



**RheinEnergie**  
*next energy solutions*



Whitepaper

# Stromerzeugung für Rechenzentren – Bedarf, Vergleich und Einordnung

Eine umfassende Digitalisierung und ausreichende Rechenzentrumskapazitäten sind wichtige Faktoren für eine zukunfts- und wettbewerbsfähige Wirtschaft und eine moderne öffentliche Verwaltung.

Deutschland soll einer der führenden und attraktiven Standorte für Rechenzentrumskapazitäten sein. Wir wollen die Rechenzentrumskapazitäten in Deutschland bis 2030 mindestens verdoppeln.

Rechenzentrumsstrategie der Bundesregierung (18. März 2026)

## Executive Summary

- Die Wirtschaft befindet sich weltweit auf einem dynamischen Pfad der Digitalisierung. KI-Anwendungen, Cloud-Dienste und andere Online-Dienste sind eine unabdingbare Grundlage für die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft.
- Um die digitale Souveränität und den Wirtschaftsstandort Deutschland zu sichern, ist ein deutlicher und schneller Ausbau der Rechenzentrumsinfrastruktur in Deutschland erforderlich – dies wird auch in der Rechenzentrumsstrategie der Bundesregierung (18. März 2026) deutlich.
- Dafür ist ein massiver Ausbau der Stromnetzinfrastruktur erforderlich. Dieser Ausbau schreitet stark voran, kann aber nicht mit dem Bedarfsanstieg mithalten. Kurzfristig kann oft keine ausreichende Leistung über das öffentliche Stromnetz bereitgestellt werden – insbesondere in den großen Rechenzentrumsclustern Deutschlands.
- Um die Umsetzung der betroffenen Rechenzentrumsprojekte trotzdem zu ermöglichen, muss als Brückenlösung lokal Strom erzeugt werden. Dies wird als Onsite-Generation bezeichnet.
- Netzstrom ist im Regelfall nicht CO<sub>2</sub>-neutral; im deutschen Durchschnitt 2024 beträgt der CO<sub>2</sub>-Wert 363 g/kWh.
- Erdgas-Onsite-Lösungen verursachen lokale CO<sub>2</sub>-Emissionen. Hocheffiziente Onsite-Systeme können jedoch – je nach Wirkungsgrad und Betriebsweise – in die Nähe des durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Anteils im Netzstrom kommen oder ihn in Kombination mit Abwärmenutzung sogar unterbieten.

# Zunehmende Digitalisierung als zentraler Wettbewerbsfaktor

Die globale Wirtschaft befindet sich in einem tiefgreifenden digitalen Wandel. Wertschöpfungsketten, Geschäftsmodelle und industrielle Prozesse werden zunehmend datengetrieben und automatisiert. Moderne Technologien wie Künstliche Intelligenz (KI), Cloud-Dienste, High-Performance-Computing, Datenanalyseplattformen und vernetzte Produktionssysteme bilden heute die Grundlage nahezu aller Innovationen – von der Industrie 4.0 über Smart Mobility bis hin zu modernen Gesundheits- und Verwaltungsdiensten. Unternehmen, die diese Technologien produktiv einsetzen, steigern ihre Effizienz, verkürzen Entwicklungszyklen und erhöhen ihre Wettbewerbsfähigkeit auf internationalen Märkten.

Für die deutsche Wirtschaft sind leistungsfähige digitale Dienste daher längst kein optionaler Mehrwert mehr, sondern ein strategischer Erfolgsfaktor für Wachstum, Skalierbarkeit und technologische Führungsansprüche.

## Digitale Souveränität setzt lokale Rechenzentrumsinfrastruktur voraus

Damit Deutschland langfristig ein starker Wirtschaftsstandort bleibt, braucht es eine sichere, leistungsfähige und vertrauenswürdige digitale Infrastruktur im eigenen Land. Nur wenn die zugrunde liegende Rechenleistung – insbesondere für Cloud-Dienste,

KI-Modelle und kritische Unternehmensdaten – innerhalb Deutschlands oder der EU betrieben wird, lassen sich Datenschutz, Compliance und digitale Souveränität zuverlässig gewährleisten.

Dazu ist ein deutlicher und beschleunigter Ausbau der nationalen Rechenzentrumsinfrastruktur notwendig. Moderne Rechenzentren schaffen die Basis für:

- hohe Verfügbarkeit und niedrige Latenz digitaler Dienste,
- sichere Verarbeitung sensibler Daten unter strengen europäischen Datenschutzstandards,
- Skalierung von KI- und Cloud-Anwendungen,
- technologische Unabhängigkeit von außereuropäischen Anbietern,
- Resilienz digitaler Ökosysteme gegen Störungen, geopolitische Risiken oder Lieferkettenabhängigkeiten.

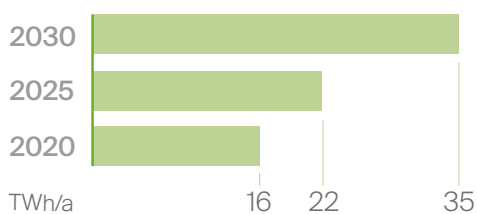
Mit einer flächendeckenden, zukunftssicheren Rechenzentrumslandschaft wird Deutschland in die Lage versetzt, sowohl wirtschaftlich als auch gesellschaftlich von den Chancen der Digitalisierung zu profitieren – und gleichzeitig seine technologische Autonomie zu stärken.

# Onsite-Generation im Kontext von Rechenzentren

Mit der fortschreitenden Elektrifizierung zentraler Wirtschafts- und Lebensbereiche – insbesondere in den Sektoren Verkehr, Wärme, Industrie und Rechenzentren – steigt der Strombedarf in Deutschland kontinuierlich und deutlich an. Parallel dazu nimmt auch der Anteil der erneuerbaren Energien stetig zu, was langfristig zu einer emissionsärmeren Energieversorgung beitragen wird.

Dennoch wächst der Bedarf an elektrischer Energie derzeit schneller, als das öffentliche Stromnetz ausgebaut werden kann. Obwohl der Netzausbau mit hohem Tempo voranschreitet und politisch wie wirtschaftlich priorisiert wird, kann er den rasant steigenden Leistungsanforderungen in vielen Regionen nicht ausreichend folgen. Besonders in traditionellen Rechenzentrumsclustern Deutschlands – darunter Regionen mit hoher Netzlast und begrenzten Anschlusskapazitäten – steht kurzfristig nicht genügend elektrische Leistung aus dem öffentlichen Stromnetz zur Verfügung, um neue Projekte zeitnah zu realisieren.

## Prognose: Strombedarf deutscher Rechenzentren



Gemäß Borderstep Institut wird der Bedarf an elektrischer Energie für deutsche Rechenzentren im Jahr 2030 voraussichtlich zwischen 25 und 35 Terawattstunden liegen. 2020 lag der Bedarf bei ca. 16 Terawattstunden und 2025 bei ca. 22 Terrawattstunden.

Um dennoch die Umsetzung geplanter und dringend benötigter Rechenzentrumsprojekte zu ermöglichen, sind temporäre, lokal betriebene Erzeugungslösungen erforderlich. Diese Übergangslösungen, bis ausreichend Netzkapazitäten bereitstehen, werden als Onsite-Generation bezeichnet. Dabei erzeugt das Rechenzentrum einen Teil oder die gesamte benötigte elektrische Leistung direkt am Standort – beispielsweise mittels hocheffizienter gasbasierter Technologien.

Onsite-Generation dient somit als essenzielle Brückentechnologie, um die digitale Transformation und den Ausbau kritischer Infrastruktur voranzutreiben, ohne auf den zeitlich nachgelagerten Netzausbau warten zu müssen.

Da Rechenzentren durchgängig einen hohen Strombedarf haben, kann die Energieversorgung nicht zuverlässig und ausschließlich mit stark schwankenden erneuerbaren Erzeugern wie Wind- und Solarstrom erfolgen.

# Überblick möglicher Onsite-Technologien

## Brennstoffzellen (z. B. SOFC) – hocheffiziente Grundlast

Hochtemperatur-Brennstoffzellen (Solid Oxide Fuel Cell, SOFC) wandeln Brennstoff elektrochemisch in Strom um. Systeme am Markt erreichen elektrische Wirkungsgrade im Bereich von etwa 54 % (LHV, net AC). Beispielsweise weist ein Datenblatt der Bloom Energy Server-Plattform 53–65 % elektrische Effizienz (LHV, net AC) aus. Die Abwärme kann in KWK/CHP-Konzepten genutzt werden. SOFC-Brennstoffzellen sind zu 100 % wasserstofffähig.

## Gasmotoren – flexible, bewährte Onsite-KWK

Moderne erdgasbetriebene Motoren werden häufig als KWK-Module eingesetzt. Elektrische Wirkungsgrade > 45 % sind mit Modulen im Leistungsbereich 2 MW erreichbar – Module im Leistungsbereich > 10MW erreichen Wirkungsgrade von ca. 50 %. Vorteile sind Lastfolgefähigkeit und ein breites Leistungsband, Nachteile im Vergleich zur Brennstoffzelle sind i. d. R. niedrigere elektrische Wirkungsgrade und höhere lokale Abgasemissionen, die jedoch durch Abgasnachbehandlung adressiert werden können.

## Gasturbinen – kompakte Leistung, besonders für Spitzenlast

Einfache (Simple-Cycle) Gasturbinen sind schnellstartfähig und eignen sich gut für Spitzenlast und als rotierende Reserve. Als reine Gasturbine liegt der Wirkungsgrad typischerweise im Bereich von etwa 33–42 %. Wird die Abgaswärme in einem Kombiprozess genutzt (GuD/CCGT), sind elektrische Wirkungsgrade deutlich höher (z. B. 51–58 % bei neuen Anlagen). Für klassische Onsite-Data-Center-Setups ist GuD insbesondere bei größeren Campus-/Industriearealen mit entsprechender Infrastruktur sinnvoll.

# CO<sub>2</sub>-Bilanz

Wichtig ist eine saubere Einordnung in die Klimabilanz: Eine Erdgas-Onsite-Lösung emittiert CO<sub>2</sub> lokal (Scope 1). Netzstrom hingegen verlagert Emissionen häufig in den Erzeugungssektor (Scope 2) und ist – abhängig vom Strommix – ebenso nicht emissionsfrei. Das Umweltbundesamt weist für 2024 im Mittel 363 g CO<sub>2</sub> pro kWh des in Deutschland verbrauchten Stroms aus.

## Emissionsfaktoren und Wirkungsgrade der Technologien

Netzstrom (Deutschland, 2024)	→ 363 g CO <sub>2</sub> /kWh*
Erdgas (direkte CO <sub>2</sub> -Emissionen aus Verbrennung)	→ ca. 203,8 g CO <sub>2</sub> /kWh <sub>th</sub>
Brennstoffzelle (SOFC) konservativ	→ $n_{el} = 54 \%$
Gasmotor konservativ	→ $n_{el} = 42 \%$

\* (durchschnittlicher Wert für den in Deutschland verbrauchten Strom).

## Spezifische Emissionen

Aus dem Erdgas-Emissionsfaktor ( $\approx 203,8 \text{ g CO}_2/\text{kWh}_{th}$ ) ergibt sich:

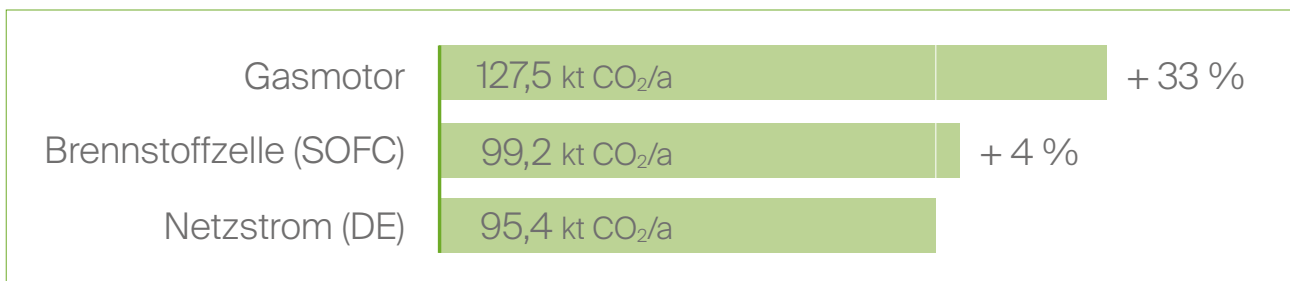
Brennstoffzelle ( $n_{el} 54 \%$ )	→ $203,8/0,54 \approx 377 \text{ g CO}_2/\text{kWh}_{el}$
Gasmotor ( $n_{el} 42 \%$ )	→ $203,8/0,42 \approx 485 \text{ g CO}_2/\text{kWh}_{el}$
Netzstrom (DE 2024)	→ $363 \text{ g CO}_2/\text{kWh}_{el}$

## Beispielrechnung: Jahres-Emissionen für 30 MW Grundlast

Annahme: 30 MW elektrische Dauerlast (Grundlast), 8.760 h/Jahr.

Jahresarbeit:  $30 \text{ MW} \times 8.760 \text{ h} = 262.800 \text{ MWh} = 262,8 \text{ GWh}$ .

Brennstoffzelle ( $n_{el} 54 \%$ )	→ $262,8 \text{ GWh} \times 0,377 \text{ t/MWh} \approx 99,2 \text{ kt CO}_2/\text{Jahr}$
Gasmotor ( $n_{el} 42 \%$ )	→ $262,8 \text{ GWh} \times 0,485 \text{ t/MWh} \approx 127,5 \text{ kt CO}_2/\text{Jahr}$
Netzstrom	→ $262,8 \text{ GWh} \times 0,363 \text{ t/MWh} \approx 95,4 \text{ kt CO}_2/\text{Jahr}$



Reine Stromerzeugung ohne Wärmenutzung

# Diskussion: Nachhaltigkeit, Systemeffekte und Einordnung

**Lokal vs. systemisch:** Onsite-Generation verlagert Emissionen nicht – sie entstehen vor Ort. Netzbezug verlagert Emissionen in den Stromsektor; im deutschen Durchschnitt 2024 bleibt der Strommix jedoch mit 363 g CO<sub>2</sub>/kWh emissionsbehaftet.

**Abwärmenutzung (CHP):** Die systemische Nachhaltigkeit von Onsite-Lösungen verbessert sich deutlich, wenn nutzbare Wärme (Heizen, Prozesswärme, Absorptionskälte, Einspeisung in Wärmenetze) fossil erzeugte Wärme ersetzt. Alle genannten Technologien sind explizit CHP-fähig. Durch Abwärmenutzung kann die Nachhaltigkeitsbilanz des Systems sogar deutlich positiver ausfallen, als bei einem System mit Stromnetzbezug und separater Wärmeerzeugung.

**Brennstoffpfad:** Erdgas ist ein fossiler Brennstoff. Die Klimawirkung kann durch den Einsatz bzw. die Beimischung erneuerbarer gasförmiger Energieträger (z. B. Biomethan, synthetisches Methan, Wasserstoff) reduziert werden; viele Systeme sind fuel-flexible. Insbesondere die Brennstoffzelle ist vollständig und ohne nennenswerte Umrüstung vollständig wasserstofffähig, so dass auf grünen Wasserstoff umgestellt werden kann, sobald dieser leitungsgebunden am Standort verfügbar ist.

Nach Möglichkeit kann bei der Onsite-Generation eine Ausspeisung von Strom ins öffentliche Netz mit konzipiert werden – ganz im Sinne der Kraftwerksstrategie der Bundesregierung, die einen schnellen und standortdienlichen Kapazitätszubau fordert. Onsite-Generation schafft im Grundsatz einen entwickelten und perspektiv wasserstofffähigen Kraftwerksstandort. Dadurch entfällt der langwierige Prozess einer Standortentwicklung und ermöglicht einen schnellen Zubau bei Bedarf. Durch den modularen Aufbau ist aus Systemsicht eine Erweiterung der Kraftwerkskapazitäten schnell und einfach umsetzbar.

**Entlastung des Netzausbaus:** Durch die Umsetzung von Onsite-Generation wird das öffentliche Netz entlastet, da ein Teil des Stroms aus der Onsite-Generation bezogen wird. Dadurch wird der Bedarf an Netzausbau reduziert, und somit können die begrenzten Ressourcen für den Netzausbau an anderen Stellen des Stromnetzes eingesetzt werden. Das führt zu Reduzierung von Vorlaufzeiten von Netzan-schlüssen für andere Endnutzer.

Der Ausbau der Rechenzentrumsinfrastruktur scheidet zunehmend an fehlenden Netzanschlusskapazitäten. Onsite-Generation schließt diese Lücke kurzfristig und ermöglicht Investitionen ohne Zeitverlust. Hocheffiziente, KWK-fähige Systeme sichern eine zuverlässige Stromversorgung,

entlasten das Stromnetz und schaffen perspektivisch wasserstofffähige Kraftwerksstandorte. Damit ist Onsite-Generation ein zentraler Enabler für digitale Souveränität, Standortstärkung und einen beschleunigten Infrastrukturaufbau.

# Quellen

Borderstep Institut, Ralf Hintemann:

„Rechenzentrumsmarkt Deutschland: Aktuelle nationale und regionale Entwicklungen“,  
acatech ESYS – Energiesysteme der Zukunft, deep dive, 03.12.2025

Rechenzentrumsstrategie der Bundesregierung vom 18.03.2026:

260312\_BMDS\_Template-RZ-Strategie\_V2\_barrierefrei\_final.pdf

Umweltbundesamt: CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kilowattstunde Strom 2024 gesunken (363 g CO<sub>2</sub>/kWh).

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/co2-emissionen-pro-kilowattstunde-strom-2024>

EPA (ETS2): Natural Gas Emission Factor 56.602 t CO<sub>2</sub>/TJ (Tabelle, 2024).

<https://www.epa.ie/publications/licensing--permitting/climate-change/ETS2-CO2-Emission-Factors-2024-v25.03.pdf>

Bloom Energy: Energy Server 6.5 Datasheet (elektrische Effizienz 53–65 % LHV, net AC).

<https://www.bloomenergy.com/wp-content/uploads/bloom-energy-server-datasheet-2024.pdf>

2G Energy: agenitor Produktseite (elektrischer Wirkungsgrad u. a. 42,5 %).

<https://2-g.com/de/produkte/kwk-anlagen/agenitor>

LEIFiPhysik: Gas- und Dampfkraftwerk (reine Gasturbine 33–42 %, GuD 51–58 %).

<https://www.leifiphysik.de/uebergreifend/fossile-energieversorgung/grundwissen/gas-und-dampfkraftwerk-gud-kraftwerk>

## RheinEnergie AG

Vertrieb Energiedienstleistungen

Parkgürtel 24

50823 Köln

## Louis Luxen

Abteilungsleiter Vertrieb Energiedienstleistungen

Email: [energiedienstleistungen@rheinenergie.com](mailto:energiedienstleistungen@rheinenergie.com)

Telefon: 0221 178 4040