



WISE Jahreskonferenz. TH Köln.

Integrierte Stromsystemoptimierung

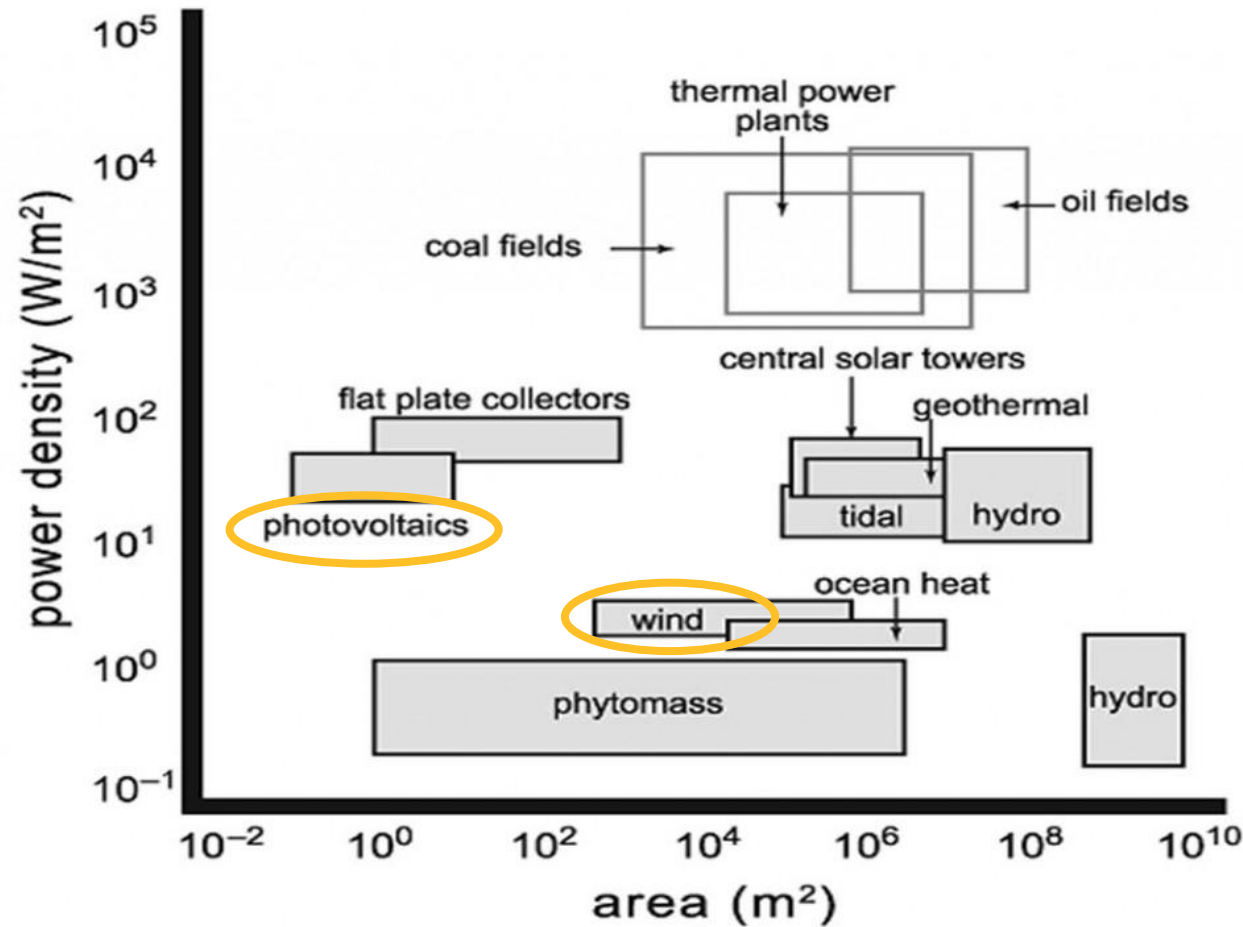
Herausforderungen und Ansätze

Marc Oliver Bettzüge

Institute of Energy Economics at the University of Cologne (EWI) gGmbH

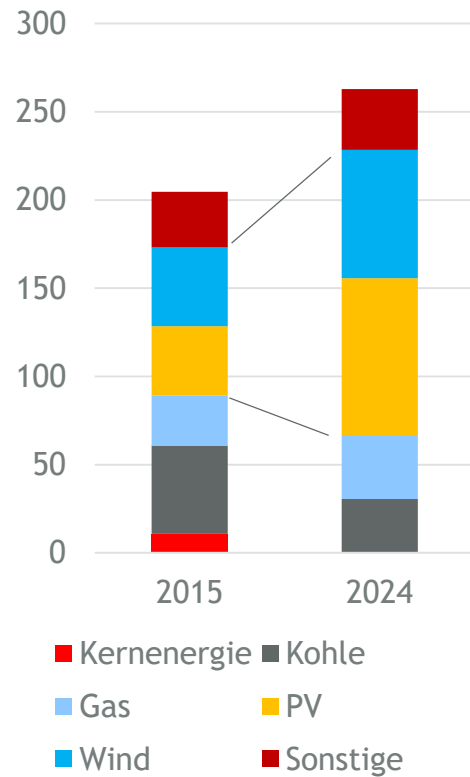
24. Juni 2026

Geringe räumliche Energiedichte von Solar und Wind als (eine) Schlüsselherausforderung der deutschen Energiestrategie



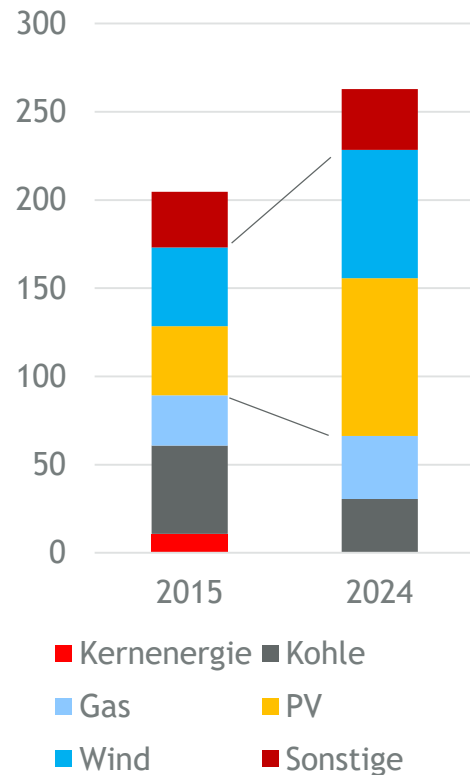
Graphik aus: Vaclav Smil: Energy Transitions: History, Requirements, Prospects (Praeger: 2010).

Nettonennleistung, GW

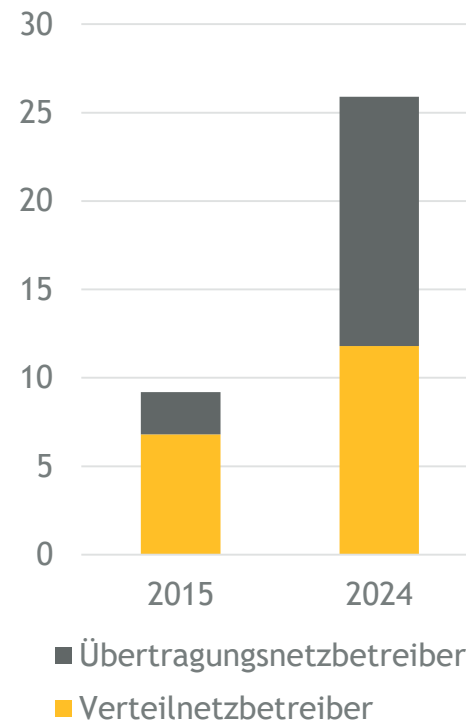


Quellen: BDEW (2025), , Monitoringbericht 2025, Smard (2026)

Nettonennleistung, GW

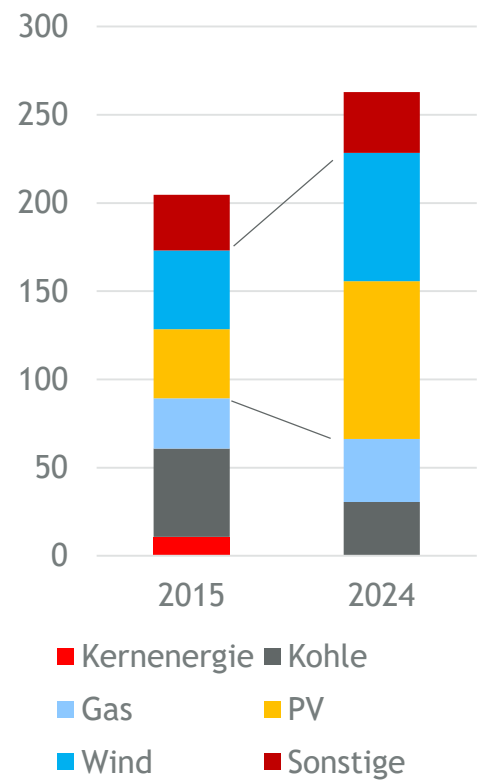


Invest.+Aufw., Mio. EUR

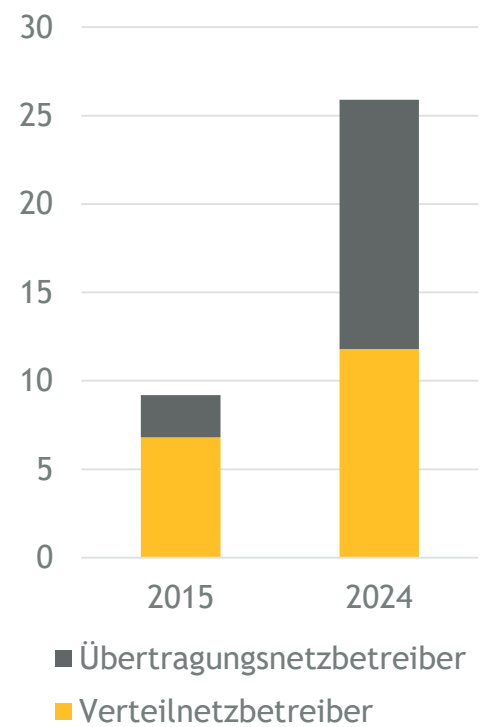


Quellen: BDEW (2025), , Monitoringbericht 2025, Smard (2026)

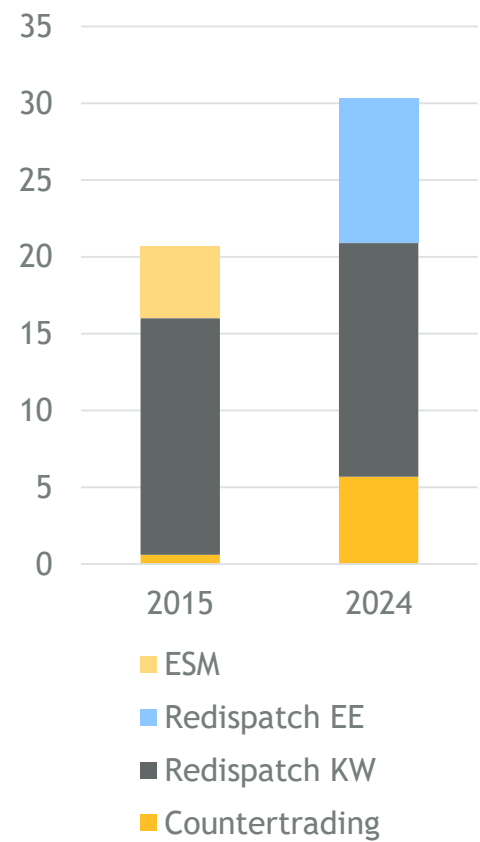
Nettonennleistung, GW



Invest.+Aufw., Mio. EUR



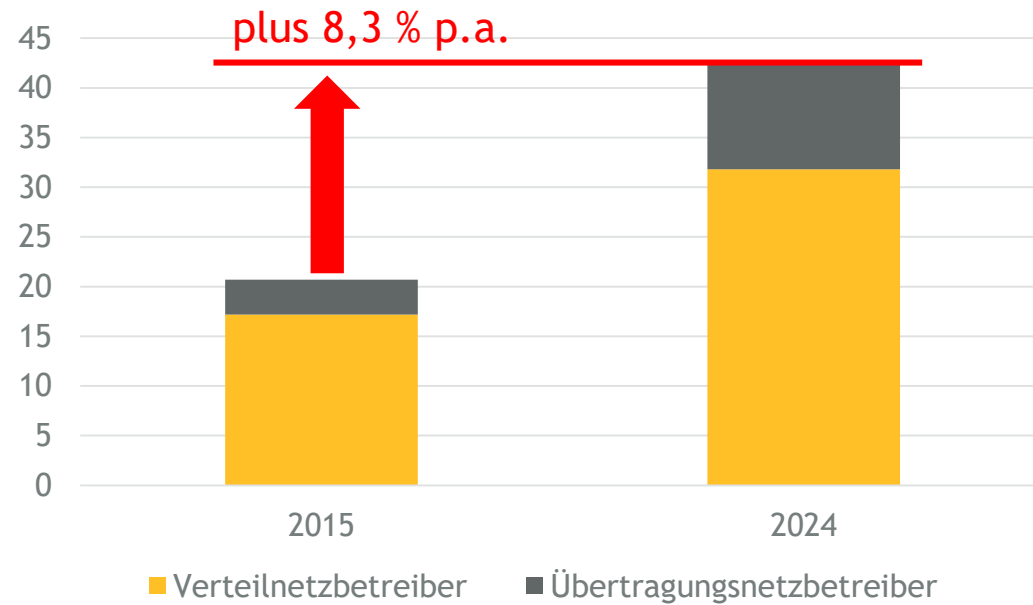
Netzengpassmgmt. DE, TWh



Quellen: BDEW (2025), , Monitoringbericht 2025, Smard (2026)

Wirtschaftlichkeit des deutschen Energienetzes zunehmend fraglich

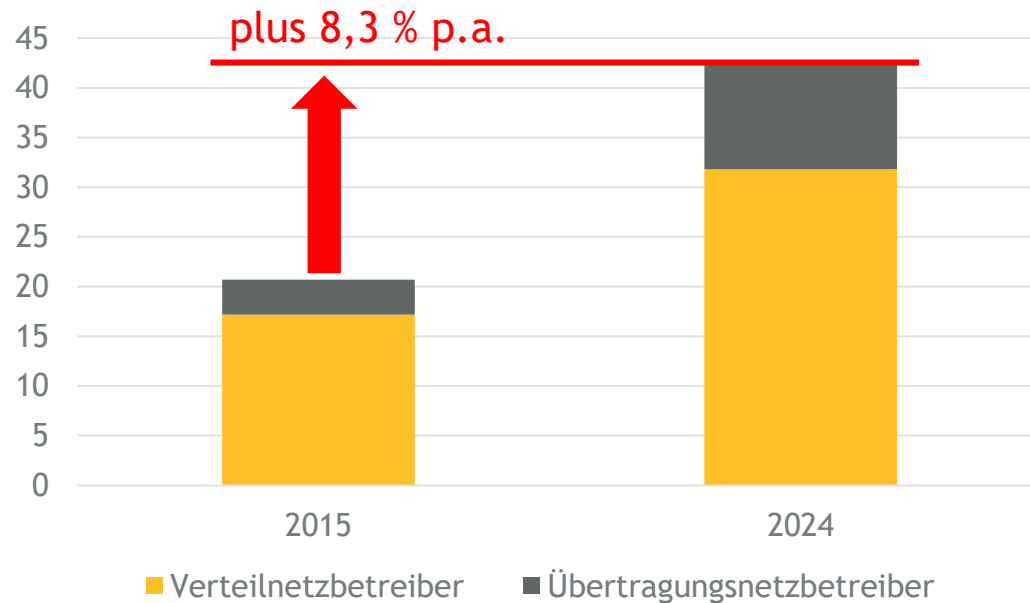
Erlösobergrenzen, Mrd. EUR



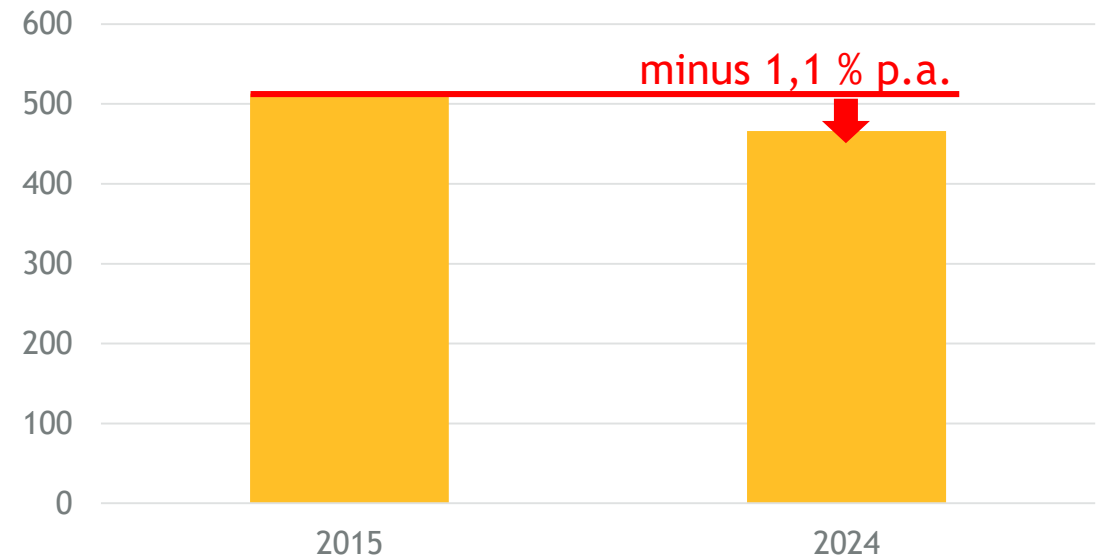
Quellen: BNetzA Monitoringbericht 2024, EWI (2026)

Wirtschaftlichkeit des deutschen Energienetzes zunehmend fraglich

Erlösobergrenzen, Mrd. EUR



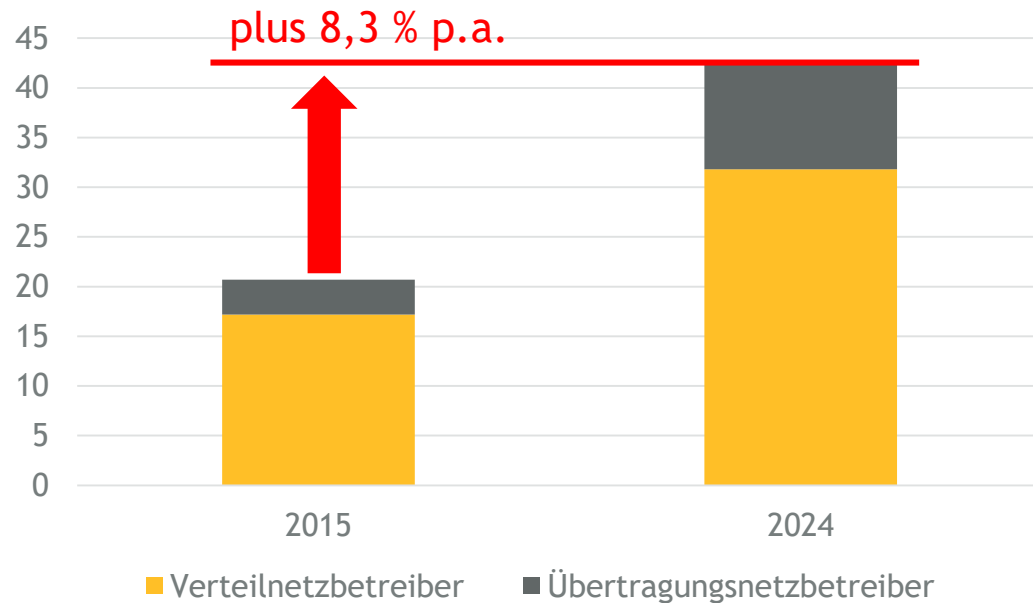
Netzlast, TWh



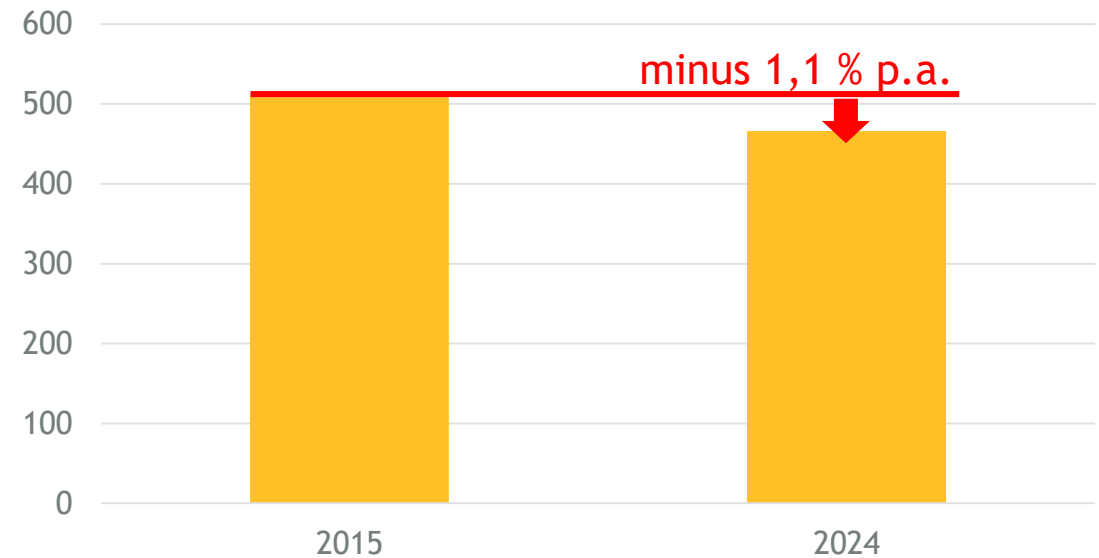
Quellen: BNetzA Monitoringbericht 2024, EWI (2026)

Wirtschaftlichkeit des deutschen Energienetzes zunehmend fraglich

Erlösobergrenzen, Mrd. EUR



Netzlast, TWh

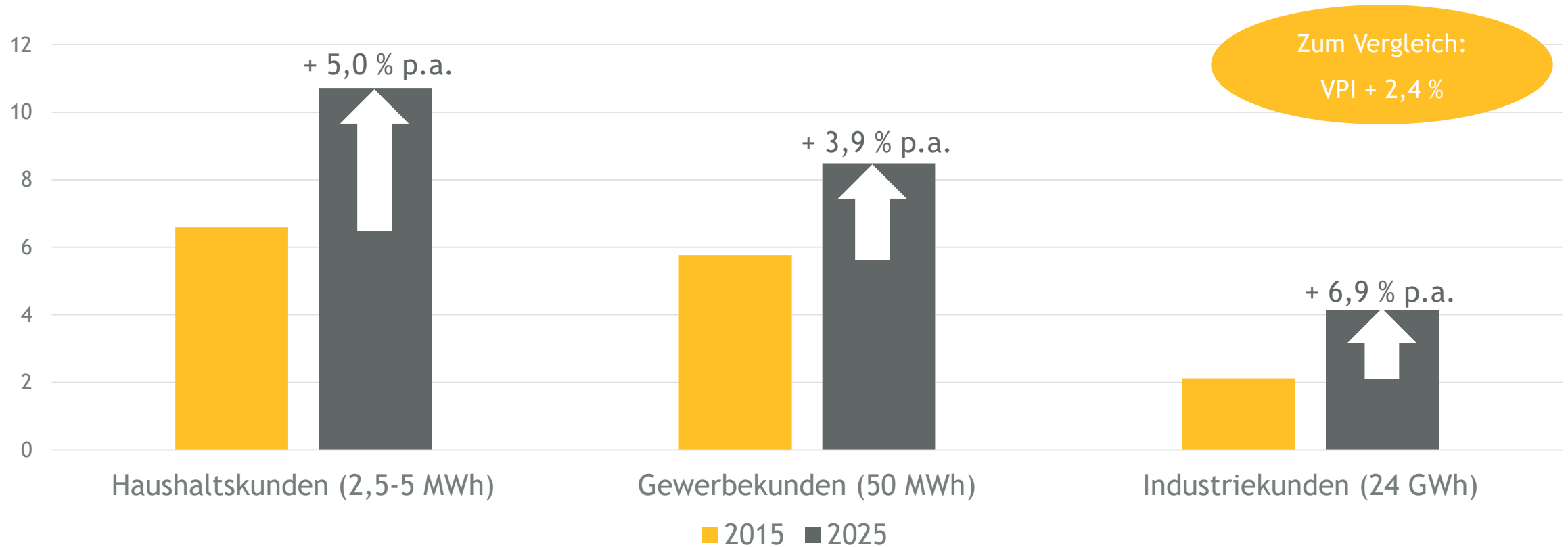


Reale Ausgaben für das Netz mehr als verdoppelt: 3,3 €ct₂₀₂₄/kWh (Ø2010-2014) -> 7,0 €ct₂₀₂₄/kWh (Ø2020-2024)

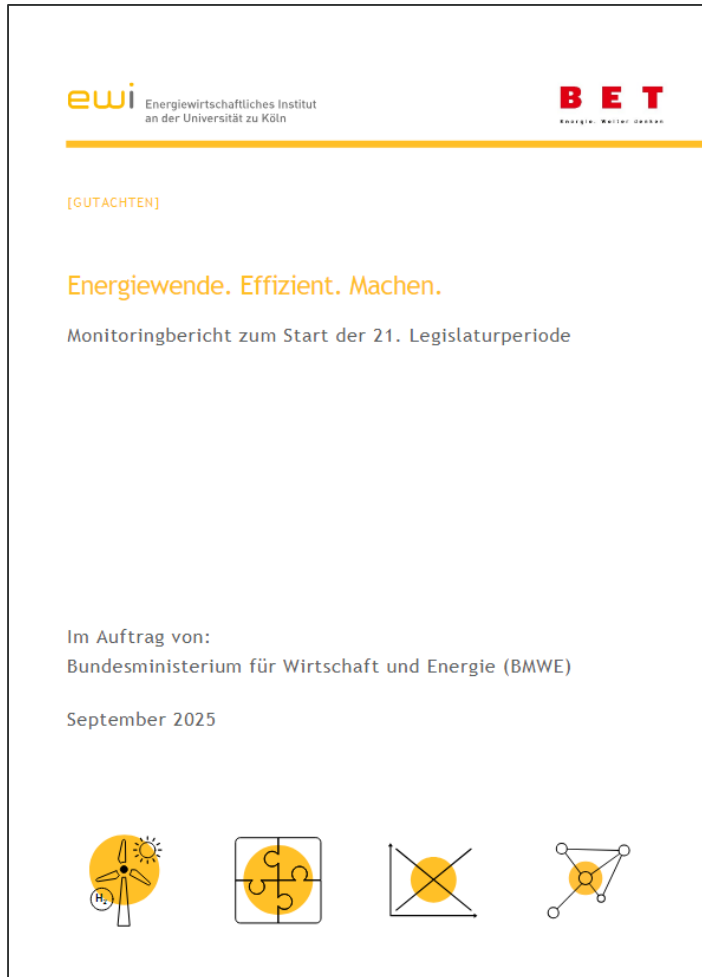
Quellen: BNetzA Monitoringbericht 2024, EWI (2026)

Deutliche Erhöhung der Netznutzungsentgelte

Netzentgelte für Strom (inkl. Messstellenbetrieb), Deutschland, €ct/kWh



Quelle: BNetzA & BKartA, Monitoringbericht 2025



Bestandsaufnahme

- Strombedarfsprojektionen
- EE-Ausbau
- Netzausbau
- Versorgungssicherheit
- Wasserstoff-Hochlauf
- Digitalisierung

Hinweis

- *Fehlen ganzheitlicher Planungsgrundlagen*

Fokus: Netzkosten

Handlungsoptionen (in bestehender Zielarchitektur)

- Räumliche Koordination
- Anreizinstrumente
- Einbindung Flexibilität
- Netzdimensionierung
- Netzinvestitionen
- Versorgungssicherheit
- Digitalisierung

Empfehlung

- *Erstellung ganzheitlicher Planungsgrundlagen*

#1

Die Optimierung von Netzanschlussleistung kann beim Ausbau erneuerbarer Energien (EE) zu höherer Kosteneffizienz führen.

#1

Die Optimierung von Netzanschlussleistung kann beim Ausbau erneuerbarer Energien (EE) zu höherer Kosteneffizienz führen.

#2

Die optimierte Netzanschlussleistung hängt von regionalspezifischen EE-bedingten Netzausbaukosten ab.

#1

Die Optimierung von Netzanschlussleistung kann beim Ausbau erneuerbarer Energien (EE) zu höherer Kosteneffizienz führen.

#2

Die optimierte Netzanschlussleistung hängt von regionalspezifischen EE-bedingten Netzausbaukosten ab.

#3

Durch die gemeinsame Optimierung von Netzanschlüssen von PV und Wind können weitere Effizienzgewinne erzielt werden.

#1

Die Optimierung von Netzanschlussleistung kann beim Ausbau erneuerbarer Energien (EE) zu höherer Kosteneffizienz führen.

#2

Die optimierte Netzanschlussleistung hängt von regionalspezifischen EE-bedingten Netzausbaukosten ab.

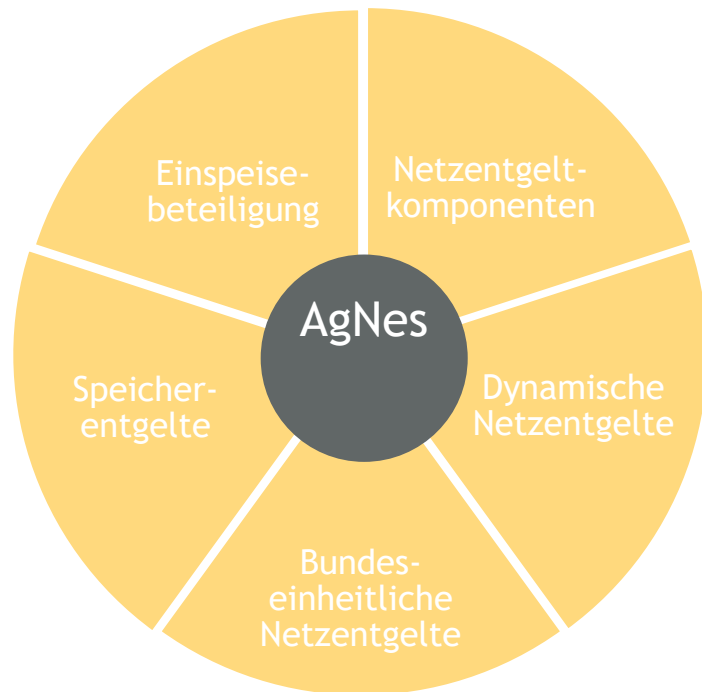
#3

Durch die gemeinsame Optimierung von Netzanschlüssen von PV und Wind können weitere Effizienzgewinne erzielt werden.

#4

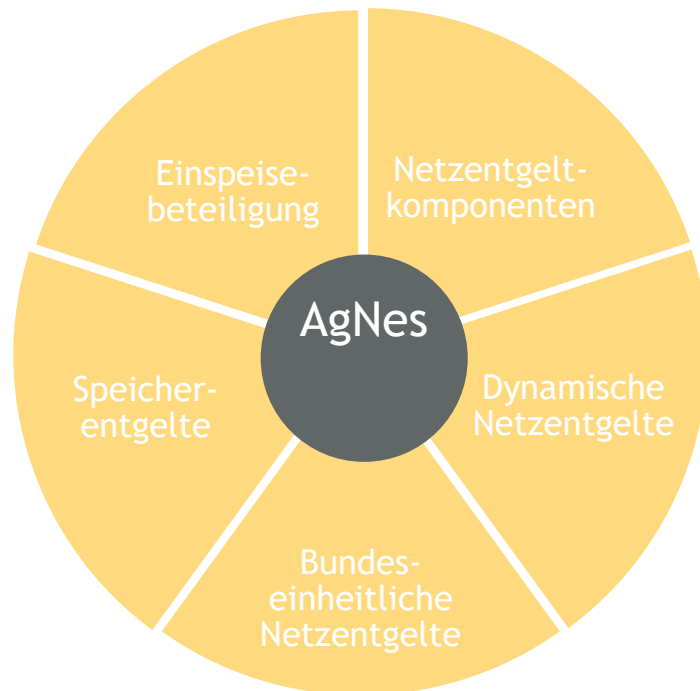
In der Praxis gibt es verschiedene Implementierungsoptionen, die jeweils Verteilungseffekte mit sich bringen.

Reform Netzentgeltsystematik



1: BMW (2026). Referentenentwurf des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Energiewirtschaftsrechts zur Synchronisierung des Anlagenzubaus mit dem Netzausbau sowie zur Verbesserung des Netzanschlussverfahrens. | 2: Umfassende Wohlfahrtseffekte sind nicht Teil dieser Kurzanalyse.

Reform Netzentgeltsystematik



Mögliche Anpassungen bei EEG und Netzanschluss

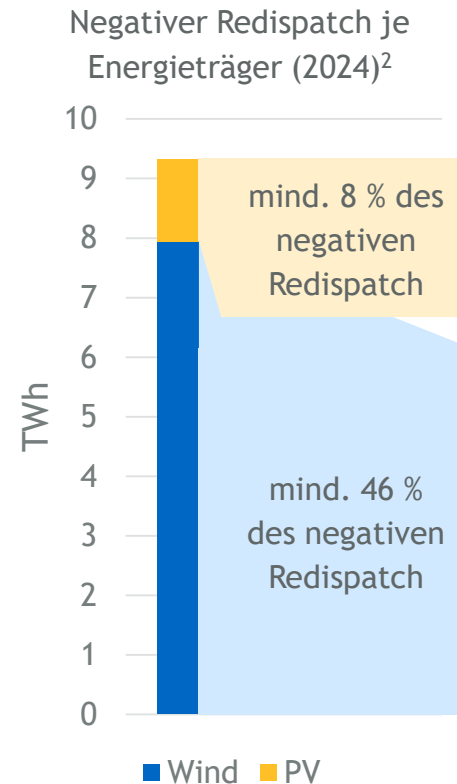
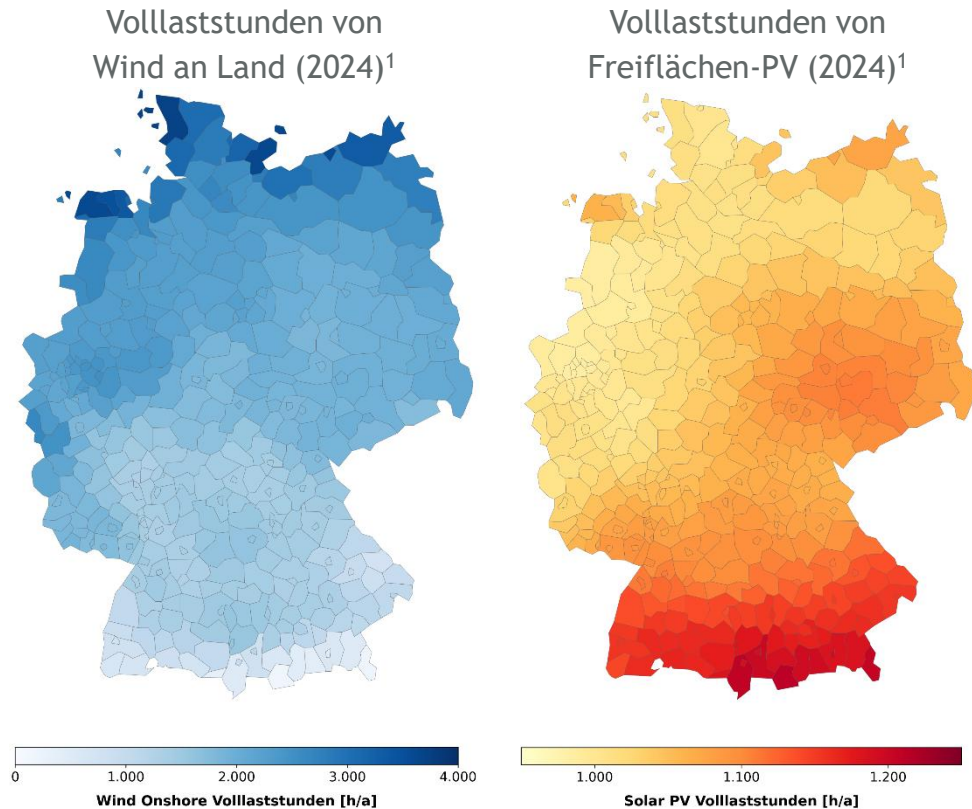
- Der Referentenentwurf „Netzpaket“¹ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWE) soll den Zubau von erneuerbaren Energien (EE) mit dem Netzausbau synchronisieren.
- Eine Maßnahme ist der so genannte „Redispatch-Vorbehalt“ (RDV). Mit diesem könnten Netzbetreiber Netzgebiete für bis zu zehn Jahre als „kapazitätslimitiert“ ausweisen, wenn die Abregelung im Vorjahr 3 Prozent der technisch möglichen Einspeisung überstieg (Gesetzesentwurf § 14 Abs. 1d EnWG-E).
- Neuanlagen in diesen Regionen erhalten gemäß § 13a Abs. 6 EnWG-E i. V. m. § 8 Abs. 4 EEG-E keinen finanziellen Ausgleich für Redispatch-Maßnahmen, sofern sie zur Beschleunigung ihres Anschlusses vertraglich auf diese Entschädigung verzichten.
- Alternativ und ergänzend werden auch Baukostenzuschüsse (BKZ) diskutiert.

1: BMWE (2026). Referentenentwurf des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Energiewirtschaftsrechts zur Synchronisierung des Anlagenzubaues mit dem Netzausbau sowie zur Verbesserung des Netzanschlussverfahrens. | 2: Umfassende Wohlfahrtseffekte sind nicht Teil dieser Kurzanalyse.

Unzureichende regionale Steuerungssignale beim EE-Ausbau erhöhen Netzausbau- und Redispatchbedarf.

Es besteht ein Zusammenhang zwischen regionalen EE-Volllaststunden und Redispatch.

Beschreibung

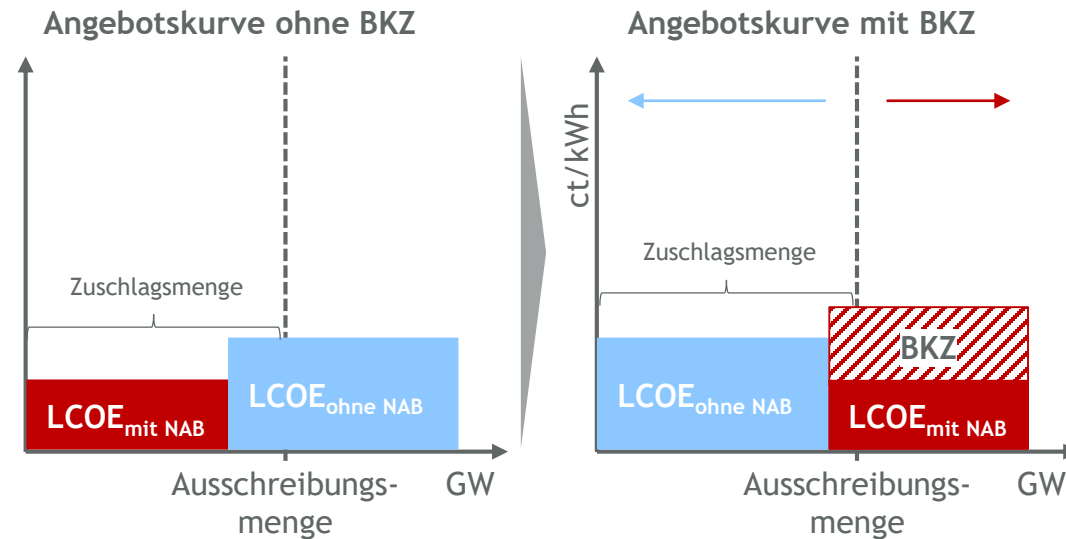


- Der Zubau von **Wind an Land** konzentriert sich auf **Nord- und Ostdeutschland**, während **Freiflächen-PV** vornehmlich in **Süddeutschland** zugebaut werden³. Dies hängt maßgeblich mit **höheren Volllaststunden (VLS) der jeweiligen Technologien** in diesen Regionen zusammen.
- Während lastferner Zubau in windstarken Regionen eng mit Redispatch im Übertragungsnetz zusammenhängt, tritt Redispatch im Verteilnetz zunehmend durch PV auf⁴. Die **fehlende räumliche Investitionssteuerung von erneuerbaren Energien (EE)** erhöht systemische Ineffizienzen insbesondere durch Netzausbau- und Redispatchkosten^{5,6}.
- Es wird vereinfachend unterstellt, dass die LCOE an Standorten mit NAB strukturell geringer als an Standorten ohne NAB sind⁷.

1: ERA5 Wetterdatenschätzung (Copernicus, [2026](#)) basierend auf Lindner et al. ([2025](#)) und Brown et al. ([2026](#)) | 2: BNetzA ([2025a](#)) | 3: BNetzA ([2026a](#)) | 4: BNetzA ([2025b](#)) | 5: FfE ([2026](#)) | 6: EWI & BET ([2025](#)) | 7: Hohe Volllaststunden sind nicht automatisch vollumfänglich mit höherem Redispatch verbunden; weitere Einflussfaktoren sind die regionale Verteilung der Nachfrage und die tatsächlich vorhandene Netzinfrastruktur.

Regionale BKZ für Erzeuger gleichen die LCOE von Standorten mit und ohne Netzausbaubedarf an.

BKZ erhöhen LCOE von Standorten mit Netzausbaubedarf



Standorte ohne
Netzausbaubedarf

$$LCOE = \frac{\text{Annualisierte jährliche Kosten}}{\text{Jährliche Volllaststunden}}$$

Standorte mit
Netzausbaubedarf

$$LCOE = \frac{\text{Annualisierte jährliche Kosten} + \text{BKZ}}{\text{Jährliche Volllaststunden}}$$

Beschreibung

- Ausgangspunkt des Gutachtens ist die Angebotskurve der EEG-Ausschreibungen in der Projekte nach steigenden LCOE geordnet werden. Annahmegemäß bieten Investoren für Standorte mit NAB (**rote Balken**) aufgrund höheren VLS zu niedrigeren Geboten in den EEG-Ausschreibungen, als für Standorte ohne NAB (**blaue Balken**)¹. Ohne räumliche Steuerung wird der EE-Zubau daher dort im Förderregime bezuschlagt, wo die LCOE am niedrigsten sind - typischerweise ertragsstarke, aber Standorte mit Netzausbaubedarf (siehe linke Abbildung).
- Ein **regional differenzierter BKZ** fließt als kapazitative, über die gesamte Betriebsdauer vollständig kalkulierbare Einmalzahlung als zusätzliche Kosten in die LCOE der Standorte mit Netzausbaubedarf ein. Diese müssen daher **höhere Gebote** einreichen, um ihre Kapitalkosten zu decken.² Wird der BKZ ausreichend hoch gesetzt, dass er die betriebswirtschaftlichen **Vorteile einer höheren Auslastung kompensiert**, internalisieren die Anlagen ihre Netzdienlichkeit, sodass Standorte ohne Netzausbaubedarf (**blaue Balken**) eher bezuschlagt werden (siehe rechte Abbildung).

1: In Fördermodellen mit zweiseitigen CfDs entsprechen die Gebote den LCOE bei perfektem Wettbewerb. | 2: Alternativ ließe sich dieselbe Wirkung auch über ein ertragsseitiges Iso-Rendite-Modell darstellen.

Fazit: Integrierte Stromsystemoptimierung Schlüssel für Kosteneffizienz

1

„So wenig Netzausbau wie möglich, aber nicht weniger.“

Fazit: Integrierte Stromsystemoptimierung Schlüssel für Kosteneffizienz

1

„So wenig Netzausbau wie möglich, aber nicht weniger.“

2

Netzorientierung wichtige Einflussgröße für räumliche Allokation.

Fazit: Integrierte Stromsystemoptimierung Schlüssel für Kosteneffizienz

1

„So wenig Netzausbau wie möglich, aber nicht weniger.“

2

Netzorientierung wichtige Einflussgröße für räumliche Allokation.

3

Überbauung, Ko-Lokation von Flexibilität und Anlagenkonfiguration wichtige Hebel zur Kostendämpfung.

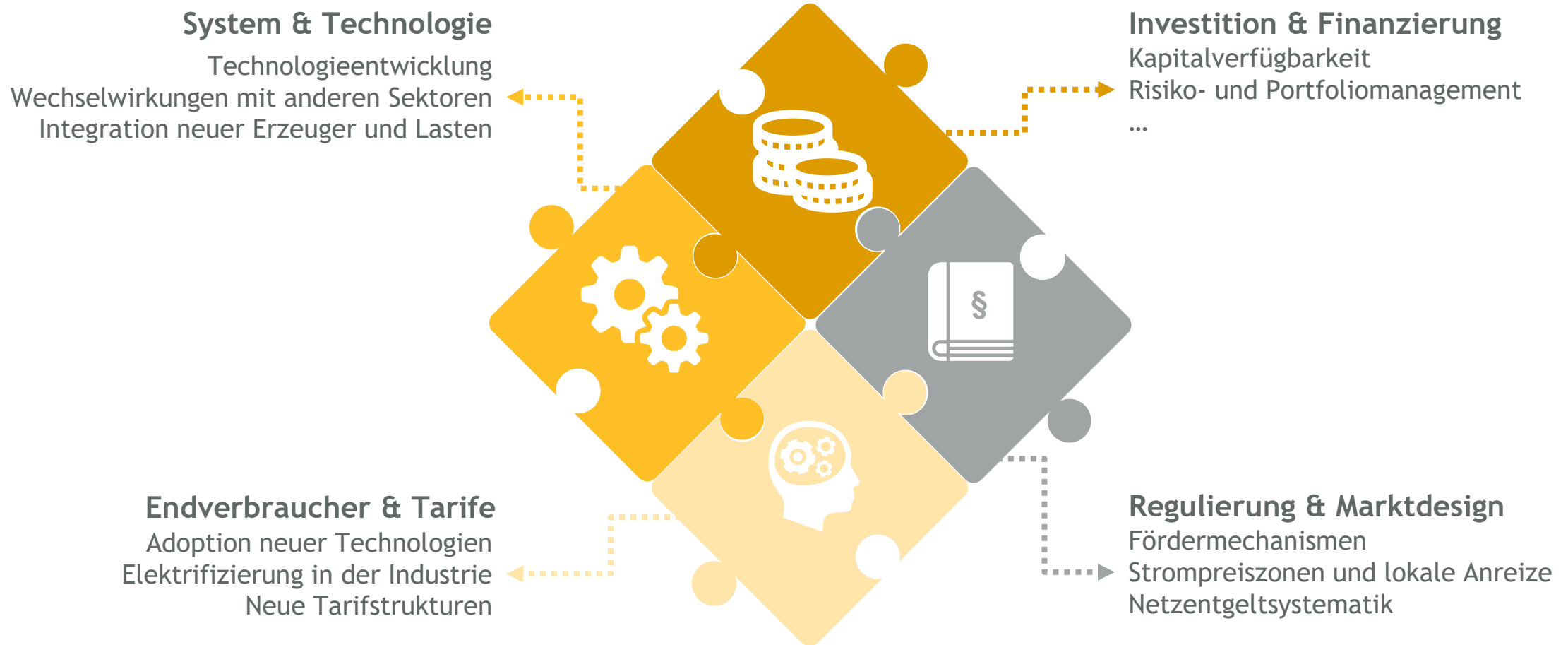
Fazit: Integrierte Stromsystemoptimierung Schlüssel für Kosteneffizienz

- 1 „So wenig Netzausbau wie möglich, aber nicht weniger.“
- 2 Netzorientierung wichtige Einflussgröße für räumliche Allokation.
- 3 Überbauung, Ko-Lokation von Flexibilität und Anlagenkonfiguration wichtige Hebel zur Kostendämpfung.
- 4 Optimale Gestaltung der Regulierung work-in-progress - viele Abwägungen erforderlich.

Fazit: Integrierte Stromsystemoptimierung Schlüssel für Kosteneffizienz

- 1 „So wenig Netzausbau wie möglich, aber nicht weniger.“
- 2 Netzorientierung wichtige Einflussgröße für räumliche Allokation.
- 3 Überbauung, Ko-Lokation von Flexibilität und Anlagenkonfiguration wichtige Hebel zur Kostendämpfung.
- 4 Optimale Gestaltung der Regulierung work-in-progress - viele Abwägungen erforderlich.
- 5 More research is needed. 😊

Eine ganzheitliche Perspektive





EWI - Eine Wissensfabrik

Das EWI ist gemeinnützig und versteht sich als Wissensfabrik mit dem Ziel, neues Wissen über zunehmend komplexe Energiemärkte zu schaffen, zu verbreiten und nutzbar zu machen.

Forschungs- und Beratungsprojekte

Das EWI forscht und berät zu zunehmend komplexen Energiemärkten - praxisnah, energieökonomisch fundiert und agenda-neutral.

Neuste volkswirtschaftliche Methoden

Das EWI analysiert den Wandel der Energiewelt mit neusten volkswirtschaftlichen Methoden und detaillierten computergestützten Modellen.

EWI Academy

Das EWI bietet Trainings zu aktuellen energiewirtschaftlichen Themen für Unternehmen, Politik, NGOs, Verbände sowie Ministerien an.

KONTAKT

 Berit Hanna Czock
berit.czock@ewi.uni-koeln.de

 <https://www.ewi.uni-koeln.de>

 @ewi_koeln

 EWI - Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln