

FTN



Labor Bruchmechanik

Kurze Einführung in
CASCA & FRANC2D/L

Inhaltsverzeichnis

1. Was ist CASCA und FRANC2D/L.....	1
2. Grundlagen	2
3. Benutzeroberfläche.....	5
4. Tutorial - Biegebalken.....	6
4.1 Aufgabenstellung	6
4.2 Geometriemodellierung in CASCA.....	7
4.3 Weiterverarbeitung mit Franc2D/L (Preprocessing).....	9
4.3.1 Zuweisen der Tiefe und der Werkstoffkennwerte	9
4.3.2 Definieren der Lagerstellen	10
4.3.3 Einbringen der Last.....	10
4.4 Spannungsanalyse ohne Riss.....	11
4.4.1 Berechnung mit Franc 2D/L (Postprocessing)	11
4.5 Analytische Nachrechnung.....	12
4.6 Spannungsanalyse mit Riss.....	13
5. Übung: Platte mit Loch	16
5.1 Geometriemodellierung in CASCA.....	17
5.2 Berechnung mit Franc 2D/L (rissfrei)	21
5.3 Analyse mit Riss.....	23
Anhang	26
Dateiendungen.....	26

1. Was ist **CASCA** und **FRANC2D/L**

Die Softwarepakete **CASCA** und **FRANC** wurden von Paul Wawrzynek und Louis Martha an der Cornell Universität in Ithaca, New York entwickelt. Weitere Verbesserungen wurden von Daniel Swenson, Mark James, and Brian Hardeman an der Kansas State University in Manhattan, Kansas eingebracht. Die Nutzung der Programme ist kostenfrei.

Im Rahmen der Vorlesung "Bruchmechanik" von Prof. Dr. rer. nat. R. Scheffel an der FH - Heilbronn wird die **2D-Version FRANC2D/L** benutzt.

Mit **CASCA** können zweidimensionale Finite – Element - Netze aufgebaut werden, mit denen das Bauteilverhalten unter verschiedenen Lastfällen simuliert werden kann. Zur Vernetzung stehen Trim 3, Trim 6, Quad 4 und Quad 8 Elemente zur Verfügung.

Mit **FRANC** wird die Berechnung durchgeführt und die Ergebnisse visualisiert. Als Grundlage der Simulation dient das in **CASCA** modellierte Netz. Zusätzlich können Fehlstellen (Risse) in das Netz eingebracht und deren Ausbreitung bei wechselnder Beanspruchung simuliert werden.

2. Grundlagen





Jeder gelagerte Körper, der durch äußere Kräfte und/oder Momente belastet wird, verformt sich. In dem Körper treten mechanische Spannungen auf. Die Ermittlung der Verformungen und Spannungen ist mit der klassischen Elastizitätstheorie nur für einfache Geometrien und Belastungsfälle (Zug-Druckstab, Biegebalken, rechteckige und kreisförmige Platten) möglich. Komplexe Bauteile lassen sich nur mit Näherungsverfahren, wie der Methode der finiten Elemente, berechnen. Hierbei wird eine komplizierte Geometrie durch einfache Elemente, die an Knotenpunkten verbunden sind, nachgebildet. Für solche geometrisch einfache Elemente, z.B. ein Dreieck konstanter Dicke, lässt sich der Verschiebungszustand im Inneren durch einen einfachen Ansatz beschreiben, bei dem sich die Verschiebungen an den Rändern linear ändern. Die Spannungen und die Schnittkräfte im Inneren und am Elementrand sind durch Kenntnis der Verzerrungen mit Hilfe des Hooke'schen Gesetzes (bei linearem Werkstoffverhalten) berechenbar. Die benachbarten Elemente stehen an ihren gemeinsamen Knotenpunkten im Gleichgewicht. Dadurch ist es möglich eine Aussage über die Verschiebungen und Kräfte an den Knotenpunkten zu erhalten. Über die Ansatzfunktionen der Elemente lässt sich in das Innere des Elementes zurückrechnen.

Die FE - Methode kann in unterschiedlichen Bereichen eingesetzt werden wie z.B.:

- Simulation von Bauteilverhalten unter mechanischer (statisch/dynamisch) und thermischer Belastung
- Frequenzanalyse zur Bestimmung der Eigenfrequenzen und deren Schwingungsformen
- Bruchmechanik
- Strömungssimulation

Um möglichst realitätsnahe Simulationsergebnisse zu erreichen wurde eine Vielzahl unterschiedlicher Elementtypen entwickelt.

In CASCA stehen dreieckige und viereckige Elementtypen 1. und 2. Ordnung zur Verfügung. Jedoch können in FRANC2D/L nur Elemente 2. Ordnung verarbeitet werden.

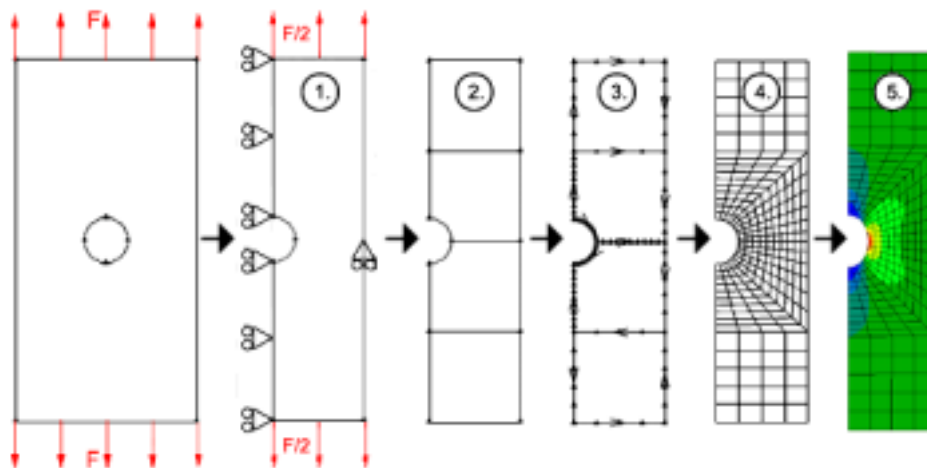
Elemente 1.Ordnung		
Elemente 2.Ordnung		

Je höher der Polynomgrad, desto besser kann das Element die Realität (Polynomgrad unendlich) nachbilden. Zu beachten ist aber die zur Netzfeinheit und zum Polynomgrad exponentiell steigende Rechenzeit.

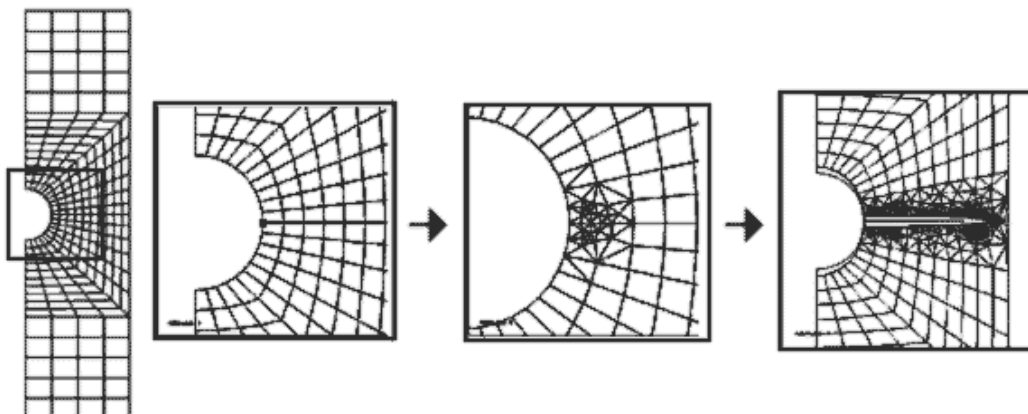
Um die Rechenzeit zu verkürzen, ist es sinnvoll, Symmetrieeigenschaften bei der Erstellung des Rechenmodells auszunutzen (Vorsicht bei der Lagerstellendefinition, siehe FEM - Skript Blatt 3.11/12/13).

Folgende Grafik verdeutlicht die generelle Vorgehensweise:

1. Ausnutzen von Symmetrieeigenschaften
2. Aufteilung in Unterregionen
3. Definition der Knotenpunkte pro Linie/Kurve (je nach gewünschter Netzfeinheit)
4. Vernetzung mit geeigneten Elementtypen
5. Ausgabe der berechneten Verformungen und Spannungen



Da in der Realität in Bauteilen immer Fehlstellen vorhanden sind, kann dieses trotz ausreichender Dimensionierung durch Risswachstum versagen. Die Ausbreitung von Rissen kann mit FRANC einfach simuliert werden. Dazu wird die Fehlstelle in das FE - Netz eingebracht. Die Netzgenerierung in Rissumgebung erfolgt automatisch.

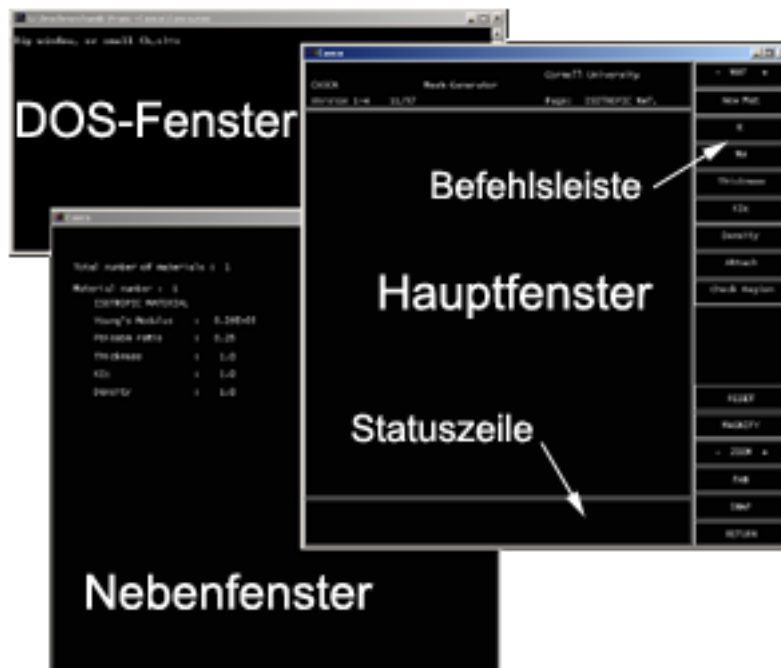




3. Benutzeroberfläche

Die Benutzeroberfläche von CASCA/FRANC2D/L ist in 3 Fenster unterteilt:

1. Hauptfenster: Hier wird die Geometrie und das Netz erzeugt, Randbedingungen festgelegt und die Rechenergebnisse angezeigt. Die verschiedenen Befehle werden durch Mouseclick ausgeführt.
2. Nebenfenster: Öffnet sich bei Bedarf automatisch, z.B. zur Eingabe der Materialkennwerte.
3. Programmsteuerungsfenster (DOS-Fenster): Dient zur grundlegenden Steuerung von CASCA/FRANC2D/L, z.B. Abspeichern und Einlesen von Geometriedaten, definierten Ansichten etc

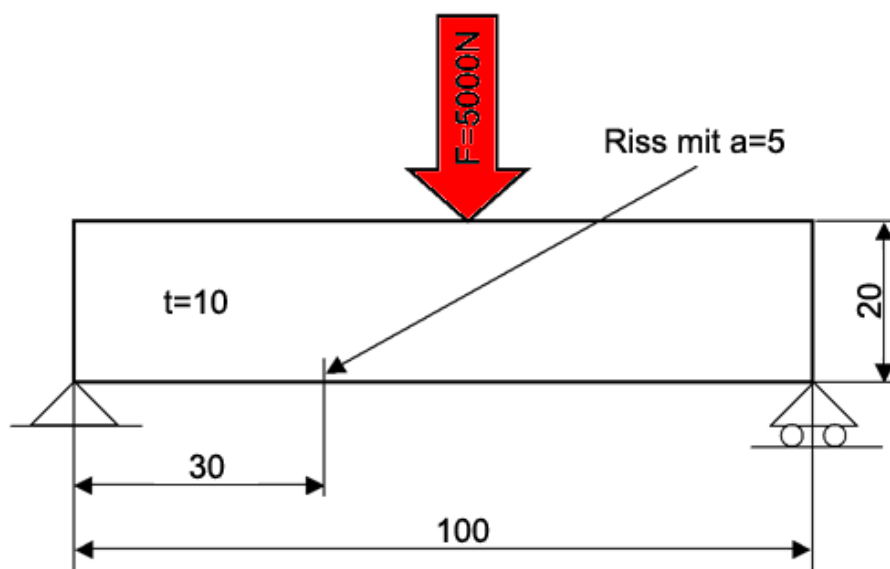


4. Tutorial - Biegebalken

4.1 Aufgabenstellung

Der unten abgebildete Biegebalken soll untersucht werden:

- Ist das Bauteil (rissfrei) ausreichend dimensioniert ?
- Führt der unten abgebildete Riss zum sofortigen Bauteilversagen durch Sprödbruch?
- Wie würde sich der Riss bei wechselnder Belastung ausbreiten?



Werkstoff Ck 45

$R_e = 490 \text{ N/mm}^2$

$R_m = 750 \text{ N/mm}^2$

$K_{IC} = 1600 \text{ Nmm}^{-3/2} = 50.6 \text{ MPa m}^{1/2}$

E-Mod. = $210\,000 \text{ N/mm}^2$

Querkontraktionszahl = 0,3

4.2 Geometriemodellierung in CASCA

Da in CASCA und FRANC2D/L keine Einheiten eingegeben werden können, ist es sinnvoll mit SI-Einheiten zu Arbeiten.

Nach dem Programmstart sollte zunächst im Hauptfenster mit dem Befehl Set Scale die Größe des Hilfsgitters (Grid) eingestellt werden.

SET SCALE > SPACING XY > 0.01

Mit ZOOM die Ansicht auf die gewünschte Größe einstellen.

Eventuell die Ansicht abspeichern.

PAN > SAVE VIEW > Namen im DOS-Fenster eingeben z.B. goodview >

RETURN

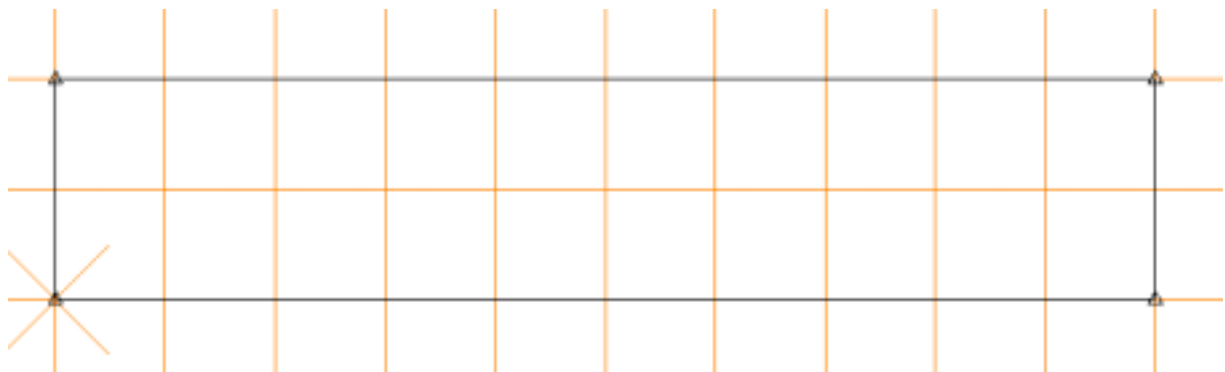
Ist das Hilfsgitter ausgeblendet, kann es mit GRID wieder eingeblendet werden.

Nun wird die Makrogeometrie mittels der verfügbaren Elemente (Line, Kreisbogen etc.) im Untermenü **GEOMETRY** modelliert.

GEOMETRY > LINES CONNECTED > KEYPAD > X=0 ,Y=0 > X=0.1, Y=0 > X=0.1, Y=0.1, Y=0.02 > X=0, Y=0.02 > X=0, Y=0

Statt numerischer Eingabe der Koordinaten, können diese auch direkt durch Mouseclick im Hilfsgitter angewählt werden.

Die Geometrie sollte nun folgendermaßen aussehen:



Die Netzfeinheit wird über die Anzahl der Knotenpunkte pro Geometrieelement reguliert.

Die Zuweisung der Knotenpunkte erfolgt mit der Befehlskette:

SUBDIVIDE > NUMSEGMENTS > 8 > vertikale Linien auswählen

SUBDIVIDE > NUMSEGMENTS > 40 > horizontale Linien auswählen

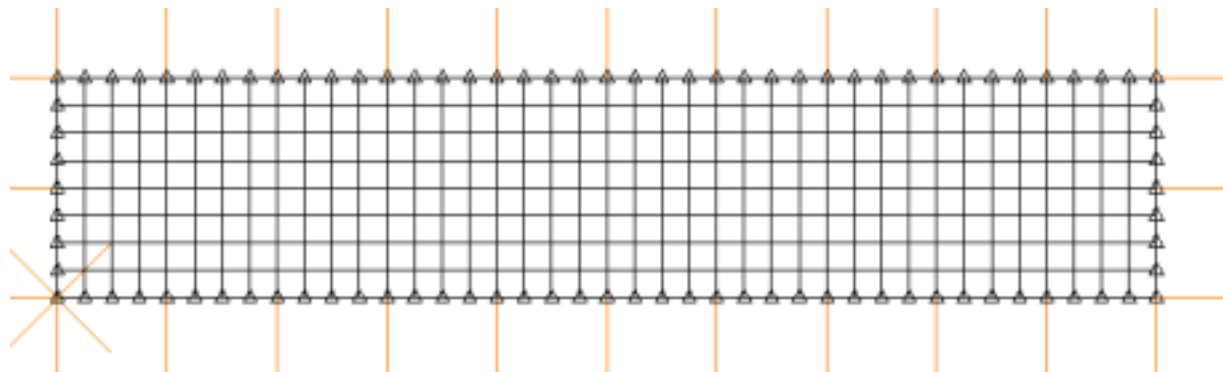
Bei Q8 Elementen ist ein Verhältnis der Kantenlängen von 1:1 anzustreben.



Das FE - Netz wird durch die Befehle

MESH > Q8 > BILINEAR 4 SIDE > Mouseklick innerhalb der Geometrie erzeugt.

Aufgrund der rechteckigen Makrogeometrie empfiehlt sich die Verwendung des Q8 Elementes. Komplexe Geometrie kann auch durch Erzeugen von Subregionen mit Q8 und T6 Elementen vernetzt werden.



Zur Weiterverarbeitung mit FRANC2D/L wird dieses Netz durch den Befehl

WRITE MESH

abgespeichert (Der Dateiname wird im DOS-Fenster vergeben und erzeugt eine Datei mit der Endung *.inp).

Die CASCA - Geometriedaten werden über den Befehl

WRITE > Name im DOS-Fenster eingeben abgespeichert (Endung *.csc)

4.3 Weiterverarbeitung mit Franc2D/L (Preprocessing)

Nach Starten von FRANC2D/L muss der Name des in CASCA erzeugten *.inp - Files eingegeben werden (1=New File).

4.3.1 Zuweisen der Tiefe und der Werkstoffkennwerte

Der dem Problem angepasste Spannungs- bzw. Verformungszustand kann im Menü **PRE-PROCESS > PROBLEM TYPE** gewählt werden. Standardeinstellung ist **PLAIN STRESS** (ebener Spannungszustand), der bei dünnwandigen Bauteilen, die in ihrer Ebene belastet werden, verwendet wird. Für dreiaxig beanspruchte dickwandige Bauteile muss auf **PLAIN STRAIN** (ebener Dehnungszustand) umgestellt werden. In unserem Fall kann man es bei der Standardeinstellung belassen.

Der 2-dimensionalen Geometrie werden nun die geforderte Tiefe und Materialkennwerte zugewiesen (Beachte SI-Einheiten verwenden!):

PRE-PROCESS > MATERIAL > E / NU / THICKNESS / K_{Ic} / DENSITY

Young`s Modulus (E-Modul): 2,1E11 N/m²

Poisson-Ratio (Querkontraktionszahl): 0,3

Thickness (Tiefe): 0,01 m

K_{Ic} (Bruchzähigkeit): 50,6E6 Pa m^(1/2)

Density (Dichte): 7850 kg/m³

Die Standardeinstellung für das Werkstoffverhalten ist isotrop linear-elastisch.

Für anderes Werkstoffverhalten kann dies geändert werden:

PRE-PROCESS > MATERIAL > CANGE TYPE

Hinweis : Der aktuelle Arbeitsstand sollte des öfteren mit WRITE FILE abgespeichert werden. Dieser File (*.wdb) kann beim Neustart von FRANC2D/L eingelesen werden.

4.3.2 Definieren der Lagerstellen

Zur Definition von Lagerstellen sind folgende Befehle vorhanden:

für einzelne Knotenpunkte:

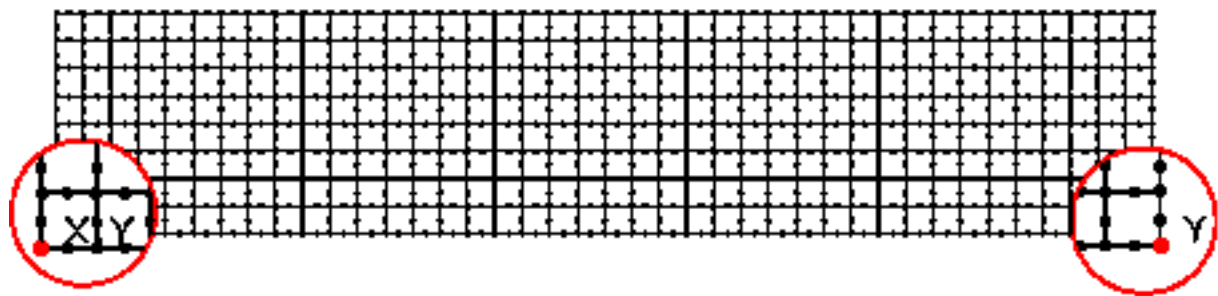
PRE-PROCESS > FIXITY > FIX IND > Richtung wählen, Knotenpunkt(e) selektieren

für Kante(n):

PRE-PROCESS > FIXITY > FIX EDGE > Richtung wählen, Startpunkt, angrenzender Punkt und Endpunkt in dieser Reihenfolge selektieren

(Mit dem Befehl -DOF+ können die jeweiligen Freiheitsgrade visualisiert werden.)

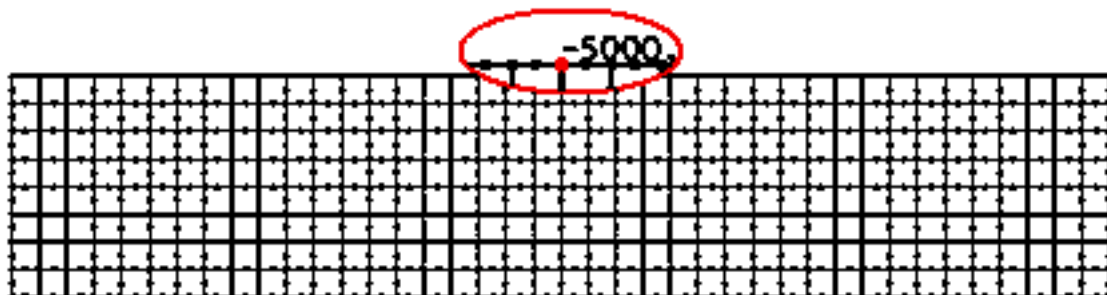
Der Knotenpunkt links unten wird in X- und Y-Richtung, der Knotenpunkt rechts unten nur in Y-Richtung fixiert (der Biegebalken ist somit statisch bestimmt).



4.3.3 Einbringen der Last

Die vertikale Last von 5000 N wird mittig in den Biegebalken eingeleitet.

PRE-PROCESS > LOADS > POINT LOAD > X=0 > Y=-5000 > Knotenpunkt selektieren (ggf. mit PAN und -ZOOM+ Ansicht einstellen)



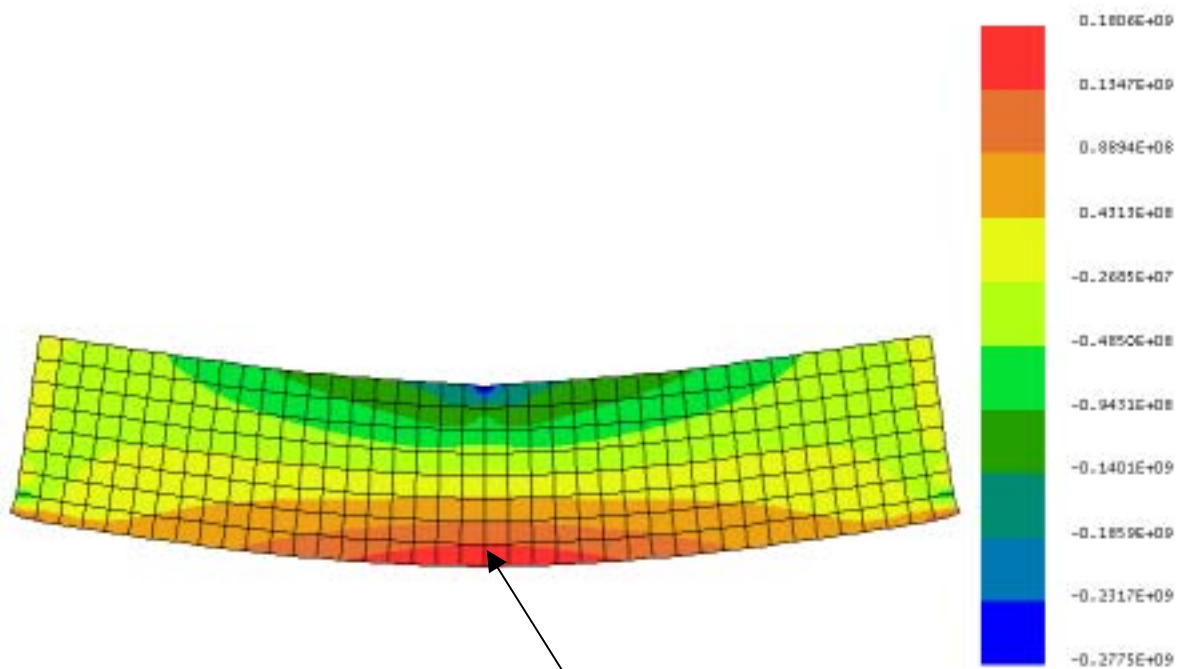
4.4 Spannungsanalyse ohne Riss

4.4.1 Berechnung mit Franc 2D/L (Postprocessing)

Der Rechenlauf wird über die Befehlsfolge

ANALYSIS > LINEAR > DIRECT STIFF gestartet. Wird im DOS-Fenster die Meldung "Analysis done" ausgegeben, war die Rechnung erfolgreich. Es kann mit der Ergebnisanalyse (Postprocessing) begonnen werden.

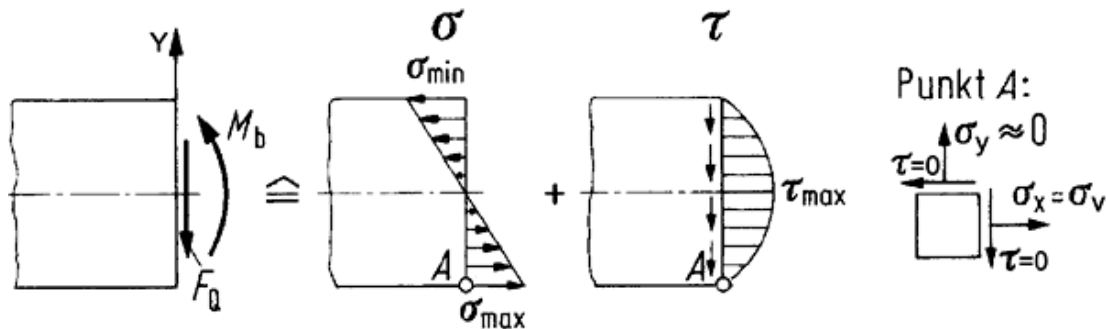
Mit **POST-PROCESS > CONTOUR > STRESS > SIG-X** werden die Spannungen in x-Richtung ausgegeben. Im Untermenü **CONTOUR-CTLS** können diverse Ausgabeoptionen eingestellt werden z.B. verformtes Netz anzeigen, Farbdarstellung...



Zugspannung

$$\sigma_x = 0,1806E + 09 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 180,6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Da der Biegebalken als langer Träger ($l > 4h$) betrachtet werden kann, ist für ein Bauteilversagen die max. Zugspannung maßgeblich. Die Ermittlung der Vergleichsspannung ist nicht notwendig.



4.5 Analytische Nachrechnung

$$\sigma_{x\max} = \frac{M_{b\max}}{W_b}$$

$$M_{b\max} = \frac{F \cdot l}{4} = \frac{5000 \text{ N} \cdot 0,1 \text{ m}}{4} = 125 \text{ Nm}$$

$$W_b = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{0,01 \text{ m} \cdot (0,02 \text{ m})^2}{6} = 6,67 \text{ E} - 7 \text{ m}^3$$

$$\sigma_{x\max} = \frac{125 \text{ Nm}}{6,67 \text{ E} - 7 \text{ m}^3} = 187,4 \text{ E} 6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 187,4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

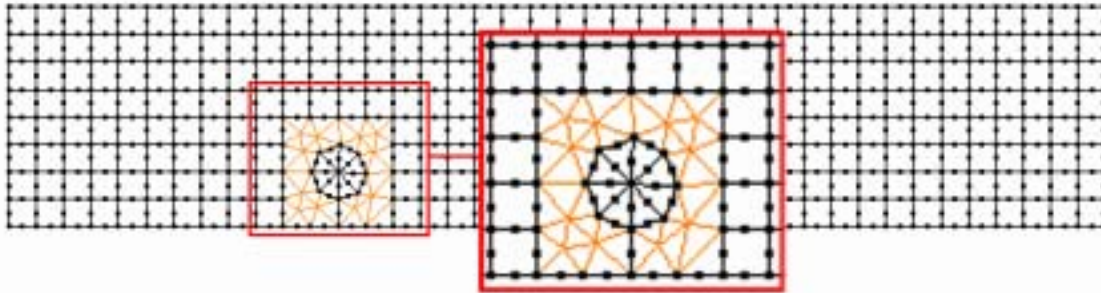
Das analytische Ergebnis weicht geringfügig von dem Simulationsergebnis ab ($\sim 4\%$). Die Abweichung könnte darauf zurückzuführen sein, dass das FE - Modell bedingt durch den reduzierten Polynomgrad steifer als ein reales Bauteil ist (geringere Dehnungen -> niedrigere Spannungen).

Die errechneten Spannungen liegen weit unterhalb der Streckgrenze des Werkstoffes. Das Bauteil (rissfrei) ist somit ausreichend dimensioniert.

4.6 Spannungsanalyse mit Riss

Zunächst wird der Riss in das Bauteil eingebracht:

MODIFY > NEW CRACK > NON-COHESIVE > EDGE CRACK > Knotenpunkt selektieren an dem der Riss starten soll > DONE > KEY POS > Koordinaten der Risspitze eingeben > minimale Anzahl der Elemente in Rissnähe eingeben (Standard = 2) > durch mehrfaches klicken von CONTINUE (oder in das Hauptfenster) > ACCEPT



Der Rechenlauf wird wieder über die Befehlsfolge **ANALYSIS > LINEAR > DIRECT STIFF** gestartet.

Der SIF wird durch **POST-PROCESS > FRACT MECH > DSP CORR SIF** im Nebenfenster angezeigt.

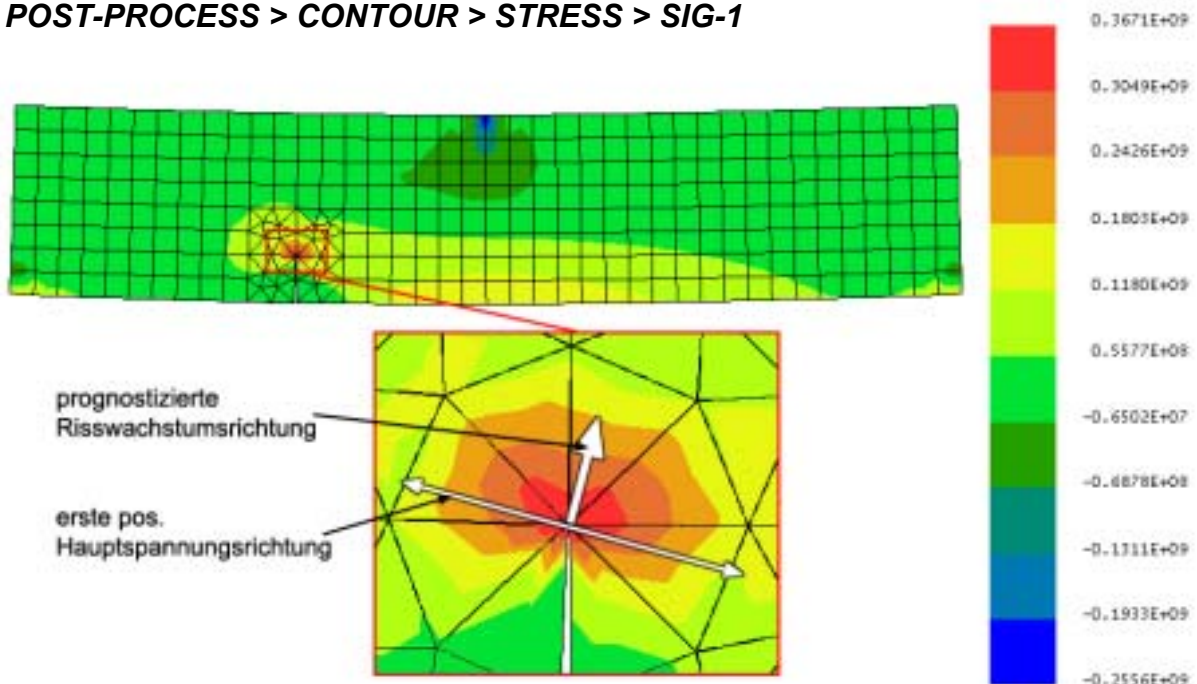
In diesem Fall beträgt der Wert $K_I = 0,1487E8 \text{ Pa m}^{(1/2)} = 14,87 \text{ MPa m}^{(1/2)}$.

Dieser Wert liegt weit unterhalb der Bruchzähigkeit des Werkstoffs ($K_{Ic} = 50.6 \text{ MPa m}^{(1/2)}$), ein Sprödbruch ist nicht zu befürchten.

Der Riss wird sich orthogonal zur ersten positiven Hauptspannungsrichtung in Rissumgebung ausbreiten.

Die Ausgabe der ersten Hauptspannung erfolgt über:

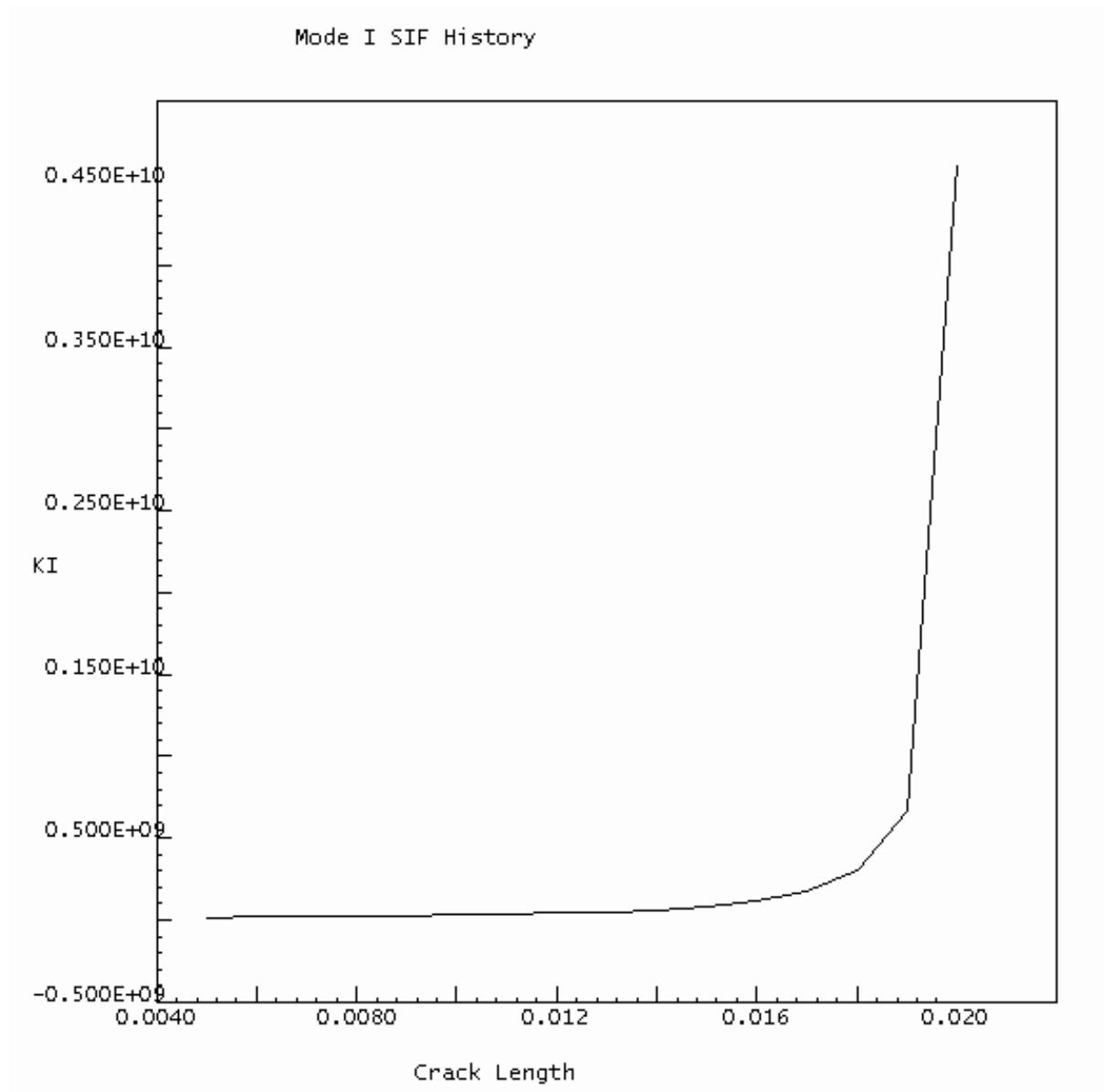
POST-PROCESS > CONTOUR > STRESS > SIG-1





Die Simulation des Rissfortschritt lässt sich über die Befehlsfolge
MODIFY > MOVE CRACK > AUTOMATIC > CRACK INC = 0.001 > STEP = 15 > PROPAGATE simulieren.

Der Verlauf des **S**pannungs-Intensitäts-Faktors über der Risslänge, lässt sich mit
POST-PROCESS > FRACT MECH > SIF HISTORY > KI ausgeben.



Um das Erreichen der werkstoffspezifischen Bruchzähigkeit [50.6 MPa m^(1/2)] besser zu lokalisieren, können die einzelnen Werte in einer Datei ausgegeben werden.

POST-PROCESS > FRACT MECH > SIF HISTORY > DC FILE

Diese Datei kann mit einem Texteditor (z. B. Wordpad) geöffnet werden.

Hier die entscheidenden Zeilen:

```

Step 8   Crack Length : 0.1200E-01
Crack Tip Location (X,Y) : 0.3141E-01 0.1186E-01
Crack Kink Angle       : 0.3830E+00
Crack Parameters:  KI          KII          GI          GII
Total 0.4268E+08 -0.5487E+05
1 0.4268E+08 -0.5487E+05
2 0.0000E+00 0.0000E+00
3 0.0000E+00 0.0000E+00
4 0.0000E+00 0.0000E+00
5 0.0000E+00 0.0000E+00
6 0.0000E+00 0.0000E+00
Load Factor 1: 0.1000E+01 Load Factor 4: 0.1000E+01
Load Factor 2: 0.1000E+01 Load Factor 5: 0.1000E+01
Load Factor 3: 0.1000E+01 Load Factor 6: 0.1000E+01

```

```

Step 9   Crack Length : 0.1300E-01
Crack Tip Location (X,Y) : 0.3161E-01 0.1284E-01
Crack Kink Angle       : 0.7350E+00
Crack Parameters:  KI          KII          GI          GII
Total 0.5178E+08 -0.3054E+06
1 0.5178E+08 -0.3054E+06
2 0.0000E+00 0.0000E+00
3 0.0000E+00 0.0000E+00
4 0.0000E+00 0.0000E+00
5 0.0000E+00 0.0000E+00
6 0.0000E+00 0.0000E+00
Load Factor 1: 0.1000E+01 Load Factor 4: 0.1000E+01
Load Factor 2: 0.1000E+01 Load Factor 5: 0.1000E+01
Load Factor 3: 0.1000E+01 Load Factor 6: 0.1000E+01

```

Zwischen Step 8 und Step 9 wird die Bruchzähigkeit überschritten.

5. Übung: Platte mit Loch

An der Platte mit mittigem Loch soll eine Festigkeitsuntersuchung am rissfreien Bauteil durchgeführt werden. Anschließend wird ein Riss mit der abgebildeten Geometrie eingebracht und eine Berechnung des KI Wertes durchgeführt.

Werkstoff Ck 45

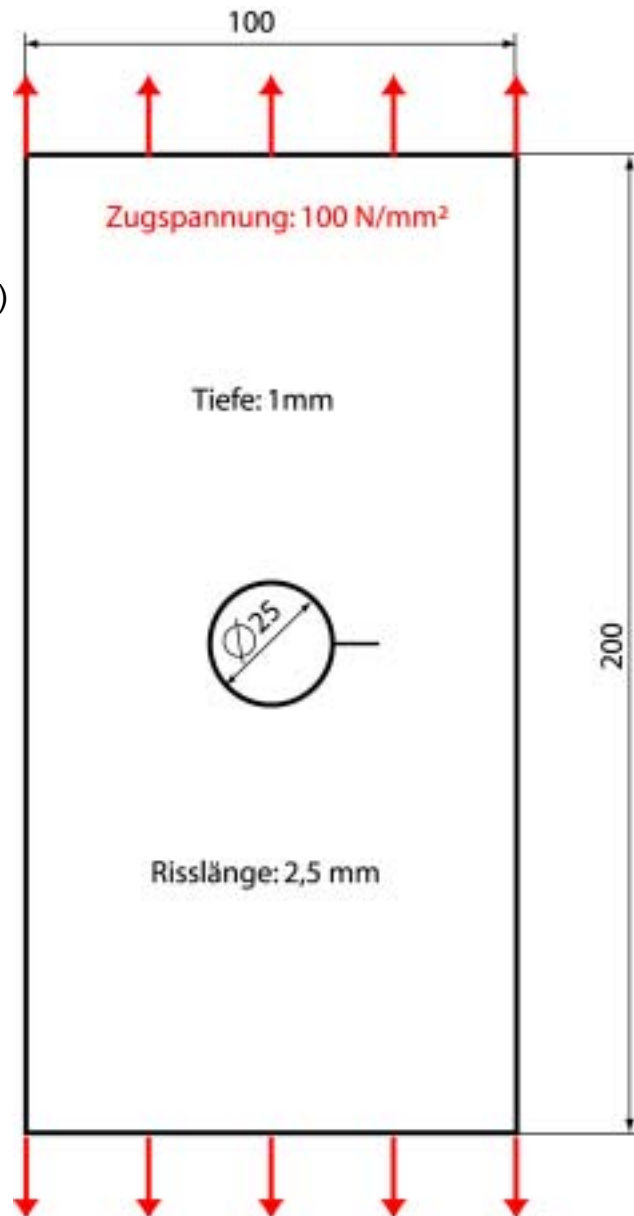
$R_e = 490 \text{ N/mm}^2$

$R_m = 750 \text{ N/mm}^2$

$K_{IC} = 1600 \text{ Nmm}^{(-3/2)} = 50.6 \text{ MPa m}^{(1/2)}$

E-Mod. = $210\,000 \text{ N/mm}^2$

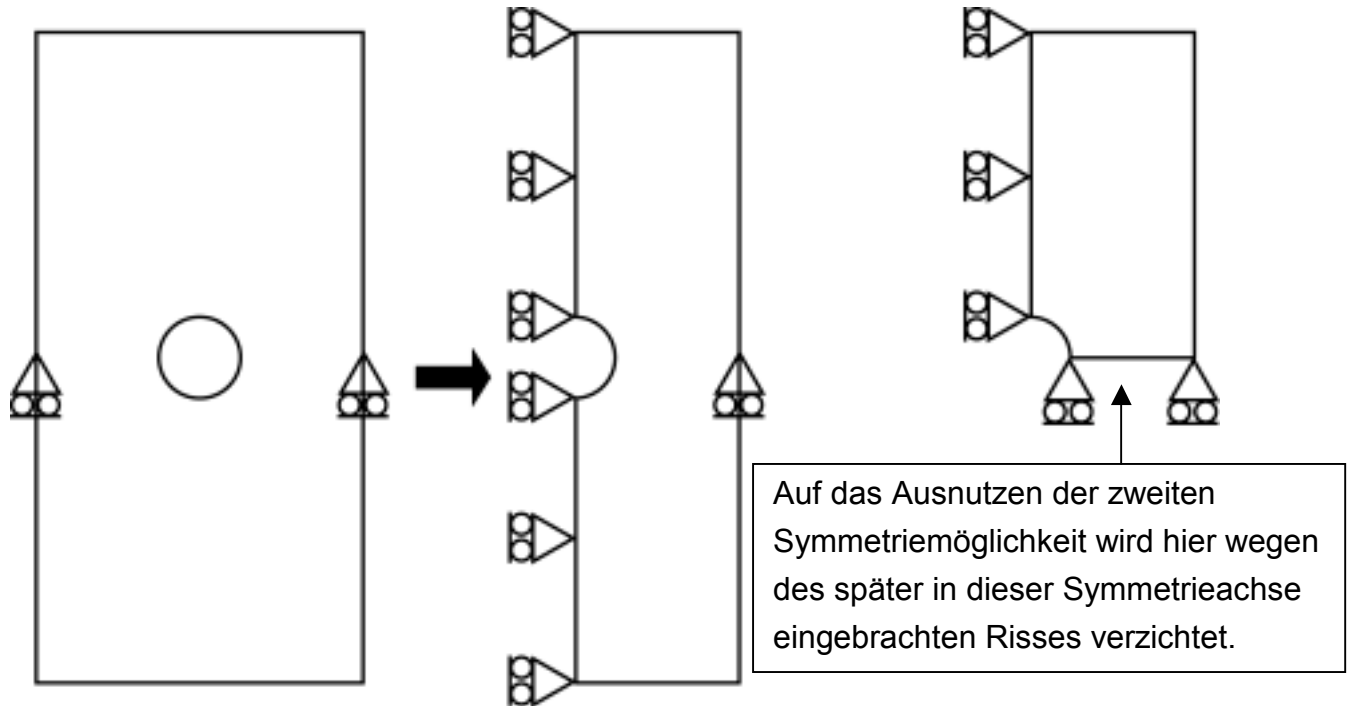
Querkontraktionszahl = 0,3





5.1 Geometriemodellierung in CASCA

Um die Rechenzeit zu verkürzen nutzen wir die Symmetrie des Bauteils aus. Zu beachten sind die dadurch erforderlichen zusätzlichen Lagerstellen (siehe Skript Prof. Schmolz), um eine Verfälschung des Bauteilverhaltens unter Last zu vermeiden.



Die Voreinstellungen des Hilfsgitters und die Erstellung der Linien erfolgen analog zu dem in Kap. 4 berechneten Biegebalken. Als Mittelpunkt der Makrogeometrie wurde der Mittelpunkt des Kreisbogens gewählt.

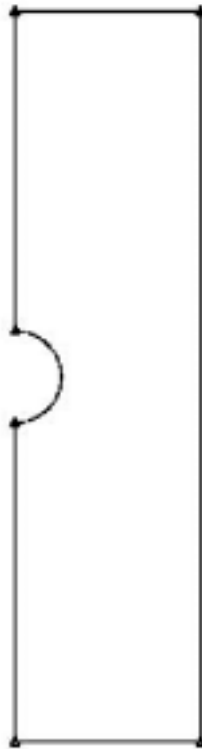
Der Kreisbogen wird über die Befehlsfolge:

GEOMETRY > GET CIRCLE > KEYPAD > X=0 , Y=0,0125 > X=0, Y= - 0,0125 > X=0, Y=0 erzeugt.

Die Reihenfolge der Koordinaten ist im Uhrzeigersinn:

1. Startpunkt
2. Endpunkt
3. Mittelpunkt

Die erstellte Geometrie sollte so aussehen:



Um gute Ergebnisse bei der FEM - Berechnung zu erhalten, ist ein „gutes Netz“ (möglichst Elemente mit gleichen Seiten, Vermeidung sehr spitzer oder sehr stumpfer Winkel), besonders in Regionen wo hohe Spannungen zu erwarten sind, nötig. Eine Möglichkeit in CASCA, das Netz zu beeinflussen, ist das Menü **SUBREGIONS**.

Die Makrogeometrie wird nun mit den Linien über

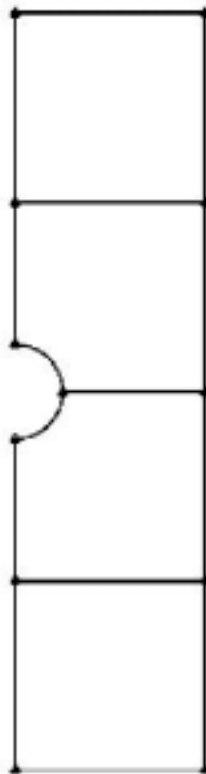
SUBREGIONS > GET LINE > KEYPAD > X=0 ,Y=0,05 > X=0,05 ,Y=0,05 > DONE

GET LINE > KEYPAD > X=0,0125 ,Y=0 > X=0,05 ,Y=0 > DONE

GET LINE > KEYPAD > X=0 ,Y=- 0,05 > X=0,05 ,Y=- 0,05 > DONE

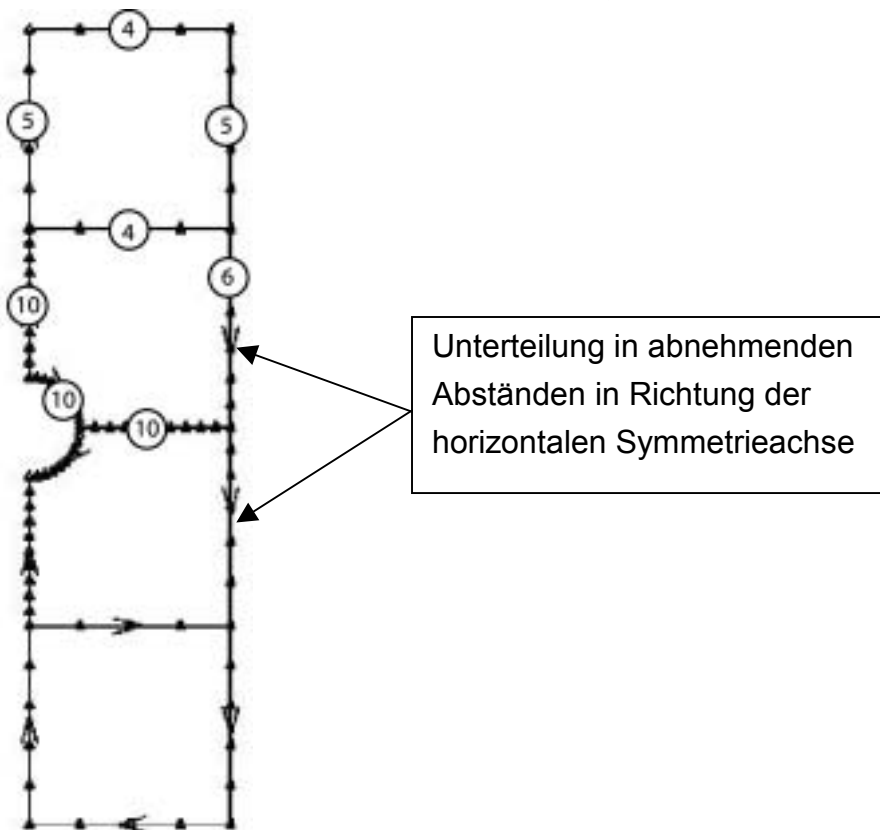
in vier Unterregionen unterteilt. Die vorhandenen Linien werden in den Schnittpunkten mit den neuen Linien automatisch gesplittet.

Das Ergebnis sollte nun so aussehen:



Als nächstes wird die Knotenpunktanzahl für die einzelnen Elemente zugewiesen (s. S.8)

Um ein „gutes“ Netz zu erzeugen wurden folgenden Einteilungen gewählt:



Bei den in der vorhergehenden Grafik markierten Elementen wurde ein zur horizontalen Symmetrieachse abnehmender Abstand gewählt:

SUBDIVIDE > NUMSEGMENTS > 6 > RATIO > 1 > ENT > 2 > ENT > Linien

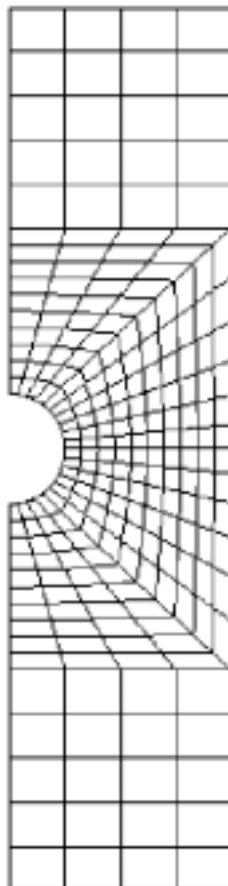
auswählen. *VORSICHT! : Die RATIO wird gespeichert, vor weiteren*

Zuweisungen muss sie wieder auf 1:1 umgestellt werden. Mit ***REVERT RATIO***

kann durch anklicken der jeweiligen Linien die Richtung der Abstandabnahme umgekehrt werden.

Bei der folgenden Vernetzung (s. S. 8) können für alle vier Subregions Q8 – Elemente mit der Option Bilinear 4 Side benutzt werden. Die den beiden Viertelkreisen gegenüberliegenden Seiten werden automatisch zu einer Seite zusammengefasst.

Das erhaltene Netz sollte so aussehen:



Nach Abspeichern des Netzes und der Geometrie kann nun mit FRANC2D/L weitergerechnet werden.

5.2 Berechnung mit Franc 2D/L (rissfrei)

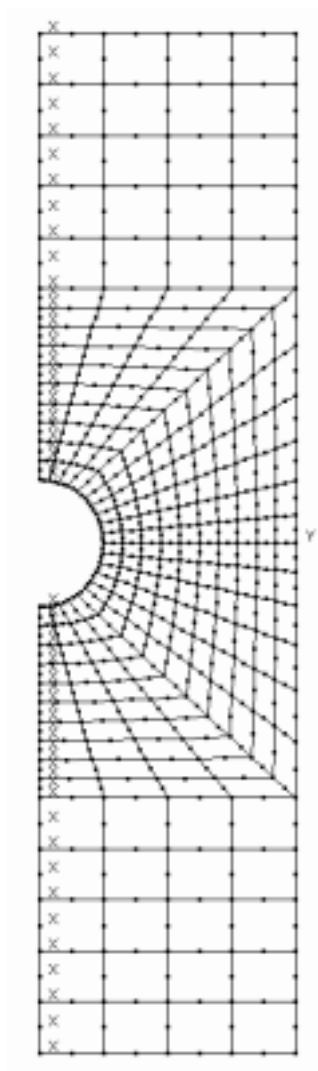
Nach dem Starten von FRANC2D/L wird das vorher in CASCA erzeugte *.inp-File eingelesen.

Unter **PREPROCESS > PROBLEM TYPE** kann die Option **PLAIN STRESS** (Ebener Spannungszustand auf Grund der geringen Dicke des Bauteils) gewählt werden.

Als nächstes folgt die Zuweisung der Werkstoffkennwerte und der Tiefe des Bauteils (s. S. 9).

Jetzt können die Lagerstellen (s. S. 17) und Lasten definiert werden.

So sollte das Ergebnis aussehen:



Die Lasten werden als Spannungen eingegeben, deshalb muss auf jeden Fall vorher die Dicke des Bauteils definiert worden sein.

Die Befehlsfolge lautet:

PRE-PROCESS > LOADS > DIST LOAD > Y-Global > CONSTANT > Startpunkt, angrenzender Punkt, Endpunkt in dieser Reihenfolge selektieren, Knotenpunkt selektieren > Last eingeben (in pos. Y-Richtung positiv, in neg. Y-Richtung negativ).

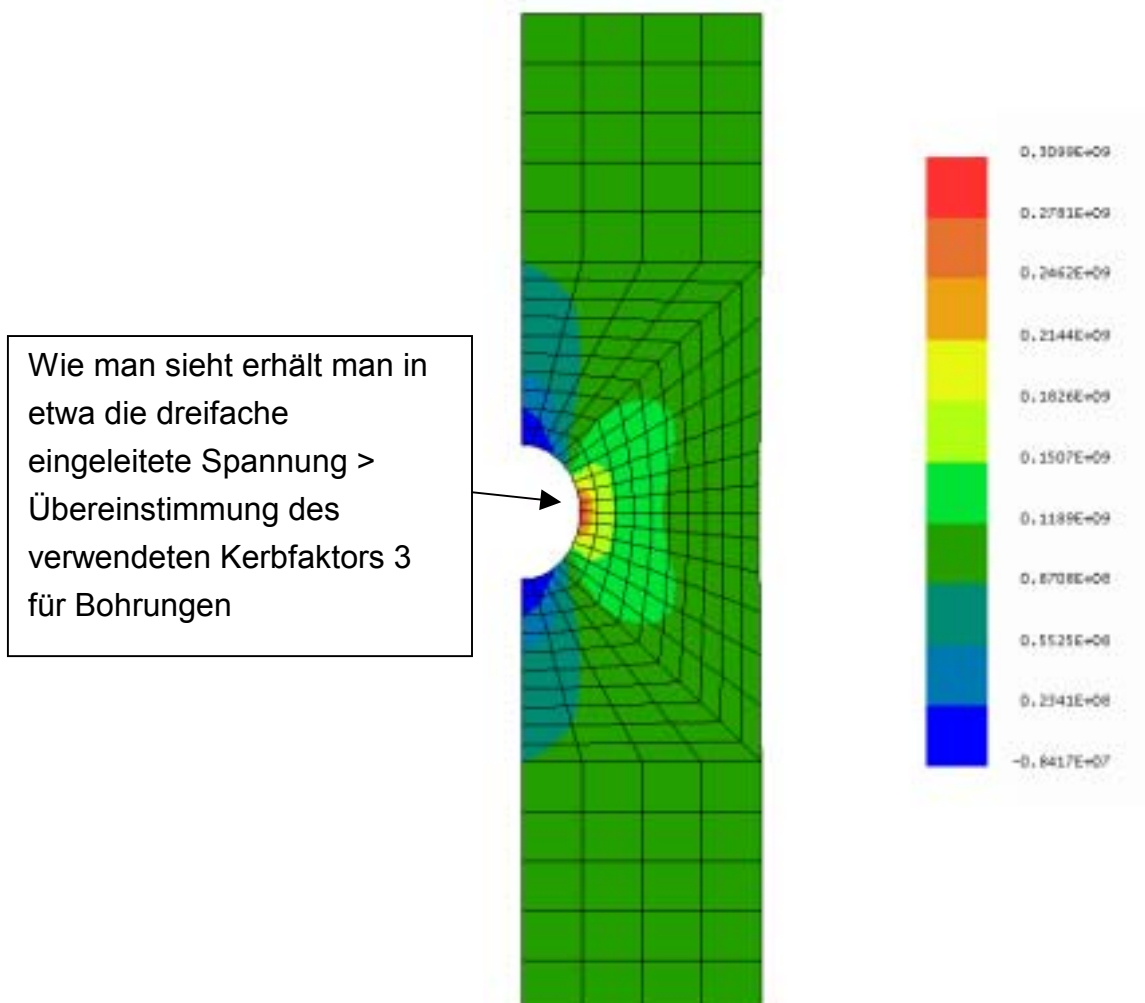
Die Last wird auf die Knotenpunkte verteilt angezeigt.

Jetzt kann mit den Optionen **ANALYSIS > LINEAR > DIRECT STIFF** die Rechnung durchgeführt werden.

TIP: Die Randbedingungen und Rechnungsergebnisse mit **WRITE FILE** abspeichern.

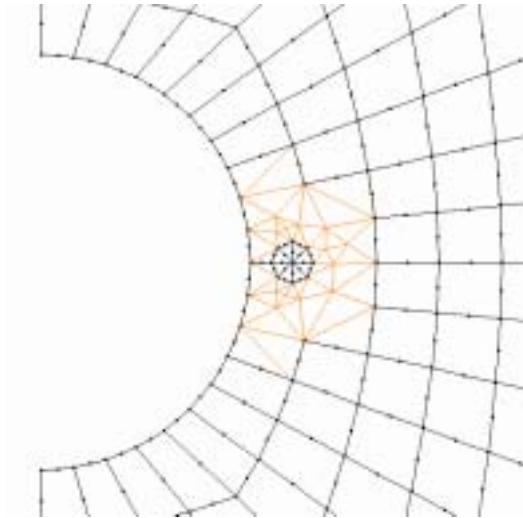
Die Auswertung der Spannungen im Bauteil kann nun erfolgen (s. S. 11).

Interessant sind in diesem Fall die **Sigma Y**- Spannungen:

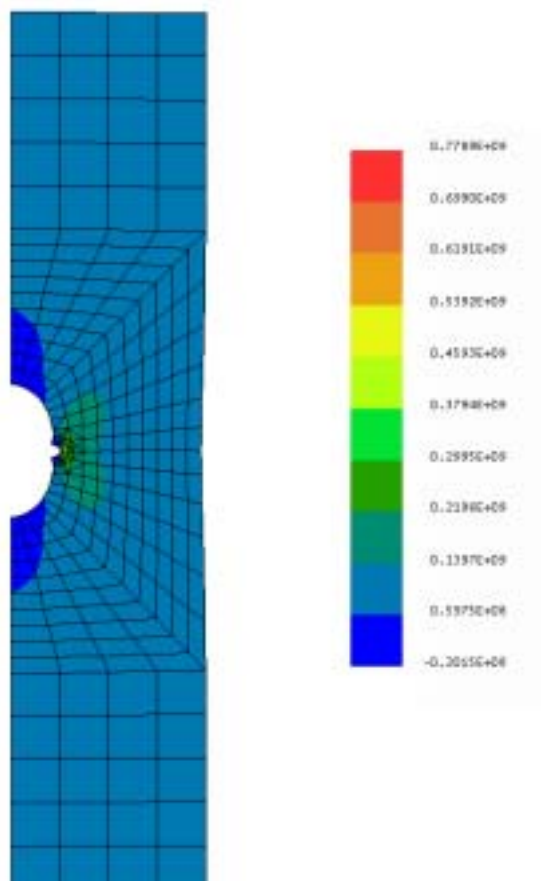


5.3 Analyse mit Riss

Der Riss wird in das FE - Netz eingebracht (s. S. 13):

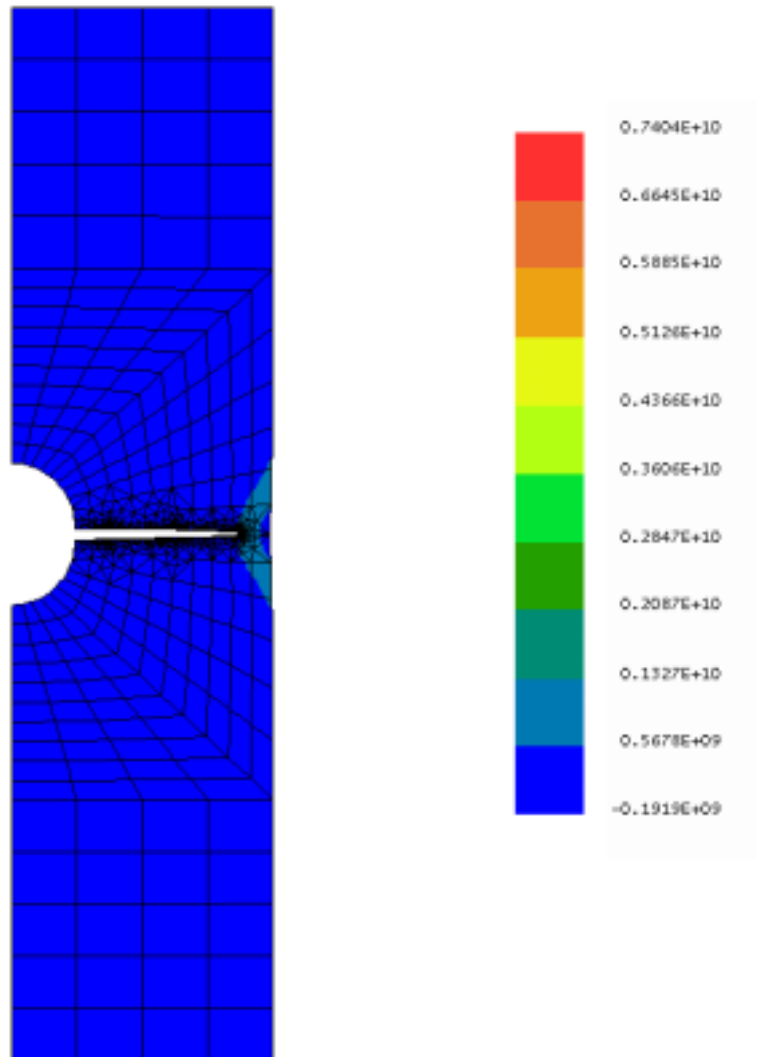


Nach erfolgreichem Rechenlauf sollte das Ergebnis so aussehen:



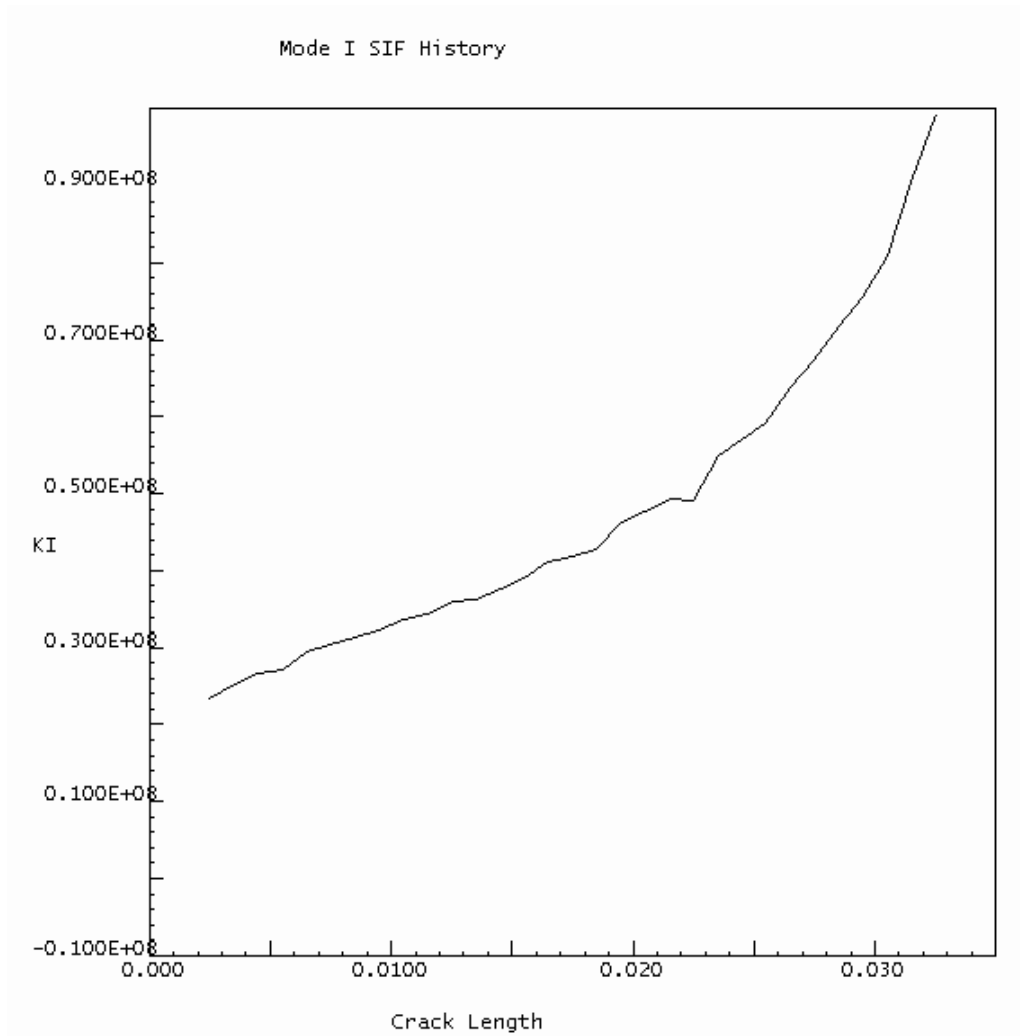
Der von FRANC2D/L berechnete SIF liegt mit $23,79 \text{ MPa m}^{(1/2)}$ unterhalb der Bruchzähigkeit des Werkstoffes.

Als nächstes kann das Risswachstum simuliert werden (s. S. 14).



Wie erwartet wächst der Riss auf Grund der Bauteilsymmetrie und der Symmetrischen Belastung in X - Richtung.

Den Verlauf von KI über der Risslänge wird in der folgenden Grafik veranschaulicht:



Anhang

Dateiendungen

- *.csc = CASCA Geometrie Datei**
- *.vw = Ansichten**
- *.inp = Inputfile für FRANC oder andere FEM Prog. (ASCII)**
- *.wdb = FRANC Datei (Netz, Randbedingungen, SIF)**
- *.rsp = FRANC (ReSPonse) Simulationsergebnisse**
- *.grf = FRANC ASCII Ausgabedatei für das Nebenfenster**
- gra*.ps = postscript hardcopy Datei (Erzeugt Durch SNAP)**
- sif Files = SpannungsIntensitätsFaktor**