

## Dokumentation Systemlager

### A.1 Dokumentation Systemlager

In dieser Dokumentation werden die notwendigen Grundlagen zur Erstellung und Simulation von Systemlagermodellen am Beispiel eines Zwei-Lager-Modells (Abbildung 1) erläutert.

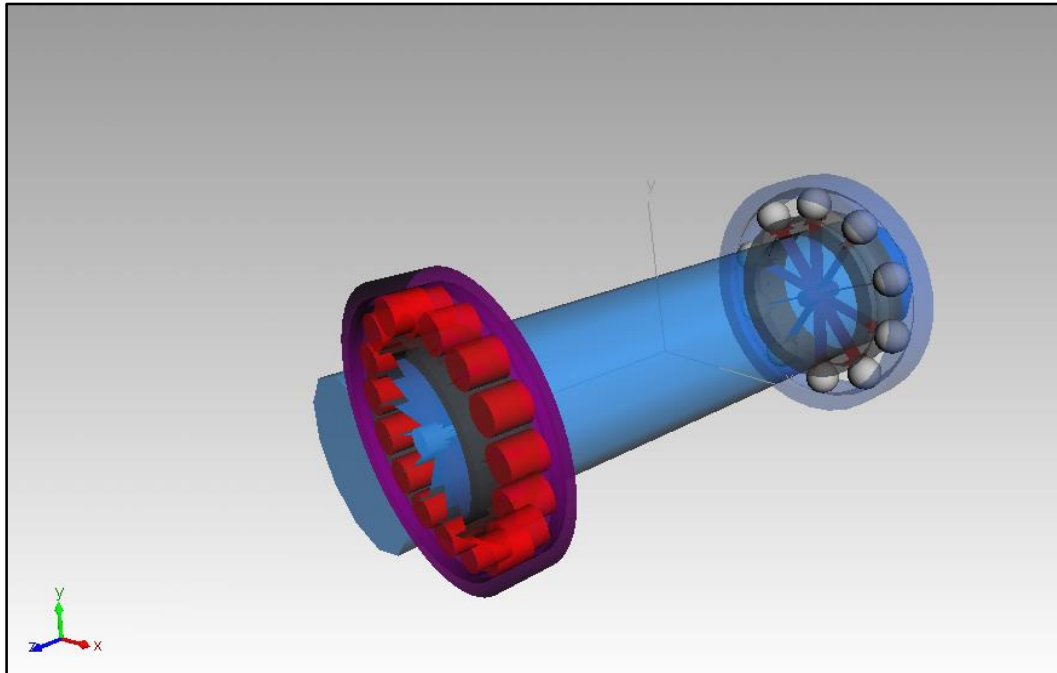


Abbildung 1 : Beispielmodell zur Systemlagererstellung: Zwei-Lager-Modell

Grundlage der Erstellung von Lagersystemen ist ein Grundmodell, in welches die Lagermodelle hinzugefügt werden sollen. Im behandelten Beispiel des Zwei-Lager-Modells stellt die Welle dieses Grundmodell dar. Um ein Lagermodell für die Systemintegration zu erstellen, muss die zugehörige Checkbox in der grafischen Programmoberfläche ausgewählt werden (vgl. Abbildung 2).

Optionen		Simulation
<input checked="" type="checkbox"/> Bordkräfte	<input checked="" type="checkbox"/> Kippen/Schränken	Contact-Type
<input type="checkbox"/> ASCII-Ausgabe aktivieren	<input type="checkbox"/> Flexibler Aussenring	Gauss-Integrationspunkte
<input type="radio"/> Einzellager	<input checked="" type="radio"/> Systemlager	Anzahl der Curvefit-Punkt
<b>Systemlagerparameter:</b>		
Drehzahl Aussenring (U/min)	<input type="text" value="0.0"/>	
Drehzahl Innenring (U/min)	<input type="text" value="0.0"/>	

Lagermodell für Systemlagersimulation erstellen

Abbildung 2: Erstellen eines Systemlagers

Über die Angabe der Drehzahl von Außen- und Innenring werden die kinematischen Geschwindigkeiten der Lagerkörper intern vorberechnet und als Startbedingung dem Systemlager aufgeprägt. Dadurch können komplexe Systemsimulationen direkt im Betriebszustand simuliert und analysiert werden. Ein notwendiger Beschleunigungsvorgang des Gesamtsystems wird dadurch verzichtbar.

Die erstellten Systemlagermodelle werden im Simpack-Grundmodell als Substructures eingebunden. Hierfür muss der Nutzer für jedes Lagermodell diese über einen Rechtsklick auf den Modellnamen erstellen (vgl. Abbildung 3).

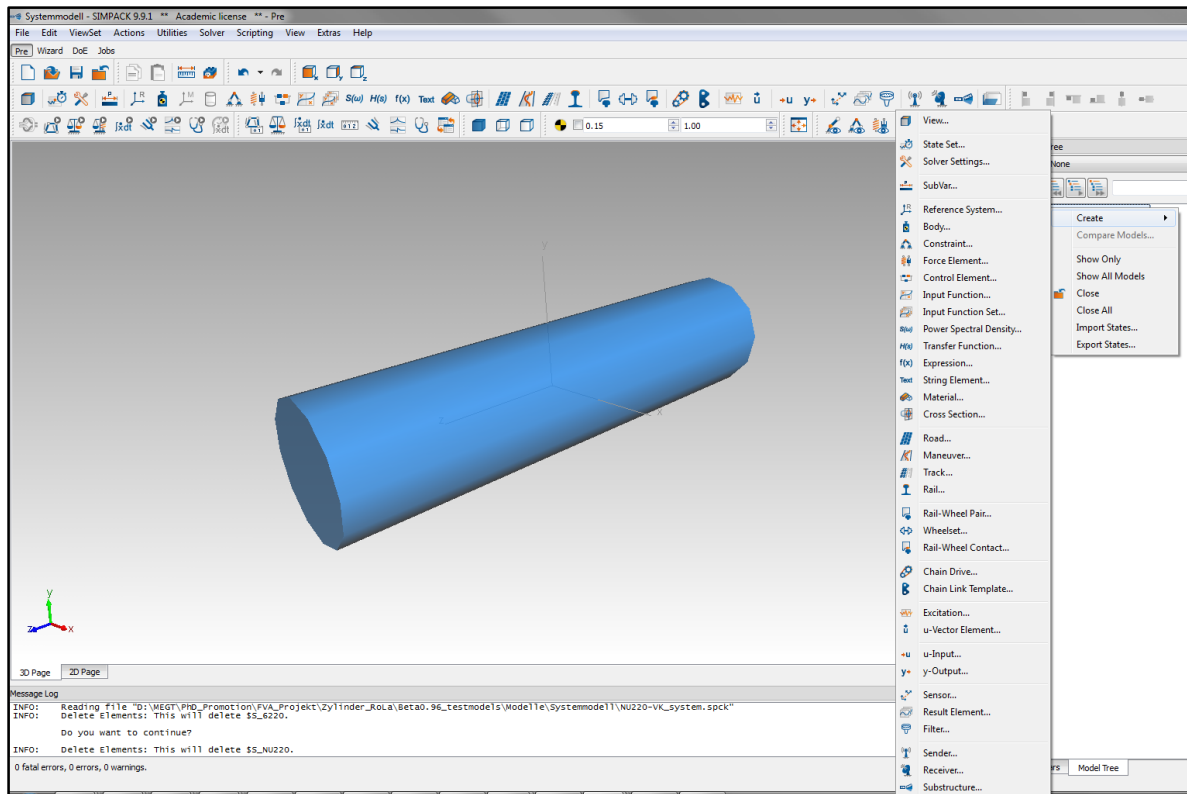
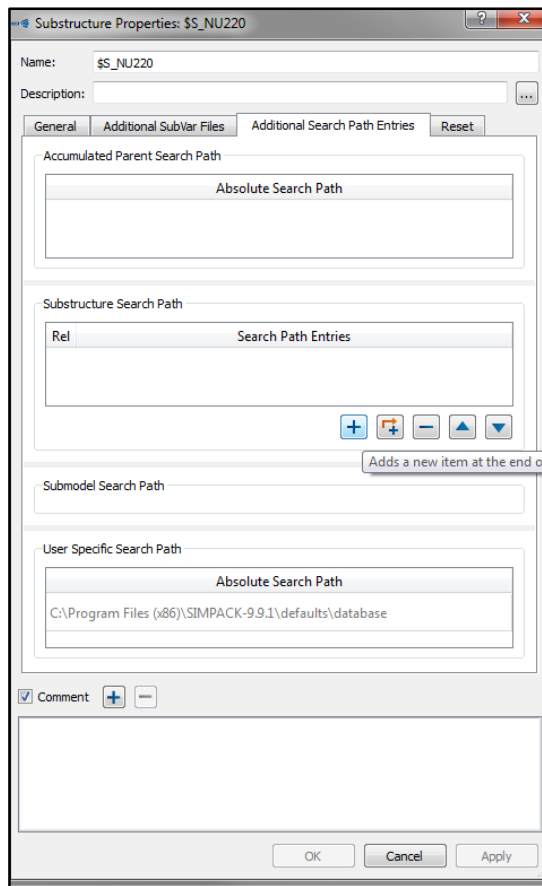
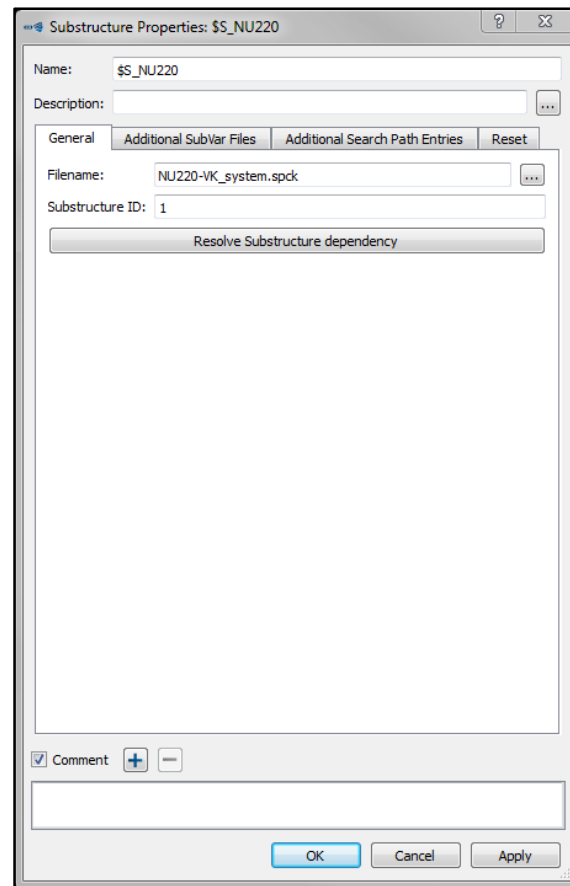


Abbildung 3: Erstellen einer Substructure in Simpack

In den Einstellungen der erstellten Substruktur (Rechtsklick -> Properties) muss unter dem Reiter „Additional Search Path Entry“ der Pfad zu den gespeicherten Systemlagermodellen angegeben werden (Abbildung 4). Diese Eingabe wird anschließend durch den Apply-Button bestätigt. Im Reiter „General“ kann anschließend das gewünschte Systemlagermodell ausgewählt werden (Abbildung 5). Damit kann das Lager anschließend einfach durch ein anderes Lagermodell ersetzt werden. Die Position und die Jointdefinitionen bleiben dabei erhalten.

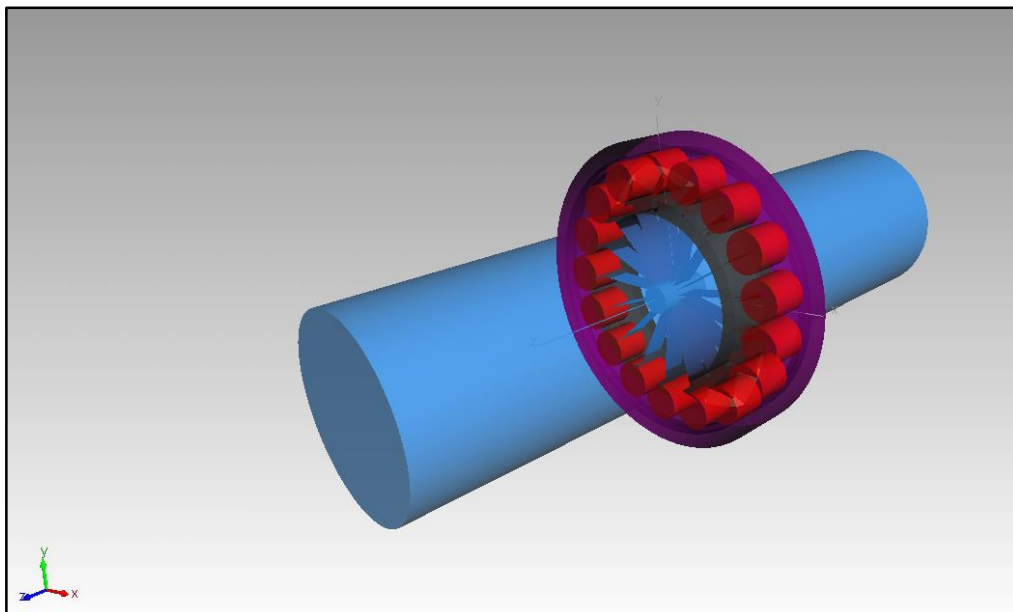


**Abbildung 4: Angabe des Systemlager-Pfads**



**Abbildung 5: Auswahl des Systemlagers**

Nach dem erfolgreichen Einladen des gewählten Lagers, erscheint dieses zunächst im Systemursprung (Abbildung 6). Die korrekte Position und kinematischen Beziehungen werden nun über die Anpassung der Joints des Außenringmarkers sowie des Groundmarkers des Lagermodells angepasst.



**Abbildung 6: Lagerposition zunächst im Systemursprung**

Zur Anpassung eines Joints wird dieser mit einem Rechtsklick ausgewählt (Abbildung 7 und Abbildung 8). Wie in Abbildung 8 dargestellt, muss der Außenringmarker durch einen „0 Degrees of Freedom“-Joint dem zugehörigen Koordinatensystemmarker des Systems (Gehäuse bzw. Umgebung) verknüpft werden. Der notwendige Joint ist bereits im Lagermodell enthalten und muss lediglich wie dargestellt angepasst werden. Analog wird der Ground-Marker des Lagermodells mit dem zugehörigen Positionsmarker der Welle fixiert (vgl. Abbildung 9). Nun ist das Systemlager vollständig im System eingebunden (vgl. Abbildung 10).

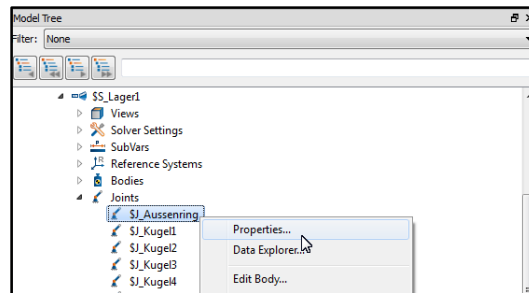


Abbildung 7: Anpassen des Außenringjoints

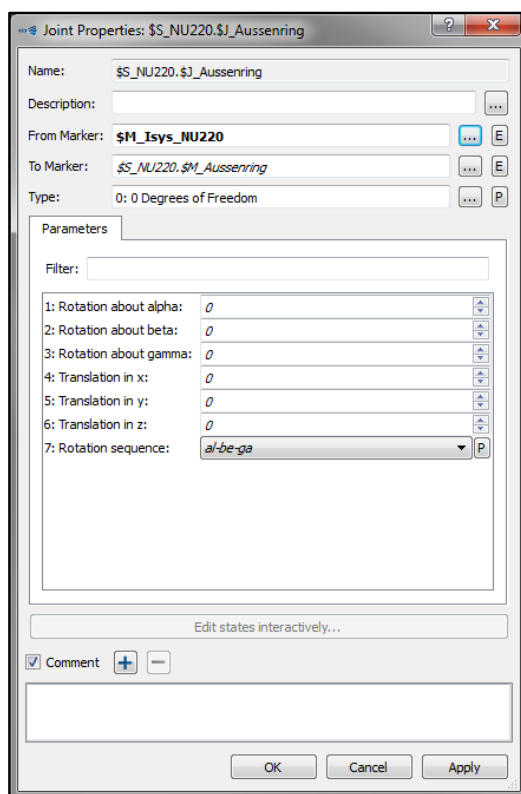


Abbildung 8: Außenring-Joint Anpassung

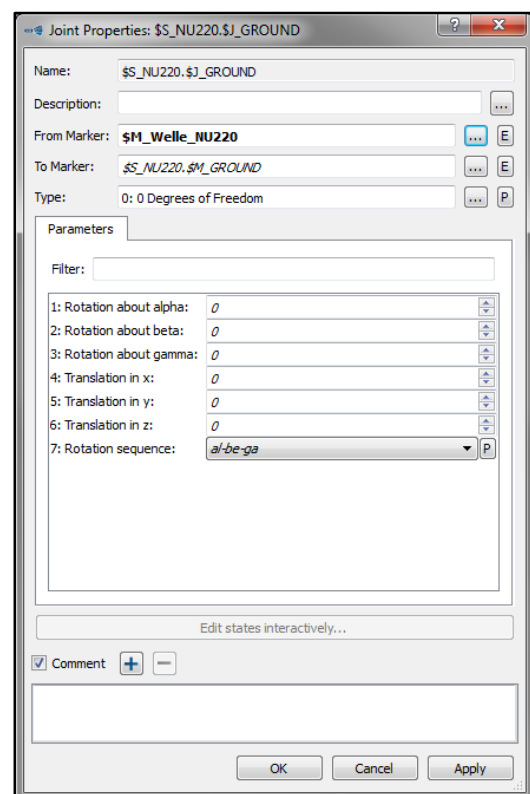
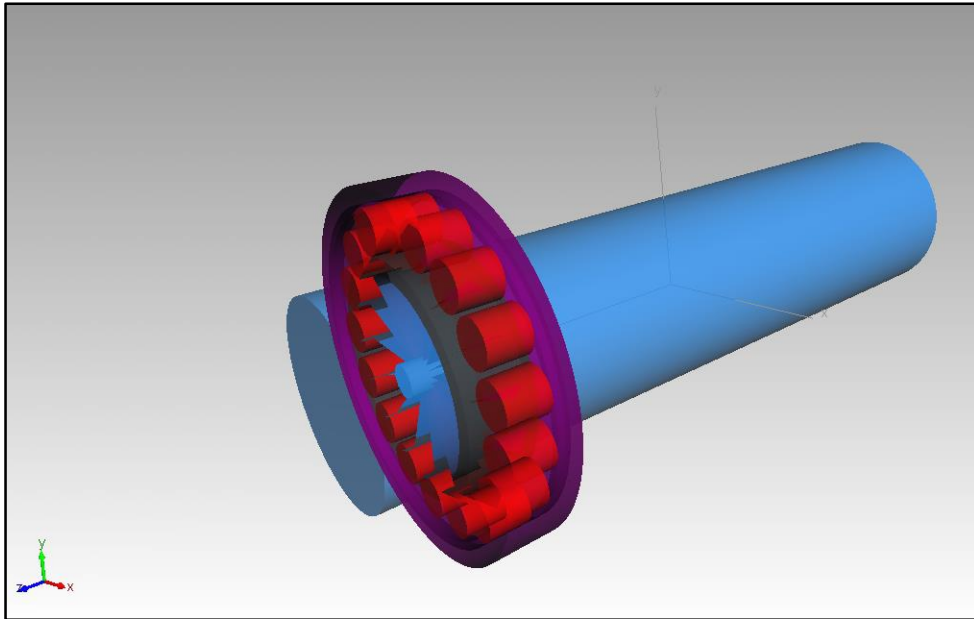


Abbildung 9: Ground-Joint Anpassung



**Abbildung 10: Erfolgreiche Einbindung des Systemlagermodells**

Analog können alle Systemlagermodelle in die Systemumgebung eingeladen werden. Auf Wunsch können die Lager über den Einstellungsreiter der Substructure nachträglich durch andere Lagermodelle ersetzt werden.

#### Hinweis:

Sollte es bei der Einbindung der Lagermodelle in einem Systemmodell Berechnungsabbrüche geben, kann dies durch eine zu große Solver-Fehlertoleranz, eine zu große Berechnungsschrittweite oder die Ausrichtung der Joints begründet sein.

Die absolute und relative Fehlertoleranz für die Einzellagermodelle wird bei der Modellerstellung automatisch auf  $1e-6$  gesetzt. Dieser Wert führt in der Regel zu zuverlässigen Berechnungsergebnissen. Sollte es trotzdem zu Problemen bei der Berechnung kommen, kann der Anwender die Toleranz selbst verringern, um die Stabilität des Modells zu verbessern (siehe Abbildung 11). In Systemmodellen haben sich Toleranzwerte von  $1e-6$  bzw.  $1e-7$  für den absoluten und den relativen Fehler als zuverlässig erwiesen. Die maximale Berechnungsschrittweite sollte im Bereich von  $1e-5$ s liegen.

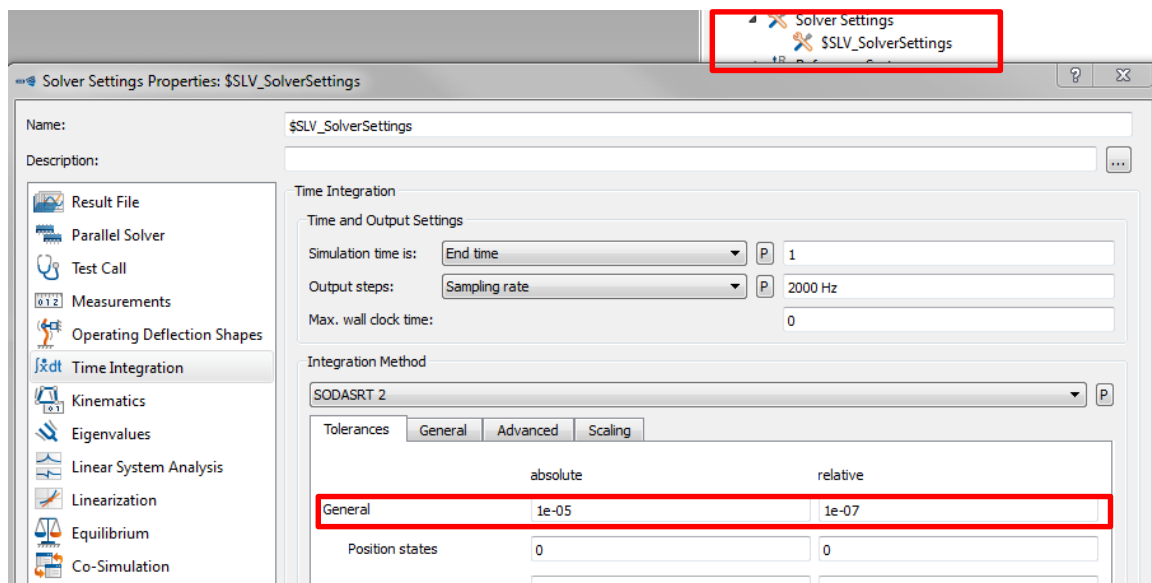
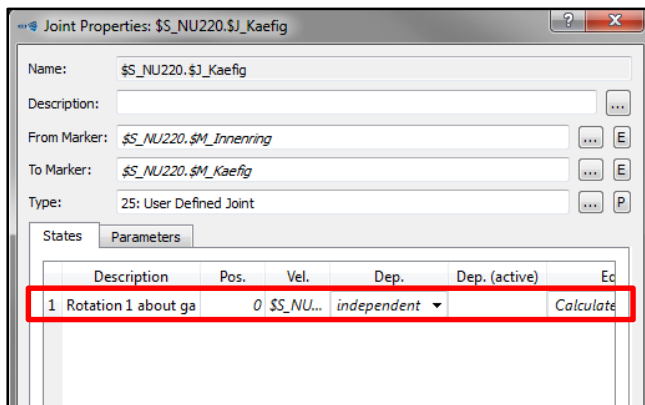
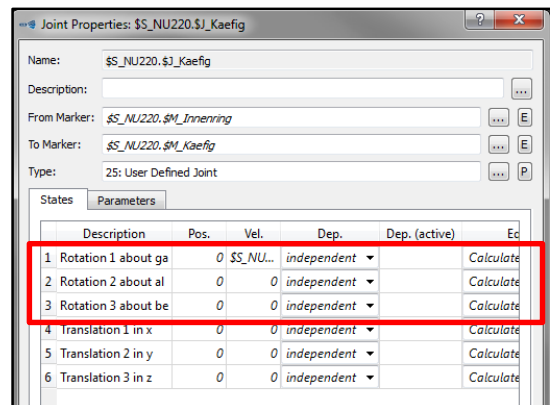


Abbildung 11: Einstellen der Solvertoleranzen

Die problematische Jointausrichtung gilt insbesondere für den Käfig-Joint. Dieser wird als User-Defined-Joint erstellt, welcher mit 6 Freiheitsgraden ausgestattet ist. Die Reihenfolge der Rotationsachsen kann dabei für Berechnungsabbrüche verantwortlich sein. Laut Aussage von Simpack sollte möglichst die dritte eingestellte Rotationsachse die Hauptrotationsachse sein (Abbildung 12). Eine definitive Aussage ist auf Grund der unzähligen möglichen Systemumgebungen jedoch nicht möglich. An dieser Stelle muss der Anwender möglicherweise die Reihenfolge der jeweiligen Käfig-Joints selbst anpassen.



(a)



(b)

Abbildung 12: Definition der Rotationsreihenfolge des Käfig-Joints im Systemmodell (a) Virtueller Käfig (b) Kontakt Käfig