

Zukünftiger Einsatz Fossil Befeuerter Kraftwerkstechnologien in Strommärkten mit hohem Anteil Erneuerbarer Erzeugung und Emissionshandelsystemen am Beispiel Deutschland

Hans Auer, Günther Körbler, Alexandra Juranitsch, Reinhard Haas

Energy Economics Group (EEG), Technische Universität Wien

Gusshausstrasse 25-29/370-3, A - 1040 Wien

Email: auer@eeg.tuwien.ac.at

12. Symposium Energieinnovation: „Alternativen für die Energiezukunft Europas“
TU-Graz, 15.-17. Februar 2012

Inhalt

- 1. Fragestellung, Ausgangssituation**
- 2. Analysemethode, Modellierung**
- 3. Ergebnisse: Kurzfristiger Kraftwerkseinsatz**
- 4. Ergebnisse: Fossiler Kraftwerksausbau**
- 5. Schlussfolgerungen**

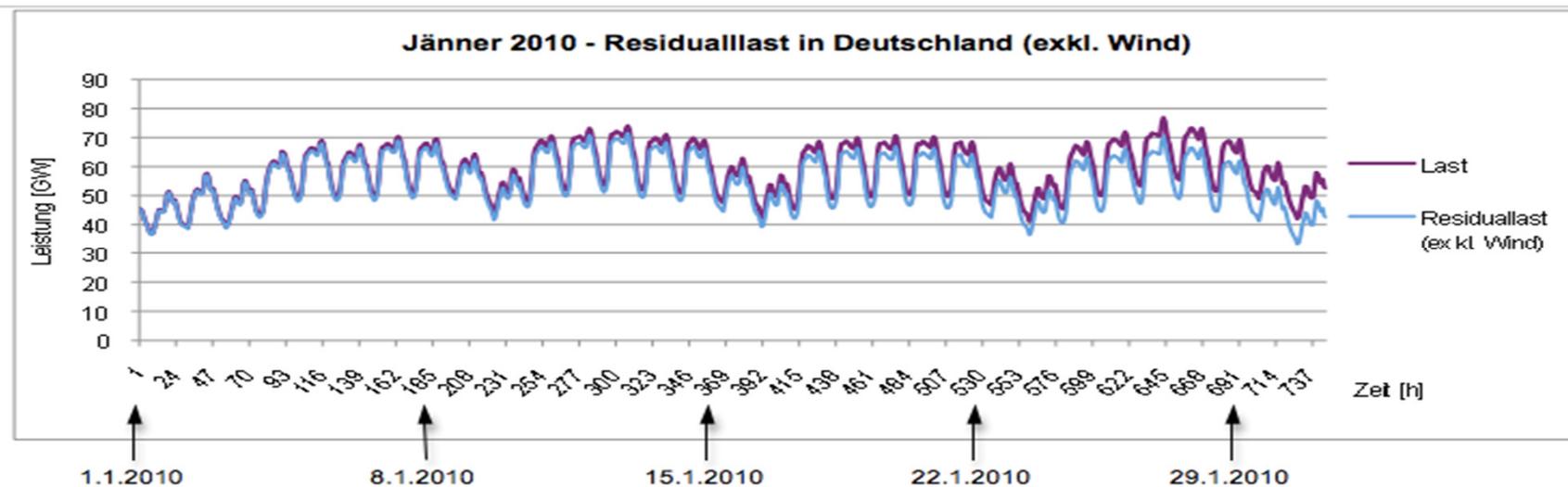
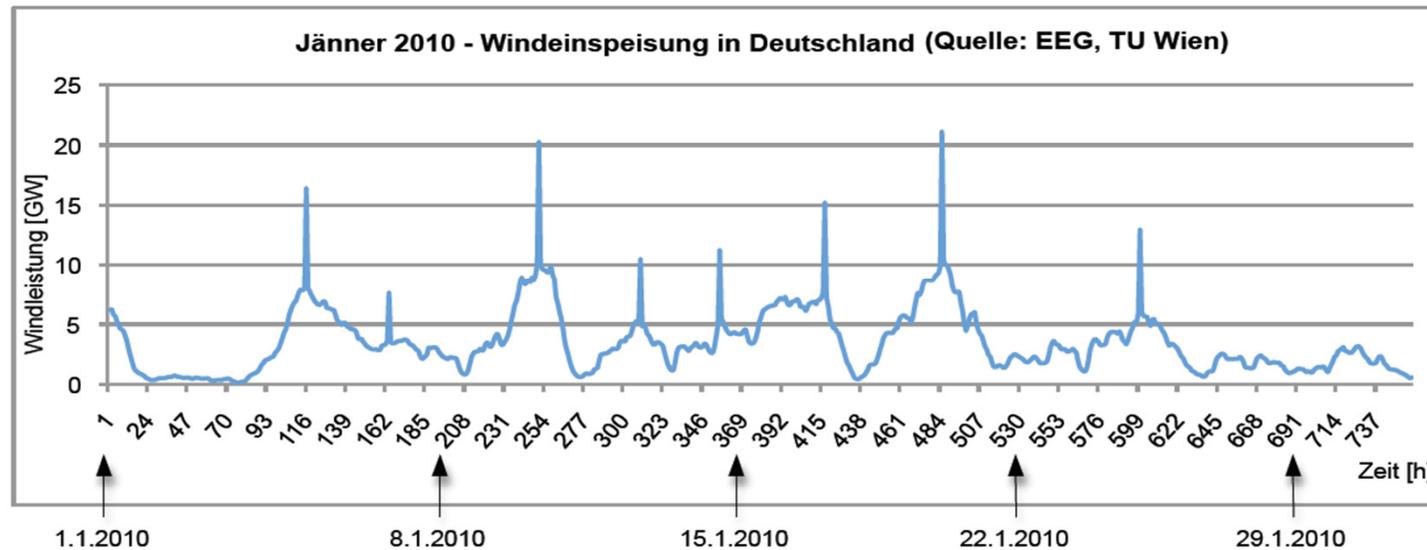
1. Fragestellung, Ausgangssituation

Zukünftiger Einsatz und Wirtschaftlichkeit fossiler Kraftwerke in Deutschland unter Berücksichtigung

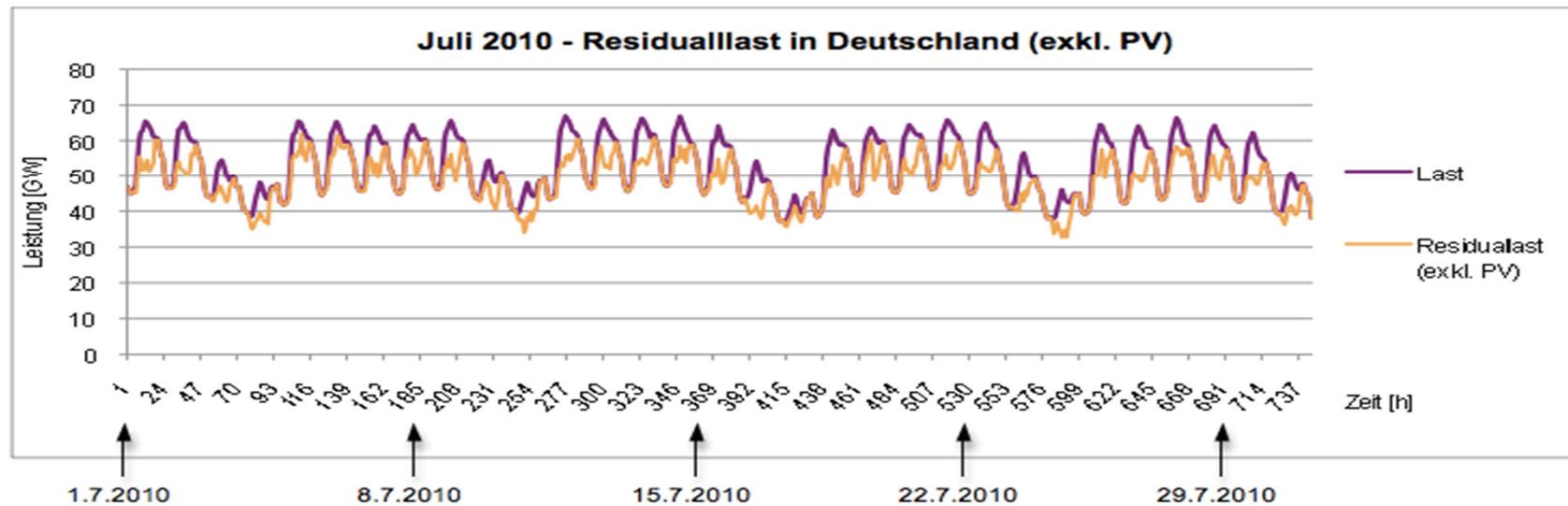
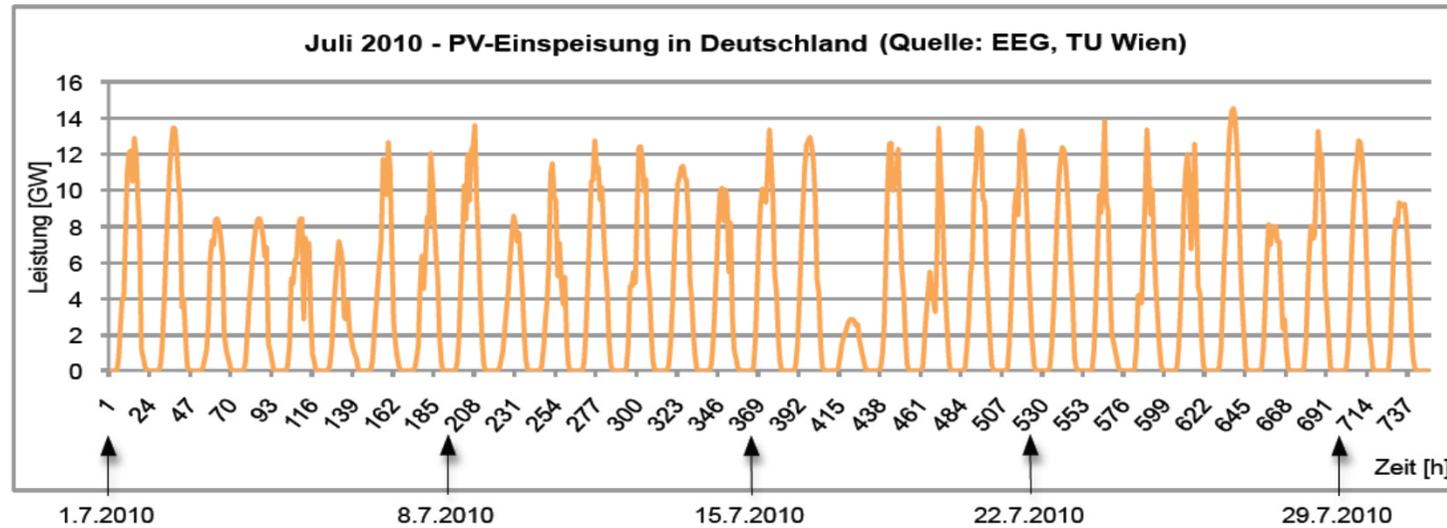
- ... der Altersstruktur des Kraftwerksparks
- ... des Ausbaus erneuerbarer Energien (geringere Einsatzdauer der konventionellen Kraftwerke)
- ... des Beitrags der Pumpspeicher
- ... wettbewerbsbestimmender Parameter (Primärenergiepreise, CO₂-Preise, etc.)

Szenarien für 2020, 2030, 2050

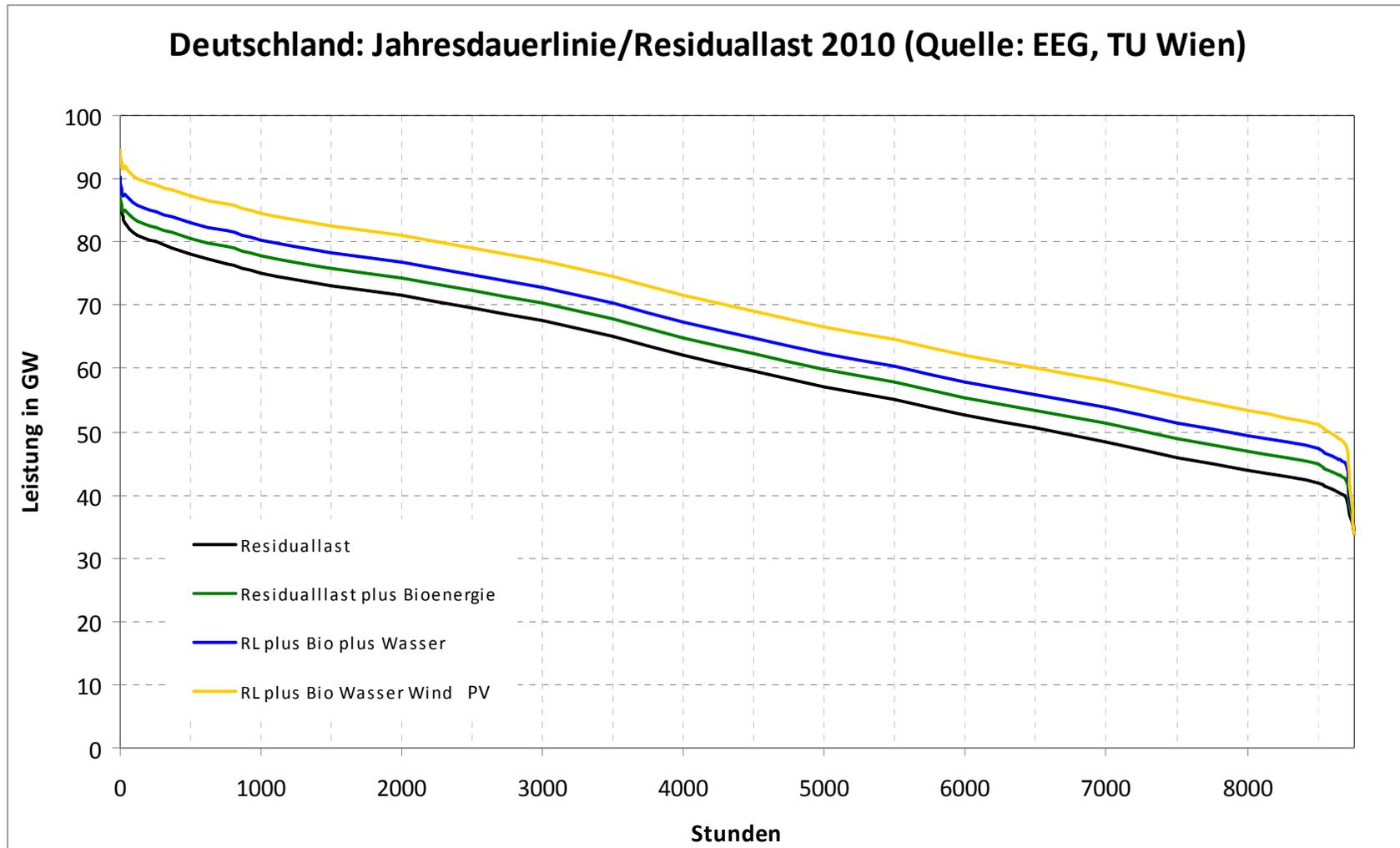
Jänner 2010: Windeinspeisung in Deutschland



Juli 2010: PV-Einspeisung in Deutschland



Jahr 2010: (Vertikale) Residuallast in Deutschland



2. Analysemethode, Modellierung

1. Kurzfristiger Kraftwerkseinsatz (stündlich)

Hauptbedingung: $\min C_i$

Nebenbedingungen: $G_i \geq D_i$

Anfahren: $z_{0,j,i} = z_{1,j,(i+t_{an})}$

$z_{1,j,i} = z_{1,j,(i+1)}$

Abstellen: $z_{1,j,i} = z_{0,j,(i+t_{abkühl})}$

$z_{0,j,i} = z_{0,j,(i+1)}$

Mindestbetrieb: $z_{0,j,i} = z_{0,j,(i+t_{an}+t_{mind}+t_{ab})}$

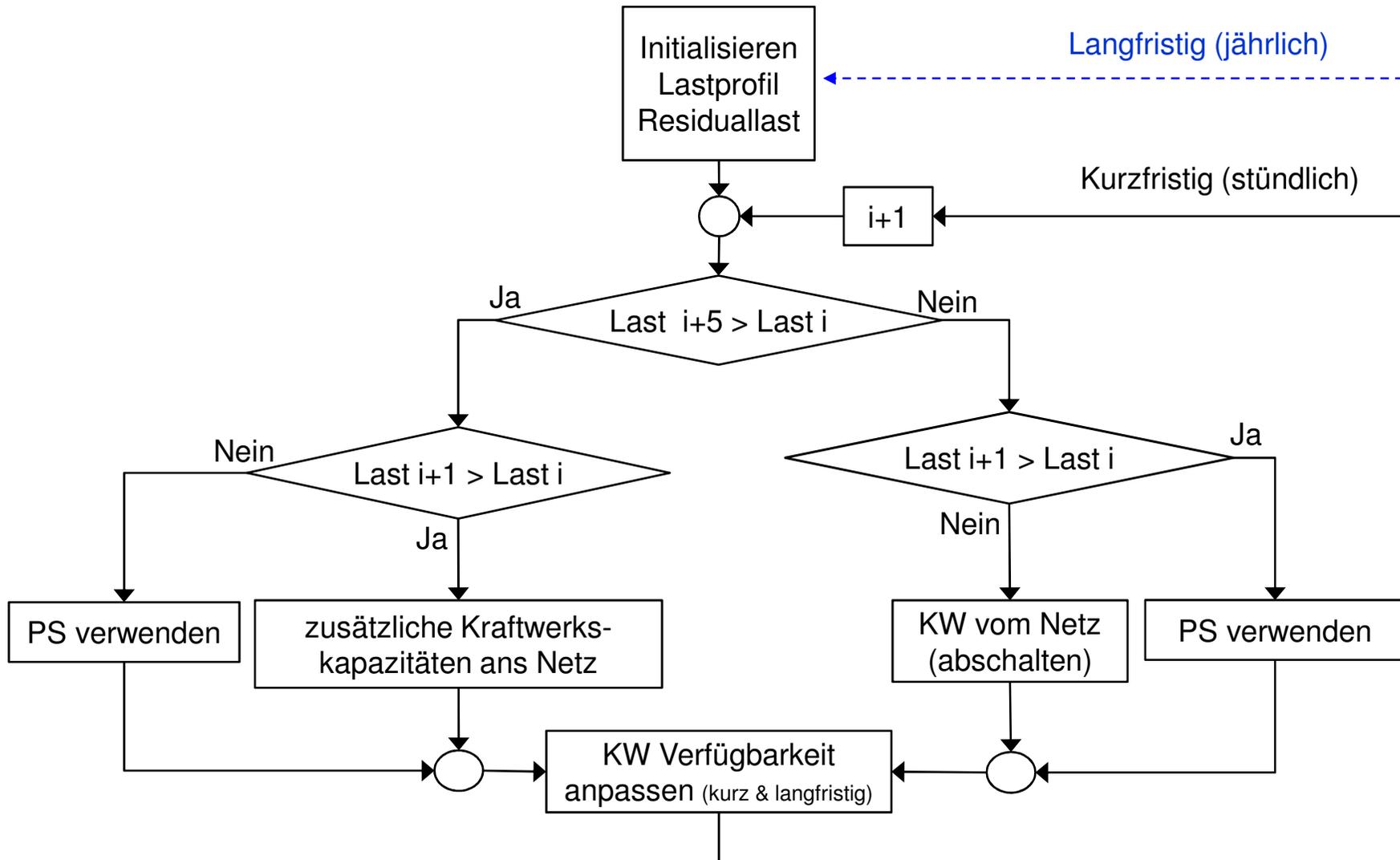
Abkühldauer: $z_{1,j,i} = z_{1,j,(i+t_{ab}+t_{abkühl}+t_{an})}$

2. Langfristiger Kraftwerksausbau (Jahresbasis)

- Residuallast (Ausbau Erneuerbarer, Volllaststunden)
- Sterberate des existierenden Kraftwerksparks
- Primärenergiepreise, CO2 Preise, etc.

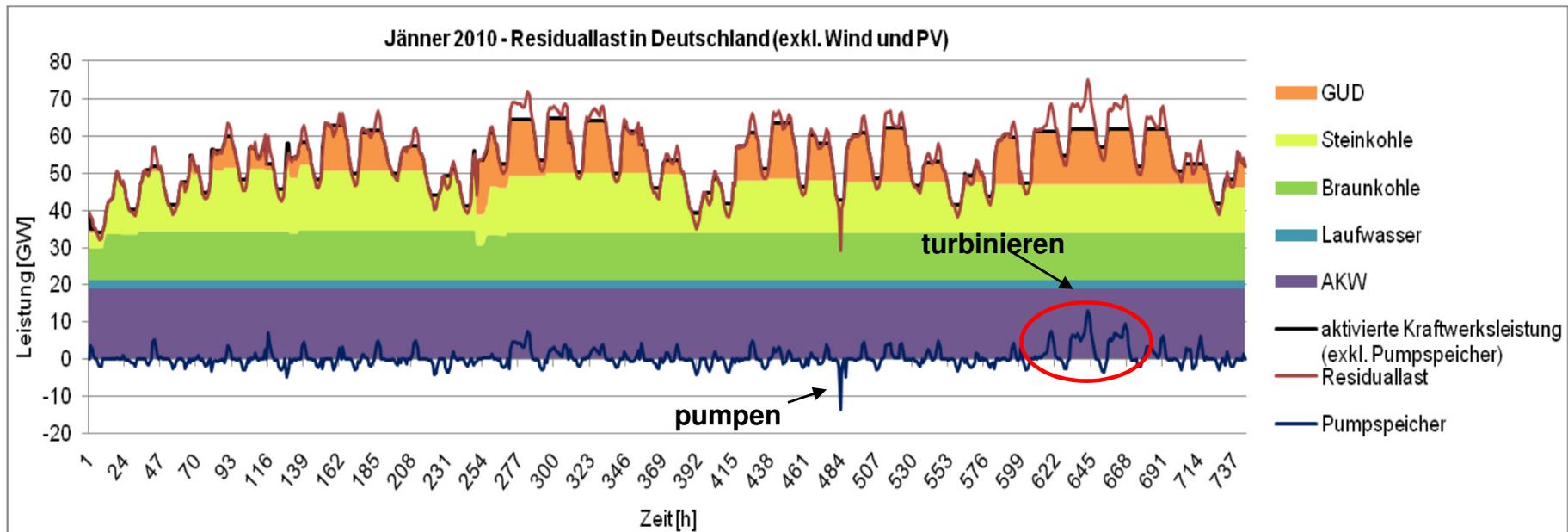
Achtung: Kein hinterlegtes Netzmodell in Modellierung !

Modellierung (Schematisch)

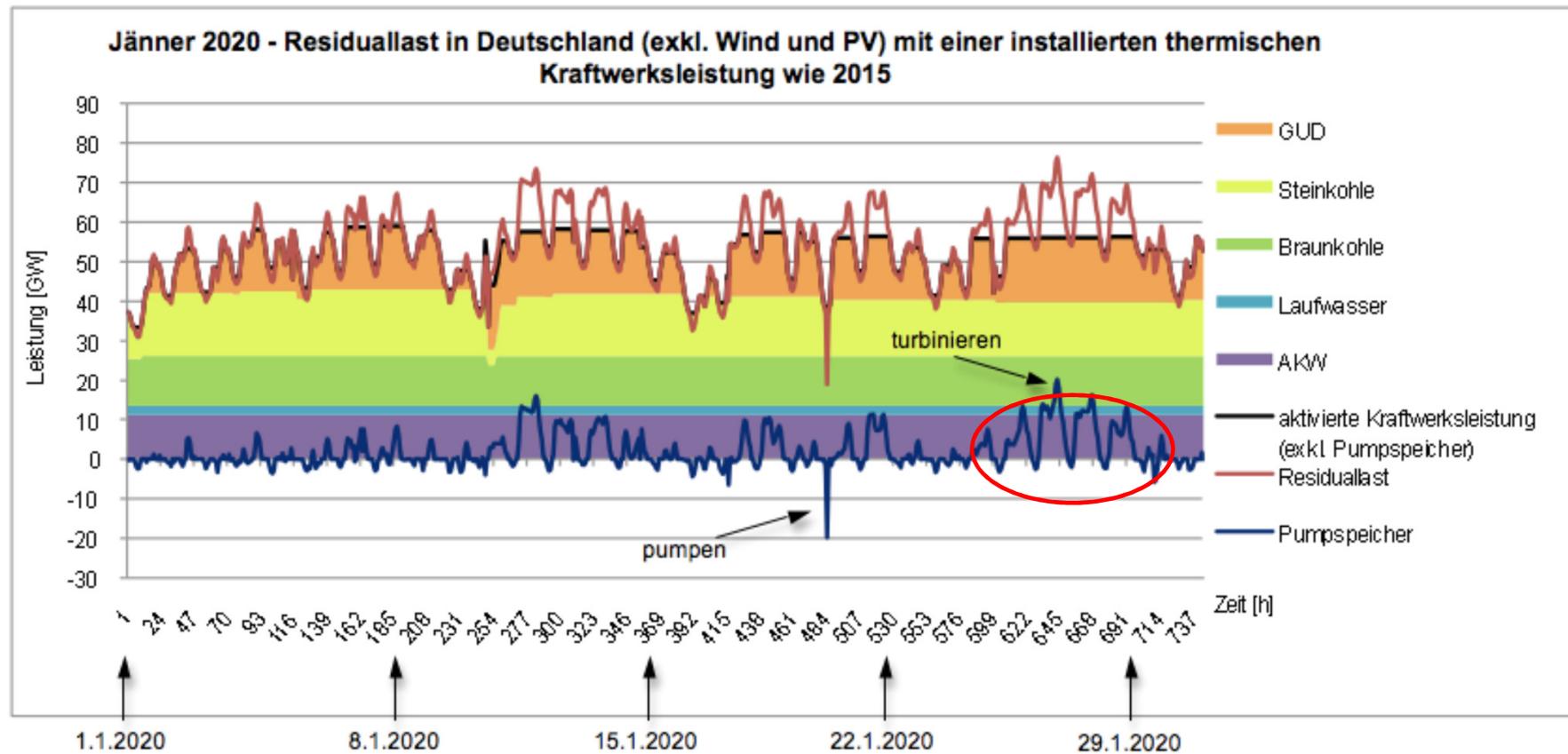


3. Ergebnisse: Kurzfristiger Kraftwerkseinsatz

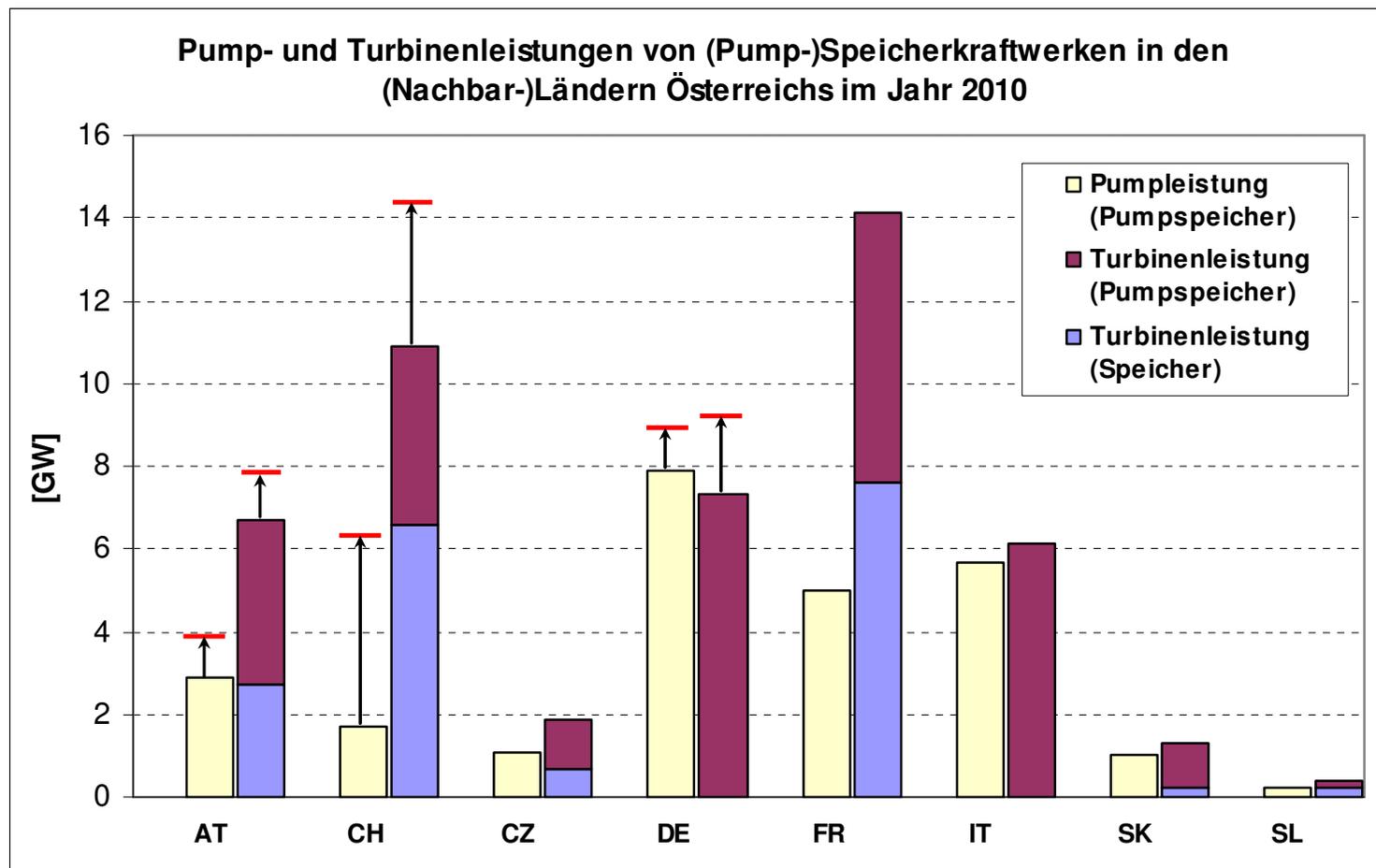
Jänner 2010



Jänner 2020



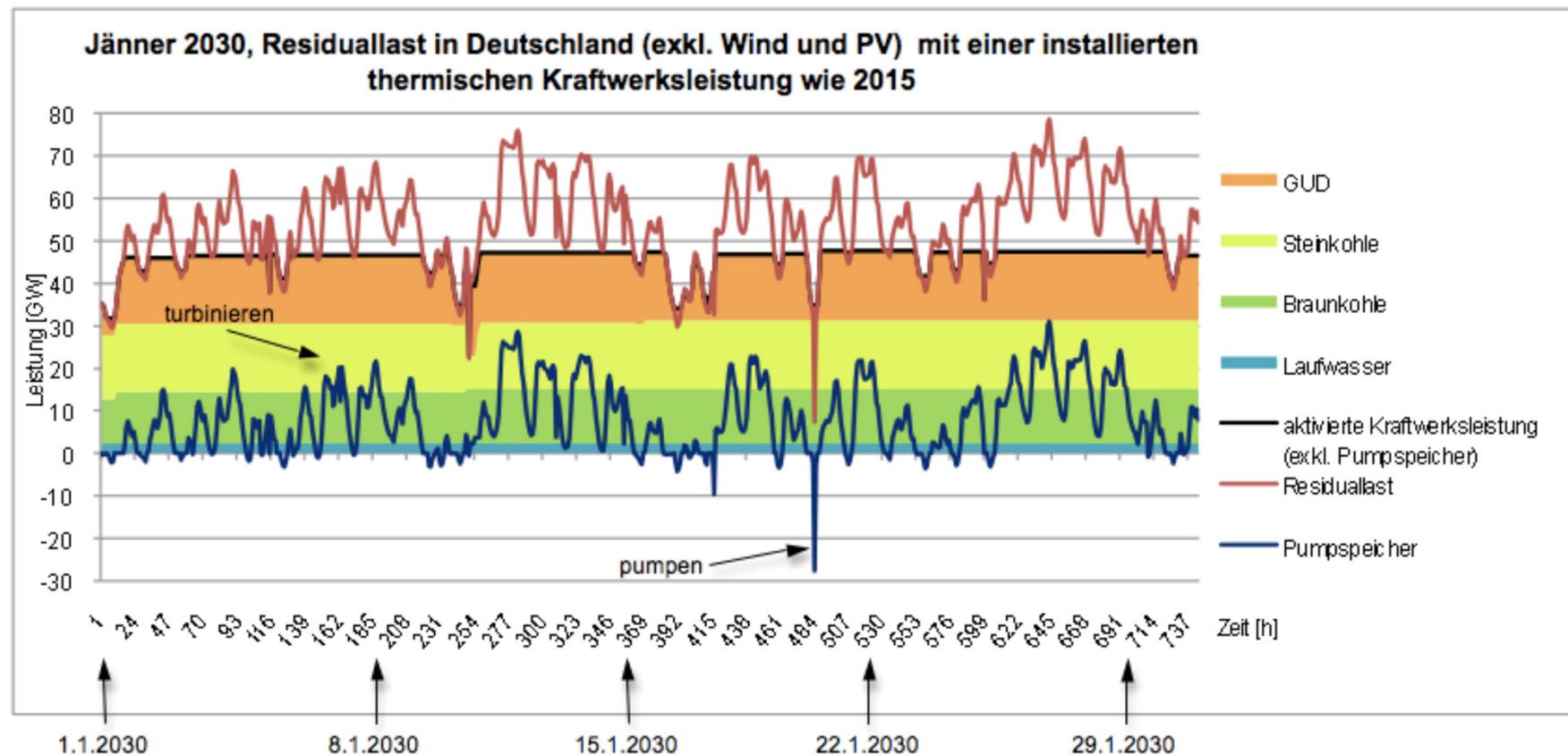
Pump- & Turbinenleistungen von (Pump-) Speicherkraftwerken (Cross-Border Beschränkung durch Netzkapazitäten)



Quellen: EEG, Dena, Schweizerische Energie-Stiftung, nationale EVU's & Statistiken

Jänner 2030

Gedankenexperiment – Kein weiterer Kraftwerksausbau



4. Ergebnisse: Fossiler Kraftwerksausbau

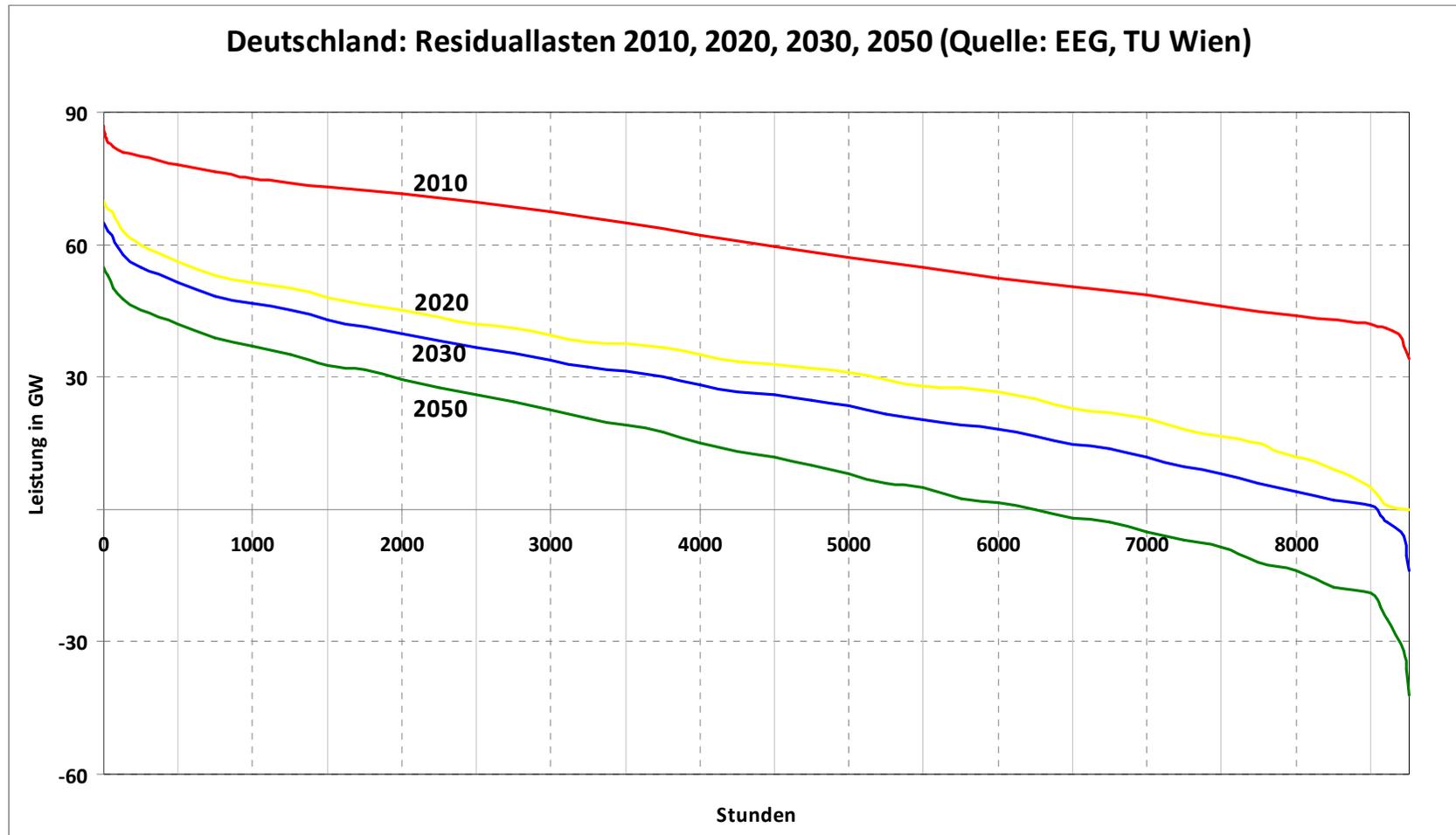
Methode des Vergleichs der jeweils konkurrierenden fossilen Kraftwerken:

1. Bestimmung der vertikalen Residuallast im Jahr 2020, 2030, 2050
2. Bestimmung der jeweiligen Wirtschaftlichkeitsgrenzen zwischen den fossilen Kraftwerkstypen GuD, SK, BK

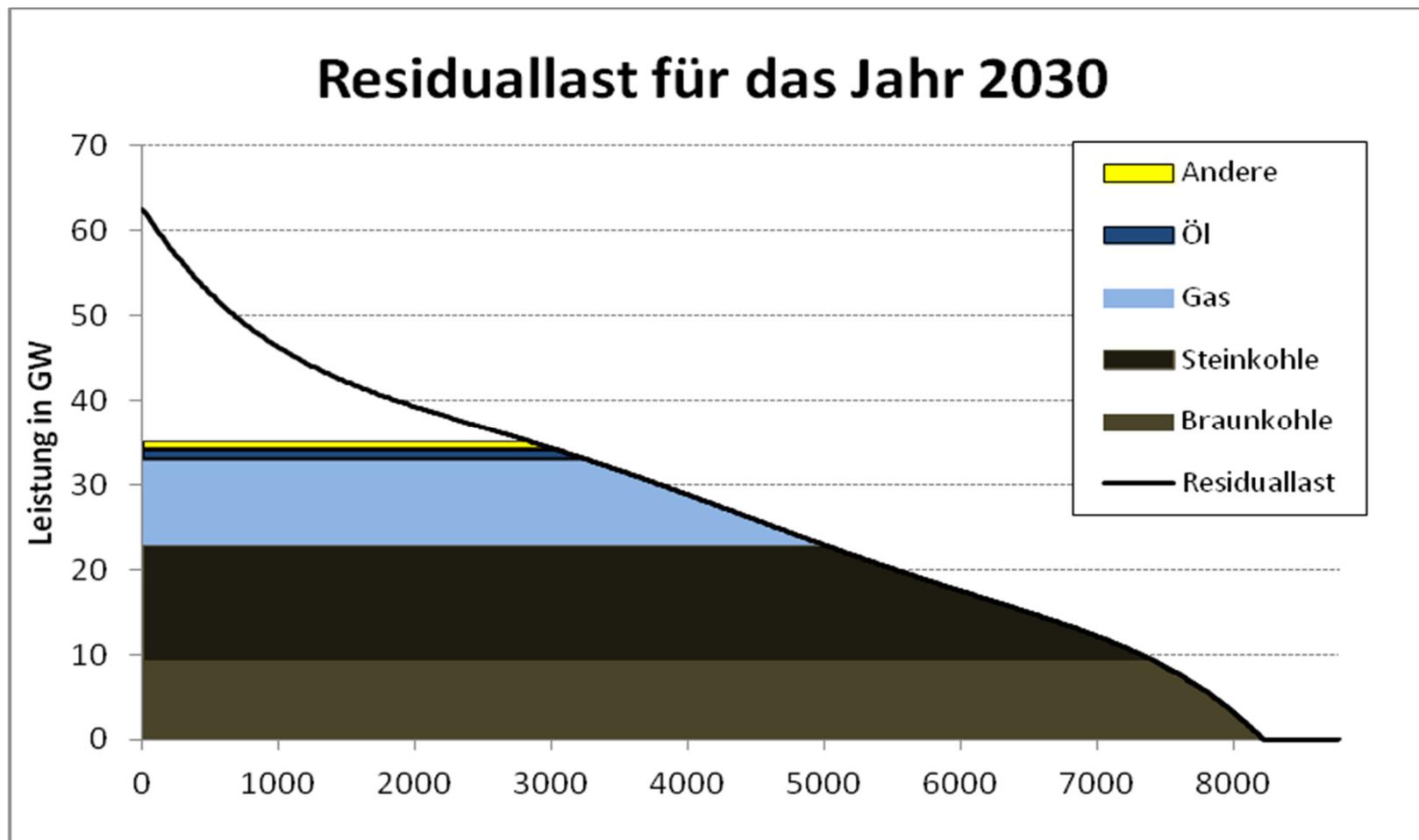
$$C_{el} = C_{FIX} + C_{VAR} = \frac{\alpha * C_{INV}}{T_{el}} + \frac{C_{FUEL}}{\eta_{el}} + \frac{C_{O\&M}}{T_{el}} + p_{CERT} \frac{C_{CO2}}{\eta_{el}} \quad \dots \text{Stromgestehungskosten}$$

$$p_{CERT} = \frac{\frac{\alpha_1 * C_{INV1} - \alpha_2 * C_{INV2}}{T_{el}} + \frac{C_{FUEL1}}{\eta_{el1}} - \frac{C_{FUEL2}}{\eta_{el2}} + \frac{C_{O\&M1} - C_{O\&M2}}{T_{el}}}{\frac{C_{CO2,2}}{\eta_{el2}} - \frac{C_{CO2,1}}{\eta_{el1}}} \quad \dots \text{1:1 Vergleich von jeweils zwei Kraftwerkstypen}$$

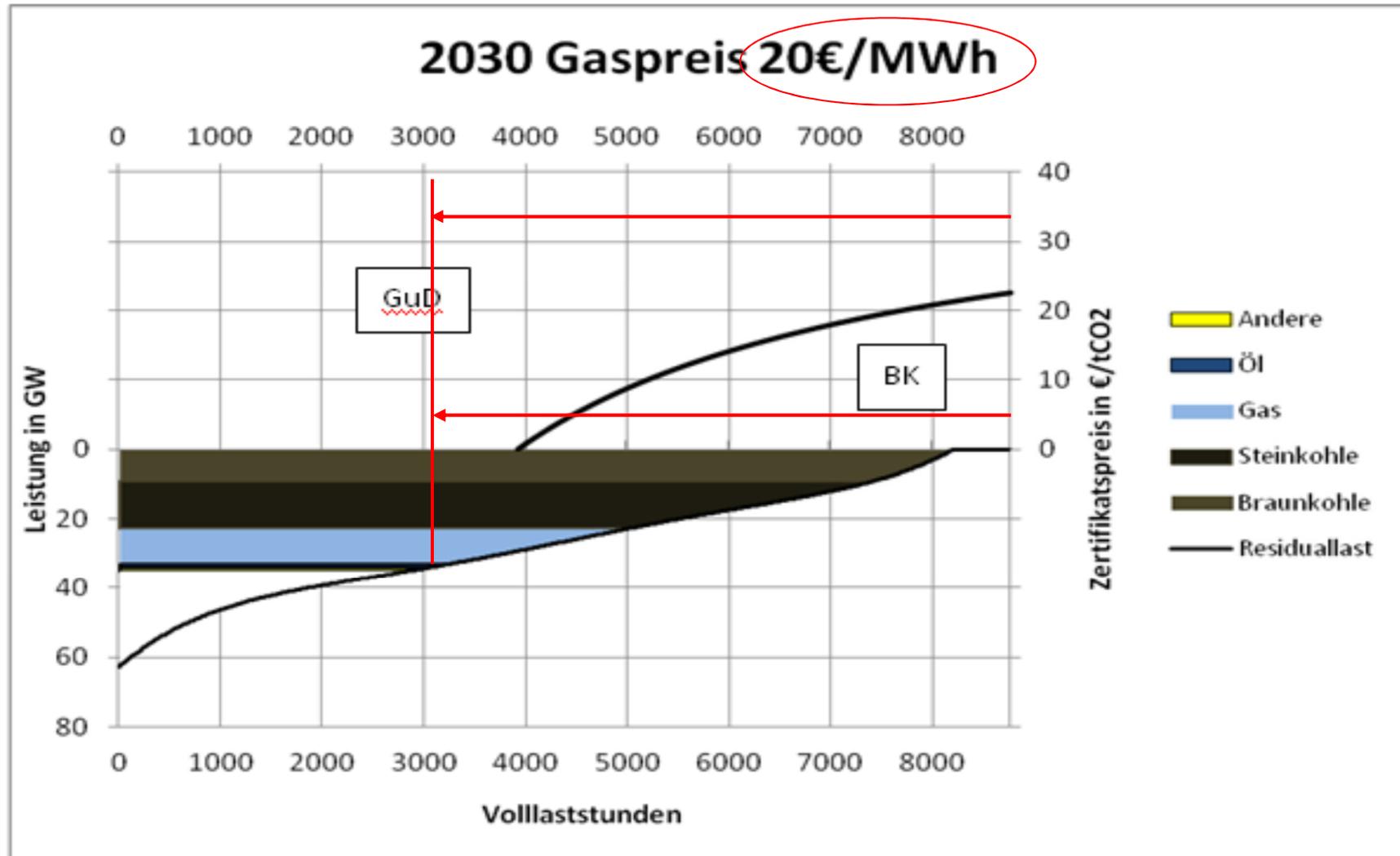
Deutschland: (Vertikale) Residuallast 2010 - 2050



Jahr 2030: Residuallast und Kraftwerkspark In Deutschland

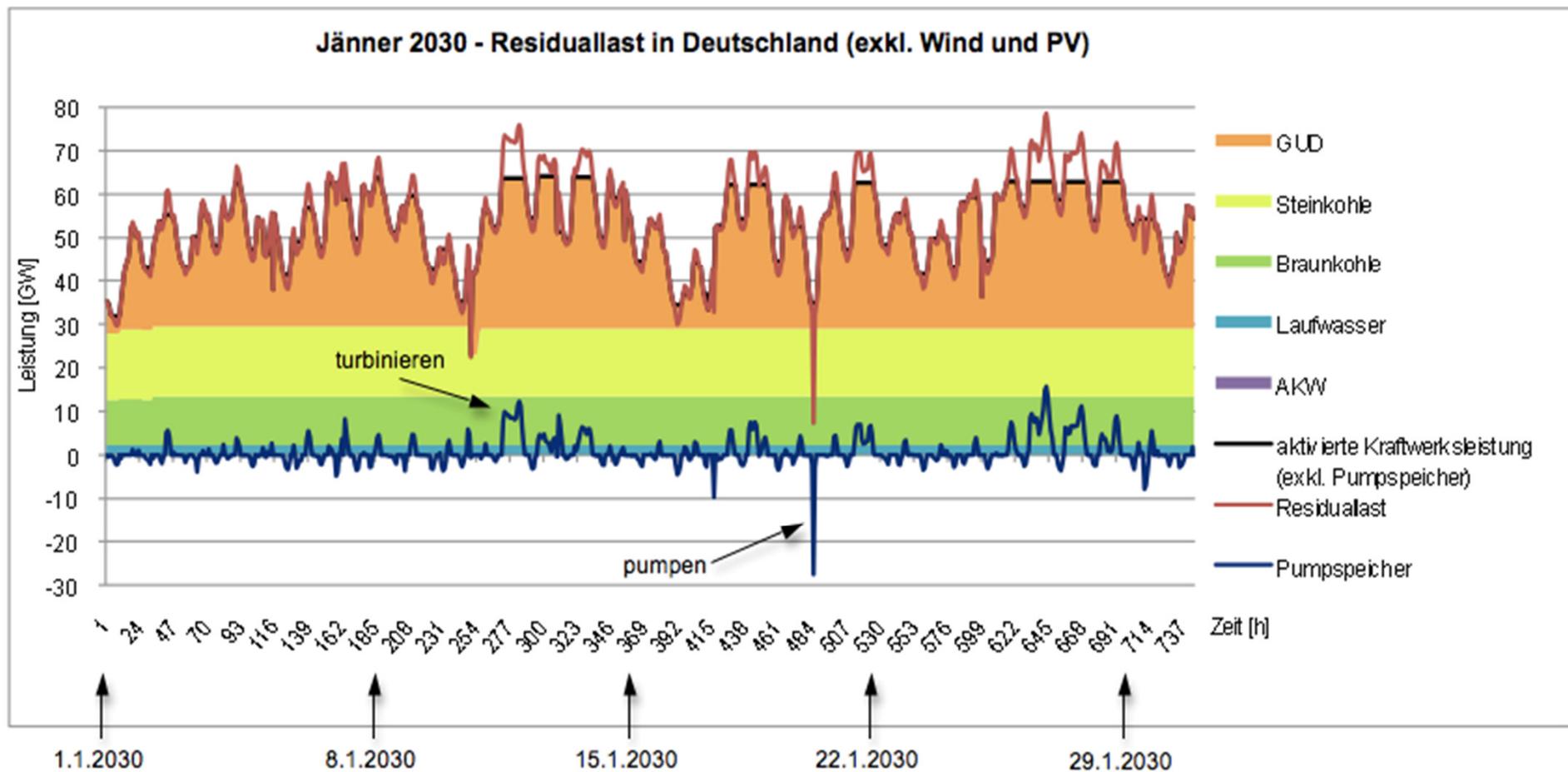


Jahr 2030: Wirtschaftlichkeitsgrenzen GuD vs. BK

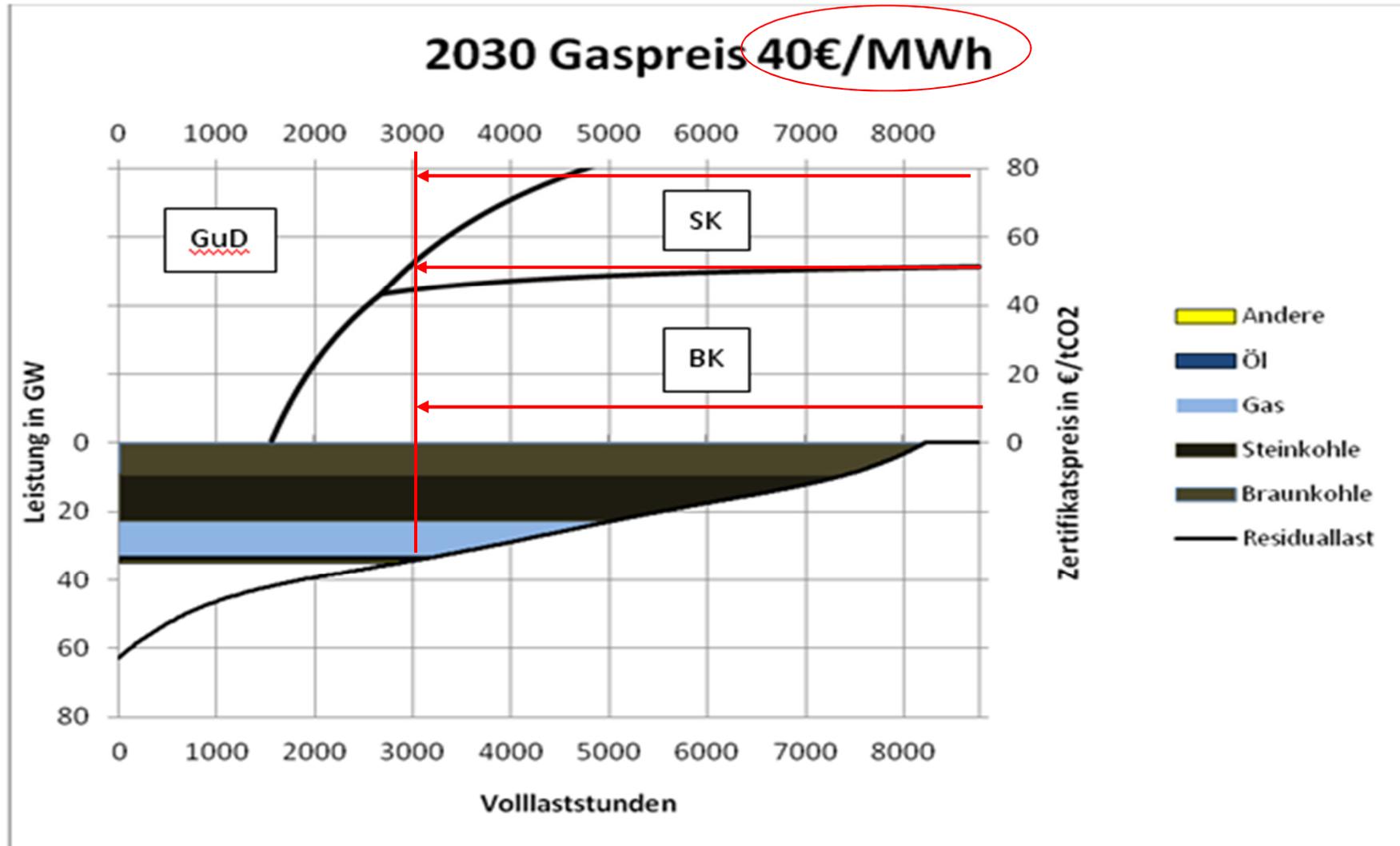


Jänner 2030

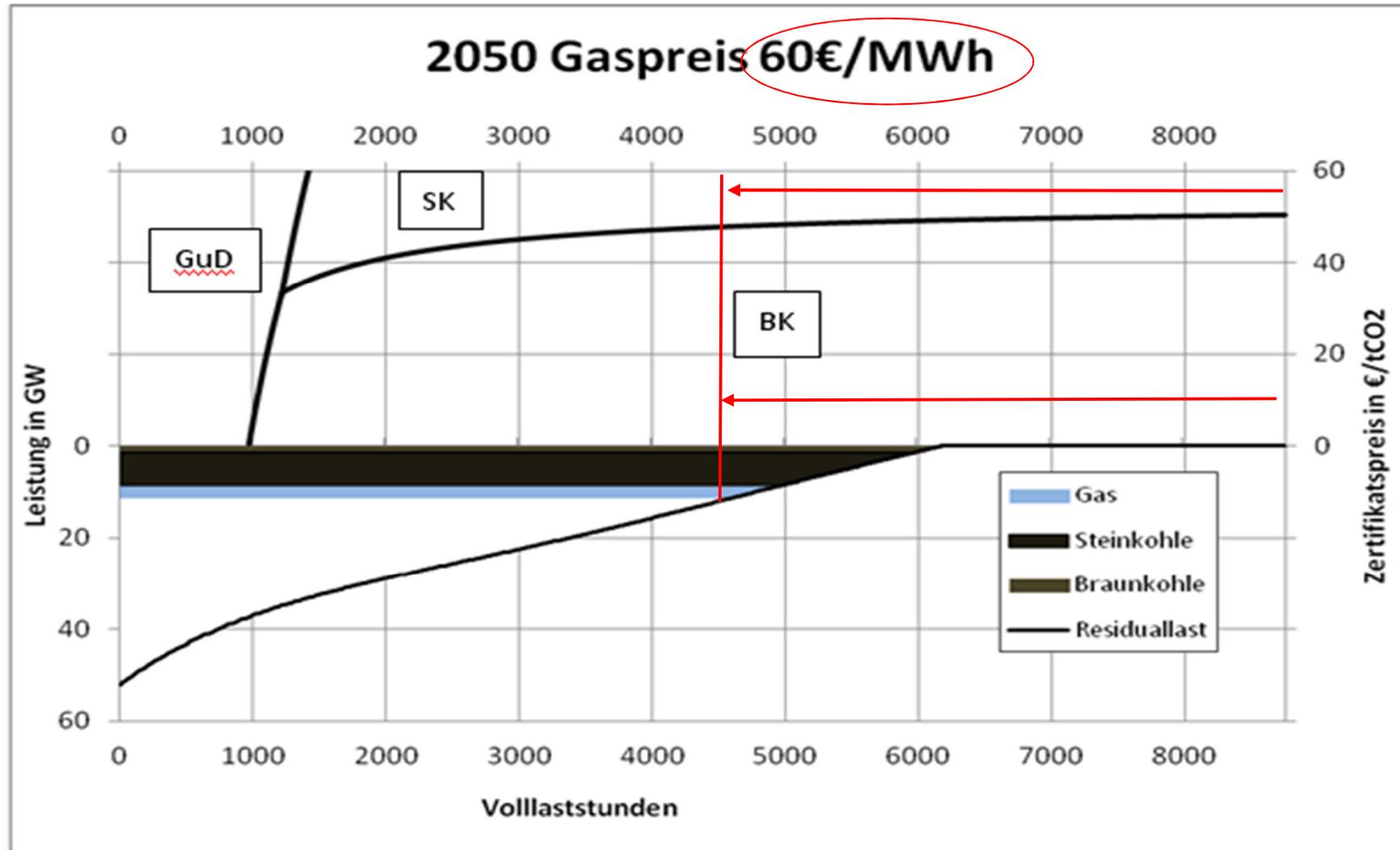
Reiner Zubau von GuD-Kraftwerken bei Gaspreis von 20€/MWh



Jahr 2030: Wirtschaftlichkeitsgrenzen GuD vs. SK vs. BK



Jahr 2050: Wirtschaftlichkeitsgrenzen GuD vs. SK vs. BK



5. Schlussfolgerungen

- Massiver Ausbau volatiler Erneuerbarer reduziert Einsatzdauer (Volllaststunden) von fossilen Kraftwerken und somit deren Wirtschaftlichkeit (im Falle der Betrachtung reiner Energiemärkte)
- Fossile Kraftwerke garantieren Flexibilität (hohe Leistungsgradienten) im Falle eines hohen Anteils volatiler erneuerbarer Erzeugung (nicht nur GuDs, auch SK und BK zukünftig dynamischer fahrbar). Im wirtschaftlichen Grenzfällen Tendenz zu GuDs. Es gibt auch eindeutige Fälle zugunsten SK und BK (abhängig von Gas- und CO2-Preis)
- Alternative Pumpspeicher: (i) standortabhängig, (ii) begrenzte Potenziale, (iii) natürliche Grenze bezüglich Energieinhalt, (iv) Pumpspeicherkapazität nicht beliebig „importierbar“ (Beschränkungen durch Cross-Border Netzkapazitäten)
- Neben Flexibilität fossiler Kraftwerke auch deren jederzeit gesicherte Kapazität zukünftig ein wichtiges Vermarktungskriterium:
 - > Intraday-Märkte: Konkurrenten zu fossilen Kraftwerken wie Pumpspeicher, zukünftig auch KWK/Biomasse-KWK sind potenzialbedingt begrenzt
 - > Kapazitätsmärkte (viele Fragezeichen): strategisches Verhalten möglich