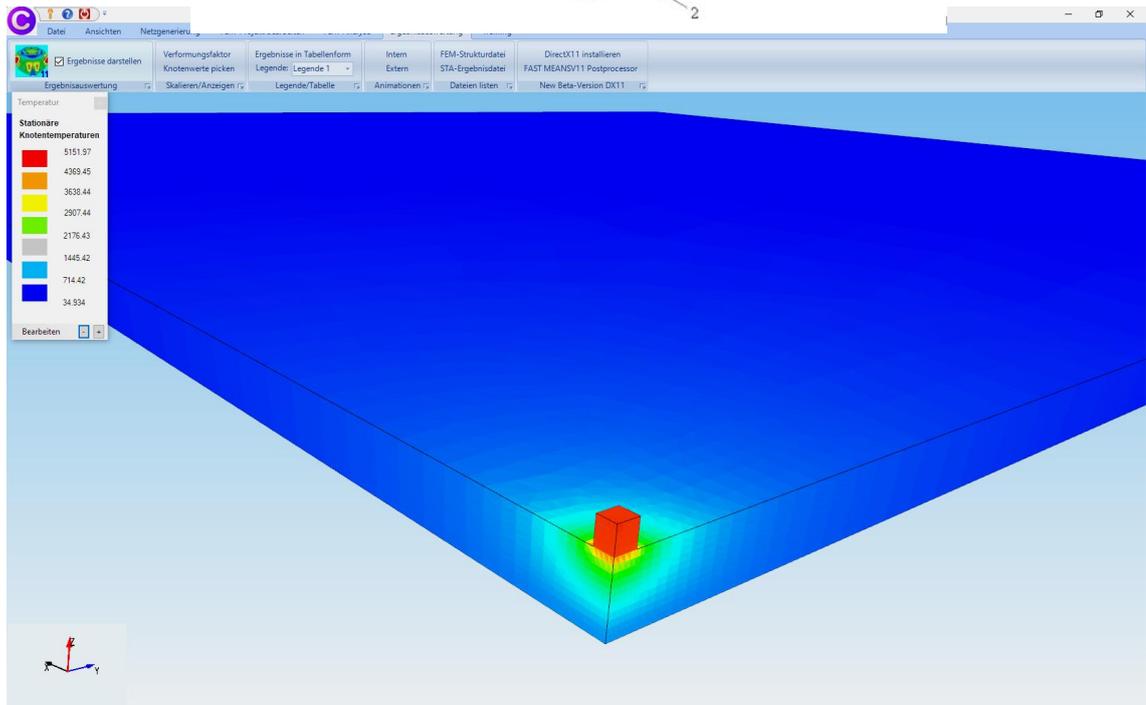
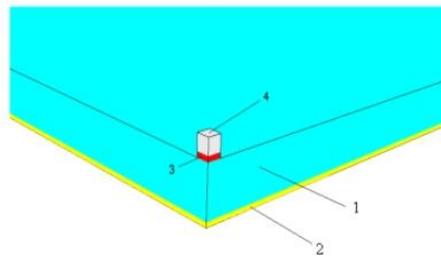
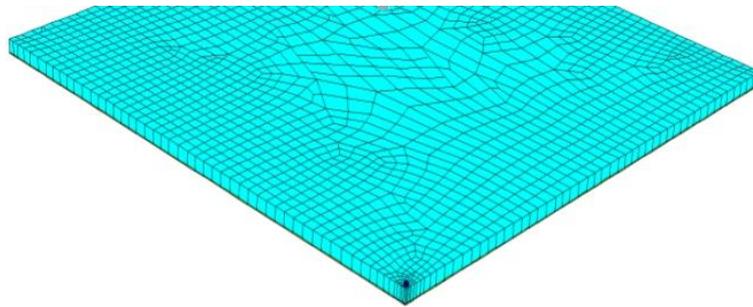


FEM-System *MEANS V12*

Temperatur-Analysen mit
Konvektion
und Konduktion



www.femcad.de

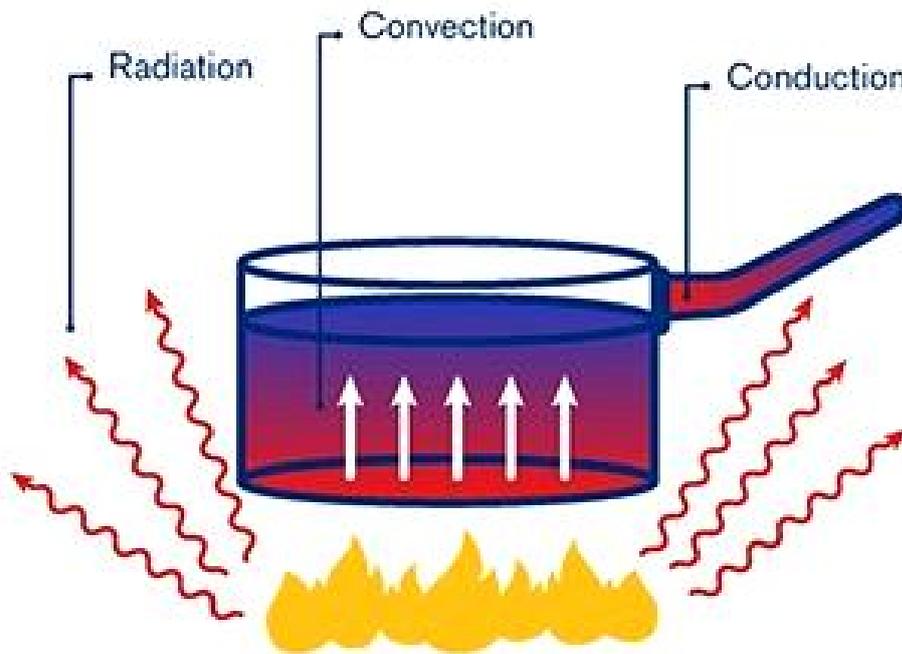
www.fem-infos.com

Kapitel 7b - Temperatur-Analysen mit Konvektion und Konduktion

Konvektion oder Wärmeströmung ist eine Wärmeübertragung, bei der Wärme durch strömende Flüssigkeiten (z.B. Wasser) oder strömende Gase (z.B. Luft) übertragen wird.

Konduktion oder Wärmeleitung ist eine Wärmeübertragung zum Transport von thermischer Energie. Wärme fließt dabei immer in Richtung geringerer Temperatur ohne Wärmeenergieverlust.

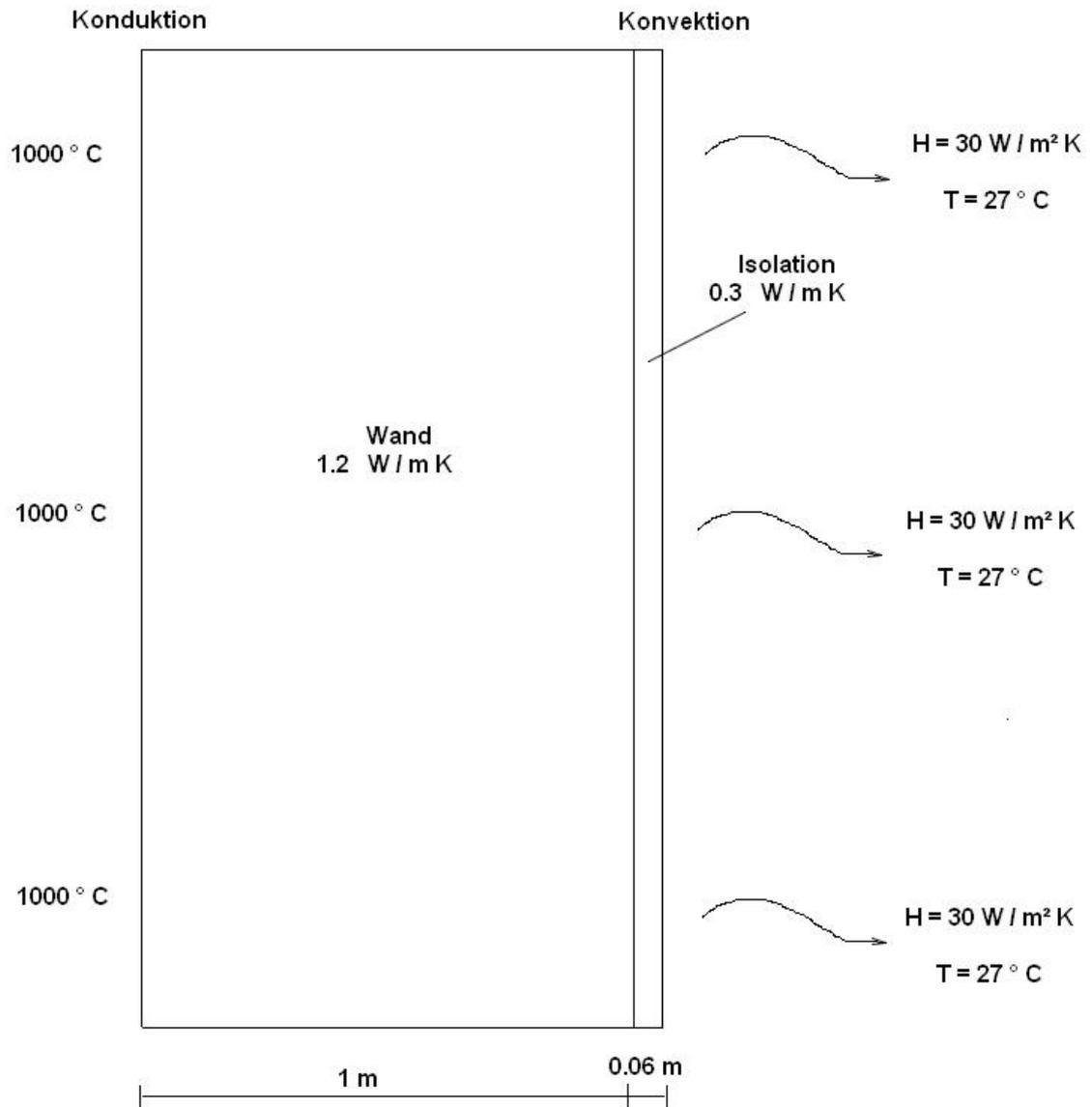
Wärmestrahlung ist eine Wärmeübertragung durch elektromagnetische Wellen. Die Sonne ist die wichtigste Quelle für Wärmestrahlung.



Beispiel 1: Isolierte Wand mit einer 2D-Konvektion

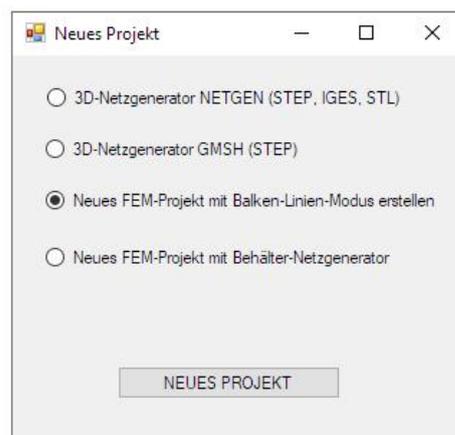
Eine Wand mit einer Wärmeleitfähigkeit von 1.2 W/mK wird auf der linken Seite über einen Boiler auf 1000 °C erhitzt. Die Wärme wird über die Isolierung mit 0.3 W/mK an die Luft mit einer Konvektion von $30 \text{ W/m}^2\text{K}$ und einer Umgebungstemperatur von 27 °C abgeführt. Berechnen Sie die Temperaturen

- T_1 bei $X = 0 \text{ m}$
- T_2 bei $X = 0.5 \text{ m}$
- T_3 bei $X = 1.0 \text{ m}$
- T_4 bei $X = 1.06 \text{ m}$



Knotenpunkte im Linien-Modus eingeben

Starten Sie MEANS V12 und wählen Register „Datei“ und „Neu“ und wählen das Menü „Neues FEM-Projekt mit Balken-Linien-Modus erstellen“.



und geben im Linien-Modus folgende 6 Knotenpunkte ein:

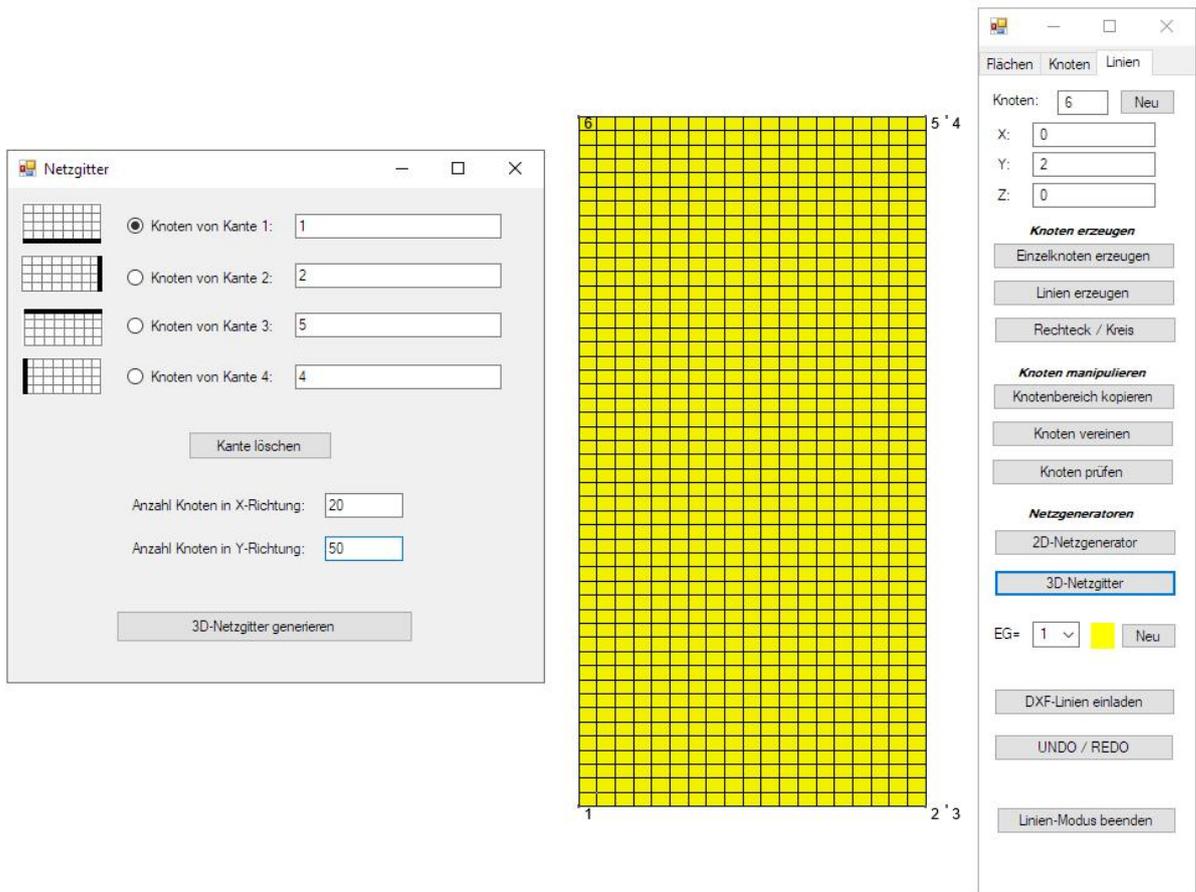
- 1 0, 0, 0
- 2 1, 0, 0
- 3 1.06, 0, 0
- 4 1.06, 2, 0
- 5 1, 2, 0
- 6 0, 2, 0

indem Sie zuerst mit „Neu“ die Koordinaten eingeben und mit „Einzelknoten erzeugen“ den Knoten erzeugen.

■₆■₅ ■₄■₁■₂ ■₃

3D-Netzgitter erzeugen

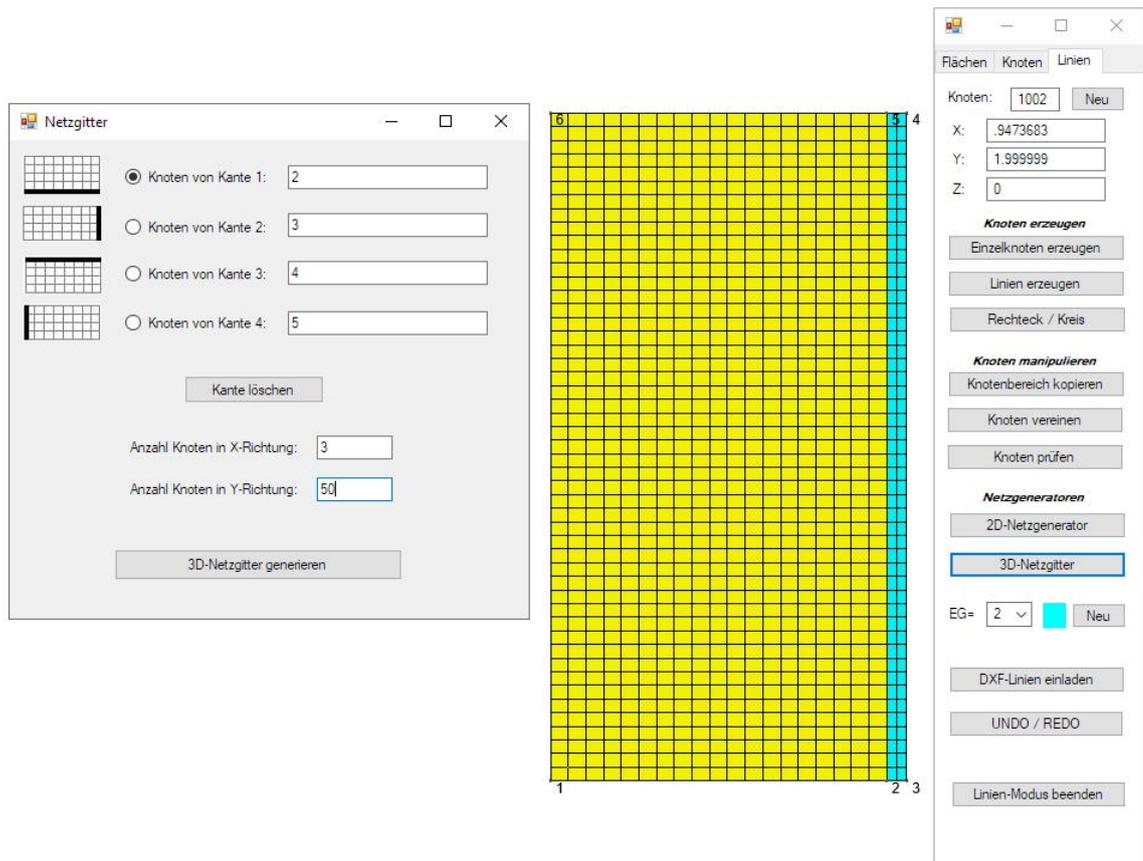
Wählen Sie Menü „3D-Netzgitter“ um ein 20x50 Netzgitter zu generieren. Geben Sie die Kanten 1,2,5 und 6 sowie die Anzahl in X-Richtung = 20 und in Y-Richtung = 50 ein um ein Netzgitter mit Menü „3D-Netzgitter generieren“ zu erzeugen.



Dannach klicken Sie auf den Farbenkasten für eine neue Farbe und erhöhen mit „Neu“ die Elementgruppe auf 2.

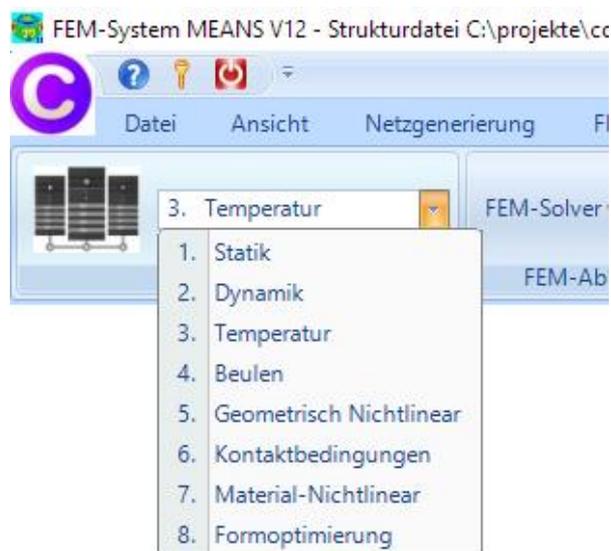


Wählen Sie wieder Menü „3D-Netzgitter“ um das zweite Netzgitter zu generieren. Geben Sie die Kanten 2,3,4 und 5 sowie die Anzahl in X-Richtung = 3 und in Y-Richtung = 50 ein um ein Netzgitter mit Menü „3D-Netzgitter generieren“ zu erzeugen.



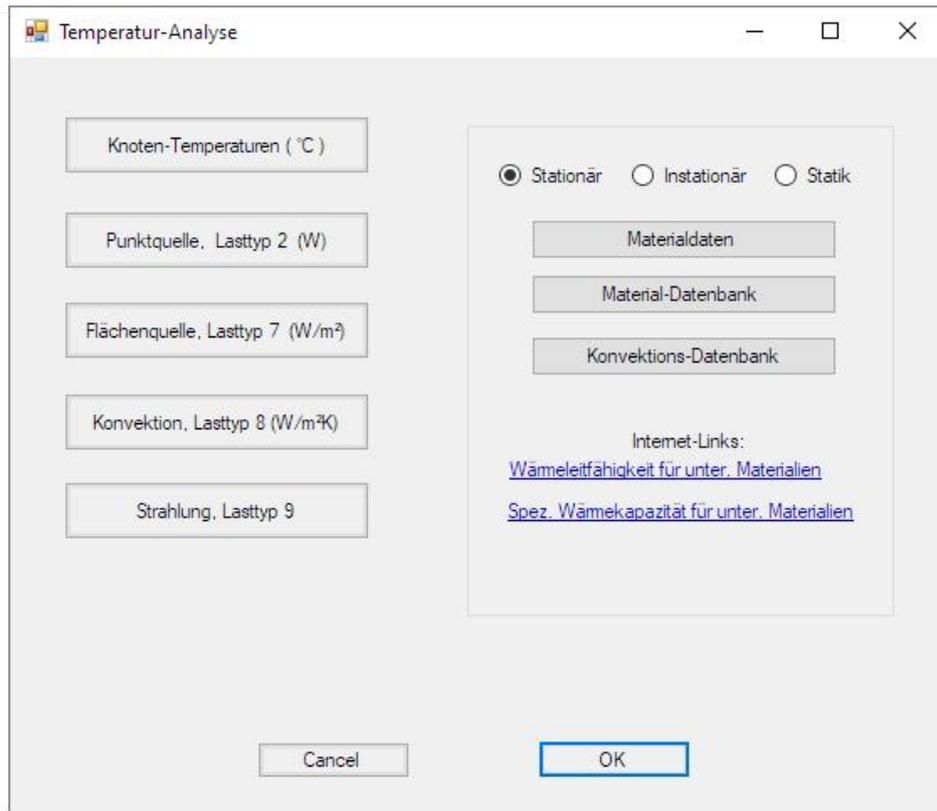
Temperatur-Analyse einstellen

Wählen Sie Register „FEM-Analyse“ und das Menü „Temperatur“ um den Rechenablauf für die Temperatur-Analyse einzustellen.

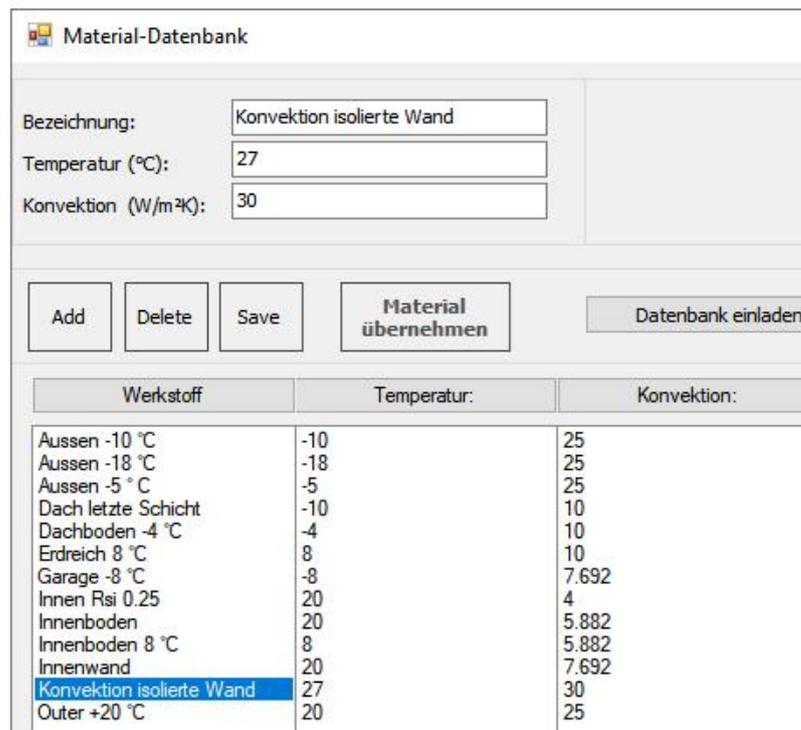




Unter Register „FEM-Projekt bearbeiten“ können nun über das Menü die Knoten-Temperaturen sowie Wärmequellen, Konvektionen und Strahlungen eingegeben werden.

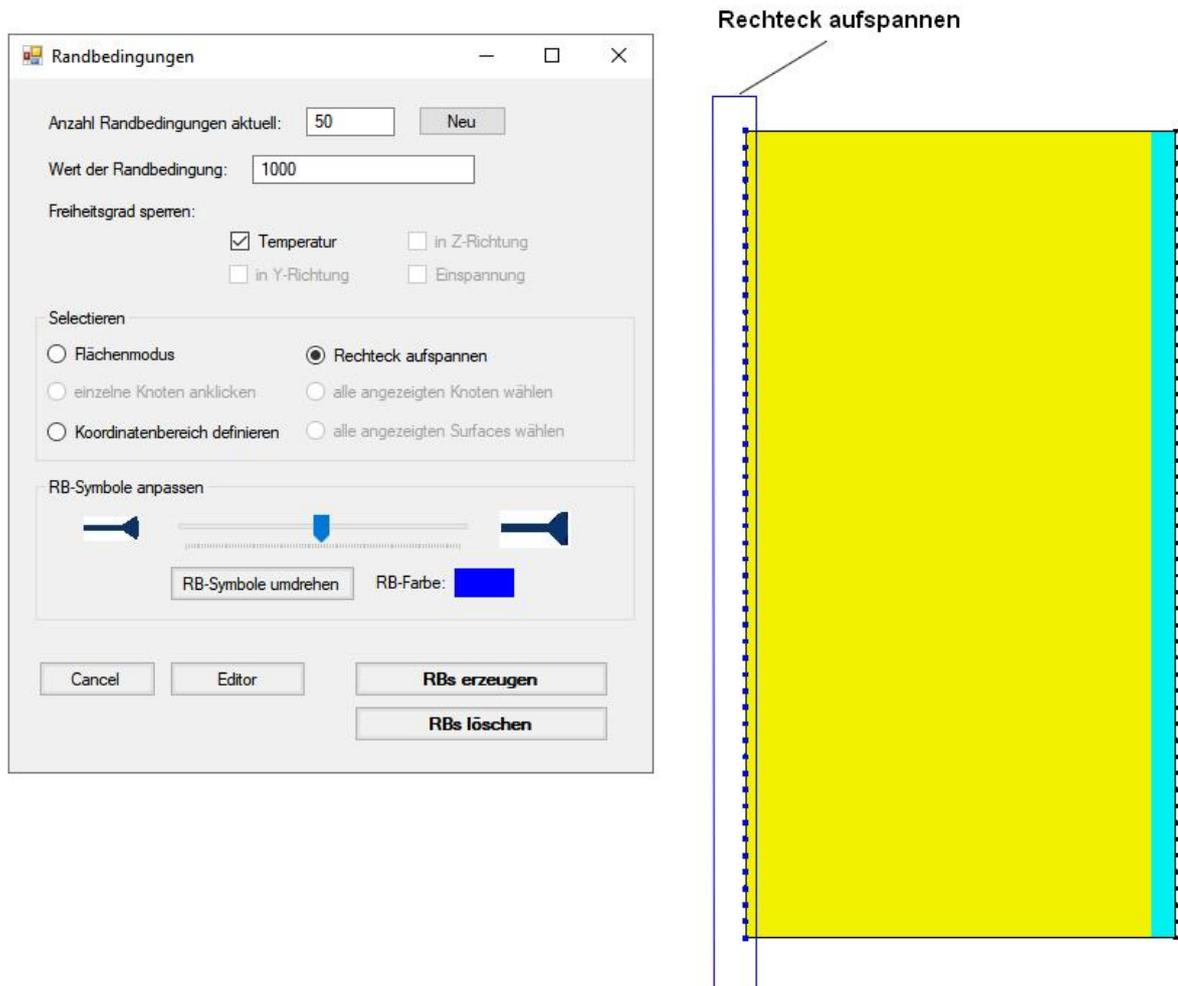


Mit „Konvektions-Datenbank“ können wichtige Konvektionen gespeichert werden:



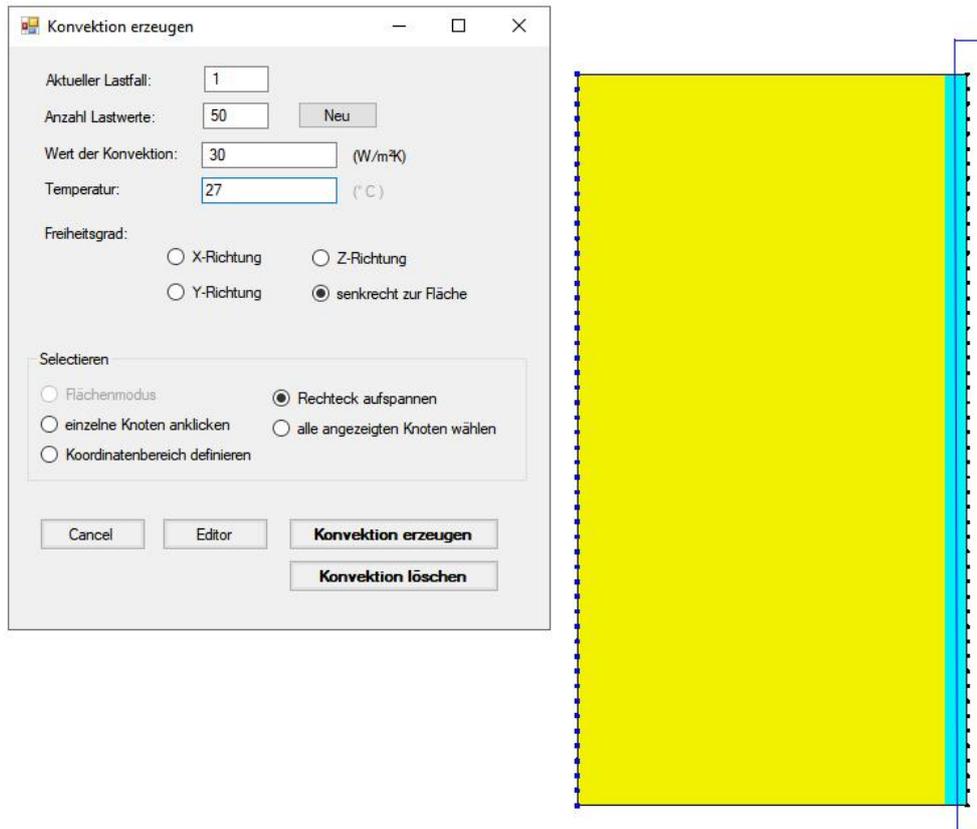
Knoten-Temperaturen erzeugen

Die Temperatur auf der linken Wandseite beträgt 1000 °C . Wählen Sie dazu in der Temperatur-Dialogbox das Menü „Knoten-Temperaturen“ und erzeugen mit einem aufgespannten Rahmen auf der linken Seite die Knoten-Temperaturen.



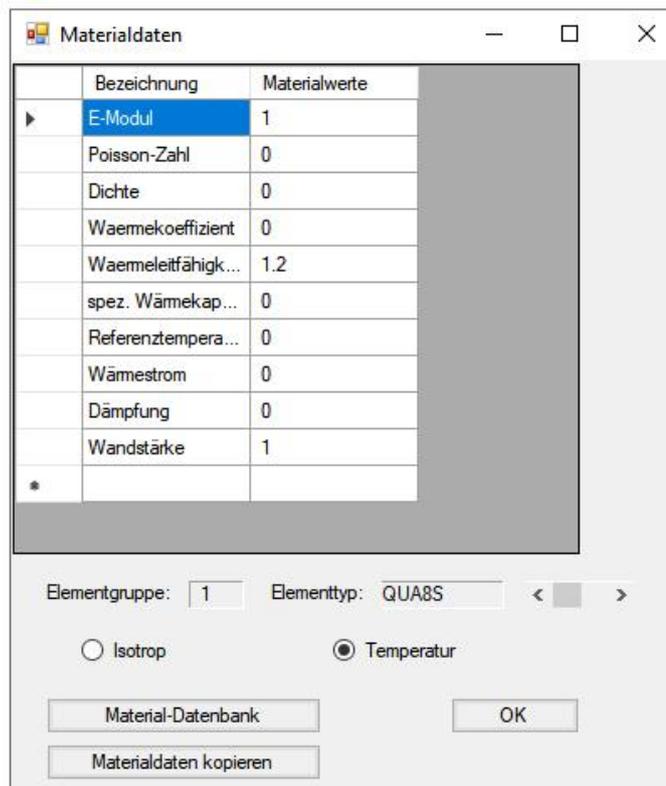
Konvektion erzeugen

Wählen Sie in der Temperatur-Dialogbox das Menü „Konvektion, Lasttyp 8“ um die Konvektion mit Luft von $30\text{ W/m}^2\text{K}$ und der Umgebungstemperatur von 27 °C mit einem aufgespannten Rahmen auf der rechten Seite einzugeben.



Wärmeleitfähigkeiten erzeugen

Wählen Sie in der Temperatur-Dialogbox das Menü „Materialdaten“ um die Wärmeleitfähigkeit der Wand von 1.2 W/mK für die Elementgruppe 1 einzugeben.



Scrollen Sie zur Elementgruppe 2 um die Wärmeleitfähigkeit der Isolation von 0.3 W/mK einzugeben.

Bezeichnung	Materialwerte
E-Modul	1
Poisson-Zahl	0
Dichte	0
Waermekoeffizient	0
Waemeleitfähig...	.3
spez. Wärmekap...	0
Referenztempera...	0
Wärmestrom	0
Dämpfung	0
Wandstärke	1
*	

Elementgruppe: Elementtyp: < >

Isotrop Temperatur

Alle anderen Werte sind Null und werden nicht benötigt. Das E-Modul wird ebenfalls nicht benötigt muß aber immer größer Null sein sonst bricht der Solver ab.

Die Wandstärke kann ebenfalls Null sein wird aber dann vom Solver auf 1 m gesetzt.

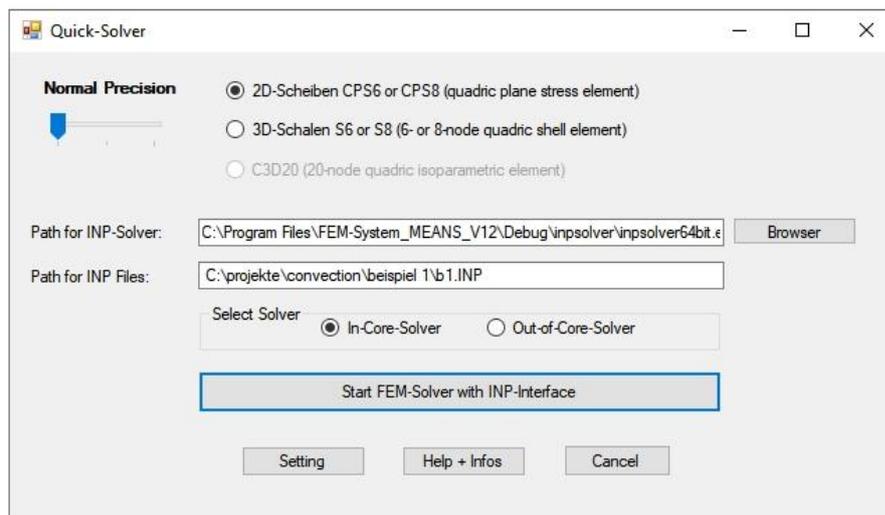
Sichern Sie das Modell unter einem beliebigen Namen mit Register „Datei“ und „Speichern“ ab.

FEM-Analyse

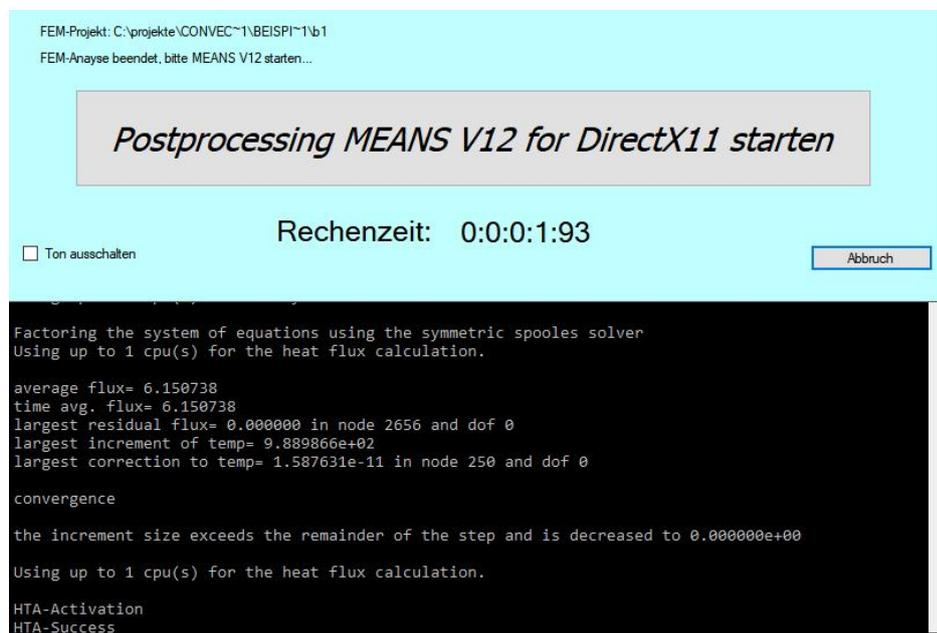


Wählen Sie das Register „FEM-Analyse“ und das Icon um die Knoten-Temperaturen mit dem Quick-Solver zu berechnen.

Wählen Sie Menü „2D-Scheiben CPS6 or CPS8 (quadratic plane Stress element)“ und „Start FEM-Solver with INP-Interface“ um MEANS V12 zu beenden und den FEM-Solver zu starten.



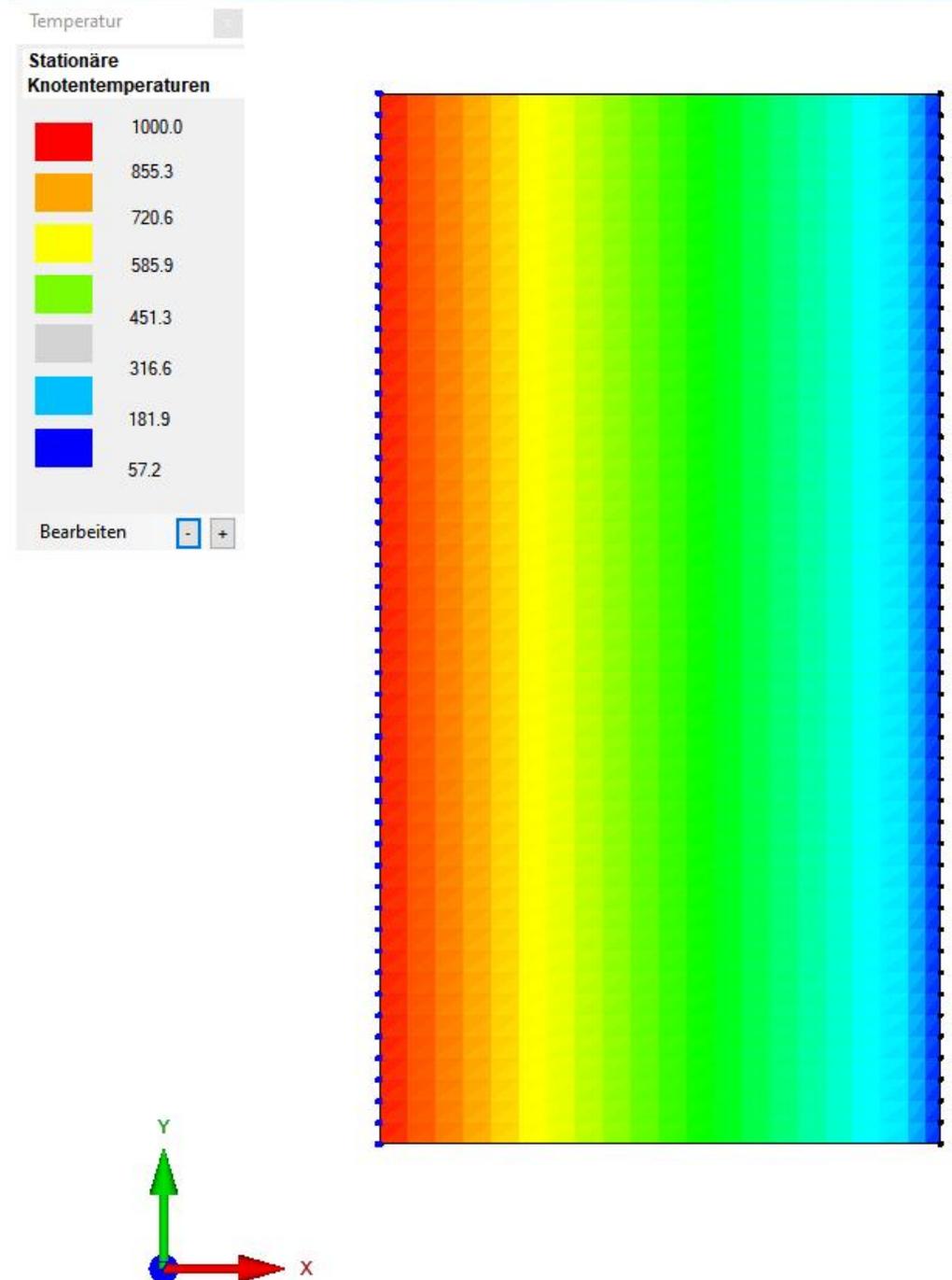
Nach der FEM-Berechnung das aktivierte Menü „Postprocessing MEANS V12 for DirectX11 starten“ um MEANS V12 wieder mit dem FEM-Modell darzustellen.



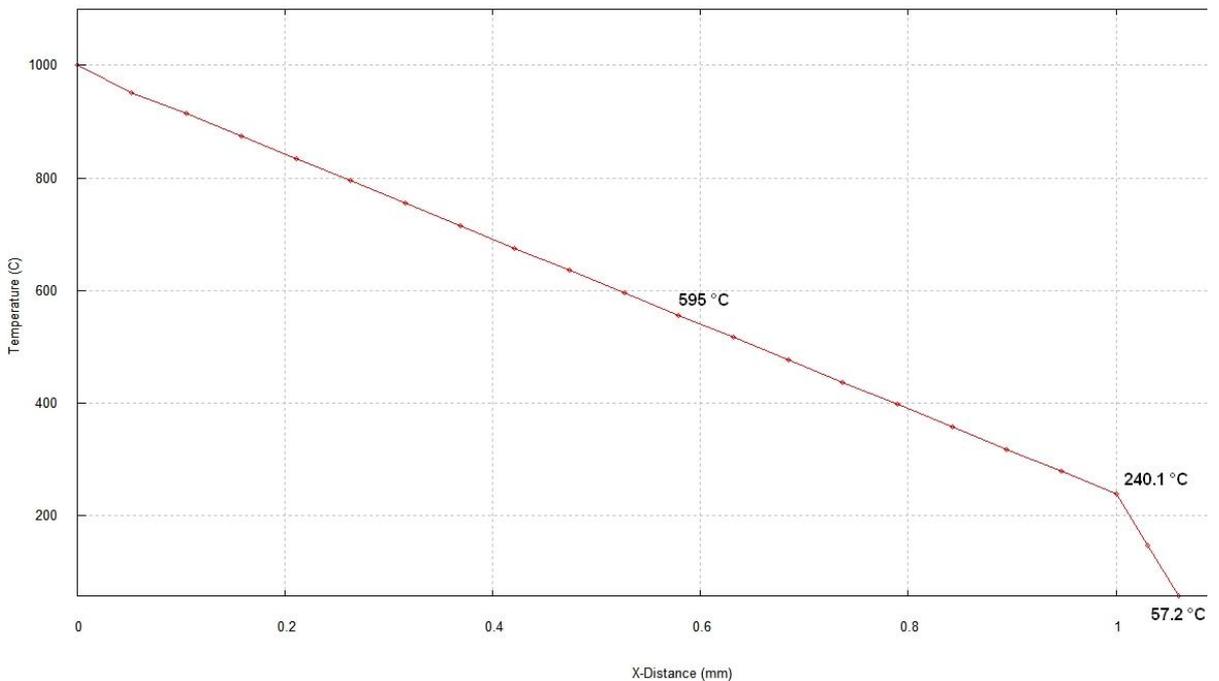
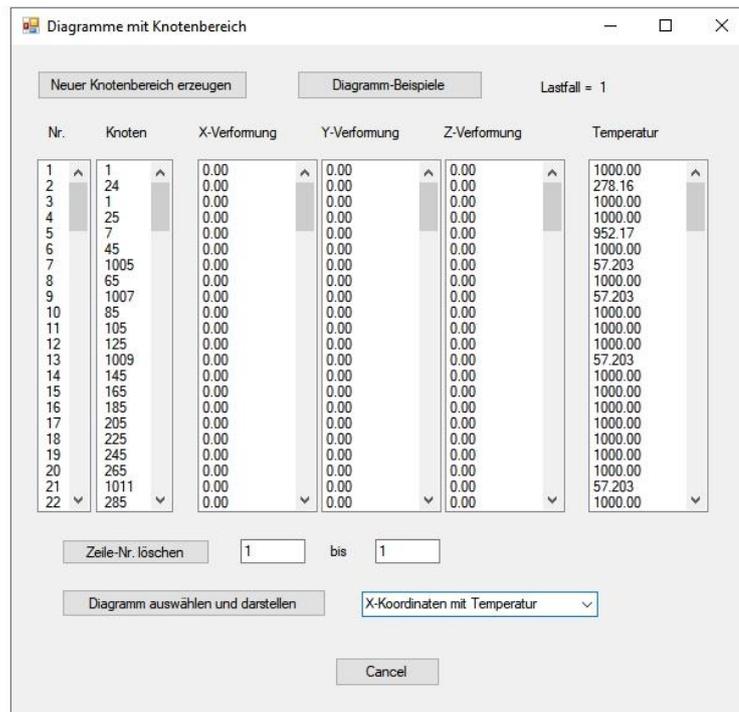
Postprocessing



Wählen Sie das Register „Ergebnisauswertung“ und das Icon um die Knoten-Temperaturen im stationären Zustand grafisch darzustellen.



Wählen Sie das Menü „Diagramm 1“ um den Verlauf der Temperaturen in X-Richtung in einem Diagramm darzustellen.



Folgende Temperaturen können aus dem Diagramm abgelesen werden:

$$T_1 = 1000 \text{ } ^\circ\text{C}$$

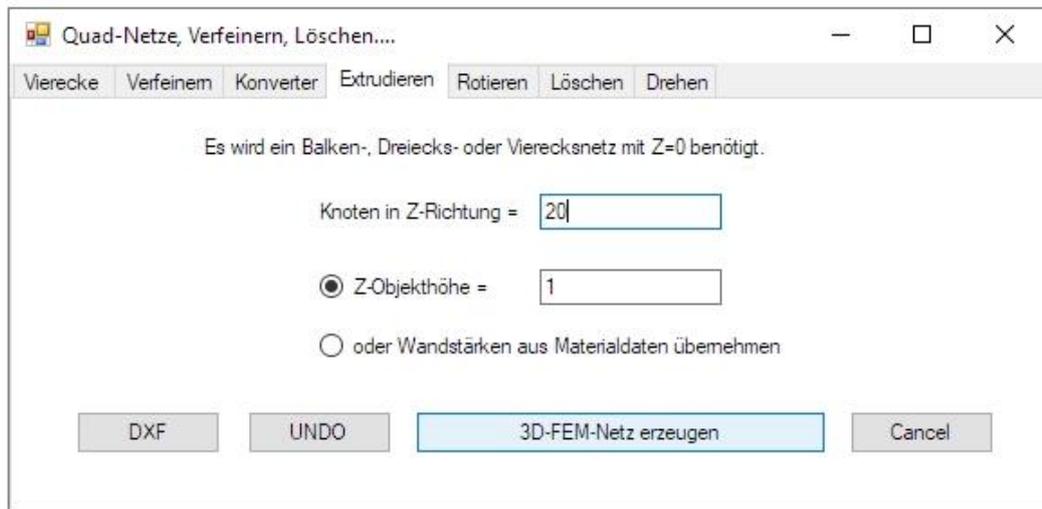
$$T_2 = 595 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_3 = 240.1 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{exakter Wert aus Handrechnung in Youtube} = 239.84 \text{ } ^\circ\text{C})$$

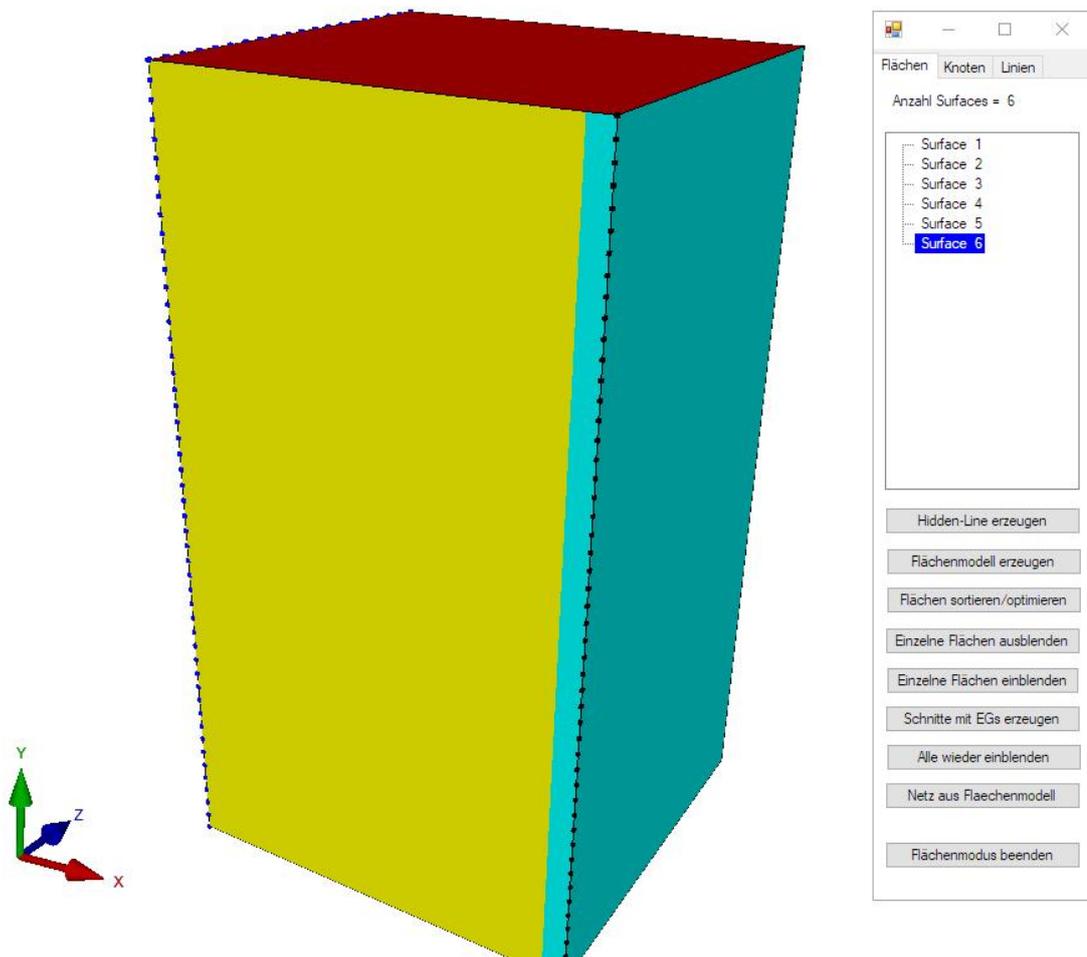
$$T_4 = 57.2 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{exakter Wert aus Handrechnung in Youtube} = 57.41 \text{ } ^\circ\text{C})$$

Beispiel 2: Isolierte Wand mit einer 3D-Konvektion

Das vorige Beispiel aus QUA8S-Flächenelementen wird mit einer 3D-Extrudierung in ein Hexaeder-Netz umgewandelt.

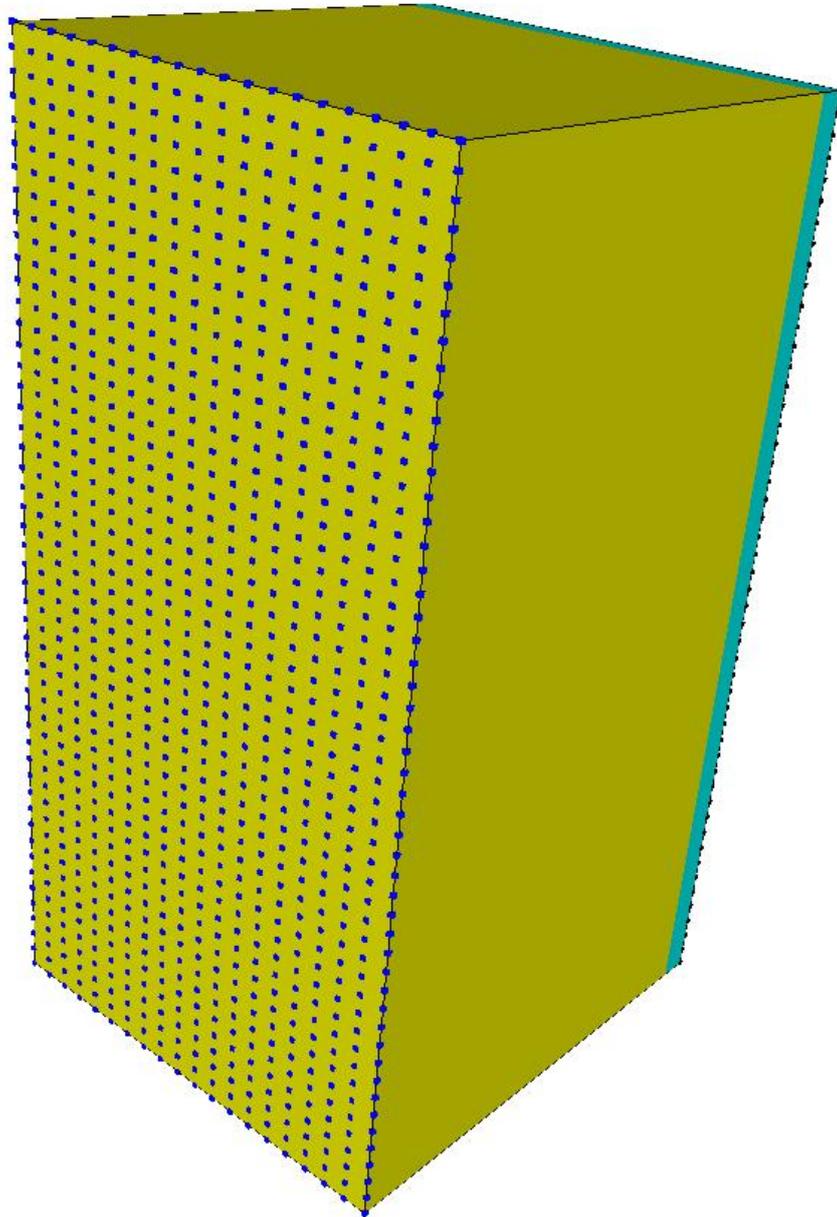


Wählen Sie Register „Netzgenerierung“ mit das Menü „Quad-Netz, Verfeinern, Löschen“ und Register „Extrudieren“ um mit Menü „3D-FEM-Netz erzeugen“ ein HEX8-Netz mit Anzahl Knoten in Z-Richtung = 20 und Z-Tiefe = 1 m zu generieren.



Eingabe der Knoten-Temperaturen

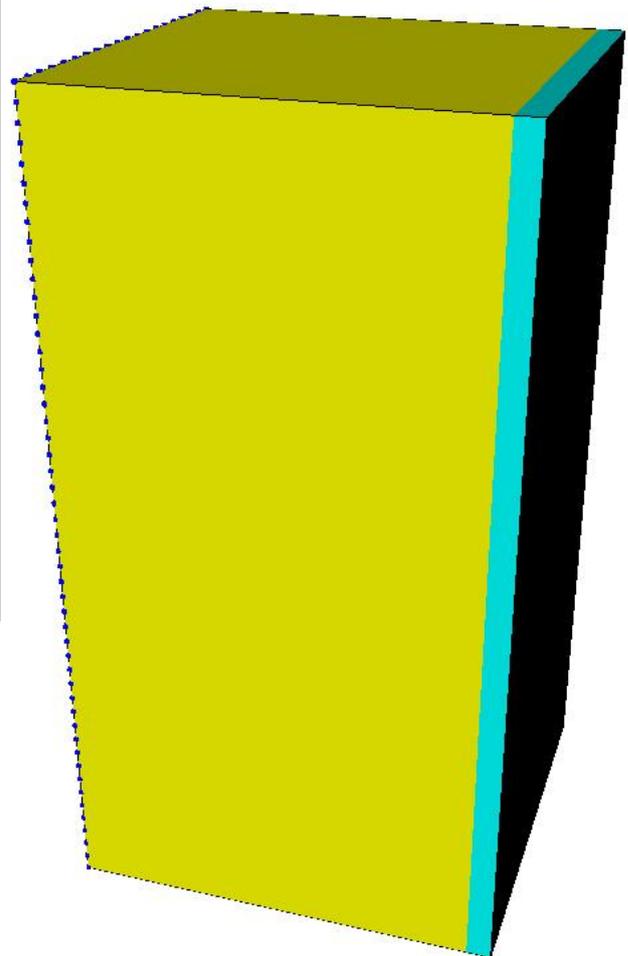
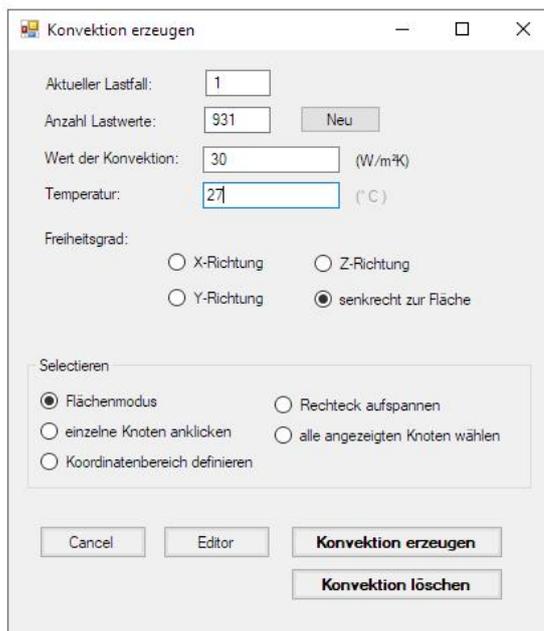
Die Knotentemperaturen mit 1000 °C auf der linken Seite wurden bereits wie die Materialdaten aus den 2D-Modell übernommen und in die Z-Tiefe extrudiert und brauchen nicht mehr erzeugt werden.



Konvektion erzeugen



Wählen Sie Register „FEM-Projekt bearbeiten“ und das Icon  und erzeugen eine Konvektion von $30 \text{ W/m}^2\text{K}$ und der Temperatur von 27°C an der rechten Seite indem Sie die Surface 3 anklicken und in der Selectbox erzeugen.



Speichern Sie nun das FEM-Modell unter einem beliebigen Namen auf der Festplatte ab und führen eine FEM-Analyse durch.

Postprocessing

Nach der FEM-Analyse wählen Sie wieder Register „Ergebnisauswertung“ um die Knoten-Temperaturen grafisch auszuwerten. Die Ergebnisse stimmen mit den exakten Werten = 57.41°C genau überein.

