

# Der Strom kommt aus der Steckdose Oder?

Eine kleine Reise durch die deutsche  
Elektrizitätslandschaft

# Was erwartet euch?

- Rechtsrahmen
- Netzinfrastruktur
- Netzausbau und Energiewende

# Was leider nicht vorkommt

- ~~Maßnahmen zur Weltrettung~~
- ~~(IT) Sicherheit~~
- ~~Drehstrom, Blindleistung, usw.~~
- ~~Hübsche Folien~~

# Akteure

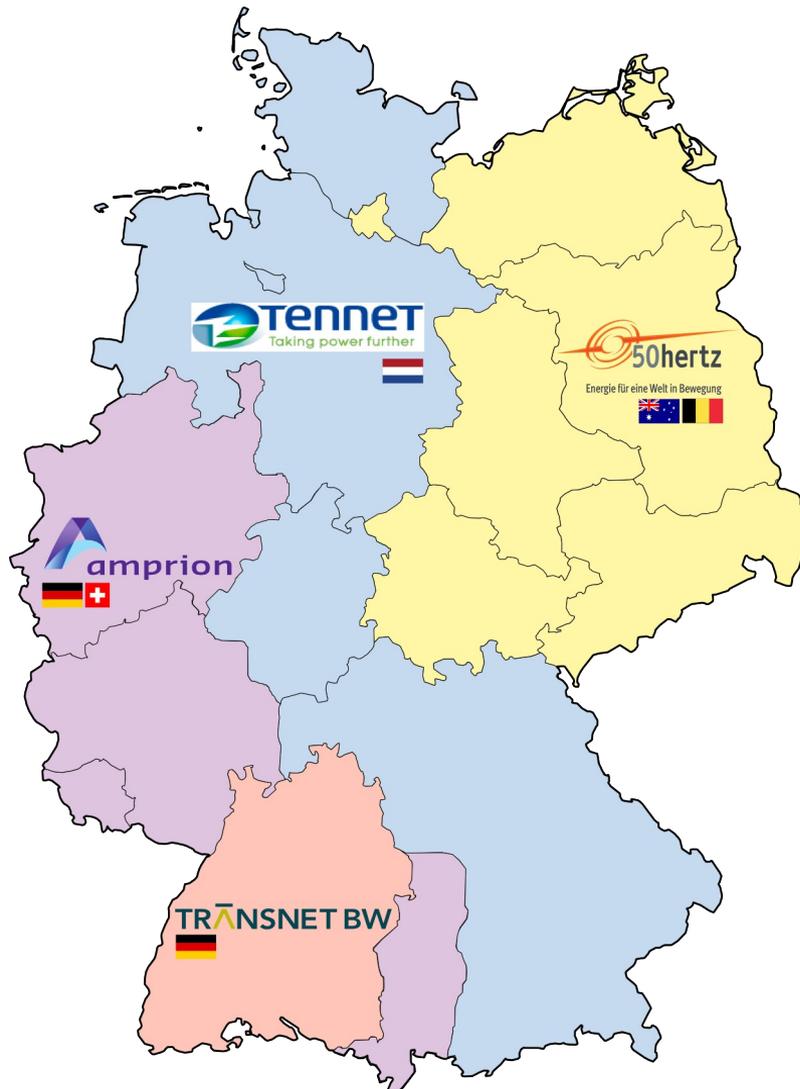
- Bundesnetzagentur
- Kraftwerke
- Netze
- Energiehandel

# Regulatorisches

- “natürliches Monopol”
- Früher: Eine Firma für alles
- 1998: Liberalisierung des Elektrizitätsmarktes durch EU, “Unbundling”
  - Aufteilung in Stromproduzent, Netzbetreiber, Stromhändler
  - Kraftwerksbetreiber darf keine Netze betreiben, Netzbetreiber keinen Strom verkaufen

# Übertragungsnetz

- Höchstspannung
- ca. 36000km Stromkreislänge (2017)
- Teil des europäischen Verbundnetzes
- Aufgeteilt in vier Regelzonen
  - 50Hertz Transmission
  - Amprion
  - TenneT TSO
  - TransnetBW



Quelle: Wikipedia

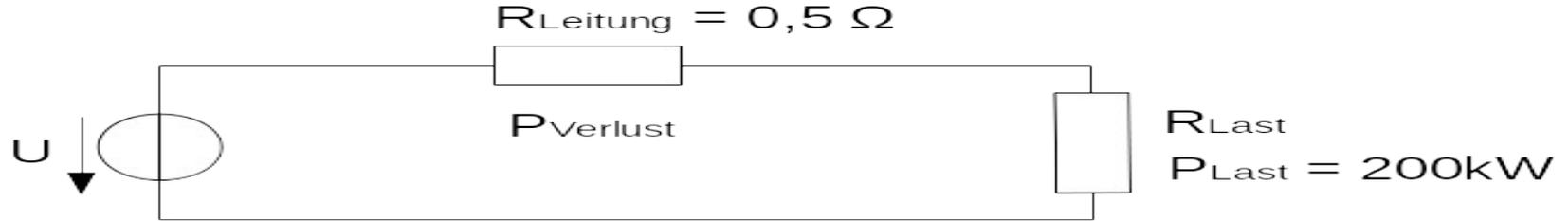
# Verteilnetz

- Hochspannung, Mittelspannung, Niederspannung
- ca. 600 Netzbetreiber
  - Stadtwerke, kommunale Betreiber, private

# Warum eine hohe Spannung?

- Verringerung der Leitungsverluste
- $U = R * I$
- $P = U * I \rightarrow I_L = \frac{P_{Last}}{U}$  ,  $P_V = I^2 * R_{Leitung}$
- $P_{Last}$  und  $R_{Leitung}$  ist vorgegeben  $\rightarrow I$  muss kleiner werden!
- Höhere Spannung, kleinerer Strom (bei gleichbleibender übertragenen Leistung)

# Elektrisches Ersatzschaltbild



# Rechenbeispiel

- $P_{\text{Last}} = 200\text{kW}$
- $R_{\text{Leitung}} = 0,5 \text{ Ohm}$  (2km 120mm<sup>2</sup> Alu)
- 1. 400V:  $I = 500\text{A} \rightarrow (500 \text{ A})^2 \cdot 0,5 \Omega = 125 \text{ kW}$
- 2. 10kV:  $I = 20\text{A} \rightarrow (20 \text{ A})^2 \cdot 0,5 \Omega = 200 \text{ W}$

# Warum Wechselspannung?

- Zum Transport hohe Spannung, Verbraucher benötigen niedrigere Spannung
- Gleichspannung lässt sich nicht (einfach) transformieren
  - Transformator braucht wechselnde Größen (Transformatorprinzip)

# Spannungsebenen

- Höchstspannung: 220kV, 380kV
- Hochspannung: 110kV
- Mittelspannung: 30kV, 20kV, 10kV, 6kV
- Niederspannung: 400V/230V

# Welche Spannungsebenen habe ich vor mir?

- Höchst-/Hochspannung:
  - Isolatorkette
  - Bündelleiter
  - Signierung
- Mittelspannung: es ist kompliziert...
- Niederspannung
  - praktisch nur noch auf dem Land zu sehen
  - Häuser mit Dachständern
  - “blanke Freileitung” oder “isolierte Freileitung”

380kV





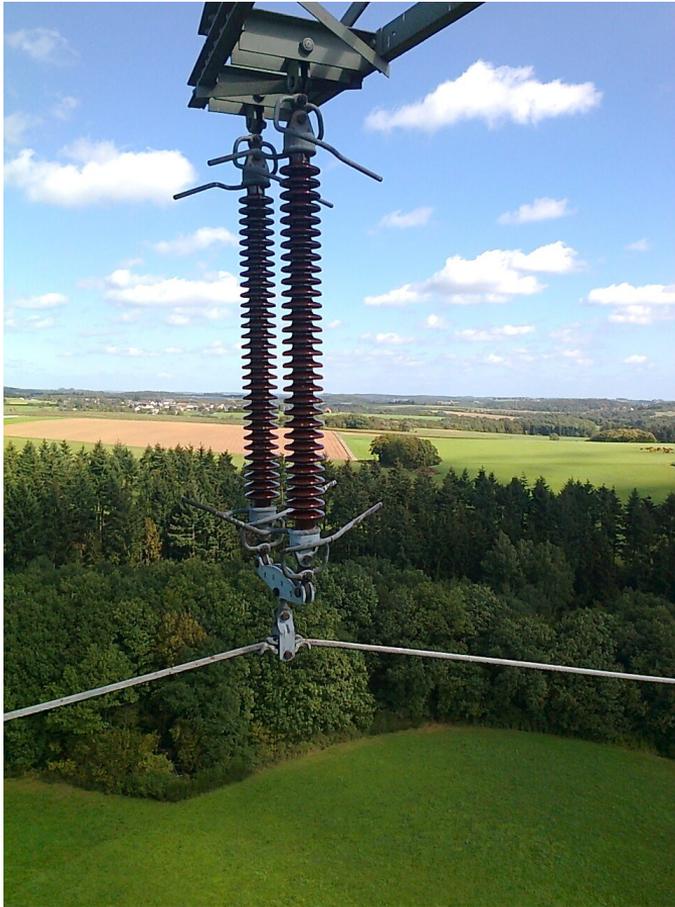
220kV



# 220kV



# 110kV



# Mittelspannung (20kV)



# Niederspannung



# Bahnstrom (110kV)



# Signierung



# Freileitung oder Kabel?

## Freileitung

Vorteile	Nachteile
Bewährte Technik	Vögel
Überlastbarkeit	Landschaft
Wartbarkeit	Wetter
günstig	

## Kabel

Vorteile	Nachteile
Nicht sichtbar	Bodenaustrocknung
Wetterunabhängig	Aufwendige Wartung
	Großer Schutzstreifen
	Keine AWE/KU möglich

# Netzausbau

- Netzentwicklungsplan (NEP)
- Energieleitungsausbaugesetz (EnLAG)
- Netzausbaubeschleunigungsgesetz (NABEG)
- Alles Übertragungsnetz
- Verteilnetz wird nachrangig behandelt
- Energiewende findet im Verteilnetz statt

# HGÜ

- Warum jetzt auf einmal Gleichstrom?
  - Gleichstrom lässt sich gut über weite Strecken transportieren
- Derzeit immer Punkt-zu-Punkt, keine zus. Abgänge
- Aktuelle Projekte
  - Ultranet, A-Nord
  - SuedLink
  - SuedOstLink
  - ALEGrO

# Ultramet

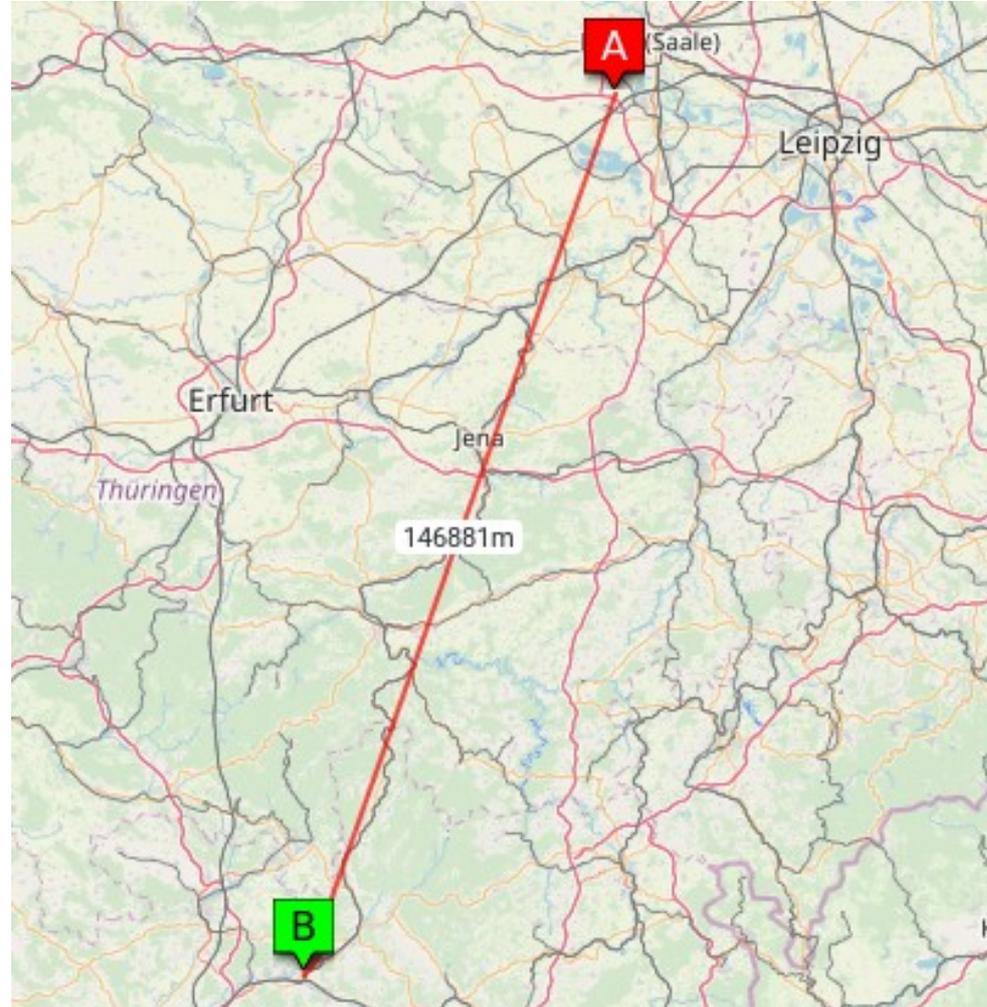


Quelle:  
flopp.net mit  
OSM-Material

# Ultrahochspannung

- HGÜ-Verbindung zwischen Osterath und Philippsburg
- Weitgehend auf bestehenden Masten
- Warum?
  - Kernkraftwerke im Süden werden abgeschaltet
- Kritik: Braunkohlestrom aus dem Rheinland nach BaWü

# Südwest-Kuppelleitung (Thüringer Strombrücke)



Quelle:  
flopp.net mit  
OSM-Material

# Thüringer Strombrücke

- Bad Lauchstädt (Sachsen-Anhalt) – Redwitz (Bayern)
- 189km, 380kV, 5GW
- Vollständige Inbetriebnahme 2017
- “50Hertz halbiert Redispatch-Kosten”

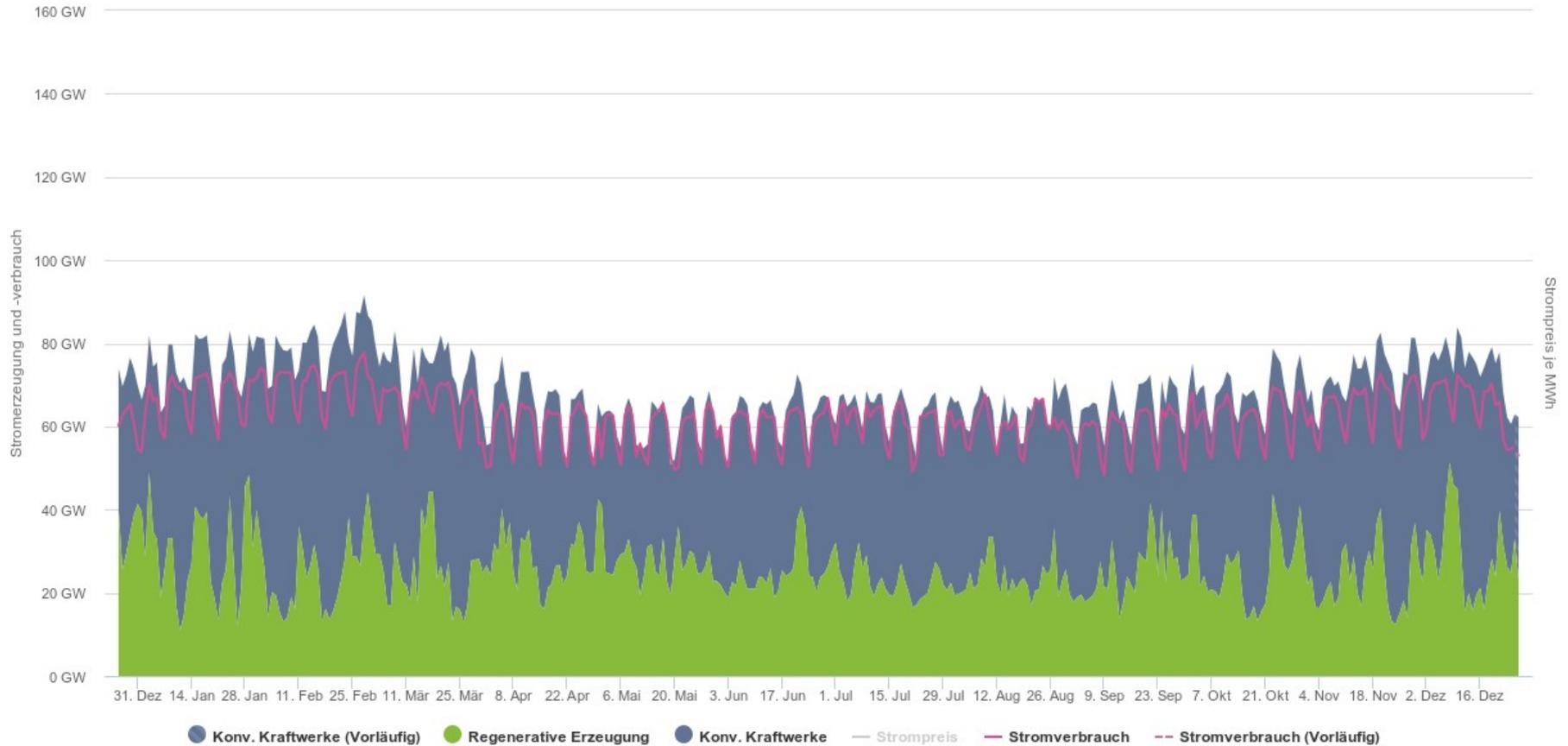
# Erzeugungskapazitäten in DE 2018

- Braunkohle: 21,2 GW
- Steinkohle: 24,18 GW
- Kernenergie: 9,52 GW
- Gas: 29,63 GW
- Wind onshore: 52,73 GW
- Wind offshore: 5,86 GW
- Wasserkraft: 5,50 GW
- Solar: 45,33 GW
- Biomasse: 7,72 GW
- Summe: 201,67 GW

# Strommix in Deutschland 2018

- Braunkohle: 24%
- Steinkohle: 14%
- Kernenergie: 13,2%
- Gas: 7%
- Wind: 20%
- Wasserkraft: 3%
- Solar: 9%
- Biomasse: 8%

# Stromexport

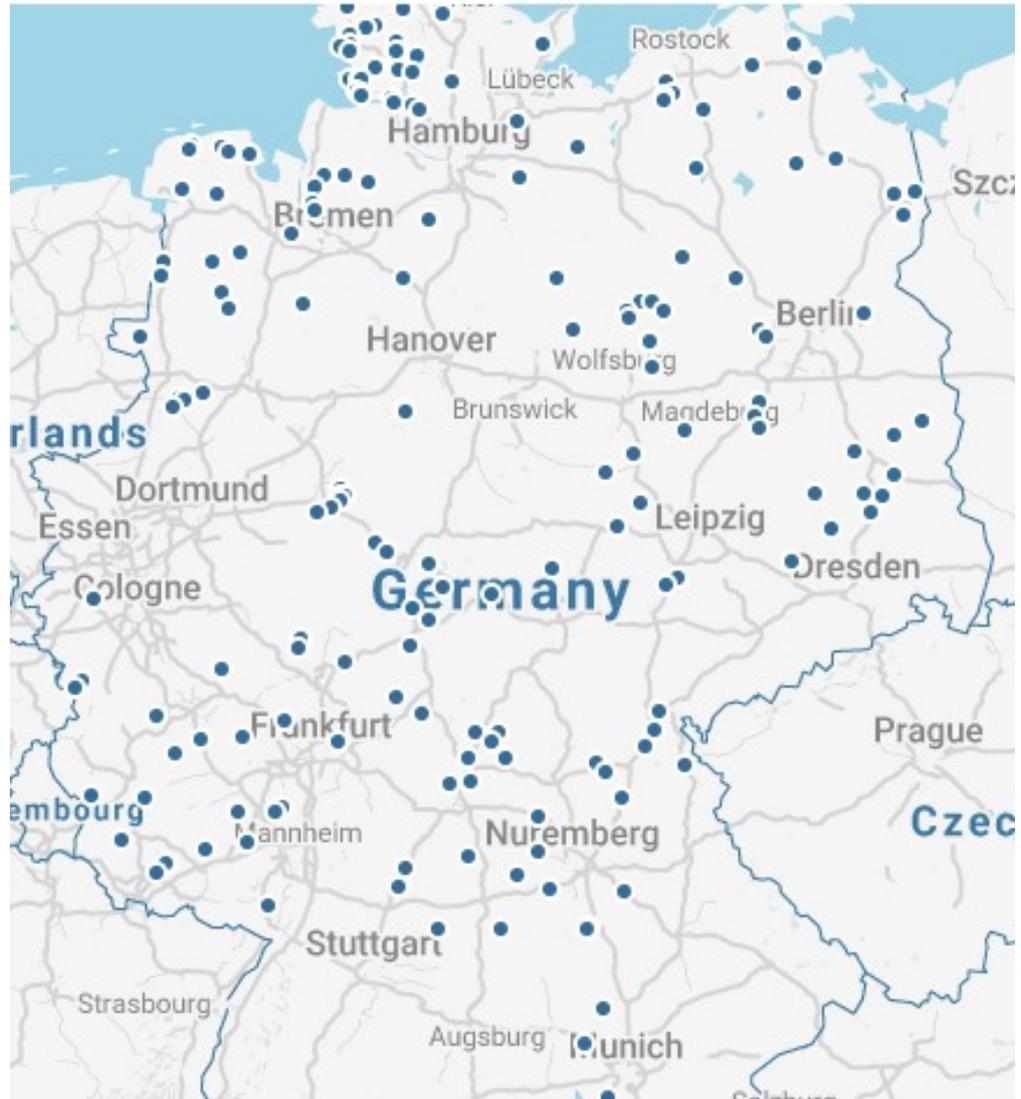


# Wie dezentral ist die Energiewende?

- Was bedeutet “dezentral”?
  - Duden: “Auf verschiedene Stellen oder Orte verteilt, nicht von einer Stelle ausgehend”
- Trifft das auf die Energiewende zu?



Quelle: smard.de  
(BNetzA)



Quelle: smard.de  
(BNetzA)

# Fragen?

XMPP/Jabber: [bodems@noot.cafe](mailto:bodems@noot.cafe)

Mastodon: [bodems@chaos.social](https://chaos.social/@bodems)

Web: <https://bodems.net>

# Quellen

- Bundesnetzagentur: <https://www.smard.de>
- Fraunhofer ISE: <https://www.energy-charts.de>
- Agora Energiewende:  
[https://www.agora-energiewende.de/service/agorameter/chart/power\\_generation\\_price/26.12.2017/26.12.2018/](https://www.agora-energiewende.de/service/agorameter/chart/power_generation_price/26.12.2017/26.12.2018/)
- <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Deutschland-exportiert-weniger-Strom-Ueberschuss-aber-weiter-hoch-4258991.html>
- [https://www.wz.de/nrw/rhein-kreis-neuss/meerbusch/doppelkonverter-zwei-experten-der-bundesnetzagentur-folgen-einladung-der-initiative\\_aid-29641519](https://www.wz.de/nrw/rhein-kreis-neuss/meerbusch/doppelkonverter-zwei-experten-der-bundesnetzagentur-folgen-einladung-der-initiative_aid-29641519)
- <https://www.iwr.de/news.php?id=33318>
- Bilder wenn nicht anders gekennzeichnet: eigene