

## Themenübersicht Mai 2006

- Nice to know
- Thermoelektrische Analyse in ANSYS
- Nicht zulässige Randbedingungen bei geometrischer Nichtlinearität
- Wärmeübertragung... für Strukturmechaniker
- Wichtige Termine rund um CADFEM
- Unter anderem in der nächsten Ausgabe:

Nichtlineare Lager in ANSYS Workbench

### In eigener Sache:

Die Zusendung dieser Informationen erfolgt ausschließlich auf Wunsch des Empfängers und kann jederzeit unter [www.cadfem.de](http://www.cadfem.de) beendet werden.

Wenngleich die vorliegenden Informationen mit größter Sorgfalt erstellt worden sind, weisen wir darauf hin, dass die Verwendung dieser unter Ausschluss jeglicher Gewährleistung erfolgt.

Impressum: CAD-FEM GmbH  
Marktplatz 2  
85567 Grafing b. München

Ansprechpartner:  
Marc Vidal  
[mvidal@cadfem.de](mailto:mvidal@cadfem.de)

## Nice to know

### ANSYS / Workbench

#### ● **Classic Ergebnisse in ANSYS Workbench einbinden**

In der Version 10 greift ANSYS Workbench bei der transienten thermischen Analyse direkt auf das von ANSYS stammende .rth Ergebnisfile zu. D.h. dass nicht mehr der Umweg über .xml files als Austauschformat für Ergebnisse benutzt wird.

Damit ist es relativ einfach möglich einer Workbench Berechnung ein rth file „unterzujubeln“. Das rth file wird in das Arbeitsverzeichnis gelegt und man macht einen Dummiesolve. Man führt dazu ein Kommandoobjekt unter den Randbedingungen ein, das die Funktion von SOLVE aushebelt:

```
*abbr,solve,alls
```

Man muss aber dafür Sorge tragen, dass das rth File auch wirklich genauso die gleiche Anzahl an Knoten hat wie das Modell in Workbench, da sonst das Ergebnis nicht visualisiert werden kann.

#### ● **ANSYS Guides auf dem Customer Portal**

Auf dem Customer Portal von ANSYS ([www1.ansys.com/customer](http://www1.ansys.com/customer)) findet man auch die ANSYS Guides. (z.B. *Guide to ANSYS User Programmable Features* )

#### ● **CATIA V5 R16 und UG NX4 Unterstützung für ANSYS**

Ebenfalls auf dem Customer Portal im Bereich CAD Special Versions sind spezielle Pakete verfügbar, die die Unterstützung für CATIA V5 R16 und für Unigraphics NX4 enthalten.

## Nice to know

### ANSYS / Workbench

- **Änderung der File Formate von ANSYS**

Die Entwickler von ANSYS pflegen eine Reihe von Dateien **fdxxxx.inc**, die man unter  
C:\Programme\Ansys Inc\v100\ANSYS\custom\include  
findet. Darin ist die Struktur der von ANSYS verwendeten Binärfiles für die jeweilige Version dokumentiert.

- **Import von CAD Geometrie aus UG in Workbench**

Eine Baugruppe in UG beinhaltet sehr viele Einzelbauteile. Der Benutzer blendet nun nicht benötigte Bauteile in UG vor dem Übertrag nach Workbench aus. Trotzdem dauert der Import sehr lange. Werden die Bauteile in UG gelöscht ist der Import sehr viel schneller. Offenbar wird intern immer die gesamte Baugruppe gelesen.

- **Neue MAGOPT Einstellungen für Solid117 und elektrostatische Elemente**

Mit MAGOPT,MMF,*Argument* kann man die Behandlung von Sourc36 Spulenelementen steuern, wenn diese in Solid117 Modellen verwendet werden. Es ist möglich, diese als ausgedehnte Spulen (*distribute*) oder Stromfäden (*filament*) einzusetzen.

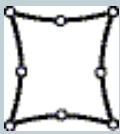
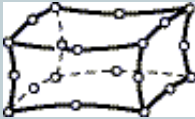

Das undokumentierte Argument MAGOPT,*MFFS* beeinflusst die Kraftberechnung für die elektrostatischen Elemente (Plane121, Solid122, Solid123). Die Kraftberechnungsmethode EMFT liefert hier falsche Ergebnisse. Dies ist als Defect eingestuft. Die Option schaltet auf die ältere Kraftberechnungsmethode um und liefert richtige Ergebnisse.

## Thermoelektrische Analysen in ANSYS

Seit ANSYS 10.0 ist es möglich, stark gekoppelte thermoelektrische Aufgabenstellungen in ANSYS zu lösen. Dazu wurden die Multiphysikelemente Plane223, Solid226 und Solid227 entsprechend erweitert. Damit können folgende thermoelektrischen Effekte abgebildet werden:

- **Peltier Effekt:** Das Anlegen einer elektrischen Spannungsdifferenz führt zu einer Wärmedifferenz innerhalb des Bauteils. Er tritt auf wenn ein Strom durch verschiedene Halbleiter (n-Typ und p-Typ) fließt, die an 2 Stellen miteinander Verbunden sind (Peltier Junctions). Der Effekt wird häufig zur thermoelektrischen Kühlung verwendet.
- **Seebeck Effekt:** Ist der inverse Peltier Effekt: Durch eine Temperaturdifferenz in verschiedenen Metallen oder Halbleitern wird eine thermoelektrische Spannung erzeugt. Dieser Effekt wird bei thermoelektrischen Generatoren angewendet.
- **Thomson Effekt:** Ein stromführender Leiter, über dem eine Temperaturdifferenz anliegt, absorbiert Wärme oder gibt Wärme ab – je nach Material.

Die Elemente der 22X Familie verwenden die direkte Matrix-Kopplung. Die bei der Berechnung verwendeten Freiheitsgrade werden über die KEYOPT(1) gesteuert: strukturmechanische (UX, UY, UZ), thermische (TEMP) und elektrische (VOLT).

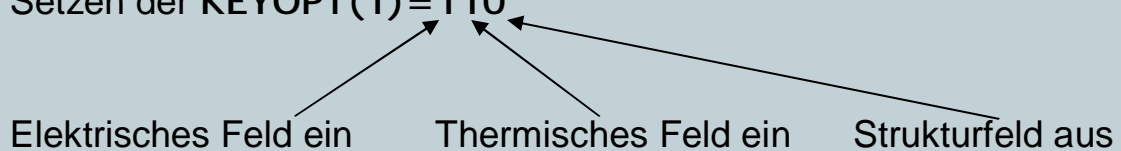
PLANE223		2-D 8-node quadrilateral
SOLID226		3-D 20-node hexahedron
SOLID227		3-D 10-node tetrahedron

## Thermoelektrische Analysen in ANSYS

Bei strukturmechanischen Freiheitsgraden werden große Verformungen unterstützt.

Vorgehensweise bei einer thermoelektrischen Analyse:

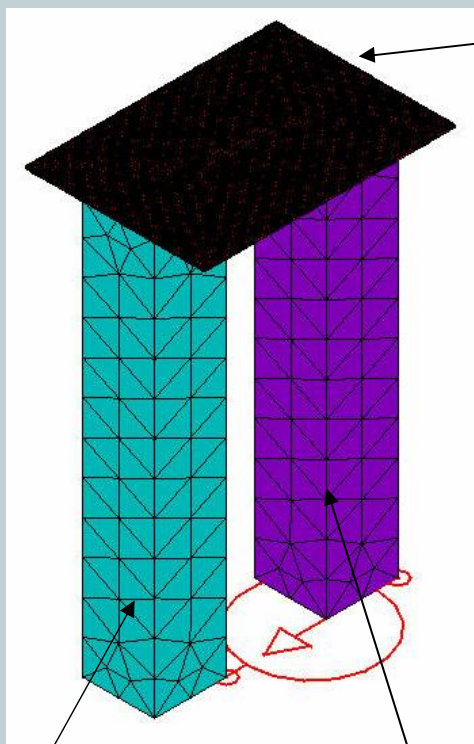
- Auswahl des Elementtyps: PLANE223, SOLID226, SOLID227
- Setzen der **KEYOPT(1)=110**



- Definieren der Materialparameter elektrischer Widerstand (RSVX), thermische Leitfähigkeit (KXX) und andere Eigenschaften, falls notwendig (DENS, C, ENTH)
- Für Seebeck/Peltier Effekt:
  - Definieren der Seebeckkoeffizienten als Materialeigenschaft (SBKX)
  - Setzen der Offsettemperatur von absolute Null (TOFFST)
  - Für den Thomsonoeffekt wird MPDATA,SBKX verwendet
- Bei transienten Berechnungen ist noch die Dielektrizitätszahl (PERX) als Materialeigenschaft anzugeben.

## Thermoelektrische Analysen in ANSYS

### Beispiel: Transiente Berechnung eines Peltier Kühlelementes



Copper foil 35  $\mu\text{m}$  thick  
(cold side)

Convection BC  
 $h_c = 3 \text{ W/K}\cdot\text{m}^2$

Steady-state cold side  
 $T_{ss} = -63 \text{ }^\circ\text{C}$

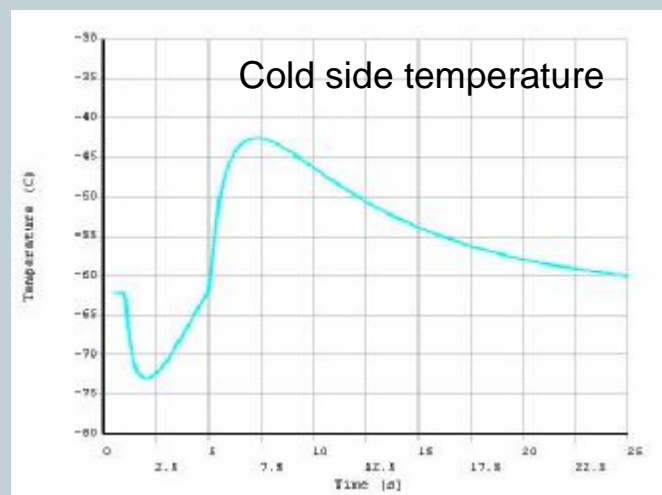
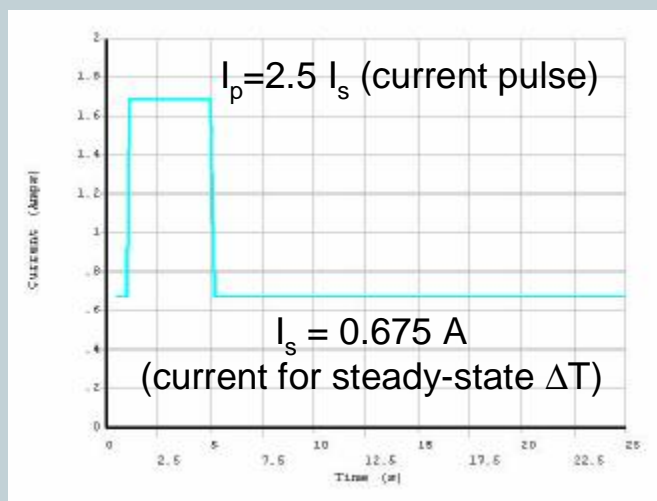
Pulse supercooling  
 $\Delta T_p = 10 \text{ }^\circ\text{C}$

Post-pulse heating  
 $\Delta T_{pp} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

Hot side at  $T_h = -14 \text{ }^\circ\text{C}$

n-type  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  p-type  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$

1 mm  $\times$  1 mm  $\times$  5.8 mm



Reference:

G. J. Snyder, J.-P. Fleurial, T. Caillat, R. Yang, G. Chen (2002),  
"Supercooling of Peltier cooler using a current pulse", J. Appl. Phys, v.92,  
p. 3 pp. 1564-1569

## Thermoelektrische Analysen in ANSYS

### Beispiel: Transiente Berechnung eines Peltier Kühlelementes

```

/PREP7
a=1e-3          ! thermoelement width, m
h=5.8e-3        ! thermoelement height, m
d=1.4e-3        ! distance between the
elements,m

ls=3.5e-3       ! copper connector length, m
ws=2.5e-3       ! copper connector width, m
hs=0.035e-3     ! copper connector height, m

tunif,20        ! Ambient temperature, deg.C
toffst,273      ! Temperature offset, deg.C

! n-type Bi2Te3
mp,rsvx,1,0.9e-5 ! Electrical resistivity, Ohm*m
mp,kxx,1,1.6     ! Thermal conductivity,w/(m*K)
mp,sbkx,1,-200e-6 ! Seebeck coeff, volt/K
mp,c,1,154.4    ! Heat capacity, J/kg*K
mp,dens,1,7740  ! Density, kg/m^3
! p-type Bi2Te3
mp,rsvx,2,0.9e-5 ! Electrical resistivity, Ohm*m
mp,kxx,2,1.6     ! Thermal conductivity, w/(m*K)
mp,sbkx,2,200e-6 ! Seebeck coeff,volt/K
mp,c,2,154.4    ! Heat capacity, J/kg*K
mp,dens,2,7740  ! Density, kg/m^3
! Copper sheet
mp,rsvx,3,1.7e-8 ! Electrical resistivity, Ohm*m
mp,kxx,3,350     ! Thermal conductivity, W/(m*K)
mp,sbkx,3,6.5e-6 ! Seebeck coefficient, volt/K
mp,c,3,385       ! Heat capacity, J/kg*K
mp,dens,3,8920  ! Density, kg/m^3
! FE model
et,1,226,110    ! 20-node thermoelectric brick
et,2,227,110    ! 10-node thermoelectric tet

block,d/2,a+d/2,-a/2,a/2,,h
block,-(a+d/2),-d/2,-a/2,a/2,,h
block,-ls/2,ls/2,-ws/2,ws/2,h,h+hs
vglue,all

type,1
esize,a/2
mat,1
vmesh,1
mat,2
vmesh,2
type,2
mat,3
lesize,33,hs
lesize,25,a/3
lesize,27,a/3
vmesh,4

nset,s,loc,z,h+hs ! Cold side
cp,1,temp,all
nc=ndnext(0)

nset,s,loc,z,0    ! Hot side
d,all,temp,-14   ! deg. C

nset,s,loc,z,0    ! First electric terminal
nset,r,loc,x,-(a+d/2),-d/2
cp,2,volt,all
ng=ndnext(0)
d,ng,volt,0

nset,s,loc,z,0    ! Second electric terminal
nset,r,loc,x,d/2,a+d/2
cp,3,volt,all
ni=ndnext(0)
nset,all

nset,u,loc,z,0
sf,all,conv,3,tunif ! convection surface
nset,all

Is=0.675          ! Steady-state electric
current, Amps
Ip=2.5*Is         ! Current pulse, Amps
et,3,124,3        ! Current source
r,1,Is
type,3
real,1
e,ng,ni
fini

/SOLU
antype,trans
outres,all,all
kbc,1
deltim,0.5 $ time,1 $ timint,off $ neqit,50
solve

deltim,0.1 $ time,5 $ r,1,Ip $ timint,on
solve

deltim,0.25 $ time,10 $ r,1,Is
solve

deltim,0.5 $ time,26
solve
fini

/post26
esel,s,ename,,Circul24
e124=elnext(0)
esel,all
esol,2,e124,,smisc,2
/xrange,0,25
/yrange,0,2
/axlab,x, Time (s)
/axlab,y, Current (Amps)
plvar,2

nsol,3,nc,temp
prvar,3
/xrange,0,25 $ /yrange,-80,-30
/axlab,x, Time (s) $ /axlab,y,Temperature (C)
plvar,3
    
```

## Nicht zulässige Randbedingung bei geometrischer Nichtlinearität

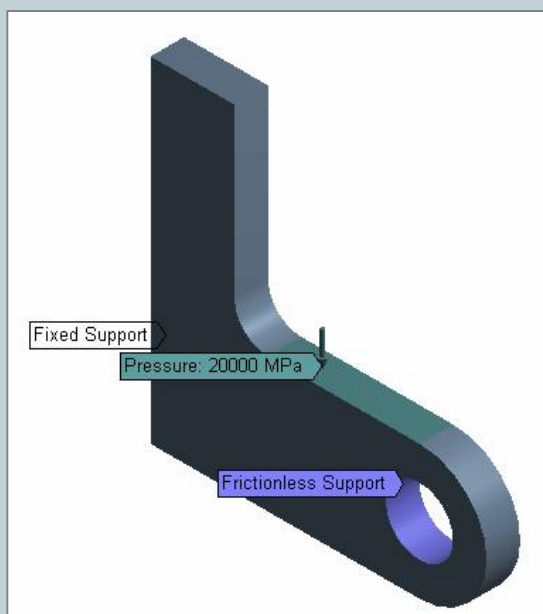
### Problemstellung:

Sie haben diese Meldung sicher schon einmal in ANSYS Workbench bekommen, nach einer Analyse, wo Sie die „Grossen Verformungen“ also die geometrischen Nichtlinearitäten aktiviert hatten:



Hier sollte man sich insbesondere den ersten Satz vornehmen: Dieser sagt im Wesentlichen aus, dass in der Analyse Randbedingungen gesetzt worden sind, die nicht mit der Option „Grosse Verformungen“ korrekte Ergebnisse liefern. (Zugegeben, man könnte erwarten, dass unzulässige Randbedingungen dann ausgegraut, also nicht mehr anwählbar sind, so ist es nun aber offensichtlich leider nicht.)

Bei welchem Beispiel-System tritt nun diese Fehlermeldung auf:



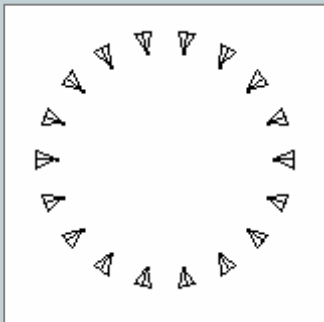
Wie immer, ein simples Modell:

Links eingespannt, mit einer Drucklast beansprucht, in der Bohrung die so genannte „Reibungsfreie Lagerung“, die hier natürlich auch mittels der „Zylindrischen Lagerung“ hätte realisiert werden können.

## Nicht zulässige Randbedingung bei geometrischer Nichtlinearität

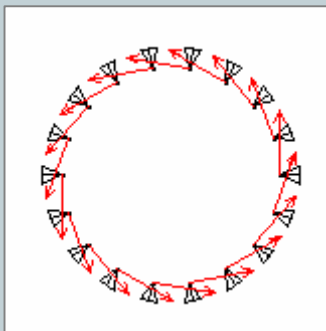
### Erläuterung:

Wir sollten uns genauer die Bohrung ansehen. Was passiert hier genau?  
Die Randbedingung wird wie folgt umgesetzt:



Es ist also so, dass sich die Knoten nicht radial bewegen können, jedoch sehr wohl in tangentialer Richtung.

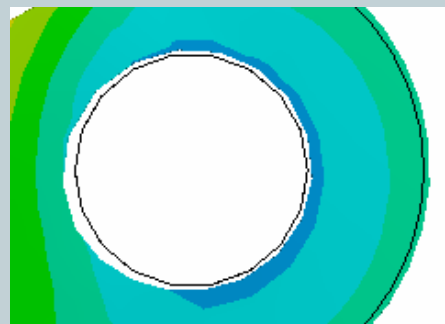
Falsch ist es nun zu denken, die Knoten würden sich bei der Aktivierung der „Grossen Verformungen“ in Umfangsrichtung, also in Phi-Richtung bewegen. Dann müssten die Lager quasi mitrotieren, was sie aber nicht tun. Die wirklichen Bewegungsrichtungen sind in dem folgenden Bild mit roten Pfeilen dargestellt.



Es ist also – selbst wenn die geometrische Nichtlinearität aktiviert ist – so, dass nur die Tangentenrichtung frei ist.

Damit würde aber in unserem Fall sich die Bohrung aufweiten, was auch der Fall ist:

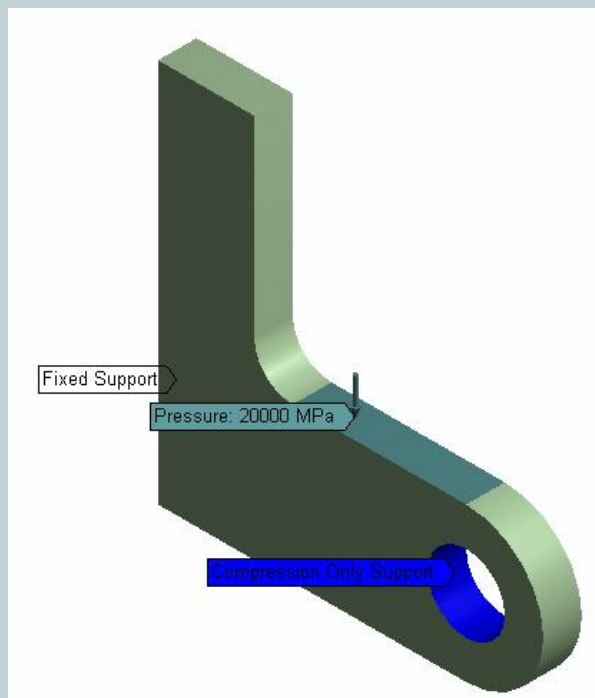
Das System verhält sich steifer, als man im Grunde abbilden wollte.



## Nicht zulässige Randbedingung bei geometrischer Nichtlinearität

### Lösung:

Wenn man also – gerade zylindrische Körper – so lagern will, dass eine Verdrehung um die Zylinderachse mit großen Verformungen (hier sind es große Rotationen) korrekt abgebildet wird, ist nur eine einzige Randbedingung korrekt: Das „Starre Auflager“.



Diese Randbedingung überträgt also nur Druck und keinen Zug. Da nicht mit den Freiheitsgraden, sondern mit einer Kontaktformulierung intern gearbeitet wird, ist es möglich auch große Drehungen korrekt wiederzugeben



Beachten Sie jedoch das, was neben dem Bild steht:

In der Tat wird intern hier ein nichtlinearer Kontakt generiert (in ANSYS Classic also ein starres Target mit Pilotknoten). Damit hat man auch die Chance, bei Kraftsteuerung die benötigte Starrkörperbewegung zu modellieren, die bekanntlich in einem Konvergenzproblem endet.

Dummerweise kommt man in ANSYS Workbench nun nicht direkt an die Kontakteinstellungen dieser Kontaktformulierung.

Man darf sich also nicht wundern, dass eine Analyse dieser Art im Beispiel möglicherweise mit „Zylindrischer Lagerung“ schnell konvergierte, wohingegen mit dem „Starren Auflager“ etwas länger gerechnet wurde.....

## Wärmeübertragung...

### ... für Strukturmechaniker,

heißt ein neues Seminar, dass wir dem Temperaturfeld-Seminar immer am vorhergehenden Montag vorschalten. Es soll einen Überblick über den analytischen Anteil einer thermischen FE-Rechnung geben – oft benötigt zum Aufbringen von Lasten, zum Verknüpfen von Baugruppen (Netzwerke), zum korrekten Setting von Optionen *und zur überschlägigen Kontrolle*.

Hier im Newsletter gibt es ab jetzt in loser Folge eine kleine Übersicht über die wesentlichen in ANSYS verfügbaren Optionen zur Modellbildung durch „begleitende analytische/empirische Daten“:

Konvektion: Wärmeübergangskoeffizient  $a$  und Bulk-Temperatur

Auftriebskonfiguration	VDI-Wärmeatlas	Incropera/DeWitt
Horizontale ebene Fläche, geheizt	$Nu_{\text{gem}} = 0.766 [Ra \cdot f(Pr)]^{1/4}$ $Nu_{\text{nat}} = 0.15 [Ra \cdot f(Pr)]^{1/4}$ $f(Pr) = \left[ 1 - \left( \frac{0.332}{Pr} \right)^{1/4} \right]^{-1/4}$ $Ra_{\text{gem} \rightarrow \text{nat}} = \frac{70000}{f(Pr)}$	$Nu_{\text{gem}} = 0.54 Ra^{1/4}, 10^4 < Ra < 10^7$ $Nu_{\text{nat}} = 0.15 Ra^{1/4}, 10^7 < Ra < 10^{11}$
Vertikale ebene Fläche, geheizt	$Nu = \left[ 0.825 + \frac{0.387 Ra^{1/4}}{\left[ 1 + \left( \frac{0.492}{Pr} \right)^{3/4} \right]^{1/4}} \right] \left[ \frac{Pr}{Pr + 0.42} \right]^{1/4}$	$Nu = \left[ 0.825 + \frac{0.387 Ra^{1/4}}{\left[ 1 + \left( \frac{0.492}{Pr} \right)^{3/4} \right]^{1/4}} \right] \left[ \frac{Pr}{Pr + 0.42} \right]^{1/4}$ $Nu = 0.68 \left[ \frac{0.67 Ra^{1/4}}{\left[ 1 + \left( \frac{0.492}{Pr} \right)^{3/4} \right]^{1/4}} \right], Ra < 10^9$

$$Nu = \frac{a}{l} L$$

Convection Data to Import:

- Stagnant Air - Horizontal Cyl
- Stagnant Air - Simplified Case
- Stagnant Air - Vertical Planes1
- Stagnant Air - Vertical Planes2
- Stagnant Air - Vertical Planes
- Stagnant Water - Simplified Case

Property Attributes

Coefficient Type **Welche?**

- Bulk Temperature
- Average Film Temperature
- Surface Temperature
- Bulk Temperature
- Difference of Surface and Bulk Temp

	Temperature °C	Convection Coefficient $W/m^2 \cdot K$
1	0.	0.
*		

Workbench hält einige vorgefertigte Korrelationen und die Eingabe von temperaturabhängigen (s. Optionen) Wärmeübergangskoeffizienten bereit. ANSYS classic bietet mit dem Function-Editor eine einfache Möglichkeit, die Formeln direkt zu verwenden (\*log-Inhalt nach Workbench kopierbar).  
 Tip: Allein die Unterscheidung horizontal/vertikal verbessert Ihr Ergebnis!

