



RUB

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

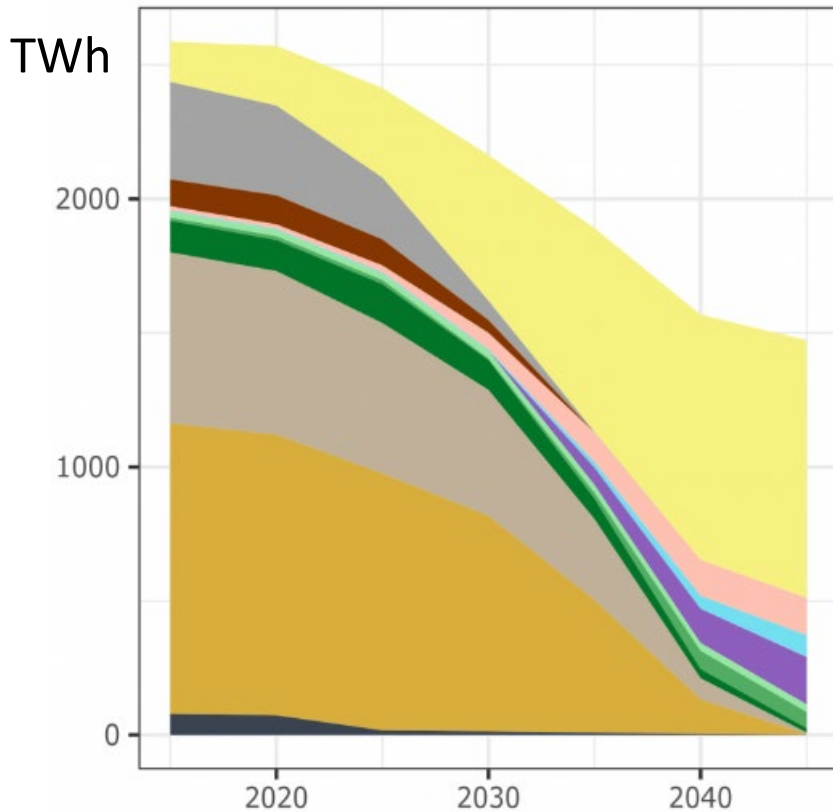
# NACHHALTIGE ENERGIEVERSORGUNG DES INDUSTRIESTANDORTES DEUTSCHLAND

**Prof. Dr. Andreas Löschel**

Lehrstuhl für Umwelt-/Ressourcenökonomik und Nachhaltigkeit, Ruhr-Universität Bochum  
Vorsitzender der Expertenkommission „Energie der Zukunft“ der Bundesregierung

# Nachhaltige Energieversorgung

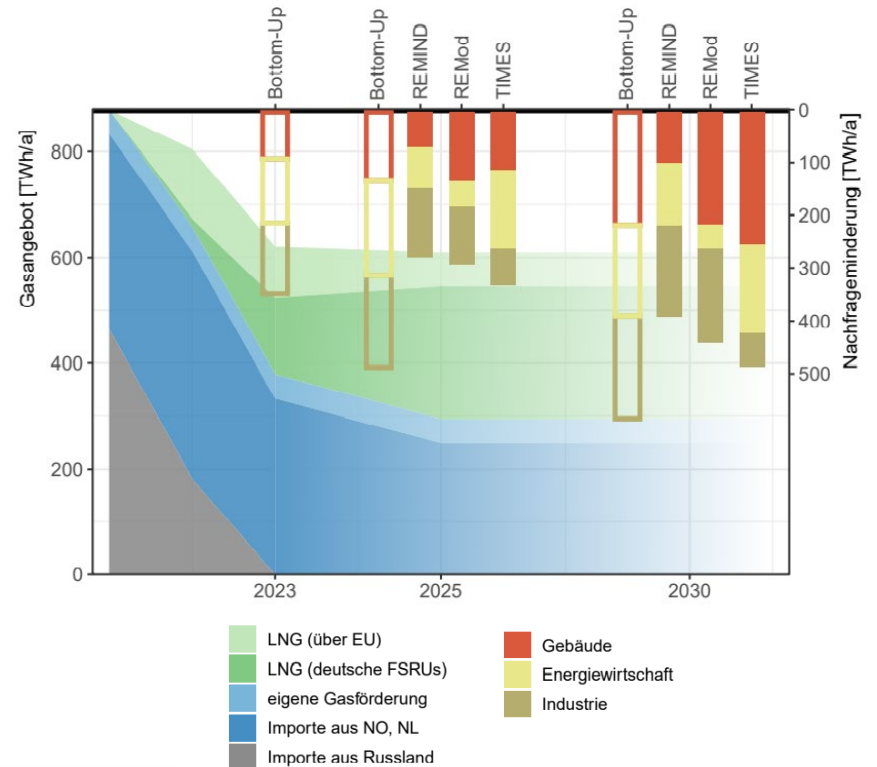
## Endenergie



- |                                 |                                 |                               |
|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Elektrizität (erneuerbar)       | Gase (E-Fuels)                  | Fossiles Gas                  |
| Elektrizität (fossil & nuklear) | Flüssige Brennstoffe (E-Fuels)  | Flüssige Brennstoffe (fossil) |
| Wärme (fossil)                  | Biogas                          | Kohlen                        |
| Wärme (erneuerbar)              | Flüssige Brennstoffe (Biomasse) |                               |
| Wasserstoff                     | Feste Biomasse                  |                               |

Quelle: Ariadne (2021)

## Gas



- |                      |                   |
|----------------------|-------------------|
| LNG (über EU)        | Gebäude           |
| LNG (deutsche FSRUs) | Energiewirtschaft |
| eigene Gasförderung  | Industrie         |
| Importe aus NO, NL   |                   |
| Importe aus Russland |                   |

Prof. Dr. Andreas Löschel

Quelle Ariadne (2022) 2

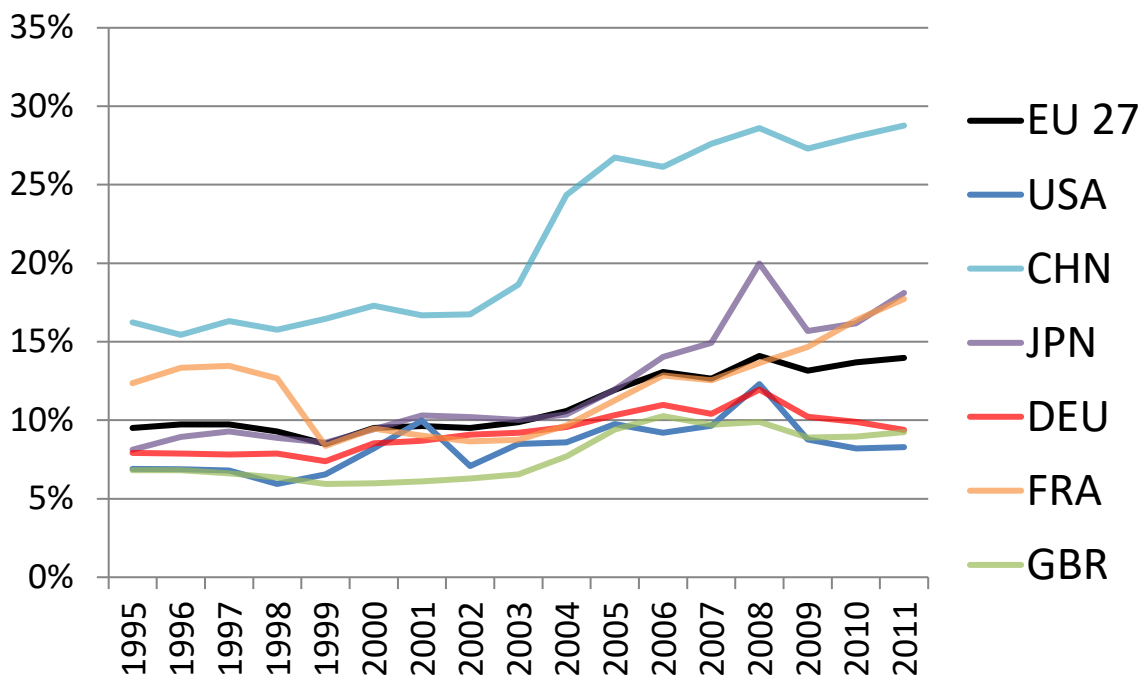
# Rahmen für die Lösung der ökologischen Frage

- Marktwirtschaft ist nicht nur ein Problem bei der ökologischen Frage, sondern zugleich Hebel zur Lösung → **ordnungspolitischer Rahmen**
- **Elektrifizierung** als naheliegende Minderungsoption erfordert günstigen Strom, Sektorkopplung, variable Preise → **Strommarktdesign**
- **Innovationen** und Förderung von Forschung, Entwicklung und Demonstration: bei Elektrifizierung, H<sub>2</sub>, CCUS, Bioenergie in einem frühen Entwicklungsstadium - als Prototypen, in der Demonstrationsphase oder in früher Markteinführung  
→ **Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe**
- Ausbau einer geeigneten **Infrastruktur** (Strom, Wasserstoff, CO<sub>2</sub>) ist zur Nutzung neuer Technologien und für Sektorkopplung notwendig
- **CO<sub>2</sub>-Bepreisung** insb. zur Minderung von Emissionen aus **bestehenden Anlagen** und zum Markthochlauf bei weiter fortgeschrittenen marktnahen Alternativen (über verschiedene Sektoren)
- Und zwar rasch, um Resilienz zu sichern → **Bürokratieabbau**

# Ein Blick in die Vergangenheit

## Wettbewerbsfähigkeit und Energiestückkosten

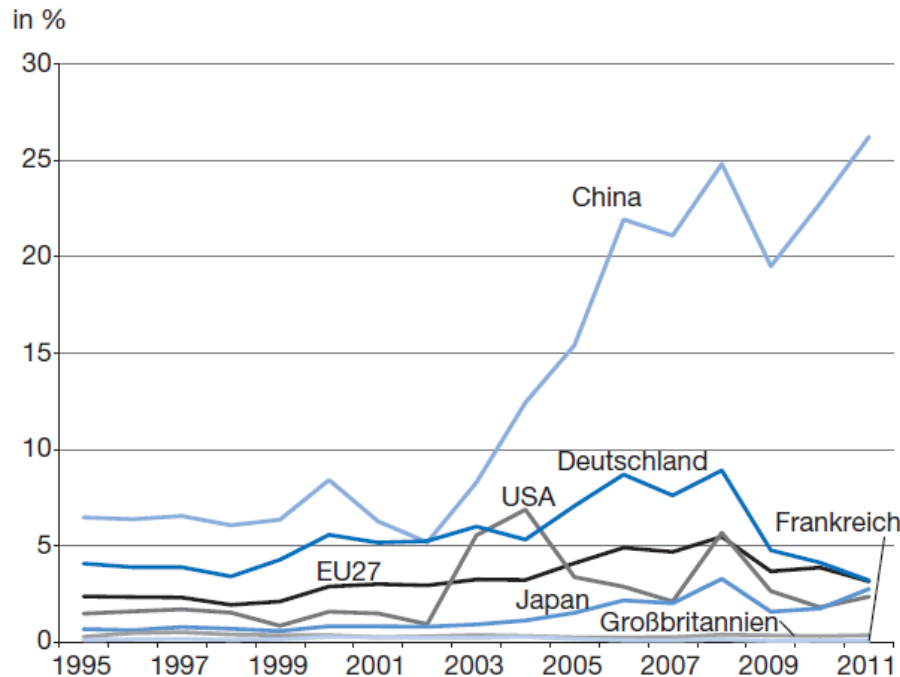
$$\begin{aligned} \text{Energie stückkosten} &= \frac{\text{Kosten pro Energieeinheit} \cdot \text{Physischer Energieeinsatz}}{(\text{Sektoraler}) \text{ Preisindex} \cdot \text{Reale Bruttowertschöpfung}} \\ &= \text{Realer Energiepreis} \cdot \text{Energieintensität} \end{aligned}$$



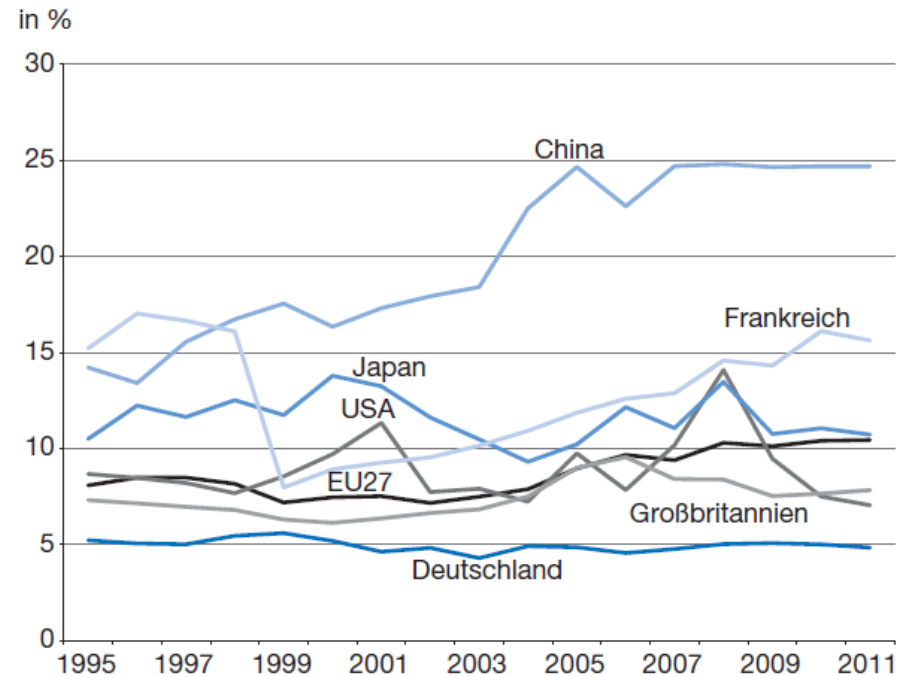
Quelle: Germeshausen und Löschel (2015)

# Ein Blick in die Vergangenheit: Beispiel

## Energiestückkosten von „Erdgas und Rohöl“ im Chemiesektor



## Energiestückkosten von „Elektrizität, Gas, Dampf und Warmwasser“ im Chemiesektor

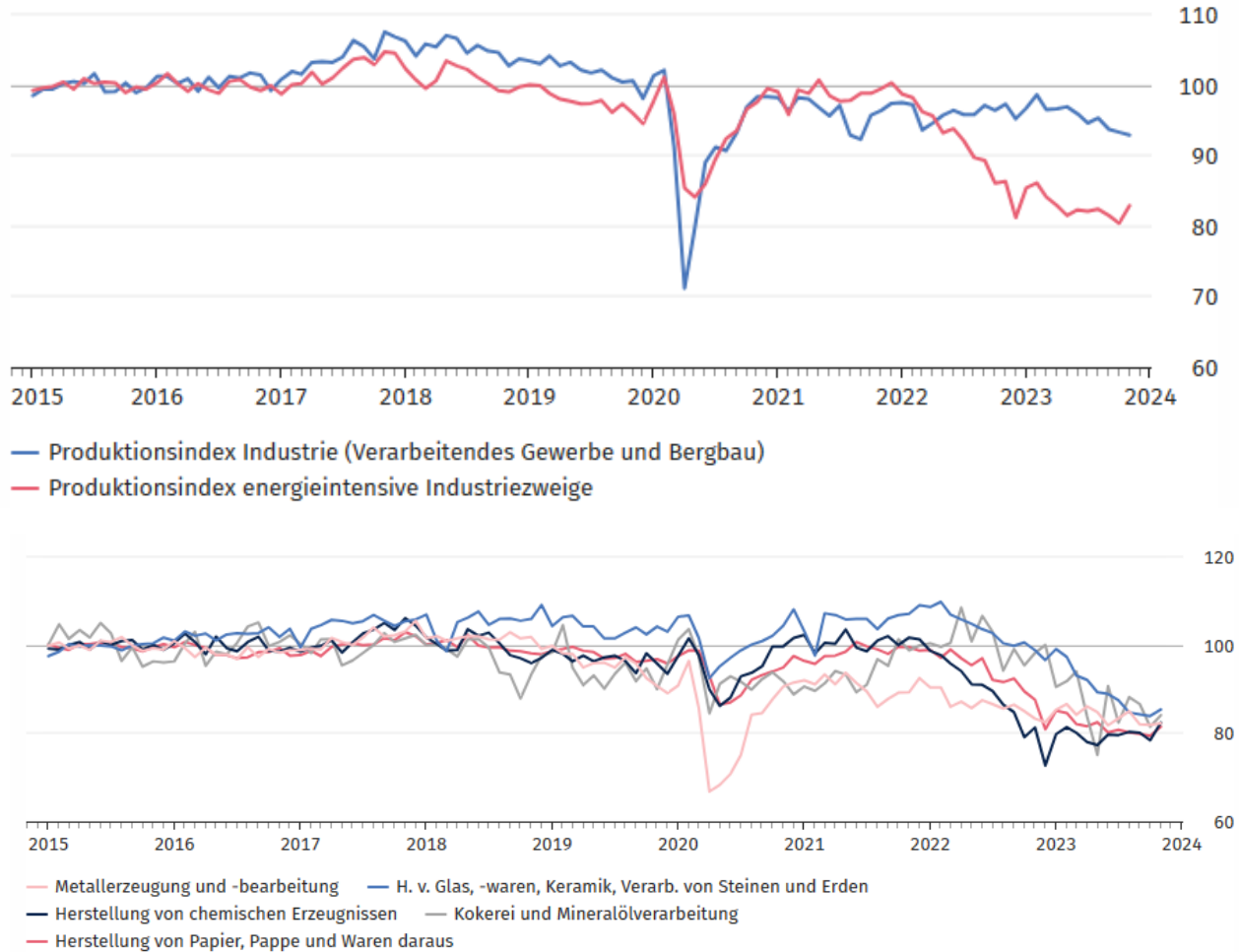


Quelle: Germeshausen und Löschel (2015)

Investitionen: Nähe zu Absatzmärkte, Arbeitskräfte, Infrastruktur, Bürokratie, Verlässlichkeit

# Situation heute

## Produktionsentwicklung in energieintensiven Industriezweigen



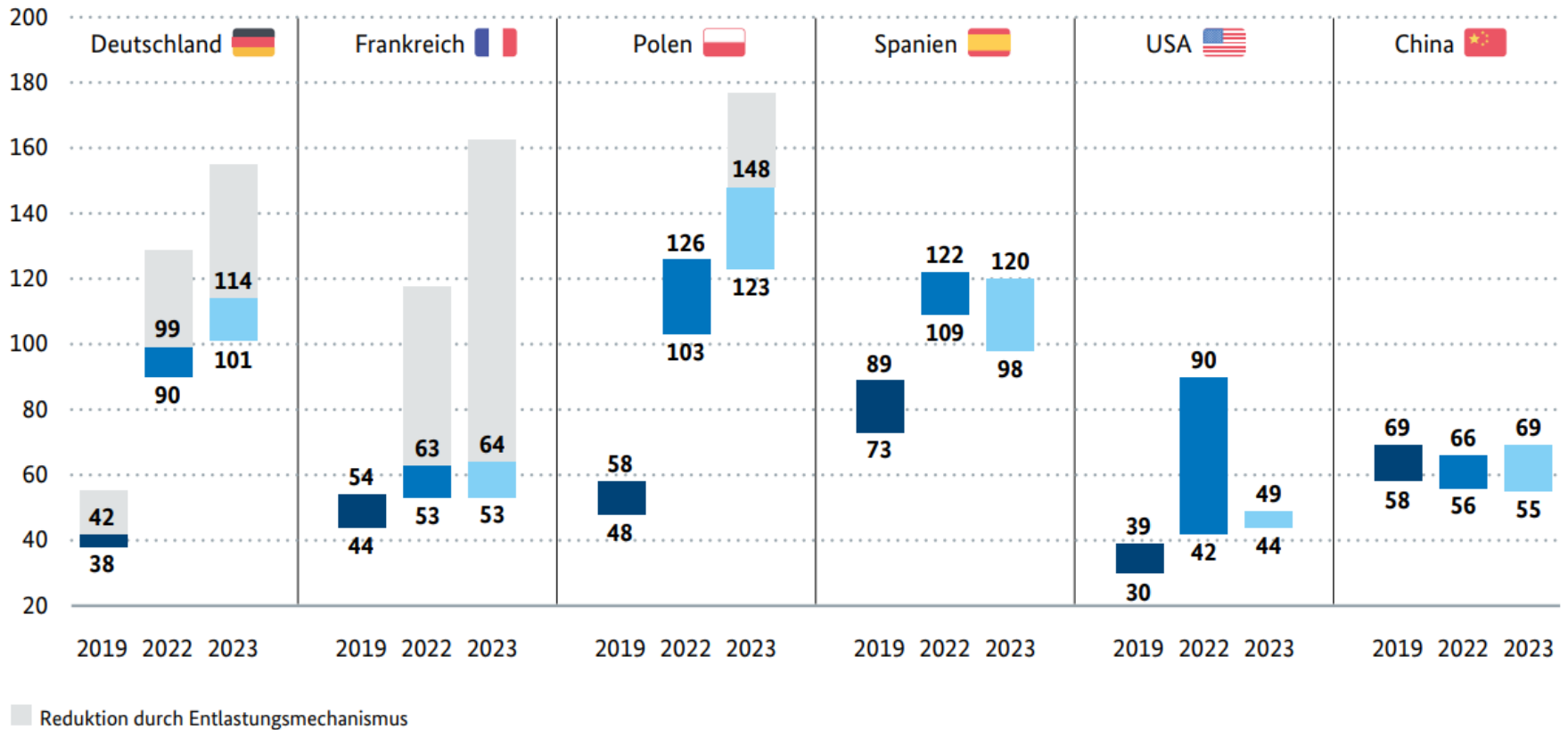
Quelle: Statistisches Bundesamt (2024)

<https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Industrie-Verarbeitendes-Gewerbe/produktionsindex-energieintensive-branchen.html>

# Ausgangslage Strom

## Strombezugskosten energieintensive Industrie 2022/2023

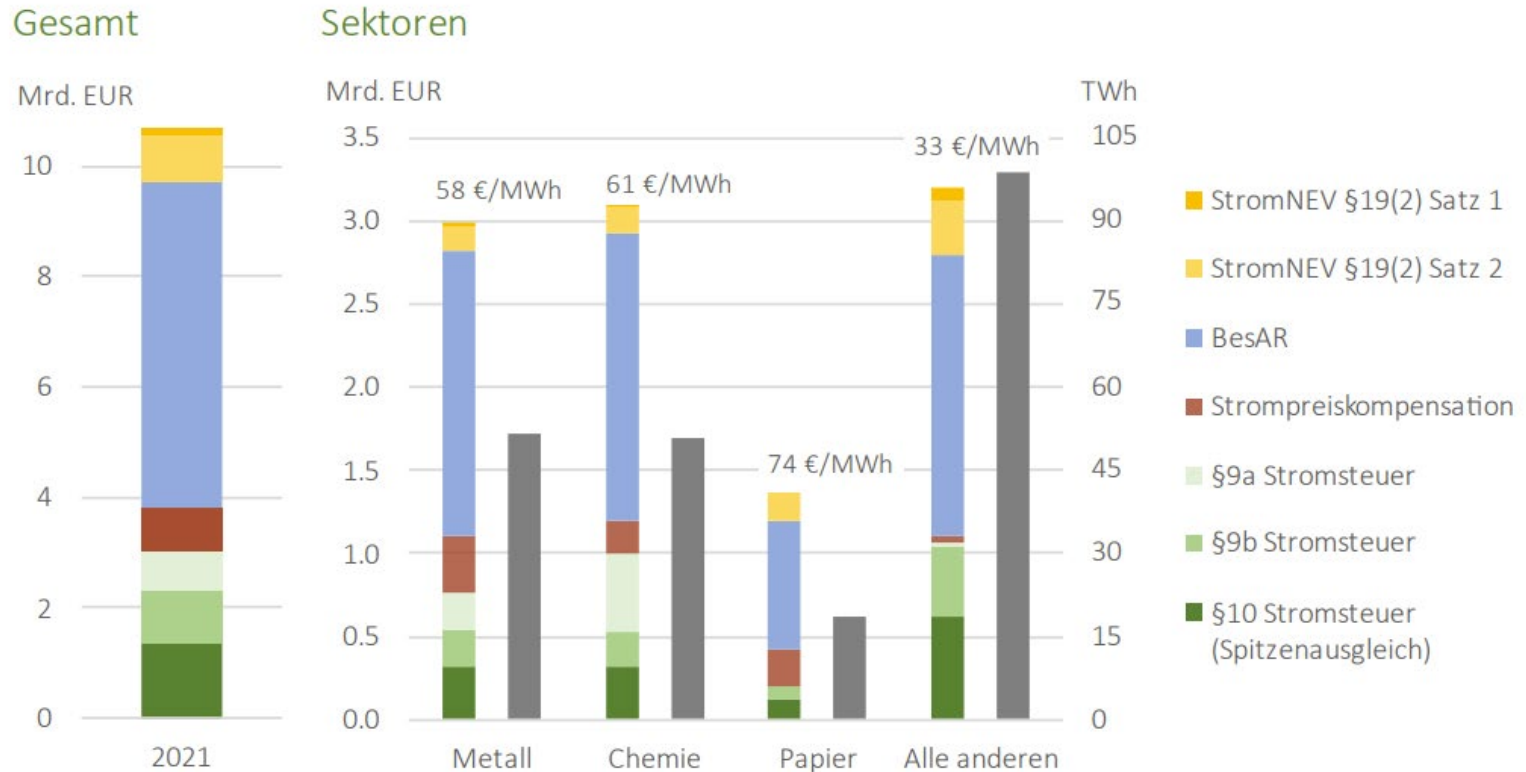
EUR/MWh, real 2022



Quelle: BMWK Industriestrategie, [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/industriepolitik-in-der-zeitenwende.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=16](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/industriepolitik-in-der-zeitenwende.pdf?__blob=publicationFile&v=16)

# Status Strompreissubventionen

Industriesubventionen 2021 (aber 2023: EEG, SPK, Netzentgelte)



Annahmen: Super-Cap und Cap der BesAR sind nicht berücksichtigt; Verteilung der Stromsteuer §9b und §10 über alle Sektoren entsprechend des Verbrauchs; Verteilung der StromNEV-Rabatte nach Datenbasis 2014

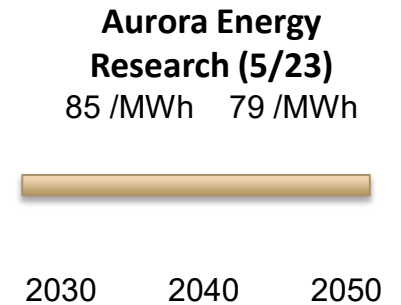
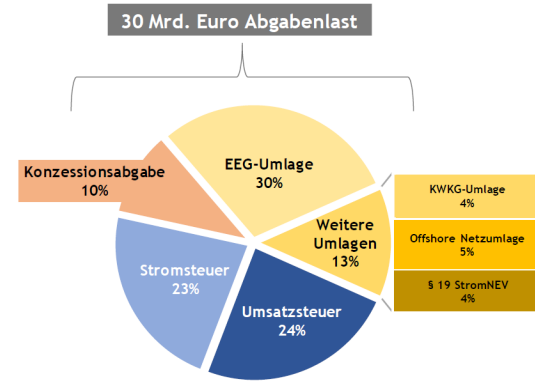
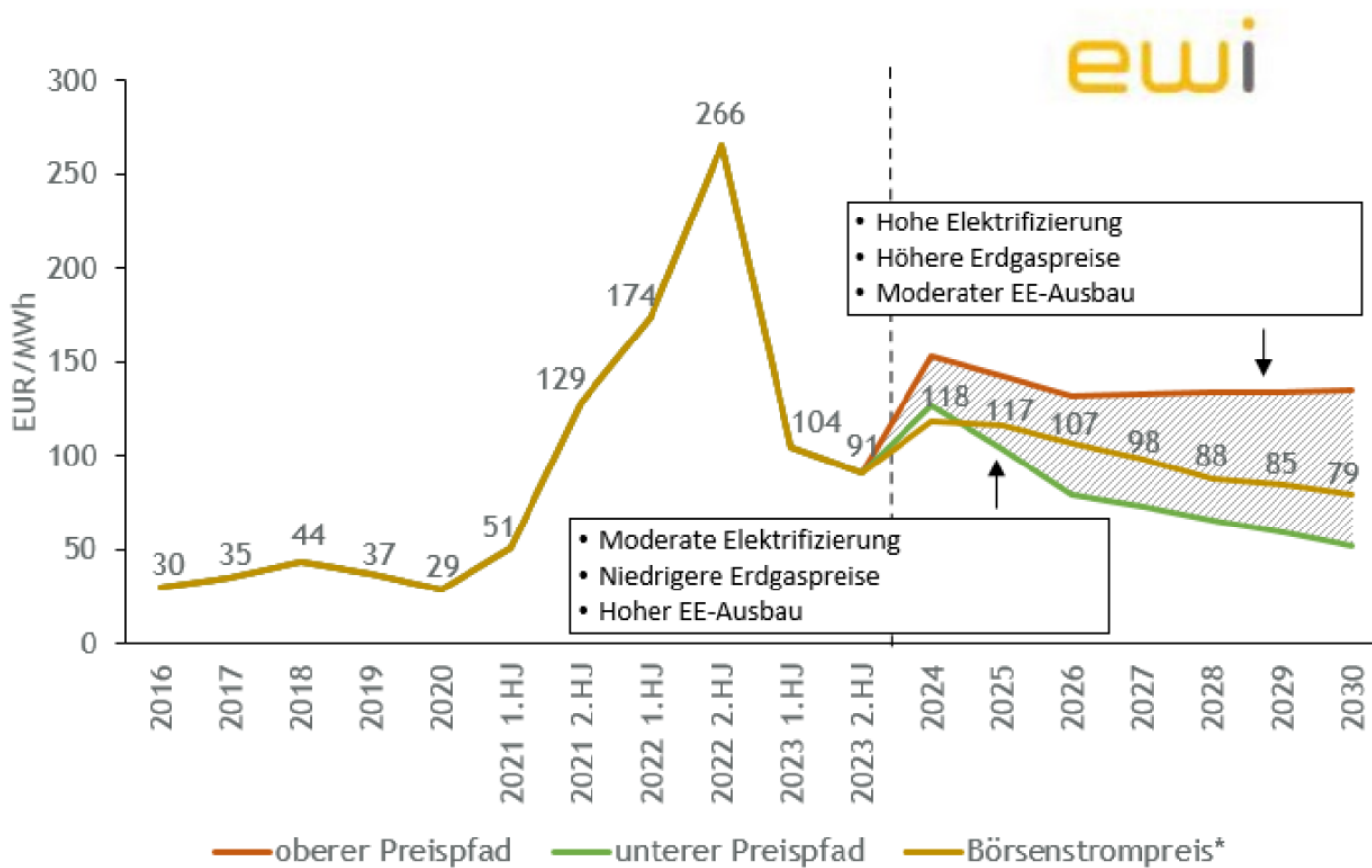
Quelle: Agora Energiewende / Neon (2023)

Prof. Dr. Andreas Löschel



# Perspektive Strom

## Stromgroßhandelspreise



Quelle: EWI Policy Brief, Dezember 2023; Aurora Energy Research 5/23

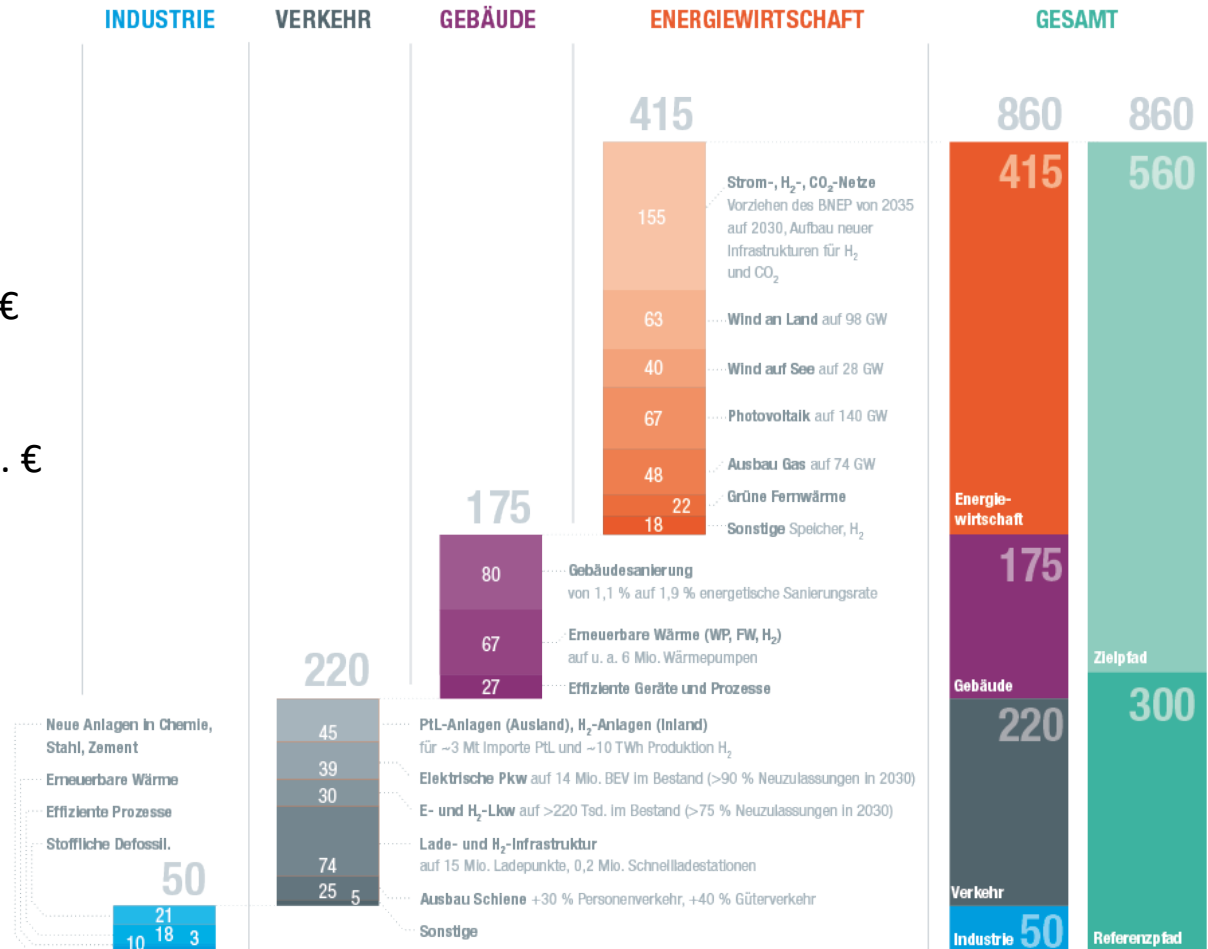
# Mehrinvestitionen bis 2030

## BDEW

600 Milliarden bis 2030  
(1 Billion bis 2045)

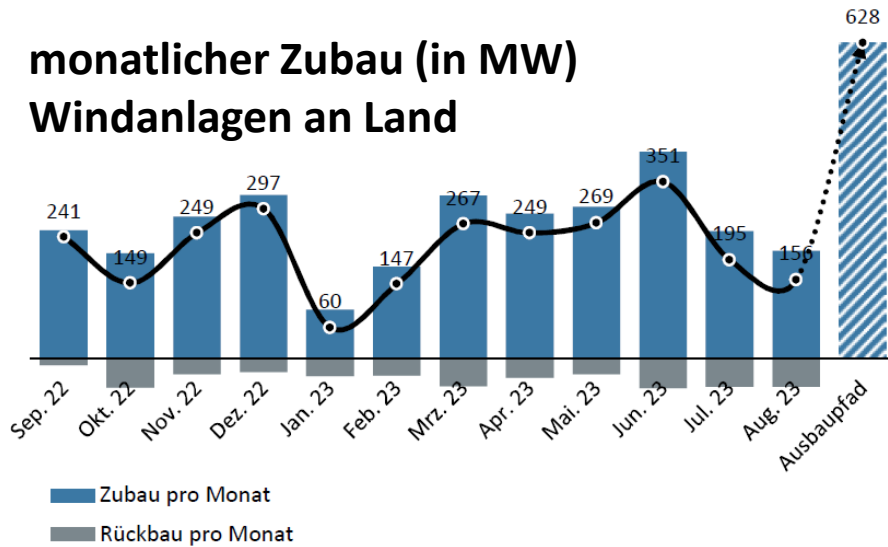
- EE-Erzeugung: 351 Mrd. €
- Netzausbau (Strom): 126 Mrd. €
- klimaneutrale Gase: 12 Mrd. €
- E-Mobilität: 9 Mrd. €
- weitere Investitionen: 100 Mrd. €  
(reichen Innenfinanzierung und Schuldenfähigkeit?)

## BDI

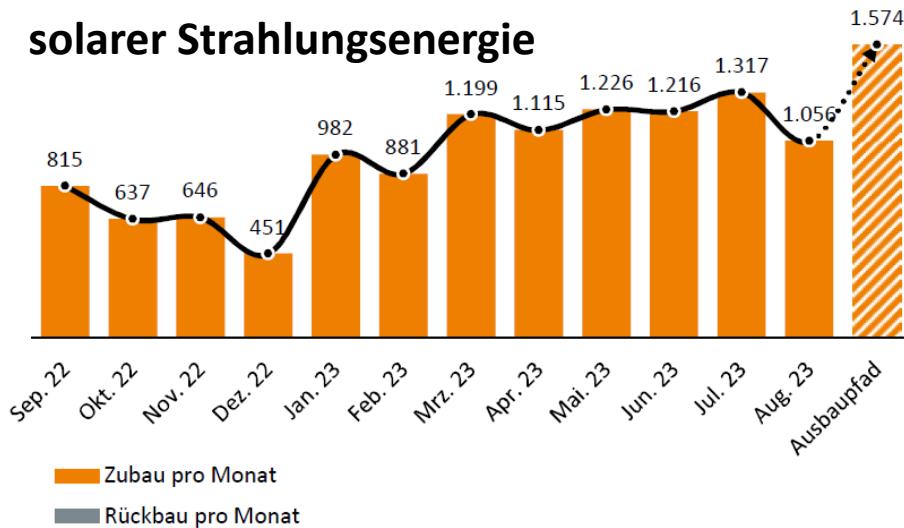


# Stromangebot stärken: erneuerbarer Energien

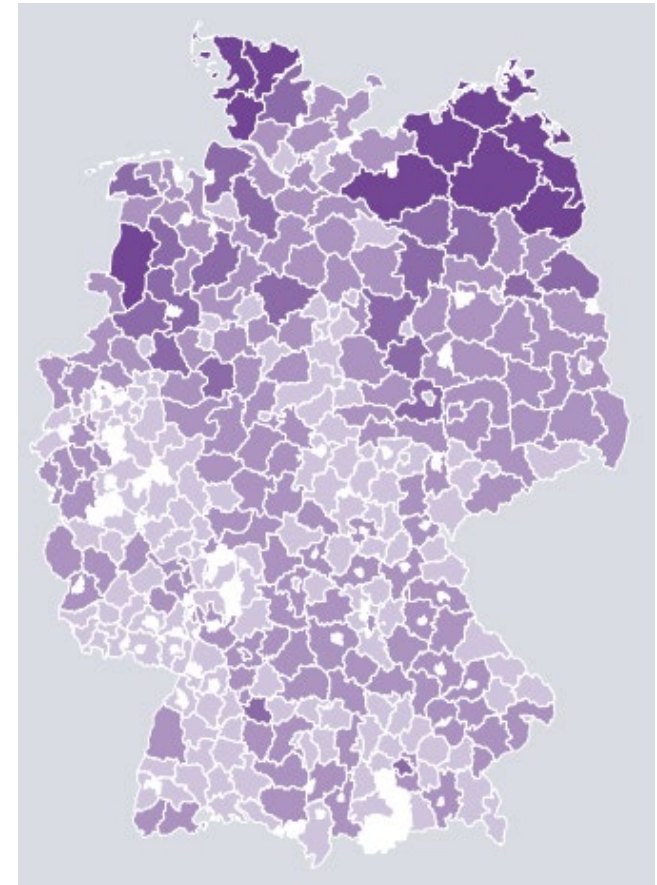
## monatlicher Zubau (in MW) Windanlagen an Land



## solarer Strahlungsenergie

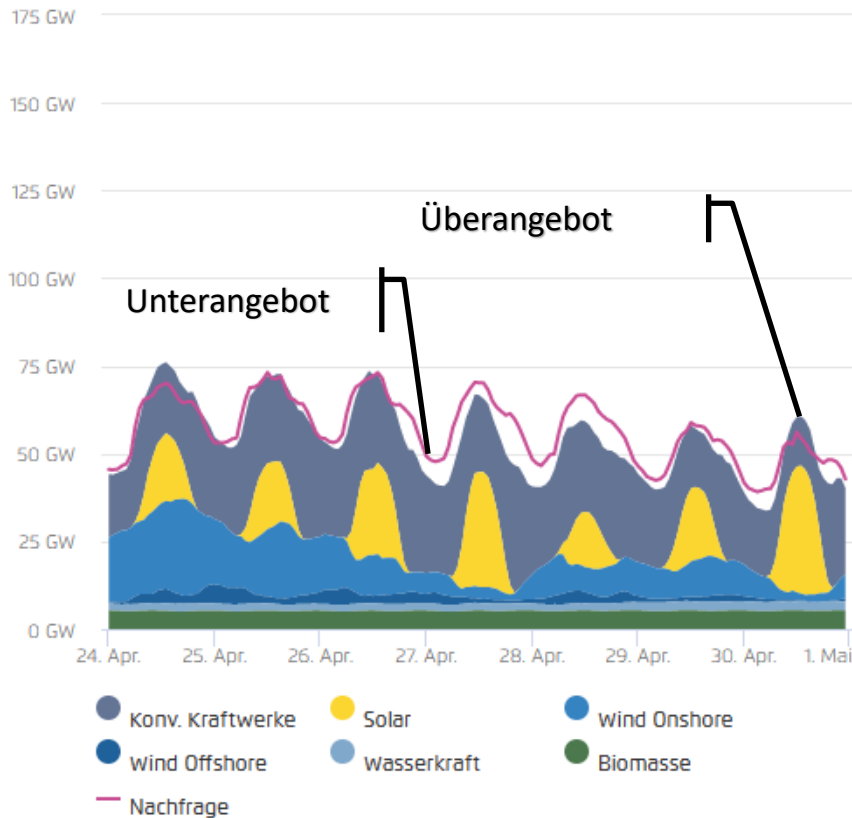


regionalisierte  
Angebot 2035 (?)



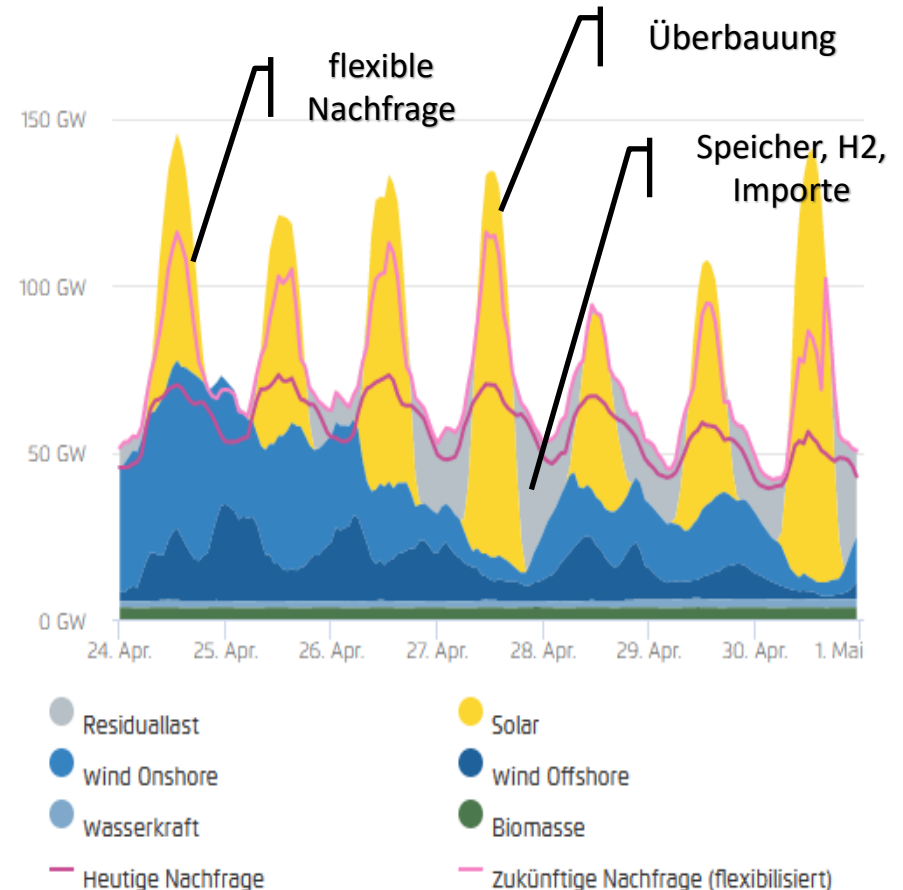
# Strommarkt der Zukunft

Stromerzeugung und –verbrauch (24.-30.4.2023)  
ca. 50% Strom aus erneuerbaren Energien



Quelle: Agorameter (2.5.23)  
[https://www.agora-energiewende.de/service/agorameter/chart/future\\_compar\\_e/24.04.2023/30.04.2023/future/2037/](https://www.agora-energiewende.de/service/agorameter/chart/future_compar_e/24.04.2023/30.04.2023/future/2037/)

Stromerzeugung und –verbrauch (24.-30.4.2030?)  
81% Strom aus erneuerbaren Energien



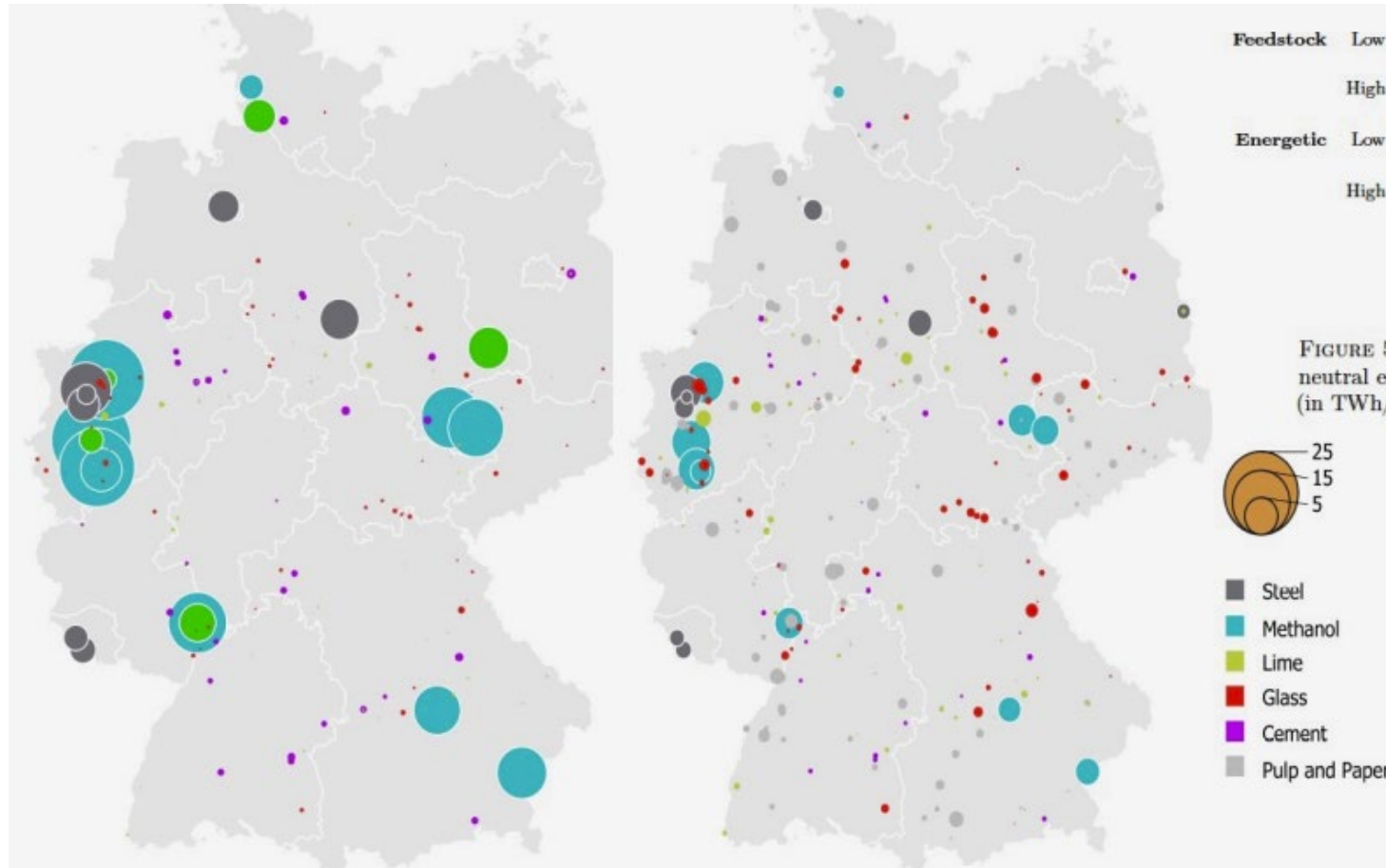
# Strommarktdesign

Koordination - Großhandelsmarkt	Einheitliche Merit-Order	Marktsegmentierung			Neue Gebotsformen	
Koordination – Flexibilität	Teilweise marktbasierete Beschaffung von SDL*	Flexibilitätsplattformen	Erweitere marktbasierete Beschaffung von SDL*	Systemdienliche Netzentgeltsystematik		
Finanzierung – EE- Förderung	Marktprämienmodell (einseitige CfDs)	Zweiseitige CfDs	Bandbreitenmodelle	Financial CfDs		
Finanzierung – einlastbare Kraftwerke	Strommarkt 2.0	Weiterentwicklung Kapazitätsinstrumente	Systemischer Investitionsrahmen			
Lokalisierungssignal – Großhandelsmarkt	Einheitliche Gebotszone	Gebotszonen-teilung	Nodalpreis-system	Kosten-/Marktbasierter Redispatch	Netzentgeltsystematik (G- Komponente)	Lokalisierungssignale Einlastbare-Kraftwerke
Lokalisierungssignal – EE-Förderung	Referenzertragsmodell	Regionale differenzierte EE-Förderung				
Stromkosten	Historisch gewachsene selektive Eingriffe	Neustrukturierung Umlagen & Abgaben	Stärkung und Diversifizierung von PPAs	Mieterstrommodell	Industriestrompreise	

Quelle: EWK (2023), Stellungnahme NPKS

<https://www2.wiwi.rub.de/stellungnahme-zum-strommarktdesign-und-dessen-weiterentwicklungsmoeglichkeiten/>

# Industrielle H2-Nachfrage



Quelle: Egerer, J., V. Grimm, N. Farhang-Damghani und P. Runge (2023b), The Industry Transformation from Fossil Fuels to Hydrogen will reorganize Value Chains: Big Picture and Case Studies for Germany

# Infrastruktur: Strom und Wasserstoff (2023)

## Netzentwicklungsplan (2. Entw., Juni 2023)

### Übersicht der Szenariokennzahlen

Installierte Leistung in GW							
Energieträger	Referenz 2020/2021	A 2037	B 2037	C 2037	A 2045	B 2045	C 2045
Erdgas/Wasserstoff*	32,1	>38,4	>38,4	>38,4	>34,6	>34,6	>34,6
Stromverbrauch in TWh							
Nettostromverbrauch	478	828	891	982	999	1.025	1.222
Bruttostromverbrauch	533	899	961	1.053	1.079	1.106	1.303
Treiber Sektorenkopplung							
Wärmepumpen – Haushalt und GHD, Anzahl in Mio.	1,2	14,3	14,3	14,3	16,3	16,3	16,3
Elektromobilität – Anzahl in Mio.	1,2	25,2	31,7	31,7	34,8	37,3	37,3
Power-to-Heat – Fernwärme/Industrie, in GW	0,8	12,6	16,1	22,0	14,9	20,4	27,0
Elektrolyse in GW	<0,1	40,0	26,0	28,0	80,0	50,0	55,0
Weitere Speicher und nachfrageseitige Flexibilitäten in GW							
PV-Batteriespeicher	1,3	67,4	67,4	67,4	97,7	97,7	113,4
Großbatteriespeicher	0,5	23,7	23,7	24,2	43,3	43,3	54,5
DSM – Industrie und GHD	1,2	5,0	7,2	7,2	8,9	12,0	12,0

Trassenkilometer und Investitionen des Zubaunetzes für B/C 2037 (A 2037) offshore und A/B/C 2037 onshore

	Trassenlänge in km	Investitionsvolumen in Mrd. EUR
Offshore	9.250 (6.610)	103,5 (77)
Onshore	12.413	106,1
Summe	21.663 (19.223)	209,6 (183,1)

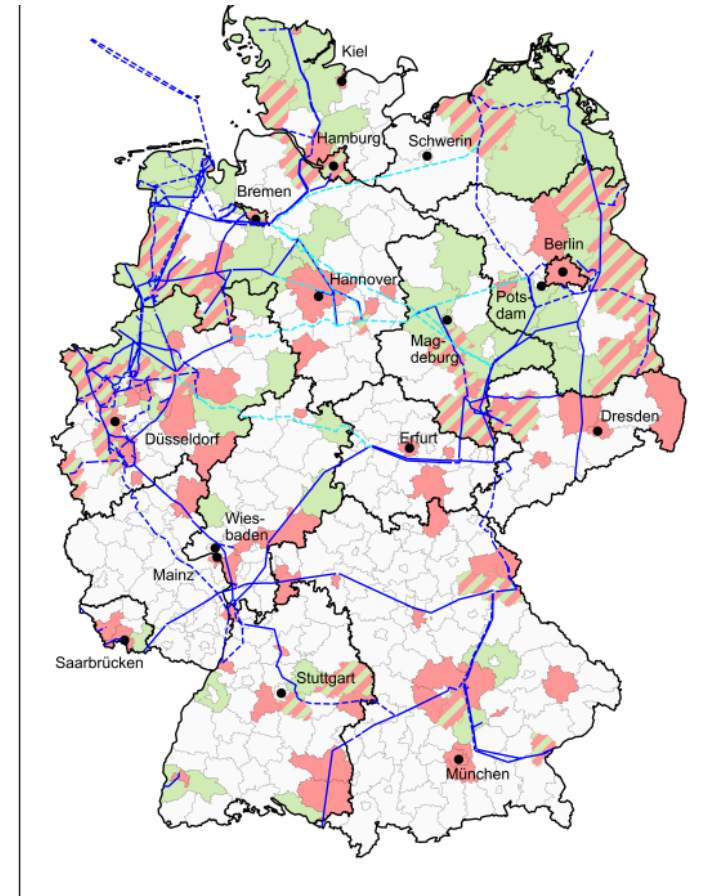
Quelle: Übertragungsnetzbetreiber

Trassenkilometer und Investitionen des Zubaunetzes in den Szenarien A/B/C 2045

	Trassenlänge in km	Investitionsvolumen in Mrd. EUR
Offshore	13.310	145,1
Onshore	12.413	106,2
Summe	25.723	251,3

Quelle: Übertragungsnetzbetreiber

## Wasserstoff-Kernnetz (Juli 2023)



- Kreisscharfe Ein- und Ausspeisung
  - Einspeisung
  - Ausspeisung
- Umstellungsleitung
- - - Neubauleitung
- · - · - Beispiel für Transportalternativen

Quelle: NEP (2023), FNB Gas (2023)

# Danke.

Prof. Dr. Andreas Löschel  
Twitter andreasloeschel  
Mail andreas@loeschel.eu  
Internet www.loeschel.eu

## ENERGIE DER ZUKUNFT Kommission zum Monitoring-Prozess

Prof. Dr. Andreas Löschel (Vorsitzender)  
Prof.in Dr. Veronika Grimm  
Dr. Felix Matthes  
Prof.in Dr. Anke Weidlich

Expertenkommission zum Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft“

## Stellungnahme zum Strommarktdesign und dessen Weiterentwicklungsmöglichkeiten

Berlin · Bochum · Freiburg · Nürnberg, Februar 2023

- Prof. Dr. Andreas Löschel (Vorsitzender)
- Prof.in Dr. Veronika Grimm
- Dr. Felix Matthes
- Prof.in Dr. Anke Weidlich

<https://www2.wiwi.rub.de/stellungnahme-zum-strommarktdesign-und-dessen-weiterentwicklungsmoeglichkeiten/>