

## Workbench/ANSYS: Nonlinear Diagnostics

### Problem:

Nichtlineare Berechnungen werden in der Praxis immer häufiger verwendet, um möglichst realitätsgetreue Ergebnisse im Rahmen der FEM zu erzeugen. Nichtlinearitäten treten in Form von

- Geometrischen Nichtlinearitäten (Grosse Verformungen,...)
- Material-Nichtlinearitäten (Plastizität, Kriechen, Gummi,...)
- Status-Nichtlinearitäten (Kontaktberechnungen,...)

auf und machen eine FE-Berechnung immer numerisch aufwendiger, da eine konvergente Lösung nicht immer von Beginn an gewährleistet werden kann.

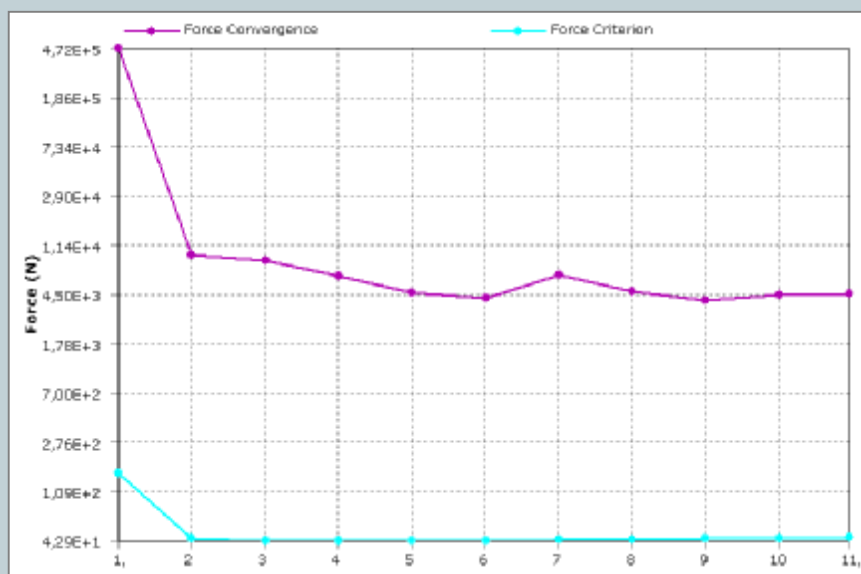
Das liegt daran, dass die Konvergenz der Ungleichgewichtskräfte nicht immer von Beginn an gelingt, das heißt, es verbleibt ein Ungleichgewicht im System. Man spricht von einem Konvergenzproblem.

Liegt ein Konvergenzproblem vor, so muss der Berechnungsingenieur diesem auf die Spur gehen und versuchen es mit einigen Ansätzen und Ideen zu lösen.

Dabei ist das Feature „Nonlinear Diagnostics“ äußerst hilfreich.

### Erläuterung:

Nehmen wir einmal an, es liegt ein Konvergenzproblem vor. Dieses kann für gewöhnlich an dem folgenden Konvergenzdiagramm erkannt werden:



## Workbench/ANSYS: Nonlinear Diagnostics

### Erläuterung:

Die NORM DES UNGLEICHGEWICHTS-KRAFT-VEKTORS wird nicht kleiner.

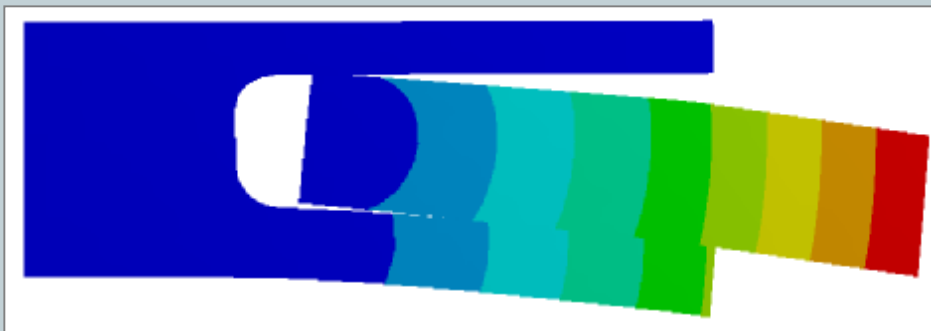
Bislang konnte aber keinerlei Aussage darüber getroffen werden, wo nun in der Struktur dieses Ungleichgewicht eigentlich vorliegt.

Genau hier setzt „Nonlinear Diagnostics“ an, denn damit kann die Ungleichgewichts-Kraft-Verteilung mittels Konturplot angezeigt werden und der Berechnungsingenieur bekommt eine Idee, an welcher Stelle in seinem Modell Korrekturen nötig werden könnten.

Das Feature „Nonlinear Diagnostics“ ist sowohl in Workbench, als auch in ANSYS verfügbar. In ANSYS steuert man es mit dem Kommando NLDIAG. Wir werden in diesem Newsletter das Vorgehen in Workbench demonstrieren. Der ANSYS Anwender möge in der Hilfe zu NLDIAG entsprechend nachlesen.

### Prinzip-Beispiel:

Das folgende Systemverhalten soll berechnet werden, wir nehmen das Ergebnis hier vorweg. Die Führungsschiene ist links eingespannt, der Stift wird an seiner rechten unteren Kante vertikal nach unten verschoben. Um ein Ausweichen normal zur Zeichenebene zu vermeiden, wurden entsprechende Randbedingungen gesetzt (Reibungsfreie Lagerung).



Die einzige Nichtlinearität sind die beiden Kontaktbereiche in diesem Beispiel, welches hier nur prinzipiell die Vorgehensweise demonstrieren soll.

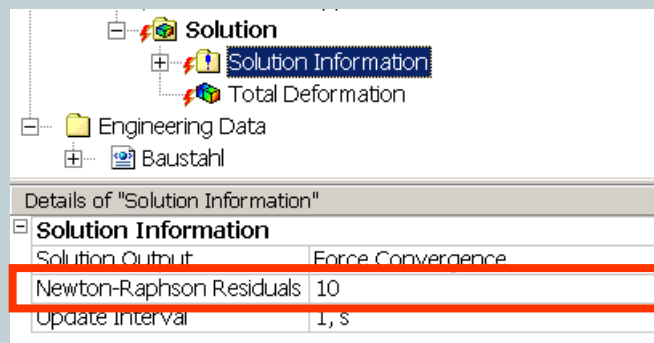
Die Kontakte verhalten sich „Reibungsfrei“, die Kontaktsteifigkeit soll in jeder Gleichgewichtsiteration aktualisiert werden.

## Workbench/ANSYS: Nonlinear Diagnostics

Ausgabe: 07 / 2004

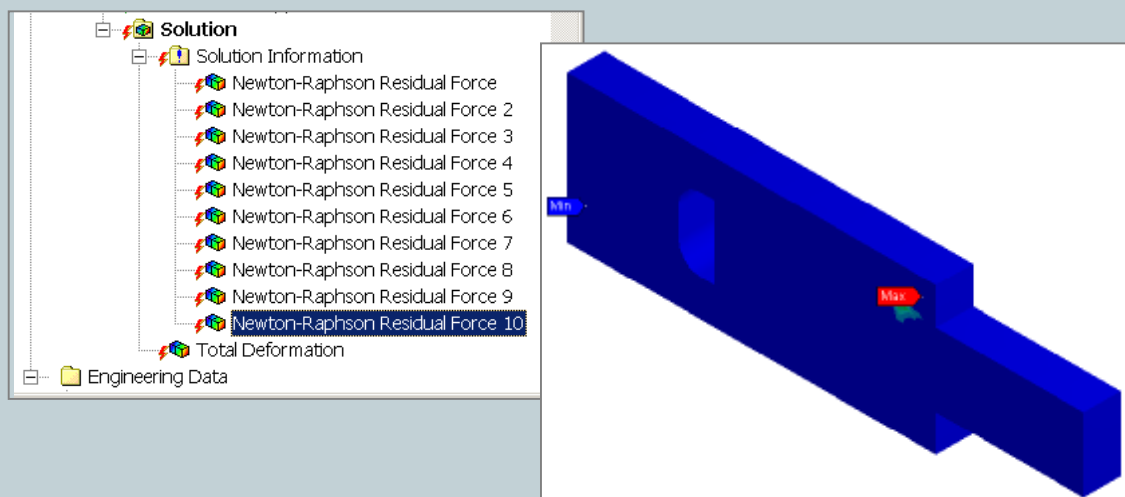
### Prinzip-Beispiel:

Um mit „Nonlinear Diagnostics“ in Workbench arbeiten zu können, MÜSSEN Sie VOR DER BERECHNUNG Folgendes in den Strukturbaum aufnehmen:



Wenn Sie die „Solution Information“ eingefügt haben, ist unbedingt darauf zu achten, dass Sie (hier 10) Newton-Raphson-Residuals während der Rechnung herauschreiben. In diesem Beispiel würden von den letzten 10 Iterationen die Ungleichgewichts-Kraft-Verteilungen herausgeschrieben werden. Und zwar NUR im Falle einer Nichtkonvergenz oder wenn der Benutzer die Rechnung von Hand abbricht.

Dieses Beispiel konvergiert nicht, man bekommt in etwa den oben gezeigten Konvergenzverlauf. Wir schauen uns eine Ungleichgewichts-Kraft-Verteilung an.



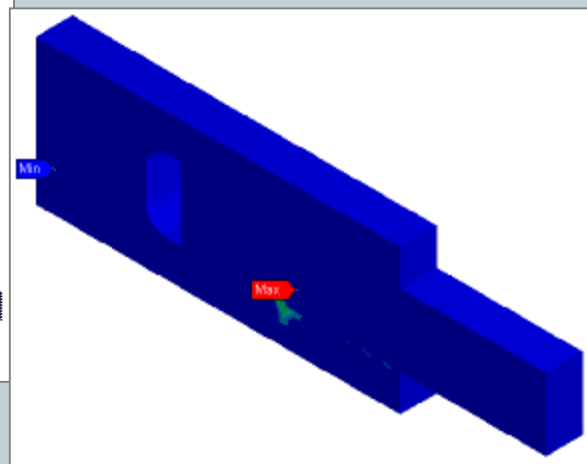
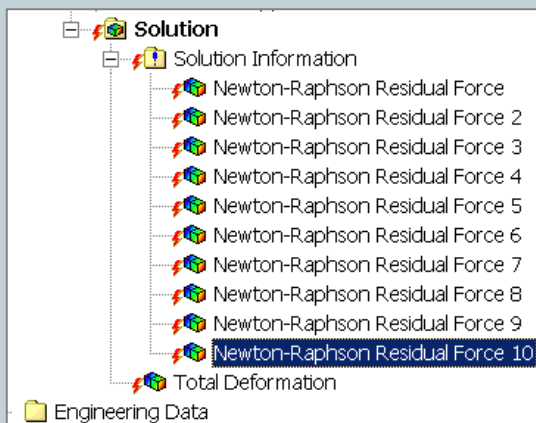
Die letzten 6 Verteilungen zeigen alle an, dass das größte Ungleichgewicht am oberen Kontakt passiert. Also ist hier eingzugreifen. Wir setzen den Skalierungsfaktor der Kontaktsteifigkeit manuell auf 0.01.

## Workbench/ANSYS: Nonlinear Diagnostics

Ausgabe: 07 / 2004

### Prinzip-Beispiel:

Noch immer gelingt damit keine konvergente Rechnung. Wir schauen uns erneut die Ungleichgewichts-Kraft-Verteilung an, welche übrigens immer am unverformten System dargestellt wird:



Jetzt ist der untere Kontakt noch verbesserungswürdig, denn alle 10 Verteilungen der Ungleichgewichts-Kräfte haben ihr Maximum am unteren Kontakt. Wir setzen auch hier den Skalierungsfaktor für die Kontaktsteifigkeit manuell auf 0.01. Damit schließlich konvergiert die Rechnung:



## Workbench/ANSYS: Nonlinear Diagnostics

Ausgabe: 07 / 2004

### Weitere Erläuterungen

1.)

Für das Handling sollte man bei jeder nichtlinearen Berechnung in Workbench die „Solution Information“ einfügen und etwa 10 Newton-Raphson-Residuals anfordern. Leider steht hier in Workbench 8.1 eine NULL als Voreinstellung. Damit stünde nach einer nicht konvergierten Rechnung gar kein Plot der Ungleichgewichts-Kraft-Verteilung bereit, man müsste neu rechnen.

Diese Voreinstellung wird möglicherweise schon in der Version 9.0 geändert.

10 Newton-Raphson-Residuals sollten reichen. Es stehen immer die Plots der LETZTEN 10 GLEICHGEWICHTSITERATIONEN bereit, vorangegangene werden überschrieben.

2.)

Auch in ANSYS müssen Sie VOR DER RECHNUNG in die Lösungsphase, also im /SOLU das entsprechende Kommando absetzen, etwa NLDIAG,MAXF,10 und dann noch NLDIAG,NRRE,ON. In Postprocessor /POST1 kann man sich dann die Verteilungen ansehen, etwa PLNSOL,NRRES,FX,0,,8. Man möge hier selber in der Hilfe nachsehen für weitere Details.

3.)

Das hier vorgeführte Prinzip-Beispiel zeigte eindeutig, wo das Konvergenzproblem begründet lag. Liegt ein Konvergenzproblem nicht im Kontakt begründet, so sind oft fehlerhafte Randbedingungen die Ursache, schlechte Elementformen, Singularitäten, etc.

4.)

Wir sind der Meinung, dass jede nichtlineare Berechnung mittels der „Nonlinear Diagnostics“ begleitet werden sollte. Damit weiß man deutlich mehr über den Grund der Nichtkonvergenz. Dieses Feature ist in ANSYS schon seit der Version 8.0 verfügbar.