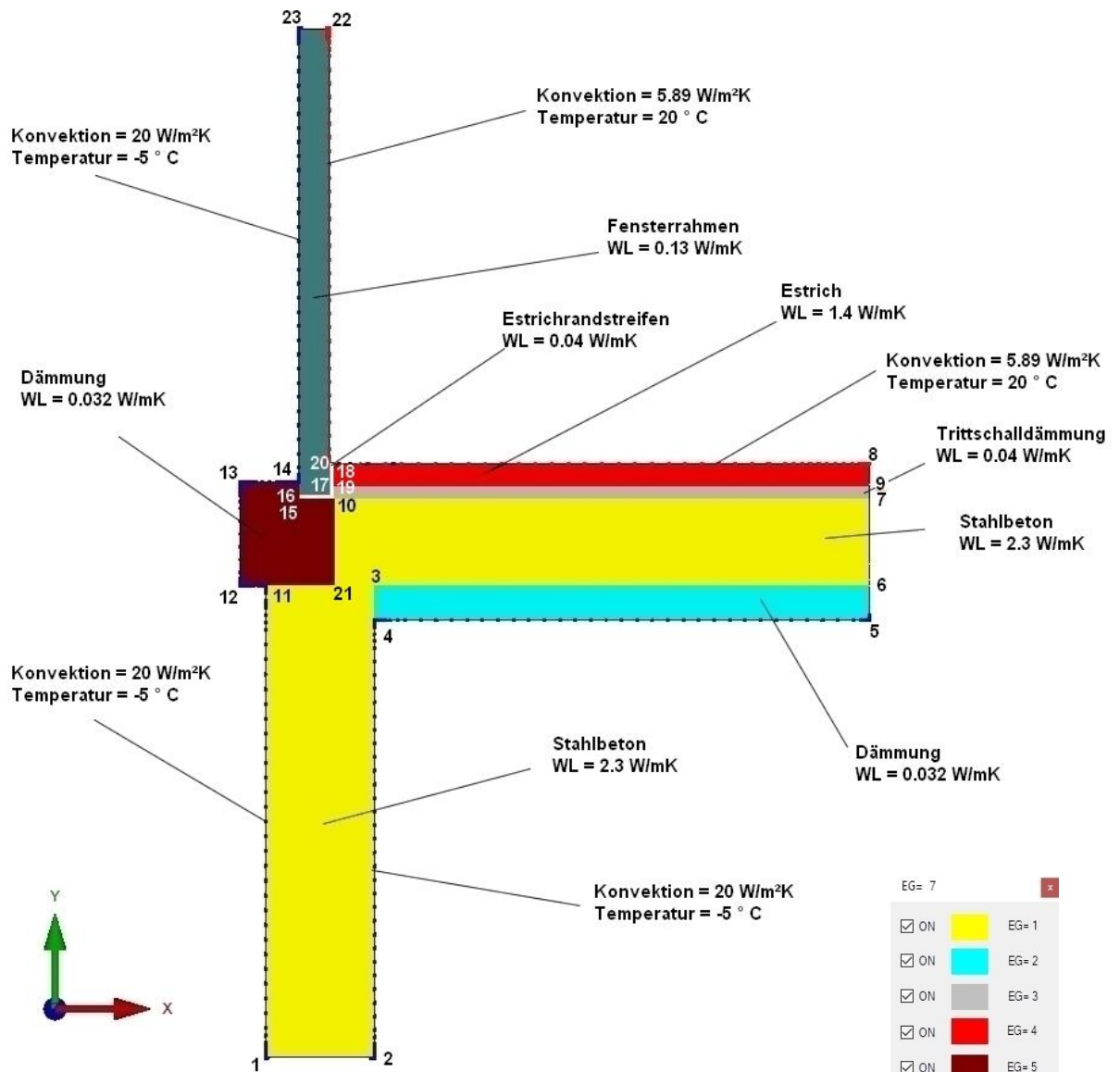


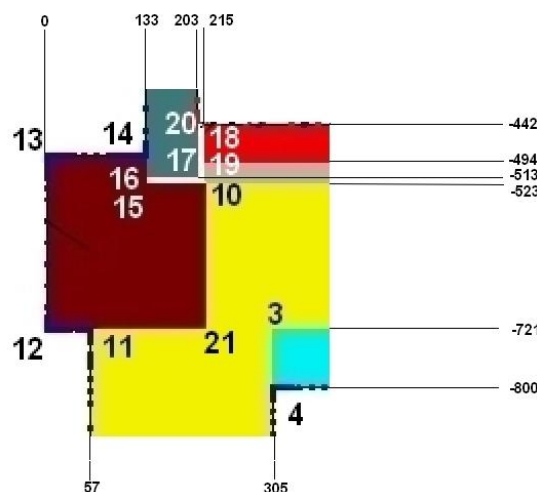
## Kapitel 32: Temperaturverteilung und Wärmestromdichte eines Fensterprofils

Es wird folgendes Fensterprofil aus Porenbeton-Wärmebrücken katalog Seite 908 mit folgenden Elementgruppen, Wärmeleitfähigkeiten und Konvektionen nachgerechnet:



| EG= 7                               |    |       |
|-------------------------------------|----|-------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | ON | EG= 1 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | ON | EG= 2 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | ON | EG= 3 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | ON | EG= 4 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | ON | EG= 5 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | ON | EG= 6 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | ON | EG= 7 |

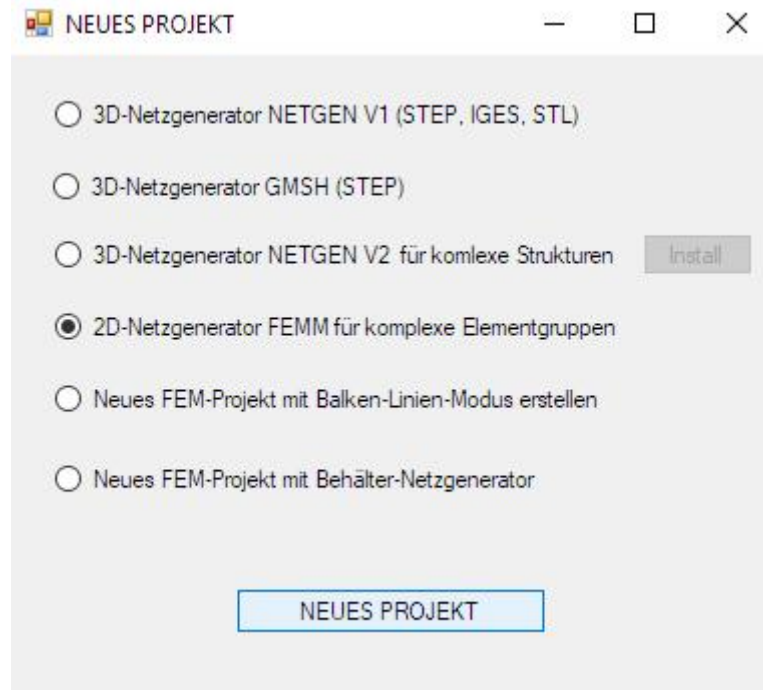
XY-Ausschnitt



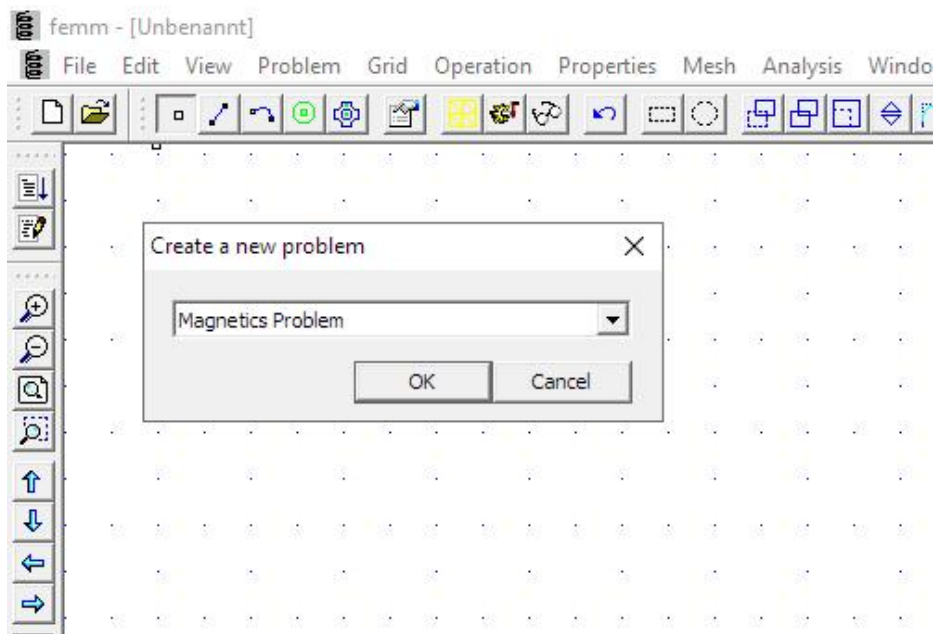


Starten Sie nun das FEM-System MEANS V12 über das Desktop-Icon


Wählen Sie das Register „File“ aus und Menü „Neu“ und wählen in dem Projekt-Menü „2D-Netzgenerator FEMM für komplexe Elementgruppen“ um ein 2D-FEM-Modell mit dem 2D-Netzgenerator FEMM zu erstellen.

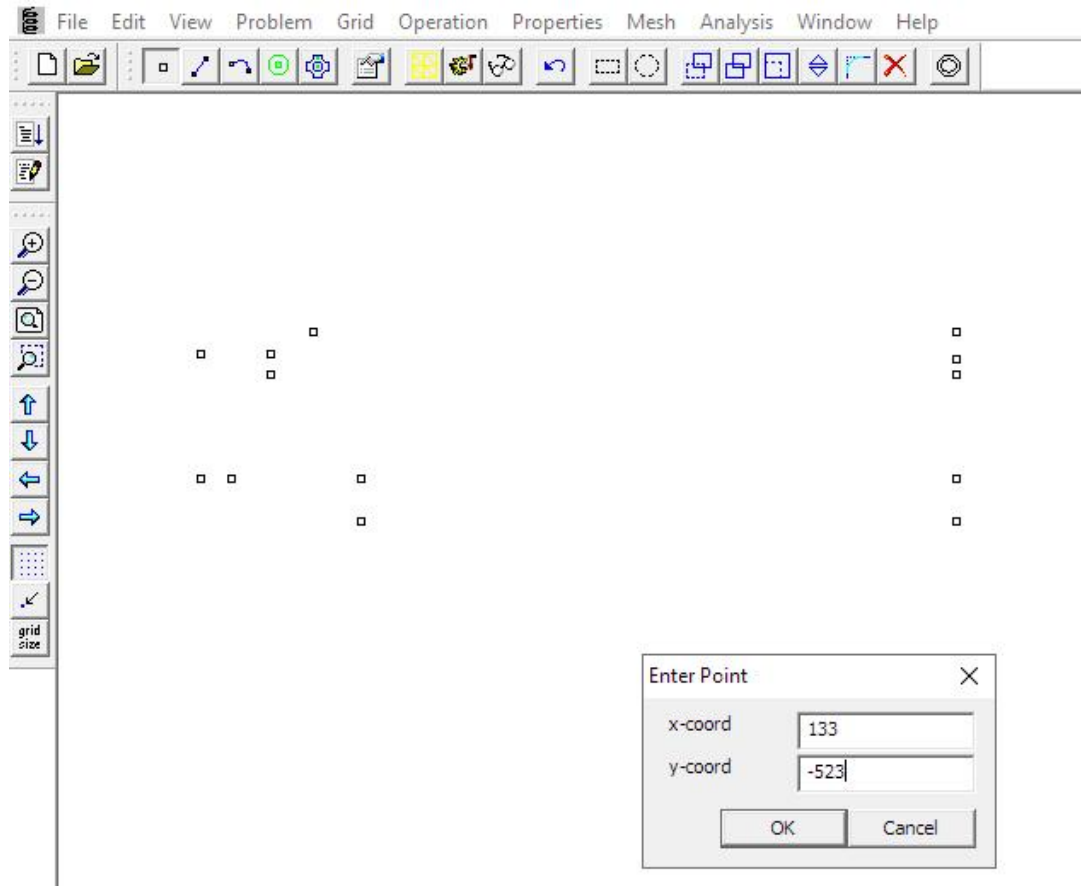


Es erscheint nun die Benutzeroberfläche von FEMM. Wählen Sie Menü „File“ und „New“ und erzeugen ein neues Projekt mit „Magnetics Problem“.



## TAB-Taste

Mit der Tab-Taste und dem Icon  können nun alle 23 Eckknoten nacheinander in einer Dialogbox eingegeben werden. Die Koordinaten werden in Millimeter eingegeben müssen aber später in MEANS auf Meter passend zu den Wärmeleitfähigkeiten umgestellt werden.



## DXF-Import

Die Knotenpunkte können auch zuerst mit AutoCAD oder MEANS erstellt und über die DXF-Schnittstelle in FEMM importiert werden. Hier ist jedoch zu beachten, daß keine überlagerten oder doppelten Knoten oder Linien entstehen.

## FEM-Datei mit Editor bearbeiten

Lädt man die FEM-Datei in einen beliebigen Text-Editor z.B. Notepad kann man die Knotenkoordinaten oder Linien schnell editieren oder löschen.

Für eine Korrektur mit dem Editor sollte man die FEM-Datei sichern und FEMM beenden. Dannach mit dem Editor die FEM-Datei editieren und FEMM wieder starten und die FEM-Datei neu einladen.

[NumPoints] = 23

```
57   -1800  0   0
305  -1800  0   0
305  -721   0   0
305  -800   0   0
1435 -800   0   0
```

```

1435 -721 0 0
1435 -523 0 0
1435 -442 0 0
1435 -494 0 0
215 -523 0 0
57 -721 0 0
0 -721 0 0
0 -485 0 0
133 -485 0 0
133 -523 0 0
133 -513 0 0
203 -513 0 0
215 -442 0 0
215 -494 0 0
203 -442 0 0
215 -721 0 0
203 552 0 0
133 552 0 0

```


[NumSegments] = 0

[NumArcSegments] = 0

[NumHoles] = 0

[NumBlockLabels] = 0

### Definierung der 7 Elementgruppen

Nachdem alle 23 Knoten eingegeben sind wechseln auf das Icon  um die Linien für die 7 Elementgruppen zu definieren indem Sie folgende Knotenpaare nacheinander anklicken.

#### Elementgruppe 1

1 - 2, 2 - 3, 3 - 6, 6 - 7, 7 - 10, 10 - 21, 21 - 11, 11 - 1

#### Elementgruppe 2

4 - 5, 5 - 6, 6 - 3, 3 - 4

#### Elementgruppe 3

10 - 7, 7 - 9, 9 - 19, 19 - 10

#### Elementgruppe 4

19 - 9, 9 - 8, 8 - 18, 18 - 19

#### Elementgruppe 5

12 - 21, 21 - 10, 10 - 15, 15 - 14, 14 - 13, 13 - 12

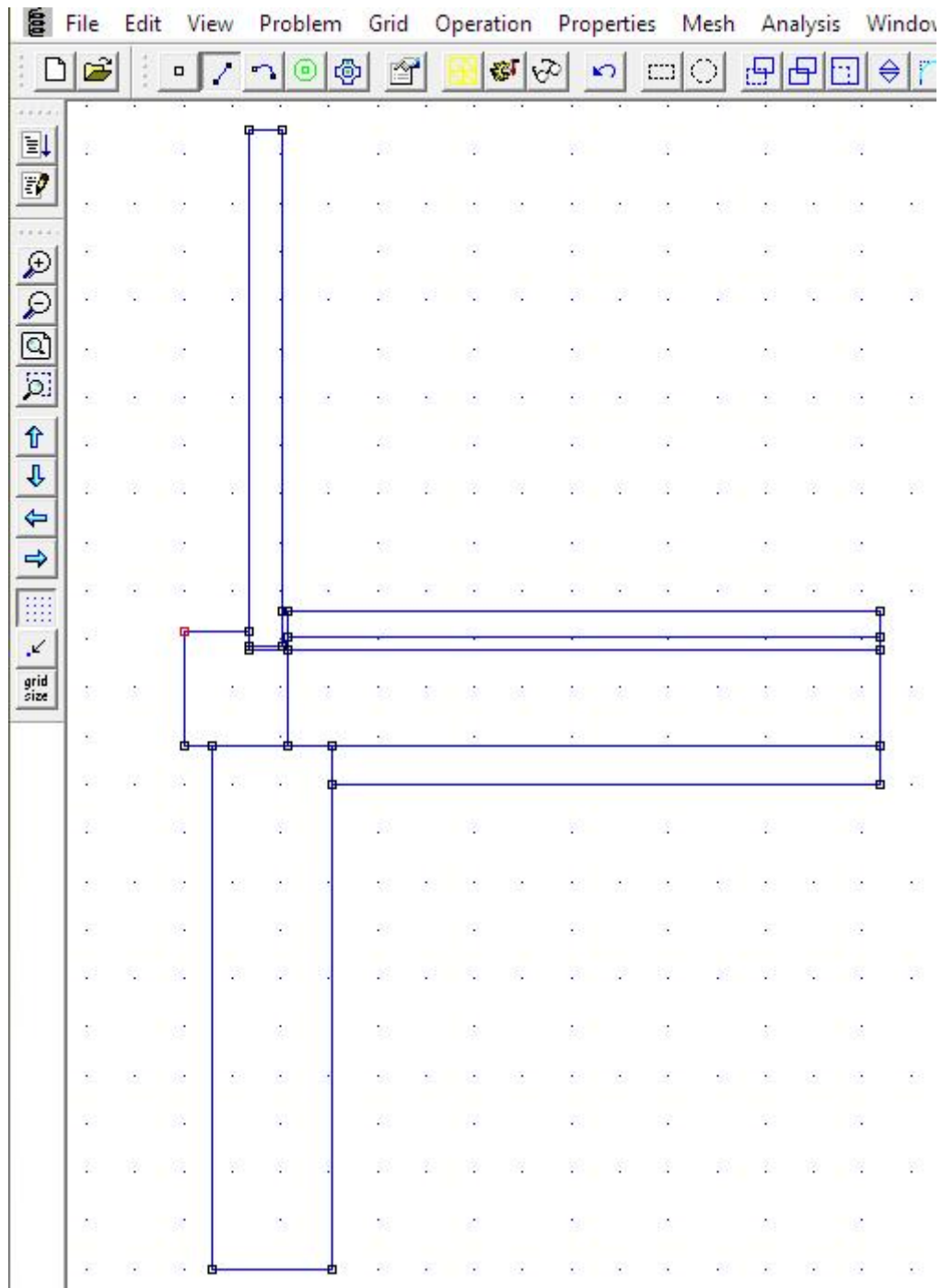
#### Elementgruppe 6

16 - 17, 17 - 22, 22 - 23, 23 - 16

#### Elementgruppe 7

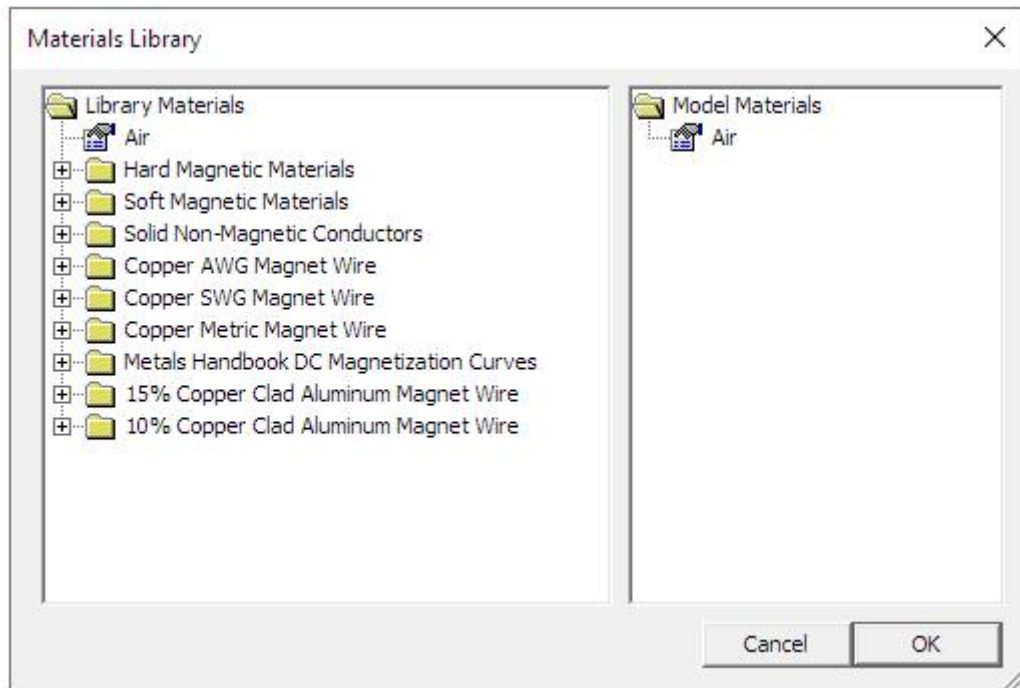
15 - 10, 10 - 18, 18 - 20, 20 - 17, 17 - 16, 16 - 15







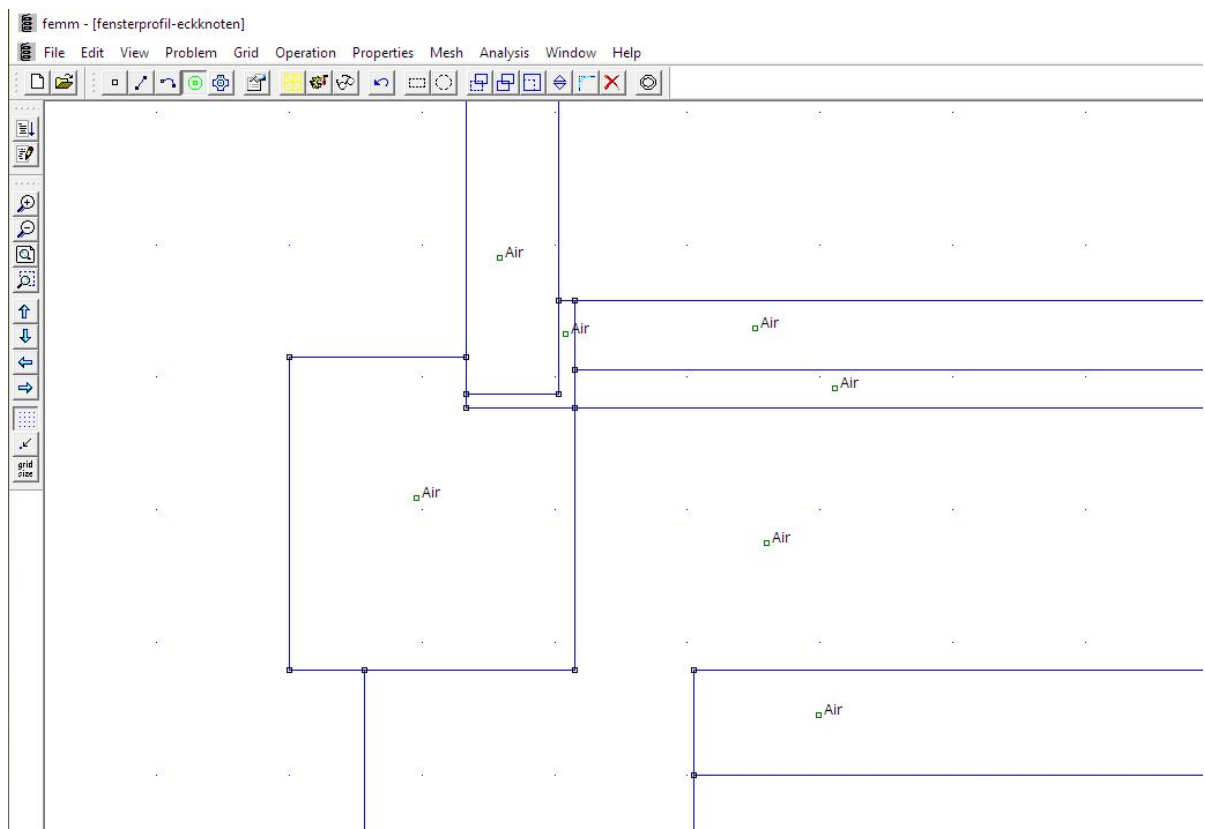
### Material definieren

Nur das FEM-Netz wird benötigt, damit es in einer ANS-Datei abgespeichert wird muß aber zuerst das FEM-Netz generiert und eine Analyse durchgeführt werden. Dazu wird aus dem Menü „Properties/Material Library“ einfach das Material „Air“ für die Analyse ausgewählt.





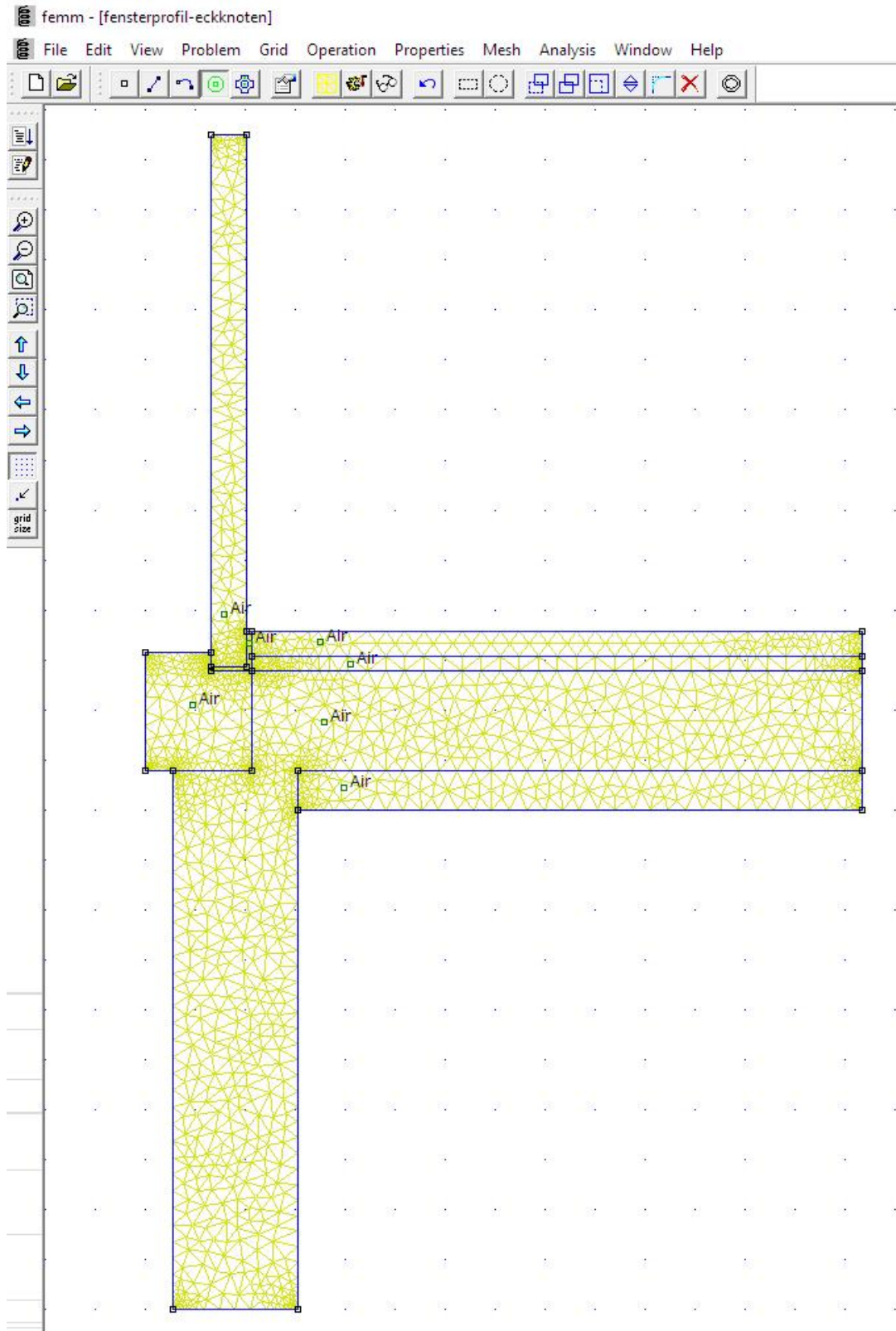
## Material plazieren

Mit dem Icon  muß in jede Elementgruppe das Material plaziert werden indem zuerst mit der linken Maustaste das Material plaziert und mit der rechten Maustaste rot aktiviert wird. Mit dem Icon  kann jetzt das Material „Air“ ausgewählt werden.



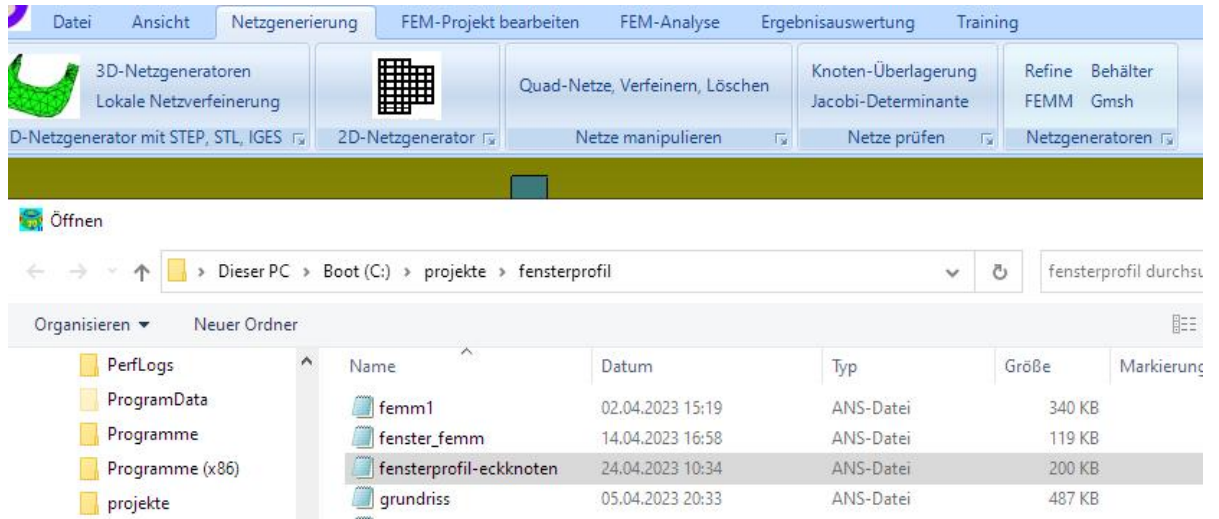
## Analyse in FEMM durchführen

Zum Schluß wird mit dem Icon  das FEM-Netz generiert und mit dem Icon  die Analyse durchgeführt. Wird keine Fehlermeldung angezeigt dann befindet sich jetzt im Projekt-Verzeichnis eine neue Datei mit der Endung .ANS die mit MEANS importiert und weiterbearbeitet werden kann. FEMM kann geschlossen werden und wird nicht mehr benötigt.

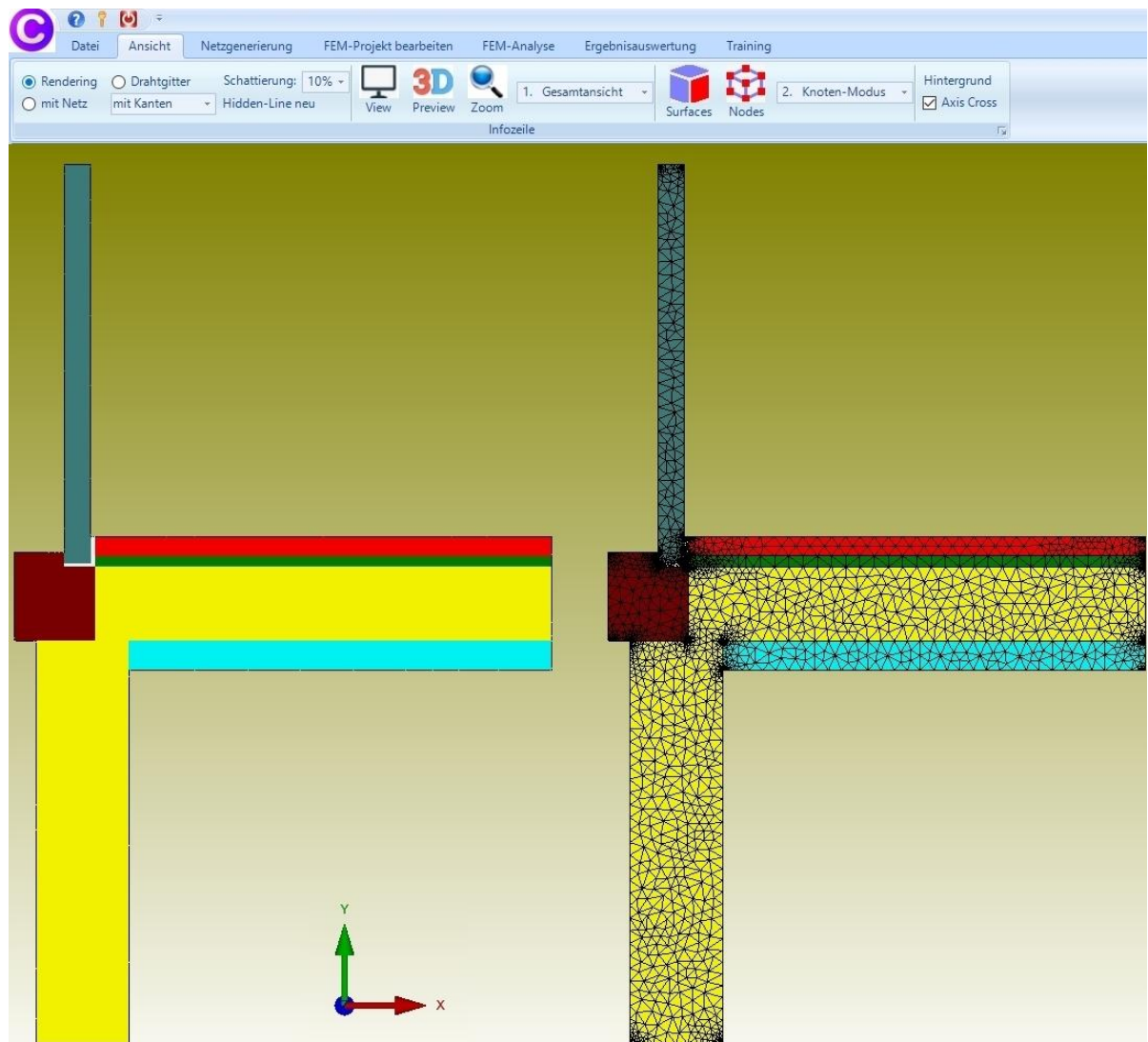


## FEMM-Schnittstelle

In der MEANS-Benutzeroberfläche das Register „Netzgenerierung“ und den rechten Button „FEMM“ auswählen um die ANS-Datei zu importieren.



Man erhält ein 2D-Modell aus 4046 TRI3S, 2232 Knoten und 7 Elementgruppen.

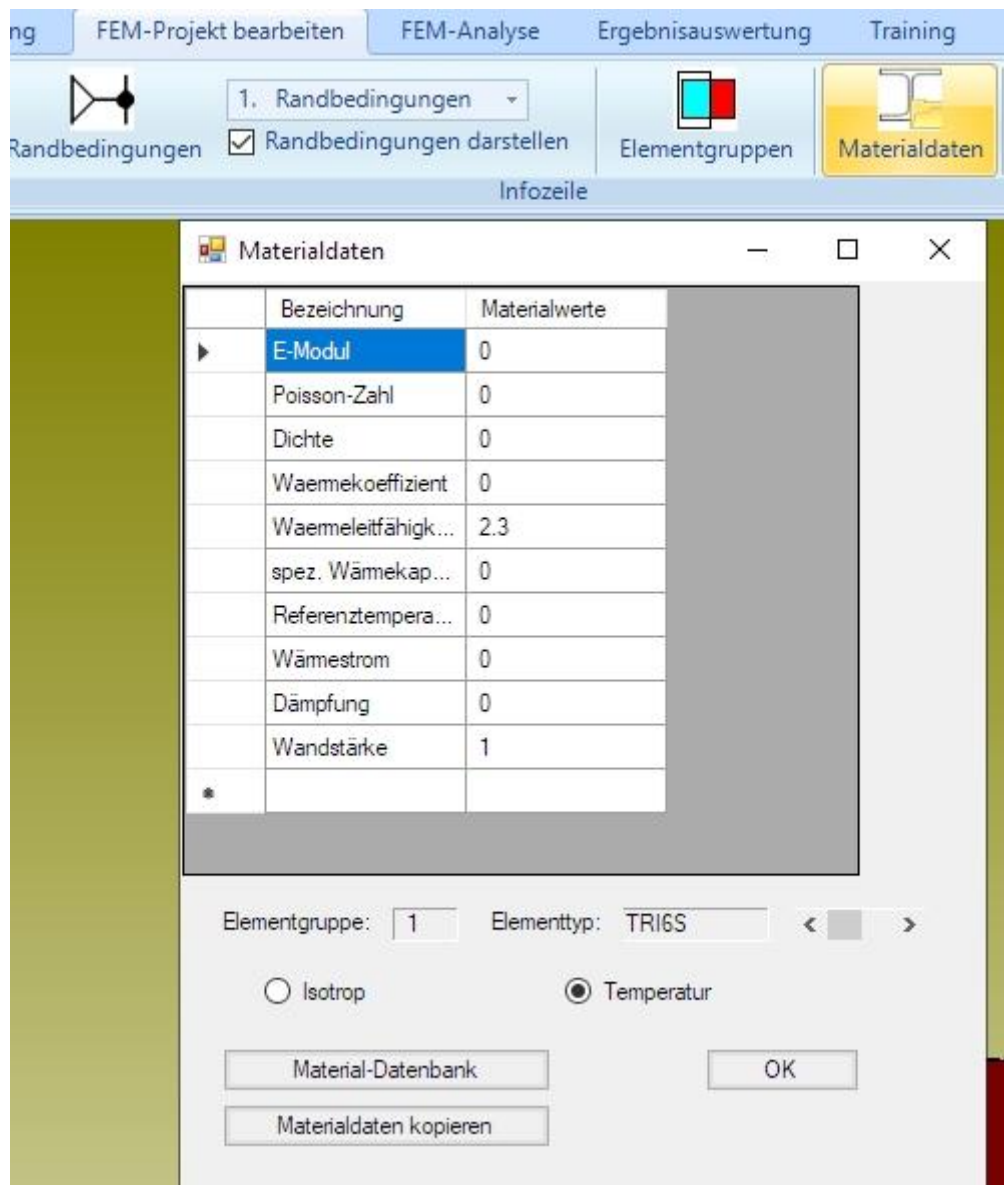




## Eingabe der Wärmeleitfähigkeiten

Mit Register „FEM-Projekt bearbeiten“ und Menü „Materialdaten“ werden die Wärmeleitfähigkeiten in W/mK für alle 7 Elementgruppen eingegeben:

- Elementgruppe 1 - Stahlbeton-WL = 2.3 W/mK
- Elementgruppe 2 - Dämmung-WL = 0.032 W/mK
- Elementgruppe 3 - Trittschalldämmung-WL = 0.04 W/mK
- Elementgruppe 4 - Estrich-WL = 2.3 W/mK
- Elementgruppe 5 - Fensterrahmen-WL = 0.13 W/mK
- Elementgruppe 6 - Estrichstreifen-WL = 0.04 W/mK
- Elementgruppe 7 - Dämmung-WL = 0.032 W/mK



## Eingabe der Konvektionen

Das Fensterprofil wird sowohl mit einer Außen- als auch mit einer Innen-Konvektion belastet.

### Außen-Konvektion

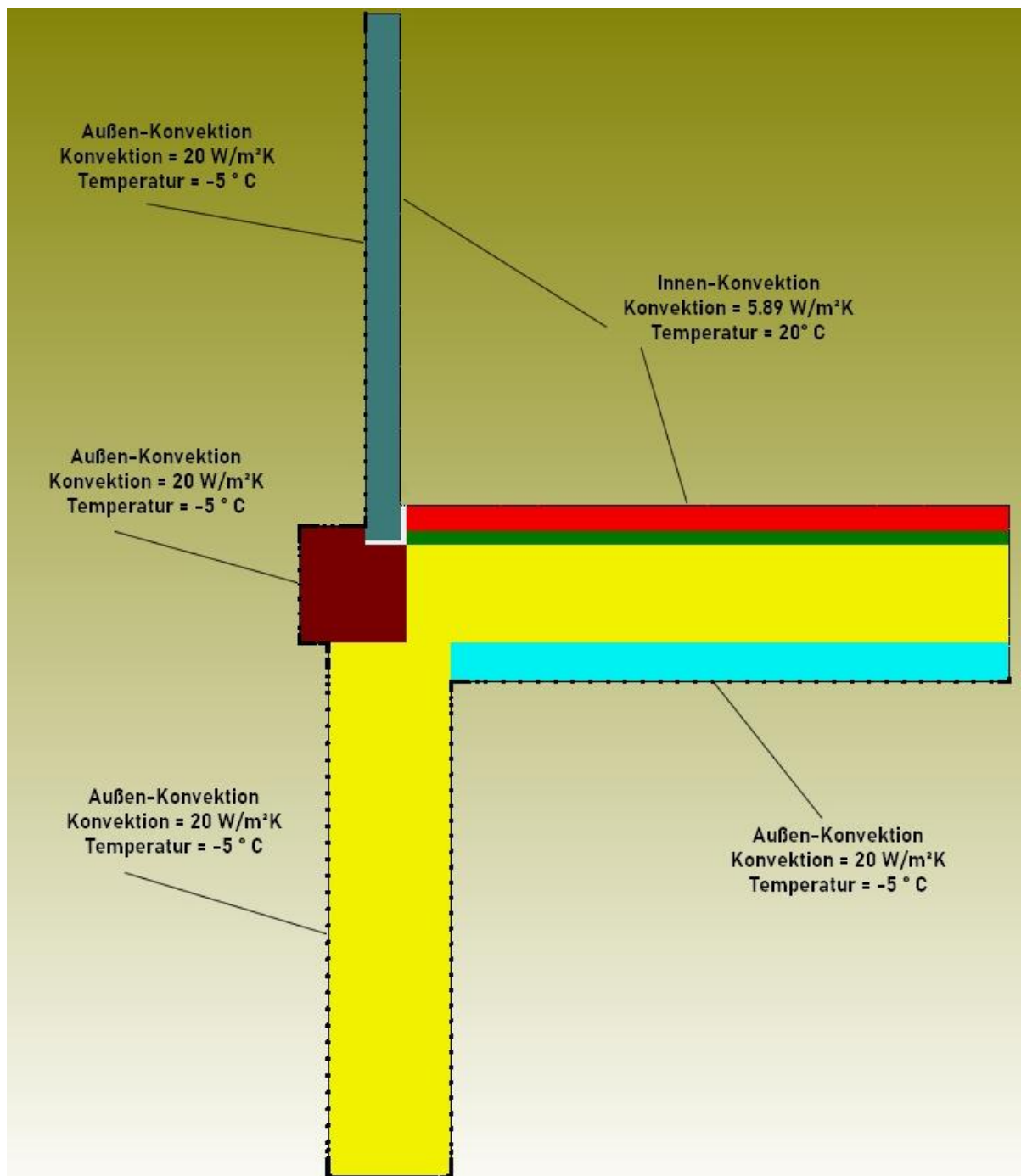
Konvektion =  $20 \text{ W/m}^2\text{K}$

Umgebungstemperatur von  $-5^\circ \text{C}$

### Innen-Konvektion

Konvektion =  $5.89 \text{ W/m}^2\text{K}$

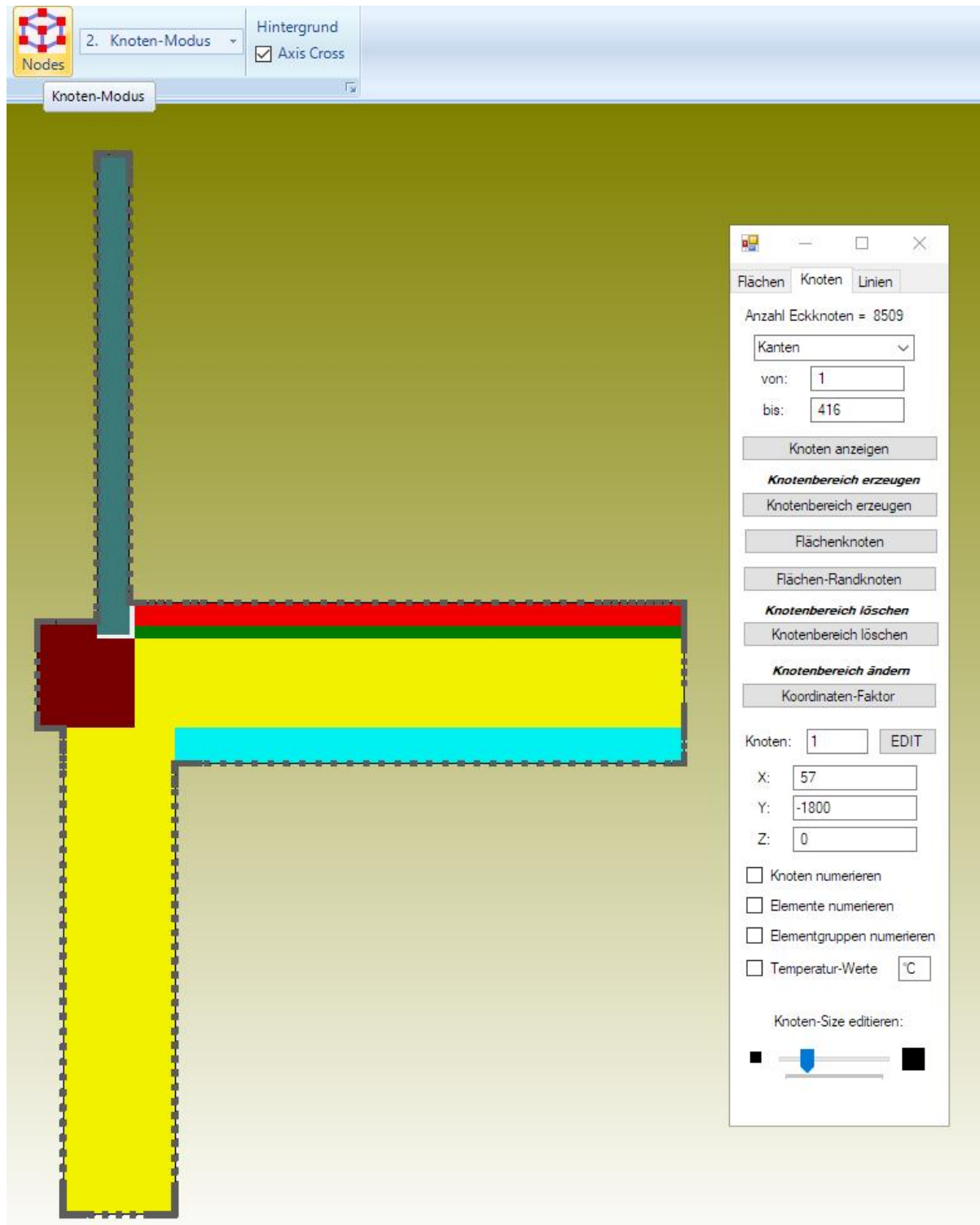
Umgebungstemperatur von  $20^\circ \text{C}$



## Knotenbereich erzeugen

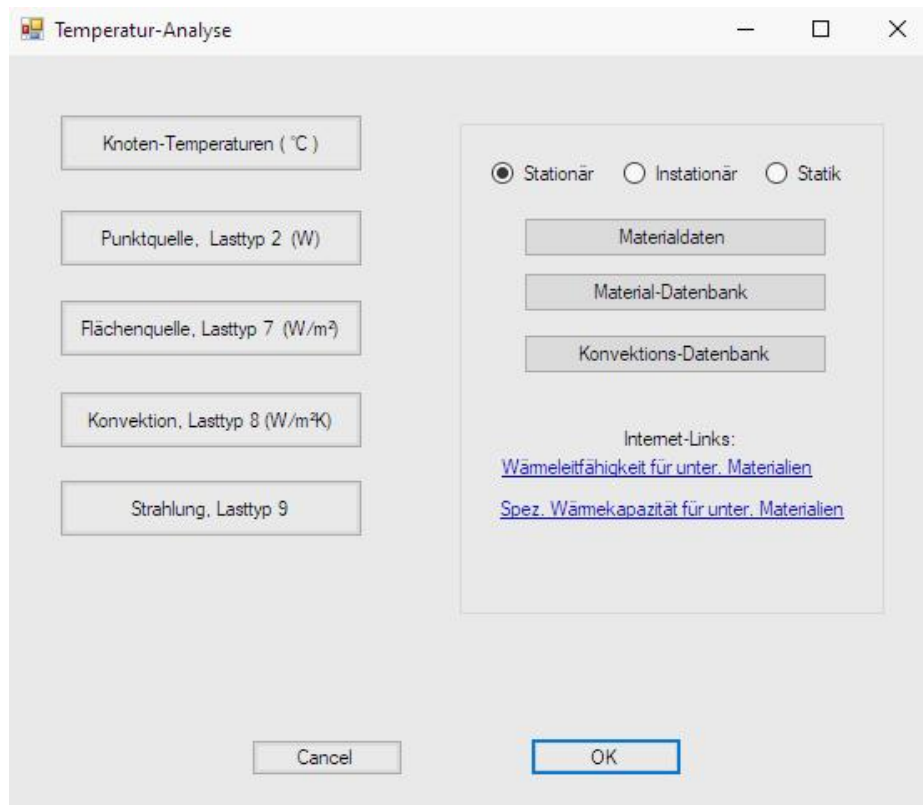
Wählen Sie Register „Ansicht“ und „Knoten-Modus“ und erzeugen mit „Kanten“ und „Knoten anzeigen“ zuerst alle Randknoten.

Wählen Sie „Knotenbereich löschen“ und löschen für die Außen-Konvektion mit einem aufgespannten Rechteck alle Knoten des Innenbereiches und für die Innen-Konvektion alle Knoten des Außenbereiches.



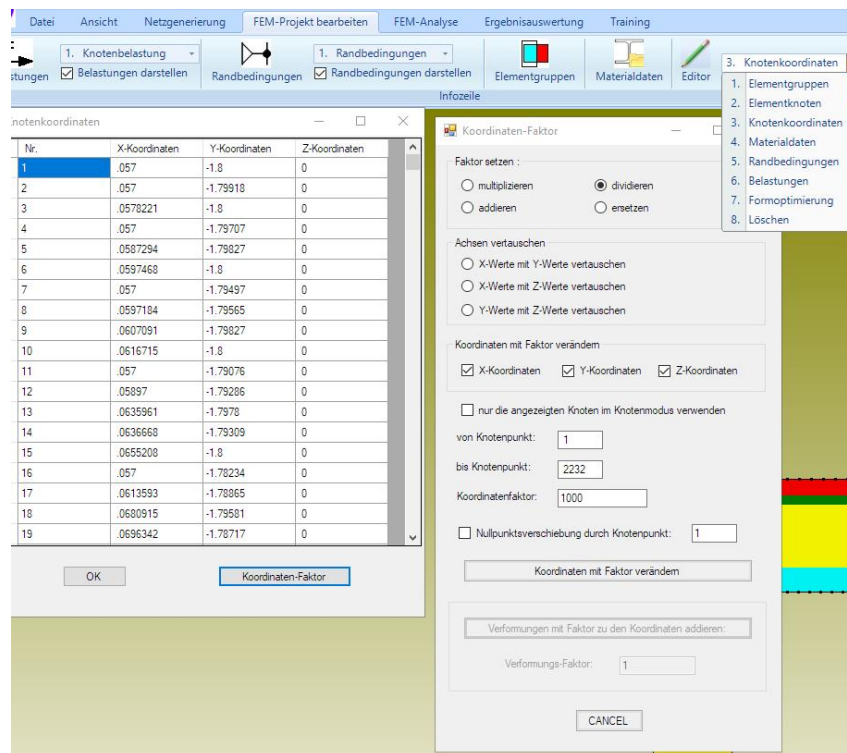


Erzeugen Sie mit dem Temperatur-Icon  aus Register „FEM-Projekt bearbeiten“ die beiden Konvektionen mit Menü „Konvektion, Lasttyp 8 (W/m<sup>2</sup>K)“ mit der Selektion „alle angezeigten Knoten wählen“ in Lastfall 1.



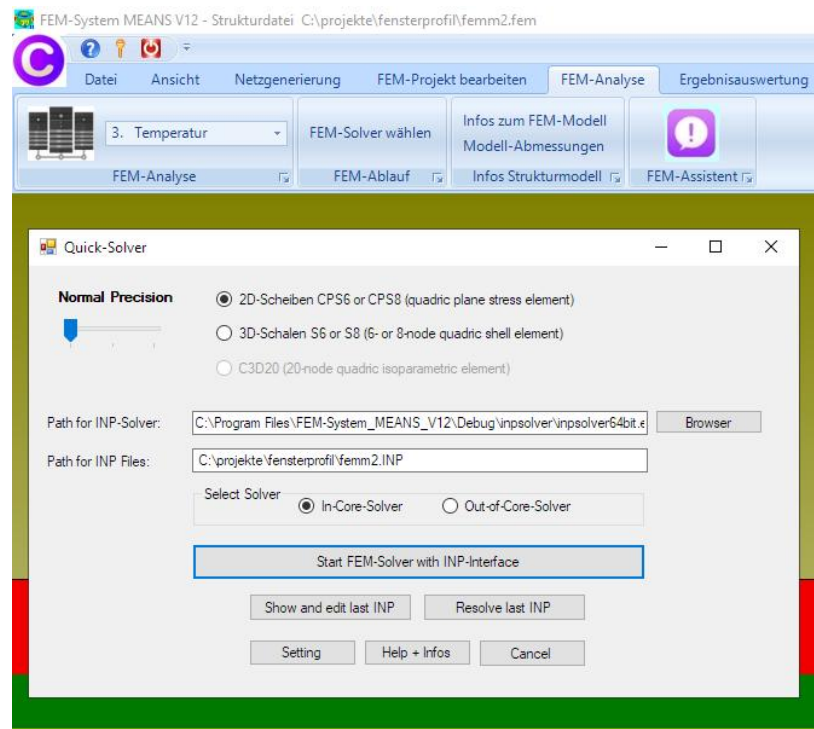
## Knotenkoordinaten von Millimeter auf Meter umstellen

WLs und Konvektion wurden in Meter aber die Koordinaten in Millimeter eingegeben, darum müssen jetzt noch mit Register „FEM-Projekt bearbeiten“ und „Editor“ sowie „Knotenkoordinaten“ die Koordinaten durch „1000“ dividiert werden.



## Temperatur-Analyse

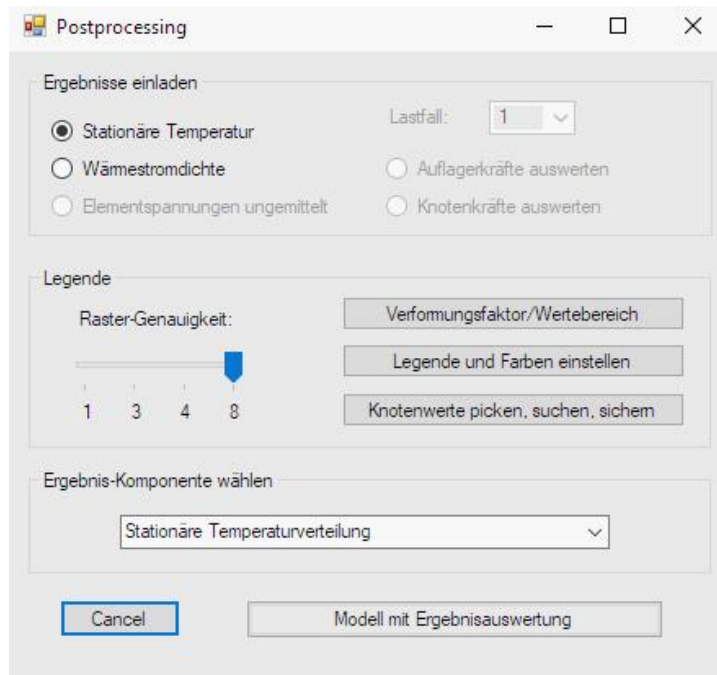
Sichern Sie das FEM-Modell unter einem beliebigen Namen in das Projekt-Verzeichnis und wählen Register „FEM-Analyse“ um eine Temperatur-Analyse mit den quadratischen Dreiecken TRI6S bzw. CPS6 durchzuführen.



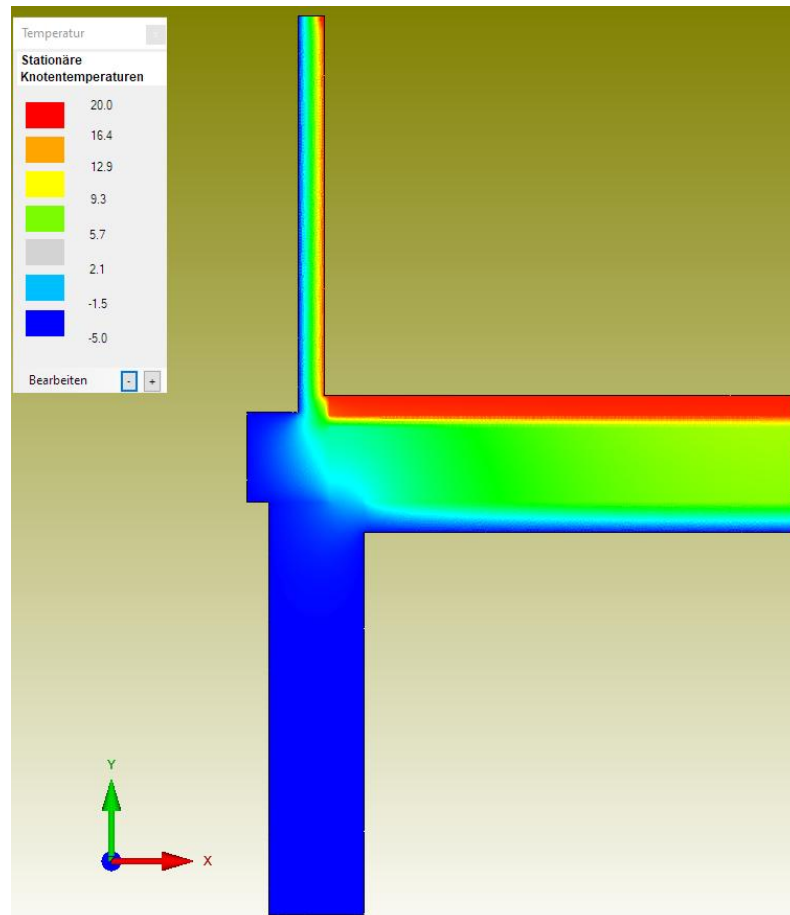
## Ergebnisauswertung



Mit Register „Ergebnisauswertung“ und dem Icon werden die Knoten-Temperaturen und die Wärmestromdichte dargestellt.



## Temperaturverteilung



## Wärmestromdichte

Die Wärmestromdichte muß mit Menü „Verformungsfaktor“ auf den Wert „20“  $W/m^2$  skaliert werden, da sonst hohe Spitzenwerte zu sehen sind.

