



Die drehzahlvariablen Maschinensätze des Speicherkraftwerks Kühtai

8. Praktikerkonferenz „Wasserkraft | Turbinen | Systeme“

12. September 2023 – Hammer, Kofler, Götsch

Die drehzahlvariablen Maschinensätze des Speicherkraftwerks Kühtai



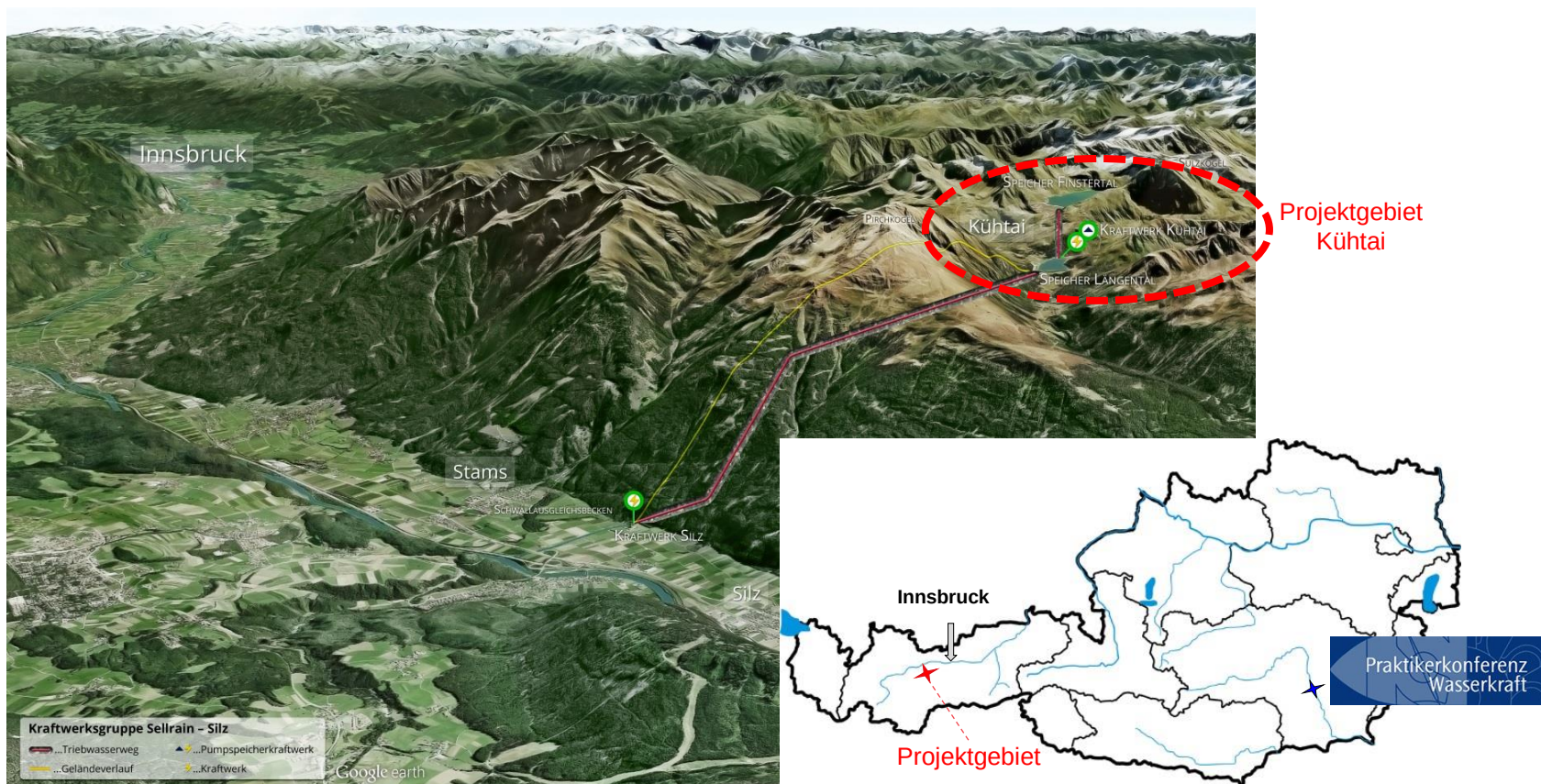
- Grundlegende Informationen zum Speicherkraftwerk Kühtai
- Drehzahlvariabilität aufgrund großer Fallhöhenunterschiede - Basisauslegung
- Betriebsbereich / Detailauslegung / Dynamische Nachweise
- Maschinen- und Kraftwerkslayout
 - Pumpturbinen mit Absperrorganen
 - Motorgeneratoren
 - Vollumrichter, Transformatoren und Netzanbindung
- Fragen und Diskussion

Die drehzahlvariablen Maschinensätze des Speicherkraftwerks Kühtai



- Grundlegende Informationen zum Speicherkraftwerk Kühtai
- Drehzahlvariabilität aufgrund großer Fallhöhenunterschiede - Basisauslegung
- Betriebsbereich / Detailauslegung / Dynamische Nachweise
- Maschinen- und Kraftwerkslayout
 - Pumpturbinen mit Absperrorganen
 - Motorgeneratoren
 - Vollumrichter, Transformatoren und Netzanbindung
- Fragen und Diskussion

Projektgebiet Kühtai



Bestehendes Kraftwerk Kühtai



Bestehendes Kraftwerk Kühtai

Errichtung der Kraftwerksgruppe Sellrain Silz zwischen 1975 und 1983

Speicher Finstertal

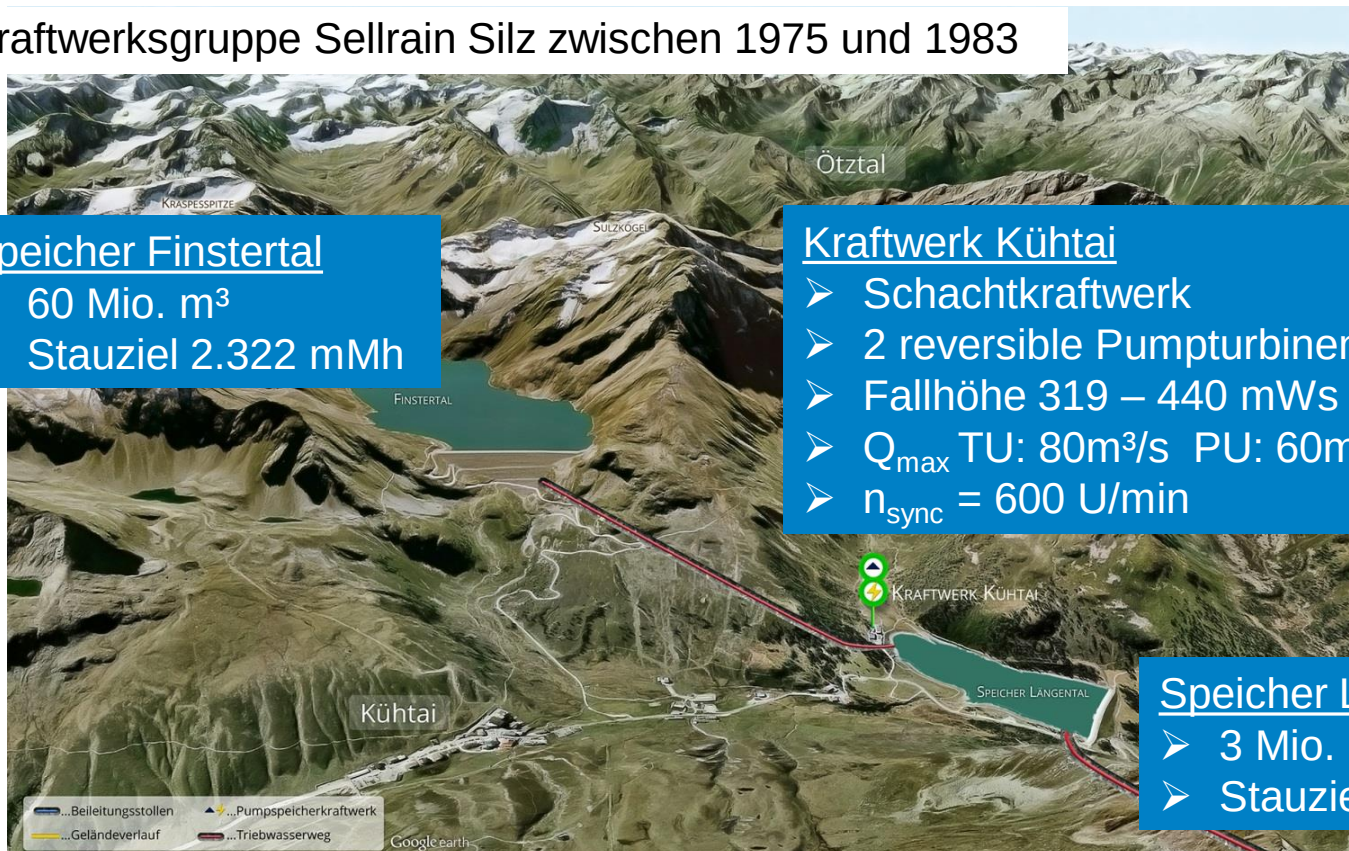
- 60 Mio. m³
- Stauziel 2.322 mMh

Kraftwerk Kühtai

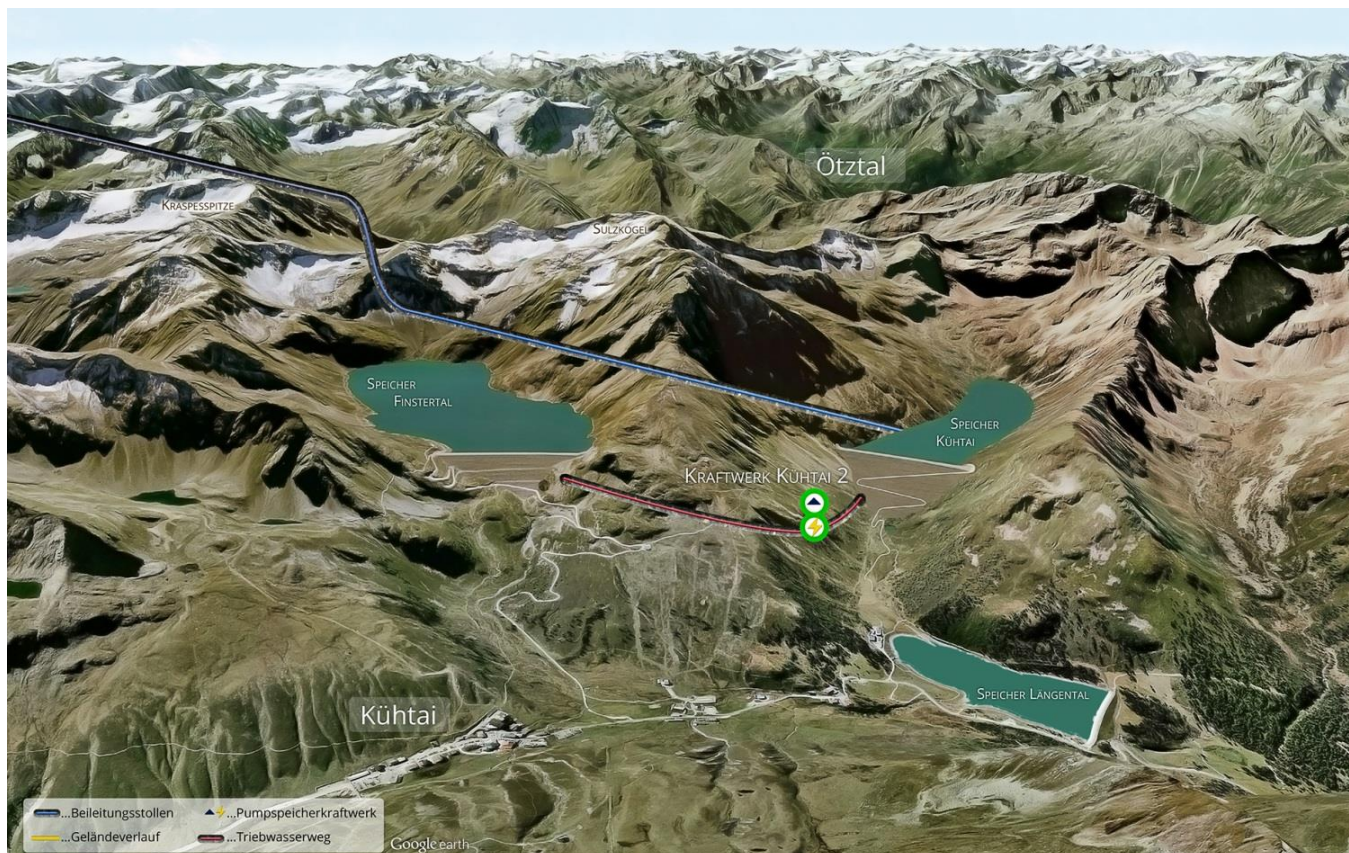
- Schachtkraftwerk
- 2 reversible Pumpturbinen
- Fallhöhe 319 – 440 mWs
- $Q_{\max}$ TU: 80m³/s PU: 60m³/s
- $n_{\text{sync}} = 600$ U/min

Speicher Längental

- 3 Mio. m³
- Stauziel 1.901 mMh



Kraftwerk Kühtai 2



Kraftwerk Kühtai 2

Beileitungsstollen

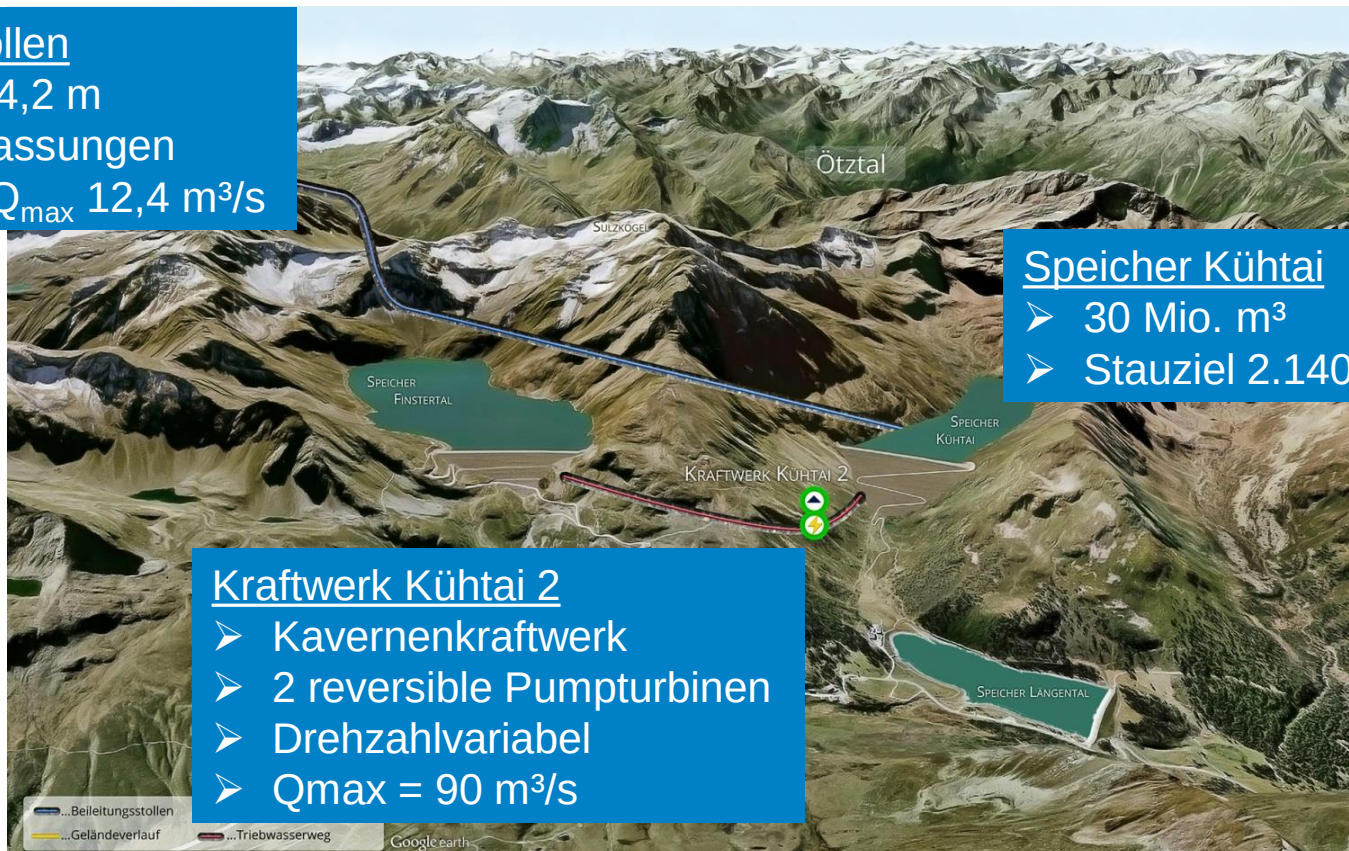
- 25 km / Ø 4,2 m
- 6 Wasserfassungen
- 60,7 km², $Q_{\max}$ 12,4 m³/s

Speicher Kühtai

- 30 Mio. m³
- Stauziel 2.140 mH

Kraftwerk Kühtai 2

- Kavernenkraftwerk
- 2 reversible Pumpturbinen
- Drehzahlvariabel
- $Q_{\max}$ = 90 m³/s



Projektphasen und Termine



Projektstart

Einreichplanung und Erstellung UVE

◆ Oktober 2006

Einreichung

UVP-Verfahren

◆ 23. Dezember 2009

UVP-Genehmigung der Tiroler LReg

◆ 24. Juni 2016

Beschwerdeverfahren am BVwG

UVP-Genehmigung des BVwG

◆ 03. August 2017 bzw. 26. Juni 2019

Vorarbeiten (ökol. BFF, Infrastruktur)

2019 - 2020

Beginn Hauptbauarbeiten

◆ Oktober 2020 bzw. April 2021

Inbetriebnahme

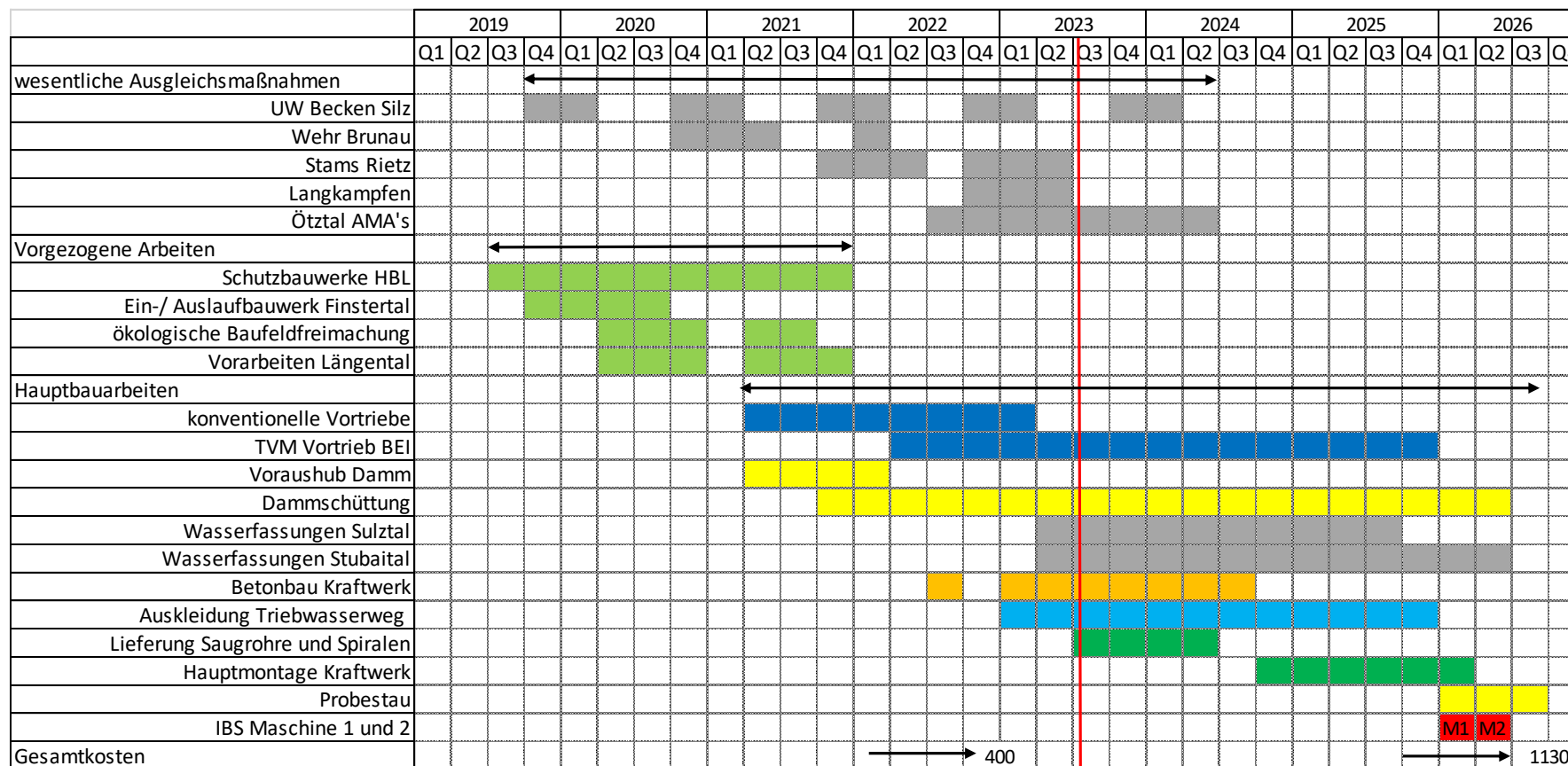
◆ Juni 2026

UVP-Abnahmeprüfung

UVP-Abnahmebescheid

◆ Mitte 2029

Terminplan

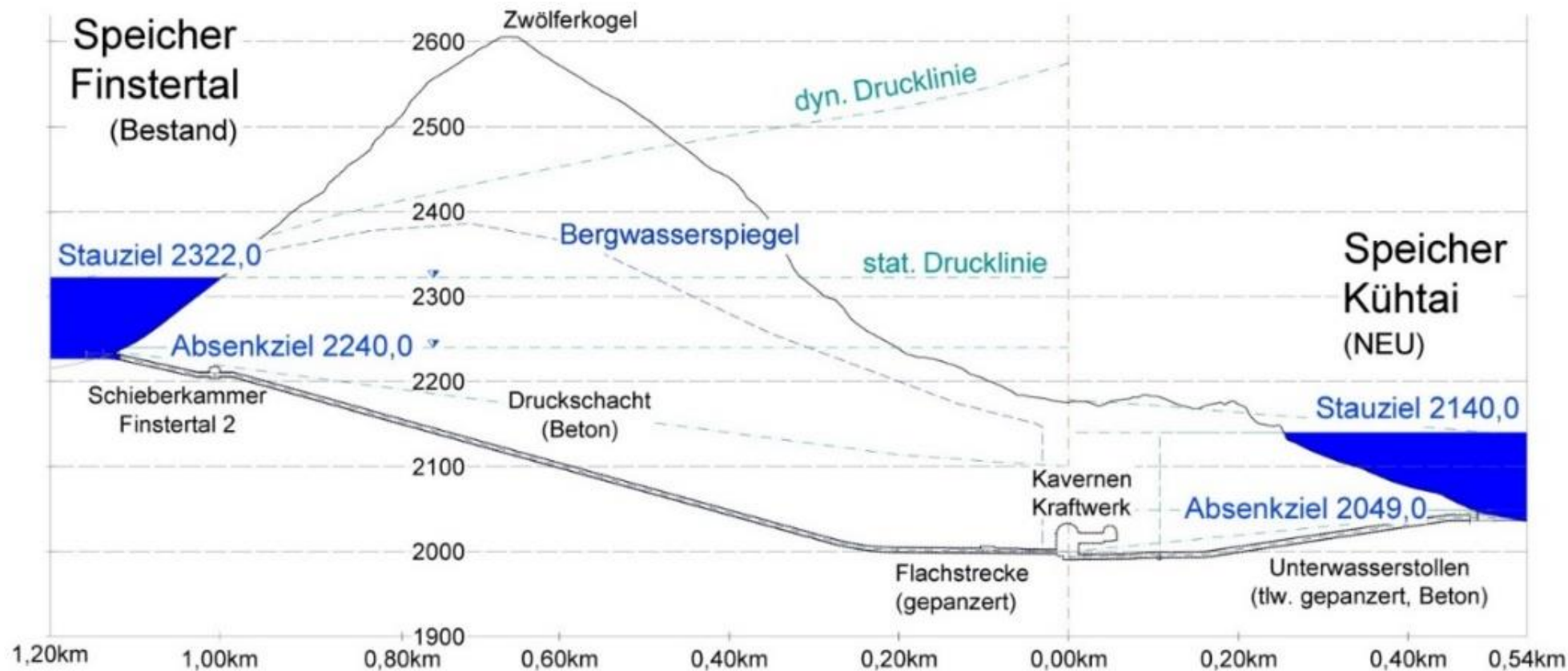


Die drehzahlvariablen Maschinensätze des Speicherkraftwerks Kühtai

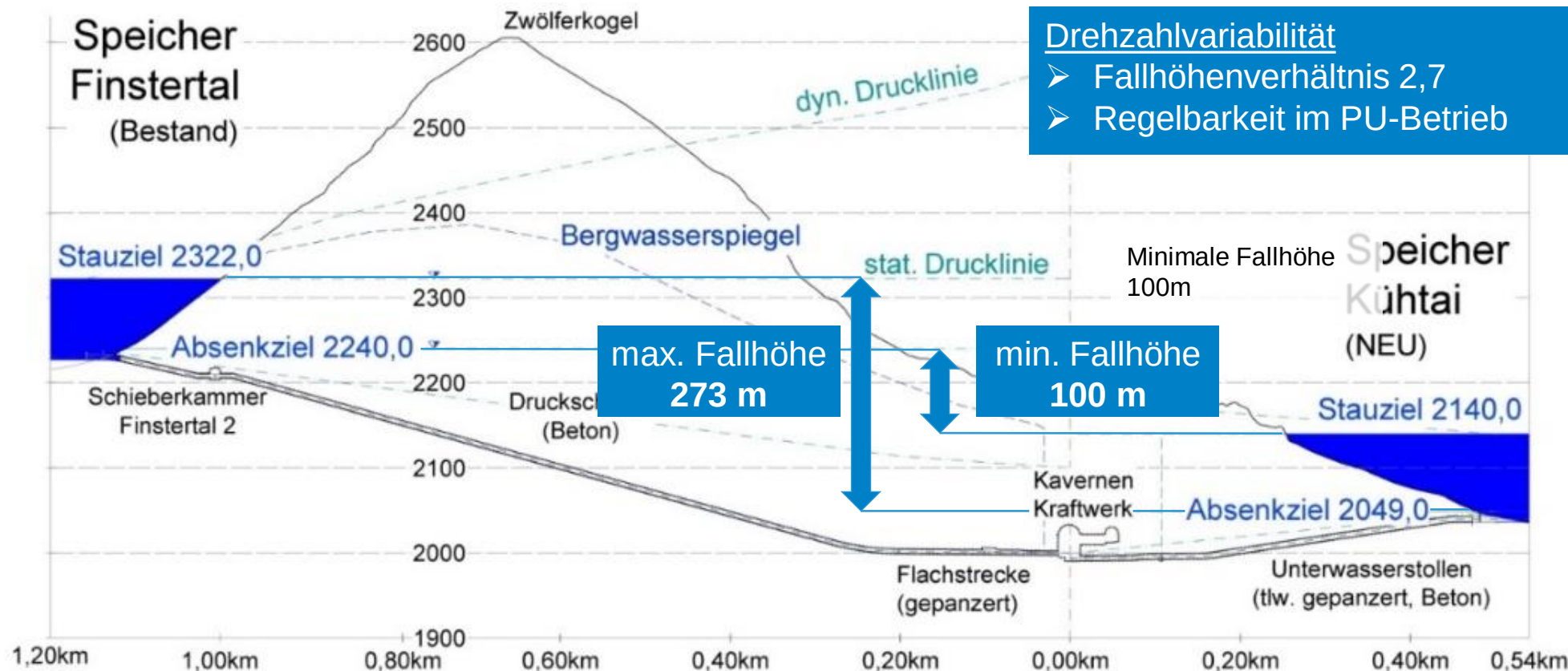


- Grundlegende Informationen zum Speicherkraftwerk Kühtai
- Drehzahlvariabilität aufgrund großer Fallhöhenunterschiede - Basisauslegung
- Betriebsbereich / Detailauslegung / Dynamische Nachweise
- Maschinen- und Kraftwerkslayout
 - Pumpturbinen mit Absperrorganen
 - Motorgeneratoren
 - Vollumrichter, Transformatoren und Netzanbindung
- Fragen und Diskussion

Anlagenlängsschnitt

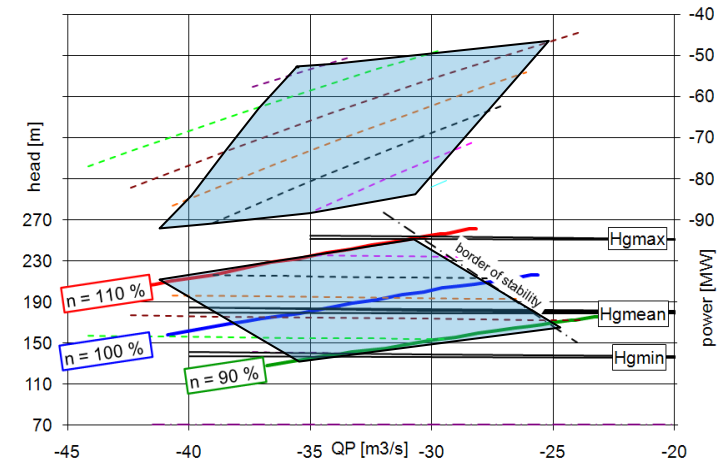


Anlagenlängsschnitt



Basisauslegung - Drehzahlvariabilität

- Ausbauwassermenge Kraftwerk Kühtai 2 = $90 \text{ m}^3/\text{s}$ → je Maschine $Q_{\text{max}} = 45 \text{ m}^3/\text{s}$
- Engpassleistung je Maschine $P_{\text{max}} = 95 \text{ MW}$
- Maschinenachse 2.000 mHh → min. saugseitiger Druck = 49 mWs
- Zu Projektbeginn mit doppeltgespeister Asynchron-Motor-Generator geplant → $\pm 10\%$
- Fallhöhenbereich Pumpbetrieb 120 bis 250 mWs aus Vorauslegung
- „Nenndrehzahl“ = 429 U/min



Basisauslegung - Drehzahlvariabilität

- Ausbauwassermenge Kraftwerk Kühtai 2 = 90 m³/s, die Maschine Q_{max} = 45 m³/s
- Engpassleistung je MW
- Maschinenachse 2.000 mm
- Zu Projektbeginn mit
- Fallhöhenbereich Pur
- „Nenndrehzahl“ = 429

Leistungsgrenze von Vollumrichtern ist innerhalb der Projektdauer auf über 100 MW gestiegen

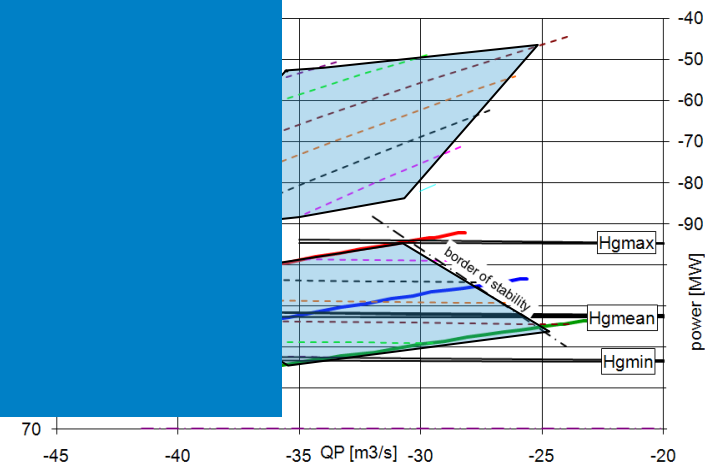
Vorteile Vollumrichter

- Standard Synchron-Motor-Generator
- Größeres Drehzahlband möglich
- Kein Anfahrmotor
- Keine Ausblase-Einheit

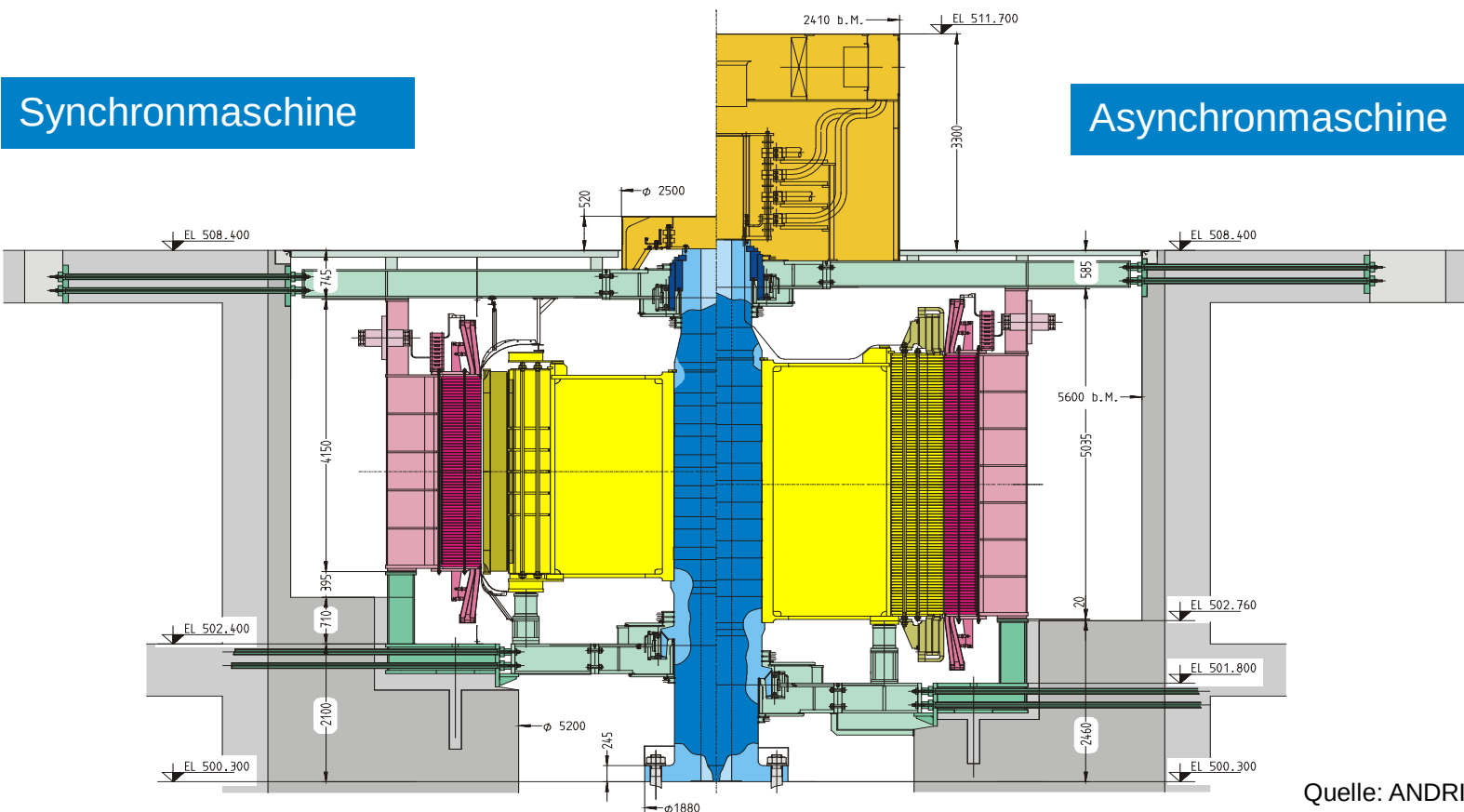
Nachteile

- Etwas höhere Kosten
- Verluste durch Umrichter
- Platzbedarf des Umrichters

+/- 10%



Basisauslegung - Drehzahlvariabilität



Quelle: ANDRITZ, KW Goldisthal

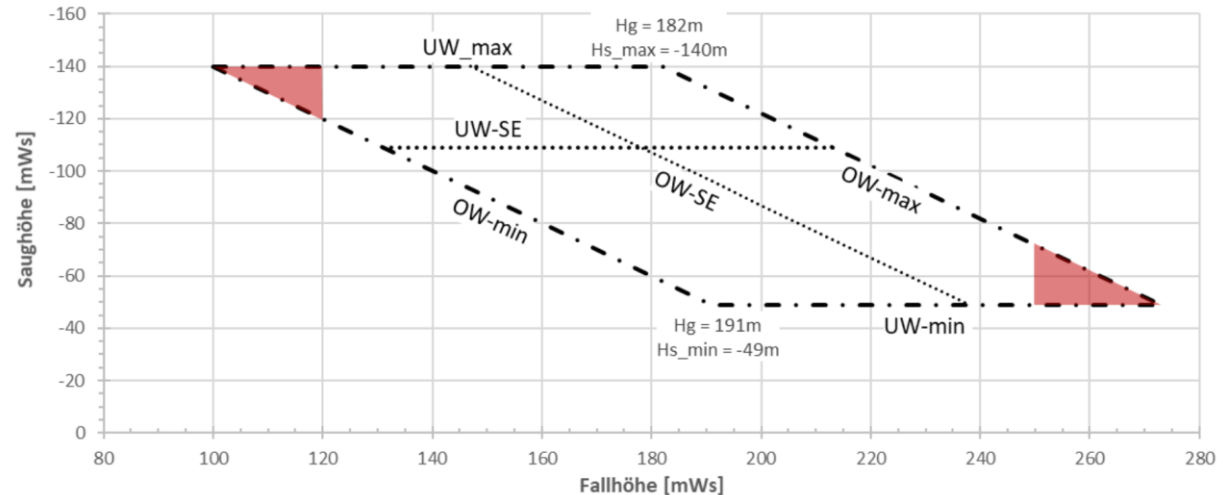
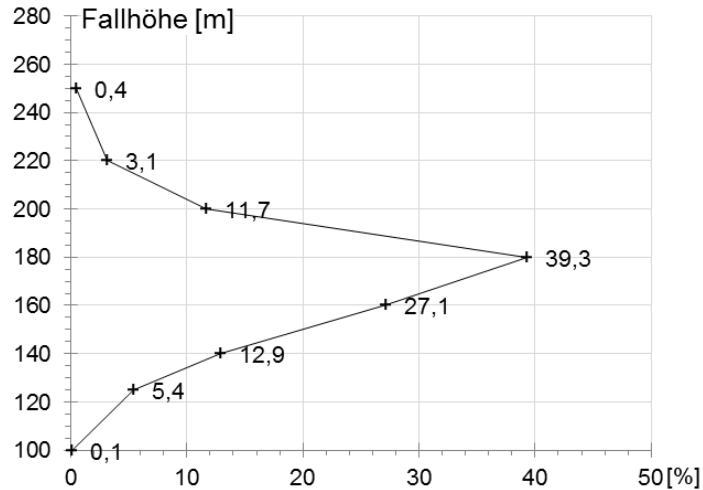
Die drehzahlvariablen Maschinensätze des Speicherkraftwerks Kühltai



- Grundlegende Informationen zum Speicherkraftwerk Kühltai
- Drehzahlvariabilität aufgrund großer Fallhöhenunterschiede
- **Betriebsbereich / Detailauslegung / Dynamische Nachweise**
- Maschinen- und Kraftwerkslayout
 - Pumpturbinen mit Absperrorganen
 - Motorgeneratoren
 - Vollumrichter, Transformatoren und Netzanbindung
- Fragen und Diskussion

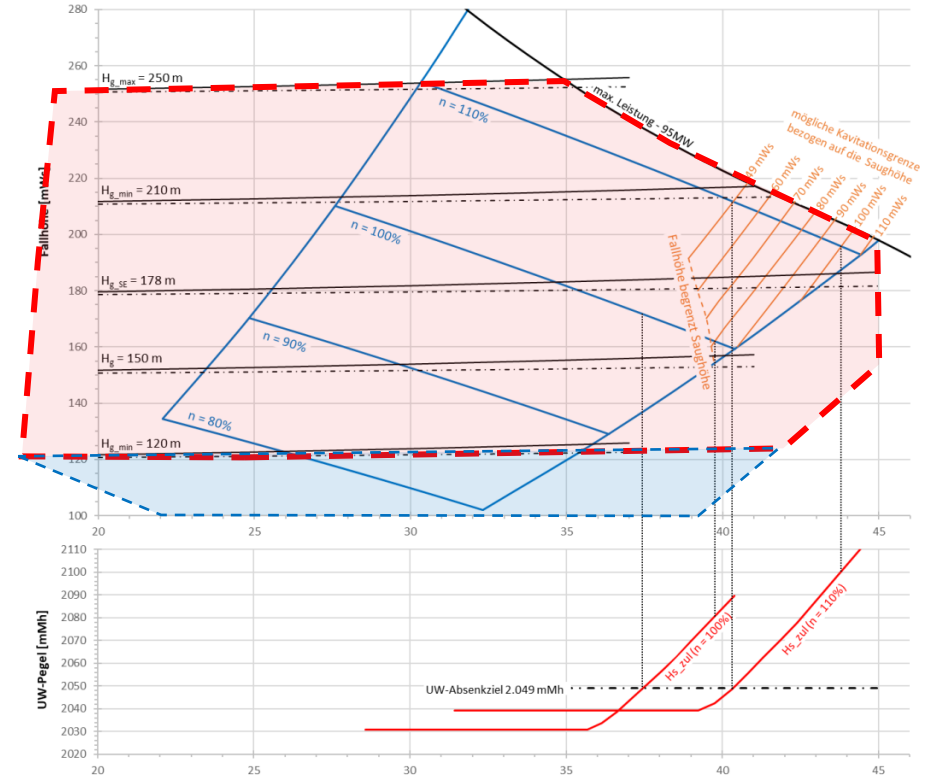
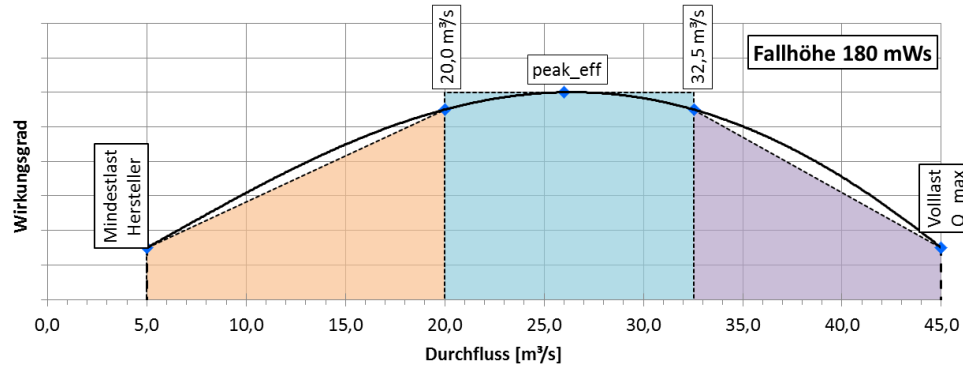
Hydraulische Aspekte

- Detaillierung der Anforderungen für die Ausschreibung der Pumpturbinen
 - Zeitliche Nutzung der Fallhöhen → Prognosen der Energiewirtschaft
 - Bewertung der Regelfähigkeit unter Berücksichtigung des Wirkungsgrads im Pumpbetrieb
 - Zusammenhänge aus Fallhöhe und saugseitigem Druck



Betriebsbereich Pumpturbinen

- Große Teillastbereich im Pumpbetrieb in Angeboten
- Hohe Wirkungsgrade im PU und TU-Betrieb
- Aus der hydraulischen Optimierung
 - Drehzahlband 279 – 480 U/min
 - Max. Wellenleistung 95 MW
 - TU: 470 – 480 U/min
 - PU: 430 – 455 U/min

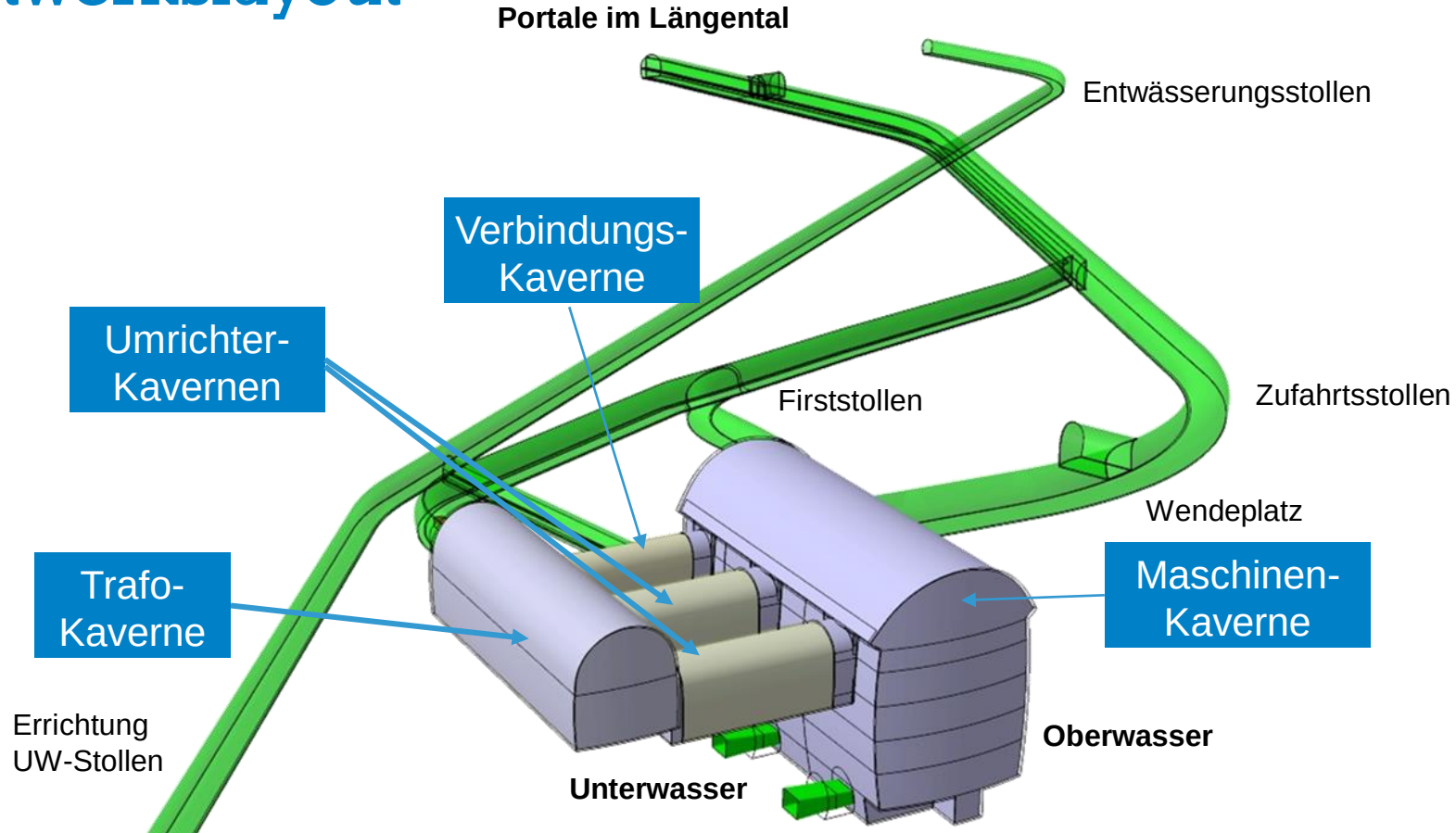


Die drehzahlvariablen Maschinensätze des Speicherkraftwerks Kühltai



- Grundlegende Informationen zum Speicherkraftwerk Kühltai
- Drehzahlvariabilität aufgrund großer Fallhöhenunterschiede
- Betriebsbereich / Detailauslegung / Dynamische Nachweise
- **Maschinen- und Kraftwerkslayout**
 - Pumpturbinen mit Absperrorganen
 - Motorgeneratoren
 - Vollumrichter, Transformatoren und Netzanbindung
- Fragen und Diskussion

Kraftwerkslayout





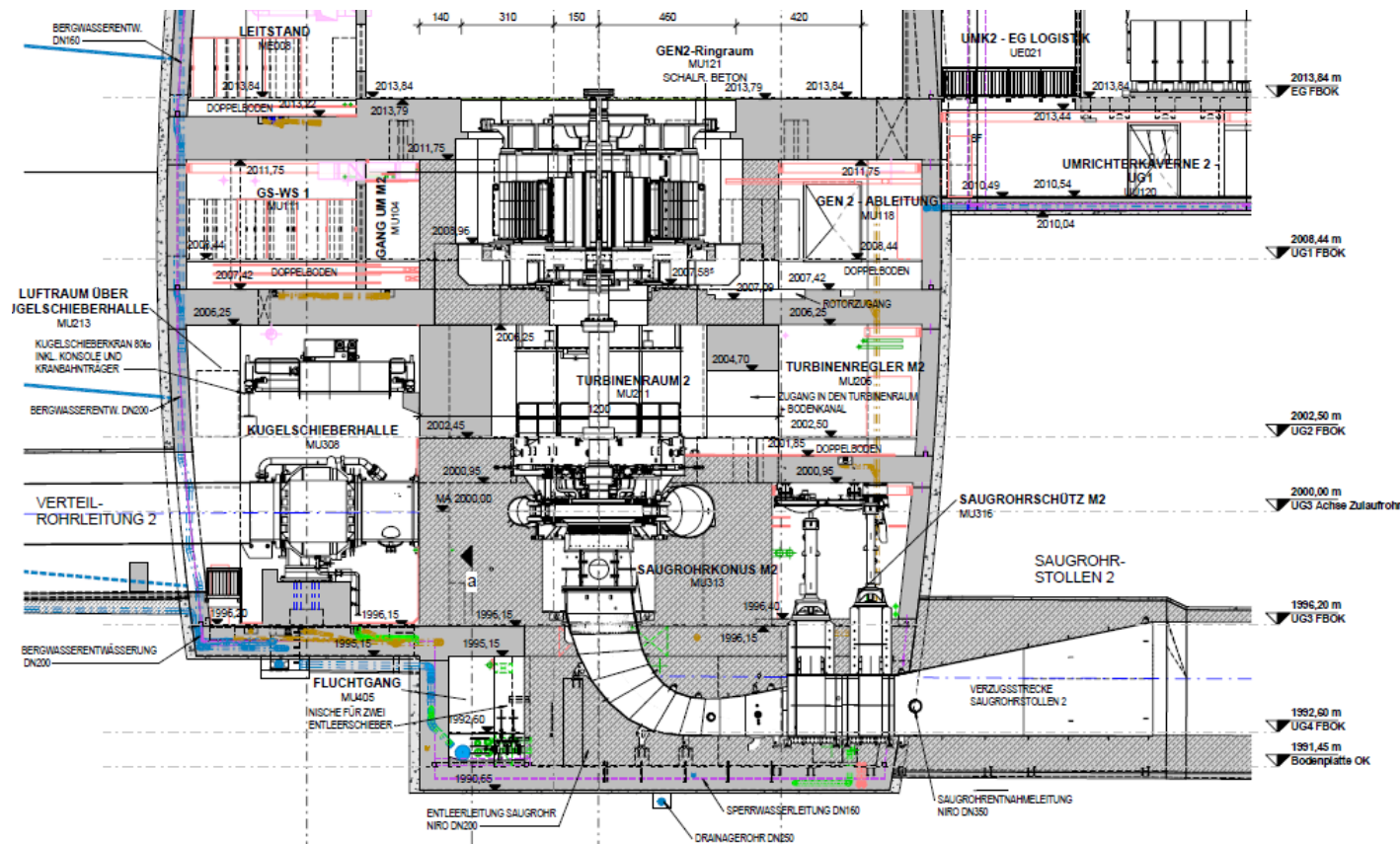
SIEHE PLANERIE
SK-B-KW2-KAV-0000-P-4-011 bis 023

SIEHE PLANERIE
OK-B-KW2-KAV-0000-P-4-031 bis 033

UMRICHTERKAVERNEN - UMK

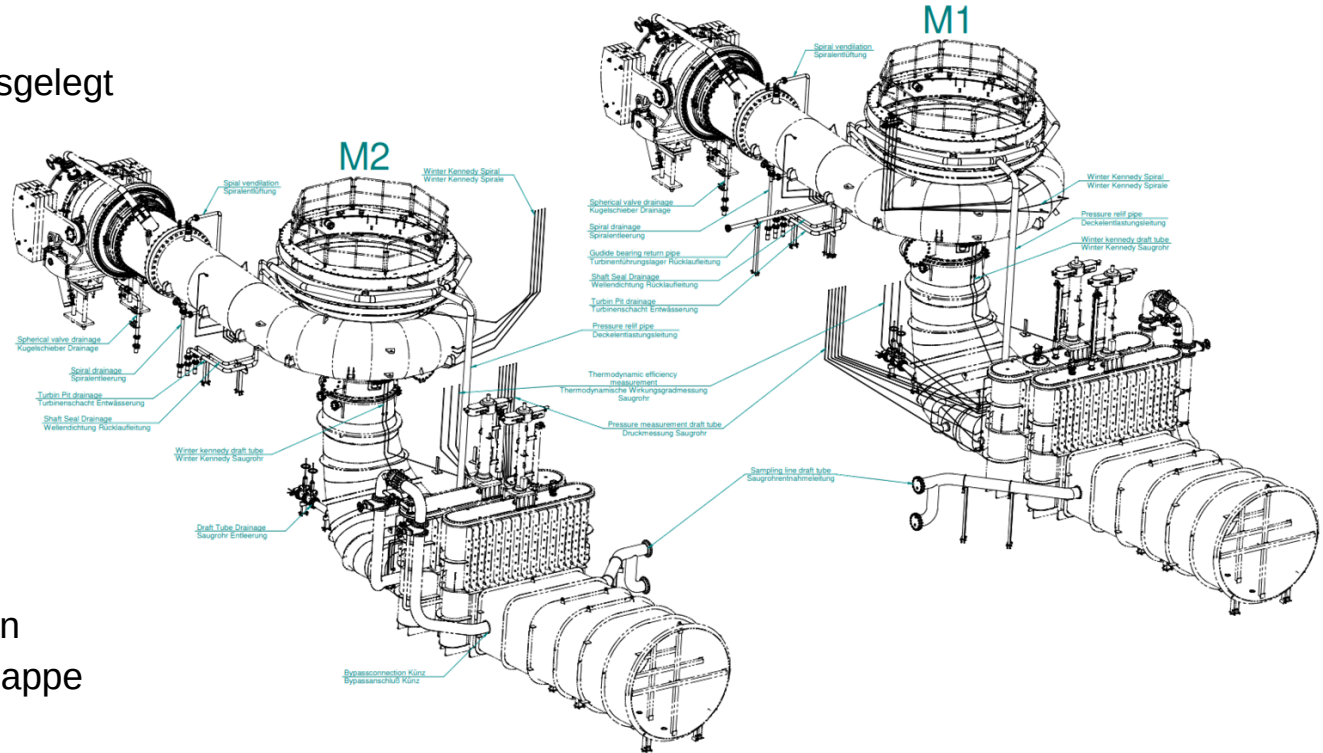
01K-B-KW2-KAV-0000-P4-041 bis 044

Maschinensatz mit Absperrorganen



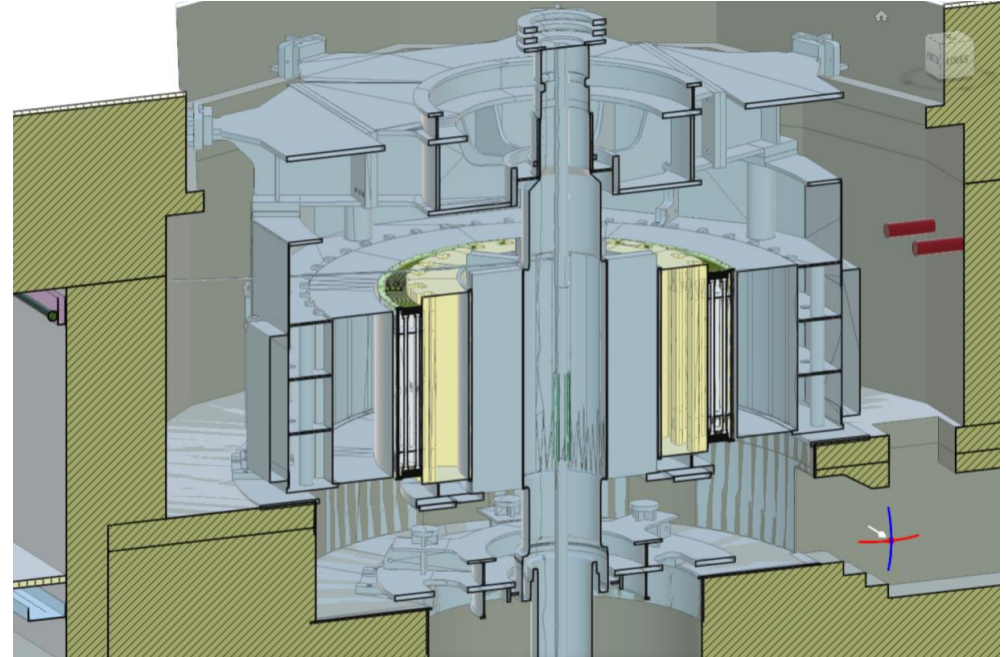
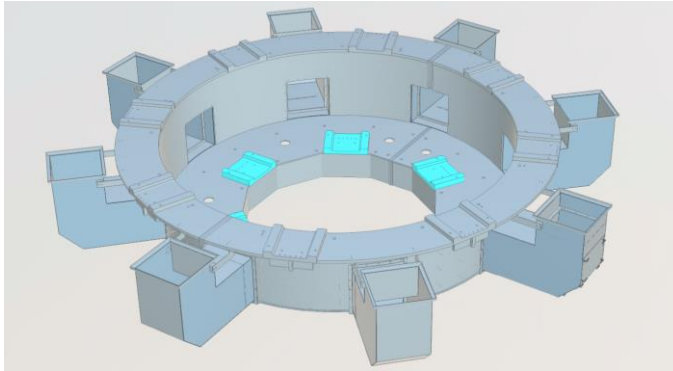
Pumpturbinen mit Absperrorganen

- Kugelschieber mit Fallgewicht
 - Antrieb mit statischen Druck ausgelegt
- Pumpturbine
 - Einzelservosteuerung
 - Spirale 13/4
 - Trennvorgang für Transport
 - Saugrohrkonus mit 2 ML
 - Drucklose Leitungen im Beton aus Kunststoff (teil vom Bau)
- UW-Schützen
 - Revisions- und Betriebsschütz
 - Einseitige Druckentlastung Offen
 - Bypassleitung mit Rückschlagklappe



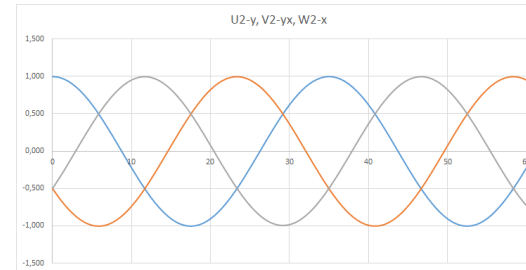
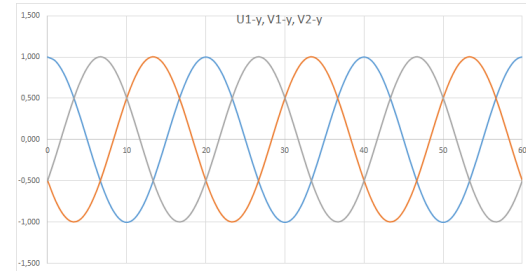
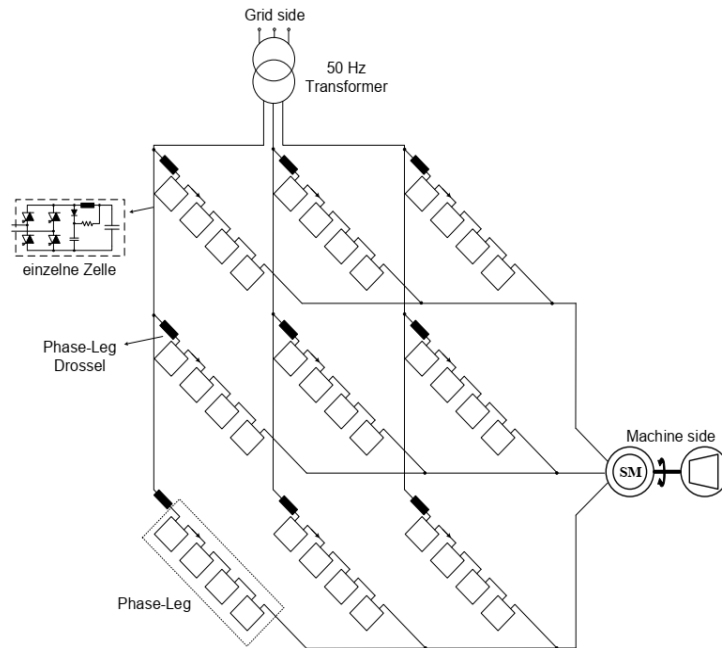
Motorgenerator

- 2 Drehstromsynchrongeneratoren
- 95 MW; 19 kV; $\cos\varphi=1$; stat. Erregung
- Nennfrequenz: 28,6 Hz; 8-polig
- Externe Lüfter am Umfang verteilt
 - Ein Lüftungsgang als Zugang zur Unterseite
- Aktuell interessantes Bauteil: Sohlring
 - Hohe Positioniergenauigkeit / viel Bewehrung



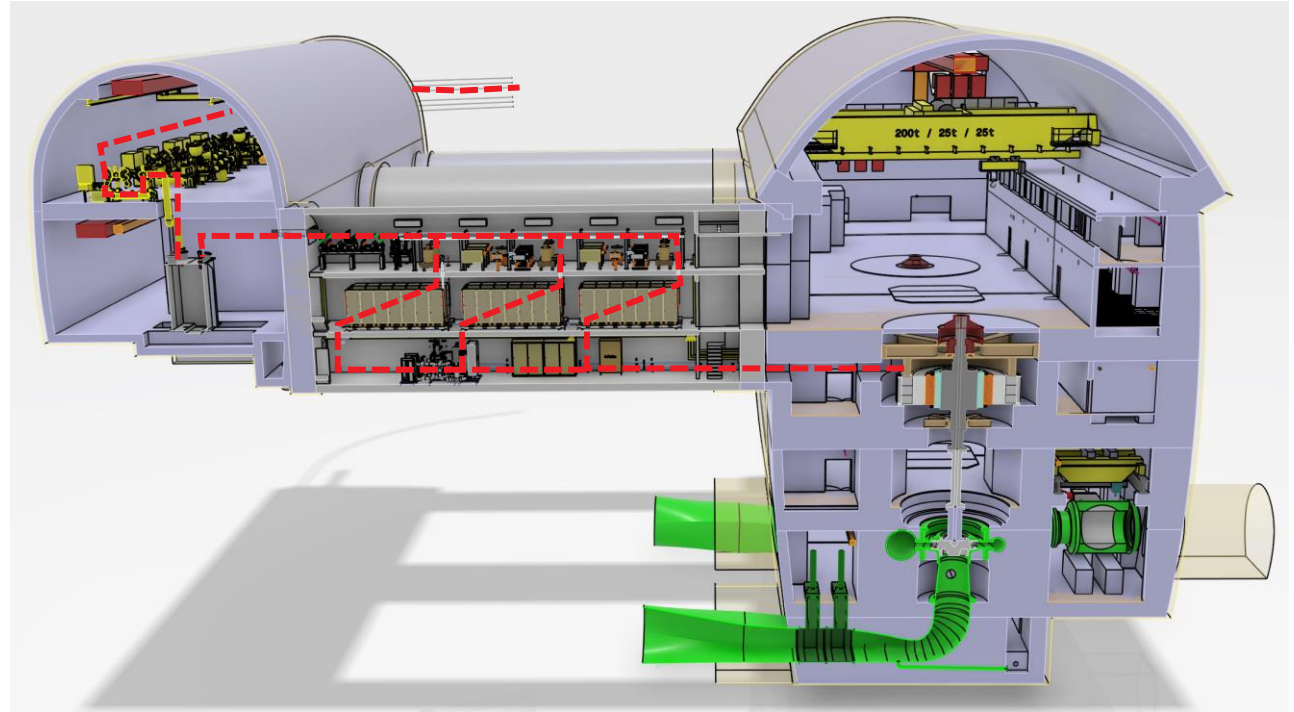
Stromrichter

- 2 Multilevel-Umrichter
- 120 MVA; 105 MW; 50 // 28,6 Hz



Transformatoren und Netzanbindung

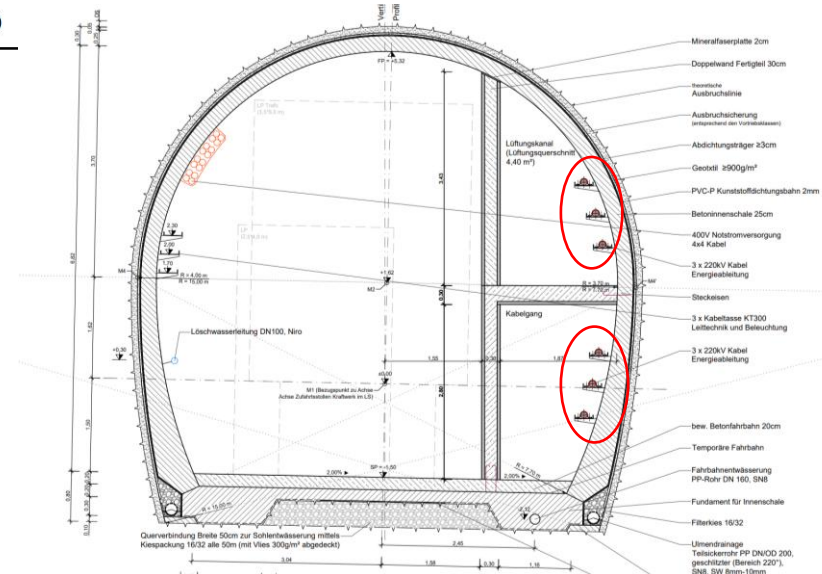
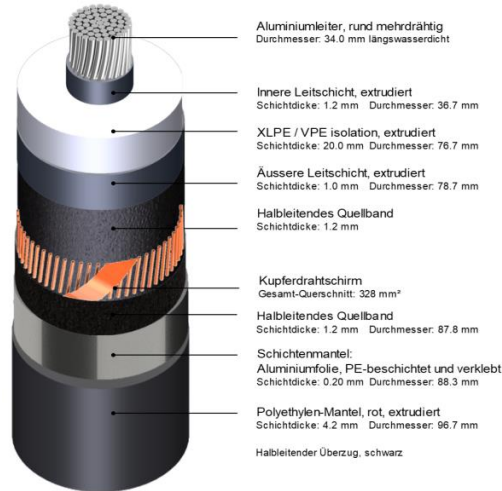
- Maschinentransformatoren
 - 105(120) MVA
 - 220 // 23,6 kV; $u_K=12,5\%$
- 245 kV GIS Schaltanlage
 - Oberhalb der Trafos positioniert
 - 2 Sammelschienen
- Kabelanbindung



Energieableitung 220 kV Kabel zum KW Kühtai

- 6x 1,5 km Kabel; $\varnothing$ ~100 mm
- Kabelgewicht ~ 100 Tonnen
- Im Stollen in eigenem Kanal
- In der Straße in Leerrohren

Kabeltyp: NA2XS(FL)2Y 1x800 ALDB mm² 160/253 kV (300 kV)

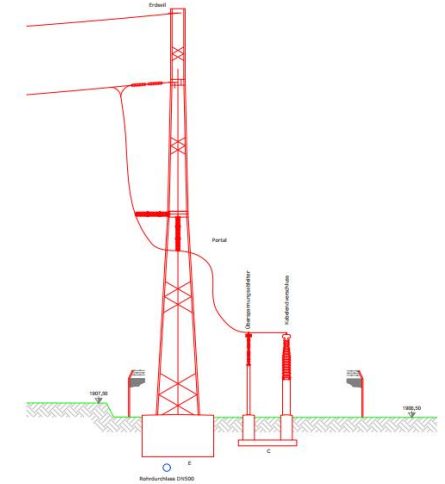
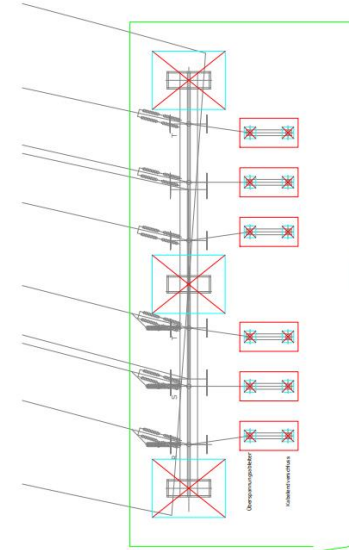


Anschluss an bestehende Freileitung

- Anschluss für Bau-UW 2021 hergestellt
- Kapazität der Freileitung für 2. Kraftwerk ausreichend



Endausbau 2026
Einbindung Energieableitung KW Kühtai 2: 2 x 220 kV-Kabel
HUM und EB-Trafo in Kaverne



Die drehzahlvariablen Maschinensätze des Speicherkraftwerks Kühtai



- Grundlegende Informationen zum Speicherkraftwerk Kühtai
- Drehzahlvariabilität aufgrund großer Fallhöhenunterschiede
- Betriebsbereich / Detailauslegung / Dynamische Nachweise
- Maschinen- und Kraftwerkslayout
 - Pumpturbinen mit Absperrorganen
 - Motorgeneratoren
 - Vollumrichter, Transformatoren und Netzanbindung
- Fragen und Diskussion

Fertigung Saugrohr



Fertigung der Spirale



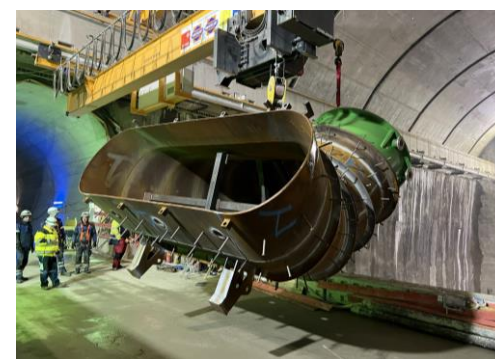
Fertigung UW-Schützen



Transporte



Transporte







Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit

TIWAG-
Tiroler Wasserkraft AG
Eduard-Wallnöfer-Platz 2
6020 Innsbruck
www.tiwag.at



TIWAG

Projekt-Homepage

<https://www.erneuerbareplus.at/>

erneuerbare⁺
Kühtai

Energie mit Perspektiven

Projekt Mediathek Energie Wasserkraft Erleben

erneuerbareplus.at - Projekt

Deutsch / English

digital erleben

Projekt

Ansborn

Überblick

Meilensteine

Umweltverträglichkeitsverfahren

Geschichte



Projekt-APP

+
digital erleben



+
In der App erneuerbare+ Kühtai
können Sie schon jetzt einen Blick in
die Zukunft werfen und die fertigen
Anlagen entdecken



Apple App Store



Google Play Store