



Rechenzentren in Deutschland

Aktuelle Marktentwicklungen –
Update 2023

Summary

4

1

Einleitung

6

2

Aktuelle Marktentwicklung bei Rechenzentren

9

Marktgröße

10

Marktstruktur

16

Internationaler Kontext und Standortfaktoren

19

3

Rechenzentren und Nachhaltigkeit

20

Überblick – Nachhaltigkeit von Rechenzentren

21

Energiebedarf und Treibhausgasemissionen

22

Abwärmennutzung

27

4

Entwicklung der Strompreise für Rechenzentren in Deutschland

30

Aktuelle Situation bei der Strombeschaffung

31

Entwicklung der Industriestrompreise in Deutschland

33

Strompreise für Rechenzentren in Deutschland

34

Quellen

35

Inhalt

1	Abbildung 1: Entwicklung des Serverbestandes weltweit	10	13	Abbildung 13: Befragung: Wie sieht Ihr Rechenzentrum/sehen Ihre Rechenzentren im Jahr 2030 aus?	24
2	Abbildung 2: Befragung: Meinungen zum Thema Digitalisierung und Entwicklung des Rechenzentrumsmarktes	12	14	Abbildung 14: Mögliche künftige Entwicklung des Energiebedarfs der Rechenzentren und kleineren IT-Installationen in Deutschland bis zum Jahr 2030	25
3	Abbildung 3: Kapazitäten von Rechenzentren und kleineren IT-Installationen in Deutschland mit Anteil Cloud und Edge (IT-Anschlussleistung)	13	15	Abbildung 15: Mögliche Entwicklung der Treibhausgasemissionen durch den Stromverbrauch der Rechenzentren und kleineren IT-Installationen in Deutschland bis 2030 in zwei Szenarien	26
4	Abbildung 4: Kapazitäten von Rechenzentren und kleineren IT-Installationen in Deutschland mit Anteil Colocation (IT-Anschlussleistung)	14	16	Abbildung 16: Befragung: Einschätzungen zum Thema Abwärmenutzung	27
5	Abbildung 5: Befragung RZ-Betreiber: Planen Sie in den nächsten zwei Jahren Investitionen in Ihr Rechenzentrum/Ihre Rechenzentren?	15	17	Abbildung 17: Industriestrompreise in ausgewählten EU-Ländern	31
6	Abbildung 6: Befragung: Wie entwickelt sich die Bedeutung der folgenden RZ-Konzepte/Bereitstellungsmodelle bis zum Jahr 2025 in Deutschland?	16	18	Abbildung 18: Großhandelspreise in europäischen Märkten im Vergleich (durchschnittliche Preise)	32
7	Abbildung 7: RZ-Kapazitäten in Deutschland – Aufteilung RZ-Größen (IT-Leistung)	17	19	Abbildung 19: Durchschnittliche Strompreise für Neuabschlüsse in der Industrie (inkl. Stromsteuer) in Deutschland	33
8	Abbildung 8: Befragung: Wie attraktiv sind die Bundesländer als Standort für Rechenzentren?	18	20	Abbildung 20: Befragung: Wie hoch ist Ihrer Einschätzung nach der durchschnittliche Strompreis (inkl. aller Abgaben), den Betreiber von Rechenzentren bezahlen?	34
9	Abbildung 9: Befragung: Wie wichtig sind aus ihrer Sicht die folgenden Standortfaktoren für Rechenzentren (links) und wie bewerten Sie den Standort Deutschland bzgl. dieser Standortfaktoren (rechts)?	19			
10	Abbildung 10: Befragung: Bedeutung nachhaltigkeitsbezogener Themen für den Rechenzentrumsmarkt	21			
11	Abbildung 11: Energiebedarf der Rechenzentren und kleineren IT-Installationen in Deutschland in den Jahren 2010 bis 2022	22			
12	Abbildung 12: Treibhausgasemissionen durch den Stromverbrauch der Rechenzentren und kleineren IT-Installationen in Deutschland in den Jahren 2010 bis 2022 – ausgehend vom deutschen Strommix	23			

Summary

Der Rechenzentrumsmarkt boomt weiter – zwischen 2010 und 2022 wuchsen die Kapazitäten der Rechenzentren in Deutschland gemessen in IT-Anschlussleistung um über 90 %. Treiber dieses Wachstums ist die verstärkte Nutzung von Cloud-Diensten durch Unternehmen und private Haushalte.

Daher nehmen auch die Kapazitäten der Cloud-Rechenzentren in Deutschland deutlich zu. Im Jahr 2022 machen Cloud-Rechenzentren bereits 38 % der gesamten Rechenzentrums-Kapazitäten aus. Das Cloud-Wachstum treibt auch das Marktsegment der Colocation-Rechenzentren. 44 % der deutschen IT-Kapazitäten befinden sich 2022 in Colocation-Rechenzentren.

Über die zukünftige Entwicklung des Rechenzentrumsmarktes in Deutschland gehen die Meinungen der Marktforschungsinstitute auseinander. Während die Branche selbst optimistisch in die Zukunft blickt, wird teilweise auch eine Stagnation des Marktes erwartet. Grund für diese Skepsis sind vermutlich insbesondere die Turbulenzen auf den Energiemärkten und die unklaren regulatorischen und ökonomischen Rahmenbedingungen.

Der Energiebedarf der Rechenzentren und kleineren IT-Installationen in Deutschland ist in der Vergangenheit deutlich angestiegen – zwischen 2010 und 2022 stieg er um 70 % auf 17,9 Mrd. kWh/a. Dieser Anstieg ist trotz erheblicher Effizienzverbesserungen erfolgt: Die in Rechenzentren installierte

Rechenkapazität hat sich pro verbrauchter Kilowattstunde Strom seit 2010 etwa versechsfacht. Ob sich die Treibhausgasemissionen durch den Rechenzentrumsbetrieb in Zukunft absenken lassen, ist wesentlich abhängig von der Art der Stromproduktion in Deutschland. Gelingt es, die Ziele der Bundesregierung zum Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland zu erreichen, so können die Treibhausgasemissionen durch den Rechenzentrumsbetrieb bis 2030 halbiert werden.

Die Nutzung von Abwärme aus Rechenzentren ist eines der wichtigen Zukunftsthemen der Branche. Um die Potenziale ausschöpfen zu können, sind allerdings eine Reihe von Hemmnissen abzubauen, sowohl hinsichtlich der technischen Anlagen als auch hinsichtlich der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen.

Wie andere energieintensive Branchen auch, haben Rechenzentren durch die Krisen der vergangenen Jahre deutlich höhere Stromkosten zu tragen. Aktuell liegen die Preise, die Rechenzentren für ihren Strombezug zahlen, etwa 10 Cent pro kWh höher als noch 2019 – trotz Abschaffung der EEG-Umlage. Das bedeutet eine Mehrbelastung der Branche von 1,8 Mrd. € pro Jahr.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass das Thema Nachhaltigkeit für die Planung und den Betrieb von Rechenzentren immer bedeutender wird. Zum einen steigen

Bewusstsein und Anstrengungen für mehr Nachhaltigkeit in der Branche, zum anderen wird die Branche aber auch durch die sich ändernden Rahmenbedingungen mehr und mehr beeinflusst.

1 Einleitung

Hintergrund

Rechenzentren sind gemeinsam mit den Telekommunikationsnetzen die Basisinfrastruktur der Digitalisierung. Ihre Leistungsfähigkeit und ihre Bedeutung haben in den vergangenen Jahren immer mehr zugenommen. Trotz der enormen Bedeutung von Rechenzentren für die Digitalisierung ist allerdings das Wissen um die Strukturen und die Entwicklungen im nationalen und internationalen Rechenzentrumsmarkt immer noch verhältnismäßig gering.

Mit der Studie »Rechenzentren in Deutschland – Aktuelle Marktentwicklungen« (Hintemann, Graß, Hinterholzer, & Grothey, 2022) sowie einigen Vorgängerstudien (Hintemann, 2017; Hintemann & Clausen, 2014) haben Bitkom und Borderstep eine erste Grundlage für eine faktenbasierte Diskussion der Entwicklungen geschaffen.

Aktuell laufen auf europäischer und nationaler Ebene verschiedene Gesetzgebungsverfahren, mit denen die zukünftige Entwicklung der Rechenzentren beeinflusst werden kann. Im Rahmen der Diskussion der Gesetzentwürfe sind aktualisierte Informationen zur Marktentwicklung hilfreich. Mit der vorliegenden Kurzstudie wurde daher ein ergänzendes Update zu der Studie aus dem Jahr 2022 erstellt.

Ziele der Untersuchung

Ziel der Studie ist ein Update der ausführlichen Studie »Rechenzentren in Deutschland: Aktuelle Marktentwicklungen 2022« (Hintemann, Graß, et al., 2022).

Im Einzelnen sollen in der Kurzstudie neue Erkenntnisse zu folgenden Fragestellungen gewonnen werden:

- Wie entwickelt sich die IT-Anschlussleistung der Rechenzentren und kleineren IT-Installationen in Deutschland?
- Wie entwickeln sich aktuell Energiebedarf und Treibhausgasemissionen der Rechenzentren in Deutschland?
- Wie viel Abwärme entsteht durch den Rechenzentrumsbetrieb in Deutschland? Wie viel dieser Abwärme ist praktikabel nutzbar?
- Wie entwickeln sich die Stromkosten bzw. die Strompreise für Rechenzentrumsbetreiber in Deutschland?

Methodik

Für die Durchführung der Studie wurde folgender Methodenmix verwendet:

- Es wurde eine systematische und umfassende Quellen- und Literaturrecherche vorgenommen.

- Es wurden verfügbare Marktdaten zu Serververkäufen in Deutschland und weltweit von Marktanalysten erworben und ausgewertet.
- Im Zeitraum vom 21.3.2023 bis 13.4.2023 wurde eine Befragung von Expertinnen und Experten (online) durch Borderstep durchgeführt. An der Befragung haben 54 Personen teilgenommen – davon 35 Rechenzentrumsbetreiber.
- Modellierung: Die Entwicklung der IT-Anschlussleistungen, des Energiebedarfs und der Treibhausgasemissionen der Rechenzentren in Deutschland wurde mit Hilfe des Borderstep-Strukturmodells für Rechenzentren in Deutschland berechnet. Die durch den Stromverbrauch der Rechenzentren bedingten Treibhausgasemissionen wurden auf Basis der vom Umweltbundesamt veröffentlichten Daten zu den spezifischen Treibhausgasemissionen beim Strominlandsverbrauch (Icha, Lauf, & Kuhs, 2022) berechnet. Da diese für das Jahr 2022 noch nicht vorliegen, wurde von konstant bleibenden spezifischen Treibhausgasemissionen ausgegangen.

Allgemeine Definition »Rechenzentrum«

Rechenzentren können IT-Installationen in unterschiedlicher Größe sein

Unter einem Rechenzentrum verstehen wir in dieser Studie – wie auch in der Basisstudie aus dem Jahr 2022 (Hintemann, Graß, et al., 2022) – ein Gebäude, zumindest aber einen geschlossenen Raum, in dem neben dem IT-Betriebs-Bereich (Fläche für die IT-Infrastruktur) auch alle weiteren technischen Supportbereiche (Fläche für den Rechenzentrums-Infrastrukturbereich) untergebracht sind.

Elemente eines Rechenzentrums sind:

- IT-Infrastruktur: alle Komponenten, die für den Betrieb der Software benötigt werden, wie z. B. Server, Storage, Netzwerktechnik, Sicherheitslösungen
- RZ-Infrastruktur: alle Komponenten, die dazu dienen, dass die IT-Infrastruktur betrieben werden kann, wie z. B. Stromversorgung und Verteilung, Kälte- und Klimatechnik, Sicherheitstechnik, Telekommunikationsverkabelung, Racks, Steuerungs- und Monitoringsysteme, Lager- und Verwaltungsräume

- Diese allgemeine Definition legt keine Mindestgröße für Rechenzentren fest und umfasst auch kleine Serverräume mit wenigen Servern.

Abgrenzung von Rechenzentren zu kleineren IT-Installationen

Um Rechenzentren gegenüber kleinen IT-Installationen, einzelnen Serverracks und kleinen Serverräumen abzugrenzen, wird in dieser Studie erst von einem Rechenzentrum gesprochen, wenn mindestens eines dieser Kriterien erfüllt ist:

- 10 oder mehr Racks sind vorhanden
- Die IT-Anschlussleistung ist größer als 40 kW

Mit dieser Abgrenzung greifen wir eine Empfehlung des Bitkom-Arbeitskreises Rechenzentren auf.

Bei der Analyse des Rechenzentrumsmarktes werden im Folgenden auch die kleineren IT-Installationen einbezogen. Dies wird jeweils begrifflich kenntlich gemacht.

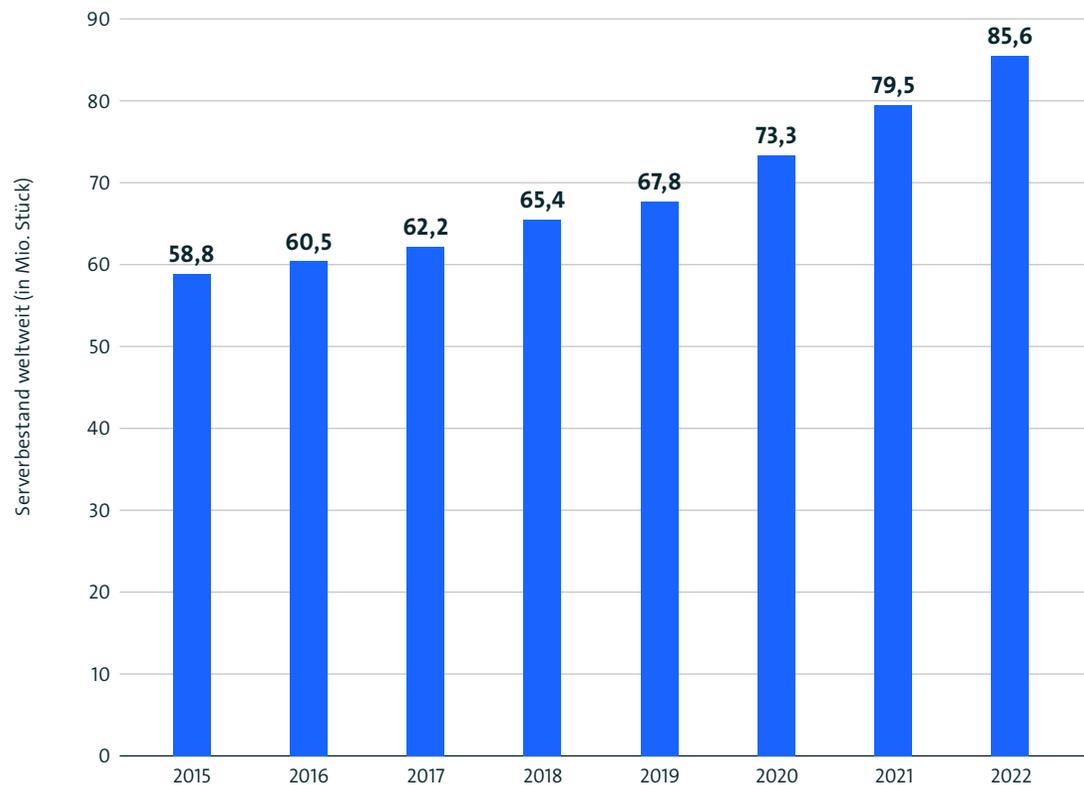
Hinweis: Mit der Untergrenze von 10 Racks/40 kW fallen auch größere Serverräume und Container unter den Begriff »Rechenzentrum«, die oft von (mittelständischen) Unternehmen oder Behörden für eigene Zwecke verwendet werden

(»On Premise«). Bei Verwendung dieser Begriffsabgrenzung gibt es in Deutschland etwa 3.000 Rechenzentren (Hintemann, Graß, et al., 2022). Würde die untere Leistungsgrenze bei 200 kW oder 500 kW gewählt, so reduziert sich die Anzahl der Rechenzentren sehr deutlich und es würden – neben einigen On-Premise-Rechenzentren von beispielsweise Großunternehmen und Forschungseinrichtungen – im Wesentlichen die größeren »Kommerziellen« Rechenzentren erfasst. Leider gibt es keine aktuellen Erhebungen zur Zahl der Rechenzentren mit Anschlussleistungen über 200 kW oder über 500 kW in Deutschland verfügbar. Auf Basis einer Untersuchung aus dem Jahr 2017 (Hintemann, 2017) wird grob geschätzt, dass es etwa 300 bis 500 Rechenzentren in Deutschland gibt, die über eine Anschlussleistung von mehr als 500 kW verfügen.

2 Aktuelle Marktentwicklung bei Rechenzentren

2.1 Marktgröße

Internationale Marktentwicklung



Basis: Online-Befragung von RZ-Betreibern durch Borderstep (21.03.2023 – 13.04.2023); n = 35 | Quelle: Bordstep 2023

Abbildung 1: Entwicklung des Serverbestandes weltweit

Deutscher Anteil am Weltmarkt nimmt ab

- Die Rechenzentrumsbranche boomt weltweit: Die Zahl der in den weltweiten Rechenzentren installierten Server nimmt deutlich zu – zwischen 2015 und 2022 stieg sie um 45 % von 59 Millionen auf 86 Millionen Stück.
- Der Anteil Deutschlands an den weltweiten Rechenzentrumskapazitäten nimmt ab: Waren im Jahr 2015 noch etwa 3,5 % der Server in Rechenzentren in Deutschland, so sank dieser Anteil bis 2022 auf knapp 3 %.

Zukünftige RZ-Marktgröße in Deutschland nur schwer zu prognostizieren

Analysten sind sich nicht einig

Zur aktuellen und künftigen Entwicklung des Server- und Rechenzentrumsmarktes gibt es verschiedene Meinungen von Marktforschenden und -analysten, die sich teilweise sehr deutlich unterscheiden. Während für die internationale Entwicklung von den Analysten ein langfristiger Wachstumstrend angenommen wird (Gartner, 2021; IDC, 2023; Kung, 2020), sind die den Autoren vorliegenden Prognosen für Deutschland nicht einheitlich. Auch hier wird von einigen Analysten von einem anhaltenden Wachstum ausgegangen (z. B. Statista, 2022), andere Analysten rechnen jedoch mit einer Stagnation des Marktes in den kommenden Jahren¹. Die Branche selbst geht mehrheitlich von einem Anhalten des Booms auf dem Rechenzentrumsmarkt aus (siehe Abbildung 2, Abbildung 5, Abbildung 13).

Die unterschiedlichen Bewertungen lassen sich zumindest teilweise durch die unklare zukünftige Entwicklung der rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für Rechenzentren in Deutschland erklären. Eine zu strenge

Regulierung der Rechenzentren könnte nach Auffassung der befragten Expertinnen und Experten dazu führen, dass weniger Rechenzentren in Deutschland gebaut werden (Abbildung 10). Auch hohe Strompreise und das begrenzte verfügbare Angebot regenerativ erzeugten Stroms könnten sich negativ auf den Rechenzentrumsmarkt auswirken (Abbildung 9). Außerdem sind die Marktentwicklungen in Deutschland deutlich abhängig von den Standort-Entscheidungen weniger großer Cloud-Anbieter. Diese Cloud-Anbieter bestimmen aktuell die weltweite Marktentwicklung der Rechenzentren. Etwa die Hälfte der weltweit produzierten Server wird aktuell an die großen Hyperscale-Cloud-Anbieter verkauft.

¹ Borderstep hat im Rahmen der Erstellung der Studie Daten zu Serververkäufen in Deutschland erworben. Diese Daten umfassen auch eine Prognose der künftigen Entwicklung bis zum Jahr 2027.

Einschätzungen zur Entwicklung des Rechenzentrumsmarktes

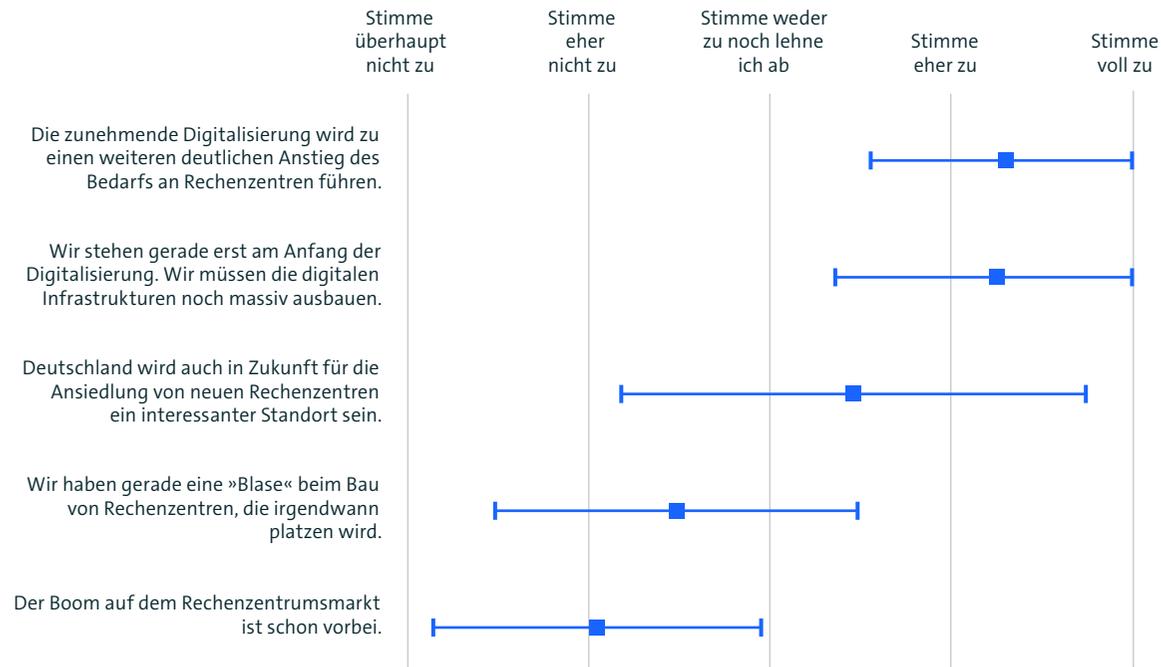
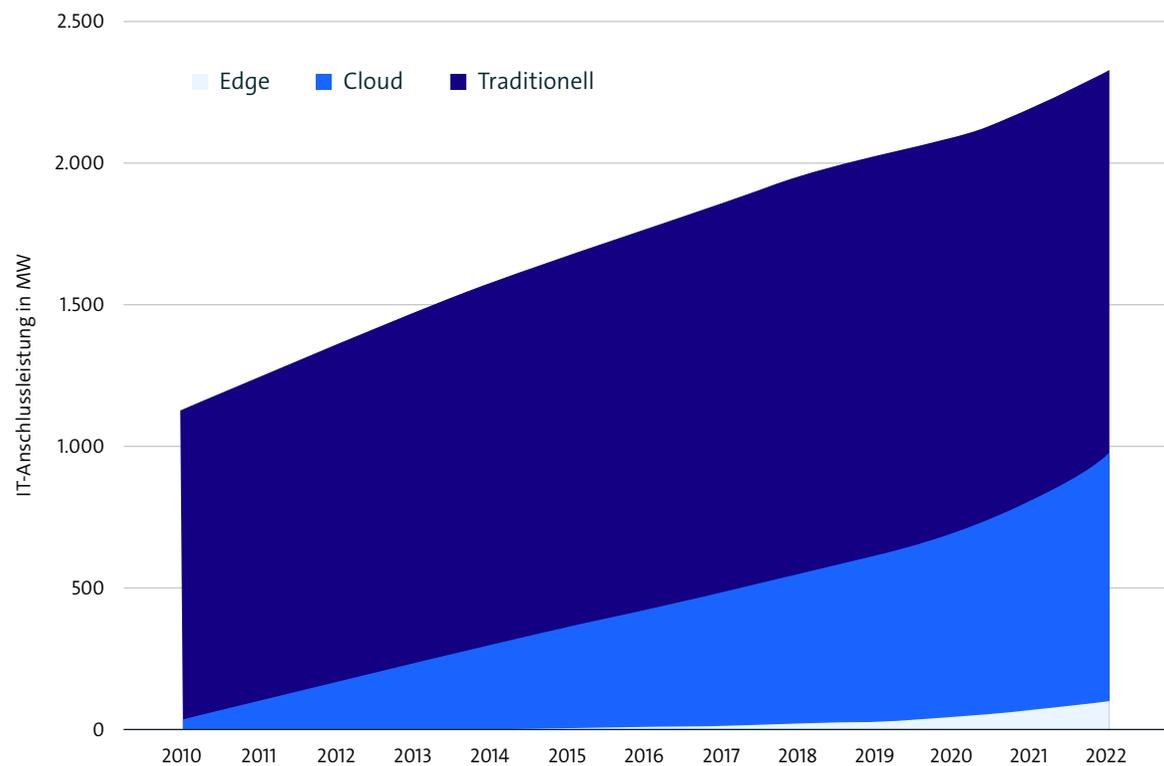


Abbildung 2: Befragung: Meinungen zum Thema Digitalisierung und Entwicklung des Rechenzentrumsmarktes

Digitalisierung wird zu weiter steigendem Bedarf an Rechenzentrumskapazitäten führen

- Digitalisierung wird aus Sicht der Expertinnen und Experten weiterhin zu einem Anstieg an RZ-Kapazitäten führen
- Boom bei Rechenzentren scheint keine »Blase« zu sein
- Zukunft des RZ-Standortes Deutschland wird mehrheitlich positiv gesehen – 56 % schätzen Deutschland als interessanten RZ-Standort ein
- Betreiber von Rechenzentren blicken etwas kritischer in die Zukunft als der Durchschnitt der Experten und Expertinnen – nur 42 % stimmen zu, dass Deutschland in Zukunft ein interessanter Standort sein wird

Kapazitäten von Rechenzentren und kleineren IT-Installationen



Basis: Online-Befragung von RZ-Betreibern durch Borderstep (21.03.2023 –13.04.2023); n = 35

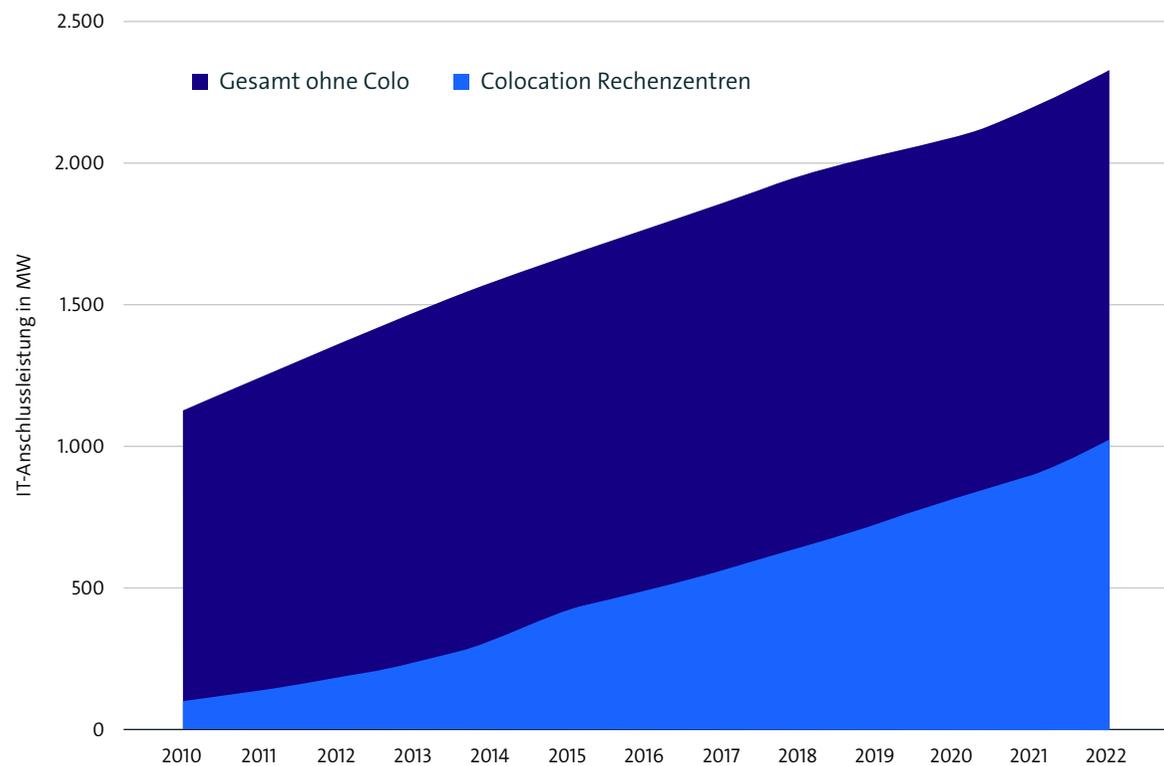
Abbildung 3: Kapazitäten von Rechenzentren und kleineren IT-Installationen in Deutschland mit Anteil Cloud und Edge (IT-Anschlussleistung)

Gesamte in Deutschland installierte IT-Leistung nimmt weiter zu

- Der Wachstumstrend bei Rechenzentren ist ungebrochen – zwischen 2010 und 2022 wuchsen die Kapazitäten gemessen in IT-Anschlussleistung um über 90 %
- Die Cloud-Kapazitäten in Deutschland nehmen deutlich zu. Im Jahr 2022 machen sie 38 % der RZ-Kapazitäten aus
- Auch traditionelle Rechenzentren werden in Deutschland weiter betrieben
- Der Edge-Rechenzentrumsmarkt kommt erst langsam in Schwung

Die Berechnungen erfolgen mit Hilfe eines umfangreichen Strukturmodells der Rechenzentrumslandschaft in Deutschland und Europa, das am Borderstep Institut entwickelt wurde und jährlich aktualisiert wird (Hintemann, 2021; Hintemann, Fichter, & Stobbe, 2010; Hintemann, Graß, et al., 2022). In dem Modell sind die Stückzahlen der in den Rechenzentren in Deutschland vorhandenen Server, Storage und Netzwerksysteme erfasst. Über Annahmen zur maximalen Leistungsaufnahme der Geräte wird die IT-Anschlussleistung abgeschätzt. In Abbildung 3 ist die IT-Anschlussleistung der Rechenzentren und kleineren IT-Installationen in Deutschland dargestellt.

Kapazitäten von Colocation-Rechenzentren in Deutschland



Quelle: Bordstep 2023

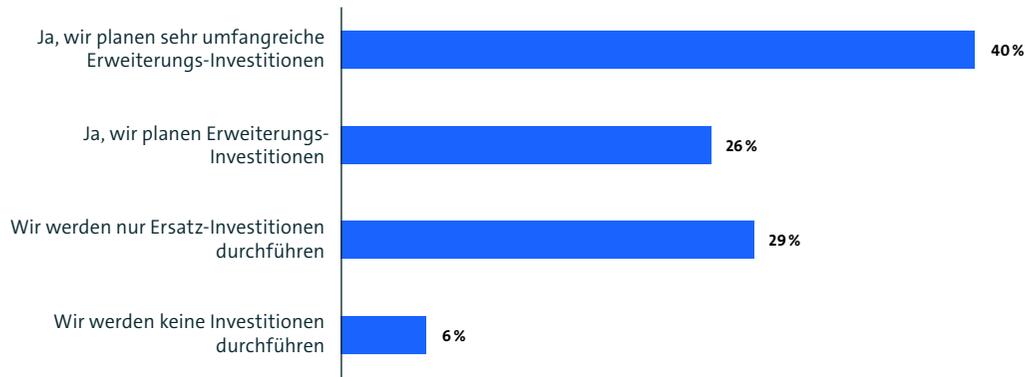
Abbildung 4: Kapazitäten von Rechenzentren und kleineren IT-Installationen in Deutschland mit Anteil Colocation (IT-Anschlussleistung)

Anteil der Colocation-Rechenzentren an den IT-Kapazitäten nimmt deutlich zu

Der Anteil der Colocation-RZ an die IT-Kapazitäten nimmt weiter zu und beträgt nach einer Abschätzung von Borderstep im Jahr 2022 etwa 44 %. Wie im Jahr 2022 festgestellt wurde, nutzen mindestens 10.000 Unternehmen in Deutschland Colocation-Services (Hintemann, Graß, et al., 2022).

Hinweis: Die Geschäftsmodelle bei RZ-Dienstleistern differenzieren sich aktuell weiter aus. Dabei wird die Abgrenzung des Begriffs Colocation-RZ schwieriger, da die Grenzen zu anderen Betreibermodellen verwischen. Während Colocation-Anbieter in der Vergangenheit in der Regel auf ihren Flächen innerhalb eines Rechenzentrums eine größere Anzahl von Kunden hatten, gibt es mittlerweile auch Rechenzentren, die komplett an einen einzigen Kunden vermietet werden. Bei solchen Modellen variiert auch der Umfang der Leistungen des Colocation-Anbieters. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung werden auch solche neueren Modelle als Colocation-RZ betrachtet. Die Ermittlung des Anteils von Colocation-RZ an den RZ-Kapazitäten in Deutschland erfolgte über Befragungen und eine Auswertung vorhandener Untersuchungen zu dieser Thematik (CBRE, 2022, 2023; Hintemann & Clausen, 2018; Howard-Healy, 2018).

Investitionen in Rechenzentren



Basis: Online-Befragung von RZ-Betreibern durch Borderstep (21.03.2023 – 13.04.2023); n = 35

Abbildung 5: Befragung RZ-Betreiber: Planen Sie in den nächsten zwei Jahren Investitionen in Ihr Rechenzentrum/Ihre Rechenzentren?

Ungebrochener Trend, in Rechenzentren zu investieren

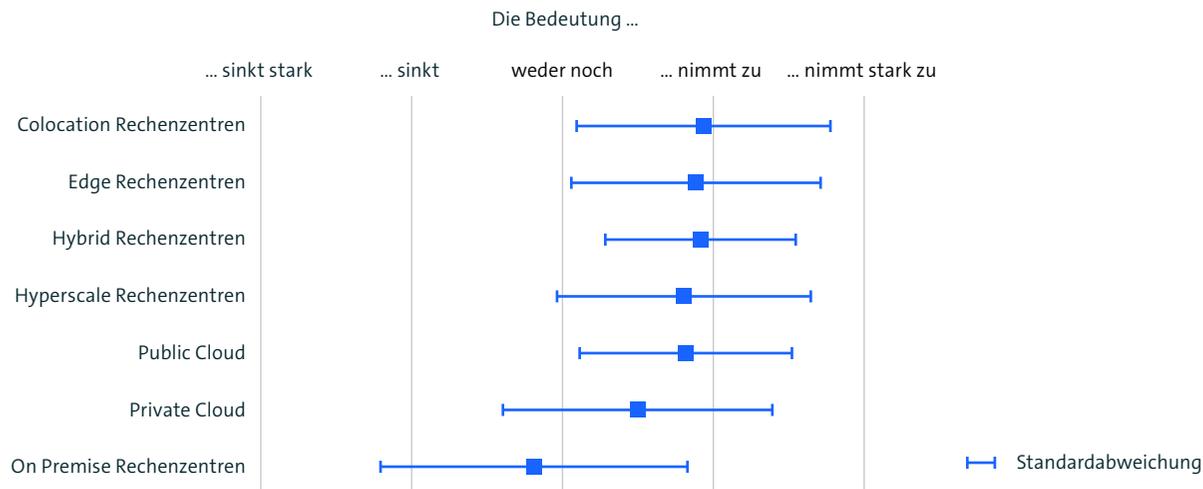
Im Rahmen der Befragung von RZ-Betreibern konnte festgestellt werden, dass die Absicht, weiterhin die Kapazitäten zu erweitern sehr hoch ist. 66 % der befragten Rechenzentren möchten in den nächsten zwei Jahren ihre Kapazitäten erweitern. 40 % gehen sogar davon aus, dass sie sehr umfangreiche Erweiterungs-Investitionen durchführen werden. Wie im Jahr 2022 ermittelt wurde, werden jährlich ca. 2,5 Mrd. € in RZ-Infrastrukturen (Gebäude und technische Gebäudeausrüstung) und 7 Mrd. € in IT-Hardware (Server, Storage, Netzwerk) investiert (Hintemann, Graß, et al., 2022).

2.2 Marktstruktur

Bedeutung von RZ-Konzepten und Bereitstellungsmodellen

Deutliche Zunahme der Bedeutung von Cloud-Lösungen erwartet

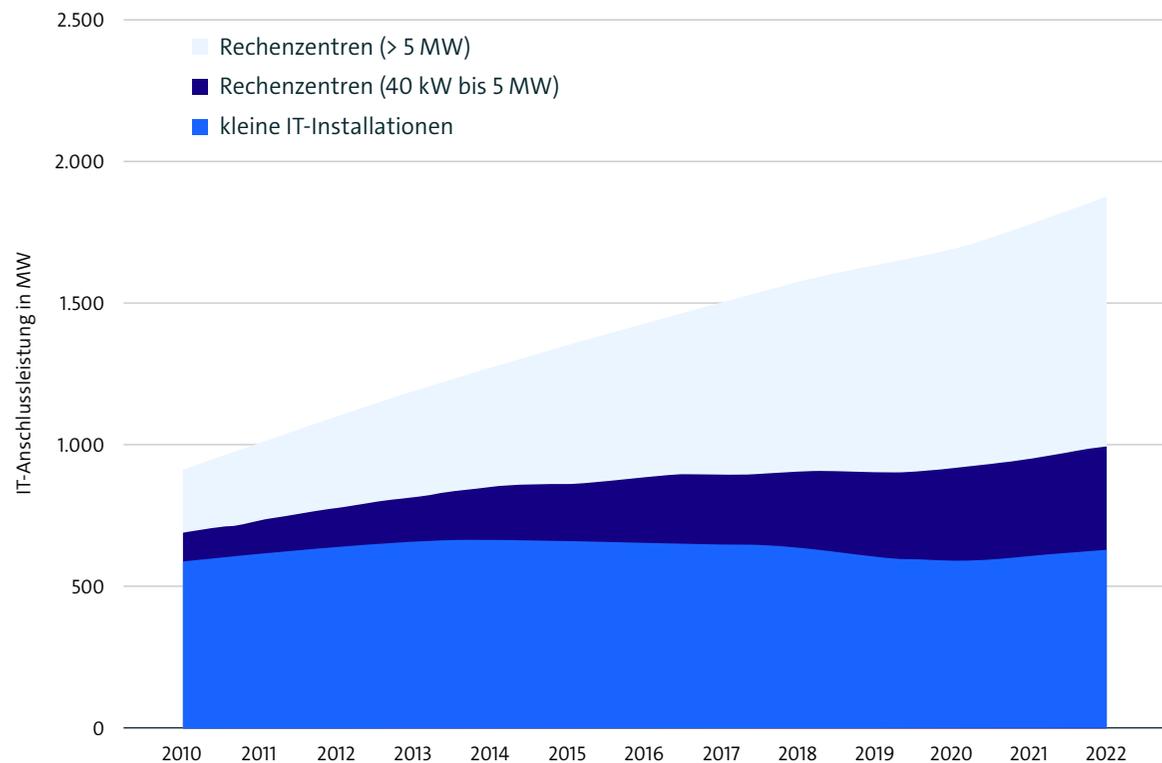
Die aktuelle Befragung bestätigt die Trends der Studie aus dem Jahr 2022 zur Entwicklung der IT-Bereitstellungsmodelle. Aus Sicht der befragten RZ-Expertinnen und -Experten nimmt die Bedeutung von Cloud-Bereitstellungsmodellen in Deutschland weithin zu. Auch für Colocation Rechenzentren und für Edge Rechenzentren wird eine Zunahme der Bedeutung angenommen. Dahingegen geht die Mehrheit der Befragten davon aus, dass die Bedeutung von On-Premise-Rechenzentren abnimmt. Im Mittel wird allerdings nur ein geringer Rückgang bei On-Premise-Rechenzentren erwartet.



Basis: Online-Befragung von Expertinnen und Experten durch Borderstep (21.03.2023 – 13.04.2023); n = 49

Abbildung 6: Befragung: Wie entwickelt sich die Bedeutung der folgenden RZ-Konzepte/Bereitstellungsmodelle bis zum Jahr 2025 in Deutschland?

Größenstruktur der Rechenzentren in Deutschland



Quelle: Bordstep 2023

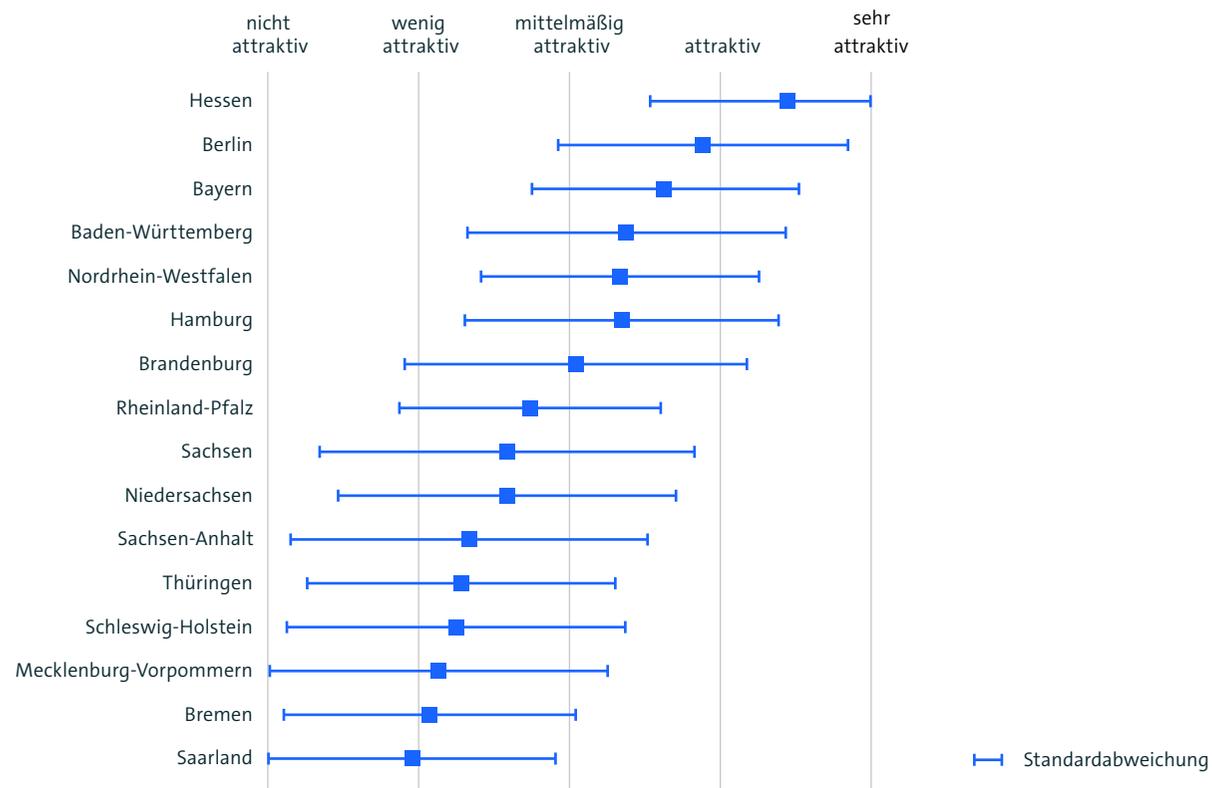
Abbildung 7: RZ-Kapazitäten in Deutschland – Aufteilung RZ-Größen (IT-Leistung)

Große Rechenzentren weiterhin maßgeblich für Wachstum der Kapazitäten verantwortlich

- Im Jahr 2022 befanden sich zwei Drittel der RZ-Kapazitäten in Deutschland in Rechenzentren mit mehr als 40 kW IT-Anschlussleistung
- Mehr als 45 % der RZ-Kapazitäten befinden sich in Rechenzentren mit mehr als 5 MW IT-Anschlussleistung
- Berücksichtigt man die Größenverteilung der Rechenzentren, so ist davon auszugehen, dass sich ca. 60 % der RZ-Kapazitäten in Rechenzentren mit mehr als 100 kW IT-Anschlussleistung befinden

Hinweis: In der Vorgängerstudie wurde ermittelt, dass die Zahl der Unternehmen in Deutschland, die Rechenzentren oder kleine IT-Installationen betreiben, bei ca. 35.000 liegt. Hinzu kommen Rechenzentren aus Kommunen, Behörden, Bildungseinrichtungen sowie die Rechenzentren von IT-Dienstleistern. Insgesamt werden in Deutschland ca. 50.000 Rechenzentren und kleinere IT-Installationen betrieben. Die Zahl der Rechenzentren mit mehr als 40 kW IT-Anschlussleistung liegt bei ca. 3.000, die Zahl der Rechenzentren mit mehr als 5 MW IT-Anschlussleistung bei 90 (Hintemann, Graß, et al., 2022).

Bewertung der Rechenzentrumsstandorte in Deutschland



Neben Frankfurt/Rhein-Main ist Berlin ein attraktiver Standort für neue Rechenzentren

Das Bundesland Hessen mit der Region Frankfurt/Rhein-Main ist Deutschlands Top-Standort für Rechenzentren – hier ist die Dichte der Rechenzentren innerhalb von Deutschland am höchsten (Hintemann, Hinterholzer, & Grothey, 2021). Knapp ein Drittel der deutschen Rechenzentrumskapazitäten befindet sich in Hessen. Im Vergleich mit den anderen Top-Standorten in Europa wächst Frankfurt/Rhein-Main aktuell am schnellsten (Hintemann, Hinterholzer, & Grothey, 2022).

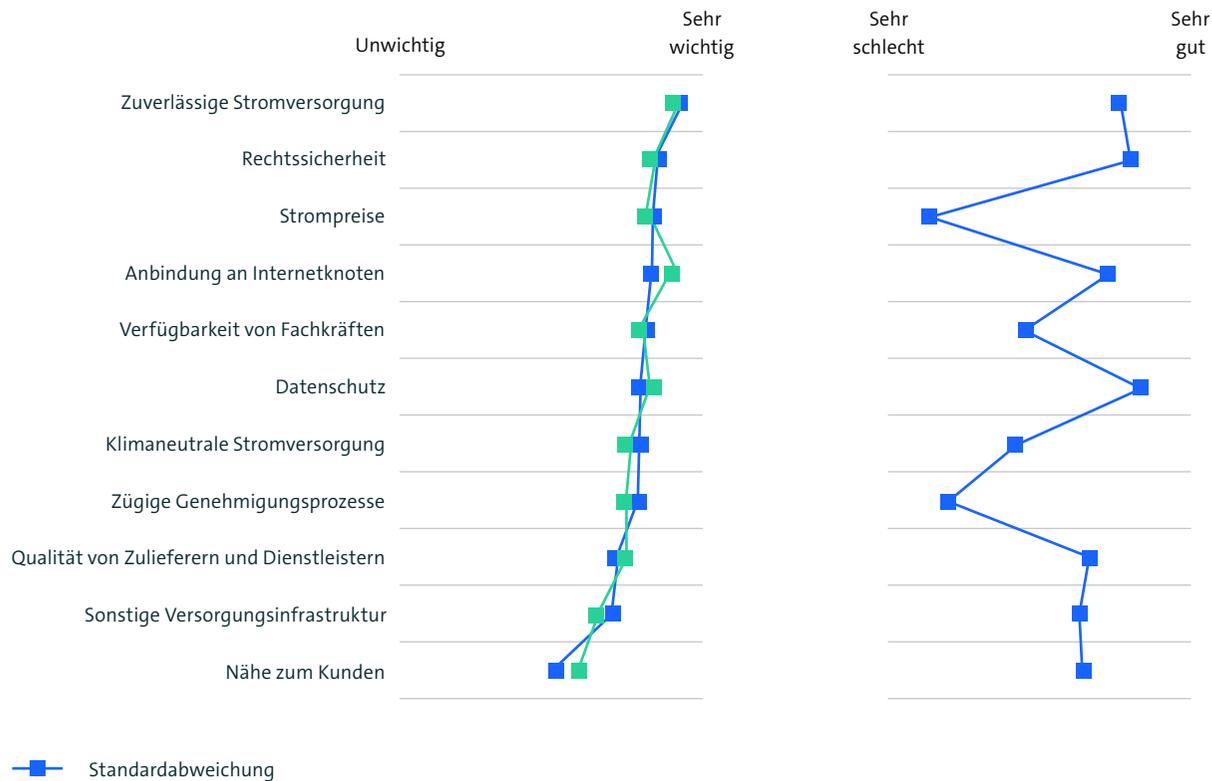
Neben Hessen werden insbesondere Berlin und Bayern als attraktive Standorte für Rechenzentren betrachtet (Abbildung 8). Berlin hat den zweiten Platz in der Standortattraktivität gefestigt – Brandenburg scheint von der Nähe zu Berlin zu profitieren. Generell ist die Tendenz festzust.

Basis: Online-Befragung von Expertinnen und Experten durch Borderstep (21.03.2023 – 13.04.2023); n = 46

Abbildung 8: Befragung: Wie attraktiv sind die Bundesländer als Standort für Rechenzentren?

2.3 Internationaler Kontext und Standortfaktoren

Bewertung von Standortfaktoren in Deutschland



Basis: Online-Befragung von Expertinnen und Experten durch Borderstep (21.03.2023 – 13.04.2023); n = 53

Abbildung 9: Befragung: Wie wichtig sind aus ihrer Sicht die folgenden Standortfaktoren für Rechenzentren (links) und wie bewerten Sie den Standort Deutschland bzgl. dieser Standortfaktoren (rechts)?

Deutschland wird bei den meisten Standortfaktoren gut bewertet

Wie die Befragung von Expertinnen und Experten zeigt, wird eine zuverlässige Stromversorgung als wichtigster Standortfaktor angesehen. Aber auch andere Standortfaktoren wie Rechtssicherheit, Strompreise, Anbindung an Internetknoten oder Verfügbarkeit von Fachkräften werden als sehr wichtig bewertet. Einzig die Nähe zum Kunden scheint ein weniger wichtiger Standortfaktor zu sein. Der Standort Deutschland wird bei vielen Standortfaktoren gut bis sehr gut bewertet. Allerdings schneidet er bei den Strompreisen, den zügigen Genehmigungsprozessen, der klimaneutralen Stromversorgung und der Verfügbarkeit von Fachkräften im internationalen Vergleich verhältnismäßig schlecht ab.

Im Vergleich zu einer Befragung aus dem Jahr 2021 mit der gleichen Fragestellung fällt auf, dass der Standortfaktor Anbindung an Internetknoten etwas an Bedeutung verloren hat.

3 Rechenzentren und Nachhaltigkeit

3.1 Überblick – Nachhaltigkeit von Rechenzentren

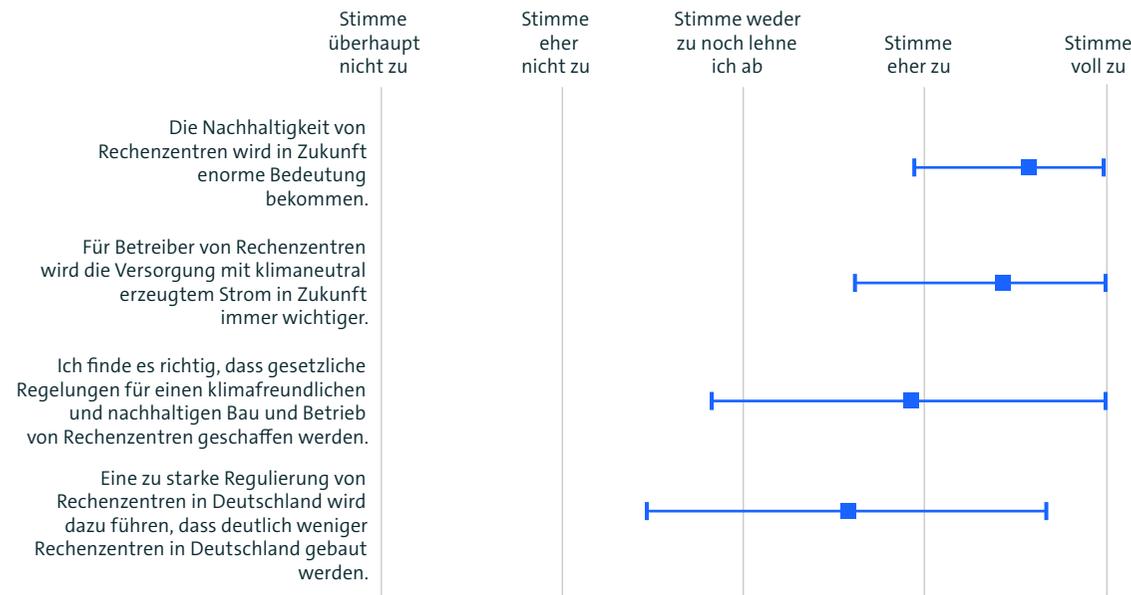
Bedeutung der Nachhaltigkeit für Rechenzentren

Befragung: Nachhaltigkeit von Rechenzentren wird in Zukunft immer wichtiger

Die Nachhaltigkeit von Rechenzentren wird für die Betreiber zunehmend an Bedeutung gewinnen. Weltweit gibt es zunehmende Aktivitäten, den Bau und den Betrieb von Rechenzentren möglichst nachhaltig zu gestalten und die Stromversorgung der Rechenzentren sicherzustellen (Cushman & Wakefield, 2023). Auch in der im Rahmen der vorliegenden Untersuchung durchgeführten Befragung gehen die Expertinnen und Experten von einer steigenden Bedeutung der Themen Nachhaltigkeit und Klimaschutz aus:

- 90 % stimmten der Aussage zu, dass die Nachhaltigkeit von Rechenzentren in Zukunft eine enorme Bedeutung bekommen wird,
- 87 % stimmten der Aussage zu, dass die Versorgung mit klimaneutral erzeugtem Strom in Zukunft für die Betreiber von Rechenzentren immer wichtiger werden wird.

Auch gesetzliche Regelungen für einen klimafreundlichen und nachhaltigen Betrieb finden eine breite Zustimmung (67 %). Allerdings sieht auch die Mehrheit der Befragten (52 %) die Gefahr, dass eine zu starke Regulierung dazu führen könnte, dass weniger Rechenzentren in Deutschland gebaut werden. Von den RZ-Betreibern stimmen sogar knapp 60 % dieser Aussage zu.



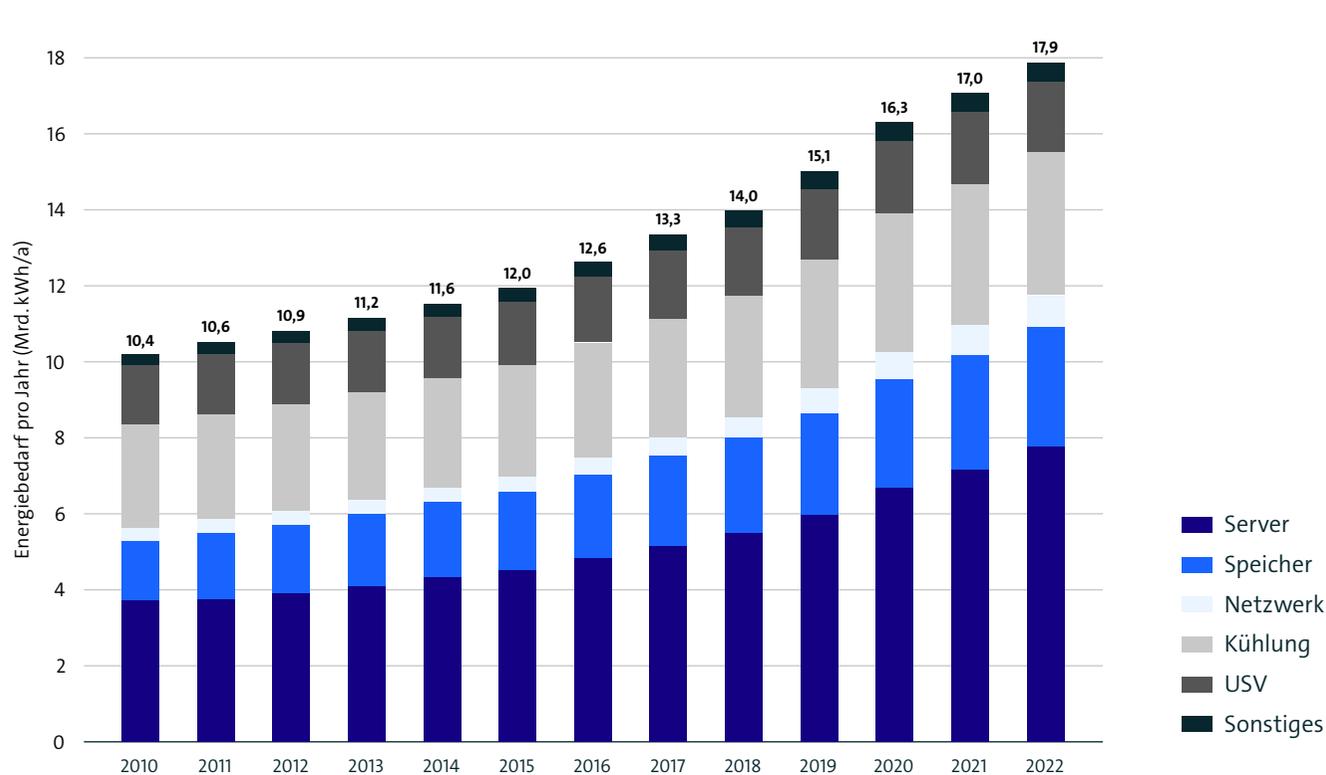
—■— Standardabweichung

Basis: Online-Befragung von Expertinnen und Experten durch Borderstep (21.03.2023 – 13.04.2023); n = 54

Abbildung 10: Befragung: Bedeutung nachhaltigkeitsbezogener Themen für den Rechenzentrumsmarkt

3.2 Energiebedarf und Treibhausgasemissionen

Energiebedarf von Rechenzentren in Deutschland



Quelle: Borderstep 2023

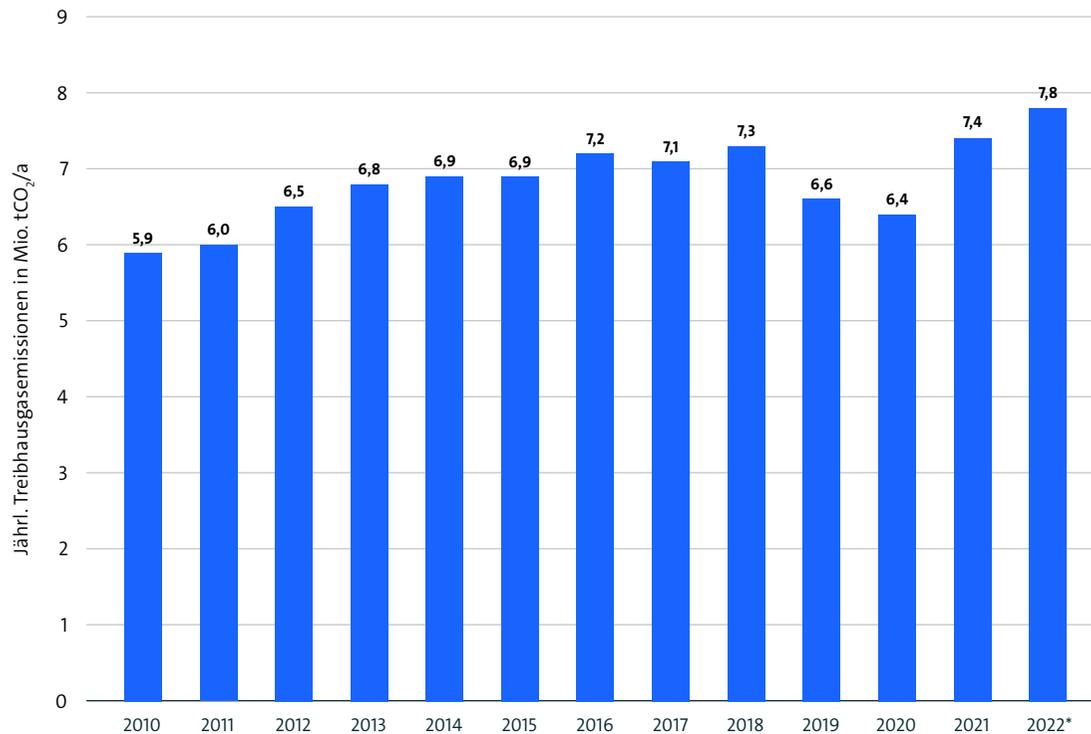
Abbildung 11: Energiebedarf der Rechenzentren und kleineren IT-Installationen in Deutschland in den Jahren 2010 bis 2022

Energiebedarf der Rechenzentren steigt weiter an – trotz massiv verbesserter Effizienz

Der Energiebedarf der Rechenzentren und kleineren IT-Installationen in Deutschland ist in der Vergangenheit deutlich angestiegen – zwischen 2010 und 2022 stieg er um 70 % auf 17,9 Mrd. kWh/a. Durch die zunehmende Digitalisierung war der Anstieg des Bedarfs an RZ-Leistung so hoch, dass die sehr deutlichen Effizienzgewinne in der IT-Bereitstellung und beim Betrieb von Rechenzentren kompensiert wurden. Gemessen an den Workloads pro verbrauchter Kilowattstunde Strom stieg die Effizienz der IT-Bereitstellung seit 2010 um mehr als 500 %². Auch die Infrastruktur für Kühlung und Unterbrechungsfreier Stromversorgung (USV) der Rechenzentren wurde immer effizienter. Während der Energiebedarf der IT-Komponenten in Rechenzentren sich zwischen 2010 und 2022 mehr als verdoppelte, stieg der Energiebedarf der Infrastrukturen nur um etwa 30 %. Damit verbesserte sich der Wert der Power Usage Effectiveness (PUE) der Rechenzentren mit mehr als 40 KW IT-Anschlussleistung zwischen 2010 und 2022 von 1,98 auf 1,55.

² Eine Workload ist ein virtuelles oder physikalisches Set von Computerressourcen, einschließlich Datenspeicher. Die Zahl der Workloads ist ein Maß für die Rechenkapazitäten von Rechenzentren. Ohne den Einsatz von Virtualisierungstechniken entspricht eine Workload einem physischen Server. Wird Virtualisierung genutzt, dann entspricht eine Workload einem virtuellen Server bzw. einem Container. Die Zahl der Workloads in den deutschen Rechenzentren beträgt im Jahr 2022 etwa 23 Millionen.

Treibhausgasemissionen der Rechenzentren in Deutschland



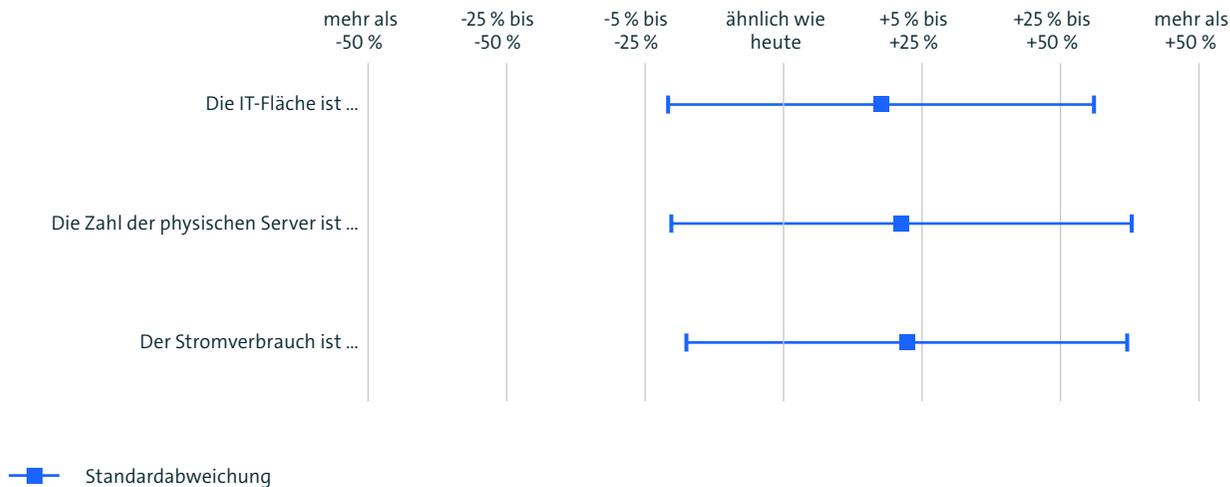
Quelle: Borderstep 2023 (* Treibhausgasemissionen im Strommix geschätzt)

Abbildung 12: Treibhausgasemissionen durch den Stromverbrauch der Rechenzentren und kleineren IT-Installationen in Deutschland in den Jahren 2010 bis 2022 – ausgehend vom deutschen Strommix

Treibhausgasemissionen von Rechenzentren sind sehr abhängig von der Stromproduktion

Die Treibhausgasemissionen von Rechenzentren sind zu einem hohen Anteil durch die Erzeugung des elektrischen Stroms in den Kraftwerken bedingt – etwa 80 bis 90 % der Treibhausgasemissionen von Rechenzentren sind auf den Strombedarf zum Betrieb der Rechenzentren zurückzuführen (Belkhir & Elmeligi, 2018; Bieser, Hintemann, Beucker, Schramm, & Hilty, 2020; Pehlken et al., 2020; Schödwell, Zarnekow, Gröger, Liu, & Wilkens, 2018). Wie Abbildung 12 zeigt, sind die jährlichen Treibhausgasemissionen durch den Stromverbrauch der Rechenzentren in Deutschland in den Jahren 2021 und 2022 wieder leicht angestiegen. Sie liegen aktuell etwa 20 % höher als im Jahr 2020. Wichtiger Hinweis: Eine Reduktion der Treibhausgasemissionen in der Stromerzeugung ist ein sehr wirksames Instrument, um Rechenzentren klimafreundlicher zu machen. Aus diesem Grunde nutzen heute sehr viele Rechenzentren den Bezug von regenerativ erzeugtem Strom als Instrument des Klimaschutzes (z. B. Cook et al., 2017; Hintemann & Hinterholzer, 2020; Hintemann, Hinterholzer, & Clausen, 2020). Basierend auf Befragungen von Rechenzentrumsbetreibern wird davon ausgegangen, dass mindestens die Hälfte der größeren kommerziellen Rechenzentren in Deutschland über Ökostrom-Verträge verfügen. Für die vorliegende Untersuchung wurden diese individuellen Maßnahmen nicht betrachtet, sondern aus systemischen Gründen die Treibhausgasemissionen im deutschen Strommix herangezogen (Icha et al., 2022).

Entwicklung von Größe, Kapazitäten und Energiebedarf der Rechenzentren bis 2030



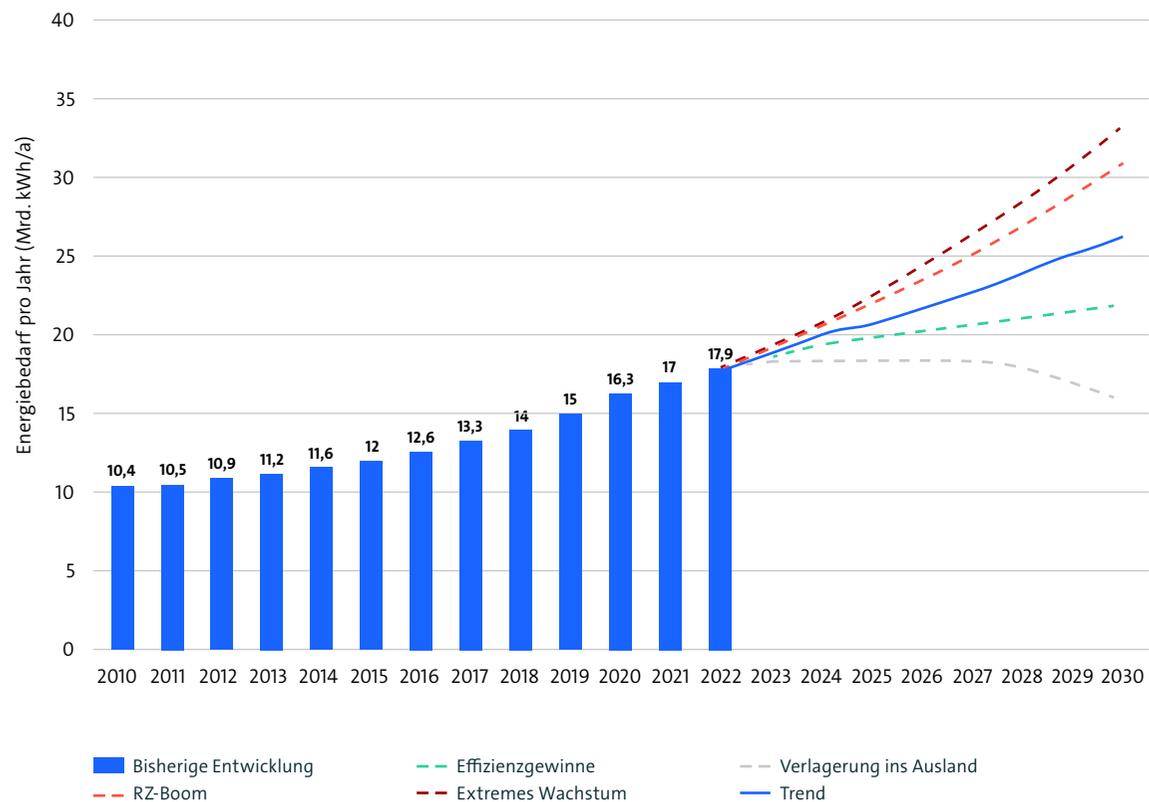
Basis: Online-Befragung von RZ-Betreibern durch Borderstep (21.03.2023-13.04.2023); n = 35

Abbildung 13: Befragung: Wie sieht Ihr Rechenzentrum/sehen Ihre Rechenzentren im Jahr 2030 aus?

Rechenzentrumsbetreiber gehen mehrheitlich von anhaltendem Wachstumstrend aus

Die Befragung der RZ-Betreiber zeigt, dass diese auch langfristig mehrheitlich davon ausgehen, dass ihre Rechenzentren weiterhin wachsen (Abbildung 13). Bei der Interpretation dieser Zahlen ist zu beachten, dass in der Befragung vornehmlich große RZ-Dienstleister befragt wurden. Der oben angesprochene erwartete Rückgang bei On-Premise-Rechenzentren wird daher durch diese Frage nicht abgebildet.

Zukünftiger Energiebedarf der Rechenzentren in Deutschland



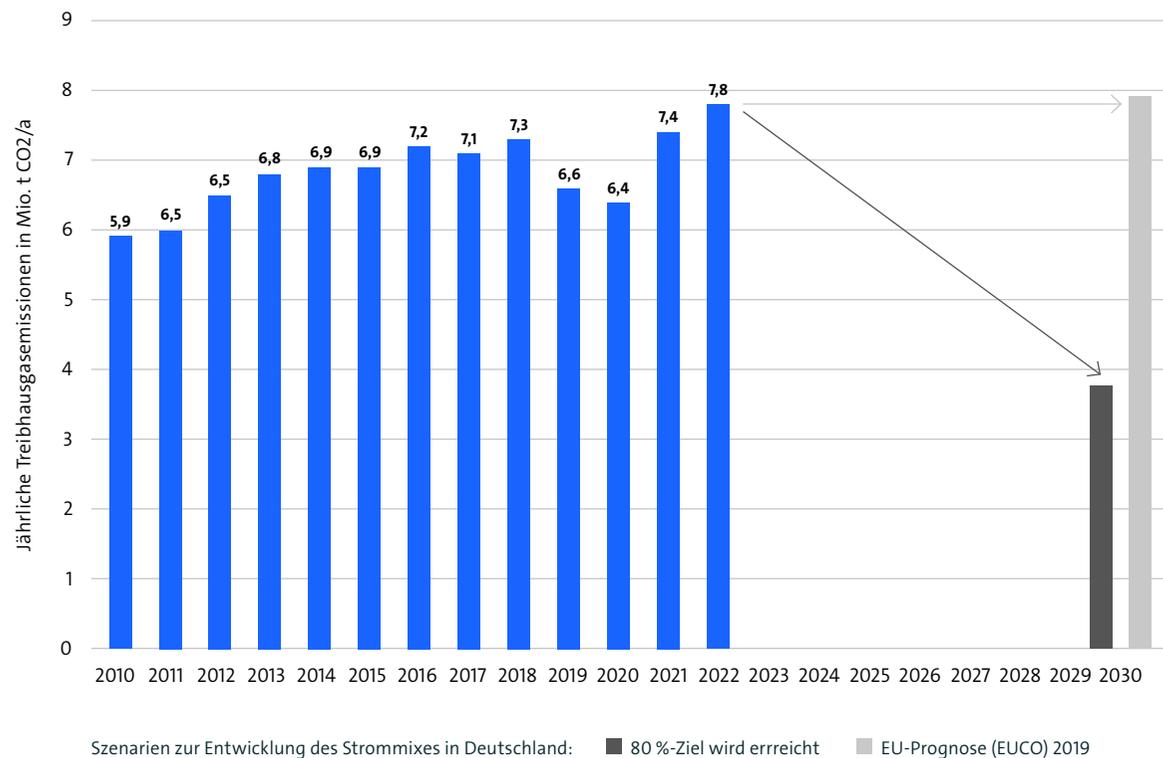
Quelle: Borderstep 2023

Abbildung 14: Mögliche künftige Entwicklung des Energiebedarfs der Rechenzentren und kleineren IT-Installationen in Deutschland bis zum Jahr 2030

Energiebedarf der Rechenzentren in Deutschland steigt voraussichtlich weiter an

Wie bereits im Kapitel 2.1 ausgeführt, sind sich die Analysten hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung des Rechenzentrumsmarktes in Deutschland nicht einig. Entsprechend ist die Spannweite der möglichen Entwicklung des Energiebedarfs der Rechenzentren sehr groß. Abhängig davon, wie sich der Markt entwickelt und in welchem Maße weitere Effizienzgewinne in Rechenzentren möglich sind, kann es zum einem weiteren deutlichen Anstieg des Energiebedarfs kommen oder auch eine rückläufige Entwicklung möglich sein. Im Trendfall wird sich der Energiebedarf der Rechenzentren bis 2030 auf etwa 27 Mrd. kWh/a erhöhen. Im Falle eines sich noch verstärkenden Rechenzentrumsbooms («Extremes Wachstum») kann sich der Energiebedarf der Rechenzentren und kleineren IT-Installationen in Deutschland bis 2030 im Vergleich zu 2022 auf 34 Mrd. kWh/a fast verdoppeln. Werden die Potenziale bei RZ-Infrastruktur und IKT-Hard- und Software konsequent genutzt, so könnte der Anstieg des Energiebedarfs der Rechenzentren zumindest deutlich verlangsamt werden. Eine Abnahme des Energiebedarfs der Rechenzentren in Deutschland wird als sehr unwahrscheinlich angesehen und ist nur denkbar, wenn massiv große Rechenzentren ins Ausland verlagert werden.

Mögliche Entwicklung der Treibhausgasemissionen der Rechenzentren in Deutschland bis 2030



Quelle: Borderstep 2023 (* Treibhausgasemissionen im Strommix geschätzt)

Abbildung 15: Mögliche Entwicklung der Treibhausgasemissionen durch den Stromverbrauch der Rechenzentren und kleineren IT-Installationen in Deutschland bis 2030 in zwei Szenarien

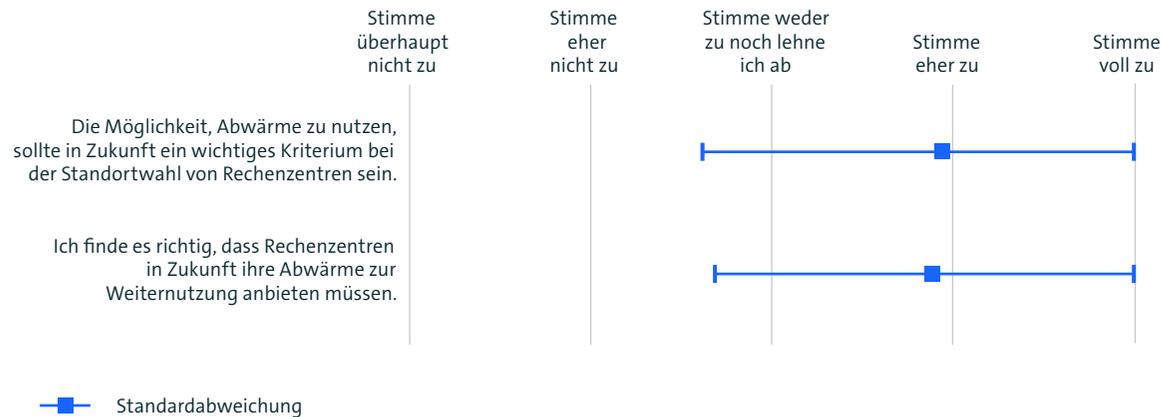
Treibhausgasemissionen der Rechenzentren deutlich abhängig vom Strommix

Die Spannweite der künftigen Entwicklung der Treibhausgasemissionen durch den Stromverbrauch der Rechenzentren in Deutschland ist sehr hoch. In Abbildung 15 ist dargestellt, wie sich die Treibhausgasemissionen entwickeln können, wenn für den Energiebedarf der in Abbildung 14 dargestellte »Trend-Fall« angenommen wird. In den zwei im Rahmen dieser Studie betrachteten Szenarien ist denkbar, dass sich bis 2030 die jährlichen Emissionen halbieren oder auf dem Stand von 2022 bleiben.

Es wurde zum einen ein Szenario angenommen, bei dem sich der Strommix in Deutschland nur verhältnismäßig gering verändert. Hierzu wurde eine EU-Prognose für den deutschen Strommix 2030 aus dem 2019 (European Commission, 2019) zugrunde gelegt. Das zweite Szenario geht von der Erreichung des Ziels der Bundesregierung aus, bis 2030 80 % des Stroms aus erneuerbaren Quellen zu erzeugen. Hierzu wurde eine Berechnung des Internationalen Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien (IINAS) verwendet (Fritsche & Greß, 2022).

3.3 Abwärmenutzung

Abwärmenutzung aus Rechenzentren als Branchenthema



Basis: Online-Befragung von Expertinnen und Experten durch Borderstep (21.03.2023-13.04.2023); n = 54

Abbildung 16: Befragung: Einschätzungen zum Thema Abwärmenutzung

Befragung: Möglichkeiten der Abwärmenutzung haben künftig eine hohe Bedeutung

Der Nutzung von Abwärme aus Rechenzentren ist eine Möglichkeit, einen möglichst nachhaltigen Betrieb zu erreichen. Von den befragten Expertinnen und Experten waren zwei Drittel (67 %) der Ansicht, dass es richtig ist, dass Rechenzentren in Zukunft ihre Abwärme zur Weiternutzung anbieten müssen. 70 % der Befragten stimmten der Aussage zu, dass die Möglichkeit zur Abwärmenutzung künftig ein wichtiges Kriterium bei der Standortwahl von Rechenzentren werden sollte (Abbildung 16). Betrachtet man nur die Antworten der RZ-Betreiber, so sehen diese auch die hohe Bedeutung der Abwärmenutzung in der Zukunft, wenn auch die Zustimmungsraten etwas geringer sind. 58 % der RZ-Betreiber sind der Meinung, dass sie in Zukunft ihre Wärme zur Weiternutzung anbieten müssen. Auch bei der Frage, ob die Möglichkeit zur Abwärmenutzung ein wichtiges Kriterium für die Standortwahl werden sollte, stimmen mit 55 % mehr als die Hälfte der RZ-Betreiber zu.

Potenziale der Abwärmenutzung aus deutschen Rechenzentren

Abwärme kann künftig stärker genutzt werden

Die Nutzung von Abwärme aus Rechenzentren kann einen Beitrag leisten, die Wärmewende zu beschleunigen und in Zukunft in Deutschland weniger fossile Energieträger für die Beheizung und Warmwasserbereitung in Gebäuden zu benötigen. Was allerdings dazu noch fehlt, ist die notwendige Wärmenetzinfrastruktur. Der Aufbau von Wärmenetzen ist ein langwieriger Prozess. Aus diesem Grunde wird im Rahmen dieser Untersuchung der Zeithorizont 2035 gewählt, um abzuschätzen, wie hoch ein realistischer Beitrag der Abwärmenutzung aus Rechenzentren für die Wärmewende sein kann.

Bei dieser Abschätzung werden folgenden Rahmenbedingungen und Annahmen getroffen:

- Es wird davon ausgegangen, dass sich der Bedarf an Rechenzentren in Deutschland weiter erhöht, und diese im Jahr 2035 etwa 30 Mrd. kWh/a an Energie benötigen. Diese Energiemenge steht damit maximal für Wärmee Zwecke zur Verfügung.

- Rechenzentren benötigen das ganze Jahr über Energie, Wärme wird allerdings im Wesentlichen nur im Winterhalbjahr benötigt. Außerdem ist die praktisch nutzbare Wärmemenge geringer als der Energiebedarf der Rechenzentren. Wie Simulationsrechnungen zeigen, liegt beim Anschluss an ein ausreichend großes und leistungsfähiges Fernwärmenetz der Anteil der maximal nutzbaren Energie unter Optimal-Bedingungen und abhängig von der Kühltechnik bei nicht mehr als 39 % bei Frischluftkühlung und 54 % bei wassergekühlten Prozessoren (Paul & Völzel, 2023). Dieser Prozentsatz ist der sogenannte ERF (Energy Reuse Factor) eines Rechenzentrums.
- Die bereits existierenden Rechenzentren sind aufgrund der eingesetzten Kühltechnologien nur mit hohem und sehr hohem Aufwand für eine Abwärmenutzung umrüstbar. Eine Untersuchung für den Raum Frankfurt kommt zu dem Ergebnis, dass aktuell fast drei Viertel der dort in Rechenzentren vorhandenen Abwärmeleistung nur schwer erschließbar ist. Ein hohes Potenzial für Abwärmenutzung wird erst durch neue Rechenzentren gesehen (Orozaliev, 2023).
- Große Rechenzentren haben teilweise so hohe Energiebedarfe und können damit so viel Abwärme zur Verfügung stellen, dass auch unter optimalen Bedingungen in der Umgebung keine Abwärmeabnehmer existieren, die diese Wärme aufnehmen könnten. Gründe hierfür sind insbesondere, dass nur wenige Abnehmer in der Umge-

bung vorhanden sind, zu wenig Wärmenetze existieren und die vorhandenen potenziellen Abnehmer bereits über eine andere Wärmeversorgung verfügen.

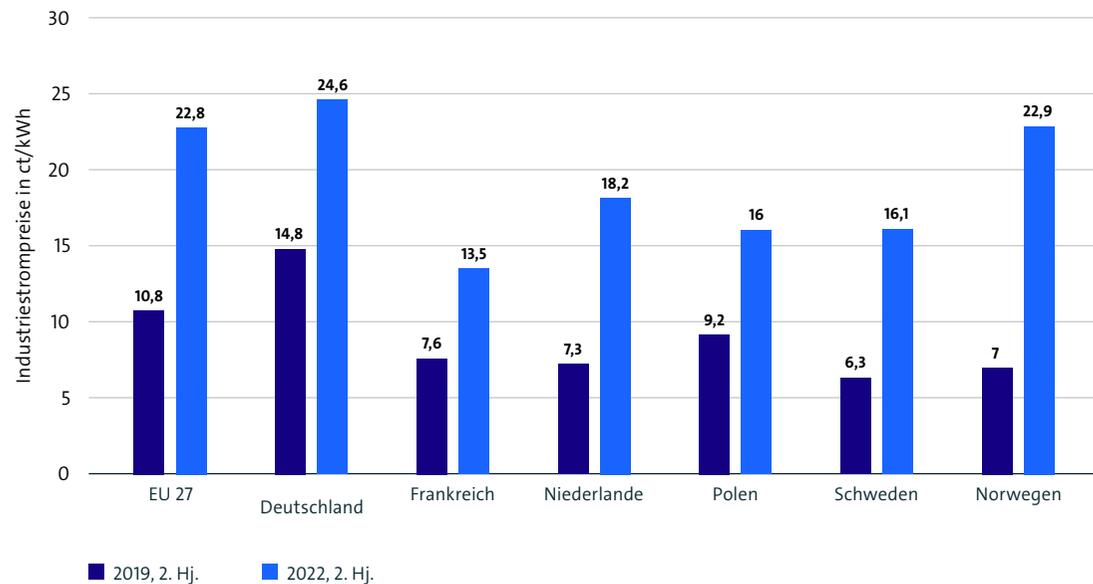
- An vielen Rechenzentrumsstandorten gibt es keine oder technisch ungeeignete Wärmenetze. Bislang ist der Aufbau bzw. Umbau sowie der Betrieb von Wärmenetzen, damit sie Abwärme aus Rechenzentren aufnehmen können, so teuer, dass eine Abwärmenutzung in den kommenden Jahren nur mit staatlicher Förderung wirtschaftlich möglich ist (Clausen, Hintemann, & Hinterholzer, 2022).
- Auch wenn die technischen Herausforderungen prinzipiell zu bewältigen sind, bestehen doch Hemmnisse zur Abwärmenutzung insbesondere aufgrund der verhältnismäßig niedrigen Temperaturen der Abwärme aus Rechenzentren und der Anforderungen an die Verfügbarkeit der Rechenzentren.
- Die Wärmeversorgung über Wärmenetze und die Abwärmenutzung insgesamt werden aktuell durch zahlreiche Maßnahmen gefördert (kommunale Wärmepläne, Modernisierung und Ausbau von Wärmenetzen, finanzielle Förderungen). Daher wird davon ausgegangen, dass bis zum Jahr 2035 die Wärmenetze in Deutschland deutlich ausgebaut werden und somit einen großen Teil der in neu gebauten Rechenzentren entstehenden Wärme aufnehmen können.

Unter diesen Rahmenbedingungen ergibt sich ein maximales Potenzial von etwa 4 bis 6 Mrd. kWh/a Wärme, die im Jahr 2035 aus Rechenzentren zur Verfügung gestellt werden können. 6 Mrd. kWh/a können nur erreicht werden, wenn auch schon bestehende Rechenzentren an Wärmenetze angeschlossen werden.

4 Entwicklung der Strompreise für Rechenzentren in Deutschland

4.1 Aktuelle Situation bei der Strombeschaffung

Strompreise im europäischen Vergleich



Quelle: Eurostat 2023
 Basis: Strompreise für Industriekunden mit einem Jahresverbrauch zwischen 20 000 MWh und 70 000 MWh

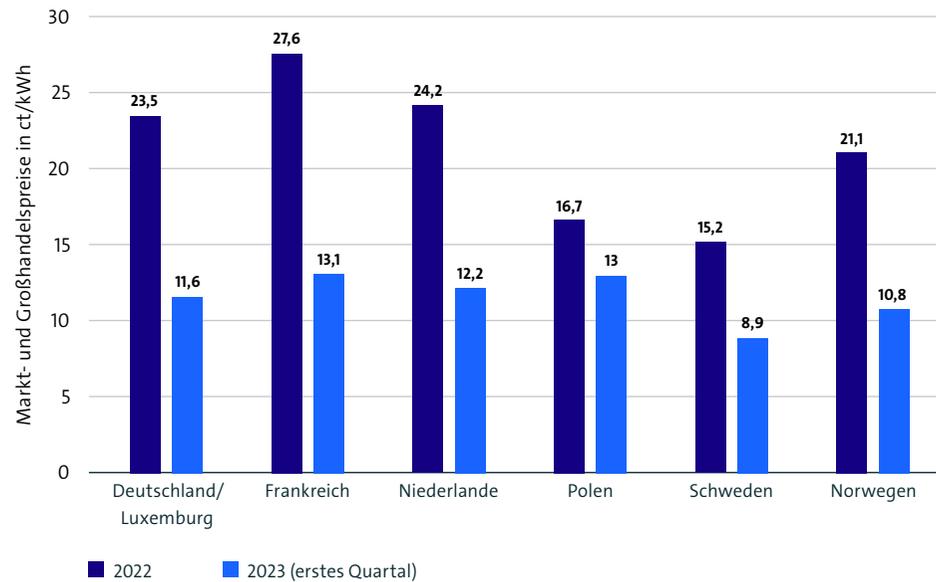
Abbildung 17: Industriestrompreise in ausgewählten EU-Ländern

Spannweite der von Rechenzentren gezahlten Strompreise ist hoch

Aktuell ist die Spannweite der von RZ-Betreibern gezahlten Strompreise sehr hoch. Wie viel ein Rechenzentrum zahlt, ist insbesondere abhängig davon, wie langfristig die Verträge mit dem Stromversorger abgeschlossen sind. In der Branche existieren auch eine Reihe unterschiedlicher Beschaffungsmodelle für die Versorgung mit elektrischer Energie. Während kleinere Rechenzentren oft auch Standard-Stromverträge für Gewerbekunden abgeschlossen haben, versorgen sich größere Rechenzentren teilweise auch über Power Purchase Agreements (PPA) oder werden sogar selbst an der Strombörse aktiv. Colocation-Rechenzentren haben teilweise einen Mix aus kürzer und länger laufenden Lieferverträgen. Einige schließen auch jeweils zum Jahresende Verträge für das kommende Jahr ab, um ihren Kunden feste Strompreise nennen und garantieren zu können.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass die Industriestrompreise in Deutschland im Vergleich mit den Preisen in anderen EU-Staaten vergleichsweise hoch sind. Krisenbedingt sind die Industriestrompreise in Europa zwischen 2019 und 2022 sehr deutlich angestiegen. Die in Abbildung 17 dargestellten Strompreise gelten für ein Rechenzentrum mit einer durchschnittlichen Leistungsaufnahme von 5 MW (Jahresstromverbrauch: 43.800 MWh) (Eurostat, 2023).

Großhandelspreise im europäischen Vergleich



Quelle: Bundesnetzagentur/SMARD (2023)

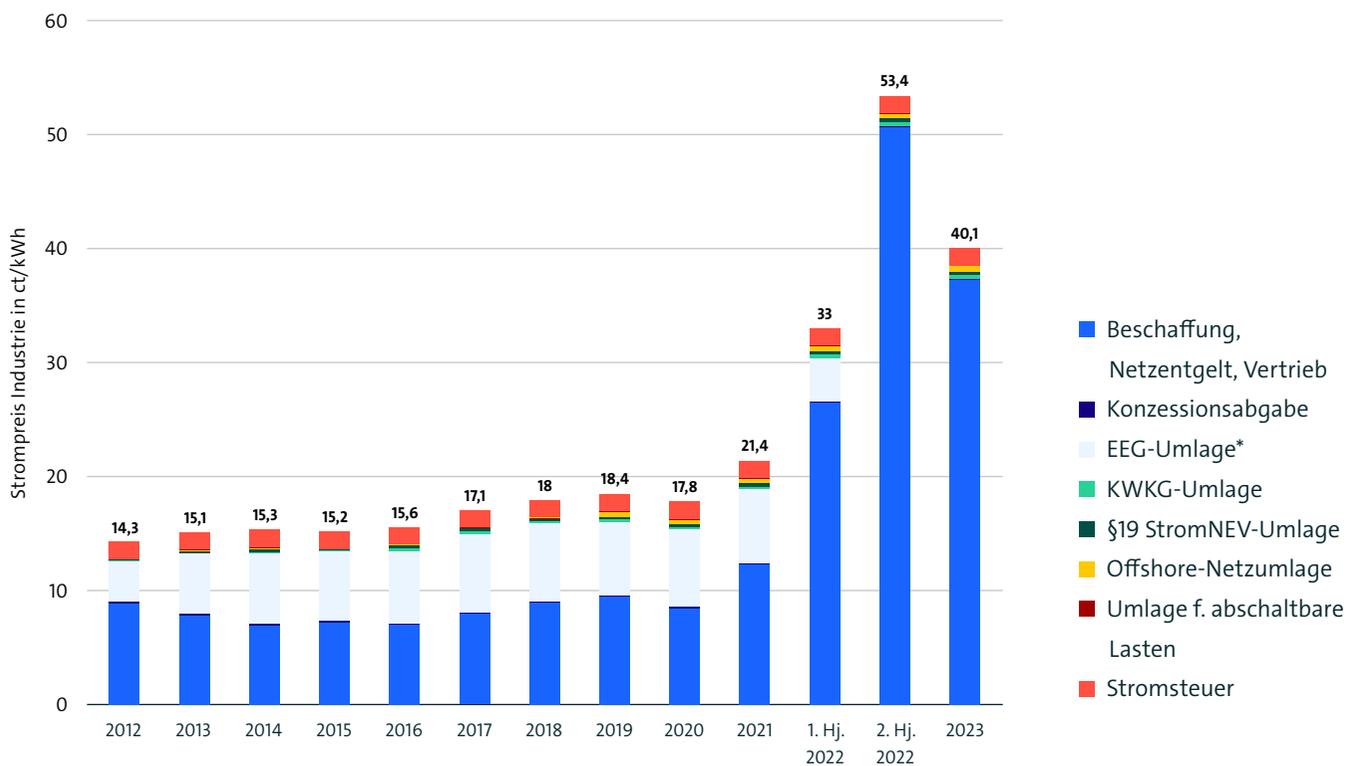
Abbildung 18: Großhandelspreise in europäischen Märkten im Vergleich (durchschnittliche Preise)

Strompreise im Großhandel sinken wieder – Unterschiede an den verschiedenen Strompreisbörsen

Im Jahr 2019 lagen die Großhandelspreise in Europa einheitlich noch bei 4 ct/kWh bis 5 ct/kWh (Bundesnetzagentur, 2023). Durch die verschiedenen Krisen sind die Großhandelspreise in ganz Europa sehr deutlich angestiegen. Sie lagen im Jahr 2022 oft um den Faktor fünf bis sechs höher als 2019. Anfang 2023 haben sich die Preise auf einem etwas niedrigeren Niveau stabilisiert. Im Vergleich zu anderen europäischen Märkten liegen die Großhandelspreise in Deutschland auf einem mittleren Niveau.

4.2 Entwicklung der Industriestrompreise in Deutschland

Strompreise für die Industrie



Quelle: VEA, BDEW (2023)

*EEG-Umlage entfällt ab 01.07.2022

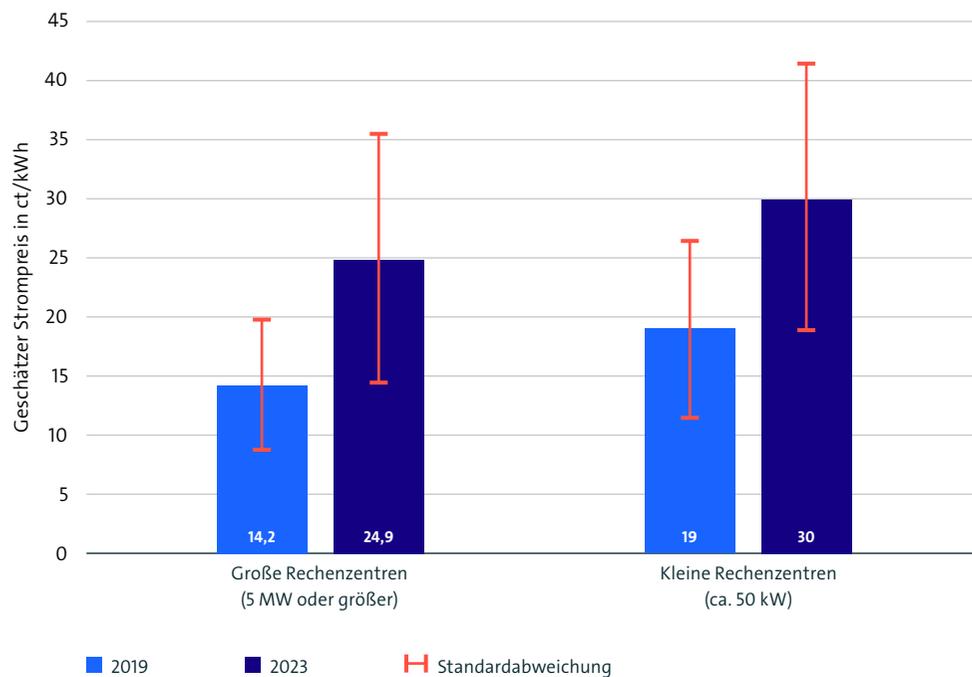
Abbildung 19: Durchschnittliche Strompreise für Neuabschlüsse in der Industrie (inkl. Stromsteuer) in Deutschland

Strompreise für industrielle Nutzung sind trotz Abschaffung der EEG-Umlage deutlich gestiegen

Die Strompreise, die von Industriekunden zurzeit bezahlt werden, sind – wie oben bereits dargelegt – in den letzten Jahren sehr deutlich angestiegen. Die konkrete Höhe ist im Einzelfall insbesondere abhängig von der Art der Verträge. Kunden, die langfristig laufende Verträge abgeschlossen haben, zahlen teilweise noch verhältnismäßig niedrige Strompreise. Kunden mit kurzfristigen Verträgen oder bei Neuabschlüssen müssen deutlich höhere Strompreise zahlen als noch im Jahr 2020 (Abbildung 19). Der Anteil der Steuern und Abgaben am Strompreis ist durch die Abschaffung der EEG-Umlage im Jahr 2022 deutlich zurückgegangen. Die höheren Beschaffungskosten (siehe Graphik zu Großhandelspreisen – Abbildung 18) führen aber dazu, dass die Industriestrompreise bei Neuabschlüssen mehr als doppelt so hoch liegen wie noch vor vier Jahren.

4.3 Strompreise für Rechenzentren in Deutschland

Einschätzung von Expertinnen und Experten zur Entwicklung der Strompreise für Rechenzentren



Basis: Online-Befragung von RZ-Betreibern durch Borderstep (21.03.2023-13.04.2023) n = 21

Abbildung 20: Befragung: Wie hoch ist Ihrer Einschätzung nach der durchschnittliche Strompreis (inkl. aller Abgaben), den Betreiber von Rechenzentren bezahlen?

Strompreise von Rechenzentren haben sich seit 2019 um mehr als 10 ct/kWh erhöht

Je nachdem, welches Beschaffungsmodell genau gewählt wird und vor allem, wann genau die Verträge abgeschlossen wurden, kommen für Rechenzentren sehr unterschiedliche Preise zustande. Um dennoch eine grobe Abschätzung zur Höhe der aktuell gezahlten Strompreise und zur Entwicklung in den zurückliegenden Jahren machen zu können, wurden im Rahmen dieser Studie RZ-Betreiber dazu befragt. Abbildung 20 zeigt das Ergebnis der Befragung:

- Große Rechenzentren zahlen aktuell im Durchschnitt etwas 25 ct/kWh, während kleine Rechenzentren durchschnittlich etwa 30 ct/kWh zahlen.
- Die gezahlten Strompreise inkl. aller Abgaben haben sich zwischen 2019 und 2023 für große und für kleine Rechenzentren um etwa 10 ct/kWh erhöht³.

Auf Basis dieser Ergebnisse errechnet sich eine Mehrbelastung der Rechenzentren in Deutschland durch höhere Strompreise im Jahr 2023 von ca. 1,8 Mrd. €

³ Die so ermittelte Preissteigerung für Rechenzentren entspricht in etwa der von Eurostat ermittelten Preissteigerung zwischen 2019 und 2022 für Industriekunden (Abbildung 17).

Quellen

Belkhir, L., & Elmeligi, A. (2018). Assessing ICT global emissions footprint: Trends to 2040 & recommendations. *Journal of Cleaner Production*, 177, 448–463.

Bieser, J., Hintemann, R., Beucker, S., Schramm, S., & Hilty, L. (2020). *Klimaschutz durch digitale Technologien*. Berlin: Bitkom e.V. Abgerufen von Bitkom e.V. website: ↗ <https://www.bitkom.org/klimaschutz-digital>

Bundesnetzagentur. (2023). *SMARD | Marktdaten visualisieren*. Abgerufen 2. Mai 2023, von ↗ <https://www.smard.de/home/marktdaten>

CBRE. (2022). *Europe Data Centres Market View Q4 2021*. Abgerufen von ↗ <https://www.cbre.co.uk/research-and-reports/Europe-Data-Centres-MarketView-Q4-2021>

CBRE. (2023). *Europe Data Centres: Frankfurt, London, Amsterdam, Paris and Dublin*. Abgerufen von ↗ <https://www.cbre.com/insights/figures/europe-data-centres-figures-q4-2022>

Clausen, J., Hintemann, R., & Hinterholzer, S. (2022). *Wirtschaftlichkeit der Abwärmenutzung aus Rechenzentren in Deutschland*. Update 2022. [Hintergrundpapier]. Berlin: Borderstep Institut.

Cook, G., Lee, J., Tsai, T., Kong, A., Deans, J., Johnson, B., & Jardim, E. (2017). *Clicking Clean: Who is winning the race to build a Green Internet?* Greenpeace International, Amsterdam, The Netherlands. Abgerufen von ↗ https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/20170110_greenpeace_clicking_clean.pdf

Cushman & Wakefield. (2023). *Global Data Center Market Comparison 2023*. Abgerufen 2. Mai 2023, von Cushman & Wakefield website: ↗ <https://www.cushmanwakefield.com/en/insights/globaldata-center-market-comparison>

European Commission. (2019). *Results of the EU CO2 scenario on Member States [Technical Note]*. Brussels. Abgerufen von ↗ https://ec.europa.eu/energy/data-analysis/energy-modelling/euco-scenarios_en

Eurostat. (2023, April 26). *Electricity prices for non-household consumers – Bi-annual data (from 2007 onwards)*. Abgerufen 3. Mai 2023, von ↗ https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_PC_205__custom_6051736/default?lang=en

Fritsche, U. R., & Greß, H.-W. (2022). *Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch und THGEmissionen des deutschen Strom-mix im Jahr 2021 sowie Ausblicke auf 2030 und 2050*. Darmstadt: IINAS GmbH – Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien. Abgerufen von IINAS

GmbH – Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien website: ↗ http://iinas.org/tl_files/iinas/downloads/GEMIS/2019_KEV_THG_Strom-2018_2020-2050.pdf

Gartner. (2021). *Forecast: Servers, All Countries, 2019-2025, 4Q21 Update*. Abgerufen 27. April 2023, von Gartner website: ↗ <https://www.gartner.com/en/documents/4009718>

Hintemann, R. (2017). *Rechenzentren in Deutschland: Eine Studie zur Darstellung der wirtschaftlichen Bedeutung und der Wettbewerbssituation*. Update 2017. Berlin: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit. Abgerufen von Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit website: ↗ <https://www.bitkom.org/noindex/Publikationen/2017/Studien/2017/Kurzstudie-RZ-Markt-Bitkom-final-20-11-2017.pdf>

Hintemann, R. (2021). *Rechenzentren 2020. Cloud Computing profitiert von der Krise. Energiebedarf der Rechenzentren steigt trotz Corona weiter an*. Berlin: Borderstep Institut. Abgerufen von Borderstep Institut website: ↗ https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2021/03/Borderstep_Rechenzentren2020_20210301_final.pdf

Hintemann, R., & Clausen, J. (2018). *Potenzial von Energieeffizienztechnologien bei Colocation Rechenzentren in Hessen*. Berlin: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit. Abgerufen von Borderstep Institut für Innovation und Nach-

haltigkeit website: ↗ <https://www.digitalstrategie-hessen.de/rechenzentren>

Hintemann, R., Fichter, K., & Stobbe, L. (2010). Materialbestand der Rechenzentren in Deutschland-Eine Bestandsaufnahme zur Ermittlung von Ressourcen-und Energieeinsatz. Studie im Rahmen des UFO-Plan-Vorhabens »Produktbezogene Ansätze in der Informations-und Kommunikationstechnik« (Förderkennzeichen 370 893 302), Beauftragt vom Umweltbundesamt.

Hintemann, R., Graß, M., Hinterholzer, S., & Grothey, T. (2022). Rechenzentren in Deutschland – Aktuelle Marktentwicklungen. Bitkom. Abgerufen von Bitkom website: ↗ <https://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Rechenzentren-in-Deutschland-2022>

Hintemann, R., & Hinterholzer, S. (2020). Rechenzentren in Europa – Chancen für eine nachhaltige Digitalisierung – Teil 1. Berlin: Allianz zu Stärkung digitaler Infrastrukturen in Deutschland. Abgerufen von Allianz zu Stärkung digitaler Infrastrukturen in Deutschland website: ↗ <https://digitale-infrastrukturen.net/studie-nachhaltige-digitalisierung-in-europa/>

Hintemann, R., Hinterholzer, S., & Clausen, J. (2020). Rechenzentren in Europa – Chancen für eine nachhaltige Digitalisierung – Teil 2. Berlin: Allianz zu Stärkung digitaler Infrastrukturen in Deutschland. Abgerufen von Allianz zu Stärkung

digitaler Infrastrukturen in Deutschland website: ↗ <https://digitale-infrastrukturen.net/rechenzentren-in-europa-chancen-fuer-einenachhaltige-digitalisierung-teil-2/>

Hintemann, R., Hinterholzer, S., & Grothey, T. (2021). Verteilung der Rechenzentren in Deutschland – Hessen mit der Region Frankfurt Rhein/Main mit großem Abstand größter Ballungsraum (in Veröffentlichung). DataCenter Insider.

Hintemann, R., Hinterholzer, S., & Grothey, T. (2022). Herausforderungen und Chancen durch den Boom beim Neubau von Rechenzentren. Wiesbaden: Hessische Staatskanzlei, Ministerin für Digitale Strategie und Entwicklung. Abgerufen von Hessische Staatskanzlei, Ministerin für Digitale Strategie und Entwicklung website: ↗ https://digitales.hessen.de/sites/digitales.hessen.de/files/2022-05/rechenzentrumsmarkt_hessen.pdf

Howard-Healy, M. (2018). Co-location Market Quarterly (CMQ) brief – Vortrag auf dem BroadGroup's Knowledge Brunch in Frankfurt. Broadgroup.

Icha, P., Lauf, T., & Kuhs, G. (2022). Entwicklung der spezifischen Treibhausgas-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 – 2021. Dessau-Roßlau. Abgerufen von ↗ https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-04-13_cc_15-2022_strommix_2022_fin_bf.pdf

IDC. (2023). IDC - Servers – Market Share. Abgerufen 7. Februar 2023, von IDC: The premier global market intelligence company website: ↗ <https://www.idc.com/promo/servers>

Kung, F. (2020, Oktober 7). Global server shipments to see CAGR of 6.7% from 2020-2025, says Digitimes Research. Abgerufen 27. April 2023, von DIGITIMES website: ↗ <https://www.digitimes.com/news/a20201007PD213.html>

Orozaliev, J. (2023, Januar). Machbarkeitsuntersuchung Abwärmenutzung aus Rechenzentren in Eschborn und Frankfurt Sossenheim. Gehalten auf der Impact Dialog zur Abwärmenutzung aus Rechenzentren, Frankfurt am Main. Frankfurt am Main.

Paul, A., & Völzel, C. (2023, Januar). Innovative Abwärmenutzung aus Rechenzentren in Hessen am Beispiel von Offenbach. Gehalten auf der Impact Dialog zur Abwärmenutzung aus Rechenzentren, Frankfurt am Main. Frankfurt am Main.

Pehlken, A., Hintemann, R., Penaherrera, F., Gizli, V., Hurrelmann, K., Hinterholzer, S., ... Daumlechner, A. (2020). Abschlussbericht Verbundprojekt TEMPRO. Oldenburg: TEMPRO. Abgerufen von TEMPRO website: ↗ <https://tempro-energy.de/veroeffentlichungen>

Schödwell, B., Zarnekow, R., Gröger, J., Liu, R., & Wilkens, M. (2018). Kennzahlen und Indikatoren für die Beurteilung der

Ressourceneffizienz von Rechenzentren und Prüfung der praktischen Anwendbarkeit (Nr. 19/2018). Dessau-Roßlau. Abgerufen von [↗ https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/kennzahlen-indikatoren-fuer-die-beurteilung-der](https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/kennzahlen-indikatoren-fuer-die-beurteilung-der)

Statista. (2022). Server – Deutschland | Statista Marktprognose. Abgerufen 27. April 2023, von Statista website: [↗ https://de.statista.com/outlook/tmo/rechenzentren/server/deutschland](https://de.statista.com/outlook/tmo/rechenzentren/server/deutschland)

Weitere verwendete Literatur

Andrae, A. S. G. (2019). Prediction Studies of Electricity Use of Global Computing in 2030.

Andrae, A. S. G. & Edler, T. (2015). On Global Electricity Usage of Communication Technology: Trends to 2030. *Challenges*, 6(1), 117–157. [↗ https://doi.org/10.3390/challe6010117](https://doi.org/10.3390/challe6010117)

Bittman, T. (2017, März 6). The Edge Will Eat The Cloud. Gartner Blog Network. Zugriff am 25.10.2017. Verfügbar unter: [↗ https://blogs.gartner.com/thomas_bittman/2017/03/06/theedge-will-eat-the-cloud/](https://blogs.gartner.com/thomas_bittman/2017/03/06/theedge-will-eat-the-cloud/)

Bizo, D., Ascierio, R., Lawrence, A. & Davis, J. (2021). Uptime Institute Global Data Center Survey 2021 – Growth stretches an evolving sector.

Cohen, B., Kathrivel, G., Katsaros, G., Legre, A., Mitry, A., Price, C. et al. (2018). Cloud Edge Computing: Beyond the Data Center. *whitepaper*. Openstack.org.

Cushman & Wakefield. (2016). Data Center Risk Index. New York. Zugriff am 29.7.2016. Verfügbar unter: [↗ http://www.cushmanwakefield.com/en/research-and-insight/2016/data-centre-riskindex-2016/](http://www.cushmanwakefield.com/en/research-and-insight/2016/data-centre-riskindex-2016/)

Cushman & Wakefield. (2021). Global Data Center Market Comparison 2021. Zugriff am 6.11.2021. Verfügbar unter: [↗ https://cushwake.cld.bz/2021-Data-Center-Global-Market-Comparison/2/](https://cushwake.cld.bz/2021-Data-Center-Global-Market-Comparison/2/)

Emerson Network Power. (2014). Data Center 2025: Exploring the Possibilities. Columbus, OH. Zugriff am 20.11.2014. Verfügbar unter: [↗ www.emersonnetworkpower.com/DataCenter2025](http://www.emersonnetworkpower.com/DataCenter2025)

Fraga-Lamas, P., Lopes, S. I. & Fernández-Caramés, T. M. (2021). Green IoT and Edge AI as Key Technological Enablers for a Sustainable Digital Transition towards a Smart Circular Economy: An Industry 5.0 Use Case. *Sensors*, 21(17), 5745. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.

Gartner. (2020, März 19). Gartner Says Worldwide Server Revenue Grew 5.1% in the Fourth Quarter of 2019, While Shipments Increased 11.7%. Gartner. Zugriff am 19.3.2020.

Verfügbar unter: [↗ https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2020-03-19-gartner-says-worldwide-server-revenue-grew-5-percent-in-the-fourth-quarter-of-2019-while-shipments-increased-11-percent](https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2020-03-19-gartner-says-worldwide-server-revenue-grew-5-percent-in-the-fourth-quarter-of-2019-while-shipments-increased-11-percent)

GeSI & Accenture Strategy. (2015). #SMARTer 2030: ICT Solutions for the 21st Century Challenges. Global e-Sustainability Initiative. Zugriff am 25.4.2016. Verfügbar unter: [↗ http://smarter2030.gesi.org/downloads/Full_report2.pdf](http://smarter2030.gesi.org/downloads/Full_report2.pdf)

Gill, B. & Smith, D. (2018). The Edge Completes the Cloud: A Gartner Trend Insight Report. Gartner. Zugriff am 8.11.2021. Verfügbar unter: [↗ https://www.gartner.com/en/doc/3889058-theedge-completes-the-cloud-a-gartner-trend-insight-report](https://www.gartner.com/en/doc/3889058-theedge-completes-the-cloud-a-gartner-trend-insight-report)

Helmrich, K. (2021). Wie die Cloud, Edge Computing und Künstliche Intelligenz zur Nachhaltigkeit in der Industrie beitragen. *CSR und Digitalisierung* (S. 175 – 192). Springer.

IDC. (2015). SMART 2013/0043 – Uptake of Cloud in Europe - Follow-up of IDC Study on Quantitative estimates of the demand for Cloud Computing in Europe and the likely barriers to take-up. Zugriff am 12.9.2018. Verfügbar unter: [↗ https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/cfe5a91c-85cf-4c64-99e9-1b5900c8529a/language-en/format-PDF/source-search](https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/cfe5a91c-85cf-4c64-99e9-1b5900c8529a/language-en/format-PDF/source-search)

IDC. (2019). Cloud IT Infrastructure Revenues Surpassed Traditional IT Infrastructure Revenues for the First Time in the Third Quarter of 2018, According to IDC. IDC: The premier global market intelligence company. Zugriff am 2.5.2019. Verfügbar unter: ↗ <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS44670519>

IDC. (2020, September 8). Worldwide Server Market Revenue Grew 19.8% Year Over Year in the Second Quarter of 2020, According to IDC. IDC: The premier global market intelligence company. Zugriff am 26.2.2021. Verfügbar unter: ↗ <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS46838120>

IDC & Seagate. (2018). DataAge 2025 - The Digitization of the World. Zugriff am 1.2.2019. Verfügbar unter: ↗ <https://www.seagate.com/gb/en/our-story/data-age-2025/>

Lei, N. & Masanet, E. R. (2021). GLOBAL DATA CENTER ENERGY DEMAND AND STRATEGIES TO CONSERVE ENERGY. Data Center Handbook: Plan, Design, Build, and Operations of a Smart Data Center, 15–26. Wiley Online Library.

Marshall, P. (2021). STATE OF THE EDGE 2021 - A Market and Ecosystem Report for Edge Computing. online: State of the edge. Zugriff am 1.8.2021. Verfügbar unter: ↗ <https://stateoftheedge.com/reports/state-of-the-edge-report-2021/>

Masanet, E., Shehabi, A., Lei, N., Smith, S. & Koomey, J. (2020, Februar 28). Recalibrating global data center energy-use estimates | Science. Science. Zugriff am 4.3.2020. Verfügbar unter: ↗ <https://science.sciencemag.org/content/367/6481/984>

van der Meulen, R. (2019). What Edge Computing Means for Infrastructure and Operations Leaders. Smarter With Gartner. Zugriff am 12.4.2018. Verfügbar unter: ↗ <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/what-edge-computing-means-for-infrastructure-and-operations-leaders/>

Nebuloni, G. & Olah, A. (2014). Wachstumsmotor IT: So fördern effiziente Rechenzentren das Unternehmenswachstum. Frankfurt: IDC/Rittal.

PricewaterhouseCoopers. (2020). Edge data centers: how to participate in the coming boom. PwC. Zugriff am 10.7.2020. Verfügbar unter: ↗ <https://www.pwc.com/us/en/industries/capital-projects-infrastructure/library/edge-data-centers.html>

Radovanovic, A., Koningstein, R., Schneider, I., Chen, B., Duarte, A., Roy, B. et al. (2021). Carbon-Aware Computing for Datacenters.

Shehabi, A., Smith, S., Sartor, D., Brown, R., Herrlin, M., Koomey, J. et al. (2016). United States Data Center Energy Usage Report. Nr. LBNL-1005775. Berkeley, CA: Ernest Orlando

Lawrence Berkeley National Laboratory. Zugriff am 19.2.2018. Verfügbar unter: ↗ https://eta.lbl.gov/sites/all/files/publications/lbnl-1005775_v2.pdf

The Shift Project. (2019). LEAN ICT- Towards digital sobriety. Zugriff am 18.4.2019. Verfügbar unter: ↗ <https://theshiftproject.org/en/article/lean-ict-our-new-report/>

Uptime Institute. (2018). Uptime Institute data shows outages are common, costly, and preventable. Verfügbar unter: ↗ <https://uptimeinstitute.com/data-center-outages-are-common-costly-andpreventable>

Uptime Institute. (2019). Is PUE actually going UP? - Uptime Institute Blog. Zugriff am 5.3.2020. Verfügbar unter: ↗ <https://journal.uptimeinstitute.com/is-pue-actually-going-up/>

Vertiv. (2019). Das Rechenzentrum 2025 - Näher am Edge. Zugriff am 4.11.2019. Verfügbar unter: ↗ <https://www.vertiv.com/de-emea/about/news-and-insights/articles/pr-campaigns-reports/data-center-2025-closer-to-the-edge/>

Worldwide Quarterly Server Tracker. (o. J.). IDC: The premier global market intelligence company. Zugriff am 14.5.2021. Verfügbar unter: ↗ https://www.idc.com/tracker/showproductinfo.jsp?containerId=IDC_P348

Herausgeber

Bitkom e.V.
Albrechtstraße 10
10117 Berlin

Autorinnen und Autoren

Dr. Ralph Hintemann | Borderstep Institut |
E-Mail: hintemann@borderstep.de

Simon Hinterholzer | Borderstep Institut |
E-Mail: hinterholzer@borderstep.de

Hannah Seibel | Borderstep Institut |
E-Mail: seibel@borderstep.de

Projektdurchführung



BORDERSTEP INSTITUT
für Innovation und Nachhaltigkeit
Wissen, das bewegt

Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit
gemeinnützige GmbH | Dr. Ralph Hintemann |
Clayallee 323 | 14169 Berlin | +49 30 306 45 1000 |
www.borderstep.de

Projektpartner

Nick Kriegeskotte | Leiter Infrastruktur &
Regulierung | Bitkom e.V.

Zitiervorschlag

Hintemann, R., Hinterholzer, S. & Seibel, H.
(2023). Bitkom-Studie Rechenzentren in
Deutschland: Aktuelle Marktentwicklungen
– Update 2023. Berlin: Borderstep Institut.

Gestaltung

Anna Stolz | Bitkom e.V.

Bildnachweis

Titelbild © NTT

Copyright

Bitkom 2023

Diese Publikation stellt eine allgemeine unverbindliche Information dar. Die Inhalte spiegeln die Auffassung im Bitkom zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wider. Obwohl die Informationen mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt wurden, besteht kein Anspruch auf sachliche Richtigkeit, Vollständigkeit und / oder Aktualität, insbesondere kann diese Publikation nicht den besonderen Umständen des Einzelfalles Rechnung tragen. Eine Verwendung liegt daher in der eigenen Verantwortung des Lesers. Jegliche Haftung wird ausgeschlossen. Alle Rechte, auch der auszugsweisen Vervielfältigung, liegen beim Bitkom.

Bitkom vertritt mehr als 2.000 Mitgliedsunternehmen aus der digitalen Wirtschaft. Sie erzielen allein mit IT- und Telekommunikationsleistungen jährlich Umsätze von 190 Milliarden Euro, darunter Exporte in Höhe von 50 Milliarden Euro. Die Bitkom-Mitglieder beschäftigen in Deutschland mehr als 2 Millionen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Zu den Mitgliedern zählen mehr als 1.000 Mittelständler, über 500 Startups und nahezu alle Global Player. Sie bieten Software, IT-Services, Telekommunikations- oder Internetdienste an, stellen Geräte und Bauteile her, sind im Bereich der digitalen Medien tätig oder in anderer Weise Teil der digitalen Wirtschaft. 80 Prozent der Unternehmen haben ihren Hauptsitz in Deutschland, jeweils 8 Prozent kommen aus Europa und den USA, 4 Prozent aus anderen Regionen. Bitkom fördert und treibt die digitale Transformation der deutschen Wirtschaft und setzt sich für eine breite gesellschaftliche Teilhabe an den digitalen Entwicklungen ein. Ziel ist es, Deutschland zu einem weltweit führenden Digitalstandort zu machen.

Bitkom e.V.

Albrechtstraße 10

10117 Berlin

T 030 27576-0

bitkom@bitkom.org

[bitkom.org](https://www.bitkom.org)

bitkom