



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE
Office fédéral de l'énergie OFEN
Ufficio federale dell'energia UFE
Swiss Federal Office of Energy SFOE



Was kann die Schweizer Wasserkraft zur Energiestrategie 2050 beitragen?

Klaus Jorde

Leiter Forschungsprogramm Wasserkraft

Bundesamt für Energie

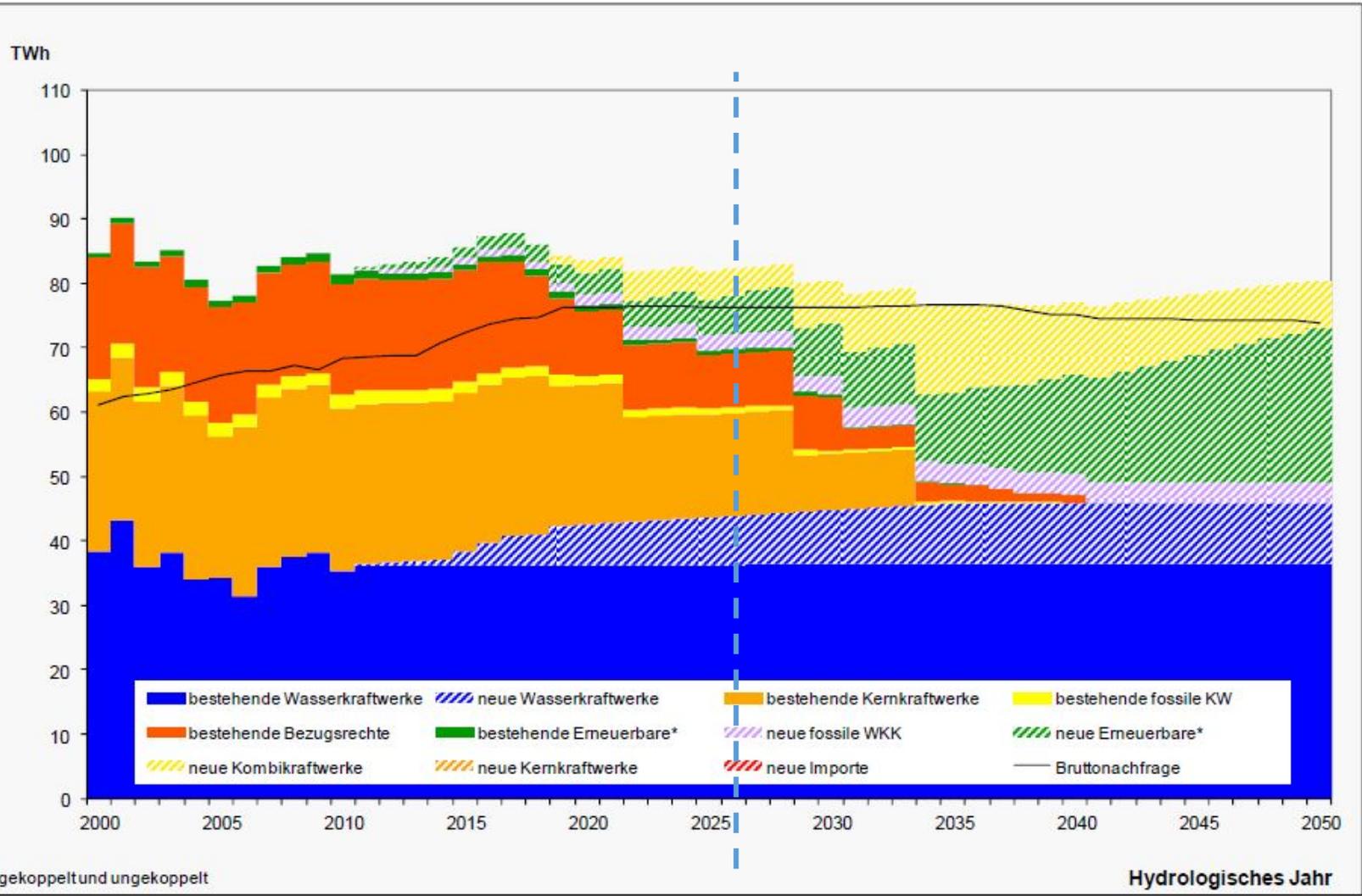


Was kann die Schweizer Wasserkraft zur Energiestrategie 2050 beitragen?

- Energiestrategie 2050 (ES)
- Erwartungen an die Schweizer Wasserkraft
- Woher können diese Potenziale kommen?
- Welche Konflikte entstehen daraus?
- Forschungsfragen
- Fazit



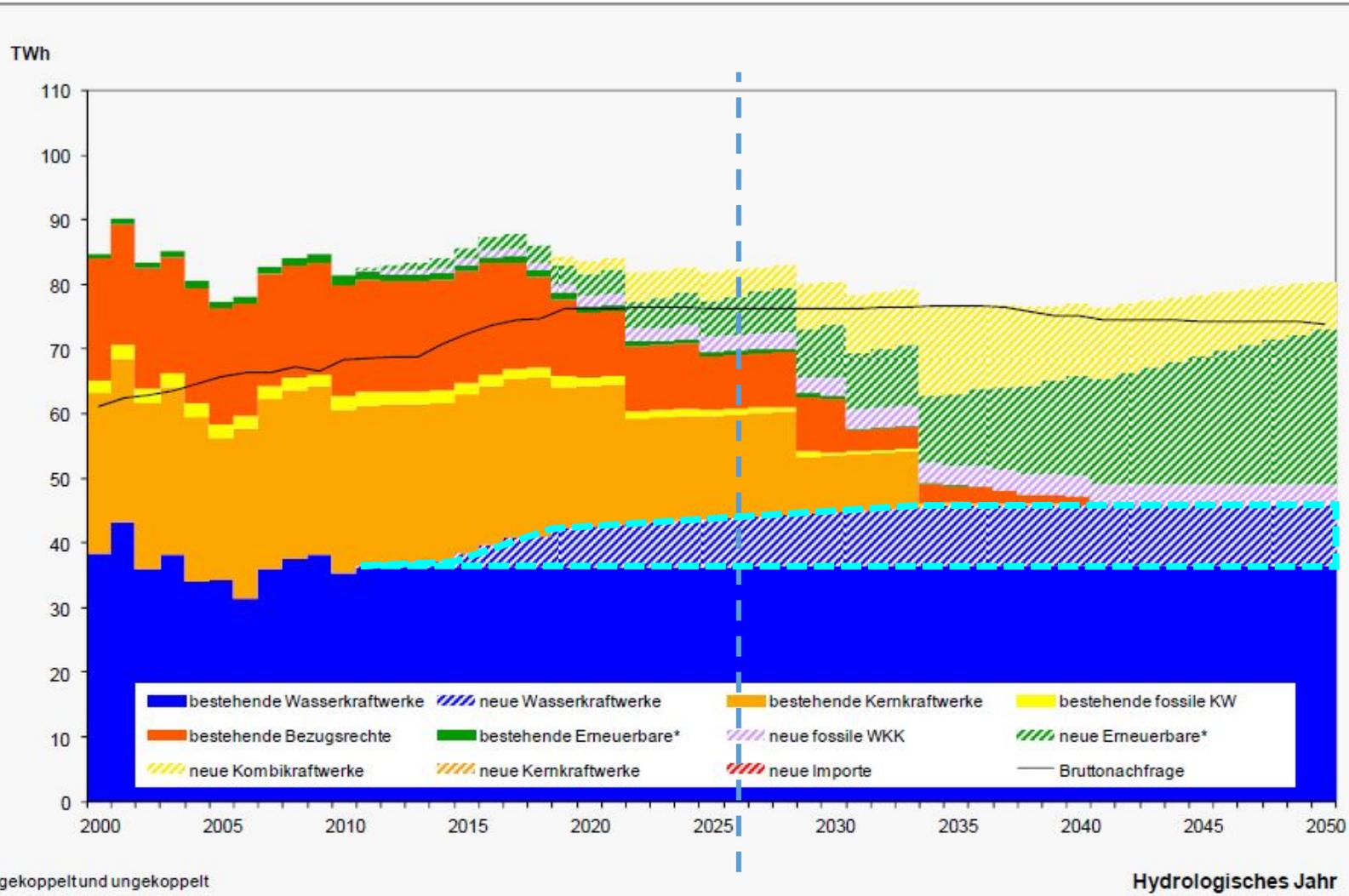
Energiestrategie 2050, generelle Ziele für die Stromversorgung



- Verschiedene Szenarien für den zukünftigen Strombedarf
- Ersatz der Kernkraftwerke (KKWs) und der bestehenden Importverträge
- **Steigerung der Erzeugung aus Wasserkraft um ca. 8 – 10%**
- Steigerung der neuen Erneuerbaren
- Vorübergehend Gas-Kombi KW



Energiestrategie 2050, generelle Ziele für die Stromversorgung

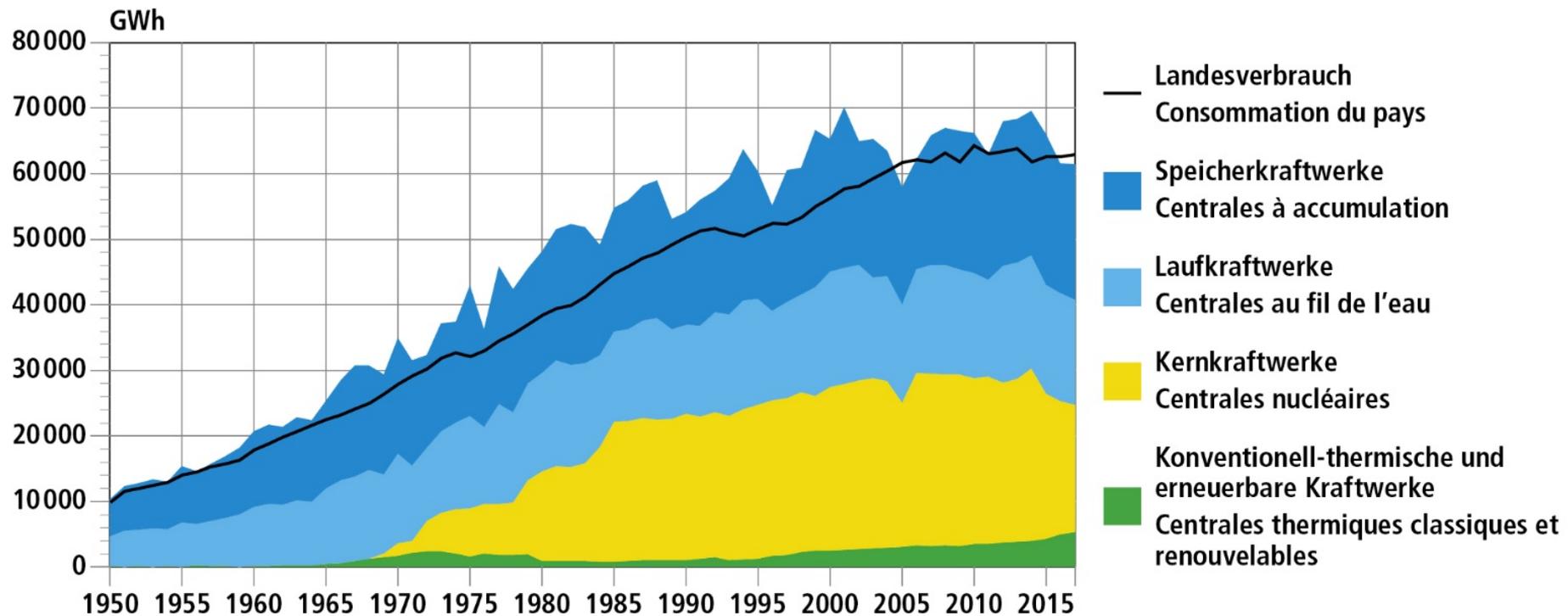


- Verschiedene Szenarien für den zukünftigen Strombedarf
- Ersatz der Kernkraftwerke (KKWs) und der bestehenden Importverträge
- **Steigerung der Erzeugung aus Wasserkraft um ca. 8 – 10%**
- Steigerung der neuen Erneuerbaren
- Vorübergehend Gas-Kombi KW



Energiestatistik des Bundes zur Stromerzeugung

Fig. 9 Entwicklung der einzelnen Erzeugerkategorien seit 1950
Evolution des différentes catégories de production depuis 1950



Grafiken der Elektrizitätsstatistik 2017

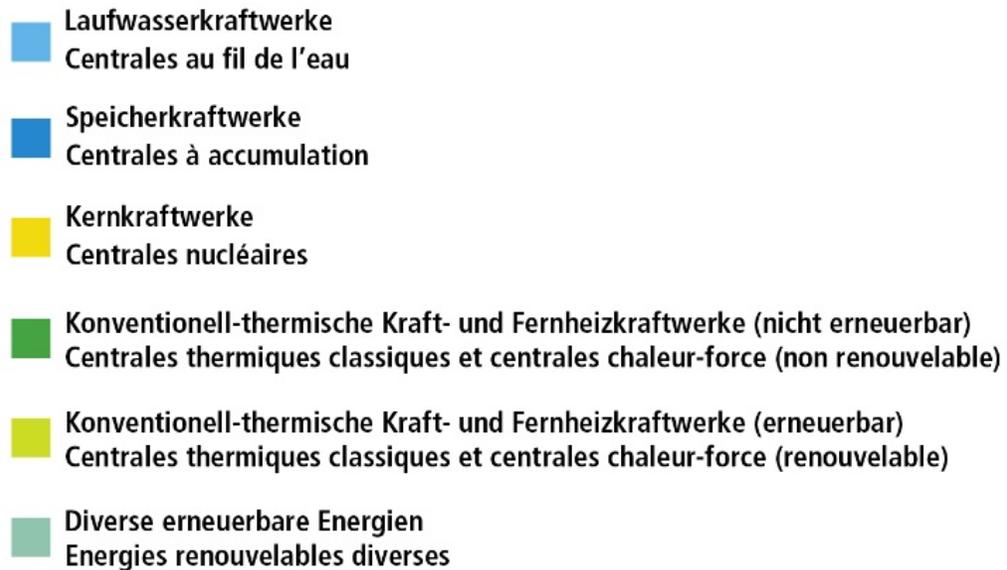
 BFE, Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2017 (Fig. 9)
OFEN, Statistique suisse de l'électricité 2017 (fig. 9)



Energiestatistik des Bundes zur Stromerzeugung

- 623 Wasserkraftwerke > 300 kW
- 36,2 TWh mittlere Jahreserzeugung
- 56 % der Stromerzeugung in der Schweiz
- Installierte Leistung 13,76 GW

Fig. 1 Stromproduktion 2017 nach Kraftwerkkategorien
Production d'électricité en 2017 par catégories de centrales



 BFE, Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2017 (Fig. 1)
 OFEN, Statistique suisse de l'électricité 2017 (fig. 1)



Potenziale, die für die Energiestrategie 2050 angesetzt wurden

TWh/a	Heutige Nutzungsbedingungen	Optimierte Nutzungsbedingungen
Neue Grosswasserkraftanlagen	0,77	1,43
Neue Kleinwasserkraft (<10 MW)	1,29	1,60
Erneuerung/Ausbau bestehender Grosswasserkraft	0,87	1,53
Auswirkungen GSchG (Restwassersanierung)	-1,4	-1,4
Zusätzliche Erzeugung gesamt:	1,53	3,16
Netto zusätzlich aus Grosswasserkraft*	0,38	1,70

- Basierend auf Umfragen bei den Kantonen und Behörden
- Experteneinschätzungen
- Realisierungschancen [%]
- Kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) Datenbasis Kleinwasserkraft

- „Optimierte Nutzungsbedingungen“
- Verbesserte wirtschaftliche Rahmenbedingungen
 - stärkere Hinwendung zur Nutzung der Gewässer anstelle Schutz

* Annahme, dass 90% der Erzeugungsverluste infolge Restwassersanierung auf Grosswasserkraft entfallen



SWISS COMPETENCE CENTER for ENERGY RESEARCH
SUPPLY of ELECTRICITY



www.sccer-soe.ch



Kernfrage Wasserkraft:

- Kann die Stromerzeugung aus Wasserkraft in der Schweiz um 8 – 10 % gesteigert werden?
- Welche Massnahmen sind hierfür erforderlich



Potenziale für Neubau, Teilerneuerung und Erweiterung von grossen WKA

Realisierungswahrscheinlichkeit gemäss BFE

- ~ 100%
- > 75%
- ~ 25-75%
- < 25%

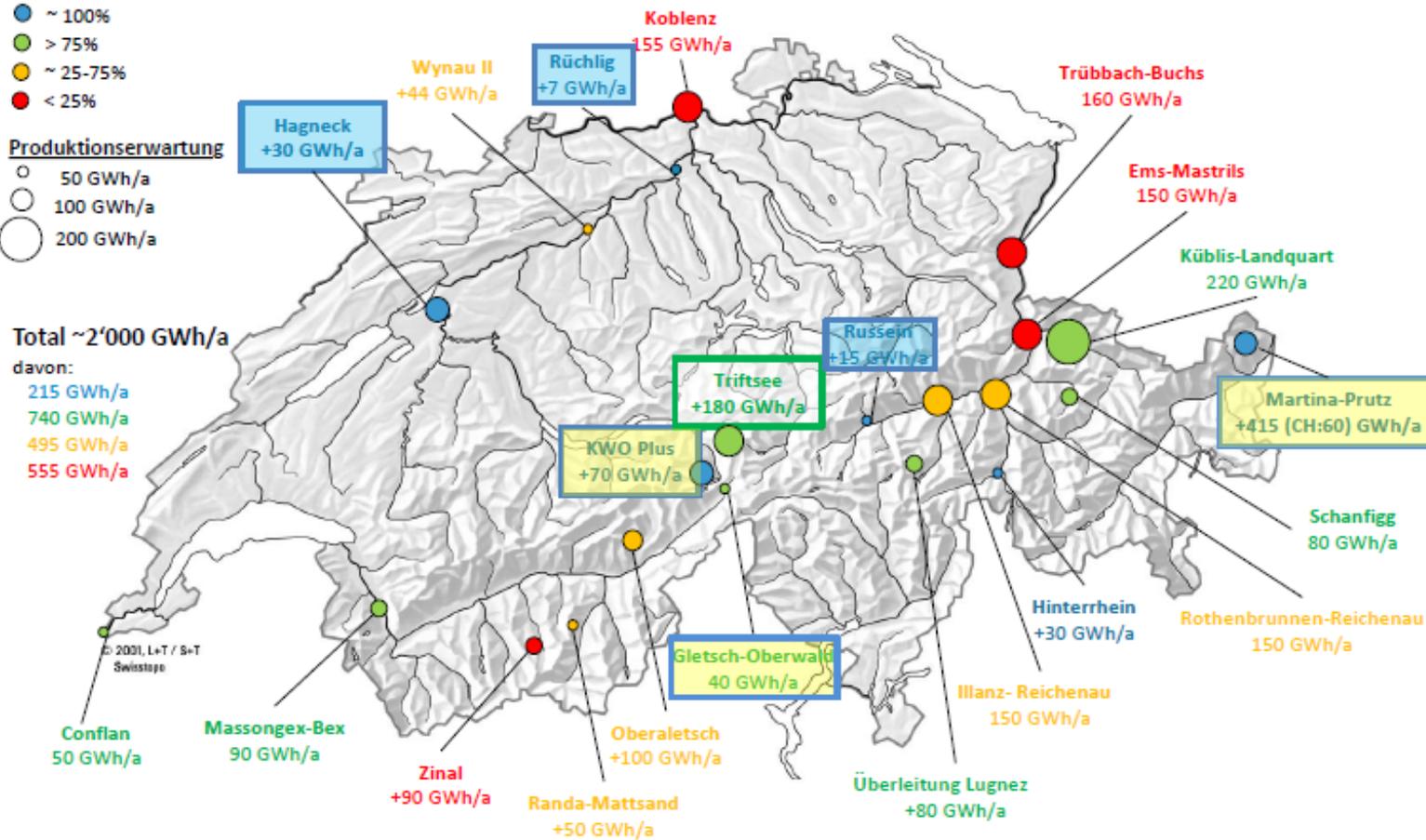
Produktionserwartung

- 50 GWh/a
- 100 GWh/a
- 200 GWh/a

Total ~2'000 GWh/a

davon:

- 215 GWh/a
- 740 GWh/a
- 495 GWh/a
- 555 GWh/a



Vorhandene Studien und Planungen für Neubauten und Erweiterungen bestehender Grosskraftwerke

Projekte müssen mit einer „Realisierungswahrscheinlichkeit“ gewichtet werden bzw. es werden nur Projekte mit hoher Realisierungswahrscheinlichkeit > 75% berücksichtigt.

Karte: Darstellung nach SWV; Datenquelle: BFE (2012), Ergänzungen SWV (2013), VAW (2014+2016)

Information von R. Boes, VAW



Potenziale für Neubau, Teilerneuerung und Erweiterung von Niederdruck-Laufwasserkraftwerken

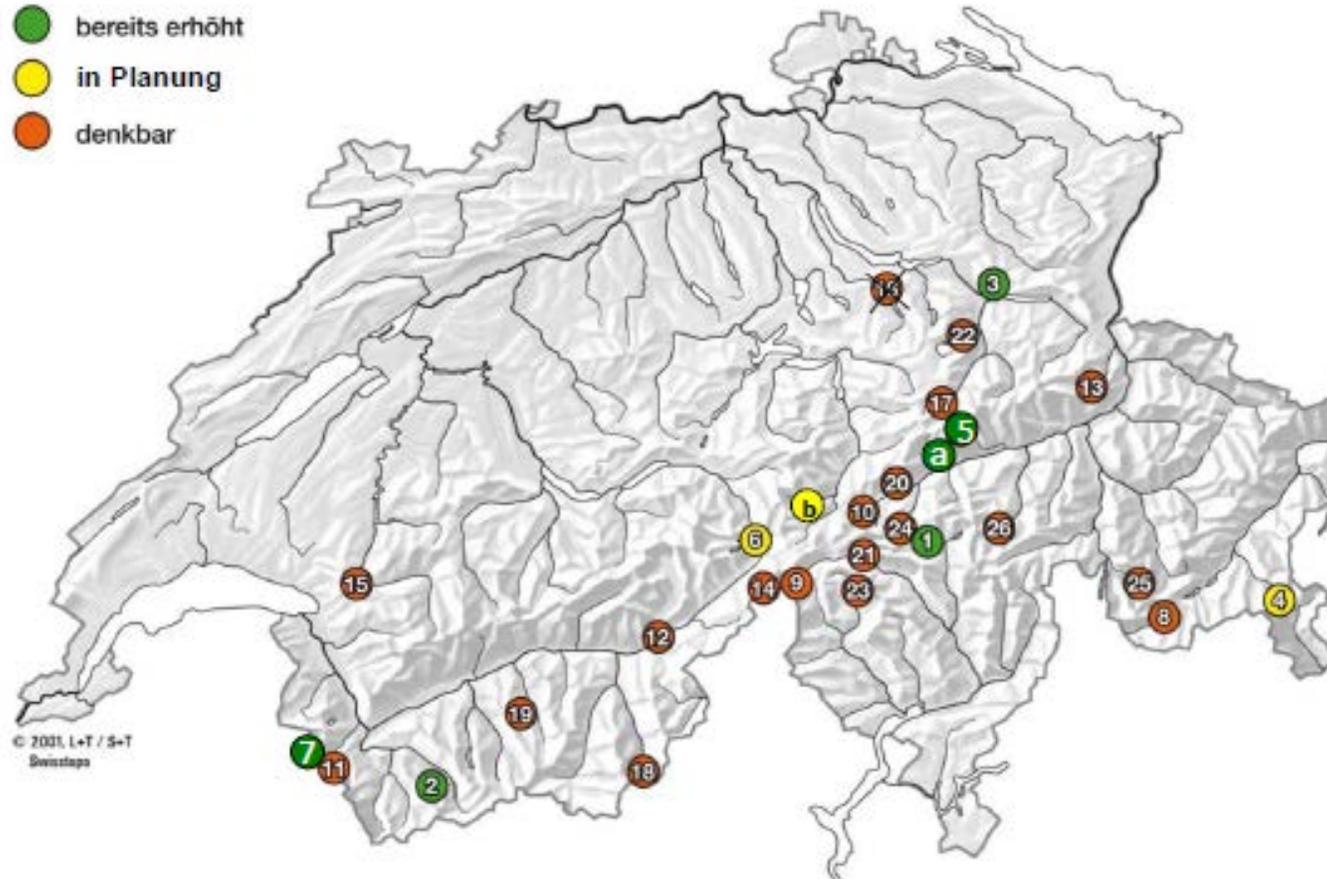


Foto: Energiedienst

An den Flüssen Rhein und Aare, in geringem Mass auch noch an Rhone und Reuss/Bremgarten bestehen Ausbaupotenziale bei den vorhandenen Niederdruck-Laufwasserkraftwerken



Potenzial für zusätzliche Speicherkapazität durch die Erhöhung bestehender Talsperren



Bereits erhöht bzw. Neubau:

- 1 Luzzone (17 m)
- 2 Mauvoisin (13.5 m)
- 3 Muslen (5 m)
- 5 Muttsee (neu, 35 m)
- 7 Vieux-Emosson (20 m)
- a Barcuns (5 m)

In Planung:

- 4 Lago Bianco N/S
- 6 Spitalamm/Seeuferegg (101 hm³)
- 6 Göscheneralp (76 hm³)

Denkbar:

- 8 Albigna (70 hm³)
- 9 Cavagnoli (29 hm³)
- 10 Curnera (40.8 hm³)
- 11 Emosson (227 hm³)
- 12 Gebidem (9.2 hm³)
- 13 Gigenwald (33.4 hm³)
- 14 Gries (18 hm³)
- 15 Hongrin (52 hm³)
- 16 In den Schiagen/ Hünernmatttdamm
- 17 Limmern (92 hm³)
- 18 Mattmark (100 hm³)
- 19 Moiry (77 hm³)
- 20 Nalps (44.5 hm³)
- 21 Piora (47.5 hm³)
- 22 Rhodannenbergl (39.8 hm³)
- 23 Sambucco (64 Mio. m³)
- 24 Santa Maria (67 hm³)
- 25 Valle di Lei (197 hm³)
- 26 Zervreila (100 hm³)

Zusätzliche saisonale Speicherkapazität aber keine zusätzliche Jahreserzeugung

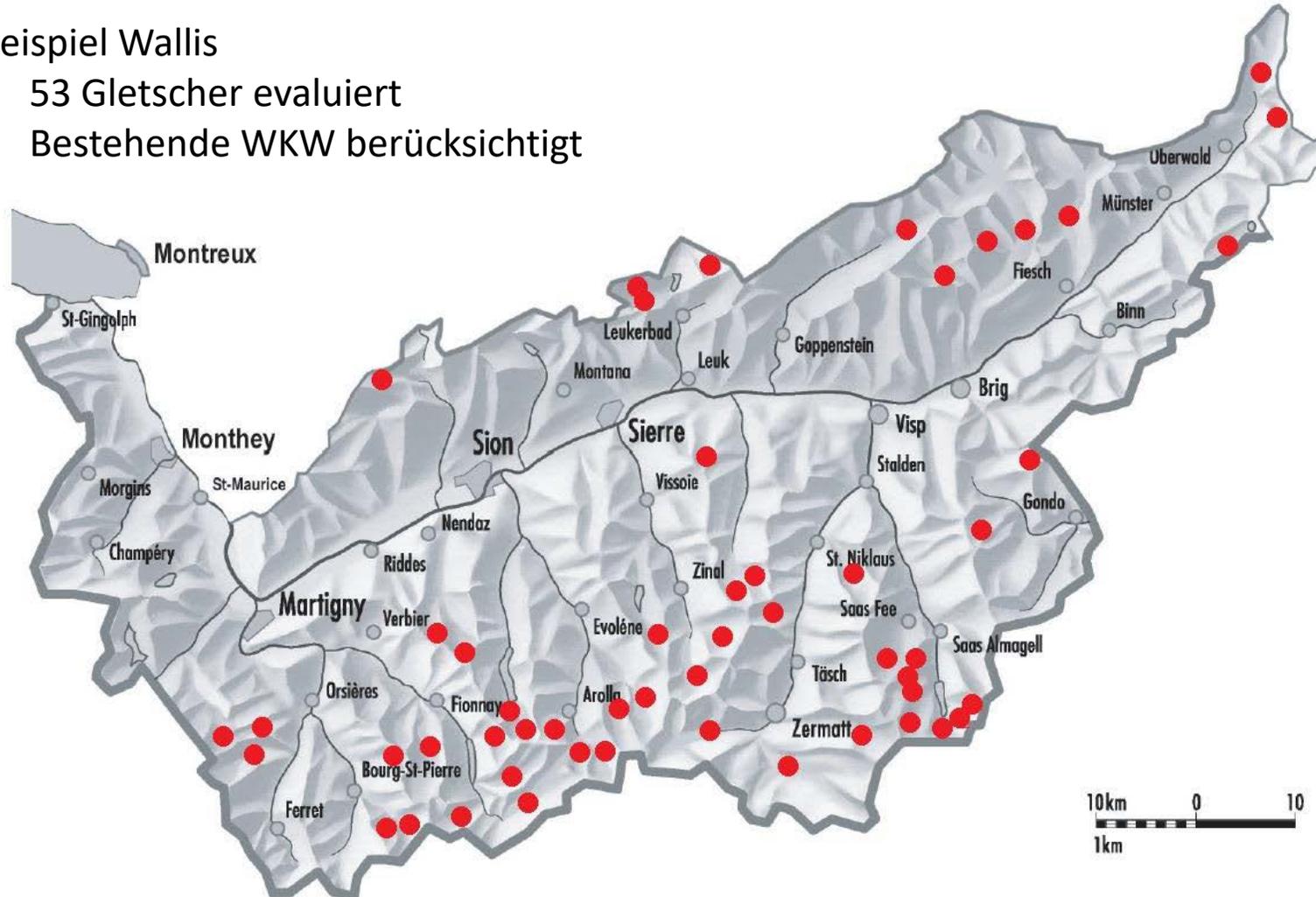
Quelle: SCCER-SoE, VAW



Neue periglaziale Wasserkraftwerke (WKW)

Beispiel Wallis

- 53 Gletscher evaluiert
- Bestehende WKW berücksichtigt



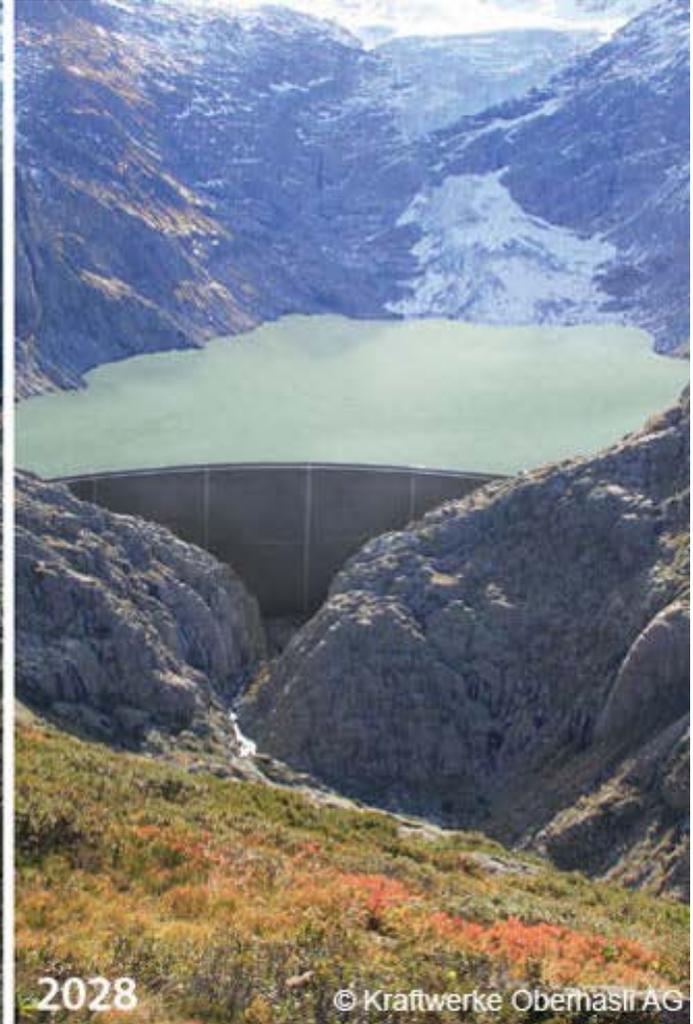
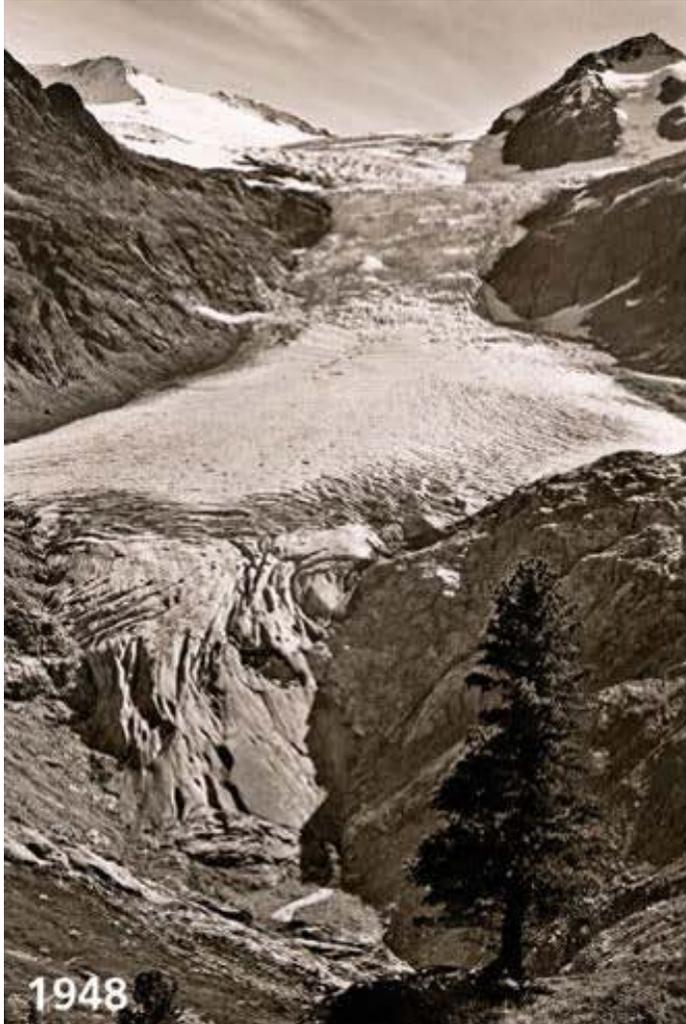
Systematische Bewertung von 62 Gletschern in der Schweiz, die durch den Rückgang zu potentiellen Standorten für neue Speicherkraftwerke werden könnten, Identifikation von 7 prioritär geeigneten Standorten

Aus: Fallegger, Master Thesis, 2014, sowie Ehrbar, Versuchsanstalt für Wasserbau der ETHZ, 2018



Neue periglaziale WKW

Kraftwerke Oberhasli AG





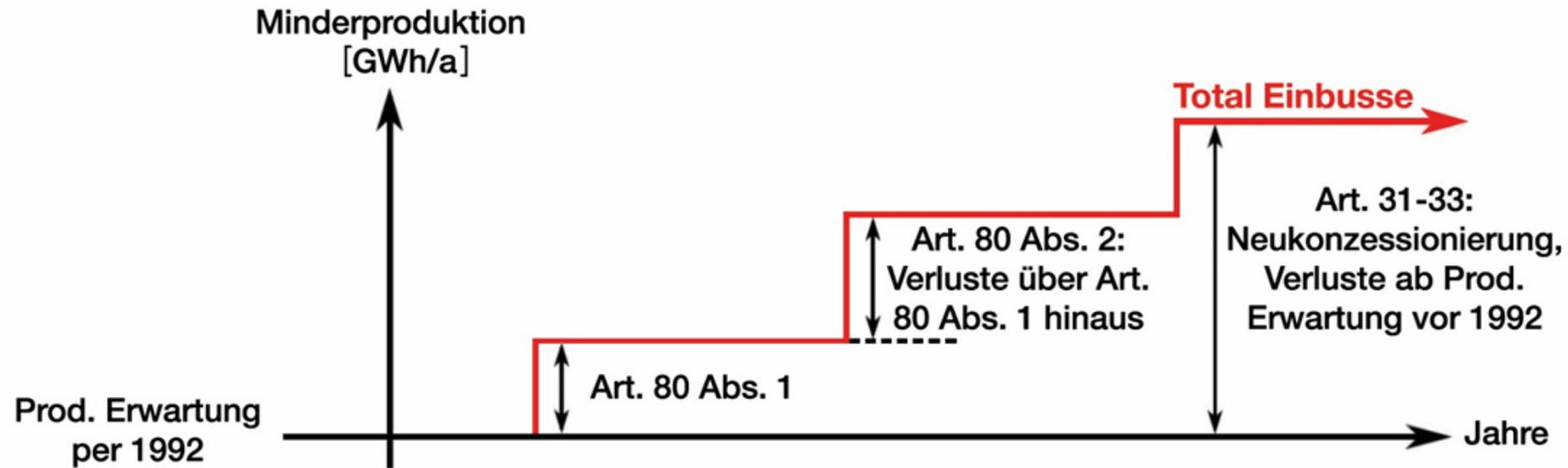
Identifizierte Potenziale für die Steigerung der Stromerzeugung aus Wasserkraft

TWh/a	2050
Zubau und Ausbau an bestehenden Niederdruckanlagen	+0,67
Neue und Ausbau an bestehenden Grosswasserkraftanlagen (p>75%) 0,1 bis 1,0 TWh/a	+0,1 bis 1,0
Erhöhung bestehender Talsperren (nur Verlagerung von Sommer- zu Winterproduktion)	0,0
Periglaziale Wasserkraftanlagen (neue Talsperren)	+1,11
Neue Kleinwasserkraftanlagen (davon 90% aus > 1 MW)	+1,3 bis 1,6
Total	3,18 bis 4,38

Daten nach R. Boes, VAW



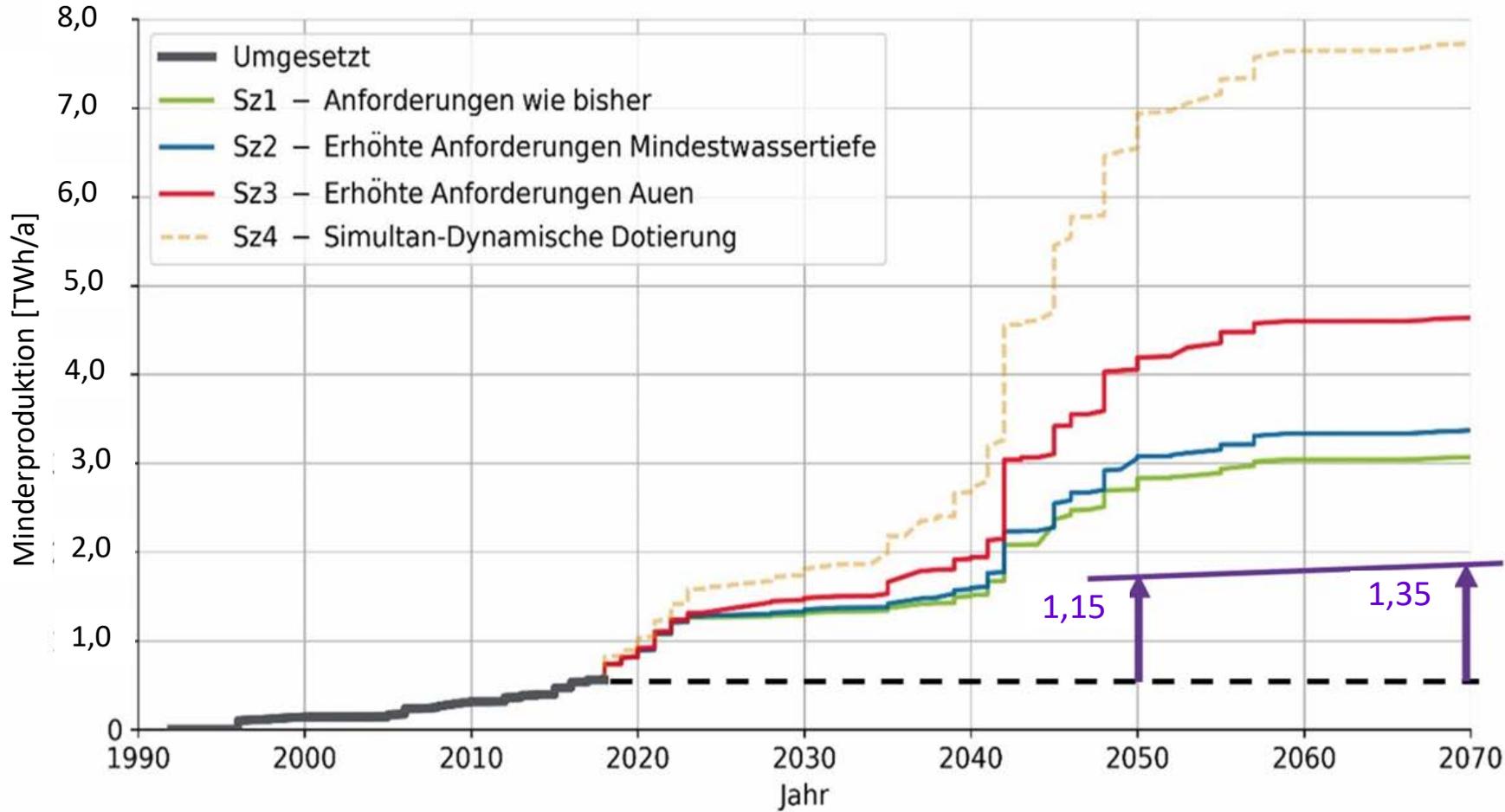
Produktionseinbussen infolge Restwasserabgaben



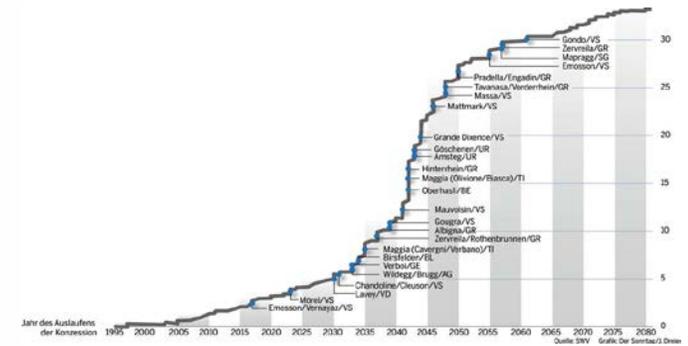
aus Pfammatter & Semadini 2018, WEL



Produktionseinbussen infolge Restwasserabgaben



aus Pfammatter & Semadini 2018, WEL



Einbussen infolge Restwasserneuregelung bei Sanierung und Konzessionserneuerungen.

Abschätzung basierend auf einer Extrapolation der Ergebnisse von Anlagen, die bereits entschieden sind oder wo es Empfehlungen gibt bzw. auf Basis von Expertenberichten



Produktionseinbussen infolge Restwasser

Zeitperiode TWh/a	Szenario 1 Anforderungen wie bisher	Szenario 2 Erhöhte Anforderungen Wassertiefe	Szenario 3 Erhöhte Anforderungen Auenschutz	Szenario 4 simultan- dynamische Dotierung
2018 – 2035	0,81	0,86	1,11	1,62
2036 – 2050	1,47	1,66	2,54	4,79
Zwischensumme	2,28	2,52	3,65	6,41
2051 - 2070	0,23	0,28	0,44	0,78
Total 2018-2070	2,51	2,80	4,09	7,19

Daten aus Pfammatter & Semadini 2018, WEL



Wasserkraftpotenziale in 2050

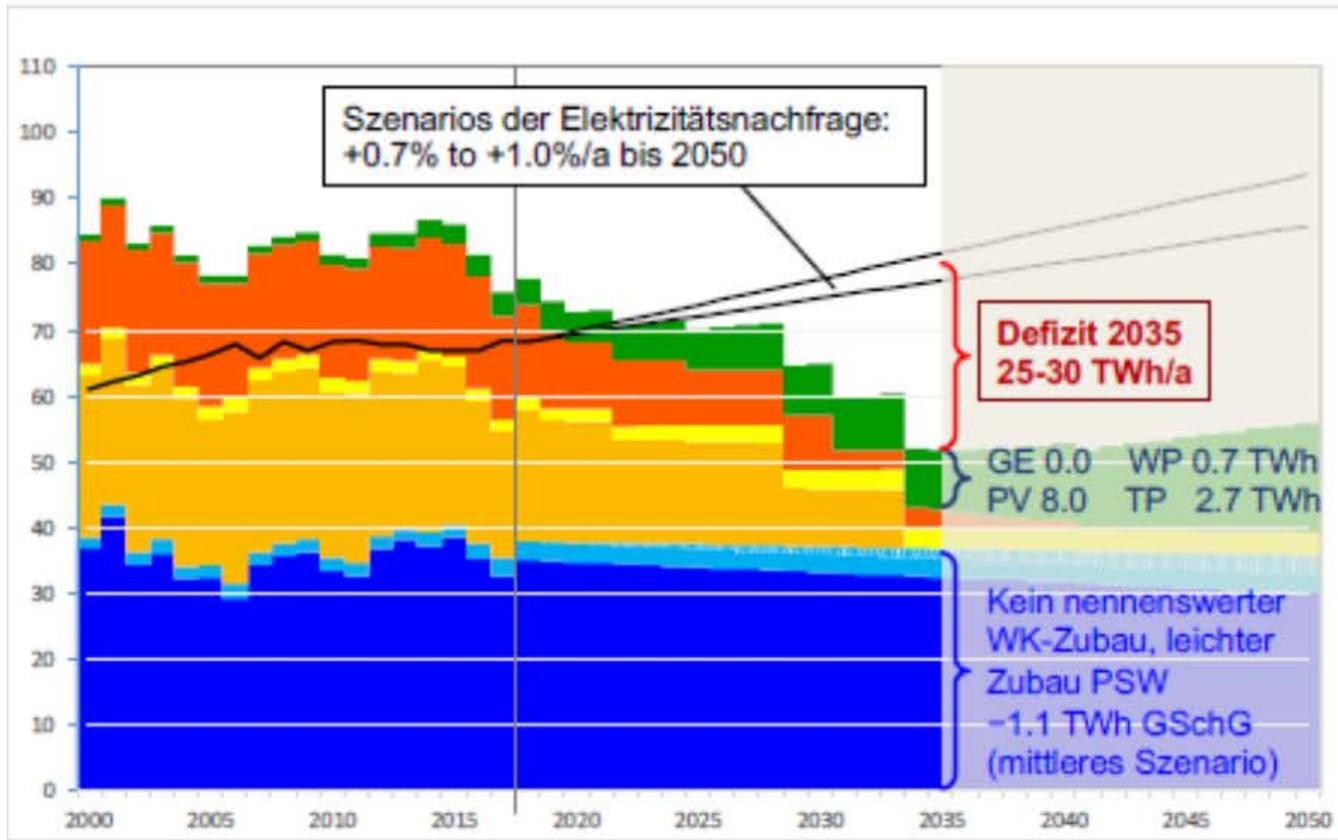
TWh/a	Identifizierte Potenziale unterer Wert				Identifizierte Potenziale höherer Wert			
Potenzialzuwachs durch Aus- und Neubauten	3,18				4,38			
Einbussen durch Restwasser 2018-2050	2,28	2,52	3,65	6,41	2,28	2,52	3,65	6,41
Nettozuwachs	0,90	0,66	-0,47	-3,23	2,10	1,86	0,73	-2.03
Erwartungen ES 2050				3,16				

- Die Erwartungen der ES 2050 können nach diesen Untersuchungen nicht erfüllt werden.
- Geringfügige zusätzliche Potenziale, die hier nicht erfasst sind, ergeben sich aus diversen Massnahmen im Rahmen von Umbauten und Erweiterungen an bestehenden Anlagen im Zug von technischen Erneuerungen oder Konzessionserneuerungen (höhere Wirkungsgrade, Betriebsoptimierung, bessere Abflussvorhersage, Stollenerweiterungen usw.)



Elektrizitätserzeugung und -nachfrage 2035

Zwischenstand SCCER-SoE 2018



- Existing pumped storage
- New pumped storage
- Fossil (thermal, CHP)
- Renewables (thermal, PV, wind, geo)
- Existing hydro
- New Hydro
- Nuclear
- Bezugsrechte

Quelle: SCCER-SoE (2018)



Herausforderungen für die Wasserkraft

Bereits die Sicherstellung des derzeitigen Produktionsniveaus erfordert massive Anstrengungen:

- Auswirkungen des Klimawandels
- Anpassung an den Europäischen Strommarkt
- Niedrige Strompreise
- Erhöhte ökologische Anforderungen



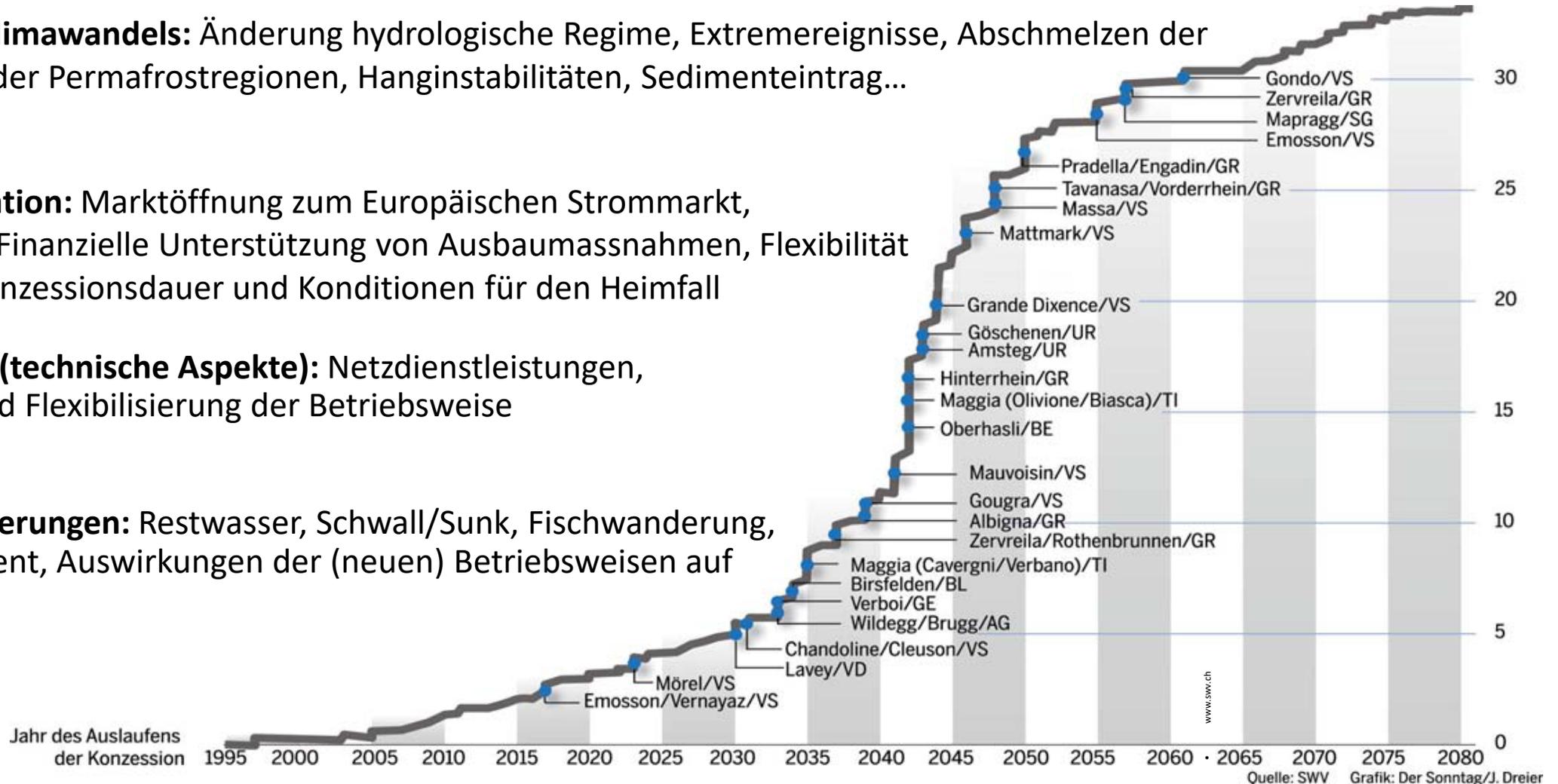


Auswirkungen des Klimawandels: Änderung hydrologische Regime, Extremereignisse, Abschmelzen der Gletscher, Auftauen der Permafrostregionen, Hanginstabilitäten, Sedimenteintrag...

Wirtschaftliche Situation: Marktöffnung zum Europäischen Strommarkt, Einspeisevergütung, Finanzielle Unterstützung von Ausbaumaßnahmen, Flexibilität bei Wasserzinsen, Konzessionsdauer und Konditionen für den Heimfall

Europäische Märkte (technische Aspekte): Netzdienstleistungen, Speicherkapazität und Flexibilisierung der Betriebsweise

Ökologische Verbesserungen: Restwasser, Schwall/Sunk, Fischwanderung, Geschiebemanagement, Auswirkungen der (neuen) Betriebsweisen auf Ökosysteme?





Kann die Schweizer Wasserkraft die Erwartungen aus der ES 2050 erfüllen?

- Theoretisch ja, die technischen Potenziale sind vorhanden aber unter derzeitigen Rahmenbedingungen nicht realisierbar
- Bestehende Wasserkraftanlagen müssen an die Auswirkungen des Klimawandels angepasst werden, erhöhten ökologischen Ansprüchen gerecht werden, an europäische Marktbedingungen angepasst werden, niedrige und kaum prognostizierbare Strompreise berücksichtigen
- Zukünftige Restwasserregelungen (Neukonzessionierung) sind von höchster Bedeutung
- Die Erhöhung bestehender Talsperren bringt keine zusätzlichen Potenziale, erlaubt aber die Verlagerung eines Teils der Produktion in das Winterhalbjahr
- Neue periglaziale Wasserkraftanlagen sind unumgänglich
- Trotz über 100 Jahren Wasserkrafterfahrung besteht viel Forschungsbedarf