

## ● Technische Information



## ● FEM-Analyse und Bewertung einer Isolier-Flanschverbindung 4“ Class 600 High Performance (HP)

### 1. Ziel der FEM-Analyse

Durch die FEM-Analyse sollen die Flächenpressungen des Isolierflansches mit beidseitigen Wellringdichtungen und der geteilten Isolierringe ermittelt werden.

### 2. Einleitung

Bei der bisherigen Isolierflanschberechnung wird auf einen Berechnungsansatz zurückgegriffen, wobei 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 Schraubenvorspannkräfte, 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 von 70% (140.542 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 (42CrMo4V) 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 geteilten Isolierringe sind aus Etronax MMF Tafeln gefertigt, die geteilten Druckringe 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-Design-Modeler

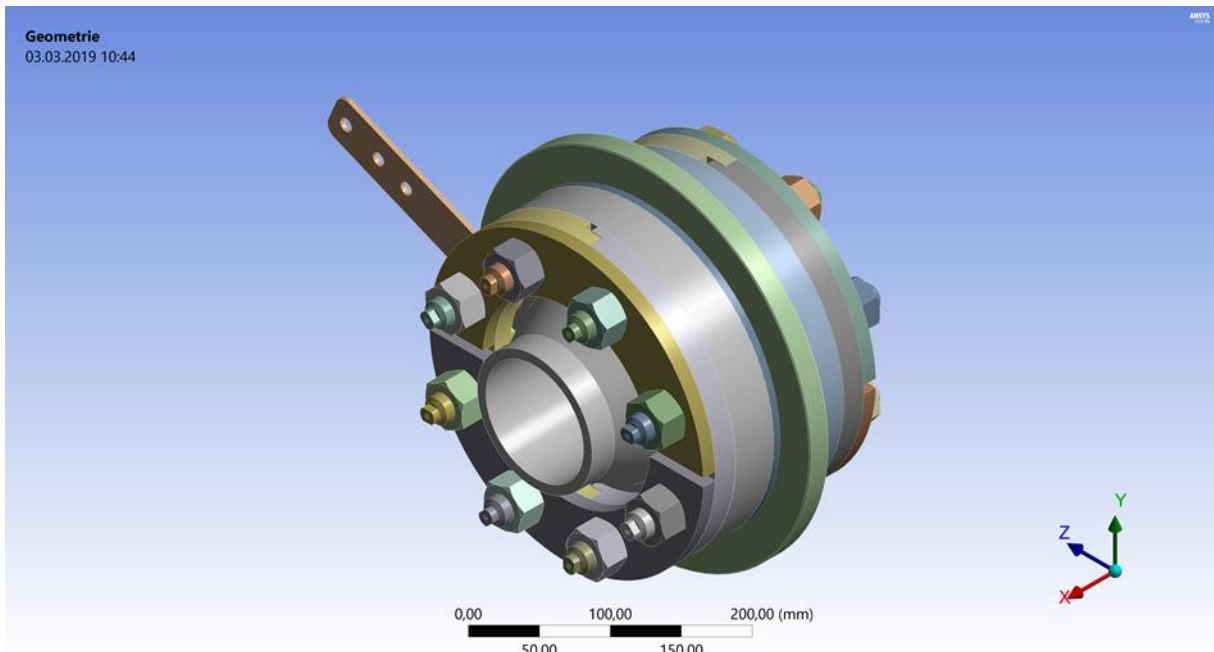


Bild 2: Vernetzung der Wellringdichtung

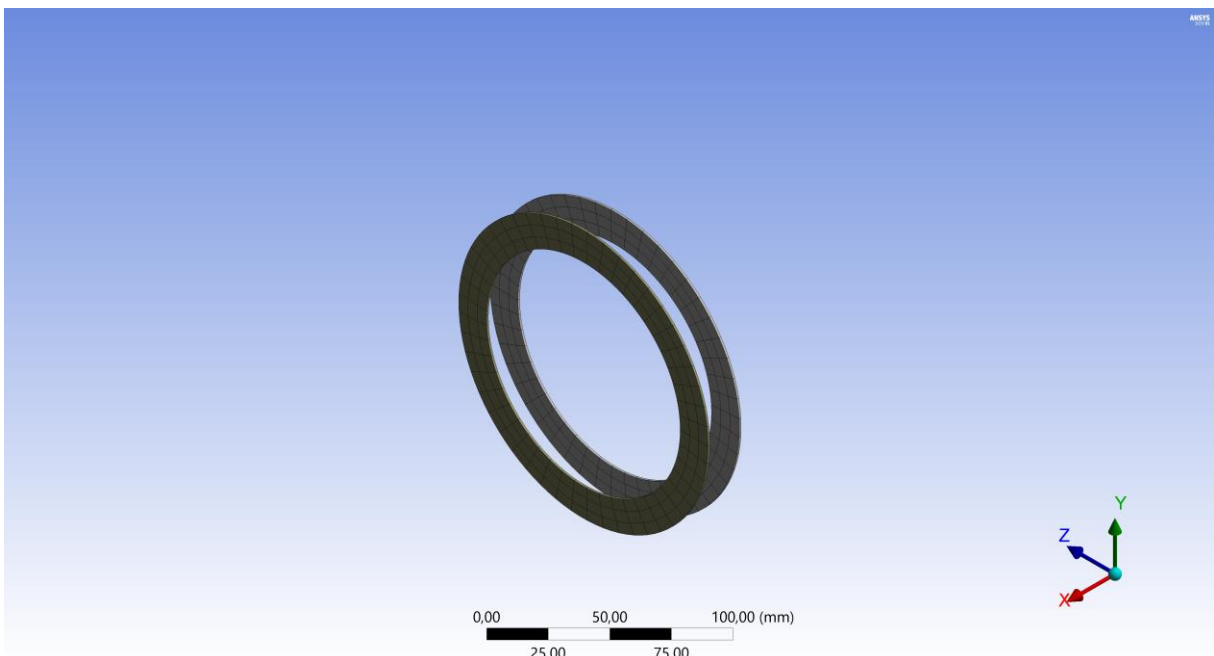


Bild 3: Vernetzung der gesamten Flanschverbindung

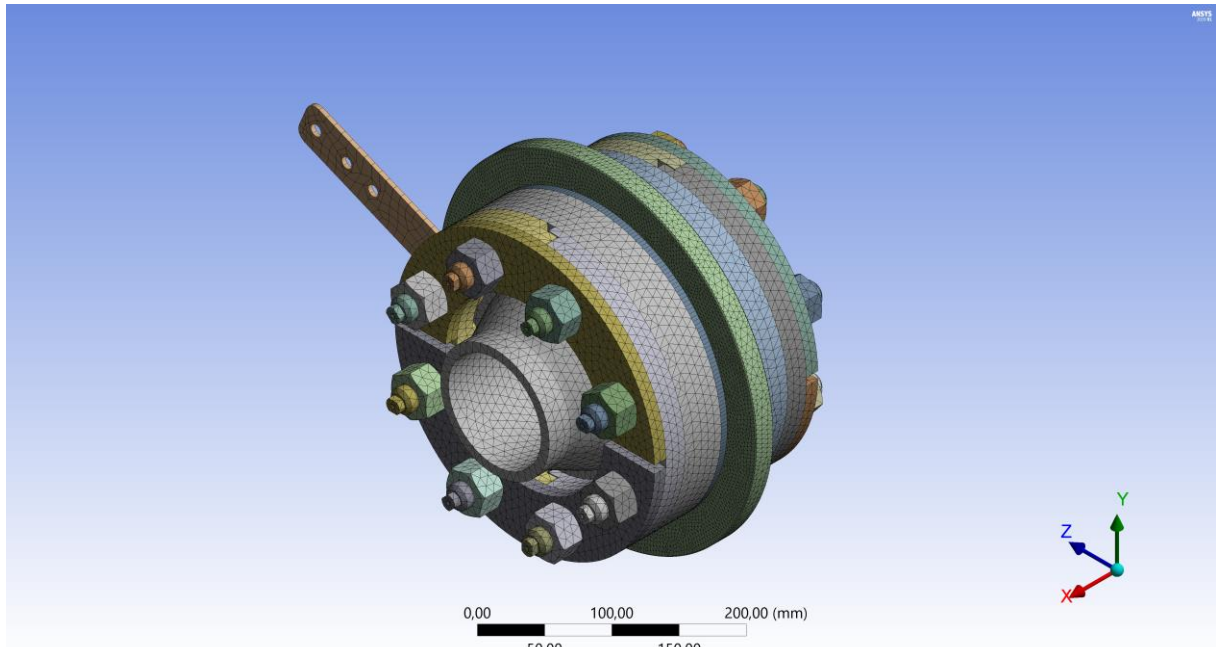
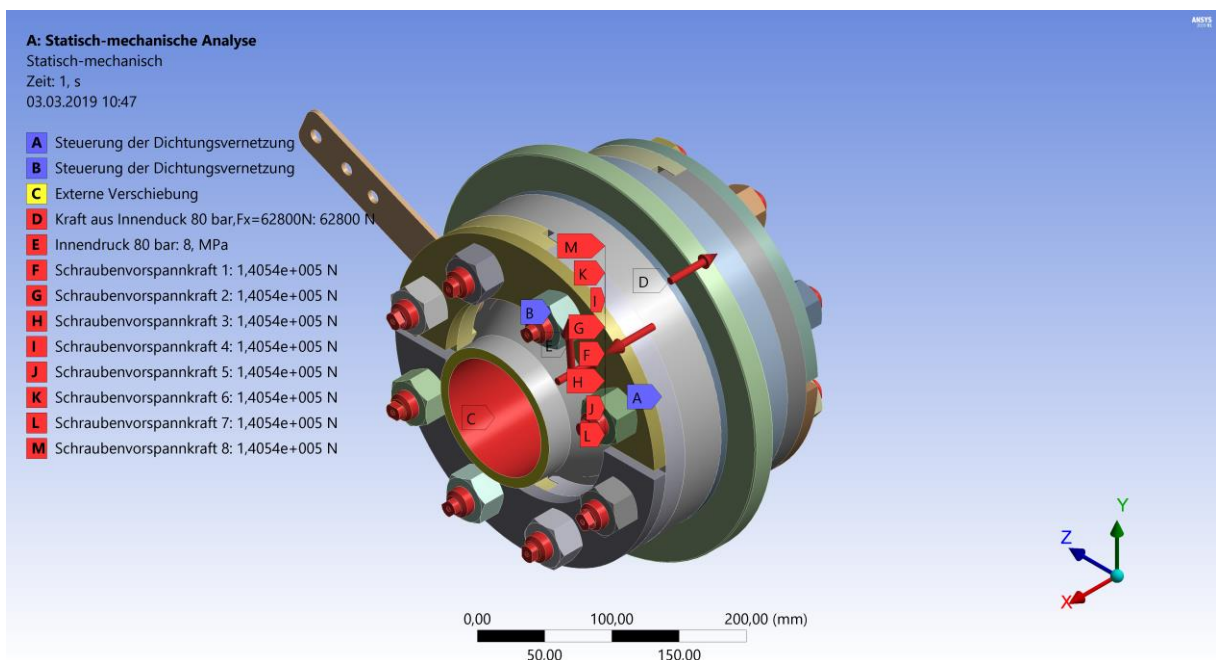


Bild 4: Statisch mechanisches Modell der gesamten Flanschverbindung



## 6. Berechnungsergebnisse

Bild 5: Max. Vergleichsspannung an den Vorschweißlanschen, Flansch SA 105 < 137,9 N/mm<sup>2</sup>

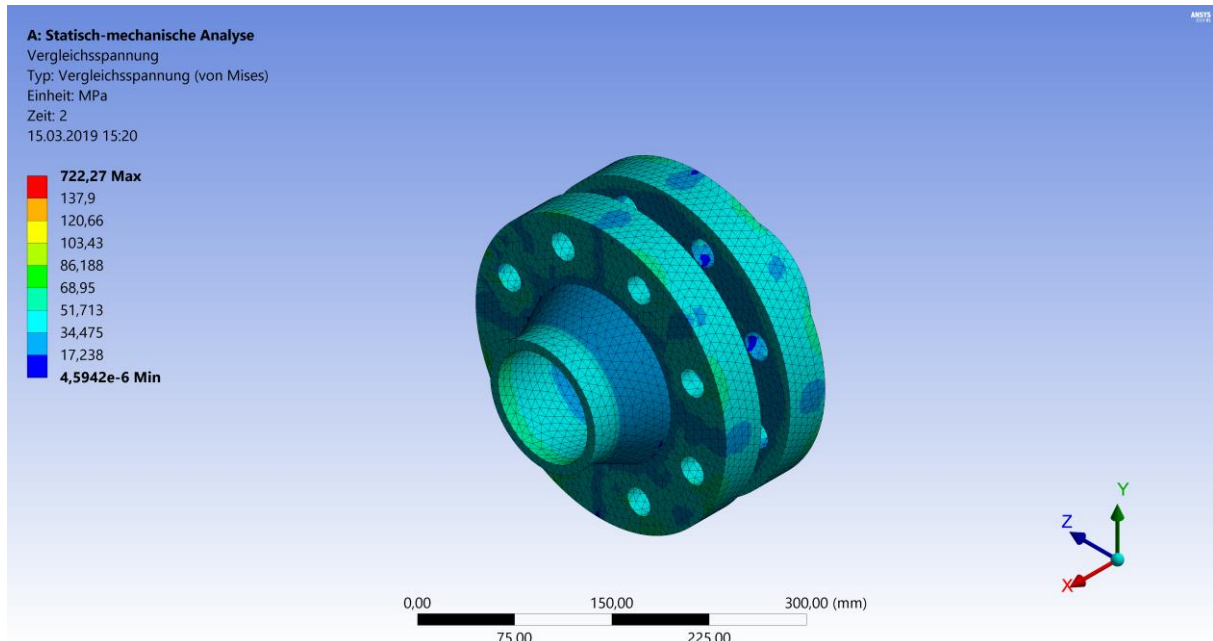


Bild 6: Max. Vergleichsspannung an Druckringen, 42CrMo4 < 468 N/mm<sup>2</sup>

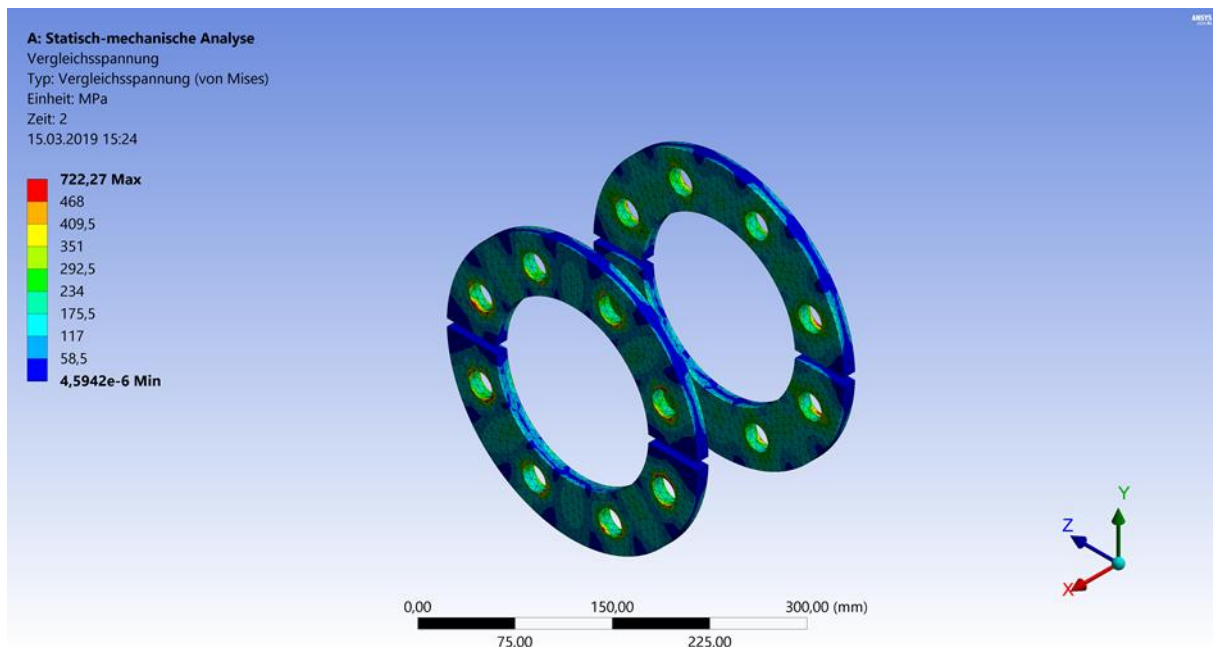


Bild 7: Max. Vergleichsspannung am Isolierflansch, max. Flächenpressung 50 N/mm<sup>2</sup>

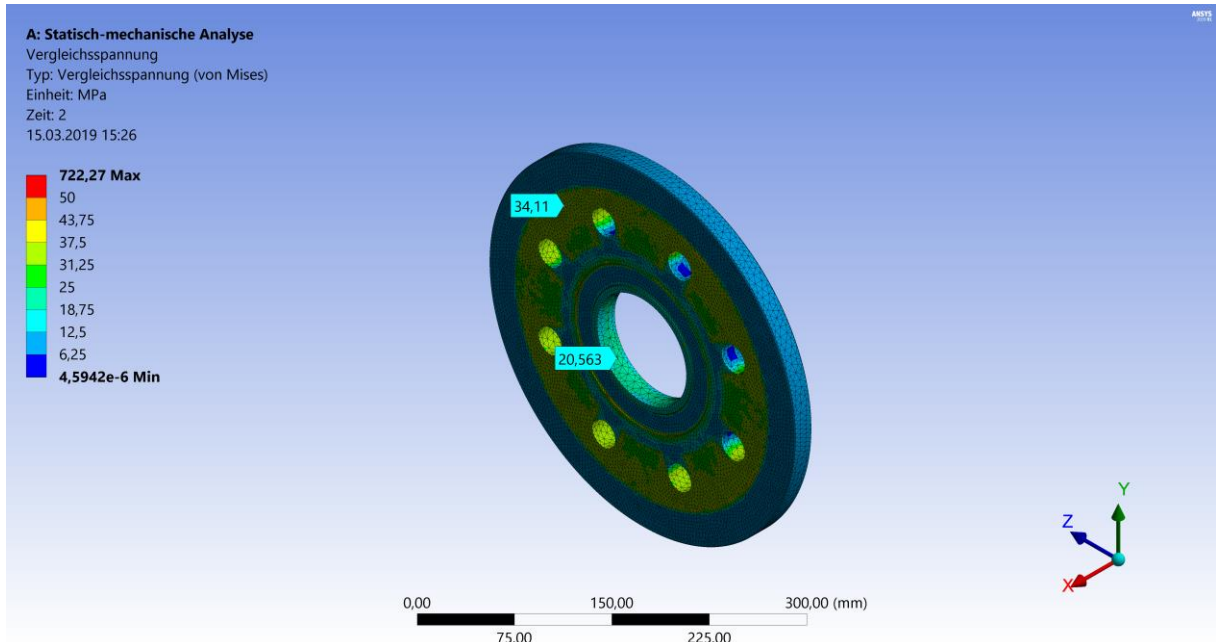


Bild 8: Max. Vergleichsspannung geteilte Isolierringe, max. Flächenpressung < 50 N/mm<sup>2</sup>

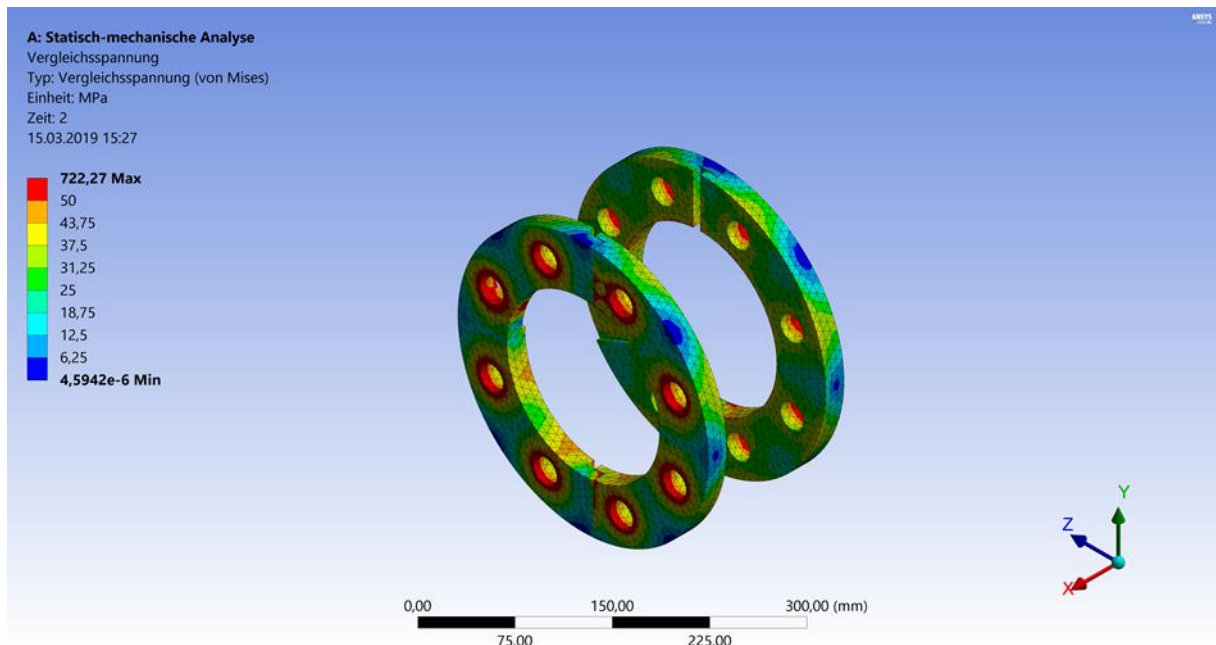


Bild 9: Max. Schraubendehnung 0,74 mm aufgrund der Montagevorspannkraft von 140.542 N (70%  $R_{p0,2}$ )

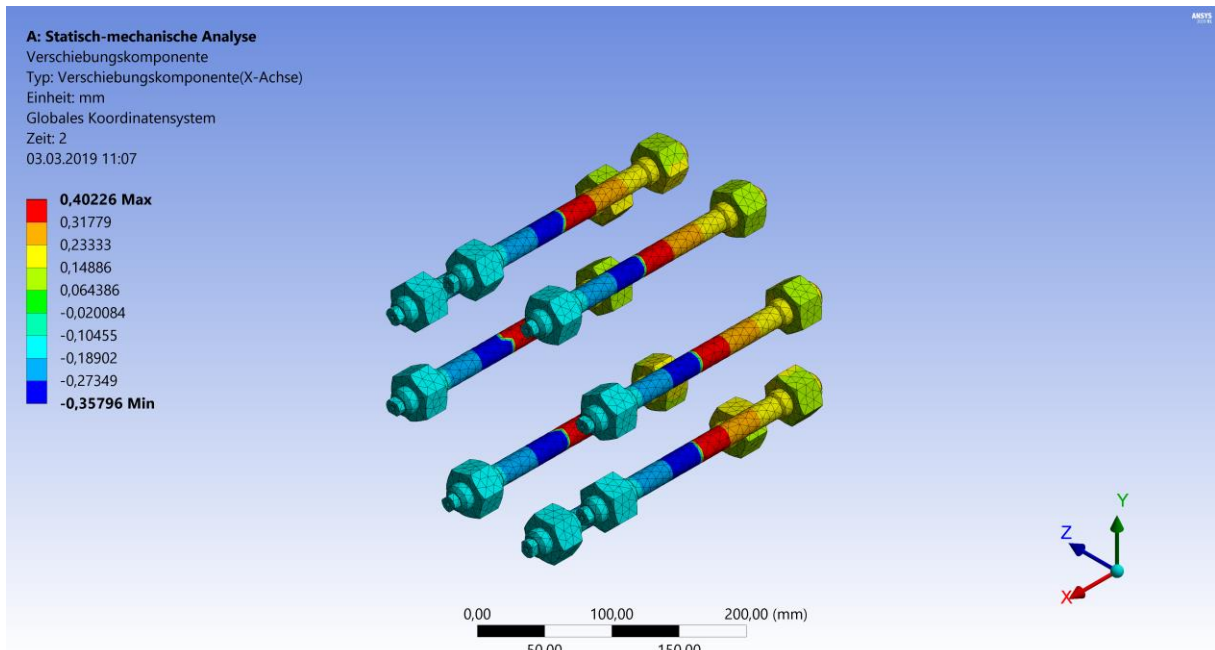
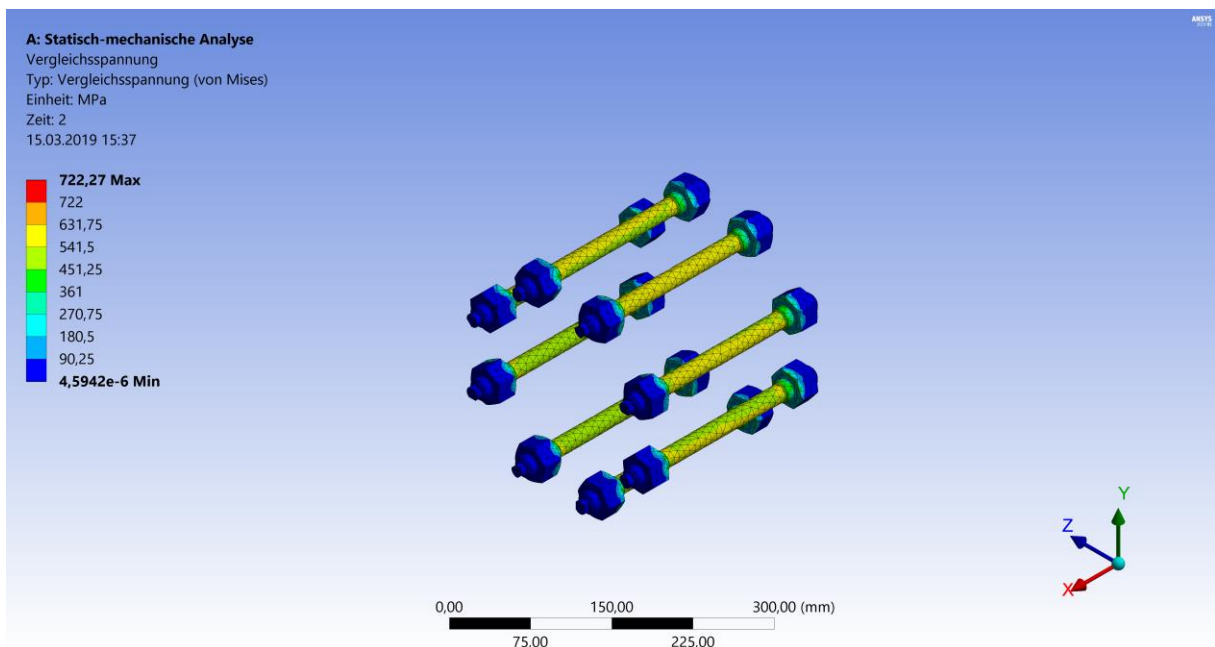


Bild 10: Max. Vergleichsspannung Schrauben, 42CrMo4 < 580 N/mm<sup>2</sup>



## 7. Zusammenfassung

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  $20,56 \text{ N/mm}^2$  (Bild 7).

Zusätzlich wurde die maximale Vergleichsspannung im Kontaktbereich der Ausgleichsstücke mit  $34,11 \text{ N/mm}^2$  ermittelt (Bild 7).

Die Abweichung der maximalen Vergleichsspannungen des Isolierflansches im Betrieb ist, bei der bisherigen Nachweismethode, Berechnung der Vergleichsspannung an der Innenfaser, 28% 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 von  $34,45 \text{ N/mm}^2$  (max. zulässig  $50 \text{ N/mm}^2$ ) und an den Isolierringen (Bild 8), hier werden max. Vergleichsspannungen von ca.  $65 \text{ N/mm}^2$  am inneren Rand der Schraubenlöcher (max. zulässig  $50 \text{ N/mm}^2$ ) 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	70	erfüllt	keine Vorgabe	0%
Schraubenauslastung $R_{p0,2}$ , mindestens	%	50	70	erfüllt	keine Vorgabe	+ 40%
Schraubenauslastung $R_{p0,2}$ , zulässig gemäß Berechnung	%	70	70	erfüllt	entfällt	0%
Flächenpressung am Isolierflansch Innen	$\text{N/mm}^2$ (MPa)	50	20,56	erfüllt	15,1	+ 59%
maximale Flächenpressung auf dem Isolierflansch	$\text{N/mm}^2$ (MPa)	50	34,11	erfüllt	entfällt	+ 32%
maximale Flächenpressung dem Isolierring	$\text{N/mm}^2$ (MPa)	50	50 (65 partiell)	erfüllt	entfällt	0%

Die tatsächliche Belastung durch den Innendruck gegenüber einer analytischen Berechnung liegt 28% höher.

Die Auslastung der Schrauben ist für die Isoliering zu zulässig.

Es liegt keine Überlastung des Isolierflansches vor.

Die leichte Erhöhung an den Innenrändern der Schraubenlöcher des Isolierringes sind zulässig, weil sie nicht zu einer Veränderung des Systems durch Relaxation führen.

Das System ist mechanisch voll belastbar.

Eine Montage mit einer Schraubenauslastung im Bereich 70%, (über 50%)  $R_{p0,2}$  ist mit drehmoment-gesteuerten Werkzeugen 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. Die Anforderungen sind erfüllt.

## 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  Beste verfügbare Technik	erfüllt  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	erfüllt  erfüllt
Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS)	auf Dauer technisch per Konstruktion  Stand der Technik	erfüllt  erfüllt
Richtlinie 2004/67/EG (sichere Gasversorgung) Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) Gashochdruckleitungsverordnung (GasHDrLtgV)	  Stand der Technik	  erfüllt
DVGW-Regelwerk	Stand der Technik	erfüllt
AGFW-Regelwerk	Stand der Technik	erfüllt
Stand der Technik/Beste verfügbare Technik	sichere, fortschrittliche Technik	erfüllt

Die berechnete Isolierflanschverbindung ist mechanisch stabil und erfüllt die Anforderungen aller überprüften Richtlinien, Gesetze und Verordnungen.





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](http://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](http://www.pp-publico.de)) und in unserem Handbuch „Technische Informationen für Dichtverbindungen“ ([www.flangevalid.com](http://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](http://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