

12. Symposium Energieinnovation TU-Graz



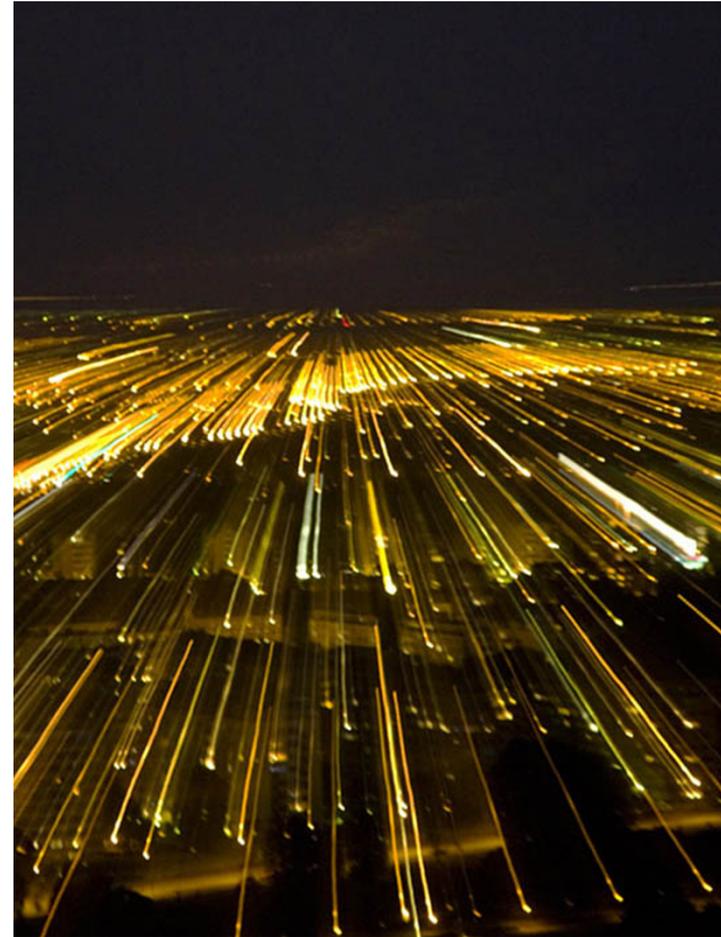
PÖYRY

**Entwicklung technischer Möglichkeiten für die
Energiespeicherung und Netzregelung mit
Pumpspeicherwerken in Europa**

Paul Oberleitner, PÖYRY Energy GmbH Salzburg

Einleitung

- Strukturwandel im Energiemarkt in Europa
- Realisierung erneuerbarer Energieformen verändern Einsatz bestehenden KW Parks
- Anforderungen an Netze steigen
- PSW können Energie speichern und Systemdienstleistungen bereitstellen
- Standort abhängig von Netzkonfiguration und Topografie
- Neue Lösungen werden gesucht



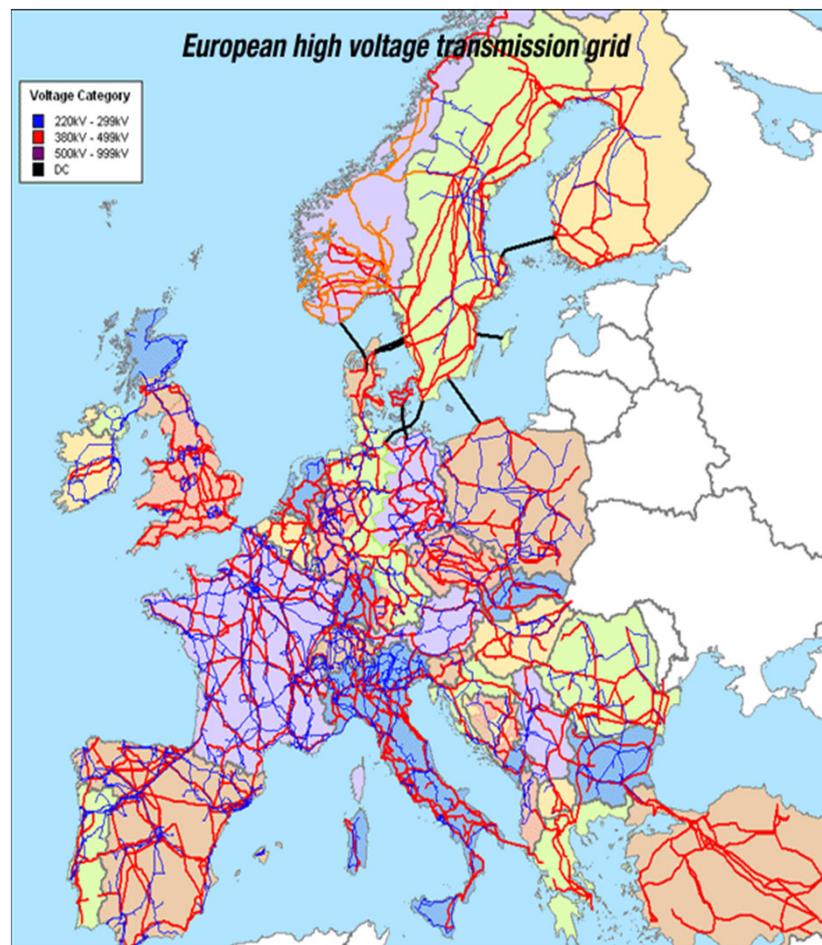
Pumpspeicherung – Batterie für erneuerbare Energien

- Windkraft im Norden und Mittelmeerraum
- Solarenergie im Süden und Nordafrika
- Wind- und Solarenergie – starke tageszeitliche Schwankungen in der Erzeugung
- Pumpspeicher in den Alpenregionen liegen in den Stromkorridoren zwischen Nord und Süd
- Energiemarkt in Europa wird in Zukunft verstärkt Regelenergie und Energiespeicherung benötigen
- Pumpspeicherwerke können großtechnisch die Anforderungen erfüllen
- Idealerweise in Kombination mit bestehenden KW Anlagen
- Vorhandenes Unterbecken oder Oberbecken
- Größenordnung 150 bis 1000 MW
- 6 bis 10 Stunden Turbinen Vollastbetrieb

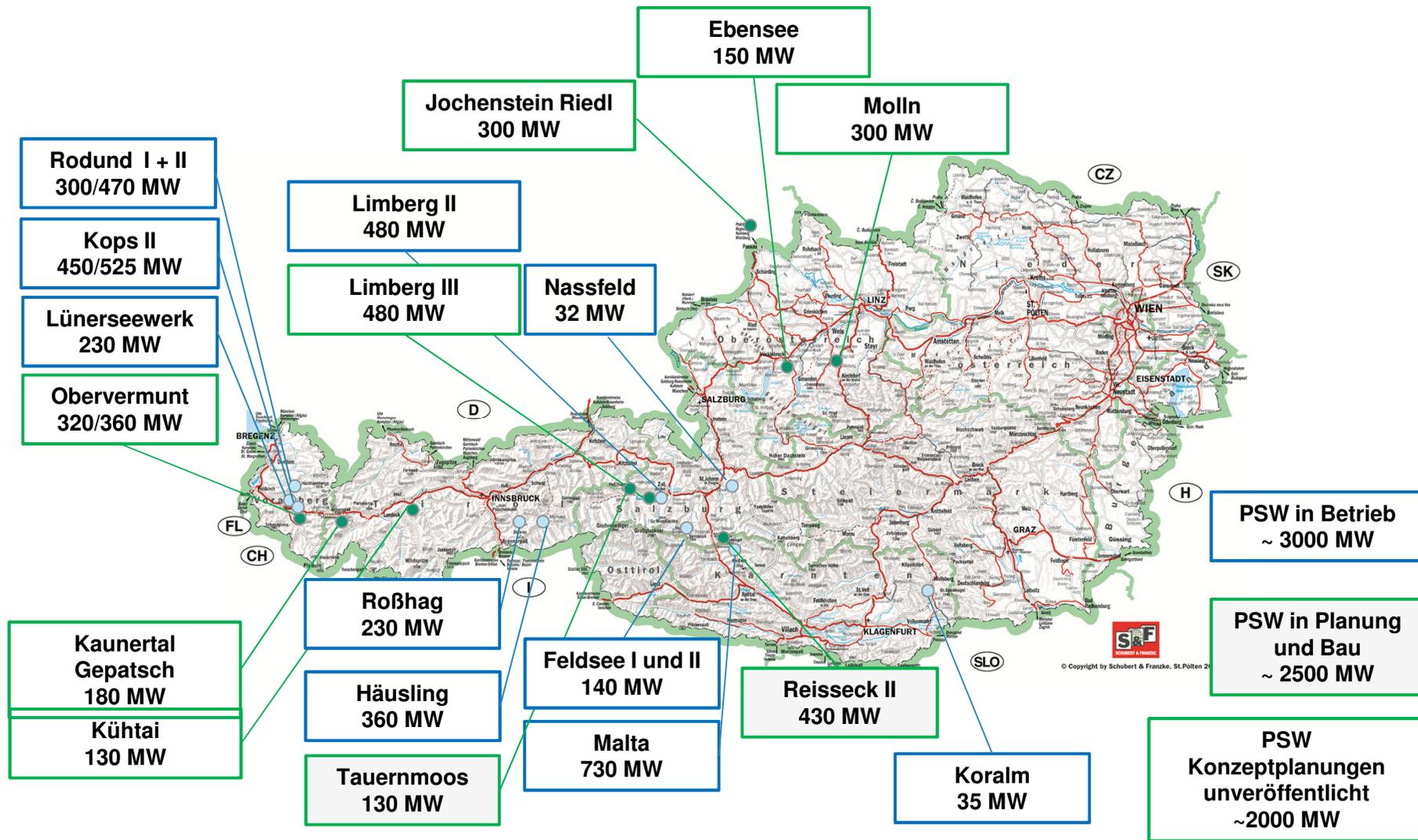


Pumpspeicherwerke - Übertragungsnetze

- Übertragungsnetze werden zusätzlich durch schwankende Einspeisungen beansprucht
- Verbraucherprofil ändert sich
- Energieflüsse verändern sich
- Künftiger Netzausbau erforderlich
- Neue Netzkonzepte und Technologien gefragt
- Pumpspeicherstandorte sind an Netzeinbindung gebunden
- Strategischer Netzausbau mit Einbezug von Pumpspeicherwerken



Pumpspeicherwerke – Projekte in Österreich



Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Anforderungen

- Umlagerung Grundlast – Spitzenlast = Energiespeicherung
- Systemdienstleistungen – Primärregelung, Sekundärregelung, Frequenzregelung
- Reservedienstleistungen

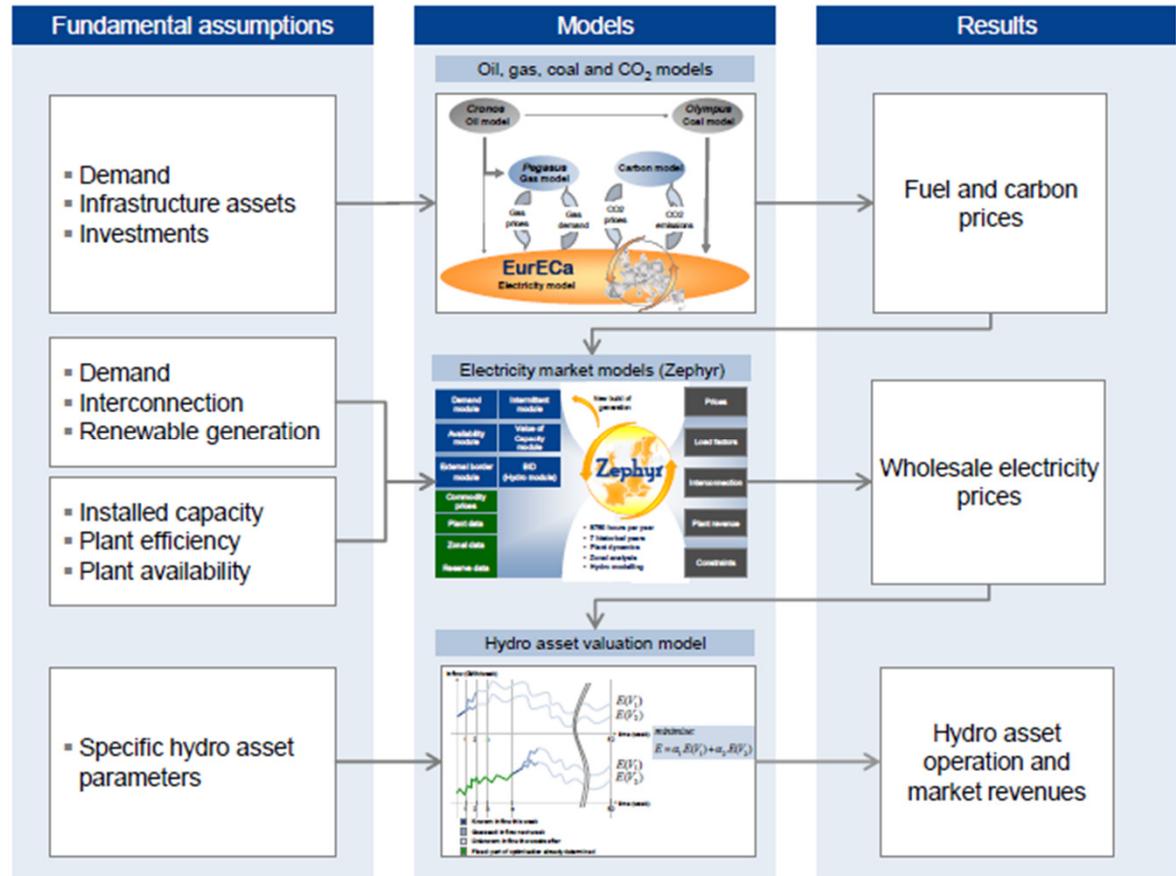
- Auslegung von PSW beruht auf mehrdimensionaler Entscheidungsstruktur
- Stufenweise Projektentwicklung vom Entwurf, Optimierung bis zum Ausführungsprojekt
- Stufenausbau der Anlagenleistung entsprechend Anforderungen Strommarkt

- Erlöse aus Tarifen des Energiemarktes oder Marktmodell
- Wirtschaftlichkeitsanalyse mit den selben Kriterien wie im industriellen Anlagenbau

Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

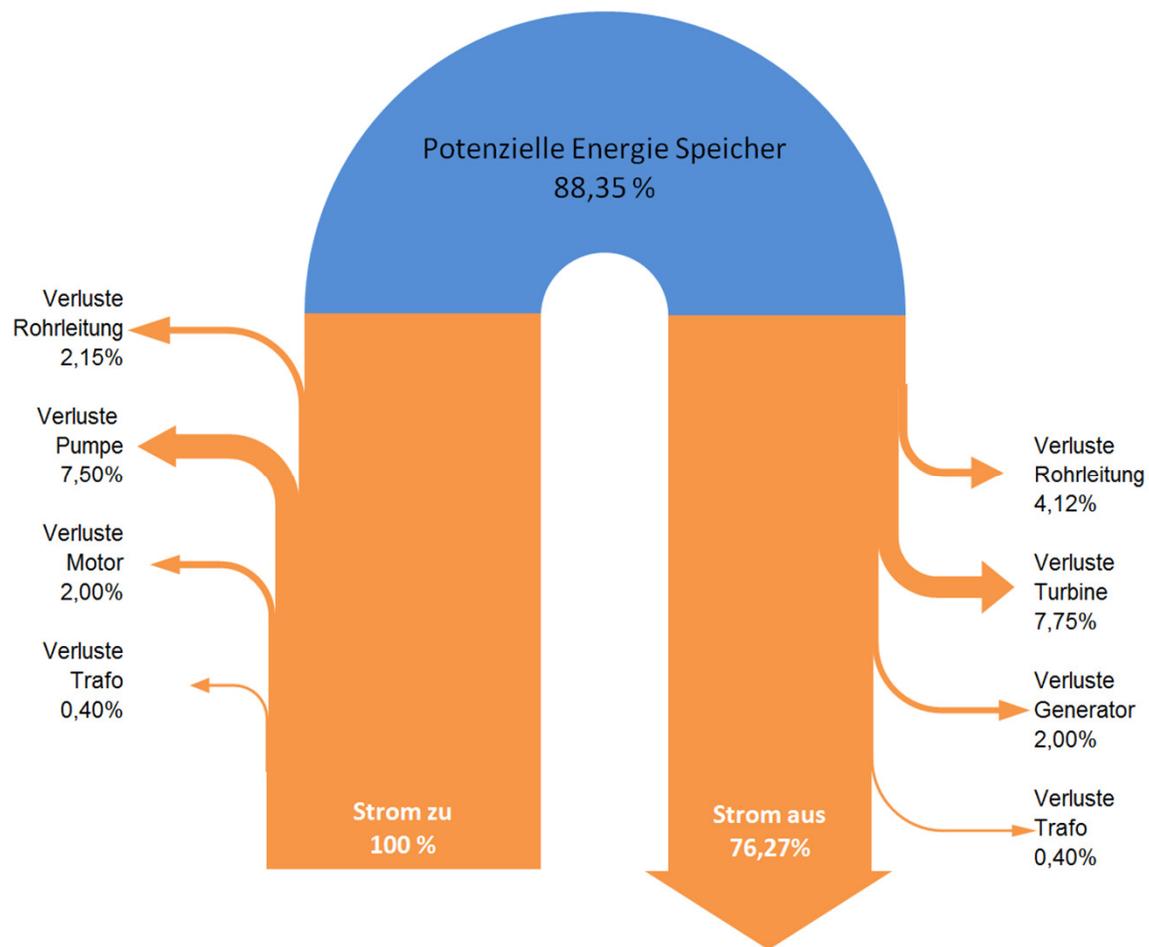
Marktmodell

- Auswahl eines Marktgebietes und Erstellung eines Marktmodelles
- Thermische Kraftwerke und Wasserkraftwerke, sowie erneuerbare Energien
- Eingabedaten Erzeugungskapazitäten
- Simulierung des Bedarfes und Angebot verfügbarer Pumpenergie
- Ergebnis ist mögliche Einsatzzeit bzw. Regelement im Netz

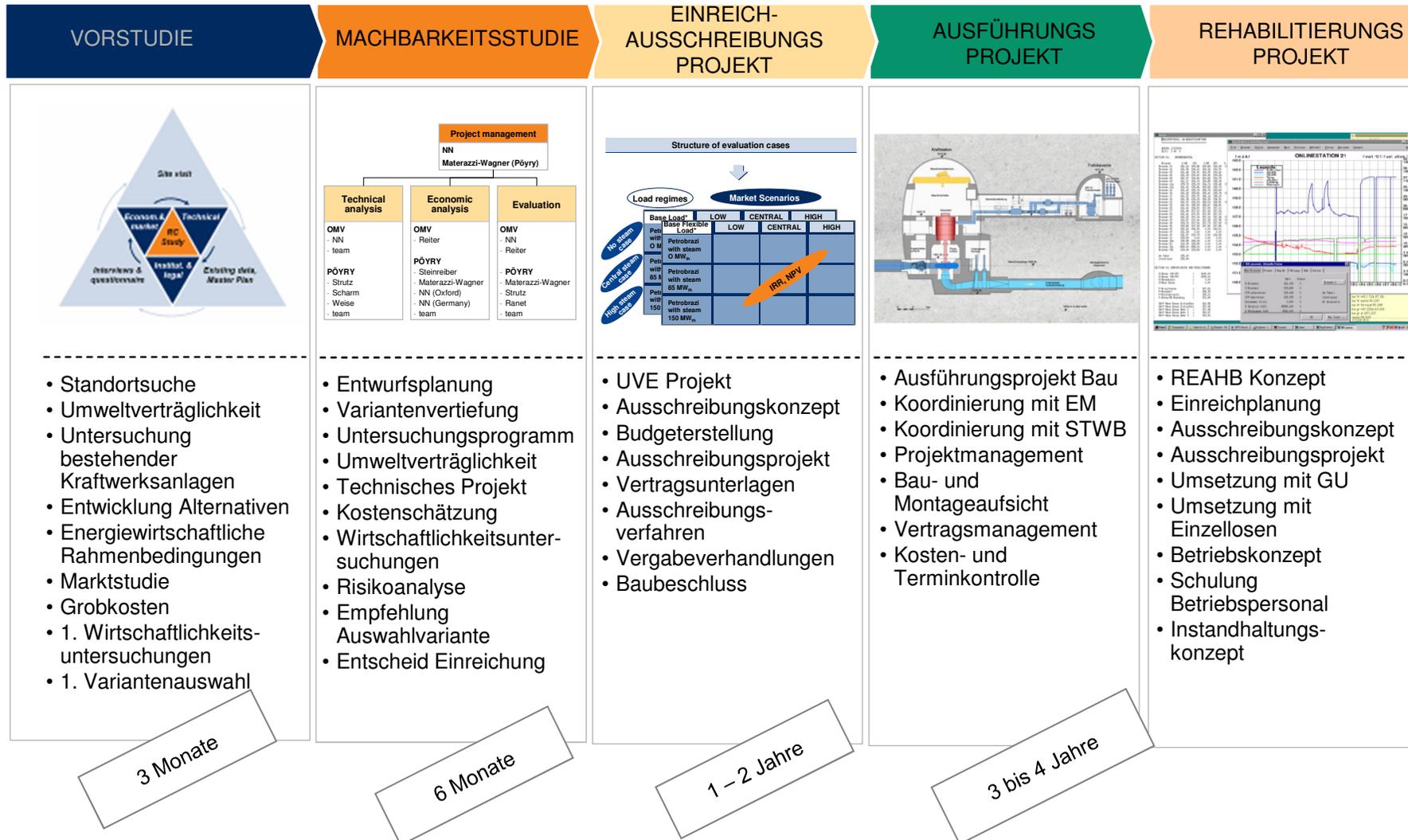


Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Wirkungsgrad eines Pumpspeicherwerkes



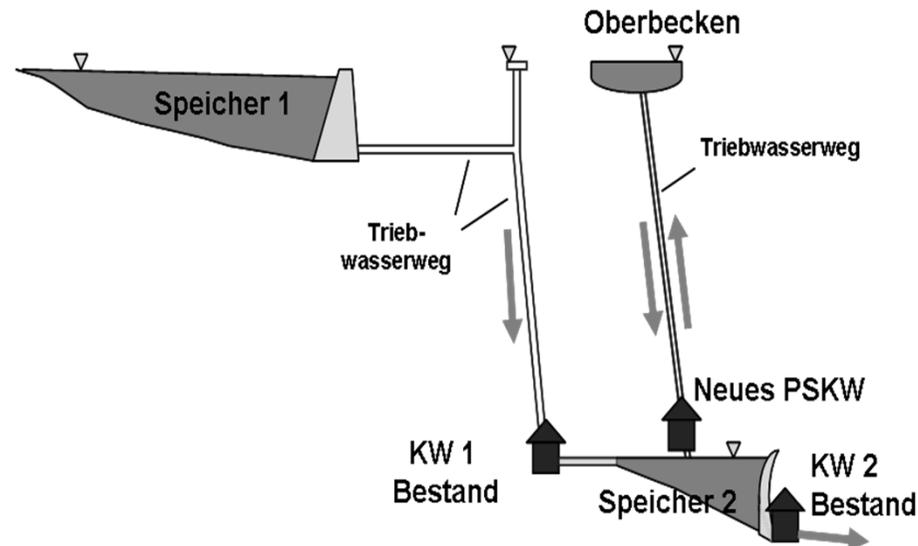
Stufenweise Entwicklung in Projektphasen



Entwurf der Anlagen

Dimensionierung

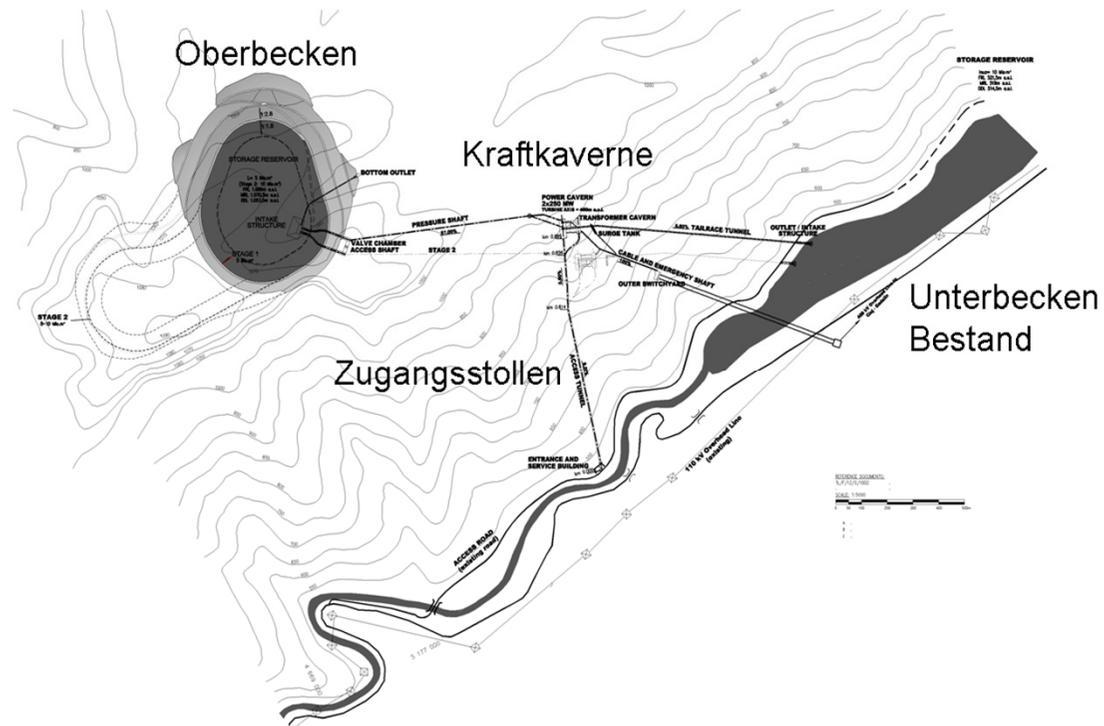
- Analyse des bestehenden Kraftwerkssystem ist Ausgangsbasis (z.B. KW Kette)
- Leistungsvorgaben aus dem Marktmodell
- Dimensionierung mit Hilfe eines wasserwirtschaftlichen Modells
- Ergebnis ist die Größe des neu zu errichtenden Beckens
- Rücksicht auf zukünftige Entwicklungen - Stufenausbau
- Erweiterungen sollten später möglich sein



Entwurf der Anlagen

Grundsätze

- Topografie für mögliche Becken
- Höhendifferenz von mind. 300 m erforderlich
- Art und Dauer des Betriebs bestimmen die Anlagengröße
- Ausbau eines bestehenden Beckens ist anzustreben



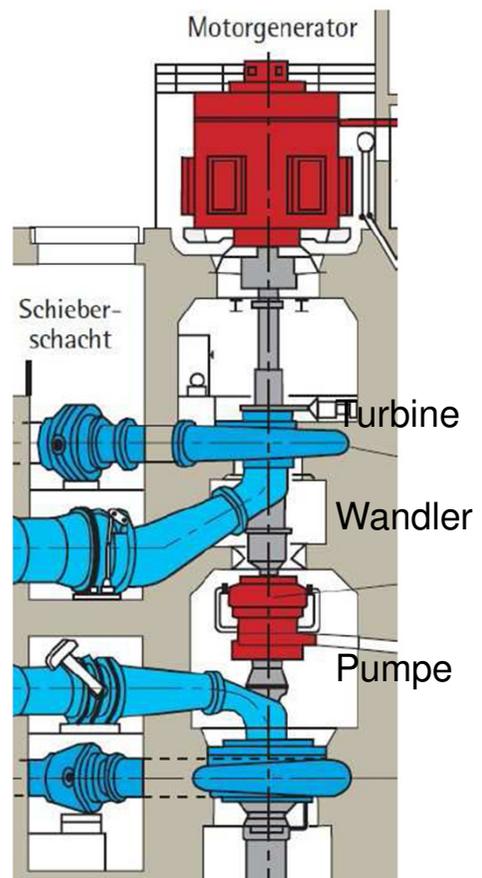
Entwurf der Anlagen

Maschinelle Ausrüstung und Steuerung

- Anzahl der Maschinen hängt von wirtschaftlicher Auslegung ab
- Stufenausbau der Kraftwerksleistung ist zu berücksichtigen
- Zwei praxiserprobte Maschinentypen:
 - Reversible Pumpturbine – 2 Maschinensatz
 - Turbine und Pumpe mit Wandler getrennt – 3 Maschinensatz oder konventioneller Maschinensatz (KMS)
- Drehzahlgeregelte Motorgeneratoren oder Leistungsregelung mit hydraulischem Kurzschluss (HKS)
- 2 Maschinensatz für Energiespeicherung meist eine wirtschaftliche Lösung
- Leittechnische Einbindung in bestehendes Kraftwerk anzustreben
- Steuerung mit Berücksichtigung der Randbedingungen aus bestehendem Betrieb
- Pumpspeicherwerk wird in der Regel ferngesteuert betrieben

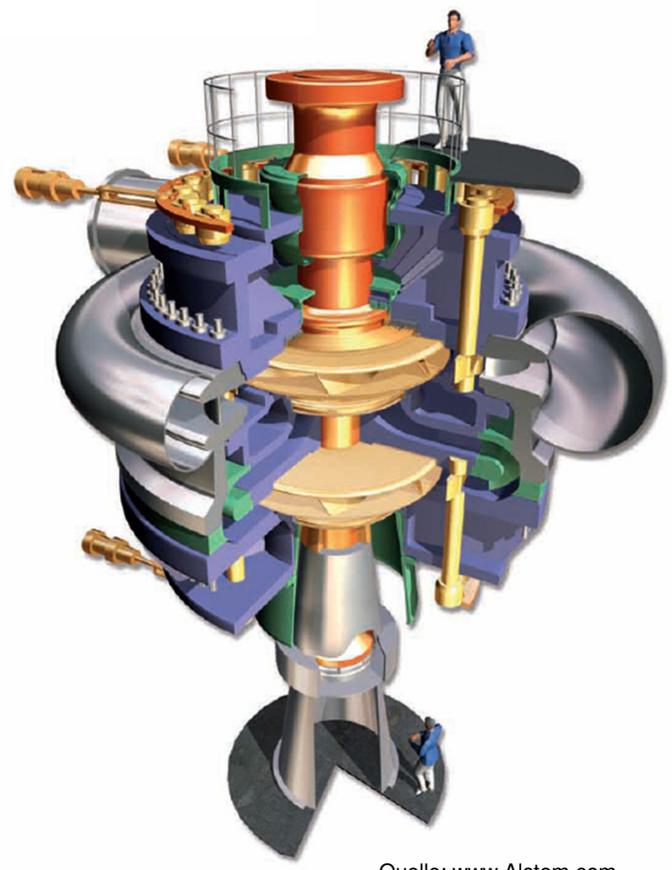
Entwurf der Anlagen

Konventioneller Maschinensatz



3 Maschinensatz (KMS)

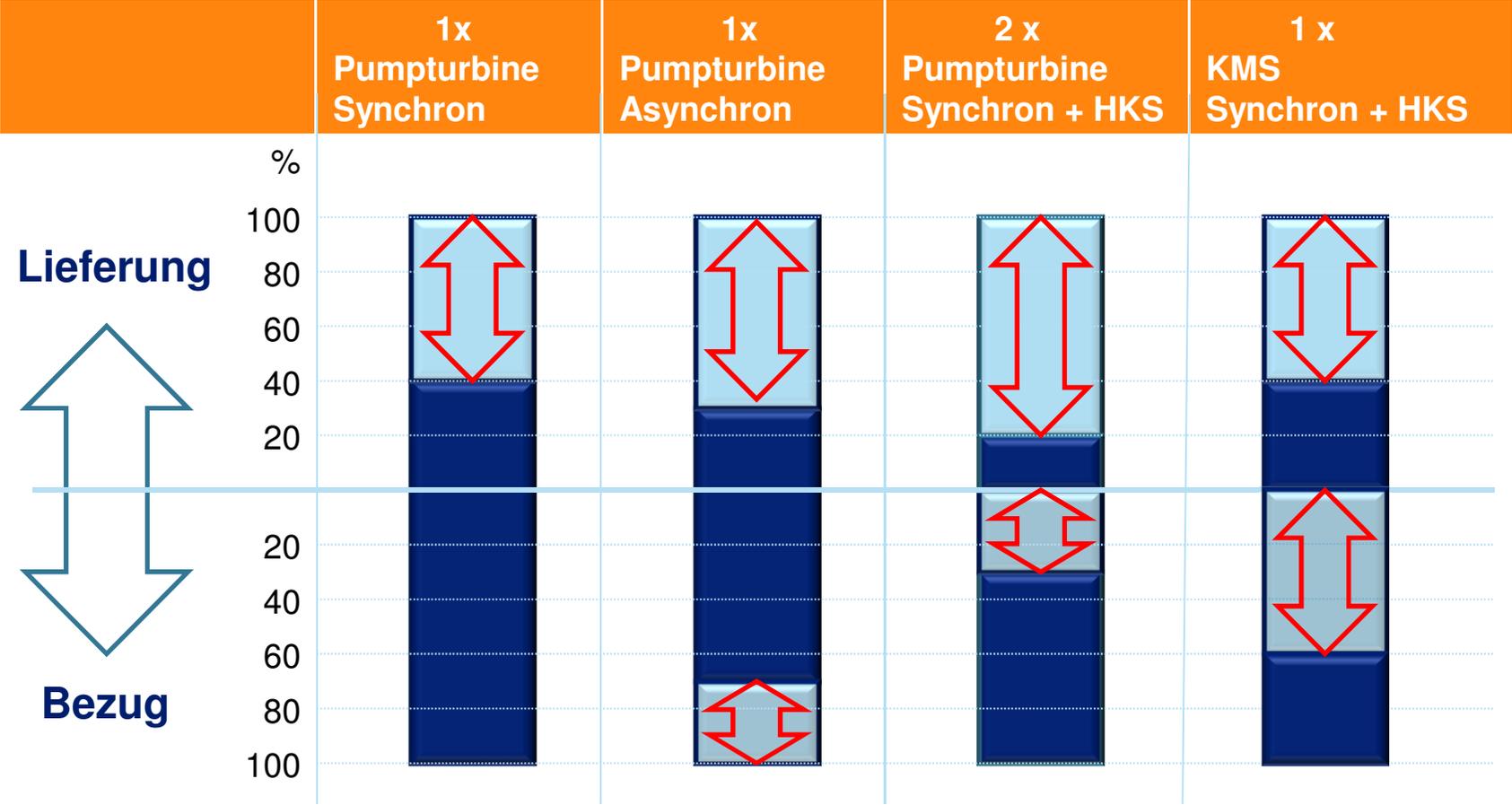
Reversible Pump turbine



2 Maschinensatz

Entwurf der Anlagen

Flexibilität von Maschinensätzen zur Pumpspeicherung



KMS... konventioneller Maschinensatz Francis
HKS ... hydraulischer Kurzschluss

Entwurf der Anlagen Maschinelle Ausrüstung und Steuerung

	Pumpturbine Synchron + HKS	Pumpturbine Asynchron	KMS Synchron + HKS
Kosten Maschinensatz	100 %	105 -115%	140 -150%
Leistung Turbinenbetrieb	70 - 320 MW od. 0-160 MW*	70 - 320 MW	0 - 320 MW
Leistung Pumpbetrieb	320 MW fix 0-160 MW*	130 - 160 MW 260 - 320 MW	0 - 320 MW
Umschaltzeiten	langsam	langsam	schnell
Drehzahl	konstant	variabel	konstant

*HKS.... Hydraulischer Kurzschluss
KMS.... Konventioneller Maschinensatz

Entwurf der Anlagen

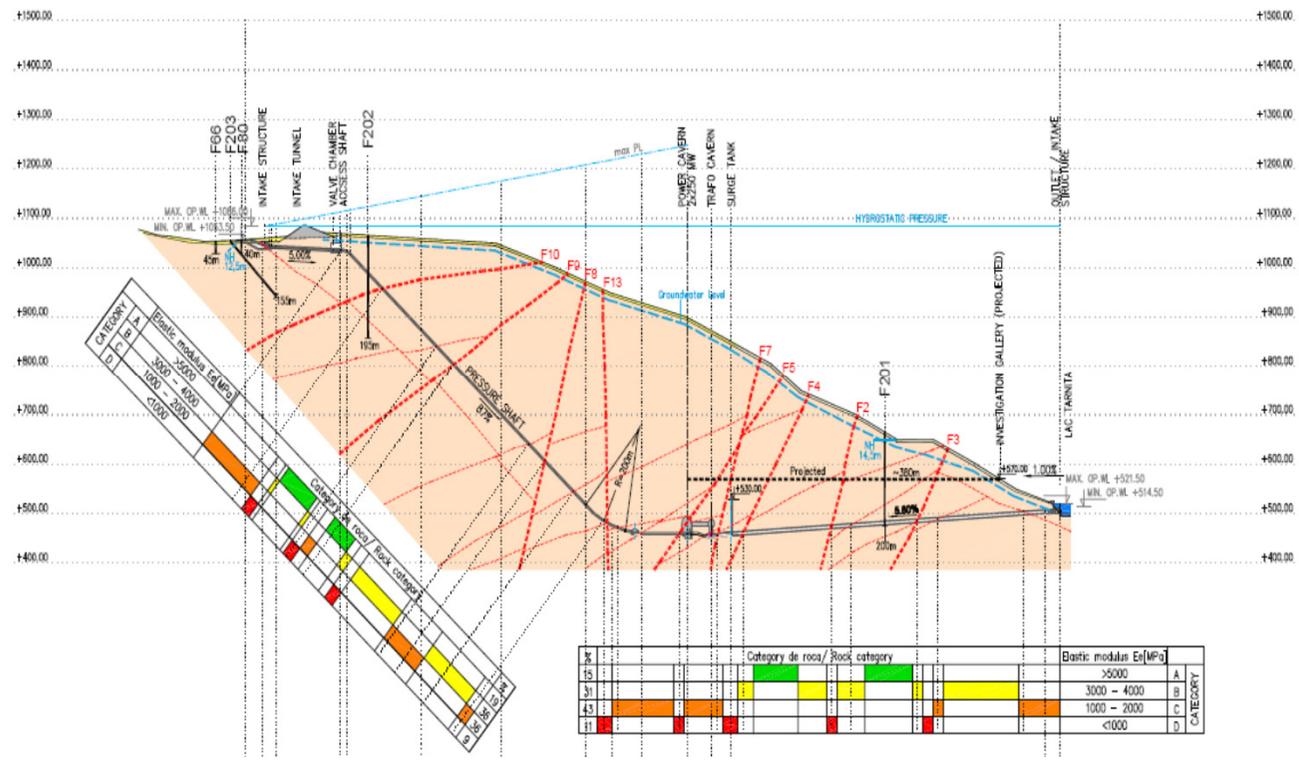
Umschaltzeiten von Pumpspeicherkraftwerken

Kraftwerk	Konfiguration	0→TU [s]	0→PU [s]	TU→PU [s]	PU→TU [s]
Konventioneller Pumpspeichersatz <i>Rosshag 4x60 MW</i> <i>Häusling 2x180 MW</i> <i>Kops II 3x150 MW</i>		60-90	80-110	80-110	40-120
Reversible Pump turbine <i>Limberg II 2x240 MW</i> <i>Reisseck II 2x215 MW</i>		100-150	250-400	450-700	75-100

Entwurf der baulichen Anlagen

Entwurfsplanung und Erkundungskonzept

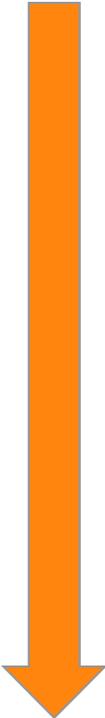
- Gründungs- und Dichtungskonzept des Oberbeckens
- Geologisch- Geotechnische Verhältnisse Triebwasserweg und Kraftkavernenbereich
- Gründungsverhältnisse für das Auslaufbauwerk und des Unterbeckens



Entwurf der baulichen Anlagen

Entwurfsplanung und Erkundungskonzept

Etappenplan zur Risiko-Minimierung



Vorstudie:

Begehung des Projektgebietes durch Geologen und Geotechniker,
Grobkartierung des Projektgebietes

Machbarkeitsstudie:

Bohrungen in den Beckenbereichen, Geophysik, Detail Kartierung zur
Erfassung des Trennflächengefüges, Einschätzung der hydrogeologischen
Verhältnisse

Einreichprojekt:

Tiefenbohrung im Kavernenbereich, zusätzliches Bohrprogramm und Versuche,
Untersuchungen Baumaterialien, Grundwasserbeobachtung,
Quellbeweissicherung

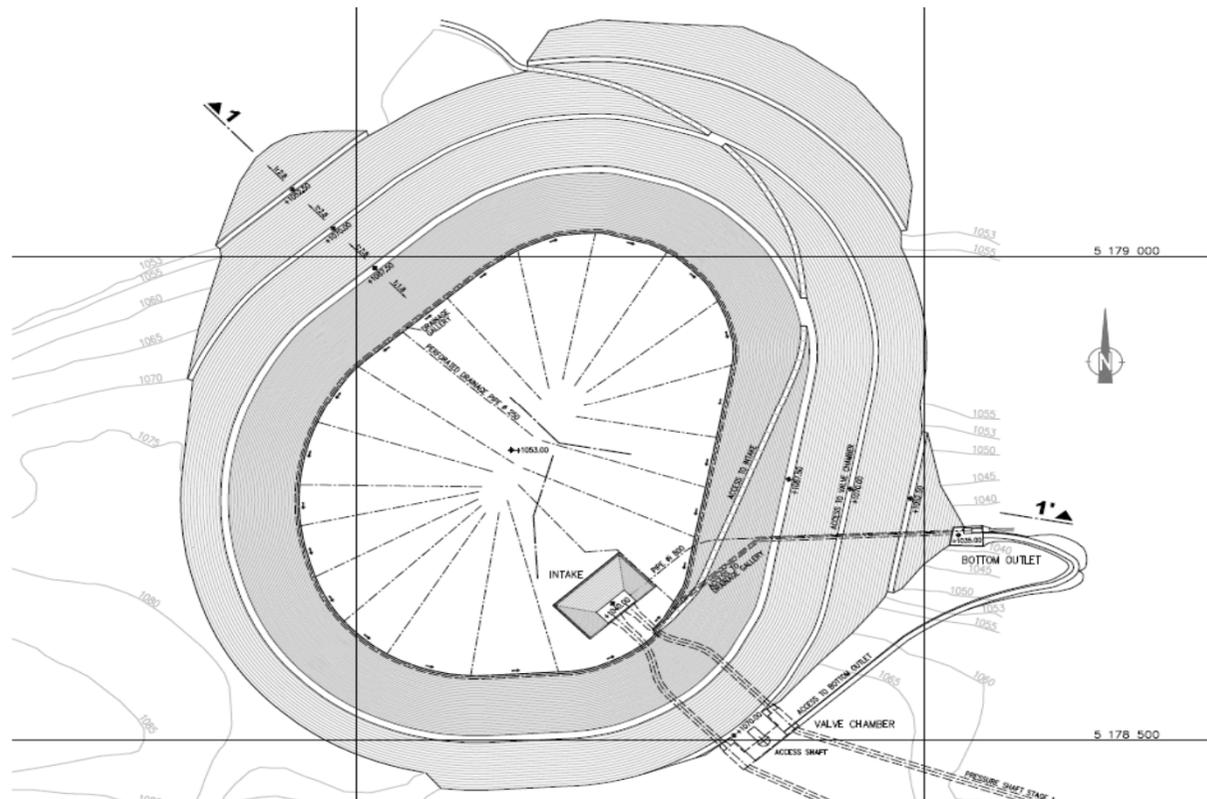
Ausschreibungsprojekt:

Untersuchungsprogramm gemäß Richtlinie für die Geomechanische Planung
von Untertagebauwerken

Entwurf der baulichen Anlagen

Oberbecken

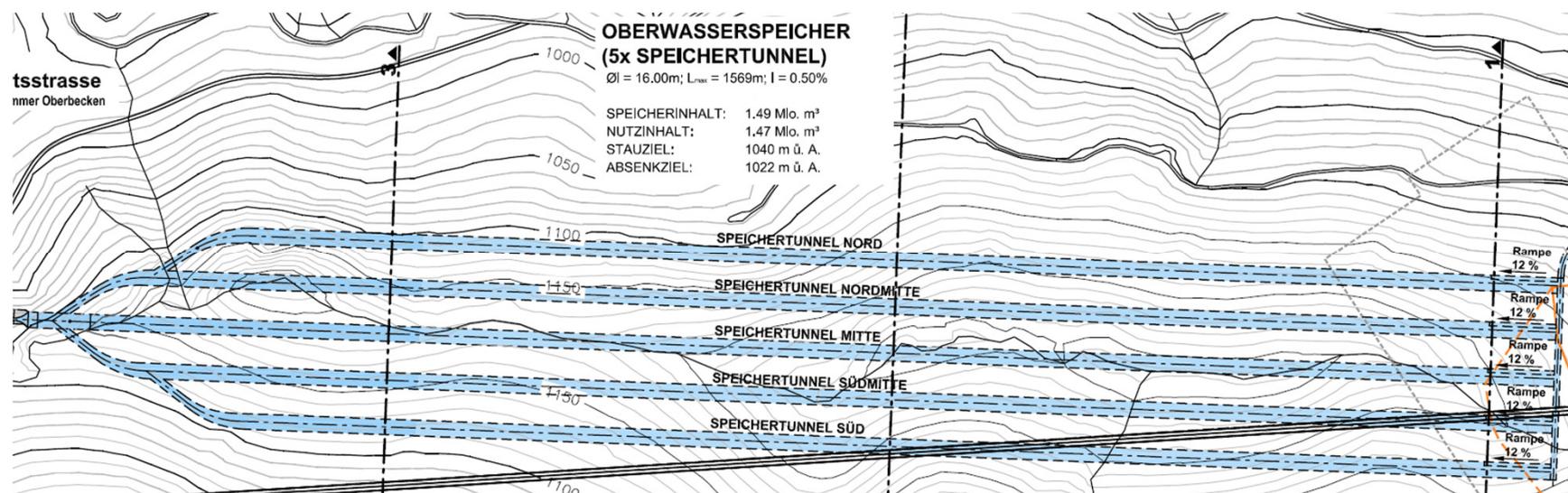
- Oberbecken mit meist mit Ringdamm und Oberflächendichtung
- Massenausgleich zwischen Abtrag und Dammschüttung (3-D Modellierung)
- Dichtungskonzept wesentlich für Wirtschaftlichkeit



Entwurf der baulichen Anlagen

Oberbecken

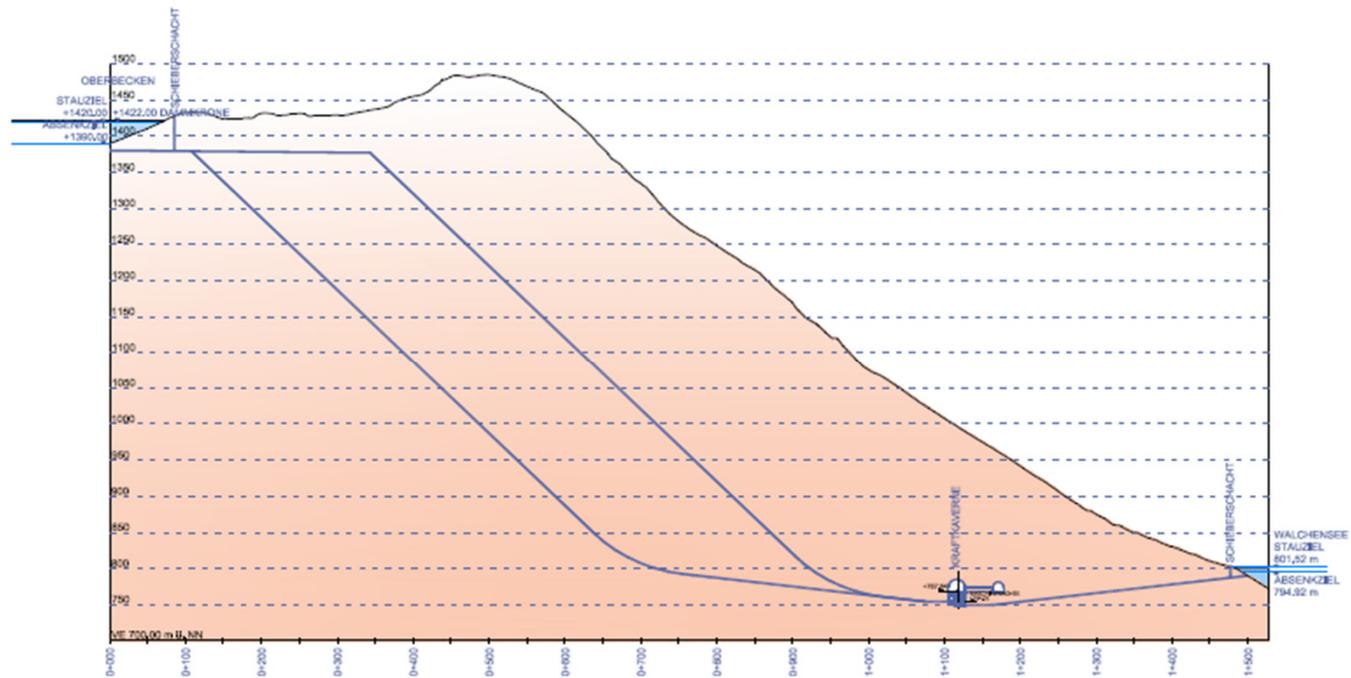
- Oberbecken als unterirdisches Kavernensystem (Sonderfall)



Entwurf der baulichen Anlagen

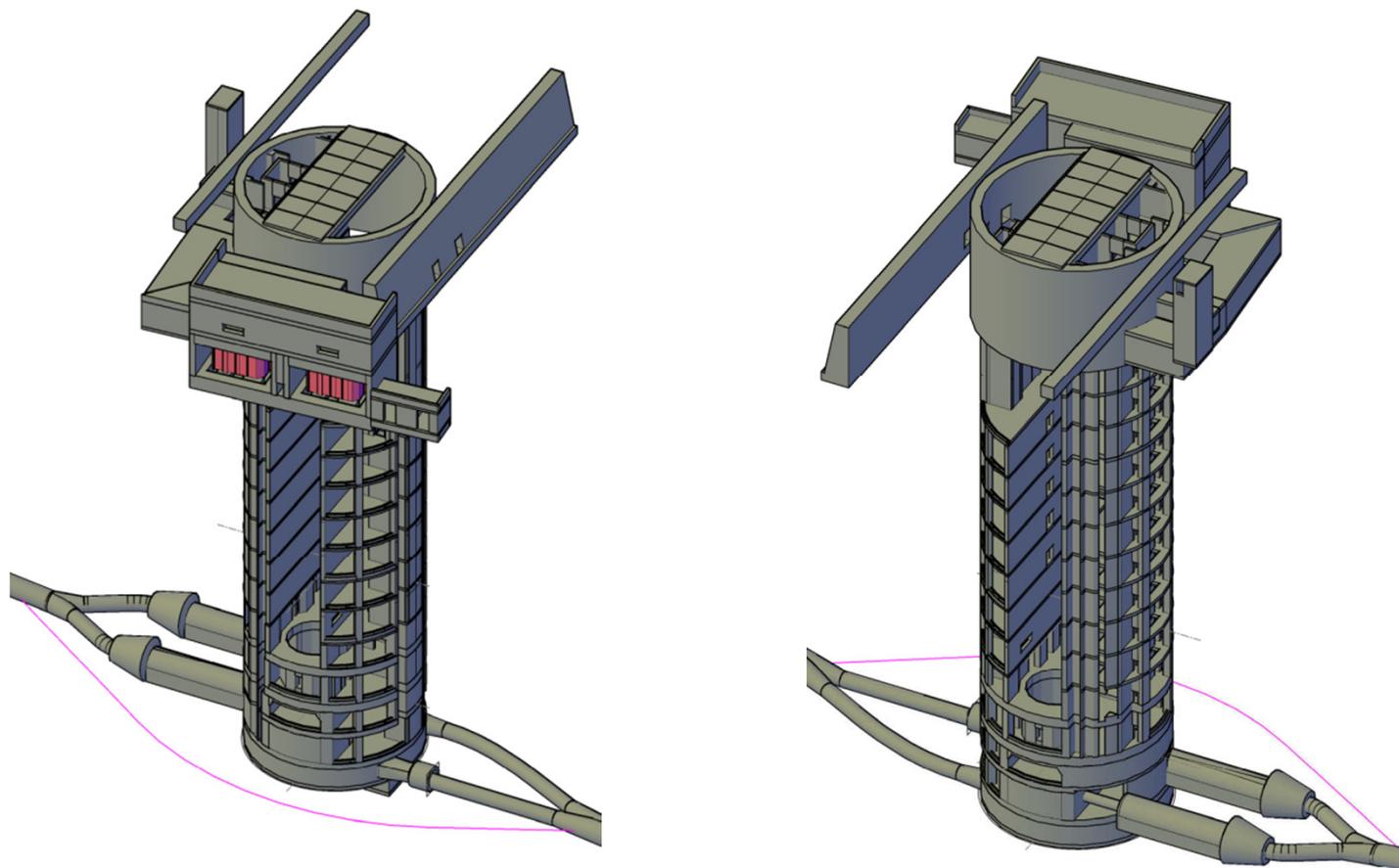
Triebwasserweg

- Kürzeste Verbindung von Oberbecken zu Unterbecken
- Schrägschacht oder Lotschachtlösung abhängig von geologisch- geotechnischen Verhältnissen
- Auskleidungskonzept wesentlich für Wirtschaftlichkeit



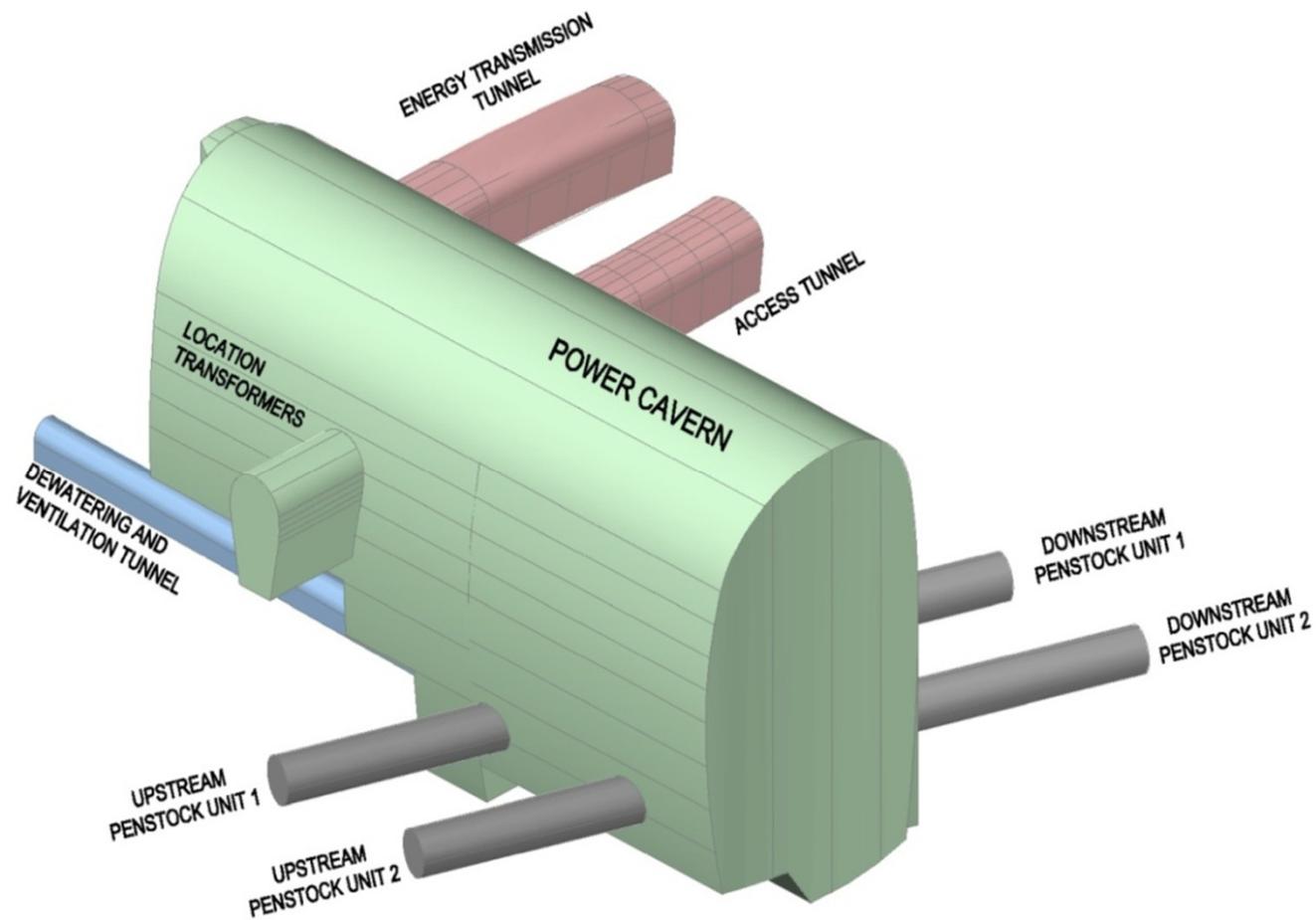
Entwurf der baulichen Anlagen

Kraftzentrale in einem Schachtkraftwerk



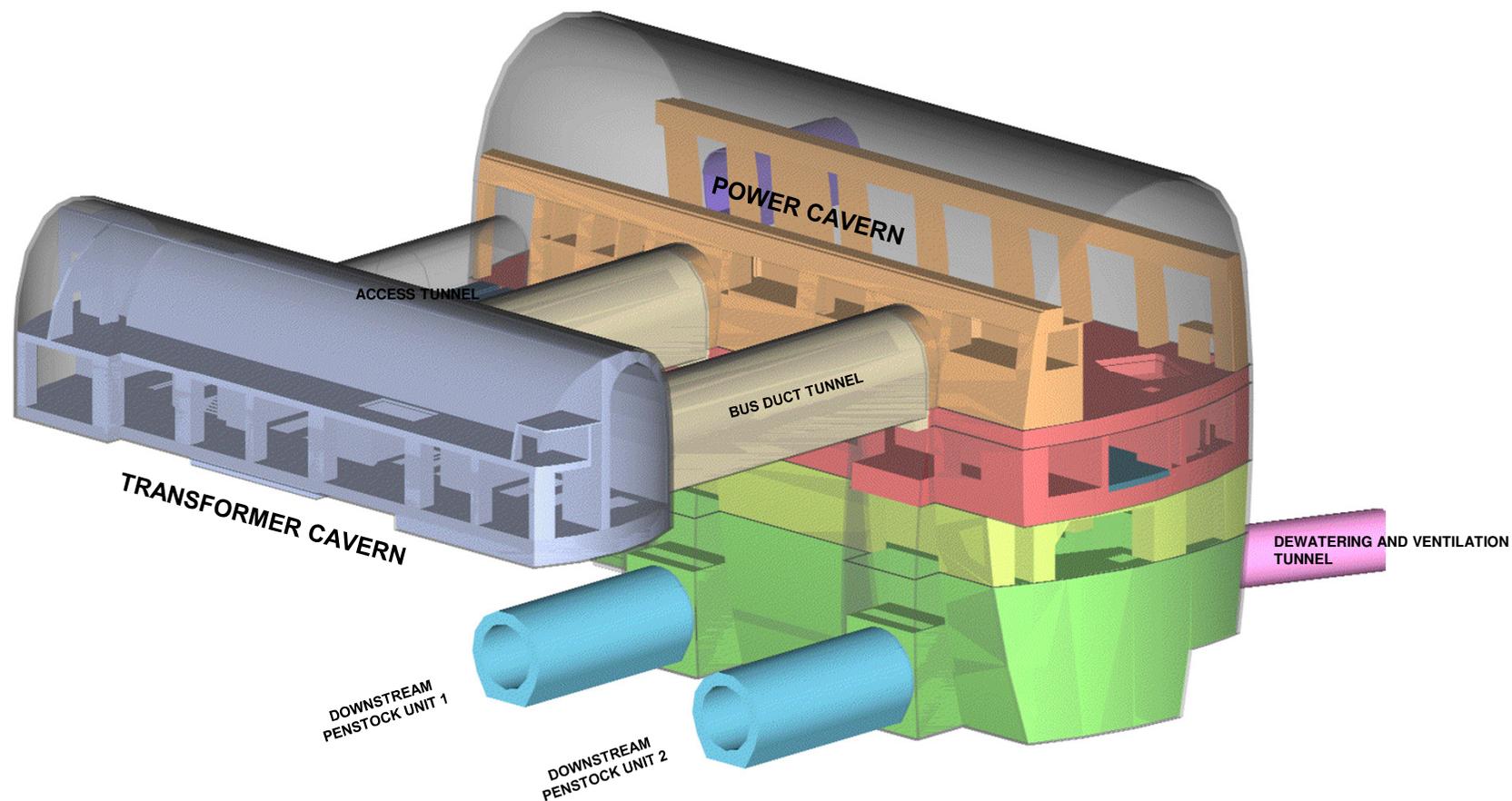
Entwurf der baulichen Anlagen

Kraftzentrale in einer Kaverne



Entwurf der baulichen Anlagen

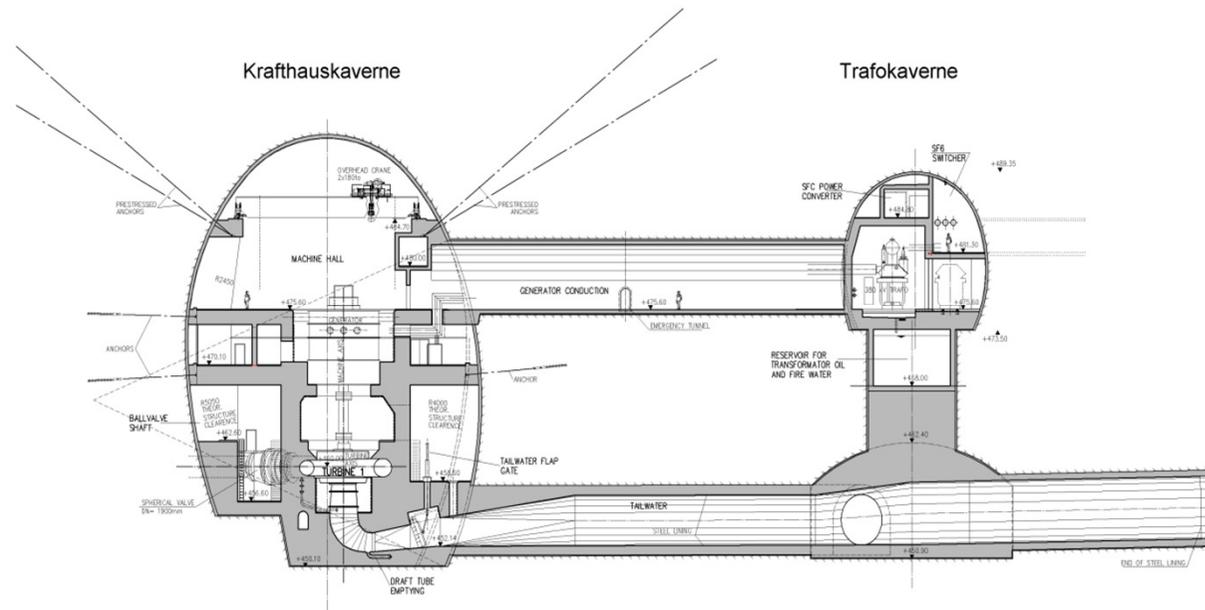
Kraftzentrale in zwei Kavernen



Entwurf der baulichen Anlagen

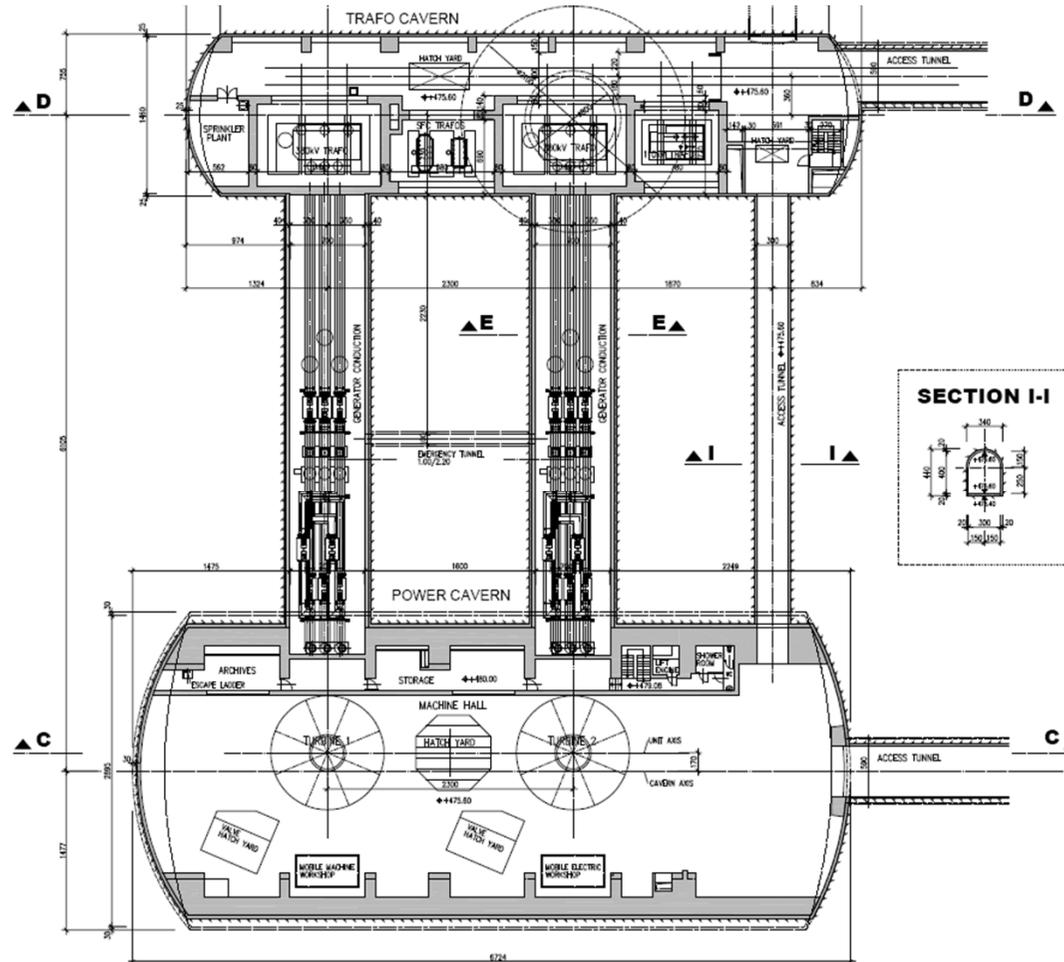
Auslegung der Kraftzentrale

- Elektromaschinelles Konzept und Lage der Verschlüsse bestimmt die Größen
- Lage in geotechnisch optimalen Verhältnissen angestrebt (Hinweis auf Erkundungen)
- Optimierte Kaverne mit kleinstem möglichem Raum
- Baukonzept bestimmt Anordnung der Verbindungsstollen
- Planung des Ausbruchskonzeptes steht im Mittelpunkt



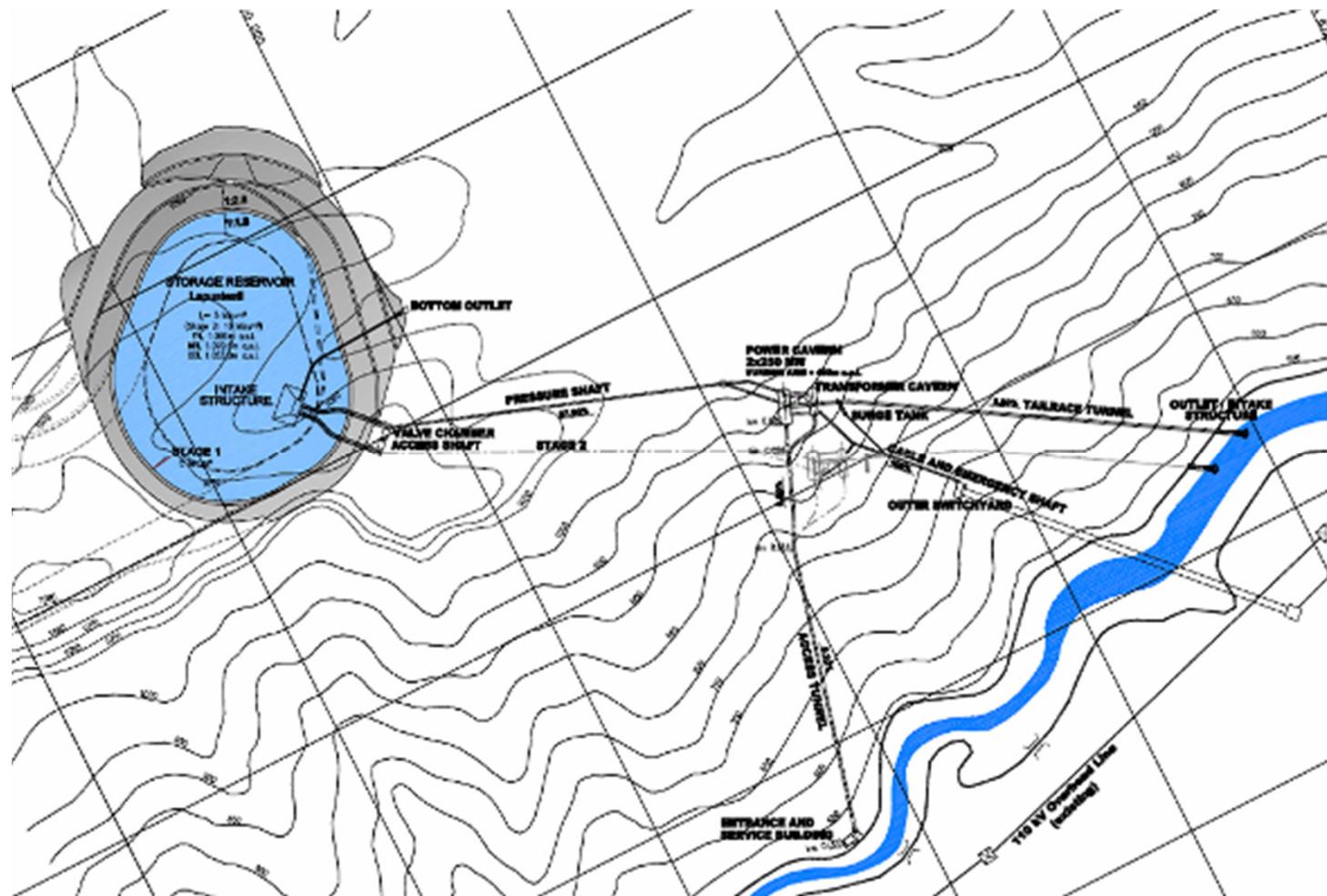
Entwurf der baulichen Anlagen

Auslegung der Kraftzentrale



Entwurf der baulichen Anlagen

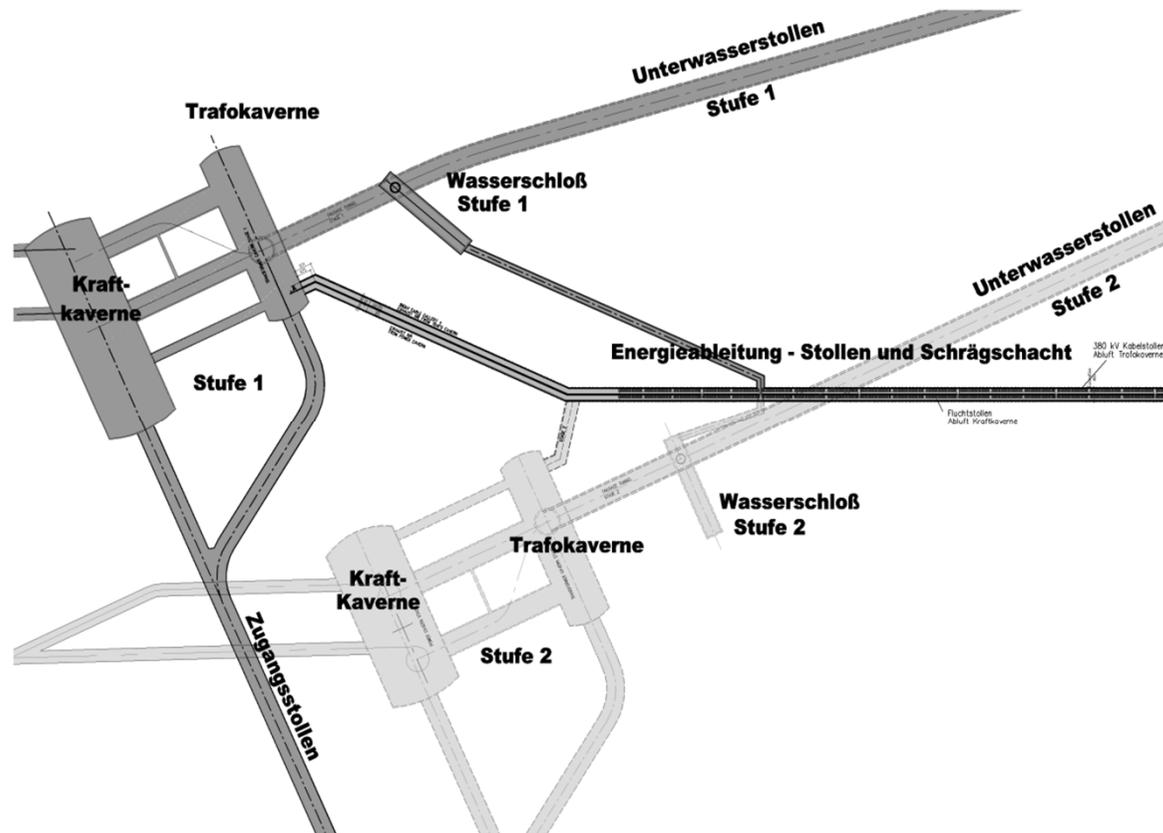
Kraftzentrale – Zufahrtsstollen – Energieableitung



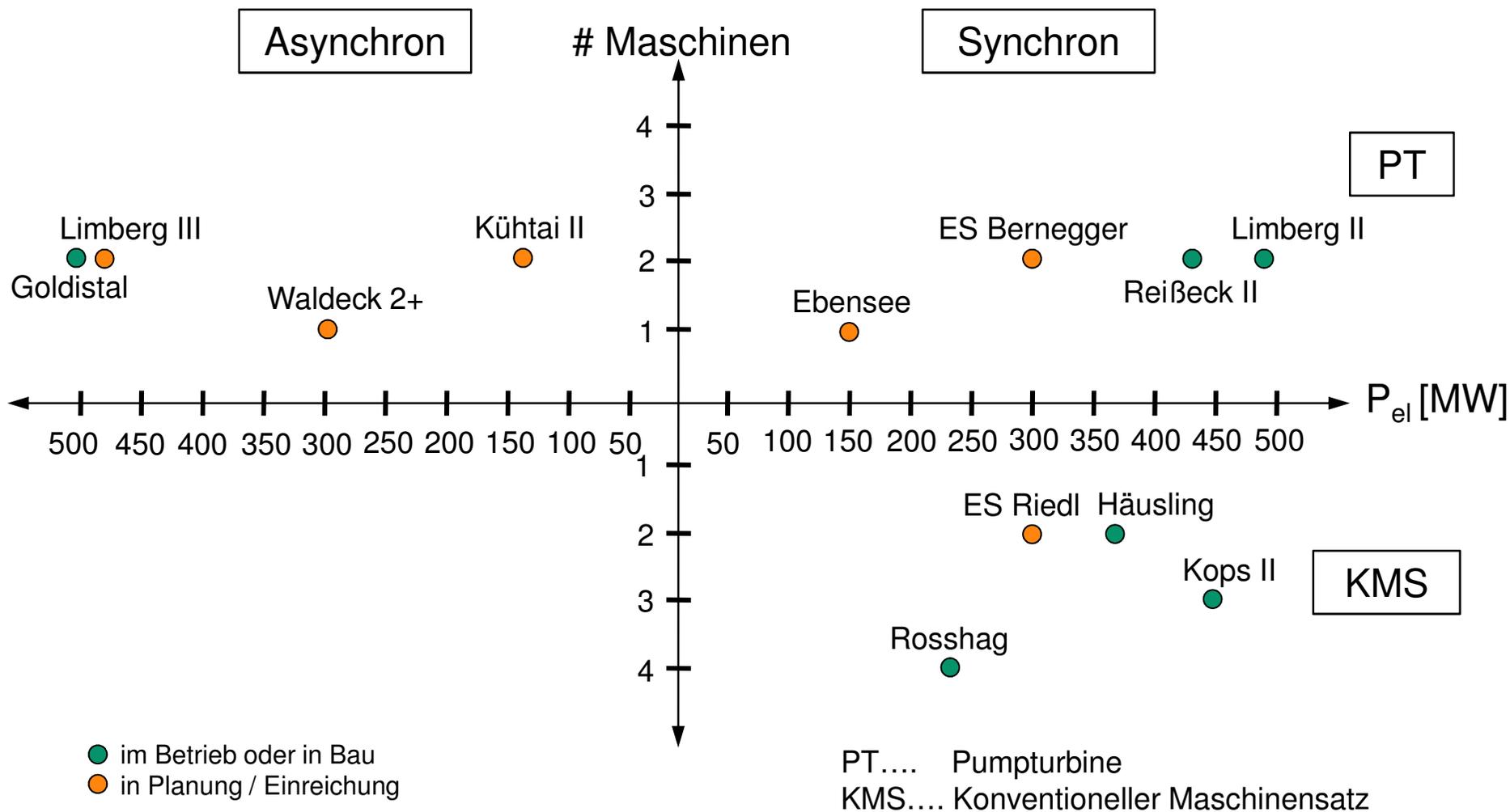
Entwurf der baulichen Anlagen

Unterwasserstollen

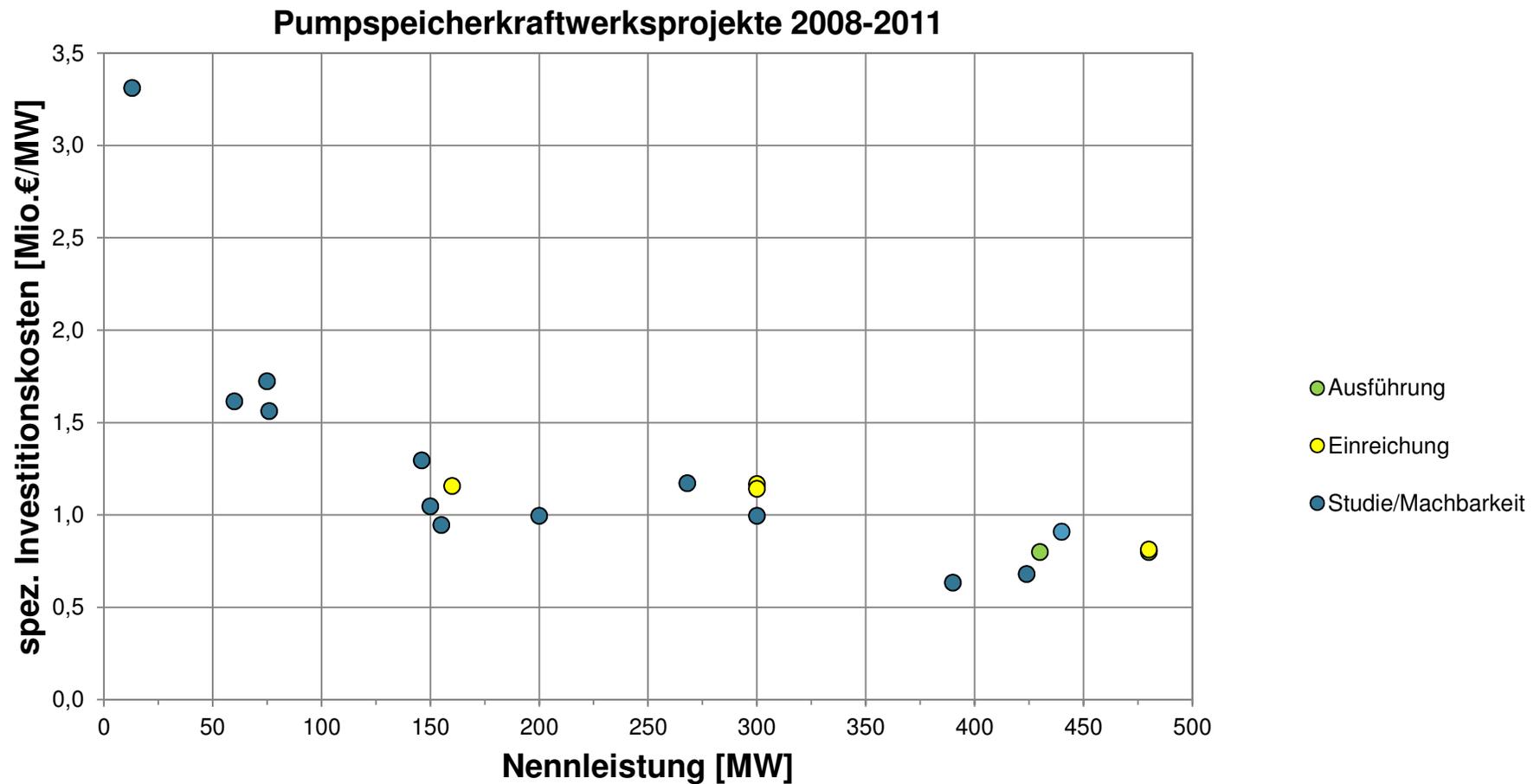
- Verbindung Kraftkaverne mit Unterbecken
- Je nach Länge ist ein Wasserschloß erforderlich



Vergleichsprojekte in Österreich / Deutschland



Vergleichsprojekte in Österreich / Deutschland



Zusammenfassung

- Pumpspeicherwerke können einen wesentlichen Beitrag zum Ausgleich von Erzeugung und Verbrauch elektrischer Energie leisten
- Sie können die zum Betrieb von Hochspannungsnetzen benötigten Systemdienstleistungen bereitstellen
- Pumpspeicherwerke können Voraussetzungen schaffen, dass verstärkt erneuerbare Energieformen in die Netze eingespeist werden können
- Neue Projekte in veränderten Märkten erfordern Wirtschaftlichkeitsanalysen unter Marktbedingungen
- Eingangsdaten sind so genau wie möglich zu ermitteln da sie Grundlage für die Entscheidung der Projektentwickler sind
- Stufenausbau der Ausbaugröße ermöglicht eine Anpassung an geänderte Marktbedingungen
- Die Planung hat darauf Bedacht zu nehmen dass Investition in Vorleistungen gering gehalten werden
- Projektumsetzung in rasch sich veränderten Wirtschaftswelt erfordert engagierte Zusammenarbeit der Kraftwerks- und Netzbetreiber mit den Ingenieuren und Wirtschaftsfachleuten sowie der Bewilligungsbehörden.

