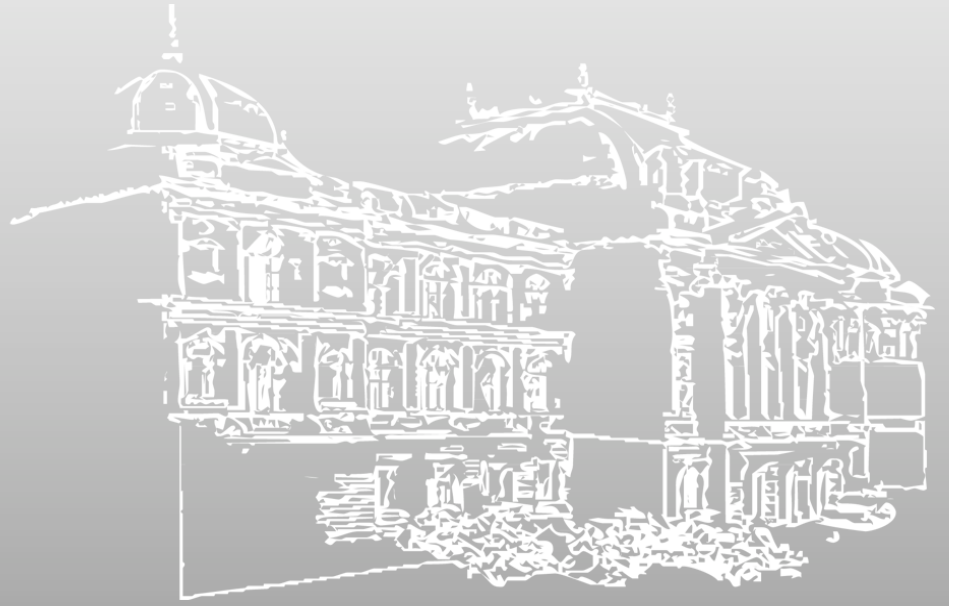
Wasserkraftpotential in Europa

Institut für Hydraulische Strömungsmaschinen

Helmut Benigni, Helmut Jaberg

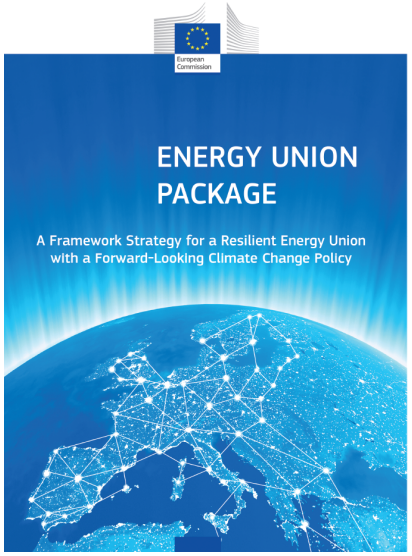


EnInnov2016

14. Symposium Energieinnovation

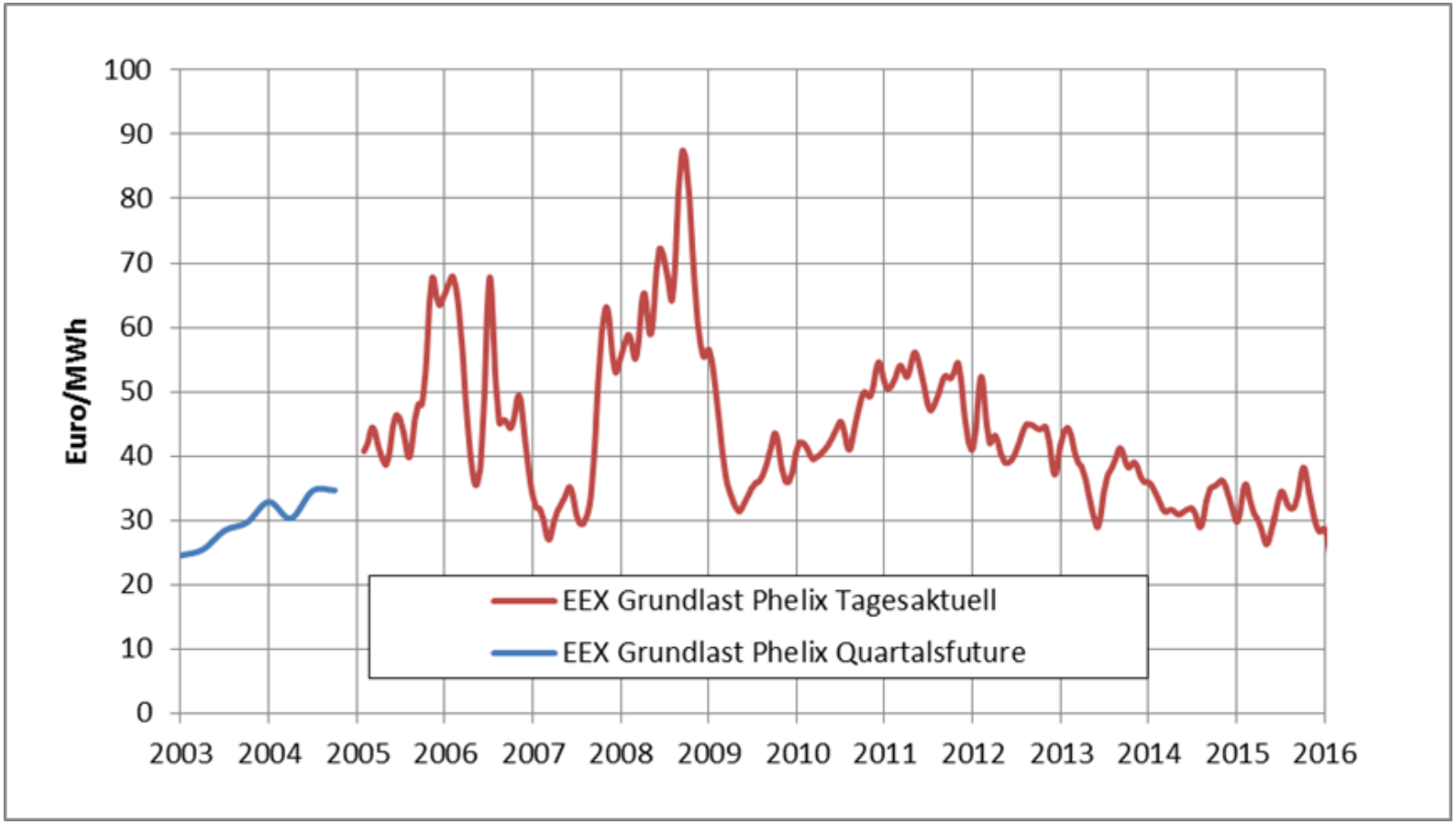
Ausgangssituation

- EU Klima und Energieziele: >27 % aus erneuerbaren Energien bis 2030! [9]
- Ein Energiesystem am Kontinent, Energie ohne Reglementierung über die Grenzen hinweg [9]
- Dabei leistet Strom aus Wasserkraft heute und in Zukunft einen wesentlichen Beitrag [14]
- Massiver Ausbau von Windkraft und Photovoltaik
- EU – WRRL [7]
  - Nationaler Gewässerplan, guter ökologischer Zustand
  - Verschlechterungsgebot, Fischaufstiegshilfen
  - Anhebung Restwasserdotierung
  - Reduktion Schwall- und Sunk
  - Geschiebehaushalt



Strompreisentwicklung der letzten Jahre

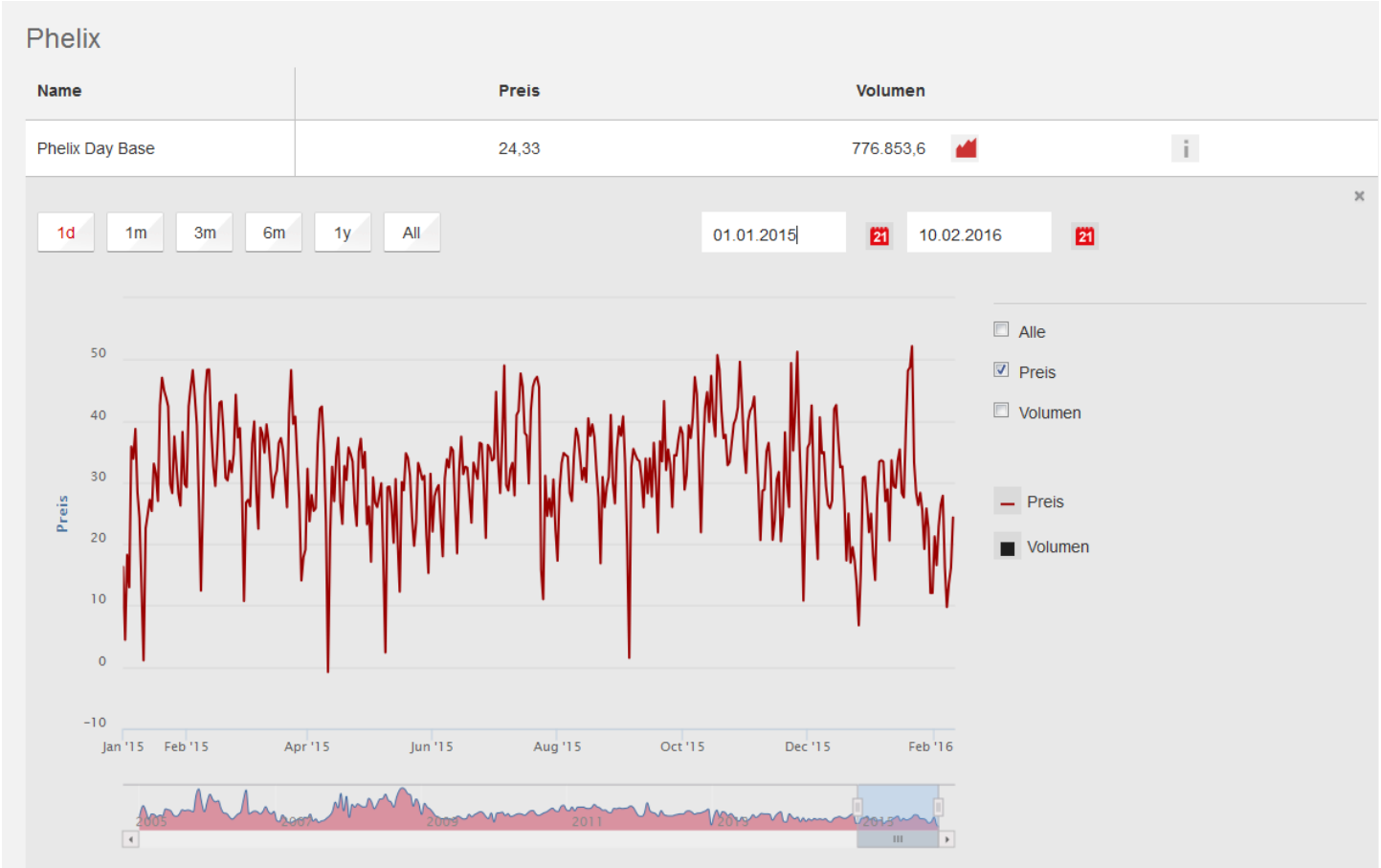
- Überkapazitäten im europäischen Strommarkt
- Konventionelle Kapazitäten werden aus dem Markt gedrängt
- Großhandelspreise immer noch um 30 % über jenen der USA
- Aktueller Strompreis = Wert aus 2003, ohne Inflation! Seit 2008 halbiert



Strompreis an der EEX, Quelle: EEX und e-control

Strompreisentwicklung der letzten Monate

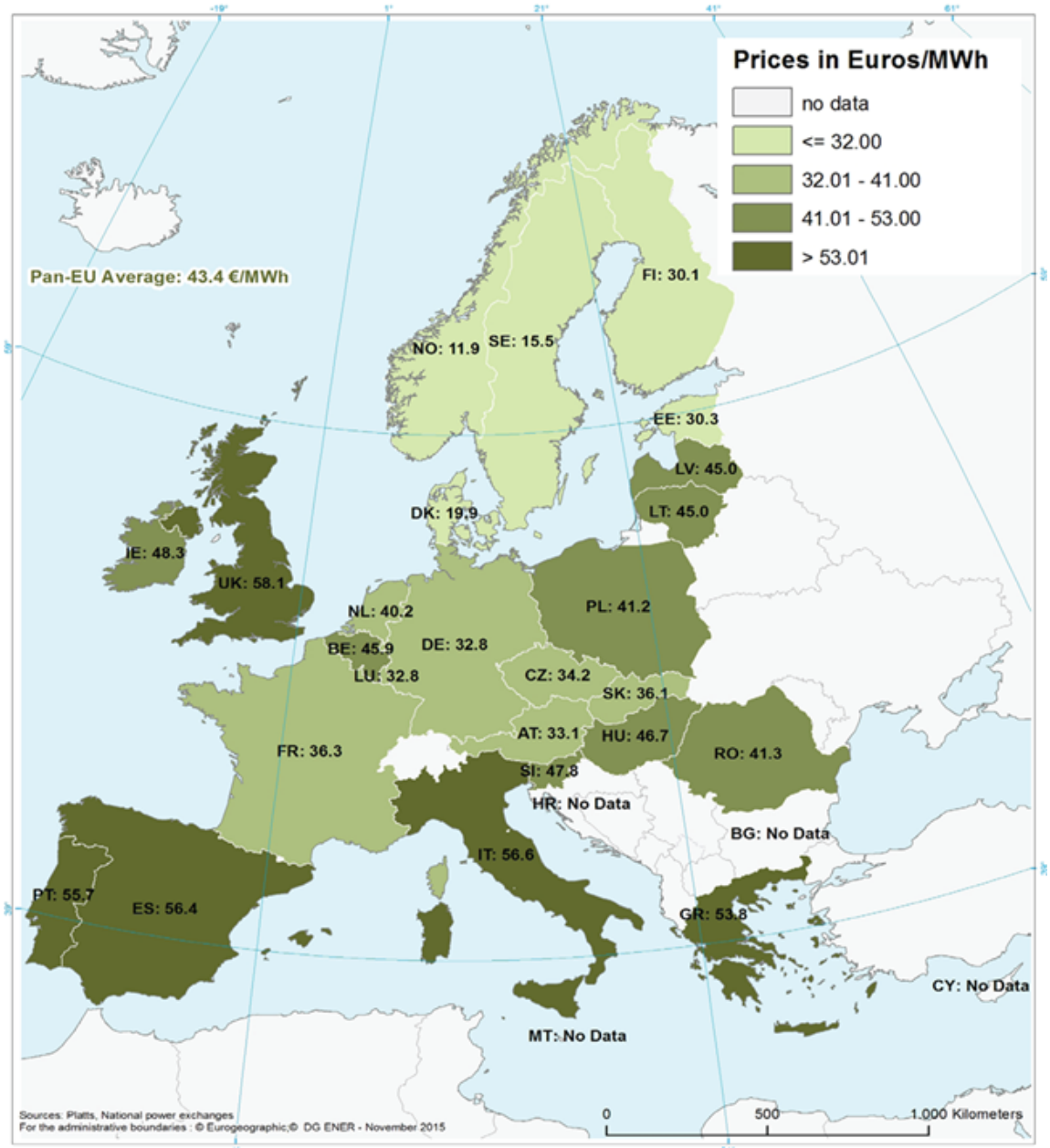
- Überkapazitäten im europäischen Strommarkt
- Konventionelle Kapazitäten werden aus dem Markt gedrängt
- Großhandelspreise immer noch um 30 % über jenen der USA
- Aktueller Strompreis = Wert aus 2003, ohne Inflation! Seit 2008 halbiert.



Strompreis an der EEX, Quelle: EEX und e-control

Großhandel-Strompreis in Europa

- Preise nicht homogen in Europa
- Südeuropa und Groß-britannien haben höchste Großhandelspreise
- Skandinavien hat niedrigste Großhandelspreise
- Österreich (u. Deutschland) liegen unter dem EU Schnitt



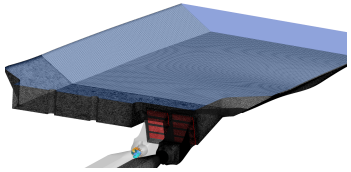
Speicher Wasserfallboden

Mittlerer Strom-Großhandelspreis, 3. Quartal 2015 [10]

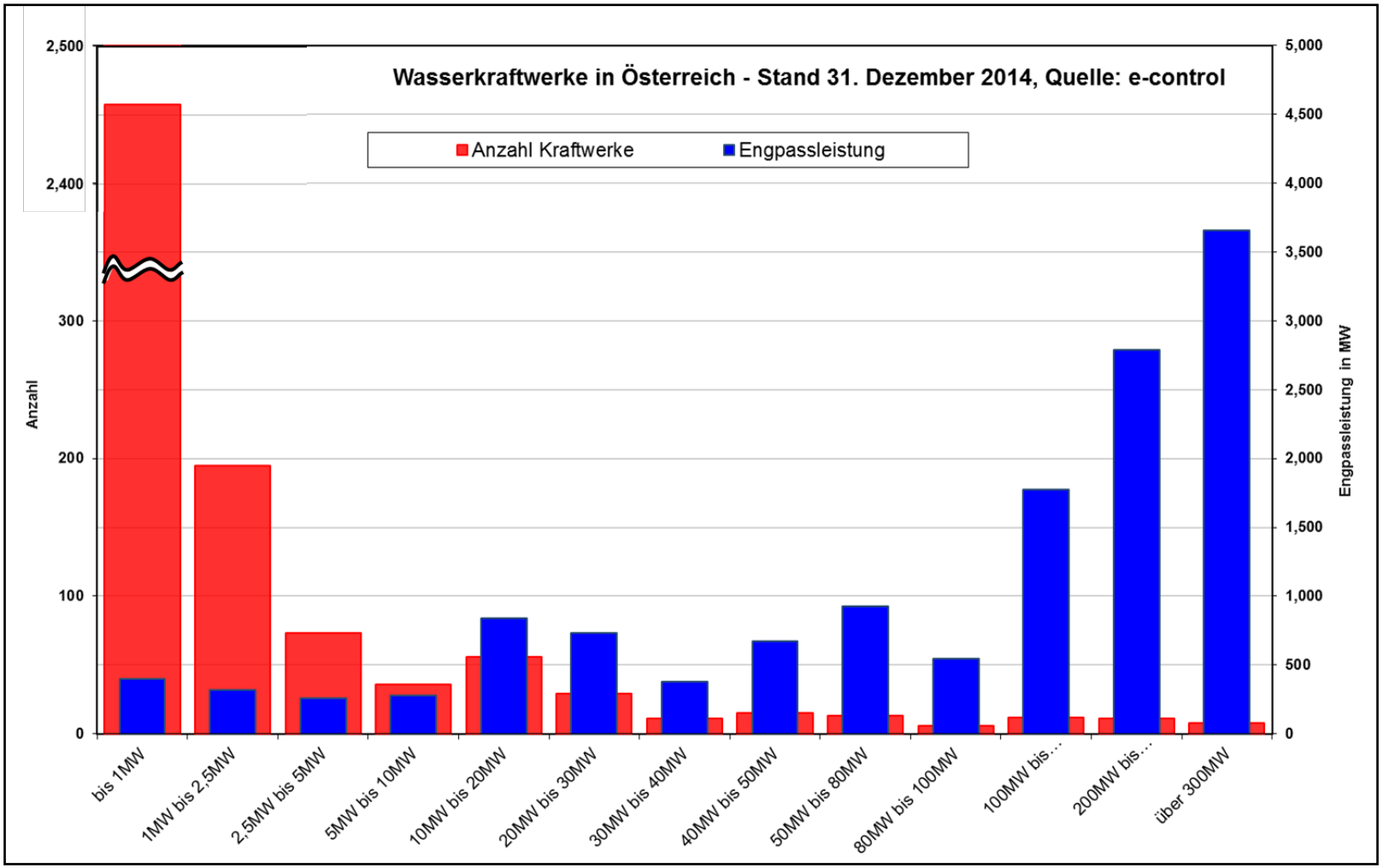
- 2923 Kraftwerke, Engpassleistung: 15.6 GW
- 85 % der Kraftwerke < 1 MW, 1.1 % der Kraftwerke > 100 MW

Kraftwerk Aschach, P=287MW

Walgauwerk, P=43 MW

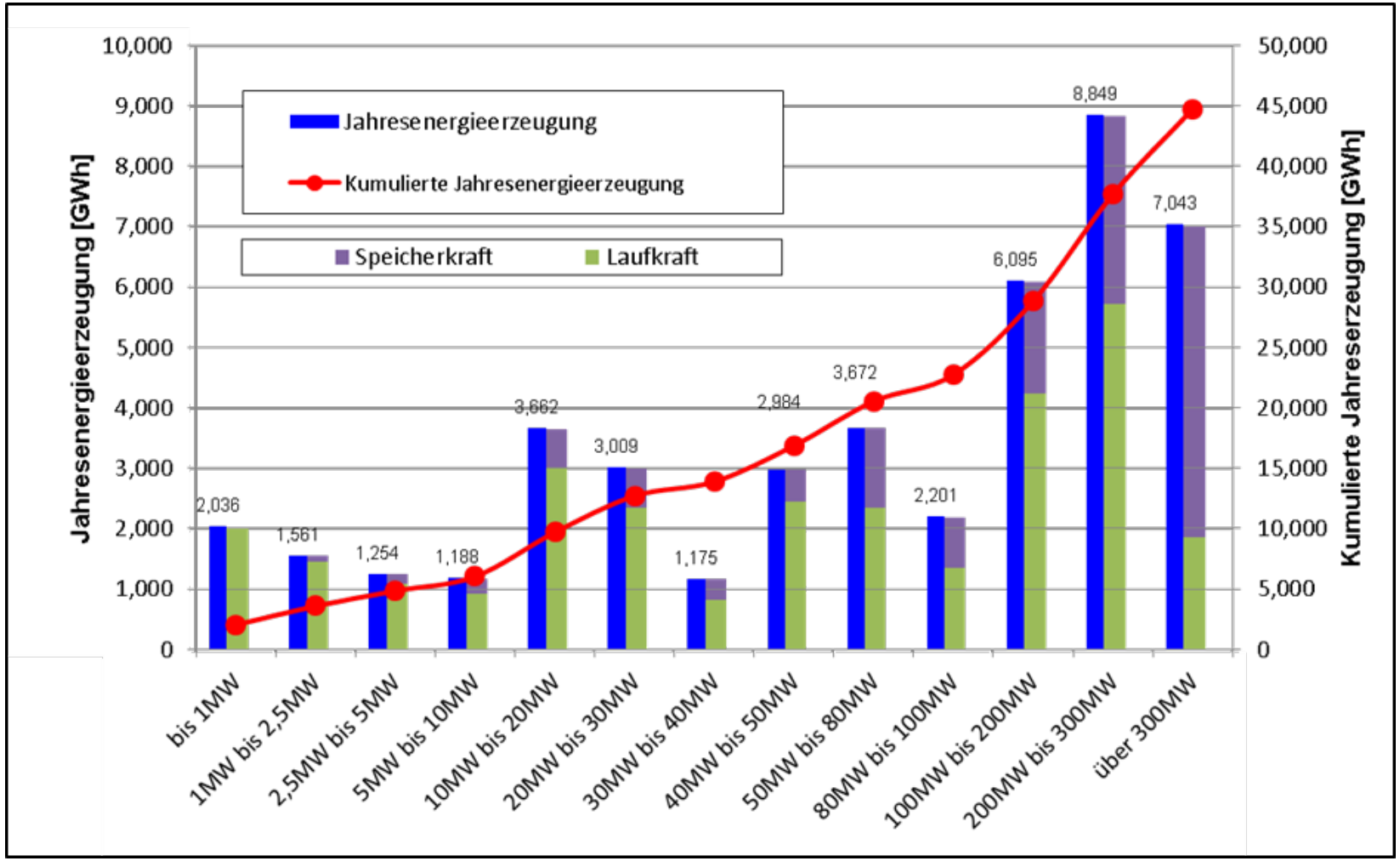


Kraftwerk Gössendorf, P=19 MW, CFD Modell



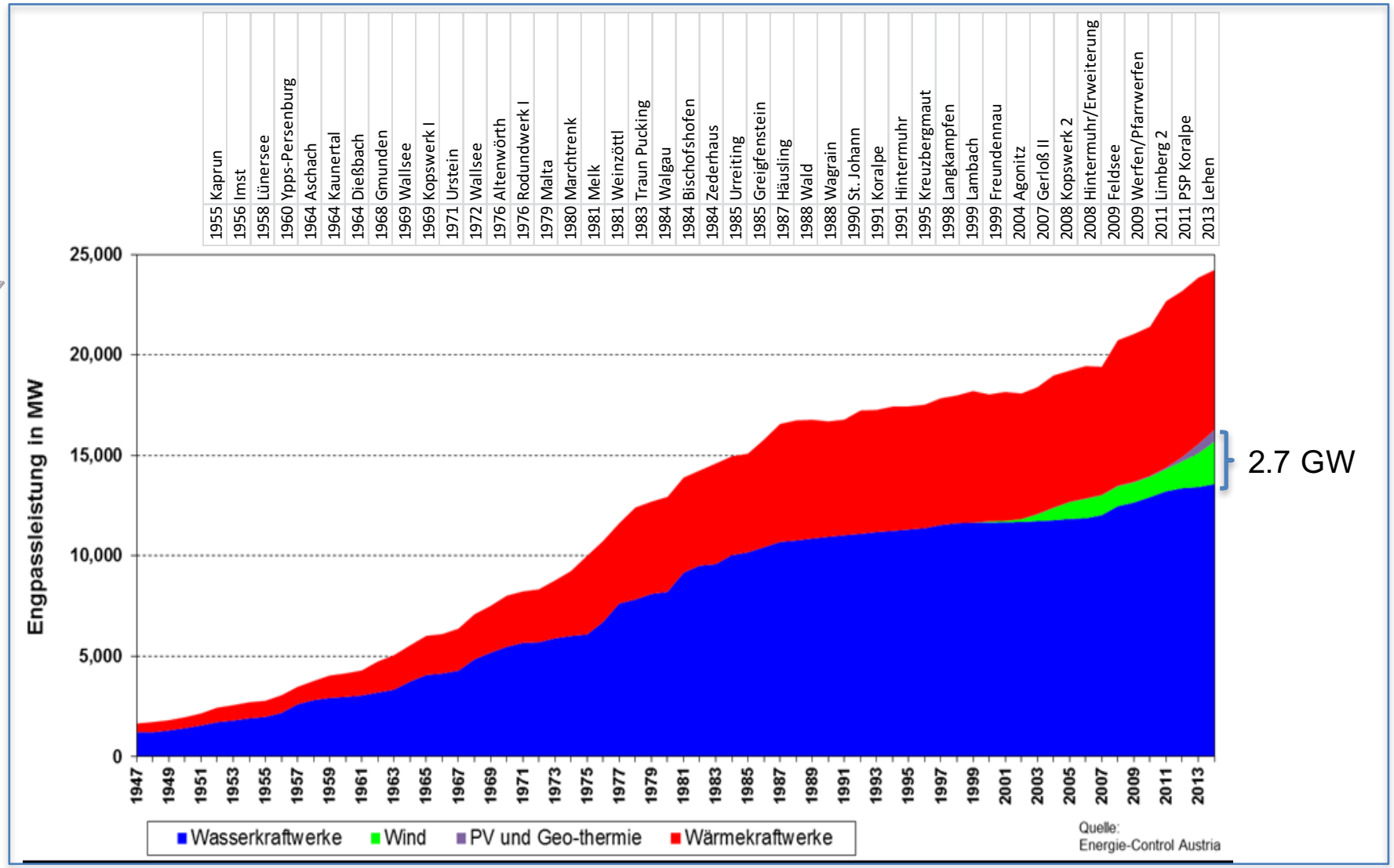
Anzahl der Wasserkraftwerke in Österreich, segmentiert nach Leistung
(Quelle: Eigene Darstellung, Datenbasis: e-control, Kraftwerke per 2014, Stichtag August 2015)

- 1.1 % der Kraftwerke > 100 MW aber 49% Erzeugung !
- Speicherkraftwerke liefern 59% der Stromerzeugung



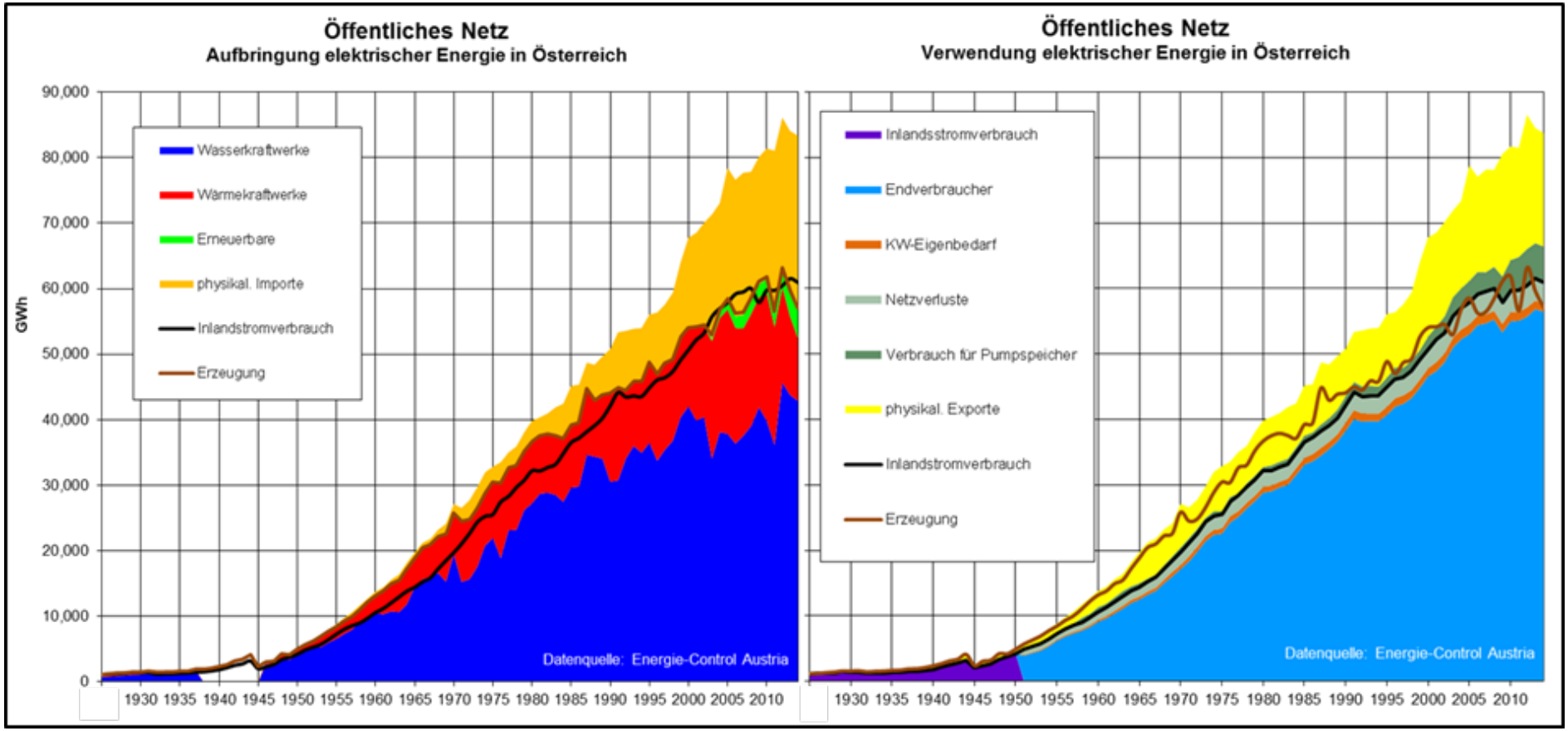
Erzeugung der Wasserkraftwerke in Österreich, segmentiert nach Leistung, (Quelle: Eigene Darstellung, Datenbasis: e-control, Kraftwerke per 2014, Stichtag August 2015)

- 2.7 GW installierter Leistung von Wind u. Photovoltaik, seit Jahrtausendwende



Installierte Leistung zur Stromerzeugung durch erneuerbare Energieträger in Österreich (Quelle: Eigene Darstellung, Datenbasis: e-control, Kraftwerke per 2014, Stichtag August 2015)

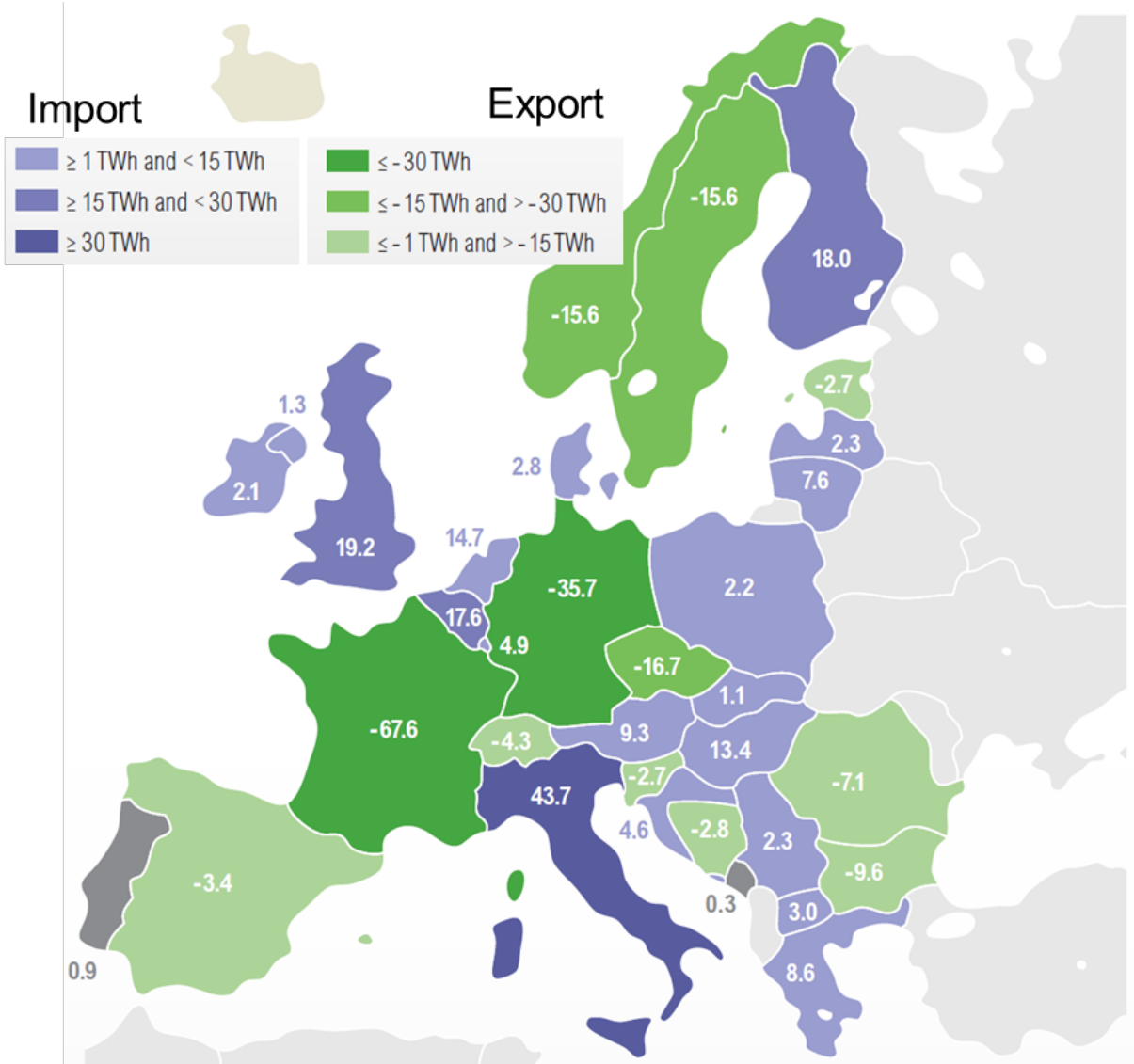
- Aufbringung und Verbrauch von elektrischer Energie in Österreich erreicht 85 TWh
- Erzeugung in Österreich 68 TWh (Wasserkraftanteil 67%)
- Exporte und Importe: Nettoimporteur …



Erzeugung und Verbrauch elektrischer Energie in Österreich

Europäische Strom Im- und Exporte

- Nettoimporte Ö: 9.3 TWh
- Größte Exporteure F,D
- Größte Importeure I, GB

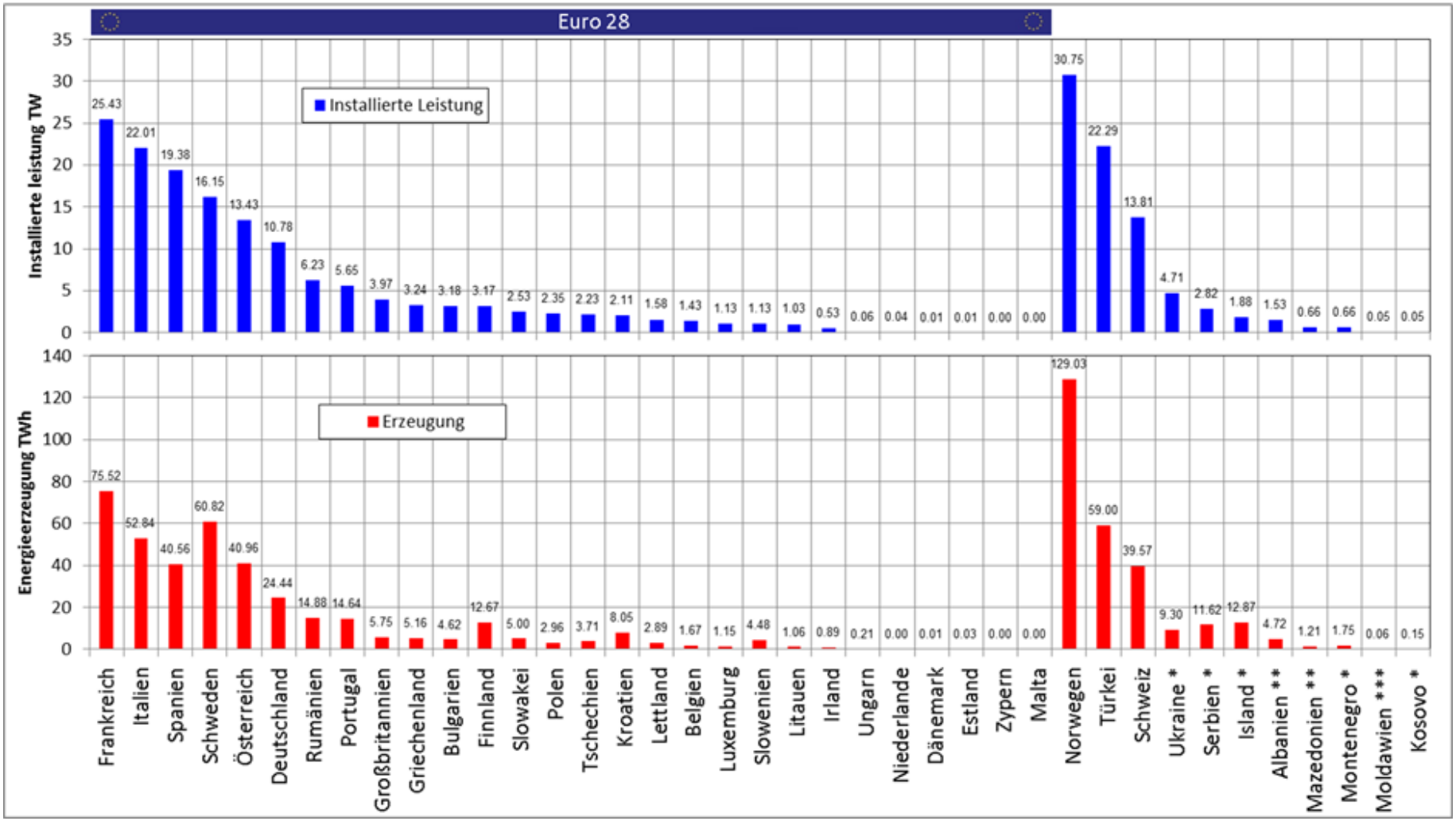


Laufrad Kops II

Strombilanzen europäischer Länder, Quelle [6]

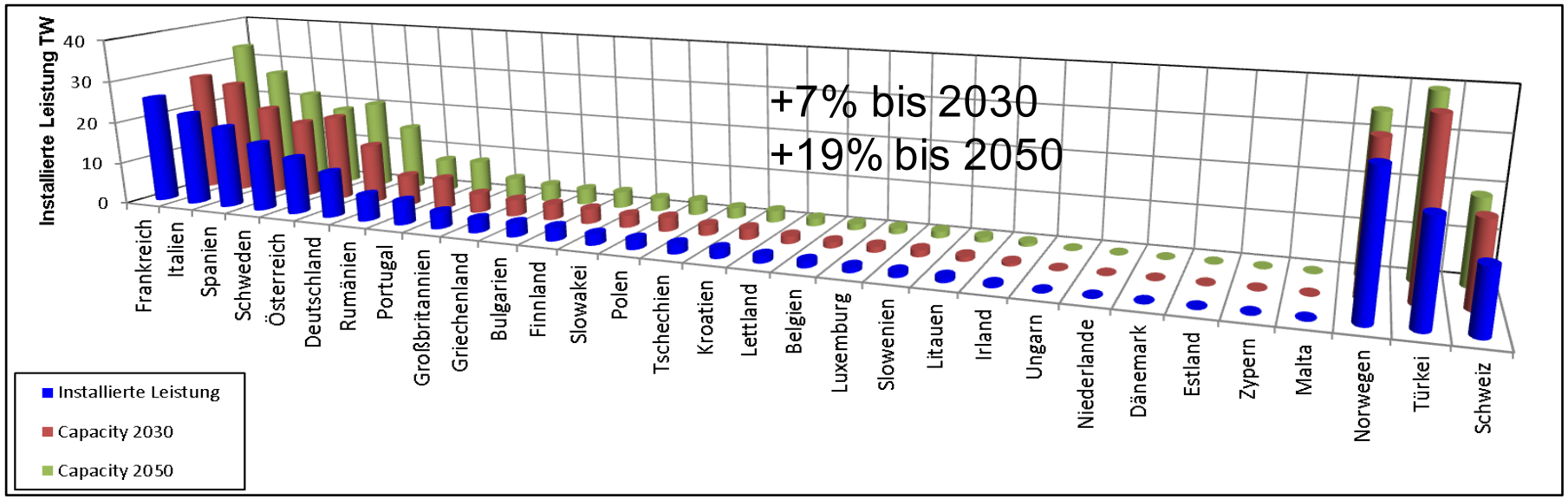
Europa: Installierte Leistung und Stromerzeugung aus Wasserkraft

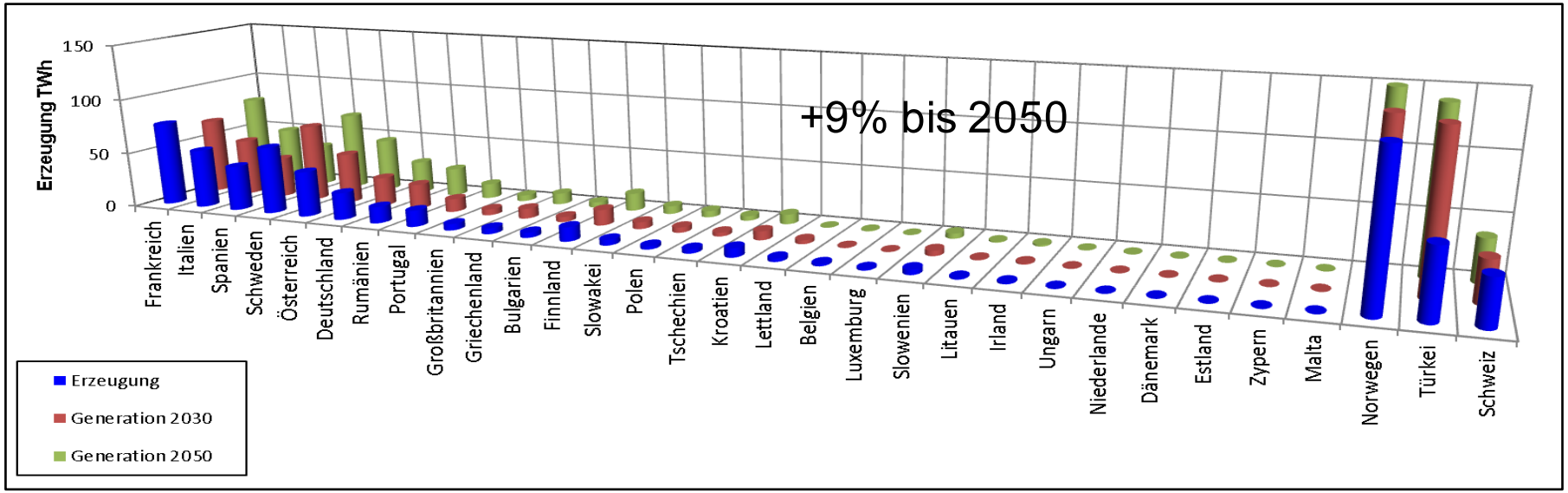
- Frankreich ist das größte Wasserkraftland in der EU
- Norwegen ist das größte Wasserkraftland in Europa



Installierte Leistung und Energieerzeugung in Europa, eigene Darstellung [3], [5], [15], [16], [19],[21])

- Etwa 19% Steigerung der installierten Leistung in der EU, Ö: +400 MW / anno

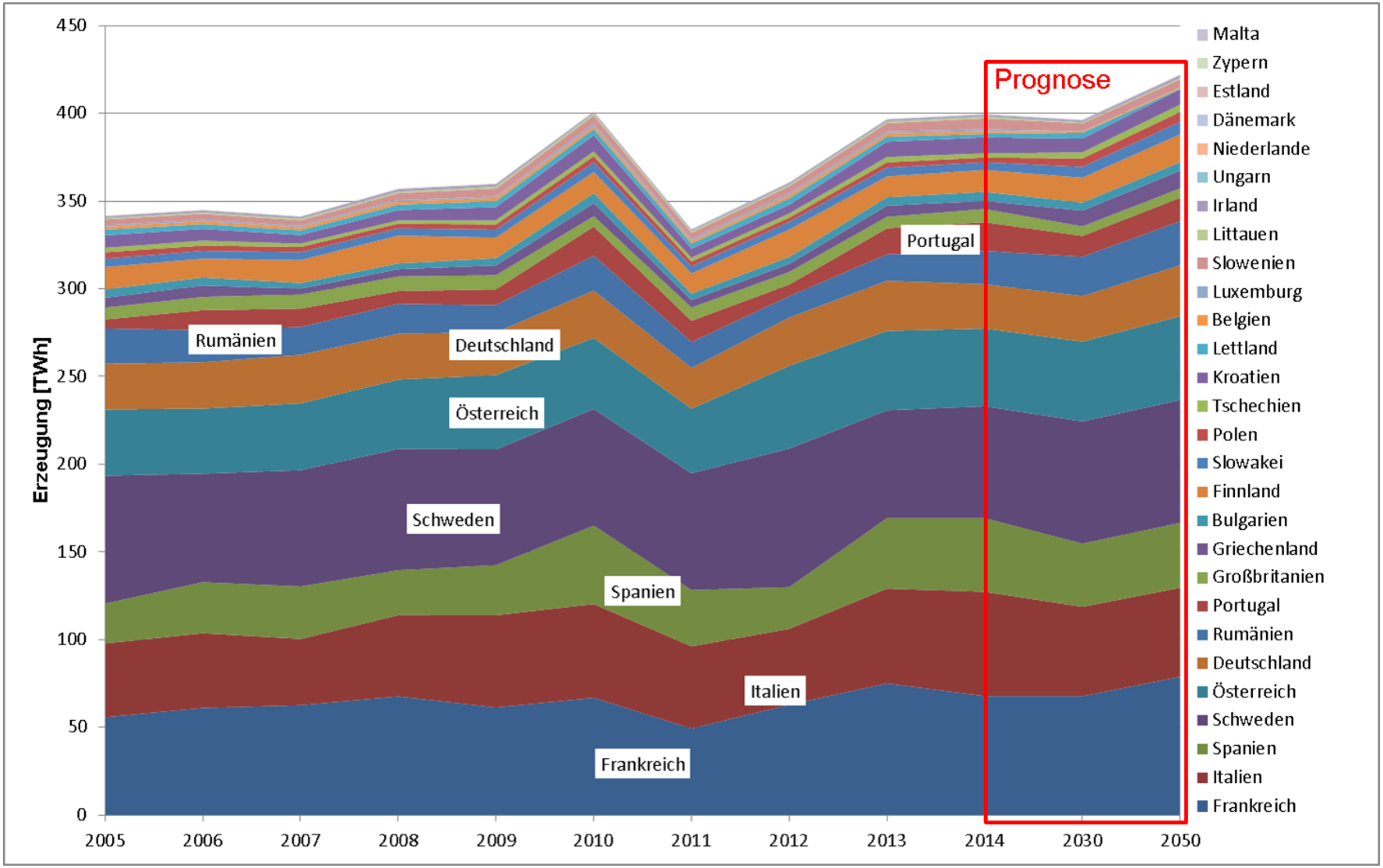




Zunahme der installierten Leistung und Erzeugerprognose nach DNV-GL [5]

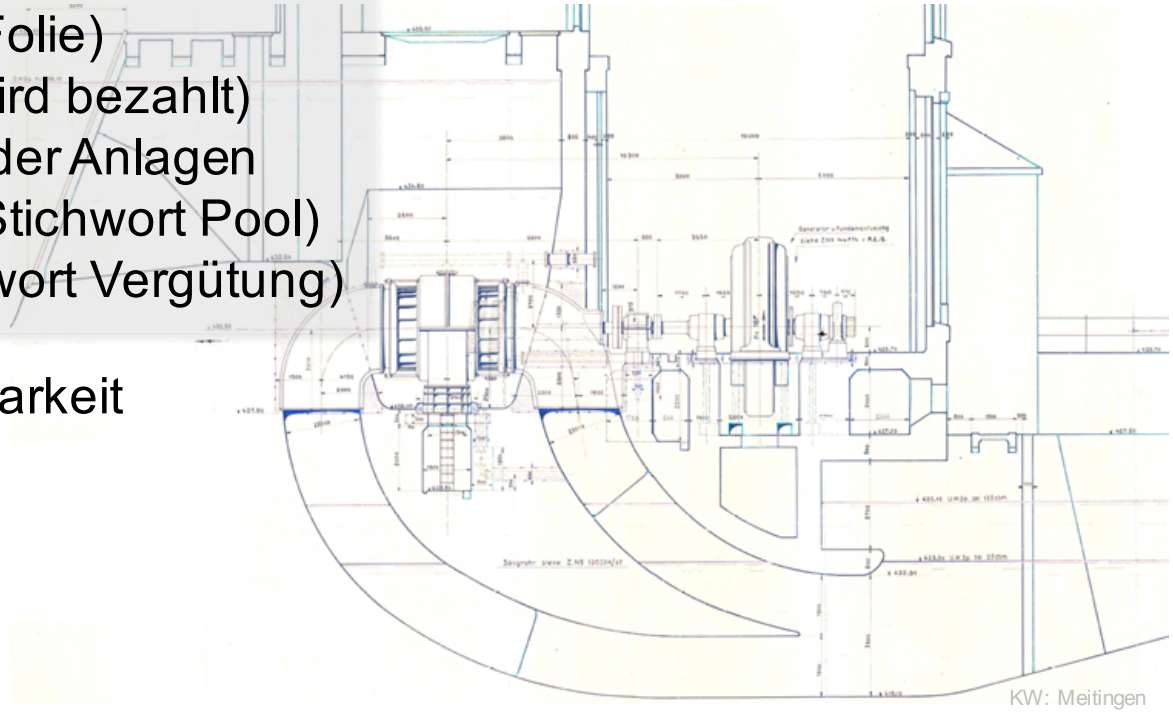
Europa: Prognose der Stromerzeugung aus Wasserkraft

- Steigerung der Erzeugung auf 425 TWh in der EU (9% bis 2050)
- 2011: sehr sonnig, wenig Regen in Gesamteuropa



Anforderungen, Maßnahmen und Grenzen

- Flexibilität (siehe nächste Folie)
  → Regelenergie (diese wird bezahlt)
- Technische Anpassungen der Anlagen
  → auch kleine Anlagen (Stichwort Pool)
  → Refurbishment (Stichwort Vergütung)



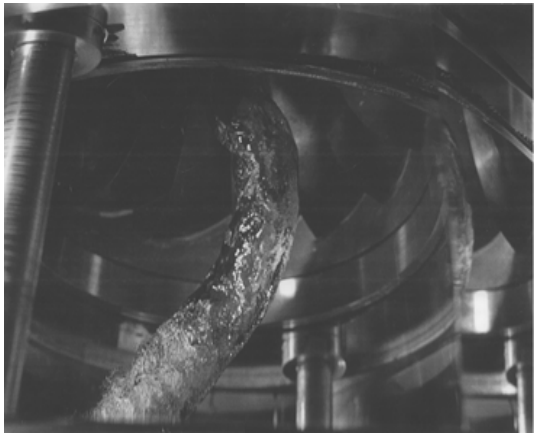
KW: Meitingen

- Wirkungsgrad und Verfügbarkeit
- Systemstabilität
- Lebensdauer von Anlagen
- Kostensenkung
- Planung und Einreichung

Quelle: Illwerke

- Grenzen:
  → Verschleiß
  → Teillast

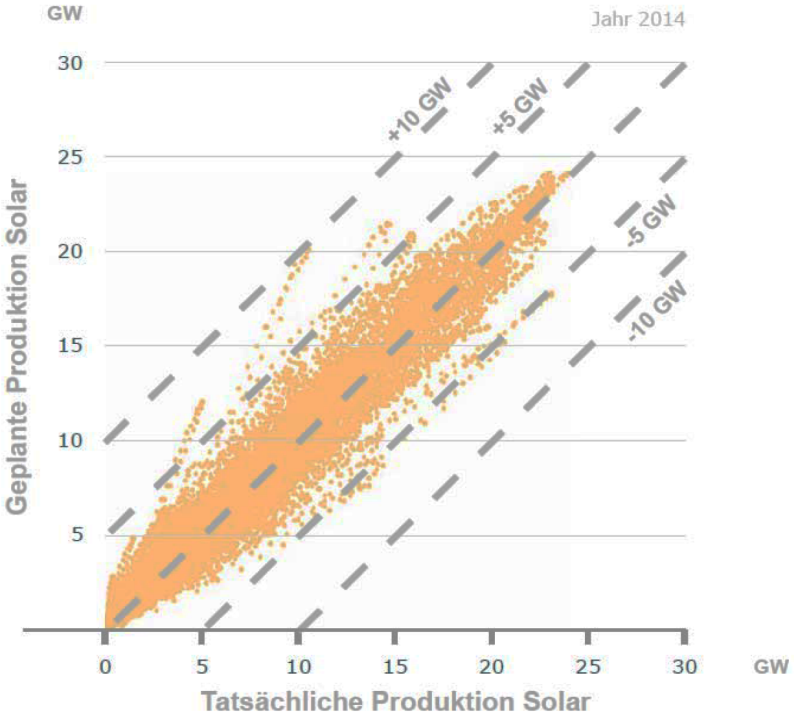
  → Ökologie

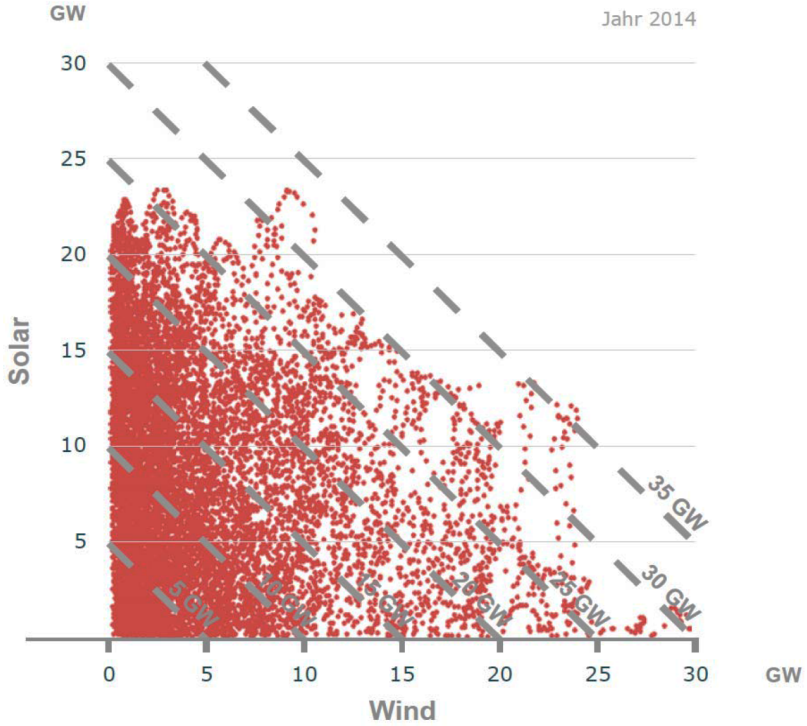


Quelle: HFM

- **Prognosefehler müssen kurzfristig ausgeglichen werden**
- **Σ Solar + Windleistung ist stets kleiner als die installierten Einzelleistungen**

Deutschland





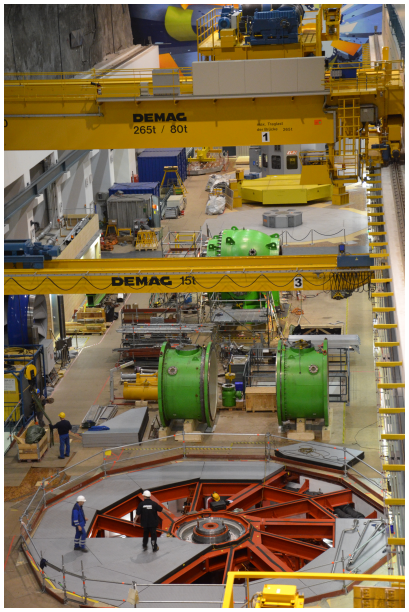
Quelle: Fraunhofer ISE [15] letzte Fassung vom 25.12.2015

Größte Pumpspeicherkraftwerke in Europa, Reihung nach Inbetriebnahme

Name	Staat	Maschinensätze	Gesamtleistung TU/PU [MW]	Erzeugung [GWh/anno]	Rohfall-höhe [m]	Inbetriebnahme	Betreiber
Malta/Reißeck	Österreich	2x Isogyre-PUTU, 11x Pelton, 5x PU, 2x Kaplan	1459 / 855	1219	bis 1773	ab 1958	AHP
Vianden	Luxemburg	9x Francis-TU & 9x Pumpe, 2x Francis-PUTU	1290 / 1040	-	280	1964	RWE
Coo-Trois-Ponts	Belgien	6x Francis-PUTU	1164 / 1101	-	275	1969	Electrabel
Roncovalgrande	Italien	8x Pelton & 8x PU	1040	-	736	1973	ENEL
Markersbach	Deutschland	6x Francis-PUTU	1046	-	288	1979	Vattenfall
Entracque	Italien	9x Francis-PUTU	1318 / 1318	1040	1048 / 598	1982	ENEL
Dinorwig	Großbritannien	6x Francis-PUTU	1728 / 1650	-	557	1984	FHC
Edolo	Italien	8x Francis-PUTU	1000 / 875	-	1265	1985	ENEL
Grand-Maison	Frankreich	4x Pelton & 8x Francis-PUTU	1800 / 1200	1420	955	1985	EDF
Goldisthal	Deutschland	4x Francis-PUTU	1060	-	302	2003	Vattenfall
Limmern	Schweiz	4x Francis-PUTU	1480	-	623	2016 (In Bau)	Axpo *
Dniester PSP	Ukraine	7x Francis-PUTU	2268	-	147	seit 2012 (In Bau)	Ukrhydroenergo

AHP=Austrian Hydro Power AG, *gemeinsam mit Kanton Glarus, FHC=First Hydro Company (75% GDF Suez, 25% Mitsui & Co), PUTU=Pumpturbine, PU=Pumpe, TU=Turbine

Quelle: eigene Zusammenstellung



PSP
Goldisthal

In Bau: Pumpspeicherwerk Limmern
Inbetriebnahme gepl. 2016

Weitere Projekte: Norwegen (im Süden mehrere Projekte), Deutschland: Energiespeicher Riedel, weitere ?
Schweiz: Nant de Drance

Größte Pumpspeicherkraftwerke in Österreich, Reihung nach Inbetriebnahme

Name	Bundesland	Maschinensätze	Leistung / Maschine		Gesamtleistung	Erzeugung [GWh/anno]	Rohfall-höhe [m]	Q_{Ausbau} TU/PU [m³/s]	Inbetrieb-nahme	Betreiber
			TU [MW]	PU [MW]	TU/PU [MW]					
Rodundwerk I	Vorarlberg	4x Francis & 1x PU 2-flutig 2-stufig	50	40	198 / 41	332.0	354	60 / 10	ab 1943	VIW
Kaprun - Limberg I	Salzburg	2x Francis & 2x PU 2-flutig 2-stufig	61	65	113 / 113	150.4	365	36	1955	AHP
Lünerseewerk	Vorarlberg	5x Pelton 4-düsig & 5x PU 1-flutig 5-stufig	56	45	280 / 224	371.0	974	32 / 28	1958	VIW
Roßhag	Tirol	4x Francis & 4x PU 1-flutig 2-stufig	62	60	248/240	313.2	630	52	1972	AHP
Rodundwerk II	Vorarlberg	1x Francis PUTU	295	286	295 / 286	486.0	354	98 / 73	1976	VIW
Malta-Hauptstufe	Kärnten	4x Pelton 6-düsig & 2x PU 1-flutig 4-stufig	183	145	730 / 290	618.4	1106	80	1979	AHP
Malta-Oberstufe	Kärnten	2x Isogyre-PUTU	60	59	120 / 120	37.4	198	70	1979	AHP
Kühtai	Tirol	2x Francis-PUTU	145	125	289 / 250	-	440	-	1981	TIWAG
Häusling	Tirol	2x Francis & 2x PU 1-flutig 2-stufig	180	183	360 /366	175.2	696	65	1988	AHP
Kopswerk II	Vorarlberg	3x Pelton 6-düsig & 3x PU 1-flutig 3-stufig	175	160	525 / 480	-	818	76 / 58	2008	VIW
Kaprun - Limberg II	Salzburg	2x Francis-PUTU	240	240	480 / 480	-	346	144 / 137	2011	AHP
Feldsee	Kärnten	2x Francis-PUTU	70	70	140 / 140	300.0	524	14,7 / 11,3	2009/2011	KELAG
Reißeck II	Kärnten	2x Francis-PUTU	215	215	430 / 430	-	595	80	-	AHP/KELAG

AHP=Austrian Hydro Power AG, VIW=Voralberger Illwerke AG, TIWAG=Tiroler Wasserkarft AG, KELAG=Kärntner Elektrizitäts AG, PUTU=Pumpturbine, PU=Pumpe, TU=Turbine

Quelle: eigene Zusammenstellung

Laufrad Limberg II

Reiseck II

In Bau: Obervermunt II [17]
Inbetriebnahme gepl. 2018

Weitere Projekte: Tauernmoos 130 MW, Kaunertal 400 MW, Limberg III 480 MW, Energiespeicher Riedl 300 MW, Kuhtai II 130 MW, Molln 300 MW, Ebensee 150 MW, Koralm 940 MW

- Wasserkraft hat und wird einen massiven Beitrag zur Erreichung der Energieziele in Europa beitragen
- Langlebige Technologie
- Höchste Wirkungsgrade
- Derzeit einzig großtechnische Speichermöglichkeit

Fairer Markt ohne Verzerrung
Fundamentaler Wandel im Versorgungssystem durch Photovoltaik und Windkraft

Potential der Wasserkraft auch für die Zukunft

Referenzen

(1) Bundesverband Windenergie, „Installiere Windenergieleistung in Deutschland", Stand 31.12.2015, https://www.wind-energie.de/infocenter/statistiken/deutschland/installierte-windenergieleistung-deutschland

(2) Burger, B., „Stromerzeugung aus Solar- und Windenergie im Jahr 2014", Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2014, https://www.ise.fraunhofer.de/de/downloads/pdf-files/data-nivc-/stromproduktion-aus-solar-und-windenergie-2014.pdf

(3) AITT – Ciofu, A., Plamadeala, I., ODIMM– Popa, O., Luchian., S., "Energy Sector in the Republic of Moldova", 2014, https://ener2i.eu/page/34/attach/0_Moldova_Country_Report.pdf

(4) DNV-GL, "Macro-economic Study on Hydropower. A European Hydropower Initiative by Hydropower Companies and Associations. The hydropower sector's contribution to a sustainable and prosperous Europe", Presentation of study results and policy recommendations, Final Version 19.6.2015, http://www.statkraft.com/globalassets/1-statkraft-public/1-about-statkraft/energi-og-klima/20150619_final-presentation_macroeconomic-value-of-hydropower-in-europe.pdf

(5) DNV-GL, "The hydropower sector's contribution to a sustainable and prosperous Europe, Main Report, On behalf of: A European Hydropower Initiative of Hydropower Companies and (supported by) Associations", Last Revision: 10 June 2015, http://energia.fi/sites/default/files/main_report_-_macro-economic_study_on_hydropower_in_europe.pdf

(6) Entsoe, "Electricity in Europe, Synthetic Overview of Electric System Consumption, Generation and Exchanges in the Entso-e Area", 2014, http://www.rte-france.com/sites/ default/files/entsoe_electricity_in_europe_2014.pdf

(7) EU Amtsblatt, „Richlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik", 2000

(8) Eurelectric, Electricity for Europe, "Hydro in Europe: Powering Renewables, Synopsis Report", September 2011, http://www.eurelectric.org/media/26440/hydro_report_final_110926_01-2011-160-0005-01-e.pdf

(9) European Commission, "Energy Union Package, A Framework Strategy for a Resilient Energy Union with a Forward-Looking Climate Change Policy", Brussels, 25.2.2015, COM(2015) 80 final, https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/publication/FOR%20WEB%20energyunion_with%20_annex_en.pdf

(10) European Commission, "Quarterly Report on European Electricity Markets Market Observatory for Energy DG Energy, Volume 8 (Issue 3; third quarter of 2015), https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/quarterly_report_on_european_electricity_markets_q3_2015.pdf

(11) Eurostat Statistical books, "Key figures on Europe 2015 edition", http://ec.europa.eu/eurostat/ documents/3217494/7072644/KS-EI-15-001-EN-N.pdf

(12) Fraunhofer ISE, „Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland", Fassung vom 25.12.2015, https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/veroeffentlichungen-pdf-dateien/studien-und-konzeptpapiere/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf

(13) Geth, F., Brijs, T., Kathan J., Driesen, J., Belmans, R., "An overview of large-scale stationary electricity storage plants in Europe: Current status and new developments", Renewable and Sustainable Energy Reviews 52 (2015), Seiten 1212-1227, 2015.

(14) Gruber, H., „Entwicklungen in der Wasserkraft als Baustein der Stromwende", 4. Praktikerkonferenz Wasserkraft/Turbinen/Systeme, Graz, 2015.

(15) International hydropower association, http://www.hydropower.org/

(16) KPMG, "Central and Eastern European Hydro Power Outlook", 2010, http://kpmg.de/docs/central_and_eastern_european_hydro_power_outlook_web_secured.pd

(17) Menel, H., „Die Zukunft von Speicher- und Pumpspeicherkraftwerken", Praktikerkonferenz Wasserkraft/Turbinen/Systeme, Graz, 2015.

(18) Penninger, G., „Kleinkraftwerke im Verbund, Kostenoptimierung unter dem Druck geänderter Rahmenbedingungen", Praktikerkonferenz Wasserkraft/Turbinen/Systeme, Graz, 2015.

(19) REN 21, Renewable Energy Policy for the 21st Century, "Renewables 2013, Global Status Report, ISBN 978-3-9815934-0-2, http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2013/GSR2013_lowres.pdf

(20) Statista, „Wasserkraft in Österreich – Statista-Dossier", study id 24346, 2015.

(21) Unido, "World Small Hydropower Development Report 2013, Executive Summary", 2013, http://www.smallhydroworld.org/fileadmin/user_upload/pdf/WSHPDR_2013_Executive_Summary.pdf Vollversion des Reports online unter http://www.smallhydroworld.org/fileadmin/user_upload/pdf/WSHPDR_2013_Final_Report-updated_version.pdf

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Fragen?

PSP Reisach

http://www.hfm.tugraz.at

http://wasserkraft.tugraz.at

master of wasserkraft engineering
POWERED BY HFM