

Sektorenkopplung in der Stromnetzmodellierung

Welche Anforderungen bestehen an die Datenmodelle des Wärme- und Gassektors?
Welche Zukunftstechnologien sollten in den Datenmodellen abgebildet werden?

DLR-Institut für Vernetzte Energiesysteme e. V., Europa-Universität Flensburg

1. Oktober 2020



Einführung (Clara Büttner, EUF)

Präsentation Daten-Modell Wärme (Eva Wiechers, EUF)

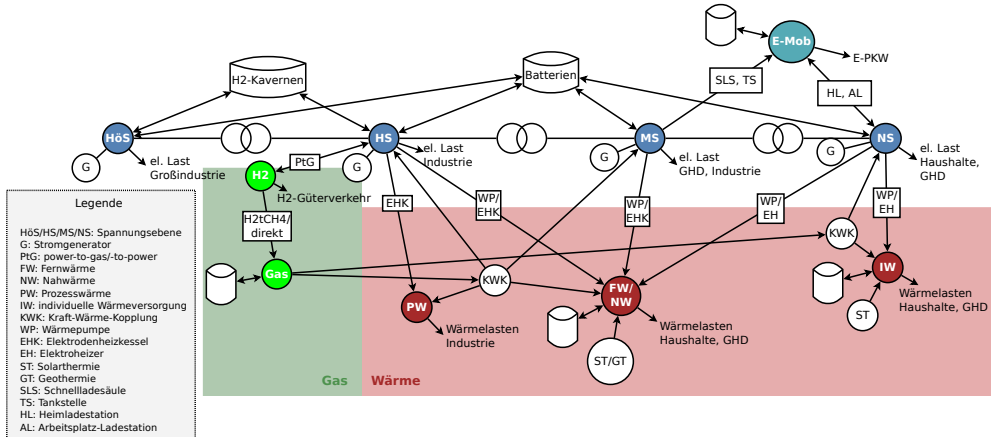
Verständnisfragen

Präsentation Daten-Modell Gas (Wilko Heitkötter, DLR VE)

Verständnisfragen

Zusammenfassung und Diskussion (Clara Büttner)

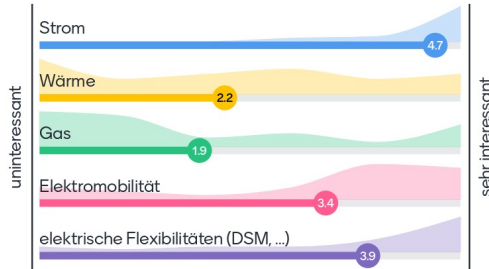
Einordnung ins Modellkonzept



Ergebnis Vorab-Umfrage



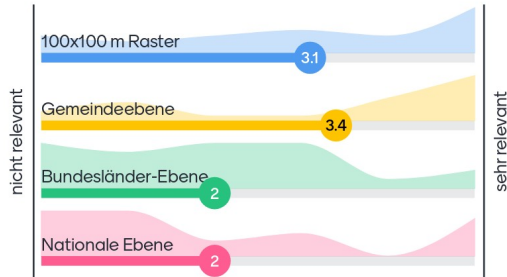
Für Daten aus welchen Bereichen interessieren Sie sich?



Ergebnis Vorab-Umfrage



In welcher geographischen Auflösung sind Daten für Sie von Relevanz?



- ① Ziele der Abbildung des Wärme-Sektors
- ② Datenverfügbarkeit
- ③ Szenarien-Annahmen Wärme
- ④ Geografische und zeitliche Auflösung der Wärmebedarfe
- ⑤ Technologieauswahl und -verteilung

Ziele der Abbildung des Wärme-Sektors



- Abbildung neuer Strom-Nachfrager (durch Elektrifizierung) und Flexibilitäten (z.B. Wärmespeicher)
- Berücksichtigung der geographischen Bindung zwischen Bedarfen und Wärmeversorgungstechnologien bzw. Wärmequellen
- Darstellung des technisch-ökonomischen Potentials für Wärmenetze

Wärme-Sektor ist heterogen, ohne flächendeckende, hochaufgelöste Datenerfassung, deshalb Modellierung.

- Wärmebedarfskartierung auf europäischer Ebene (z.B. Hotmaps, Heat Roadmap Europe), auf nationler Ebene (z.B. geomer), auf regionaler Ebene (z.B. Energiealtas NRW, Wärmeetlas Baden-Württemberg etc.) und lokaler Ebene
 - Wohngebäude (und Nicht-Wohngebäude): 100x100m, Baublöcke oder gebäudescharf
 - Industrie-Standorte (z.B. Hotmaps)
- Wärme-Erzeuger
 - KWK-Anlagen: Marktstammdatenregister (MaStR)
 - diverse Informationsquellen zur Fernwärme-Netzen
 - Zensus-Daten

Szenario NEP 2035

Annahmen aus:

- Szenariorahmen
Netzentwicklungsplan (NEP) 2021
bzw. Genehmigung
- FfE-Kurzstudie zur Flexibilisierung
der Kraft-Wärme-Kopplung
- BMWi-Zielszenario/Max-Szenario

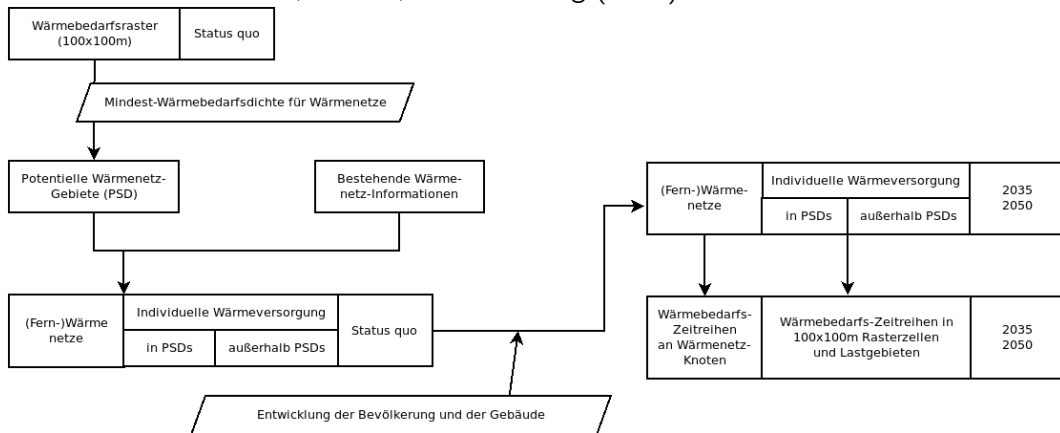
Szenario 100% EE (+ Varianten)

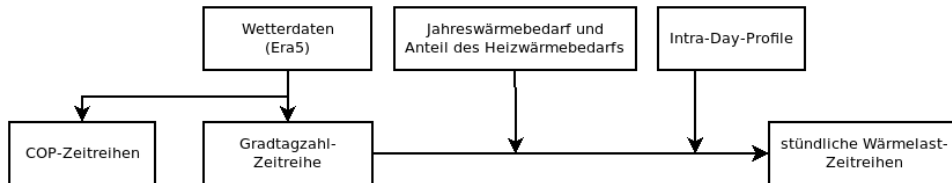
- Szenarien-Generator:
technisch-ökonomische
Optimierung der installierten
Leistungen
- Entwicklung der Wärmebedarfe:
Annahmen oder Optimierung mit
retrofitting-Branch

Szenarienübergreifend:

- Trennung öffentlicher Fernwärmeversorgung und industrieller KWK
- Abbildung des gesamten Endenergiebedarfs, Berücksichtigung von Prozesswärme

Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistung (GHD):

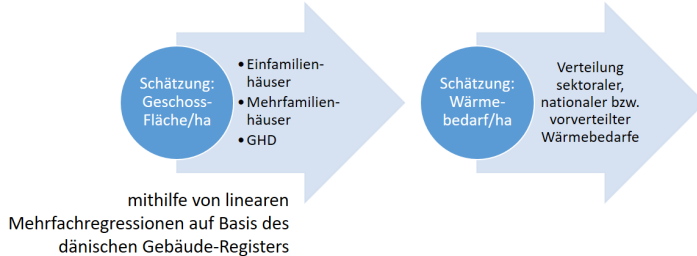




Geografische Verteilung der Wärmebedarfe

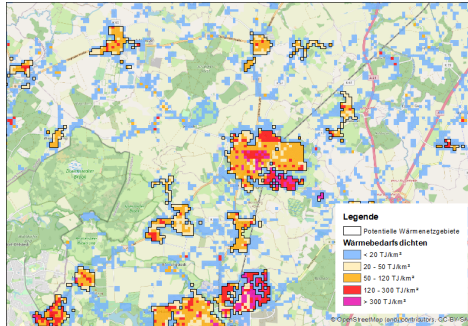


Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistung (GHD):



- basierend auf der Methodik des Pan-European Thermal Atlas (Peta) 4.3
- Verteilung zukünftiger Wärmebedarfe auf Basis des eGoⁿ-Bevölkerungsmodells (basierend auf DemandRegio)

Potentielle Wärmenetz-Gebiete (PSDs)



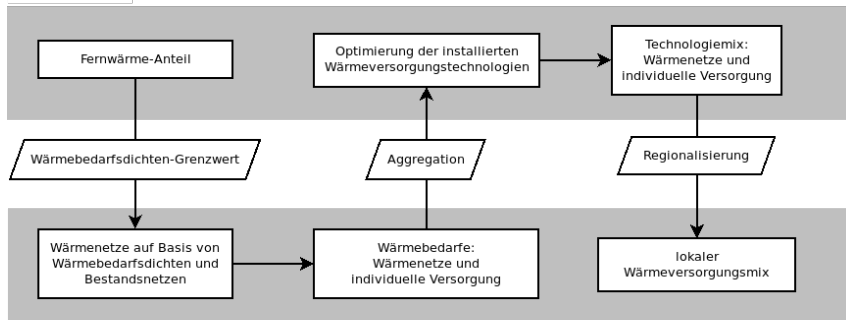
- szenarienunabhängig
- zusammenhängende Gebiete von Zellen mit einer Wärmebedarfsdichte von mindestens 200GJ/ha
- keine Modellierung von Leitungen

Konzept: 100%-Erneuerbare-Energien-Szenario



Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistung (GHD):

regionale Ebene

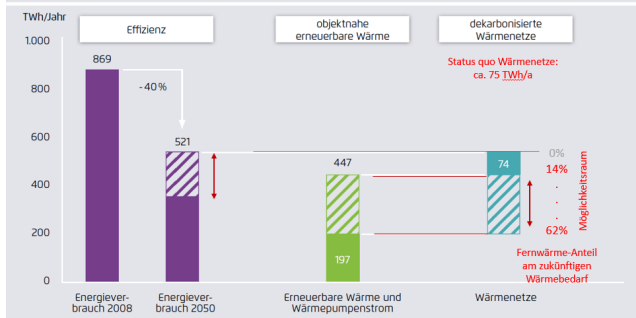


lokale Ebene

Zentrale Annahmen für Deutschland

Dekarbonisierungs-Optionen am Beispiel einer 40-prozentigen Verringerung des Endenergieverbrauchs an Wärme bei Gebäuden in TWh pro Jahr

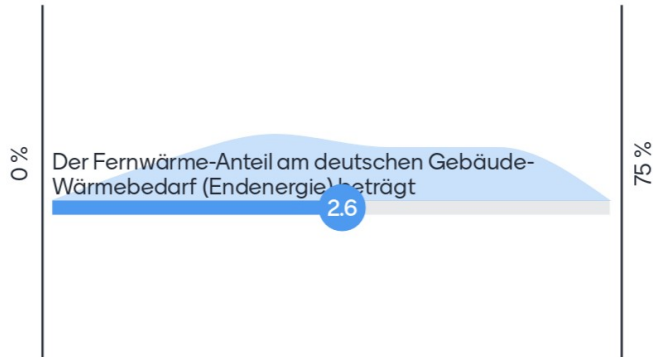
Abbildung 13



Schraffierte Flächen symbolisieren Bandbreiten der Effizienz- und Erneuerbaren-Potenziale. Ein Teil der objektiven Erneuerbare-Wärme-Quellen kann auch in Form von Nahwärmenetzen zusammengefasst werden.
Eigene Berechnung auf der Basis von Prognos, ifeu, IWU (2015); ifeu (2016) und eigenen Annahmen zum Wärmepumpenstrom

Quelle: Wärmewende 2030 (Fraunhofer IWES/IBP Studie im Auftrag von Agora Energiewende, 2017, Seite 9)

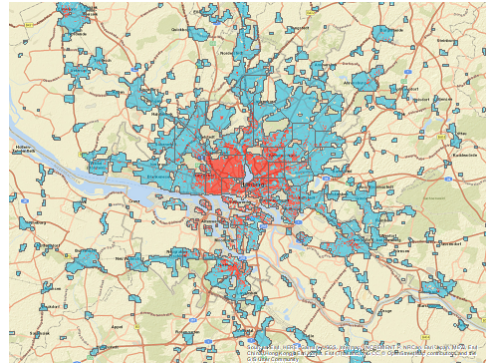
Welchen Fernwärme-Anteil erwarten Sie in einem 100%-Erneuerbare-Energien-Szenario?



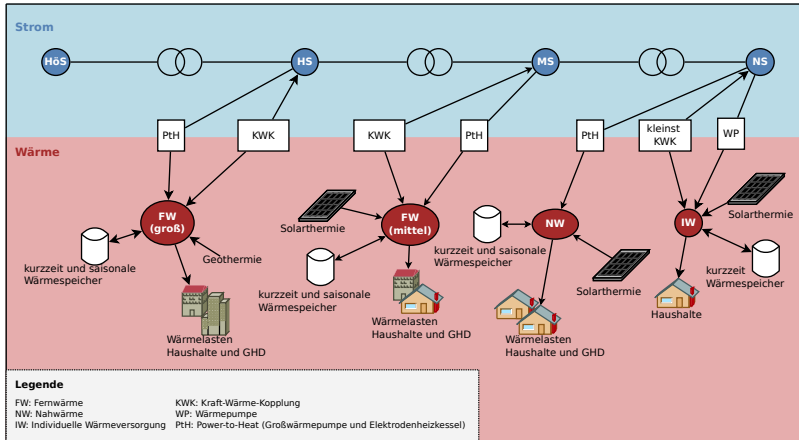
Abgrenzung der Wärmenetze



Der gewählte deutschlandweite Fernwärme-Anteil definiert die Ausdehnung der Fernwärmenetze innerhalb der potentiellen Wärmenetz-Gebiete.



Versorgungsstrategien: Wärmenetzgebiete und individuelle Wärmeversorgung



Welche Technologien im Wärme-Sektor sind Ihrer Meinung nach in einem 100%-Erneuerbare-Energien-Szenario zentral?



14



Szenario NEP 2035

- Individuelle Wärmeversorgung
 - Wärmepumpen (7 Millionen)
 - kleinst KWK
 - Mix konventioneller Wärme
- Fernwärmenetze (ca. 72 TWh/a)
 - Wärmepumpen
 - Elektrodenheizkessel
 - Solar- und Geothermie
 - KWK-Anlagen
 - Mix konventioneller Wärme

basierend auf Szenariorahmen NEP 2021

Szenario 100% EE (+ Varianten)

- Individuelle Wärmeversorgung
 - Wärmepumpen
 - kleinst KWK
 - Solarthermie
 - Gasheizungen
- Fernwärmenetze
 - Wärmepumpen
 - Elektrodenheizkessel
 - Solar- und Geothermie
 - KWK-Anlagen
 - Gaskessel

basierend auf Szenariengenerator

Sicherstellung der Lastdeckung unter der Berücksichtigung:

- der Größenordnung der Nachfrage
- lokaler Gegebenheiten (z.B. Müllverbrennungsanlagen, Geothermie-Potential, bestehende Kraftwerksstandorte usw.)



Gliederung

- Datenverfügbarkeit
- Modellkonzept
- Bestimmung regionaler Power-to-Gas Einspeisekapazitäten
- Szenarioannahmen
- Räumliche und zeitliche Auflösung des Datenmodells
- Ausblick: Gasflussberechnung



DLR

Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt

Institut für
Vernetzte Energiesysteme

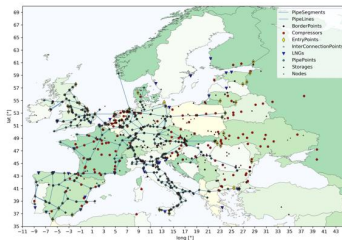
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)
Institut für Vernetzte Energiesysteme | Energiesystemanalyse
M.Sc. **Wilko Heitkötter**
Telefon 0441 99906-113 | wilko.heitkoetter@dlr.de
[DLR.de/ve](https://www.dlr.de/ve)

Beispielhafte Datenquellen für das europäische Gassystem

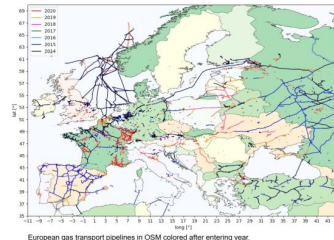
Bildquellen: SciGRID_gas - OpenMod Workshop (15-17
Januar 2020, Berlin, <https://www.gas.scigrid.de/>)



ENTSO-G



Verschiedene Internetdaten



OpenStreetMap

- Informationen über: Leitungen, Kompressoren, Entry / Exit Punkte, Speicher, ...
- Datensätze sind teilweise nicht direkt nutzbar (z.B. nicht digitalisiert)
- Im **SciGRID_gas Projekt** (<https://www.gas.scigrid.de>, DLR) werden diese Datensätze:
 - nutzbar gemacht (z.B. Digitalisierung)
 - in einem einheitlichen Datenformat unter CC BY Lizenzen bereitgestellt

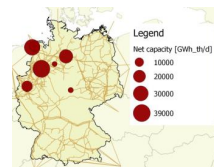
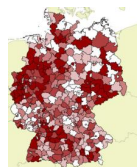
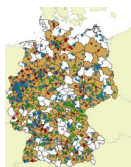
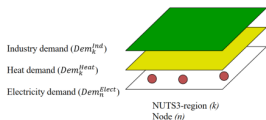
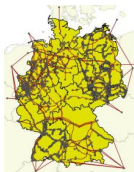
LKD-EU Gasdatensatz für Deutschland



LKD-EU Datensatz

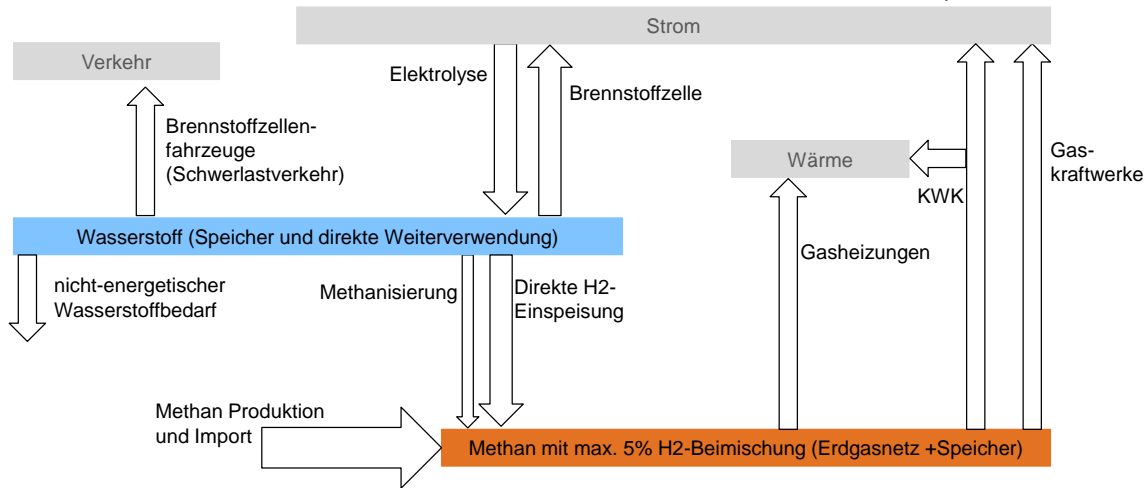
- hohe Vollständigkeit für das deutsche Gassystem (teilweise muss Aktualität noch überprüft werden)
- konvertiert in das SciGRID_gas Datenformat und bereitgestellt unter CC BY Lizenz
- Nutzung als Eingangsdaten im eGon Projekt für die Modellierung des:
 - Gasnetzes
 - Nicht-energetischen Gasbedarfs

Visualisierung Gasnetzdaten und Gasbedarfsdaten im LKD-EU Datensatz:

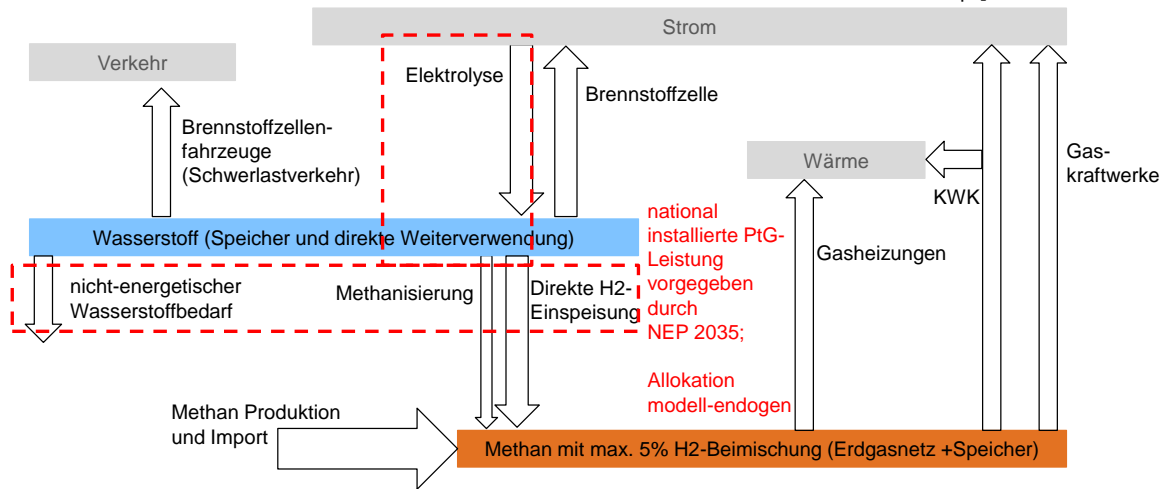


Quelle: Kunz, Friedrich, et al. Electricity, heat, and gas sector data for modeling the German system. No. 92. DIW Data Documentation, 2017.

Modellkonzept Gas: NEP 2035 Szenario



Modellkonzept Gas: NEP 2035 Szenario



Szenario Quelle: NEP Strom 2035, Version 2021, Szenariorahmen

Bildquelle: eigene Darstellung

Installierte PtG-Leistung im NEP 2035



Tabelle 20: Leistung von Power-to-Gas-Anlagen in den Szenarien

	A 2035	B 2035	C 2035	B 2040	Volllaststunden
Power-to-Wasserstoff [GW]	2,5	4,5	7,5	7	
davon bekannte Planungen und weitere Anlagen an Industriestandorten mit Wasserstoffbedarf [GW]	2,5	4,5	4,5	7	3500 h
davon netzorientierte Anlagen [GW]	0	0	3	0	1500 h
Power-to-Methan [GW]	0,5	0,5	0,5	0,5	1000 h
Summe [GW]	3,0	5,0	8,0	7,5	

el. Energieverbrauch: 20,8 TWh

= 3 % des deutschen Gas Primärenergieverbrauchs (2018)

→ Lokal könnte Überschreitung der max. 5 % H₂-Einspeisung auftreten

→ Regionalisierung der maximalen PtG-Einspeisekapazitäten

Quelle: NEP Strom 2035, Version 2021, Szenariorahmen

Regionalisierte PtG-Einspeisekapazitäten



Einspeisung ins Gastransportnetz



Gasnetz: Topologie +
Leitungstypen (LKD-EU)

Stromnetz: Topologie (eTraGo)

Max. Gasfluss pro
Leitungstyp
(TU Dresden*)

Temp. abhängiges
Lastprofil (demandlib)

Druck [bar]	Durchmesser [mm]	Obergrenze [MW]
100	$x \geq 1000$	53.125
25-100	$700 \leq x < 1000$	16.625
25-63	$500 \leq x < 700$	7458
25	$350 \leq x < 500$	2250
16-25	$200 \leq x < 350$	917
63	$100 \leq x < 200$	250

Berechnung max.
PtG-Einspeisekapazitäten
pro Stromumspannwerk

eGon Modell

Einspeisung Gasverteilnetz

Gasverbrauch (aus Modellierung anderer
Sektoren, nicht-energetisch: LKD-EU)

Regionalisierte Gasproduktion (LKD-EU)

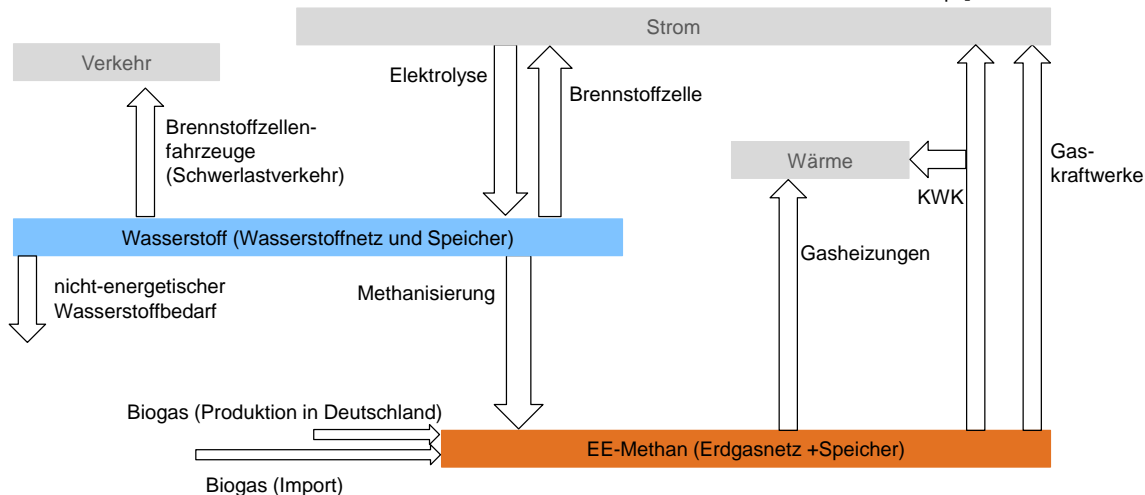
Stromnetz: Topologie (eTraGo)

Temp. abhängiges Lastprofil (demandlib)

Bestimmung
regionalisierte
Gasresiduallast

*) Haumeier, Hauser, 2020, Grünes Gas für die
Gaswirtschaft – Regionale Power-to-Gas-
Potentiale

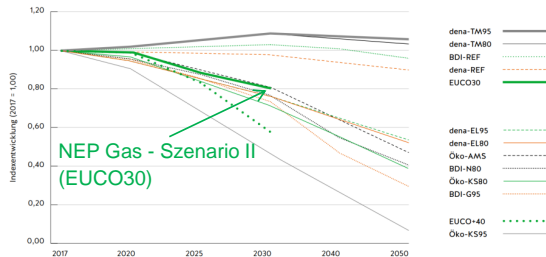
Modellkonzept Gas: 100%-EE 2050 Szenario



Weitere Szenarioannahmen zum Gasbedarf



- Prognose für nicht-energetischen Verbrauch von Gas: NEP Gas 2019-2030
- Lineare Extrapolation von 2030 bis 2035
- Prognose für 2050 noch zu klären
- Prognose für andere Verbrauchssektoren: Übernahme der Daten aus Modellierung von Projektpartnern



Gasbedarf Deutschland - Szenario II Darstellung Brennwert (H _s)	Einheit	2017	2030	2050	Veränderung 2030 zu 2017	Veränderung 2050 zu 2030
Gasbedarf insgesamt	TWh H _s	968	894	---	-8 %	---
Endenergiebedarf Gas	TWh H _s	656	525	---	-20 %	---
Industrie	TWh H _s	261	204	---	-22 %	---
Haushalte/ GHD	TWh H _s	394	313	---	-20 %	---
Verkehr	TWh H _s	2	8	---	276 %	---
Nichtenergetischer Verbrauch von Gas	TWh H _s	38	40	---	5 %	---
Gaseinsatz im Umwandlungssektor*	TWh H _s	274	329	---	20 %	---

* Der Gasverbrauch im Umwandlungssektor umfasst Kraftwerke, Fernheizwerke und den Eigenverbrauch Gas im Umwandlungssektor.

Quelle: FNB Gas, Szenariorahmen NEP Gas 2020-2030

- Räumliche Auflösung:
 - Zur Bestimmung von PtG-Einspeisekapazitäten:
 - Gasfernleitungskapazitäten und regionaler Gasbedarf pro Versorgungsgebiet je HS-MS Umspannwerk
 - Modellierung des Gasflusses:
 - Zunächst: Abstraktion auf einen Knoten für Deutschland
 - Ggf. wenn im Projektumfang möglich: Gasflussberechnung anhand mehrerer Knoten (z.B. 10 für Deutschland)
- Zeitliche Auflösung:
 - stündlich

Ausblick: vereinfachte Gasflussmodellierung



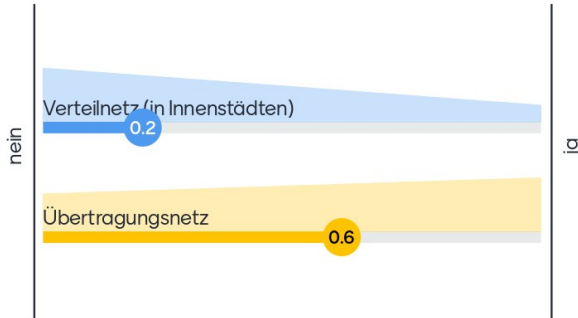
- Falls im Rahmen des eGon Projektes zeitlich möglich, wird eine vereinfachte Gasflussberechnung implementiert
- Abstraktion des Gasflusses als Energiefluss
- Nutzung von Energiebilanzen an Knoten des verwendeten PyPSA Modells (mögliche Alternative ist Pandapipes, aber nutzt detailliertere Gasflussberechnung)
- Gasleitungen werden als PyPSA Link Komponenten implementiert
- Anzahl von Gasnetzknuten muss festgelegt werden, die die Rechenzeit des eGon Modells nicht zu stark erhöht

Vgl. Gleichungen zur Modellierung des Gasflusses als Energiefluss im GAMMAMOD Model (TU Dresden)

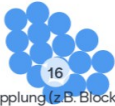
$$\begin{aligned} 0 = & -dem_{i,tt} - \sum_{j,l, \text{mapLIJ}_{l,i,j} \times i \neq 0} (FLOW_{i,tt}^{pos} \times \text{mapLIJ}_{l,i,j}) \\ & - \sum_{j,l, \text{mapLIJ}_{l,i,j} \times i \neq 0} (FLOW_{i,tt}^{neg} \times \text{mapLIJ}_{l,i,j}) \\ & - \sum_{st \in \text{mapStI} \times i} STORAGE_{st,tt}^{IN} + \sum_{pr \in \text{mapPrI} \times i} PQ_{pr,tt} \\ & + \sum_{j,l, \text{mapLIJ}_{l,i,j} \times i \neq 0} (FLOW_{i,tt}^{neg} \times \text{mapLIJ}_{l,i,j}) \\ & + \sum_{j,l, \text{mapLIJ}_{l,i,j} \times i \neq 0} (FLOW_{i,tt}^{pos} \times \text{mapLIJ}_{l,i,j}) \\ & + \sum_{st \in \text{mapStI} \times i} STORAGE_{st,tt}^{WITH} + \sum_a VOLL_{a,i,t} \\ & + LoadCut_{i,tt} \end{aligned}$$

Quelle: Hauser, P.: A modelling approach for the German gas grid using highly resolved spatial, temporal and sectoral data (GAMAMOD-DE)

Wird es nach Ihrer Meinung in in einem 100%-Erneuerbare-Energien-Szenario für das Jahr 2050 ein deutschlandweites Wasserstoffnetz geben?



Welche Kopplungen zwischen dem Gas- und Wärme-Sektor sind ihrer Meinung nach in einem 100%-Erneuerbare-Energien-Szenario von zentraler Bedeutung?



Kraft-Wärme-Kopplung (z.B. Blockheizkraftwerke)



Abwärme-Nutzung von Brennstoffzellen



Abwärme-Nutzung bei Elektrolyse



Wasserstoff-betriebene Gastherme



Biogas-betriebene Gastherme



Welche Anforderungen bestehen an die Datenmodelle des Wärme- und Gassektors?



Räumliche Auflösung

Wärme: 100x100m und in Wärmenetzgebieten, Ausnahme Industrie

Gas: national; Power-To-Gas Einspeisekapazitäten pro HS-MS Umspannwerk

Zeitliche Auflösung

Wärme und Gas: stündliche Zeitreihen

Verwertbarkeit

Open Data auf der OpenEnergyPlatform

Open-Source-Bereitstellung der Methoden

Welche Zukunftstechnologien sollten in den Datenmodellen abgebildet werden?



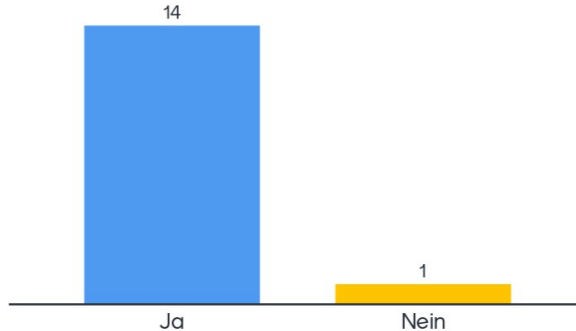
Wärme-Sektor inkl. Gas-Schnittstelle

- Wärmepumpen
- Elektrodenheizkessel
- Solarthermie
- Geothermie
- Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen
- Gasheizungen

Gas-Sektor

- Elektrolyse (Power-to-Hydrogen)
- Methanisierung
- Brennstoffzellen
- Biogaseinspeisung

Können Sie sich vorstellen, die vorgestellten Daten-Modelle zu benutzen?



Wofür möchten Sie die vorgestellten Datenmodelle nutzen?

- eigene Forschungen
- Berechnung von Betriebsstunden
- zukünftige Bedeutung von Elektrolyseuren
- Standortsuche für die Anlagenplanung (Elektrolyseure)

Warum werden Sie die vorgestellten Datenmodelle nicht nutzen?

- keine Notwendigkeit

Eva Wiechers
Europa-Universität Flensburg
+49 (0)461 805 2562
Eva.Wiechers@uni-flensburg.de

Clara Büttner
Europa-Universität Flensburg
+49 (0)461 805 3008
Clara.Buettner@uni-flensburg.de

Wilko Heitkötter
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
(DLR), Institut für Vernetzte Energiesysteme
+49 (0)441 99906 113
Wilko.Heitkoetter@dlr.de

Amélia Nadal
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
(DLR), Institut für Vernetzte Energiesysteme
+49 (0)441 99906 164
Amelia.Nadal@dlr.de