

• Technische Information



• FEM-Analyse und Beurteilung einer Isolier-Flanschverbindung 4“ Class 600 Good Practice (GP) [High Quality (HQ)] mit 30%iger Schraubenauslastung

1. Ziel der FEM-Analyse

Durch die FEM-Analyse sollen die Flächenpressungen der Isolierflansche mit beidseitigen Wellringdichtungen und der Isolier-U-Scheiben ermittelt werden.

2. Einleitung

Bei der bisherigen Isolierflanschberechnung wird auf einen Berechnungsansatz zurückgegriffen, bei dem der Isolierflansch als dickwandig zylindrisches Bauteil betrachtet wird. Es werden nur die beiden Durchmesser des Isolierflansches in der Berechnung berücksichtigt. Die FEM-Analyse betrachtet das gesamte Bauteil, unter Berücksichtigung der Schraubenvorspannkkräfte, Designdruck, sowie dem nichtlinearen Dichtungsverhalten der Wellringdichtungen mit Graphitauflage.

3. Lastfälle

Als Lastfall wurde die Montagevorspannung der Schrauben unter Einhaltung der maximalen Auslastung der Schraubenstreckgrenze $R_{p0,2}$ von 30% (60.232 N) berücksichtigt, anschliessend wurde der Designdruck von 80 bar (8 MPa) an den rohrseitigen Innenflächen appliziert.

4. Materialien

Die verwendeten Materialien sind SA 105 für die Flansche, SA 193 B7 (42CrMo4) für die Schrauben und die Muttern, sowie 1.4571 für die Wellringdichtung mit Graphitauflage. Die Dichtung wird als Kreisringfläche modelliert unter Berücksichtigung der nichtlinearen Dichtungseigenschaften gemäss EN 13555. Der Isolierflansch, sowie die Isolier-U-Scheiben sind aus Etronax MMF Tafeln gefertigt, die Stahl-U-Scheiben sind aus 42CrMo4 gefertigt.

5. Geometrieimport

Die Flanschverbindung wurde als Step Datei in ANSYS-Space-Claim importiert und anschliessend in ANSYS-Mechanical eingelesen.

Bild 1: Geometrieimport der gesamten Flanschverbindung in ANSYS-Mechanical

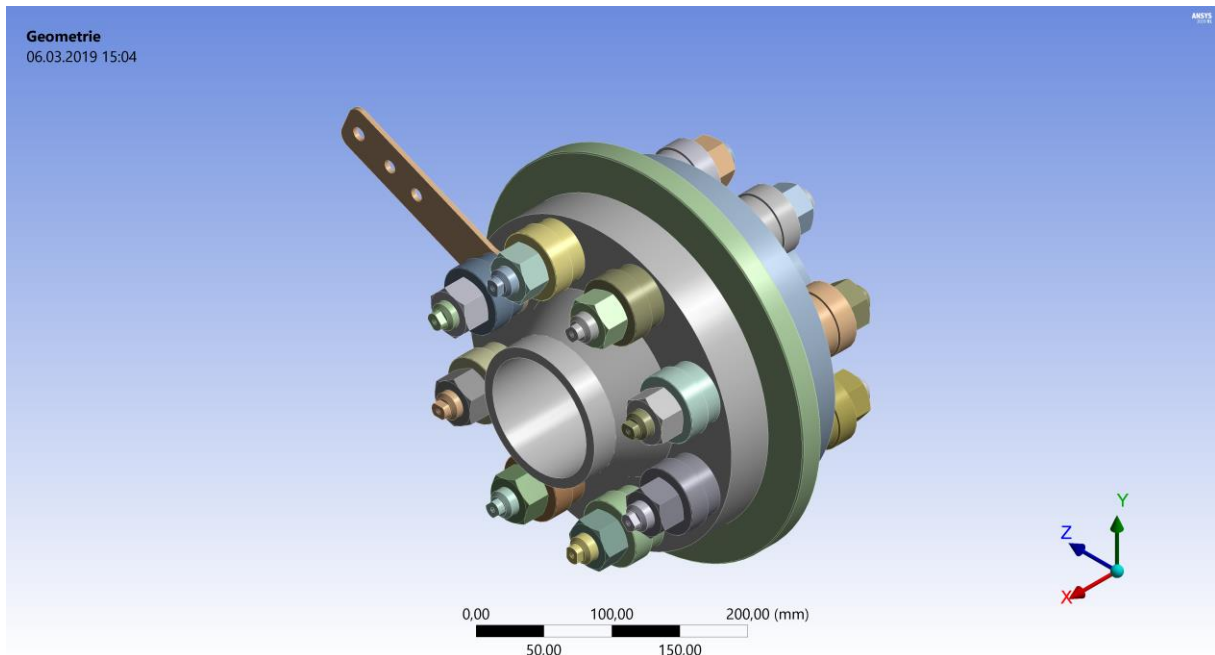


Bild 2: Vernetzung der Wellringdichtungen

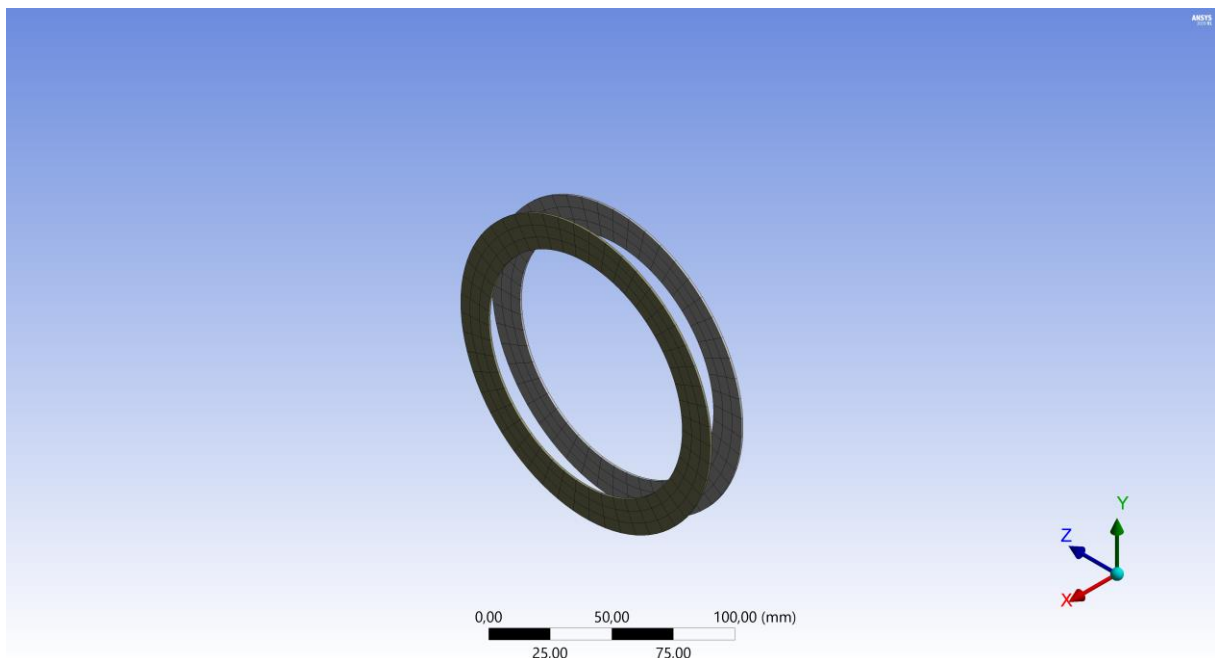


Bild 3: Vernetzung der gesamten Flanschverbindung

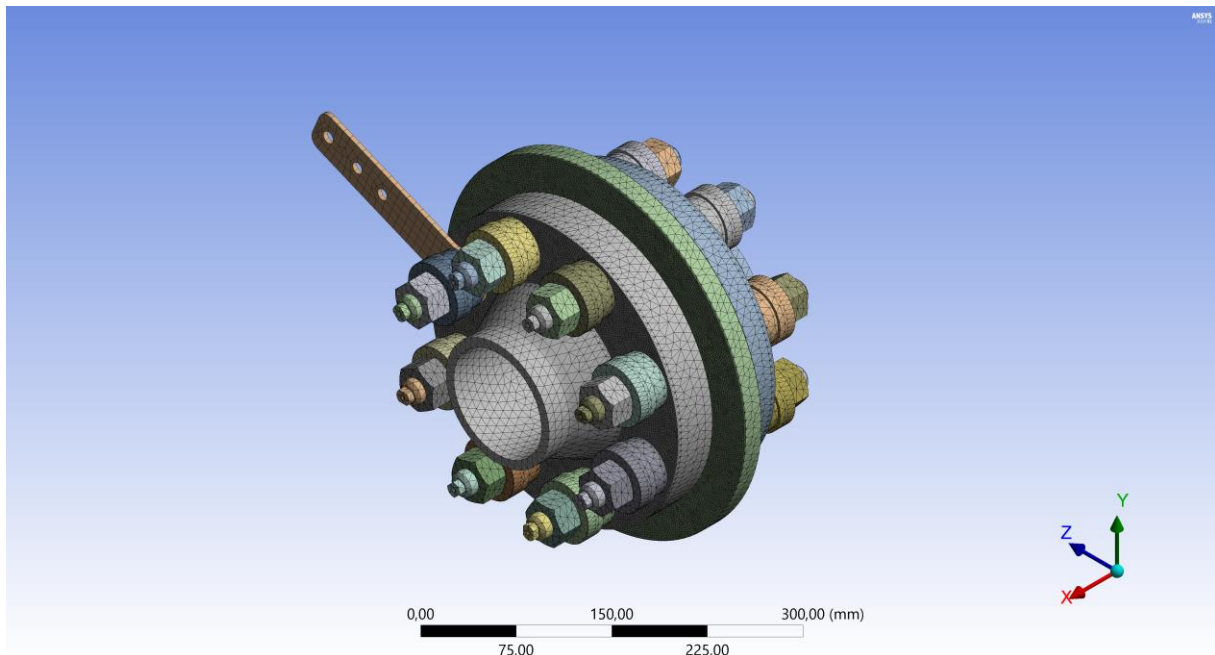
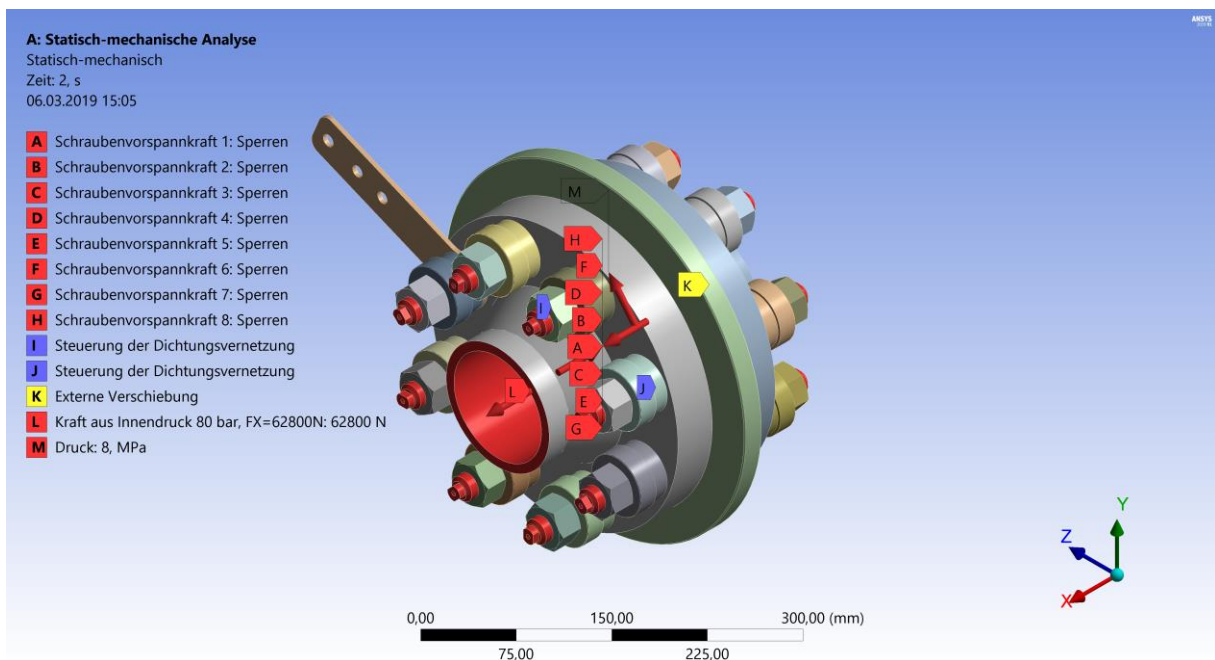


Bild 4: statisch mechanisches Modell der gesamten Flanschverbindung



6. Berechnungsergebnisse

Bild 5: max. Vergleichsspannung an den Flanschen, Flansch SA 105 < 137,9 N/mm²

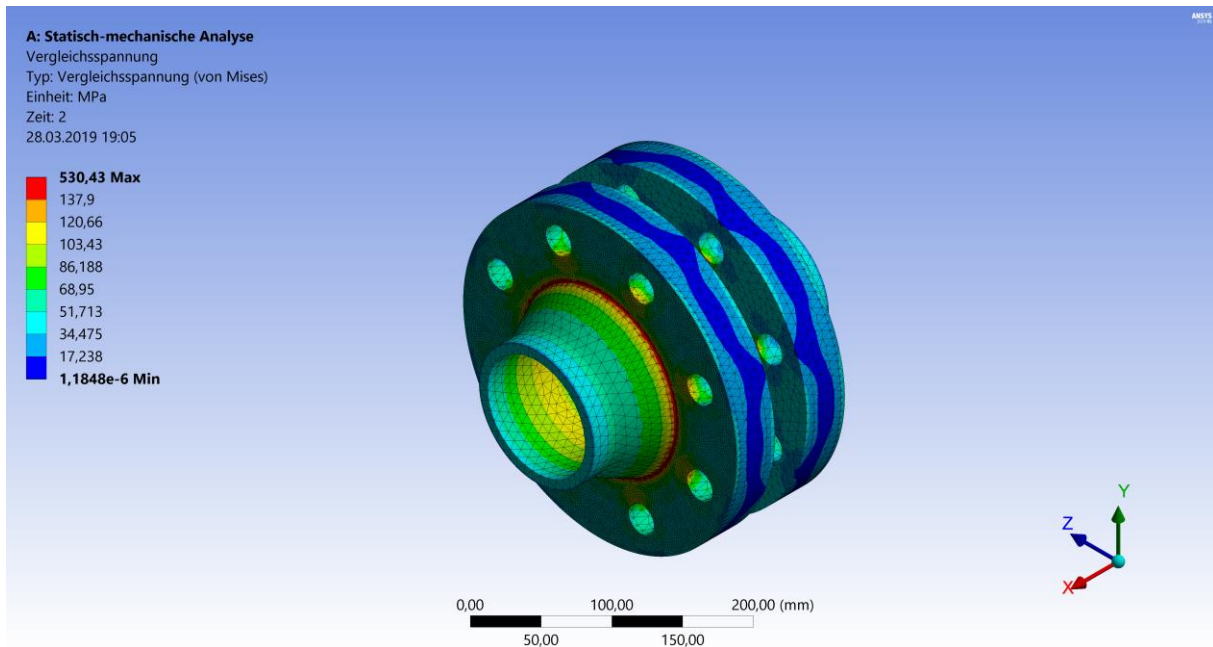


Bild 6: max. Vergleichsspannung an den Stahl-U-Scheiben, 42CrMo4 < 482 N/mm²

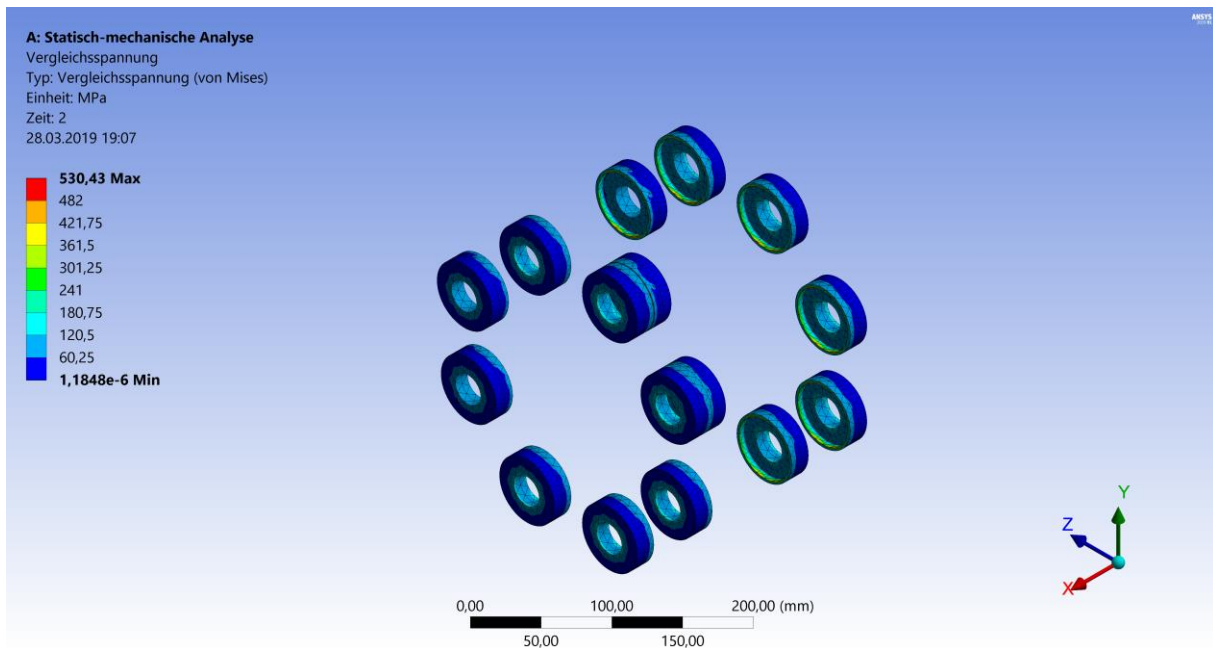


Bild 7.: max. Vergleichsspannung am Isolierflansch, max. Flächenpressung > 30 N/mm²

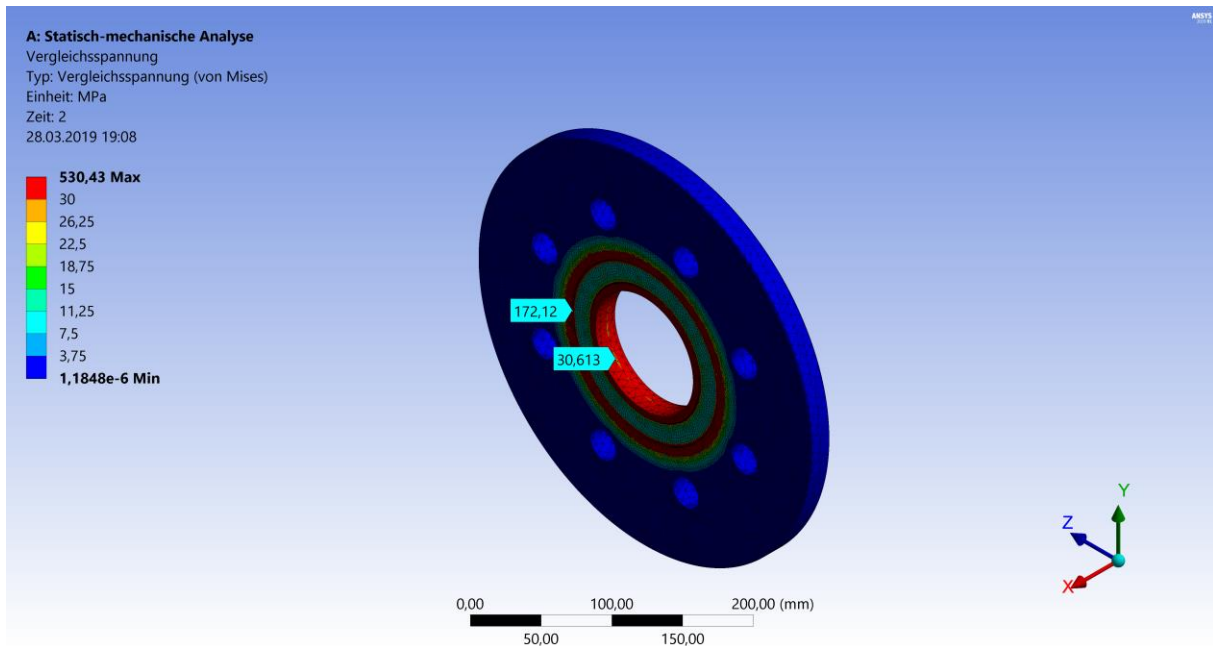


Bild 8: max. Vergleichsspannung Isolier-U-Scheiben, max. Flächenpressung < 30 N/mm²

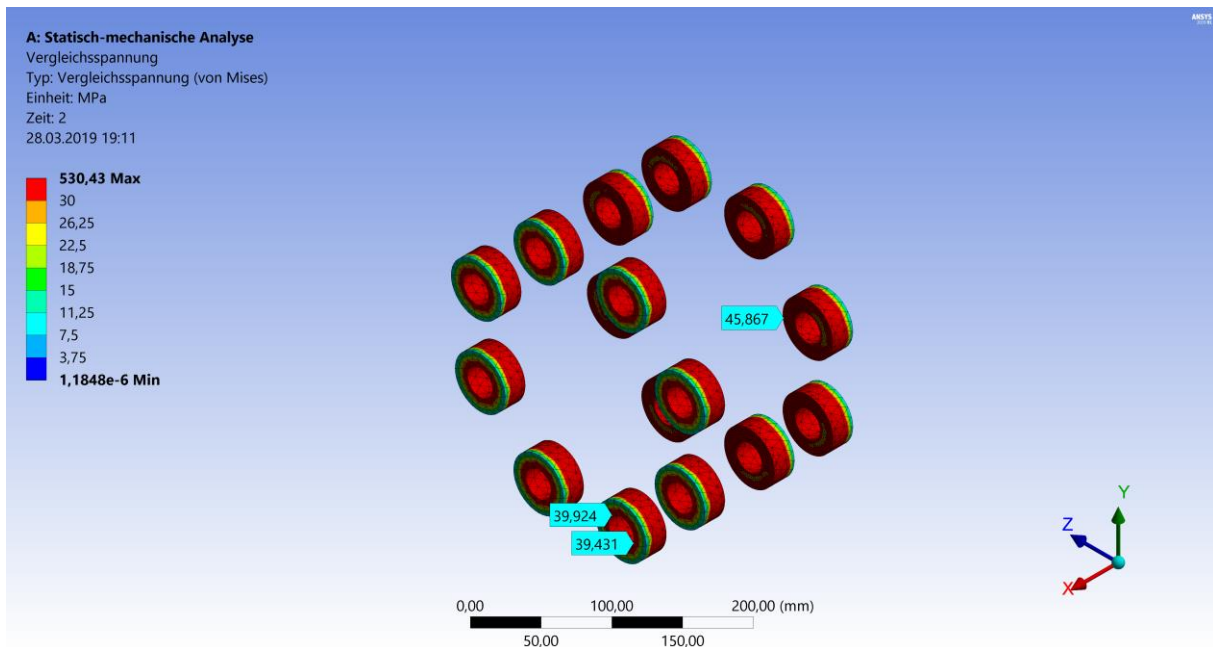


Bild 9: max. Schraubendehnung 0,68 mm aufgrund Montagevorspannkraft von 60.232 N
(30% $R_{p0.2}$)

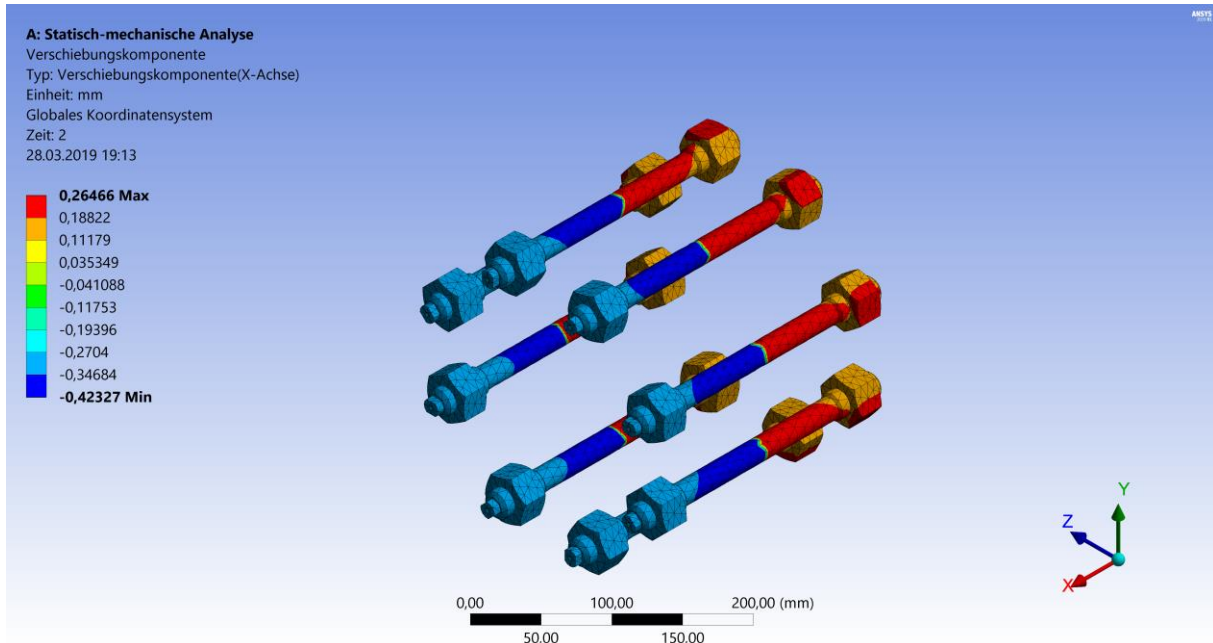
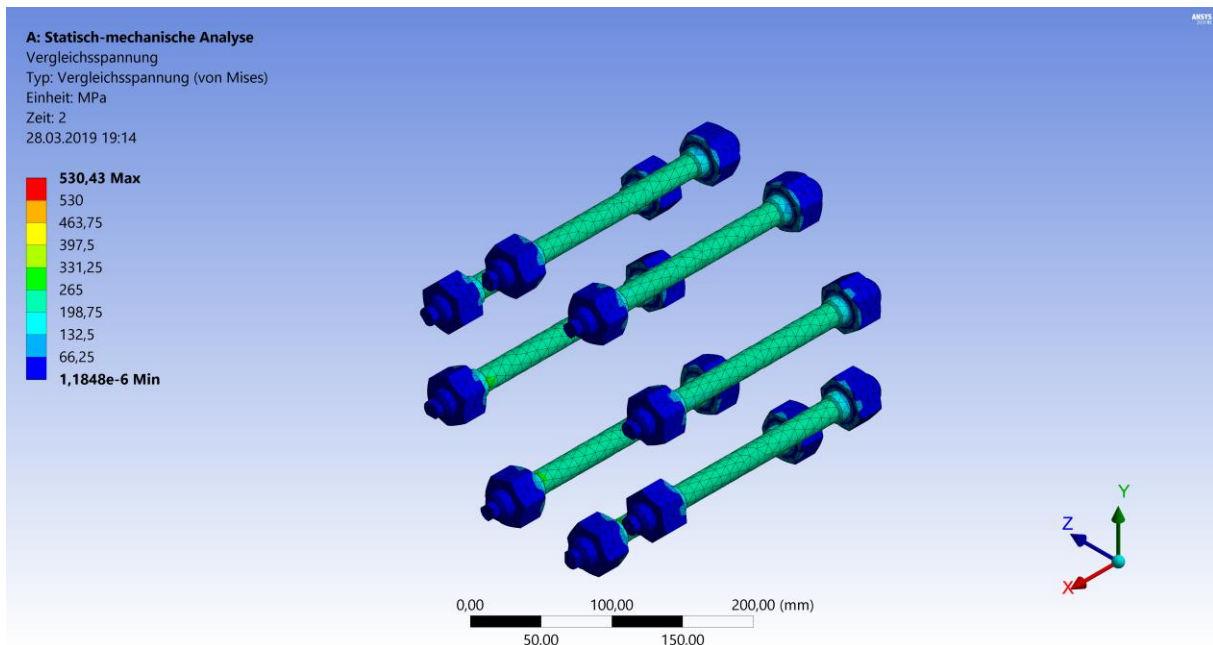


Bild 10: max. Vergleichsspannung Schrauben, 42CrMo4, 530 N/mm²



7. Ergebnis

Als Vergleichsspannung an der Innenfaser (Isolierflanschinnendurchmesser) gemäß bisheriger Spannungsermittlung ergibt sich eine Vergleichsspannung von $15,1 \text{ N/mm}^2$.

Die in der FEM-Analyse errechnete Flächenpressung an der Innenfaser des Isolierflansches beträgt $30,61 \text{ N/mm}^2$ (Bild 7).

Die Abweichung der maximalen Vergleichsspannungen des Isolierflansches im Betrieb ist bei der bisherigen Nachweismethode, der Berechnung der Vergleichsspannung an der Innenfaser 49 % niedriger als bei der FEM-Analyse bei gleichen Eingangsparametern.

Der interessanteste Teil der FEM-Analyse ist jedoch die Ermittlung der max. Vergleichsspannungen am Isolierflansch (Bild 7), hier werden max. Vergleichsspannungen $172,12 \text{ N/mm}^2$ (max. zulässig 30 N/mm^2) im Bereich des Außendurchmessers der Dichtfläche ermittelt. An den Isolier-U-Scheiben (Bild 8) werden max. Vergleichsspannungen von ca. $40\text{-}45 \text{ N/mm}^2$ an der gesamten Kontaktfläche (max. zulässig 30 N/mm^2) ermittelt.

8. Bewertung

8.1 Bewertung der Berechnungsergebnisse

Betrachtung der Berechnungsergebnisse.

Bewertung der Berechnungsergebnisse						
Bauteilebetrachtung	Einheit	zulässig	ist	Bewertung	analyt. Berechg.	Abweichung
Schraubenauslastung $R_{p0,2}$, optimal	%	70	30	zu niedrig	keine Vorgabe	- 57%
Schraubenauslastung $R_{p0,2}$, mindestens	%	50	30	zu niedrig	keine Vorgabe	- 40%
Schraubenauslastung $R_{p0,2}$, gemäß Berechnung	%	20	30	überlastet	entfällt	+ 50%
Flächenpressung am Isolierflansch Innen	N/mm^2 (MPa)	30	30,61	leicht überlastet	15,1	- 50%
maximale Flächenpressung auf dem Isolierflansch	N/mm^2 (MPa)	30	172,12	partiell überlastet	wie Dichtung	(+ 574%)
maximale Flächenpressung auf der Isolier-U-Scheibe	N/mm^2 (MPa)	30	40-45	überlastet	entfällt	+ 33-50%

Die tatsächliche Belastung durch den Innendruck gegenüber einer analytischen Berechnung liegt 49% höher.

Die Auslastung der Schrauben ist für die Isolier-U-Scheiben zu hoch.

Die hohe partielle Überlastung des Isolierflansches im äußeren Bereich der Dichtfläche führt zu Relaxation.

Das System ist mechanisch nicht ausreichend belastbar.

Eine Montage mit einer Schraubenauslastung im Bereich unter 30% $R_{p0,2}$ ist mit drehmomentgesteuerten Werkzeugen, wegen der Vorspannkraftverluste durch Fügen, technisch nicht sinnvoll möglich.

Gemäß der DIN EN 1591-1 sollen die Schrauben mit Mindestens 30% Streckgrenze $R_{p0,2}$ ausgelastet werden. Nach nationalen deutschen Anhang DIN EN 1993-1-8/NA sollt als Schutz gegen selbsttätiges Lösen mindestens eine Vorspannkraft größer 50% $R_{p0,2}$ aufgebracht werden/sein.

8.2 Bewertung der Regelkonformität

Bewertung der Einhaltung von Richtlinien, Gesetzen und Vorschriften.

Bewertung der Regelkonformität		
Richtlinie/Gesetz/Verordnung	Anforderung	Bewertung
Richtlinie 2010/75/EU IE-RL (Emissionen) Bundesimmissionsschutzgesetz BImSchG TA Luft	TA Luft-Nachweis gemäß Zertifikat, Minimierung schädlicher Emissionen	erfüllt
	Beste verfügbare Technik	nicht erfüllt
Richtlinie 2014/68/EU DGRL (Druckgeräte) Produktsicherheitsgesetz (ProdSG) Produktsicherheitsverordnung (14.ProdSV)	auf Dauer technisch dicht, keine chemische- und physikalische Veränderung der Bauteile Stand der Technik	nicht erfüllt, regelmäßige Dichtheitsprüfung wäre erforderlich nicht erfüllt
Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS)	auf Dauer technisch per Konstruktion	nicht erfüllt
	Stand der Technik	nicht erfüllt
Richtlinie 2004/67/EG (sichere Gasversorgung) Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) Gashochdruckleitungsverordnung (GasHDrLtGV)		
	Stand der Technik	nicht erfüllt
DVGW-Regelwerk	Stand der Technik	nicht erfüllt
AGFW-Regelwerk	Stand der Technik	nicht erfüllt
Stand der Technik/Beste verfügbare Technik	sichere, fortschrittliche Technik	nicht erfüllt

Die berechnete Isolierflanschverbindung darf nicht verwendet werden. Sie verstößt gegen die Vorgaben aller überprüften Richtlinie, Gesetze und Verordnungen.

9. Empfehlung

Einsatz der Isolierflanschverbindung Typ High Performance.

Mehr zu Schrauben, Flanschen, Dichtungen und Dichtsystemen und deren Montage finden Sie in dem von uns herausgegebenen Dichtungsvademecum (ISBN-13: 978-3-934736-23-8, PP Publico Publications, www.pp-publico.de), in der lizenzierten Übersetzung der ASME PCC-1-2010 zur



Montage von genormten Stahlflanschverbindungen (ISBN-13: 978-3-934736-22-1, PP Publico Publications, www.pp-publico.de) und in unserem Handbuch „Technische Informationen für Dichtverbindungen“ (www.flangevalid.com). Unser neustes Buch „10 Schritte zur optimalen, auf Dauer technisch dichten Dichtverbindung“ (ISBN-13: 978-3-934736-27-6) ist beim Verlag PP Publico Publications herausgekommen.

Weitere interessante Informationen zu verschiedenen Themen finden Sie auf der Homepage www.flangevalid.com.

Zur technischen Beratung stehe ich Ihnen selbstverständlich gerne auch kurzfristig persönlich zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen aus Bremen
Dipl.-Ing. Gerd Lannewehr
Peter Thomsen

Haftungsausschluss:

Die Inhalte der Regeln sind zum Teil zitiert, zum Teil in den Worten der Regeln wiedergegeben, die Anmerkungen und Auslegungen beruhen auf langjähriger Erfahrung, dienen der Entscheidungshilfe und begründen keinen Anspruch auf Gewährleistung.

© Dipl.-Ing. Gerd Lannewehr und Peter Thomsen / flangevalid

Stand 30.03.2019