

Wasserkraft als Eckpfeiler der Energiezukunft

Gerald Zenz

Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft

Transformation des Energiesystems

Very Bad News

Genügend und günstig fossile Brennstoffe sind vorhanden

Eine endliche, wertvolle Ressource – zu wertvoll diese einfach zu verheizen

Klima zwingt fossile Energiequelle signifikant zu reduzieren;

Wir müssen auf wirtschaftlich zu nutzende, erneuerbare Energie umstellen

Elektrifizierung ist dabei wesentlich – Hoher Wirkungsgrad

Speicherung ist eine Herausforderung

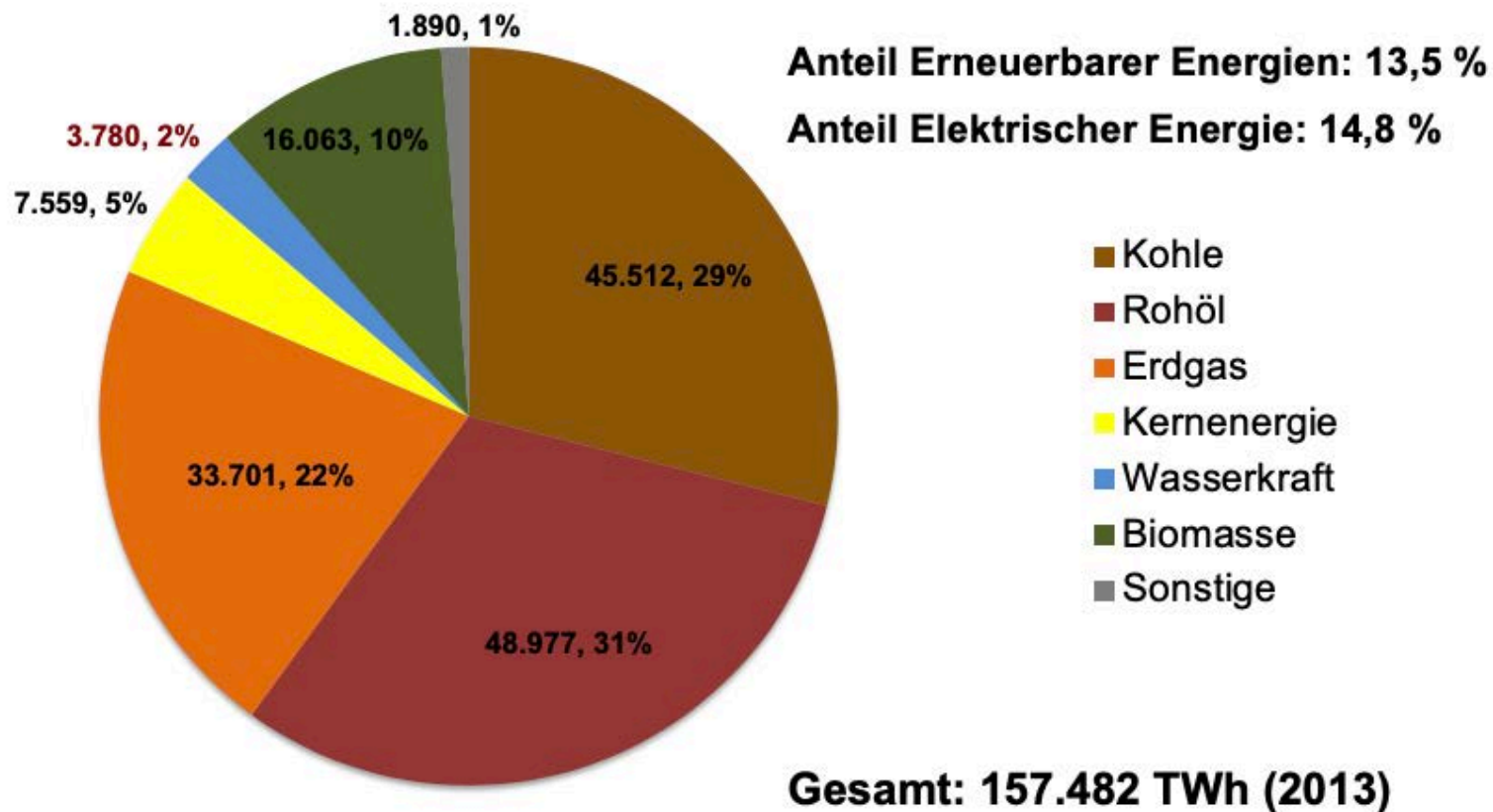
Wasserkraft leistet dafür wesentlichen Beitrag bei gleichzeitig hoher volkswirtschaftlicher Wertschöpfung

Wasserkraftanlagen erfüllen zusätzliche Aufgaben – Externalisierte Kosten

Bewässerung / Hochwasserschutz / Trinkwasser / Landschaftsbildend

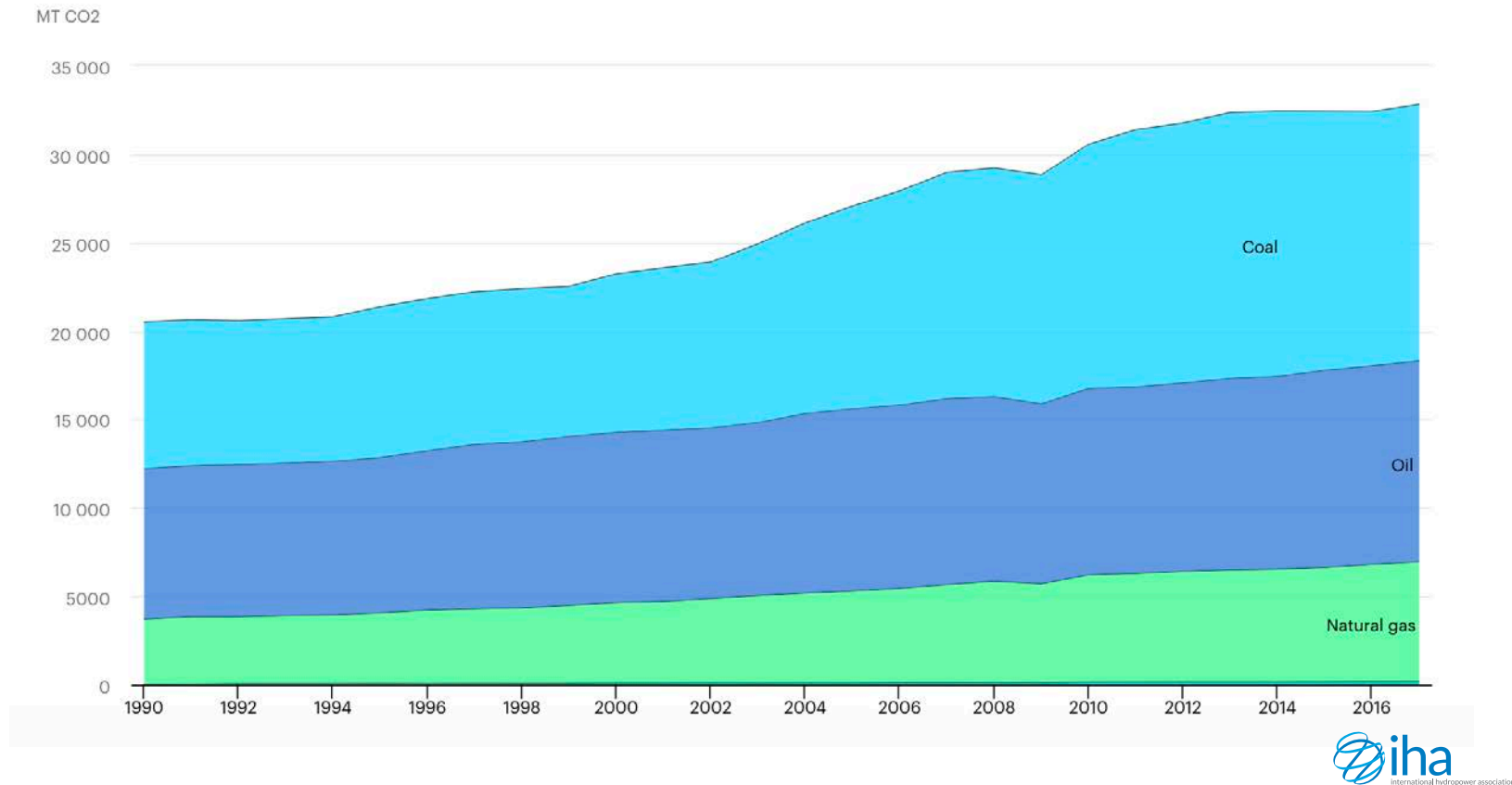
Wieviel Mensch verträgt die Natur ?

Primärenergieerzeugung Weltweit TWh



Eigene Darstellung; Quelle: IEA, Key World Energy Statistics 2015

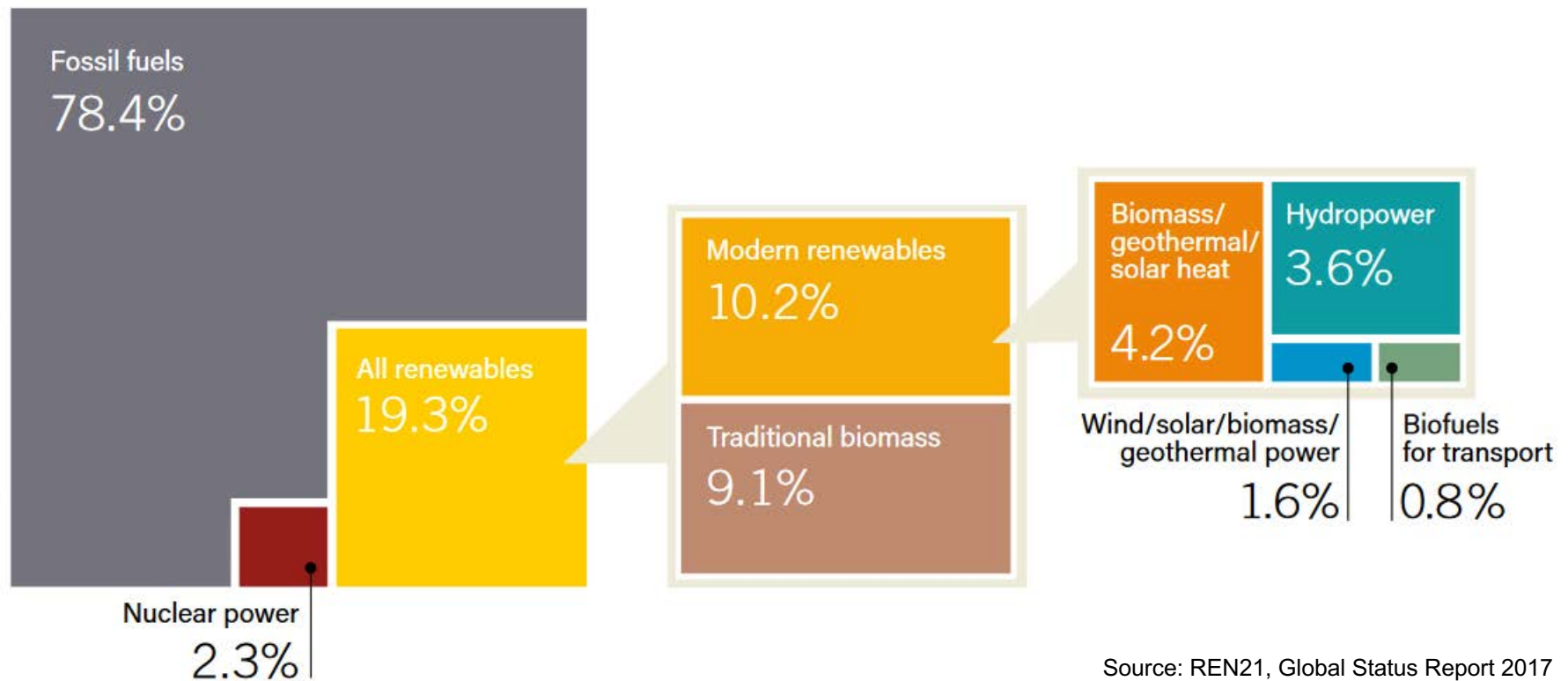
CO₂ – Emissionen nach Energiequelle



Bedeutet – bei 8Mrd Menschen – Pro Kopf – 4,4t CO₂ / Jahr

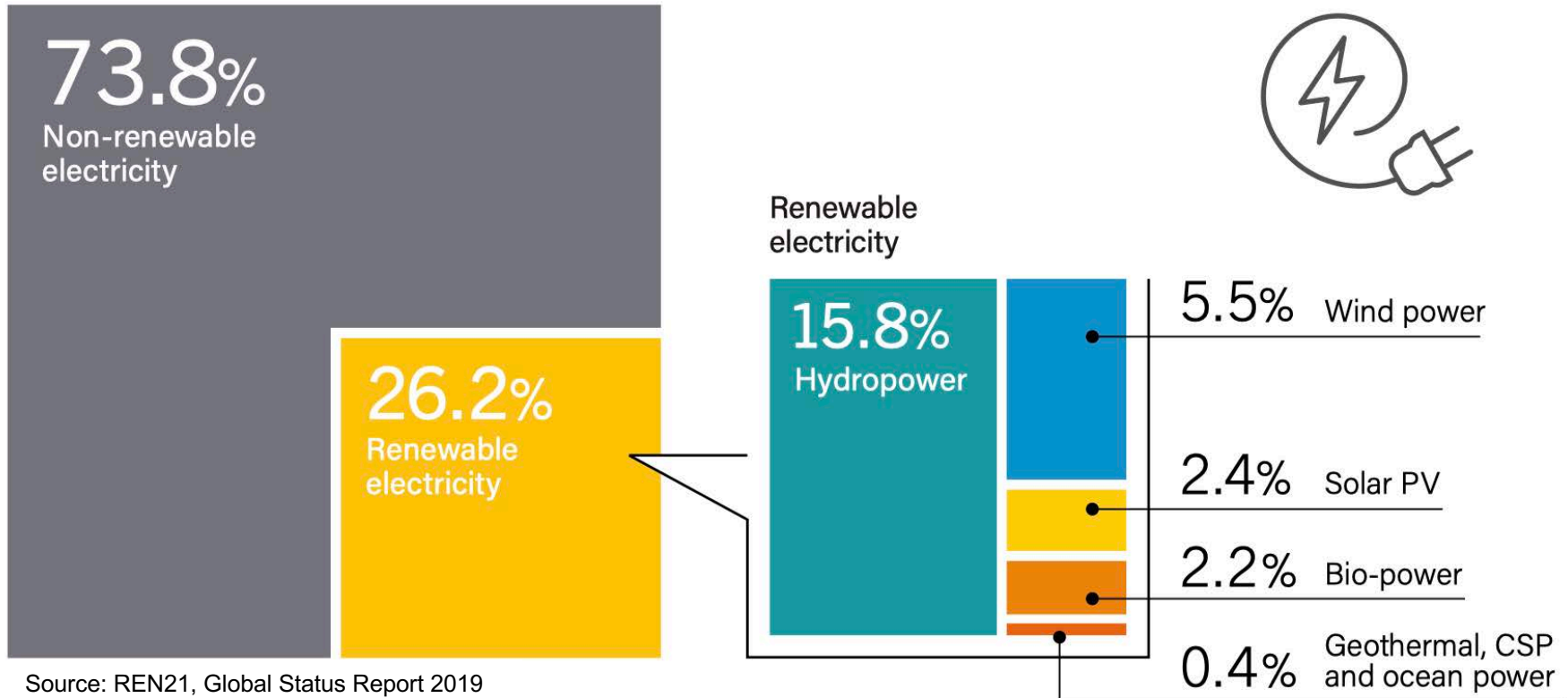
Strom aus Wasserkraft in Österreich – trägt zur Verbesserung der Klimaziele
je Einwohner zu einer Reduktion von etwa 4t CO₂ bei

Globaler Energieverbrauch – Anteil REN



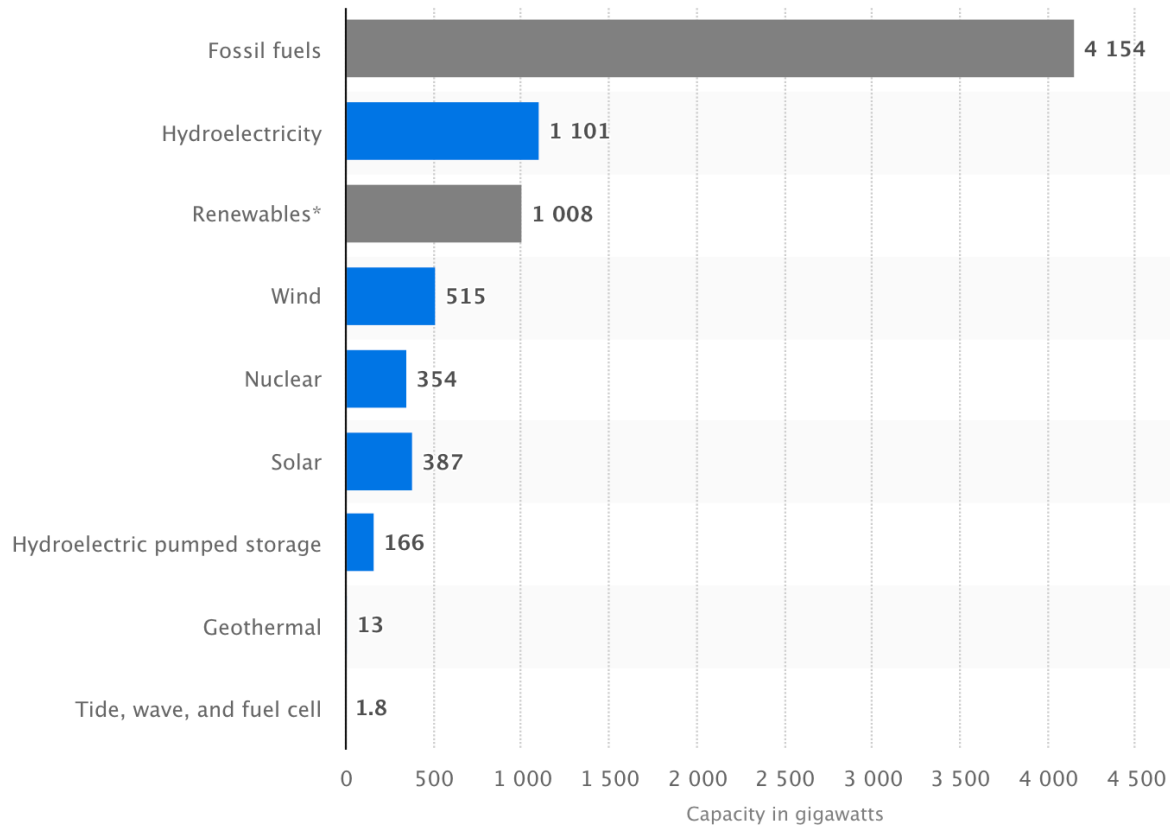
Gesamtenergie – 80% Fossile Brennstoffe – 20% Erneuerbar Energiequelle

Stromproduktion - Erneuerbare Energiebereitstellung



74% Nicht Erneuerbar - 26% Erneuerbare Quelle

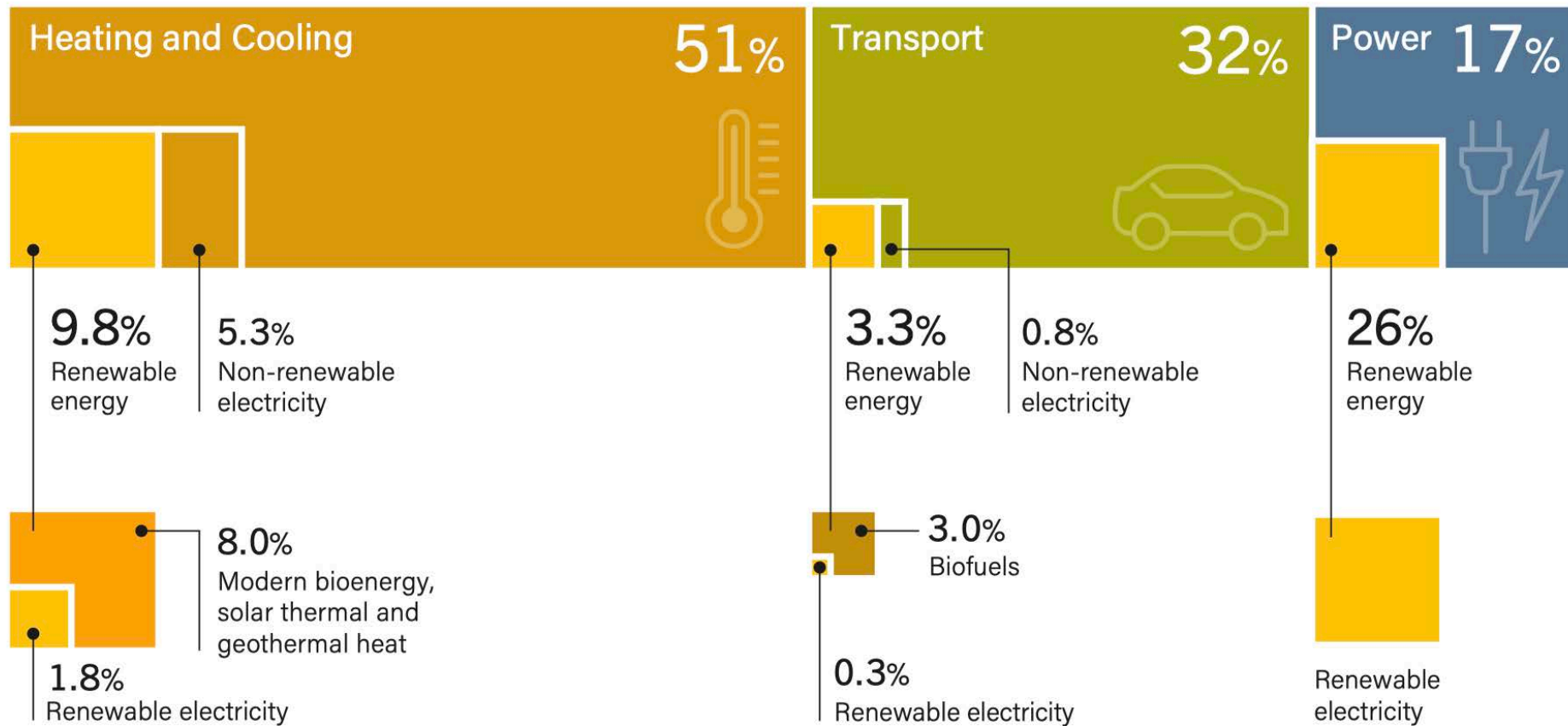
Weltweit Installierte Kraftwerksleistung – [GW]



Quelle: Statista 2020

<https://www.statista.com/statistics/267358/world-installed-power-capacity/>

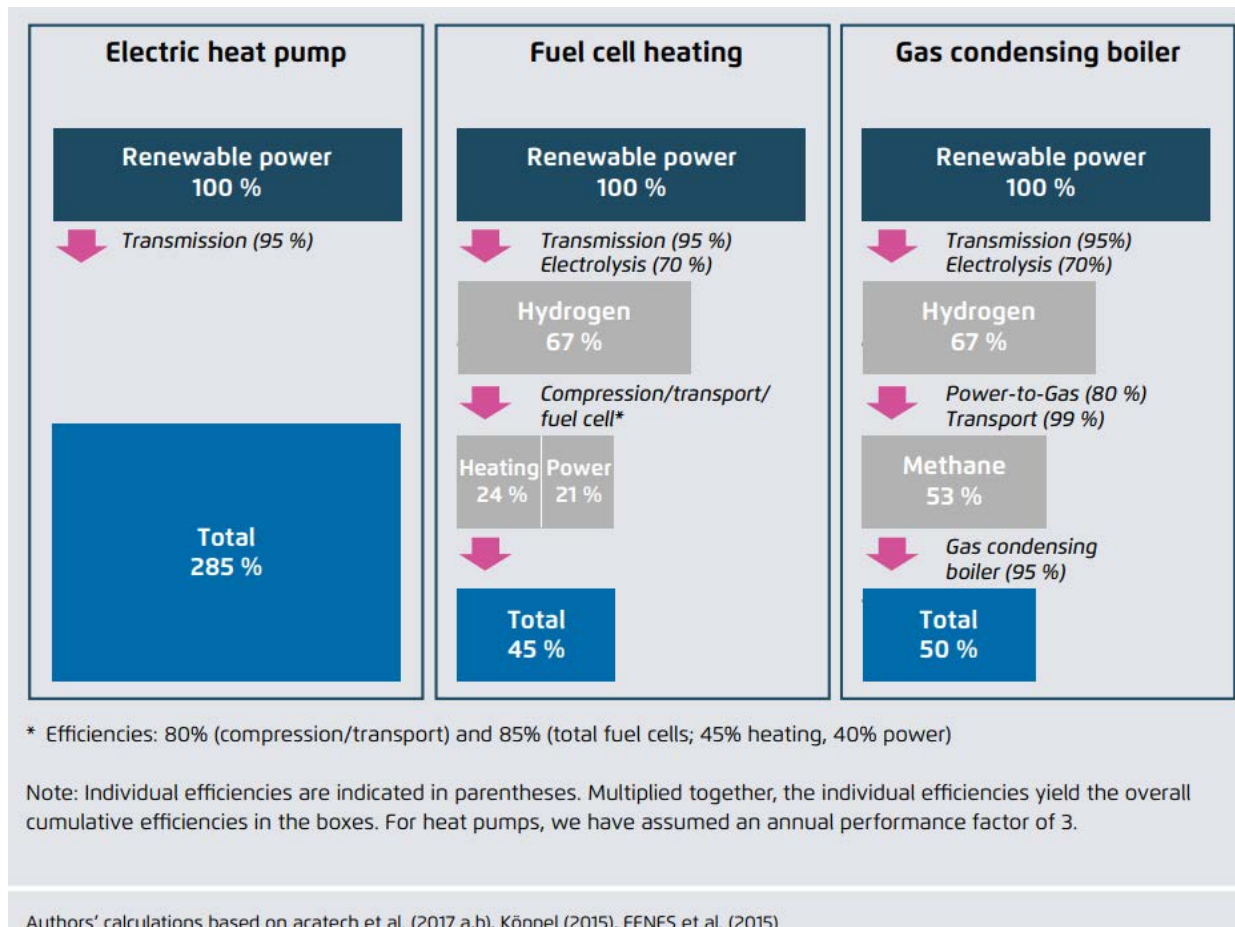
Anteil der Erneuerbaren Energieträger nach Bereich



Source: REN21, Global Status Report 2019

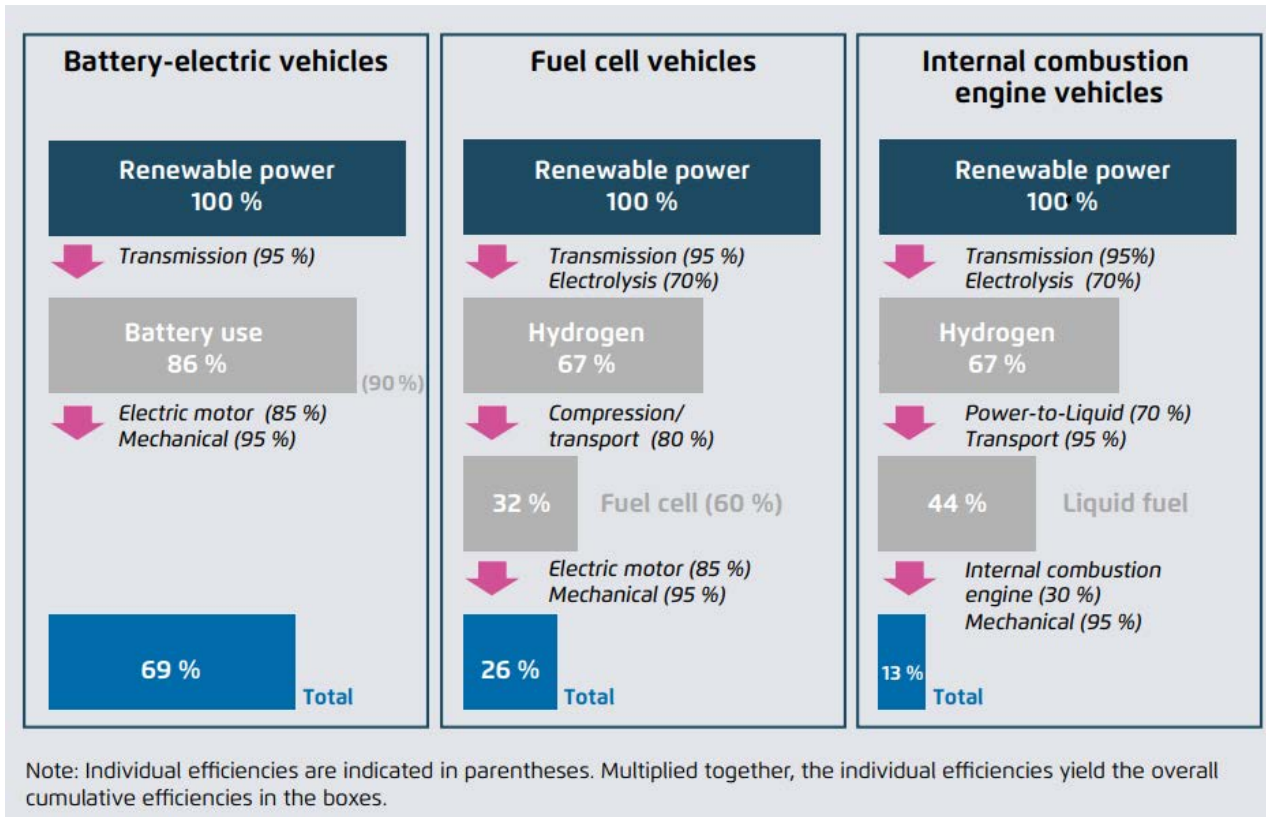
50% Wärme – Kühlung // 30% Verkehr // 20% Elektrizität

Elektrische Energie – Wirkungsgrad - Wärme



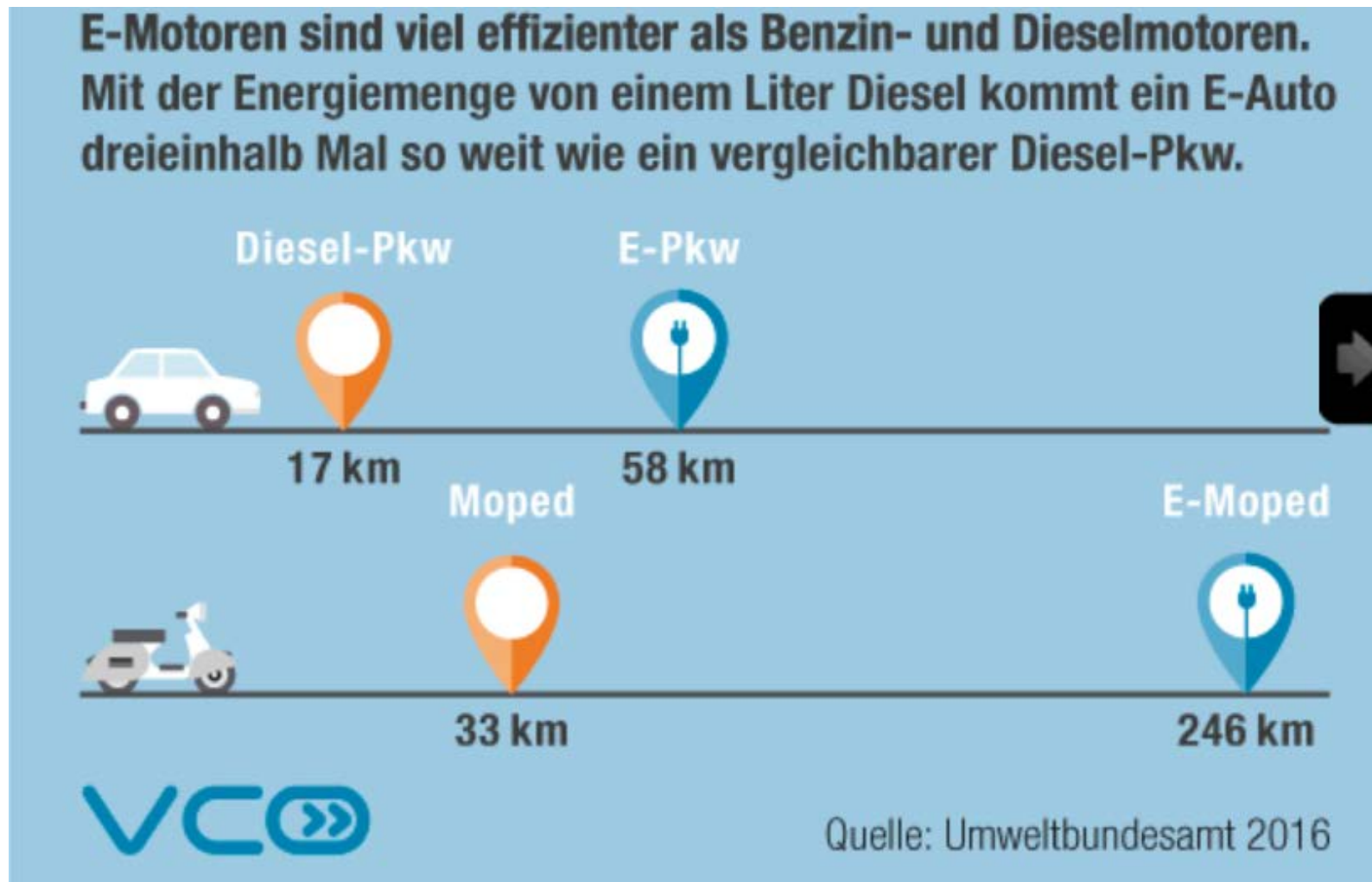
Agora Energiewende - Frontier Economics (2018): The Future Cost of Electricity-Based Synthetic Fuels - www.agora-verkehrswende.de

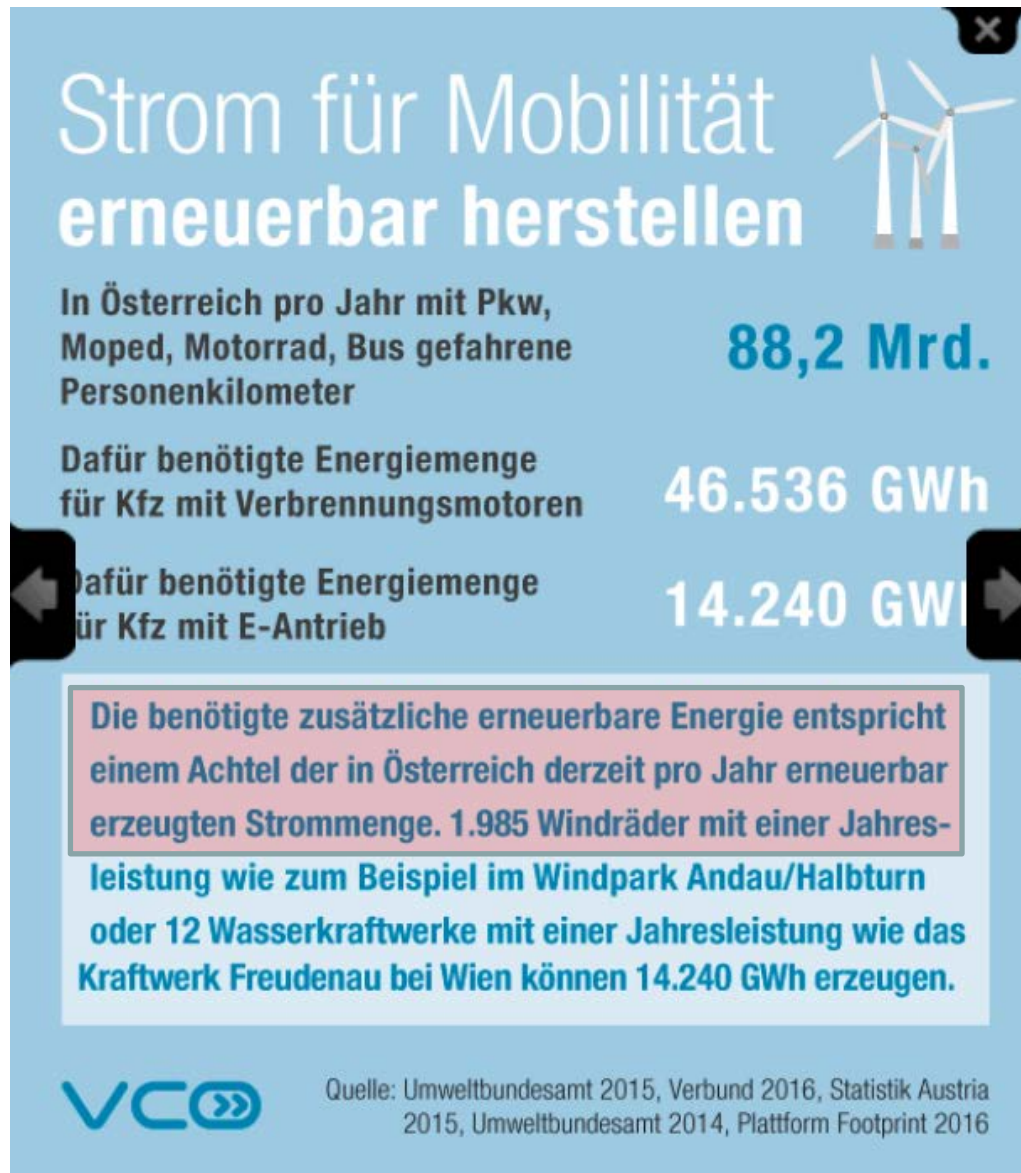
Elektrische Energie – Wirkungsgrad - Transport



Agora Energiewende - Frontier Economics (2018): The Future Cost of Electricity-Based Synthetic Fuels - www.agora-verkehrswende.de

Transport - Hoher Wirkungsgrad des Elektroantriebs – Alles auf Schiene?





Theoretischer Bedarf an elektrischer Energie
Umstellung "aller fossil" betriebenen Individualkraftfahrzeuge

15TWh – Renewable

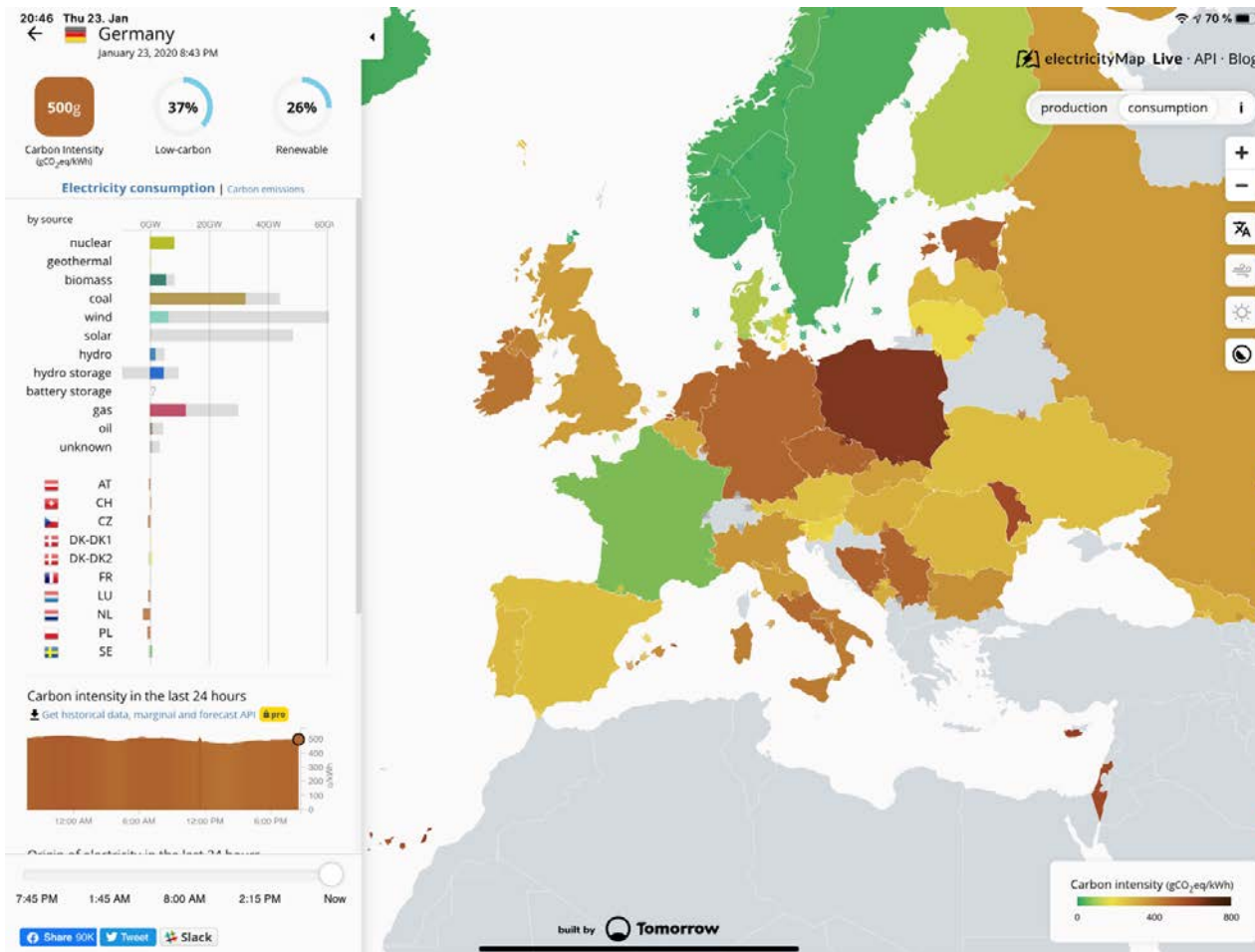
1/8 – Erneuerbar

Jeder nicht gefahrene km trägt zu 100% bei

Effizienter Öffentlicher Verkehr
JEDOCH – Tanktourismus

CO₂ Bepreisung

Electricity Map – Europe – CO₂ emissions [g/kWh]

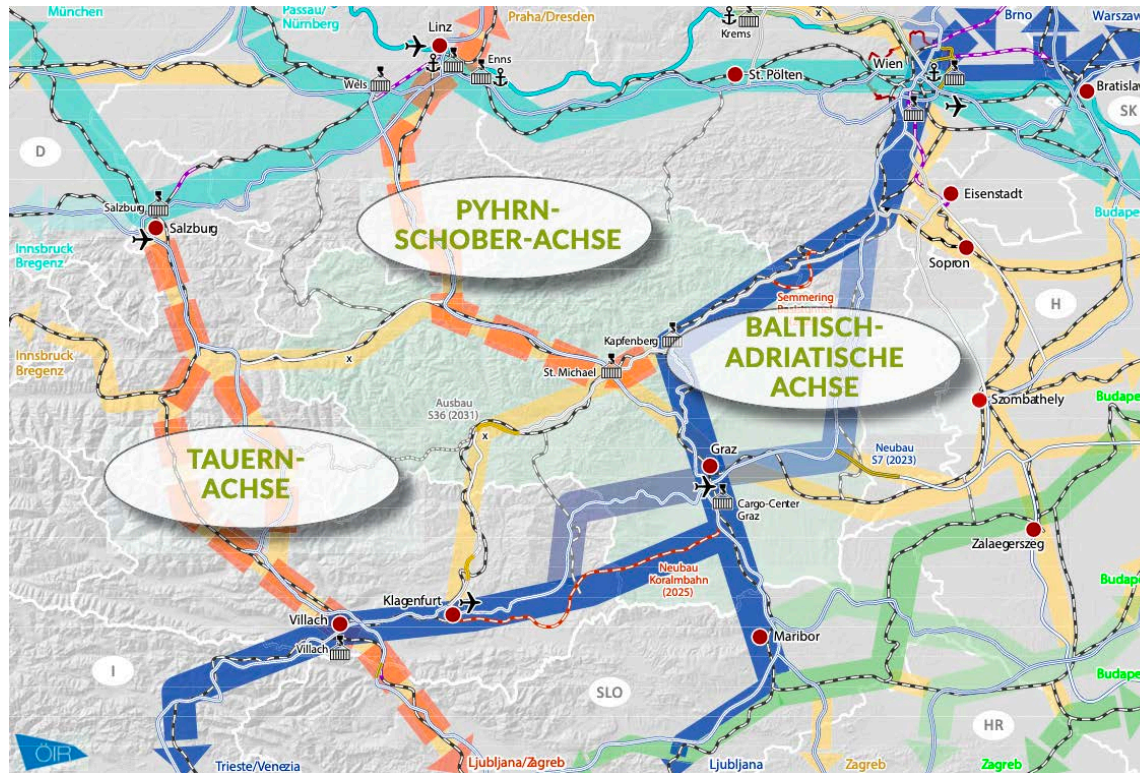


- Traffic
 - Car 0,15kWh /km
 - 500g CO₂ /kWh
 - 75g CO₂ /km
- Diesel car
 - 80g CO₂ /km

Berechnungs - Kunst

- Werbung - Hybrid
 - 1,6l – 6,2l / 100km

Transport - Verkehr – TransEuropäischeNetz – Transport – TEN-T



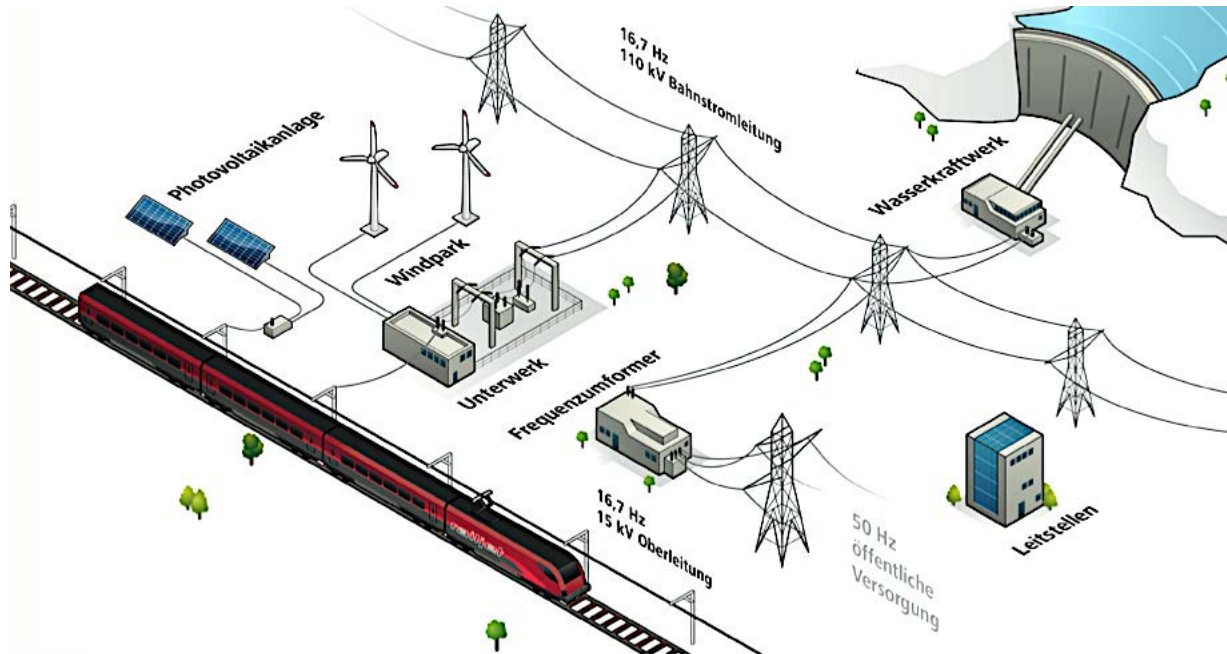
LKW – Verkehr
40% aller CO₂ Emissionen
 Mit Zunahme 2% / Jahr
 Verlagerung – Schiene
 Pyhrn-Schober-Achse
 Tauernachse

Zielnetz für die Steiermark
 Leoben – Kapfenberg
 Bruck an der Mur
 Graz –Spielfeld -Maribor

Eine Initiative von:



Bahnstromversorgung in Österreich



Bahnstrom in Österreich - 100% erneuerbaren Energieträgern

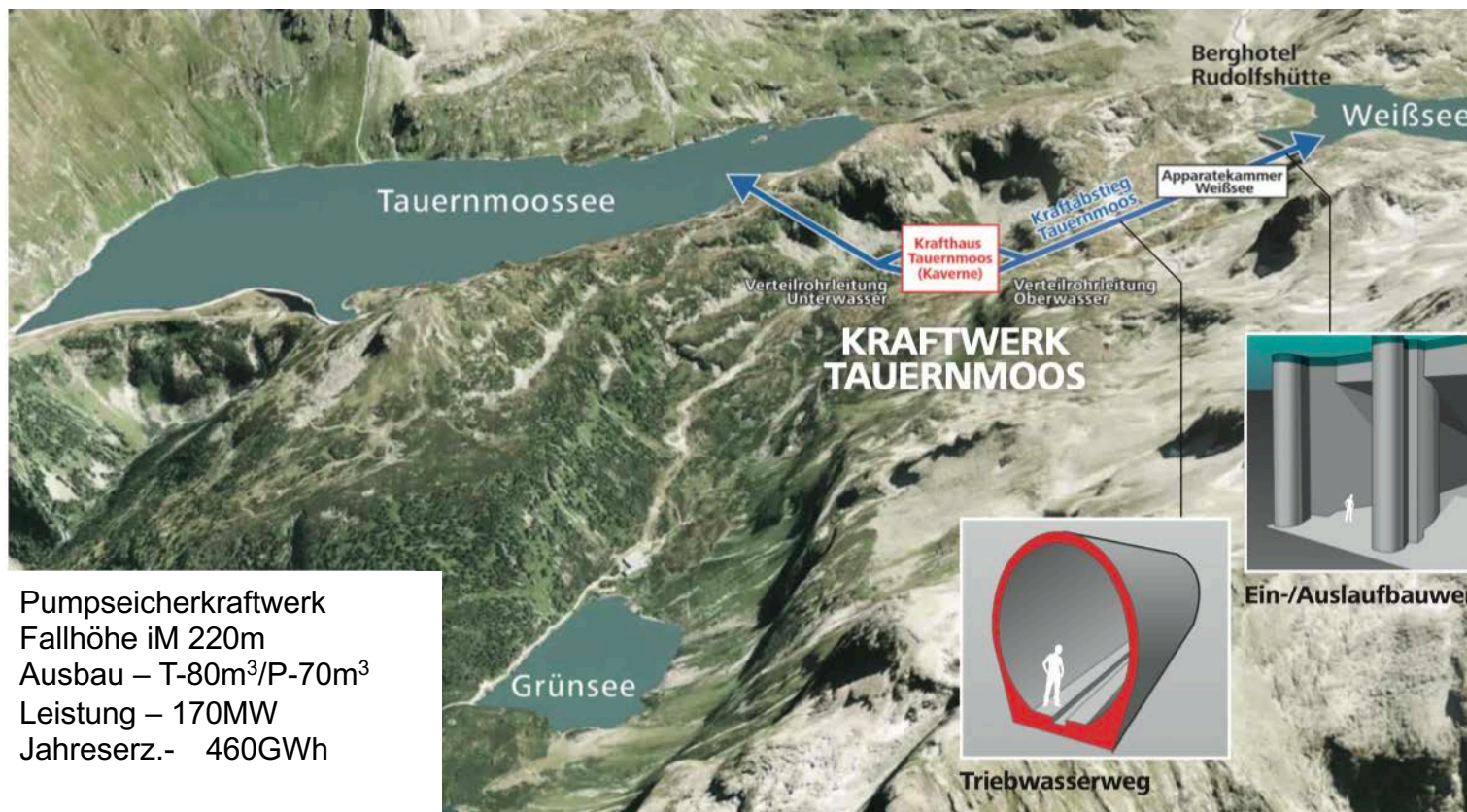
1,9 TWh – Jahresbedarf – (16.7Hz)

33% in ÖBB eigenen Wasserkraftwerken

25% in Partner-Wasserkraftwerken

Rest aus öffentlichem 50Hertz Stromnetz

Pumpspeicherkraftwerk Tauernmoos – Geplant in Betrieb 2026



Pumpseicherkraftwerk
Fallhöhe iM 220m
Ausbau – T-80m³/P-70m³
Leistung – 170MW
Jahreserz.- 460GWh

ÖBB
INFRA

Referenz: Kraftwerk Tauernmoos – Projektbroschüre 2019

<https://infrastruktur.oebb.at/en/projects-for-austria/traction-current/power-stations-frequency-converters/power-station-tauernmoos/projektbroschuere-tauernmoos.pdf> Abfrage:Feb.2020

Wasserkraft - Mehrzwecknutzung

- Wasserkraft
- Hochwasserschutz
- Bewässerung / Beschneigung
- Transport / Schifffahrt
- Erholung

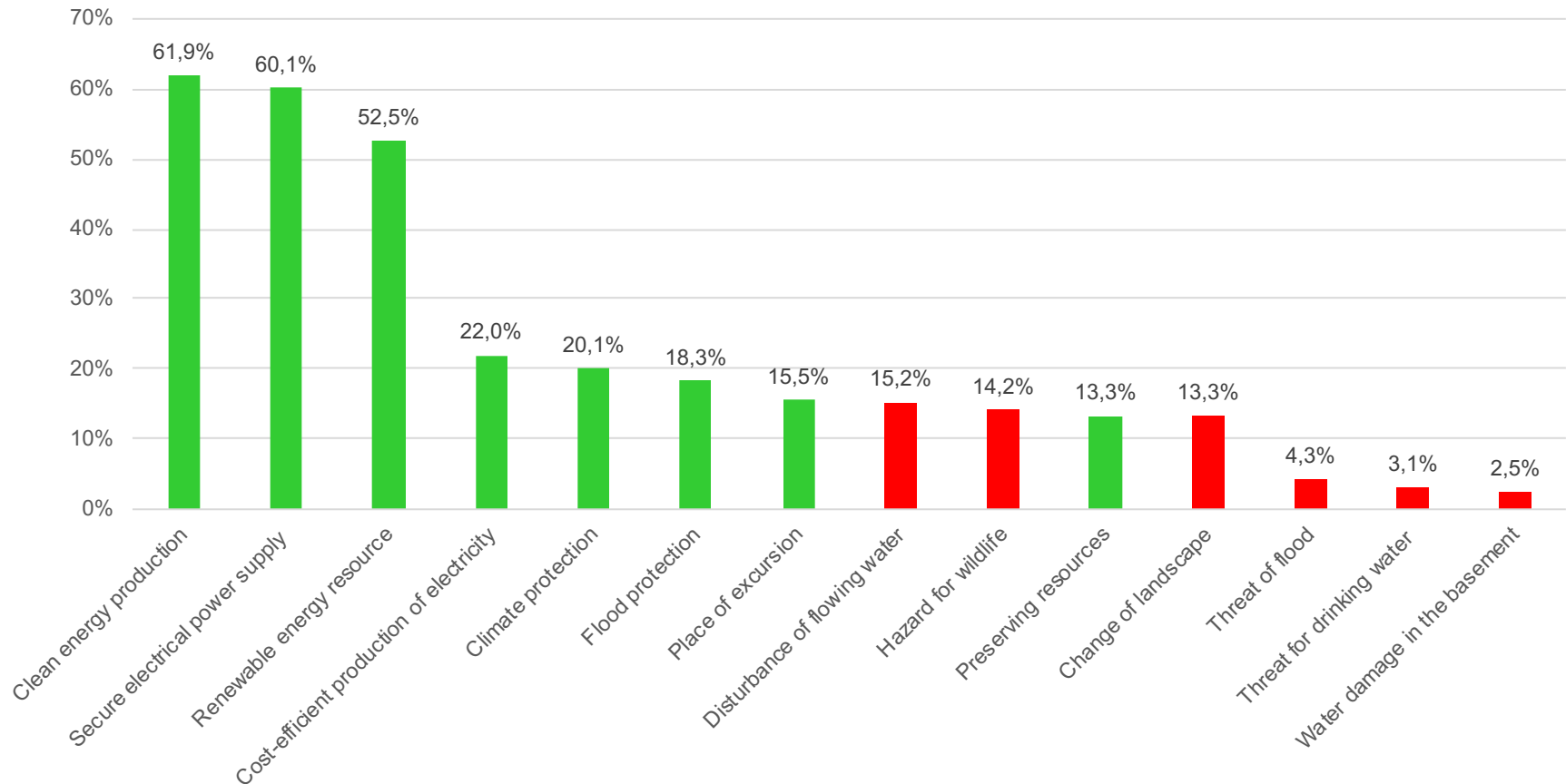


Wasserkraftanlagen – Verschiedene Interessen



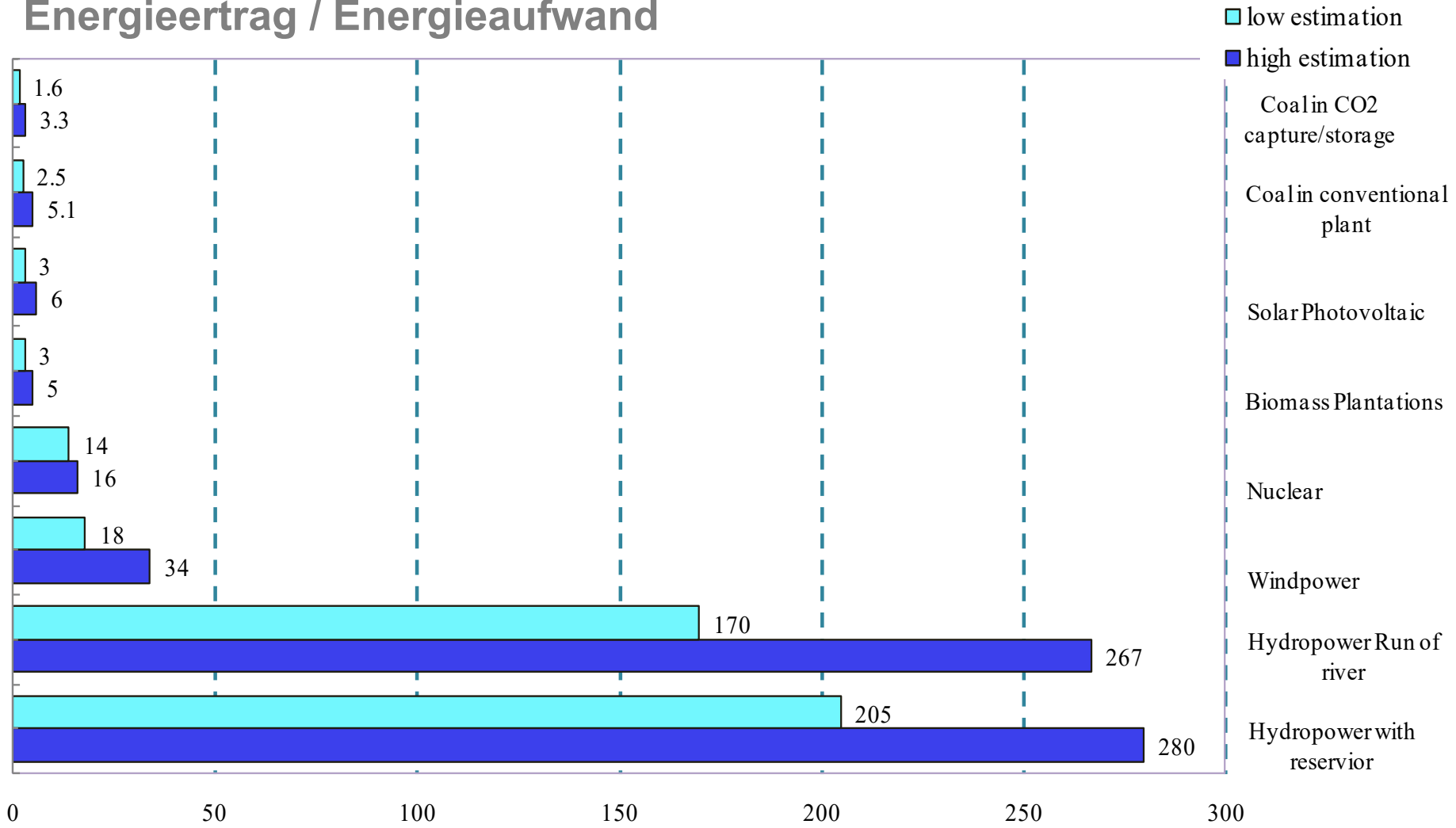
Akzeptanz – Wasserkraftnutzung – Verbesserungspotential

"Which of the following phrases are you connecting with the construction of a hydro power plant?" (choose max. three)



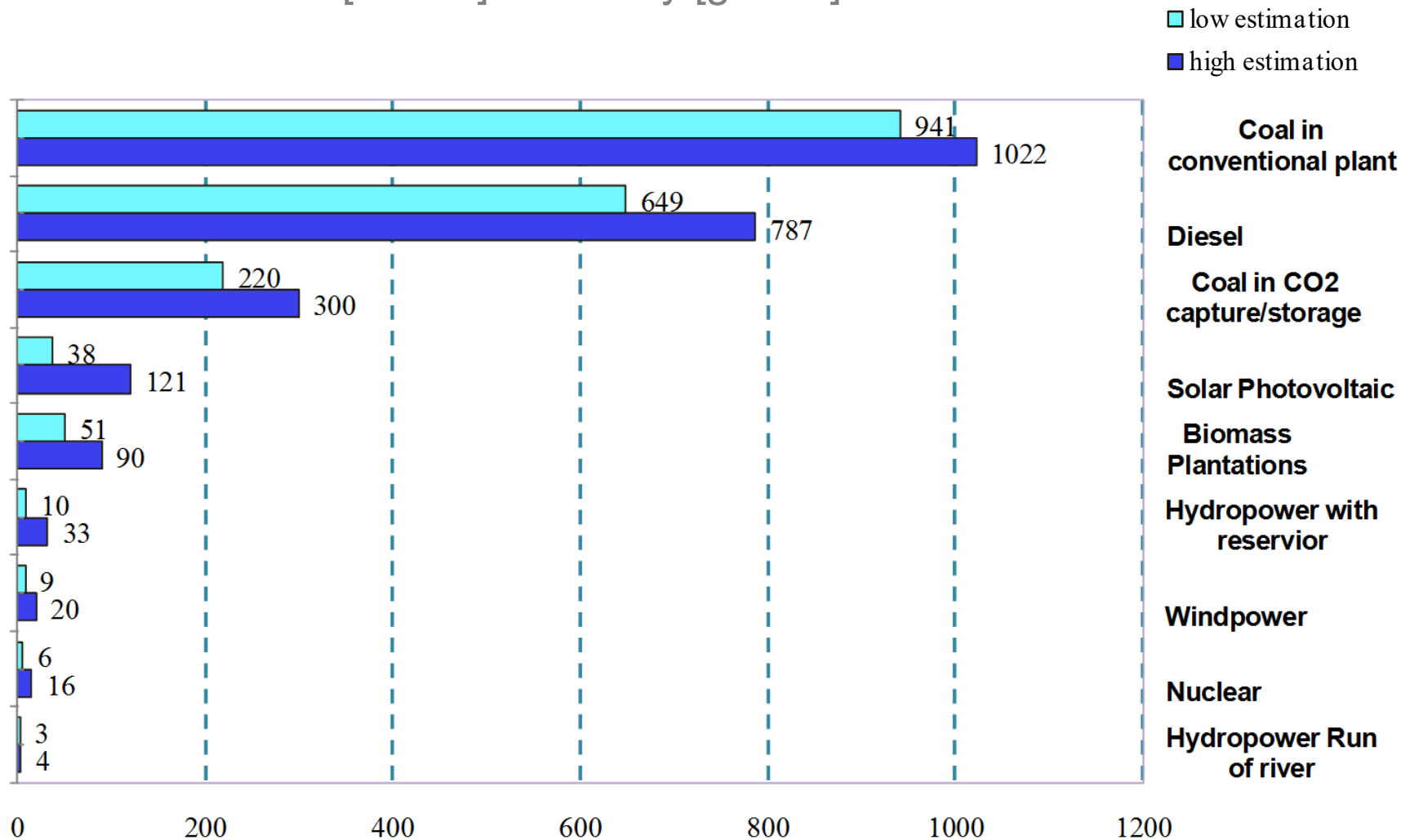
Nachhaltigkeit der Wasserkraft

Energieertrag / Energieaufwand



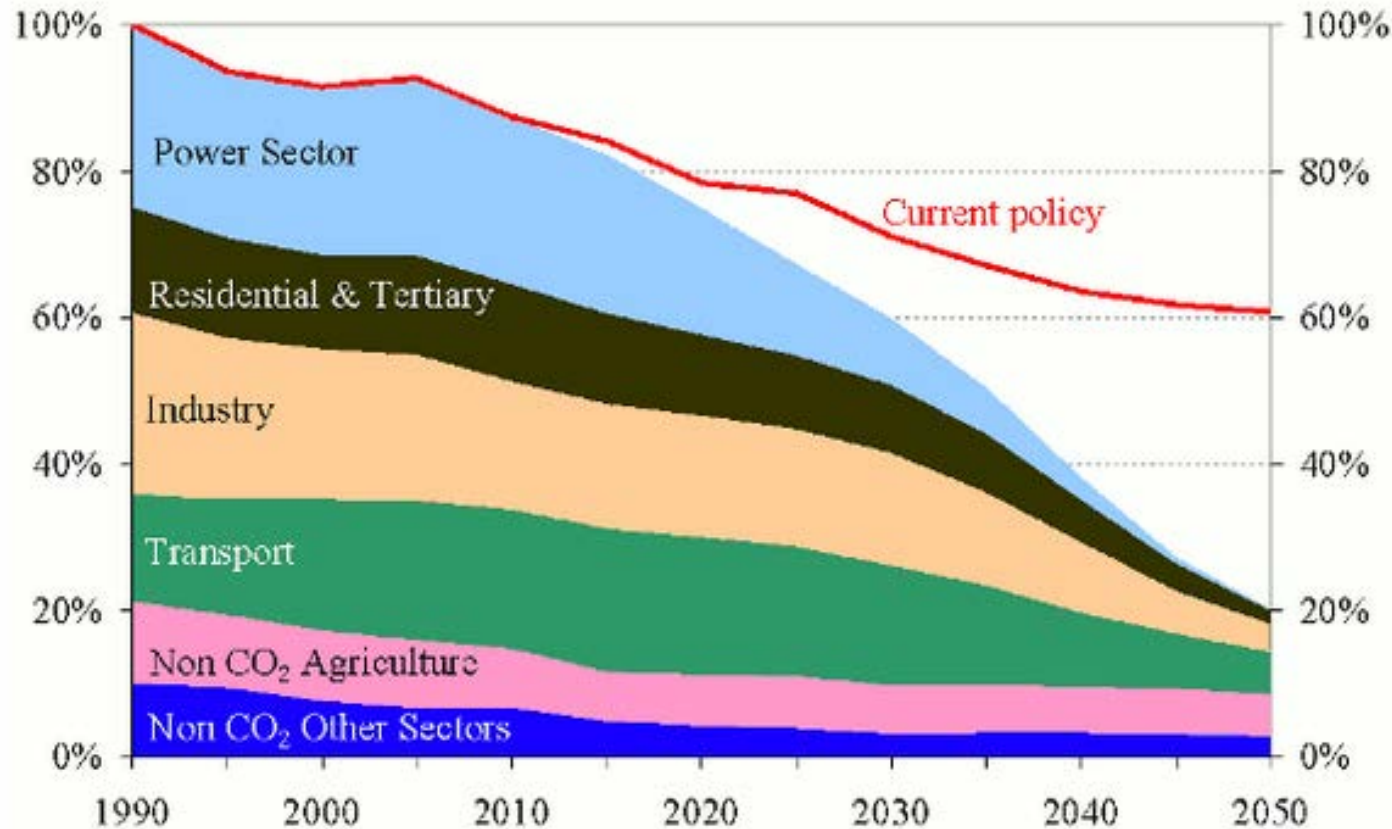
Source: Hydro Quebec; CHINCOLD – J. Jia

CO2 Emission – [t/GWh] electricity [g/kWh]



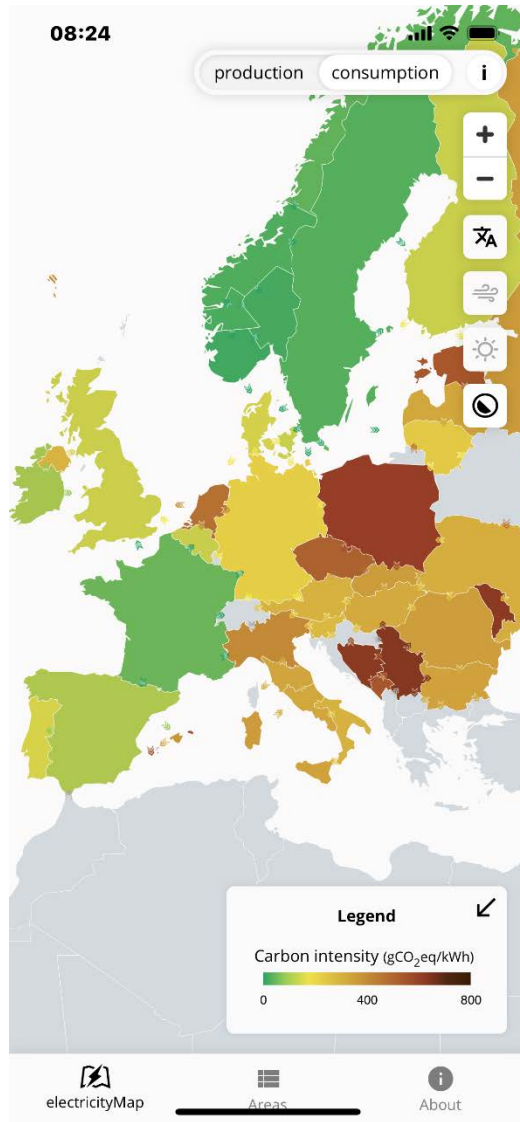
Source: Hydro Quebec; CHINCOLD – J. Jia

Klimaziele EU-28

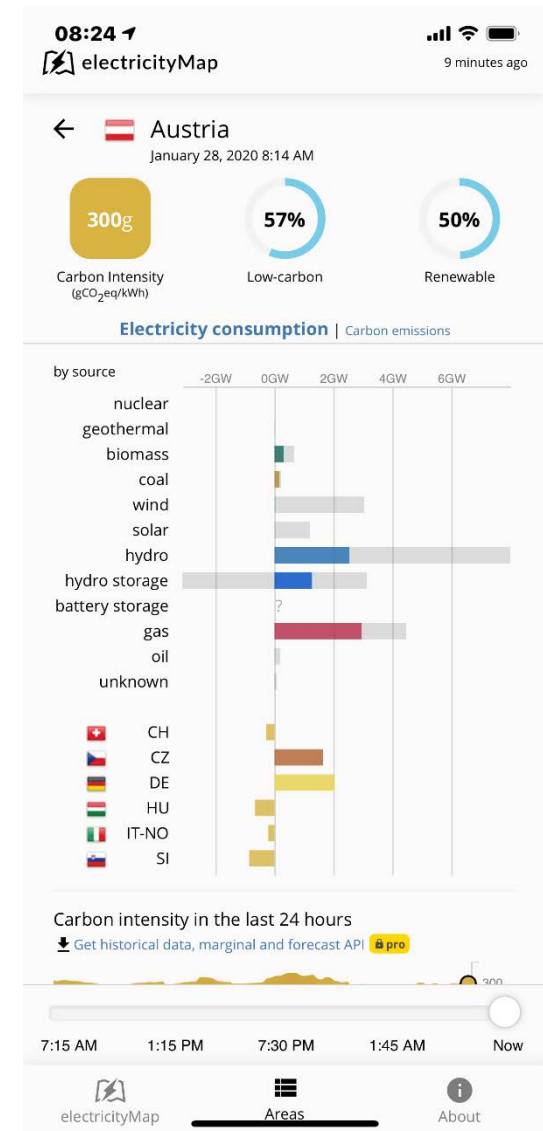


**Possible 80% cut in greenhouse gas emissions in the EU
(100%=1990)**

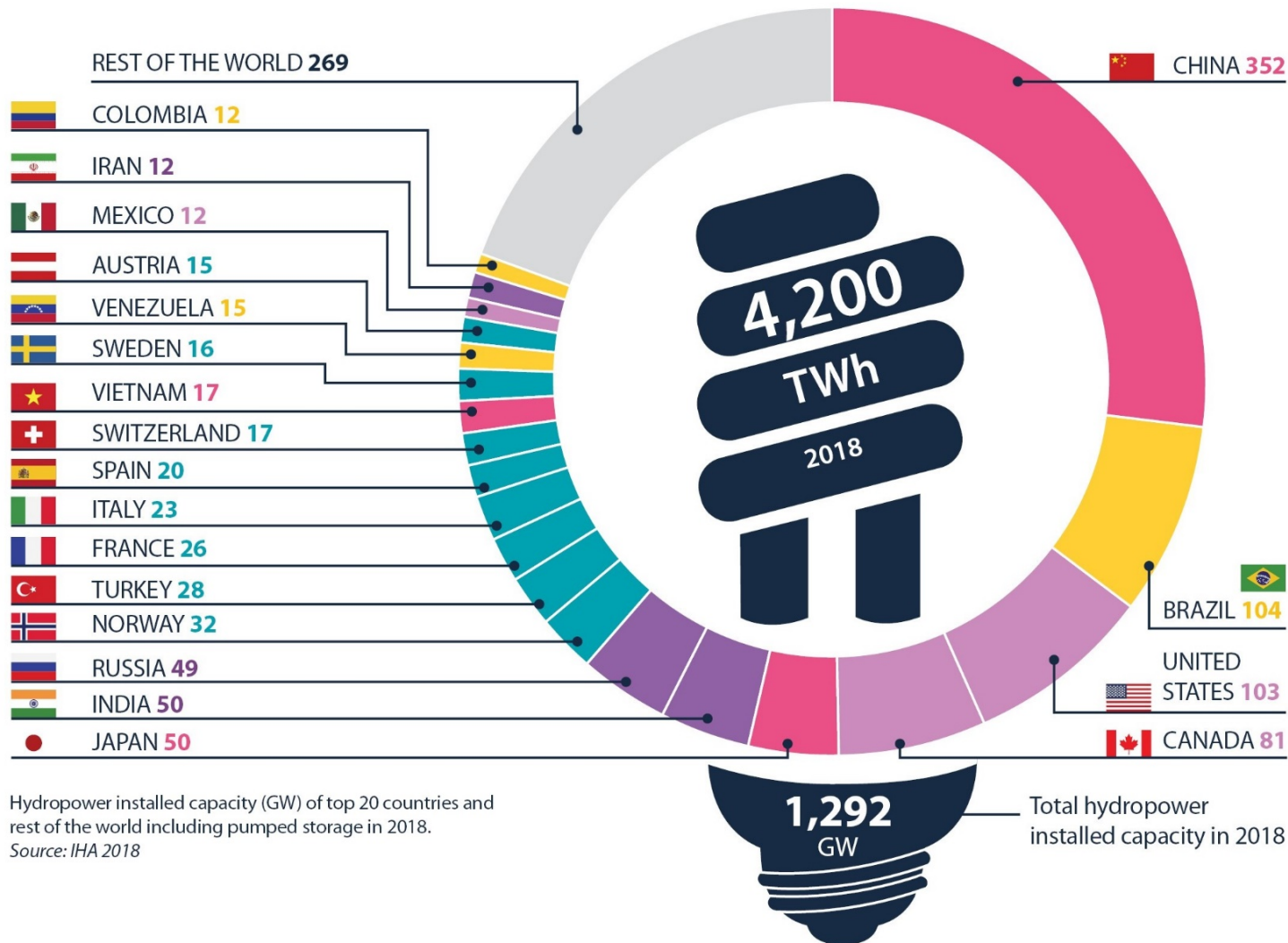
Source: European Commission, www.ec.europa.eu/clima/policies/strategies



- Electricity Map
 - Ein weiter Weg 100% aus erneuerbarer Quelle
- Hohe Effizienz
- Stark Schwankende Erzeugung
- Speicher
 - Pumpspeicherkraftwerke
- Zunahme Verbrauch
Wachstum +3%

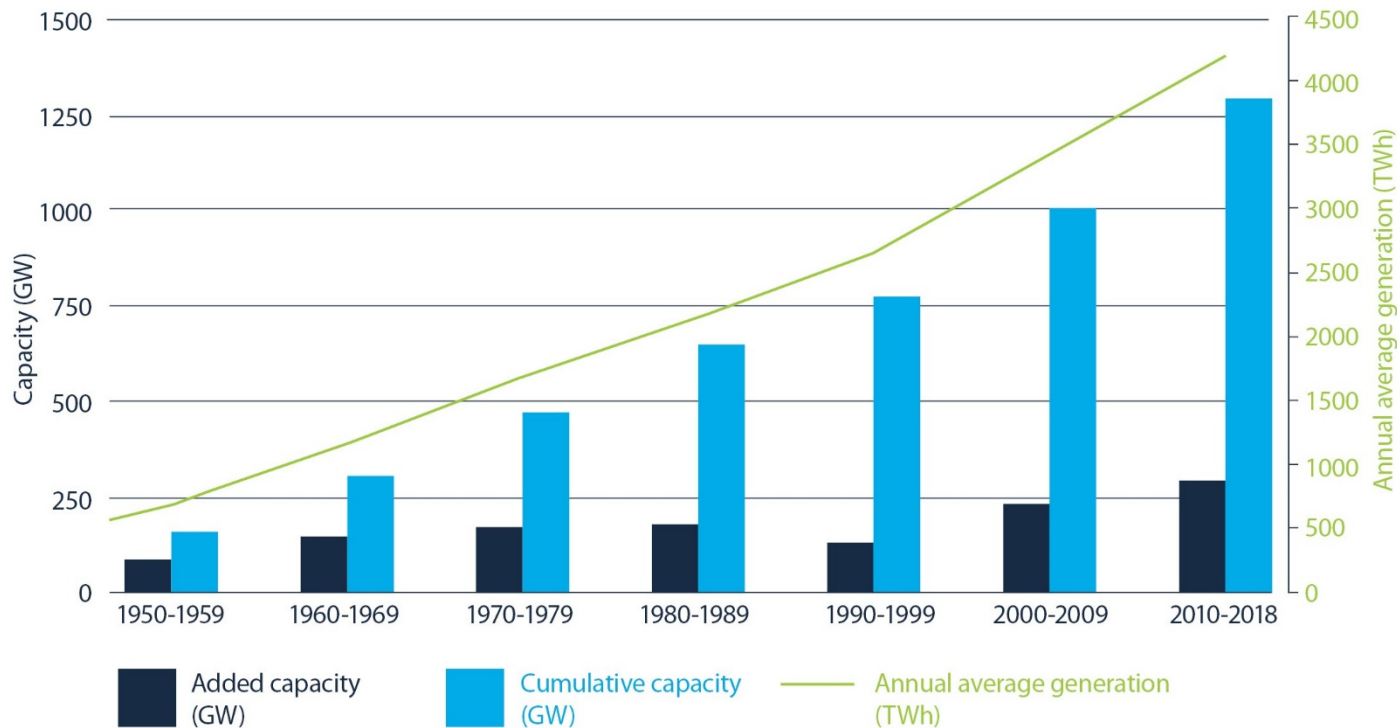


Wasserkraft - Installierte Leistung – Jahresarbeit - Weltweit



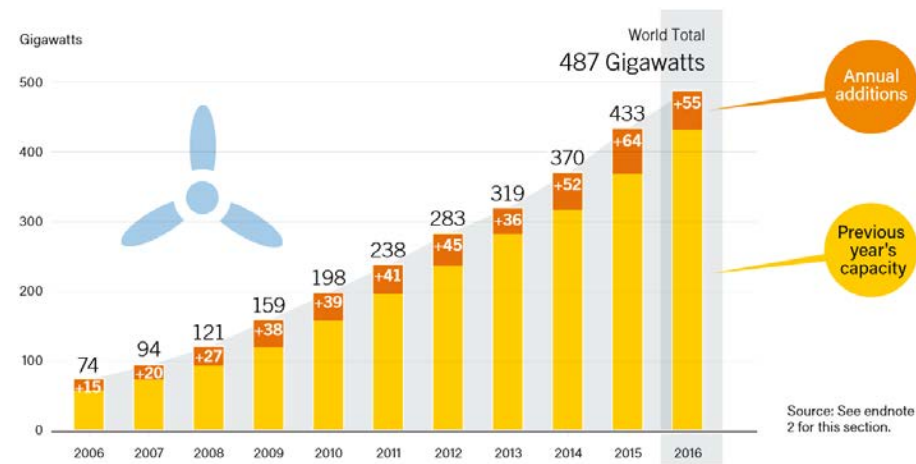
Beitrag der Wasserkraft zur Energiewende und Klimaschutz

HYDROPOWER GROWTH THROUGH THE DECADES



Weltweit steigender Beitrag

Nachhaltig Erneuerbare - Wasserkraft - PV – Wind

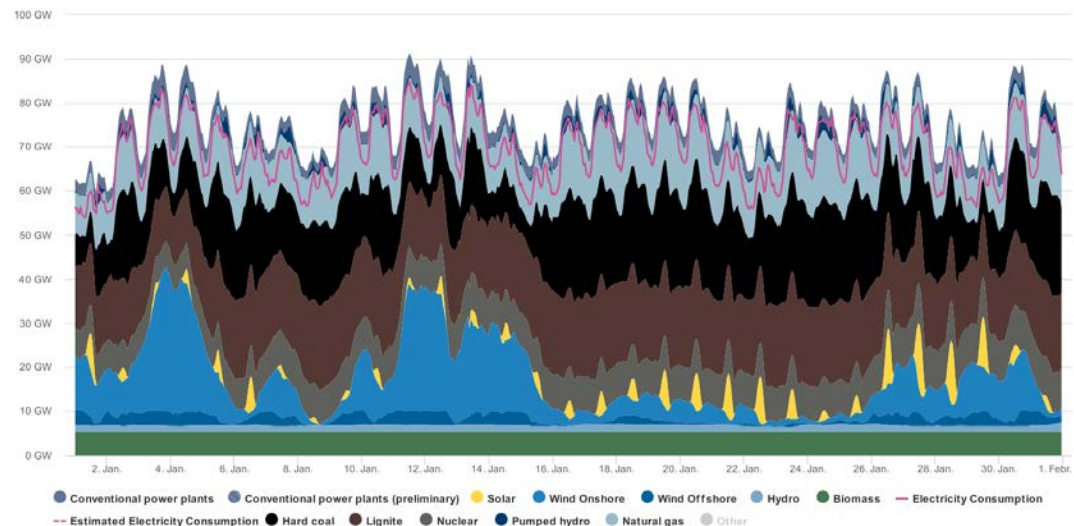


Electricity Production / Consumption, Germany Jan 2017

Starke Schwankung
Hohe Flexibilität

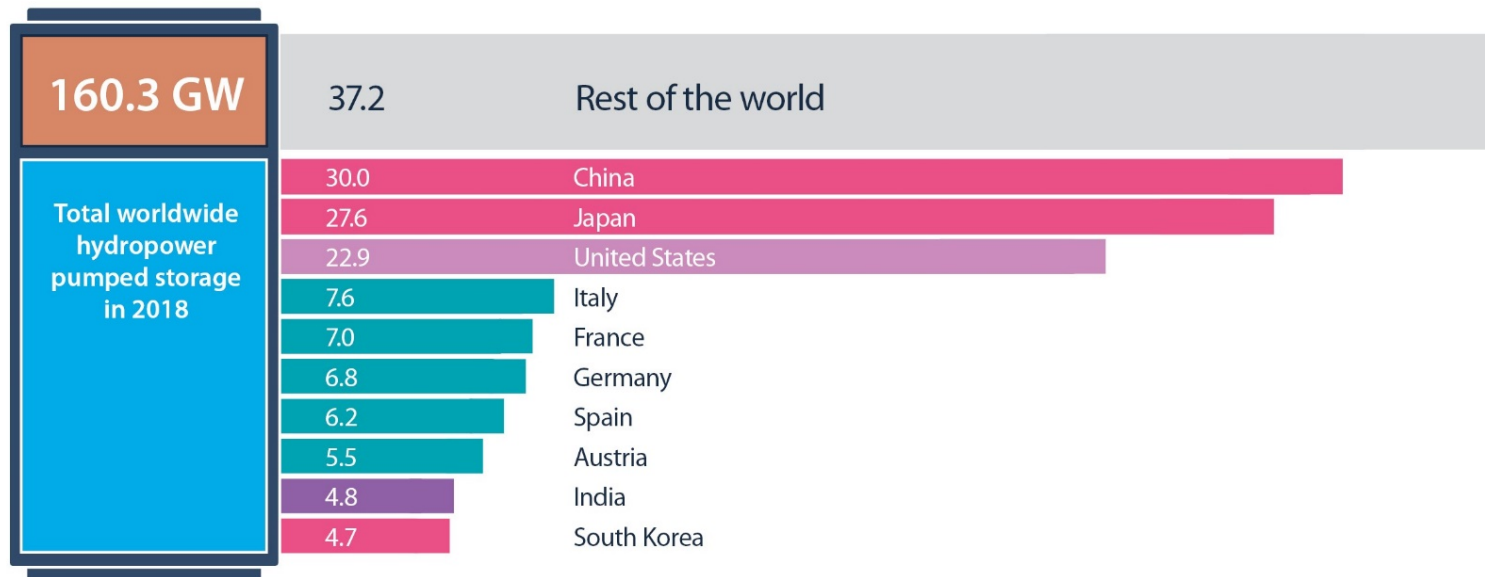
Speicher
Pumpspeicherkraftwerke

Wachsende Nachfrage



Agora Energiewende, Current to: 05.07.2017, 20:00

Installierte Leistung - Pumpspeicherkraftwerke

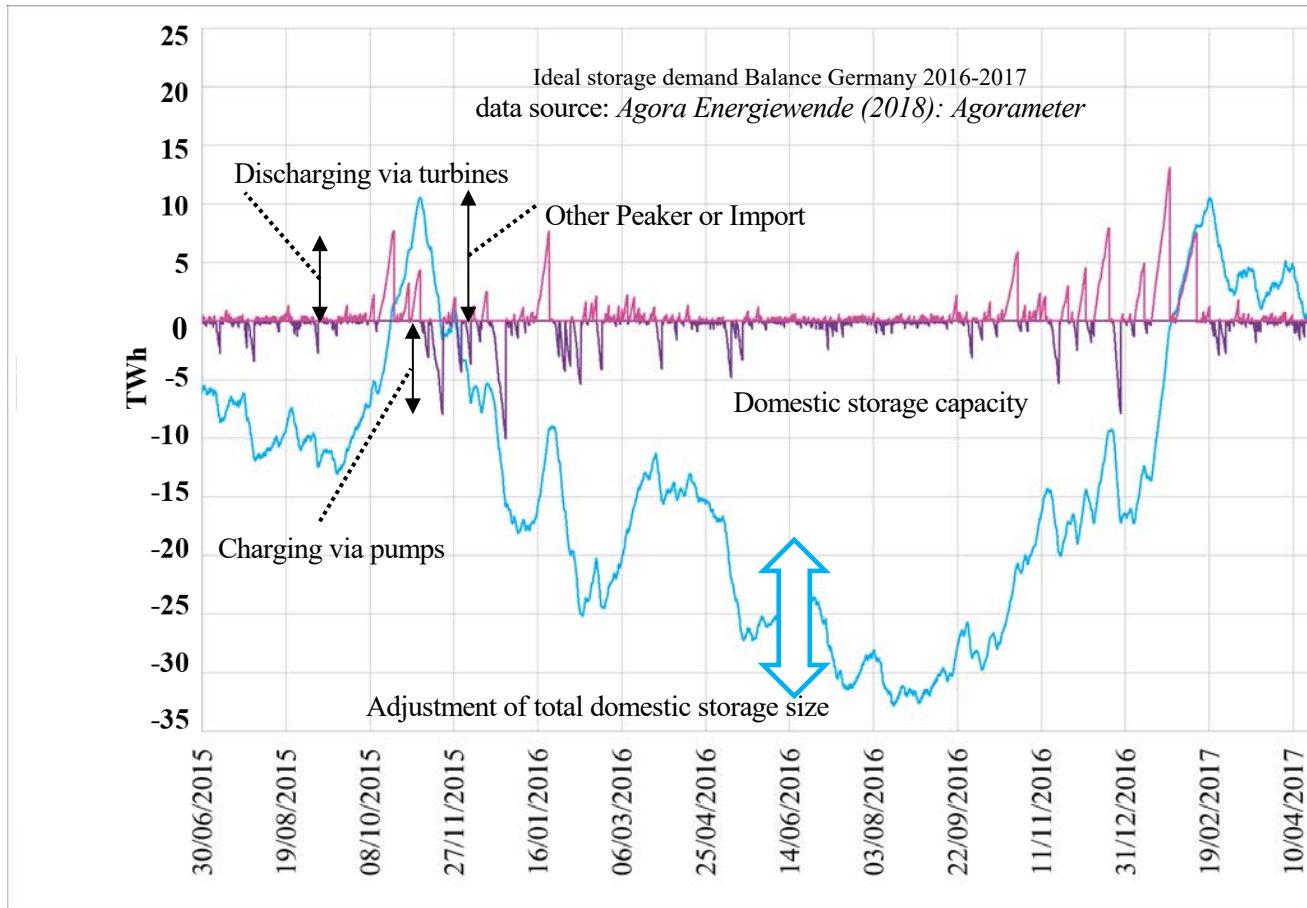


Pumped hydropower storage capacity (GW) of top 10 countries and rest of the world in 2018.
Source: IHA 2018.



Nachhaltig, Wirtschaftlich Ressourcen schonende Lösung
Dauerhaft – lange Betriebserfahrung
Betriebsdauer >100 Jahre

Speicherbedarf Extrapoliert – Deutschland 100% Erneuerbare Energie



Hydro Energy Storage

Germany ~ 3 TWh

Austria ~ 3 TWh

Switzerland ~ 9 TWh

Norway ~ 86.5 TWh

Approach studied
by Hambaumer
(2017)

Wolfgang Richter: Surge Tank Design for Flexible Hydropower

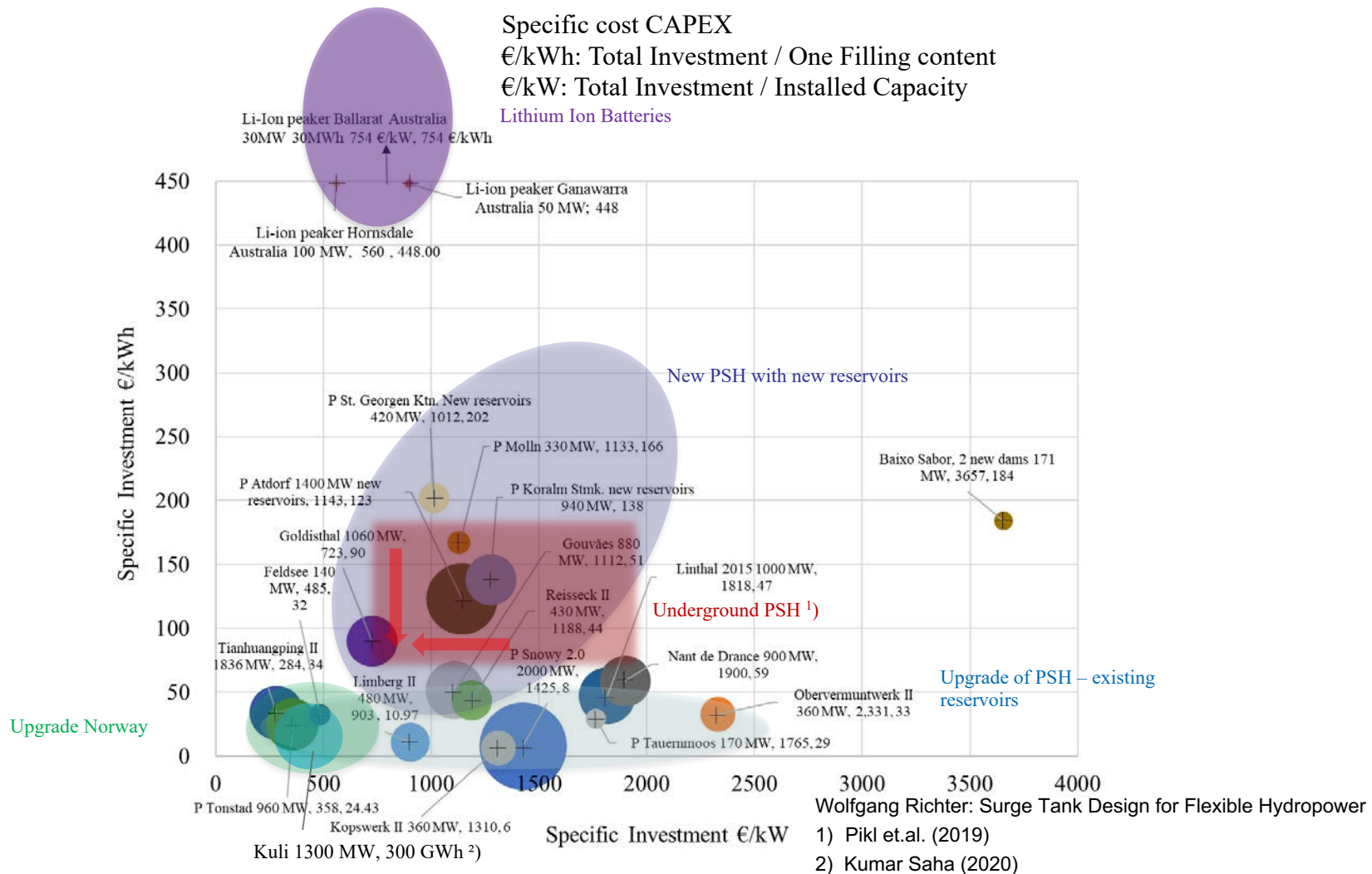
Vergleich der Speicher - Effizient, Wirtschaftlich, Nachhaltig

Specific cost CAPEX

€/kWh: Total Investment / One Filling content

€/kW: Total Investment / Installed Capacity

Lithium Ion Batteries



Wasserkraft Europa - Installierte Leistung – Neueinstallation 2018

EUROPE CAPACITY BY COUNTRY*

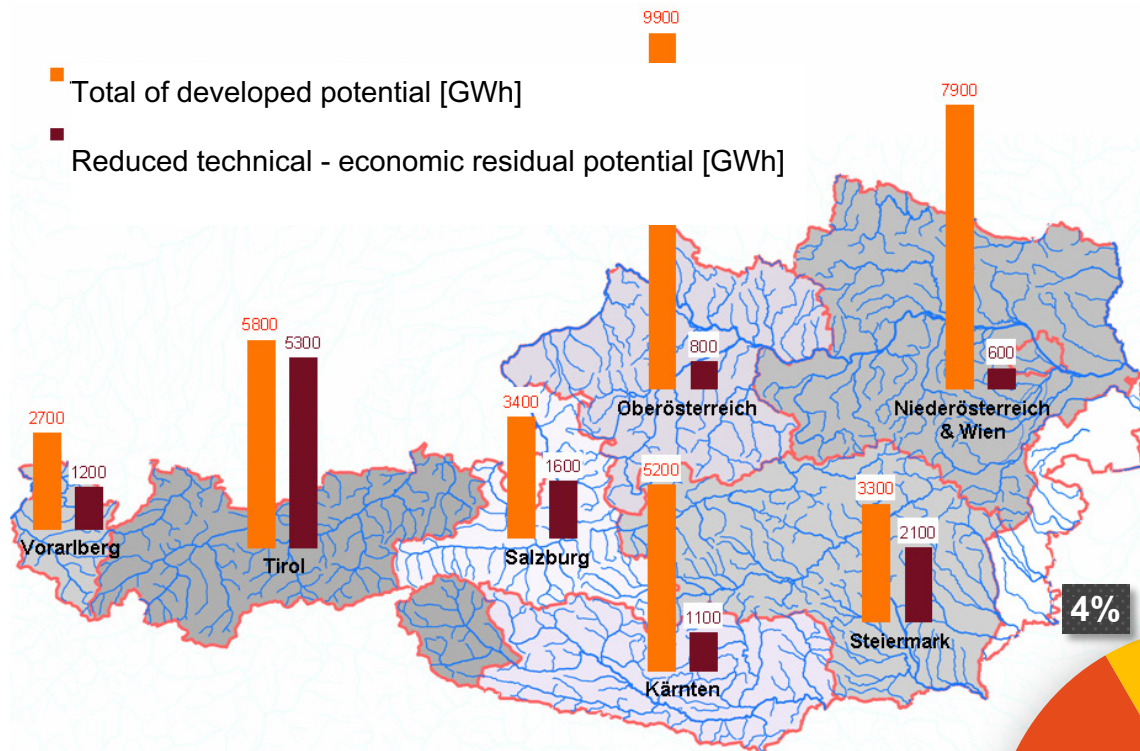
Rank	Country	Total installed capacity (MW)
1	Norway	32,256
2	Turkey	28,358
3	France	25,519
4	Italy	22,926
5	Spain	20,378
6	Switzerland	16,948
7	Sweden	16,466
8	Austria	14,535
9	Germany	11,258
10	Portugal	7,347

* including pumped storage

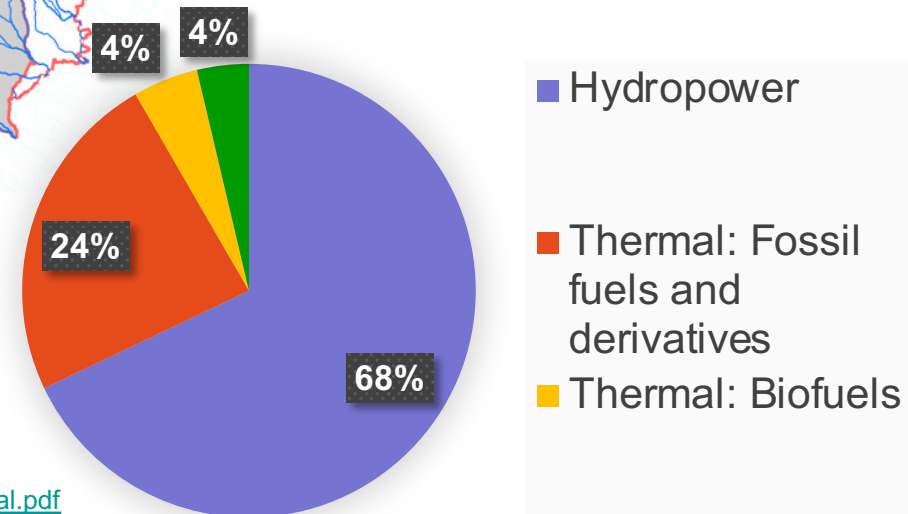
COUNTRIES BY ADDED CAPACITY IN 2018 (MW*)

1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th
Turkey	Norway	Austria	Iceland	Italy
1,085	419	385	100	88

Wasserkraft Potential – 15TWh – app. 42TWh production

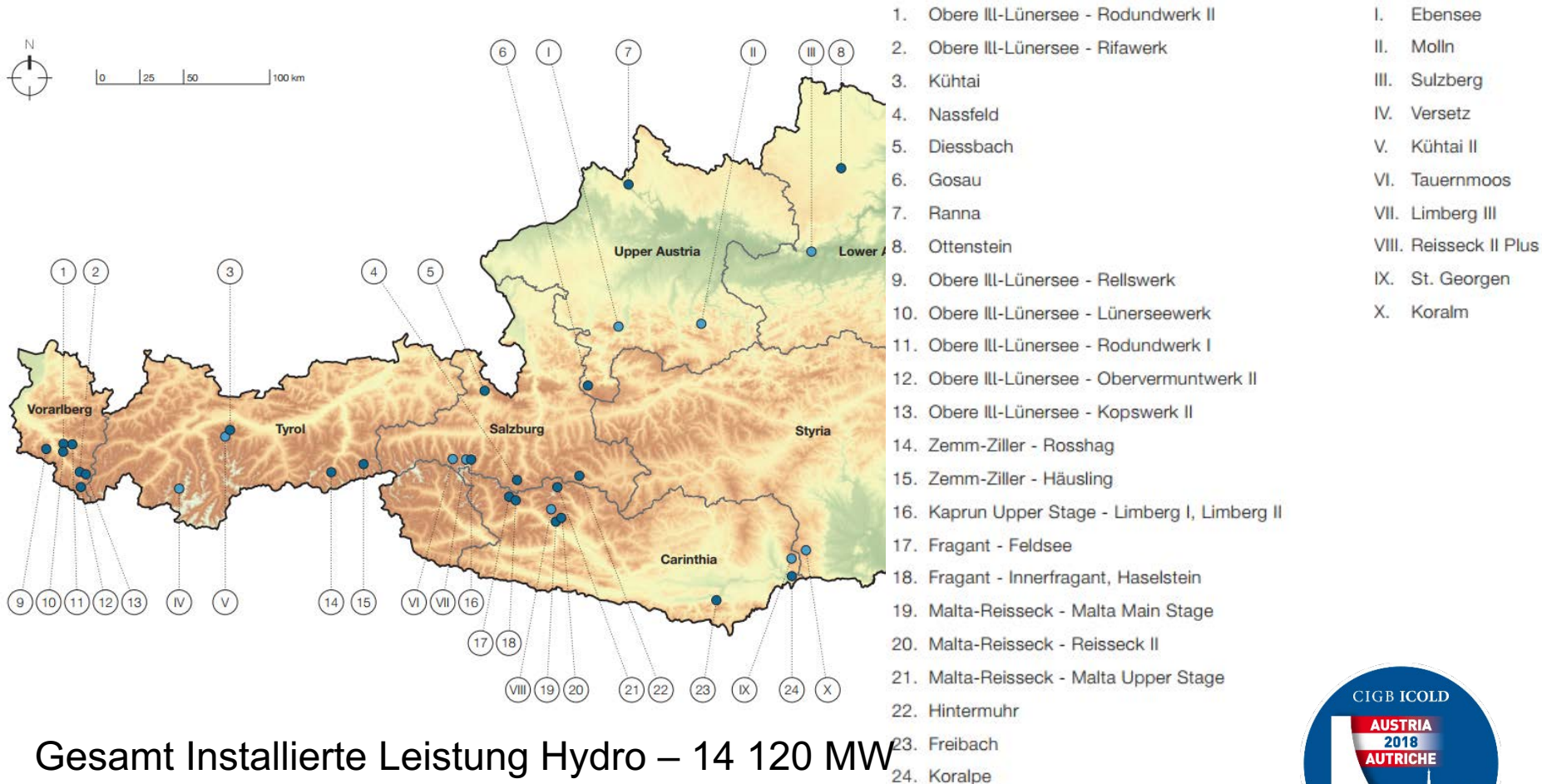


Electricity – Share (2015)



Source: PÖYRY - VEÖ Wasserkraftpotentialstudie Österreich
http://www.energiestrategie.at/images/stories/pdf/36_veo_08_wasserkraftpotenzial.pdf

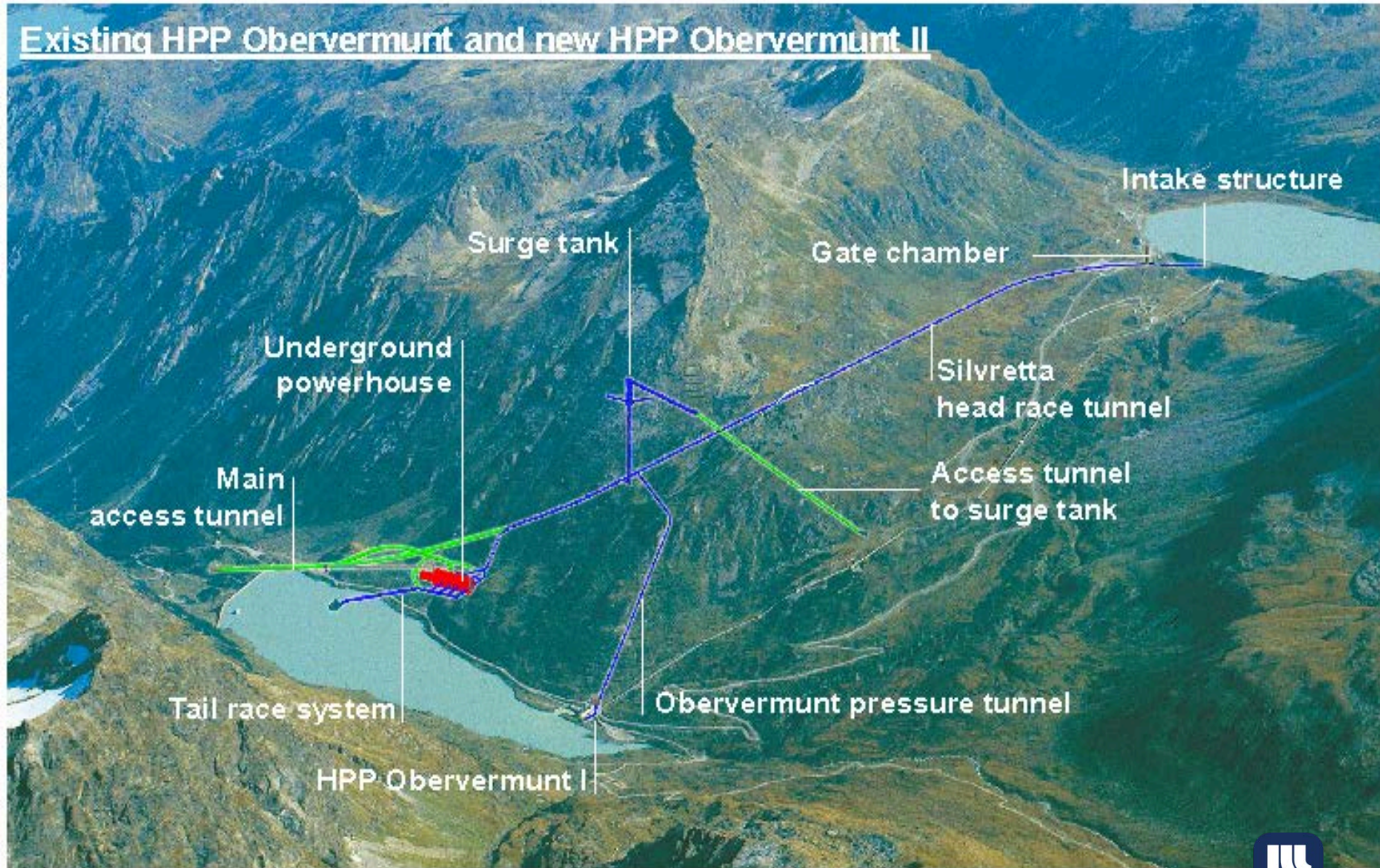
Hochdruckpumpspeicheranlagen



Gesamt Installierte Leistung Hydro – 14 120 MW
Hochdruck- / Pumpspeicher – 9400 MW / 5200MW



Existing HPP Obervermunt and new HPP Obervermunt II



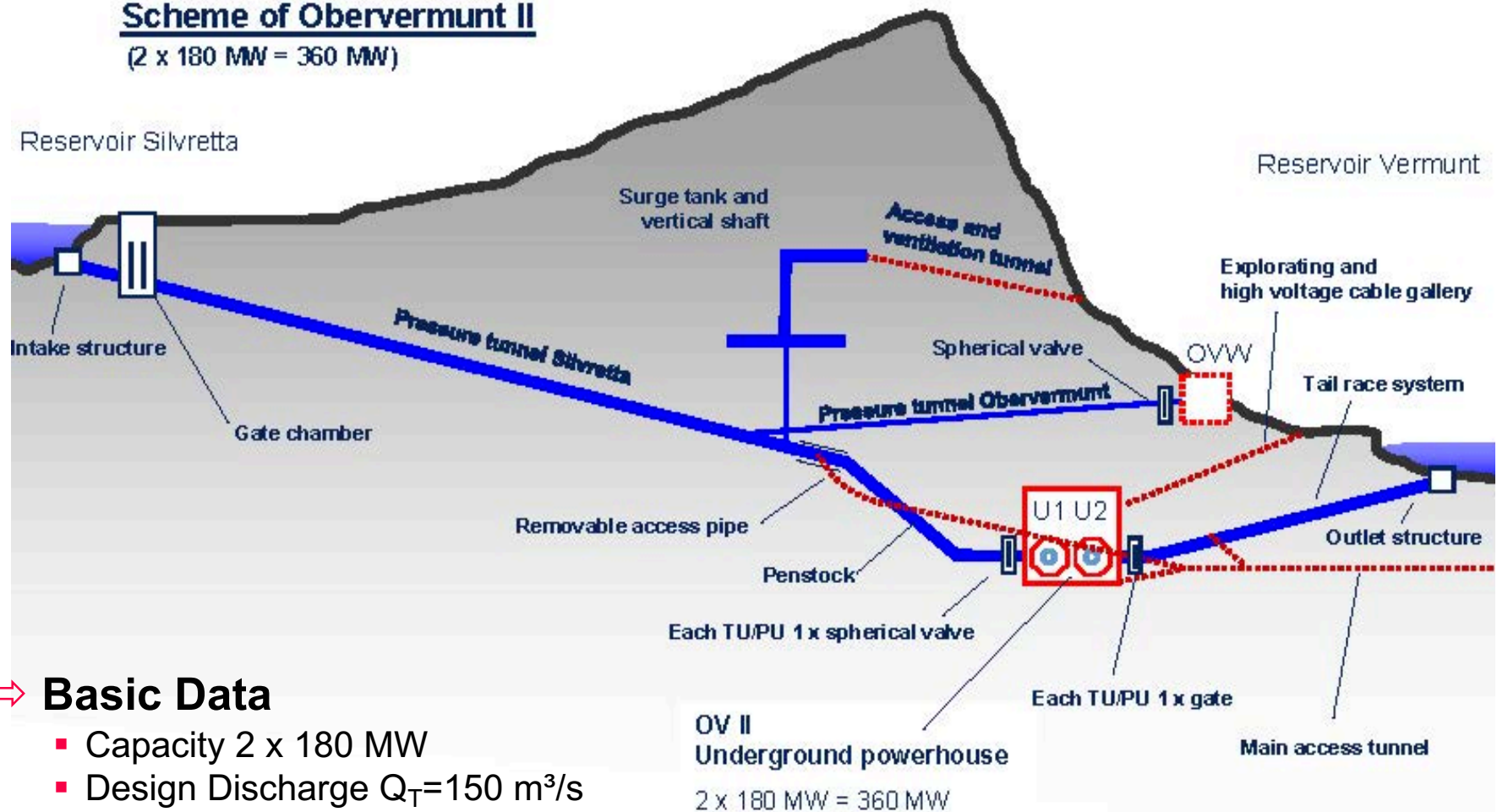
Wolfgang Richter: Surge Tank Design for Flexible Hydropower



Vorarlberger Illwerke AG

Scheme of Obervermunt II

(2 x 180 MW = 360 MW)



⇒ Basic Data

- Capacity 2 x 180 MW
- Design Discharge $Q_T = 150 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_P = 135 \text{ m}^3/\text{s}$
- Hydraulic Head 243,2 – 311,2 m

Wolfgang Richter: Surge Tank Design for Flexible Hydropower



Vorarlberger Illwerke AG

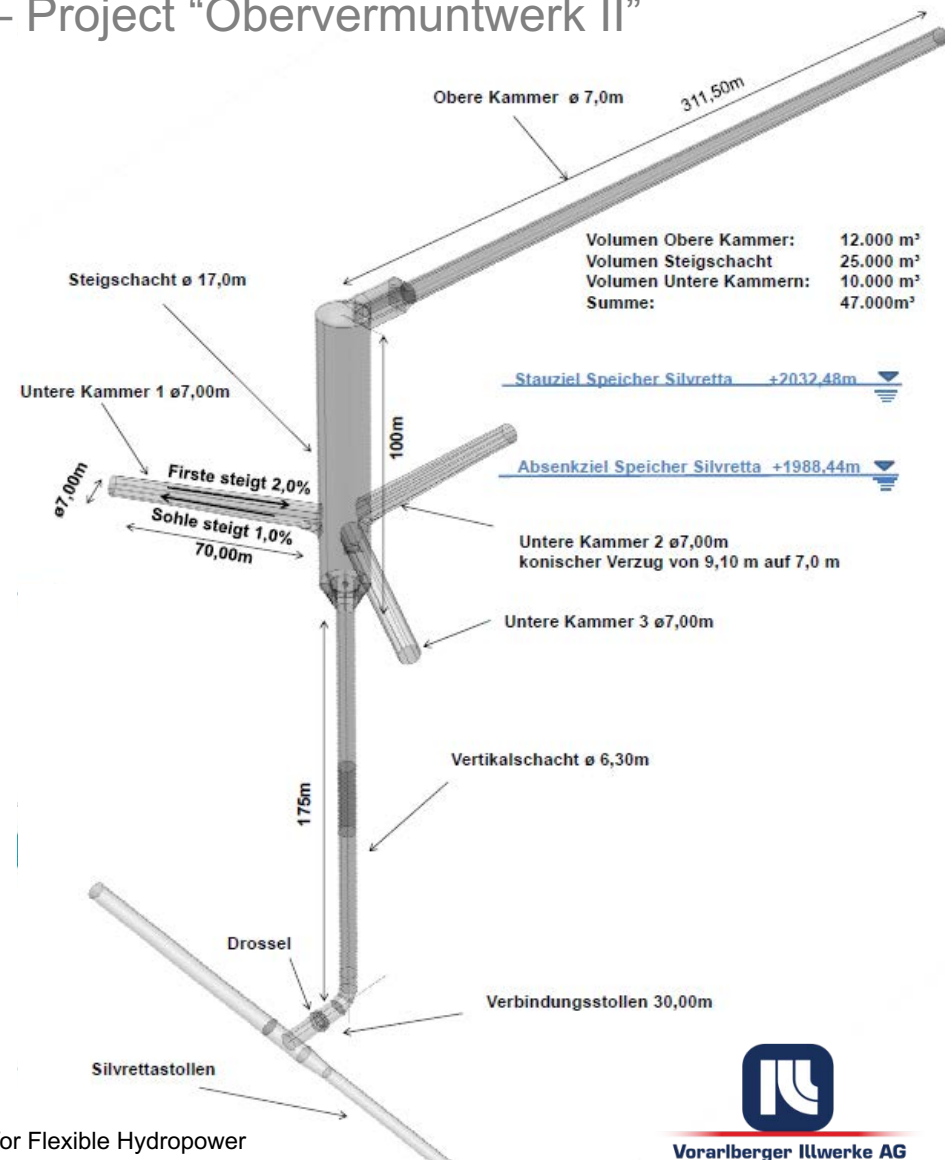
Optimierte Auslegung Wasserschloss – Project “Obervermuntwerk II”

Auslegung
Modell Test – Numerischer Vergleich
Hydraulischer Verluste

Untersuchungen Oberkammer –
Befüllung und Entleerung –
Anpassung der Neigung

Verbesserung des hydraulischen
Verhaltens

Ein- und Ausströmen
Entlüftung

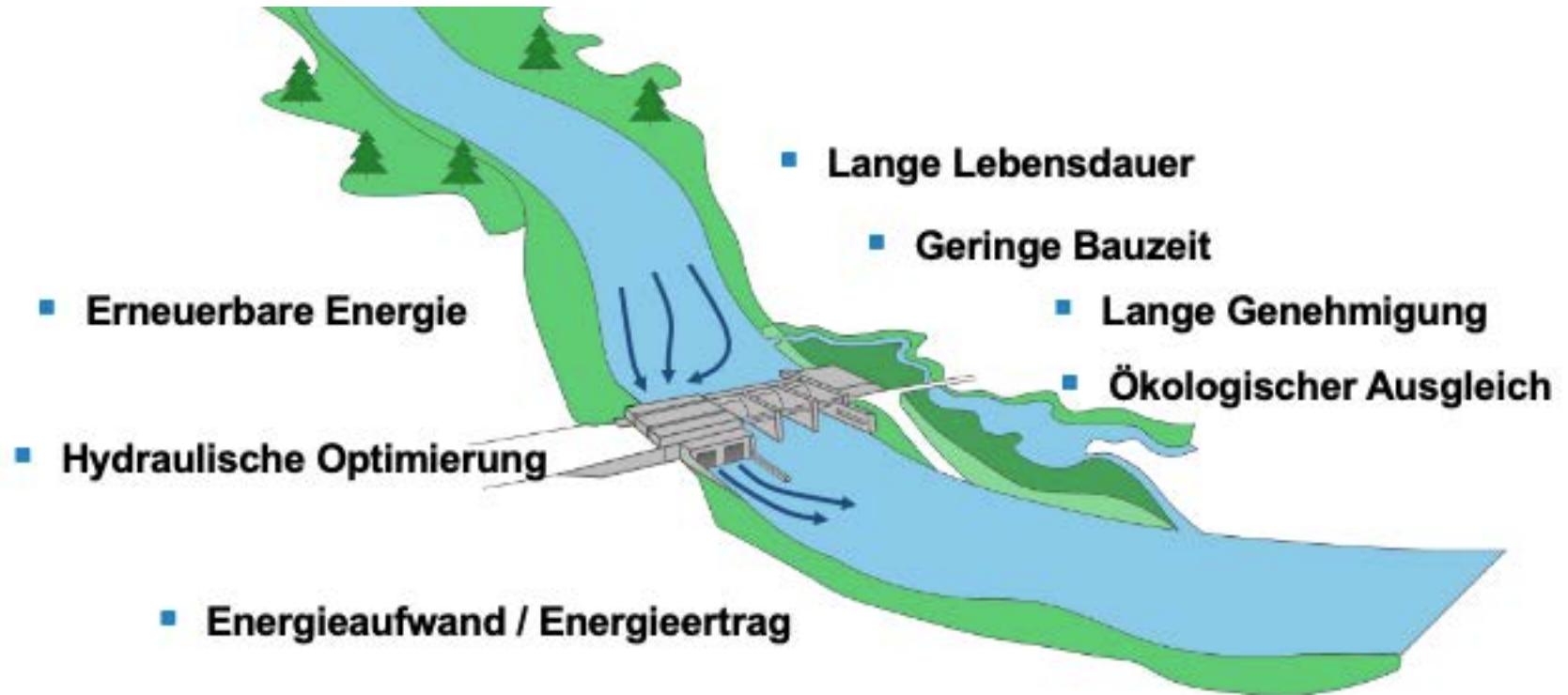


Wolfgang Richter: Surge Tank Design for Flexible Hydropower



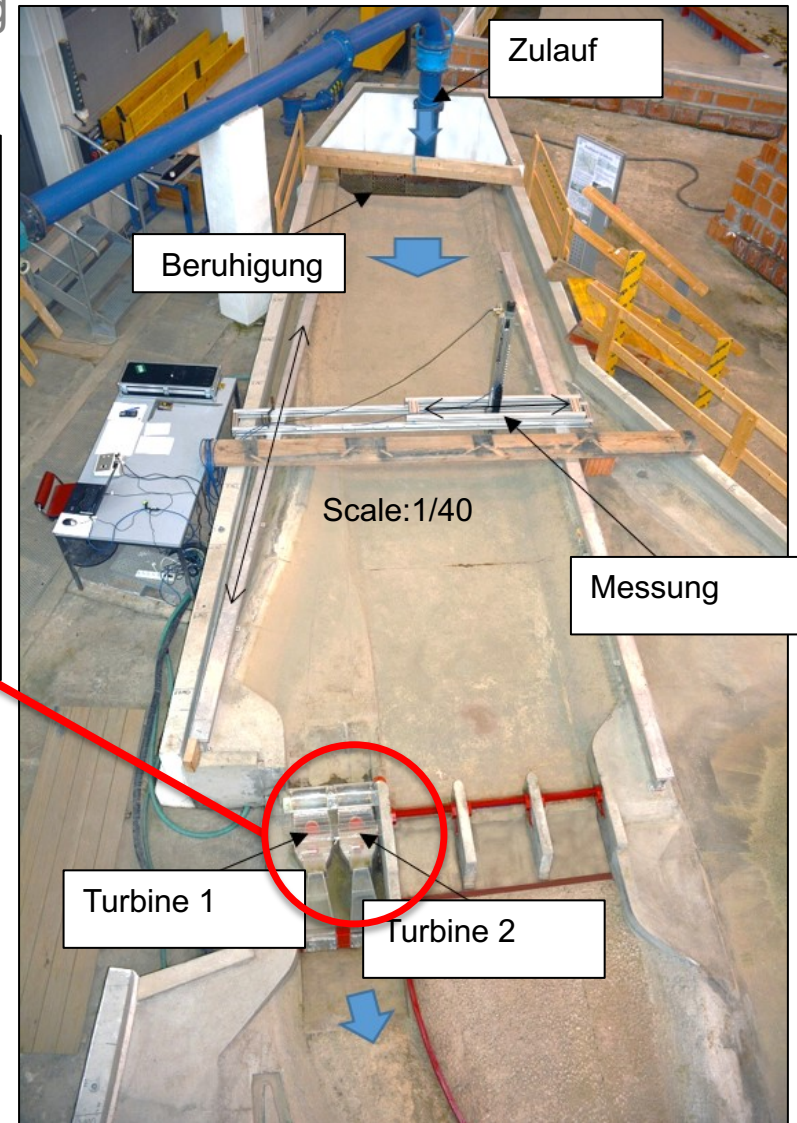
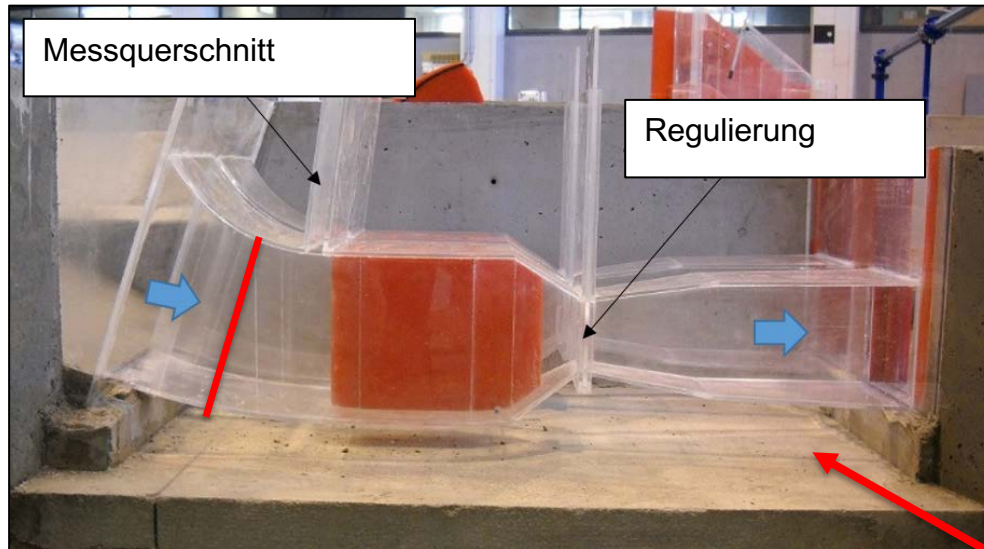
Vorarlberger Illwerke AG

Verbesserung – Optimierung von Laufkraftwerken



Shervin Shahriari: Approach Flow Optimization

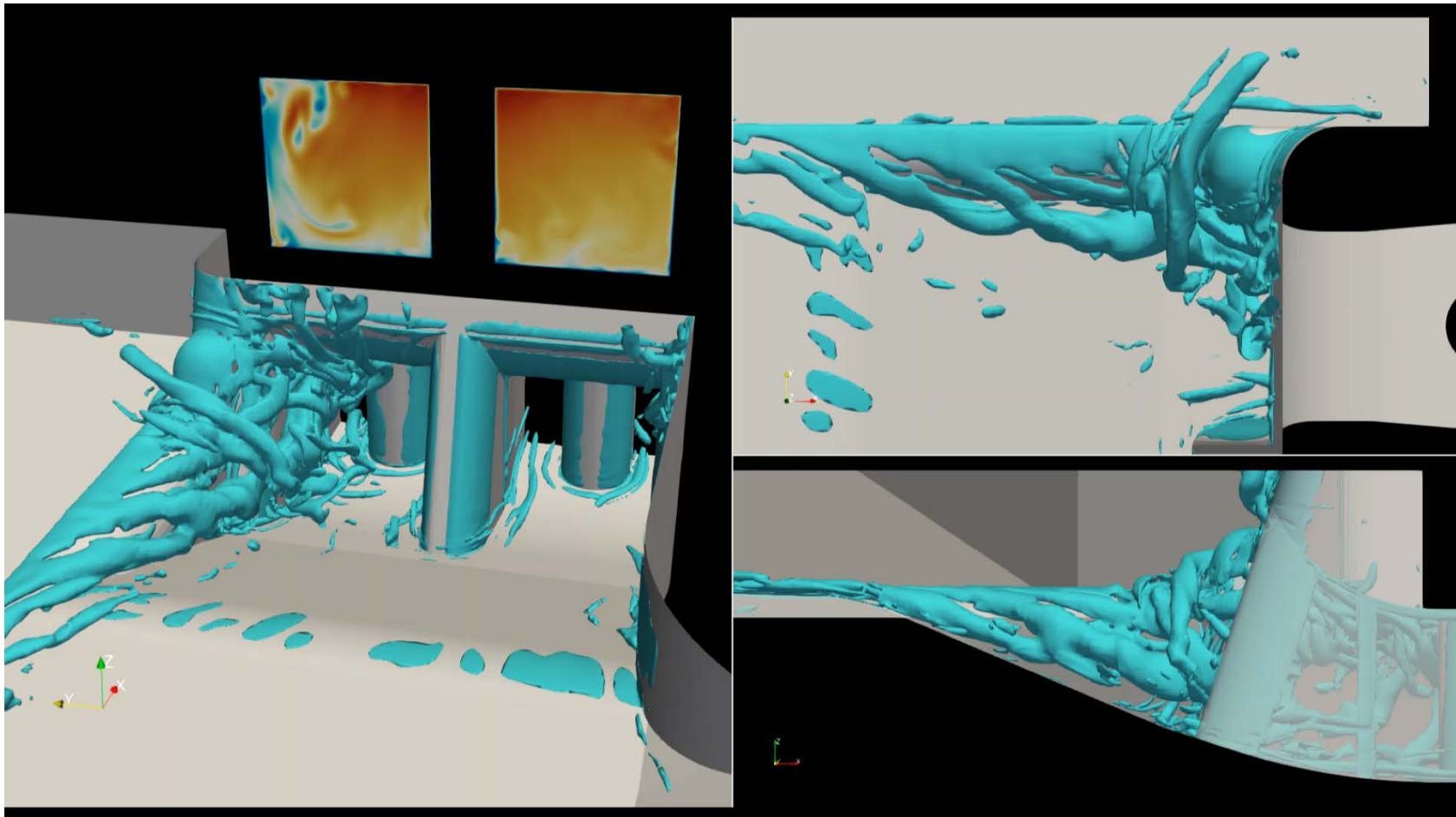
Modellversuch zur hydraulischen Optimierung



Verbesserung - Leistung 3%-5%
 Unterschiedliche Einbauten
 Übergänge – Neigungsbrüche
 Einlaufrechen

Shervin Shahriari: Approach Flow Optimization

Simulation der Anströmung



Bei 3% Verbesserung – sind dies 2,4GWh bei einem Laufkraftwerk an Mur

Erfolgreicher Ausbau der Wasserkraft – Stadtkraftwerk-Graz



Energie aus
erneuerbarer Quelle

Ökologisch
Fischwanderung
– Auf- und abwärts
Sediment
– Durchgängigkeit
Hochwasserschutz

Erholung
Graz - Green City

Wasserkraft als Eckpfeiler der Energiezukunft

Wasserbau-Symposium 2020



Wasserbau in Zeiten von Energiewende, Gewässerschutz und Klimawandel

Die Austauschplattform zwischen Wissenschaft und Praxis findet in einem zweijährlichen Turnus an der TU München, der TU Graz und der ETH Zürich statt. Die Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) freut sich ausserordentlich, das Symposium zum 20. Jubiläum vom **17. - 19. Juni 2020** an der ETH Zürich zu veranstalten.

Folgend finden Sie allgemeine [Informationen](#) → zur Veranstaltung, sowie zur [Anmeldung](#) →, die wichtigsten [Termine](#) →, das [Programm](#) → und Hinweise zum [Veranstaltungsort](#) →.

[Neuigkeiten](#) → werden regelmässig auf dieser Seite aufgeschaltet. Wenn Sie von uns auf dem Laufenden gehalten werden möchten, können Sie auch unseren [Newsletter](#) → abonnieren.



Anmeldung

Die Anmeldung für das Wasserbau-Symposium 2020 ist freigeschaltet. Sie können sich ab jetzt für das Symposium [anmelden](#) [↗](#) (externer Link).



In Zusammenarbeit mit der Technischen Universität München und der Technischen Universität Graz

Beiträge der Wasserkraft

Neue Projekte – Genehmigungsverfahren; Umsetzung – 7TWh

Auslegung neuer Anlagen – Hochdruckanlagen / Pumpspeicherkraftwerke

Erneuerung

Wiederverleihung des Wasserrechtes / Konzession

Optimierung bestehender Anlagen im Betrieb

Literatur



[hydropower.org/statusreport](https://www.hydropower.org/statusreport)

<https://www.iea.org/data-and-statistics>

On 20th of January 2020

Status und Zukunft der alpinen Wasserkraft

Juli 2017 – Baumgartner Armin; Schönberg Martin

