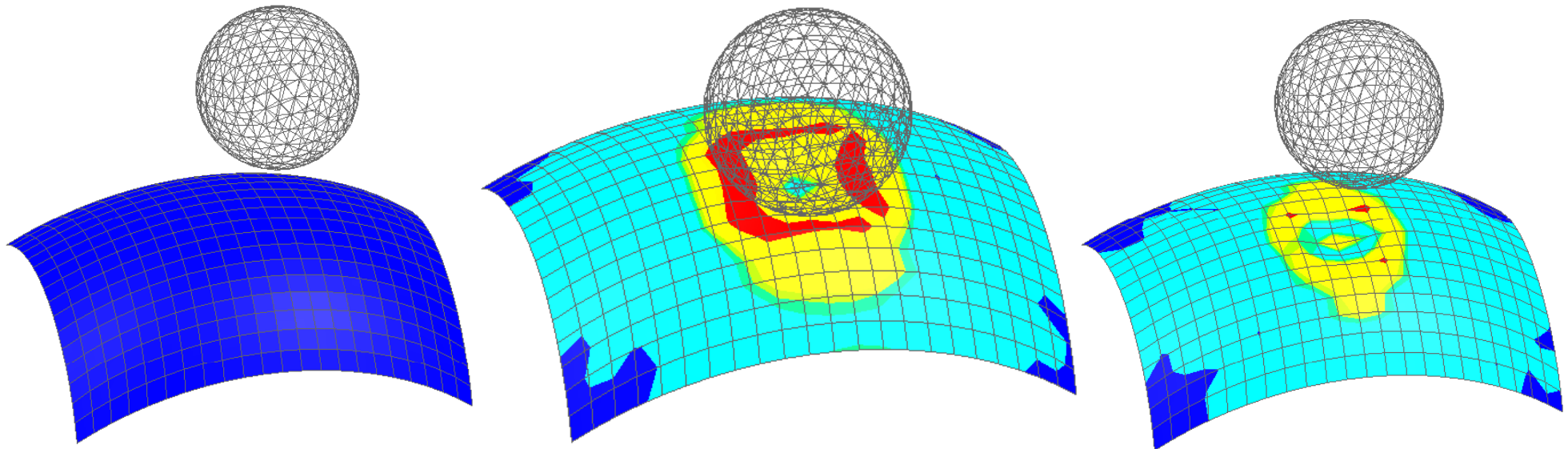


Fachvortrag

Kontakte in NX/Nastran, Technologien und Erfahrungen

Peter Binde

Dr. Binde Ingenieure, Design & Engineering GmbH
Tannenring 41-43, 65207 Wiesbaden



- Unternehmensvorstellung
- Kontakt-Technologien
- Erfahrungen und Empfehlungen
 - “linearer” Kontakt der Sol101
 - Constraint-Function aus Sol601/701

Dr. Binde Ingenieure, Design & Engineering GmbH:
Seit 14 Jahren tätig im Bereich NX CAE-Integration in der Konstruktion

Schwerpunkte:

- Schulungen, Beratungen, Methodenentwicklung
- Berechnungsdienstleistungen im Bereich Struktur-, Thermo/Strömung- und Mehrkörpersimulation
- Branchenerfahrungen: Electric Drives, Automotive, Consumer Products, Defense, Aerospace, Health-Care, Ship-Building, ...
- Mitwirkung in der universitären Ausbildung
- Lehrbuch "Simulationen mit NX" (Hanser-Verlag) in zweiter Auflage
- FuE Projekt "Integration von Magnetfeldsimulation in das NX System" in Kooperation mit zwei Universitäten.

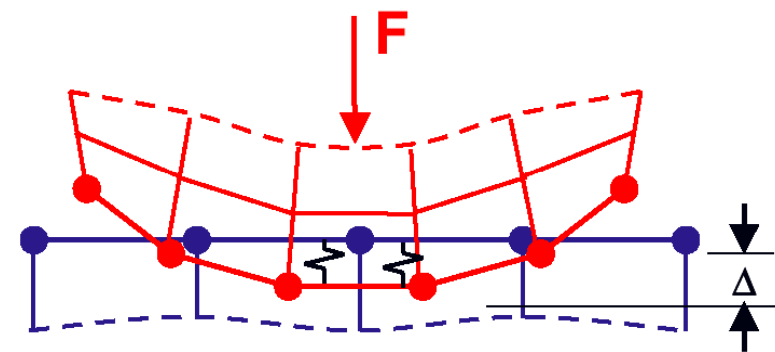
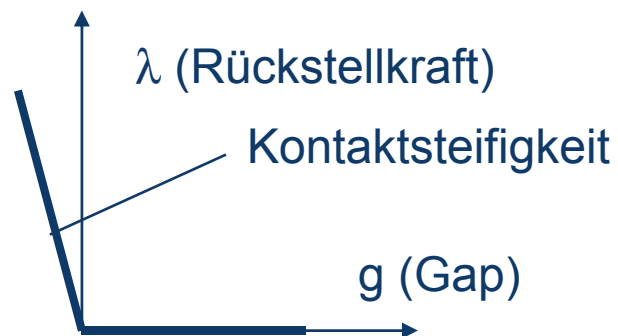


- Idealer Kontakt
- Gap-Elemente
- Penalty-Methode
- Constraint-Methode
- Glue- oder Klebe-Kontakt (auch Tied)

- Ein idealer Kontakt würde sich wie in der Abbildung dargestellt verhalten. D.h. sobald die Öffnung bzw. Gap (g) kleiner Null wird, erhöht sich die Kontaktkraft (λ) drastisch.
- Der ideale Kontakt mit seinen sprunghaften Eigenschaften hätte für die numerischen Berechnungsmethoden Nachteile, daher wird er mit sanfteren Funktionen nachgebildet.
- Hierin unterscheiden sich die Kontakte im wesentlichen.



- Der Penalty Kontakt wird meist für Flächen eingesetzt.
- Er wird aufgrund der Robustheit gerne genutzt.
- Der Anwender gibt eine Kontaktsteifigkeit (Penalty) vor.
- Das System berechnet die Rückstellkraft mit Hilfe der Durchdringung.
- Es wird also eine kleine Durchdringung im Ergebnis zugelassen!
- Anwendung in Sol 101 (linear Contact) oder in Sol 601/701 (Rigid-Target-Contact).

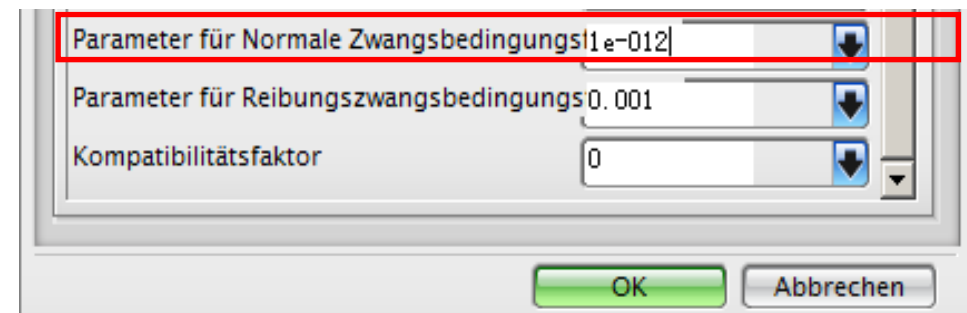
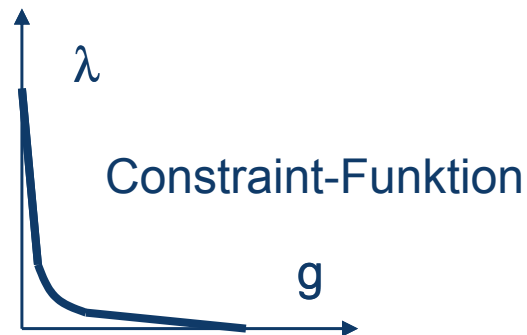


Constraint-Methode

- Eine Constraint-Funktion bildet den Kontakt nach. Die Funktion ist folgendermaßen definiert:

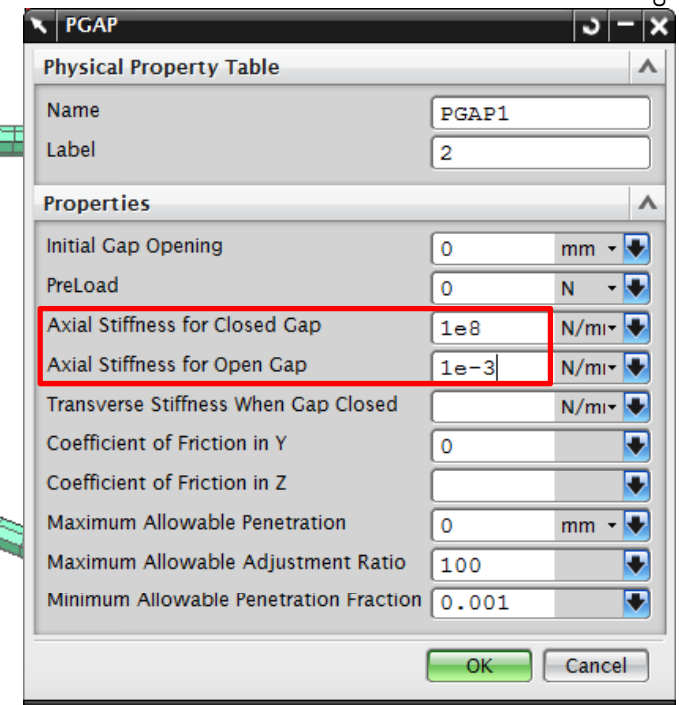
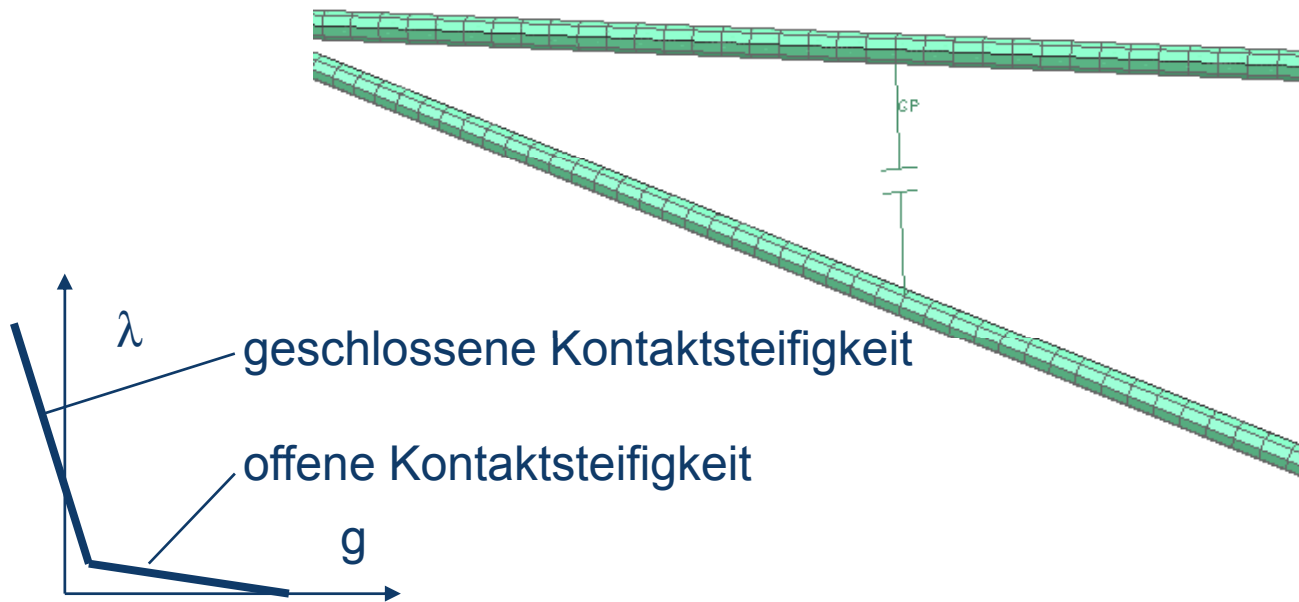
$$w(g, \lambda) = \frac{g + \lambda}{2} - \sqrt{\left(\frac{g - \lambda}{2}\right)^2 + \varepsilon_N}$$

- Der Parameter ε_N steuert, wie sehr sich die Constraint-Funktion an das ideale Kontaktverhalten anpasst. $\varepsilon_N = 0$ führt zu einem drastischen Anstieg der Kontaktkräfte und wird nicht empfohlen. Der voreingestellte Wert beträgt $\varepsilon_N = 1E-12$.
- Die Einstellung erfolgt in den Contact-Set-Parametern bei „Parameter für Normale Zwangsbedingungsfunktion“
- Hierbei wird also keine Durchdringung zugelassen.
- Anwendung in Sol 601/701



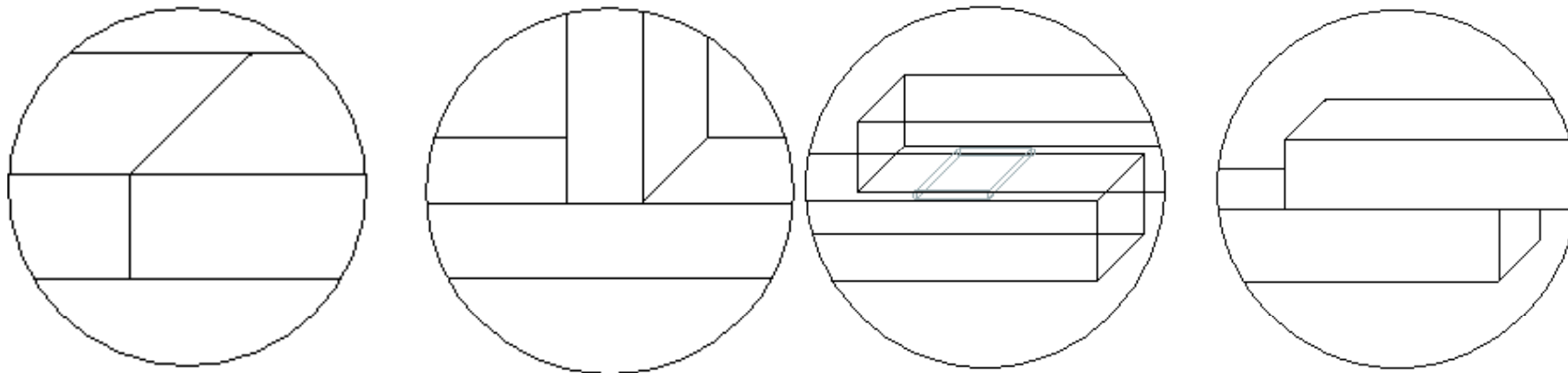
Gap-Elemente

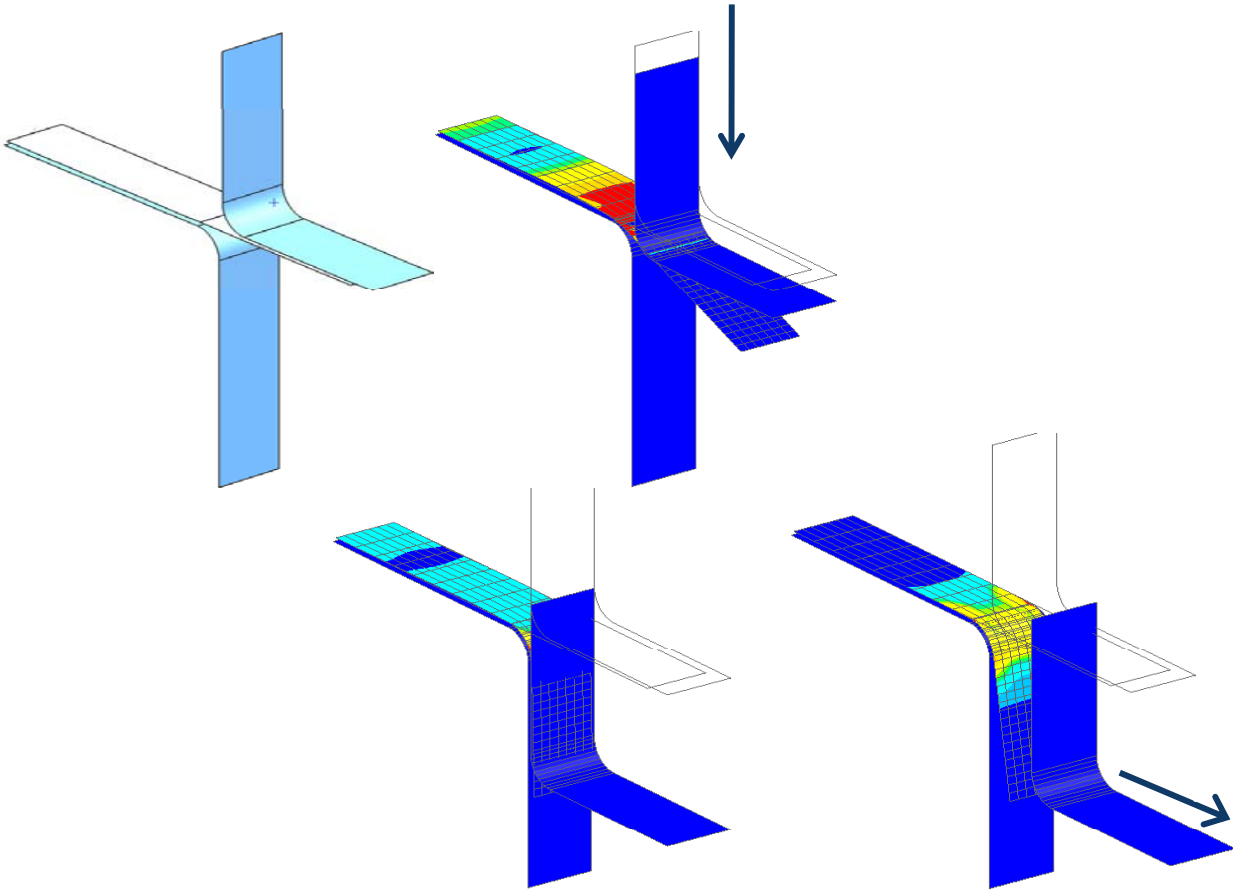
- Gap-Elemente sind die älteste Kontakt-Technik.
- Sie werden wegen ihrer Einfachheit gerne eingesetzt.
- Meist werden sie als einzelne Elemente erzeugt, um zwischen zwei Punkten gezielt die Durchdringung zu verhindern.
- Es werden zwei Steifigkeiten angegeben: Eine kleine für den Fall, daß Abstand besteht und eine große für den Fall, daß der Abstand verschwunden ist.
- Anwendung in Sol 101,106,601,701



erhalten. All rights reserved.

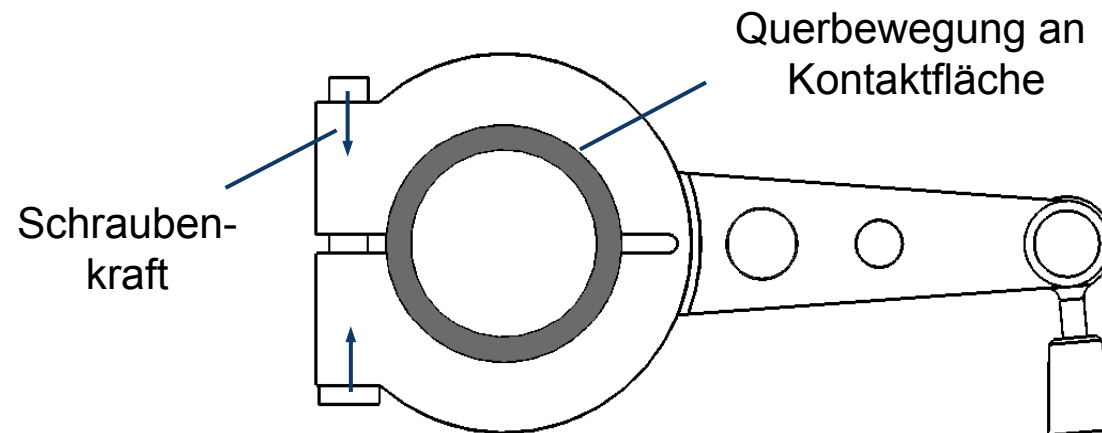
- Dies ist eigentlich kein Kontakt, weil rein es sich um lineare Effekte handelt. Es muss also nicht iterativ gerechnet werden.
- Anwendung für Flächen von Solid- oder Schalenelementen
- Vorteile:
 - Sehr einfach, sehr schnell, Abstände werden einfach überbrückt.
 - Auch große Mengen an Klebungen können leicht verarbeitet werden.
 - Automatische Findung der Kontaktpartner.
- Beispiel: Schweissbaugruppen





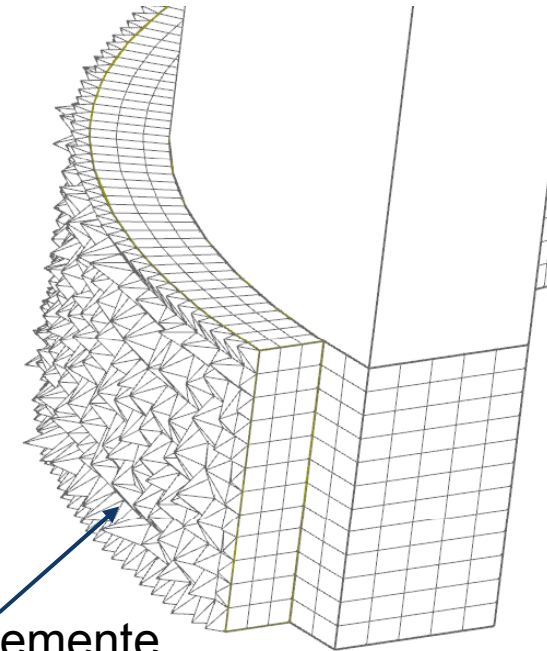
“linearer” Kontakt der Sol101

- Benennung “linear” eigentlich falsch, da es ein vollwertig nichtlinearer Kontakt ist. Jedoch befindet er sich in der ansonsten linearen Lösung 101.
- Algorithmus: Penalty-Methode
- Sehr gut geeignet für alle Fälle, bei denen nur kleine Bewegungen im Spiel sind und die Reibung berücksichtigt werden muss, d.h. Klemmsitz, Presspassung, Kontaktflächen von verschraubten Teilen.

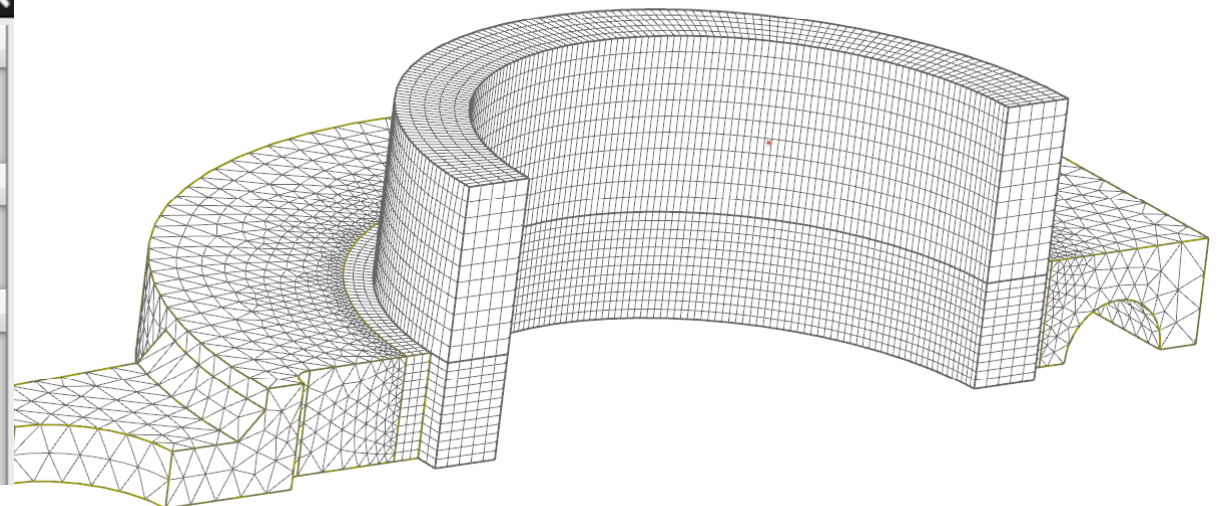
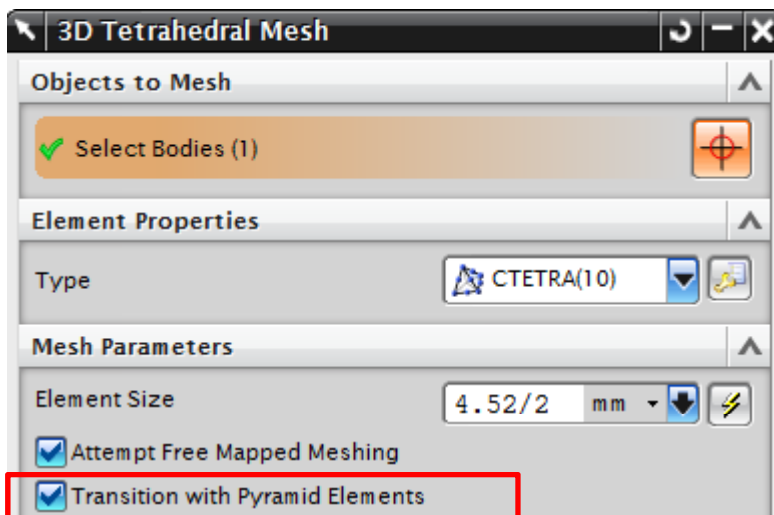


“linearer” Kontakt der Sol101

- Empfehlungen für optimale Ergebnisse des Kontaktdrucks:
 - Identische Vernetzung der beiden Kontaktpartner (z.B. durch Mesh-Mating-Condition)
 - Nutzung von Elementen ohne Mittelknoten, z.B. Hex8.
 - Netzübergänge mit Pyramiden erzeugen.

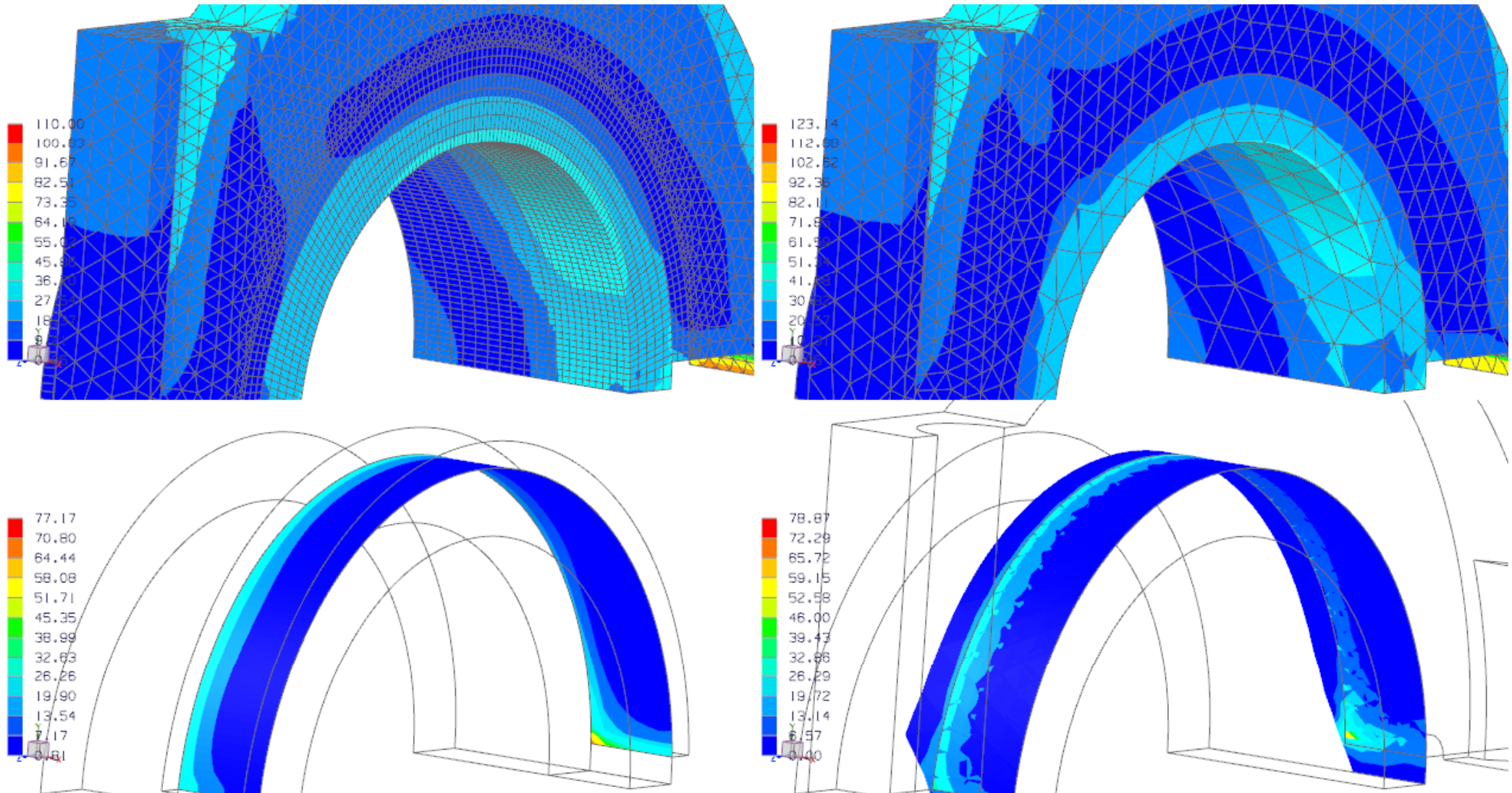


Pyramidenelemente



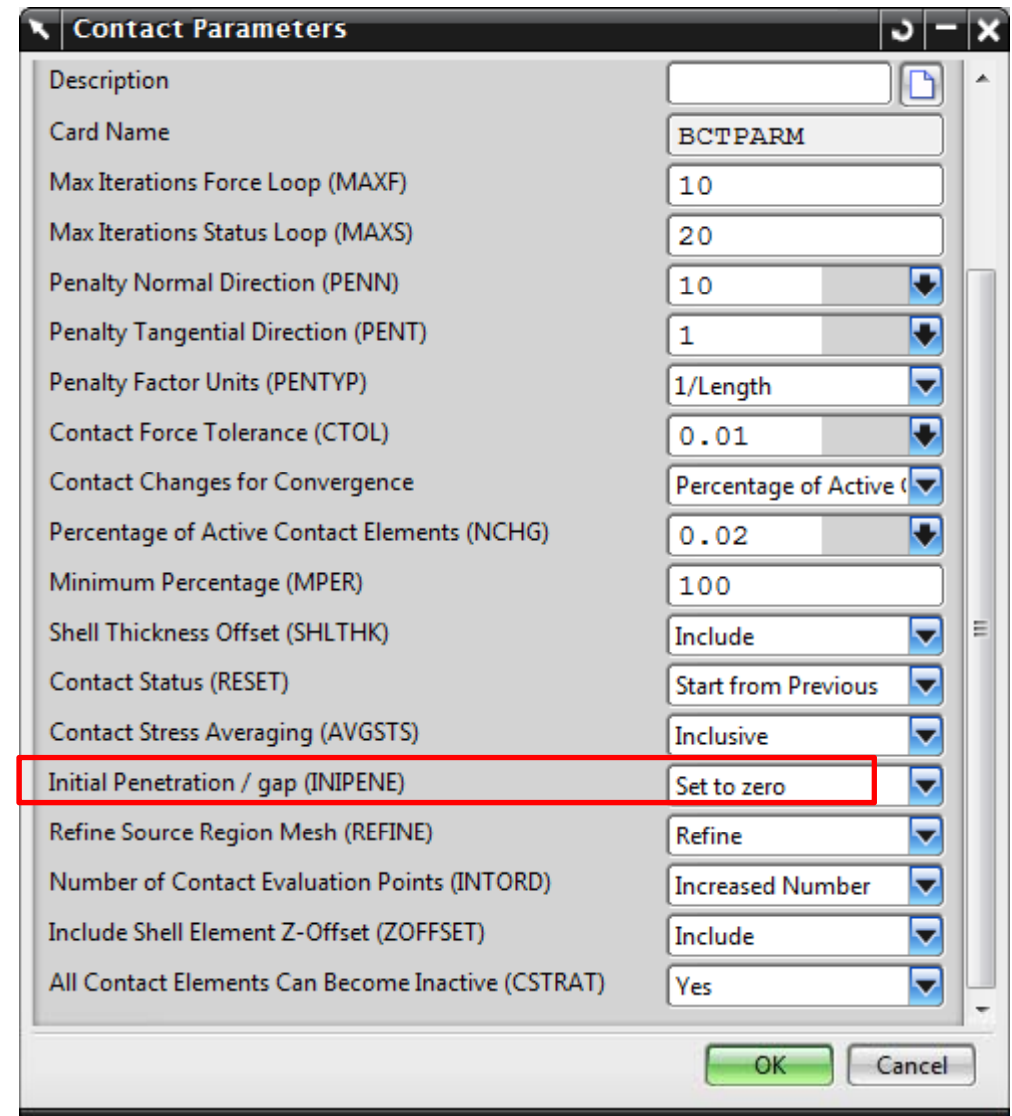
“linearer” Kontakt der Sol101

- Gegenüberstellung einfache/aufwändige Vernetzung:
zeigt gleichmäßigere Ergebnisse bei dem Kontaktdruck:



“linearer” Kontakt der Sol101

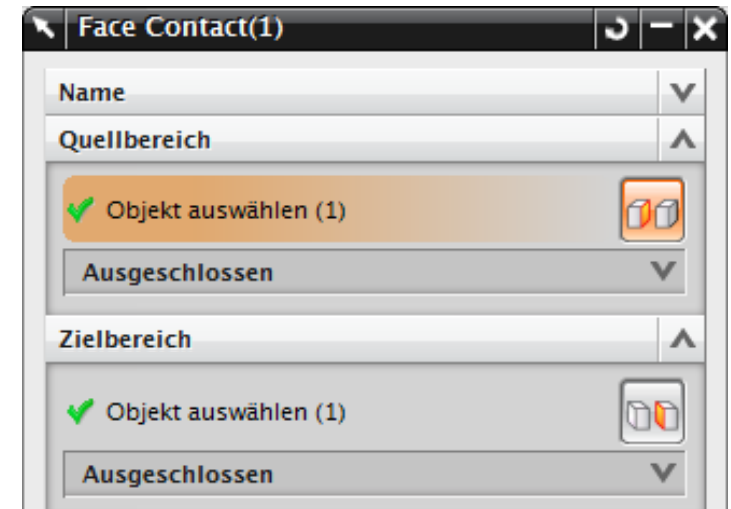
- Noch eine Empfehlung:
- Nutzung der Option “Set to Zero” in den Kontaktoptionen ist meist erforderlich, um Anfangsdurchdringungen zu unterdrücken.
- Anfangsdurchdringungen sind an einem Spannungs-Ergebnis mit einzelnen “Hot-Spots” im Kontaktbereich zu erkennen.



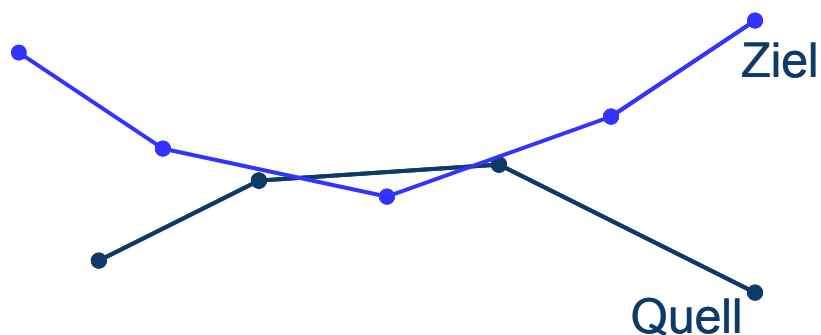
- Viele Einstell-Parameter sind möglich und oft auch erforderlich. Einfache Modelle mit geringer Nichtlinearität lassen sich mit den Voreinstellungen gut berechnen.
- Die Aufgaben sind komplexer als in Sol 101 und man kämpft meist mit der Konvergenz.
- Wenn Konvergenz nicht erreicht wird gibt es zwei Möglichkeiten:
 - “Schummelfaktoren” zulassen, mit denen die echte Physik übergangen wird.
 - Das Modell realistischer machen, damit die echte Physik korrekt gerechnet wird.
- Nachfolgend nur einige wichtige Empfehlungen

Master-Slave- (Quell - Ziel) Konzept

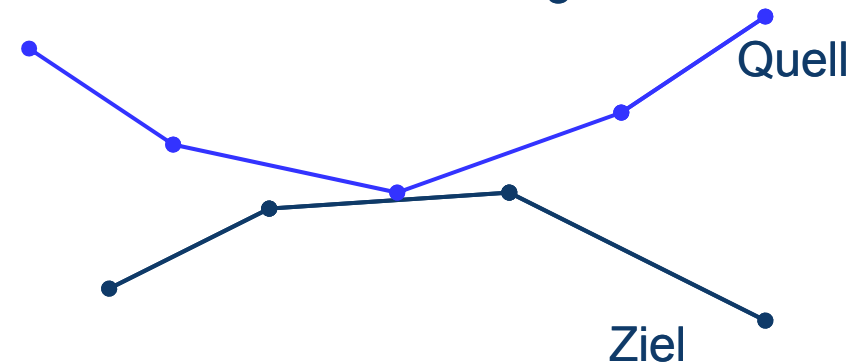
- Beim Erzeugen der Kontaktregionen wird ein Quell und ein Zielbereich abgefragt.
- Nach diesem Konzept dürfen die Quell-Knoten die Zielbereich nicht durchdringen.
- Daher kann es je nach Selektionsreihenfolge zu unterschiedlichem Verhalten eines Kontakts kommen



Selektionsreihenfolge 1

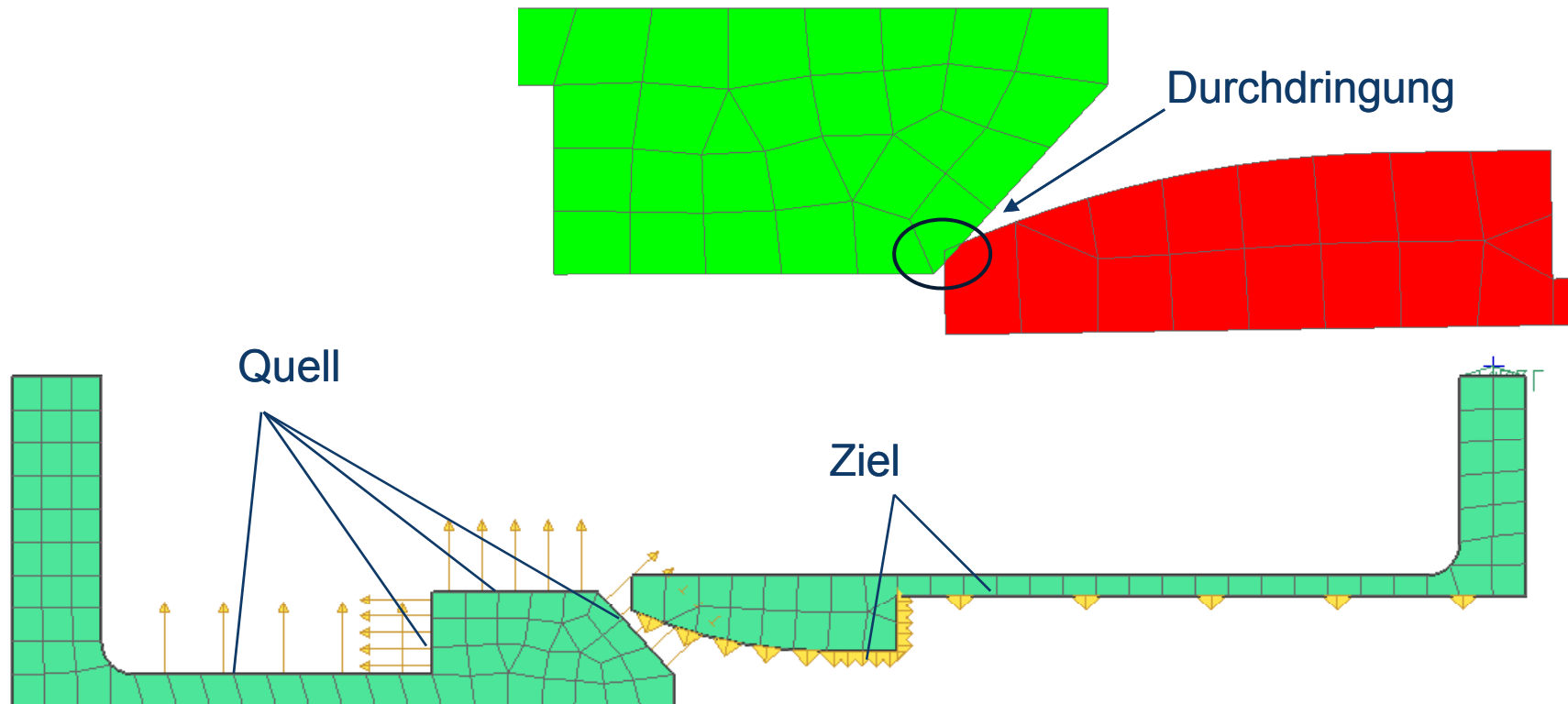


Selektionsreihenfolge 2



Master-Slave- (Quell - Ziel) Konzept

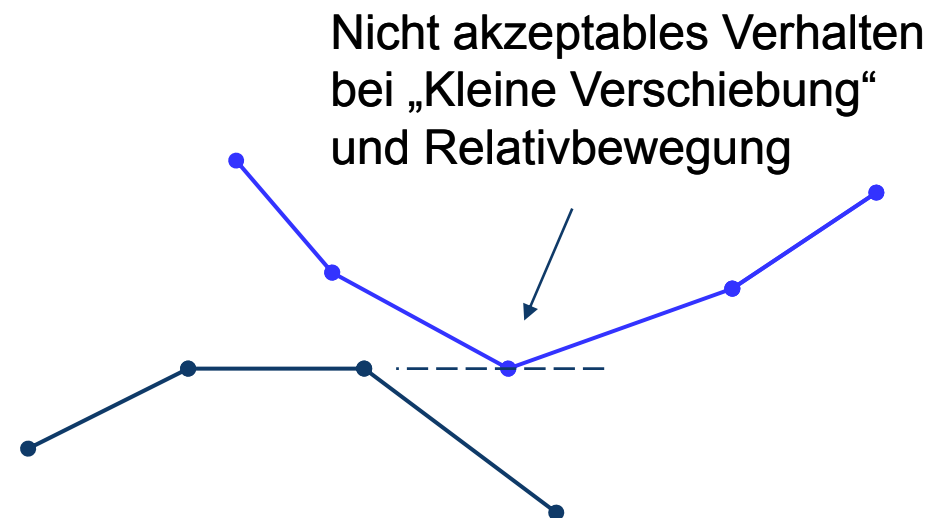
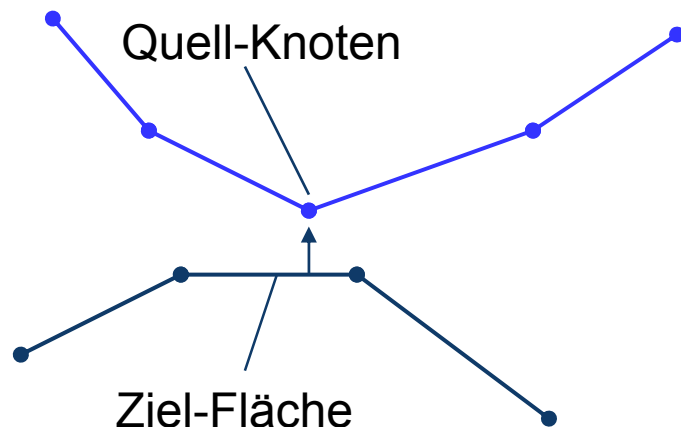
- An dem gezeigten Beispiel eines Schnapphakens (siehe Übungsbeispiel) ist eine ungünstige Master-Slave-Beziehung gewählt worden.
- Es kommt daher zu Durchdringung.
- In vielen Fällen führt eine solche Situation dazu, dass der Kontakt nicht konvergiert.



Kontakt der Sol601/701

Large- und Small Displacement Kontakt

- Bei der Kontaktoption „kleine Verschiebung“ wird nur zu Beginn der Analyse gesucht welche Quell-Knoten welchen Ziel-Element-Flächen gegenüberstehen. Nur an diesen Paaren wird in der Analyse die Kontaktbedingung berücksichtigt. Diese Option sollte daher nur eingesetzt werden, wenn sich die Kontaktpaare wenig relativ zueinander bewegen.
- Die voreingestellte Kontaktoption „Große Verschiebung“ dagegen ermittelt die Kontaktpaare in jeder Iteration neu. Sie ist daher immer sinnvoll, wenn es zu Relativbewegungen der Kontaktpaare kommt.



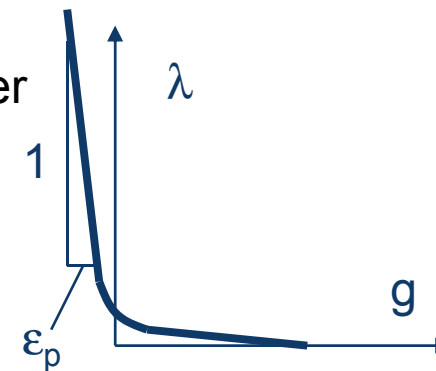
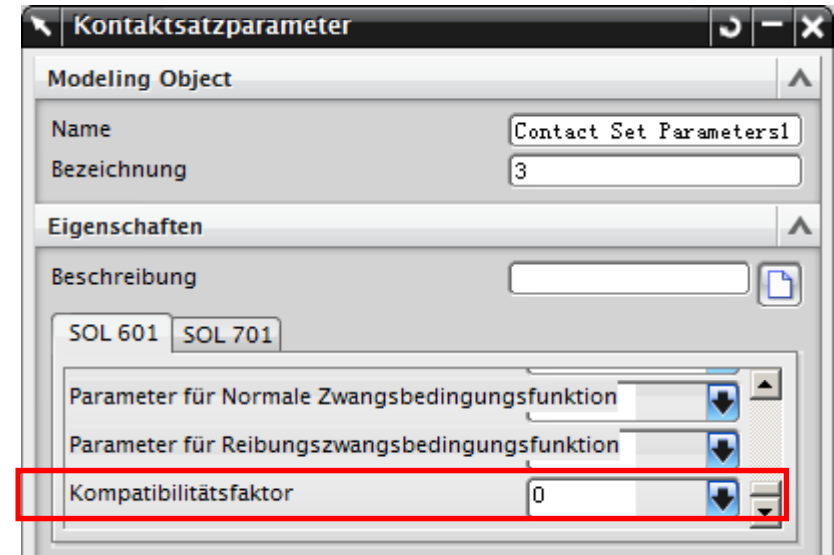
Kontakt der Sol601/701

Kompatibilitätsfaktor (Dies ist ein „Schummelfaktor“)

- Der Kompatibilitätsfaktor ε_p macht die Kontaktflächen weicher und erlaubt ein bestimmtes Maß an Durchdringung.
- Das Maß der erlaubten Durchdringung kann folgendermaßen abgeschätzt werden:

$$\text{Durchdringung} = \varepsilon_p \times \text{senkrechter Kontaktdruck}$$

- Mit der Formel kann auch ein sinnvoller Wert für ε_p abgeschätzt werden:
 - Eine sinnvolle Durchdringung ist z.B. ein Bruchteil der Elementgröße.
 - Der senkrechte Kontaktdruck muss vom Anwender abgeschätzt werden.
- Die Standard Constraint-Funktion wird durch den Kompatibilitätsfaktor ε_p modifiziert:



Was tun bei keiner Konvergenz?

- Reibung entfernen
- Zuerst mit Kontakt-Option „Kleine Verschiebung“ testen
- Elemente ohne Mittelknoten verwenden
- Mehr Zeitschritte
- Mehr Gleichgewichtsiterationen zulassen
- Liniensuchen nutzen
- Unterdrücken von Kontakt-Schwingungen nutzen
- Ändern der ATS Parameter
- Konvergenztoleranz ändern
- Ändern der übrigen Kontaktparameter