ETH zürich

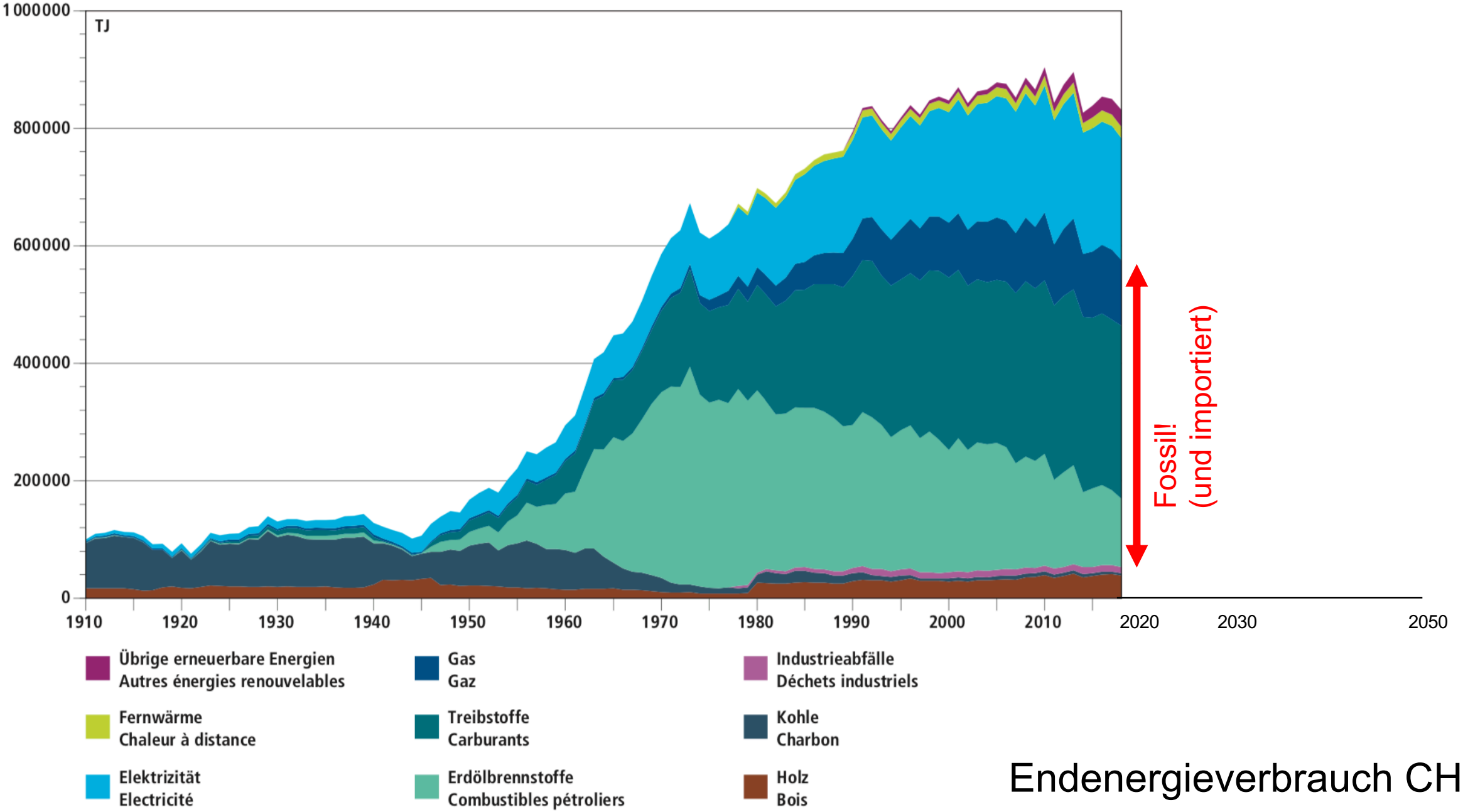
Wasserkraft im Zeichen des Wandels – Wohin geht die Reise?

27. Oktober 2019

Treffpunkt Science City

Dr. Christian Schaffner, Executive Director, Energy Science Center (ESC)

Energy Science Center



Endenergieverbrauch CH

BFE, Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2018 (Fig. 1)
OFEN, Statistique globale suisse de l'énergie 2018 (fig. 1)

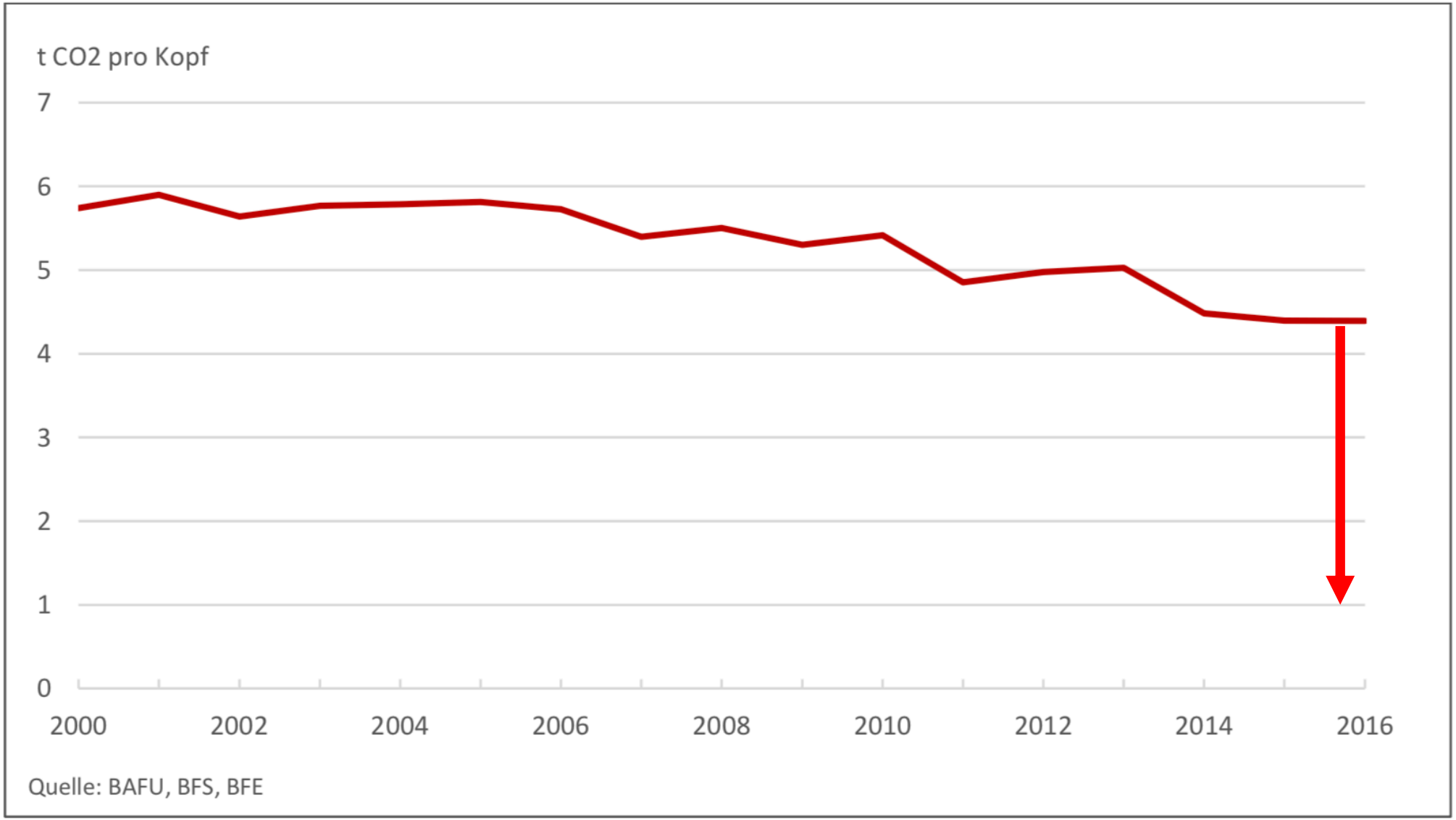


Abbildung 37: Energiebedingte CO_2-Emissionen pro Kopf (in t CO_2 pro Kopf)

Quelle: Energiestrategie 2050 - Monitoring-Bericht 2018 (ausführliche Fassung)

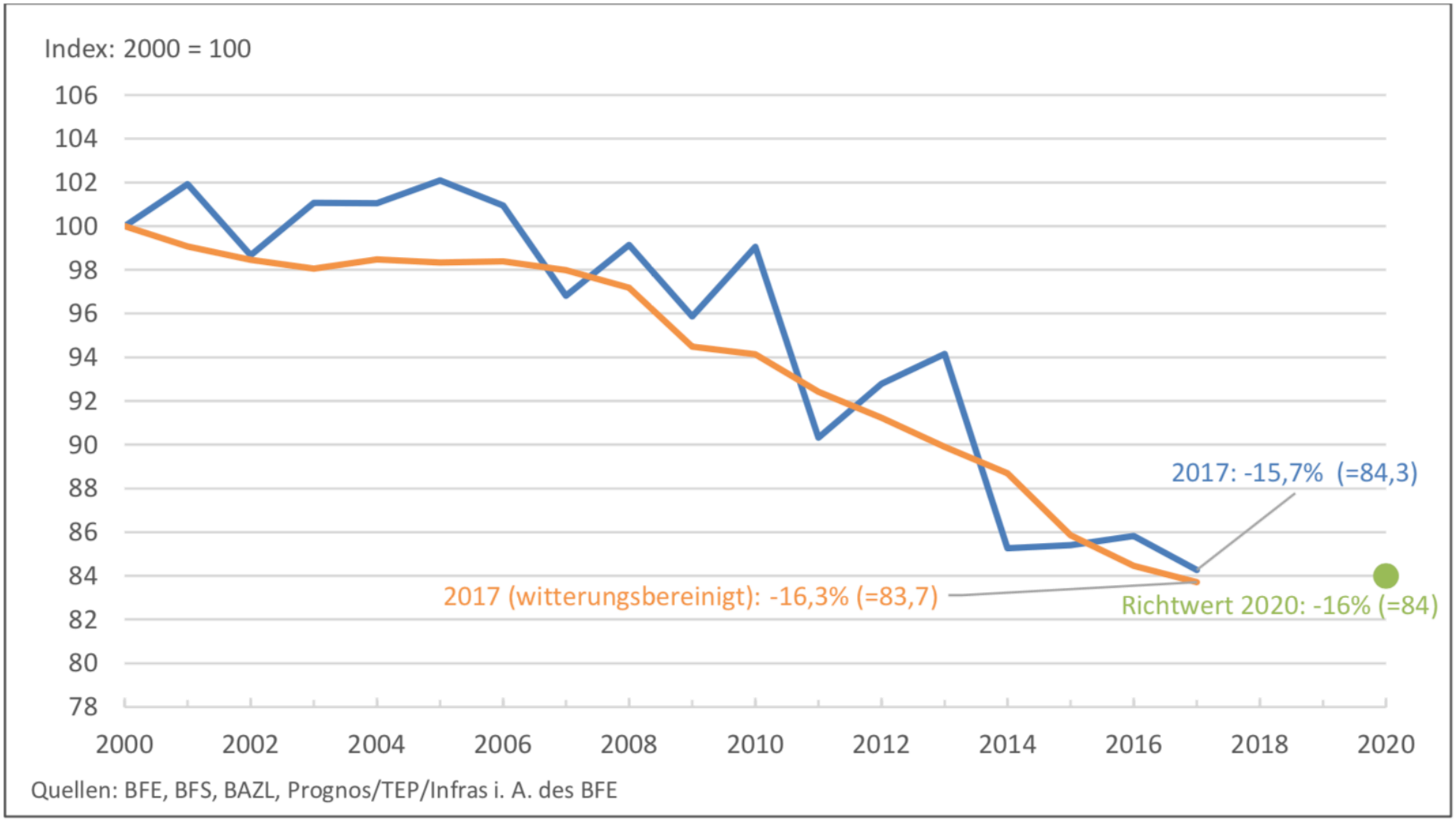
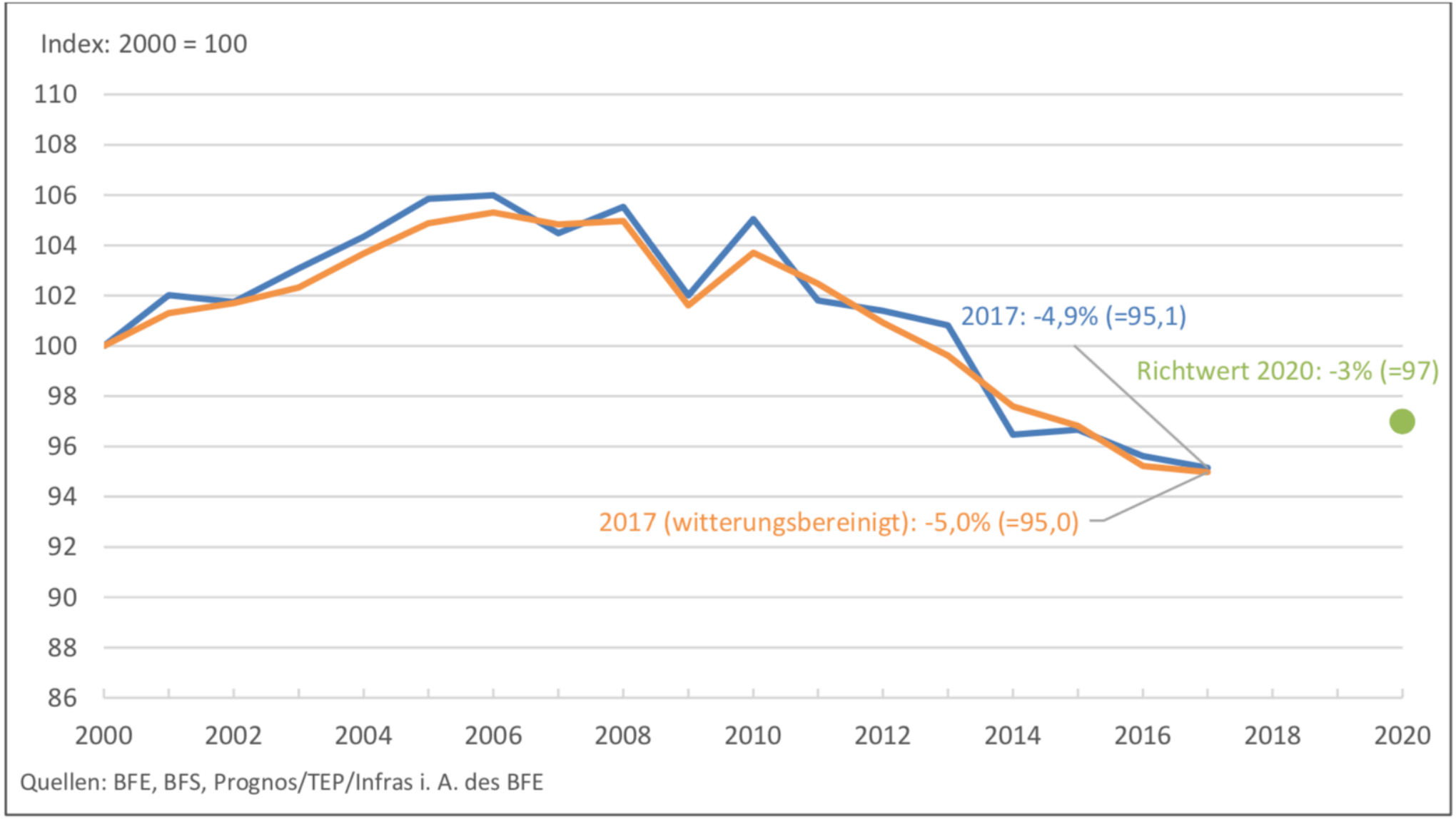


Abbildung 3: Entwicklung des Endenergieverbrauchs[7] pro Kopf seit 2000 (indexiert)

Quelle: Energiestrategie 2050 - Monitoring-Bericht 2018 (ausführliche Fassung)



Quelle: Energiestrategie 2050 - Monitoring-Bericht 2018 (ausführliche Fassung)

Abbildung 4: Entwicklung des Stromverbrauchs[8] pro Kopf seit 2000 (indexiert)

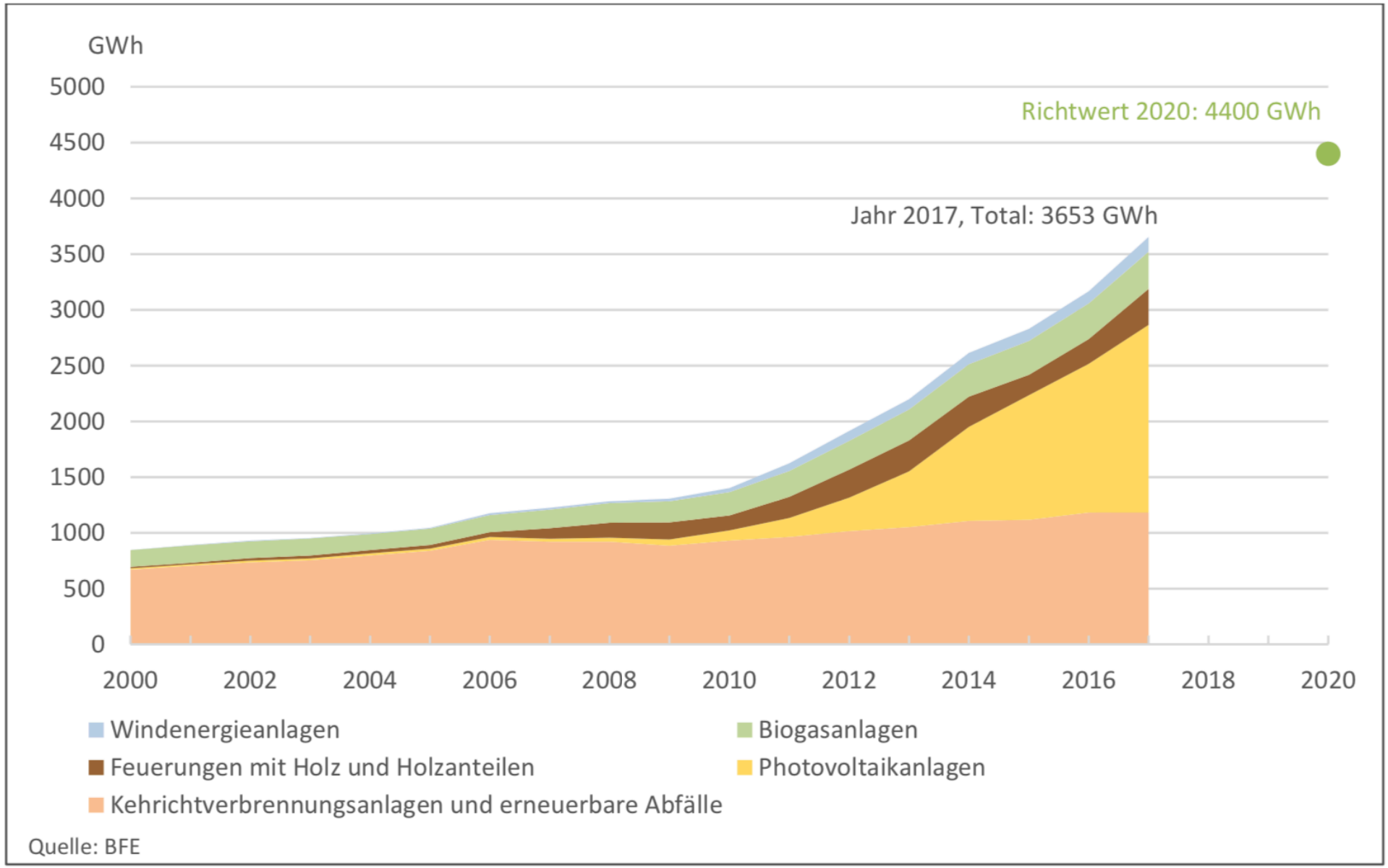
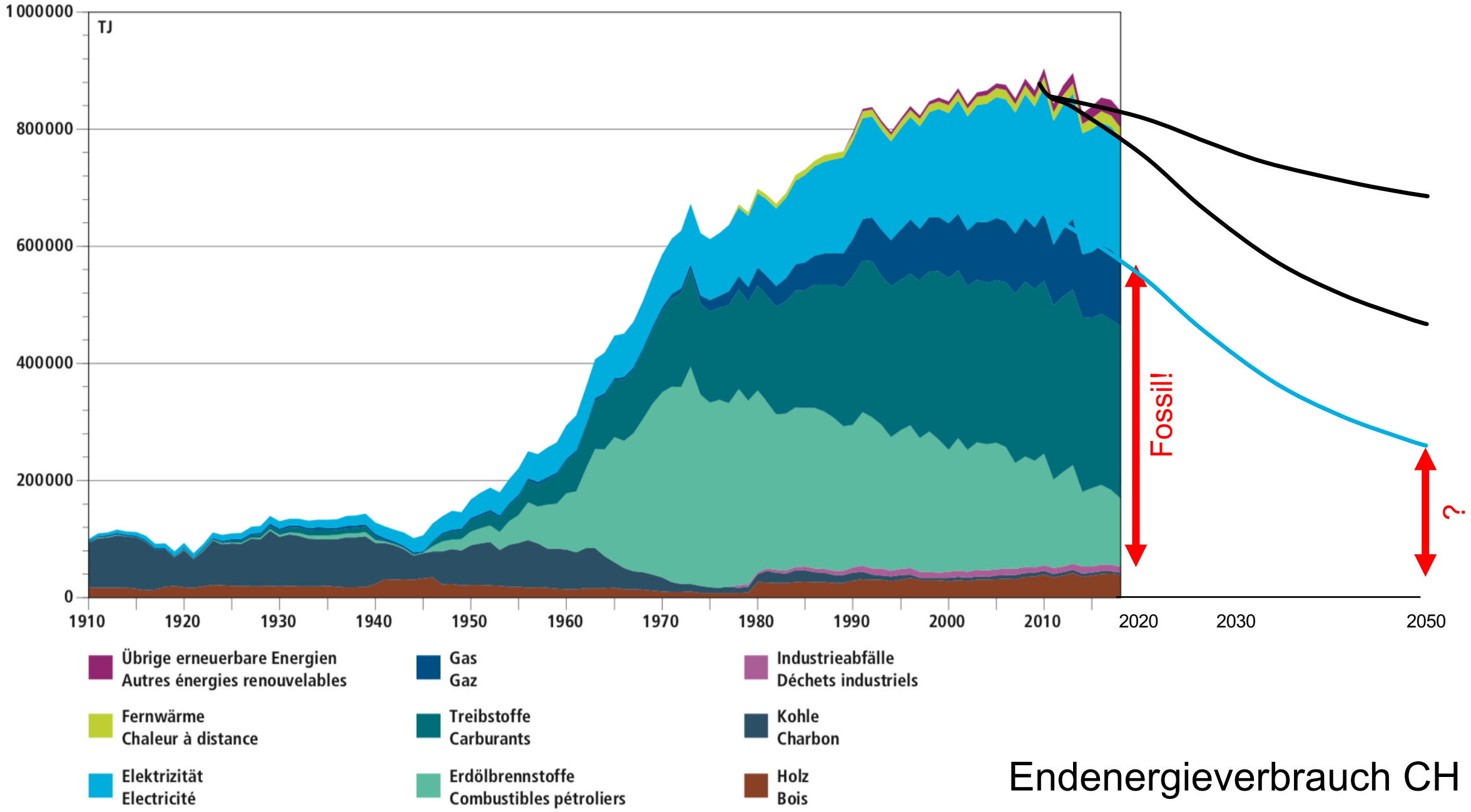


Abbildung 5: Entwicklung Stromproduktion aus erneuerbaren Energien (ohne Wasserkraft) seit 2000 (GWh)

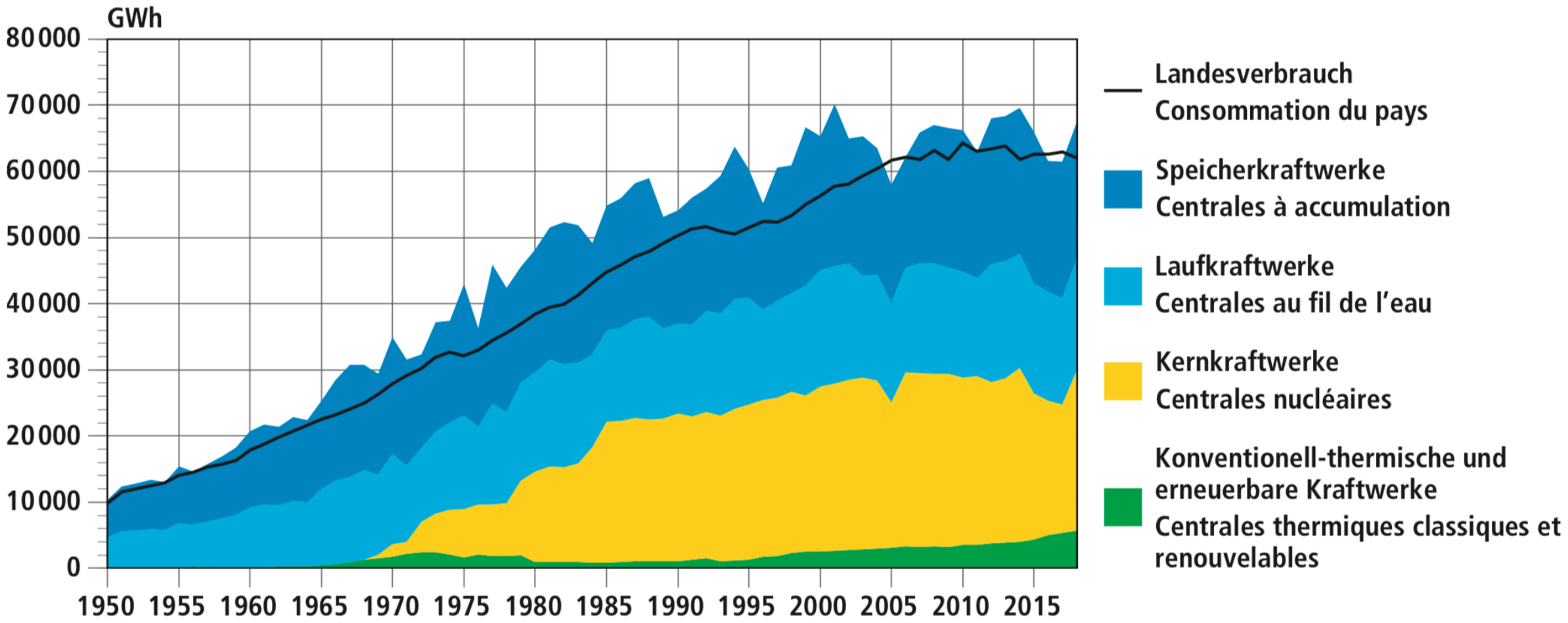
Quelle: Energiestrategie 2050 - Monitoring-Bericht 2018 (ausführliche Fassung)



Endenergieverbrauch CH

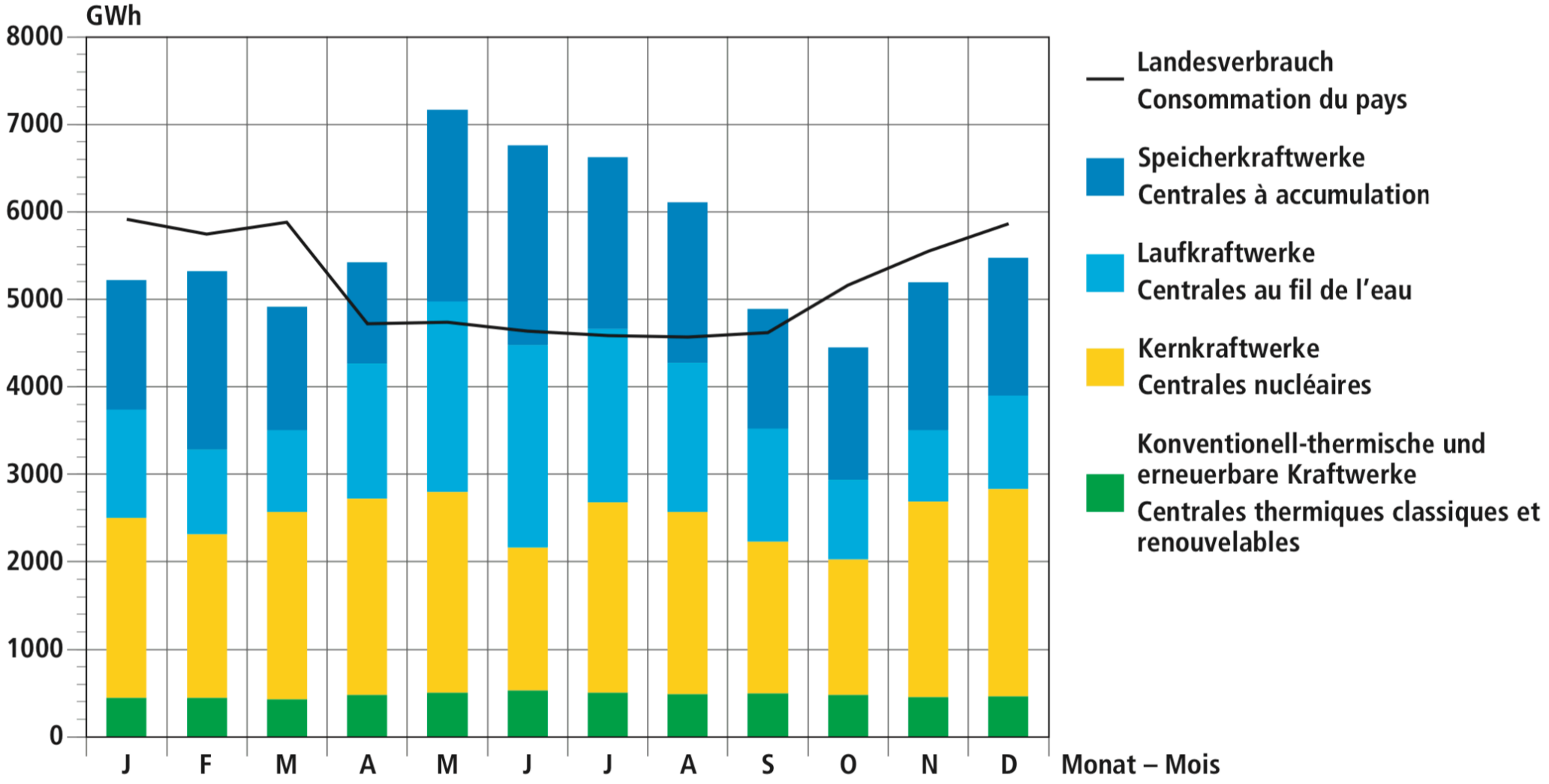
BFE, Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2018 (Fig. 1)
OFEN, Statistique globale suisse de l'énergie 2018 (fig. 1)

Stromerzeugung und Verbrauch in der Schweiz seit 1950



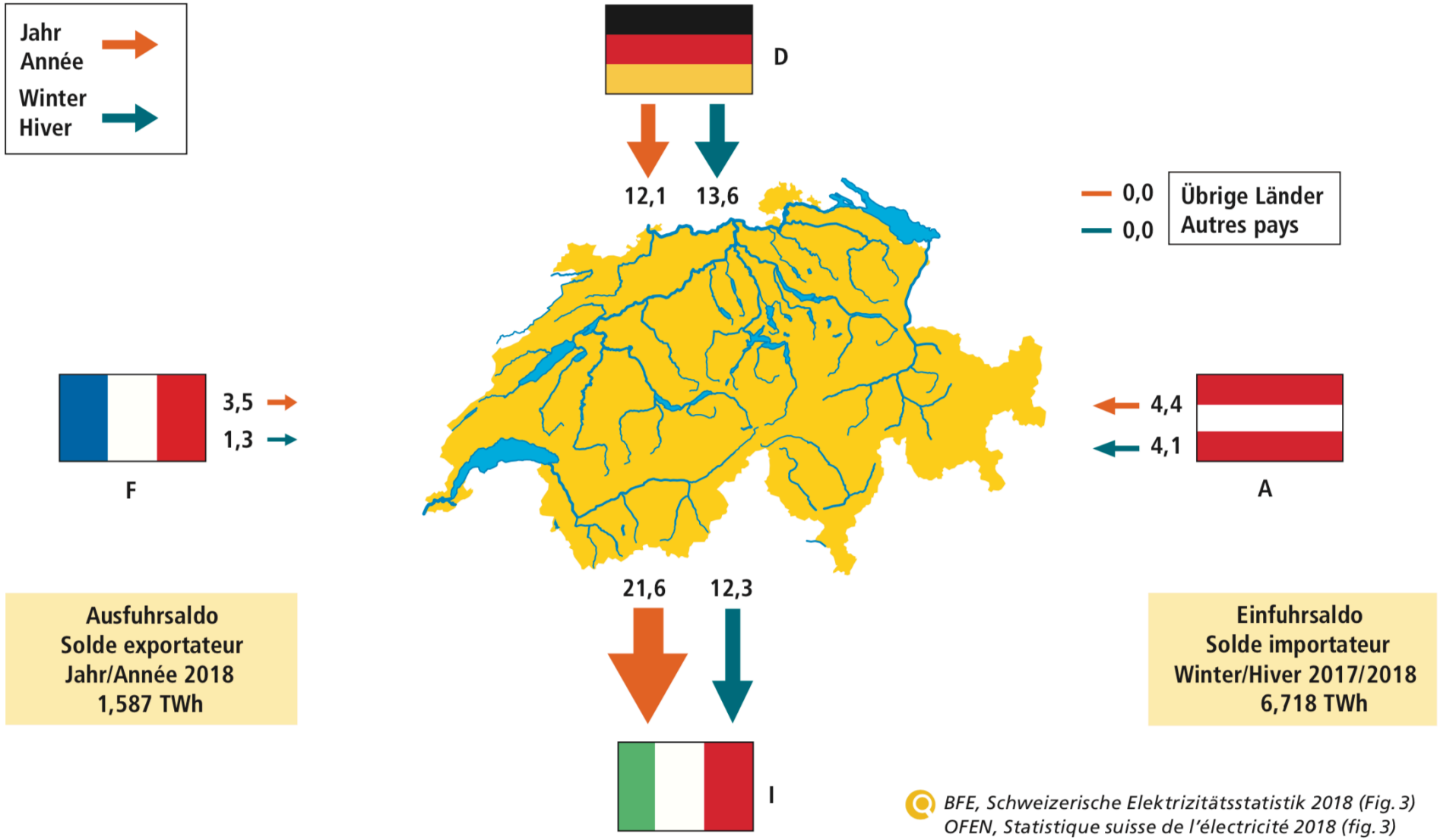
BFE, Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2018 (Fig. 9)
OFEN, Statistique suisse de l'électricité 2018 (fig. 9)

Stromerzeugung und Verbrauch in der Schweiz im Jahre 2018



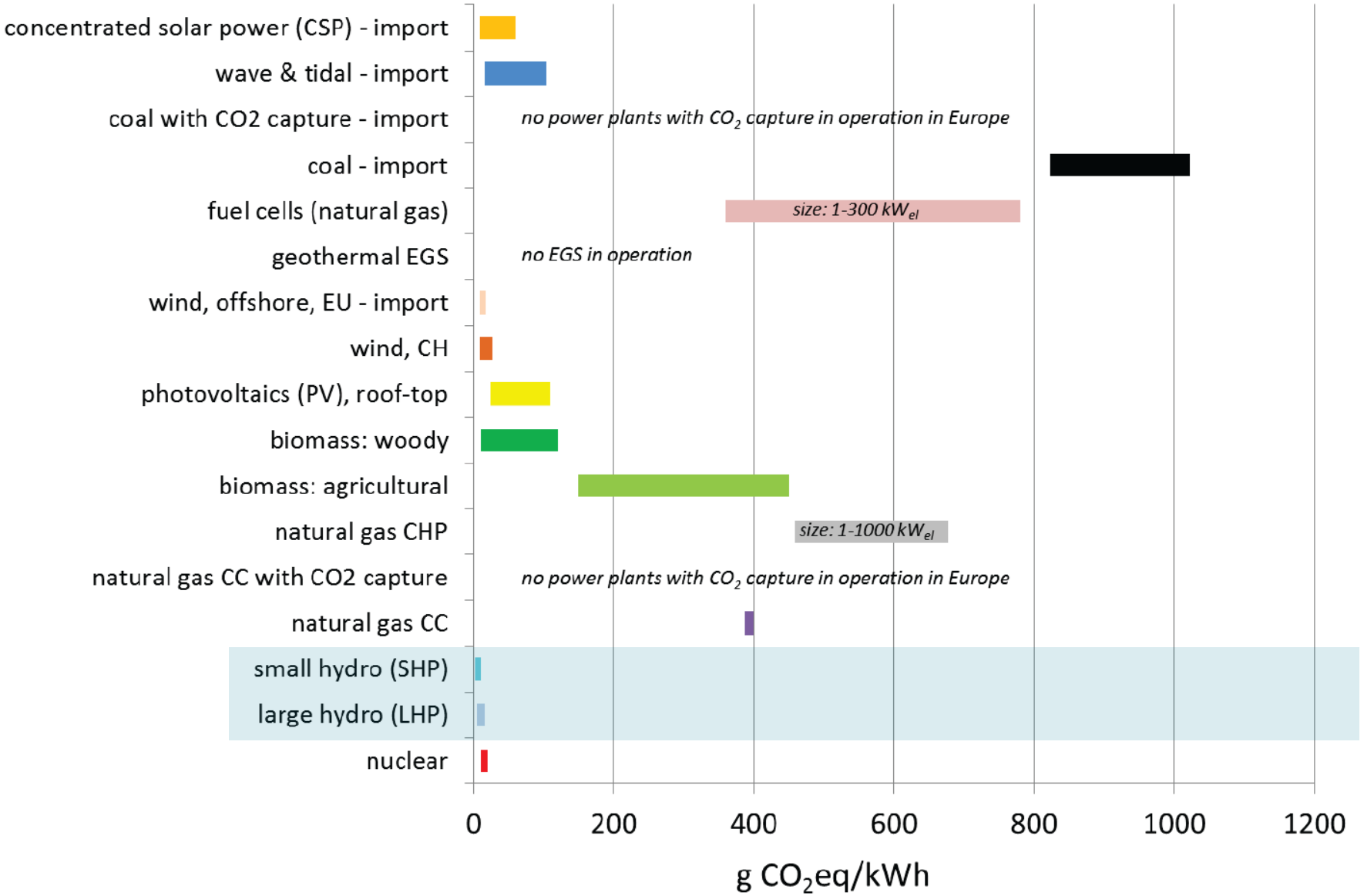
BFE, Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2018 (Fig. 10)
OFEN, Statistique suisse de l'électricité 2018 (fig. 10)

Strom-Einfuhr-/Ausfuhr-Saldo 2018 (in TWh)



BFE, Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2018 (Fig. 3)
OFEN, Statistique suisse de l'électricité 2018 (fig. 3)

Klimarelevanz der Erzeugungstechnologien (Lebenszyklus)



Quelle: Bauer, Hirschberg (eds.) *et al.* (2017)

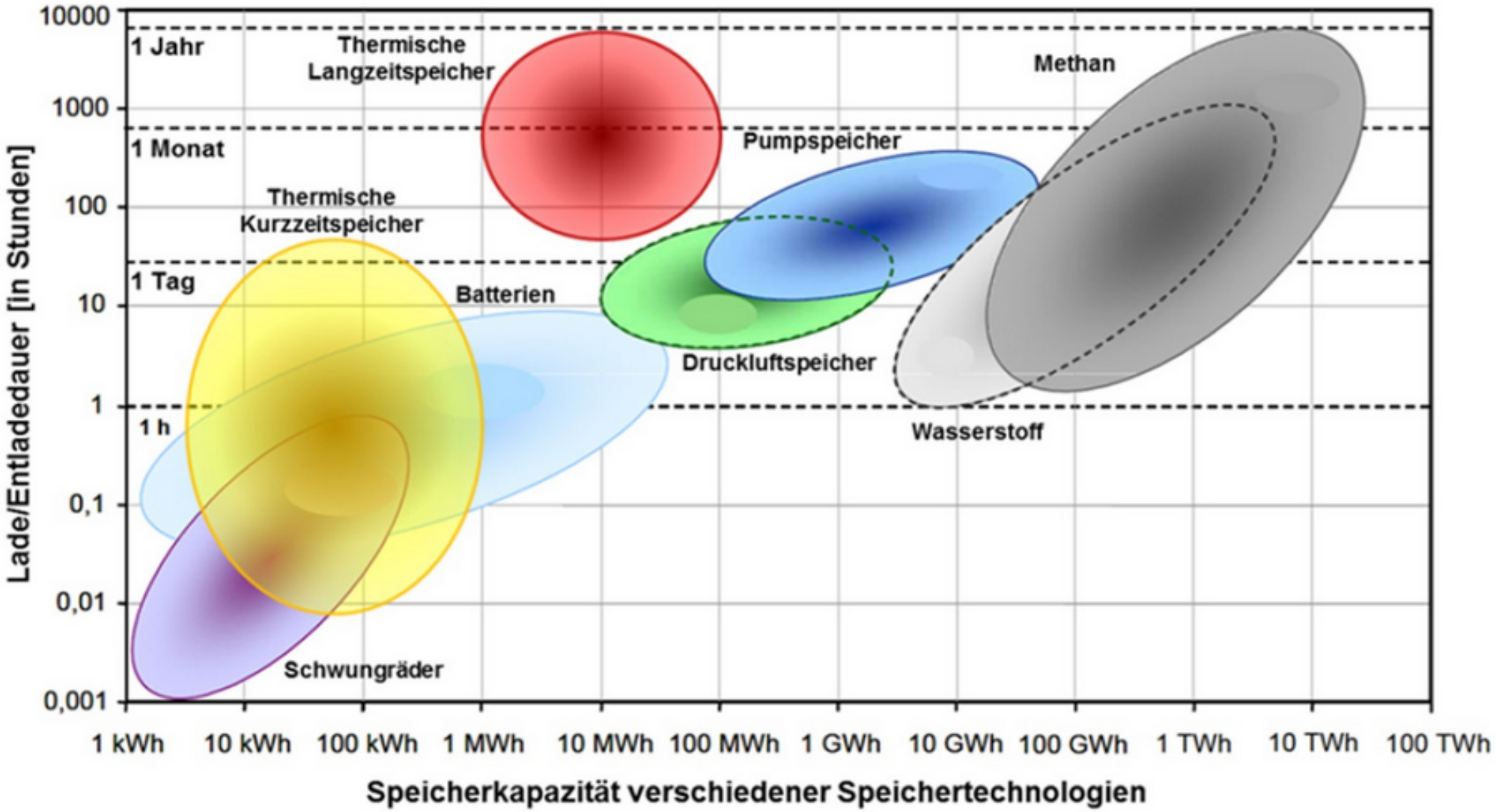
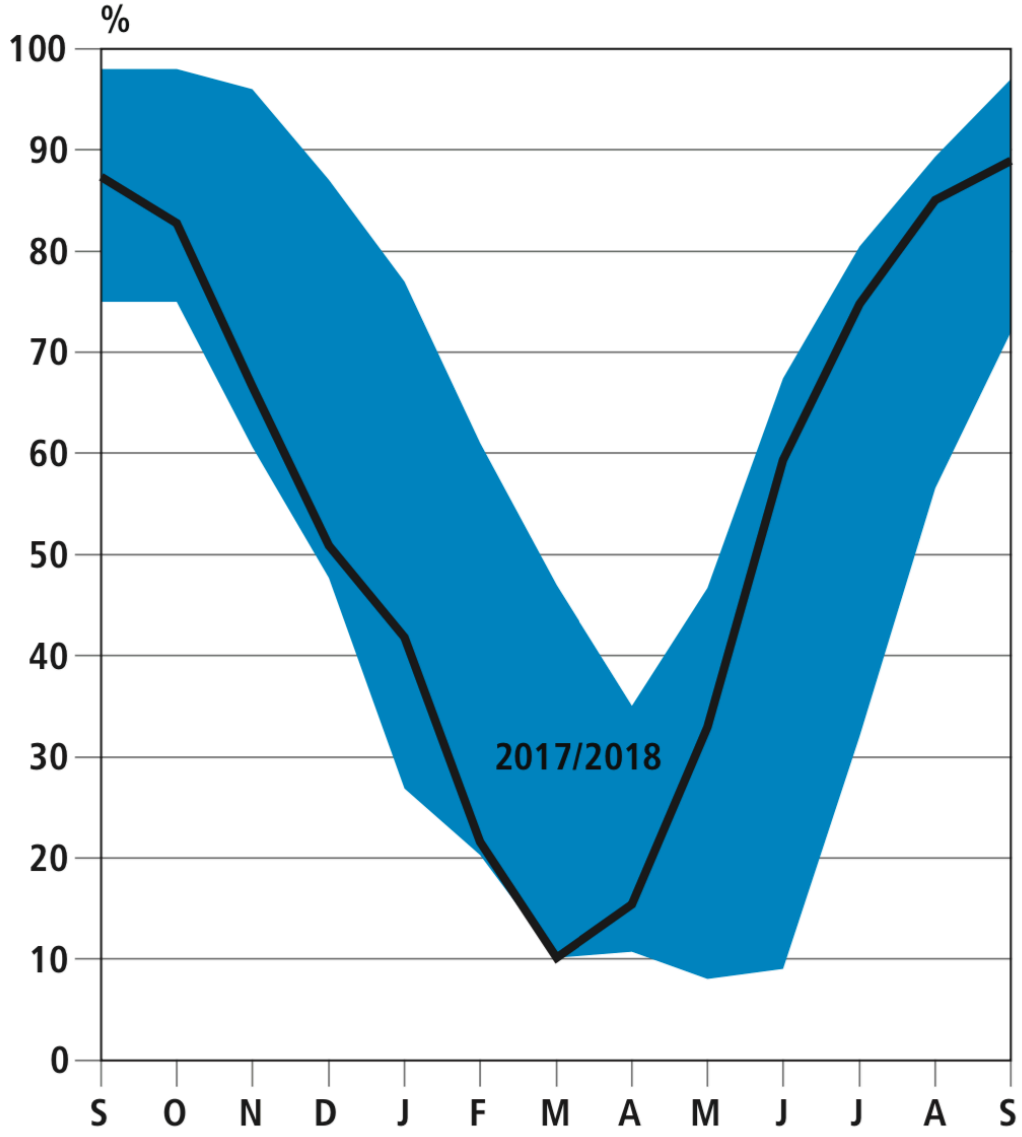


Bild: Die Rolle von dezentralen Speichern für die Bewältigung der Energiewende. Quelle: T.Borsche, A. Ulbig, G. Andersson; SATW-Speicherstudie

Verlauf Speicherinhalte Wasserkraft in der Schweiz

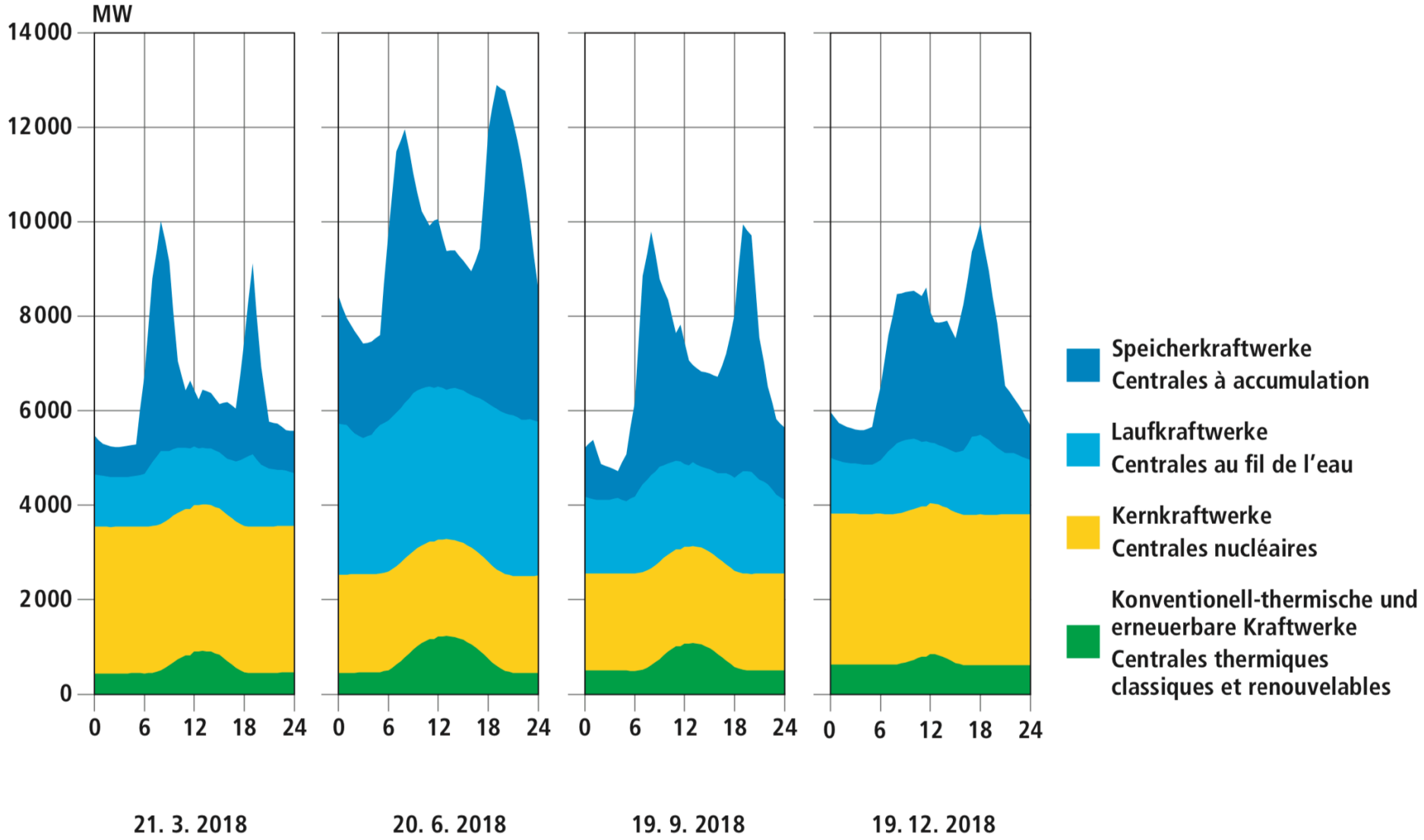


Schwankungsbreite der hydrologischen Jahre 1972/1973–2017/2018

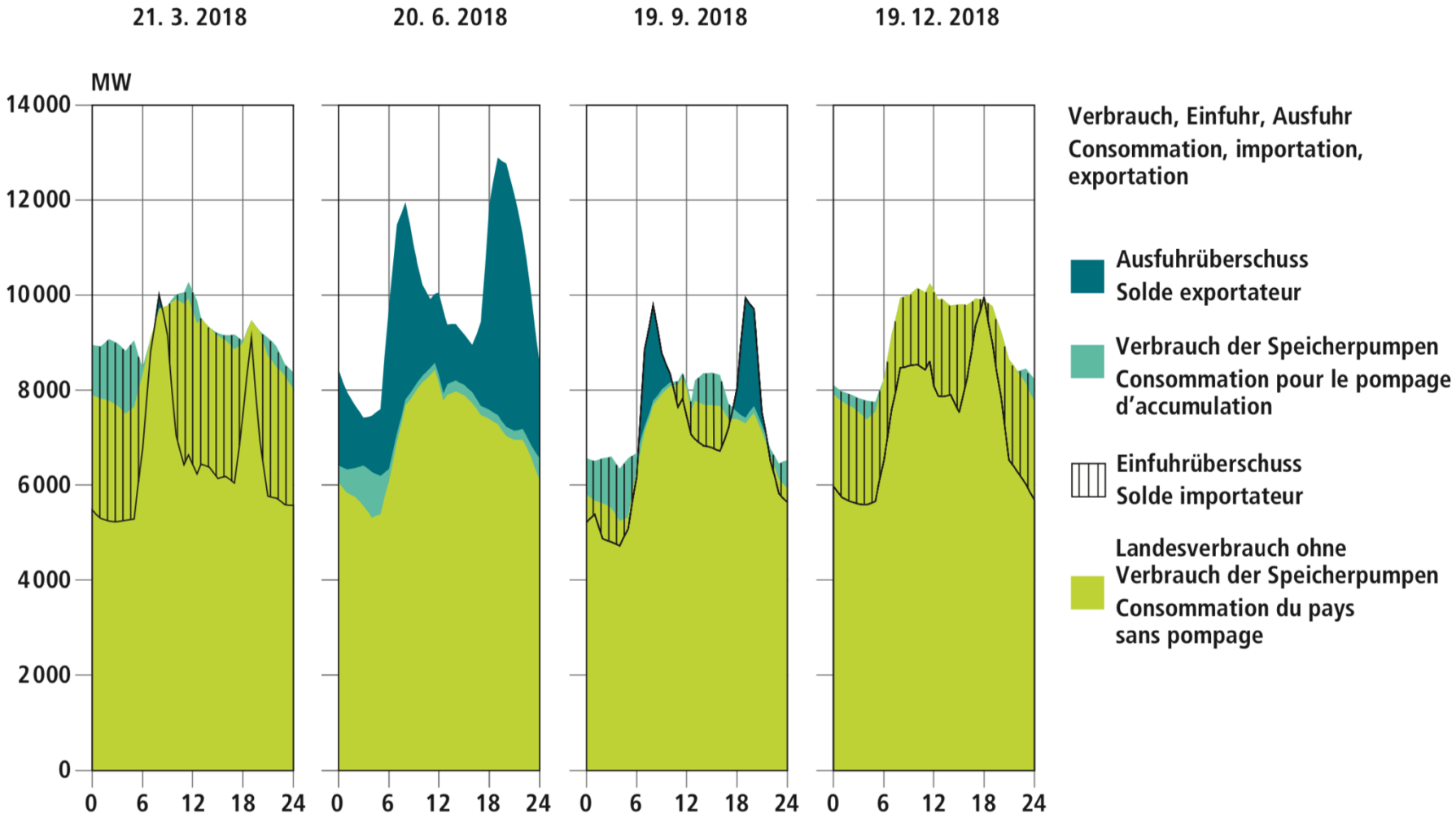
Ecarts au cours des années hydrologiques 1972/1973–2017/2018

BFE, Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2018 (Fig. 13)
OFEN, Statistique suisse de l'électricité 2018 (fig. 13)

Stromproduktion an einem Tag

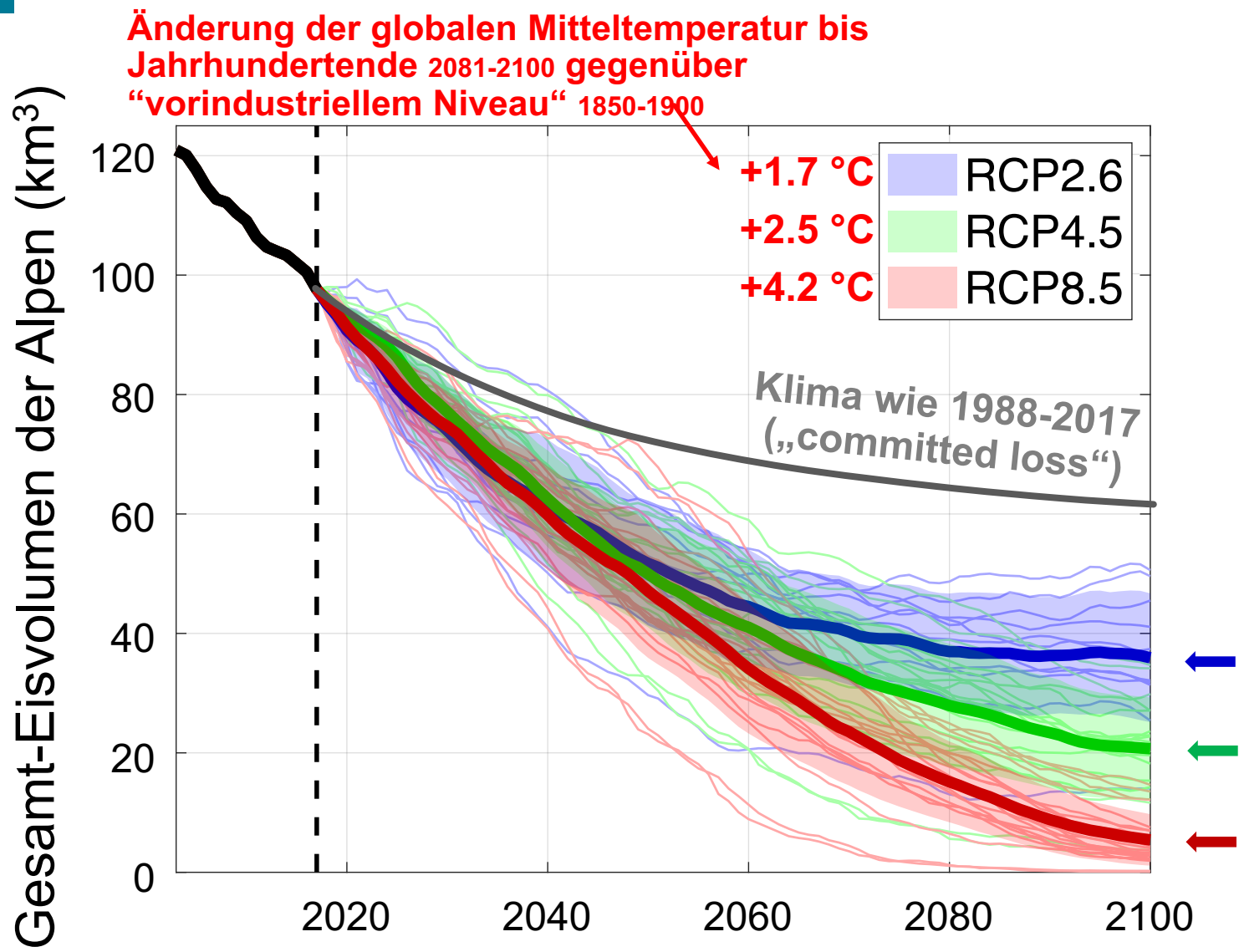


Strom-Austausch an einem Tag



BFE, Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2018 (Fig. 17)
OFEN, Statistique suisse de l'électricité 2018 (fig. 17)

Modellprojektionen der Gletscherentwicklung



Änderungen bis 2100:

80±10% Verlust für RCP 4.5

So gut wie **Eisfrei** für RCP 8.5

40% verbleibend für RCP 2.6

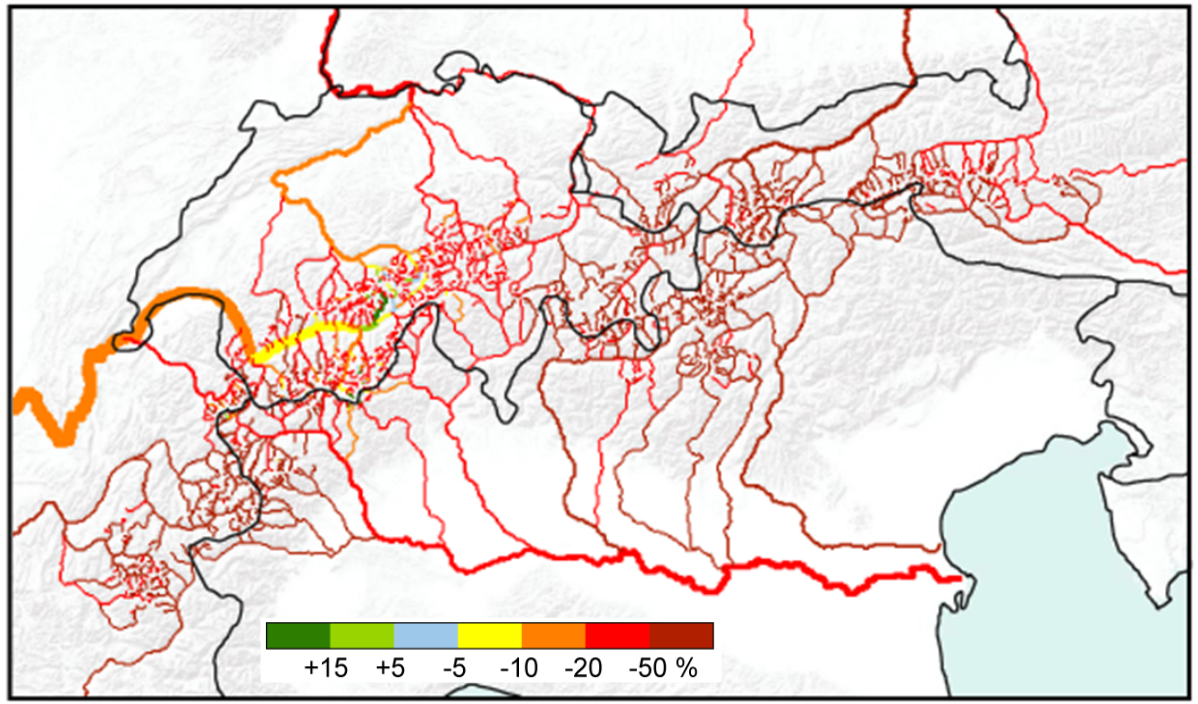
Gletscher sind **für** das **„heutige Klima"** ca. **40% zu gross.**

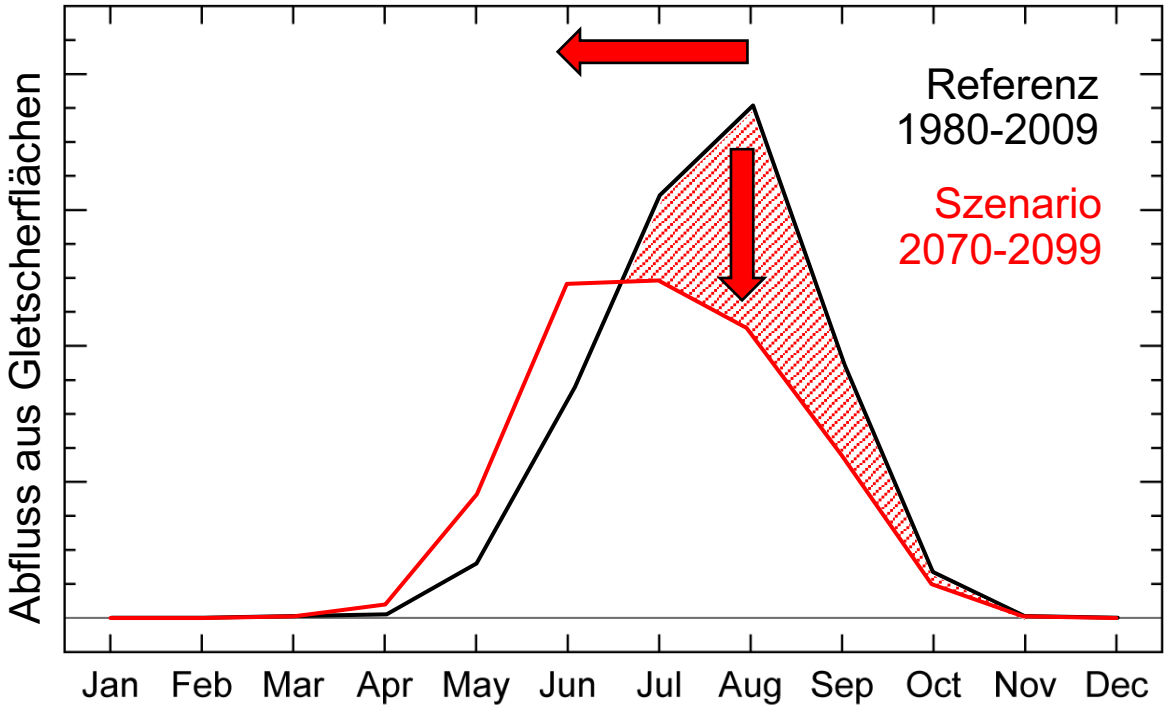
Energy Science Center

Zekollari et al. (2019) DOI: 10.5194/tc-13-1125-2019, Adaptiert von Prof. Daniel Farinotti, ETH Zürich
RCP = Representative Concentration Pathways

Änderung im **Sommer**abfluss aus vergl. Flächen

(Änderung zur Referenz in **2070-2099**; RCP 4.5)





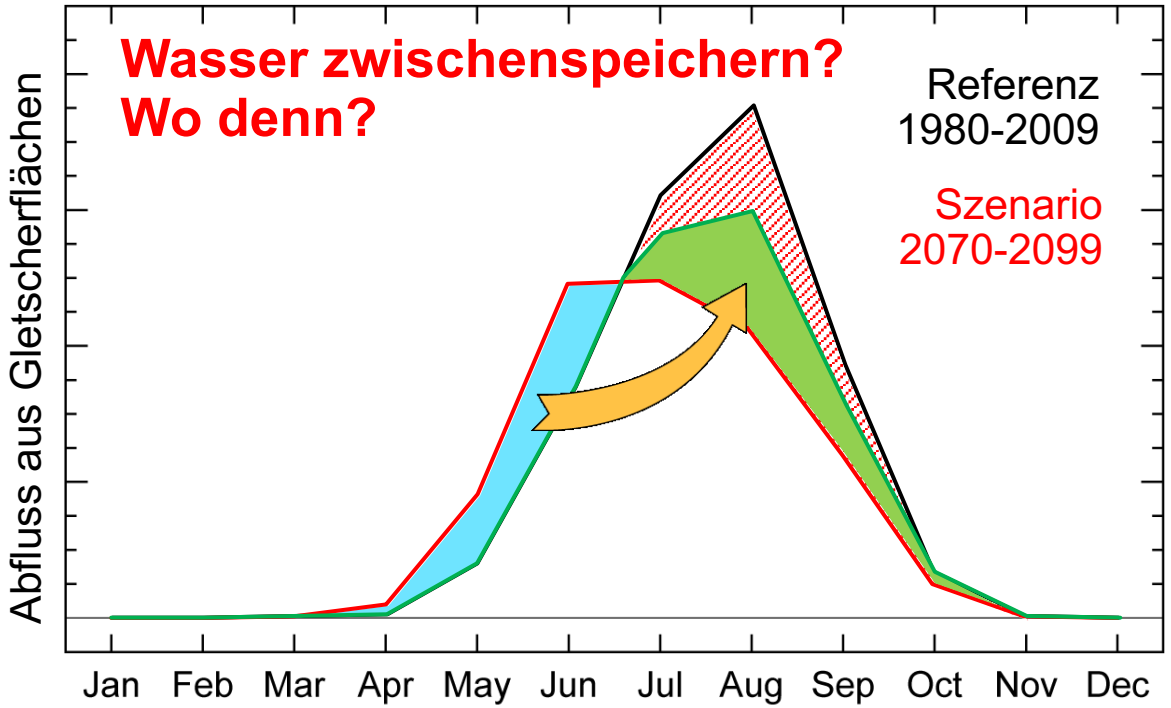
Projizierte Abflussänderung im Sommer (JJA): –37%

Charakteristische Auswirkungen:
1. Abnahme des Abflusses
2. Änderung im *hydrologischen Regime*

Energy Science Center

Farinotti et al. (2016) doi: 10.1088/1748-9326/11/5/054022

Neue Nutzungen?



Freiwerdende Gletscherflächen als Chance?

Milderung der Änderungen?
Wasserkraftproduktion?
Hochwasserschutz?
➡ **Mehrzwecknutzung**

Energy Science Center

Foto: Kraftwerke Oberhasli ; Graphik: Farinotti et al. (2016) doi: 10.1088/1748-9326/11/5/054022

Wasserkraftpotenziale in 2050 (bezogen auf 2018)

Ziel laut Energieperspektiven: 38.6 TWh/a

in TWh/a	Worst Case			Likely(?) case			Best case		
Potenzialstudie	BFE	SWV	ETHZ	BFE	SWV	ETHZ	BFE	SWV	ETHZ
Potenzial durch Effi-zienzsteigerungen, Aus- und Neubau	2.43*	1.5*	1.5*	3.25*°	4.0*°	5.5*	4.06*	6.5*	8.0*
Einbussen durch Rest-wasser (Pfam.&Semad. 2018)	−6.41	−6.41	−6.41	−3.65	−3.65	−3.65	−2.28	−2.28	−2.28
Total Wasserkraft-potenzial (gerundet)	**−4.0**	**−4.9**	**−4.9**	**−0.4**	**0.4**	**1.9**	**1.8**	**4.7**	**5.7**
Wasserkraft-produktion 2050§	**31.9**	**31.0**	**31.0**	**35.4**	**36.3**	**37.8**	**37.7**	**40.6**	**41.6**

* 0.5 TWh/a zwischen 2012 und 2018 bereits realisiert (BFE Monitoring-Bericht 2018)

° Mittelwert zwischen den Szenarien «Heutige Nutzungsbedingungen» und «Optimierte Nutzungsbedingungen»

§ Basierend auf mittlerer Produktionserwartung von 35.9 TWh (Stand 1.1.2018) (BFE Monitoring-Bericht 2018)

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

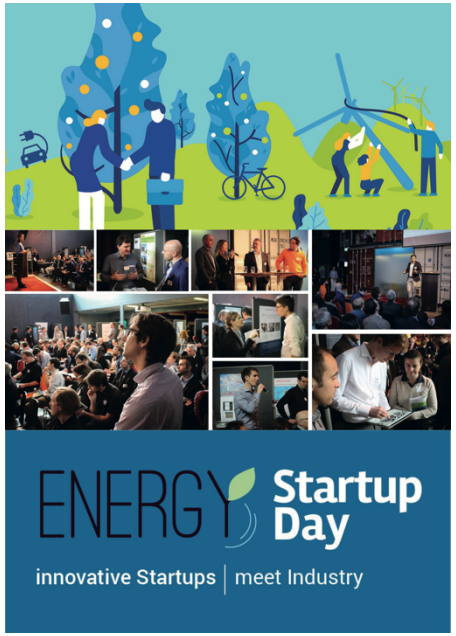
- Wasserkraft liefert **sowohl Grund- als auch Spitzenlast** und ist derzeit die **effizienteste Erzeugungs- und Speichertechnologie**
- Wasserkraft wird intensiv für den **internationalen Stromhandel** eingesetzt
- Wasserkraft ist die mit Abstand **klimafreundlichste Erzeugungsart**
- Seit Jahren muss im **Winterhalbjahr verstärkt Strom importiert** werden; mit dem Auslaufen der Kernkraft dürfte sich das noch verschärfen
- Neues **Speicherpotenzial, vor allem für das Winterhalbjahr, durch** Gletscher-schwund **und Erhöhungen bestehender Talsperren**
- Wasserkraft muss in Zukunft mit **angepassten Produktionsmustern** operieren (verstärkte Einspeisung von Wind und Photovoltaik)

Forschung im Bereich Wasserkraft an der ETH Zürich (Auwahl)

- Prof. **Robert Boes**, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie
  Departement Bau, Umwelt und Geomatik (D-BAUG)
- Prof. **Paolo Burlando**, Institut für Umweltingenieurwissenschaften
  Departement Bau, Umwelt und Geomatik (D-BAUG)
- Prof. **Daniel Farinotti**, Professur für Glaziologie
  Departement Bau, Umwelt und Geomatik (D-BAUG)
- Prof. **Massimo Filippini**, Center for Energy Politics and Economics (CEPE)
  Department of Management, Technology, and Economics (D-MTEC)
- Prof. **Sebastian Rausch**, Center for Energy Politics and Economics (CEPE)
  Department of Management, Technology, and Economics (D-MTEC)
- Prof. **Gabriela Hug**, Power Systems Laboratory
  Departement für Informationstechnology und Elektrotechnik (D-ITET)
- Dr. **Turhan Demiray**, Forschungsstelle Energienetze (FEN)

Ausblick:

- **Energy Startup Day**
  31. Oktober, 9 – 17h
  www.energy-startup-day.ch



- **Energy Day @ ETH**
  10. Dezember, 9 – 18h
  www.esc.ethz.ch/events/

Weitere Infos, Fragen, Kommentare

- www.esc.ethz.ch
  - Mailing-Liste
  - Energy Blog @ ETH
  - Events
- info@esc.ethz.ch
- Twitter: @esc_ethz_ch
- LinkedIn