

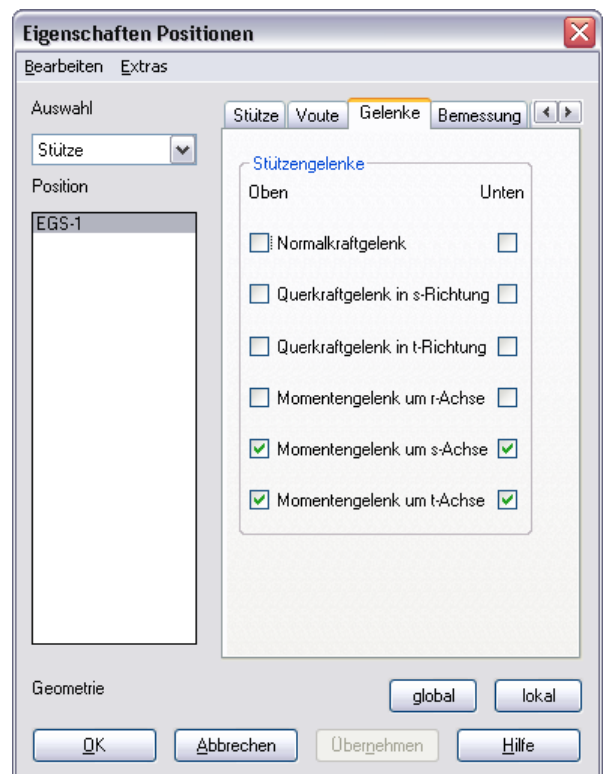
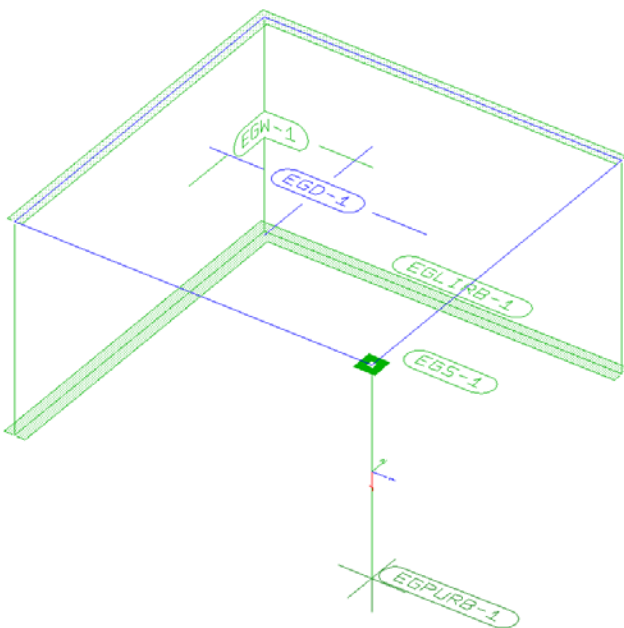
Thema

Gerade bei 3D-Modellen kann es vorkommen, dass durch unzureichende Lagerung, unkorrekte Anschlussbedingungen o. ä. versehentlich ein kinematisches System eingegeben wird, welches nicht berechnet werden kann.

Für diesen Fall bietet MicroFe die Möglichkeit an, das Modell auf kinematische Beweglichkeit hin zu überprüfen und die auftretenden Starrkörperbewegungen grafisch darzustellen. Damit lässt sich i. d. R. die Ursache des beweglichen Systems schnell finden und durch Änderung der Lagerungs- oder Anschlussbedingungen korrigieren.

An einem einfachen Beispiel soll das Vorgehen erläutert werden.

System



Decke auf Wand und Stütze.

Die Stütze EGS-1 soll als Pendelstütze definiert werden. Dazu werden in den Positionseigenschaften der Stütze die Momentengelenke um die s- und die t-Achse oben und unten gesetzt. Außerdem ist das Punktlager EGPURB-1 gelenkig definiert (nur die drei Translationsfreiheitsgrade sind gehalten).

Berechnung

Dieses Modell lässt sich nicht berechnen, da das Gelenk am Stützenfuß „doppelt“ definiert wurde (als Stützengelenk und als gelenkiges Punktlager) und somit ein frei beweglicher Knoten am Stützenfuß entsteht. Die statische Berechnung bricht ab und

```
--Lösung der statischen Aufgabe
```

```
*** Achtung
```

Knoten	FG	
70	5	Diagonalelement gleich Null
70	4	Diagonalelement gleich Null

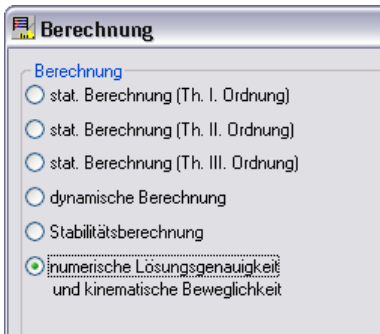
```
*** Achtung
```

Maximales	Diagonalelement	Minimales	Diagonalelement	Quotient
1.00E+010			0.00E+000	-

```
**** Programmabbruch ****
```

```
Null-Diagonalelement vor der Transformation
Empfehlungen für die Korrektur des Berechnungsmodells:
-Rand- und Gelenkbedingungen überprüfen
-kinematische Beweglichkeit überprüfen
-Elementkoordinatensysteme kontrollieren
-Kontrolle des FE-Netzes
-Materialeigenschaften kontrollieren
-bei Theorie II. Ordnung - Systemstabilität beachten
```

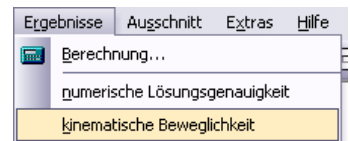
weist im Protokoll eine entsprechende Fehlermeldung aus, in der eine Überprüfung der kinematischen Beweglichkeit empfohlen wird¹.



Kinematiktest

Ein erneuter Rechenlauf unter der Option „kinematische Beweglichkeit“ im Berechnungsdialog löst nun eine spezielle Eigenwertaufgabe und liefert als Resultat die ersten n Eigenwerte² der Systemsteifigkeitsmatrix mit den zugehörigen Eigenformen, die als Grafik dargestellt die Starrkörperbewegungen des untersuchten FE-Modells veranschaulichen.

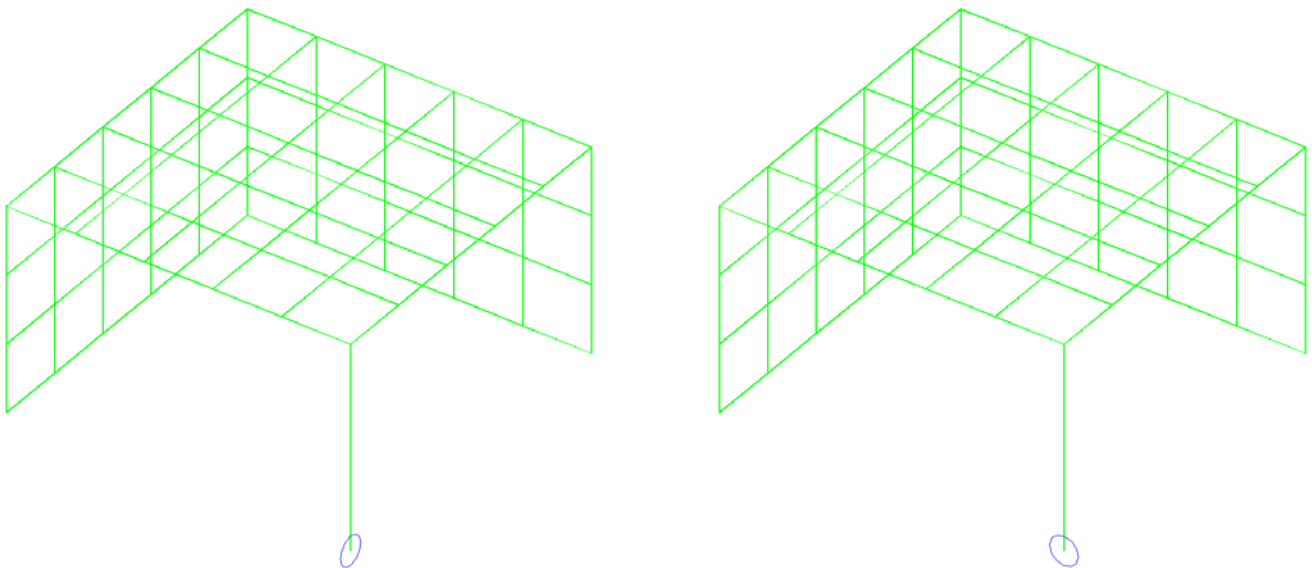
In der Ausgabe stehen die Ergebnisse des Kinematiktests unter „Ergebnisse /



kinematische Beweglichkeit“ zur Verfügung.

Die den Nulleigenwerten entsprechenden Eigenformen stellen die Starrkörperbewegungen des Systems oder deren Teile dar. Die Animation dieser Eigenformen geben dem Anwender konkrete Hinweise auf mögliche Ursachen des kinematischen Systems. Frei rotierende FE-Knoten – wie in unserem Beispiel – werden mit Darstellung des Freiheitsgrades farblich markiert.

Ergebnisse



In diesem Beispiel existieren zwei Nulleigenwerte. Die beiden zugehörigen Eigenformen sind hier dargestellt. Es ist zu erkennen, dass der Knoten am Stützenfuß um die x - und die y -Achse frei rotieren kann.

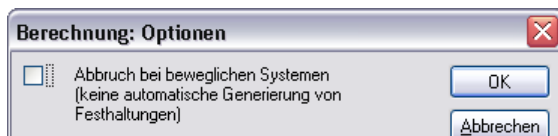
¹ Bei diesem einfachen Beispiel ist aus dem Berechnungsprotokoll schon ersichtlich, dass die Ursache für den Berechnungsabbruch beim Knoten 70 zu suchen ist. Mit „Topologie / Knotennummern“ kann verifiziert werden, dass dies genau der Knoten am Stützenfuß ist.

² = Anzahl der Spektralwerte, im Berechnungsdialog einstellbar

Korrektur

Das Modell lässt sich leicht korrigieren, indem entweder die unteren Stützengelenke deaktiviert werden oder im Punktlager auch die Rotationsfreiheitsgrade gehalten werden.

Eine andere Möglichkeit zur Korrektur besteht darin, bei beweglichen Systemen automatisch Festhaltungen generieren zu lassen. Dies sollte jedoch nur in Ausnahmefällen geschehen, da hier nun das tatsächlich berechnete System (mit automatisch generierten zusätzlichen Festhaltungen) nicht mehr identisch ist mit dem vom Anwender definierten Modell.



Hierzu ist für eine statische Berechnung im Berechnungsdialog unter „Optionen...“ der standardmäßig aktivierte „Abbruch bei beweglichen Systemen“ zu deaktivieren.

Im Berechnungsprotokoll³ taucht nun weiterhin der problematische Knoten 70 auf, aber das Modell konnte nun durch zusätzlich generierte Festhaltungen berechnet werden.

```
--Lösung der statischen Aufgabe
*** Achtung
Knoten FG
-----
70 5 Diagonalelement gleich Null
70 4 Diagonalelement gleich Null
Der Algorithmus zum Generieren von Festhaltungen ist aktiv geschaltet.
Deshalb werden große Steifigkeiten addiert (1e+010).
Die Lösung wurde auf Grund dieser Modelländerung ermittelt.
```

³ Das Berechnungsprotokoll kann aus dem ProjektManager heraus aufgerufen werden. In jedem Projekt enthält die Kartei „Ergebnisse“ alle Viewerausgaben – darunter auch die Berechnungsprotokolle.