

Willkommen
Welcome
Bienvenue

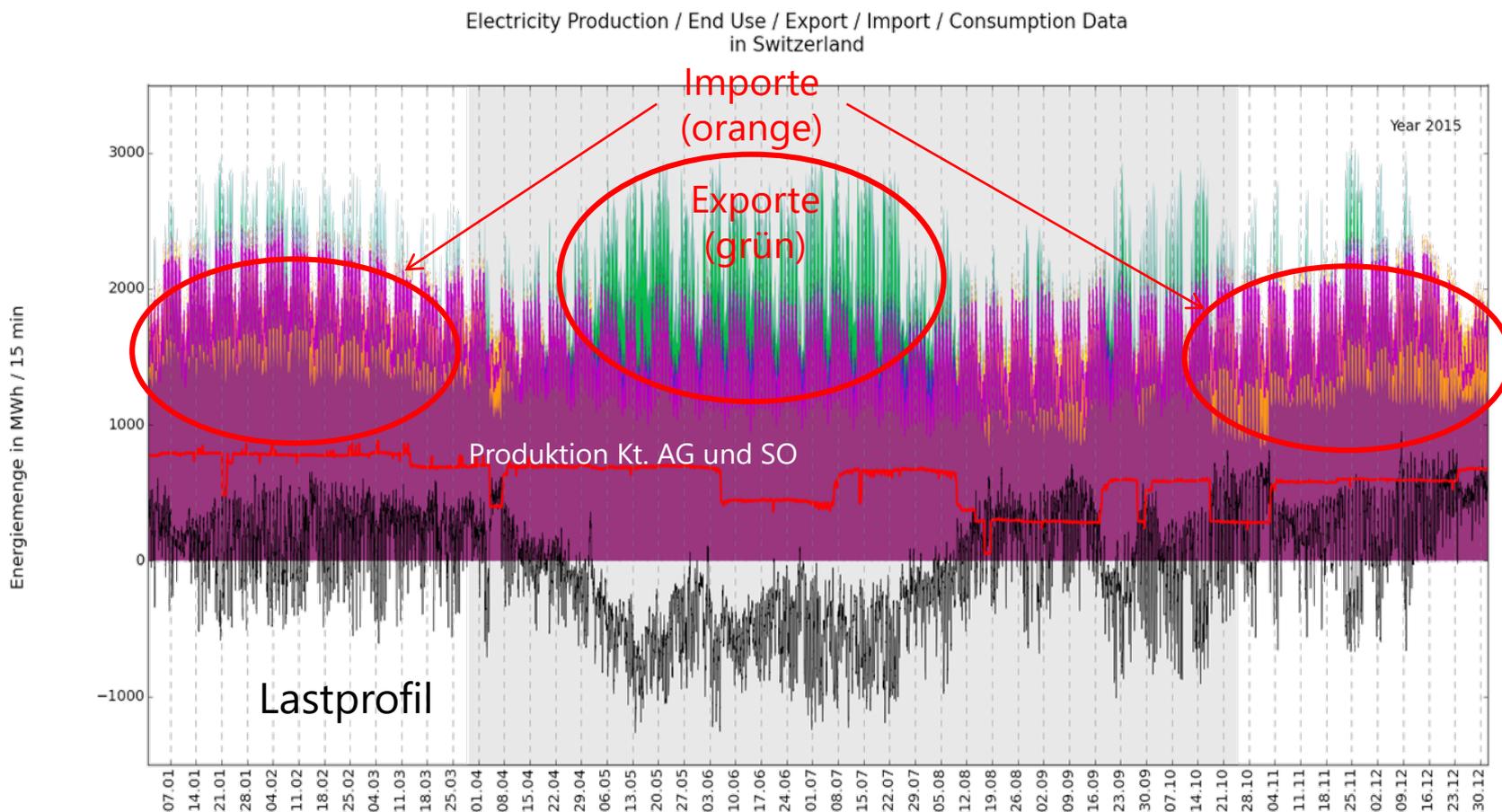


Elektrifizierung des Energiebedarfs - ein Modell

Expertinnen- und Expertengespräch HSR/IET
12. März 2019

Urs Elber, Geschäftsführer Forschungsschwerpunkt «Energie»
Dr. Martin Rüdisüli, Dr. Sinan Teske

Elektrizitätsprofil 2015 (reale Daten Swissgrid mit 15 Minuten-Profil)

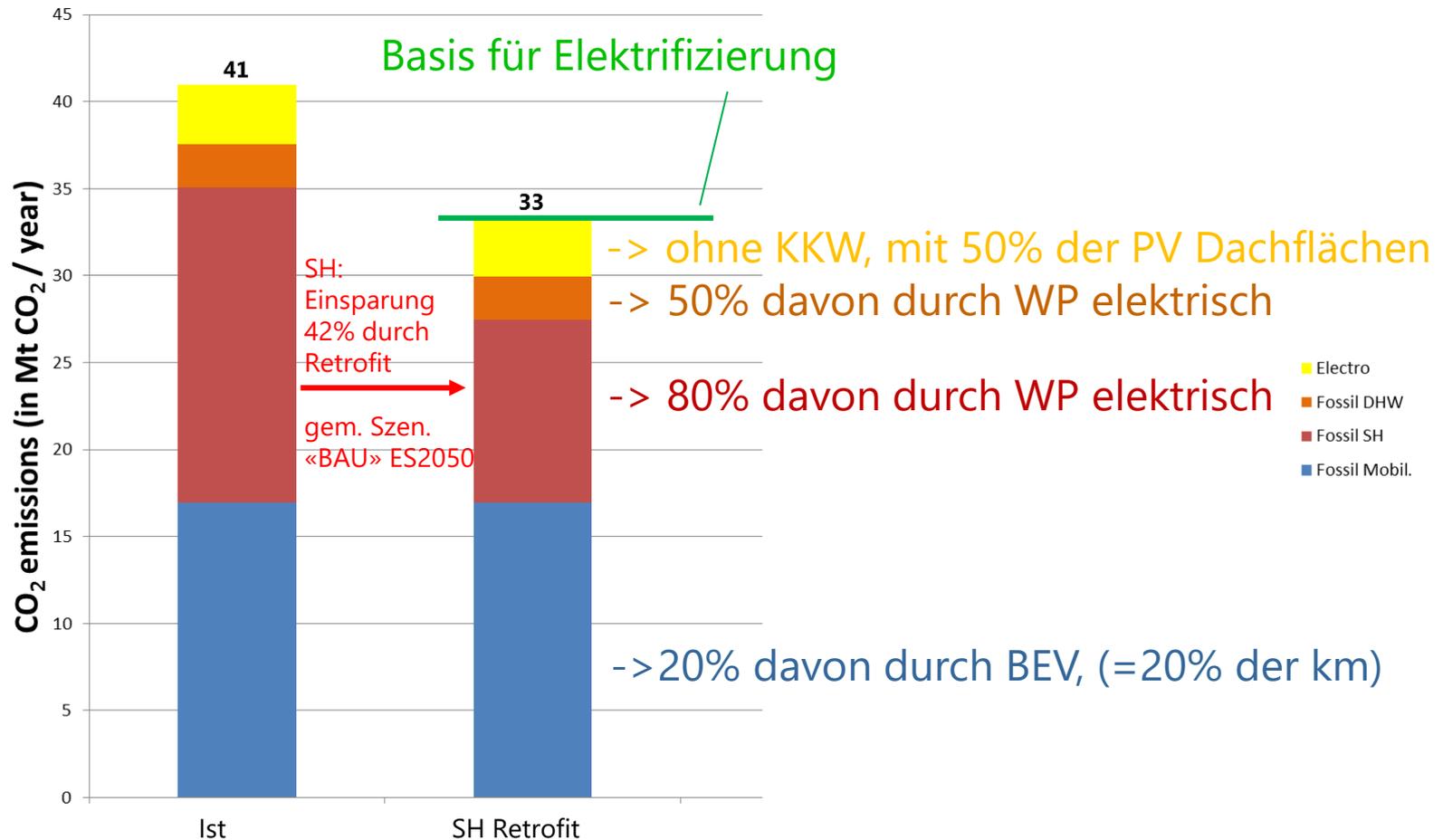


$\Delta t = 15 \text{ min}$

Visualisierung: Dr. Sinan Teske, Empa (Datenquelle: Swissgrid)

- Idee: Ersatz 80% fossile Raumwärme (SH) und 50% Warmwasser (DHW) durch Wärmepumpen + Ersatz 20% fossile Mobilität durch BEV
- Quelle des Bedarfsprofils Wärme soll ein effektiver Wärmeverbund sein, wo ein möglichst typischer Siedlungs-, Gewerbe- und Industriemix beliefert wird, die Temperaturen und die Verluste bekannt sind sowie die Daten mindestens auf Stundenbasis verfügbar sind. Zudem sollen Anpassungen (Retrofit) im Wärmeprofil für energiearme Gebäude miteinbezogen werden
- Zur Umrechnung auf das Stromprofil sollen effizienteste Luft/Wasser WP eingesetzt werden, weil diese im Retrofit-Bereich vorherrschen werden.
- BEV-Mobilität: 20% der gefahrenen km mit BEV, Verbrauchs- (=Lade-) Profil gemäss anderen Studien
- Die Kernkraft wird stundenbasiert herausgerechnet und 50% des möglichen PV-Potentials (gemäss BfE «sonnendach.ch») stundengerecht dazugerechnet
- Daraus ergeben sich die neue Profile mit Werten für Energie, Leistung, Überschüssen, Defiziten und CO₂

Grundlagen für Modell (am Beispiel CO₂)



Fernwärmenetz REFUNA

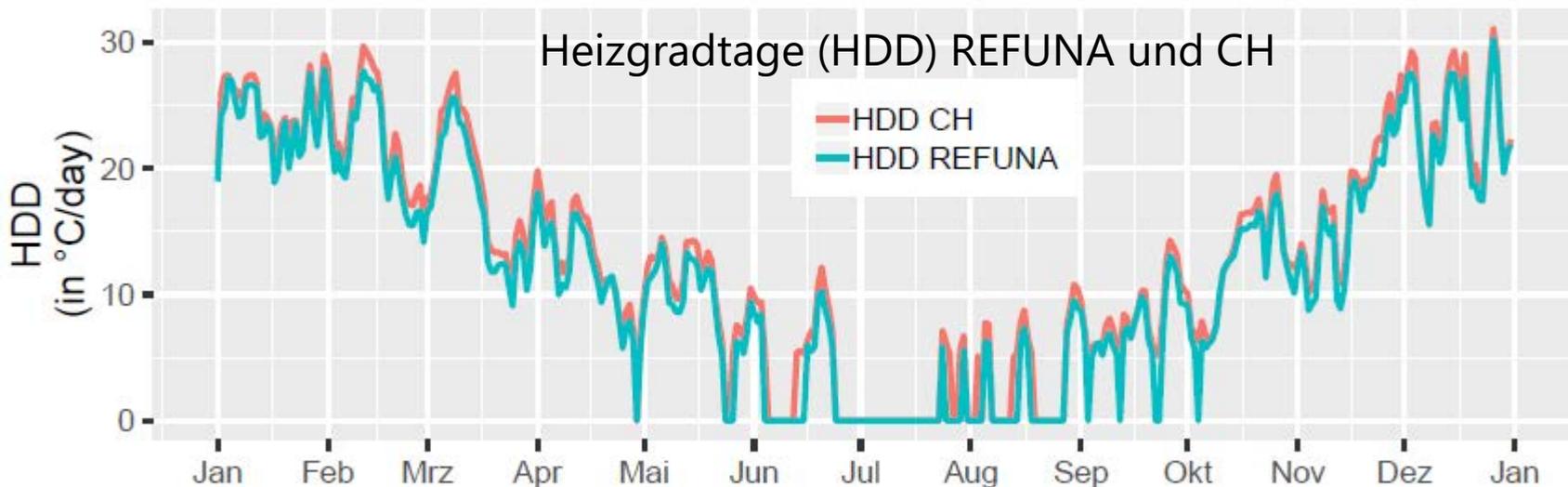
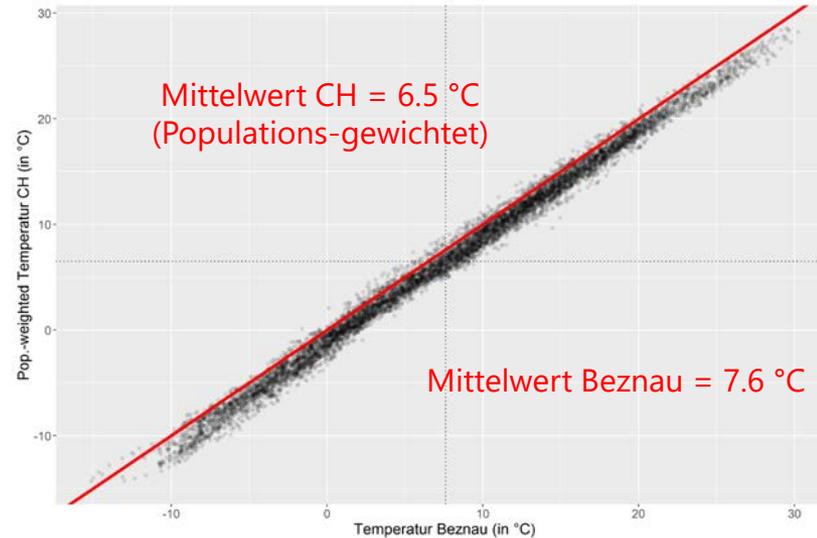


- Heute vorwiegend «Abwärme» aus Kernkraftwerk Beznau
- >2600 Kunden in 11 Gemeinden im unteren Aaretal (Mittelland)
- Industrie, Dienstleistung + Haushalte
 - 75% Einfamilienhäuser (auch Doppel- und Reihen EFH)
 - 15% Mehrfamilienhäuser
 - 10% Gewerbe, Industrie und öffentliche Bauten



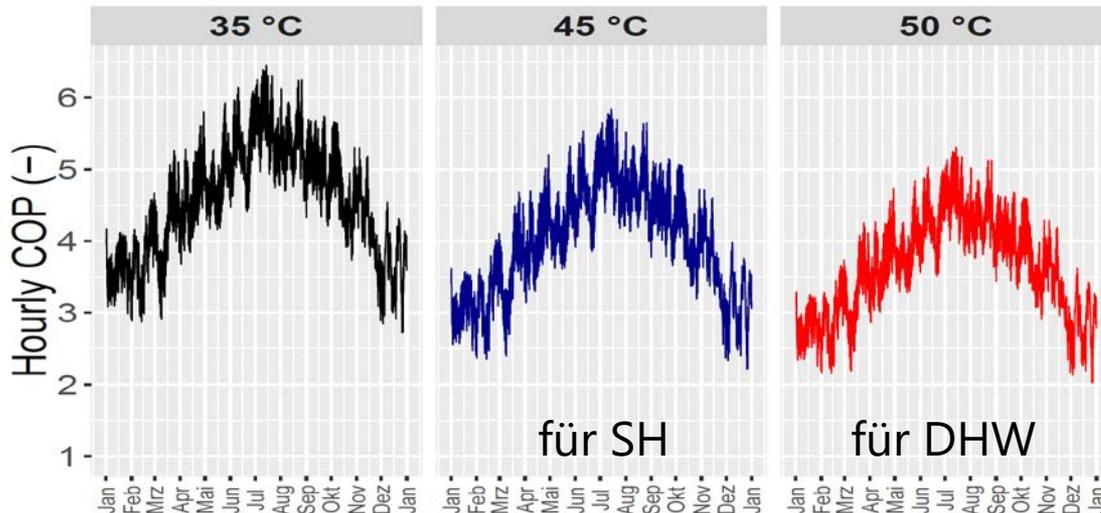
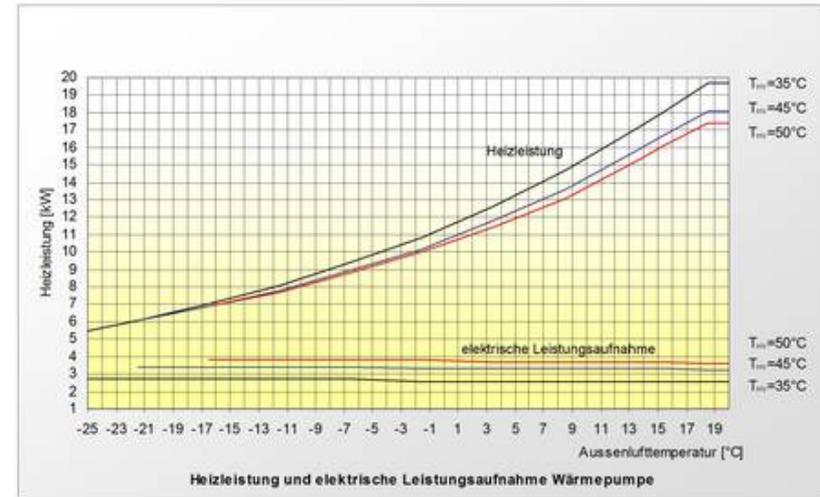
Ermittlung Wärmebedarf mittels realen Werten (Basis: Stundenwerte Wärmeverbund Refuna)

Beznau (leicht) wärmer als CH Durchschnitt



COP Wärmepumpen (Luft/Wasser) effektiv

Leistungsaufnahme
in Abhängigkeit der
Aussentemperatur und
Heizkurve (Bsp.
Effiziento, LW11)

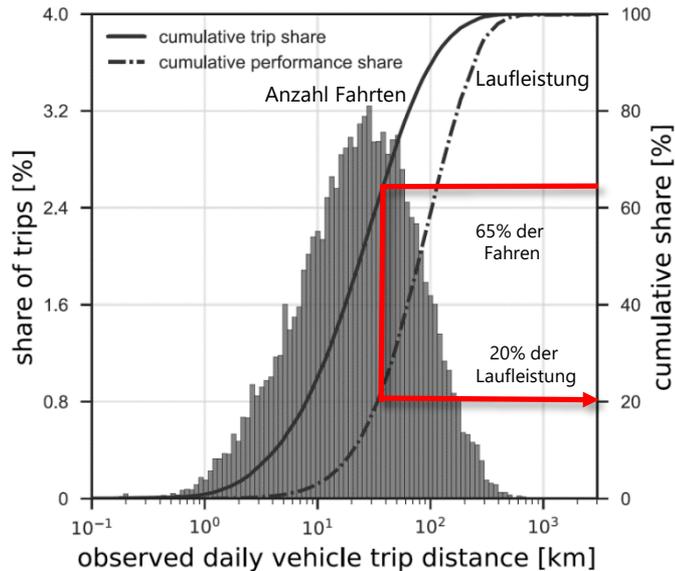


Stündlicher COP
gem. Aussentemperatur für
die 3 Heizkurven (oben)

Energiegewichtet gibt dies
tiefere Jahresarbeitszahl als
die Herstellerangaben

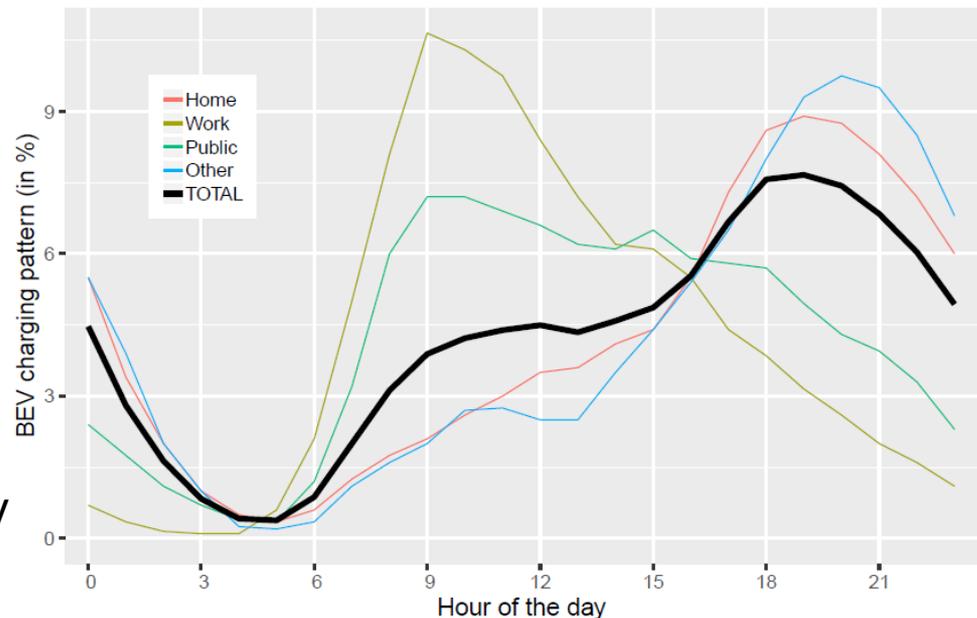
BEV Substitution

Quelle: Küng, L., Bütler, T.; Transportation Research Part C: Emerging Technologies (2018)



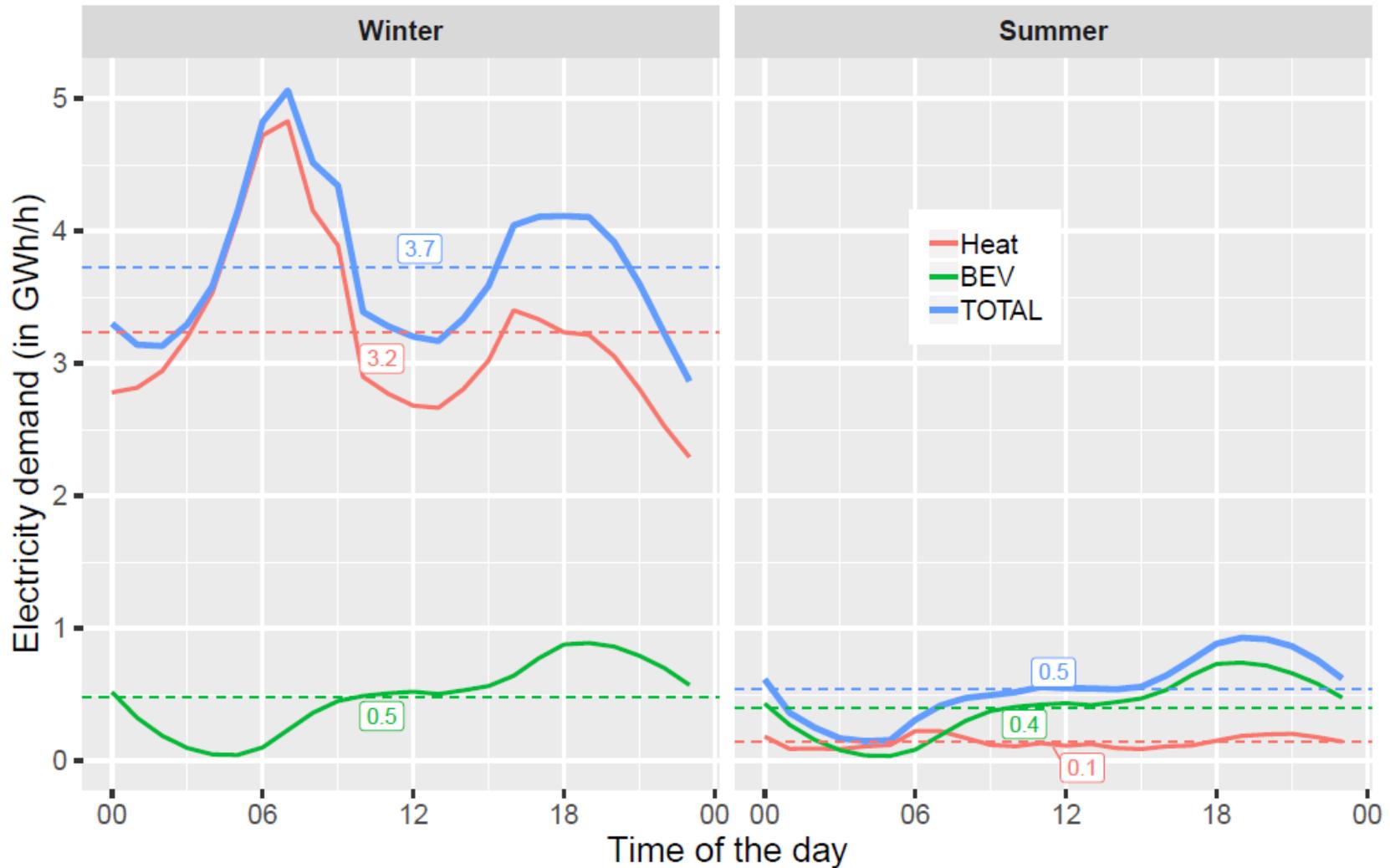
Die 65% kürzesten Autofahrten machen **20% der Laufleistung (km)** aus bzw. die 20% der längsten Autofahrten 65% der Laufleistung.
Modell: 20% der km (Laufleistung) durch BEV

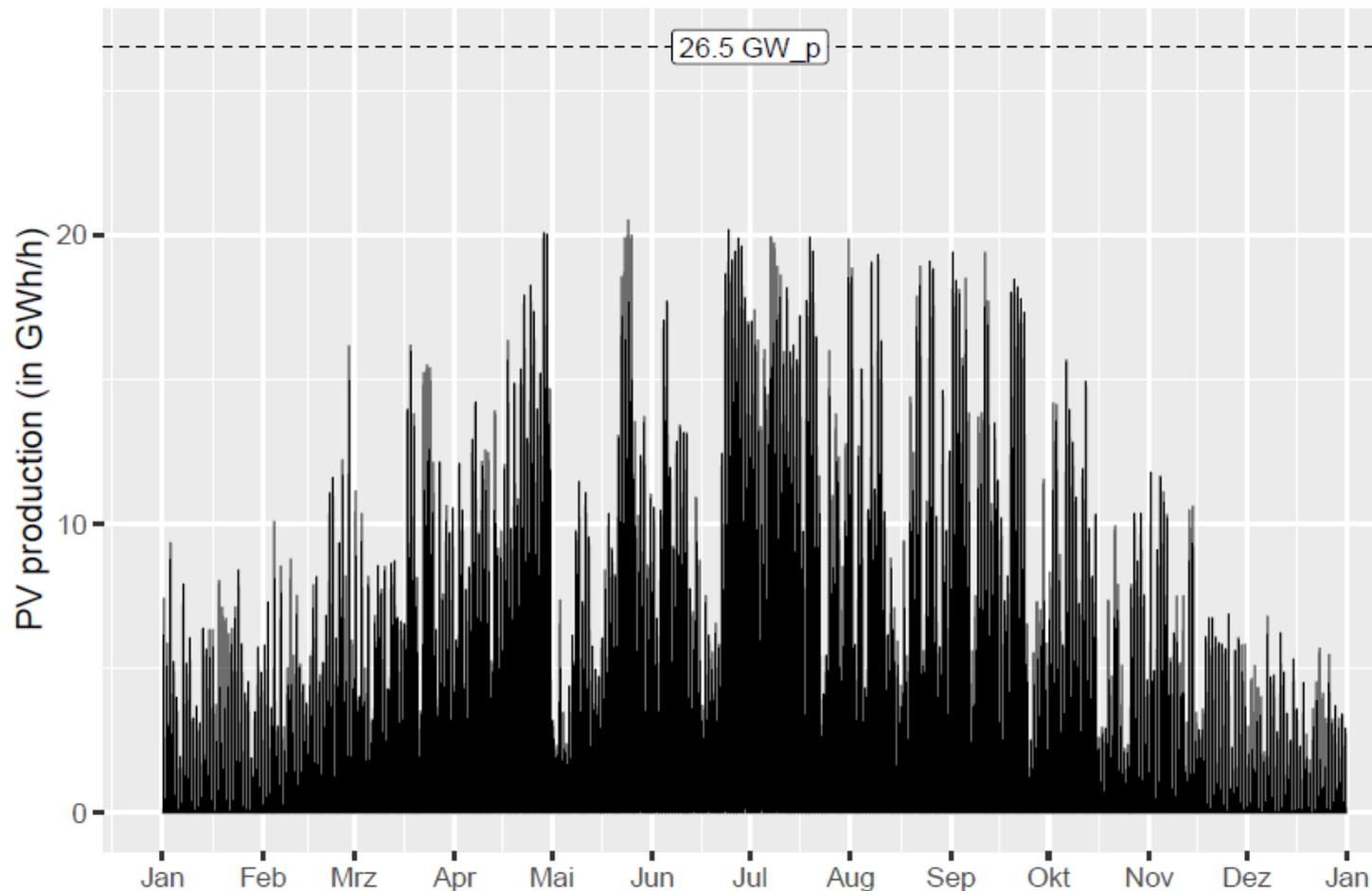
Hourly recharging profile with shares of 70% home, 15% work, 10% public and 5% other according to [Robinson et al. 2013].



Typisches Ladeprofil BEV

Tagesgang WP und BEV zusammen





Stündliches PV-Produktionsprofil für 2010 mit einer installierten Peak-Kapazität von 26.5 GW_p, hergeleitet aus einer Reanalyse von meteorologischen Satellitendaten [Pfenninger und Staffell, 2016].

Helfen uns die Nachbarländer zukünftig mit erneuerbaren Energien aus?

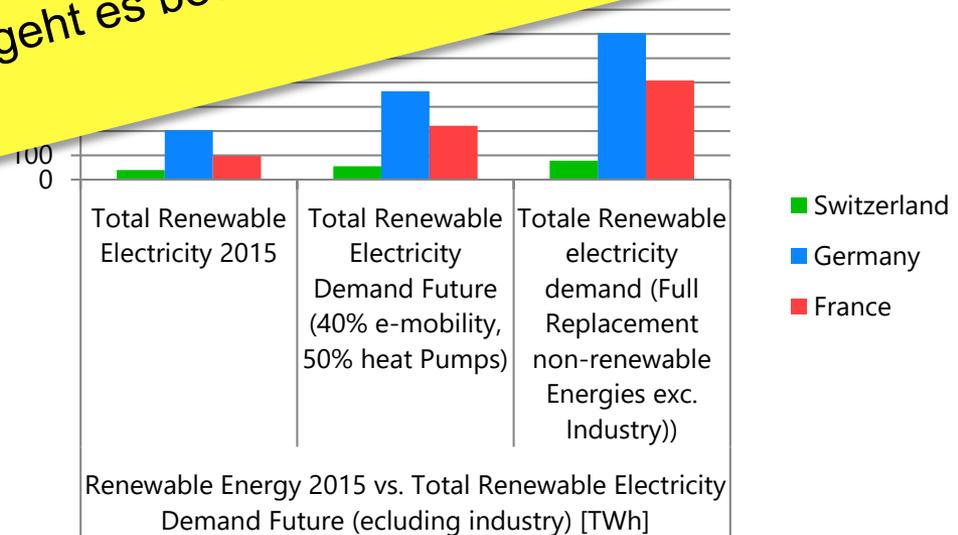


Anteil erneuerbarer Energie (2015):
Deutschland: ~40%
Frankreich: ~20%
Schweiz: ~10%

Fazit:

- Wahrscheinlich, dass unsere Nachbarländer ihre Ziele gemäss Paris 21 zuerst selbst erreichen wollen, bevor sie der Schweiz aushelfen
- DE geht selbst davon aus, dass sie Nettoimporteur erneuerbarer Energie sein werden – wenn dann (fast) alle mit erneuerbaren Importen rechnen, geht es bestimmt nicht auf

Die Herausforderungen sind proportional in unseren Nachbarländern ähnlich gross



CO₂ – Annahmen

- PV: **50**^{*}
ohne Berücksichtigung von nur effektiv genutzten Produktionsstunden → Abregelung (Curtailment)
 - Mittelwert heute (~80 g) und Zukunft (~20 g)
- Hydro: **13**^{**}
- Nuklear: **12**^{**}
- Import: **443**^{**}
 - ~GuD («bester fossiler Fall»)
 - GuD auch Option für CH in ES2050
 - Konstant über die Zeit Durchschnittsgehalt des Importstromes; ohne Berücksichtigung, dass im Importstrom manchmal auch Wind-/Solarstrom (~20 g/kWh) oder Kohlenstrom (~1200 g/kWh) beinhaltet ist
- Bilanz^{***}: (CO₂ El. Prod. CH + Netto-Importe CH) / El. Verbrauch CH



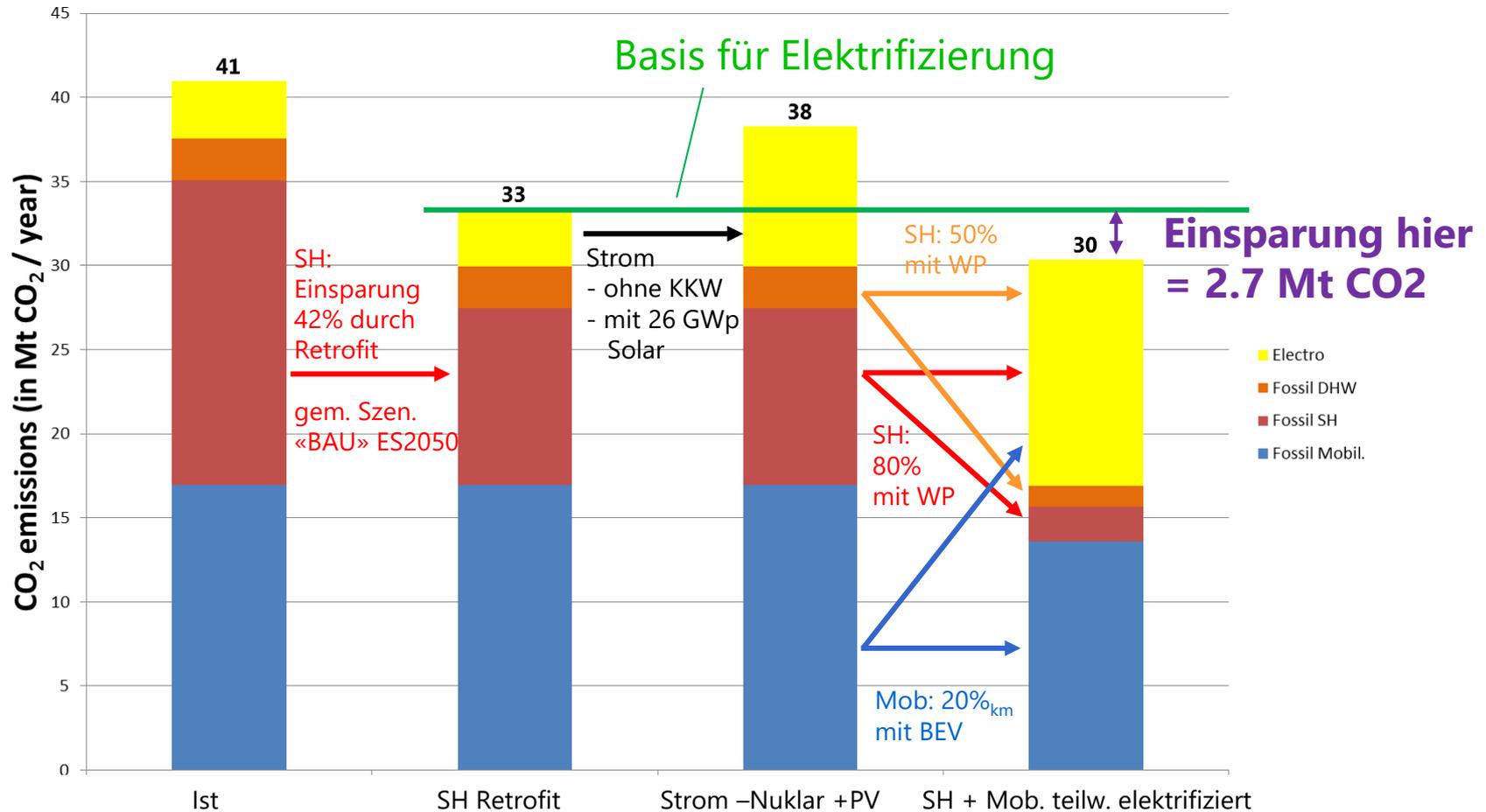
Quellen:

* Frischknecht et al. (2014), «Life Cycle Assessment of Future Photovoltaic Electricity Production from Residential-scale Systems Operated in Europe»

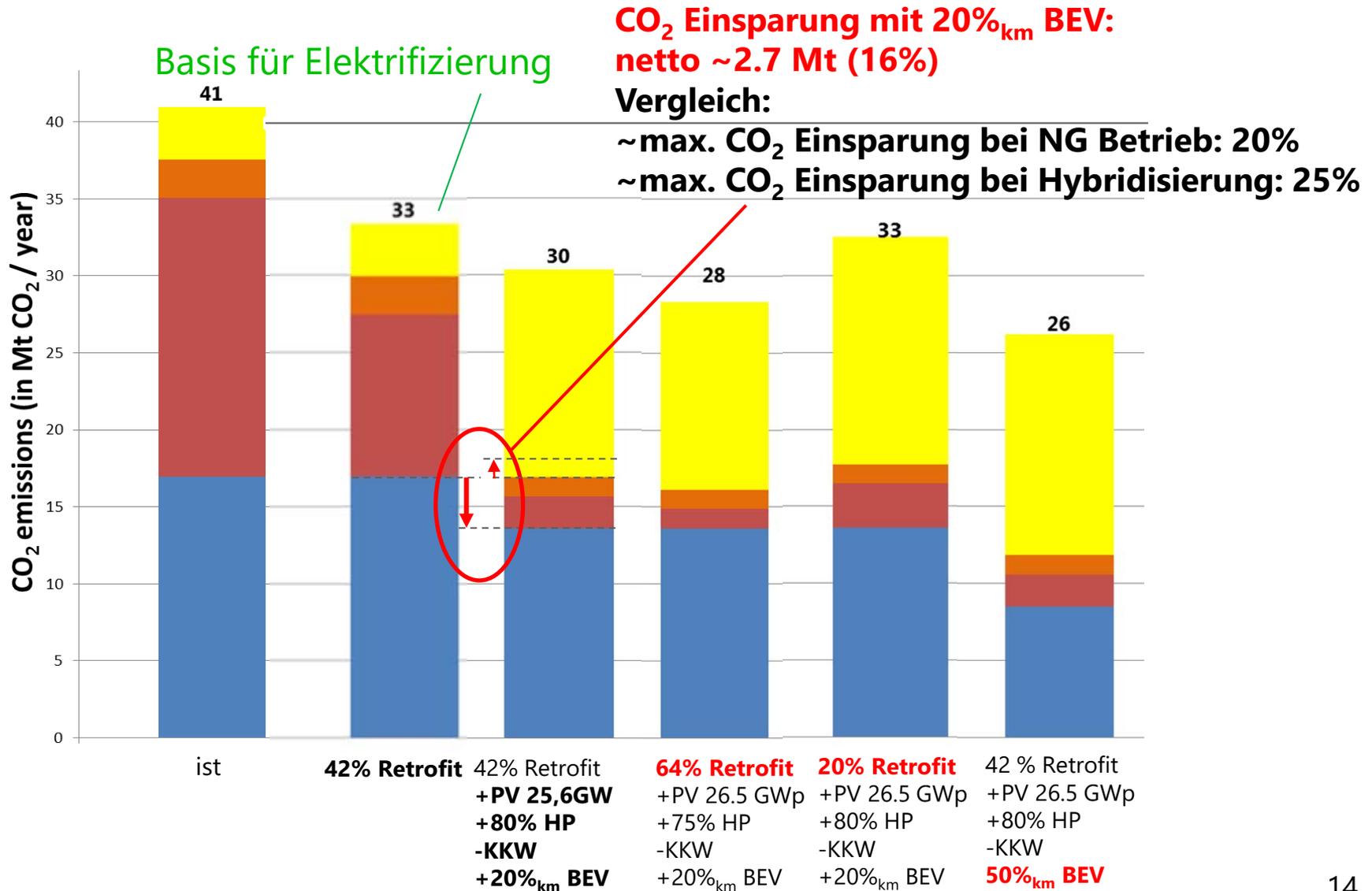
** ecoinvent database (2018), version v3.4, system model "allocation, cut-off by classification"

*** TEP (2009) „CO₂-Intensität des Stromabsatzes an Schweizer Endkunden“

Effektive CO₂ Einsparung



Gesamtsensitivitäten CO₂ Energie



- Der CO₂-Gehalt des Stroms - insbesondere des Imports – spielt bei der Elektrifizierung eine sehr wichtige Rolle
- Der Retrofit-Anteil im Gebäudepark macht den grössten Anteil der CO₂-Reduktion aus, weil dadurch weniger Strom (und auch weniger fossile Energie) - vor allem im Winter - benötigt wird
- Nicht nur der Mehrverbrauch Elektrizität ist eine Herausforderung, sondern insbesondere auch die Substitution der Kernenergie
- PtG-Lösungen mit Stromverbrauch im Winter sind eher kontraproduktiv, im Sommer spielt die Effizienz von PtG eine untergeordnete Rolle
- Direkte Einsparungen im fossilen Bereich haben auch ein nicht vernachlässigbares Potenzial (Hybridisierung / NG / Biogas im Mobilitätsbereich, Gas-WP / NG / Biogas im Gebäudebereich) und auch der Import von Low-CO₂ fossilen Brenn- und Treibstoffen (renewable LNG, Biofuels, etc.)

- Ausblick: Folgestudie mit Speicheroptimierung, realer Verbrauchssteuerung, ökonomischen Betrachtungen, etc.

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!



Empa – Swiss Federal Laboratories for
Materials Science and Technology



@Empa_CH

www.empa.ch

urs.elber@empa.ch