

# Vom Konzept zur Praxis: Engpässe vermeiden durch dynamische Netzentgelte – Perspektiven aus dem Projekt CACTUS

---

Linda Roth

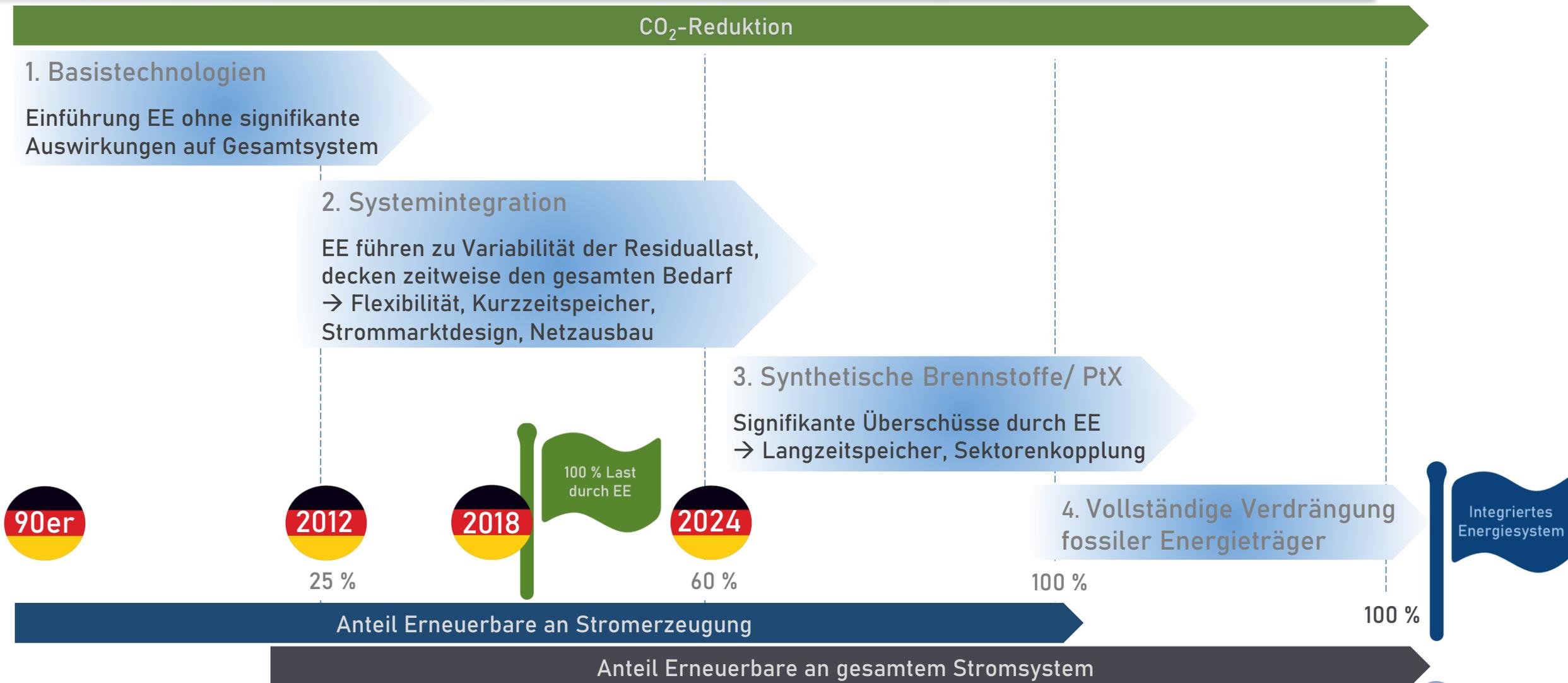
Smart Grids-Gespräche

Stuttgart, 15. Mai 2025

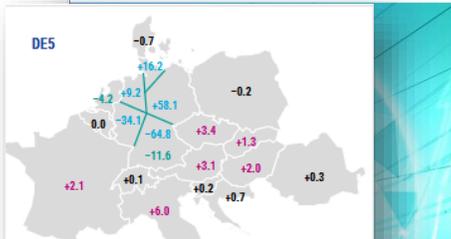


# Intro

## Phasen der Energiewende



# Systemfragen aus Phase 2 in der aktuellen Diskussion



Gebotszonenteilung



Netzentgeltsystematik



959 Planungssicherheit zu schaffen, ist unser Ziel, die Netzentgelte dauerhaft zu deckeln. Wir werden die

997 Möglichkeit der physikalischen Direktversorgung der Industrie weiten wir räumlich aus. Wir halten an

998 einer einheitlichen Stromgebotszone fest.



Netzausbaubedarf bis 2045:  
731 Mrd. €

Netzentgelte für Haushalte  
in 2045:  
+ 18 ct/kWh (Basis-Szenario)



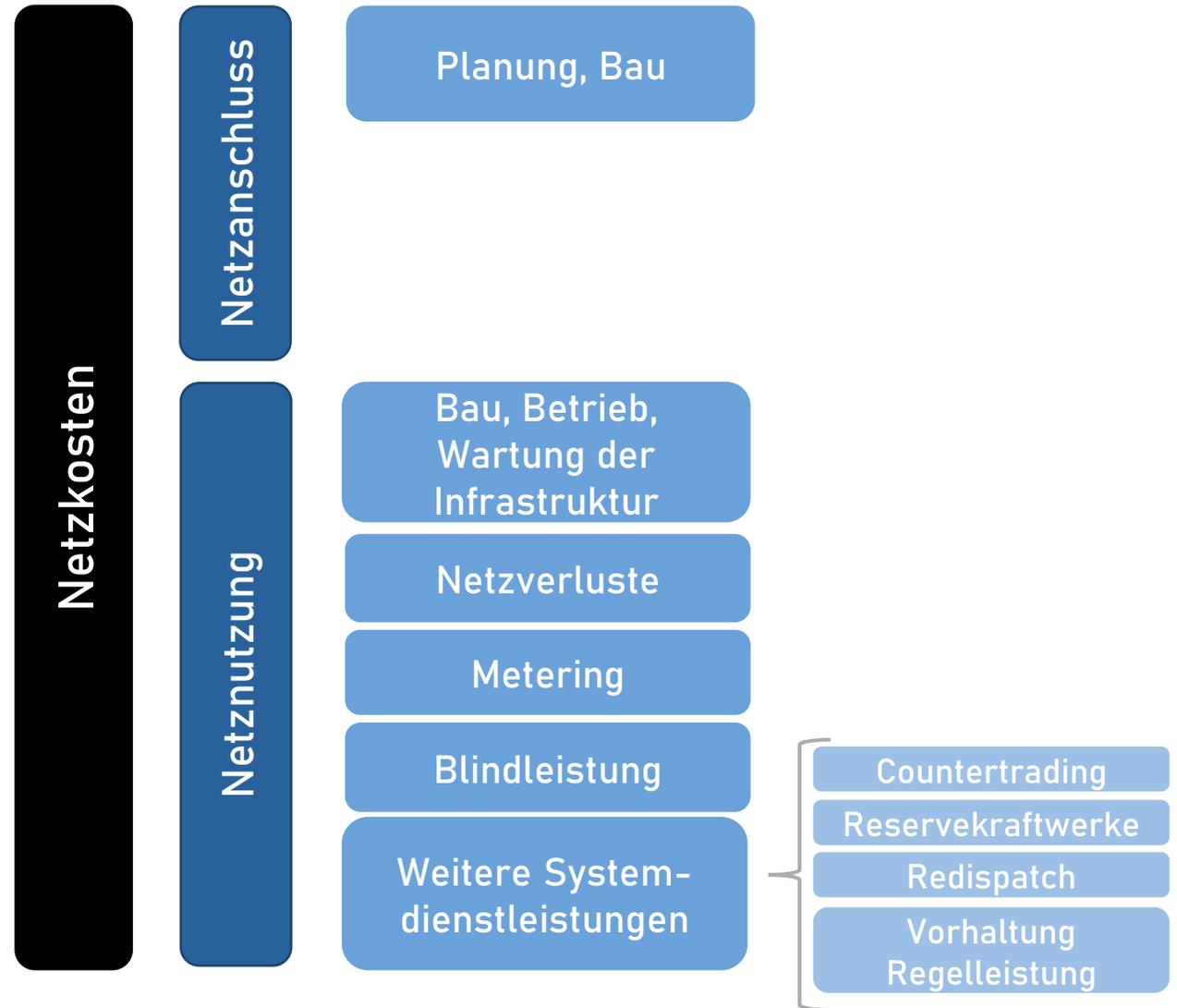


# VOM KONZEPT...

# Netzentgelte Basics

## Ziele der Netzentgeltregulierung

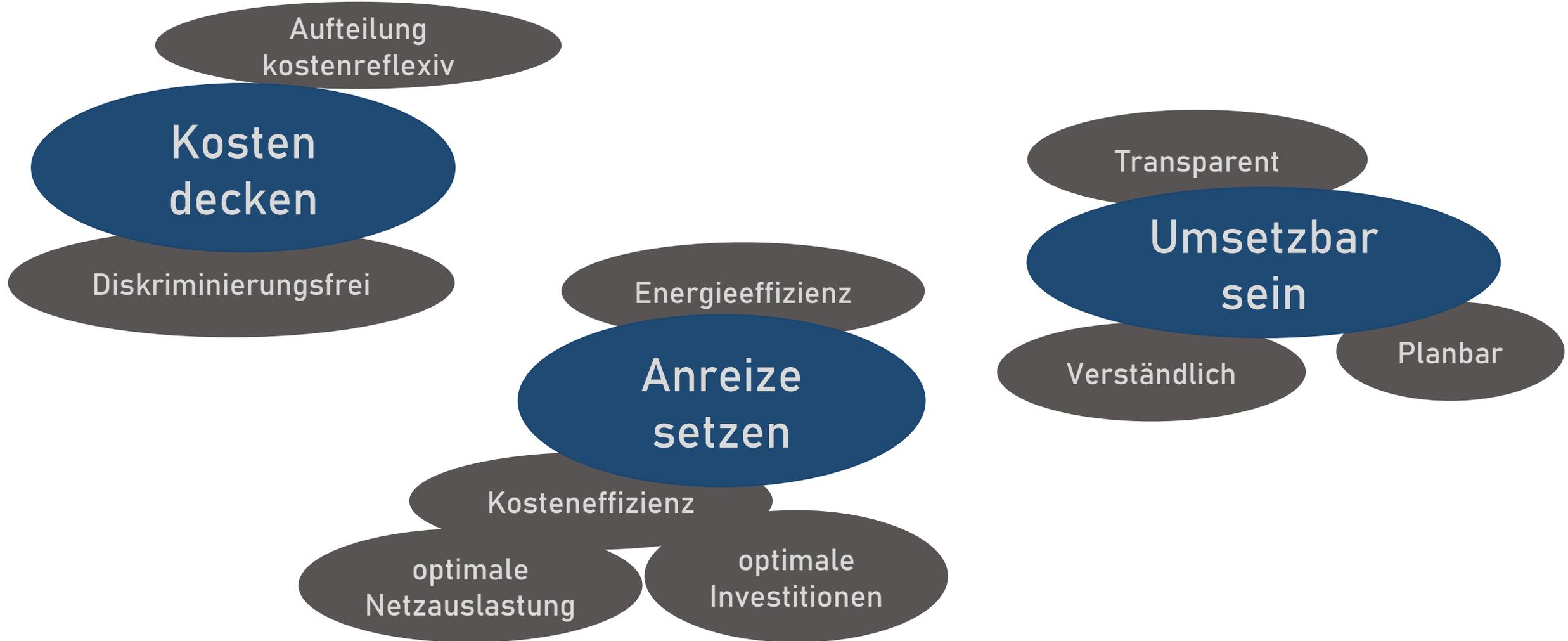
Kosten decken



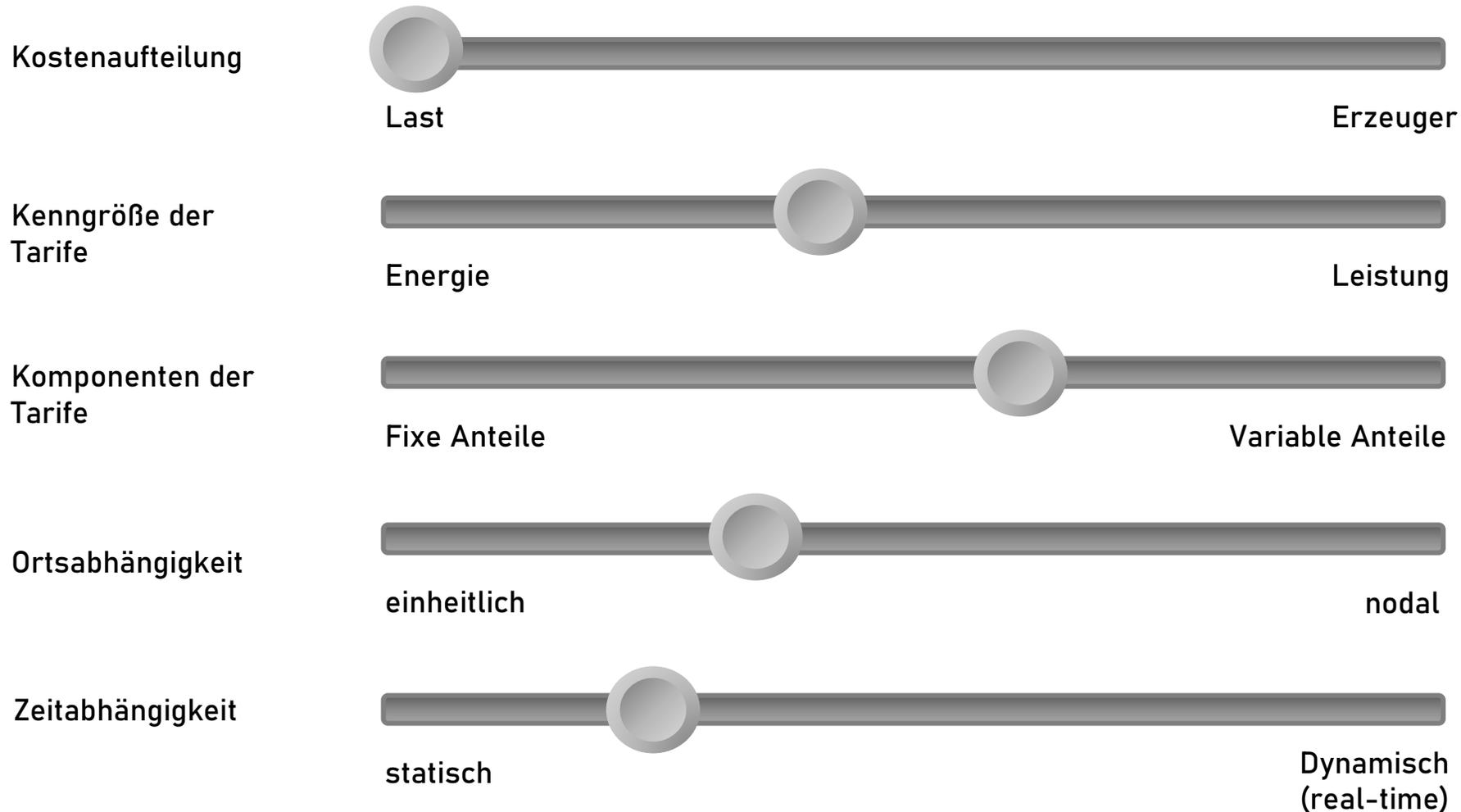
# Netzentgelte Basics

## Ziele der Netzentgeltregulierung

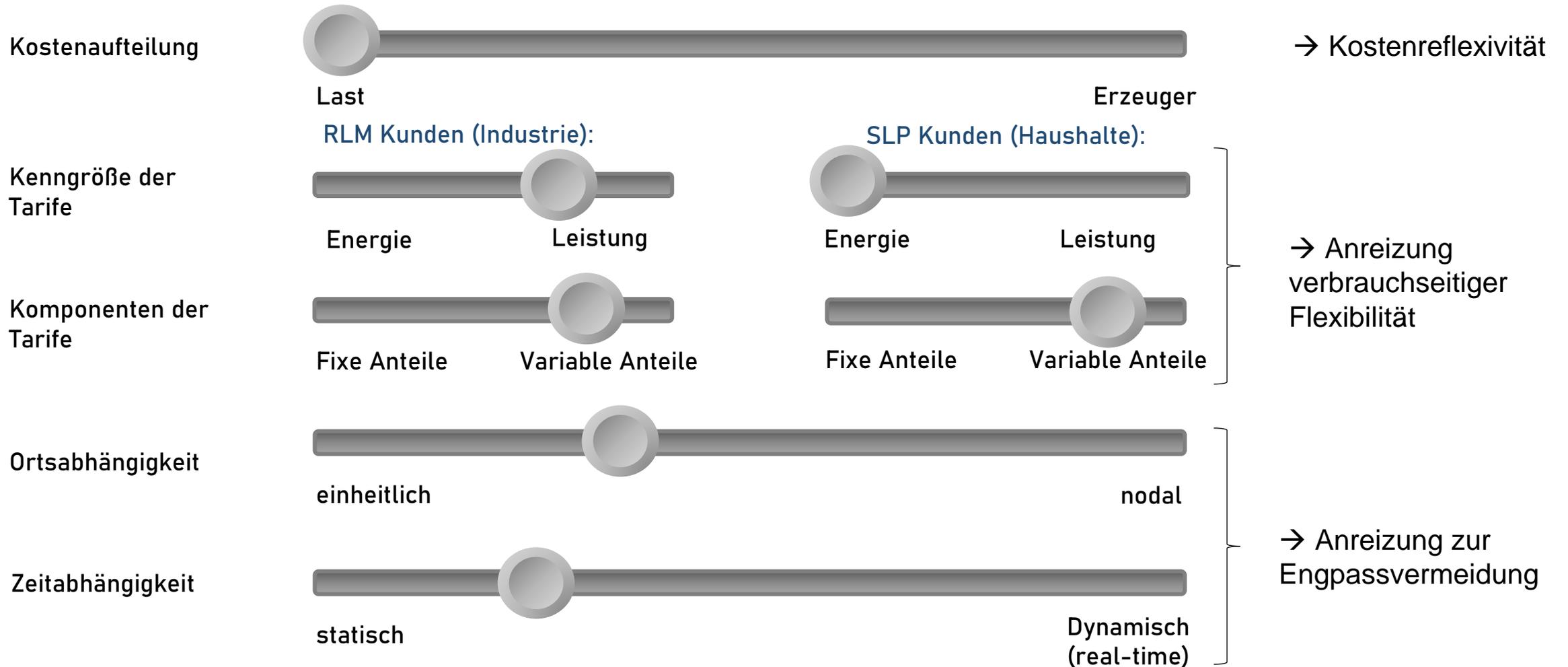
---



# Netzentgelte als Anreizsignal „Regler“ der Netzentgeltsystematik

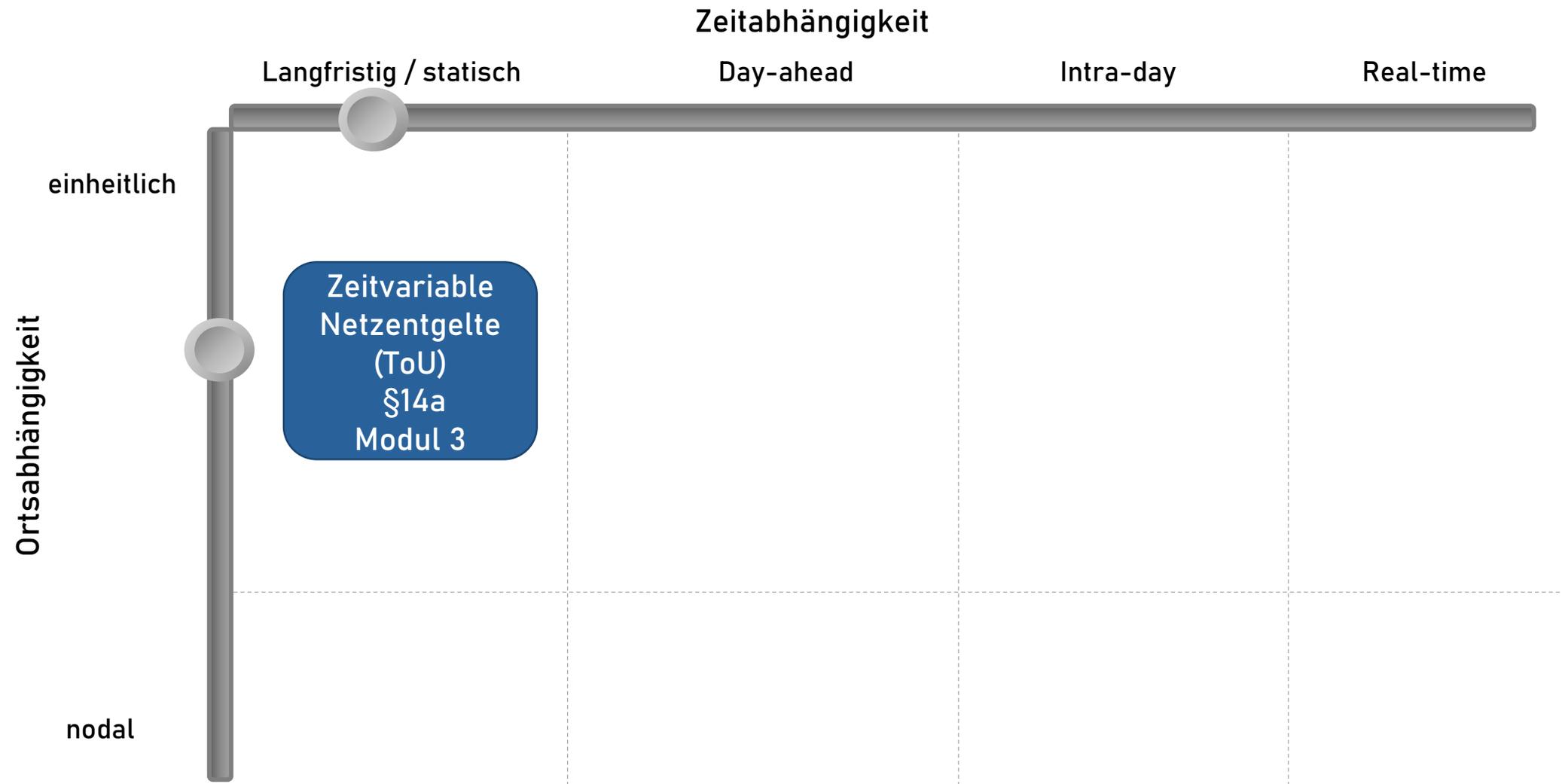


# Netzentgelte als Anreizsignal „Regler“ der Netzentgeltsystematik



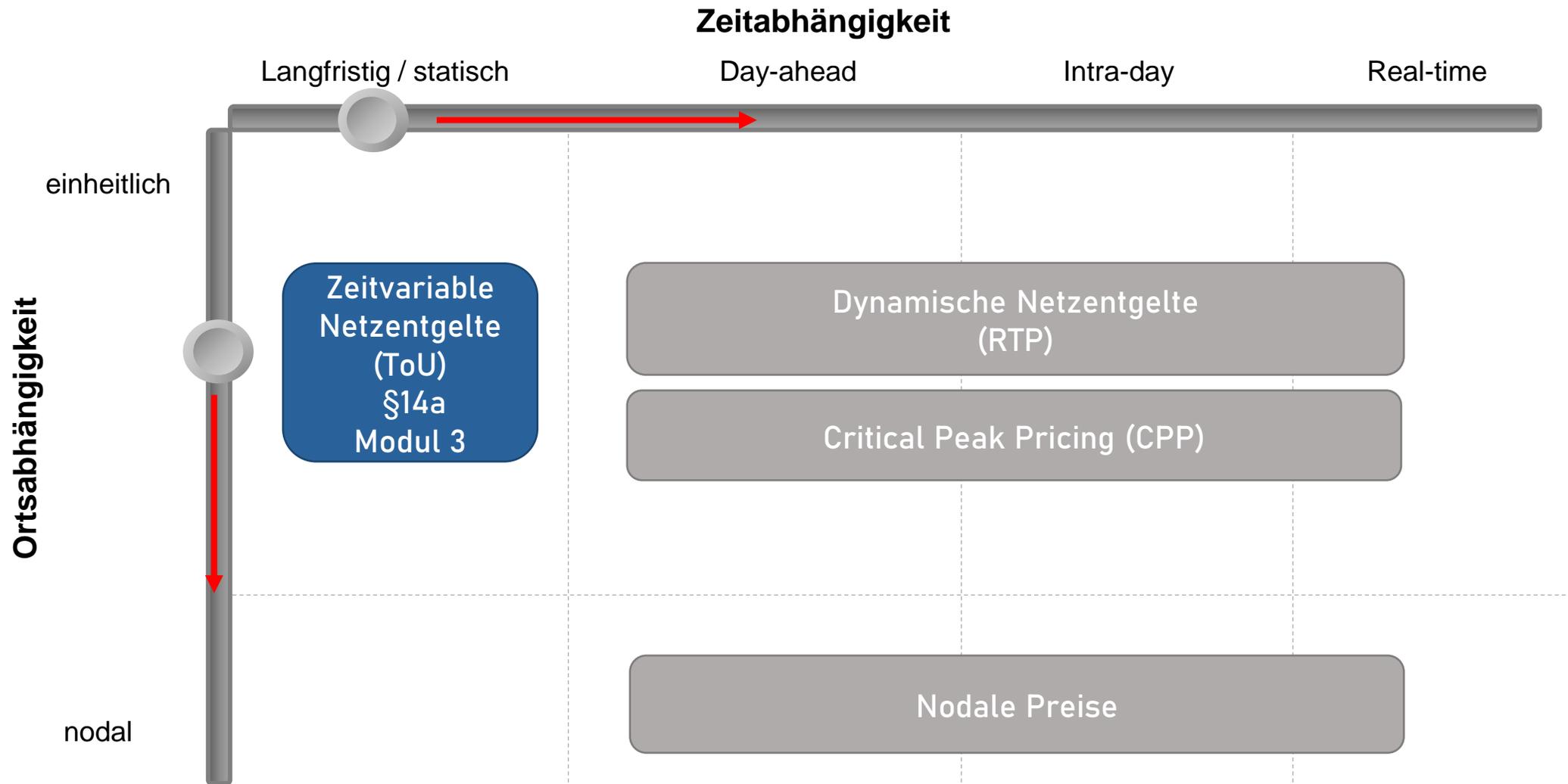
# Netzentgelte als Anreizsignal

## Orts- und Zeitabhängige Netzentgelte zur Engpassvermeidung



# Netzentgelte als Anreizsignal

## Orts- und Zeitabhängige Netzentgelte zur Engpassvermeidung



# Blick ins Ausland

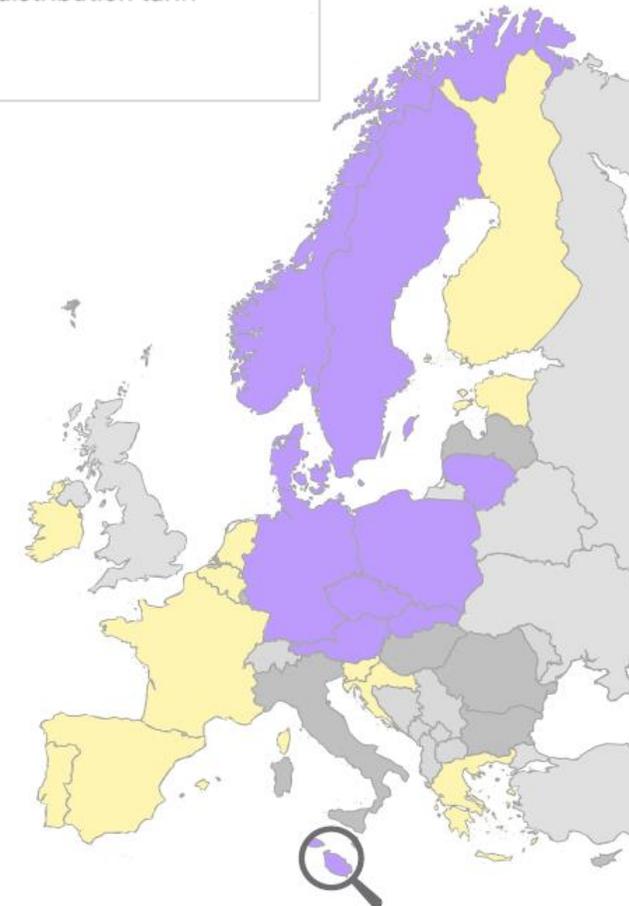
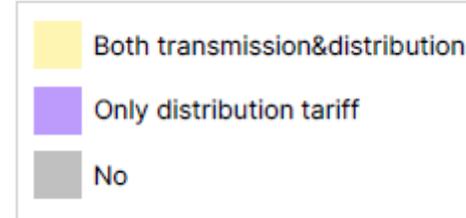
## Verbreitung zeit- und ortsvariabler Netzentgelte in der EU

### Zeitvariabler Netzentgelte:

- statisch
  - 21 Länder im Verteilnetz
  - 11 Länder zusätzlich im Übertragungsnetz
- dynamisch
  - 4 Länder

### Ortsabhängige Netzentgelte:

- ToU (Time of Use)
  - 3 Länder (FR, PT, ES)
- Ortsfaktor
  - 2 Länder (DK, IE)



|              | AT                  | BE | BG | HR | CY | CZ | DK | EE | FI | FR | DE | GR | HU | IS | IE | IT | LV | LT | LU | MT  | NL | NO | PL | PT | RO | SK | SI | ES | SE |
|--------------|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Transmission | Daily peak/off-peak |    | •  |    | •  |    |    | •  | •  | •  |    | •  |    |    | •  |    |    |    |    | N/A | •  |    |    | •  |    | •  | •  |    |    |
|              | Weekdays/weekend    |    | •  |    |    |    |    | •  | •  | •  |    | •  |    |    |    |    |    |    |    | N/A | •  |    |    | •  |    | •  | •  |    |    |
|              | Seasonal            |    | •  |    | •  |    |    | •  | •  | •  |    | •  |    |    |    |    |    |    |    | N/A | •  |    |    | •  |    | •  | •  |    |    |
| Distribution | Daily peak/off-peak | •  | •  |    |    | •  | •  |    | •  | •  | •  |    |    |    | •  |    |    |    |    | •   | •  |    |    | •  |    | •  | •  | •  | •  |
|              | Weekdays/weekend    |    | •  |    |    |    | •  |    | •  | •  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | •   | •  |    |    | •  |    | •  | •  | •  | •  |
|              | Seasonal            | •  |    |    | •  |    |    | •  |    | •  | •  |    |    |    |    |    |    |    |    |     | •  | •  |    |    | •  |    | •  | •  | •  |

# Blick ins Ausland

## Nodale Preise in Texas

### Erneuerbare Energieerzeugung in Texas:

- Nr.1 installierte Windleistung in USA (37 GW in 2024)
- Nr. 1 erneuerbar produzierte Energiemengen in USA (EE Anteil: 24% Wind, 10% PV in 2024)

### Nodale Preise:

- Berechnet alle 5 min an rund 4 000 Knoten
- durch ISO (Independent System Operator)
- Preis Spitzen im Sommer 2012 und 2018 in der West Zone durch viel Fracking → Netzausbau
- Nodale Preise 2 % niedriger als durchschnittliche zonale Preise

Zonal pricing (2001-2010)

**Marginale Energiekosten**

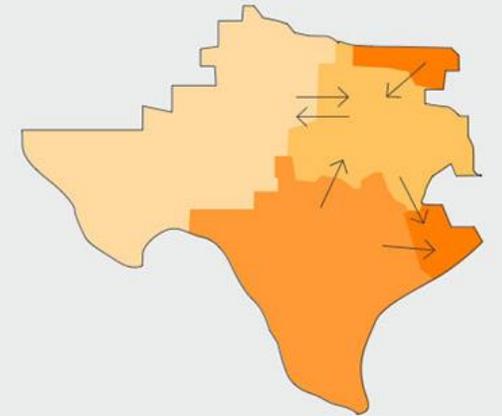
= market clearing price

→ Physik nicht berücksichtigt

+

Umgelegte ex-post  
Redispatch Kosten

→ Physik berücksichtigt



Nodal pricing (seit 2010)

**Marginale Energiekosten**

+

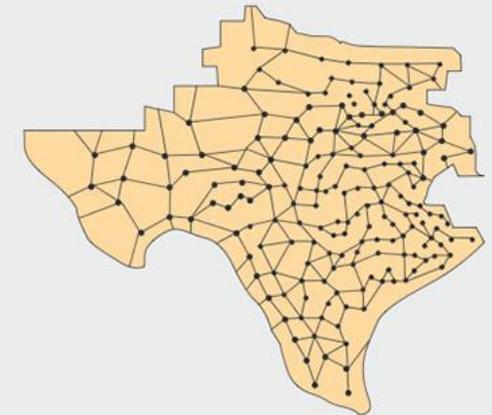
Energieverluste

+

Engpasskosten

= LMP (locational marginal price)

→ Physik berücksichtigt

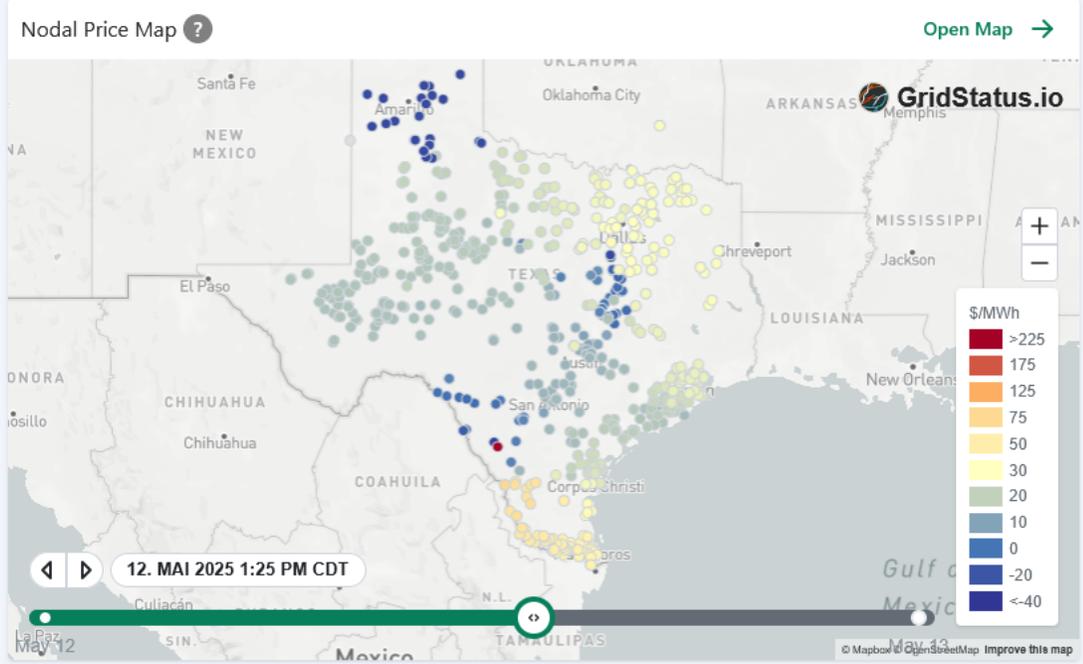
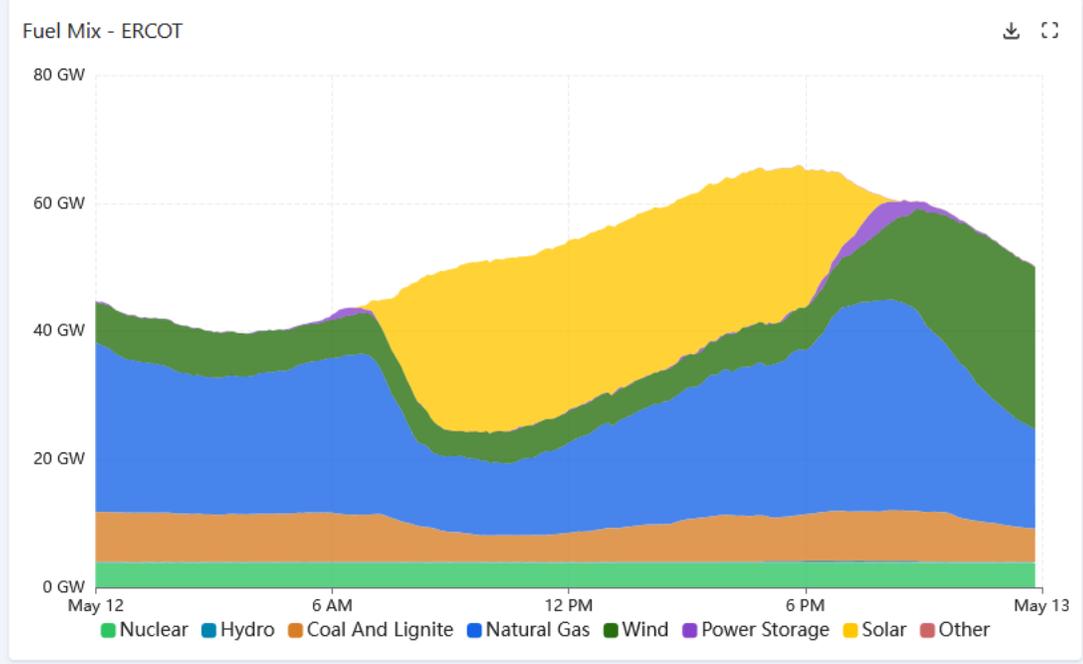


- Live
- Price Map
- Charts & Dashboards
- Alerts
- Record Tracker
- EIA Browser
- Data Catalog
- Export Data
- All Apps

## Electric Reliability Council of Texas

Batteries have Reshaped ERCOT's Ancillary Services Procurement [Read More](#)

Grid Conditions Pricing Trends and Profiles Back to Today Sync Tooltips  May 12, 2025 ◀ ▶



Try Pro for 7 days

Use all our premium features, free for 7 days.

[Start Free Trial](#)

- Jump to  CTRL+K
- Documentation
  - Resources
  - Settings

# Electric Reliability Council of Texas

Batteries have Reshaped ERCOT's Ancillary Services Procurement [Read More](#)

Grid Conditions | **Pricing** | Trends and Profiles Back to Today Sync Tooltips May 12, 2025

Real Time Dataset: LMP (selected), LMP w/ Adders, Settlement Point Prices (15 Min)



Try Pro for 7 days

Use all our premium features, free for 7 days.

[Start Free Trial](#)

Jump to  CTRL+K

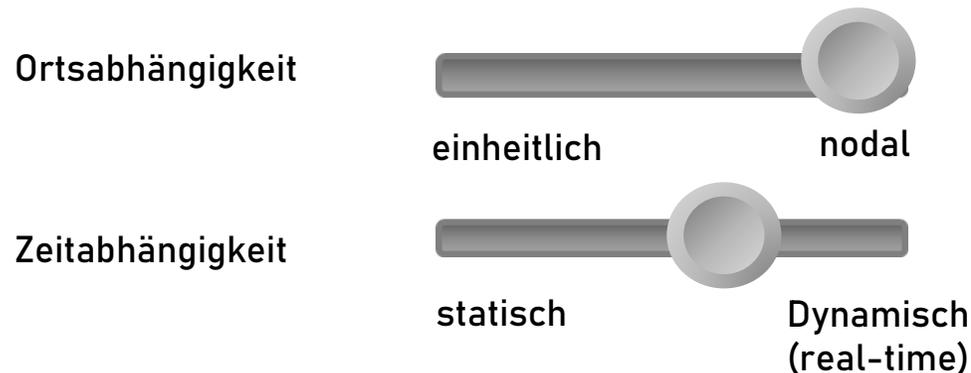
- Documentation
- Resources
- Settings



# Blick ins Ausland

## Engpass Preiskomponente in Norwegen

- Netzentgelt des Übertragungsnetz enthält Komponente mit marginalen Netzverlusten pro Netzknoten
  - Netzverluste steigen durch stärkere Auslastung → Indikator für Engpass
  - Gilt für Einspeisung und Bezug
- Berechnung
  - marginale Verlustrate am Knoten [%] \* Spot-Preis der Gebotszone (Veröffentlichung auf [stattnett.no](http://stattnett.no) und [nordpoolgroup.com](http://nordpoolgroup.com))
  - wöchentlich, Unterscheidung zwischen Tag/Nacht und Wochenende
  - basieren auf Vorhersage von Lastflüssen in Netz
  - Marg. Verluste pro Knoten reguliert auf max. +/- 15 %



# Es gibt noch viele offene Fragen..

---

- Wie viel Netzausbau lässt sich mit dynamischen/lokalen Netzentgelten sparen?
- Was ist die Preiselastizität von Kunden? Welcher Spread ist notwendig?
- Welcher Zeithorizont eignet sich?
- Wie werden dynamische Preissignale kommuniziert?
- Wie kann die Umsetzung für Netzbetreiber aussehen?
- ...





# ... ZUR PRAXIS

# Projektüberblick

## CACTUS (Connect, Assist and Control: Transparenz und Systemstabilität)

**Connect:** Netz- und Datentransparenz:  
Stand. Schnittstellen, Entwicklung Messtechnik

**Assist:** Assistenzsystem für Netzbetreiber:  
Darstellung zukünftiger Netzzustände  
und Vorschlag von Maßnahmen

**Control:** Automatisierte Netzführung:  
Präventive Anreizsignale für Flexibilität

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Projektpartner:

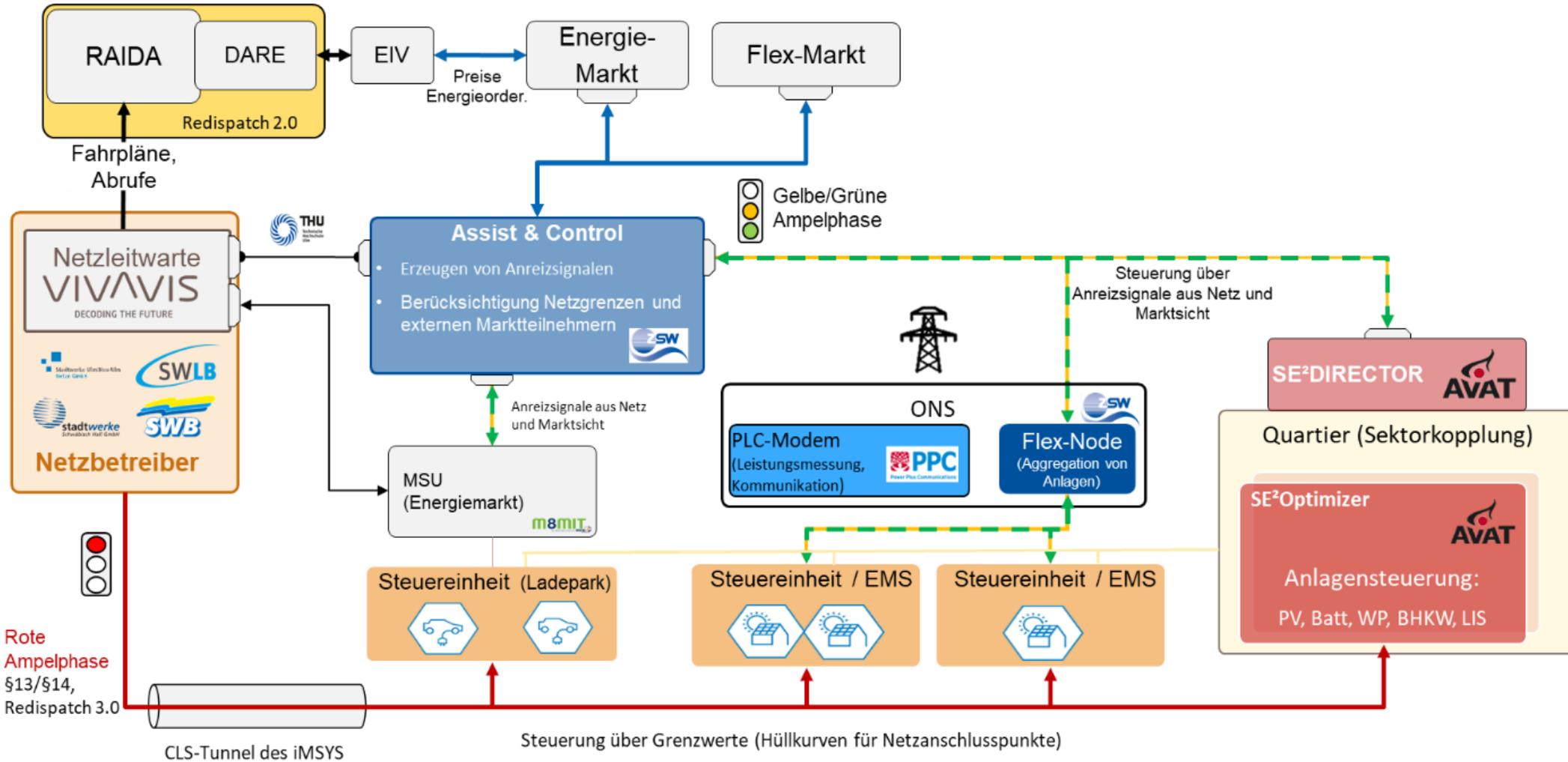
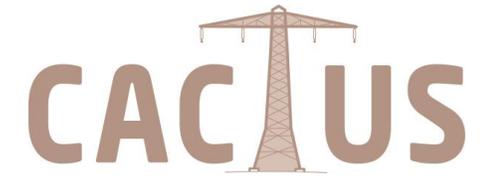


Assoziiert:

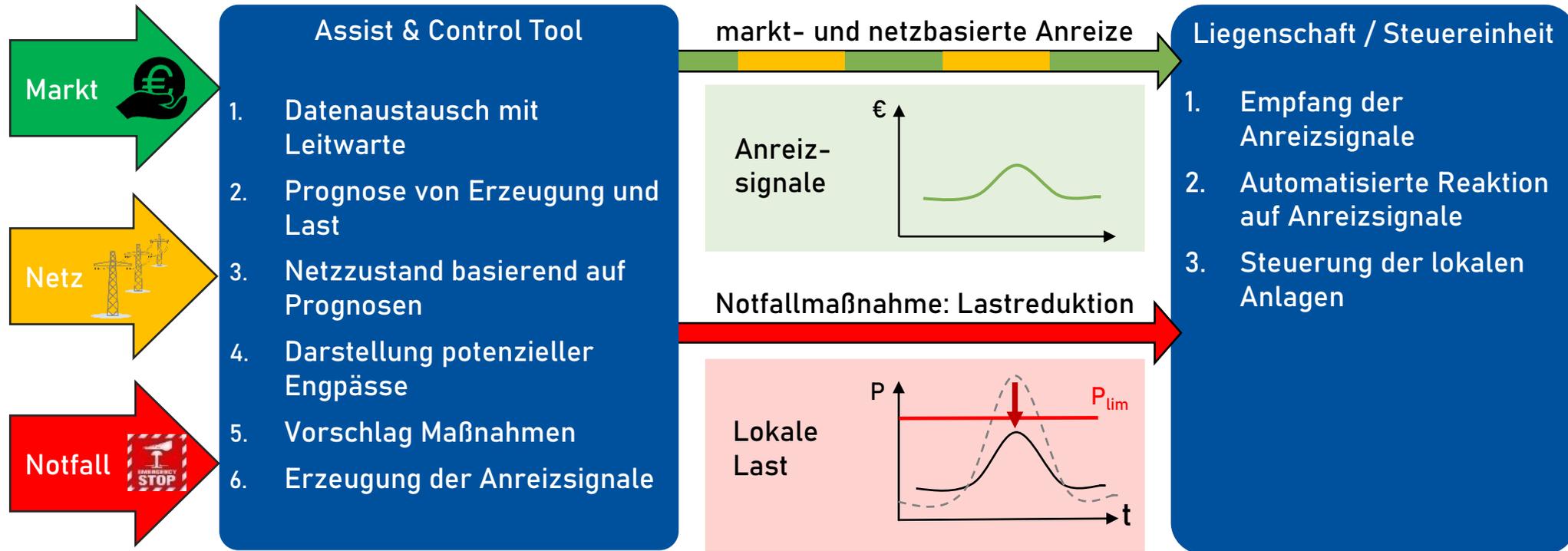


# Projektüberblick

## Interaktion der Projektteilnehmer

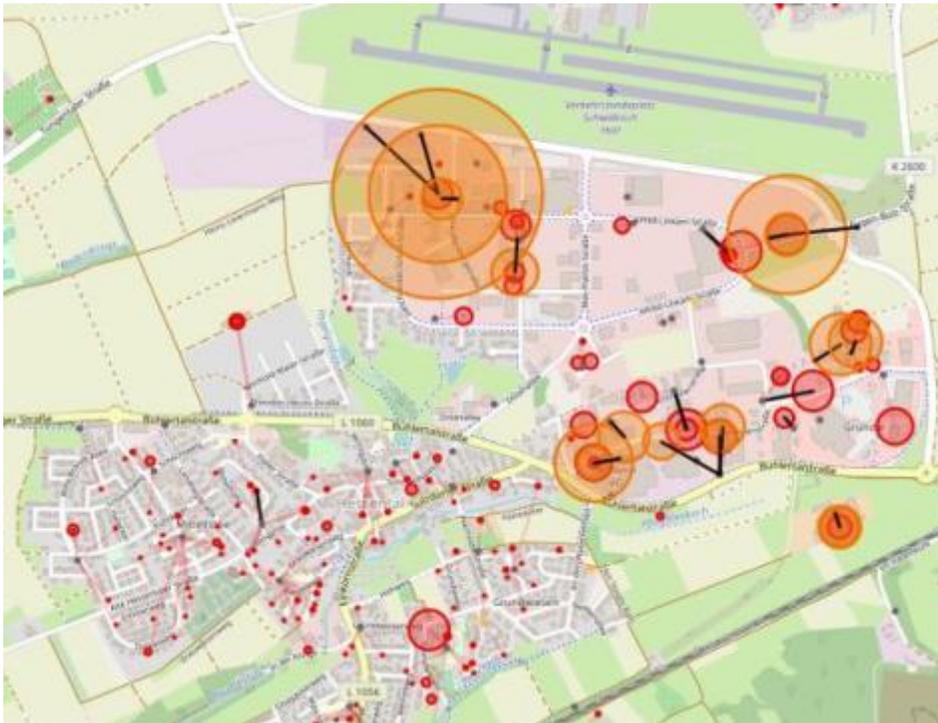


# Funktionsweise Assist & Control Tool Netzzustandsberechnung und Generieren von Anreizsignalen



- Mapping aller Erzeugungsanlage (PV, Wind, BHKW, ...) auf Ortsnetzstationen in GIS (Geoinformationssystem)
- im Beispiel: PV Klein- und Großanlagen

- Vorhersage von Einspeisung und Last an jeder Ortsnetzstationen
- Netzleitwarte kann Netzengpassrechnung für die nächsten 36 bis 72 Stunden durchführen



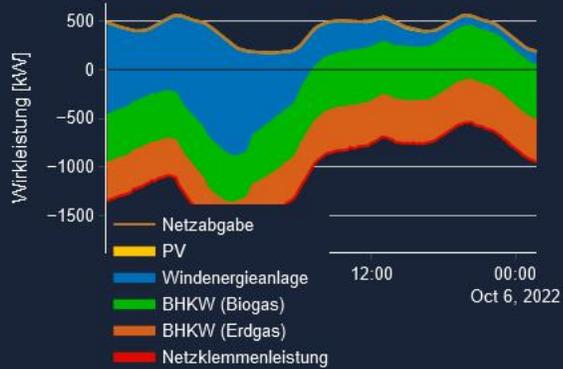
### Umspannwerk

ID: USW\_Dorf\_A  
Name: USW Wangerooge Dorf Nord

#### Eigenschaften:

- Anzahl WEA-Anlagen (RD2.0): 3
- Anzahl Erdgas-BHKWs (RD2.0): 1
- Anzahl Biogas-BHKWs (RD2.0): 2
- installierte Leistung Wind (RD2.0): 10400.0 kW
- installierte Leistung Erdgas-BHKW (RD2.0): 479.0 kW
- installierte Leistung Biogas-BHKW (RD2.0): 650.0 kW
- Anzahl PV-Kleinanlagen: 9
- installierte Leistung PV-Kleinanlagen: 108.0 kW
- Anteil PV-Anlagen (ohne Abregelung): 100.0%
- mittlere Ausrichtung PV-Anlagen (ohne Abregelung): -10.2°
- Anteil Direkteinspeisung PV-Anlagen (ohne Abregelung): 79.17%
- Anteil Eigenverbrauch PV-Anlagen (ohne Abregelung): 20.83%
- Anteil Profil 'G0': 9.6%
- Anteil Profil 'H0': 90.4%
- Jährlicher summierter Energieverbrauch: 329065.0 kWh
- Anzahl zugeordnete Gebäude: 160
- Anzahl zugeordnete Zählpunkte: 247
- Anzahl RLM-Kunden: 2
- Anzahl der zugeordneten Ortsnetzstationen: 7

#### Aktuelle Prognose:



- PV (RD2.0)
- PV-Kleinanlagen
- Windenergieanlage
- Hydro
- BHKW (Biogas)
- BHKW (Erdgas)
- Großverbraucher
- Ortsnetzstation
- Umspannwerk
- Gemeinde



# Ausblick

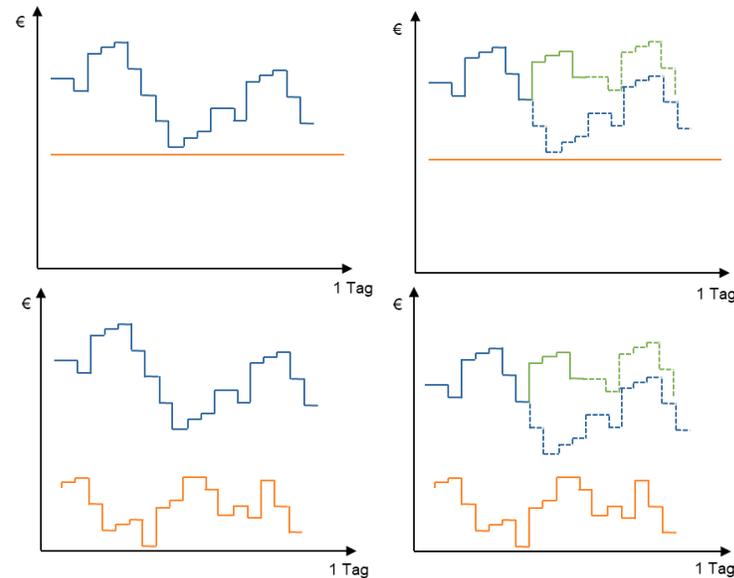
## Praktische Untersuchung in Testgebieten

### 4 Testgebiete



- Kommunikation?
- Reaktion der Verbraucher?

### Day-ahead und intra-day Preissignale



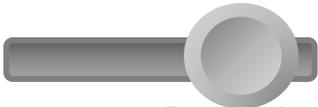
- Wirksamkeit?
- Verbesserung mit intra-day?

Ortsabhängigkeit



einheitlich nodal

Zeitabhängigkeit



statisch Dynamisch (real-time)

# Fazit

- „Regler“ der Netzentgeltsystematik müssen angepasst werden
  - StromNEV läuft aus
  - Kostenreflexivität
  - Fehlanreize für verbrauchseitige Flexibilität
  - Fehlende Anreize für optimierte Netzauslastung und optimale Investitionen
- Von Erfahrungen anderer Länder lernen
  - Viele EU-Länder mit zeit- und/oder ortsabhängigen Netzentgelten
  - z.B. Engpasskomponente durch Netzverluste in Norwegen
  - z.B. Schweiz
- Projekt CACTUS untersucht die praktische Seite
  - Assistenzsystem für Netzbetreiber
  - Präventive Preisanreize für Flexibilität



# Vielen Dank für Ihr Interesse

Linda Roth

[linda.roth@zsw-bw.de](mailto:linda.roth@zsw-bw.de)



# Quellen

---

## Folie 2:

Grafik (eigene Darstellung) basierend auf:

- [https://www.fvee.de/wp-content/uploads/2022/01/th2014\\_03\\_01.pdf](https://www.fvee.de/wp-content/uploads/2022/01/th2014_03_01.pdf)
- <https://www.mtet.kit.edu/FVEESystemintegration.pdf>

Meilensteine in Deutschland:

- 25% EE 2012: <https://www.pv-magazine.de/2020/10/26/erneuerbare-steuern-in-deutschland-auf-neuen-rekord-zu/>
- 100% Stromnachfrage durch EE gedeckt: 1.1.2018: <https://blog.energybrainpool.com/rekord-erneuerbare-energien-decken-erstmalig-100-prozent-der-stromnachfrage/>
- 2024: 59,4 % EE: [https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2025/03/PD25\\_091\\_43312.html](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2025/03/PD25_091_43312.html)
- 2024: 3,5 % der EE Erzeugung wurde mit Redispatch abgeregelt: <https://www.smard.de/page/home/topic-article/444/216636>

## Folie 3:

- Koalitionsvertrag: [https://www.spd.de/fileadmin/Dokumente/Koalitionsvertrag2025\\_bf.pdf](https://www.spd.de/fileadmin/Dokumente/Koalitionsvertrag2025_bf.pdf)
- Bidding Zone Review: [https://eepublicdownloads.blob.core.windows.net/public-cdn-container/clean-documents/Network%20codes%20documents/NC%20CACM/BZR/2025/Bidding\\_Zone\\_Review\\_of\\_the\\_2025\\_Target\\_Year.pdf](https://eepublicdownloads.blob.core.windows.net/public-cdn-container/clean-documents/Network%20codes%20documents/NC%20CACM/BZR/2025/Bidding_Zone_Review_of_the_2025_Target_Year.pdf)
- NEP: <https://www.netzentwicklungsplan.de/nep-aktuell/netzentwicklungsplan-20372045-2023>
- Aktuelle Netzentgelte: <https://data.bundesnetzagentur.de/Bundesnetzagentur/SharedDocs/Mediathek/Monitoringberichte/MonitoringberichtEnergie2024.pdf>
- BNetzA Diskussionspapier: [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Beschlusskammern/1\\_GZ/GBK-GZ/2025/GBK-25-01-1%233\\_AgNeS/Downloads/Diskussionspapier.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Beschlusskammern/1_GZ/GBK-GZ/2025/GBK-25-01-1%233_AgNeS/Downloads/Diskussionspapier.pdf?__blob=publicationFile&v=4)
- EWI Studie Netzentgeltanstieg: [https://www.ewi.uni-koeln.de/cms/wp-content/uploads/2024/04/2024\\_04\\_Abschlussbericht\\_Netzentgelte\\_BW\\_DE.pdf](https://www.ewi.uni-koeln.de/cms/wp-content/uploads/2024/04/2024_04_Abschlussbericht_Netzentgelte_BW_DE.pdf)

# Quellen

---

## Folien 5-11 + 15:

- Netzkosten, Netzentgeltsystematiken, Beispiele aus dem EU-Ausland: <https://www.acer.europa.eu/sites/default/files/documents/Reports/2025-ACER-Electricity-Network-Tariff-Practices.pdf>
- Arbeitspapier dynamische Netzentgelte: <https://freidok.uni-freiburg.de/data/265452>
- Beispiel Norwegen: <https://www.statnett.no/globalassets/for-aktorer-i-kraftsystemet/tariff/tariff-booklet-2024.pdf>
- Umlage auf alle durch besondere Netznutzung: 2025: 1,56ct/kWh <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Aktuelles/VerteilungNetzkosten/start.html>

## Folie 12-14:

- Ziele Netzentgelte:
- Karte Texas: <https://www.ft.com/content/32c41861-6a99-4757-ad2a-e89f94b8dde3>
- Windleistung Texas: <https://windexchange.energy.gov/maps-data/321>
- Texas Fuel Mix: <https://electricityplans.com/texas-electricity-trends/>
- Einführung nodales System: <https://enlightenedpowerconsulting.com/whats-the-deal-with-nodal/>
- Screenshots gridstatus: <https://www.gridstatus.io/live/ercot?date=2025-05-12to2025-05-13#pricing>

## Folie 21:

- GridSage: Prognosen für den Redispatch 2.0: <https://gridsage.zsw-bw.de/>