
FEM – Vertiefung

Prof. Dr.-Ing. Carsten Schulz

Arne Goedeke, M.Eng.

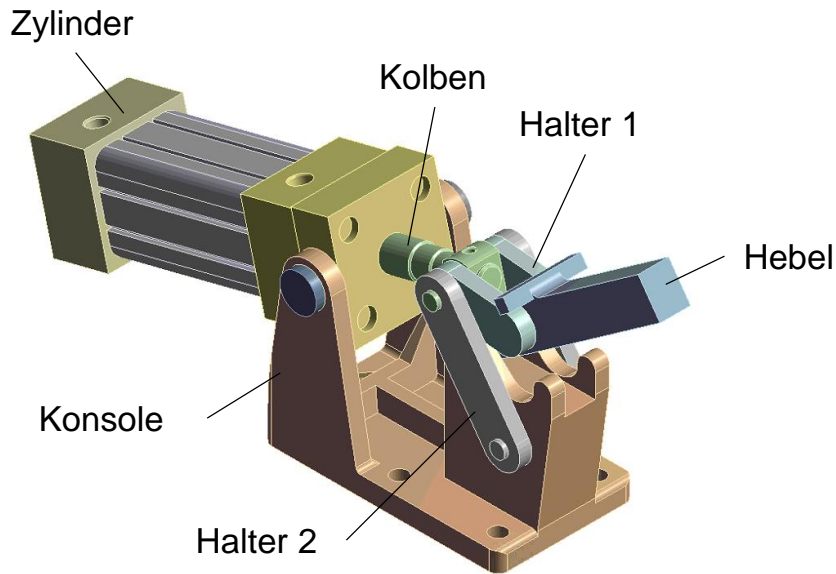
Praktikum

1 – Kinetische Untersuchung eines
Pneumatikspanners

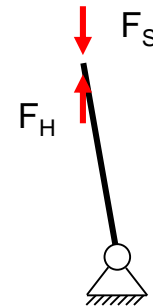
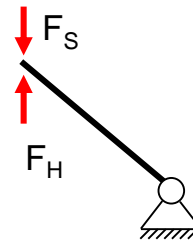
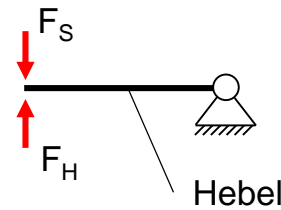
1. Aufgabenstellung
2. Steifigkeitsverhalten eines Körpers ändern
3. Definition von Gelenkverbindungen
4. Definition von Gelenkantrieben
5. Große Verformung
6. Änderung der Schrittweite
7. Auswerten von Gelenkergebnissen
8. Definition von externen Kräften

1. Aufgabenstellung

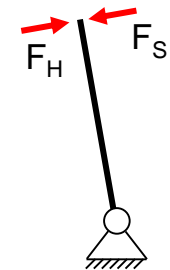
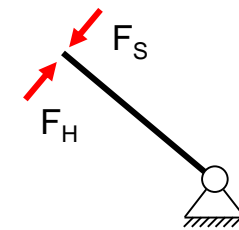
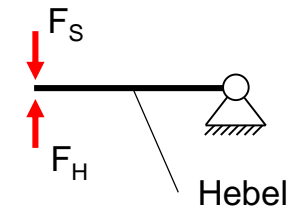
Für den untenstehenden Pneumatikspanner (Geometrie in „Zusatzdokumente“ herunterladbar) ist die vom Zylinder aufzubringende Kraft und der hierfür erforderliche Druck während des Bewegungsablaufs zu ermitteln. Es gilt zu prüfen, ob der im Datenblatt (in „Zusatzdokumente“ herunterladbar) aufgeführte Zylinder für beide Lastfälle (I und II, siehe unten) im Halte- (F_H) und Spannfall (F_S) ausreichend dimensioniert ist.



Lastfall I



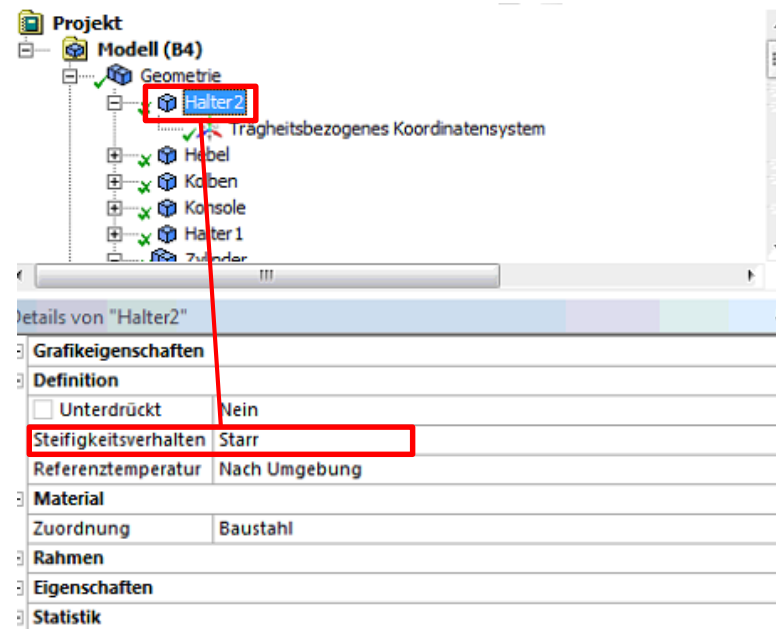
Lastfall II



1. Aufgabenstellung

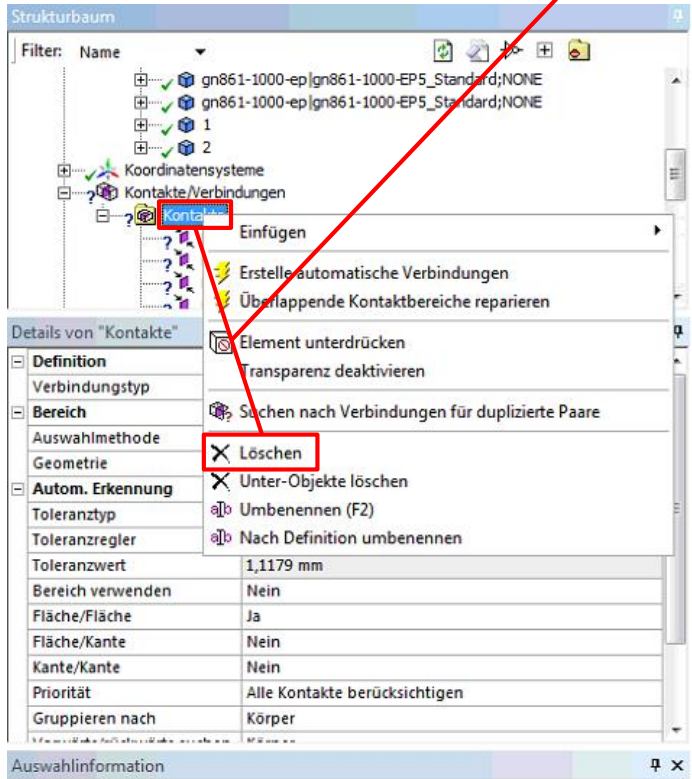
1. Öffnen Sie das Modell und wählen Sie für alle Körper ein starres Steifigkeitsverhalten, vgl. [Abschnitt 2](#).
2. Definieren Sie Lager zwischen den Bauteilen entsprechend der Freiheitsgrade, vgl. [Abschnitt 3](#). Achten Sie auf die statische Bestimmtheit Ihres Systems (Fest-Los-Lagerung).
3. Lagern Sie die Konsole mithilfe einer „Körper-Lagerung-Verbindung“ vom Typ „Fixiert“ an der Aufstandsfläche.
4. Erstellen Sie einen Gelenkantrieb zum weggesteuerten Einfahren (max. 67mm) des Zylinders, vgl. [Abschnitt 4](#).
5. Lösen Sie Ihr Modell zunächst ohne äußere Belastung. Wählen Sie „Große Verformungen“, vgl. [Abschnitt 5](#), und rechnen Sie mit mindestens 100 Zwischenschritten, vgl. [Abschnitt 6](#).
6. Stellen Sie den Verlauf der Hebelrotation (Drehwinkel in der hinteren Lagerung) tabellarisch und grafisch über die Zeit und den Einfahrweg des Zylinders dar, vgl. [Abschnitt 7](#).
7. Definieren Sie eine konstante „externe Kraft“ (maximale Spann- und Haltekraft) an der Stirnfläche des Hebels für Lastfall I und Lastfall II, vgl. [Abschnitt 8](#). Hinweis: Nutzen Sie für Lastfall II die unter Arbeitsschritt 6 ermittelten Verläufe.
8. Lösen Sie die auf Folie 3 gestellte Aufgabenstellung bzgl. der Dimensionierung des Pneumatikzylinders.

2. Steifigkeitsverhalten eines Körpers ändern

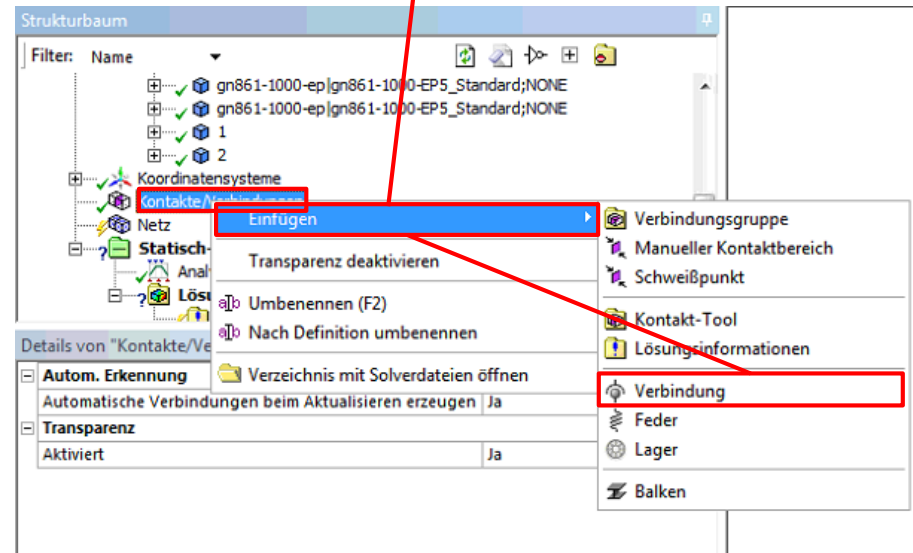


3. Definition von Gelenkverbindungen

1. Löschen Sie zunächst die automatisch erstellten Kontakte.



2. Fügen Sie eine Verbindung ein.

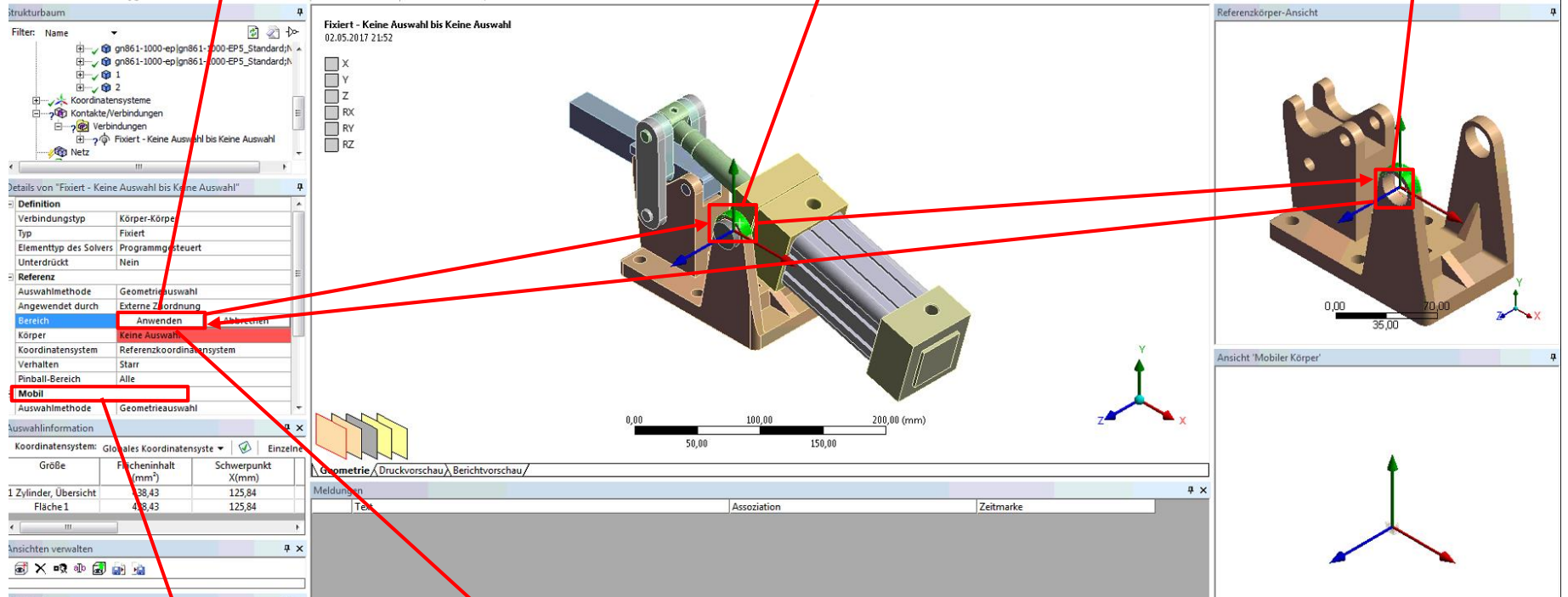


3. Definition von Gelenkverbindungen

3.1. Klicken Sie in das (zuvor gelbe) Feld „Bereich“ der Referenz.

3.2. Wählen Sie eine beliebige Fläche des ersten Körpers aus, welchen Sie verbinden möchten. Anschließend erscheint der einzelne Körper in der Referenzansicht.

3.3. Wählen Sie die (ggf. zuvor nicht selektierbare) Kontaktfläche aus.



4. Wiederholen Sie 3. für die Kontaktfläche des Partnerbauteils (Mobil).

3.4. Klicken Sie auf „Anwenden“, um die Auswahl der ersten Kontaktfläche zu bestätigen.

3. Definition von Gelenkverbindungen

5. Schränken Sie die gewünschten Freiheitsgrade der Verbindung ein.

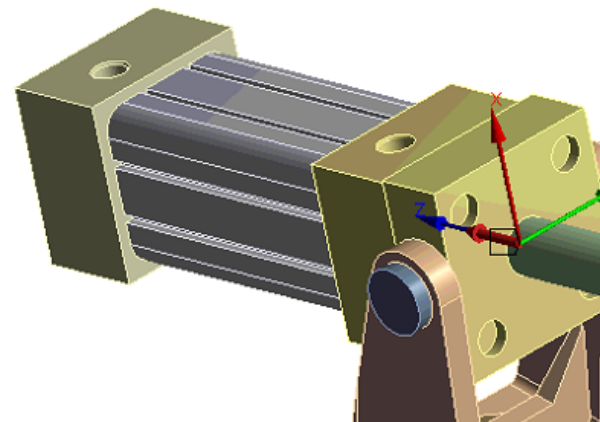
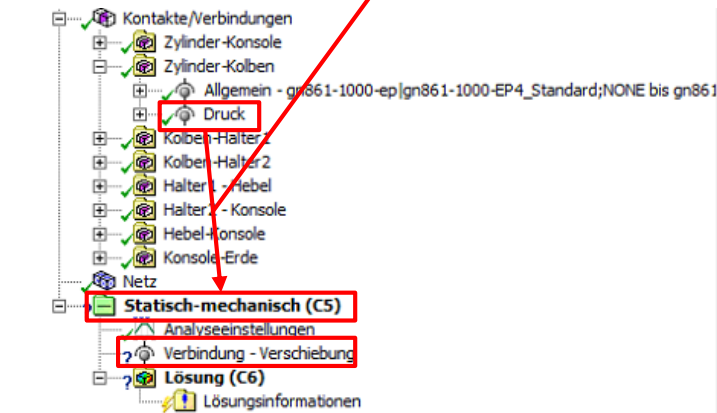
Details von "Allgemein - gn861-1000-ep gn861-1000-EP1_Standar..."	
Definition	
Verbindungstyp	Körper-Körper
Typ	Allgemein
Unterdrückt	Nein
Verschiebung X	Fixiert
Verschiebung Y	Fixiert
Verschiebung Z	Fixiert
Rotationen	Alles freigeben
Referenz	
Auswahlmethode	Geometrieauswahl
Angewendet durch	Externe Zuordnung
Bereich	1 Fläche
Körper	gn861-1000-ep gn861-1000-EP1_Standard;NO...
Koordinatensystem	Referenzkoordinatensystem
Verhalten	Starr
Pinball-Bereich	Alle
Mobil	
Auswahlmethode	Geometrieauswahl
Angewendet durch	Externe Zuordnung
Bereich	1 Fläche
Körper	1
Ausgangsposition	Unverändert
Verhalten	Starr
Pinball-Bereich	Alle

Für die Lagerung eines Teiles bzw. einer Baugruppe im globalen Kontext wechseln Sie den Verbindungstyp auf „Körper-Lagerung“.

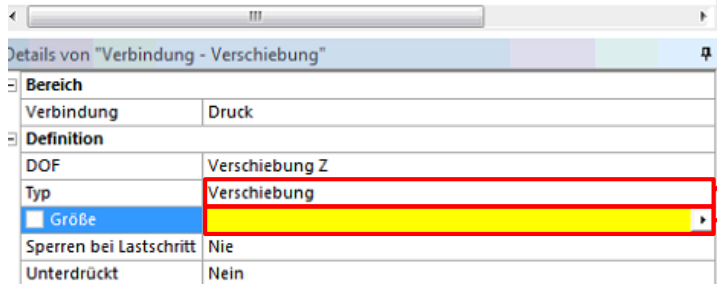
Der Typ „Allgemein“ erlaubt das Sperren einzelner Freiheitsgrade und eignet sich daher zur Abbildung sämtlicher Verbindungen.

4. Definition von Gelenkantrieben

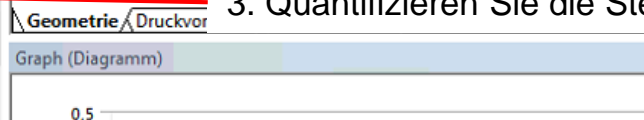
1. Ziehen Sie die Verbindung, welche den gewünschten zu steuernden Freiheitsgrad enthält, per Drag&Drop auf „Statisch-mechanisch“. Der Freiheitsgrad muss in der Verbindung frei sein.



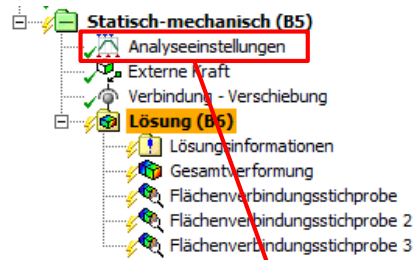
2. Wählen Sie eine Art der Bewegungssteuerung (Kraftgesteuert, Weggesteuert).



3. Quantifizieren Sie die Steuerung.

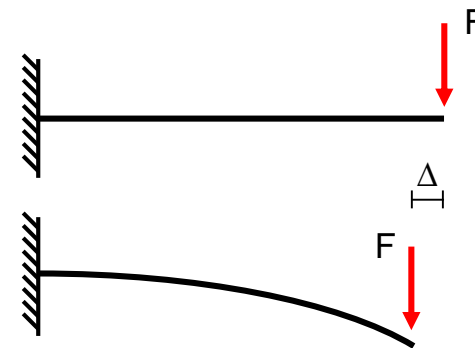


5. Große Verformung



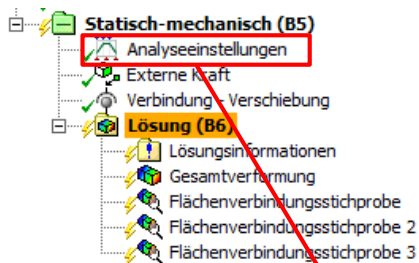
Große Verformung ermöglicht die Berücksichtigung geometrischer Nichtlinearitäten.

Beispiel: Änderung des Kraftangriffspunktes bei großer Balkenverformung:



tails von "Analyse-einstellungen"	
Schrittsteuerung	
Anzahl Lastschritte	1,
Aktuelle Schrittnummer	1,
Zeit nach Schritt	1, s
Automatische Zeitschrittsteuerung	Programmgesteuert
Solver-Steuerungen	
Solver-Typ	Programmgesteuert
Schwache Federn	Programmgesteuert
Pivot-Prüfung des Solvers	Programmgesteuert
Große Verformung	Ein
Trägheitsausgleich	Aus
Restart Steuerung	
Nichtlineare Steuerungen	
Ausgabesteuerungen	
Analysedatenverwaltung	
Sichtbarkeit	

6. Änderung der Schrittweite



Details von "Analyse-einstellungen"	
Schrittsteuerung	
Anzahl Lastschritte	1,
Aktuelle Schrittnummer	1,
Zeit nach Schritt	1, s
Automatische Zeitschrittsteuerung	Ein
Definiert durch	Substeps
Anfängliche Substeps	100,
Min. Substeps	100,
Max. Substeps	1, e+005
Solver-Steuerungen	
Solver-Typ	Programmgesteuert
Schwache Federn	Programmgesteuert
Pivot-Prüfung des Solvers	Programmgesteuert
Große Verformung	Ein
Trägheitsausgleich	Aus
Restart Steuerung	
Nichtlineare Steuerungen	
Ausgabesteuerungen	
Analysedatenverwaltung	
Sichtbarkeit	

Die Zeitschrittsteuerung ermöglicht die Steuerung der einzuhaltenden Schrittweiten bei der Berechnung. Insbesondere bei nicht-linearen Berechnungen kommt Sie zum Einsatz. Im vorliegenden Fall wird sie zur Erzeugung von Zwischenergebnissen (Substeps) eingesetzt. Der Post-Prozessor interpoliert linear zwischen den berechneten Substeps, sodass es bei einer zu geringen Anzahl an Zwischenergebnissen zu einem verfälschten Bewegungsablauf des Hebels kommt.

7. Auswerten von Gelenkergebnissen

Details von "Flächenverbindungsstichprobe"

Definition	
Typ	Flächenverbindungsstichprobe
Randbedingung	Allgemein - gn861-1000-ep gn861-1000-EP1_Standard;NONE bis ...
Ausrichtungsmethode	Flächenverbindungs-Referenzsystem
Unterdrückt	Nein

Optionen	
Ergebnistyp	Gesamtkraft
Ergebnisauswahl	Alle
<input type="checkbox"/> Zeit anzeigen	Endzeit

1. Ziehen Sie das auszuwertende Gelenk per Drag&Drop in den Lösungsbereich.

2. Wählen Sie einen Ausgabetyt.

Hinweis: Die als Tabelle ausgegebenen Ergebnisse können markiert und

7. Auswerten von Gelenkerggebnissen

Tabellarische Ergebnisse können zur Weiterverarbeitung kopiert und z.B. in Excel eingefügt werden.

3. Wählen Sie das gewünschte Ergebnis aus.

4. Klicken Sie auf das graue Kästchen im oberen linken Eck der Tabelle, um den vollständigen Tabelleninhalt zu markieren.

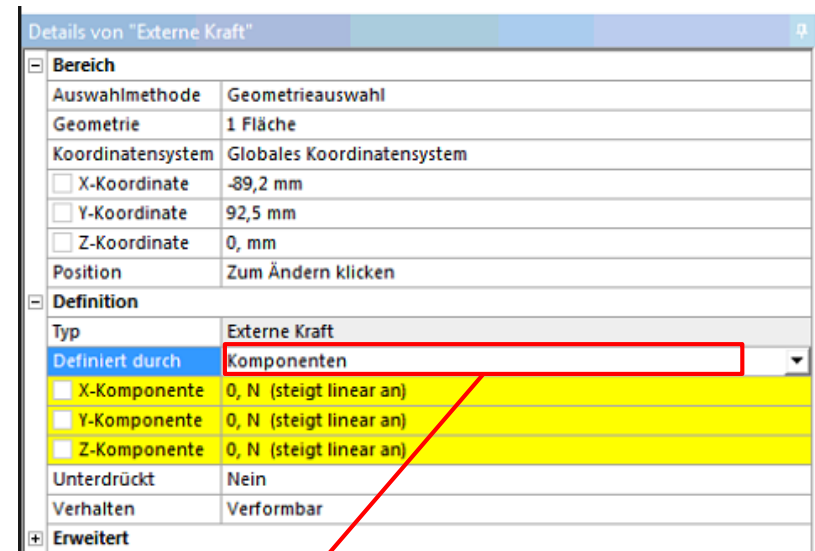
	Zeit [s]	Flächenverbi...	Flächenverbin...	Flächenverbi...	Flächenverbi...
1	1, e-002	-2,7392e-021	-4,5293e-019	5,2592e-003	5,2592e-003
2	2, e-002	2,0348e-014	-1,3773e-015	2,0981e-002	2,0981e-002
3	3, e-002	1,7615e-013	-1,1864e-014	4,7094e-002	4,7094e-002
4	4, e-002	4,6078e-013	-3,0783e-014	8,3545e-002	8,3545e-002
5	5, e-002	8,3038e-013	-5,4869e-014	0,1303	0,1303
6	6, e-002	1,2248e-012	-7,9814e-014	0,18732	0,18732
7	7, e-002	1,5668e-012	-1,004e-013	0,25461	0,25461
8	8, e-002	1,7612e-012	-1,1062e-013	0,33218	0,33218
9	9, e-002	1,6924e-012	-1,0384e-013	0,42004	0,42004
10	1, e-001	1,2226e-012	-7,3023e-014	0,51822	0,51822
11	0,11	1,8846e-013	-1,0914e-014	0,62677	0,62677
12	0,12	-1,6026e-012	8,9635e-014	0,74574	0,74574
13	0,13	-4,3766e-012	2,3526e-013	0,87522	0,87522
14	0,14	-8,398e-012	4,3161e-013	1,0153	1,0153
15	0,15	-1,3976e-011	6,8271e-013	1,166	1,166
16	0,16	-2,1469e-011	9,9014e-013	1,3275	1,3275

5. Kopieren Sie den Inhalt, indem Sie auf Ihrer Tastatur „Strg“ + „c“ drücken. Anschließend können Sie die Daten z.B. in Excel einfügen.

8. Definition von externen Kräften

1. Fügen Sie eine externe Kraft hinzu (z.B. über RMT auf „Statisch-mechanisch“ → Einfügen)

2. Wählen Sie eine Fläche oder einen externen Punkt aus (bei Auswahl einer Fläche wird ein externer Punkt im Flächenschwerpunkt angelegt).



3. Definieren Sie Ihre Kraft durch Komponenten. Bei „Komponenten“ resultiert der Kraftbetrag sowie die die Krafrichtung aus der Vektoraddition der einzelnen Komponenten.

8. Definition von externen Kräften

Details von "Externe Kraft"

Bereich

Auswahlmethode	Geometrieauswahl
Geometrie	1 Fläche
Koordinatensystem	Globales Koordinatensystem
<input type="checkbox"/> X-Koordinate	-89,2 mm
<input type="checkbox"/> Y-Koordinate	92,5 mm
<input type="checkbox"/> Z-Koordinate	0, mm
Position	Zum Ändern klicken

Definition

Typ	Externe Kraft
Definiert durch	Komponenten
X-Komponente	Tabellarische Daten
Y-Komponente	Tabellarische Daten
Z-Komponente	Tabellarische Daten
Unterdrückt	Nein
Verhalten	Verformbar

Erweitert

Geometrie / Druckvorschau / Berichtsvorschau /

Graph (Diagramm)

Tabellarische Daten

Schritte	Zeit [s]	X [N]	Y [N]	Z [N]
1	0	0	0	0
2	0,1	0	0	0
3	0,2	0	0	0
4	0,3	0	0	0
5	0,4	0	0	0
6	0,5	0	0	0
7	0,6	0	0	0
8	0,7	0	0	0
9	0,8	0	0	0
10	0,9	0	0	0
11	1	0	0	0

4. Wählen Sie Tabellarische Daten aus, um zeitvariante Kraftgrößen zu definieren. Es empfiehlt sich hierbei die Nutzung einer Excel-Tabelle, welche in das gekennzeichnete Feld kopiert werden kann.