

FE-Berechnung eines Ventils



Autor: H. Muster
Version: 1.0

Studienarbeit

Dozent: P. Meier
Themengebiet: Finite Elemente

Erstellt am: 6. September 2021
Letzte Änderung am: 13. Dezember 2021

Änderungsnachweis

Version	Änderungsgrund	Kürzel	Datum
1.0	Erstellt	IPEK	06.09.21

Inhaltsverzeichnis

1	Verzeichnisse.....	3
1.1	Bilder	3
1.2	Tabellen.....	3
2	Ausgangslage / Ziel	4
3	Aufgabenstellung	5
3.1	Wichtige Punkte.....	5
4	Vorgaben.....	6
4.1	Vorgehen.....	6
4.2	Werkstoffangaben	6
4.3	Ablauf der FE-Berechnung	6
5	Ergebnisse der FE-Berechnung	8
5.1	Optimierte Ventilgeometrie	8
6	Literatur und Quellenverzeichnis	9

1 Verzeichnisse

1.1 Bilder

Abbildung 1: Vorgehensschritte	6
Abbildung 2: Verteilung der Vergleichsspannungen infolge Innendrucks	8

1.2 Tabellen

Tabelle 1: Formeln aus der Festigkeitslehre	7
Tabelle 2: Parameterstudie zur Wahl des optimalen FE-Modells	7

2 Ausgangslage / Ziel

Ausgangslage Für die Industrie und die Laserindustrie wurde ein neuer Niederdruckregler entwickelt. Der Regler wird bei Anwendungen eingesetzt, bei denen hohe Leistungen verlangt werden. Dies wird mit sehr grossen Leitungsquerschnitten erreicht. Der Regler selbst besteht aus Messing CuZn39Pb3. Dieses Material ist gegen die meisten Gase neutral. Die in letzter Zeit massiv gestiegenen Materialpreise machen gerade bei diesem Regler, mit einer stattlichen Grösse und deshalb mit einem beträchtlichen Anteil an Materialkosten, die Idee der Strukturoptimierung attraktiv. Dies nicht zuletzt deshalb, dass die bei der Fertigung anfallenden Messingspäne wiederverkauft werden können. Der Hersteller möchte die massgebenden Teile dieses Reglers mittels FEM Berechnungen untersuchen lassen. So sollen potentielle Materialeinsparungen an gewissen Stellen ermittelt werden.

3 Aufgabenstellung

3.1 Wichtige Punkte

Kriterien

- Präzisierung der zu untersuchenden Lastfälle / Beschaffung von Materialdaten / Übernahme des CAD-Modells des fraglichen Ventils unter Berücksichtigung von Vereinfachungsmöglichkeiten im Hinblick auf die FE-Berechnungen
- FE-Modellierung der relevanten Teile / Linearelastische FE-Analysen
- Allfällige nichtlineare Berechnungen zur genaueren Evaluation bzw. Beurteilung möglicher Spannungskonzentrationen sowie zur realistischeren Erfassung von Einfluss der Kontaktflächen
- Auswertung / Interpretation der Ergebnisse / Vorschläge für konstruktive Änderungen
- Nachrechnungen mit Fokus auf Optimierung hinsichtlich Senkung von Materialkosten
- Zusammenfassung der Ergebnisse / Erstellung von CAD-Zeichnungen der modifizierten Teile / Erarbeitung von Empfehlungen fürs Vorgehen bei analogen Entwicklungsaufgaben.

4 Vorgaben

4.1 Vorgehen

Einleitung Wenn man die Zusammenstellungszeichnung anschaut, so kommt der Druck (ca. 50 bar) von rechts durch den an einer Leitung angeschlossenen Anschlussnippel in den Regler rein. Die Leitung mündet in die Hochdruckkammer. Diese wird durch den Ventilkegel mit einem O-Ring von der Niederdruckkammer abgedichtet. Bei zu kleinem Druck in der Niederdruckkammer drückt die gespannte Regulierfeder auf den Ventilkegel bis der Druck in der Niederdruckkammer so hochgestiegen ist, dass die Feder nachgibt und den Kegel wieder schliesst. In der Niederdruckkammer herrscht ein Druck von 12 resp. 40 bar. Von dort aus fliesst das Gas durch die Bohrung zum Abgang hinaus.

Nach Norm darf nach einer Innendruckprüfung bei 112.5 bar im Hochdruckbereich und bei 46 resp. 160 bar im Niederdruckbereich keine bleibende Verformung da sein.

4.2 Werkstoffangaben

Angaben	Werkstoff:	CuZn39Pb3
	E-Modul:	110'000 N/mm ²
	Poissonzahl:	$\mu = 0.33$

4.3 Ablauf der FE-Berechnung

Ablaufplan Der Ablaufplan ist nachfolgend ersichtlich:

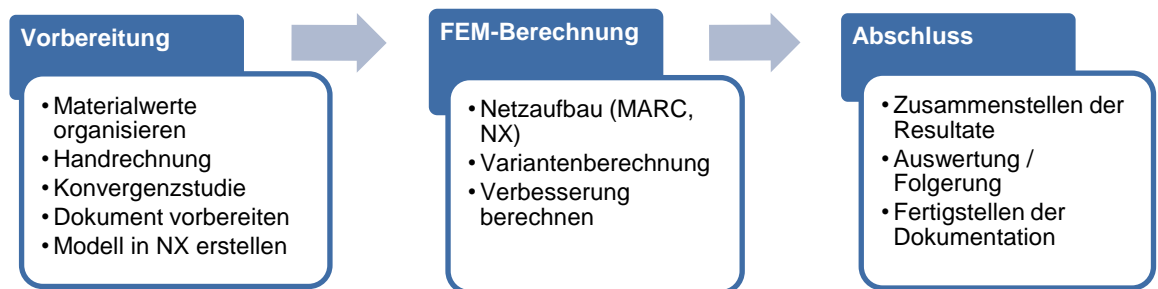


Abbildung 1: Vorgehensschritte

Schritte Im Detail sehen die Schritte wie folgt aus:

- Bestandsaufnahme / Besprechung / Einarbeitung / Recherchen / Terminplan
- Kritische Durchsicht der Angaben und Studium der Unterlagen zur Aufgabenstellung
Klärung von Verständnisfragen (z.B. genauere Bezeichnung von geometrisch veränderbaren bzw. optimierungsfähigen Bereichen) / Datentransfer CAD / Beschaffung von weiteren Grundlagen wie Werkstoffdaten (z.B. festigkeitsmässige Beurteilungskriterien für Messing)
- FE-Modellierung / FE-Berechnungen gemäss Aufgabenstellung inkl. Auswertung / Dokumentation und Interpretation der Ergebnisse
- Ausarbeitung von Optimierungsvorschlägen durch Anpassungen an CAD- & FE-Modellen und Wiederholung der FE-Berechnungen / Auswertung

- Zusammenstellung und Diskussion der definitiven Ergebnisse / allfällige Vorschläge fürs weitere Vorgehen bei analogen Entwicklungsaufgaben

Formeln

Für die Handrechnungen wurden Formeln gemäss [1] verwendet. Diese werden in der nachfolgend zusammengefasst.

Beschreibung	Formel
Satz von Castigliano	$v_F = \int_0^L \frac{M_b}{E \cdot I} \cdot \frac{M_b}{\partial F} \cdot dx$
Flächenträgheits-/ Widerstandsmoment	$I = \frac{bh^3}{12} ; W_b = \frac{bh^2}{6}$
Normalspannung	$\sigma_N = \frac{M_b}{W_b}$

Tabelle 1: Formeln aus der Festigkeitslehre

Pilotstudie

Resultate der Pilotstudie zeigen, dass ein Modell mit 10048 4-Knoten-3D-Elementen zuverlässige Resultate liefert:

Anzahl Elemente	Kantenlänge [mm]	Handrechnung		3D-Element 4 Knoten		3D-Element 10 Knoten	
		Kraft in Punkt 1	σ_N in Punkt 2	Kraft in Punkt 1	σ_N in Punkt 2	Kraft in Punkt 1	σ_N in Punkt 2
		[N]	[N/mm²]	[N]	[N/mm²]	[N]	[N/mm²]
157	2	265.3	252	363.9	256	29	262
628	1	265.3	252	275.9	246	24	214
2512	0.5	265.3	252	249.8	237	24	221
10048	0.25	265.3	252	242.1	232	28	222
40192	0.125	265.3	252	239.5	229	23	227

Tabelle 2: Parameterstudie zur Wahl des optimalen FE-Modells

5 Ergebnisse der FE-Berechnung

5.1 Optimierte Ventilgeometrie

FE-Modell

Die Endgültige Version der optimierten Ventilgeometrie zeichnet sich durch eine relativ homogene Spannungsverteilung aus. Daraus geht hervor, dass das Verbesserungspotential gut ausgeschöpft worden ist.

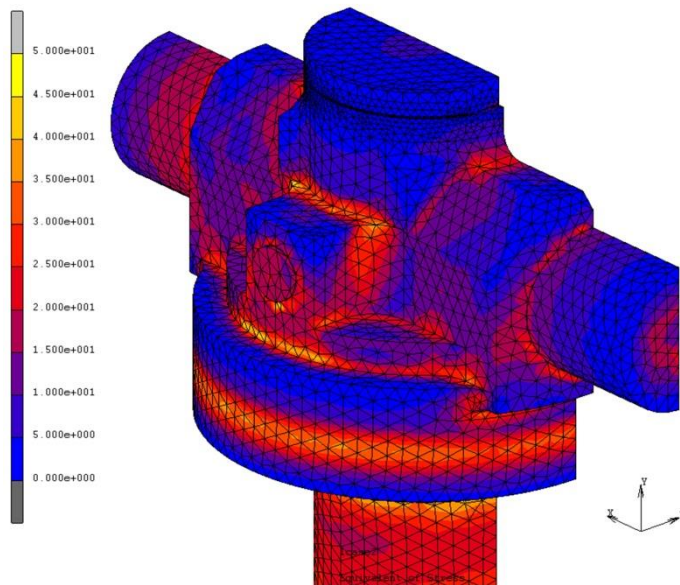


Abbildung 2: Verteilung der Vergleichsspannungen infolge Innendrucks

6 Literatur und Quellenverzeichnis

[1] Vorlesungsskript Festigkeitslehre / OST