts sind Outflow (401) und die Wände des Keils sind Slip Wall (101). Im Beispiel müsste also ersetzt werden  $11 \rightarrow 301$ ,  $12 \rightarrow 401$  und  $13 \rightarrow 101$ . Die Gruppennummer der Fläche kann eine beliebige Zahl unter 101 sein. Die Änderungen im Texteditor abspeichern und diesen schließen, anschließend in Gmsh im Kommandofenster *Reload* wählen.

Im *Mesh* Modus lässt man nun noch einmal das Netz erstellen und speichert es schließlich im Menü mit *Save Mesh* ab.