

# Methoden zur Reduktion der Rechenzeiten linear optimierender Energiesystemmodelle

Skalierung approximierender Lösungen  
IEWT 2019, Wien

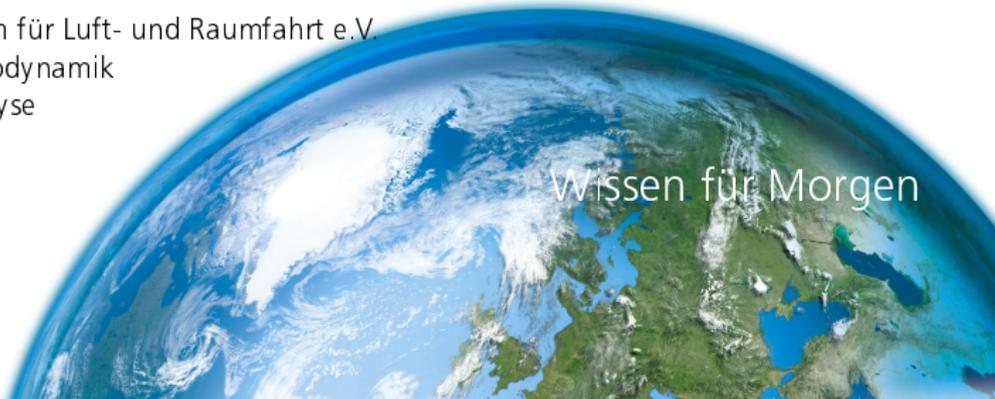
**Kai von Krbek**, Yvonne Scholz, Karl-Kiên Cao, Manuel Wetzel, Felix Cebulla, Hans Christian Gils, Benjamin Fuchs, Frieder Borggrefe

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.  
Technische Thermodynamik  
Energiesystemanalyse  
Stuttgart

14.02.2019



Wissen für Morgen



# Übersicht

1. Model
2. Ergebnisse der zeitlichen Skalierung
3. Ergebnisse der räumlichen Skalierung
4. Ergebnisse



# Motivation

- Wie verändern sich die Modellergebnisse mit höherer Auflösung?
- Gibt es eine „ausreichende“ Auflösung?
- Wie skaliert die Rechenzeit mit höherer Auflösung?
- Teil des BEAM-ME Projektes – linear optimierende Energiesystemmodelle auf Höchstleistungsrechnern



# Modellauflösung

REMix-OptiMo als Modellbasis – linear optimierendes ESM

zeitlich 8760 Stunden mit stündlichen Einspeisezeitreihen

fluktuierender erneuerbarer Energien (fEE) und Verbrauch

räumlich Deutschland auf Höchstspannungsauflösung

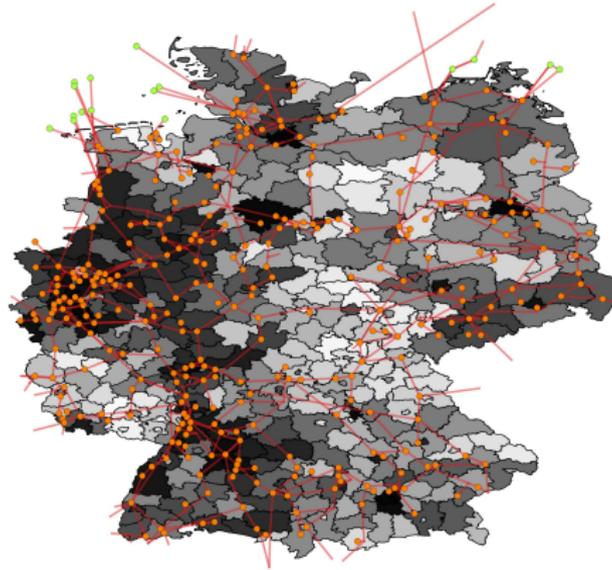
➤ 488 Knoten

➤ benachbarte Länder (Landkreise) für Stromimporte  
und -exporte (historische Zeitreihen)

technologisch Nur Stromerzeugung. Vernachlässigung von des Wärme  
und Transportsektors. Keine Ausbauoptimierung.



# Räumlich hochaufgelöstes Modell

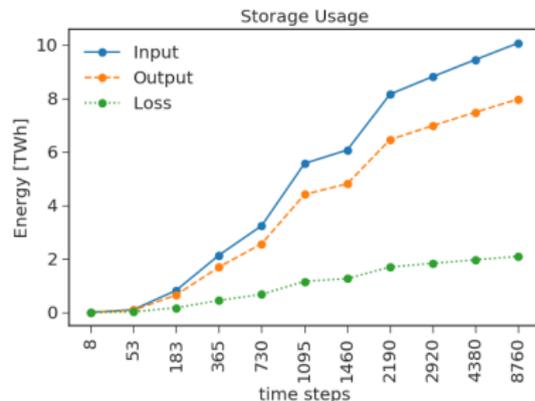
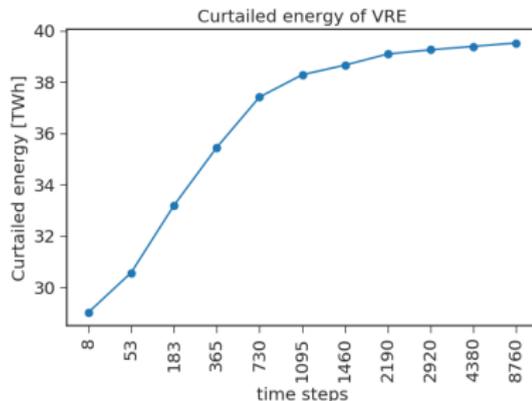


# Skalierte Dimensionen

- zeitlich
  - stündlich bis 1/8 Jahr
  - bei Aggregation: Summation von Einspeisung und Verbrauch
  - implizite Mittelung durch die Aggregation
- räumlich
  - agglomeratives Clustering (gutes Skalierungsverhalten)
  - Skalierung von 488 Knoten bis zur Kupferplatte



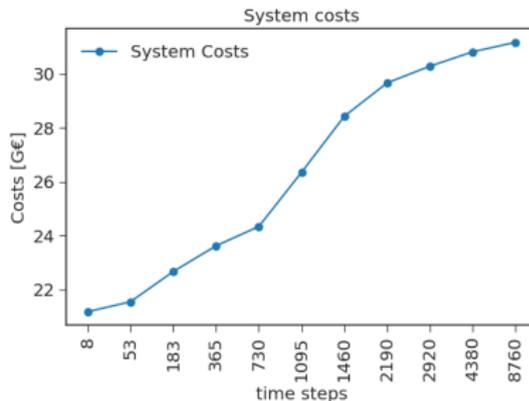
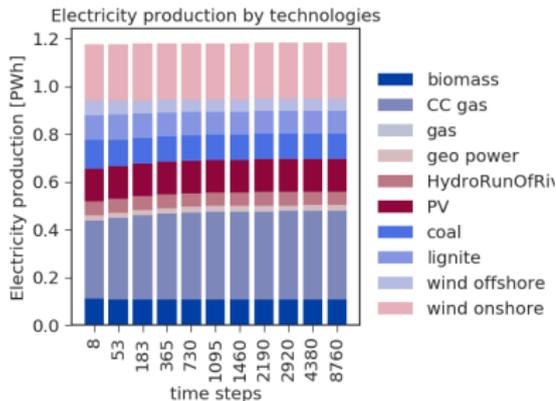
# zeitliche Skalierung: Abregelung und Speicher



- Speichernutzung vorwiegend innerhalb einer Woche
- Pumpspeicherkraftwerke sind Kurzzeitspeicher



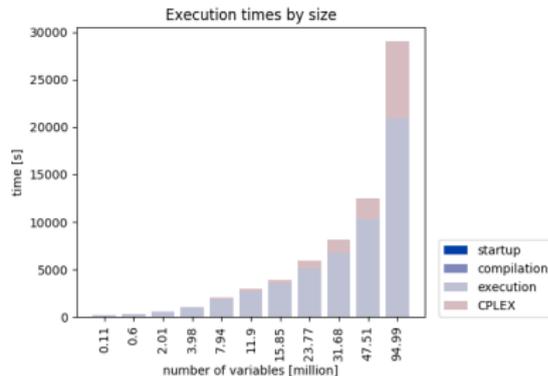
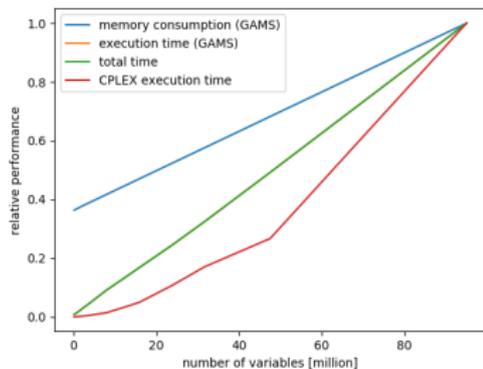
# zeitliche Skalierung: Systemkosten und Erzeugung



- Systemkosten steigen bei höherer Auflösung (um ca. 50%)
- leichter Technologiewechsel von Wind und Kohle zu Gaskraftwerken



# zeitliche Skalierung: Rechenzeit



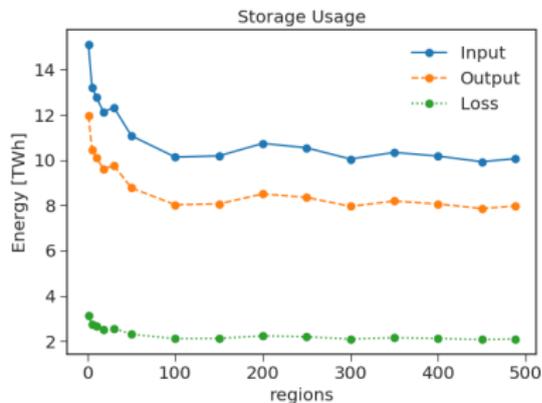
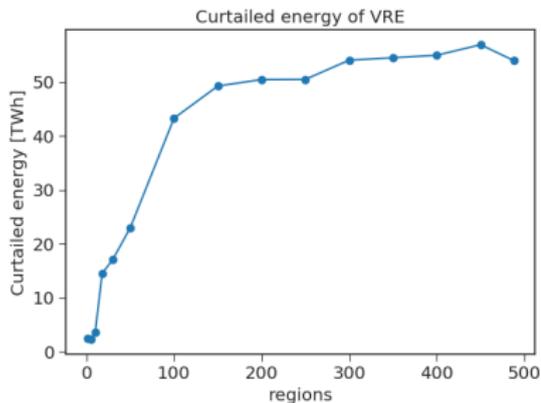
# Einfluss der zeitlichen Auflösung

Bei geringerer zeitlicher Auflösung

- weniger Abregelung aufgrund der Mittelung der Einspeisung
- weniger Speichernutzung ⇒ weniger Speicherverluste
- Weniger Fluktuation bei der Erzeugung, weniger Lastspitzen  
⇒ Grundlastkraftwerke
- geringere Systemkosten



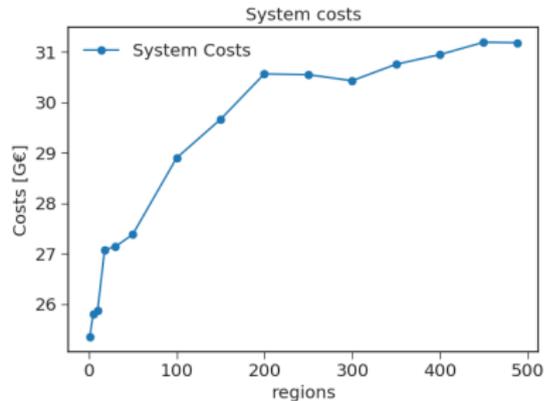
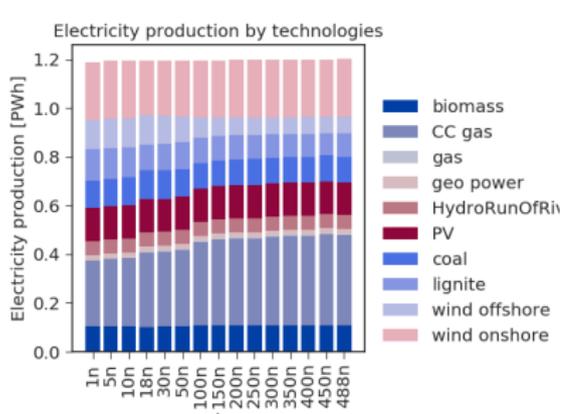
# räumliche Skalierung: Abregelung und Speicher



- Übertragungsengpässe beschränken Speichernutzung
- Abregelung von VRE ist vorwiegend aufgrund von Übertragungsengpässen



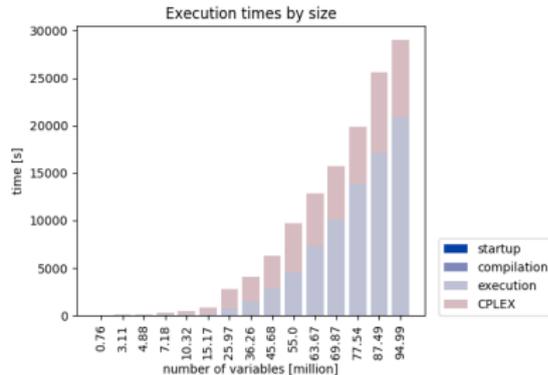
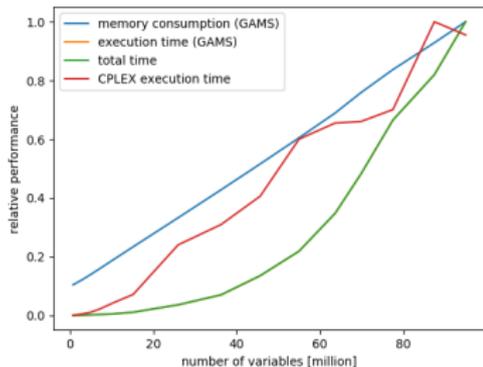
# räumliche Skalierung: Erzeugung und Systemkosten



- Übergang von Offshore Wind und Kohle zu Gaskraftwerken
- Systemkosten steigen massiv bis 200 Regionen an



# räumliche Skalierung: Rechenzeit



➔ Arbeitsspeichernutzung steigt linear mit der Problemgröße



# Ausreichende Auflösung

- hohe räumliche und zeitliche Auflösung erhöhen die Genauigkeit.
- starke Ergebnisdifferenzen bis
  - ein bis zweistündlicher Auflösung
  - Höchstspannungsnetz
- die derzeitige Modellparametrierung zeigt nur geringere Änderungen bei Auflösungen über 200 Regionen
  - 10-15% Abweichung bei 18 zu 488 Regionen Modell
  - 3-4% Abweichung bei 200 zu 488 Regionen Modell
- Speicher vorwiegend innerhalb einer Woche Be- und Entladen
- geringe Auflösung unterschätzt die Systemkosten um 20-25%



# Ausblick

- Untersuchung des Einflusses von Ausbauoptimierung (Netze/Kraftwerke)
- Treffen die Aussagen auch auf anderen Regionen zu?
- Für welche Fragestellungen reicht eine geringere Auflösung?

