

START2030



ATLANTIS

Simulationsmodell der europäischen Elektrizitätswirtschaft

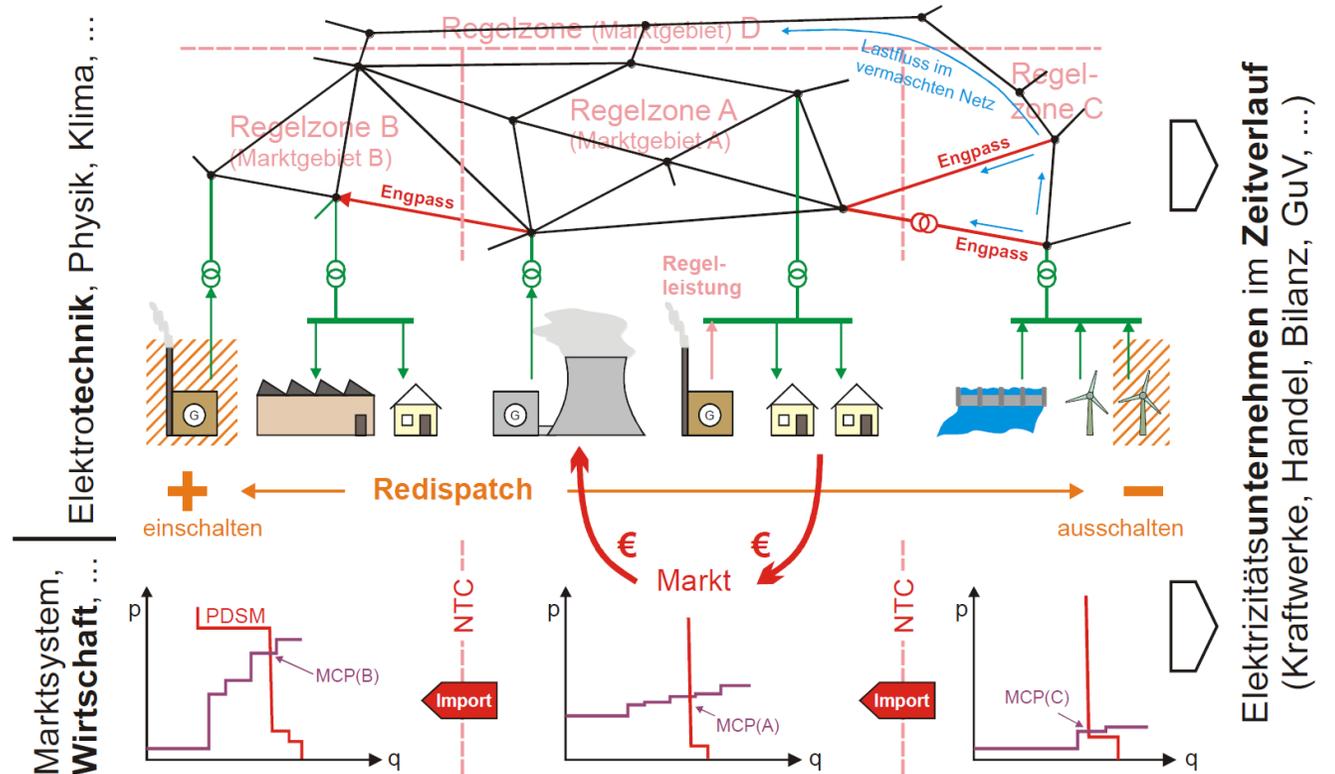
➤ Multifunktionales **Szenario-Modell** (für zu untersuchende Alternativen)

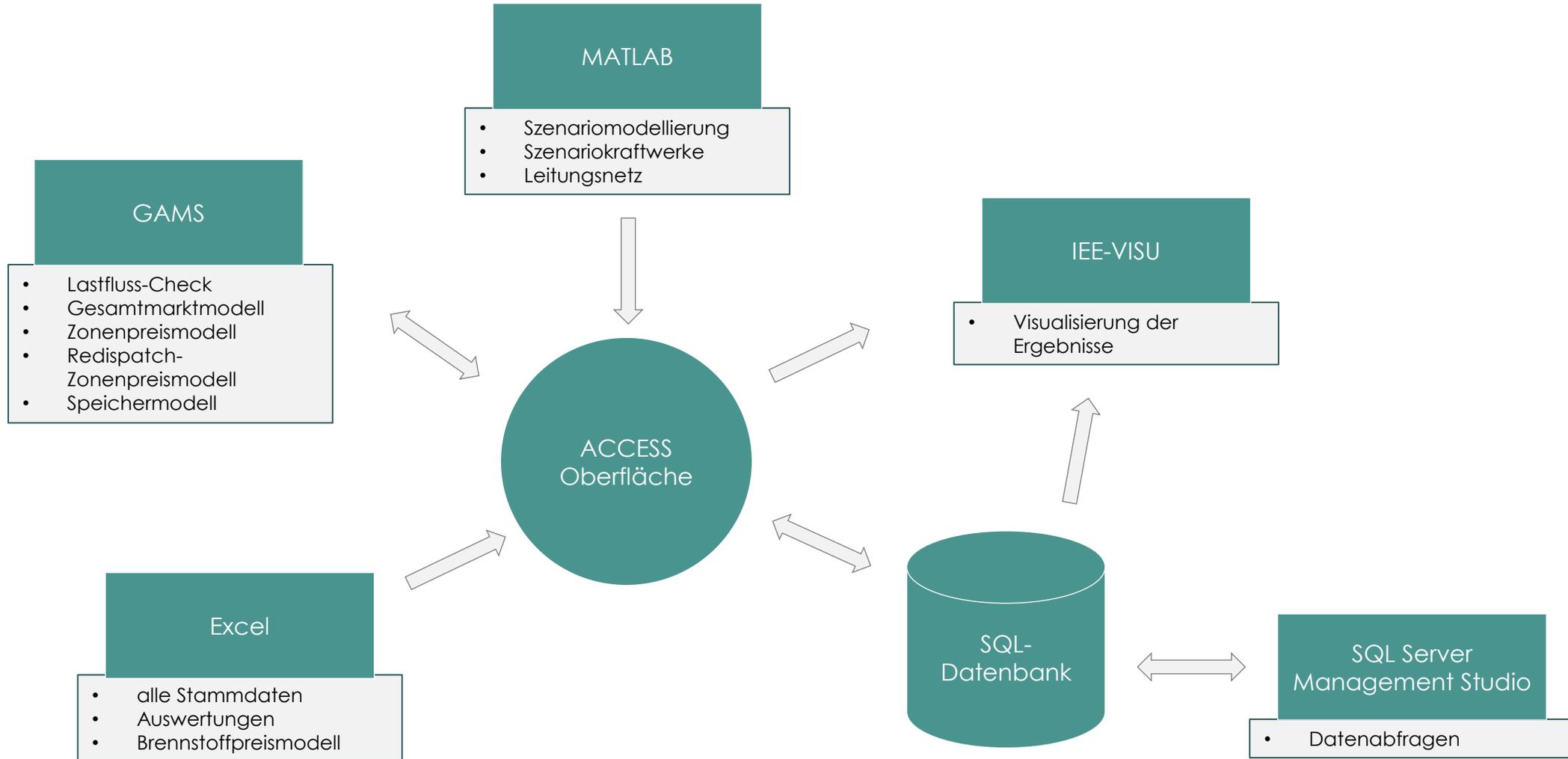
➤ Kombination von **physikalischem Modell**

- Kraftwerke,
- Übertragungsleitungen,
- Strombedarf,
- Lastfluss

➤ mit **ökonomischem Modell**

- Börsen,
- Marktpreisen,
- Bilanzen,
- GuV je Unternehmen





- Physikalisches Modell umfasst:
 - **Kraftwerke** → verschiedene Typen (Wasser, Gas, Kohle, EE, ...)
 - **Verbundnetz** → verschiedene Elemente (Leitung, Trafo, ...)
 - **Netzknoten** → geographische Verbrauchsverteilung

- Detaillierte Informationen für Objekte verfügbar
 - **Datenbank** beinhaltet **spezifische Information** (Objekt-Charakteristika)
 - Beispiele
 - Kraftwerk → Leistung, Brennstofftyp, Produktionskosten, Geo-Info, ...
 - Leitung → Übertragungslimit, Spannungsebene, Inbetriebnahme, ...
 - Knoten → Spannungsebene, Verbrauch, Geo-Info, ...

- Wirtschaftlicher Modellteil umfasst verschiedene Bereiche
 - Berechnung von **Marktpreisen**
 - **Stromhandel** zwischen Unternehmen wegen Marktergebnissen
 - Technologie-basierte "**Lernkurven**" bei Kraftwerksinvestitionskosten
 - Bilanzen und Gewinn-/Verlustrechnungen für mehr als 100 Unternehmen

- Brennstoffpreis-Abschätzungen
 - Öl (Schwer/Leicht), Gas, Kohle (Stein/Braun), Abfall, Biomasse
 - ➔ für jedes Land
 - **Verknüpfungen** mit den jeweiligen **Kraftwerkstypen**

START2030



Simulationsablauf



Simulationsperiode
2006 bis 2050 (max.)

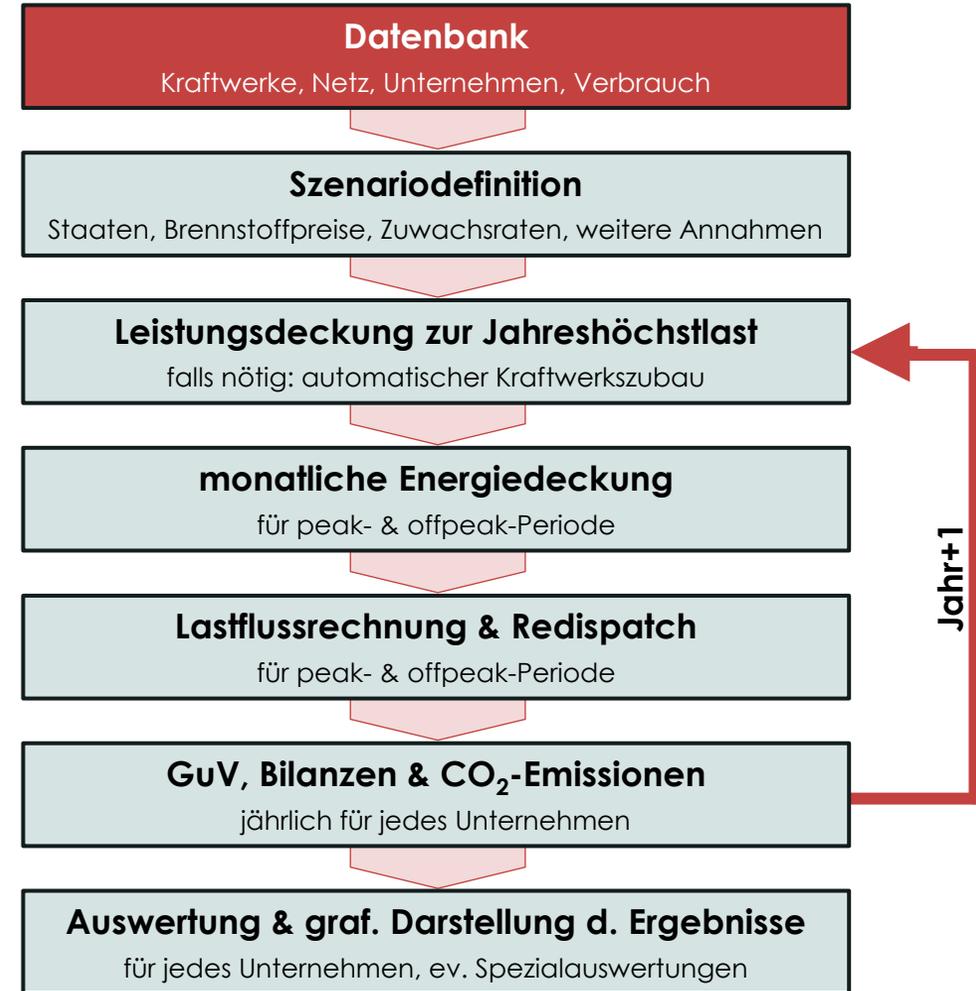
≈ **48** Perioden + **2** Jahreshöchstlastrechnungen p.a.
> **2160** Lastflussrechnungen
2160 × Börsenrechnungen
2160 × Redispatch

Informationsumfang: ≈ 10 GB

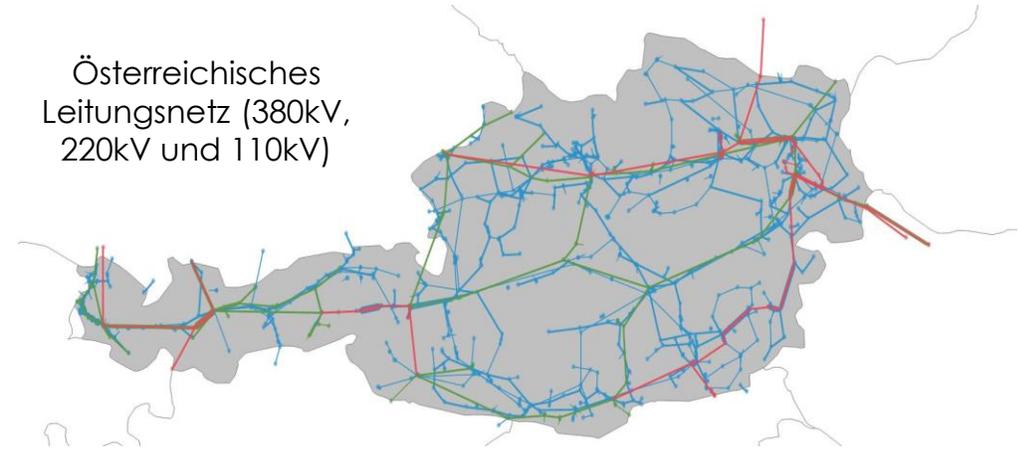
START2030



Datenbank



- GIS genaue Datenbank für:
 - 38.200 Kraftwerke (à 49 Daten)
 - 6.500 Knoten (GIS; Verbrauch)
 - 10.000 Leitungen (à 11 Daten)
 - 1.900 Trafos
 - 160 HGÜs
 - 48 Länder
- Datenherkunft
 - S&P Global PLATTS (Basis)
 - Leitungsdaten (ENTSO-E, TSOs, Opensource)
 - TheWindPower (Wind)
 - **Interne Datenbank** auf Basis Detailgetreuer Länderanalysen (~85 Diplomarbeiten)



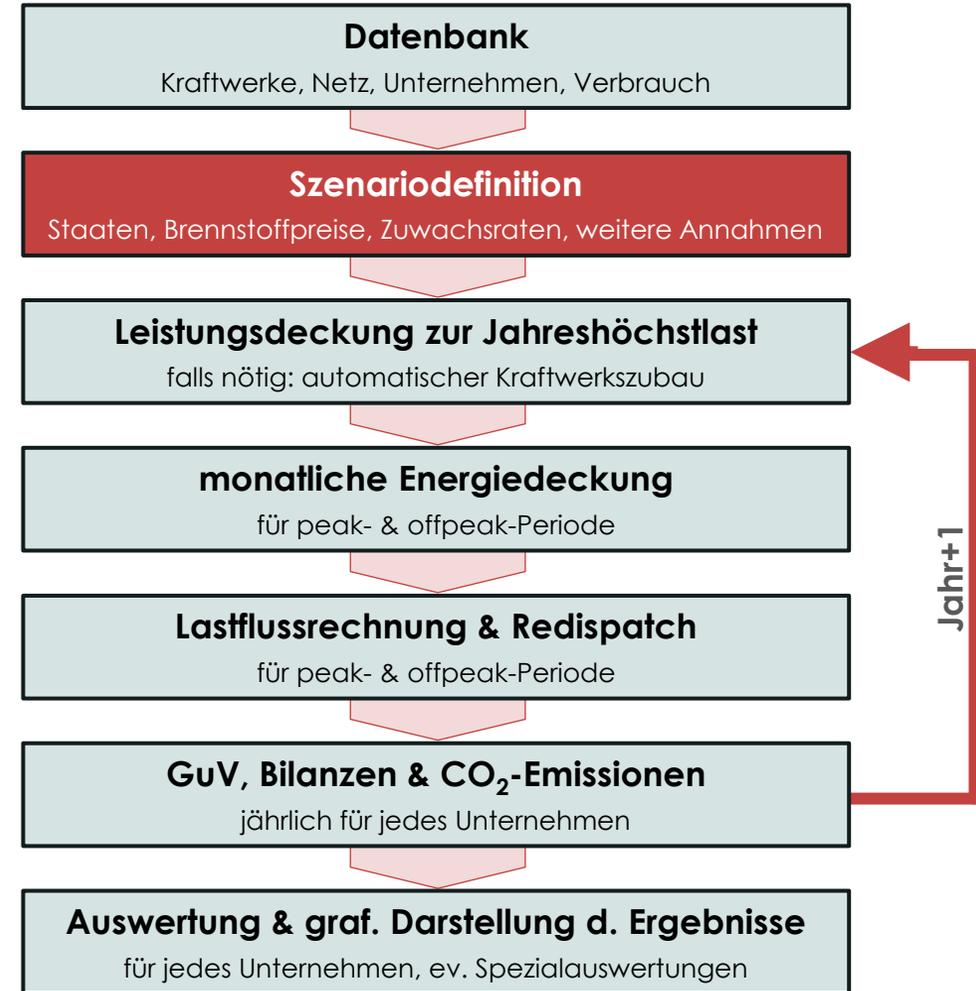
Google Earth



START2030



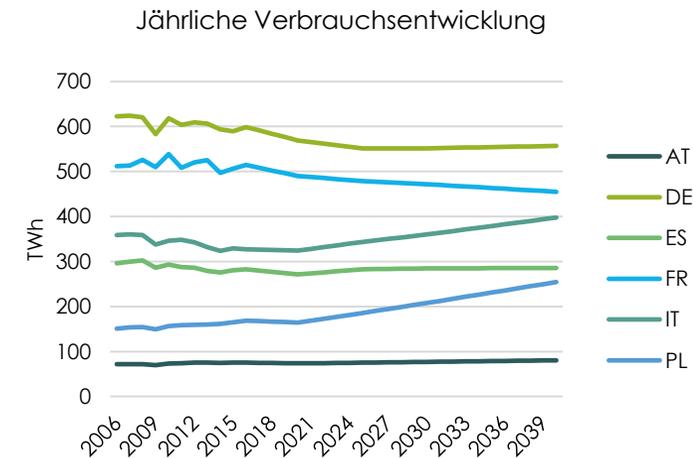
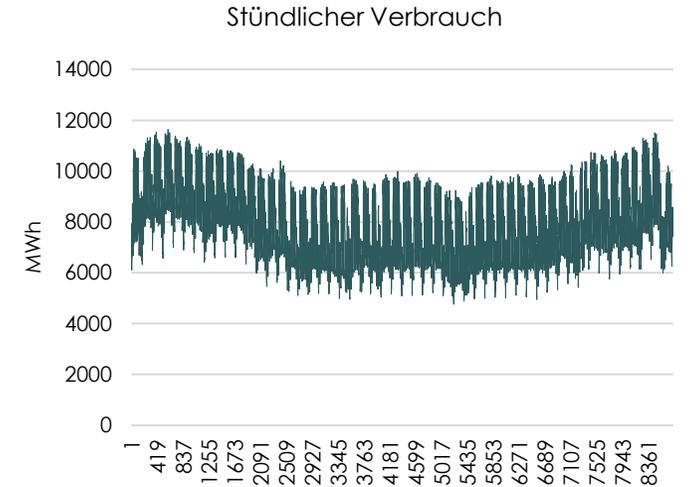
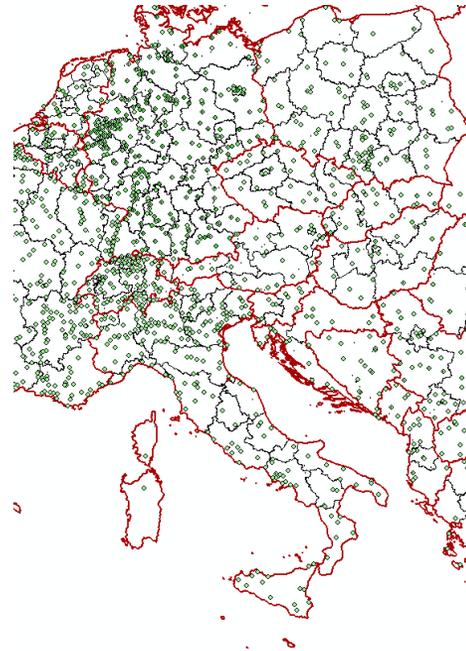
Szenarienmodellierung



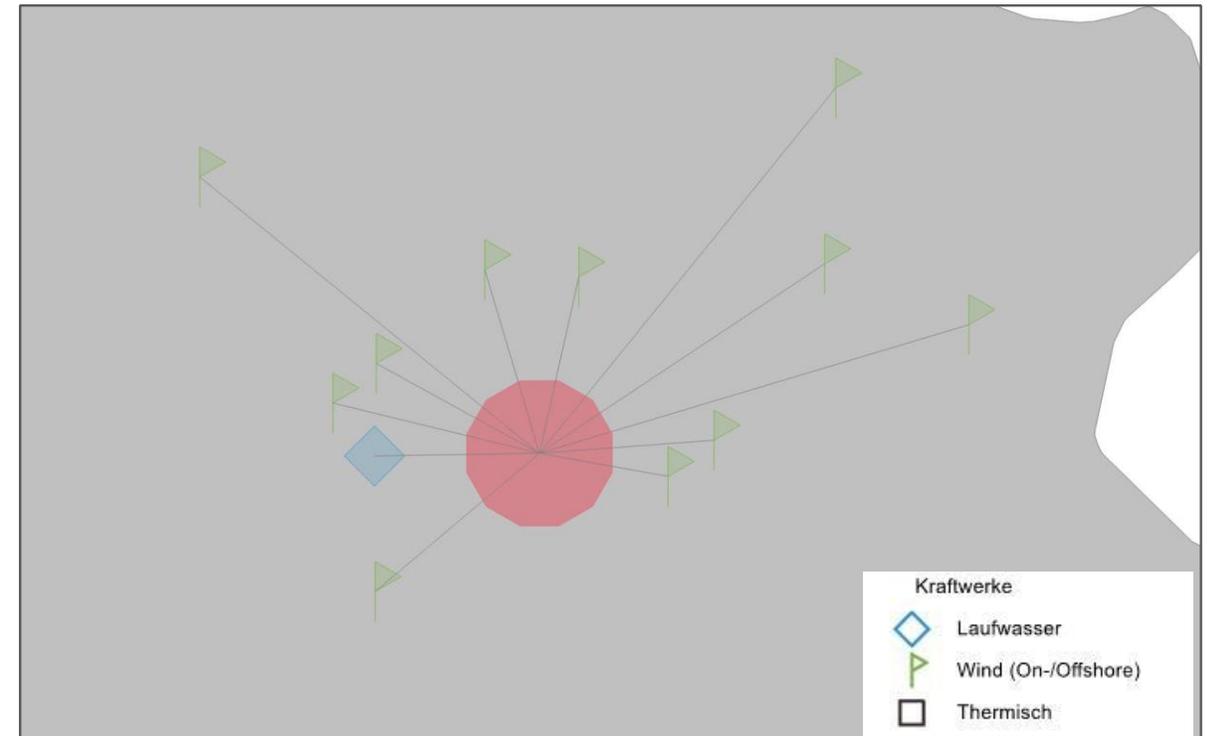
- Zu simulierende Länder
- Verbrauchsentwicklung (Pro Land und Knoten)
- Entwicklung des Kraftwerksparks
- Netzentwicklung
- Entwicklung NTC
- Brennstoffpreisentwicklung
- CO₂-Preisentwicklung
- ...



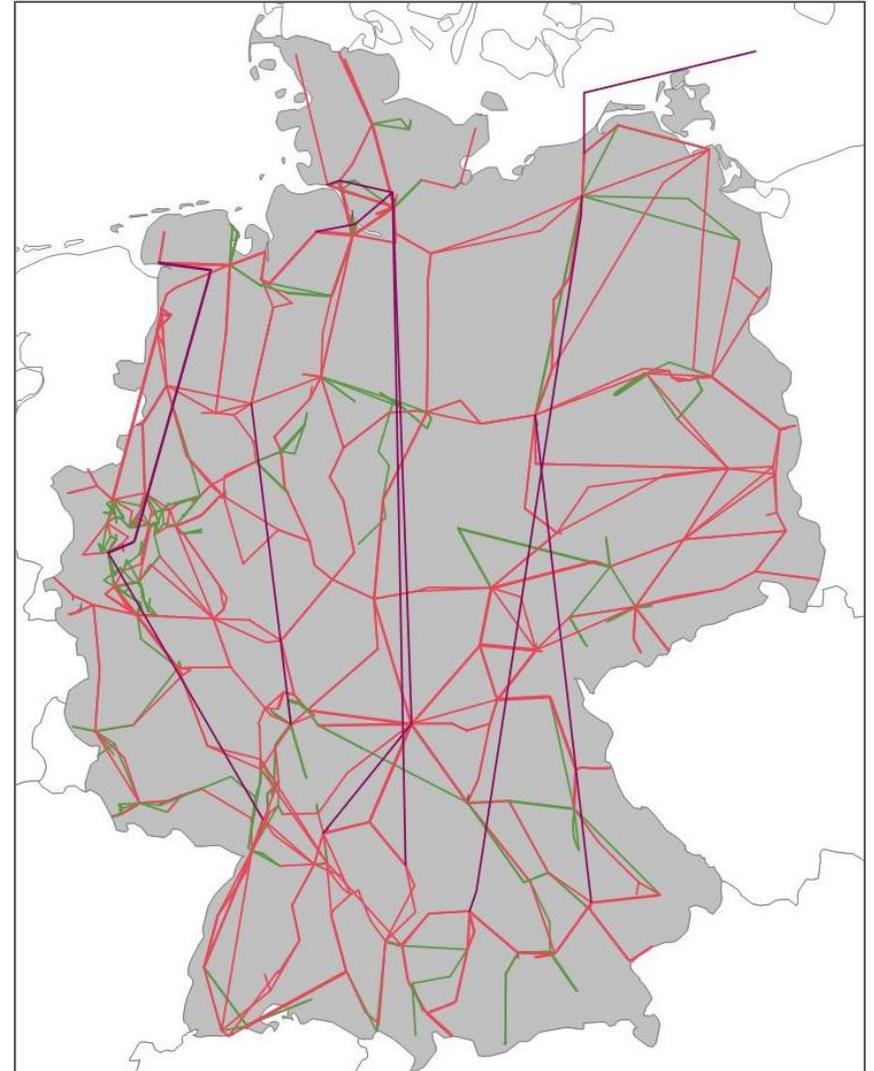
- Zu simulierende Länder
- Verbrauchsentwicklung (Pro Land und Knoten)
- Entwicklung des Kraftwerksparks
- Netzentwicklung
- Entwicklung NTC
- Brennstoffpreisentwicklung
- CO2-Preisentwicklung
- ...



- Zu simulierende Länder
- Verbrauchsentwicklung (Pro Land und Knoten)
- Entwicklung des Kraftwerksparks
- Netzentwicklung
- Entwicklung NTC
- Brennstoffpreisentwicklung
- CO2-Preisentwicklung
- ...



- Zu simulierende Länder
- Verbrauchsentwicklung (Pro Land und Knoten)
- Entwicklung des Kraftwerksparks
- Netzentwicklung
- Entwicklung NTC
- Brennstoffpreisentwicklung
- CO₂-Preisentwicklung
- ...

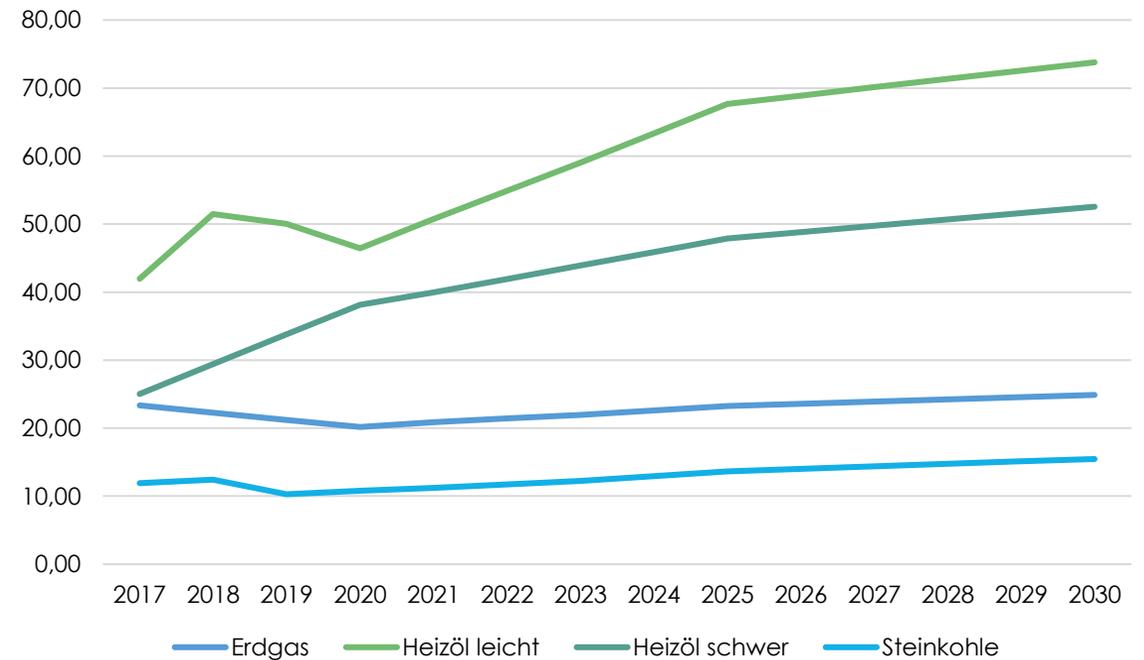


- Zu simulierende Länder
- Verbrauchsentwicklung (Pro Land und Knoten)
- Entwicklung des Kraftwerksparks
- Netzentwicklung
- Entwicklung NTC
- Brennstoffpreisentwicklung
- CO2-Preisentwicklung
- ...

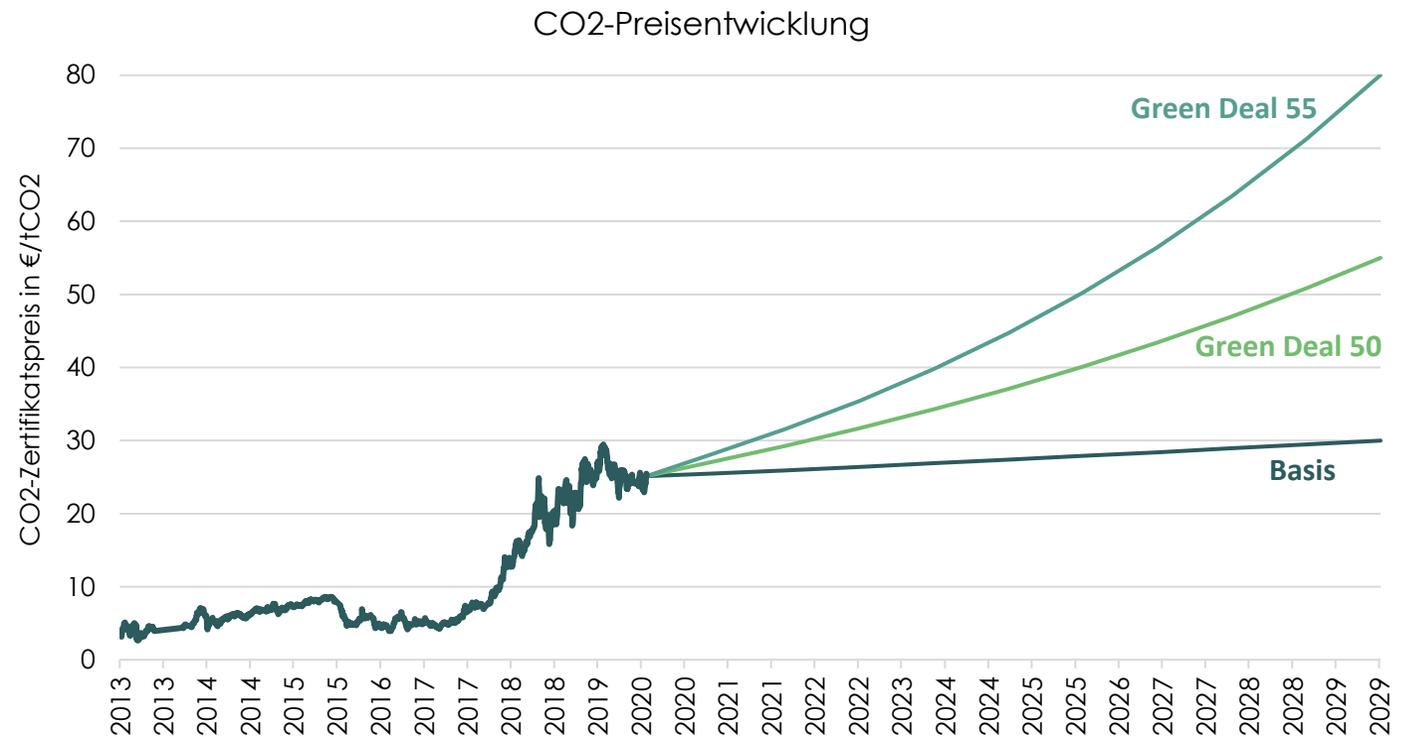
	NTC 2020		NTC ST 2040		NTC DG 2040		NTC GCA 2040	
	=>	<=	=>	<=	=>	<=	=>	<=
Border								
AT-CH	1.200	1.200	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700
AT-CZ	900	800	1.000	1.200	1.000	1.200	1.000	1.200
AT-DE	5.000	5.000	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500
AT-HU	800	800	1.200	800	1.200	800	1.200	800
AT-IT	405	235	1.605	1.335	1.605	1.335	1.605	1.335
AT-SI	950	950	2.200	2.200	2.200	2.200	2.700	2.700
BA-HR	750	700	1.844	1.812	1.844	1.812	2.344	2.312
BA-ME	500	400	500	400	500	400	500	400
BA-RS	600	600	1.100	1.200	1.100	1.200	1.100	1.200

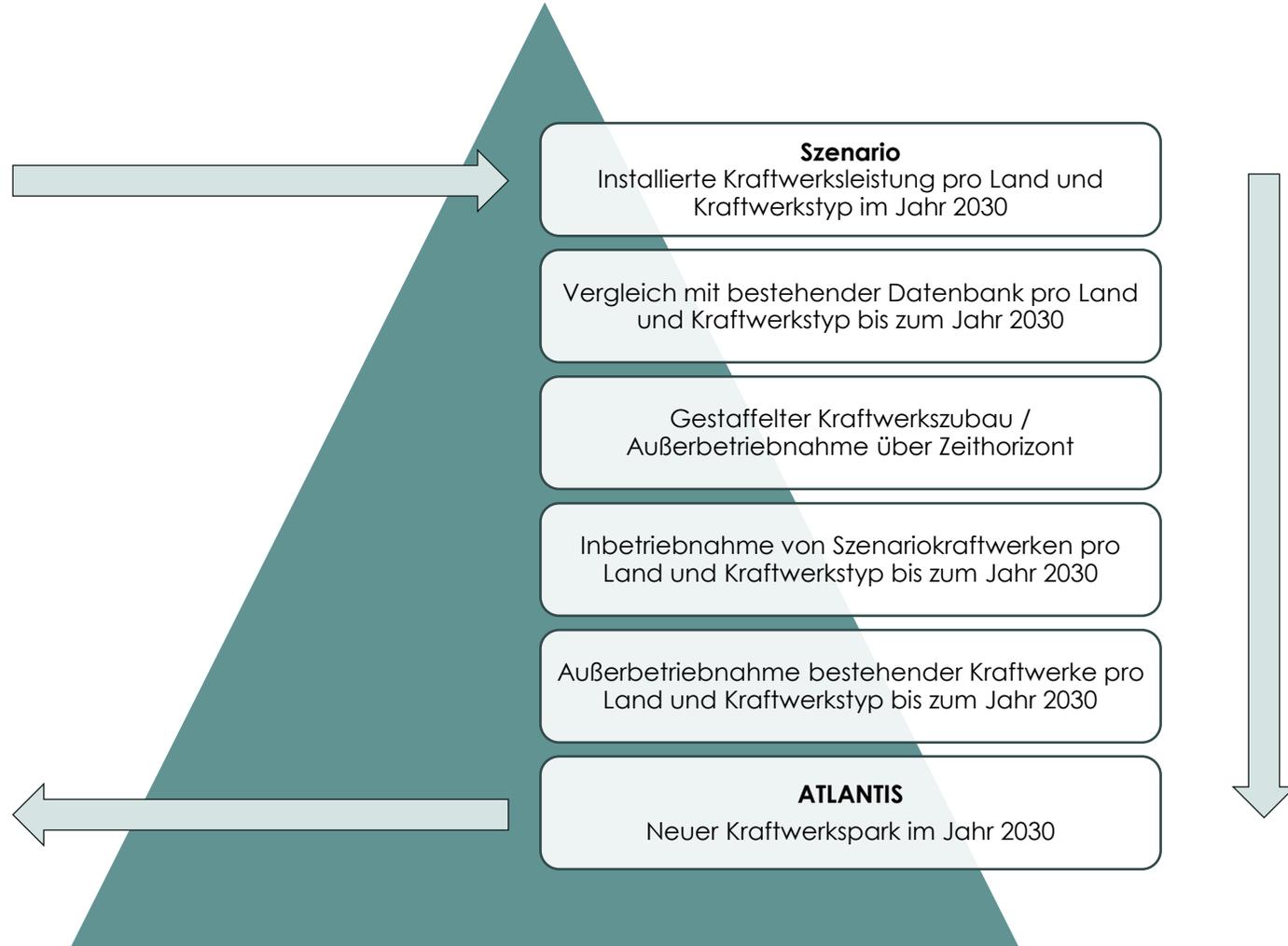
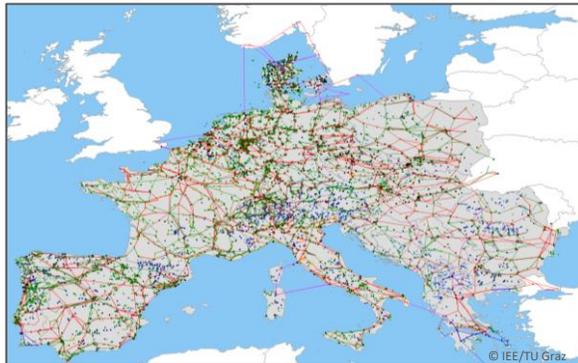
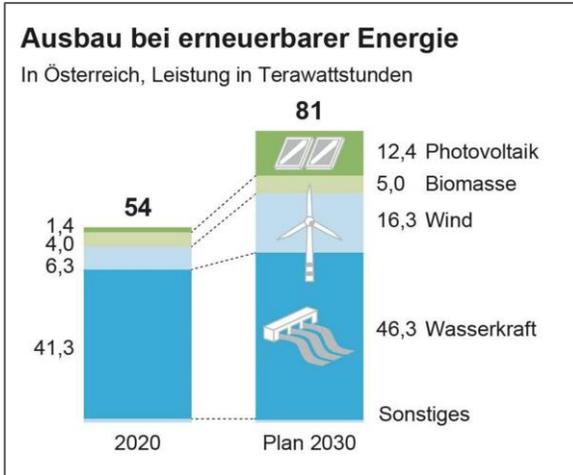
- Zu simulierende Länder
- Verbrauchsentwicklung (Pro Land und Knoten)
- Entwicklung des Kraftwerksparks
- Netzentwicklung
- Entwicklung NTC
- **Brennstoffpreisentwicklung**
- CO₂-Preisentwicklung
- ...

Brennstoffpreisentwicklung 2017-2030 [€/MWh]



- Zu simulierende Länder
- Verbrauchsentwicklung (Pro Land und Knoten)
- Entwicklung des Kraftwerksparks
- Netzentwicklung
- Entwicklung NTC
- Brennstoffpreisentwicklung
- CO2-Preisentwicklung
- ...





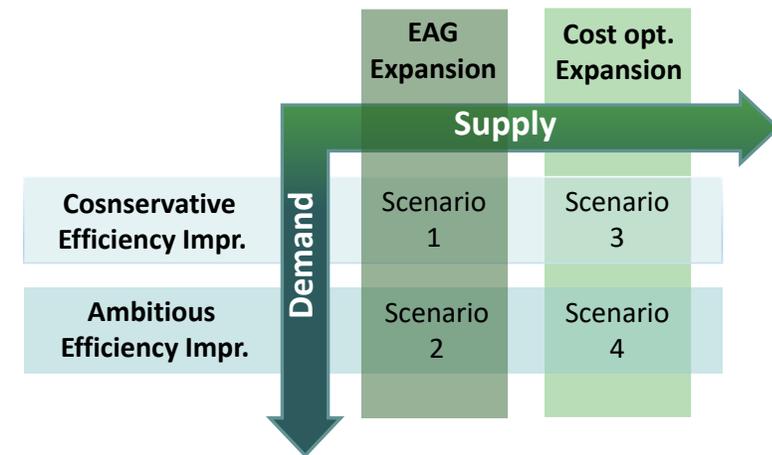
➤ Szenario für Europa

- Sustainable Transition aus TYNDP2018
 - Berücksichtigt **nationale Vorschriften, Emissionshandelssysteme** und **Förderungen**
 - Kohlekraftwerke werden durch **Gaskraftwerke** ersetzt
 - Ziele für 2030: **20% Wind-** und **8% Solarstrom**



➤ Szenarien für Österreich

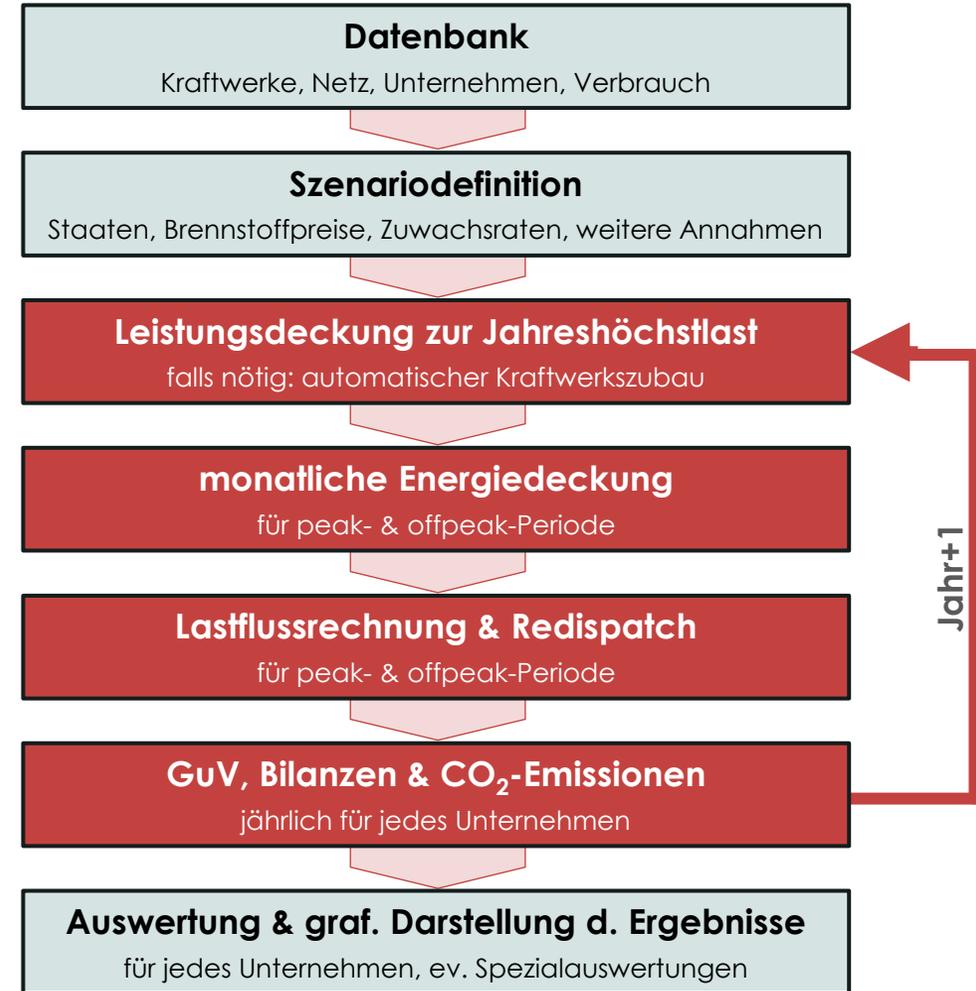
- Matrix mit 4 Szenarien
 - **EAG-Ausbaupfad** und **kostenoptimaler Ausbaupfad** erneuerbarer Energien
 - **Konservative** und **ambitionierte Effizienzverbesserungen**



START2030



Rechenmodelle



➤ Marktmodelle ohne Lastfluss

- **Keine leitungsgebundenen** Übertragungsrestriktionen
- Berechnung des **kostenminimierenden Kraftwerkseinsatzes** auf Basis von Angebot- & Nachfragekurven

➤ Börsenmodell (A)

➤ Zonenpreismodell (B)

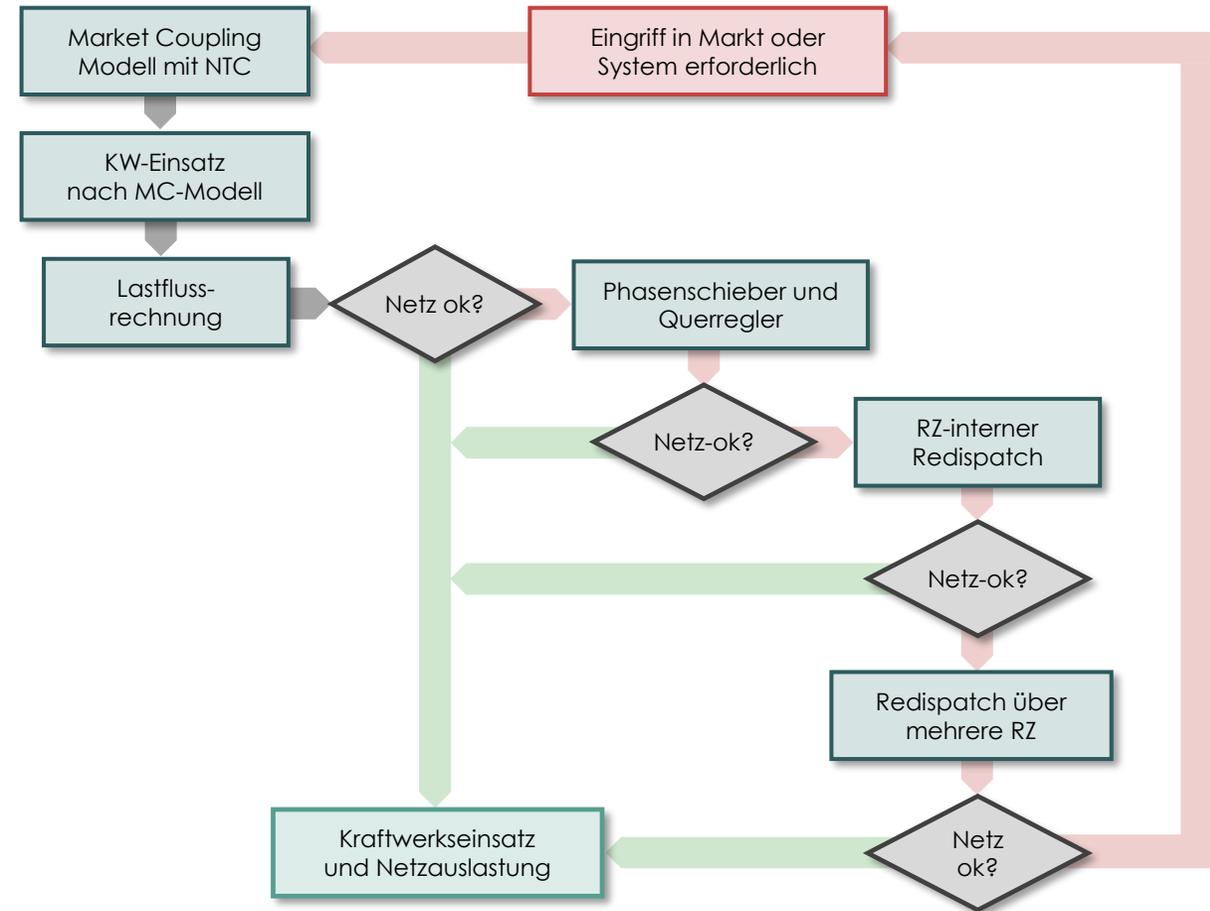
➤ Marktmodelle mit Lastfluss

- Mit **leitungsgebundenen** Restriktionen
- **DC optimized power flow** (DC-OPF)
- **(n-1)-Kriterium** um **Versorgungs-sicherheitsansprüche** zu gewährleisten

➤ Gesamtmarktmodell (C)

➤ Redispatch-Zonenpreismodell (D)

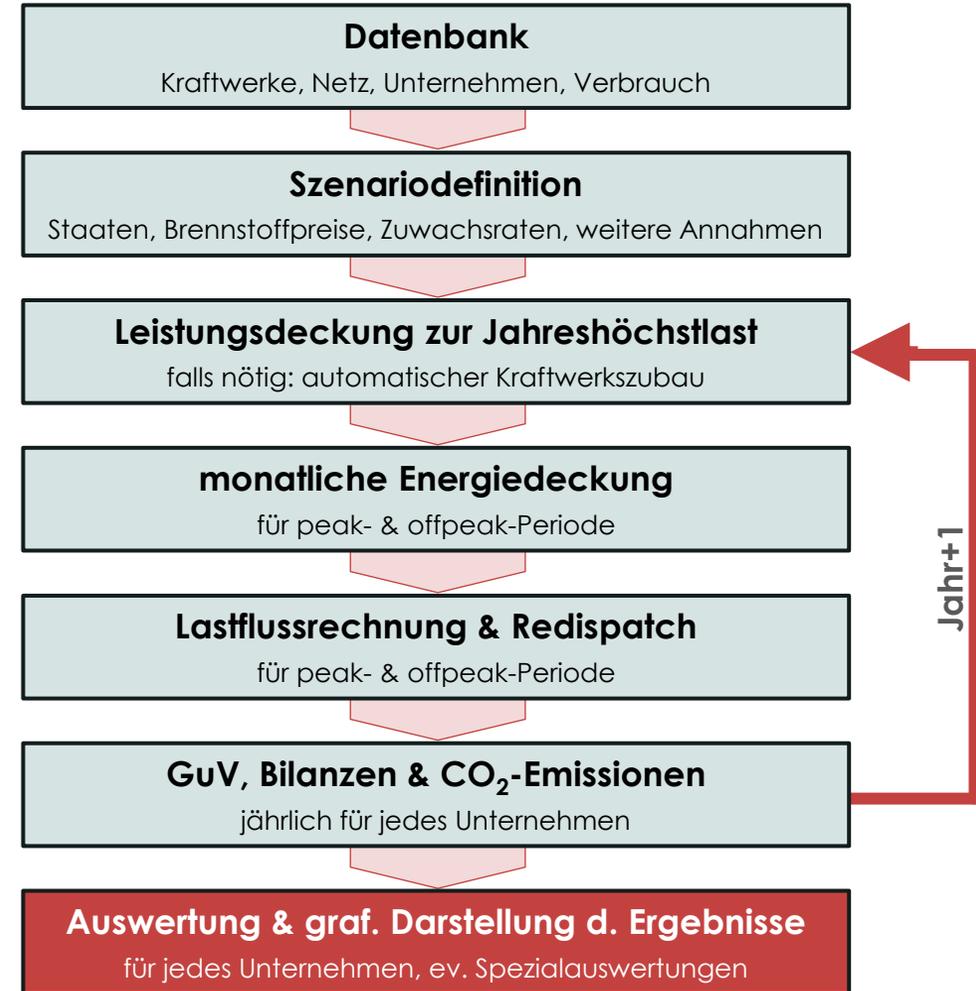
- **Kombination** von **Zonenpreis-** und **Gesamtmarktmodell**
- Berücksichtigt
 - **physikalische Leitungsrestriktionen** (therm. Limits)
 - **kommerzielle Handelsergebnisse** (-beschränkungen) aus dem Zonenpreis-Modell
- Ergebnisse
 - Kostenminimierender **Lastfluss**
 - **Leitungsauslastung** (%)
 - **Kraftwerksauslastung** (%) und **produzierte Energie** je Kraftwerk (MWh)



START2030



Szenarioauswertungen

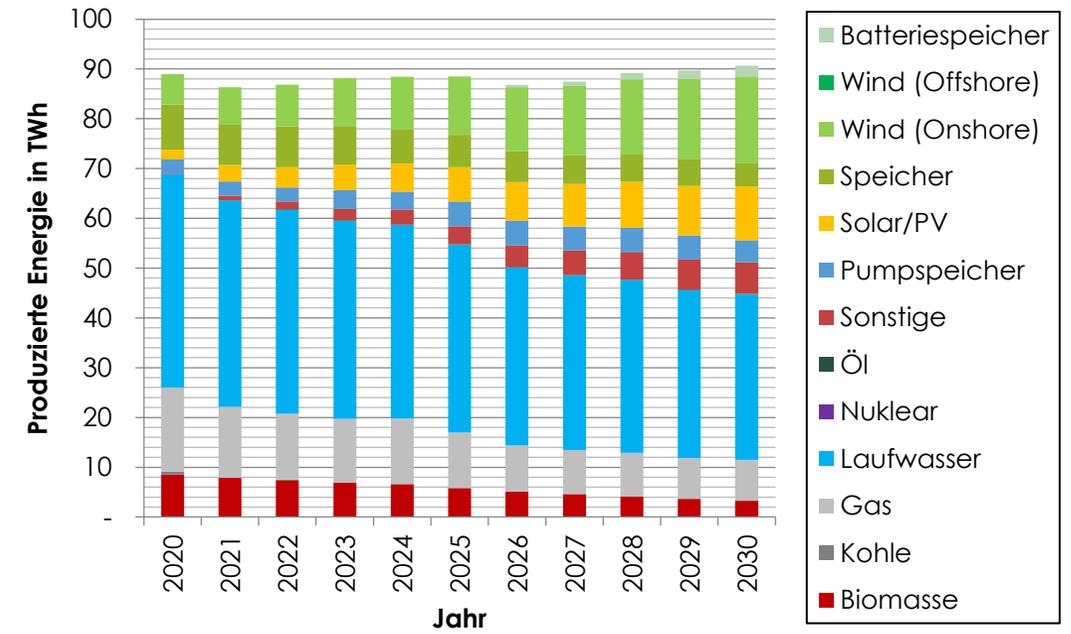
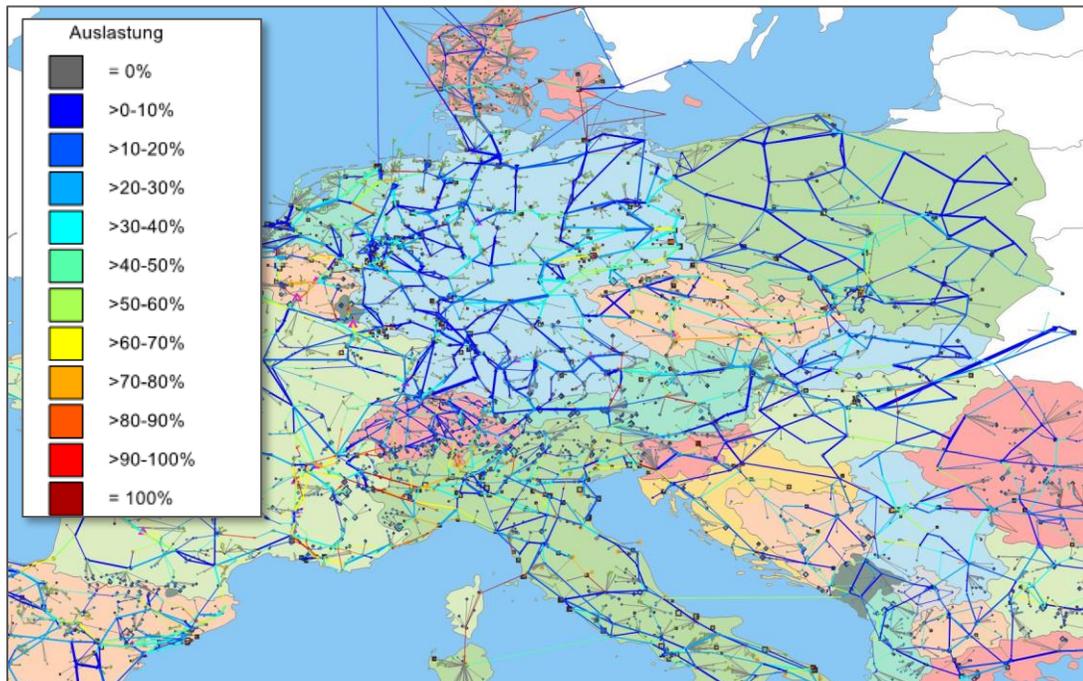


➤ IEE-VISU

- **Schneller Überblick** über die Ergebnisse
- **Grafische** Darstellung

➤ Excel

- **Detailliertere** Auswertungen
- Höhere **Anpassbarkeit**



START2030



Vielen Dank!

Robert Gaugl

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

Tel.: +43 316 873 7904

Fax: +43 316 873 107904

E-Mail: robert.gaugl@tugraz.at

Web: iee.tugraz.at

This project is funded by the Klima- und Energiefonds and carried out within the Austrian Climate Research Programm (ACRP)



 facebook.com/iee.tugraz

 twitter.com/iee_tugraz

 linkedin.com/company/iee-tugraz

 instagram.com/iee.tugraz

WIFO 

 **TU**
Graz

CESARO 
Centre of Economic Scenario
Analysis and Research