

Teilautomatisierte Modellierung und Analyse möglicher europäischer Kraftwerksentwicklungsszenarien

Christopher Pansi,
Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation

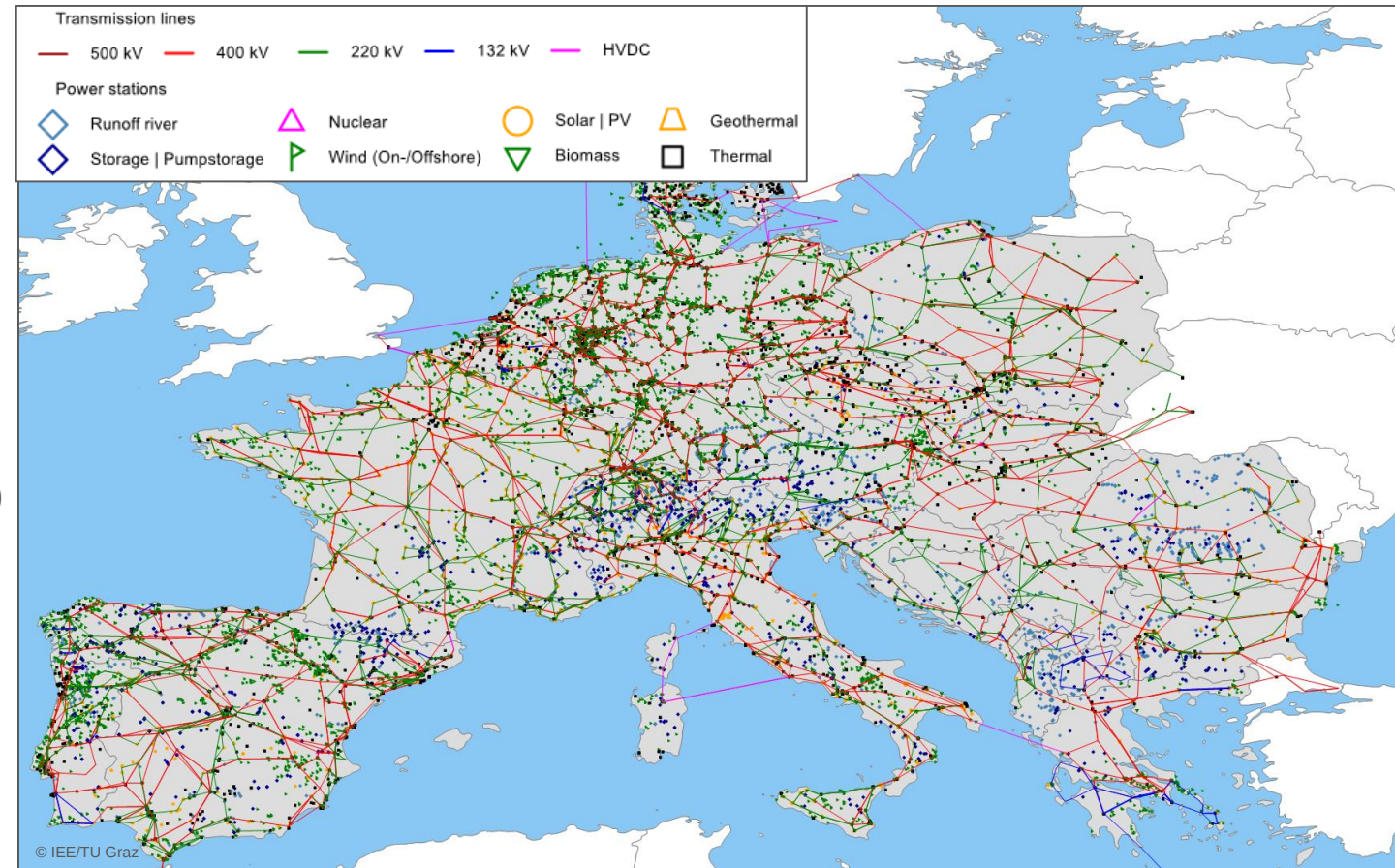
13.02.2020

Einleitung

■ Elektrizitätswirtschaftliches Simulationsmodell ATLANTIS

■ Physisches Modell

- 8.000 Leitungen
- 3.600 Netzknoten mit Verbrauchszuordnung
- 38.200 Kraftwerke
 - 27 unterschiedliche Typen
 - 49 Parameter je Kraftwerkstyp
- DC-OPF Lastflussrechnung

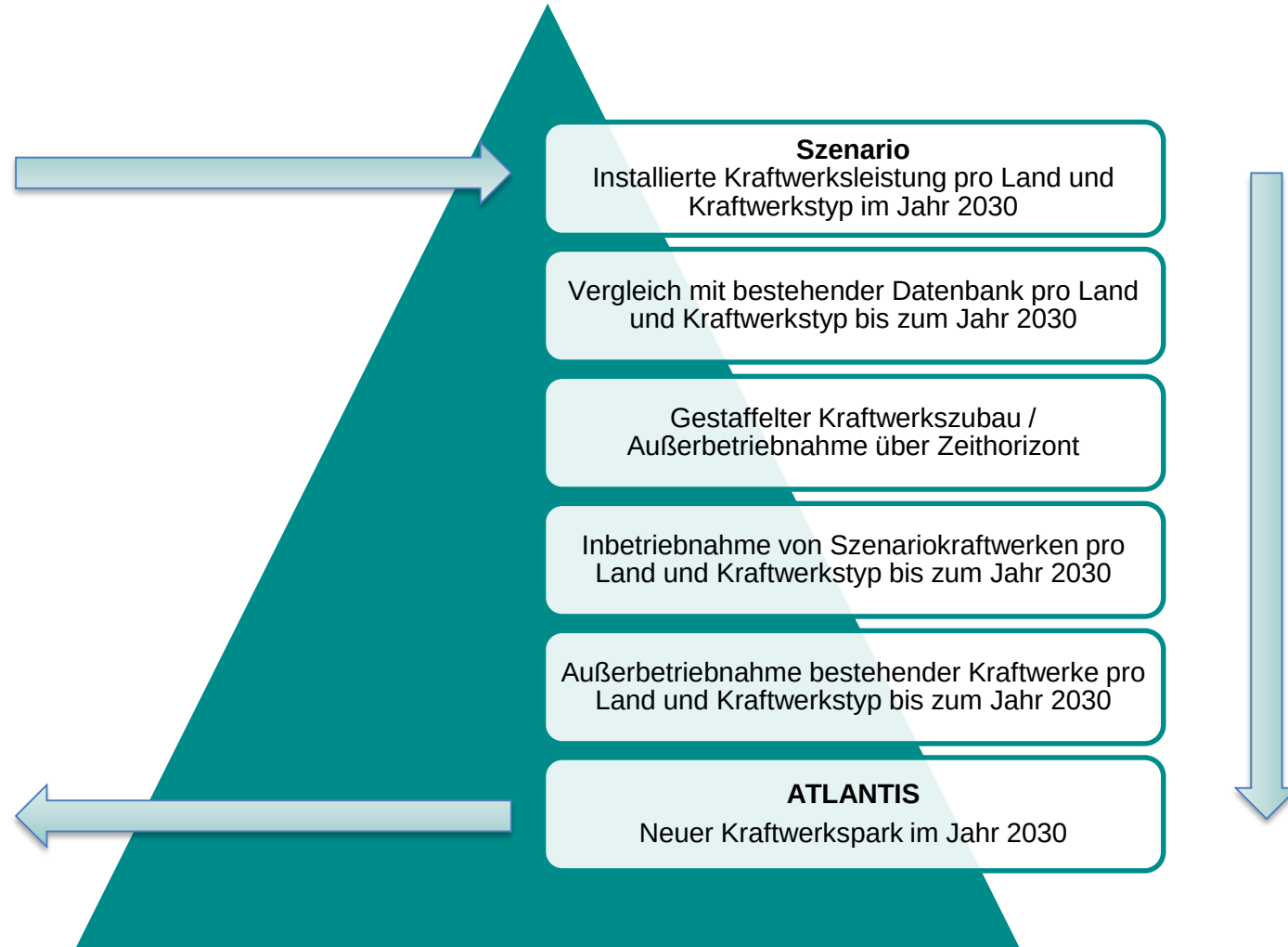
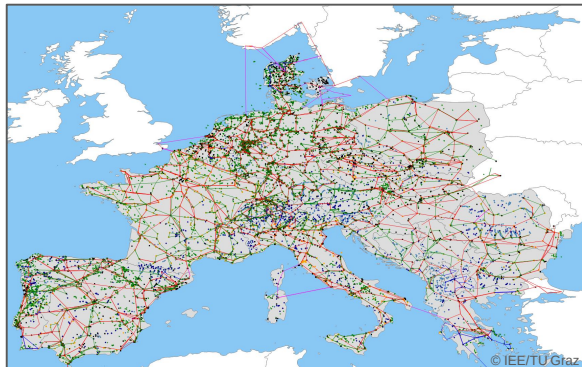


Motivation

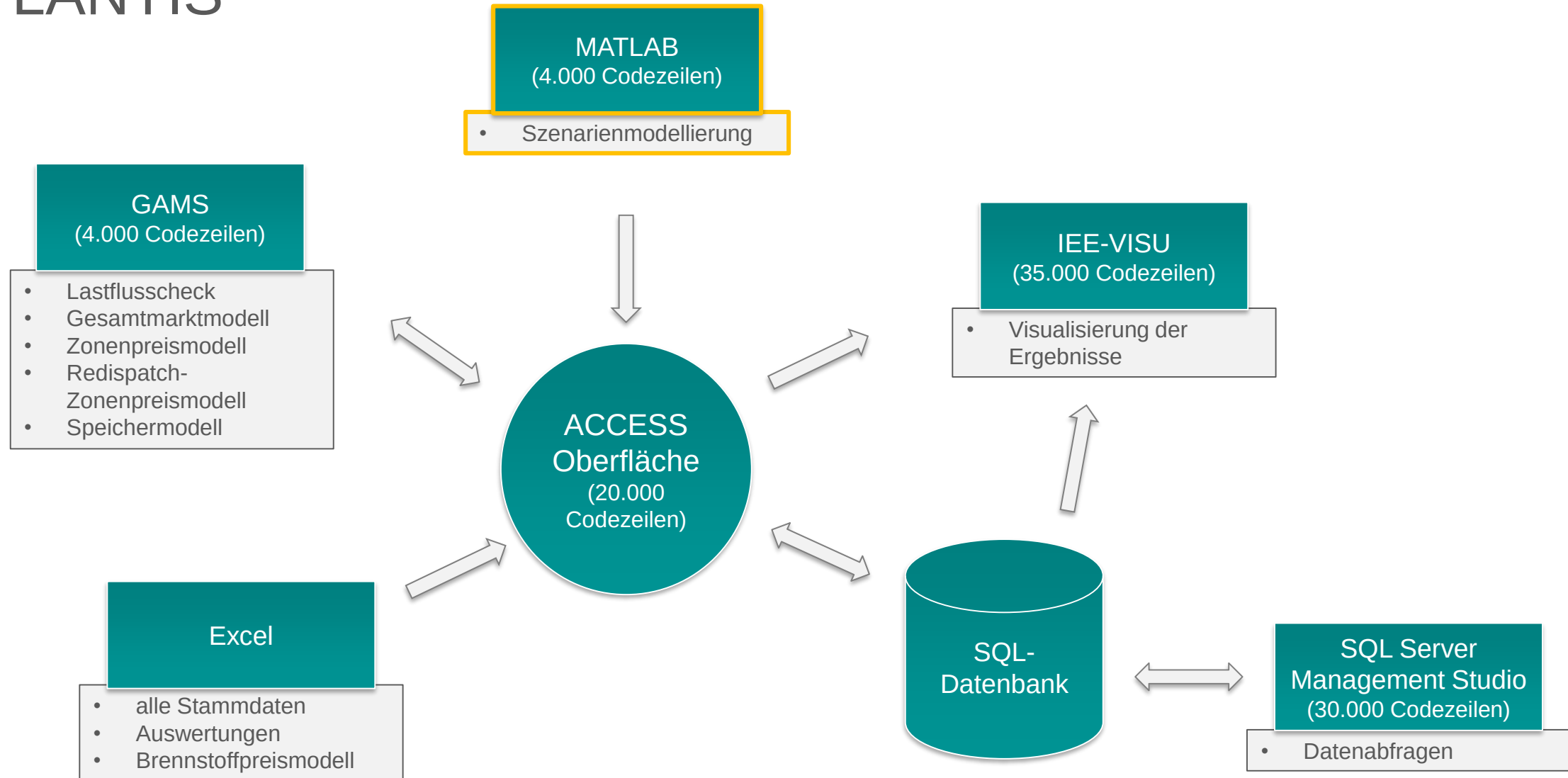
- Elektrizitätswirtschaftliches Simulationsmodell ATLANTIS
- Physisches Modell
 - 8.000 Leitungen
 - 3.600 Netzknoten mit Verbrauchszuordnung
 - 38.200 Kraftwerke
 - 27 unterschiedliche Typen
 - 49 Parameter je Kraftwerkstyp
 - DC-OPF Lastflussrechnung
- Szenarienmodellierung
 - Top-Down Szenarien in Bottom-Up Struktur integrieren
 - Quantitative Herausforderungen
 - Qualitative Herausforderungen



Methodik

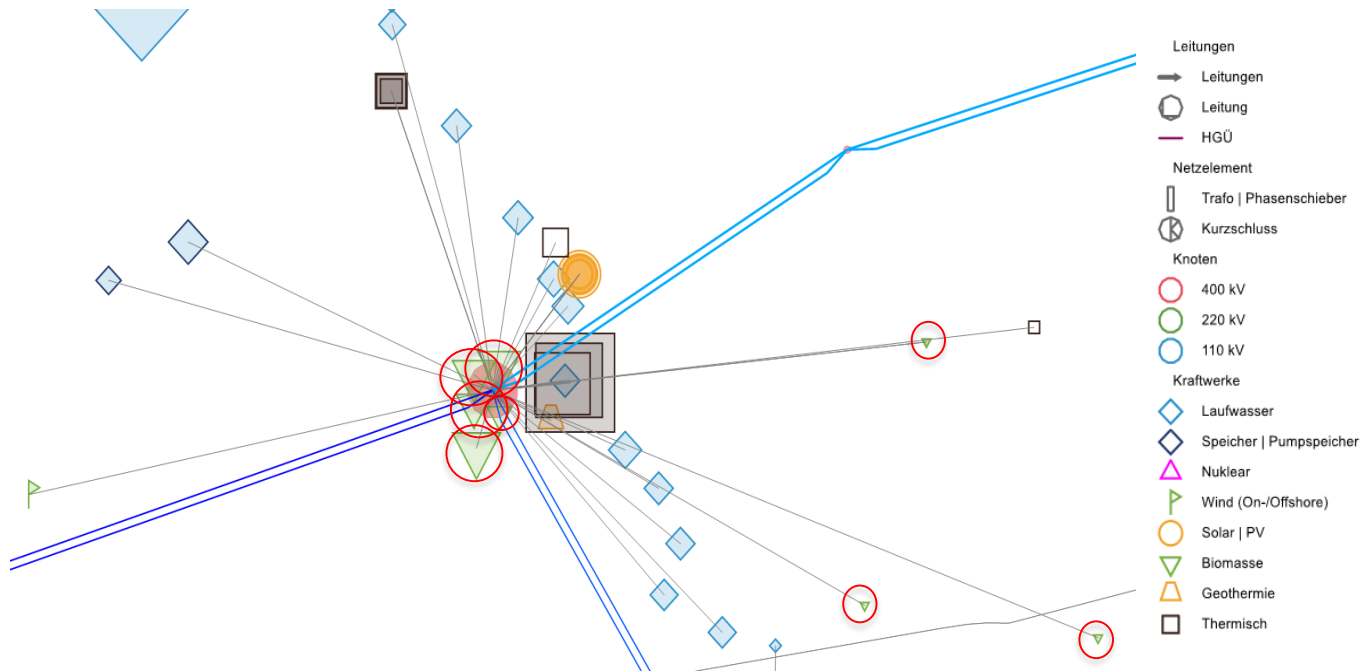


ATLANTIS



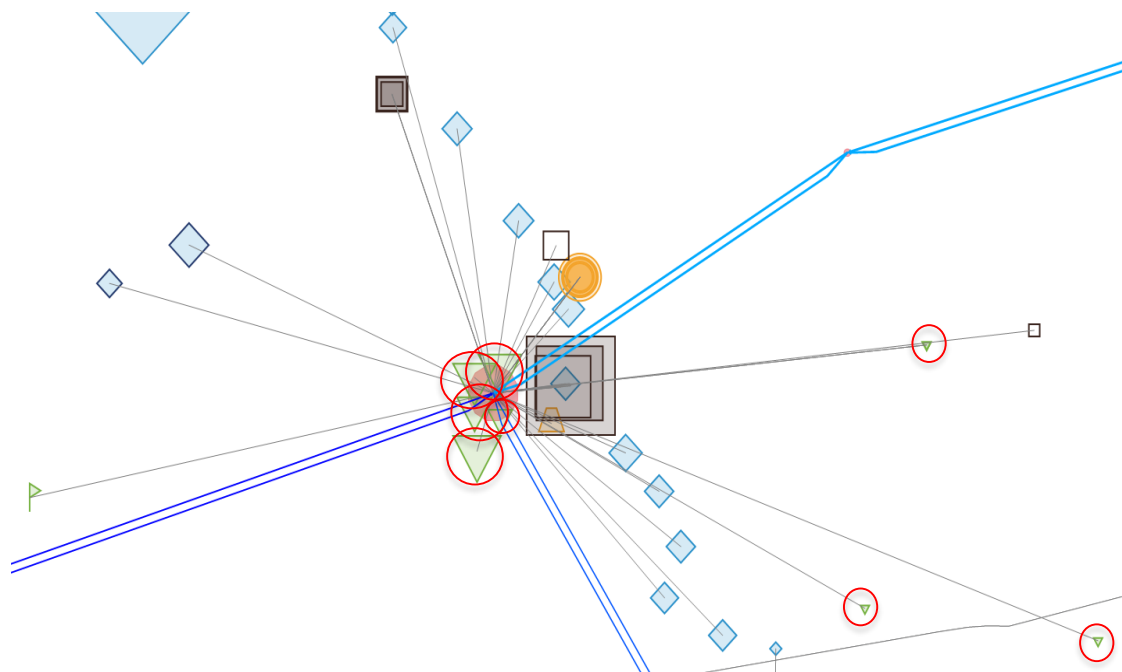
Methodik

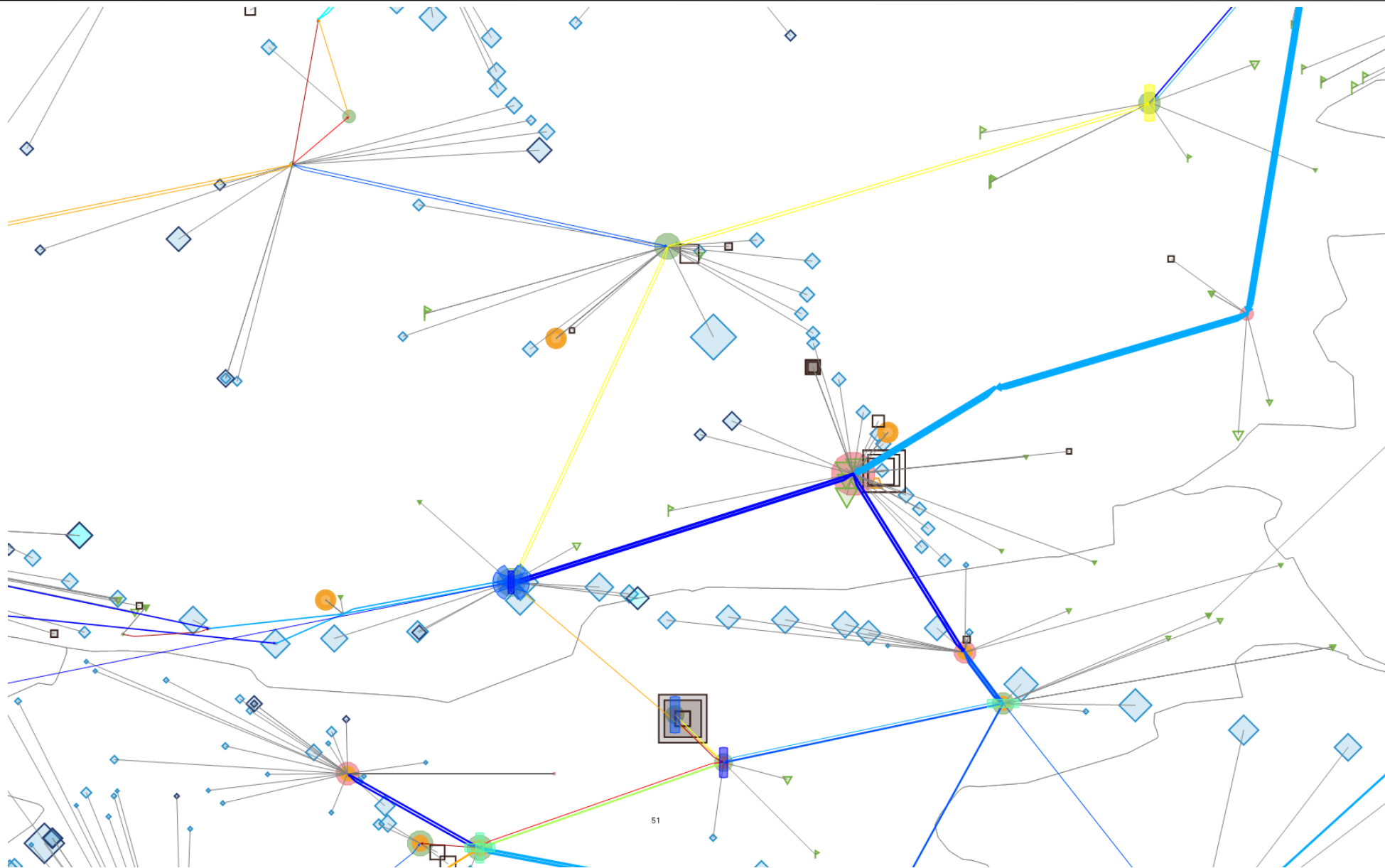
■ Inbetriebnahmen über Szenariokraftwerke

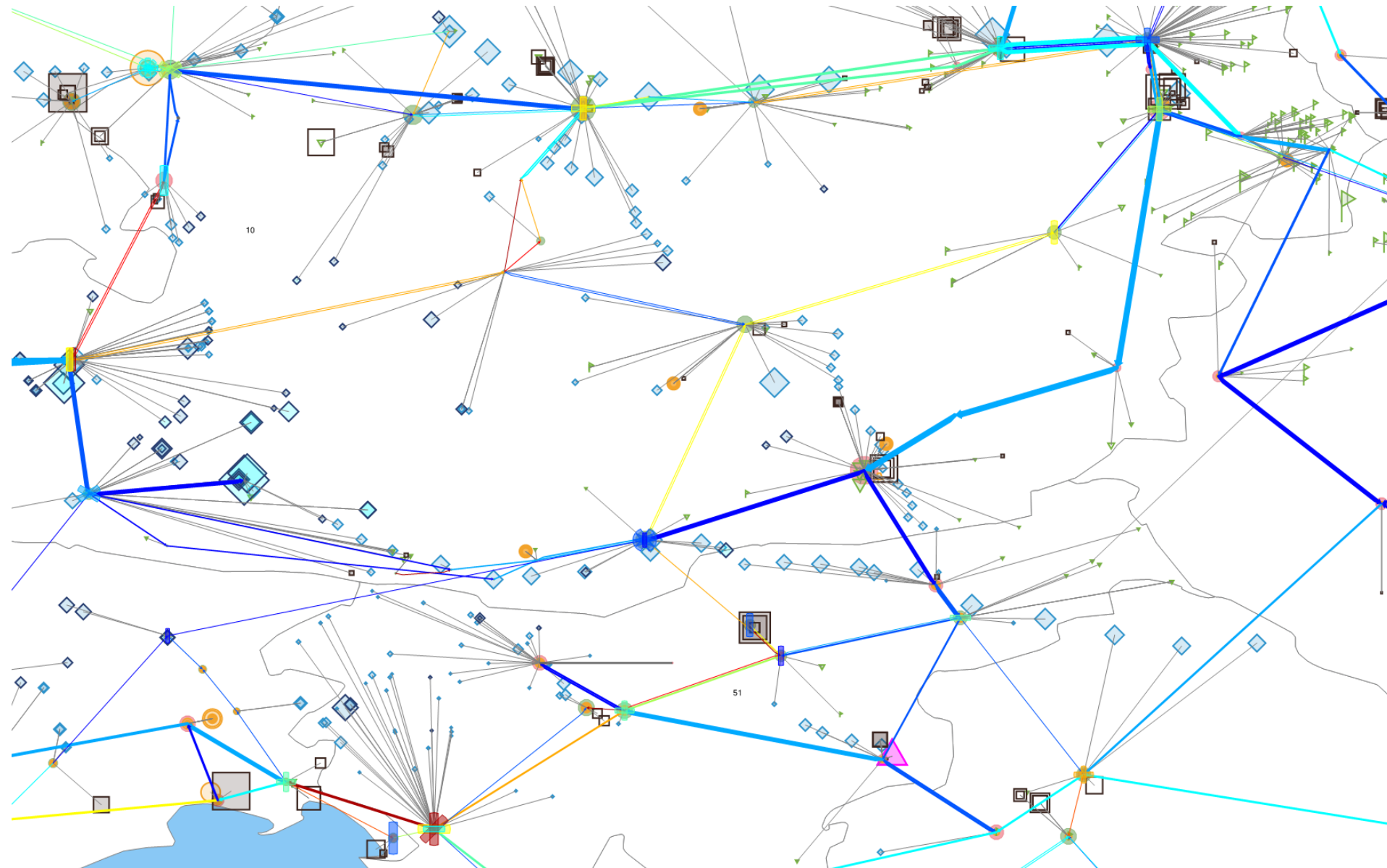


380kV Netzknoten Kainachtal im Jahr 2016

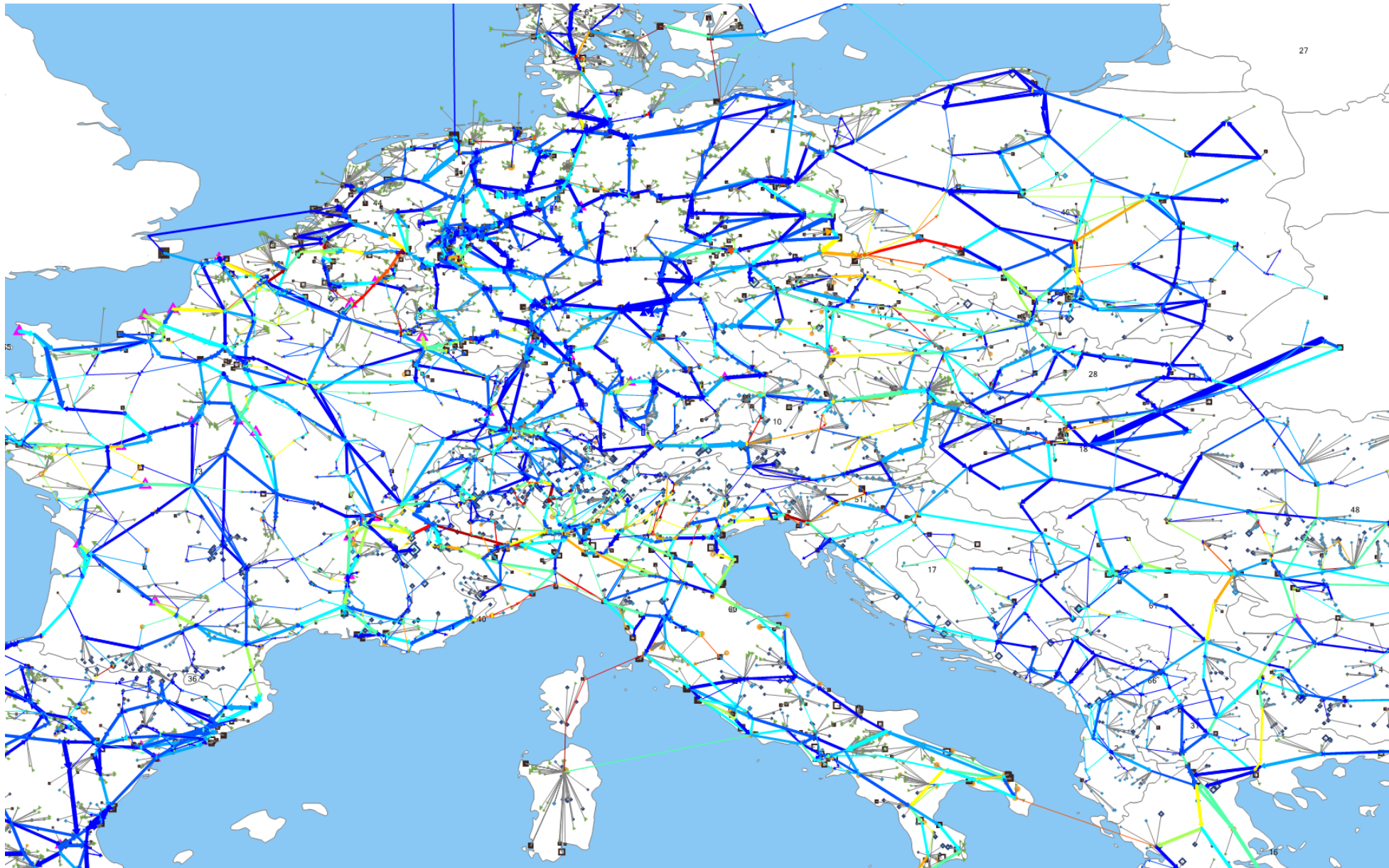
- Zuweisen von Parametern bereits bestehender Anlagen
- Auf Knoten oder bestehende Standorte aufteilen
- Gewichtung nach Verbrauch oder installierter Leistung
- Blockgröße pro Kraftwerk wählbar
- Inbetriebnahmen gestaffelt über Zeithorizont











Methodik

■ Außerbetriebnahmen

$$\max \left\{ \sum_i^n PP_{age_i} * \left[\frac{PP_{age_i}}{PP_{age\ max}} \right]^n * x_i \right\}$$

$x_i \in \{0,1\}_{\mathbb{N}_0}$

u.B.v. $P_{decom} - \sum_i^n P_i * x_i \leq dynBound$

$$-\left(P_{decom} - \sum_i^n P_i * x_i \right) \leq dynBound$$

mit:

PP_{age_i} :	Aktuelles Alter des Kraftwerks [-]
$PP_{age\ max}$:	Ältestes Kraftwerk [-]
x_i :	Entscheidungsvariable → Kraftwerk geht außer Betrieb ja/nein (1,0) [-]
P_{decom} :	Kraftwerksleistung welche außer Betrieb genommen werden soll [MW]
P_i :	Nettoerzeugungskapazität eines Kraftwerkes [MW]
$dynBound$:	Tolerierter dynamischer Fehler zwischen Soll- und Istwert [MW]
i :	Betrachtetes Kraftwerk welches für die Außerbetriebnahme in Frage kommt [-]
n :	Anzahl der Kraftwerke welche für die Außerbetriebnahme in Frage kommen [-]

- Maximiere Alter des Kraftwerksparks
- Gewichtungsfaktor in Abhängigkeit des ältesten Kraftwerkes / Land / Typ
- Alte ineffiziente Kraftwerke gehen zuerst vom Netz
- Kompromiss zwischen Kraftwerksalter und installierter Leistung

Szenarien des TYNDP 2018



SUSTAINABLE TRANSITION

- Rasche und wirtschaftlich nachhaltige CO₂-Reduktion
- Kohlekraftwerke gehen zunehmend außer Betrieb
- Haupttreiber: EU-ETS, Subventionen
- Ziele 2030: 20% Wind und 8% PV*



GLOBAL CLIMATE ACTION

- Dekarbonisierung unter allen Umständen
- Fokus liegt auf „Large Scale RES“ sowie teilweise Kernkraft
- Haupttreiber: Globales-ETS



DISTRIBUTED GENERATION

- „Prosumer“ im Fokus (Dezentrale Energieerzeugung inkl. Batteriespeicher)
- Haupttreiber: EU-ETS
- Ziele für 2030: 19% Wind und 15% PV*

*Anteil am Verbrauch

https://www.entsoe.eu/Documents/TYNDP%20documents/TYNDP2018/Scenario_Report_2018_Final.pdf?Web=1
https://docstore.entsoe.eu/Documents/TYNDP%20documents/TYNDP2018/Scenario_Report_ANNEX_II_Methodology.pdf

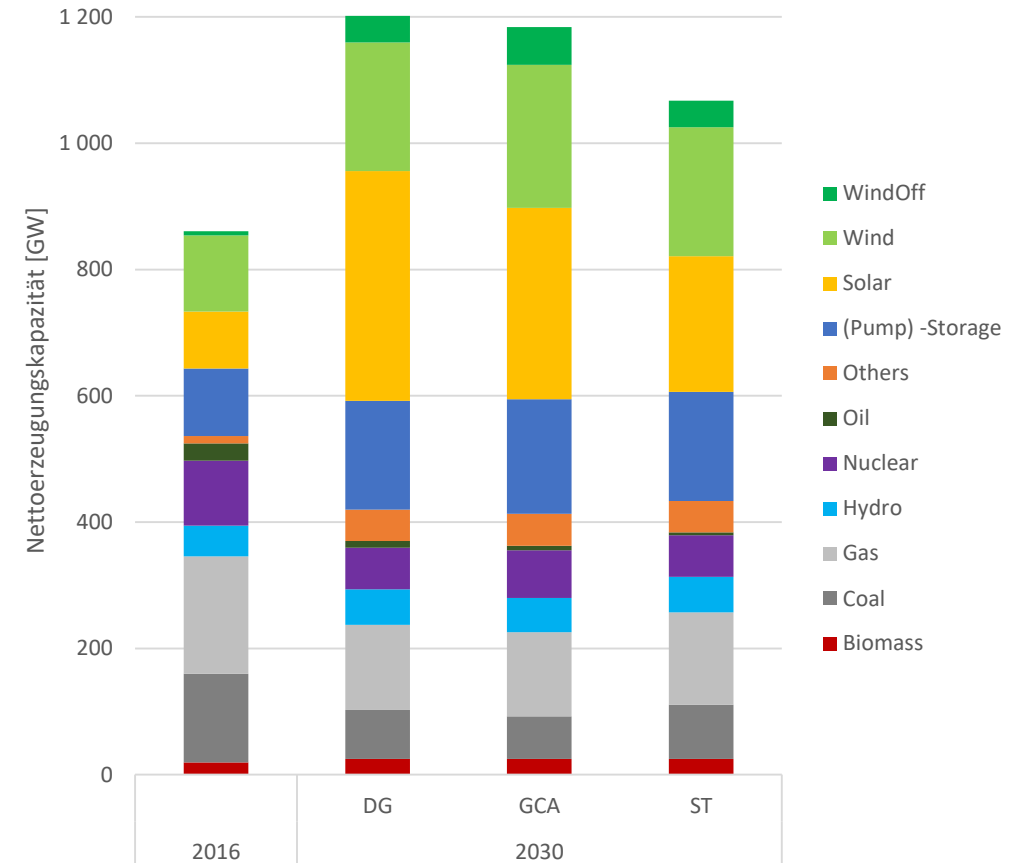
Installierte Leistung

Konventionelle Energieträger

- **Kohle:** Rückgang um 39% - 45%
- **Gas:** Rückgang um 22% - 28%
- **Nuklear:** Rückgang um 26% - 36%

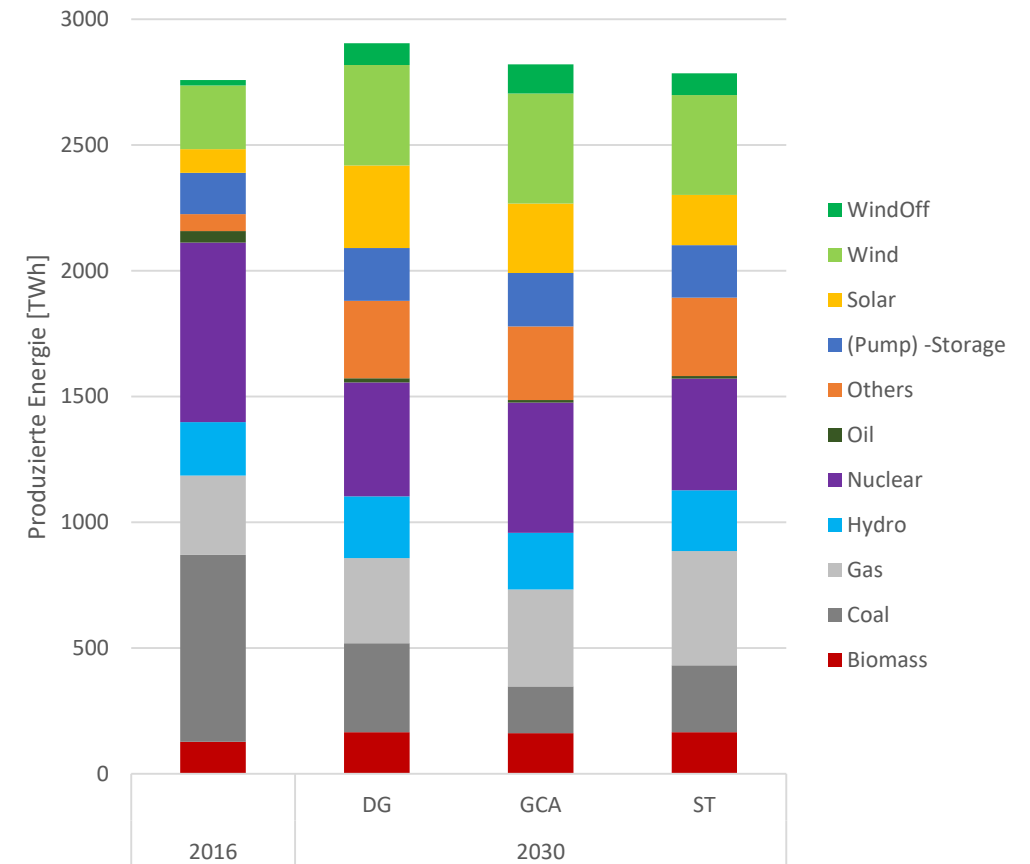
Erneuerbare Energieträger

- **Wasserkraft:** Zunahme um 47% - 51%
- **PV:** Zunahme um 138% - 300%
- **Wind:** Zunahme um 93% - 125%



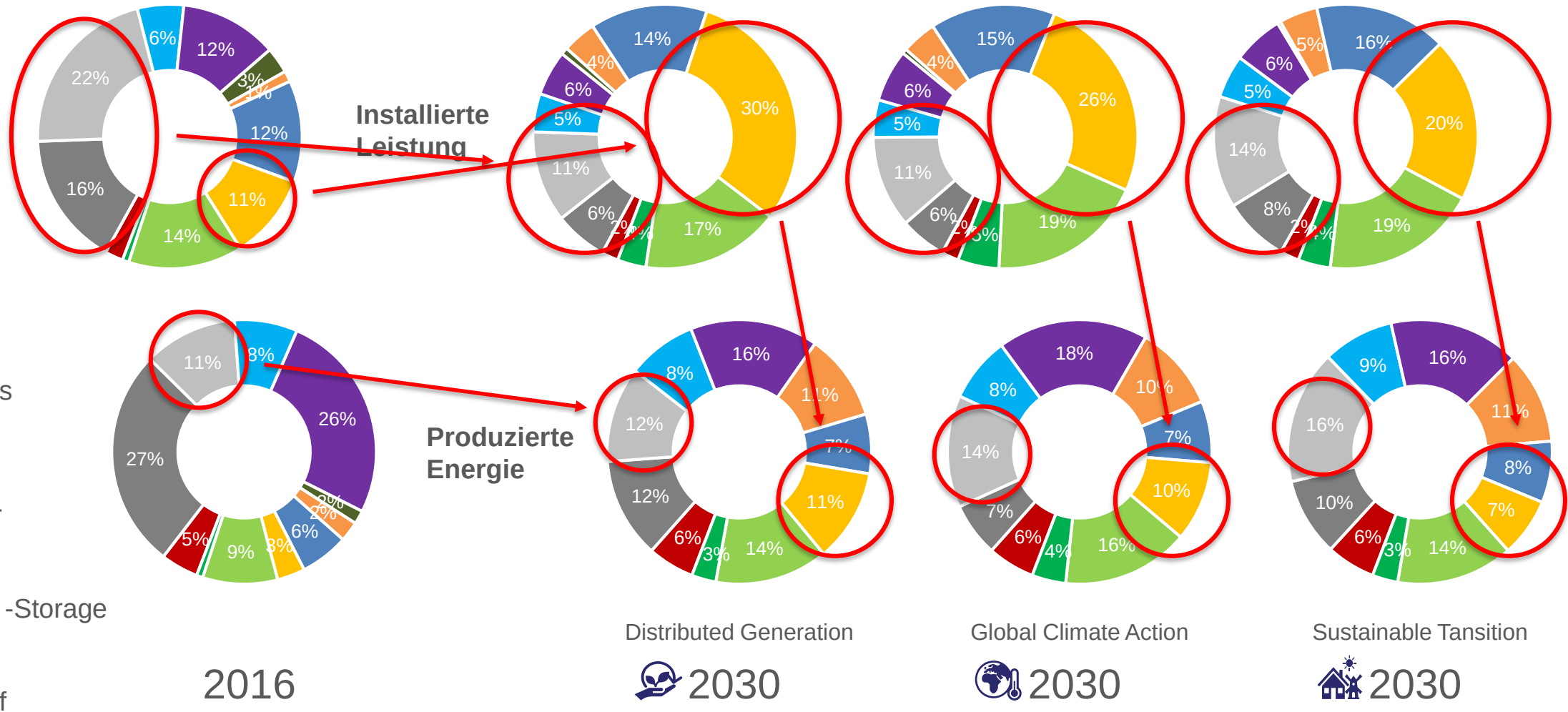
Ergebnisse: Produzierte Energie

- Konventionelle Energieträger
 - **Kohle:** Rückgang um 52% - 75%
 - **Gas:** Zunahme um 7% - 43%
 - **Nuklear:** Rückgang um 28% - 38%
- Erneuerbare Energieträger
 - **Wasserkraft:** Zunahme um 16% - 21%
 - **PV:** Zunahme um 100% - 250%
 - **Wind:** Zunahme um 77% - 100%
- Verbrauch
 - DG: Zunahme um 5,3%
 - GCA: Zunahme um 2,3%
 - ST: Zunahme um 1%



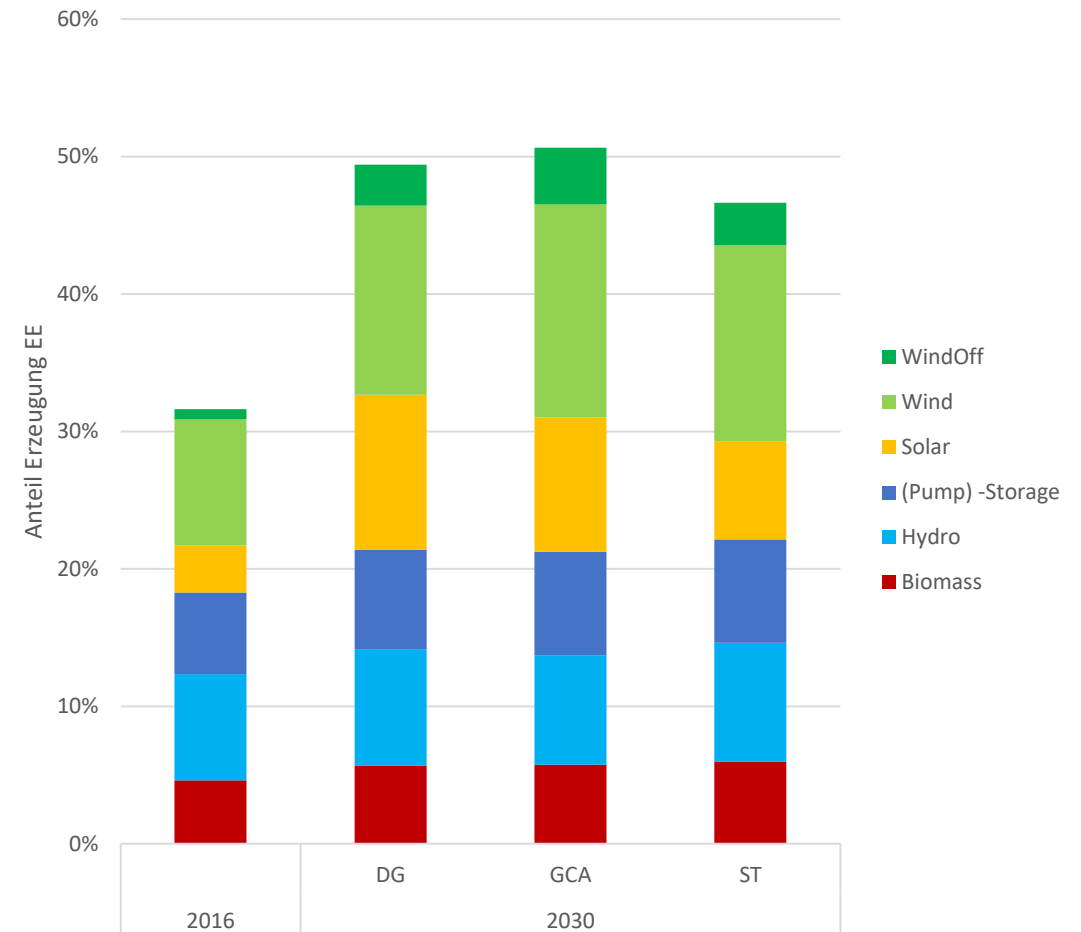
Ergebnisse

- Biomass
- Coal
- Gas
- Hydro
- Nuclear
- Oil
- Others
- (Pump) -Storage
- Solar
- Wind
- WindOff



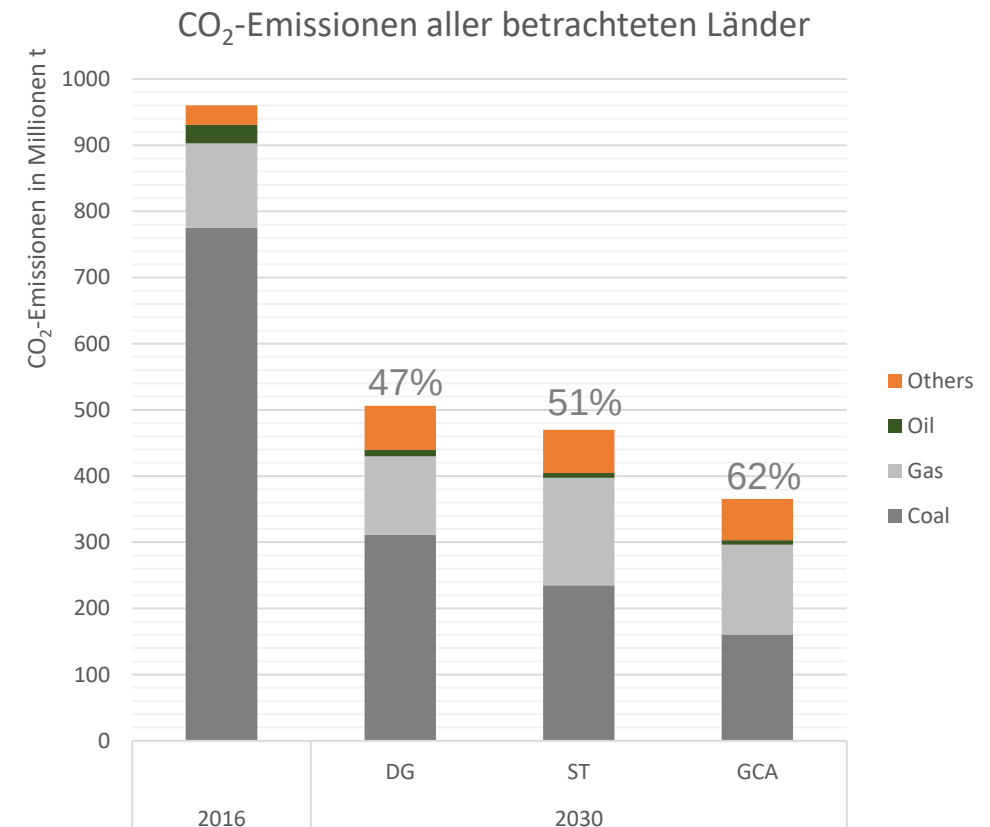
Ergebnisse: Anteil EE und CO2-Emissionen

- Anteil EE von 32% auf bis zu 51%
- Haupttreiber Wind und PV
- Wasserkraft und Biomasse nahezu unverändert



Ergebnisse: Anteil EE und CO₂-Emissionen

- Anteil EE von 32% auf bis zu 51%
- Haupttreiber Wind und PV
- Wasserkraft und Biomasse nahezu unverändert
- CO₂-Emissionen
 - Abnahme von 47% bis 62%
 - Hauptanteil Kohle



Deutscher Kohleausstieg

*Anteil am Verbrauch

Deutscher Kohleausstieg



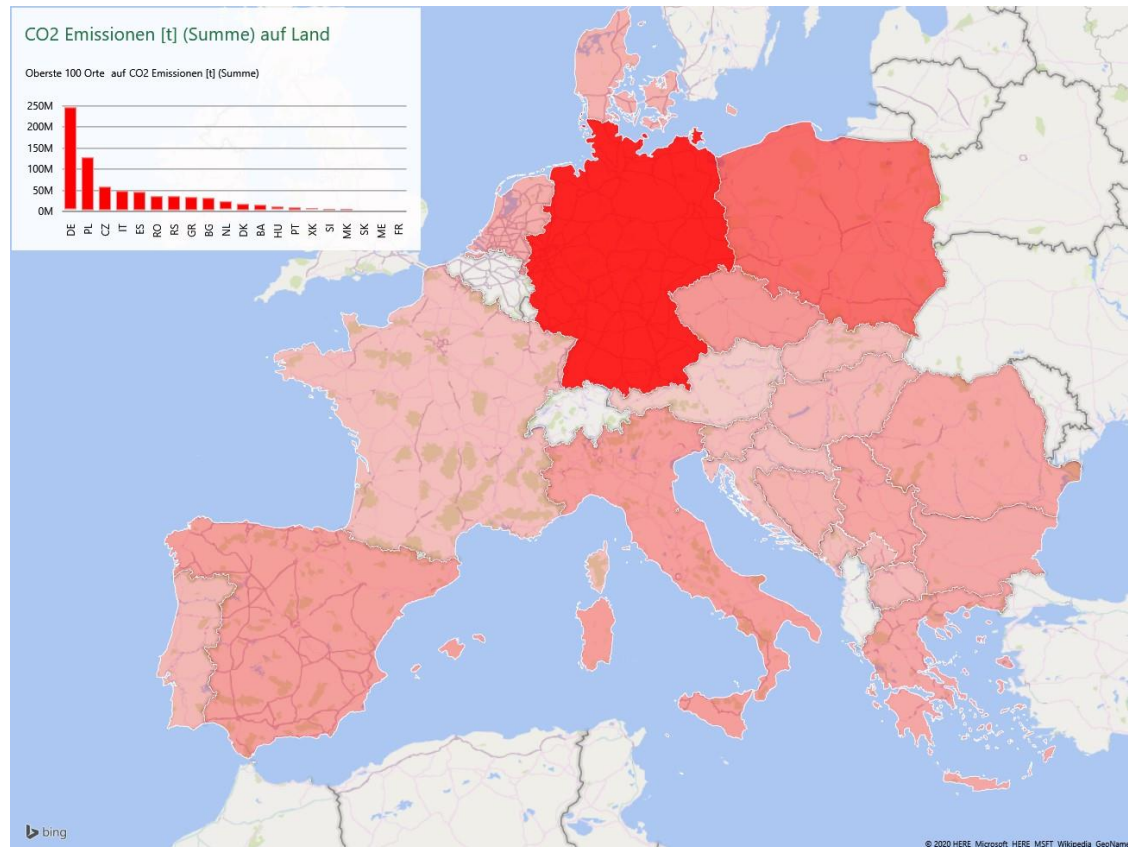
SUSTAINABLE
TRANSITION

German
Coal Phase Out

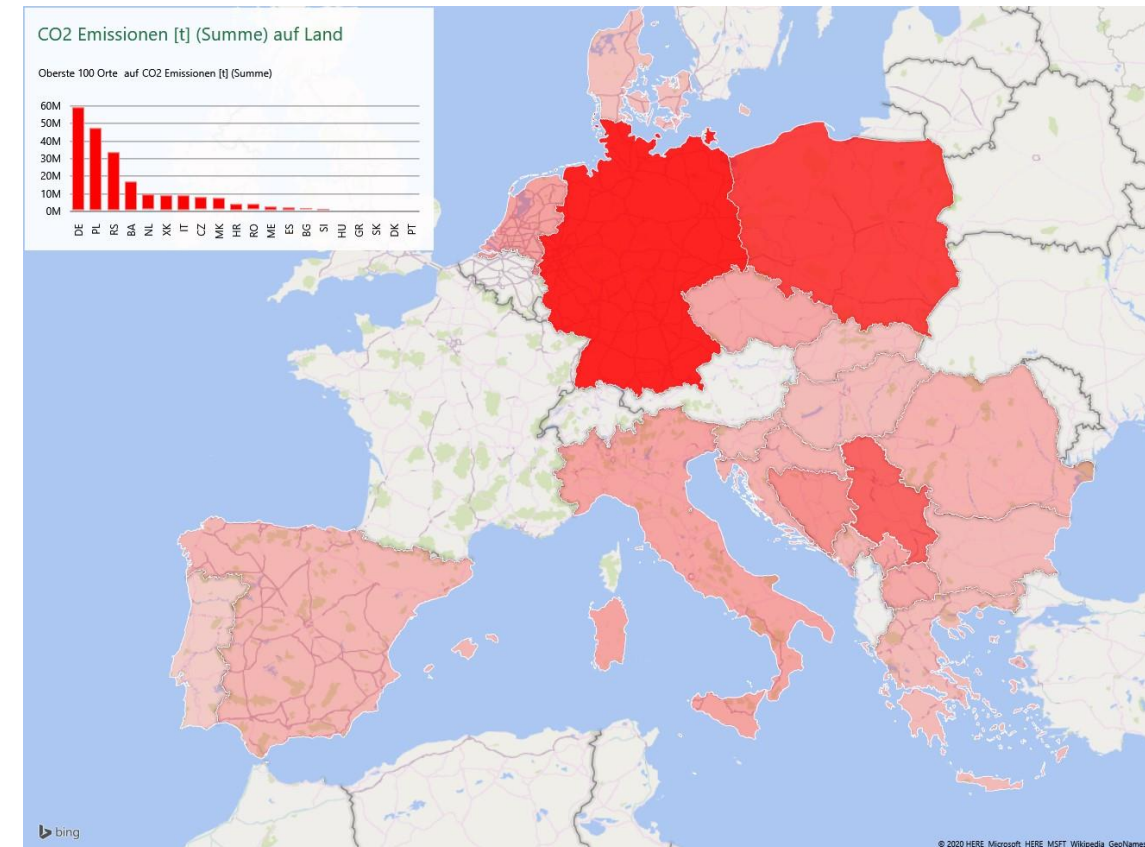
- Rasche und wirtschaftlich nachhaltige CO₂-Reduktion
 - Kohlekraftwerke gehen zunehmend außer Betrieb
 - Haupttreiber: EU-ETS, Subventionen
 - Ziele 2030: 20% Wind and 8% PV*
-
- Kohleausstieg laut Gesetzesentwurf der Bundesregierung vom 28.01.2020 [1]
 - **2022** Braunkohle: 15 GW
Steinkohle: 15 GW
 - **2030** Braunkohle: 9 GW
Steinkohle: 8 GW
 - Implementierung der Stilllegungszeitpunkte von Braunkohleanlagen laut Anlage 2 (zu § 42 und 43) [1]

[1] https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/G/gesetzentwurf-kohleausstiegsgesetz.pdf?__blob=publicationFile&v=8

Ergebnisse

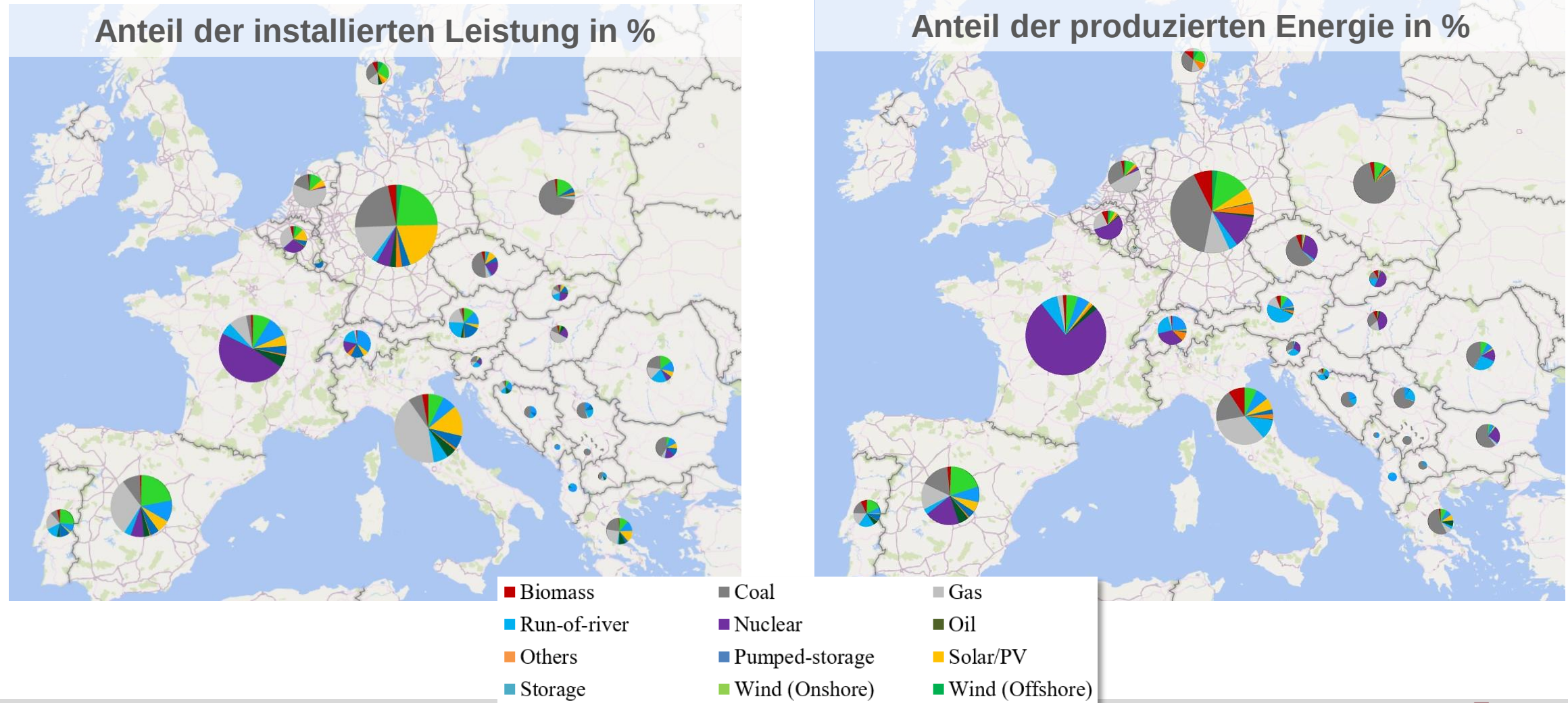


Anteil CO₂-Ausstoß Kohlekraft im Jahr 2016

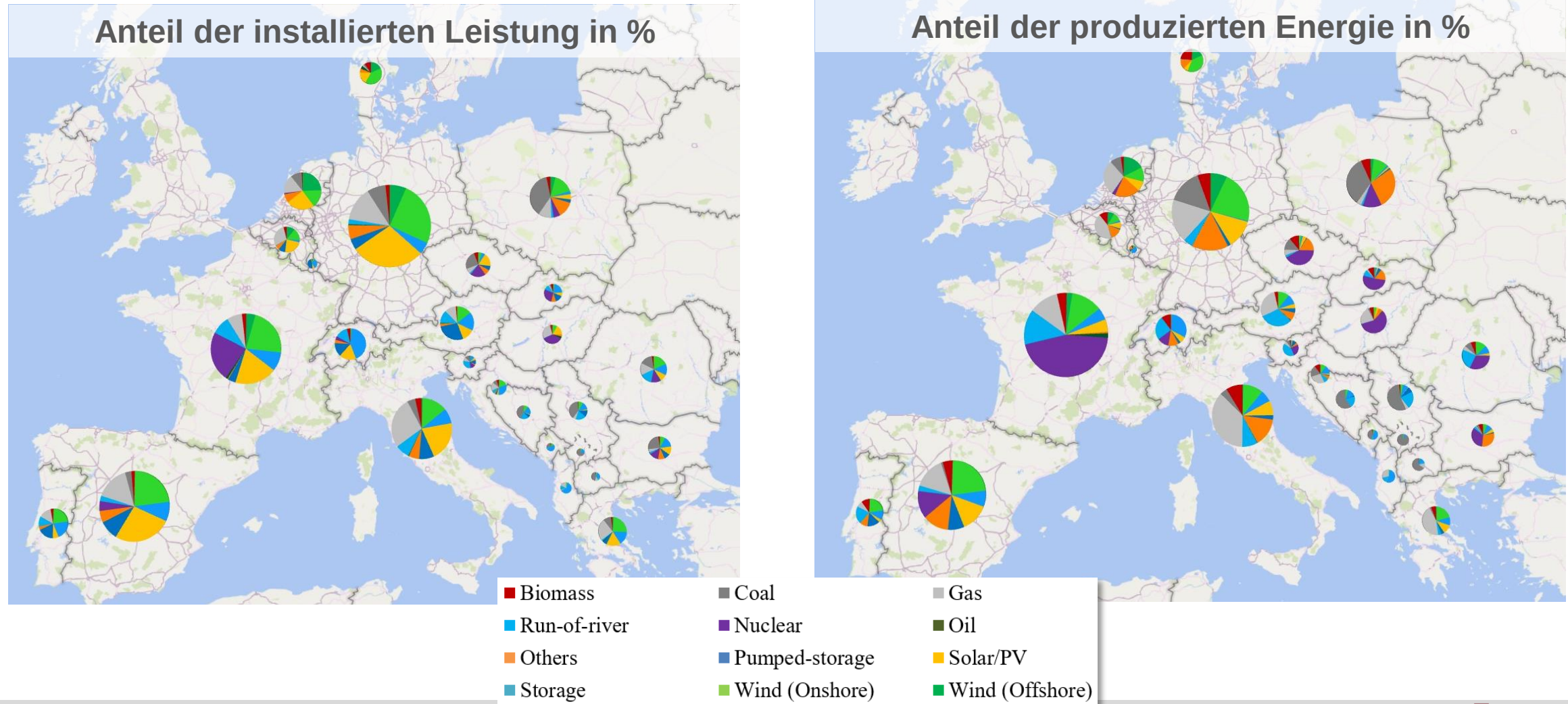


Anteil CO₂-Ausstoß Kohlekraft im Jahr 2030
Szenario Sustainable Transition + Coal Phase Out

Ergebnisse 2016



Ergebnisse 2030



Fazit und Ausblick

- Erneuerbare Energien können Rückgang von Kohle- und Atomstrom nicht vollständig kompensieren
- Primärenergieträger Gas wird zunehmend relevanter
- Wind vs. PV

- Weitere Schritte:
 - Zubau von Windkraft in Abhängigkeit von zugeordnetem Windpotential (ArcGIS)
 - Integration aktueller NECP's

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dipl.-Ing. **Christopher Pansi**

Technische Universität Graz
Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation
Inffeldgasse 18
8010 Graz

Tel.: +43 316 873 7902
Fax: +43 316 873 107902

Email: christopher.pansi@tugraz.at
Web: iee.tugraz.at

