

Lastmodellierung und -visualisierung mittels Geoinformationssystemen

Martin Robinius ¹, Felix ter Stein^{2*}, Sebastian Schiebahn³, Detlef Stolten ⁴

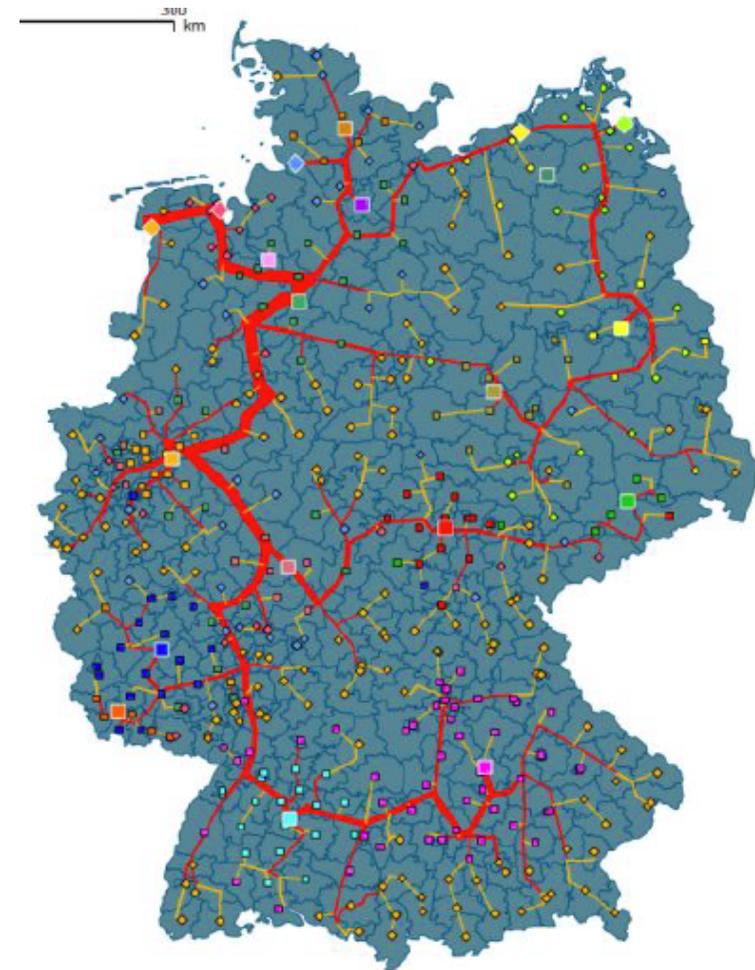
- (1) Forschungszentrum Jülich IEK-3, Wilhelm-Johnen-Straße, 52428 Jülich, +49 2461 61-3077, m.robinius@fz-juelich.de, www.fz-juelich.de/iek/iek-3
- (2) Forschungszentrum Jülich IEK-3, Wilhelm-Johnen-Straße, 52428 Jülich, +49 2461 61-2251, f.ter.stein@fz-juelich.de, www.fz-juelich.de/iek/iek-3
- (3) Forschungszentrum Jülich IEK-3, Wilhelm-Johnen-Straße, 52428 Jülich, +49 2461 61-8731, s.schiebahn@fz-juelich.de, www.fz-juelich.de/iek/iek-3
- (4) Forschungszentrum Jülich IEK-3, Wilhelm-Johnen-Straße, 52428 Jülich, +49 2461 61-3076, d.stolten@fz-juelich.de, www.fz-juelich.de/iek/iek-3

Inhalt

- **Motivation**
- **Lastdaten Differenzierung**
- **Eigene Methodik**
- **Zusammenfassung**

Positionsbestimmung von Elektrolyseuren

- Potentielle Quellen für ein zukünftiges H₂-Pipelinennetzwerk
- Verwendung von Überschussstrom zur Erzeugung von H₂
- Bestimmung der lokalen Last und Erzeugung
- Erzeugung >> Last → Position für Elektrolyseur
- Hier: Betrachtung der Last

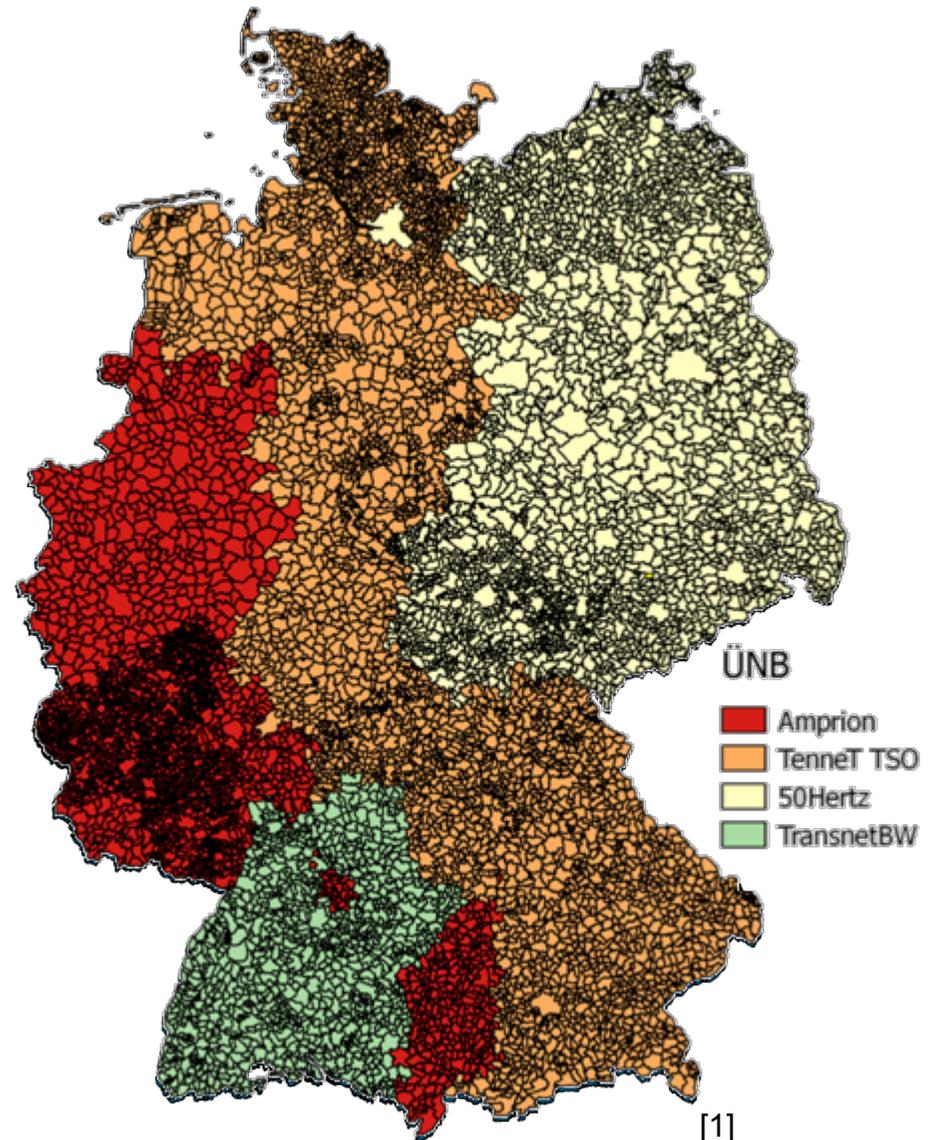


Krieg, D., *Konzept und Kosten eines Pipelinesystems zur Versorgung des deutschen Straßenverkehrs mit Wasserstoff*, Jülich: Forschungszentrum, Zentralbibliothek.

Frei verfügbare Lastdaten

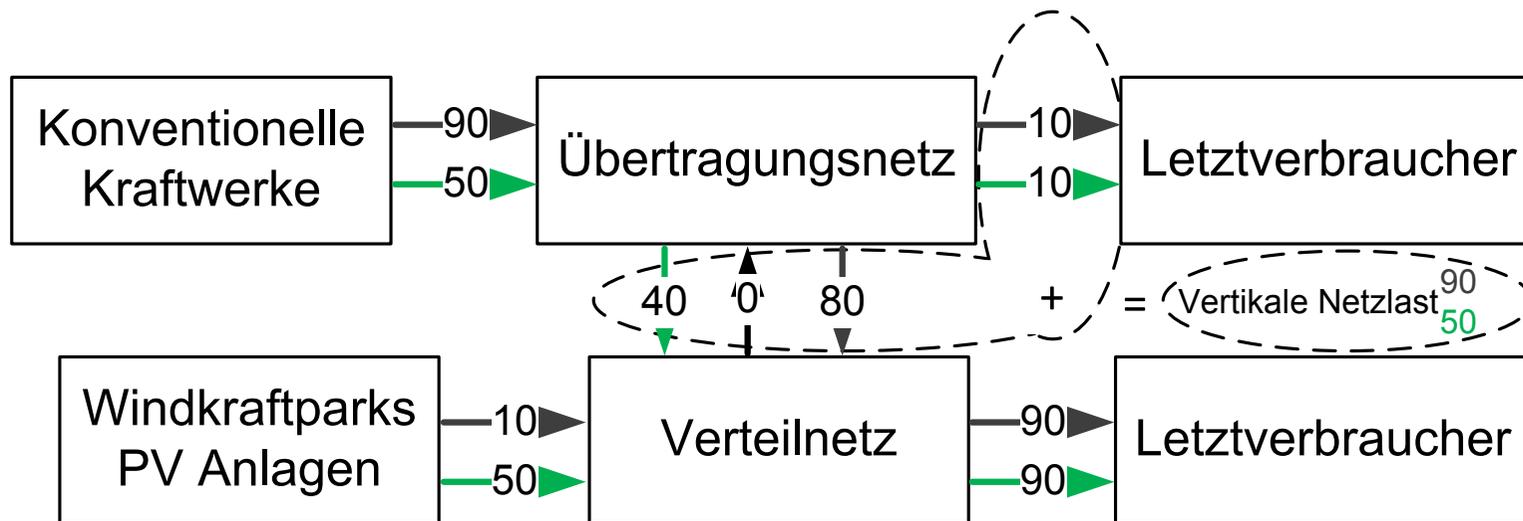
- **ENTSO-E**
 - Stündlich, Deutschland
- **50Hertz:**
 - Viertelstündlich, Regelzone
- **Amprion:**
 - Viertelstündlich, Regelzone
- **Tennet TSO:**
 - Viertelstündlich, Regelzone
- **Transnet BW:**
 - Viertelstündlich, Regelzone

➤ **Problem: Verschiedene Lastzeitreihen**



Vertikale Netzlast (1)

- „vorzeichenrichtige Summe aller Übergaben aus dem Übertragungsnetz über direkt angeschlossene Transformatoren und Leitungen zu Verteilungsnetzen und Endverbrauchern“¹
- Gemessen an Netzknotenpunkten²



- Negative vertikale Netzlasten möglich, z.B. durch Einspeisung von EE

[1] <http://www.amprion.net/vertikale-netzlast>.

[2] Bundesnetzagentur Szenariorahmen 2011- Genehmigung. 2011.

Vertikale Netzlast (2)

Entwicklung der negativen Netzlast

Jahr	Amprion [MWh]	TenneT TSO [MWh]	Transnet BW [MWh]	50Hertz [MWh]	Alle ÜNB [MWh]
2010	-	-	-	-46462,75	-46462,75
2011	-	-873,25	-	-157848,75	-158722,0
2012	-	-37254,0	-4231,5	-287198,4	-328683,9
2013	-	-119295,0	-	-303949,0	-423244,0

➤ **Vertikale Netzlast nicht geeignet zur alleinigen Modellierung der Last**

- **„Die Last zum betrachteten Zeitpunkt umfasst sowohl die Leistung aller an das Versorgungsnetz (Übertragungsnetz und Verteilnetz) angeschlossenen Kunden als auch die in den Versorgungsnetzen entstehenden Verluste. Nicht enthalten sind der elektrische Eigenbedarf konventioneller Kraftwerke sowie die Pumpleistung der Pumpspeicherkraftwerke“¹**
- **Beruhrt auf Statistiken, Prognosen und entsprechenden Modellen**
- **Last wird anhand der Erzeugung berechnet, da Erzeugung und Verbrauch stets ausgeglichen sein müssen¹**

[1] 50Hertz, Amprion, TenneT TSO, TransnetBW. Bericht der deutschen Übertragungsbetreiber zur Leistungsbilanz 2013 nach EnWG § 12 Abs. 4 und 5. 2013.

- **Einspeisungen von EE auf unteren Netzebenen häufig unbekannt**
- **Beim Endverbraucher nur Arbeitsmessung**
- **ÜNB haben jeweils eigene Berechnungsverfahren**
- **Abdeckungsgrad bei 98 %**
- **Regelzonenlast wird an ENTSO-E übermittelt**
- **Verwendung der Daten der Regelzonenlast**

- **Problem: TenneT TSO veröffentlicht keine Regelzonenlast**

[1] 50Hertz, Amprion, TenneT TSO, TransnetBW. Bericht der deutschen Übertragungsbetreiber zur Leistungsbilanz 2013 nach EnWG § 12 Abs. 4 und 5. 2013.

Modell: Datenausgangslage

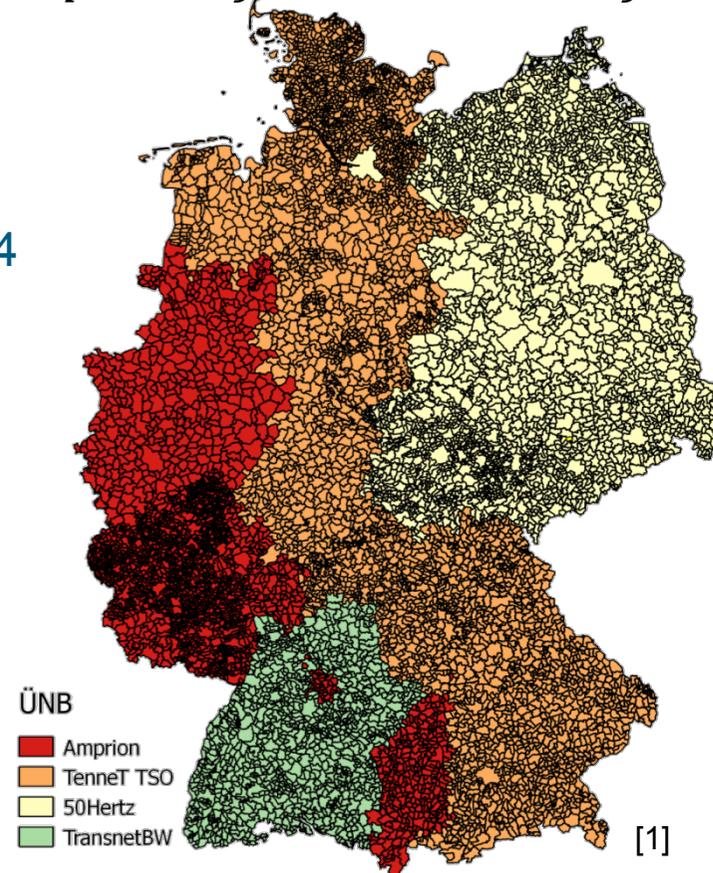
- Regelzonenlast von 50Hertz, Amprion und TransnetBW verfügbar
Berechnung Regelzonenlast TenneT:

$$P \downarrow \text{TenneT TSO}, ij = P \downarrow \text{ENTSO} - E, i - P \downarrow \text{Amprion}, ij - P \downarrow \text{50Hertz}, ij - P \downarrow \text{TransnetBW}, ij \quad \forall j$$

Stunde im Jahr: $i=1,2,3,4,\dots,8760$

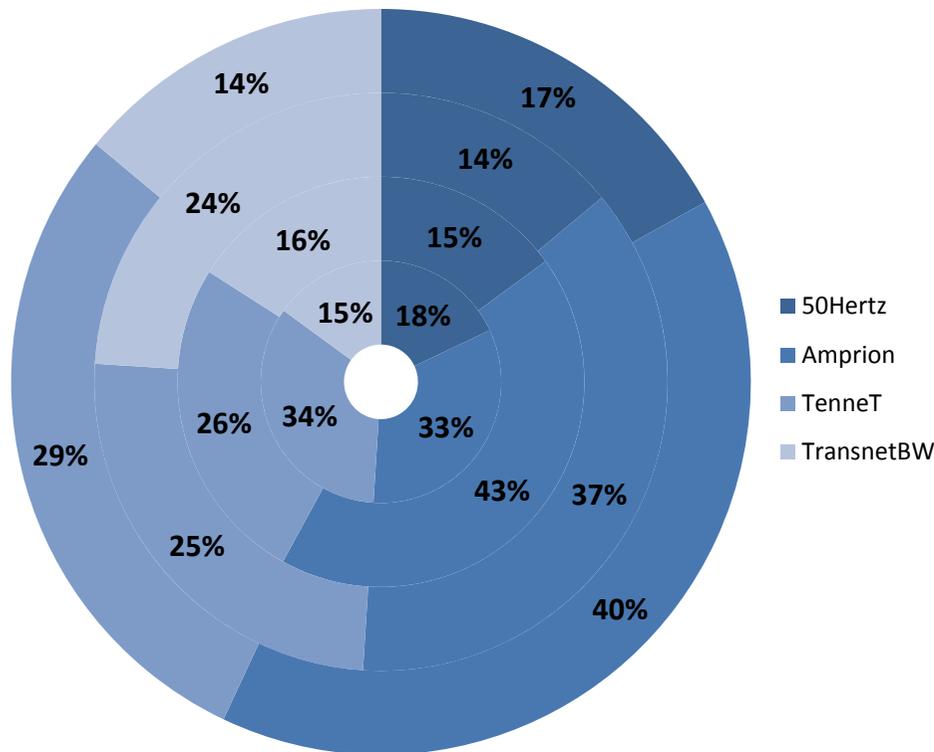
Viertelstunde der jeweiligen Stunde $j=1,2,3,4$

- Aufteilung der Regelzonenlast auf Gemeinden über Kennzahlen

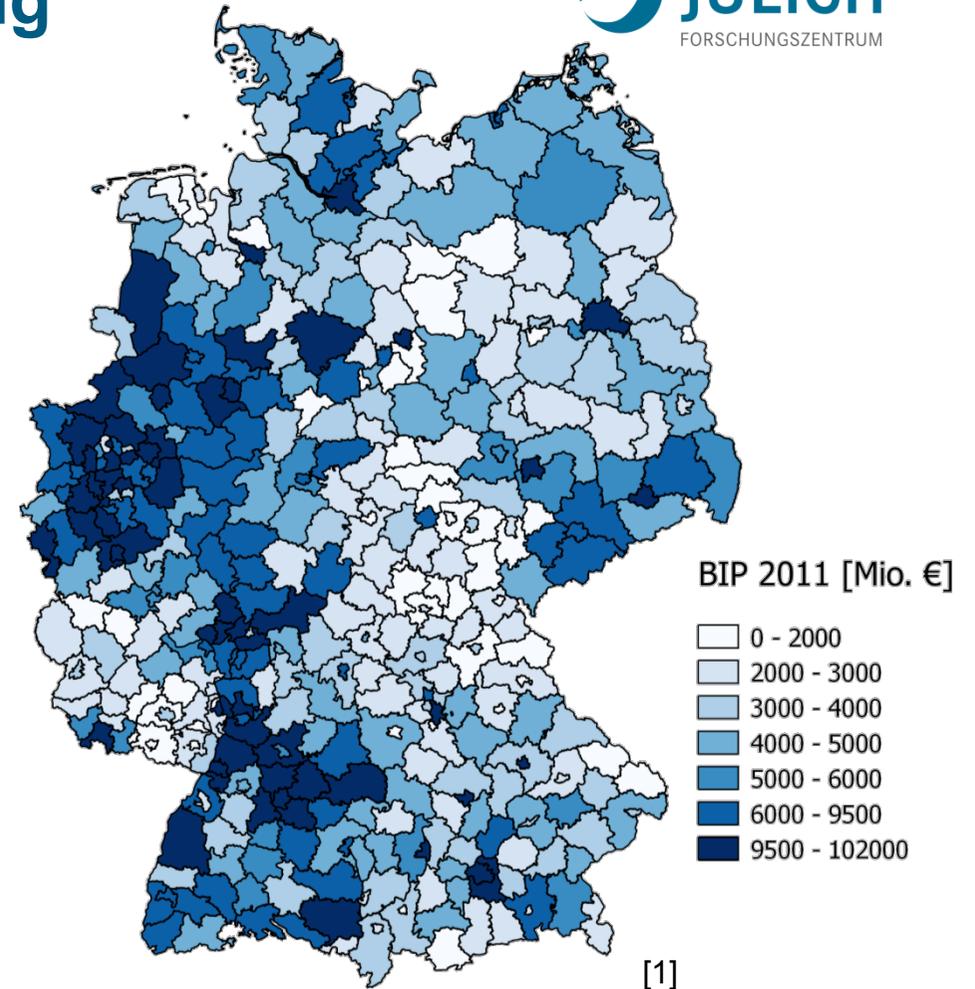


Modell: Kennzahlenbestimmung

- Eindeutige Zuordnung der ÜNB zu den Landkreisen nicht möglich
- Gemeindeebene



Von innen nach außen: BIP (2011), vertikale Netzlast (2011), Netzeinspeisung (2011), Regelzonenlast (2013), (Mittelwerte)



- BIP auf Landkreisebene
- Aufteilung auf die Gemeinden im Landkreis

[1] Kartendaten: GeoBasis-DE / BKG 2013 (Daten verändert) .

Modell: BIP Verteilung auf Gemeinden

- Bildung des BIPs pro im Kopf im Landkreis

$$BIP\downarrow proKopf;LK = BIP\downarrow LK / EW\downarrow LK$$

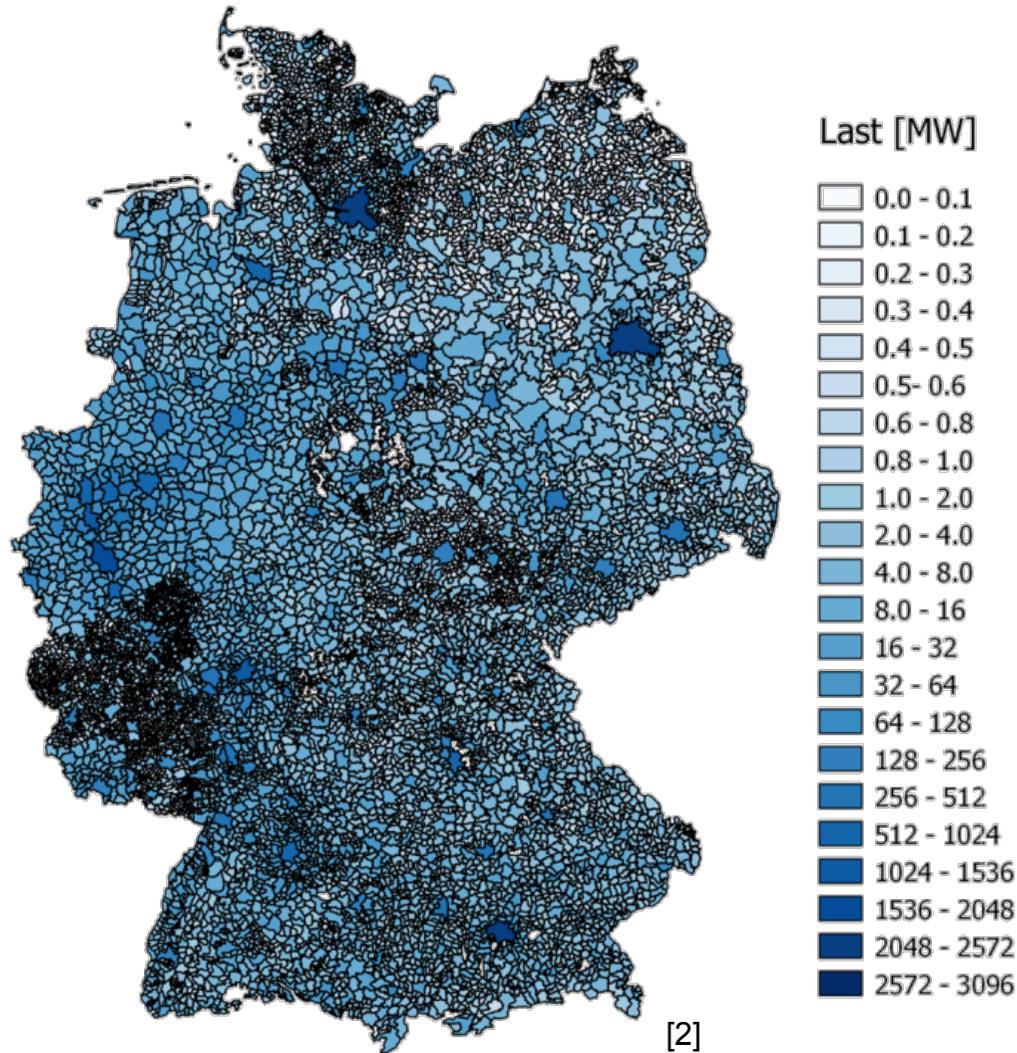
- Verteilung des BIPs auf Gemeinden über Einwohnerzahl der Gemeinden

$$BIP\downarrow Gem = BIP\downarrow proKopf;LK * EW\downarrow Gem;LK$$

- Lastfaktor Berechnung über den Anteil des BIPs

$$LF\downarrow Gemeinde = BIP\downarrow Gem / \sum \uparrow BIP\downarrow Gem;ÜNB$$

Regelzonenlast Visualisierung



Regelzonenlast vom 28.10.2013 13:00
(Jahreshöchstlast über gesamt D.: 70797 MW¹)

Regelzonenlast vom 02.06.2013 07:00
(geringste Last über gesamt D.: 29550 MW¹)

[1] ENTSO-E. *Load Data*. 2013; Available from: <https://www.entsoe.eu/data/data-portal/consumption/>.

[2] Kartendaten: GeoBasis-DE / BKG 2013 (Daten verändert) .

Zusammenfassung

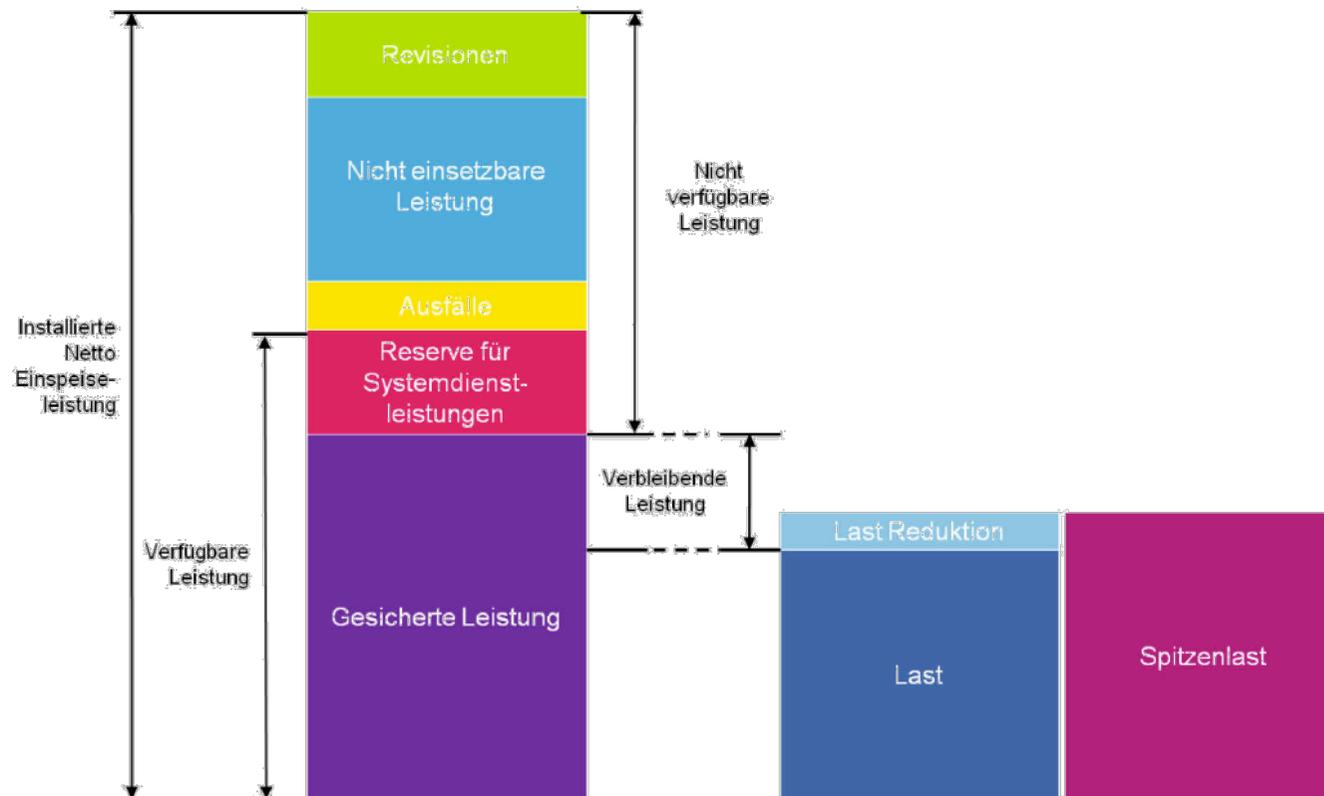
- **Lastdaten von ENTSO-E haben niedrigeren Detaillierungsgrad gegenüber ÜNB (sowohl zeitlich als auch örtlich)**
- **Vertikale Netzlast wird als einzige Last gemessen, ist alleine aber ungeeignet für die Modellierung der Last**
- **Regelzonenlast wird berechnet, Annahme:
Erzeugung=Verbrauch**
- **Lastmodellierung mittels Top-Down-Verfahren,
Aufteilung bis auf Gemeindeebene über BIP und Einwohner**
- **Dem Top-Down-Verfahren aus den Lastdaten der ÜNB und ENTSO-E geht ein Bottom-Up-Verfahren voraus**

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit**

BACKUP

Prinzip der Leistungsbilanz

- Reserven der Erzeugung gering
- Zu deckende Last am höchsten
- Voraussichtlich kritischste Situation



50Hertz, Amprion, TenneT TSO, TransnetBW.

Bericht der deutschen Übertragungsbetreiber zur Leistungsbilanz 2013 nach EnWG § 12 Abs. 4 und 5. 2013.