

Die Rolle der Wasserkraft im Jahr 2100 – welche Innovationen sind notwendig?

Prof. Dr. Anton J. Schleiss

Hon. President International Commission on Large Dams
(ICOLD), Professor emeritus, Ecole Polytechnique fédérale de
Lausanne (EPFL)

Koordinator Hydropower Europe & ETIP Hydropower

**Interalpine Energie- und Umwelttage, 27&28. Oktober,
2022, Kulturhaus Mals**



Wasserkraft als Quelle der Entwicklung in Europe im letzten Jahrhundert

Trümpfe der Wasserkraft

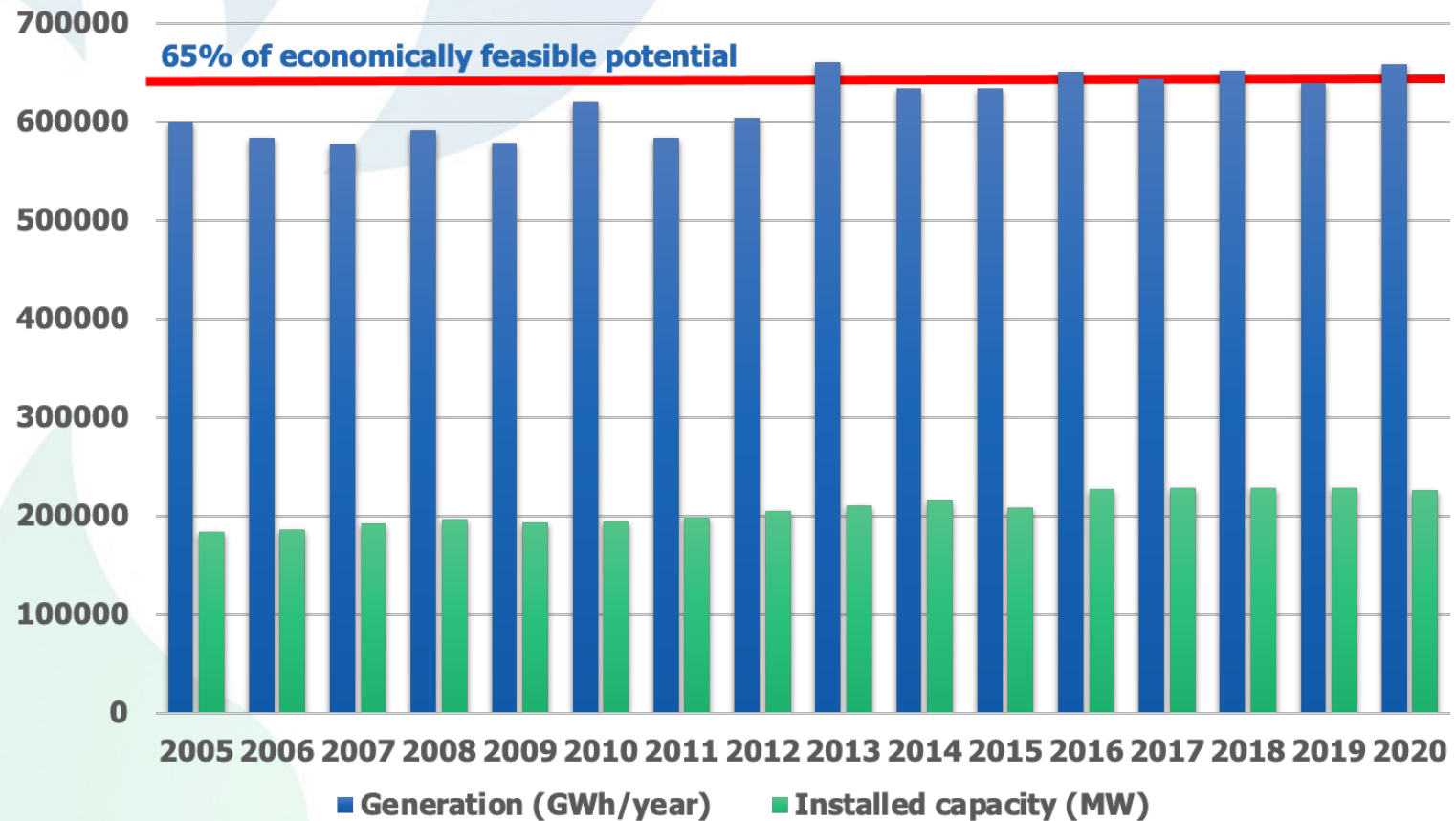
- Erneuerbare Energie ohne CO₂ – Emissionen bei der Produktion, ausgezeichneter Energierückgewinnungsfaktor
- Ausgezeichneter Wirkungsgrad und Effizienz
- Regulierbar gemäss Nachfrage – Veredelung von Wind- und Sonnenenergie
- Heimische, unabhängige Energie welche Arbeitsplätze in den Alpentälern schafft (Steuern und Abgaben)
- Verbesserung der Infrastrukturen und der touristischen Attraktivität
- Bedeutender Beitrag an den Hochwasser- und Dürreschutz



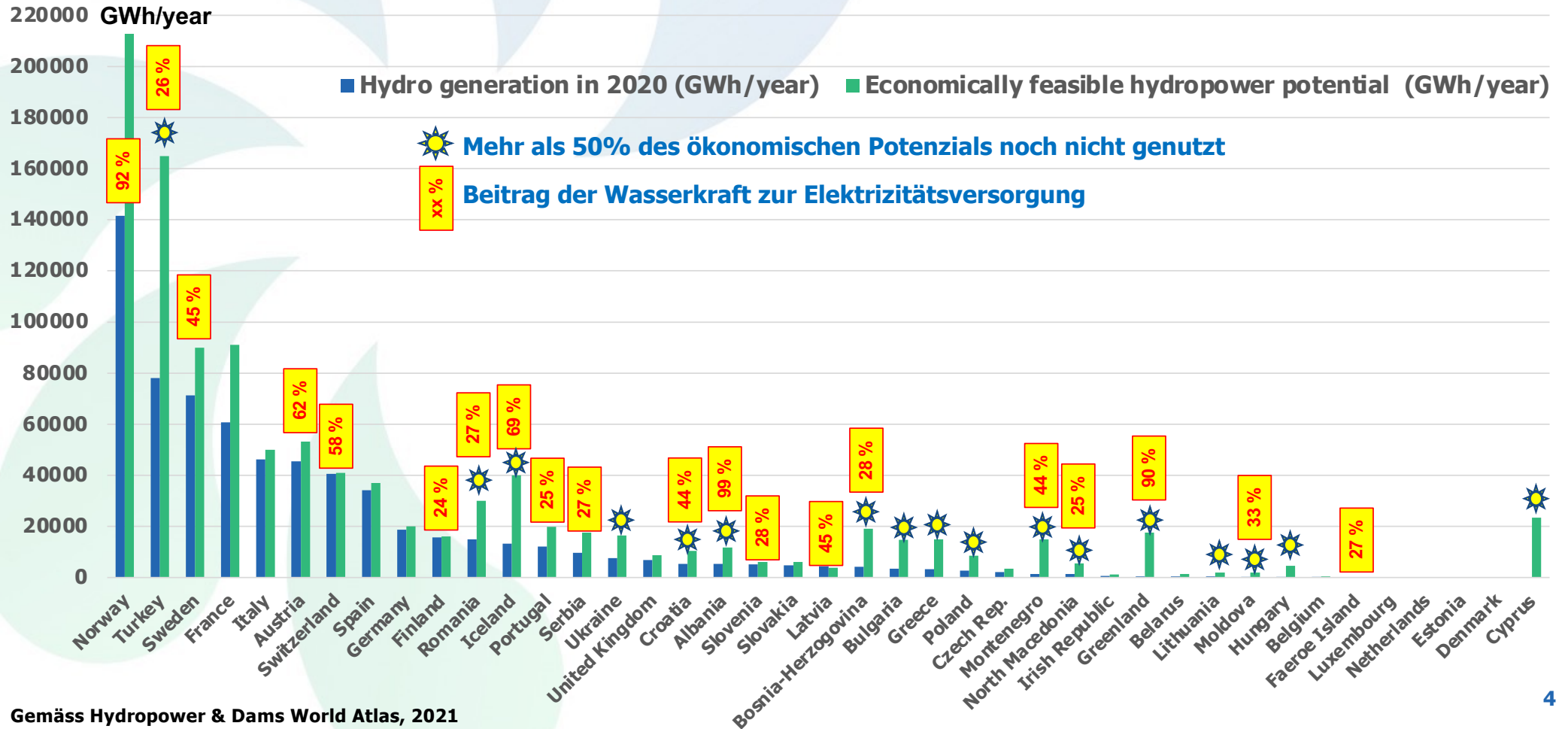
Ruppoldingen Laufkraftwerk an der Aare, Schweiz

Wasserkraft als Quelle der Entwicklung in Europa im letzten Jahrhundert

Situation
der
Wasserkraft
nutzung in
Europa
(inkl. Türkei)



Produktion und Potenzial der Wasserkraft in Europa



Gemäss Hydropower & Dams World Atlas, 2021

Herausforderungen für den zukünftigen Ausbau der Wasserkraft in in Europa

- 1. die Änderung des Produktionspotenzials infolge Klimaänderung, welche das Wasserangebot sowie die Betriebssicherheit beeinflusst infolge zunehmender Naturgefahren**



Thissavros Staudamm in Griechenland 172 m

Herausforderungen des Klimawandels

- **Neue Stauseen werden überlebenswichtig in vielen Regionen um die Auswirkungen des Klimawandels zu dämpfen und die gestörten Wasserressourcen auszugleichen zur Sicherung von Wasser, Energie und Nahrung neben Hochwasser- und Dürreschutz**



Herausforderungen des Klimawandels

- Die nachhaltige Nutzung der Stauseen ist mehr und mehr durch die Stauraumverlandung gefährdet, da die Sedimentzufuhr zu den Stauseen mit dem Klimawandel zunehmen wird.
- Dringende Gegenmassnahmen sind schon heute bei bestehenden Speichern nötig und neue Stauseen müssen mit Resilienz gegen die Verlandung ausgelegt werden.



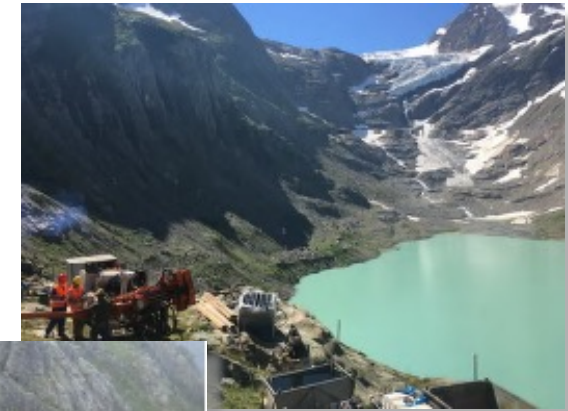
Herausforderungen des Klimawandels

Chancen: Nutzung von neuen Gletscherseen als Mehrzweckspeicher zum Schutz von Seeausbrüchen und zur Energieproduktion im Winter



Fotomontage (KWO) des geplanten Speichers Trift im Grimselgebiet (Schweiz). Bogenstaumauer mit Gletschersee im heutigen Zustand (links) und mit gefülltem Stausee (rechts).

Neue Bogenmauer und Speicher Trift in der Schweiz



Konzessionsprojekt 2017:

- Höhe der Bogenmauer 180 m
- + 215 GWh Winterspitzenenergie
 - Baubeginn 2024?
 - Inbetriebnahme 2036?

Herausforderungen für den zukünftigen Ausbau der Wasserkraft in in Europa

- 2. Die Verbesserung der Effizienz von bestehenden Kraftwerken, durch Vergrößerung der Stauseen um die Produktion flexibel auf stark schwankenden Spitzenbedarf zu konzentrieren.**



Erhöhung der Luzzone Bogenmauer in der Schweiz

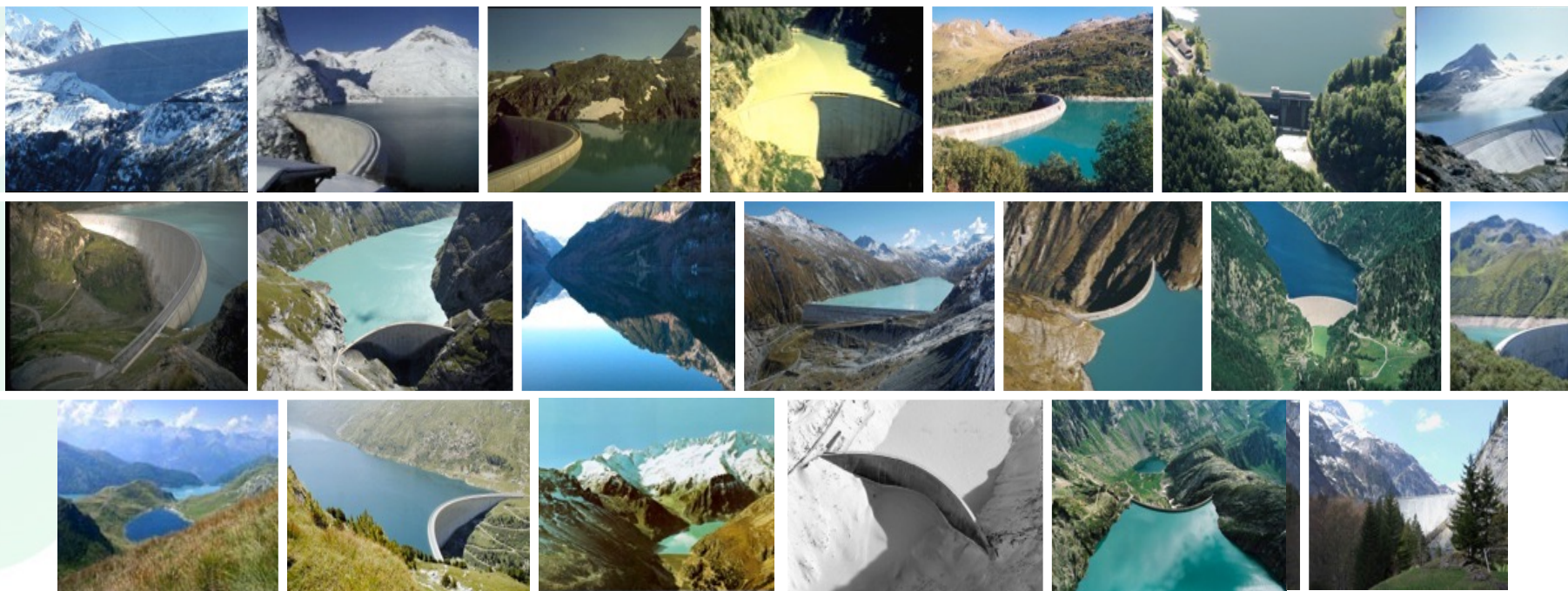
(1995 – 1999) um 17 m auf 225 m;

Erhöhung der Winterenergie um 60 GWh

Herausforderungen für den zukünftigen Ausbau der Wasserkraft in in Europa

➤ Denkbare Talsperrenerhöhungen in der Schweiz:

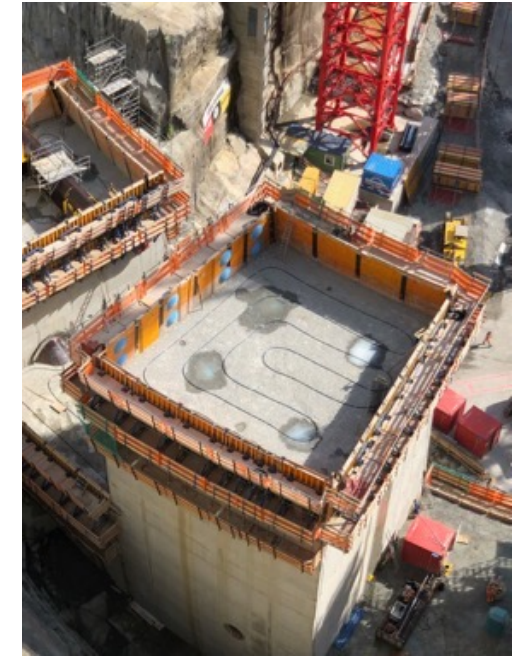
- Albigna, Cavagnoli, Gebidem, Gries, Sihlsee, Klöntal, Sambuco, Ritom, Emosson, Santa Maria, Moiry, Limmern, Curnera, Nalps, Valle di Lei, Göscheneralp, Zervreila, Cavagnogli, Gigerwald, Mattmark, ...



Potenzial 1200 bis 1900 GWh Winterenergie (Grimsel bereits geplant 200 GWh)

Herausforderungen für den zukünftigen Ausbau der Wasserkraft in in Europa

➤ Ersatz Staumauer Spittallamm (Grimsel)



Potenzial bei Erhöhung der Grimselmauern Spittallamm und Seeuferegg 200 (GWh Winterenergie)

Herausforderungen für den zukünftigen Ausbau der Wasserkraft in in Europa

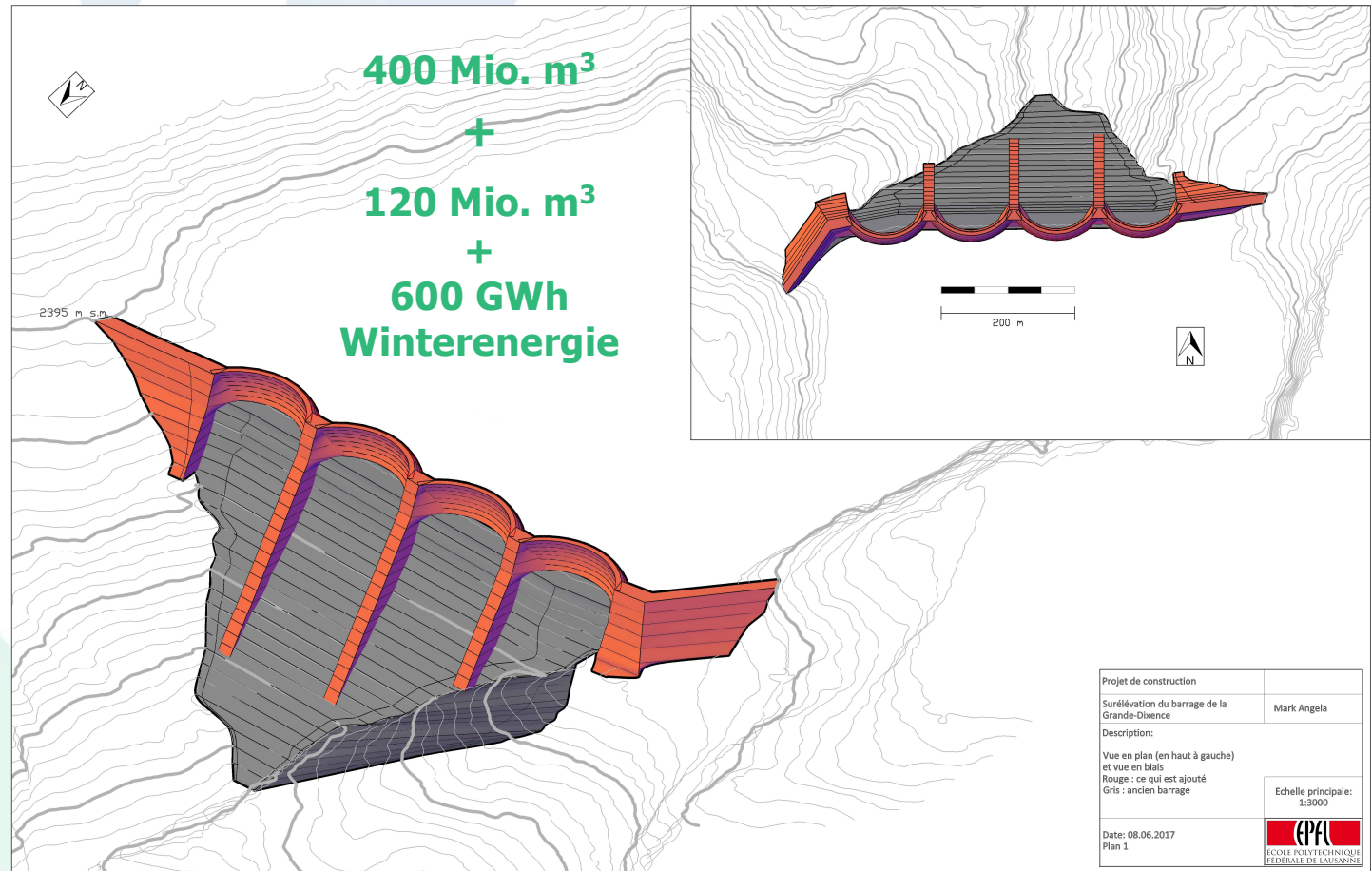


Grande
Dixence



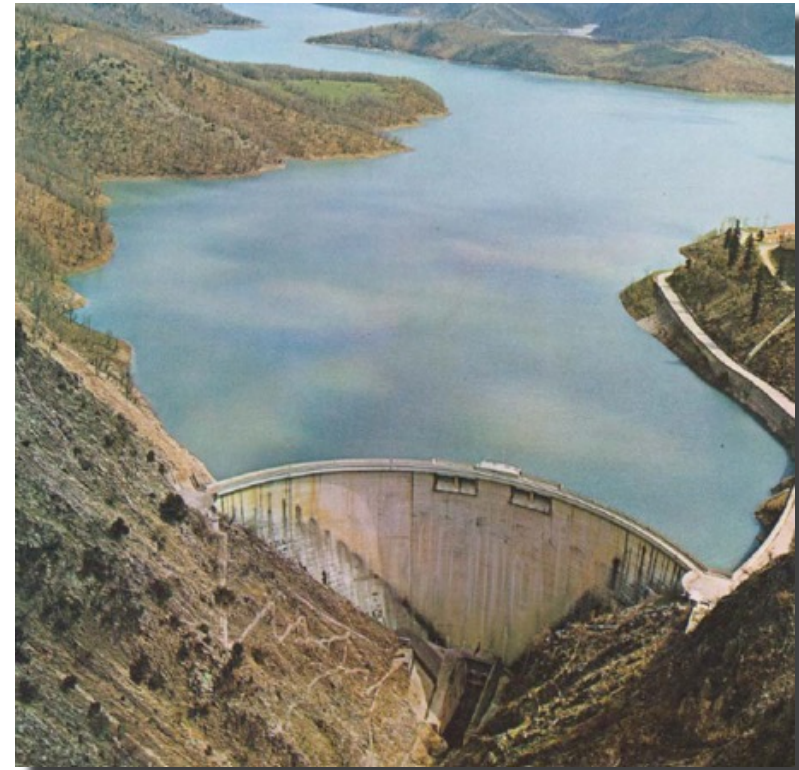
285 m → 315 m

Herausforderungen für den zukünftigen Ausbau der Wasserkraft in in Europa



Herausforderungen für den zukünftigen Ausbau der Wasserkraft in in Europa

3. der Beitrag von **neuen technologischen Lösungen** um die **Produktions-effizienz der Wasserkraft-infrastruktur und elektro-mechanische Ausrüstungen im Hinblick auf eine grössere Betriebsflexibilität zu erhöhen**



Tavropos Dam, Greece, 127 m

Herausforderungen für den zukünftigen Ausbau der Wasserkraft in in Europa

4. die Untersuchung der neuen, rauerer Betriebsbedingungen auf die Betriebssicherheit und die aquatischen Ökosysteme und die Entwicklung von Strategien zur Verminderung der negativen Auswirkungen (z.B. innovative Strategien von künstlichen Hochwasser)



Künstliches Hochwasser 2017 an der Rossens Staumauer in der Schweiz

H2020 Ziele für die Wasserkraft: Hydropower Europe Forum

➤ **ICOLD Leader**

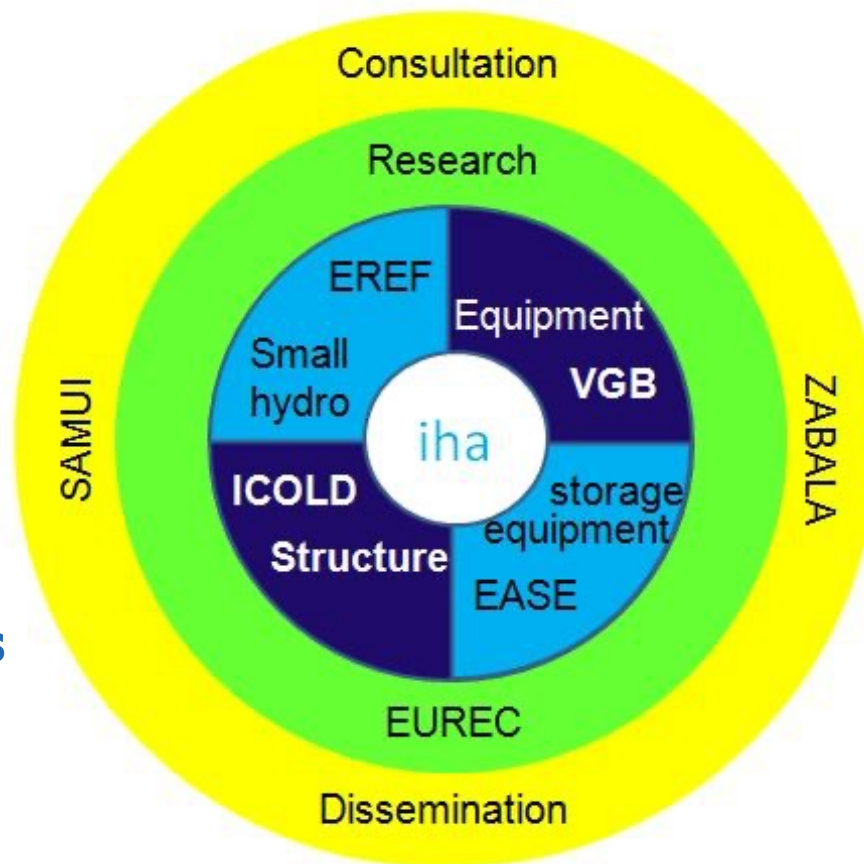


➤ **Coordinators:**

- Jean Jaques Fry
- Anton J. Schleiss

➤ **+ 7 core partners**

➤ **+ 5 third linked Parties**



EASE - European Association for Storage of Energy

EREF - European Renewable Energies Federation

EUREC - Association of European Renewable Energy Research

ICOLD - International Commission on Large Dams

IHA – International Hydropower Association

VGB - International Technical Association for Generation and Storage of Power and Heat

Die Wasserkraft als Katalysator für die Energiewende in Europa

VISION "Hydropower Europe"

- 1. Erhöhung der Wasserkraftproduktion durch die Erstellung von neuen, umweltfreundlichen Mehrzweckanlagen und die Ausnutzung von "versteckten" Potenzialen in bestehenden Infrastrukturen**



Pinios Damm, Griechenland, 50 m

Die Wasserkraft als Katalysator für die Energiewende in Europa

VISION "Hydropower Europe"

2. Erhöhung der Betriebsflexibilität der bestehenden Wasserkraftanlagen durch Anpassung und Optimierung der baulichen und betrieblichen Infrastrukturen kombiniert mit innovativen Lösungen zur Vermeidung negativer Umweltauswirkungen



Moiry Bogenmauer, Schweiz, 148 m

Die Wasserkraft als Katalysator für die Energiewende in Europa

VISION "Hydropower Europe"

3. Vergrößerung der Speicherkapazität durch Erhöhung der bestehenden Staumauern und die **Erstellung von neuen Stauseen** welche nicht nur eine flexible Stromversorgung sondern auch die lebenswichtige Nahrungs- und Wasserversorgung garantieren und so zum Wasser-Energie-Nahrung NEXUS und die Erreichung der nachhaltigen Entwicklungsziele der Vereinigten Nationen beitragen.

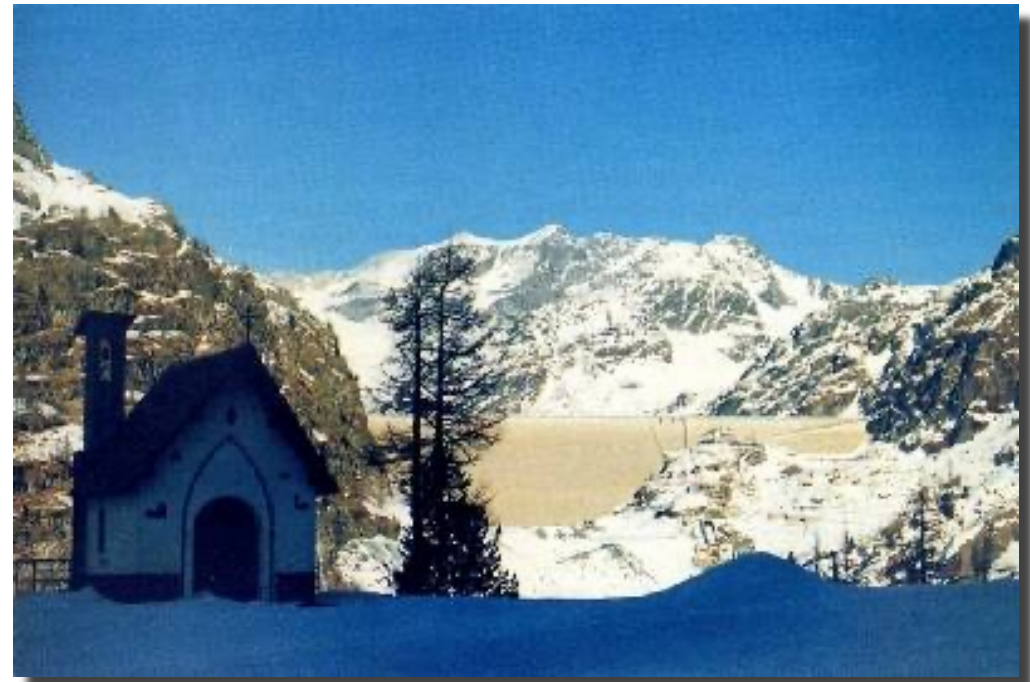


Tignes Bogenmauer,
Frankreich, 180 m

Die Wasserkraft als Katalysator für die Energiewende in Europa

VISION "Hydropower Europe"

4. Verstärkung des Flexibilitätsbeitrages der **Pumpspeicherwerke** durch Entwicklung und Bau von innovativen Anordnungen in Kombination mit bestehenden Wasserinfrastrukturen



Alpe Gera Gewichtsmauer,
Italien, 172 m

Erstellung einer Forschungs- und Innovationsagenda

➤ 7 thematische Bereiche

Erhöhung der Flexibilität

Optimierung von Betrieb und Unterhalt

Resilienz der elektro-mechanischen Ausrüstung

Resilienz der Wasserkraftinfrastrukturen und des Betriebs

Entwicklung von neuen Konzepten

Umweltverträgliche Lösungen

Verminderung der Auswirkungen des Klimawandels

Forschungs- und Innovationsagenda

Prioritäre Forschungsthemen (1/5)

Challenges	Research Themes	Priorities	Recommended Call	Recommended Funding Scheme
Increasing flexibility	3.1.1. Innovation in flexibility, storage design and operation	Very High	before 2025	€ 26-35 million
	3.1.2. Innovative design of turbines including reversible pump-turbines and generators	High	before 2030	€ 16-25 million
	3.1.3. New models and simulation tools for harsher operation conditions	High	before 2030	€ 8-15 million
	3.1.4 Development and application of a business model for flexibility	Very High	before 2025	€ 8-15 million

Forschungs- und Innovationsagenda

Prioritäre Forschungsthemen (2/5)

Challenges	Research Themes	Priorities	Recommended Call	Recommended Funding Scheme
Optimisation of operations and maintenance	3.2.1. Digitalisation and artificial Intelligence to advance instrumentation and controls	High	before 2030	€ 16-25 million
	3.2.2. Monitoring systems for predictive maintenance and optimised maintenance intervals	High to Very High	before 2030	€ 2-7 million

Forschungs- und Innovationsagenda

Prioritäre Forschungsthemen (3/5)

Challenges	Research Themes	Priorities	Recommended Call	Recommended Funding Scheme
Resilience of electro-mechanical equipment and infrastructures	3.3.1. New materials for increased resistance and increased efficiency of equipment	Medium High to High	before 2030	€ 8-15 million
	3.4.1. New materials and structures for increased performance and resilience of infrastructure	Medium High to High	before 2030	€ 8-15 million
	3.4.2. Databases of incidents and extreme events, integrated structural risk-analysis models and innovative solutions for multi-hazard risk analysis	High	before 2030	€ 8-15 million
	3.4.3. Innovative sediment management technologies for sustainable reservoir capacity and river morphology restoration	High to Very High	before 2025	€ 8-15 million
	3.4.4. Innovative techniques for enhancement of working life of concrete structures	Medium High to High	before 2030	€ 8-15 million
	3.4.5. Innovative techniques for enhancement of overtopping safety of embankment and rockfill structures	High	before 2035	€ 2-7 million

Forschungs- und Innovationsagenda

Prioritäre Forschungsthemen (4/5)

Challenges	Research Themes	Priorities	Recommended Call	Recommended Funding Scheme
Developing of new emerging concepts	3.5.1. Development of innovative storage and pumped-storage power plants (e.g. multipurpose PSH, sea water PSH, etc.)	Very High	before 2030	€ 16-25 million
	3.5.2. Marine energy	Medium High to High	before 2030	€ 8-15 million
	3.5.3. Hybrid & virtual power plants	High to Very High	before 2030	€ 8-15 million

Forschungs- und Innovationsagenda

Prioritäre Forschungsthemen (5/5)

Challenges	Research Themes	Priorities	Recommended Call	Recommended Funding Scheme
Environmental-compatible solutions and mitigation of the impact of global warming	3.6.1. Flow regime management, assessment of environmental flow release, innovative connectivity solution for fish and biodiversity protection and improvement of stored water quality in reservoir	Very High	before 2025	€ 16-25 million
	3.6.2. Assessment of the general impact and contribution of hydro-power to biodiversity and the identification of innovative approaches and guidelines to support more sustainable hydropower development	Very High	before 2025	€ 8-15 million
	3.7.1. Innovative concepts of hydropower infrastructure adaptation and tapping hidden hydro	Very High	before 2030	€ 16-25 million

Strategischer Industrieaktionsplan

3 strategische Richtungen um Hindernisse zu überwinden

Ökonomische und legale Unterstützung für sichere Bereitstellung von Flexibilität und Speicherenergie

1. Verbesserung des Marktes für Entgeltung von Flexibilität
2. Erfahrungen mit Investitionen unter Unsicherheit
3. Entwicklung einer relevanten Marktregulierung

Erhaltung der Biodiversität und Verbesserung der Gewässerökosysteme

1. Sammlung von Erfahrungen mit Nachhaltigkeits- und Biodiversitätsschutz
2. Verbesserte Kenntnisse über Umweltverträglichkeit
3. Innovative Ausgleichsmassnahmen zum Schutz der Biodiversität
4. Entwicklung von ganzheitlichen Methoden zur Kompromissfindung

Verbesserung des öffentlichen Bewusstseins, Erhöhung der sozialen Akzeptanz

1. Verbesserung des öffentlichen Bewusstseins durch verstärkte Kommunikation
2. Sammlung von Erfahrungen mit erfolgreichen Projekten mit Bedürfnisbefriedigung für alle Betroffenen (win-win Situationen)
3. Erhöhung der Sicherheit eines dezentralen und unabhängigen Energiesystems in Europa durch Speicher- und Pumpspeicherwerke
4. **Übergeordnete Stimme der Wasserkraft im Rahmen einer Zusammenarbeit aller Akteure (ETIP Hydropower)**

Wasserkraft im Jahr 2100 Ein futuristischer Ausblick

Wasserkraft in der Schweiz im nächsten Jahrtausend

Eindrücke einer Studentenexkursion im Jahre 2038

Anton Schleiss

Vorbemerkung

Unter dem Motto «Wasser hat Zukunft» fand an der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (MAW) der ETH Zürich Ende Februar 1998 zu Ehren des 60. Jubiläumstages von Prof. Dr. Dr. h. c. Daniel Vischer eine Fachtagung statt. Der nachfolgende Beitrag entspricht dem ersten Teil eines anlässlich dieser Tagung gehaltenen Vortrages mit dem Titel «Wasserkraft in der Schweiz im nächsten Jahrtausend – Eindrücke einer Studentenexkursion im Jahre 2038 und mittelfristige Szenarien». Er gibt einen futuristischen Ausblick auf den Weiterausbau der Wasserkraft in der Schweiz, indem eine Kraftwerksbaustelle im Wallis anlässlich einer Studentenexkursion im Jahre 2038 beschrieben wird. Für den zweiten Teil des Vortrages, welcher die kurz- und mittelfristigen Szenarien sowie die Perspektiven für die Wasserkraft in der Schweiz behandelt, sei auf einen erweiterten, umfassenden Artikel im Bulletin SEV/VSE 23/98 (Seiten 11–17) – Perspektiven der Schweiz im weitesten Ausbau der Wasserkraft – verwiesen.

Besichtigung der Baustelle eines Pumpspeicherwerkes in den Walliser Alpen

Treffpunkt 1: 8 Uhr Busterminal ETH-Hönggerberg in Zürich

Es ist Mittwoch, der 26. Mai 2038, Exkursionstag der Umweltgestaltungsingenieure im letzten Studienjahr, vormals noch Bauingenieure genannt. Angesagt ist eine gemeinsame Exkursion der beiden Europäischen Technischen Hochschulen in Zürich und Lausanne, 33 Studierende (darunter acht Studentinnen) der Fachrichtung Nutzungsanlagen für erneuerbare, CO₂-freie Energien treffen sich mit Professor Oberwasser und seinen drei Multimediaassistenten kurz nach 8 Uhr auf dem Busterminal der 4. Ausbautappe Hönggerberg. (Zwischenanmerkung: Sämtliche Namen der genannten Personen haben keinerlei Bezug zu lebenden, da sie erst noch geboren werden. Dasselbe gilt für die genannten Firmen, sie existieren heute noch nicht, beziehungsweise die Fusion hat noch nicht stattgefunden.)

Ein futuristischer Elektrobus suht heran und setzt sich einige Minuten später Richtung Stadtzentrum Zürich in Bewegung. Unterwegs wird der Verkehr dichter und das Surren der vielen Elektrofahrzeuge ist nun auch deutlich im Businnern zu hören. Plötzlich geht ein Raunen durch die Reihen der Studenten, und alle drehen sich auf die linke Fahrbahnsseite: ein nostalgisch anmutender, roter Sportwagen braust mit lautem, tiefem Gebrumme am Bus vorbei. Ein Student bemerkt zu seinem Kollegen: «Ich habe schon lange kein Auto mit Benzinmotor mehr gesehen, der Besitzer macht sicher zweifelhafte Geschäfte, sonst könnte er sich den Benzinpreis von 88 Euro pro Liter sicher nicht leisten.» Kurz danach erreicht der Bus den Bahnhof Zürich Eurowest 2030.

Die Exkursionsteilnehmer steigen in den geräumigen Zylinderlift, welcher sie zum 85 m tiefer liegenden Vakuumdock der Swissmetro bringt. Nachdem die Schleuse durch-

quer ist, strömen sie in das reservierte Abteil der Swissmetrokomposition, wo sie von zwei Hostessen mit einem Willkommensdrink begrüßt werden (Bild 1). Um 8.44 Uhr ist ein leichter Ruck zu verspüren, und die Beschleunigung auf rund 400 km/h beginnt die Fahrgäste in die ergonomischen Sitze zu drücken. Unter den Studenten beginnt eine lebhafte Diskussion. Bei einigen dreht sich das Gespräch nicht nur um das Aussehen der freundlichen Hostessen, sondern auch um die bevorstehenden Abschlussdiplomprüfungen, Schwierigkeitsgrad und Prüfungsstoff der verschiedenen Vorlesungen werden diskutiert:

Kernfächer Umweltgestaltungsingenieure (je vier Kredite)

- Ingenieurbau mit traditionellen Baustoffen (Stahlbau, Stahlbeton): Unterhalt, Erneuerung, Abbruch und Recycling.
- Irdische Transportsysteme für Personen und Güter.
- Nutzung von erneuerbaren Energien – nachhaltige Energieversorgung.
- Konstruktionen mit neuen Materialien – Bauten im All und auf Nachbarplaneten.
- Unterirdisches Bauen: Laserschmelzvortriebe und Baugrundverbesserungen mit Hochleistungslaserkanonen.
- Gesamtheitliches, vernetztes Umweltingenieurwesen.

Vertiefungsfächer der Fachrichtung Nutzungsanlagen für erneuerbare, CO₂-freie Energien (je drei Kredite)

- Planung, Realisierung und Betrieb von komplexen Anlagen und Systemen im Wasserbau.
- Überregionale Wasser- und Ressourcenbewirtschaftung.
- Naturerfahren und Schutzkonzepte.
- Erneuerung, Umnutzung und Renaturierung von Infrastrukturanlagen.
- Einführung in die Leitung von virtuellen Unternehmen (Abwicklung von globalen Mehrzweckprojekten).
- Grundzüge überregionaler Politik (Unionspolitik) und Lobbying.

Besonders beliebt bei den Kernfächern sind neben der Nutzung von erneuerbaren Energien auch die Konstruktionen mit neuen Materialien, insbesondere die Bauten im All und auf Nachbarplaneten.

Am meisten Sorge bereitet den Studenten die Prüfung der Vertiefungsvorlesung «Grundzüge überregionaler Politik (Unionspolitik) und Lobbying», welche neu in das Vorlesungsangebot aufgenommen wurde. Glücklicherweise kann die Vorbereitung auf einer hervorragenden audiovisuellen Vorlesungs-CD basieren.



Bild 1. Querschnitt Swissmetro.

Schleiss A. (1999).
Wasserkraft im nächsten
Jahrtausend. Eindrücke eine
Studentenexkursion im Jahre
2038.

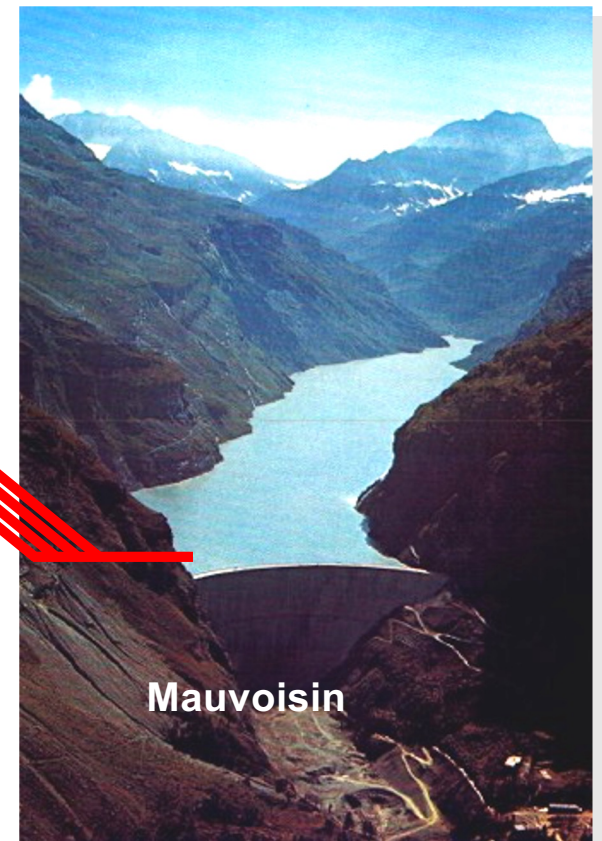
« wasser, energie, luft »
91(1/2):5-9

Wasserkraft im Jahr 2100

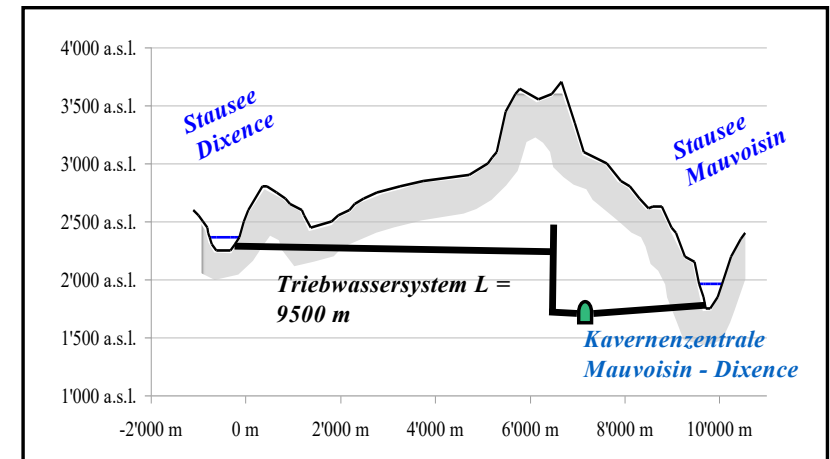
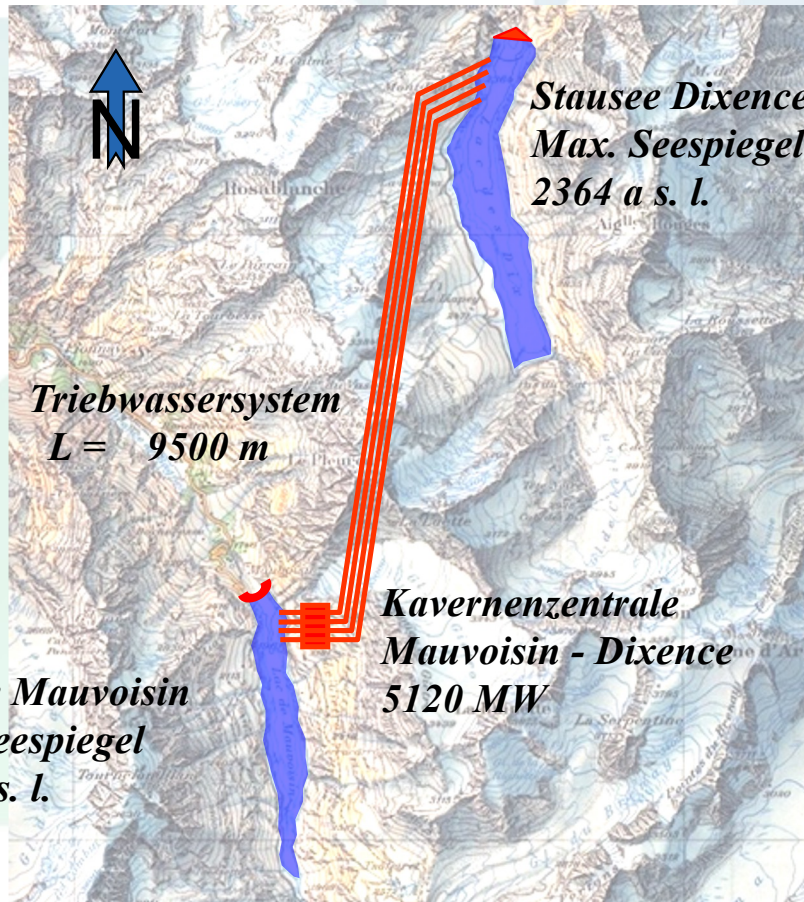
Ein futuristischer Ausblick

**Verbindung der
grössten Speicher in
der Schweiz durch
ein grosses
Pumpspeicherwerk**

- **Bruttofallhöhe:** 300 - 550 m
- **Ausbauwassermenge:** 1600 m³/s
- **Installierte Leistung:** 5120 MW
- **Tägliche Turbinierzeit:** 2-4 Stunden (Volllast)



Wasserkraft im Jahr 2100 Ein futuristischer Ausblick



Triebwassersystem Länge 9500 m

4 Druckstollen und vertikale Druckschächte sowie
Wasserschlässer

Elektromechanische Ausrüstung

4 Pumpturbinen mit variabler Drehzahl
Generatorleistung 4 x 1280 MW

Kavernenzentrale

Länge 240 m, Spannweite 30 m
Schieber und Transformatorenkaverne

Wasserkraft im Jahr 2100 Ein futuristischer Ausblick

Energiepolitische Randbedingungen

- **Frequenzstabilisierung und Bereitstellung von Spitzenenergie**
Zusammenschluss des europäischen mit dem afrikanischen Stromnetz über Gibraltar, Produktion von Wasserstoff
- **Veredelung von zeitlich ungünstig anfallendem Strom aus Sonne, Wind und Wellen**
- **Notreserve**
Neue Fusionskraftwerke, Hochdruckschmelzanlagen zur Eliminierung von nuklearen Abfällen

Kernfusion gegen Klimawandel: Ingenieure glauben an Durchbruch

In der Provence, wo ein riesiger Versuchsreaktor entsteht, sollen bald gewaltige Energien freigesetzt werden.

Stefan Brändle, Cadarache

Die Provence-Luft flüstert in der provencalischen Hitze, und den Bauarbeitern staut der Schweiß schon am Morgen aus dem Helm. 2000 Beschäftigte bauen dort eines der größten zivilen Projekte überhaupt, den »Internationalen thermonuklearen Versuchsreaktor«, kurz ITER. Die Assistenten sind nahezu phantasmisch: Das bereits verlegte Erdseil hat das Volumen der Champs-Élysées. Im zentralen, 60 Meter hohen Hangar entsteht der Reaktor, das Herz des Bauwerks. Seine Mission: Herbeizuführen, ob die Kernfusion im grossen Stil machbar ist. Man könnte auch sagen, obwohl es die Atomphysiker in Cadarache nicht so »politisch« formulieren würden: Der ITER soll helfen, das Klimaproblem mitzulösen. Denn auch Bauarbeiter weniger schreien.

Temperaturen von bis zu 150 Millionen Grad
Die technische Idee hinter dem Versuch: Der ITER nutzt eine verschmelzende Wasserstoffisotope Deuterium und Tritium an Helium, wie Plasmaexperimente zeigen. Für diese energiereicheren Fusion benötigt man im ITER Temperaturen von bis zu 150 Millionen Grad – fast einhundertmal so hoch wie die Sonne.

Das soll keine einfache Materie sein. Aber stünde die ITER-Physiker die Reaktion in einem kreisförmigen Vakuumraum von nur 20 Metern Durchmesser an. Dieser muss eine Abstrahlung für »ausstrahlende Kammer in Magnetfeld« (in ungenau von Magneten, die jede Ausbreitung des Plasmas verhindern und es in einem kalten Gefäß fangen. Die drei wichtigsten Kräfte überwinden 500 Megawatt zu produzieren – die Energie eines kleinen Atomkraftwerks.



Für die Konstruktion wird ein besonderer Vakuumraum gebaut, der die kältesten Punkte mit bis zu minus 269 Grad Celsius erreichen kann.

Die Fabrik durch die riesige schwebende Bauteile erstellt sie die Geschichte des ITER. 1991 hat die Internationalen Thermonuklearen Versuchsreaktor (ITER) in Cadarache begonnen. Die ersten Bauteile sind im Jahr 2007 an Ort und Stelle. Die ersten Bauteile sind im Jahr 2007 an Ort und Stelle. Die ersten Bauteile sind im Jahr 2007 an Ort und Stelle.

algerien. Seine Bestandsliste kommt aus dem Mittelmeerraum – von Japan über Indien bis in die USA. Der oberste ITER-Ingenieur ist demnach überzeugt, dass die Bauarbeiten 2024 beendet sein werden. Dafür wird die Finanzierung gesichert. Bis 2015 soll das ITER-Experiment wichtige Resultate bringen. Falls es positiv ausfällt, könnte die Kernfusion ab 2050 im kommerziellen Umfang die kohlendioxidfreie Energie liefern.

Jeff Bezos und Bill Gates sind interessiert
Schon jetzt interessieren sich immer mehr Privatinvestoren wie Jeff Bezos, Bill Gates oder George Soros für die Kernschmelze. Bezos hat sich darüber »Halbstaatliche Institution wie das MIT in Massachusetts, das deutsche Max-Planck-Institut bringen die Forschung aber nicht als Privatperson. Wir sind keine Konkurrenten, wir stehen alle auf demselben Feld.« Zu verstehen sei höchstens eine bessere wissenschaftliche und politische Kommunikation. Dazu müsste aber auch der ITER stärker beitragen. Er folgt seit 2006 dem gleichen Modell, und wenn ein milliardenschwerer Partnerschaften ausbauen können, werden sie auch politische Unterstützung bringen.

Und auch jeder politische »Kernfusion?« Der ITER ist von den westlichen Nationen gegen Russland an sich nicht interessiert. »Er handelt auf einem völkerrechtlichen Vertrag, dem eine nicht so leicht auflösen kann«, sagt Bezos. Die Russen haben die nächsten Minuten des nächsten Magazins des Tokamak-Experiments. Es ist ein ITER, wo 80 Kerne arbeiten.

Die einzige Alternative ist Gas und CO₂
Aber der Bauzeitplan für die erste Phase im nächsten Jahrzehnt ist ein Problem für die Bauarbeiten. »Wir sind auf eine erhebliche Fortschritte in der Entwicklung von CO₂ und Gas.« Der französische Ingenieur ist ein Experte für die

Wasserkraft im Jahr 2100 Ein futuristischer Ausblick

Technologische Innovationen nach 2050?

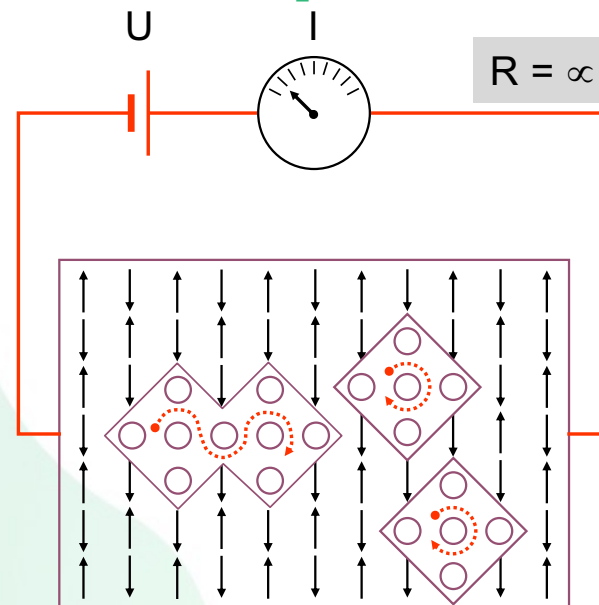
- **Laufträder der Pumpturbinen aus einer synthetischen Hochdruckkristalllegierung**
- **Verwendung von Supraleitungsgeneratoren und-transformatoren**
- **Hochspannungsübertragungsleitungen in Mehrzweckstollen mit Supraleitung**
- **Reibungsfreie Lagerung der Maschinengruppen durch Verwendung von Permanentmagneten als Achsen und Auflager**
- **Ausbruch der Stollen und Kavernen mit Hilfe der Lasertechnologie**

Wasserkraft im Jahr 2100 Ein futuristischer Ausblick

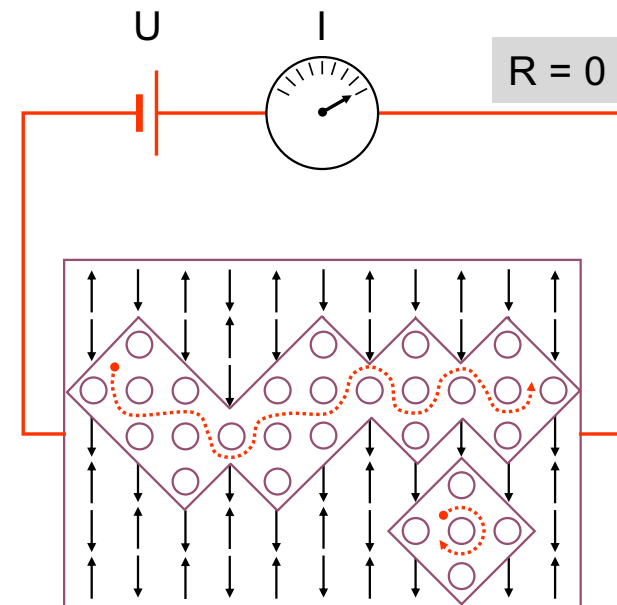
Technologische Innovationen nach 2050: Hochtemperatur - Supraleitung

Schema einer Kupferoxid- Ebene

Alex Müller,
Nobelpreis in Physik,
1987



Unterkritisch dotierte
Kupferoxidverbindung



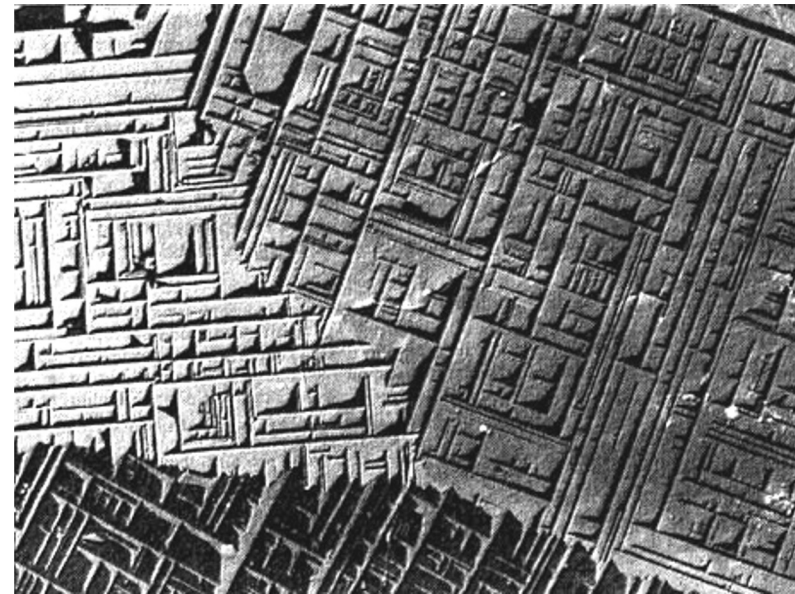
Überkritisch dotierte
Kupferoxidverbindung

Wasserkraft im Jahr 2100 Ein futuristischer Ausblick

Technologische Innovationen nach 2050: Hochtemperatur - Supraleitung

Schema einer
Kupferoxid-
Ebene

Kristalloberfläche
unter dem
Mikroskop

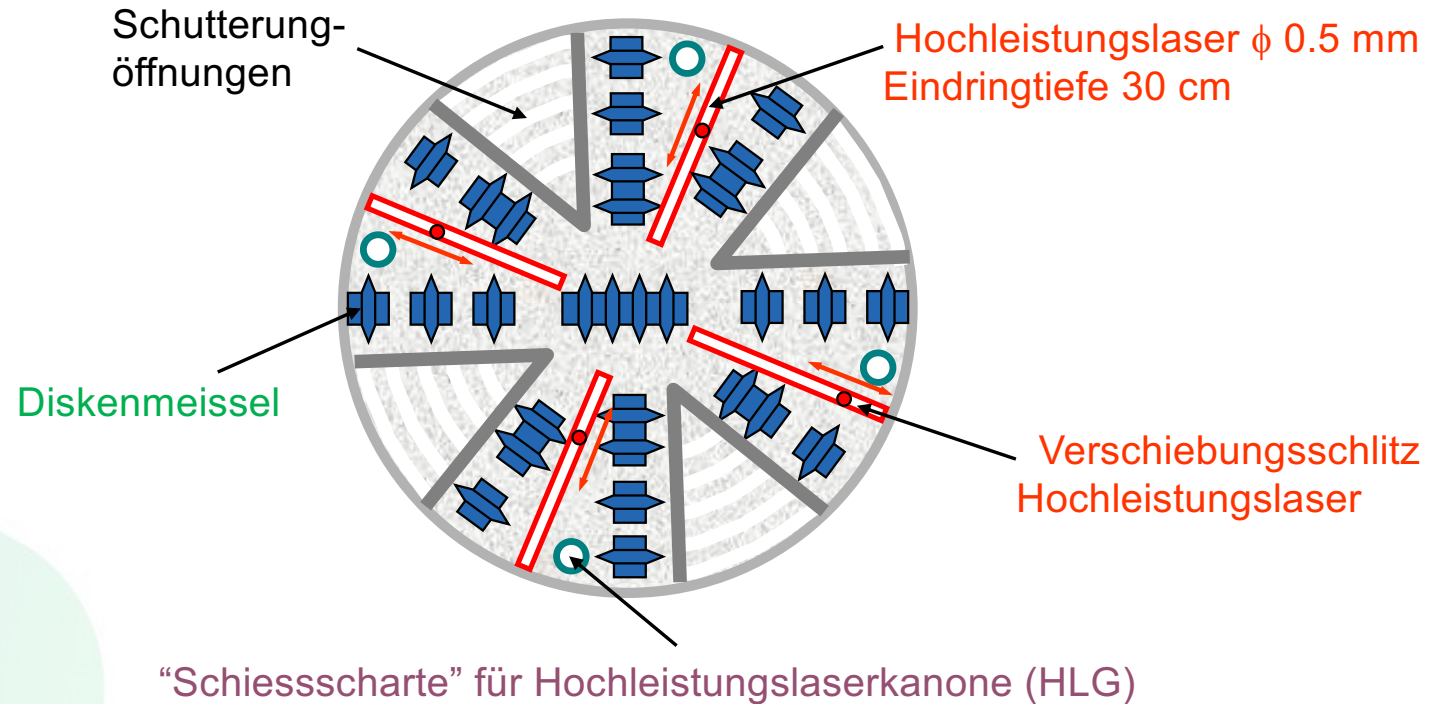


Alex Müller, Nobelpreis, in Physik, 1987

**Technologische
Innovationen
nach 2050:
Laserschmelz-
vortriebsmaschine
(LSVM)**

**Wasserkraft im Jahr 2100
Ein futuristischer Ausblick**

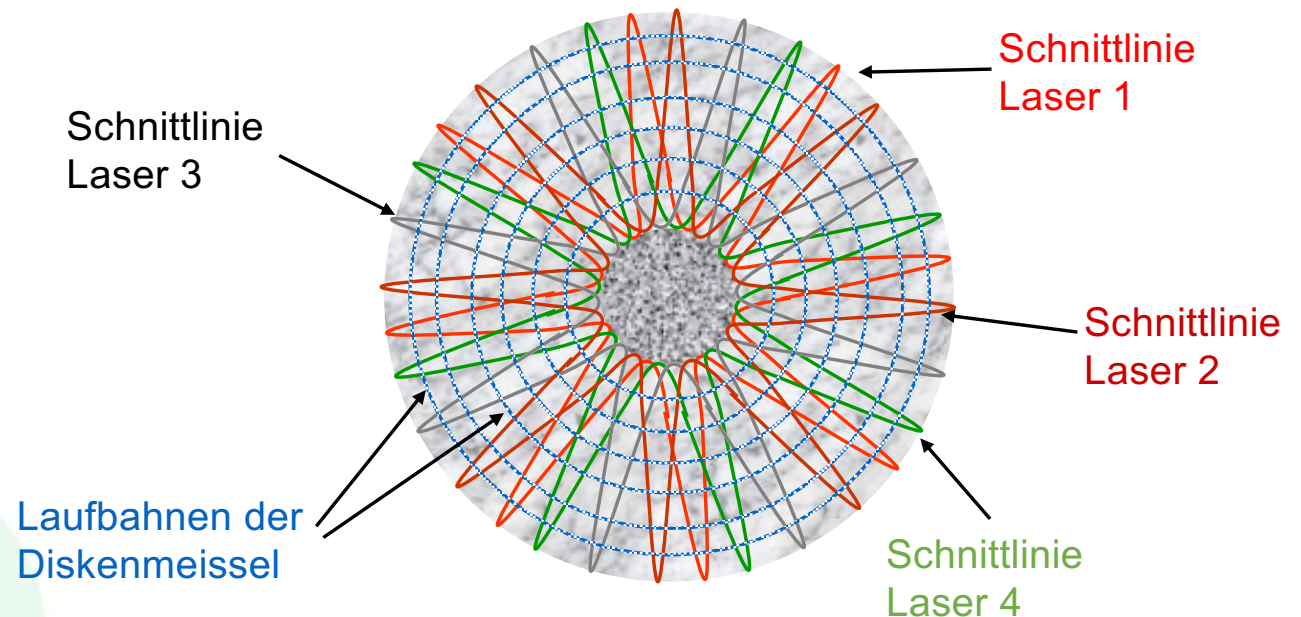
Laserschnittbohrkopf



Technologische Innovationen nach 2050: Laserschmelz- vortriebsmaschine (LSVM)

Wasserkraft im Jahr 2100 Ein futuristischer Ausblick

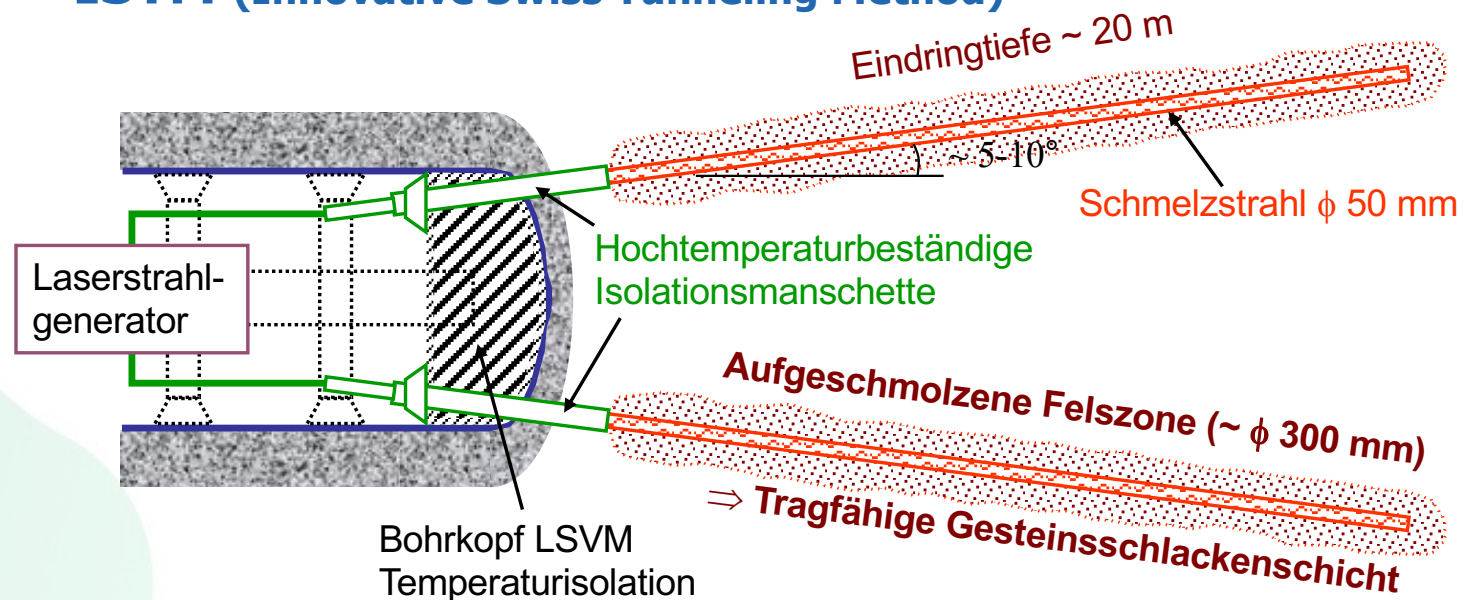
Vorschneideraster



Technologische Innovationen nach 2050: Laserschmelz- vortriebs- maschine (LSVM)

Wasserkraft im Jahr 2100 Ein futuristischer Ausblick

Verbesserung der Felsqualität mit
Lasertechnologie als Ausbruchsicherung durch
Verschmelzung schlechter Felszonen gemäss
ISTM (Innovative Swiss Tunneling Method)



Technologische Innovationen nach 2050: Laserschmelz- vortriebsmaschine (LSVM)

Wärmerückgewinnung
im Tunnel mit
Luftwärmepumpe um
Temperatur auf 20 °C
zu begrenzen

Wasserkraft im Jahr 2100 Ein futuristischer Ausblick

Verbesserung der Felsqualität mit
Lasertechnologie als Ausbruchsicherung
gemäss ISTM (Innovative Swiss Tunneling Method)

Haupteigenschaften

- ⇒ Hochleistungslaserkanone (HLK), Schmelzstrahl ϕ 50 mm, Temperatur **1500 - 2000°C** (Quarz - Schiefer)
- ⇒ Energiebedarf, proportional zur Schmelzeindringtiefe
Schmelzeindringtiefe: 20 m → approx. **45 kWh** (pro Schmelzstrahl)
- ⇒ Leistungsbedarf, proportional zur Schmelzzeit
Schmelzzeit: 10 s → approx. **15 MW** (pro Schmelzstrahl)
- ⇒ Zeitbedarf, Stollendurchmesser 11 m, approx. 150 Felssäulen für eine Tragschicht als Ausbruchsicherung: ca. **3 Stunden für den Aufbau einer geschlossenen einfachen Tragschicht**

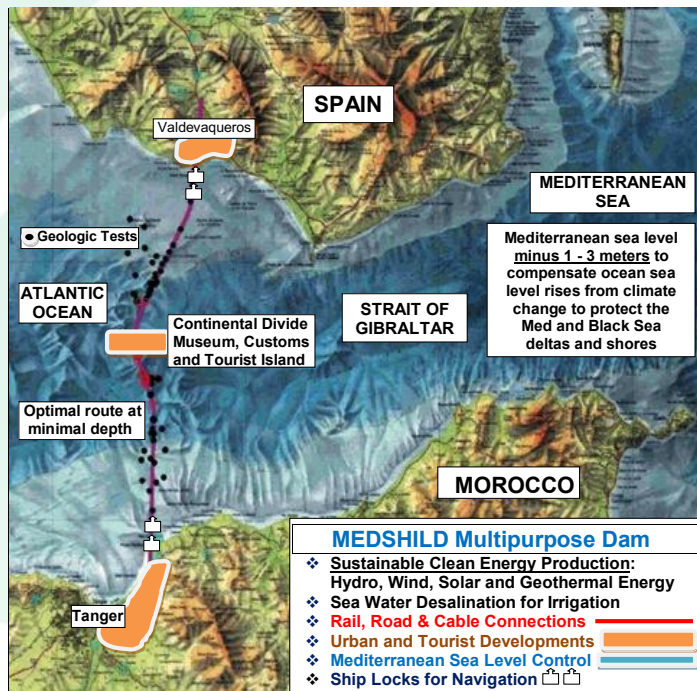
Wasserkraft im Jahr 2100 Ein futuristischer Ausblick

Technologische Innovationen nach 2050 werden die Bedeutung der Wasserkraft erhöhen:


- **Stromtransport mit unterirdisch verlegten Supraleitungskabel in Mehrzweckkabelstollen**
- **Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke gewinnen an Bedeutung in Verbund mit Fusionskraftwerken (Reservehaltung und Anfahren der Fusionsprozesse) und zur Unterstützung der Wasserstoffproduktion**
- **Revolutionäre Technologien im Untertagebau senken Risiko, Bauzeit und Baukosten**
- **Neue Materialien geben neuen Entwicklungsschub bei der elektromechanischen Ausrüstung von Wasserkraftanlagen (verschleissfeste Turbinenräder und Supraleitungsgeneratoren und -transformatoren)**

Wasserkraft im Jahr 2100 Ein futuristischer Ausblick

Das grösste Mehrzweckwasserkraftwerk in Europe zwischen 2070 und 2090: >25'000 MW Wasser & Gezeiten + > 10'000 MW Wind




**MILLENNIUM ENERGY PROJECT
MEDSHILD & REDSHILD**



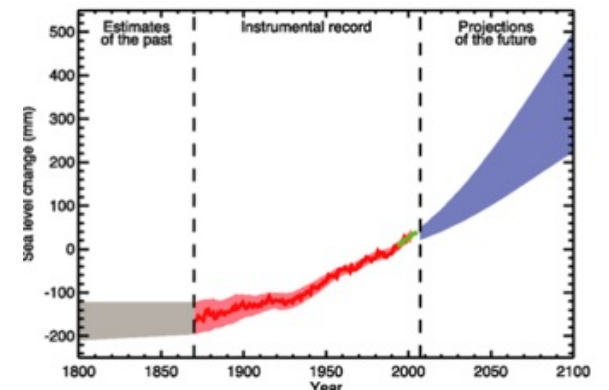
inviting all UN Members
bordering
Mediterranean, Black and Red Sea
to protect the sea shores from the globally rising ocean levels
by joining

Regional MEDSHILD Commission RMC
Regional REDSHILD Commission RRC
and
MEDSHILD & REDSHILD FOUNDATION GENEVA

c/o International Sustainable Energy Organisation
UN-ECOSOC accredited
ISEO, POB 200, CH-1211 Geneva 20
Tel: +41-22-910-3006
e-mail: info@medshild.com
<http://www.medshild.org>
Fax: +41-22-910-3014



Anstieg Atlantik bis 2100:



Die **Wasserkraft** besitzt alle erforderlichen Eigenschaften um als **Katalysator** eine wichtige Rolle in der **sicheren Energiewende in Europa** und weltweit zu spielen.



ETIP HYDROPOWER
Förderung des Wasserkraftausbaus in
Europe



**Vielen Dank für
Ihre
Aufmerksamkeit**

**Broschüren erhältlich unter
<https://hydropower-europe.eu>**



Funded by
the European Union

www.hydropower-europe.eu