

Neukonstruktion eines Drosselklappentellers in ein bestehendes Klappengehäuse einer Absperrklappe DN3500 Kraftwerk Mapragg (Stausee Gigerwald) Schweiz



Quelle: wundo.ch Arthur Gamsa



Dipl. Ing. Ingo Giersemehl

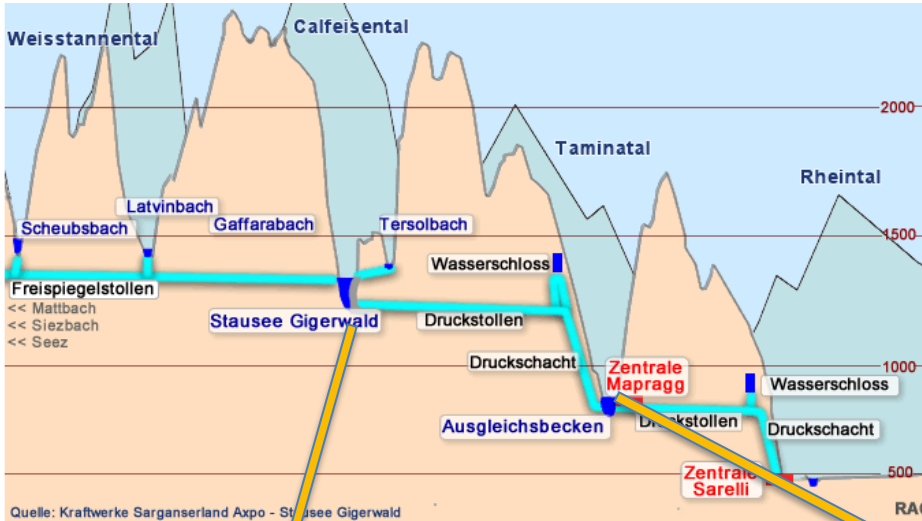


www.kochendoerfer.de

Neukonstruktion eines Drosselklappentellers in ein bestehendes Klappengehäuse einer Absperrklappe DN3500 Kraftwerk Mapragg (Stausee Gigerwald) Schweiz

- **Der Stausee Gigerwald und seine Funktion**
- **Veranlassung zur Revision / Erneuerung der Klappenteller**
 - Veranlassung
 - Technische Daten der Trenn- und Drosselklappen
 - Erkenntnisse im Angebotsstadium
- **Neukonstruktion des Klappentellers**
 - CFD Berechnungen
 - Adaption der Belüftungsleistung bei Rohrbruch
 - Konstruktion und Berechnung Klappenteller und Klappentellerantrieb
- **Impressionen aus der Projektumsetzung**

Stausee Gigerwald



Ausbauwassermenge	
Turbinen:	81 m ³ /s
Pumpen:	36 m ³ /s

Installierte Leistung	
Turbinen:	330 MW
Pumpen:	159 MW

Maximales Gefälle	
Turbinen	483 m
Pumpen	386 - 487 m

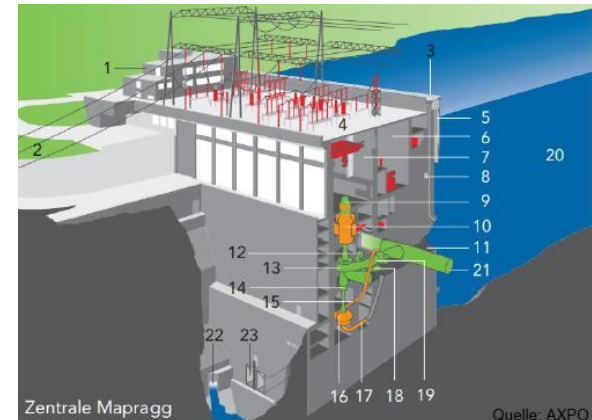


Drosselklappenkammer mit Tandem- Klappen

Betreiber Axpo /
Kraftwerke Sarganserland

Stauseen Gigerwald und Mapragg
mit Kraftwerken Mapragg & Sarelli

Zentral Mapragg
Turbinenbetrieb
Pumpbetrieb



Kraftwerkszentrale Mapragg

Veranlassung zur Revision / Erneuerung Klappenteller



- Verbaute Drosselklappen, Trennklappen über 45 Jahre alt, weitestgehend noch im Originalzustand
- Erhöhung des Einlaufbauwerks im Stausee Gigerwald = Stollensystem frei
- Revision der Drossel- und Trennklappen soll zu einer wieder langfristigen Erhöhung der Betriebssicherheit führen

Technische Daten Trenn- und Drosselklappe

Trennklappe Gigerwald

Nenn Durchmesser:	DN	3500 mm
Prüfdruck:	p_N	175 mWS
Betriebsdruck	p_{Betr}	106 mWS

Drosselklappe Gigerwald

Nenn Durchmesser:	DN	3500 mm
Prüfdruck:	p_N	175 mWS
Betriebsdruck	p_{Betr}	106 mWS
Max. Durchfluss:	Q_{max}	84,6 m ³ /s

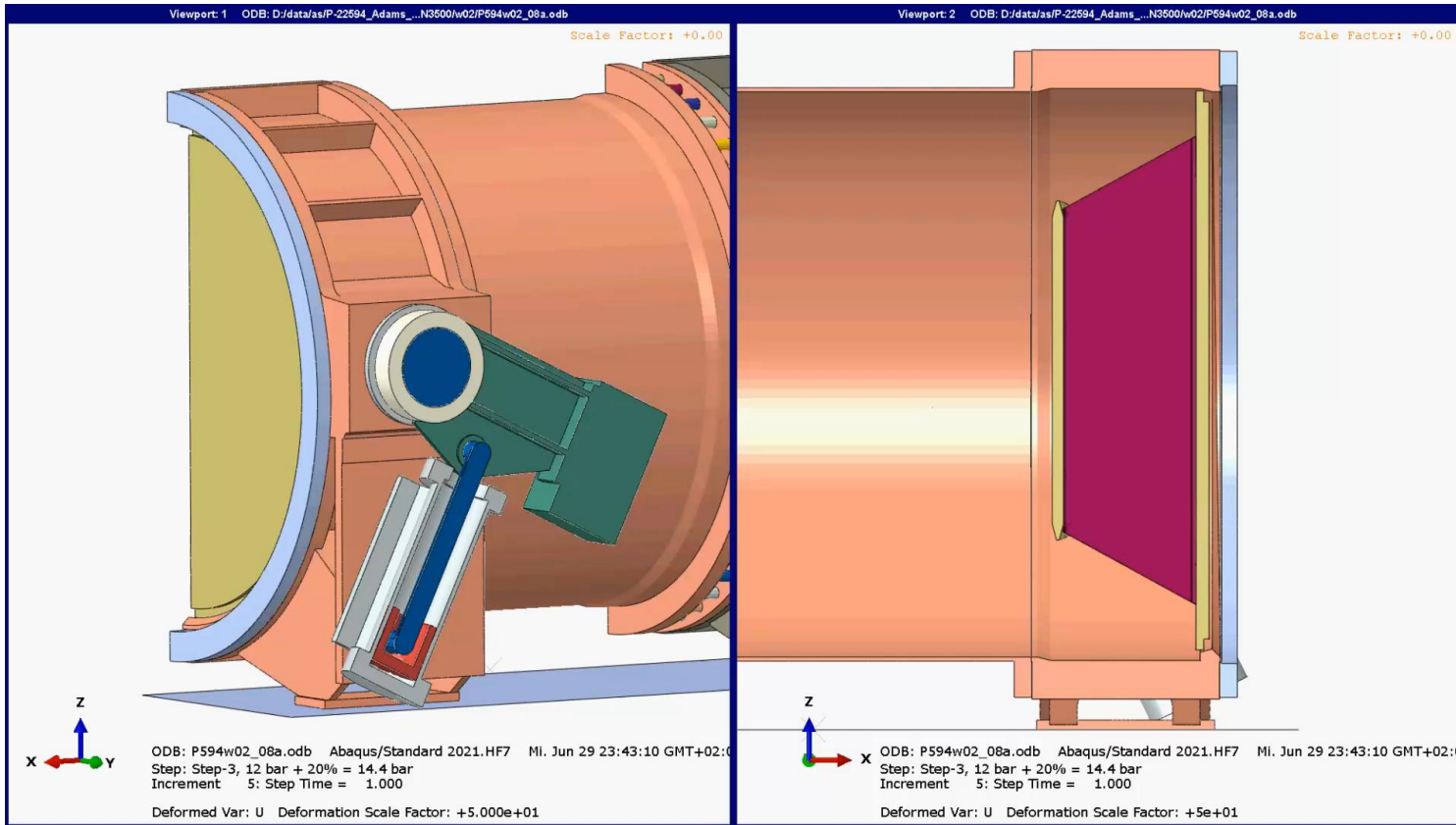


Erkenntnisse im Angebotsstadium

- FEM Berechnungen durch Axpo mit Erkenntnis das Klappenteller und Antrieb ggf. den Betriebsbedingungen nicht standhält / Verformung Klappenteller und Klappe
 - Anforderung Angebot neuer Klappenteller

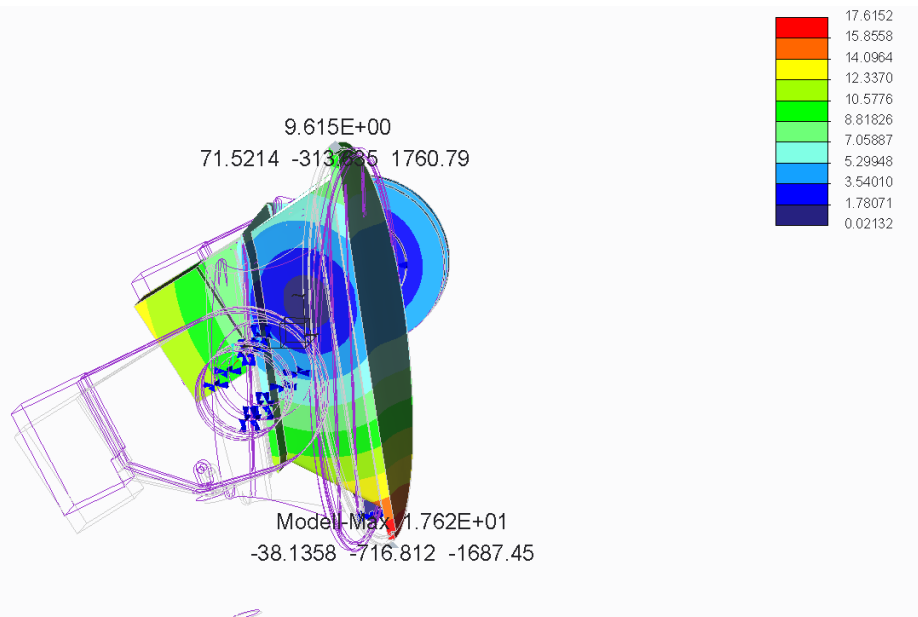
- FEM Berechnungen durch Kochendörfer – Ergebnis Verformung Klappenteller nicht bestätigt

Erkenntnisse im Angebotsstadium



Erkenntnisse im Angebotsstadium

■ Nachrechnung der Klappe unter Berücksichtigung Klappenantrieb



- die Druckbeaufschlagung des Tellers führt zu einer Verdrehung der Achsen
- Große Kraft aus dem hydraulischen Moment auf die Antriebszylinder
- Ursache die ungewöhnlich große Exzentrizität der Klappe mit $e = 225/3500 = 6,4\%$ („normal“ ca. 1-2%)

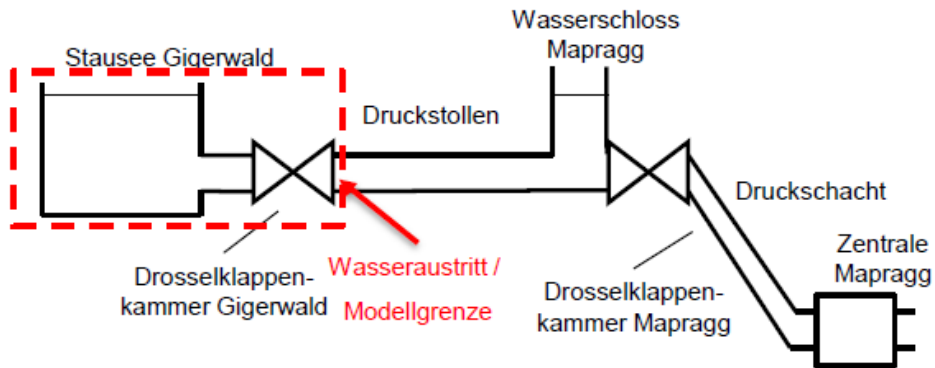
Neukonstruktion des Klappentellers

- Erkenntniss aus den ersten FEM Berechnungen
 - Verformung des Klappentellers kommt im Wesentlichen durch die Verdrehung der Achsen zustande, nicht infolge der Durchbiegung (Exzentrizität 6,4%)
 - Eine reine Verstärkung des Klappentellers wird wahrscheinlich eher wenig verbessern
- Aus Bestandsunterlagen keine Informationen:
 - zum Schließvorgang unter Durchfluss
 - zu den hydraulischen Eigenschaften
 - Zu Kräften und Momenten beim Schließen sowohl für Turbinen- als auch Pumpbetrieb

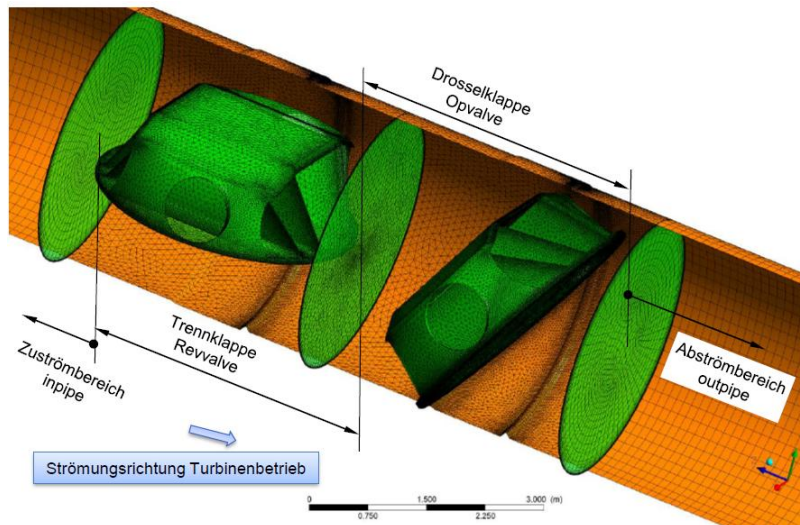
Entscheidung zur Durchführung einer Strömungsanalyse (CFD)
zur Ermittlung der fehlenden Informationen

CFD Berechnung - Strömungsanalyse

■ Strömungsmodell

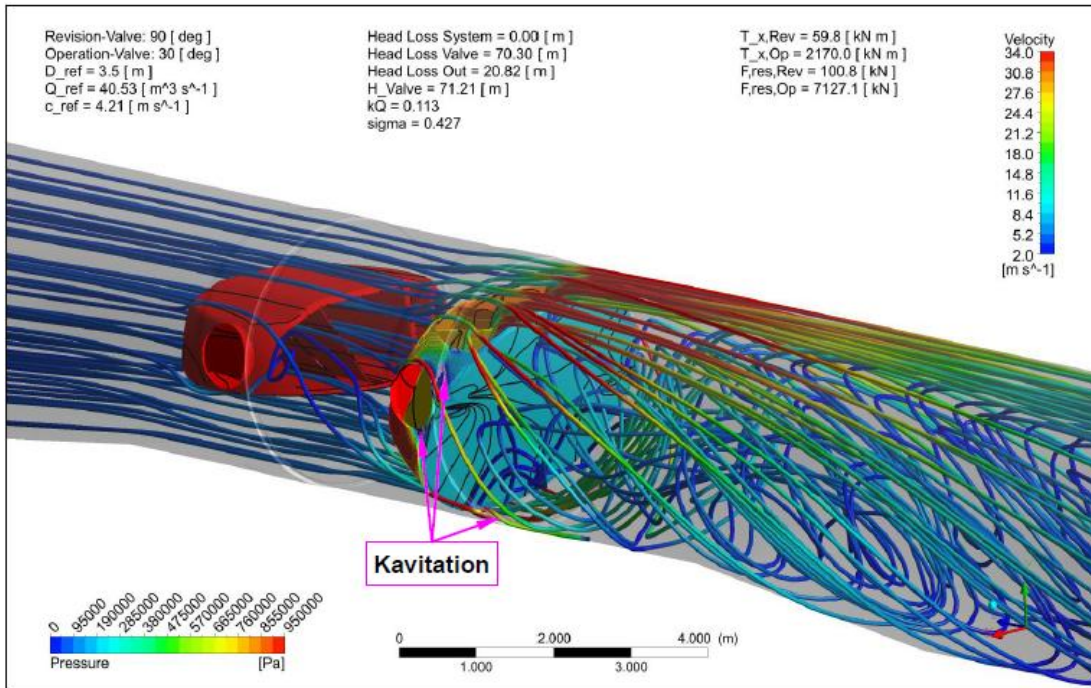


- Hydraulische Verluste Stollen und Verteilrohrleitung unberücksichtigt, da unbekannt
- Nur hydraulisches System vom Speicher bis Klappenkammer berücksichtigt (siehe Bild links)
- Trennklappe bleibt bei allen Berechnungen offen



CFD Berechnung - Ergebnisse

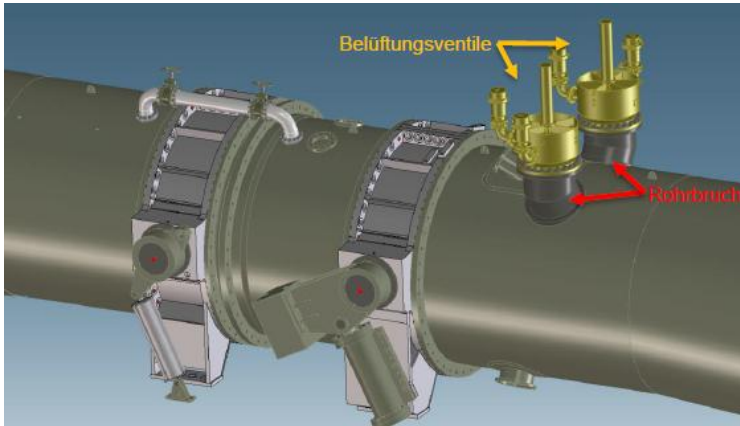
■ Notschluss der Drosselklappe aus $Q_{max} \sim 84 \text{ m}^3/\text{s}$



- Max. hydr. Moment bei 30° Klappenstellung (2180 kNm)
- Max. resultierende Kraft aus CFD (Belastung der Klappe) = 8,47 MN bei Klappenstellung < 10°

CFD Berechnung - Ergebnisse

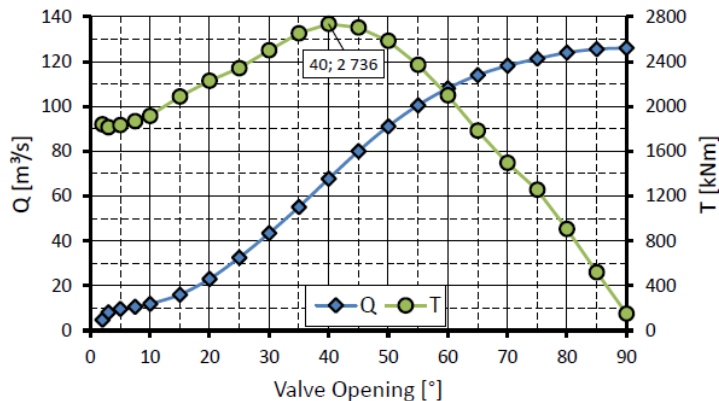
■ Ausnahmefall Rohrbruch $Q_{max} \sim 126 \text{ m}^3/\text{s}$



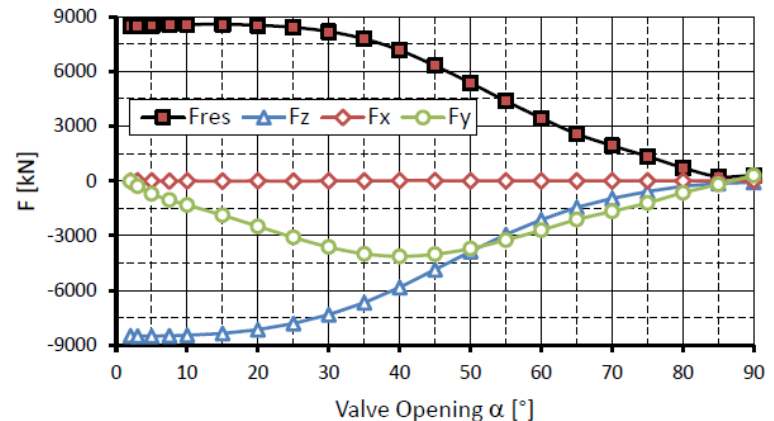
Annahmen

- Rohrbruch unmittelbar nach der Drosselklappe
- Beide Belüftungsventile DN800 brechen weg

■ Max. hydr. Moment bei 40° Klappenstellung (2740 kNm)

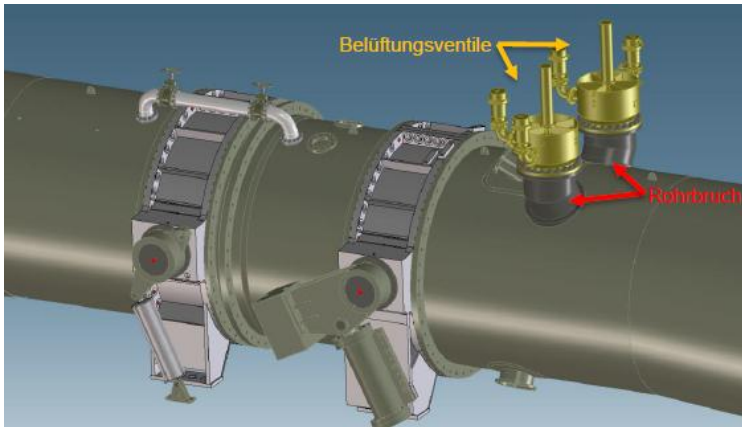


■ Max. resultierende Kraft aus CFD (Belastung der Klappe) = 8,60 MN bei Klappenstellung ~ 15°



CFD Berechnung - Ergebnisse

■ Ausnahmefall Rohrbruch $Q_{max} \sim 126 \text{ m}^3/\text{s}$



Weiteres Ergebnis aus CFD:

Belüftungsleistung erforderl.:
 $300.000 \text{ m}^3/\text{h}$

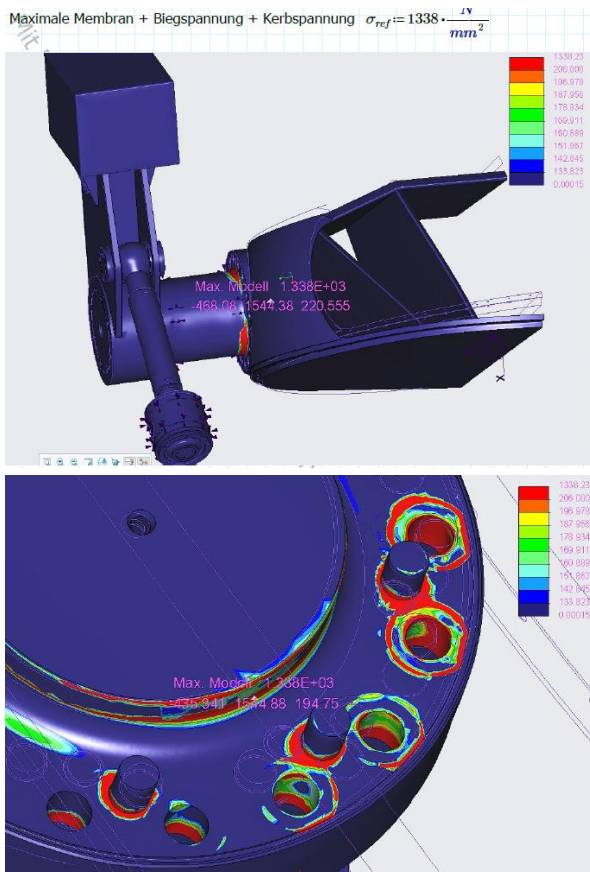
Nachrechnung Bestand:

Belüftungsleistung:
 $90.000 \text{ m}^3/\text{s}$

Konstruktion und Berechnung Klappenteller und Antrieb

■ Neue FEM Berechnungen mit Ergebnissen aus der CFD

- **Unzulässig hohe Vergleichsspannungen im Betriebslastfall bei 30° Klappenstellung (2180 kNm)**



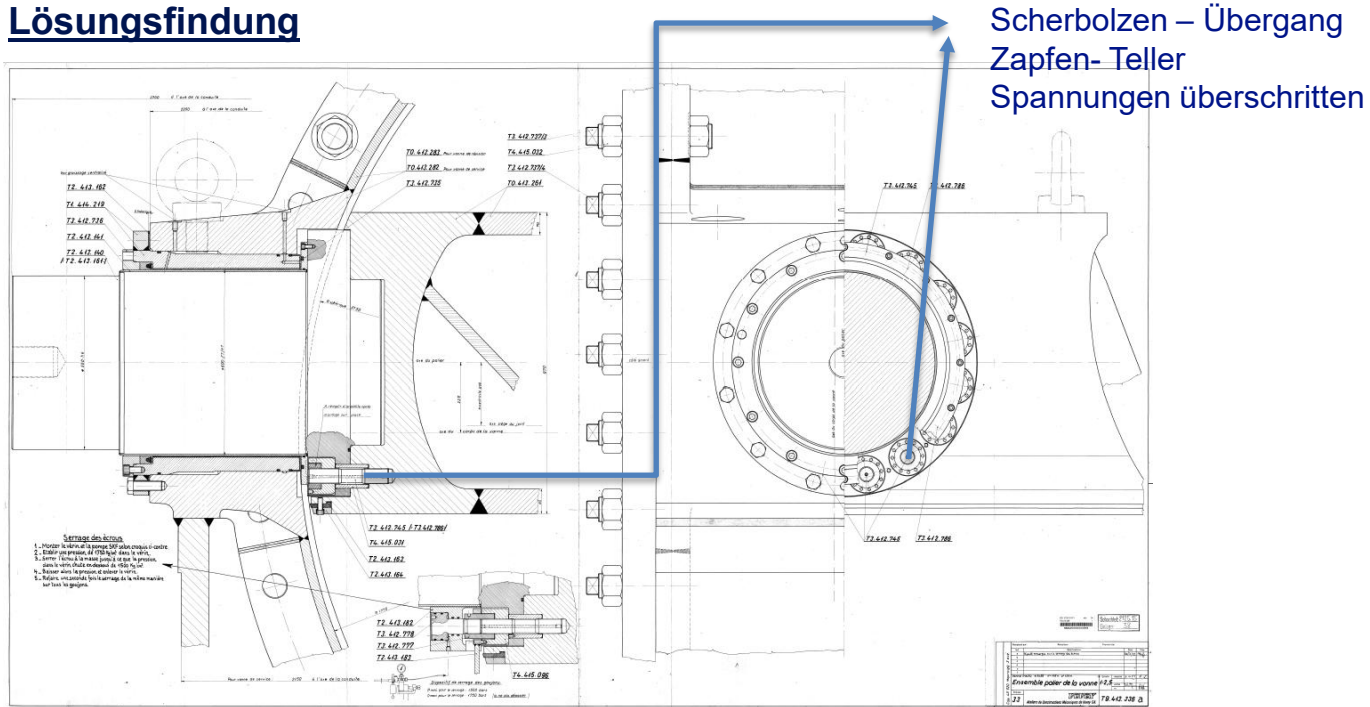
- Höchste Spannungsbeanspruchung am Klappenantrieb zu Klappenbolzen (Scherbolzen)
- Verformung des Klappengehäuses und Klappentellers durch unterdimensionierten Klappenantrieb
- An Verbindung Antrieb und Drehbolzen zulässige Spannungen überschritten

Reduzierung der vorhandenen Spannungen konstruktiv erforderlich !

- Randbedingungen
 - Keine Änderungen am Antrieb Zylinderanlenkung (am Gehäuse befestigt)

Konstruktion und Berechnung Klappenteller und Antrieb

■ Lösungsfindung



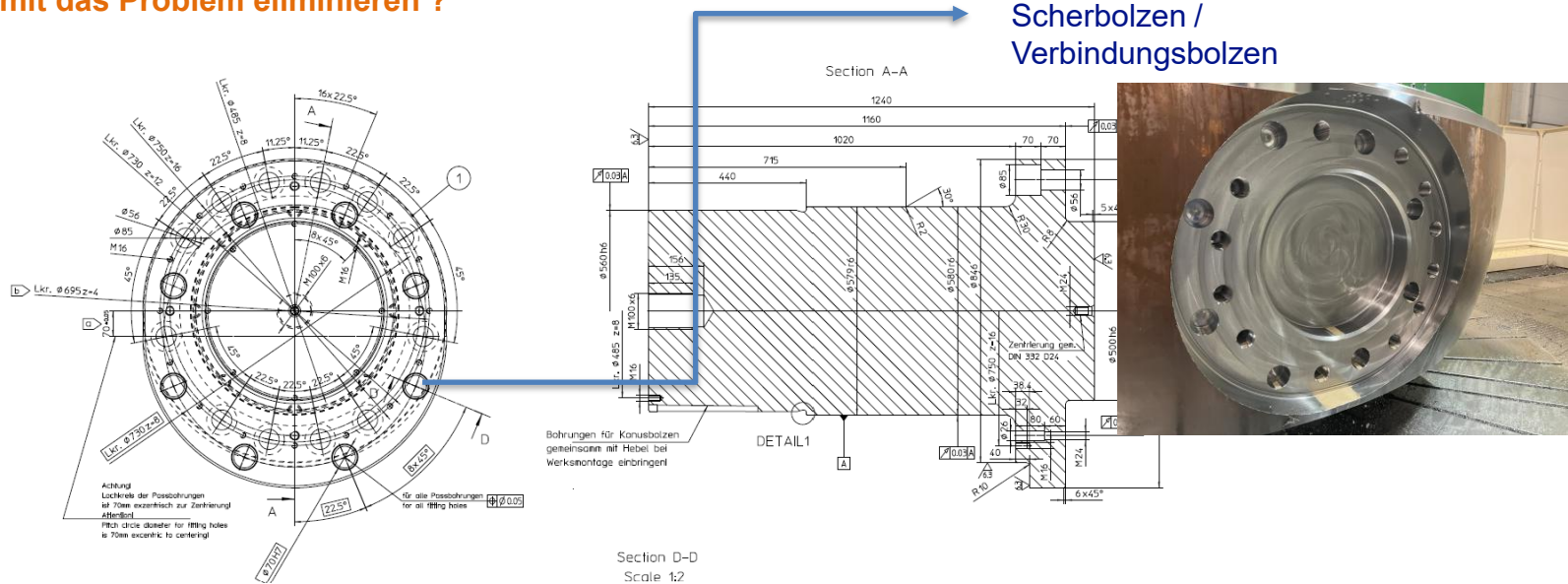
- Ursachen: ungewöhnliche Exzentrizität der Klappe?
Generelle Unterdimensionierung ?
- Randbedingungen nicht veränderbar
- Zeit zur Lieferung der neuen Klappenteller läuft

Konstruktion und Berechnung Klappenteller und Antrieb

■ Lösung

- Problem kommt im Wesentlichen aus der großen Exzentrizität Klappe/Klappenantrieb
- Neuer Antrieb/Antriebszapfen erforderlich
- Wie können wir diesem Problem an der Verbindung Klappe/ Klappenantrieb entgegen wirken ?

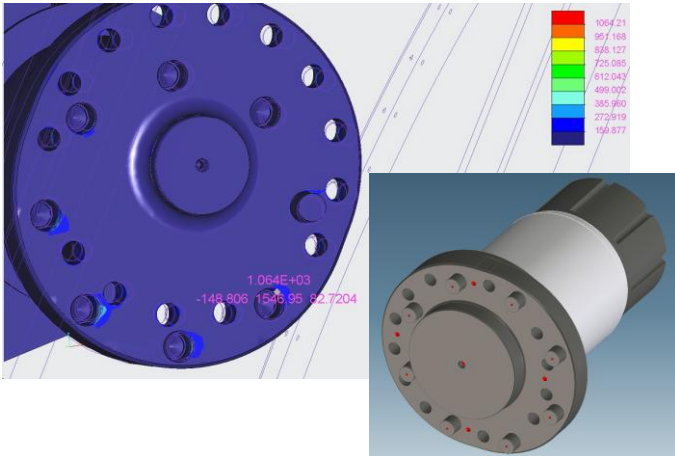
Kann man eine „Gegenexzentrizität“ erzeugen und damit das Problem eliminieren ?



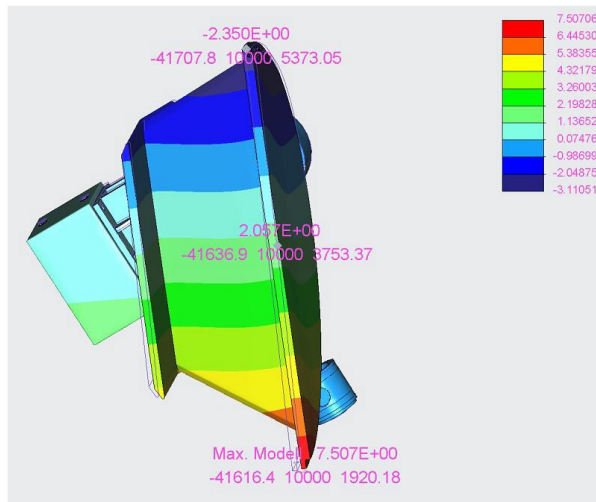
Exzentrische Anordnung der Scherbolzen / Verbindungsbolzen

Konstruktion und Berechnung Klappenteller und Antrieb

FEM Nachrechnung



- Die zulässigen Maximalspannungen werden an keinem Punkt der Verbindung überschritten



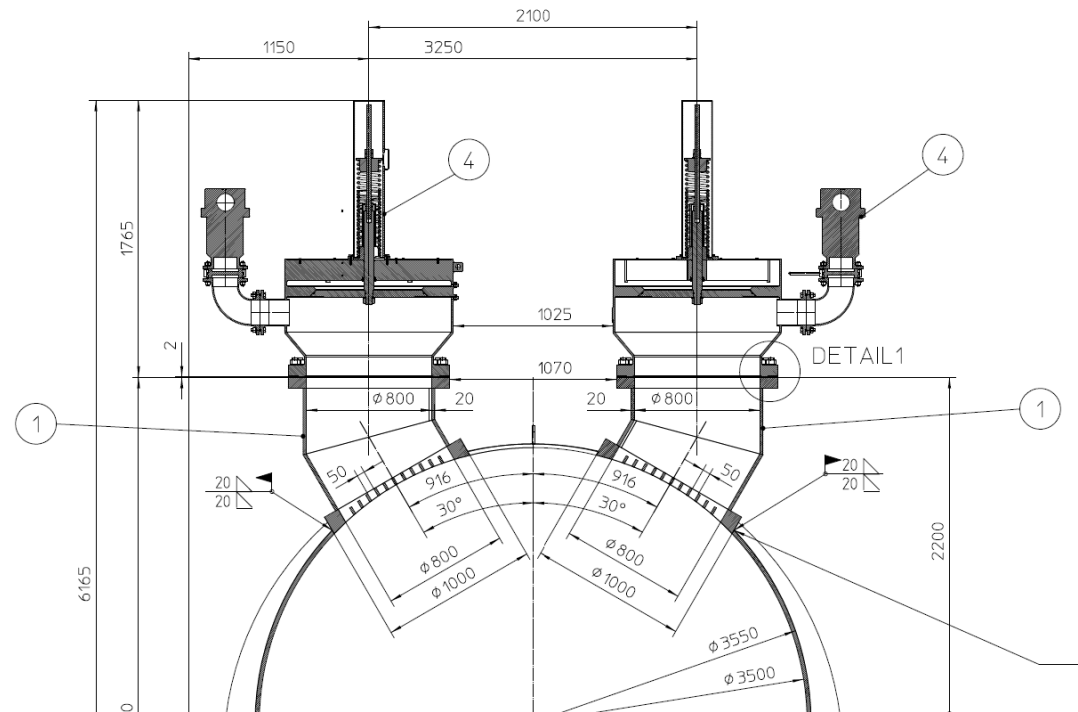
- Durchbiegung des Klappentellers in der Mitte konnte auf 2mm reduziert werden (30° Stellung)
- Dichtungsbereich (Außendurchmesser) 7,6mm

Erneuerung der Klappenbelüftung

■ Bestehende Belüftung deutlich zu klein



- Verbaut 2x DN400 mit je 45.000 m³/s
- Erforderlich 2x DN800 mit je 150.000 m³/s



Zusammenfassung

■ Erkenntnisse aus Angebotsphase bzw. Beginn Ausführungsphase

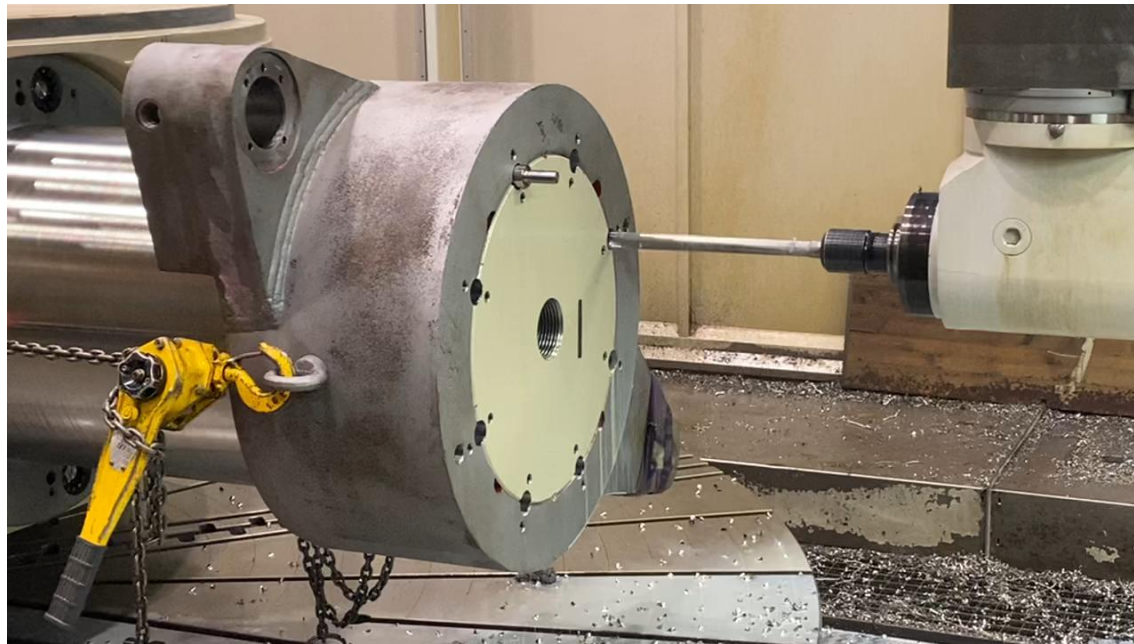
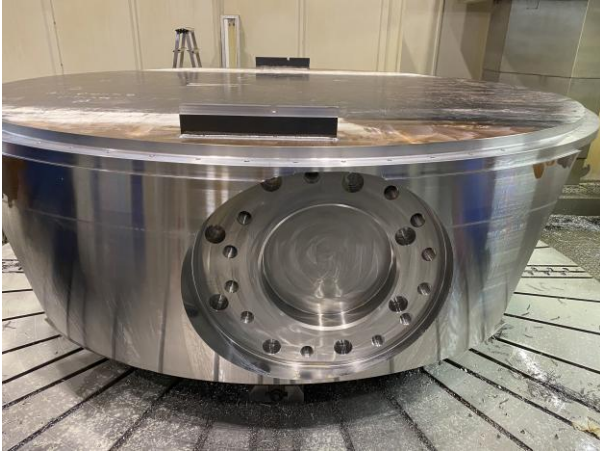
- Klappenteller / Antrieb den Betriebsbelastungen nicht gewachsen
- Entscheidung zu neuen Klappentellern – Erkenntnis: Adaption nur Klappenteller nicht ausreichend
- Problem Momente aus dem Klappenantrieb (große Exzentrizität)
- Belüftung unterdimensioniert



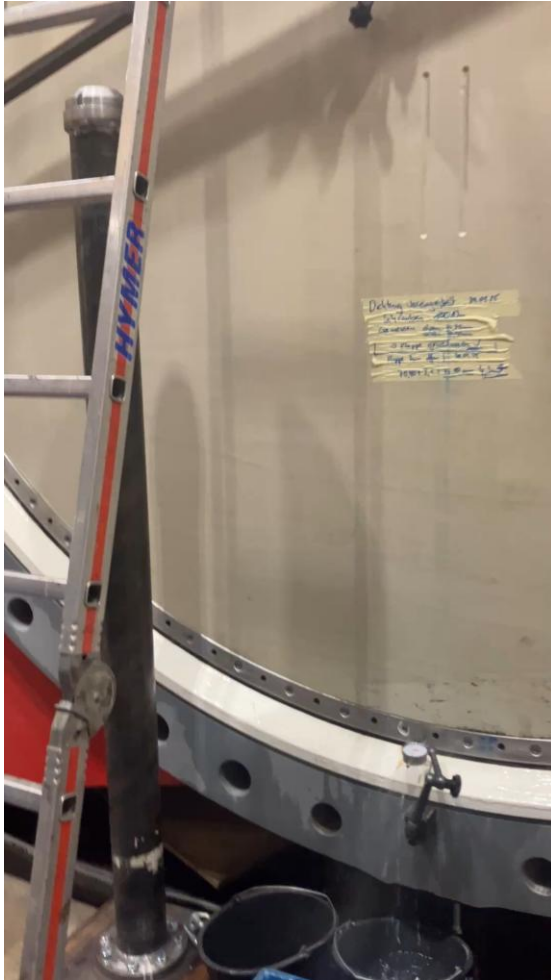
■ Lösungen

- Lösung muss gefunden werden – Projekttermine fix
- „unkonventionelle“ Überlegungen führen zu einer Exzentrischen Verbindung Antriebszapfen – Klappenteller und zum Erfolg
- Belüftungsventile konnten am bestehenden Ablaufrohr implementiert werden

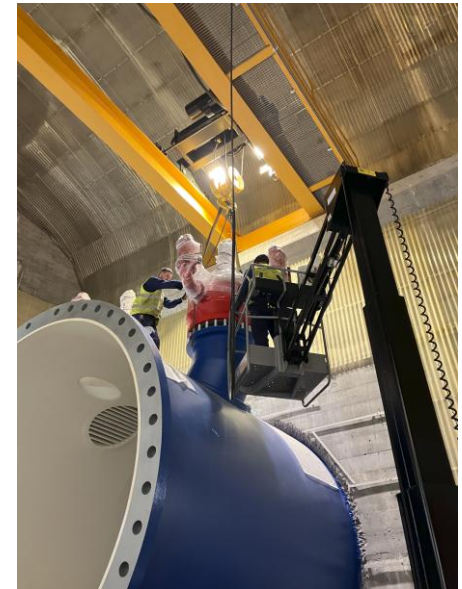
Impressionen aus der Fertigung



Impressionen aus Werksmontage und Werksabnahme



Impressionen Montage





DANKE:

- **M.Eng. Erwin Franz, M.Eng. Daniel Kabitschke**
(Konstruktion und FEM)
- **Peter Böhm**
(Projektleitung Kochendörfer)
- **Markus Scheinkönig**
(Montageleitung Kochendörfer)
- **Prof. Jaberg & Partner**
(CFD)
- **M.Eng. Andre Schlupe**
(Projektleitung Axpo)



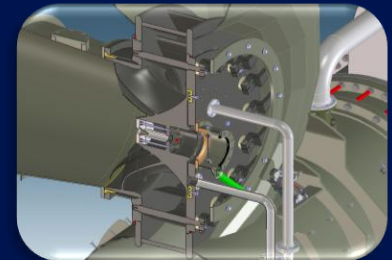
Kochendörfer Group



**GERMAN division
(DESIGN & PRODUCTION)**



**TURKISH division
(PRODUCTION)**



**AUSTRIAN division
(DESIGN)**

seit 1936



Turbinen- Revisionen und Modernisierung * Francis-, Kaplan-, Pelton-Turbinen*
Hydraulische Turbinenregler * Stahlwasserbau