Standortoptimierung und Modernisierung am Kraftwerk Elisenhütte an der Lahn

Selektion des optimalen Modernisierungskonzeptes

Auswahl neuer Kaplan Turbinen unter Beibehaltung der Generatoren

Anpassung der Turbinen-Modell-Hydraulik

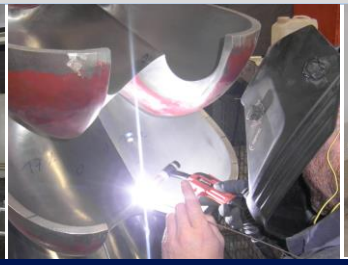
M.Eng Johannes Braun

KOCHENDÖRFER Wasserkraftanlagen

kochendoerfer.de

www.kochendoerfer.de

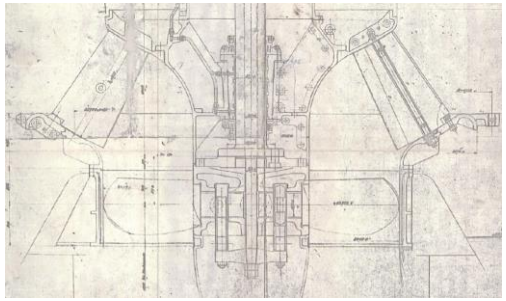
seit 1936



Turbinen- Revisionen und Modernisierung * Francis-, Kaplan-, Pelton- Turbinen bis 50 MW * Hydraulische Turbinenregler * Stahlwasserbau

Inhalt

Standortoptimierung und Modernisierung am Kraftwerk Elisenhütte an der Lahn



- **Das Kraftwerk Elisenhütte im Überblick**
- **Veranlassung zur Leistungsoptimierung**
- **Technische Umsetzung der Maßnahmen**
  - Auswahl des optimalen Modernisierungskonzeptes
  - Adaptierung der modellgetesteten Kaplanhydraulik an die Gegebenheiten in Elisenhütte
  - Bauliche und konstruktive Umsetzung

Das Kraftwerk Elisenhütte

kochendoerfer.de

- Eigentümer Süwag Grüne Energien und Wasser AG & Co.KG
- 2 innenregulierte Trichterrohrturbinen
- Inbetriebnahme 1931
- Leistung 2 x 941 kW
- Ausbaufallhöhe 5,00 m Ausbaudurchfluss 2 x 23,4 m³/s

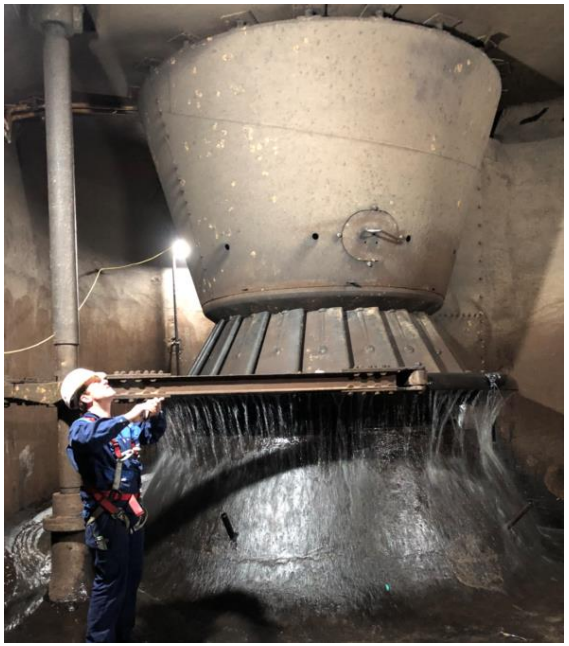
Veranlassung zur Leistungsoptimierung

- Generalrevision der Maschinensätze notwendig
- Teilkomponenten- Erneuerung notwendig
- Turbinendesign mit erhöhtem Wartungsaufwand

Revision

Teilkomponentenerneuerung sowieso erforderlich

Steigerung Verfügbarkeit und Ertrag



Technische Umsetzung

kochendoerfer.de

- Auswahl des optimalen Modernisierungskonzeptes

Es standen mehrere Varianten zur Diskussion:

- **Revision der Trichterrohrturbine, Revision der Generatoren**
- **Revision der Trichterrohrturbinen, Laufradoptimierung, Revision der Generatoren**
- **Neue vertikale Kaplanturbinen**
  - **Leitapparat innenreguliert**
    - **neue Generatoren**
    - **Revision der Generatoren**
  - **Leitapparat außenreguliert**
    - **Revision der Generatoren**

Technische Umsetzung

kochendoerfer.de

- Auswahl des optimalen Modernisierungskonzeptes

Die Entscheidung fiel auf die Variante:

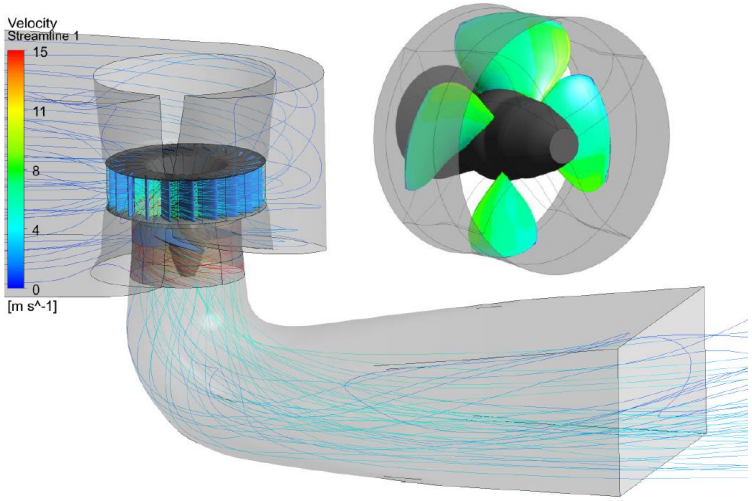
Neue vertikale Kaplanturbinen mit innenreguliertem Leitapparat und Revision der Generatoren

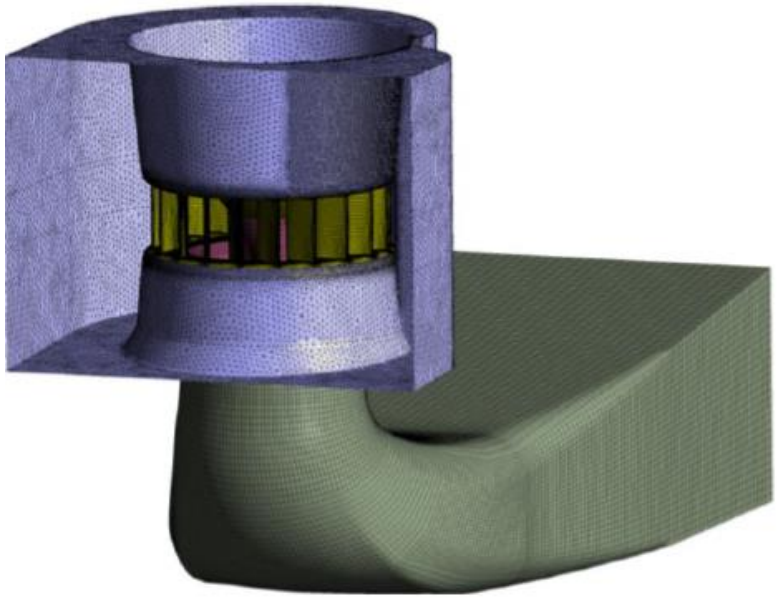
- **Laufrad, Führungslager und Dichtung sollten sowieso erneuert werden**
- **Innenregulierung aufgrund Wartungsfreundlichkeit und besserer Anströmung**
- **Generatorrevision anstelle neuer Generator**
  - **um einen aufwändigen Zertifizierungsprozess zu vermeiden**
  - **Steigerung der Jahresarbeit dadurch nur marginal**

Technische Umsetzung

- Adaptierung der modellgetesteten Kaplanhydraulik an die Gegebenheiten in Elisenhütte mittels CFD

- Randbedingungen seitens des Auftraggebers
  - Beibehaltung von
    - Drehzahl
    - Spiral- und Saugrohrgeometrie
    - Einbauhöhe Laufrad

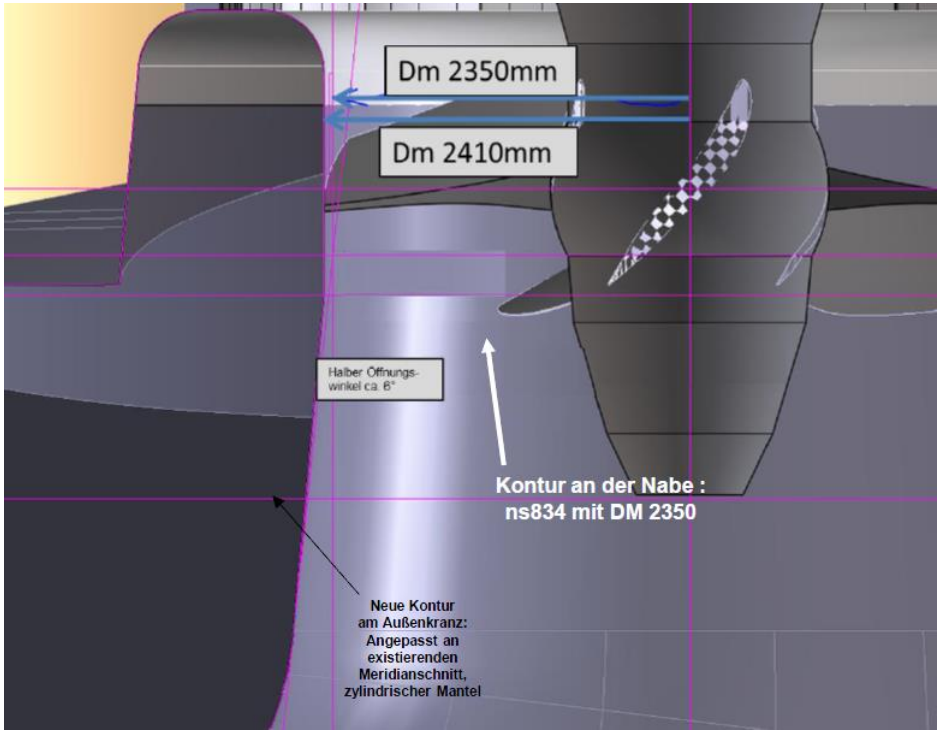




Technische Umsetzung

- Adaptierung der modellgetesteten Kaplanhydraulik an die Gegebenheiten in Elisenhütte mittels CFD

- Leitapparat- und Nabenkontur von bestehender Hydraulik
- Außenkranz angepasst an existierenden Meridianschnitt
- Zylindrischer Mantel
  - Maximierung der durchströmten Fläche
- Optimierung der Laufschaufelgeometrie
  - Verschiebung Optimum zu höherem Q



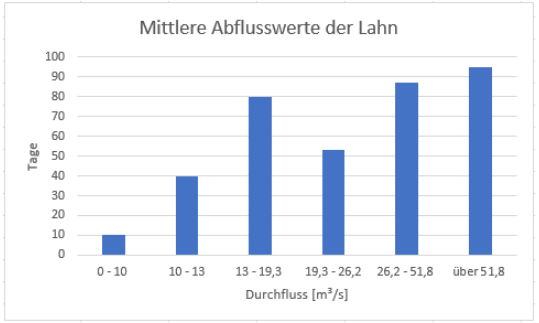
Technische Umsetzung

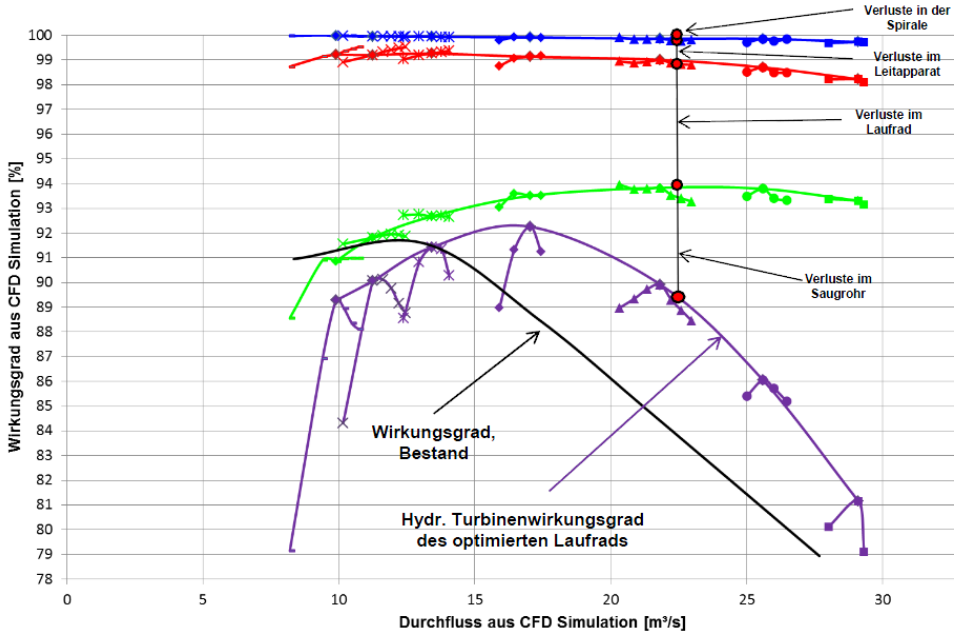
- Adaptierung der modellgetesteten Kaplanhydraulik an die Gegebenheiten in Elisenhütte mittels CFD

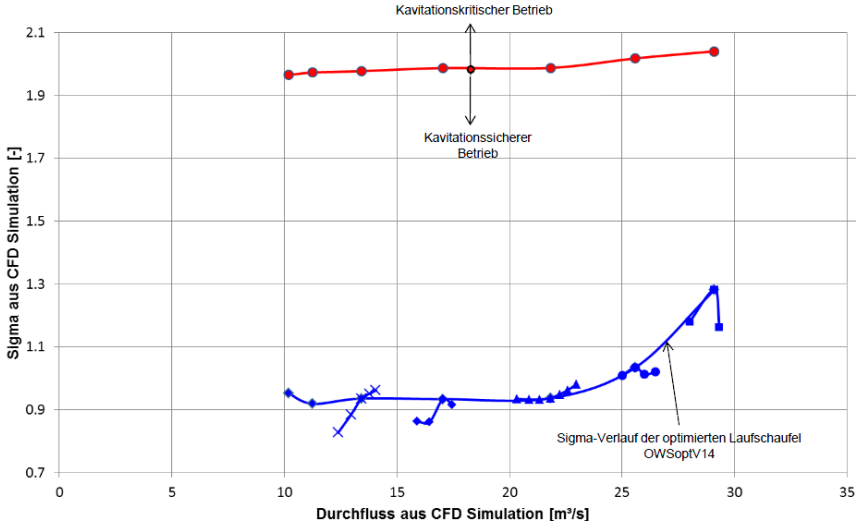
Ergebnis: ab 13 m³/s deutliche Wirkungsgradsteigerung

Gemäß Abflussdaten der Lahn Haupterzeugungsbereich

Kavitationssicherer Betrieb über den gesamten Betriebsbereich



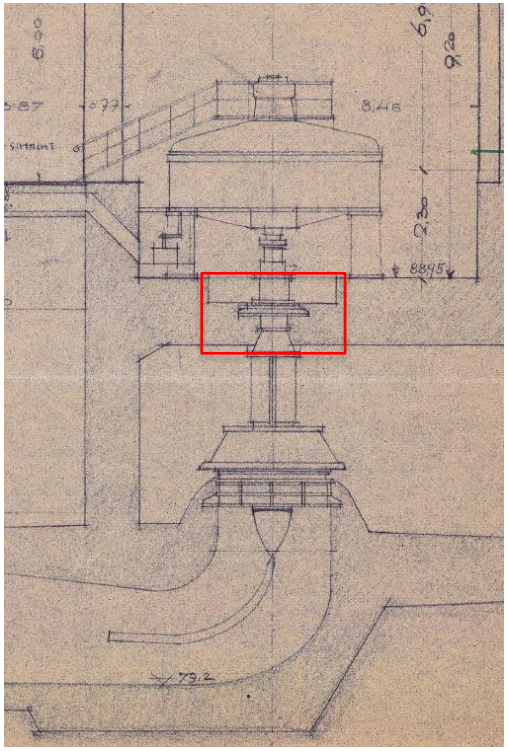




Technische Umsetzung

- Implementierung der neuen Turbine in das bestehende Gebäude

Vorgabe: geringstmögliche Änderungen der Gebäudestruktur

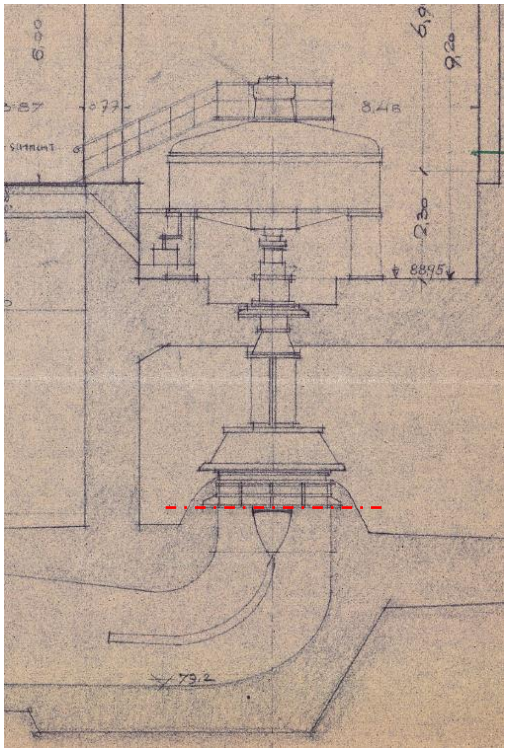


- Generatorfundamente bleiben
- Notwendiger Deckendurchbruch für Demontage Altkomponenten

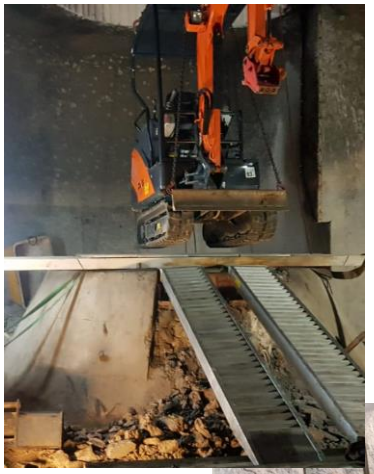
Technische Umsetzung

- Implementierung der neuen Turbine in das bestehende Gebäude

Vorgabe: geringstmögliche Änderungen der Gebäudestruktur



- Generatorfundamente bleiben
- Notwendiger Deckendurchbruch für Demontage Altkomponenten

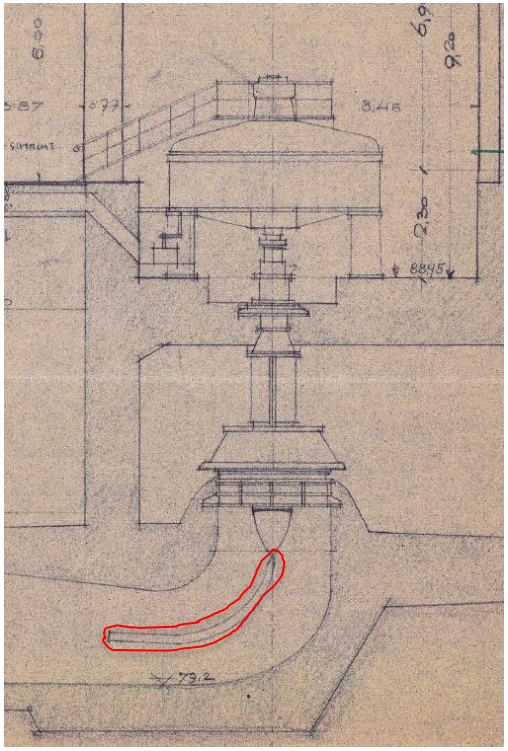


- Einbringen Abbruchgeräte über Deckendurchbruch
- Abbruch Laufradkammer bis Saugrohrflansch
- Entfernung Leitfinne im Saugrohkrümmer

Technische Umsetzung

- Implementierung der neuen Turbine in das bestehende Gebäude

Vorgabe: geringstmögliche Änderungen der Gebäudestruktur

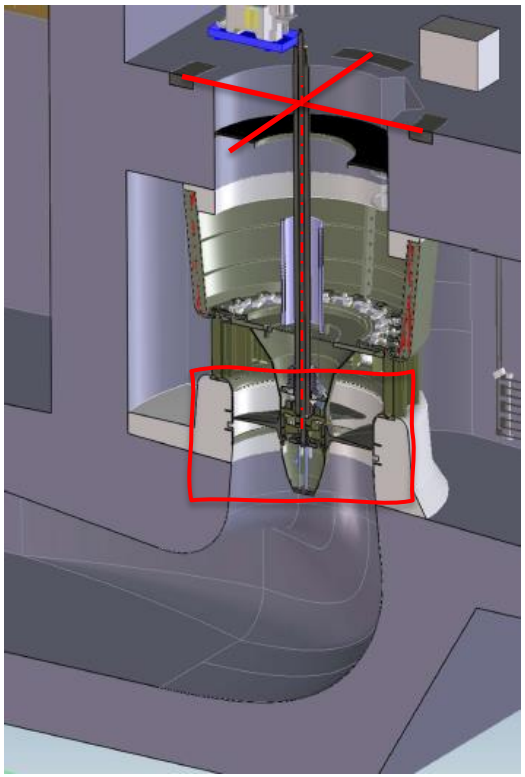


- Generatorfundamente bleiben
- Notwendiger Deckendurchbruch für Demontage Altkomponenten

- Einbringen Abbruchgeräte über Deckendurchbruch
- Abbruch Laufradkammer bis Saugrohrflansch
- Entfernung Leitfinne im Saugrohkrümmer

Technische Umsetzung

- Implementierung der neuen Turbine in das bestehende Gebäude

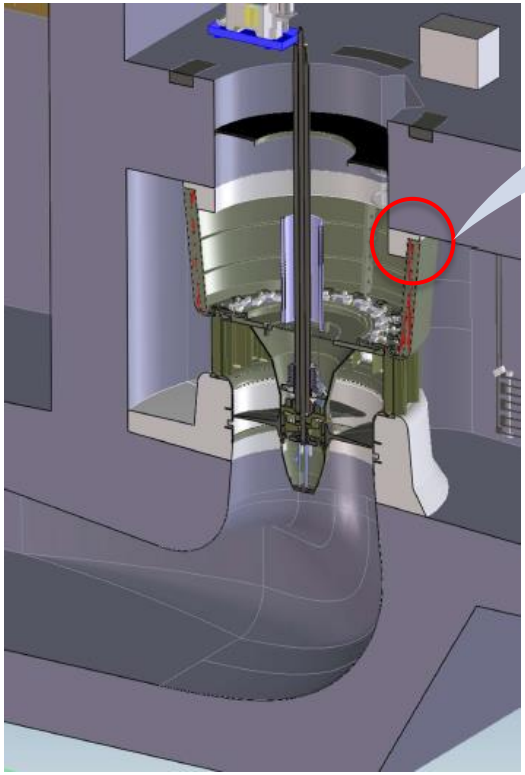


- Justage Laufradkammer
- Zentrum und Höhe über Generatorfundamentplatten

Technische Umsetzung

- Implementierung der neuen Turbine in das bestehende Gebäude

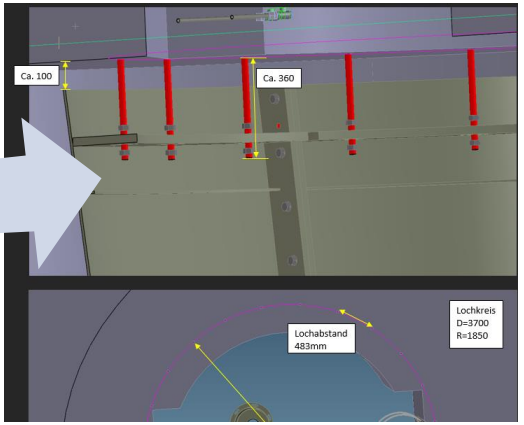
Anpassung Turbinenteile an Deckendurchbruch



4-teilige Elemente

Trägt das Gewicht des Leitapparats

Rückverankerung mit 48 Klebeankern

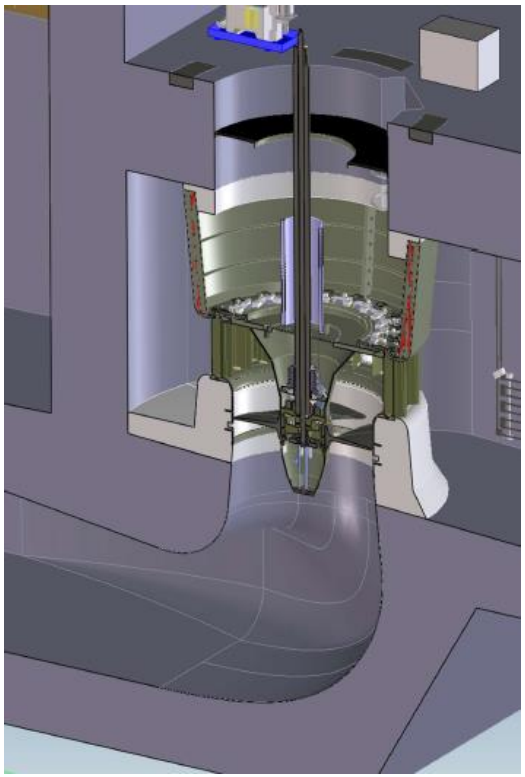


- Kein Stützschaufelring möglich
- Rückverankerung Pit-Verkleidung an Spiraldecke

Technische Umsetzung

- Implementierung der neuen Turbine in das bestehende Gebäude

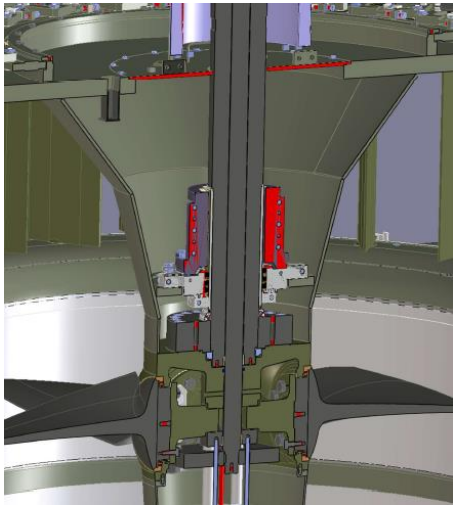
Anpassung Turbinenteile an Deckendurchbruch

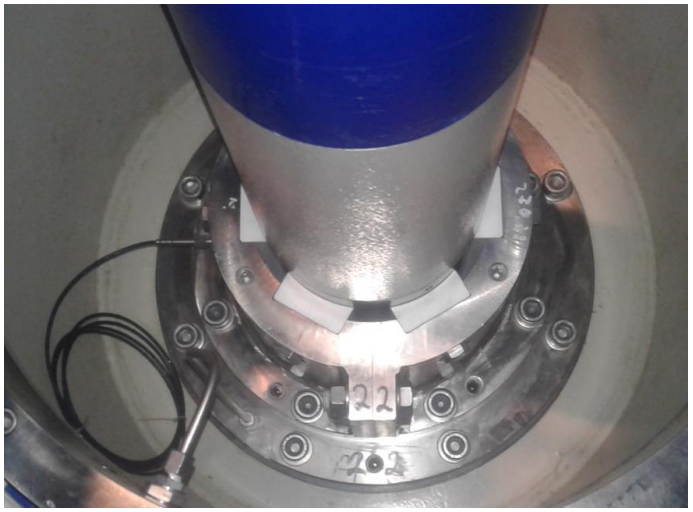


- Erschwerte Turbinenmontage vor Ort

Technische Umsetzung

- Ökologische Verbesserungen
  - Ölfreie Laufradnabe
    - Laufradverstellung mit externem Servomotor
    - Laufradausführung mit Wasser-/Frostschutzfüllung
  - Wassergeschmiertes Turbinenführungslager
  - Leitschaufellagerung wartungsfrei





Technische Umsetzung

kochendoerfer.de

Generatorrevision

- Stator
  - Erneuerung des Blechpakets mit anderer Nutzahl und Nutkontur inkl. Ersetzung der Statorwicklung, (original Einsteckwicklung) durch eine Zweischicht Schleifenwicklung
- Polrad
  - Kompletterneuerung Pole inklusive Polwicklung
    Ausführung der Polwicklung als gewickelte Polspule - vorher gelötete Wicklung
- Erregermaschine
  - Vollständige Erneuerung und Umbau von einer Gleichstrommaschine auf eine bürstenlose Synchron RG (mit rotierenden Gleichrichtern) Erregermaschine.

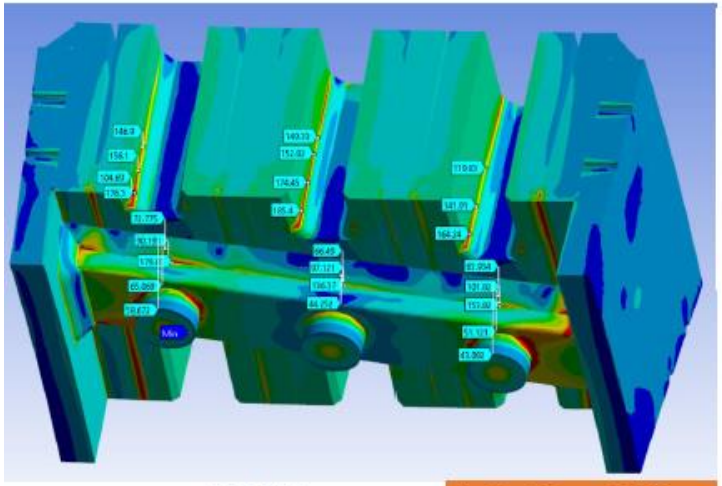
Technische Umsetzung

Generatorrevision - Durchbrenndrehzahl

- Erhöhung der Durchbrenndrehzahl von ursprünglich 315 U/min auf 408 U/min
- Wellenstrangberechnung zur Ermittlung der Biege- und Torsionskritischen Drehzahlen
- FEM – Analyse Polrad
  - Nachrechnung des Polrads ergibt Spannungsspitzen von 89 N/mm²
  - Liegt im zulässigen Bereich, es gilt für diesen Katastrophenfall der statische Nachweis laut FKM-Richtline

Biegekritische Drehzahlen

Nr	kritische Drehzahlen n_b 1/min
1	959,29
2	1435,11
3	1628,37

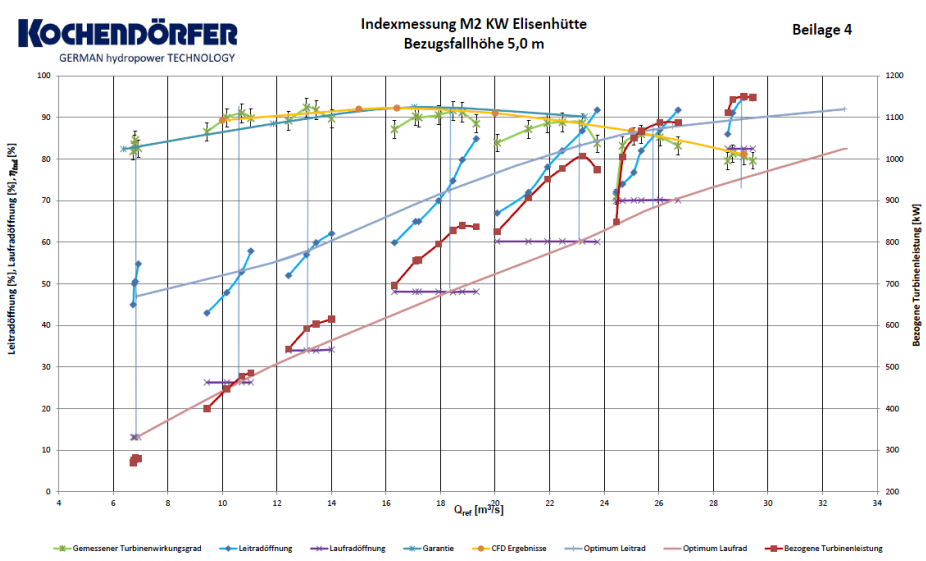


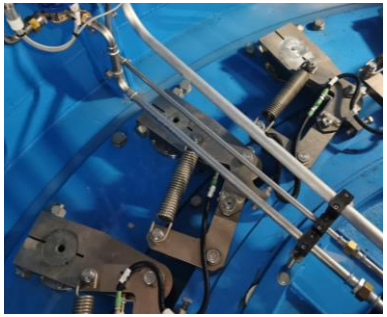
Zusammenfassung

Im Rahmen des Retrofit-Projekts Elisenhütte konnten durch den Einbau neuer vertikaler Kaplan Turbinen mit optimiertem Laufraddesign

folgende Erfolge erzielt werden:

- Der Turbinenwirkungsgrad wurde in einem weiten Betriebsbereich deutlich um ~ **5 %** gesteigert
- Die Gefahr von Öl- Fetteintrag in das Betriebswasser wurde minimiert
- Durch die Innenregulierung mit Verwendung von selbstrückstellenden Sicherheitsfederlenkern am Leitapparat wird der Wartungsaufwand deutlich reduziert und die Verfügbarkeit dadurch erhöht





KOCHENDÖRFER
Wasserkraftanlagen

GERMAN hydropower TECHNOLOGY

Innovative Solutions for Hydro Electrical Powerplants.

kochendoerfer.de