

# DER BEITRAG VON KWK ZU EINER GESICHERTEN, BEZAHLBAREN UND CO<sub>2</sub>-ARMEN ENERGIEVERSORGUNG

Eine Kurzstudie im Auftrag von Zukunft Gas e.V.

02. DEZEMBER 2024

Autoren:  
Dr. David Bothe  
Dr. Matthias Janssen  
Christoph Nodop  
Julian Bauer

[WWW.FRONTIER-ECONOMICS.COM](http://WWW.FRONTIER-ECONOMICS.COM)

# Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
<b>1 Einleitung</b>	<b>8</b>
1.1 Vorstudie von 2022 hat bereits Potenziale von KWK identifiziert	8
1.2 Auftrag: Zusatzanalysen der Rolle von KWK in einem klimaneutralen Energiesystem vor dem Hintergrund der Entwicklungen seit 2022	9
1.3 Aufbau der Kurzstudie	9
<b>2 Beitrag der KWK zur Versorgungssicherheit</b>	<b>11</b>
2.1 Aufgrund des Kernkraft- und Kohleausstiegs zeichnet sich bis 2030 eine signifikante Kapazitätslücke im Strommarkt ab	11
2.2 KWK soll gemäß Bundesregierung einen entscheidenden Beitrag zur Schließung der Kapazitätslücke leisten	13
2.3 Schon heute stellen KWK-Anlagen mehr als 60 % der gesicherten Leistung in Deutschland	13
2.4 Zukünftig dürfte die Bedeutung von KWK für die gesicherte Leistung steigen, jedoch ist 75 % der KWK-Leistung älter als 10 Jahre	15
<b>3 Beitrag der KWK zur bezahlbaren Energieversorgung</b>	<b>18</b>
3.1 KWK-Anlagen sind schwerpunktmäßig verbrauchsnahe und wirken der Engpassdynamik im Übertragungsnetz entgegen	19
3.2 Fallstudie: Beitrag von KWK-Anlagen für Redispatch-Maßnahmen in Baden-Württemberg	20
3.3 Ein Großteil der KWK-Anlagen ist an das Verteilnetz angeschlossen und hilft so den Netzausbaubedarf zu optimieren	21
3.4 Fallstudie: 12 % KWK-Leistung werden vom verarbeitenden Gewerbe betrieben	22
<b>4 Beitrag der KWK zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Energiesystem</b>	<b>25</b>
4.1 KWK-Erzeugung ist zu einem steigenden Anteil erneuerbar und hat ein großes Potenzial für weitere Treibhausgasreduktionen	25
4.2 Die KWK ist eine Technologie mit hoher ökologischer Effizienz	28
<b>5 Fazit und Handlungsempfehlungen</b>	<b>32</b>

5.1	Kernergebnisse der Kurzstudie	32
5.2	Handlungsempfehlungen	34
<b>Annex A</b>		<b>36</b>
A.1	Beschreibung des verwendeten Datensatzes	36
A.2	Weitere Fallstudien zur Verwendung von KWK-Anlagen im verarbeitenden Gewerbe	36
A.3	Details der Berechnung des Potenzials zur Reduktion von THG von KWK-Anlagen	41

## ZUSAMMENFASSUNG

### Transformation des Energiesystems birgt große Herausforderungen

Das Energiesystem unterliegt auf dem Weg zur Klimaneutralität einem grundlegenden Wandel. Zunehmender Strombedarf durch Elektrifizierung von Energieverbräuchen in Industrie, Mobilität und Wärme bei gleichzeitigem Wegfall bestehender Kohle- und Kernkraftwerke und Zunahme dargebotsabhängiger erneuerbarer Stromerzeugung stellt die deutsche Stromversorgung vor große Herausforderungen hinsichtlich Versorgungssicherheit und Bezahlbarkeit. Die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung steckt noch weitgehend in den Kinderschuhen und bedarf einer erheblichen Beschleunigung, um die Klimaziele zu erreichen.

### Studie untersucht möglichen Beitrag von KWK zur Energietransformation

In dieser Kurzstudie analysieren wir, welche Rolle die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung in Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) zur Lösung dieser Herausforderungen spielen kann.

Die Untersuchung basiert auf den Erkenntnissen der Frontier-Studie „*Das Potenzial der KWK für die Transformation zur klimaneutralen Energieversorgung*“ aus dem Jahr 2022<sup>1</sup>, die in den wesentlichen Zügen weiterhin gültig sind, und berücksichtigt politische, regulatorische und marktliche Veränderungen seit 2022. Es zeigt sich, dass KWK auf alle drei Ziele des energiewirtschaftlichen Zieldreiecks – Versorgungssicherheit, Bezahlbarkeit und Klimaschutz – einzahlen kann und die Wichtigkeit dieses Beitrags seit 2022 zugenommen hat.

### KWK kann einen essenziellen Beitrag zur Versorgungssicherheit leisten

Eine zentrale Herausforderung im deutschen Stromsystem ist die prognostizierte Kapazitätslücke in Folge von Elektrifizierung von Energieverbräuchen bei gleichzeitigem Wegfall steuerbarer Erzeugungsleistung durch Kernenergie- und Kohleausstieg. Der Versorgungssicherheitsbericht der Bundesnetzagentur (BNetzA) prognostiziert einen Bedarf des Neubaus von steuerbaren Stromerzeugungsanlagen mit einer elektrischen Leistung von 17–21 GW bis 2031.<sup>2</sup>

Heute stellen KWK-Anlagen über 60 % (61 GW) der gesicherten Stromerzeugungsleistung in Deutschland. Zukünftig werden der KWK-Anteil sowie die absolute Stromerzeugungsleistung von KWK-Anlagen ansteigen: Sowohl der Versorgungssicherheitsbericht der BNetzA als auch das Optionenpapier des BMWK<sup>3</sup> gehen davon aus, dass ein substanzieller Anteil des

---

<sup>1</sup> Frontier Economics (2022): „Das Potenzial der KWK für die Transformation zur klimaneutralen Energieversorgung“ (Juli 2022), Studie für Zukunft Gas, [Link](#).

<sup>2</sup> Bundesnetzagentur (2023): Versorgungssicherheitsbericht Strom, [Link](#).

<sup>3</sup> BMWK (2024): Strommarkt der Zukunft, S. 56, [Link](#).

identifizierten Bedarfs von Kraftwerksneubauten durch den Neubau von KWK-Anlagen bereitgestellt wird.

Zudem wird es darauf ankommen, dass bestehende KWK-Anlagen, zunehmend mit erneuerbaren und emissionsarmen Brennstoffen (s.u.), weiterbetrieben werden. Viele bestehende KWK-Anlagen sind allerdings in die Jahre gekommen – rund 75 % der installierten KWK-Leistung ist älter als 10 Jahre – und erfordern Ertüchtigungsinvestitionen, um eine fortlaufende verlässliche Strom- und Wärmeerzeugung sicherzustellen.

### **KWK hilft eine bezahlbare Energieversorgung zu ermöglichen**

KWK kann zudem einen wichtigen Beitrag für die Bezahlbarkeit von Energie leisten. Zum einen tragen KWK-Anlagen zu einem optimierten Stromnetzausbau bei. So liegen KWK-Anlagen überwiegend lastnah und südlich des wesentlichen Engpasses im deutschen Stromübertragungsnetz. Sie helfen so den Ausbaubedarf im Stromübertragungsnetz zu reduzieren. Ihr Einsatz im Rahmen von Redispatchmaßnahmen hilft im Stromübertragungsnetz schon heute die Netzstabilität zu gewährleisten. Darüber hinaus sind KWK-Anlagen zu einem überwiegenden Teil dezentral im Stromverteilnetz angeschlossen: rund zwei Drittel der Leistung (67 %) und über 99 % der Anlagen. Dadurch verringert sich die Notwendigkeit, Energie über lange Strecken zu transportieren und somit auch der Ausbaubedarf der Strom- und Wärmenetze.

Da der Betrieb von KWK-Anlagen – ein entsprechendes Anlagensetting mit Stromleistungsüberbau und Wärmespeichern vorausgesetzt – flexibel angepasst werden kann, bieten KWK-Anlagen die Möglichkeit, Stromspitzenlasten abzufangen und Lastspitzen im Stromnetz auszugleichen. Dies trägt zur Stabilität des Stromnetzes bei und senkt die Notwendigkeit für zusätzliche Stromnetzkapazitäten.

Dass KWK eine relevante Technologie für die Bereitstellung von Strom und Wärme zu wettbewerbsfähigen Preisen ist, unterstreicht zudem ihr Einsatz in der Industrie. So werden rund 7,5 GW elektrische KWK-Leistung von Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes betrieben – der Großteil hiervon in der energieintensiven Chemieindustrie.

### **KWK leistet einen substanziellen Beitrag zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen**

KWK ist zudem eine brennstoffvariable Erzeugungstechnologie und kann durch vermehrte Nutzung von erneuerbaren und emissionsarmen Energieträgern einen wichtigen Beitrag zur Treibhausgasreduktion leisten. So ist die CO<sub>2</sub>-Emissionsintensität der Strom- und Wärmeerzeugung aus KWK-Anlagen – trotz steigender Erzeugungsmengen – bereits seit dem Jahr 2003 um über 34 % gesunken. Dies ist insbesondere auf eine Reduktion des Brennstoffeinsatzes aus Braun- und Steinkohle bei zeitgleicher deutlicher Erhöhung der Erzeugung aus erneuerbaren Energien zurückzuführen.

Durch die sukzessive Substitution von fossilem Erdgas (rund 46 % des aktuellen KWK-Brennstoffeinsatzes) durch erneuerbare Brennstoffe hat KWK zudem ein großes Potenzial Treibhausgasemissionen weiter zu reduzieren.

Die KWK ist zudem eine Technologie mit hoher ökologischer Effizienz und kann durch die Verdrängung von ungekoppelter Strom- und Wärmeerzeugung den Brennstoffbedarf und damit auch Treibhausgasemissionen reduzieren: Bei vergleichbaren Brennstoffen ist der Brennstoffbedarf einer ungekoppelten Erzeugung 40 % größer als bei der Erzeugung durch eine KWK-Anlage. Je nach CO<sub>2</sub>-Emissionsintensität des Stromsystems ist Strom- und Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen auch emissionsärmer als die ungekoppelte Erzeugung von Strom und Erzeugung der Wärme in elektrischen Wärmepumpen.

Abbildung 1 fasst die Ergebnisse dieser Kurzstudie zusammen.

### Abbildung 1 Kernergebnisse der Kurzstudie

#### Gesicherte Leistung



- 1 Neue KWK-Anlagen sollen die Lücke an gesicherter Leistung im Strommarkt bis 2030 mit schließen – dies führt zu einem **KWK-Neubaubedarf von bis zu 10,5 GW**.
- 2 Schon heute besteht **ca. 60 % der gesicherten Leistung (61 GW)** im Strommarkt aus KWK-Anlagen.
- 3 Deutschlands KWK-Kraftwerkspark ist in die Jahre gekommen – **rund 75 % der installierten KWK-Leistung ist älter als 10 Jahre**.

#### Bezahlbarkeit



- 4 KWK-Anlagen sind schwerpunktmäßig verbrauchsnahe und wirken der Engpassdynamik im Übertragungsnetz entgegen. Sie helfen so kostenintensive Netzausbaubedarfe im Übertragungsnetz zu reduzieren.
- 5 **KWK-Anlagen sind in der Anzahl (99,9 %) und Leistung (67 %) zu einem Großteil** im Verteilnetz angeschlossen und können einen optimierten Stromnetzausbau ermöglichen.
- 6 **KWK-Anlagen stellen eine relevante Strom- und Wärme-Erzeugungstechnologie für einen wettbewerbsfähigen Strom- und Wärmebezug in der Industrie dar.**

#### Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen



- 7 Die KWK ist eine **brennstoffvariable Erzeugungstechnologie**. KWK-Anlagen können bei Verfügbarkeit CO<sub>2</sub>-arme und -freie Brennstoffe nutzen. Der Anteil von erneuerbaren Energien als KWK-Brennstoffeinsatz ist stark steigend und seit 2003 bereits von 7 % der gesamten Inputmengen auf 29 % im Jahr 2022 angestiegen.
- 8 KWK-Anlagen haben ihre **CO<sub>2</sub>-Intensität bereits signifikant senken können**. Die durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Intensität ist von 319 gCO<sub>2</sub>/kWh (2003) auf 209 gCO<sub>2</sub>/kWh (2022) gesunken – eine Reduktion von rund 35 %.
- 9 Die KWK ist eine Technologie mit **hoher ökologischer Effizienz** und kann durch die Verdrängung von ungekoppelter Strom- und Wärmeerzeugung den Brennstoffbedarf reduzieren.

Quelle: Frontier Economics

### Politische Rahmenbedingungen müssen angepasst werden, um das volle Potenzial von KWK-Anlagen für die Energietransformation zu realisieren

Damit bestehende Beiträge gesichert und weitere Potenziale gehoben werden können bedarf es einer Stärkung des regulatorischen Rahmens. Hierzu zählt die Verbesserung der Bedingungen für Investitionen in den Neubau sowie in die Erhaltung und Ertüchtigung von KWK-Anlagen, z.B. durch eine Verlängerung des KWVG sowie eine Anpassung der

## DER BEITRAG VON KWK ZU EINER GESICHERTEN, BEZAHLBAREN UND CO2-ARMEN ENERGIEVERSORGUNG

Ausschreibungsbedingungen und -mengen im KWKG. Auch muss ein zukünftig einzuführender Kapazitätsmarkt die Teilnahme von KWK-Anlagen ermöglichen. Zudem bedarf es Maßnahmen zur Sicherstellung der Verfügbarkeit ausreichender und wirtschaftlicher Biomethan- sowie erneuerbarer und emissionsarmer Wasserstoffmengen.

# 1 Einleitung

Das deutsche Energiesystem unterliegt auf dem Weg zur Klimaneutralität einem grundlegenden Wandel. Vor dem Hintergrund des Ausstiegs aus der Kernenergie und der Beendigung der Kohleverstromung befindet sich insbesondere der Kraftwerkspark für die steuerbare Erzeugung von Strom und Wärme in einem deutlichen Umbruch.

Bei der Transformation des Energiesystems spielt die KWK-Erzeugung eine wichtige Rolle. Die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bezeichnet die gleichzeitige Umwandlung von Energie in mechanische oder elektrische Energie und nutzbare Wärme innerhalb eines thermodynamischen oder elektrochemischen Prozesses. Die parallel zur Stromerzeugung produzierte Wärme wird zur Beheizung und Warmwasserbereitung oder für Produktionsprozesse genutzt. Für die Erzeugung der Strom- und Wärmemengen können in verschiedenen Kraftwerkstypen verschiedene Brennstoffe zum Einsatz kommen. Durch die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung bei gleichzeitiger Brennstoffvariabilität können KWK-Anlagen einen wichtigen Beitrag zur Transformation hin zu einer klimaneutralen Energieversorgung leisten.

## 1.1 Vorstudie von 2022 hat bereits Potenziale von KWK identifiziert

Das Potenzial der KWK wurde von Frontier Economics im Jahr 2022 in einer umfassenden Studie im Detail beleuchtet.<sup>4</sup> Die Vorgängerstudie kam zu folgenden Erkenntnissen:

- KWK-Anlagen leisten einen **wichtigen Beitrag zur Strom- und Wärmeversorgung**. So erzeugen sie etwa 22 % der Netto-Stromerzeugung und 17 % der benötigten Wärme in Deutschland (Stand 2022). Und auch zukünftig können und sollten diese Anlagen aufgrund ihrer Steuerbarkeit, effizienten Brennstoffnutzung und vielseitigen Einsatzmöglichkeiten eine relevante Rolle im deutschen Energiesystem spielen.
- KWK-Anlagen sind zu einer **flexiblen Fahrweise**, zum Beispiel zur Strom- und Wärme-Residuallastdeckung, fähig und tragen somit zur System- und Versorgungssicherheit bei.
- KWK-Anlagen können, zum Beispiel auf Basis von Biomethan oder grünem Wasserstoff, zu 100 % erneuerbar betrieben werden und damit zur **Reduktion der Treibhausgasemissionen beitragen**. Die KWK ist eine reine Erzeugungstechnologie, die nicht an bestimmte Brennstoffe, wie zum Beispiel Erdgas, gebunden.
- Für die Transformation der **Wärmeerzeugung** sind sowohl zentrale KWK (Fernwärme) als auch verbrauchsnahe KWK (Objekt-/Quartiersversorgung bzw. Industrierversorgung) ein wesentlicher Bestandteil.

---

<sup>4</sup> Frontier Economics (2022): „Das Potenzial der KWK für die Transformation zur klimaneutralen Energieversorgung“ (Juli 2022), Studie für Zukunft Gas, [Link](#).



## 1.2 Auftrag: Zusatzanalysen der Rolle von KWK in einem klimaneutralen Energiesystem vor dem Hintergrund der Entwicklungen seit 2022

Die Ergebnisse der umfassenden Frontier-Studie aus dem Jahr 2022 sind in den wesentlichen Zügen weiterhin gültig. Politische, regulatorische und marktliche Veränderungen haben zudem die Relevanz der KWK in Bezug auf eine gesicherte, bezahlbare und CO<sub>2</sub>-arme Energieversorgung weiter erhöht. So soll die KWK auch zukünftig einen wichtigen Beitrag bei der Bereitstellung gesicherter Leistung in Deutschland leisten und so den anvisierten Kohleausstieg bis 2030 ermöglichen. Explizite Aussagen zur Rolle des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes (KWKG) als zweite Säule neben dem Kraftwerkssicherheitsgesetz (KWStG) zur Schließung etwaiger Kapazitätslücken bis 2030 wurden seitens des Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) im Rahmen des Optionenpapiers zur Zukunft des deutschen Strommarktdesigns getätigt.<sup>5</sup> Zudem wurde durch die Grundsatzentscheidung des EuG zum KWKG im Januar 2024 festgestellt, dass Förderbestandteile des KWKG keine Beihilfe darstellen und damit auch keiner Beihilfegenehmigung seitens der EU-Kommission bedürfen. Des Weiteren wurde durch Verabschiedung des Gebäudeenergiegesetz (GEG) und des Wärmeplanungsgesetzes die politische Weichenstellung bezüglich der Fernwärme konkretisiert. Steigende Stromnetzkosten und die Diskussion zur Refinanzierung des Stromnetzausbaubedarfs haben das Thema einer bezahlbaren Energiewende wieder stärker auf die Agenda gebracht.

**Vor diesem Hintergrund hat Zukunft Gas e.V. in Kooperation mit dem Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e.V. (BKWK) und dem AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V. (AGFW) Frontier Economics mit einer Kurzstudie zur Aktualisierung beauftragt. Zudem sind ergänzende Analysen zum Beitrag von KWK-Anlagen zur Transformation zu einer klimaneutralen Energieversorgung durchzuführen. Die Analysen basieren im Wesentlichen auf einem umfassenden Datensatz zum KWK-Kraftwerkspark mit mehr als 87.000 Anlagen.**

## 1.3 Aufbau der Kurzstudie

Im vorliegenden Kurzbericht fassen wir die Erkenntnisse der Analysen zusammen:

- In **Kapitel 2** widmen wir uns dem Beitrag von KWK-Anlagen zur Versorgungssicherheit im deutschen Energiesystem;
- In **Kapitel 3** beleuchten wir den Beitrag von KWK-Anlagen zu einem optimierten Netzausbau zu einer wettbewerbsfähigen Energieversorgung der Industrie;
- In **Kapitel 4** legen wir dar, wie der Einsatz von KWK-Anlagen die Emissionen des deutschen Energiesystems reduzieren kann und so zur Reduktion der Treibhausgase im Energiesystem beiträgt; und

---

<sup>5</sup> BMWK (2024): Strommarktdesign der Zukunft, S. 56, [Link](#).

- Abschließend fassen wir in **Kapitel 5** die wesentlichen Erkenntnisse zusammen und leiten Handlungsempfehlungen ab.

## 2 Beitrag der KWK zur Versorgungssicherheit

### Die wichtigsten Erkenntnisse im Überblick

- Neue KWK-Anlagen sollen die Lücke an gesicherter Leistung im Strommarkt bis 2030 mit schließen – dies führt zu einem **KWK-Neubaubedarf von bis zu 10,5 GW**.
- Schon heute besteht **ca. 60 % der gesicherten Leistung (61 GW)** im Strommarkt aus KWK-Anlagen.
- Deutschlands KWK-Kraftwerkspark ist in die Jahre gekommen – **rund 75 % der installierten KWK-Leistung ist älter als 10 Jahre**

Der Wegfall bestehender Kohle- und Kernkraftwerke bei gleichzeitiger Zunahme der Variabilität der Strom- und Wärmeerzeugung durch den Ausbau von dargebotsabhängigen erneuerbaren Energien stellt das deutsche Energiesystem vor signifikante Herausforderungen hinsichtlich der Versorgungssicherheit.

Ein zentrales Element für eine bedarfsgerechte Energiebereitstellung in einem zunehmend dekarbonisierten Energiesystem wird die ausreichende Verfügbarkeit von gesicherter Stromerzeugungsleistung sowie Flexibilität sein. Diese kann in Zeiten von Nachfragespitzen und/oder geringer Erzeugung aus erneuerbaren Energien eine verlässliche Strom- und Wärmeversorgung gewährleisten.

Unter der Voraussetzung der Verfügbarkeit des jeweiligen Brennstoffs stellt die KWK eine Technologie mit einem hohen Grad an gesicherter Leistung dar, insbesondere in den Herbst- und Wintermonaten mit besonders hoher Energienachfrage. Durch Flexibilisierungsmaßnahmen, wie beispielsweise den Einsatz ergänzender Wärmespeicher, wird sie zudem perspektivisch vermehrt in der Lage sein, dem Wärme- und Strommarkt gesicherte und flexible Leistung zur Verfügung zu stellen.

Im Rahmen dieses Kapitels erfolgt eine Analyse des aktuellen und perspektivischen Beitrags der KWK zur Versorgungssicherheit, wobei ein Fokus auf dem Strommarkt liegt.

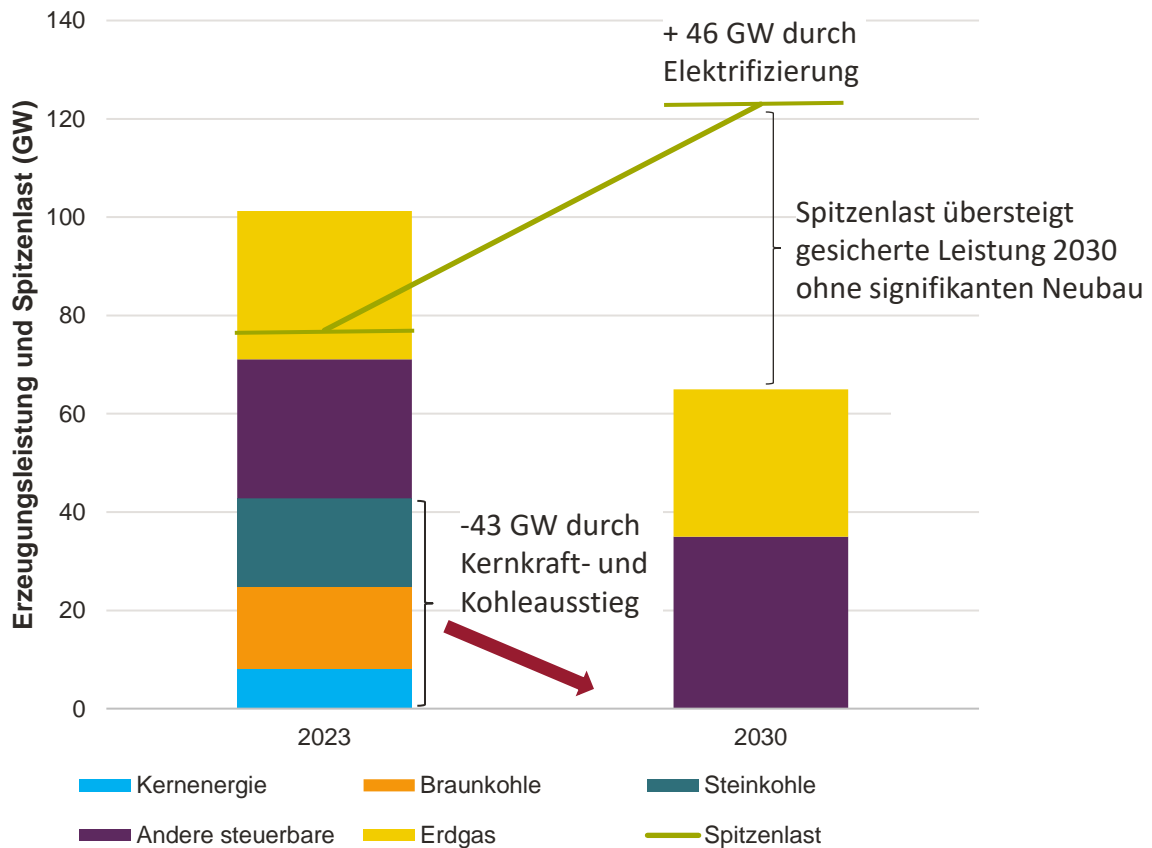
### 2.1 Aufgrund des Kernkraft- und Kohleausstiegs zeichnet sich bis 2030 eine signifikante Kapazitätslücke im Strommarkt ab

Eine der gegenwärtigen Herausforderungen im deutschen Energiesystem ist die prognostizierte Lücke zwischen Spitzenlast auf der einen Seite und verfügbarer steuerbarer Leistung auf der anderen Seite.

Diese Lücke entsteht durch zwei gegenläufige Entwicklungen: Zum einen steigt die erwartete Spitzenlast des Strombedarfs durch die zunehmende Elektrifizierung in den Bereichen Wärme, Verkehr und Industrie deutlich. Zum anderen verringert sich die verfügbare steuerbare Leistung durch das Ende der Kernenergie in Deutschland, den geplanten Ausstieg

aus der Kohleverstromung sowie das Ausscheiden alter (z. B. Erdgas-) Kraftwerke. Diese Entwicklung ist in Abbildung 2 dargestellt.

**Abbildung 2 Steuerbare Erzeugungskapazitäten und Spitzenlast in Deutschland, 2023 und Prognose für 2030**



Quelle: Frontier Economics auf Basis von Daten der Bundesnetzagentur (für 2023) sowie Zielen der Bundesregierung, u.a. KVVG (für 2030). Dabei ist vereinfachend angenommen, dass die im Jahr 2023 in Betrieb befindlichen Erdgas-Kraftwerke und sonstigen steuerbaren Anlagen auch 2030 weiterhin in Betrieb sind. Bezüglich des Kohleausstiegs wird analog zum Versorgungssicherheitsberichts der BNetzA angenommen, dass bis 2030 entsprechend der Ziele der Bundesregierung alle Kohlekraftwerke stillgelegt werden.

Hinweis: Die Lücke zwischen Spitzenlast und inländischer steuerbarer Erzeugungsleistung kann z.T. durch Importe, variable EE-Erzeugung, Speicher usw. gedeckt werden.

Ein Teil dieser Lücke zwischen Spitzenlast und inländischer steuerbarer Erzeugungsleistung kann durch die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien wie Wind und Photovoltaik, durch Speicher oder durch Importe gedeckt werden. Ein wesentlicher Teil der Lücke muss jedoch unbestritten durch den Neubau von gasbasierten Kraftwerken gedeckt werden. Der Versorgungssicherheitsbericht 2023 der Bundesnetzagentur (BNetzA) identifiziert

beispielsweise einen Bedarf von 17 bis 21 GW an neuen Kraftwerken bis 2030, um einen Kohleausstieg bis 2030 zu ermöglichen.<sup>6</sup>

### 2.2 KWK soll gemäß Bundesregierung einen entscheidenden Beitrag zur Schließung der Kapazitätslücke leisten

Um die sich abzeichnende Lücke an gesicherter Leistung zu schließen, soll gemäß Angaben des BMWK<sup>7</sup> auf zwei Instrumente zurückgegriffen werden:

- **Kraftwerkssicherheitsgesetz (KWSG):** Im Rahmen des KWSG erfolgt eine Ausschreibung von insgesamt 10,5 GW an neuen, steuerbaren Kraftwerken. Zusätzlich werden 2 GW an Retrofit-Maßnahmen an bestehenden Anlagen gefördert. Diese Anlagen sollen bis 2030 im Markt sein.<sup>8</sup>
- **Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG):** Als zweite Säule zur Bereitstellung ausreichender steuerbarer Leistung bis 2030 soll gemäß BMWK auf das Instrument des KWKG zurückgegriffen werden, das den Neubau von KWK-Anlagen fördert.<sup>9</sup> Das KWKG läuft in seiner aktuellen Fassung Ende 2026 aus. Aufgrund eines bisher unklaren Rechtsrahmens für die Zeit nach 2026, ist aktuell auch unklar, welcher Zubaubedarf aus dem KWKG explizit gefördert werden soll.

Unter den Annahmen, dass sich bis 2030 i) ein Zubaubedarf an neuen Kraftwerken an der oberen Grenze der BNetzA-Prognosen in Höhe von 21 GW<sup>10</sup> einstellt und ii) das KWSG bis 2030 den Zubau von 10,5 GW neuer steuerbarer Leistung anreizen wird, **stellt sich ein Neubaubedarf an KWK-Anlagen von bis zu 10,5 GW bis 2030 über das KWKG ein.** Können das KWSG und das KWKG die notwendigen Neubaubedarfe nicht anreizen, dann kann zwecks Gewährung der Versorgungssicherheit der anvisierte Kohleausstieg bis 2030<sup>11</sup> nicht vollendet werden.

### 2.3 Schon heute stellen KWK-Anlagen mehr als 60 % der gesicherten Leistung in Deutschland

Bereits heute trägt die KWK-Technologie zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit einen wesentlichen Beitrag bei. So haben in Deutschland Stand 2024 Stromerzeugungsanlagen mit einer elektrischen Leistung von rund 61 GW eine

<sup>6</sup> Vgl. Bundesnetzagentur (2023): Bericht zu Stand und Entwicklung der Versorgungssicherheit im Bereich der Versorgung mit Elektrizität, [Link](#).

<sup>7</sup> BMWK (2024): Strommarktdesign der Zukunft, S. 56, [Link](#).

<sup>8</sup> Siehe Konsultation des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (2024), [Link](#).

<sup>9</sup> Dieses Ziel deckt sich zudem mit der Annahme des Monitoringberichts der Bundesnetzagentur (2023), demnach die entstehende Lücke zu großen Teilen durch gasbetriebene KWK-Anlagen geschlossen wird.

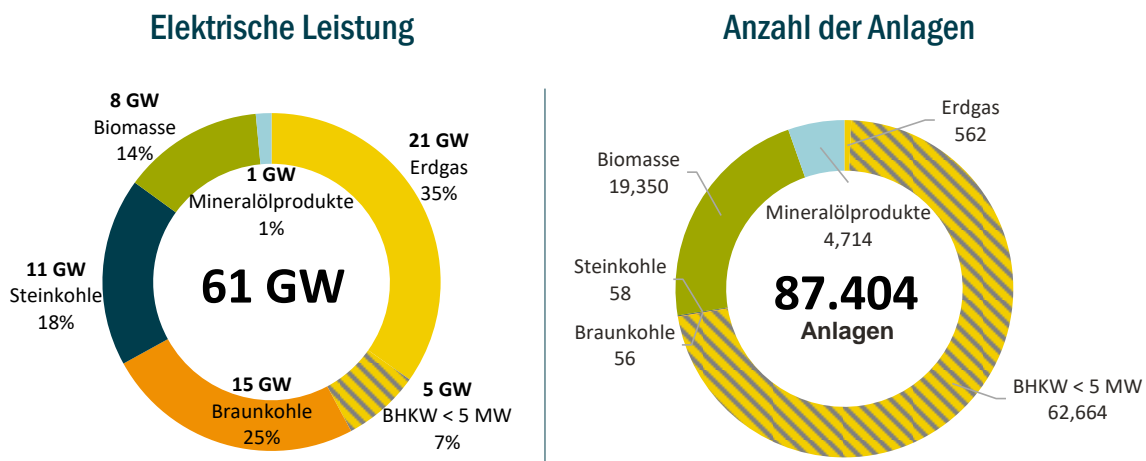
<sup>10</sup> Der Versorgungssicherheitsbericht 2023 der Bundesnetzagentur (BNetzA) identifiziert einen Bedarf von 17-21 GW an neuen Kraftwerken bis 2030, um einen vollständigen vorgezogenen Kohleausstieg bis 2030 zu ermöglichen.

<sup>11</sup> Siehe Koalitionsvertrag 2021-2025 der deutschen Bundesregierung, [Link](#).

Nutzwärmeauskopplung. **Das sind mehr als 60 % der gesicherten Leistung im deutschen Strommarkt (61 GW von 101 GW).**

Abbildung 3 stellt die Zusammensetzung der KWK-Anlagen aufgeteilt nach eingesetzten Brennstoffen dar. Auf der linken Seite sind die Anlagen nach ihrer Leistung aufgeteilt. Erdgasbetriebene Heizkraftwerke und Blockheizkraftwerke (BHKW)<sup>12</sup> machen hier den größten Anteil aus, wobei Braunkohle, Steinkohle und Biomasse ebenfalls einen relevanten Anteil der Leistung stellen. Nach der Anzahl der Anlagen werden Erdgas und Biomasse mit Abstand am häufigsten als Hauptenergieträger zur kombinierten Strom- und Wärmeerzeugung genutzt. Der Unterschied in diesen beiden Darstellungen ist dadurch zu erklären, dass wenig große Erdgas- und Kohleheizkraftwerke sehr viel Leistung stellen. Auf der anderen Seite gibt es eine große Anzahl von Anlagen mit geringer Leistung, welche hauptsächlich mit Erdgas (BHKW) und Biomasse betrieben werden.

**Abbildung 3** Zusammensetzung der Anlagen mit Nutzwärmeauskopplung nach elektrischer Leistung und Anzahl der Anlagen



Quelle: Frontier Economics auf Basis des Marktstammdatenregisters (Stand 01.07.2024). Aus diesem Datensatz filtern wir alle Anlagen raus, welche keine Nutzwärmeauskopplung haben, welche sich aktuell noch im Bau befinden und nicht stillgelegt sind. Weitere Details zu dem verwendeten Datensatz finden sich in Annex A1.

Hinweis: Wir definieren alle erdgasbetriebenen Kraftwerke mit weniger als 5 MW Leistung als BHKW.

<sup>12</sup> Wir definieren alle erdgasbetriebenen Kraftwerke mit weniger als 5 MW Leistung als BHKW.

## 2.4 Zukünftig dürfte die Bedeutung von KWK für die gesicherte Leistung steigen, jedoch ist 75 % der KWK-Leistung älter als 10 Jahre

In Bezug auf den Beitrag der KWK zur Versorgungssicherheit lassen sich somit zwei erste Aussagen treffen:

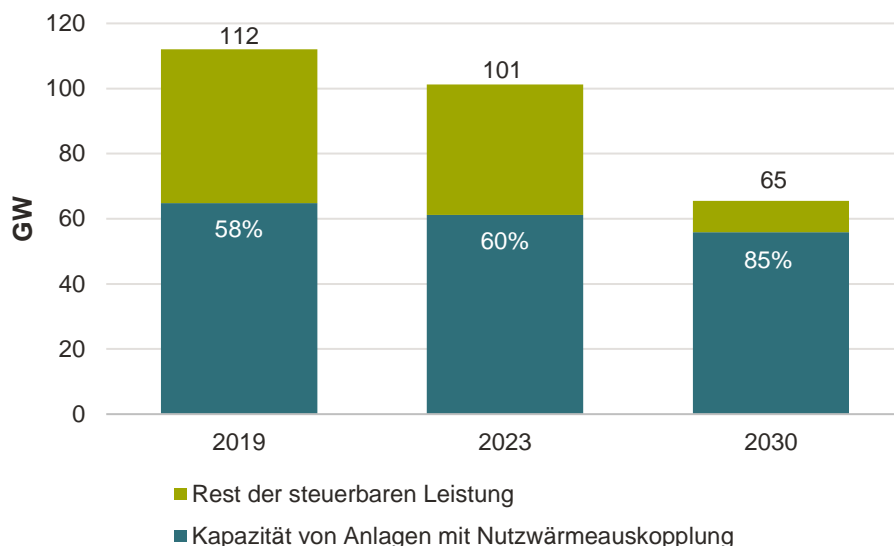
- KWK-Bestandsanlagen tragen bereits heute einen großen Beitrag zur Versorgungssicherheit bei. Über 60 % (61 GW) der steuerbaren Leistung in Deutschland verfügt über eine Nutzwärmeauskopplung.
- KWK-Bestandsanlagen werden auch in Zukunft zur Versorgungssicherheit beitragen. Aufgrund des anvisierten Kohleausstiegs bis 2030 bei gleichzeitigem Anstieg der Stromnachfrage entsteht zudem ein zusätzlicher Bedarf an neuen KWK-Anlagen von bis zu 10,5 GW.<sup>13</sup>

In der Folge steigt die Relevanz der KWK gemäß den politischen Zielsetzungen bis 2030 weiter an. Abbildung 4 zeigt die Kapazitäten mit Nutzwärmeauskopplung als Anteil der gesamten steuerbaren Leistung im deutschen Strommarkt. Der Anstieg des Anteils der Kapazität der Anlagen mit Nutzwärmeauskopplung von 2019 bis 2023 war im Wesentlichen getrieben vom Rückgang der Kernenergie und der Stilllegung erster Kohlekraftwerke. Bis 2030 wird der KWK-Anteil von rund 61 % auf 86 % ansteigen, sofern die anvisierte Lücke von 21 GW durch das KWVG und das KWKG geschlossen wird.

---

<sup>13</sup> Die Höhe der notwendigen KWK Kapazitäten ergibt sich aus der Prognose des Bedarfs zusätzlicher steuerbarer Kapazitäten aus dem Versorgungssicherheitsbericht der BNetzA (21 GW) und der Höhe der Ausschreibungen von Wasserstoff-, Wasserstoff-ready- und Erdgaskraftwerken im Rahmen des Kraftwerkssicherheitsgesetzes (10,5 GW). Der verbleibende Bedarf von 10,5 GW an zusätzlicher steuerbarer Kapazität sollte gemäß Ampel-Bundesregierung durch neue KWK-Kapazität gefüllt werden. Die 10.5 GW stellen insofern eine Bedarfsprognose dar, die von den weiteren politischen und regulatorischen Entwicklungen sowie Entwicklungen des sonstigen Kraftwerksparks abhängen.

Abbildung 4 Anteil der Anlagen mit einer Nutzwärmeauskopplung an steuerbarer Leistung in Deutschland



Quelle: Frontier Economics auf Basis des Marktstammdatenregisters und der Kraftwerksdatenbank.

Hinweis: Für 2030 wird angenommen, dass der Kohleausstieg vollzogen ist und 10,5 GW neue KWK-Kapazitäten in den Markt gekommen sind.

Damit KWK-Anlagen den notwendigen Beitrag zur Versorgungssicherheit leisten können, müssen i) der Neubau angereizt werden und ii) Bestandsanlagen ertüchtigt werden, um auch zukünftig am Netz zu bleiben.

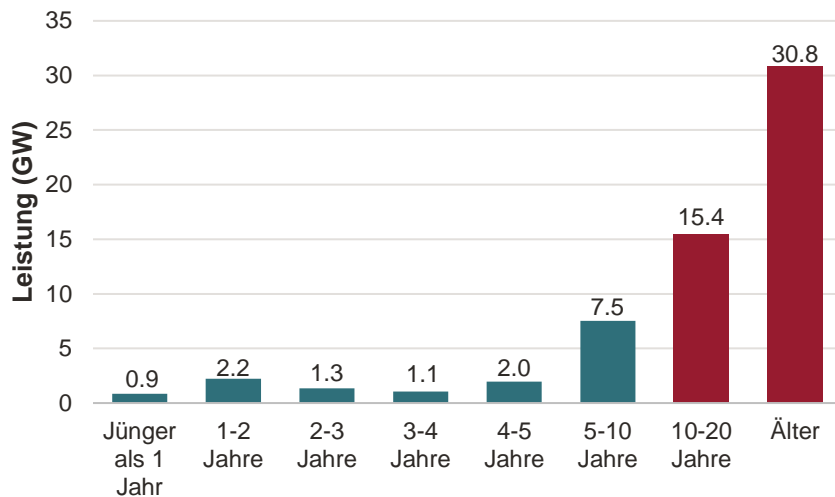
Es ist zu erwarten, dass die Ertüchtigung von Bestandsanlagen einen signifikanten Investitionsbedarf nach sich ziehen wird, da der KWK-Kraftwerkspark in die Jahre gekommen ist. Abbildung 5 stellt die Verteilung der Leistung der KWK-Anlagen nach ihrem Alter dar. Bei rund der Hälfte der gesamten installierten KWK-Leistung (30,8 GW von 61 GW) liegt das Inbetriebnahmedatum mehr als 20 Jahre zurück. Auch wenn genaue Aussagen zum technischen Stand einzelner Anlagen aufgrund fehlender Informationen zu Instandhaltungsmaßnahmen in den Daten nicht möglich sind, so ist doch davon auszugehen, dass umfassende Modernisierungen<sup>14</sup> am KWK-Kraftwerkspark vorgenommen werden müssen, damit Bestandsanlagen auch in Zukunft ihren Beitrag zur Versorgungssicherheit leisten können. Hierzu gehören u. a. auch Maßnahmen zur Flexibilisierung (z. B. thermische Speicher), damit sich KWK-Anlagen noch stärker am Strommarkt orientieren können.<sup>15</sup>

<sup>14</sup> Eine Modernisierung eines Kraftwerks mit Nutzwärmeauskopplung liegt nach § 2 Nr. 18 KWKG vor, wenn wesentliche die Effizienz bestimmende Anlagenteile erneuert worden sind, die Kosten der Erneuerung mindestens 25 Prozent der Kosten für die Neuerrichtung der KWK-Anlage betragen und die Modernisierung eine Effizienzsteigerung bewirkt.

<sup>15</sup> Siehe auch Umweltbundesamt (2023), [Link](#).



Abbildung 5 Verteilung der KWK-Leistung nach Alter



Quelle: Frontier Economics auf Basis des Marktstammdatenregisters

Hinweis: Wir ermitteln das Alter der Anlagen anhand ihres Inbetriebnahmejahres.

Sollten Ersatz- und Modernisierungsinvestitionen in den bestehenden KWK-Kraftwerkspark nicht vorgenommen und Anlagen altersbedingt stillgelegt werden, dann wird die Lücke zur benötigten Kapazität, um eine sichere Energieversorgung zu gewährleisten um einiges größer, als sie bisher schon prognostiziert wird. Sollte die durch die KWK-Stilllegungen wegfallende Wärmeleistung durch elektrische Wärmeerzeugungsanlagen wie elektrische Wärmepumpen ersetzt werden, um die Wärmelast zu bedienen, vergrößert sich die Lücke von Stromlast und Stromerzeugungsleistung zusätzlich.

### 3 Beitrag der KWK zur bezahlbaren Energieversorgung

#### Die wichtigsten Erkenntnisse im Überblick

- KWK-Anlagen sind schwerpunktmäßig verbrauchsnahe und wirken der Engpassdynamik im Übertragungsnetz entgegen. Sie helfen so kostenintensive Netzausbaubedarfe im Übertragungsnetz zu reduzieren.
- **KWK-Anlagen sind in der Anzahl (99,9 %) und Leistung (67 %) zu einem Großteil im Verteilnetz angeschlossen und können einen optimierten Stromnetzausbau ermöglichen.**
- **KWK-Anlagen stellen eine relevante Strom- und Wärme-Erzeugungstechnologie für einen wettbewerbsfähigen Strom- und Wärmebezug in der Industrie dar.**

Neben der Gewährleistung der Versorgungssicherheit stellt die Bezahlbarkeit der Energie auf dem Weg zu einer vollständig CO<sub>2</sub>-neutralen Energieversorgung ein weiteres wichtiges Kriterium dar. Um die Bezahlbarkeit sicherzustellen, ist ein möglichst effizienter Umbau des Energiesystems erforderlich.

Im Folgenden erörtern wir den Beitrag der KWK zur Bezahlbarkeit der Energiebereitstellung. Dabei fokussieren wir uns auf folgende Aspekte:

- **Die Rolle der KWK bei der Bewältigung der Herausforderungen des Stromnetzausbaus:** Der Netzausbau des Höchstspannungsnetzes wird laut dem Netzentwicklungsplan 2023 insgesamt Investitionen von über 310 Milliarden Euro erfordern, wobei 250 Milliarden Euro bis 2035 veranschlagt sind. Für die Verteilnetze beläuft sich der benötigte Investitionsbedarf bis 2035 auf über 100 Milliarden Euro.<sup>16</sup> Diese Investitionen sind erforderlich, um die Netzstabilität in einem System mit zunehmend dargebotsabhängiger Stromerzeugung zu gewährleisten. U.a. sollen durch den gezielten Netzausbau auch Netzengpässe und die damit verbundenen Redispatchkosten<sup>17</sup> reduziert werden. In Kapitel 3.1 und 3.2 erörtern wir die Rolle der KWK, den Netzausbau zu optimieren und letztlich einen Beitrag zur Bezahlbarkeit von Strom zu leisten.
- **Die Rolle der KWK bei der Bereitstellung wettbewerbsfähiger Energiepreise für die Industrie:** Der Umbau des Energiesystems stellt auch die Industrie und insbesondere energieintensive Industrien wie Chemie-, Stahl-, Metall-, Glas- oder Papierindustrie vor große Herausforderungen. Neben einer sicheren und CO<sub>2</sub>-neutralen Energieversorgung bedarf es wettbewerbsfähiger Energiepreise, um auf den globalen Absatzmärkten wettbewerbsfähig zu bleiben. Aus diesem Grund wurde u. a. im Oktober 2024 das

<sup>16</sup> Die großen Verteilnetzbetreiber rechnen in den nächsten 10 Jahren mit Investitionen von rund 110 Mrd. Euro ([Link](#)). Eine Studie von Oliver Wyman schätzt 100 bis 135 Mrd. Euro ([Link](#)) und eine Studie von McKinsey kommt auf einen Investitionsbedarf von 120 bis 160 Mrd. Euro ([Link](#)).

<sup>17</sup> Redispatch bezeichnet kurative Maßnahmen zur Netzstabilisierung, im Rahmen derer die Stromproduktion bestimmter Stromerzeugungsanlagen gezielt erhöht bzw. reduziert wird.

sogenannte Strompreispaket für produzierende Unternehmen verlängert und ausgeweitet.<sup>18</sup> In Kapitel 3.3 erläutern wir die Rolle der KWK für die Industrie.

### 3.1 KWK-Anlagen sind schwerpunktmäßig verbrauchsnahe und wirken der Engpassdynamik im Übertragungsnetz entgegen

Im deutschen Stromsystem besteht derzeit ein struktureller Netzengpass zwischen dem Nordosten und dem Südwesten. Diese Herausforderung ergibt sich aus der Tatsache, dass ein signifikanter Anteil der dargebotsabhängigen Erzeugung aufgrund der besseren Windbedingungen im Norden und Osten des Landes erfolgt, während die Lastzentren (bzw. die Nachfrage) im Süden und Westen lokalisiert sind. Der weitere Ausbau der erneuerbaren Energien, insbesondere der Offshore-Windkraft in der Nordsee, führt zu einer Verschärfung dieser Problematik.

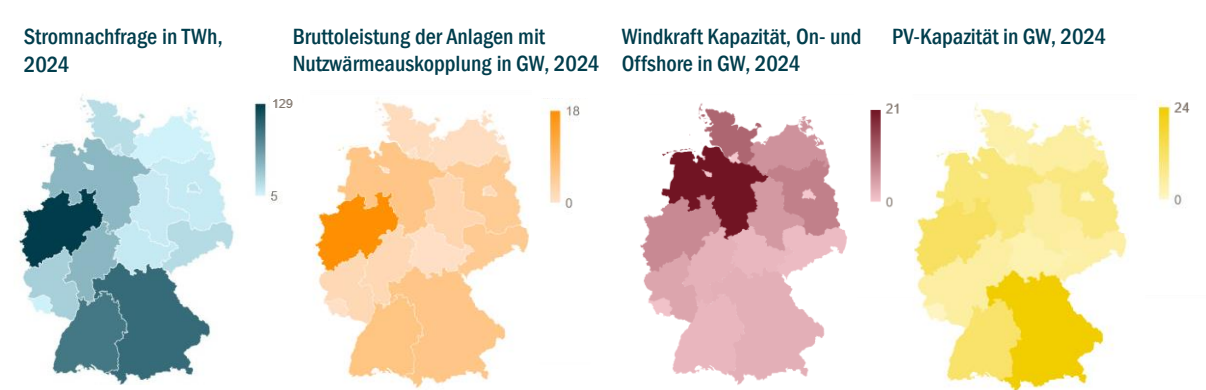
Steuerbare KWK-Anlagen, die sich größtenteils hinter dem Netzengpass im Südwesten Deutschlands – nahe der Nachfragezentren – befinden, tragen dazu bei, die Engpassdynamik zu entschärfen. Diese Anlagen sind besonders dann von Vorteil, wenn hoher Strombedarf im Süden und Westen besteht, z. B. an kalten Tagen, insbesondere wenn zunehmend Wärme durch elektrische Wärmepumpen erzeugt wird, und zeitgleich Photovoltaik-Anlagen im Süden nicht produzieren können. Einen besonderen Beitrag leisten KWK-Anlagen also zur sicheren Strom- und Wärmeversorgung während sogenannten „Kalten Dunkelflauten“. Durch ihre flexible Einsatzfähigkeit können KWK-Anlagen zur Stabilität des Stromnetzes insbesondere in Zeiten hoher Stromnachfrage beitragen.

Abbildung 6 verdeutlicht diesen Zusammenhang. Die linken beiden Deutschlandkarten zeigen die regionale Verteilung des Stromverbrauchs und der KWK-Bruttoleistung. Hier wird schnell ersichtlich, dass die KWK-Leistung schwerpunktmäßig genau dort angesiedelt ist, wo der Stromverbrauch anfällt. Die rechten beiden Deutschlandkarten zeigen die regionale Verteilung der Windkraft- und Solar-PV-Kapazitäten. Die Windkraftanlagen stehen zum Großteil im Norden Deutschlands, also vor dem aktuell relevanten Engpass im Stromübertragungsnetz. Die PV-Kapazitäten hingegen sind hauptsächlich im Süden platziert, können aber gerade in dunklen Wintermonaten nur unwesentlich zu einer stabilen Stromversorgung beitragen.

---

<sup>18</sup> Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2023), [Link](#).

**Abbildung 6** Verteilung der Stromnachfrage, der elektrischen Bruttoleistung der Anlagen mit Nutzwärmeauskopplung, und Wind- und PV-Kapazitäten in Deutschland



Quelle: Frontier Economics auf Basis eigener Modellierungen und des Marktstammdatenregisters.

### 3.2 Fallstudie: Beitrag von KWK-Anlagen für Redispatch-Maßnahmen in Baden-Württemberg

Auch an milden Wintertagen mit guten Windbedingungen können sehr hohe Redispatch-Bedarfe entstehen. In solchen Situationen können KWK-Anlagen zur Netzstabilität beitragen, indem sie flexibel und systemoptimiert eingesetzt werden.

Abbildung 7 stellt diese Dynamik anhand eines realen Beispiels dar. Der 12. Januar 2023 war ein milder Wintertag mit einer Durchschnittstemperatur von beispielsweise 6,8 °C in Baden-Württemberg (BW). Insgesamt gab es in Deutschland durch eine hohe Stromeinspeisung aus Windenergie keinen Versorgungsengpass in der gesamten deutschen Gebotszone. Jedoch konnte die Stromübertragung aufgrund von Netzengpässen nach BW, bzw. in das Übertragungsnetzgebiet des Systembetreibers TransnetBW, nicht vollständig ermöglicht werden. Der hohe Redispatchbedarf von mehr als 4 GW<sup>19</sup> wurde fast vollständig durch KWK-Anlagen in Baden-Württemberg bereitgestellt. Im konkreten Fall von den Heizkraftwerken Heilbronn Block 7 und den Blöcken 7 und 8 des Rheinhafen-Dampfkraftwerk Karlsruhe.<sup>20</sup>

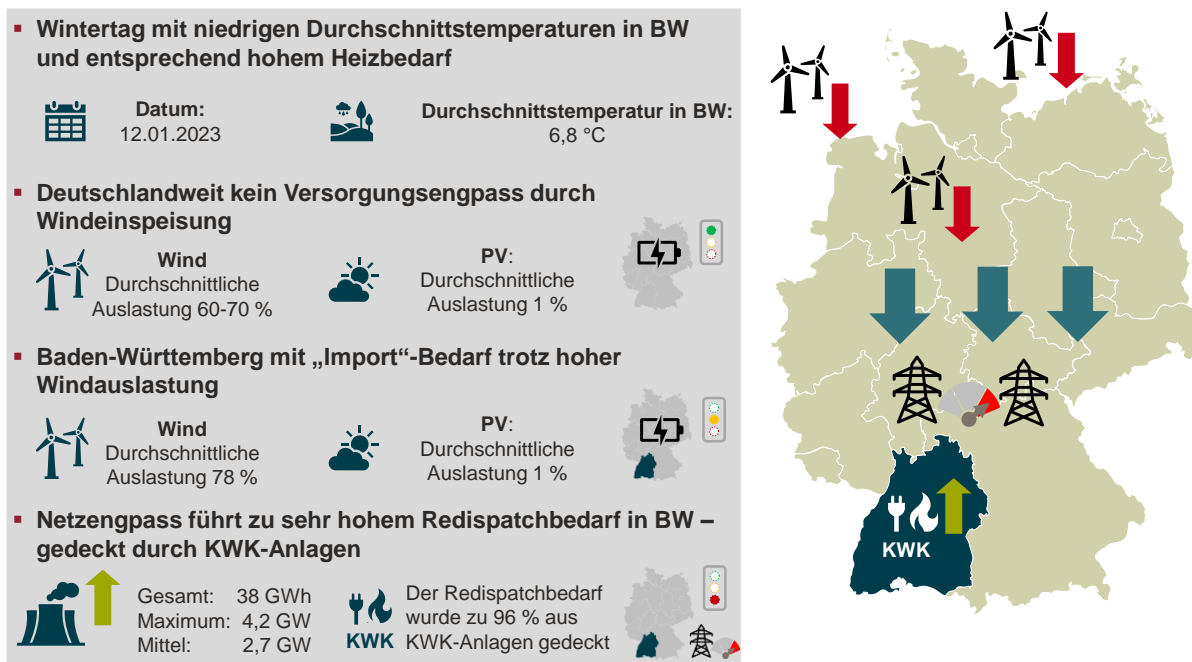
Es sei darauf hingewiesen, dass diese Betrachtung nur den Status Quo abbildet. Bei einer zukünftig steigenden Last, etwa durch eine höhere Anzahl an elektrischen Wärmepumpen, wird der Bedarf an Redispatch, abhängig vom Fortschritt des Netzausbaus, voraussichtlich noch steigen. Zudem kann aufgrund von fehlender Datenverfügbarkeit keine

<sup>19</sup> Dies entspricht in der Größenordnung in etwa der Kapazität der Südlink-Trasse

<sup>20</sup> TransnetBW (2024), [Link](#).

Gesamtbetrachtung der Region hinter dem Netzengpass, also inklusive NRW, Bayern und Hessen vorgenommen werden. Entsprechend werden KWK-Anlagen auch in Zukunft einen wichtigen Beitrag zum Redispatch leisten.

**Abbildung 7 Beispielhafte Darstellung der Redispatchdynamik in Baden-Württemberg an einem milden Wintertag**



Quelle: Frontier Economics auf Basis von Daten von smard (2024, [Link](#)) und Wetterkontor (2024, [Link](#))  
 Hinweis: Aufgrund der Datenverfügbarkeit betrachten wir hier nur Baden-Württemberg. Bedarfe inklusive Bayern, NRW und Hessen dürften deutlich größer sein.

### 3.3 Ein Großteil der KWK-Anlagen ist an das Verteilnetz angeschlossen und hilft so den Netzausbaubedarf zu optimieren

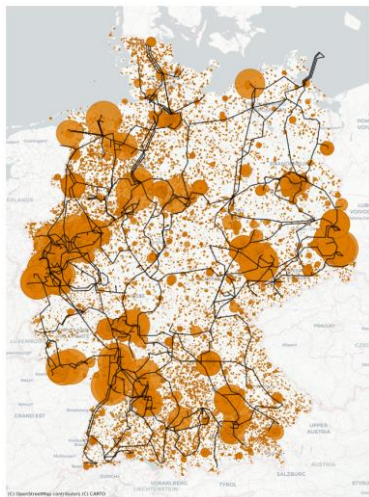
Der überwiegende Anteil der KWK-Anlagen liegt dezentral in der Fläche. Wie in Abbildung 8 dargestellt, sind mit rund 41 GW der 61 GW knapp zwei Drittel der KWK-Gesamtleistung an das Verbrauchsnetz angeschlossen und liegen somit nahe am Verbrauch. Nur eine kleine Anzahl von Großanlagen ist an das Übertragungsnetz angeschlossen.

Durch die dezentrale und verbrauchsnahe Lage des Großteils der Anlagen, können Stromnetzausbaubedarfe im Übertragungs- und Verteilnetz optimiert werden. Insbesondere durch die gesicherte Bereitstellung von Strom und Wärme können Spitzenlasten im Stromnetz reduziert und damit auch Ausbaubedarfe minimiert werden. So treten viele der Mangelsituationen, die eine Leistungsvorhaltung erfordern, in der kalten Jahreszeit auf. In Zukunft wird sich dies durch die vermehrte Nutzung von Wärmepumpen und Ladeinfrastruktur

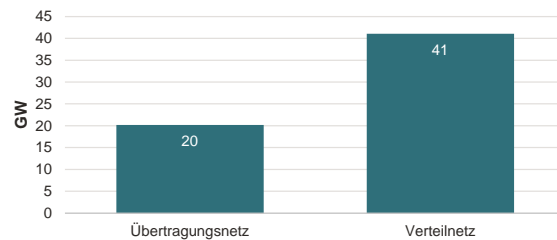
weiter verstärken. Gerade in solchen Situationen kann die KWK durch die gleichzeitige Bereitstellung von Wärme und Strom einen relevanten Beitrag zur gesicherten Leistung und zur Netzstabilität beitragen.

## Abbildung 8 Kapazität und Anzahl der Anlagen mit Nutzwärmeauskopplung und das Höchstspannungsnetz in Deutschland

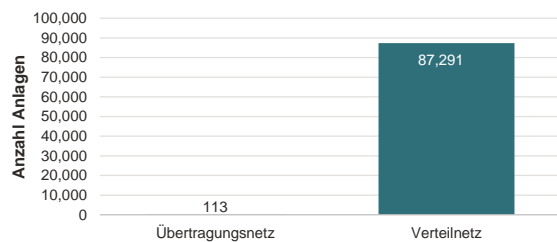
Kapazität der Anlagen mit Nutzwärmeauskopplung und das Höchstspannungsnetz in Deutschland



Kapazität der Anlagen mit Nutzwärmeauskopplung



Anzahl der Anlagen mit Nutzwärmeauskopplung



Quelle: Frontier Economics auf Basis des Marktstammdatenregisters und des Netzentwicklungsplans.

Hinweis: Das Übertragungsnetz ist das Netz, welches Strom über größere Entfernungen transportiert und besteht aus Höchstspannungsleitungen und Umspannwerken, die den Strom von Kraftwerken zu regionalen Verteilnetzen leiten. Diese Netze arbeiten typischerweise mit Spannungen von 220 kV (Kilovolt) bis zu 380 kV oder sogar höher. Das Verteilnetz verteilt die elektrische Energie von den Umspannwerken zu den Endverbrauchern, wie Haushalten und Unternehmen. Diese Netze nutzen Hoch-, Mittel- und Niederspannungen. Die Hochspannung liegt meist zwischen 50 kV und 110 kV, die Mittelspannung liegt meist zwischen 10 kV und 50 kV, während die Niederspannung in der Regel bei 230 V (Volt) bis 400 V liegt.

### 3.4 Fallstudie: 12 % KWK-Leistung werden vom verarbeitenden Gewerbe betrieben

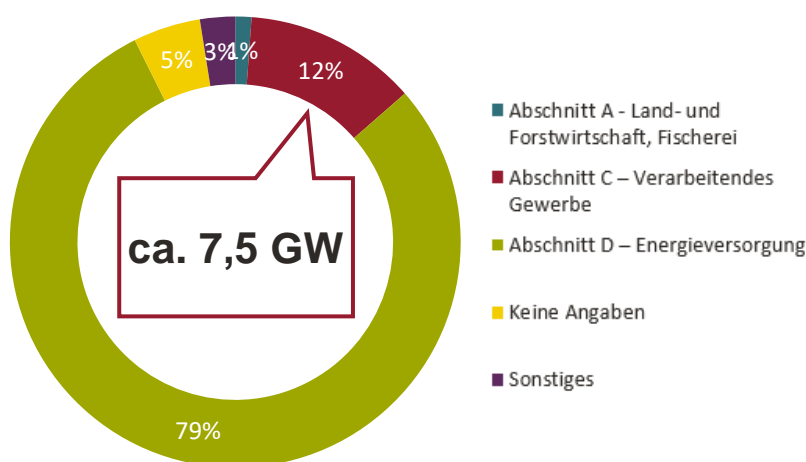
Die Industrie spielt eine zentrale Rolle in der deutschen Wirtschaft und ist ein bedeutender Arbeitgeber. Sie trägt maßgeblich zur wirtschaftlichen Stabilität und zum Wohlstand bei. Eine verlässliche Energieversorgung ist dabei unerlässlich, um die Produktionsprozesse aufrechtzuerhalten und die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen zu sichern.<sup>21</sup>

Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK-Anlagen) sind in diesem Zusammenhang von großer Bedeutung. Sie ermöglichen eine effiziente Erzeugung von Strom und Prozesswärme, was

<sup>21</sup> Die Bedeutung der verlässlichen Energieversorgung für die deutsche Wirtschaft ist unter anderem in Frontier Economics (2018), [Link](#), dargelegt.

nicht nur die Energiekosten senkt, sondern auch die Umweltbelastung reduziert. Durch den Einsatz von KWK-Anlagen kann die Industrie ihre Energieversorgung optimieren und gleichzeitig einen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Rund 80 % der Leistung von KWK-Anlagen wird von Energieversorgungsunternehmen betrieben. Das verarbeitende Gewerbe folgt auf dem zweiten Platz mit einem Anteil von 12 %. Abbildung 9 zeigt die Verteilung der Leistung von KWK-Anlagen über die verschiedenen Wirtschaftszweige.

**Abbildung 9** Verteilung der Leistung von KWK-Anlagen von verschiedenen Wirtschaftszweigen



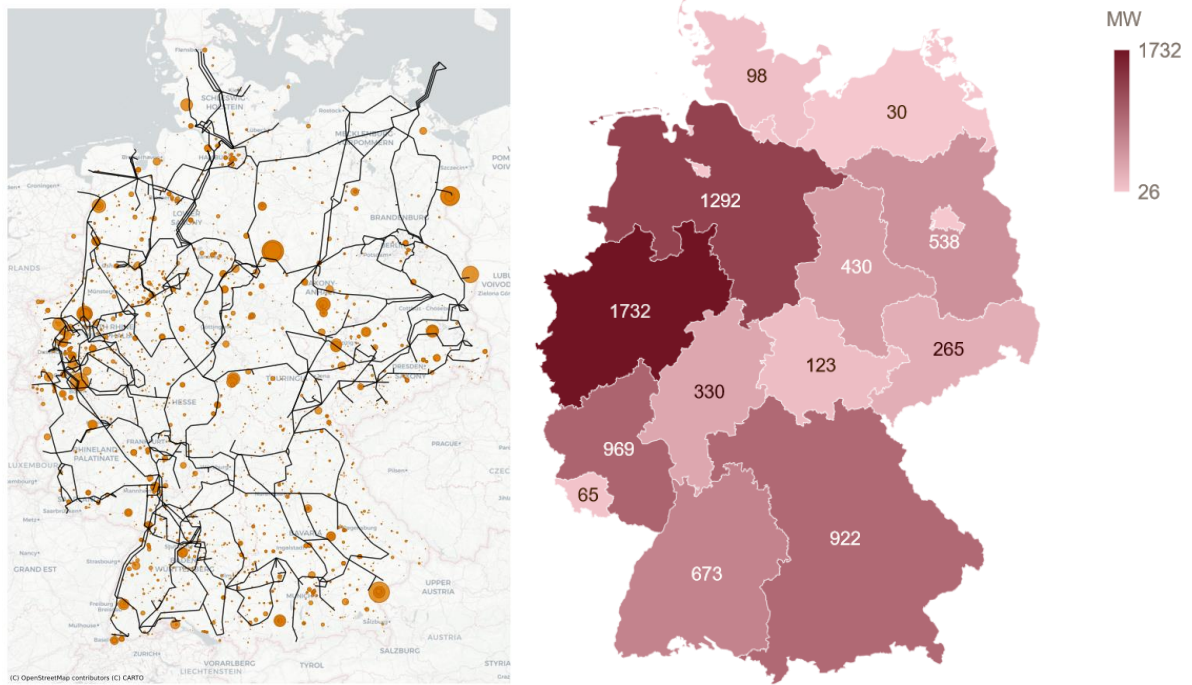
Quelle: Frontier Economics auf Basis des Marktstammdatenregisters

Hinweis: Abschnitt B (Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden), sowie alle weiteren Wirtschaftszweige sind unter „Sonstiges“ zusammengefasst.

Diese Anlagen des verarbeitenden Gewerbes befinden sich zu großen Teilen in Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz, Bayern und Baden-Württemberg, also hinter den aktuell relevanten Netzengpässen. Abbildung 10 stellt die räumliche Verteilung der Leistung in Deutschland dar.

Es lässt sich schlussfolgern, dass KWK-Anlagen eine relevante Technologie für die Strom- und Wärmeerzeugung im Industriebereich sind. Mit 7,5 GW an Leistung trägt KWK zur einer möglichst kostenoptimierten Energiebereitstellung in der Industrie bei. Dies gilt insbesondere für die Chemie- und Automobilindustrie, die in Annex A2 dezidiert betrachtet werden.

Abbildung 10 Verteilung der Leistung der KWK-Anlagen im verarbeitenden Gewerbe



Quelle: Frontier Economics auf Basis des Marktstammdatenregisters



## 4 Beitrag der KWK zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Energiesystem

### Die wichtigsten Erkenntnisse im Überblick

- Die KWK ist eine **brennstoffvariable Erzeugungstechnologie**. KWK-Anlagen können bei Verfügbarkeit CO<sub>2</sub>-arme und -freie Brennstoffe nutzen. Der Anteil von erneuerbaren Energien als KWK-Brennstoffeinsatz ist stark steigend und seit 2003 bereits von 7 % der gesamten Inputmengen auf 29 % im Jahr 2022 angestiegen.
- KWK-Anlagen haben ihre **CO<sub>2</sub>-Intensität bereits signifikant senken** können. Die durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Intensität ist von 319 gCO<sub>2</sub>/kWh (2003) auf 209 gCO<sub>2</sub>/kWh (2022) gesunken – eine **Reduktion von rund 35 %**.
- Die KWK ist eine Technologie mit hoher **ökologischer Effizienz** und kann durch die Verdrängung von ungekoppelter Strom- und Wärmeerzeugung den **Brennstoffbedarf und so auch Emission reduzieren**.

Die Transformation des Energiesystems stellt vor dem Hintergrund des Klimawandels eine erhebliche Herausforderung dar. Um die globalen Klimaziele zu erreichen, ist eine drastische Reduktion der Treibhausgasemissionen erforderlich, was einen umfassenden Übergang von fossilen Brennstoffen zu treibhausgasärmeren Brennstoffen und erneuerbaren Energien bedeutet. In Deutschland sollen die Treibhausgasemissionen nach dem Klimaschutzgesetz bis 2030 um mindestens 65 % gegenüber 1990 und bis 2045 auf netto Null reduziert werden. Dieser Wandel erfordert nicht nur erhebliche Investitionen in neue Technologien und Infrastruktur, sondern erfordert auch das **Ausschöpfen aller möglichen Dekarbonisierungspotentiale des bestehenden Energiesystems**. Die Integration der neuen, oftmals dargebotsabhängigen Energiequellen in das bestehende System muss dabei **zuverlässig** und **ökologisch effizient** erfolgen, um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten und die Kosten der Energiewende in Grenzen zu halten. In diesem Kapitel wird der bereits geleistete und der potenzielle Beitrag von KWK-Anlagen zur Reduktion von Treibhausgasen analysiert.

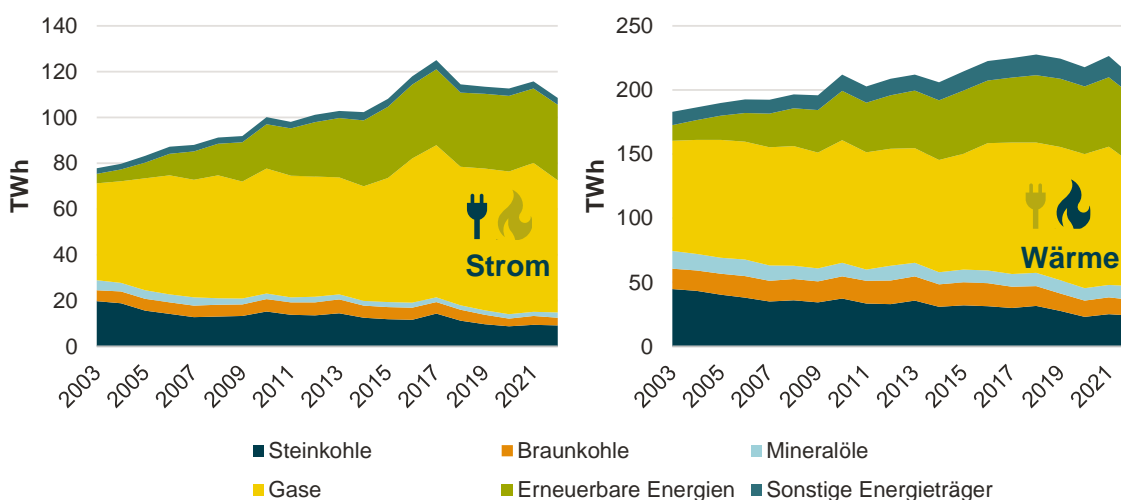
### 4.1 KWK-Erzeugung ist zu einem steigenden Anteil erneuerbar und hat ein großes Potenzial für weitere Treibhausgasreduktionen

Der Einsatz von KWK-Anlagen befindet sich auf einem historisch hohen Niveau. Seit 2003 ist die Stromerzeugung von 78 auf 109 TWh im Jahr 2023 um 40 % gestiegen, während die Wärmeerzeugung im gleichen Zeitraum von 183 auf 210 TWh um 15 % zugenommen hat.

Gefördert wurde diese Entwicklung insbesondere durch das KWKG, das für das Jahr 2020 eine Nettostromerzeugung aus KWK-Anlagen von 110 TWh vorsah.<sup>22</sup>

Ein Großteil des Anstiegs der Wärme- und Stromerzeugung aus KWK-Anlagen konnte durch den Einsatz erneuerbarer Energien bereitgestellt werden. So ist die KWK-Gesamterzeugung aus Erneuerbaren Energie seit 2003 von 16 auf 86 TWh gestiegen, was einer Erhöhung um mehr als 400 % entspricht. Abbildung 11 stellt die Entwicklung der KWK-Erzeugungsmengen in Deutschland getrennt für Strom und Wärme dar.

Abbildung 11 Erzeugungsmengen (Strom und Wärme) aus KWK-Anlagen



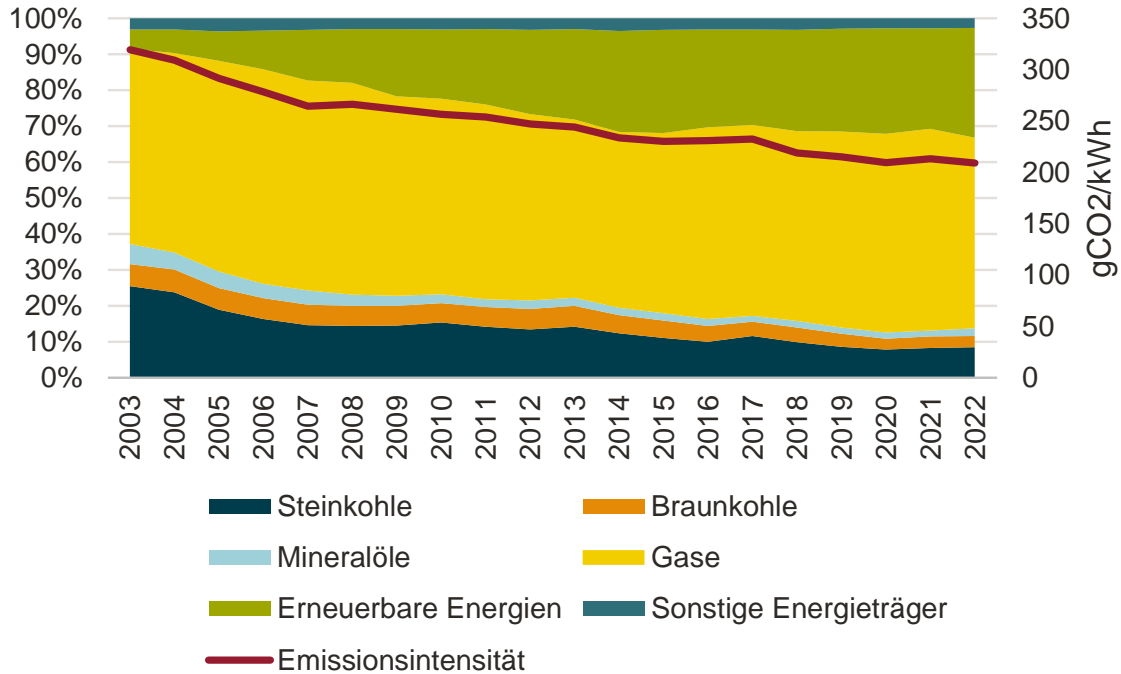
Quelle: Frontier Economics auf Basis von AG Energiebilanzen 2023

Hinweis: Gase enthalten Kokerei- und Stadtgas, Gichtgas u. Konvertergas, Erdgas, Erdölgas, Grubengas  
 Erneuerbare Energien umfassen Biomasse und erneuerbare Abfälle und „sonstige erneuerbare Energien“  
 Sonstige Energieträger sind Nicht-erneuerbare Abfälle und Abwärme

Abbildung 12 zeigt die Entwicklung der Anteile der verschiedenen Brennstoffe in KWK-Anlagen in Deutschland. Die Analyse der Daten zeigt, dass der Anteil erneuerbarer Energien im Zeitverlauf signifikant zugenommen hat, während der Anteil der besonders CO<sub>2</sub>-intensiven Brennstoffe, Braun- und Steinkohle zurückgegangen ist.

<sup>22</sup> Umweltbundesamt (2023), [Link](#). In der neuen Fassung des KWKG vom 01.01.2023 wurde dieser Zielwert gestrichen und mit dem Ziel der „Energieeinsparung und des Klima- und Umweltschutzes“ ersetzt ([Link](#)).

Abbildung 12 Energieträgermix und Emissionsintensität von KWK-Anlagen im Zeitverlauf



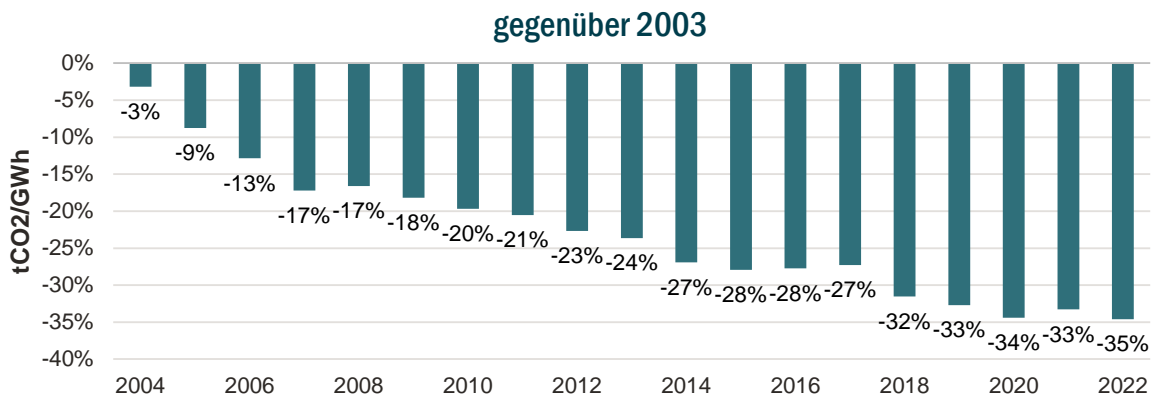
Quelle: Frontier Economics auf Basis von AG Energiebilanzen 2023

Hinweis: Gase enthalten Kokerei- und Stadtgas, Gichtgas u. Konvertergas, Erdgas, Erdölgas, Grubengas  
 Erneuerbare Energien umfassen Biomasse und erneuerbare Abfälle und „sonstige erneuerbare Energien“  
 Sonstige Energieträger sind Nicht-erneuerbare Abfälle und Abwärme

Entsprechend hat der bestehende KWK-Kraftwerkspark in den letzten Jahren seine durchschnittliche Emissionsintensität pro kWh Strom und Wärme bereits deutlich senken können. **Die durchschnittliche Emissionsintensität dieser Kraftwerke sank von rund 320 gCO<sub>2</sub>/kWh im Jahr 2003 auf 209 gCO<sub>2</sub>/kWh im Jahr 2022, eine Reduktion von 35 %.** Abbildung 13 stellt die Reduktion der durchschnittlichen Emissionsintensitäten gegenüber 2003 dar.

Der Anteil von fossilen Gasen, hauptsächlich Erdgas, ist mit rund 45 % bisher relativ konstant geblieben und bietet ein hohes Potenzial, Treibhausgase bestehender Anlagen zu reduzieren, zum Beispiel über den Einsatz von Biomethan oder die Beimischung von grünem oder blauem Wasserstoff.

Abbildung 13 Reduktion der durchschnittlichen Emissionsintensitäten von Kraftwerken mit Nutzwärmeauskopplung über die Zeit



Quelle: Frontier Economics auf Basis von AG Energiebilanzen 2023

Hinweis: Emissionen aus „sonstigen Energieträgern“ werden aufgrund fehlender eindeutiger Informationen zu den Primärenergieträgern in der Analyse nicht berücksichtigt.

## 4.2 Die KWK ist eine Technologie mit hoher ökologischer Effizienz

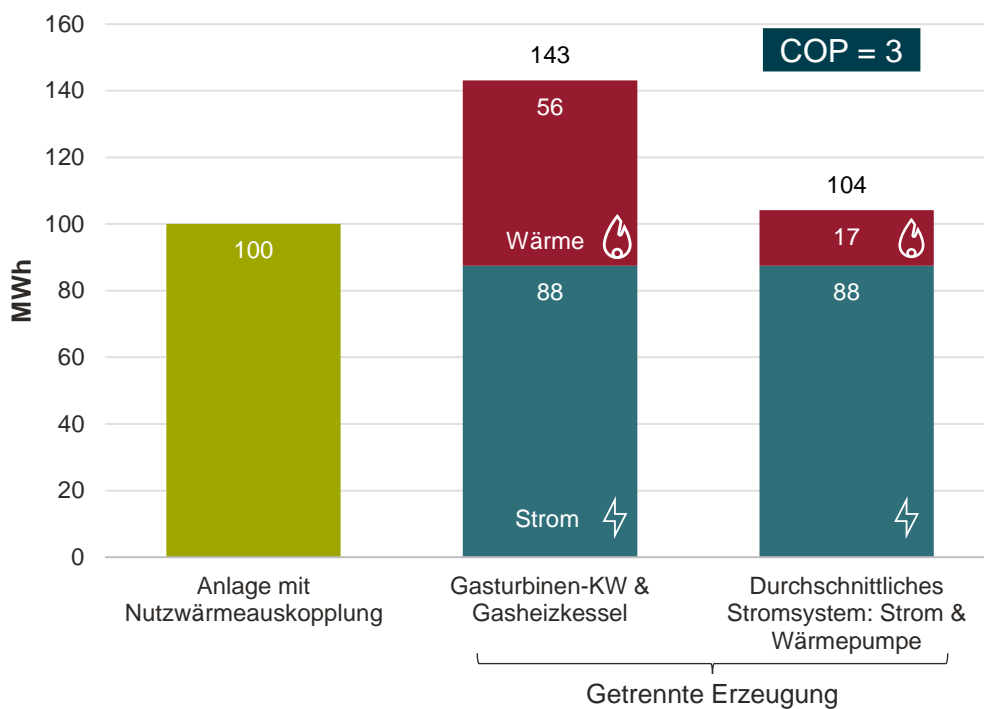
Der wesentliche Vorteil der gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme besteht in der Möglichkeit, höhere Wirkungsgrade zu erreichen, wodurch **geringere Mengen an Brennstoffen** benötigt werden als bei einer ungekoppelten Erzeugung. Hierdurch können potenziell **Emissionen vermieden werden**. Die Höhe des Potenzials zur Reduktion von Treibhausgasen durch KWK-Anlagen hängt maßgeblich vom herangezogenen Vergleich und von der Emissionsintensität des restlichen Stromsystems ab. Es ist nämlich nicht direkt ersichtlich, wie Strom und Wärme erzeugt werden würden, wenn sie nicht aus einer Anlage mit Nutzwärmeauskopplung stammen. Im Folgenden betrachten wir die ökologische Effizienz der KWK anhand von Brennstoffeinsparungen und Emissionseinsparungen im Vergleich mit einer ungekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung aus einer Gasturbine und einem Gasheizkessel und im Vergleich zum Stromnetzbezug und Wärmeerzeugung durch eine Wärmepumpe.

Abbildung 14 stellt den benötigten **Brennstoffeinsatz** für die Erzeugung von 85 MWh Energie aus den drei Erzeugungspfaden dar.<sup>23</sup> Es lässt sich konstatieren, dass der Einsatz an Brennstoffen zur Erzeugung der gleichen Menge an Energie bei gekoppelter Erzeugung deutlich geringer ist als bei getrennter Erzeugung. Selbst wenn die Wärmeerzeugung durch den Einsatz einer elektrischen Wärmepumpe erfolgt, welche durch die Nutzung von Umgebungswärme eine Effizienz von 300 % (Leistungszahl, *Coefficient of Performance* –

<sup>23</sup> Eine durchschnittliche KWK-Anlage benötigt für die Erzeugung von 35 MWh Strom und 50 MWh Wärme 100 MWh Brennstoffeinsatz. Die Inputparameter für die Berechnung dieser und der folgenden Werte finden sich in Annex A3.

COP von 3) erreichen kann, wird für die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen nicht mehr Energieinput benötigt.

**Abbildung 14 Vergleich des benötigten Brennstoffeinsatzes zur Erzeugung von 85 MWh Energie in verschiedenen Erzeugungspfaden**



Quelle: Frontier Economics

Hinweis: COP := „Coefficient of Performance“ ist ein Maß für die Effizienz der Wärmepumpe und gibt das Verhältnis von abgegebener Wärmeleistung zur aufgenommenen elektrischen Energie an.

Abbildung 15 präsentiert eine Gegenüberstellung der bei der Anwendung der Erzeugungstechnologien generierten **Emissionen**. In einem ersten Schritt erfolgt hierfür die Berechnung des benötigten Brennstoffeinsatzes (s.o.), woraus die resultierenden Emissionen ermittelt werden. Für die Analyse vergleichen wir zum einen die Emissionen eines rein erdgasbetriebenen, aber separat erzeugenden Systems, und zum anderen die Emissionen des durchschnittlichen deutschen Stromsystems, sowie des marginalen Stromsystems, jeweils inklusive Wärmepumpe. Im Szenario des marginalen Stromsystems wird die CO<sub>2</sub>-Intensität des Stroms berücksichtigt, der für die Wärmebereitstellung in einer elektrischen Wärmepumpe zusätzlich erzeugt werden muss. Da erneuerbare Stromerzeugungsanlagen wie Windparks und PV-Anlagen i.d.R. ohnehin auf voller verfügbarer Leistung laufen, muss

zusätzlicher Strom in vielen Situationen (gerade an kalten und dunklen Tagen) durch fossile Kraftwerke erzeugt werden.<sup>24</sup>

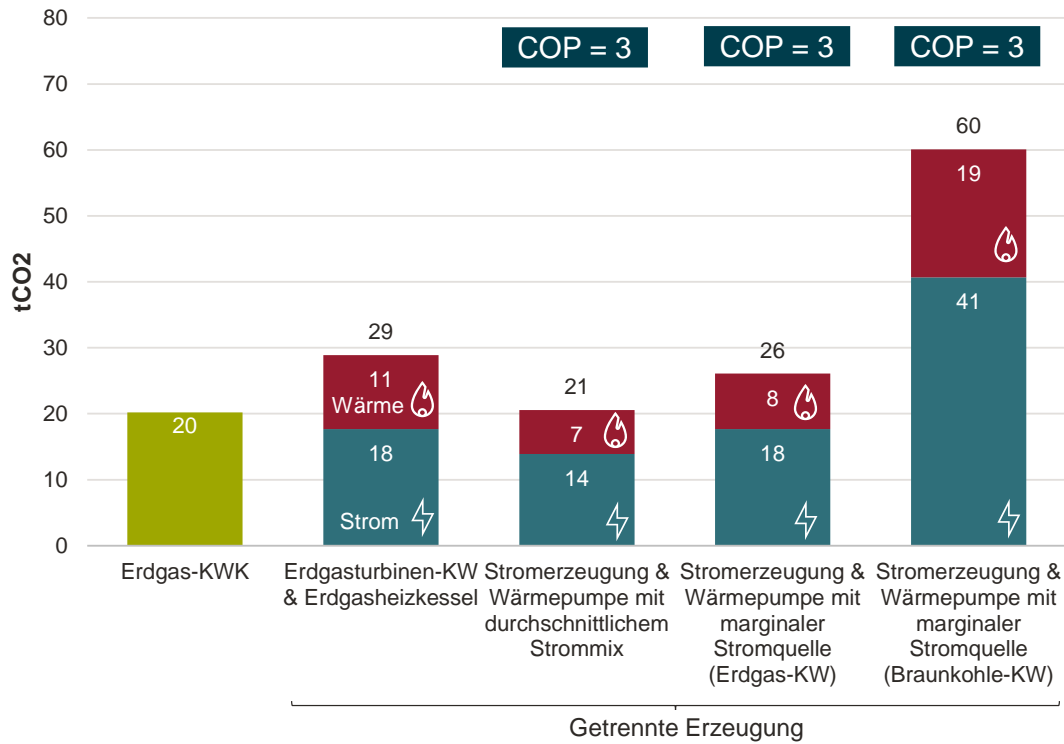
Auch in dieser Abbildung ist der ökologische Effizienzvorteil der Anlage mit Nutzwärmeauskopplung schnell ersichtlich. Für die Bereitstellung der gleichen Menge Energie (nämlich 85 MWh) entstehen in der Anlage mit Nutzwärmeauskopplung die wenigsten Emissionen. Es sei darauf hingewiesen, dass wir in diesem Vergleich die jährlichen durchschnittlichen Emissionen des deutschen Stromsystems der letzten fünf Jahre heranziehen.<sup>25</sup> Es ist zu erwarten, dass der ökologische Effizienzvorteil in den Wintermonaten noch höher ist, da die Emissionsintensität des Stromsystems in diesen Monaten aufgrund der niedrigen PV-Einspeisung in der Regel höher ist. Das ist besonders relevant, da genau zu dieser Zeit ein Großteil der Wärmeerzeugung benötigt wird (s. Annex A3 für die Details der Berechnungen).

---

<sup>24</sup> Im Beispiel setzen wir die Emissionsintensitäten eines durchschnittlichen Erdgas- und Braunkohlekraftwerks von 202 (Erdgas) bzw. 407 gCO<sub>2</sub>/kWh<sub>thermisch</sub> (Braunkohle) für das marginale Stromsystem an, siehe UBA (2024), [Link](#). Entsprechend ergibt sich bei einem Wirkungsgrad von 35 % eine elektrische Emissionsintensität 1.163 gCO<sub>2</sub>/kWh<sub>elektrisch</sub>.

<sup>25</sup> Die durchschnittliche jährliche Emissionsintensität des deutschen Stromsystems unterlag in den letzten Jahren recht starken Schwankungen. Um für diesen Effekt zu korrigieren, bilden wir den Durchschnitt über mehrere Jahre. Die durchschnittlichen Emissionsintensitäten der Jahre 2019 bis 2023 belaufen sich auf 408, 364, 407, 429, und 380 gCO<sub>2</sub>/kWh, siehe UBA (2024), [Link](#).

Abbildung 15 Vergleich der entstehenden Emissionen bei der Bereitstellung von gleichen Mengen Strom und Wärme über verschiedene Erzeugungspfade



Quelle: Frontier Economics

Hinweis: Für das marginale Stromsystem setzen wir exemplarisch die Emissionsintensitäten eines durchschnittlichen Erdgaskraftwerks (als untere Grenze) sowie eines Braunkohlekraftwerks (als obere Grenze) an.  
 COP := „Coefficient of Performance“ ist ein Maß für die Effizienz der Wärmepumpe und gibt das Verhältnis von abgegebener Wärmeleistung zur aufgenommenen elektrischen Energie an.

## 5 Fazit und Handlungsempfehlungen

### 5.1 Kernergebnisse der Kurzstudie

Im Rahmen dieser Kurzstudie haben wir Analysen zum Beitrag der KWK zu einer gesicherten, bezahlbaren und CO<sub>2</sub>-armen Energieversorgung durchgeführt.

**Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass KWK-Anlagen bzw. Anlagen mit einer Nutzwärmeauskopplung bereits gegenwärtig einen wesentlichen Beitrag zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit, zur Bezahlbarkeit von Energie sowie zur Reduktion von Treibhausgasen leisten. Es ist zu erwarten, dass dieser Beitrag auch zukünftig signifikant bleiben bzw. weiter ansteigen wird.** Eine dezidierte Betrachtung des Potenzials der KWK für die Transformation zur klimaneutralen Energieversorgung wurde von Frontier Economics im Jahr 2022 in einer umfassenden Studie beleuchtet.<sup>26</sup>

KWK ist schon heute eine zentrale Technologie für die Gewährleistung der **Versorgungssicherheit**. Rund 60 % der gesicherten Leistung im Strommarkt haben eine Nutzwärmeauskopplung. Dieser Anteil wird perspektivisch bis 2030 auf rund 85 % ansteigen, wenn die politischen Ziele eines vorgezogenen Kohleausstiegs bis 2030 und der Zubau von bis zu 21 GW an gesicherter Leistung aus dem KWSG (nicht-KWK-Anlagen) und dem KWKG (KWK-Anlagen) realisiert werden. Neben dem dafür notwendigen **Zubau** an KWK-Anlagen, muss dafür allerdings auch die Mehrheit an **Bestandsanlagen** ertüchtigt werden. Mehr als 75 % der installierten KWK-Leistung ist älter als 10 Jahre, entsprechende Ertüchtigungsinvestitionen – auch um die Flexibilisierung der Bestandsanlagen weiter zu erhöhen sowie den Wärmeverbrauch weiter bedienen zu können – sind notwendig.

KWK leistet zudem einen wichtigen Beitrag für die **Bezahlbarkeit** des Energiesystems. Zum einen tragen KWK-Anlagen zu einem optimierten Netzausbau bei. So liegen KWK-Anlagen lastnah und überwiegend südlich des Übertragungsnetzengpasses in Deutschland. Sie helfen so, den **zusätzlichen Übertragungsnetzbedarf zu reduzieren. Ihr Einsatz im Rahmen von Redispatchmaßnahmen** hilft im Übertragungsnetz schon heute die Netzstabilität zu gewährleisten. Darüber hinaus sind KWK-Anlagen zu einem überwiegenden Teil dezentral im Verteilnetz angeschlossen, rund zwei Drittel der Leistung (67 %) und über 99 % der Anlagen. Dadurch verringert sich die Notwendigkeit, Strom und Wärme über lange Strecken zu transportieren, was die Belastung der Netze reduziert. Da KWK-Anlagen flexibel eingesetzt werden können, bieten sie die Möglichkeit, Spitzenlasten abzufangen und Lastspitzen im Netz auszugleichen. Dies trägt zur Stabilität des Netzes bei und senkt die Notwendigkeit für zusätzliche Netzkapazitäten. **Netzausbaubedarfe können so durch KWK optimiert werden.** Dass KWK eine relevante Technologie für die Bereitstellung von Strom und Wärme zu wettbewerbsfähigen Preisen ist, unterstreicht zudem ihr Einsatz in der Industrie. So werden

<sup>26</sup> Frontier Economics (2022): „Das Potenzial der KWK für die Transformation zur klimaneutralen Energieversorgung“ (Juli 2022), [Link](#).



rund 7,5 GW (Strom) KWK-Leistung von Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes betrieben – der Großteil hiervon in der energieintensiven Chemieindustrie.

KWK ist zudem eine **brennstoffvariable Erzeugungstechnologie und leistet durch die vermehrte Nutzung von erneuerbaren Energieträgern einen** wichtigen Beitrag zur Treibhausgasreduktion innerhalb des Energiesystems. So ist die Emissionsintensität der Strom- und Wärmeerzeugung aus KWK bereits signifikant gesunken (seit dem Jahr 2003 um über 34 %) – insbesondere durch eine Reduktion des Brennstoffeinsatzes aus Braun- und Steinkohle bei zeitgleicher deutlicher Erhöhung der Erzeugung aus erneuerbaren Energien. Durch die sukzessive Reduktion von fossilem Erdgas durch regenerative Brennstoffe hat KWK zudem noch ein großes Potenzial Treibhausgase zu reduzieren (rund 46 % des aktuellen Brennstoffeinsatzes ist fossiles Erdgas). Die KWK ist zudem eine Technologie mit hoher **ökologischer Effizienz** und kann durch die Verdrängung von ungekoppelter Strom- und Wärmeerzeugung den Brennstoffbedarf und damit auch Emissionen reduzieren (bei vergleichbaren Brennstoffen ist der Brennstoffbedarf einer ungekoppelten Erzeugung 40 % größer als bei der Erzeugung durch eine KWK-Anlage). Je nach Emissionsintensität des Stromsystems ist sie so auch emissionsärmer als die ungekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung mit anschließendem Einsatz von Wärmepumpen.

Abbildung 16 fasst die Kernergebnisse der Analysen dieser Studie zusammen.

## Abbildung 16 Übersicht über die Kernergebnisse der Analysen dieser Studie

### Gesicherte Leistung



- 1 Neue KWK-Anlagen sollen die Lücke an gesicherter Leistung im Strommarkt bis 2030 mit schließen – dies führt zu einem **KWK-Neubaubedarf von bis zu 10,5 GW**.
- 2 Schon heute besteht **ca. 60 % der gesicherten Leistung (61 GW)** im Strommarkt aus KWK-Anlagen.
- 3 Deutschlands KWK-Kraftwerkspark ist in die Jahre gekommen – **rund 75 % der installierten KWK-Leistung ist älter als 10 Jahre**.

### Bezahlbarkeit



- 4 KWK-Anlagen sind schwerpunktmäßig verbrauchsnahe und wirken der Engpassdynamik im Übertragungsnetz entgegen. Sie helfen so kostenintensive Netzausbaubedarfe im Übertragungsnetz zu reduzieren.
- 5 **KWK-Anlagen sind in der Anzahl (99,9 %) und Leistung (67 %) zu einem Großteil** im Verteilnetz angeschlossen und können einen optimierten Stromnetzausbau ermöglichen.
- 6 **KWK-Anlagen stellen eine relevante Strom- und Wärme-Erzeugungstechnologie für einen wettbewerbsfähigen Strom- und Wärmebezug in der Industrie dar.**

### Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen



- 7 Die KWK ist eine **brennstoffvariable Erzeugungstechnologie**. KWK-Anlagen können bei Verfügbarkeit CO<sub>2</sub>-arme und -freie Brennstoffe nutzen. Der Anteil von erneuerbaren Energien als KWK-Brennstoffeinsatz ist stark steigend und seit 2003 bereits von 7 % der gesamten Inputmengen auf 29 % im Jahr 2022 angestiegen.
- 8 KWK-Anlagen haben ihre **CO<sub>2</sub>-Intensität bereits signifikant senken können**. Die durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Intensität ist von 319 gCO<sub>2</sub>/kWh (2003) auf 209 gCO<sub>2</sub>/kWh (2022) gesunken – eine Reduktion von rund 35 %.
- 9 Die KWK ist eine Technologie mit **hoher ökologischer Effizienz** und kann durch die Verdrängung von ungekoppelter Strom- und Wärmeerzeugung den Brennstoffbedarf reduzieren.

Quelle: Frontier Economics

Hinweis: [Insert Notes]

## 5.2 Handlungsempfehlungen

Unsere Analysen zeigen, dass i) der Beitrag der KWK zur gesicherten, bezahlbaren und CO<sub>2</sub>-armen Energiebereitstellung schon heute signifikant ist und ii) weitere große Potenziale der KWK zur Transformation des Energiesystems hin zur Klimaneutralität existieren.

Damit bestehende Beiträge gesichert und weitere Potenziale gehoben werden können, bedarf es einer Reihe von Maßnahmen, um den regulatorischen Rahmen zu stärken:

1. **Verbesserung des Investitionsrahmens für KWK-Anlagen:** Neue KWK-Anlagen und Retrofit bestehender Anlagen brauchen ausreichend Vorlaufzeit und Planungssicherheit. Im aktuellen Marktumfeld werden insbesondere aufgrund einer Reihe offener Marktdesignfragen in Bezug auf die Rolle und Förderung von Erzeugungsanlagen keine investiven Entscheidungen getroffen. Hierzu zählen z. B. die Förderung von Anlagen im Rahmen des KWStG, Diskussionen zur Einführung eines umfassenden Kapazitätsmarktes und die offene Verlängerung des KWStG. Des Weiteren haben politische Eingriffe in die Preisbildung an den Strommärkten das Vertrauen der Marktteilnehmenden gesenkt. **Eine Möglichkeit, um den Investitionsrahmen für KWK**

**zu stärken und den aktuellen Marktstillstand zu beheben, wäre eine zeitnahe Verlängerung des KWKG.**

2. Sicherstellung geeigneter Rahmenbedingungen für die Ertüchtigung von Bestandsanlagen – Über 75% der bestehenden KWK-Anlagen sind älter als 10 Jahre. Um eine fortlaufende und verlässliche Strom- und Wärmeversorgung zu gewährleisten und den politisch gewollten Fernwärmemausbau zu ermöglichen bedarf es geeigneter Rahmenbedingungen für Erhaltungs- und Ertüchtigungsinvestitionen. Hierzu zählen auch erforderliche Ausgaben, um Anlagen auf neue Brennstoffe umzustellen und die Flexibilität der Anlagenfahrweise zu erhöhen, z.B. durch Wärmespeicher und Überbau der elektrischen Leistung.
3. **Nachhaltige Perspektive für KWKG-Anlagen auch bei Einführung eines Kapazitätsmarktes:** Eine Zusicherung von Zuschlagszahlungen im Rahmen des KWKG auch bei einer anvisierten Einführung eines umfassenden Kapazitätsmarktes, wie es im BMWK-Kurzpapier zum Kombinierten Kapazitätsmarkt<sup>27</sup> skizziert wird, kann Investitionsrisiken reduzieren. Eine induzierte Unsicherheit durch unklare Transformationsregeln können KWK-Anlagenbetreibende nur schwer bepreisen, was zu ineffizient hohen Geboten in den KWKG-Auktionen führen könnte. Des Weiteren ist es dringend erforderlich, die Auswirkungen eines möglichen Kapazitätsmarktes auf die Preise im Strommarkt und damit auch auf die Erlöshöhen von KWK-Anlagen zu prüfen und bei der Gestaltung von etwaigen Gebotsdeckeln im KWKG zu berücksichtigen.
4. Eine **Erhöhung der Ausschreibungsmengen und Senkung der Hürden im Rahmen des KWKG kann helfen**, die bis 2030 entstehende Lücke an gesicherter Leistung von bis zu 10,5 GW zu schließen. Darüber hinaus könnten die **Ausschreibungsmengen für innovative KWK-Konzepte (iKWK) erhöht** werden. Dies fördert die Flexibilisierung der Anlagen, ermöglicht das systemdienliche Verhalten der KWK-Anlagen zu erhöhen und fördert die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung.
5. Für die Reduktion von Treibhausgasen von KWK-Anlagen ist die **Verfügbarkeit ausreichender und wirtschaftlicher Biomethan- und Wasserstoffvolumen** sicherzustellen. Hierzu gehört der Fortbestand der Förderung von Biomethan in der KWK-Erzeugung, der Abbau von Hürden für einen liquiden europäischen Biomethan-Markt, Instrumente zur Anschubfinanzierung für den Markthochlauf von Wasserstoff, Anreize und Standardlösungen für die Gewährleistung der Wasserstoff-Readiness von KWK-Anlagen sowie die Rahmenbedingungen für die Ertüchtigung der Gasinfrastruktur für Wasserstoff.

---

<sup>27</sup> Consentec, r2b, Öko-Institut (2024): Überblick zur Ausgestaltung eines kombinierten Kapazitätsmarkts (Version vom 10. September 2024), Studie für das BMWK, S.20, zuletzt abgerufen am 14.10.2024, [Link](#)

## Annex A

### A.1 Beschreibung des verwendeten Datensatzes

Der verwendete Datensatz basiert auf dem Marktstammdatenregister (Stand 01.07.2024). Insgesamt umfasst der Datensatz 107,364 Anlagen.

Für die Analyse wurden stillgelegte Kraftwerke, Kraftwerke ohne Nutzwärmeauskopplung und Anlagen, die sich noch im Bau befinden, herausgefiltert. Dies umfasst die im Zuge des Kohleausstiegs stillgelegten Kraftwerke. Dafür wurde auf die Informationen des Kohleverstromungsbeendigungsgesetzes zurückgegriffen. Der verbleibende Datensatz umfasst 87,408 Anlagen.

**Tabelle 1** gibt eine Übersicht über die vorhandenen Kraftwerke im Marktstammdatenregister.

**Tabelle 1** Übersicht der vorhandenen Kraftwerke im Marktstammdatenregister

Attribut der Kraftwerke	Anzahl Kraftwerke
Alle Kraftwerke	107,364
Stillgelegte Kraftwerke	6,792
Kraftwerke im Bau	813
Kraftwerke ohne Nutzwärmeauskopplung	13,844
<b>Relevante Kraftwerke für unsere Analysen</b>	<b>87,408</b>

Quelle: Frontier Economics auf Basis des Marktstammdatenregisters

Hinweis: Es ist darauf hinzuweisen, dass sich die Summe der relevanten Kraftwerke für unsere Analysen nicht direkt aus den hier angegebenen Zahlen errechnen lässt, da es Dopplungen zwischen den Kraftwerken ohne Nutzwärmeauskopplung und den stillgelegten, bzw. sich noch im Bau befindenden, Kraftwerken gibt.

Auf Basis der vorhandenen Ortsangaben wurden dem Datensatz Geokoordinaten hinzugefügt. Dies ermöglicht eine präzise Lokalisierung der Anlagen in Deutschland. Das Alter der Anlagen ergibt sich entweder aus dem Datum der Inbetriebnahme oder der letzten Instandsetzung.

### A.2 Weitere Fallstudien zur Verwendung von KWK-Anlagen im verarbeitenden Gewerbe

#### A2.1 KWK-Anlagen der Chemie-Branche stehen vor allem in Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz

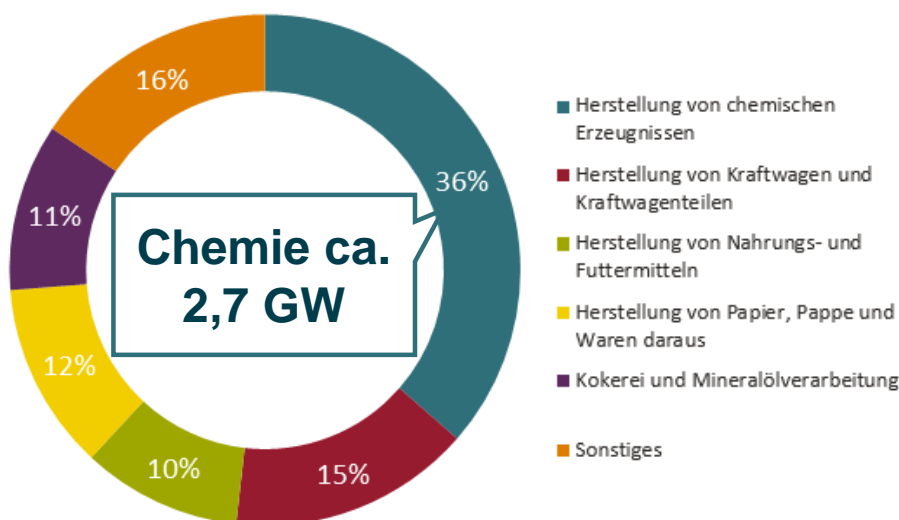
Von den insgesamt rund 7,5 GW installierter Leistung von KWK-Anlagen im verarbeitenden Gewerbe entfallen etwa 2,7 GW, etwa 36 %, auf die chemische Industrie. Diese Anlagen sind

vor allem in den Bundesländern Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz angesiedelt, also hinter den aktuell relevanten Netzingpässen.

Bedeutende Unternehmen in diesem Sektor sind BASF und Evonik, die zusammen mehr als die Hälfte der 2,7 GW betreiben. Diese Anlagen werden nahezu ausschließlich mit Erdgas betrieben. Entsprechend groß ist das Potenzial zur Reduktion von Treibhausgasen dieser Anlagen bei entsprechender Verfügbarkeit von CO<sub>2</sub>-armen oder -neutralen Brennstoffalternativen (z. B. Biomethan oder blauer und grüner Wasserstoff).

Abbildung 17 stellt die Verteilung der Leistung der KWK-Anlagen des verarbeitenden Gewerbes dar und weist den Anteil der Chemie-Branche aus. Abbildung 18 zeigt die Verteilung dieser Anlagen der Chemie-Branche in Deutschland.

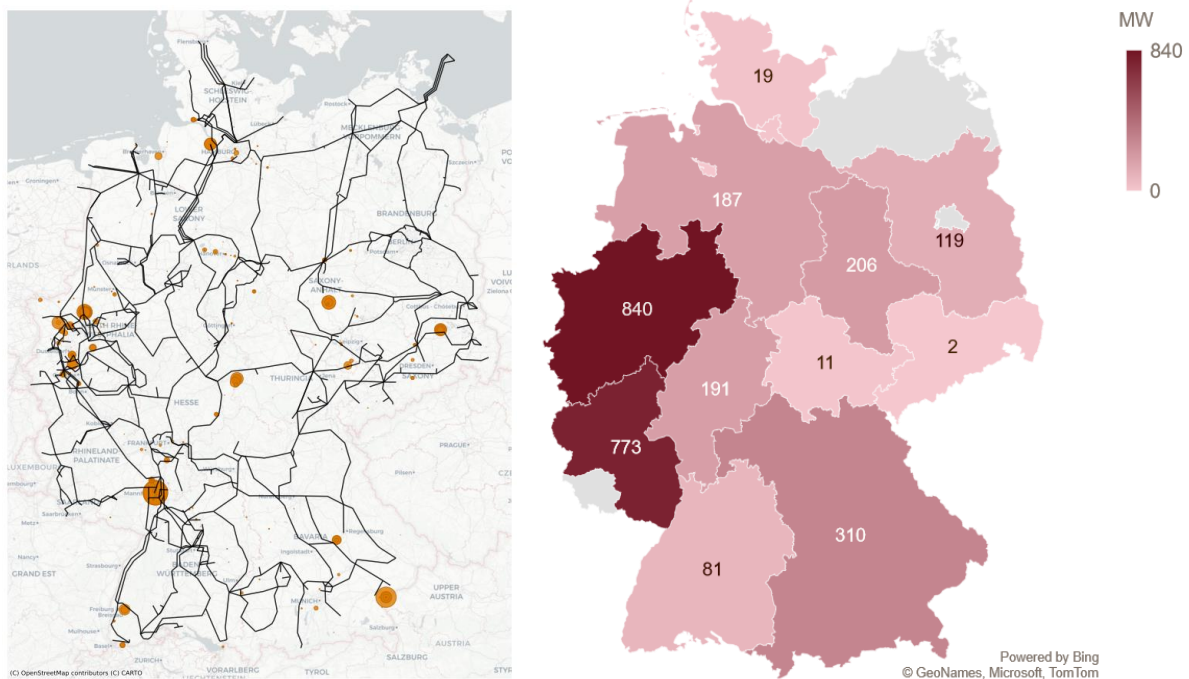
**Abbildung 17 Leistung der KWK-Anlagen des verarbeitenden Gewerbes: Chemie-Branche**



Quelle: Frontier Economics auf Basis des Marktstammregisters

Hinweis: [Insert Notes]

Abbildung 18 Verteilung der Anlagen mit einer Nutzwärmeauskopplung in der Chemie-Branche



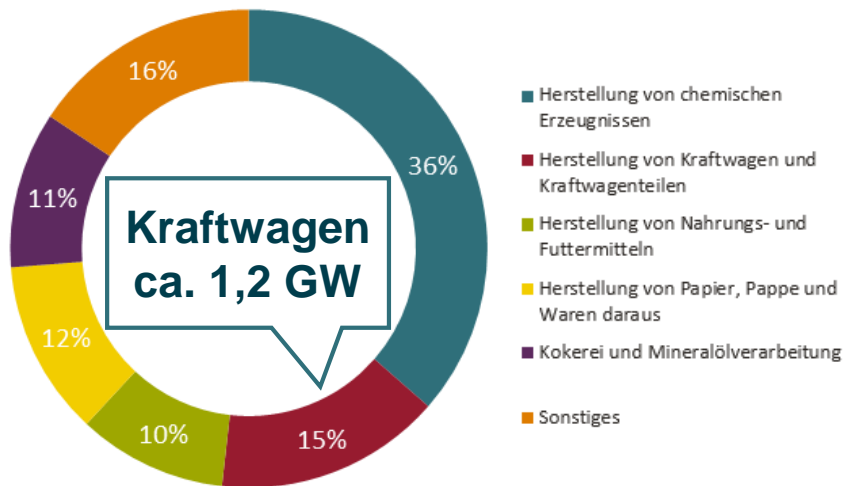
Quelle: Frontier Economics auf Basis des Marktstammregisters  
Hinweis: [Insert Notes]

## A2.2 KWK-Anlagen zur Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen

Rund 15 % der elektrischen Gesamtleistung von KWK-Anlagen des verarbeitenden Gewerbes, etwa 1,2 GW, entfallen auf die Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen. Diese Anlagen sind vor allem in Niedersachsen angesiedelt. Ein bedeutendes Unternehmen in diesem Sektor ist insbesondere Volkswagen, während BMW und Mercedes-Benz mit großem Abstand folgen.

Abbildung 19 stellt die Verteilung der Leistung der KWK-Anlagen des verarbeitenden Gewerbes dar und weist den Anteil der Anlagen zur Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen aus. Abbildung 20 zeigt die Verteilung dieser Anlagen in Deutschland.

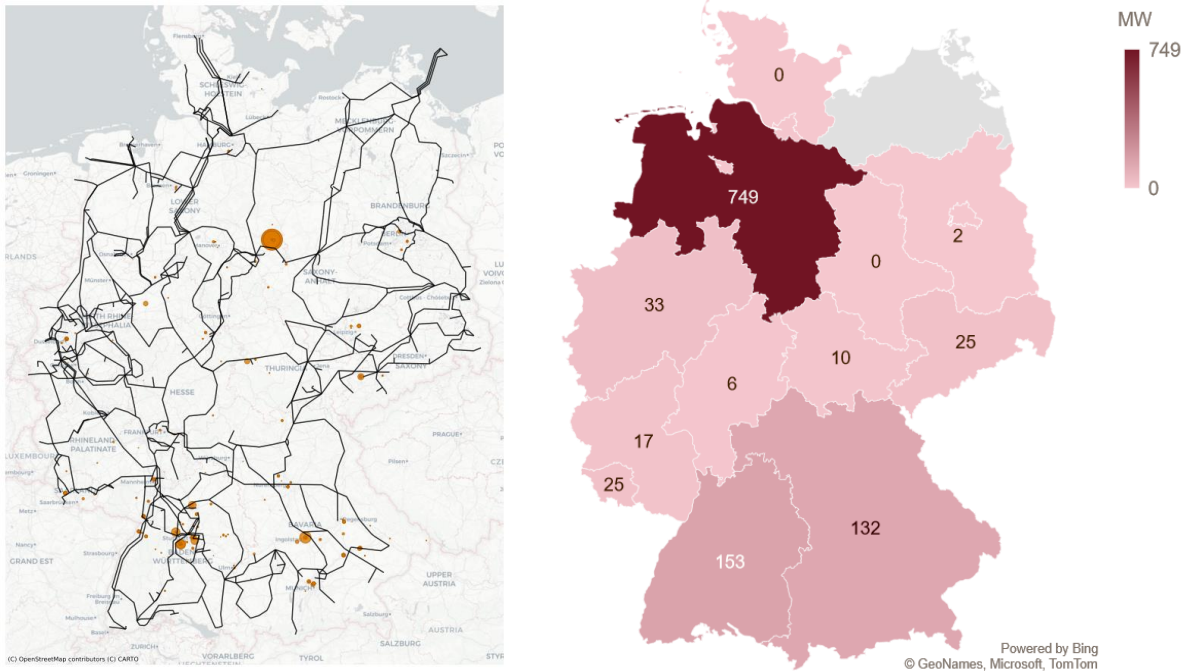
Abbildung 19 Leistung der KWK-Anlagen des verarbeitenden Gewerbes:  
Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen



Quelle: Frontier Economics auf Basis des Marktstammregisters

Hinweis: [Insert Notes]

Abbildung 20 Verteilung der Anlagen mit einer Nutzwärmeauskopplung zur  
Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen



Quelle: Frontier Economics auf Basis des Marktstammregisters

Hinweis: [Insert Notes]



### A.3 Details der Berechnung des Potenzials zur Reduktion von THG von KWK-Anlagen

Im Folgenden werden die Inputparameter und Rechenschritte für die Ermittlung der Reduktion von Treibhausgasen von KWK-Anlagen dargestellt. **Tabelle 2** zeigt die Berechnung der benötigten Energiemengen bei der Erzeugung von Strom und Wärme über unterschiedliche, aber vergleichbare, Erzeugungspfade. Um die jeweiligen Anteile von Strom und Wärme aus der Erzeugung von 100 MWh Energie zu ermitteln, verwenden wir die sogenannte *Wirkungsgradmethode*<sup>28</sup>, welche die Brennstoffanteile aus dem Quotienten des jeweiligen Einzelwirkungsgrades und der Summe beider Wirkungsgrade bestimmt. Die so berechneten Mengen der Strom- und Wärmeerzeugung sind im nächsten Schritt die Zielgrößen der vergleichbaren Erzeugungspfade, welche wiederum im Quotienten mit den relevanten Wirkungsgraden zum benötigten Brennstoffeinsatz führen.

**Tabelle 3** stellt die Berechnung des ökologischen Effizienzvorteils anhand der entstehenden Emissionen über unterschiedliche Erzeugungspfade dar. Im ersten Schritt berechnen wir die entstehenden Emissionen der beiden Erzeugungspfade aus der Anlage mit Nutzwärmeauskopplung und der separaten Erzeugung aus gasbetriebenen Kraftwerken. Anschließend berechnen wir die entstehenden Emissionen bei der getrennten Erzeugung über das durchschnittliche und marginale Stromsystem und dem Einsatz einer Wärmepumpe. Für das durchschnittliche Stromsystem nehmen wir die durchschnittliche Emissionsintensität der Stromerzeugung in Deutschland aus den Jahren 2019 bis 2023 an.

Für das marginale Stromsystem ziehen wir die Emissionsintensitäten eines durchschnittlichen Erdgas- bzw. Braunkohlekraftwerks heran.

---

<sup>28</sup> Auch IEA-Methode genannt, siehe hier für weitere Informationen: [https://www.ffe.de/wp-content/uploads/2022/10/ET\\_Allokationsmethoden\\_CO21.pdf](https://www.ffe.de/wp-content/uploads/2022/10/ET_Allokationsmethoden_CO21.pdf)

### A3.1 Berechnung des Effizienzvorteils anhand der Brennstoffeinsparungen

Tabelle 2 Berechnung des Effizienzvorteils anhand der Brennstoffeinsparungen

Parameter	Erdgas-KWK (Gas-und-Dampfturbinen-Kraftwerk)	Getrennte Erzeugung (Erdgasturbinen-KW & Erdgasheizkessel)	Getrennte Erzeugung (Stromerzeugung & Wärmepumpe mit durchschnittlichem Strommix, COP = 3)
Stromoutput		35 MWh	
Wärmeoutput		50 MWh	
Elektrischer Wirkungsgrad	35 %	40 % (Gasturbinenkraftwerk)	40 % (Gasturbinenkraftwerk)
Thermischer Wirkungsgrad	50 %	90 % (Gasheizkessel)	Wärmepumpe (COP = 3)
Benötigte Energie für Strom	100 MWh	35 MWh / 0,40 = <b>87,5 MWh</b>	35 MWh / 0,40 = <b>87,5 MWh</b>
Benötigte Energie für Wärme		50 MWh / 0,90 = <b>55,5 MWh</b>	50 MWh / 3 = <b>16,7 MWh</b>
Gesamtwirkungsgrad	85%	Strom: 40 %, Wärme: 90 %	Strom: 40 %, Wärme: COP = 3
Gesamtenergiebedarf in MWh	<b>100 MWh</b>	87,5 MWh (Strom) + 55,5 MWh (Wärme) = <b>143 MWh</b>	87,5 MWh (Strom) + 16,7 MWh (Wärme) = <b>104 MWh</b>

Quelle: Frontier Economics

Hinweis: COP := „Coefficient of Performance“ ist ein Maß für die Effizienz der Wärmepumpe und gibt das Verhältnis von abgegebener Wärmeleistung zur aufgenommenen elektrischen Energie an.

### A3.2 Berechnung des ökologischen Effizienzvorteils anhand der entstehenden Emissionen über unterschiedliche Erzeugungspfade

**Tabelle 3** Berechnung des ökologischen Effizienzvorteils anhand der entstehenden Emissionen über unterschiedliche Erzeugungspfade

Parameter	Erdgas-KWK (Gas- und-Dampfturbinen-Kraftwerk)	Getrennte Erzeugung (Erdgasturbinen-KW & Erdgasheizkessel)	Getrennte Erzeugung (Stromerzeugung & Wärmepumpe mit durchschnittlichem Strommix, COP = 3)	Getrennte Erzeugung (Stromerzeugung & Wärmepumpe mit marginaler Stromquelle (Erdgas-KW))	Getrennte Erzeugung (Stromerzeugung & Wärmepumpe mit marginaler Stromquelle (Braunkohle-KW))
<b>Stromoutput</b>			35 MWh		
<b>Wärmeoutput</b>			50 MWh		
<b>Elektrischer Wirkungsgrad</b>	35 %	40 %	-	35 %	40 %
<b>Thermischer Wirkungsgrad</b>	50 %	90 %	300 %	300 %	300 %
<b>Benötigte Energie für Strom</b>	100 MWh	87,5 MWh	87,5 MWh	100 MWh	87,5 MWh
<b>Benötigte Energie für Wärme</b>	-	16,7 MWh	16,7 MWh	16,7 MWh	16,7 MWh
<b>Gesamtenergiebedarf</b>	100 MWh	143 MWh	104 MWh	116,7 MWh	104 MWh

DER BEITRAG VON KWK ZU EINER GESICHERTEN, BEZAHLBAREN UND CO2-ARMEN ENERGIEVERSORGUNG

Parameter	Erdgas-KWK (Gas- und-Dampfturbinen-Kraftwerk)	Getrennte Erzeugung (Erdgasturbinen-KW & Erdgasheizkessel)	Getrennte Erzeugung (Stromerzeugung & Wärmepumpe mit durchschnittlichem Strommix, COP = 3)	Getrennte Erzeugung (Stromerzeugung & Wärmepumpe mit marginaler Stromquelle (Erdgas-KW))	Getrennte Erzeugung (Stromerzeugung & Wärmepumpe mit marginaler Stromquelle (Braunkohle-KW))
<b>Emissionsintensität Kraftstoff / System</b>	0,202 tCO2/MWh	0,202 tCO2/MWh	0,398 tCO2/MWh <sup>29</sup>	0,505 tCO2/MWh	1.163 tCO2/MWh
<b>Emissionen Strom</b>		18 tCO2	14 tCO2	18 tCO2	41 tCO2
<b>Emissionen Wärme</b>		11 tCO2	7 tCO2	8 tCO2	19 tCO2
<b>Emissionen gesamt</b>	100 MWh * 0,202 tCO2/MWh = <b>20,2 tCO2</b>	143 MWh * 0,202 tCO2/MWh = <b>29 tCO2</b>	35 MWh (Strom) * 0,398 tCO2/MWh + 50 MWh (Wärme) * 0,398 tCO2/MWh / 3 = <b>20,5 tCO2</b>	35 MWh (Strom) * 0,505 tCO2/MWh + 50 MWh (Wärme) * 0,505 tCO2/MWh / 3 = <b>26 tCO2</b>	35 MWh (Strom) * 1,163 tCO2/MWh + 50 MWh (Wärme) * 1,163 tCO2/MWh / 3 = <b>60 tCO2</b>

Quelle: Frontier Economics

Hinweis: Die Emissionsintensitäten der Brennstoffe und des deutschen Stromsystems stammen jeweils aus UBA (2024): [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/23\\_2024\\_cc\\_strommix\\_07\\_2024.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/23_2024_cc_strommix_07_2024.pdf)

<sup>29</sup> Siehe Umweltbundesamt (2024): [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/23\\_2024\\_cc\\_strommix\\_07\\_2024.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/23_2024_cc_strommix_07_2024.pdf)



Frontier Economics Ltd is a member of the Frontier Economics network, which consists of two separate companies based in Europe (Frontier Economics Ltd) and Australia (Frontier Economics Pty Ltd). Both companies are independently owned, and legal commitments entered into by one company do not impose any obligations on the other company in the network. All views expressed in this document are the views of Frontier Economics Ltd.