

6.4.2 Nahe Verbindungen

6.4.2.1 Arten und Eigenschaften naher Verbindungen

Die Stützelemente der Baugruppenbedingungen funktionieren nicht alle in jedem Fall. In der Regel müssen Kontakt, Abstand und Winkel auf zwei Teilflächen bezogen sein, nicht auf Punkte und Kanten. Auch wenn sich die Verbindungen mit solchen Stützelementen erzeugen lassen, sind sie nutzlos, wenn sie nicht genügend Freiheitsgrade binden.

Tabelle 7: Kopplungsrandbedingungen für geringe Abstände

Befehl		Stützelemente	Körper lokal versteift	elast. Verformbarkeit der Teile berücksichtigt	Übertragung Zug, Druck, Momente	Bemerkung, Anwendung
Sym- bol	Benennung					
	Gleitverbindung [Slider Connection]		nein	ja	Zug u. Druck ⊥ lokales Flächenelement u. Momente um tangentielle Achsen (> alle F und M bei 3D-Freiformfläche außer Kugel)	Tangentiales Gleiten zwischen Bezugsgeometrien möglich. <ul style="list-style-type: none"> • Gleitführung mit „Umgriff“/ Gleitlager • Gleitlager mit Spiel (auf Baugruppenbedingung Linienkontakt) • Kugelkalotte • Verdrehsicherung (z. B. auf Baugruppenbedingung Winkel zwischen ebenen Flächen)
	Kontaktverbindung [Contact Connection]		nein	ja	Druck ⊥ lokales Flächenelement	Alle Bewegungen außer ⊥ Bezugsgeometrien aufeinander zu. Innerhalb des positiven Sicherheitsabstandes auch aufeinander zu möglich. Sicherheitsabstand eingeben (0, + Spiel/2, - Passungsübermaß/2)! Längere Rechenzeit als bei Gleit- o. fixierter Verbindung. <ul style="list-style-type: none"> • Gleitführung ohne „Umgriff“ • Press- bis Spielpassung • Schraubenkopfauflage, wenn Schraubentlastung modelliert werden muss. • Druck zwischen Freiformflächen (Analyseverbindung) • Hertzische Pressung
	Fixierte Verbindung [Fastened Connection]		nein	ja	alle F und M	Verbundene Teilegeometrien verhalten sich im Kopplungsbereich wie ein einziger Körper <ul style="list-style-type: none"> • Schweiß-, Löt-, Klebverbindung • Schraubenkopfauflage, wenn Schraubentlastung nicht modelliert werden muss.

Befehl		Stützelemente	Körper lokal versteift	elast. Verformbarkeit der Teile berücksichtigt	Übertragung Zug, Druck, Momente	Bemerkung, Anwendung
Sym- bol	Benennung					
	Fixierte Feder- verbindung [Fastened Spring Connection]		nein	ja	$\pm F$ und $\pm M$ je nach definierten Federzahlen	Elast. Verbindung zwischen zwei Bezugsgeometrien <ul style="list-style-type: none"> Silentblock elastische Maschinenaufstellung
	Presspass- verbindung [Pressure Fitting]		nein	ja	alle F und M	Alle Verschiebungen fixiert, auch tangential, die bei Gleit- u. Kontaktverbindung möglich sind. „Überlappung“ = Passungsübermaß/2
	Schrauben- verbindung (Bol- zenverbindung) [Bolt Tightening Connection]	 vorzugsweise. nur sehr kleiner Abstand		ja	$\pm F$ in Achs- richtung	Vorgespannte Schraubenverbindung mit/ohne Schraube. Bedingung des Typs 'Teilfläche-Teilfläche' zwischen dem Bolzengewinde und dem Gewinde des Bolzenstützelements. Flächen sollten kongruent sein. Achtung!!! Teilflächen müssen axial asymmetrisch zueinander liegen (sonst statt Linie für Ausrichtung des Schraubensymbols nur Punkt).

Hertzische Pressung kann mit dem CATIA-FEM-Elfini-Solver nicht hinreichend genau berechnet werden.

6.4.2.2 Schraubenverbindungen

Die Modellierung von Verschraubungen mit dem Verbindungstyp „Eigenschaft der Bolzenverbindung“ – richtiger übersetzt „Eigenschaft der Schraubenverbindung“ – soll an Beispielen gezeigt werden. Als Startmodell für das erste Beispiel dient die Baugruppe [Beispiele/Schraubverbind_Viertelschn.CATProduct](#).

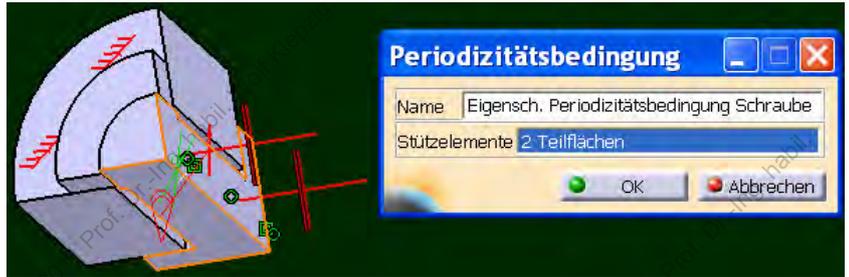
Der das Schraubengewinde repräsentierende Zylinder überragt die Muttergewindebohrung nach beiden Seiten um die gleiche Länge. Die Gewinde sind also **axial symmetrisch** zueinander, was nach Tabelle 7 nicht möglich sein sollte. Deshalb ist nach dem ersten Analyseversuch die Mutterlänge zu modifizieren.

- Start > Analyse & Simulation > Generative Structural Analysis > Statikanalyse
Warnhinweis, dass Hauptkörper des Steuerteils leer ist – i. O.
- Im Baumzweig Knoten und Elemente die von CATIA automatisch generierten Tetraedernetze kontrollieren. Zur Überprüfung des FEM-Modells auf hinreichende Randbedingungen zunächst mit Elementtyp Linear  rechnen.
- Feste Einspannung der (Viertel-)Hülsenstirnfläche an der Mutterseite
- Flächenloslager auf y-z-Schnittfläche der Schraube

- Periodizitätsbedingungen  erzeugen für

- Schraube
- Mutter
- Hülse

Bild 37: Periodizitätsbedingung



- Kontaktverbindungen zwischen Auflageflächen Schraubenkopf/Hülse sowie Mutter/Hülse, als Stützelement

- entweder Baugruppenbedingungen nutzen

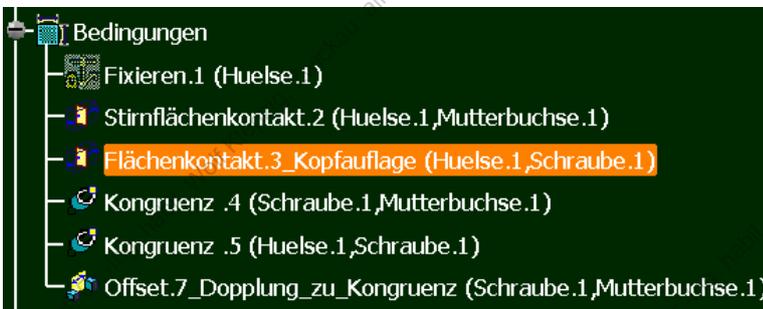
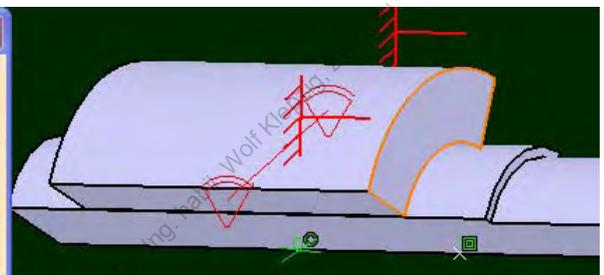


Bild 38: In der Baugruppe definierte Bedingungen als Stützelement nutzen

- oder erst Analysebedingungen als Stützelemente erzeugen.

Bild 39:
Analysebedingung auf
Stirnflächen



Dazu zweckmäßig Hülse verdecken  und Hülseflächen als zweite Komponente im nicht sichtbaren Raum  selektieren.

- Schraubverbindung modellieren
 - Analyseverbindung der „Gewinde“

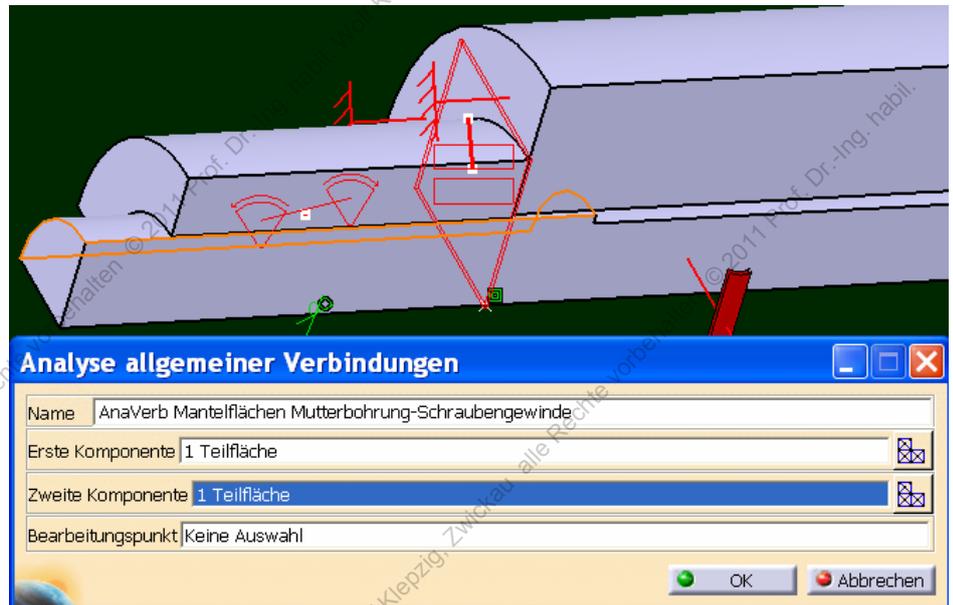


Bild 40:
Analyseverbindung der
Gewindemantelflächen

- Schraube mit Vorspannkraft als „Eigenschaft der Bolzenverbindung“ erzeugen

Als Stützelement im Baumzweig Analyseverbindungsmanager die Analyseverbindung Bild 40 selektieren.



Bild 41: Schraubverbindung mit Vorspannung

- Berechnen , zunächst nur Vernetzung

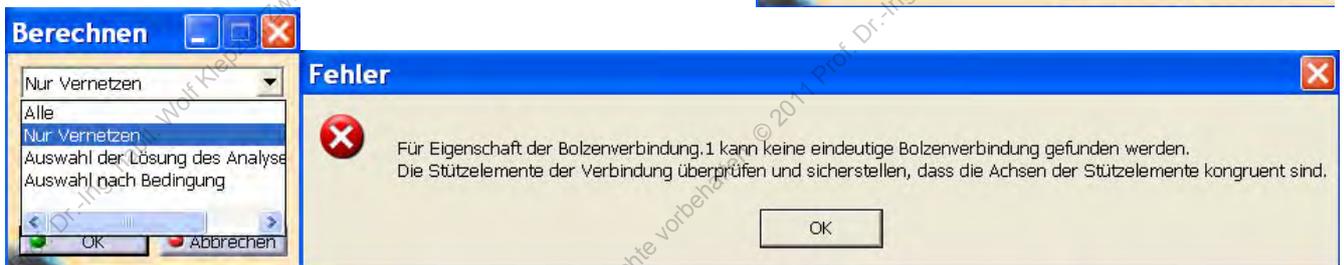
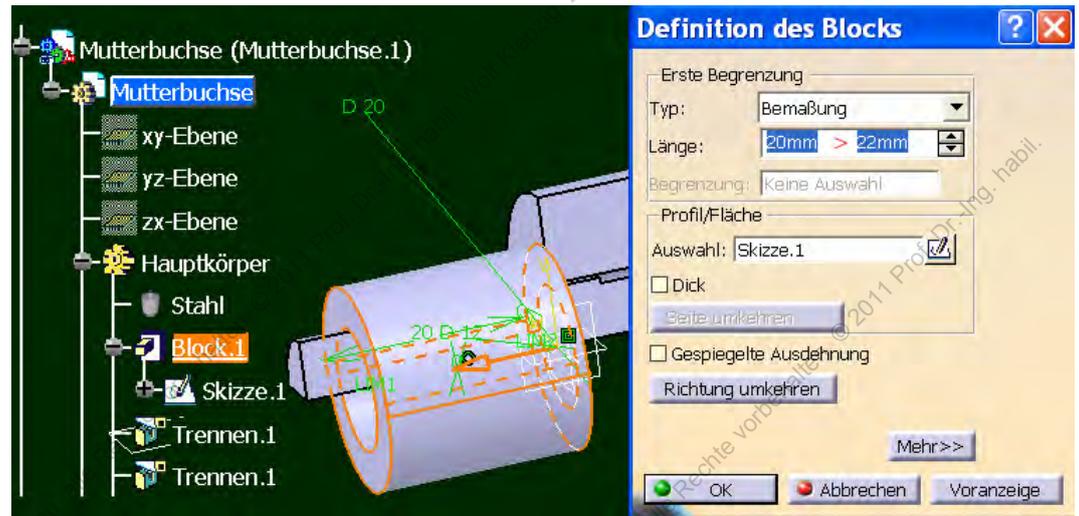


Bild 42: Fehlermeldung bei axial symmetrisch zueinander liegenden Mantelflächen für Schrauben- und Muttergewinde

Modell: [Beispiele\Ana10 Schraubverbind_Viertelschn_nichtfkt.CATAnalysis](#) (TE10-Elemente) mit axial symmetrisch zueinander liegenden Gewindeflächen. Mutterlänge modifizieren durch Verlängern oder Verkürzen des Blocks gem. Bild 43, danach Baugruppe aktualisieren.

- Im Bauteil Mutterlänge modifizieren, z. B. von 20 mm auf 22 mm verlängern (Bild 43). Damit ist das Muttergewinde in Achsrichtung nicht mehr symmetrisch zum Schraubengewinde.

Bild 43:
Mutterlänge modifi-
zieren



- Erneut Berechnen , zunächst nur Vernetzung. Jetzt wird Bolzenverbindung akzeptiert.
- Elementtyp von Linear  in Parabolisch umwandeln
- Berechnen Alle
- Spannungen und Verschiebungen anzeigen lassen, bei der extrem kleinen Vorspannkraft natürlich nur sehr kleine Werte.

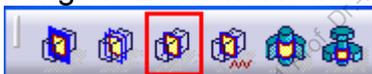


Bild 44: Von Mises Spannung oben und Translationsverschiebungsgröße unten

Zum Testen des Schraubverbindungsmodells sollen durch eine Längskraft auf die Hülse die Schraubenvorspannung aufgehoben werden und dann durch eine Zugkraft am Schraubenkopf die Hülsenvorspannung.

- Dichte der Kraft  auf Hülsenstirnfläche $F_z -10000 \text{ N}$ > von Mises-Spannung berechnen (Bild 45 oben)
- Dichte der Kraft  auf Hülsenstirnfläche $F_z 0 \text{ N}$ und auf Schraubenkopfstirnfläche $F_z 3000 \text{ N}$ > von Mises-Spannung berechnen (Bild 45 unten)

Die Entlastungen funktionieren mit einer Kontaktverbindung einwandfrei. Da Kontaktverbindungsnetze mehr Rechnerressourcen erfordern, ist auch eine fixierte Verbindung möglich



, wenn die Vorspannkraft mit Sicherheit immer erhalten bleibt.



Bild 45: Von Mises-Spannung bei F_z -10000 N auf Hülsenstirnfläche oben, bei F_z 3000 N auf Schraubenkopfstirnfläche unten

Die analytisch aus dem Vorspanndiagramm berechneten Grenzen der Vorspannung stimmen mit den CATIA-Berechnungsergebnissen der Eigenschaft der Schraubenverbindung gut überein.

Weitere Modelle:

- [Beispiele\Ana11_Schraubverbind_Viertelschn_fixVerb.CATAnalysis](#)
 - Kein Spalt zwischen Schraubenkopf und verspanntem Element (Hülse) möglich, weil durch die fixierte Verbindung bei einer Zugkraft auf den Schraubenkopf die Hülse mitgedehnt wird und bei einer Druckkraft auf die Hülse die Schraube verschoben wird.
 - Stützelement der Schraubverbindung ist die **Baugruppenbedingung Kongruenz** zwischen Schraube und Mutterbuchse. Mit diesem Stützelement muss die Mutterlänge nicht modifiziert werden, weil die Schraubenachse unsymmetrisch zur Mutterachse liegt.
- [Beispiele\Ana12_M16_aufAnalyverb_Kopfkontaktverb.CATAnalysis](#) zum Nachrechnen der Spannungen

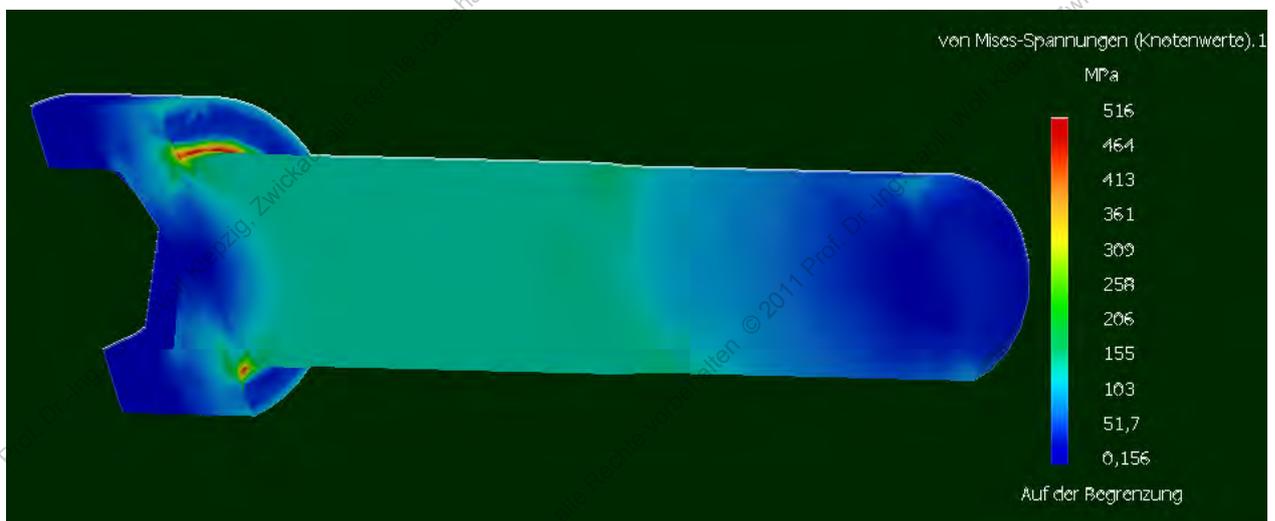


Bild 46: Spannungen in der M16-Schraube bei 15 kN Vorspannkraft

Dargestellt sind die größten Spannungen im Ausrundungsradius des Schraubenkopfes. Beachtet werden muss dabei aber, dass die Gewindegänge ja gar nicht modelliert sind.

Bild 47 zeigt die Schraubenspannung mit modellierten die Gewindegängen. Nur die in einer Richtung tragenden Flanken von Schrauben sowie Muttergewinde werden als Komponenten einer Analyseverbindung gewählt und diese Analyseverbindung als Stützelement einer Gleitverbindung.

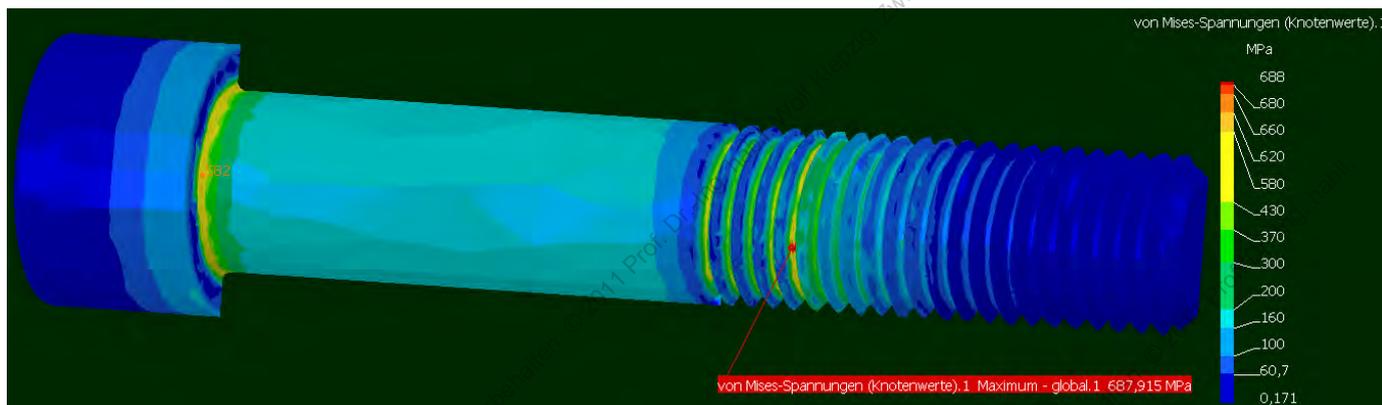


Bild 47: Größte Spannung im ersten tragenden Gewindegang bei Modellierung der Gewinde
Nur zum Testen möglicher Stützelemente dient das Modell

Wird als Stützelement der Schraubverbindung in der Baugruppe eine **Offsetbedingung** statt der Kongruenzbedingung zwischen den „Gewindeflächen“ von Schraube und Mutter mit einem Abstand von 0 mm erzeugt, muss die Mutterlänge nicht modifiziert werden, weil der Offset sich bei rotationssymmetrischen Teilen ebenfalls auf die Achsen bezieht und die Schraubenachse unsymmetrisch zur Mutterachse liegt.