

DATA CENTER IMPACT REPORT DEUTSCHLAND

2024

WWW.GERMANDATACENTERS.COM

DER MARKT DER RECHENZENTREN IN ZAHLEN

1.994

Rechenzentren*

1.955 MW

IT-Power in Deutschland

davon **309**

Colocation-Rechenzentren

davon **69 %**

in Colocation-Rechenzentren

ca.

65.000

Beschäftigte durch
Rechenzentren

831 MW

IT-Power in Frankfurter
Colocation-Rechenzentren

88 %

Energienutzung aus EE in
Colocation-Rechenzentren

10,4 Mrd €

tragen deutsche Colocation- und Hyperscale-
Rechenzentren jährlich zum BIP bei

28 %

der Colocation-Rechenzentren
verwerten die Abwärme

* Colocation- und Enterprise-Rechenzentren > 50 kW



EDITORIAL

SEHR GEEHRTE LESERINNEN UND LESER,

kaum eine Situation unseres modernen Alltags ist ohne digitale Daten denkbar – ob wir Nachrichten auf dem Smartphone austauschen, die ÖPNV-Verbindungen in der App prüfen oder auf dem Weg zur Arbeit online die Nachrichten des Tages verfolgen. Aber auch die Steuerung großer Teile der kritischen Infrastruktur – Verkehrssysteme, Kraftwerke, Wärme- und Stromnetze – sind auf unterbrechungsfreie Datenströme angewiesen.

Gespeichert, verarbeitet und übertragen werden diese Daten in Rechenzentren. In den vergangenen Jahrzehnten befanden sich diese Datenzentren zumeist im Verborgenen, abseits gesellschaftlicher Debatten, und sicherten dort die zuverlässige Bereitstellung der Dienste, die wir alle – direkt oder indirekt – nutzen.

In den Fokus der öffentlichen Wahrnehmung rückten Rechenzentren zuletzt durch das deutsche Energieeffizienzgesetz, das explizite Effizienzanforderungen an bestehende und neue Einrichtungen stellt. Regulatorische Initiativen wie diese machen deutlich, dass es notwendig ist, mit einer soliden Datenbasis Transparenz zu schaf-

fen – über die Charakteristik und den allgemeinen Zustand des Marktes, aber auch über Herausforderungen, Chancen und Potenziale. Zur Anzahl der Rechenzentren in Deutschland und der IT-Kapazität, die sie bereitstellen, gab es allerdings bislang keine genauen Zahlen. Ebenso beruhten Beschäftigungszahlen, Daten zu Investitionen und der Beitrag zum Bruttoinlandsprodukt der Branche auf Schätzungen.

Um eine solide Datenbasis zu schaffen und relevante Entwicklungen zu identifizieren, hat die German Data-center Association eine Studie in Auftrag gegeben, deren Ergebnisse Ihnen hiermit vorliegen. Denn Potenziale lassen sich nur dann realistisch einschätzen, wenn belastbares Datenmaterial zur Entscheidungsfindung zur Verfügung steht.

Der **DATA CENTER IMPACT REPORT DEUTSCHLAND 2024** unternimmt erstmals den Versuch, den deutschen Markt für Rechenzentren zu vermessen. Darüber hinaus befasst sich die Studie mit dem sozioökonomischen Einfluss der deutschen Rechenzentrumsbranche.

Die vorliegenden Ergebnisse stimmen positiv: Trotz vielfältiger Herausforderungen – Strom- und Flächenverfügbarkeit, Regulatorik, Bürokratie, Fachkräftemangel – ist ein enormes Wachstum des Rechenzentrumsmarktes am Standort Deutschland zu erkennen. Befördert wird dieses Wachstum durch die gesteigerte Nachfrage nach Cloud-Diensten, Big-Data-Analysen und der Integration von KI-Technologien. Es ist davon auszugehen, dass sich die Kapazität des Colocation-Rechenzentrumsmarkts in den nächsten fünf Jahren von 1,3 GW auf über 3,3 GW mehr als verdoppeln wird.

So lässt sich – entgegen allen pessimistischen Konjunkturprognosen für die deutsche Wirtschaft – für die Rechenzentrumsbranche ein regelrechter Boom erkennen: Allein die Kapazitätsprognosen des Colocation-Marktsegmentes begründen Investitionen von über 24 Milliarden Euro über die kommenden fünf Jahre. Hinzu kommen die milliardenschweren, weit in das nächste Jahrzehnt reichenden Investitionsprogramme der Hyperscaler – die individuelle und äußerst kostspielige Serverinfrastruktur noch nicht eingerechnet.

Anstatt abzuwandern, bauen die Betreiber ihre Kapazitäten aus und immer neue Betreiber treten in den Markt ein. Um diese Investitionen in die Infrastruktur Deutsch-

lands zu sichern, ist politisches Handeln und Weitsicht gefragt. Mit den nun vorliegenden Kennzahlen werden wir in Gesprächen mit Entscheidern aus Politik und Wirtschaft wichtige Impulse setzen, um Verständnis für die Besonderheiten der Branche zu generieren und die Rahmenbedingungen für den Rechenzentrumsbetrieb in Deutschland nachhaltig zu verbessern.

Die German Datacenter Association wird die Daten fortan in einem jährlichen Turnus aktualisieren, um den aktuellen Status des Marktes zu dokumentieren. Zusätzlich zu den vorliegenden Daten werden wir in den kommenden Jahren weitere Kennzahlen untersuchen.

Wir wünschen Ihnen eine erkenntnisreiche Lektüre des **DATA CENTER IMPACT REPORT DEUTSCHLAND 2024** und freuen uns auf den Austausch!

Ihre
Anna Klafit
Vorstandsvorsitzende

Peter Pohlschröder
Stellv. Vorstandsvorsitzender

INHALTSVERZEICHNIS

Editorial	3
Inhaltsverzeichnis	5
Management Summary	6
Taxonomie der Rechenzentren	13
Einführung	14
– Zielsetzungen	15
– Methodik	15
Übersicht	16
– Die Entwicklung der Rechenzentrumslandschaft	16
– Die Landschaft in Zahlen	17
– Wichtige Trends und Entwicklungen	19
Colocation	23
– Treibende Kraft und Hemmnisse	25
– Marktgröße und Prognose	26
– Wachstumstrends	29
– Wachstum nach Regionen	32
Hyperscale-Rechenzentren	34
Enterprise-Rechenzentren	35
– Umfrage	35
– Bauen oder kaufen	36
– Herausforderungen	37
Sozioökonomische Auswirkungen von Rechenzentren in Deutschland	39
– Wirtschaftliche Auswirkungen	39
– Methodik	40
– Beschäftigung	40
– Beschäftigung innerhalb eines Rechenzentrums	42
– Beschäftigungsrollen und -möglichkeiten	43
– Herausforderungen auf dem Arbeitsmarkt	44
– Beitrag zum BIP	47
Nachhaltigkeit	49
– Strom	49
– Energie-Effizienz	54
– Abwärmenutzung	56
– Wasser	57
– Maßnahmen in Vorbereitung auf das EnEfG	57
Marktstatistiken (Tabellen)	59
Methodik der Forschung	61
– Erhebungen	62
– Colocation- und Hyperscale-Datenbank	62
– Größenbestimmung des Unternehmensmarktes	63
– Wirtschaftliche Auswirkungen	63
– Erstellen von Prognosen	63
Abbildungsverzeichnis	64
Tabellenverzeichnis	65
Über Pb7 Research	66
Über die German Datacenter Association e.V.	66
Impressum	67

MANAGEMENT

SUMMARY



VORWORT

Deutschland braucht für seine Zukunft leistungsfähige Rechenzentren. Seit 2010 hat sich der Bedarf an IT-Rechenleistung verzehnfacht. Die voranschreitende Digitalisierung der Wirtschaft, der öffentlichen Verwaltung und aller Lebensbereiche ist nur mit einer leistungsstarken IT-Infrastruktur möglich. Rechenzentren sind die Eckpfeiler dieser Infrastruktur. Das Hauptaugenmerk der Rechenzentrumsbranche liegt auf dem hochverfügbaren

und ausfallsicheren Betrieb, damit die digitalen Dienste, die das moderne Leben gewährleisten, nicht unterbrochen werden. Fast jede App auf dem Smartphone aber auch große Teile der kritischen Infrastruktur – Krankenhäuser und Notdienste, Flughäfen, Kraftwerke, Ministerien, Finanztransaktions-Anbieter – sind ihrerseits auf Rechenzentren angewiesen.

DEUTSCHE RECHENZENTREN GEWÄHRLEISTEN UNSERE DIGITALE SOUVERÄNITÄT

Die Rechenzentren in Deutschland ermöglichen es, sensible Daten und Anwendungen sicher und verlässlich innerhalb des Landes zu speichern und zu verarbeiten – nach deutschen (bspw. BDSG) und europäischen (DSGVO) rechtlichen Standards. Damit garantieren sie die selbstbestimmte Kontrolle über die Erhebung, Speicherung, Nut-

zung und Verarbeitung der eigenen Daten. Dies verringert das Risiko, dass Daten und Anwendungen unautorisiert von Dritten kontrolliert oder gar missbraucht werden, und sichert die Unabhängigkeit und Integrität kritischer Systeme. Diese Datensouveränität ist ein wichtiger Bestandteil der digitalen Souveränität unseres Landes.

DIGITALISIERUNG BRINGT DIE NACHHALTIGKEIT VORAN

Digitalisierung spart CO₂-Emissionen: Digitale Technologien helfen, weltweit die Treibhausgasemissionen um bis zu 15 % zu senken¹. Möglich macht das der Einsatz digitaler Alternativen zu analogen Prozessen – so ersetzt die Videokonferenz den Inlandsflug, die Arbeit im Homeoffice die Fahrt zur Arbeitsstätte. Videokonferenzen sparen im Vergleich zu regulär stattfindenden Veranstaltungen bis zu 99,5 % CO₂ ein². Der Einsatz fortschrittlicher Technologie ermöglicht es außerdem, Prozesse

und Ressourcenverbräuche zu optimieren: Rechenzentren können in Echtzeit große Datenmengen sammeln und auswerten, um die Effizienz, Agilität und Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen zu verbessern. Durch Künstliche Intelligenz (KI), Hochleistungsrechnen und die Bündelung von Daten sind bessere Analysen der Automatisierung in der industriellen Fertigung und der intelligenten Steuerung der Stromnetze oder des Straßenverkehrs möglich.

DEUTSCHE RECHENZENTREN SIND VORREITER IN DER NUTZUNG ERNEUERBAREN ENERGIEN UND GEHÖREN ZU DEN EFFIZIENTESTEN WELTWEIT

Obwohl sich die Grundpreise für Strom europaweit ähneln, sind die Kosten in Deutschland durch Netzentgelte, Steuern und Abgaben fast doppelt so hoch wie im europäischen Ausland – vor der Energiekrise mitunter sechsmal so hoch³. So entfällt etwa die Hälfte der Betriebsausgaben von deutschen Rechenzentren auf die Energiekosten. Da Rechenzentren dem Dienstleistungssektor zugeordnet werden, profitieren die Betreiberun-

ternehmen nicht von den steuerlichen Begünstigungen, die die verarbeitende Industrie genießt. Als datenverarbeitende Branche hat sie zwar durchaus ähnliche Herausforderungen wie die Industrie, profitiert aber nicht von deren Begünstigungen. Energieeffizienzsteigerungen und Strategien, wie das Akquirieren von Power Purchase Agreements (PPA), um günstigen Strom aus erneuerbaren Quellen zu beziehen, sind die positiven

¹ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/fs_20_281 (letzter Zugriff am 01.03.2024).

² <https://kommunikation.uni-freiburg.de/pm/2021/digitales-einsparpotenzial> (letzter Zugriff am 01.03.2024).

³ <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Deutsche-Rechenzentren-haben-hoechste-Stromkosten-in-Europa> (letzter Zugriff am 01.03.2024).

Effekte. Doch nicht nur aus wirtschaftlichem Interesse, auch aus unternehmerischer und gesellschaftlicher Verantwortung ist es für die Betreiber von Rechenzentren eine Selbstverständlichkeit, ihre Anlagen möglichst nachhaltig, ressourcen- und energieeffizient zu gestalten.

Durch stetige Effizienzsteigerungen, den Einsatz neuer Technologien und Künstlicher Intelligenz ist es den Rechenzentrumsbetreibern gelungen, die absoluten

Stromverbräuche von den Steigerungsraten des Datenaufkommens zu entkoppeln: Gemessen an den Workloads in Rechenzentren hat sich die Leistung zwischen 2010 und 2020 verachtfacht⁴, der Energiebedarf pro Workload war 2020 allerdings 12-mal niedriger als noch in 2010⁵. Initiativen wie der Climate Neutral Data Centre Pact, dessen mehr als 100 Unterzeichner sich dem klimaneutralen Rechenzentrumsbetrieb bis 2030 verpflichten, manifestieren diese Haltung.

EINORDNUNG DER STUDIENERGEBNISSE

Der Data Center Impact Report Deutschland 2024 befasst sich mit dem dynamischen Wachstum und dem wirtschaftlichen Einfluss der deutschen Rechenzentrumsbranche im Jahr 2024 und darüber hinaus. Er hebt die zentrale Rolle der Branche bei der Unterstützung der digitalen Transformation in verschiedenen Sektoren hervor und unterstreicht ihren Beitrag zur Stärkung der digitalen Infrastruktur in Deutschland. Die Analyse zeigt die beschleunigte Expansion des Sektors, die durch die steigende Nachfrage nach Cloud-Diensten, Big-Data-Analysen und die Integration von KI-Technologien angetrieben wird.

Die von der German Datacenter Association (GDA) in Auftrag gegebene Studie präsentiert quantitative Ergebnisse, die auf der Basis verschiedener Forschungsmethoden erhoben wurden. Mittels Sekundärerhebung wurde eine solide Datenbasis für Colocation- und Hyperscale-Rechenzentren etabliert, um relevante Trends und Entwicklungen zu identifizieren und zu verstehen.

Ergänzend wurden zwei Umfragen durchgeführt: eine mit 29 führenden Entscheidungsträgern in Colocation-Rechenzentren und eine weitere mit 203 Entscheidungsträgern in Enterprise-Rechenzentren.

Die so gewonnenen Ergebnisse zeigen, dass die Branche einen beträchtlichen wirtschaftlichen Wert in Deutschland geschaffen hat, einschließlich erheblicher Investitionen, eines Anstiegs der direkten Beschäftigungsmöglichkeiten und eines bemerkenswerten Beitrags zum

Bruttoinlandsprodukt (BIP). Die erhobenen Daten verdeutlichen die strategische Bedeutung von Rechenzentren für die digitale Souveränität und die wirtschaftliche Widerstandsfähigkeit Deutschlands.

Der Bericht beschreibt die Einführung energieeffizienter Technologien und nachhaltiger Praktiken in Rechenzentren, die das Engagement der Branche für die Reduzierung ihres ökologischen Fußabdrucks widerspiegeln. Dieser Aspekt wird insbesondere durch die Umstellung des Sektors auf erneuerbare Energiequellen und die Implementierung fortschrittlicher Kühlmechanismen zur Verbesserung der Power Usage Effectiveness (PUE) hervorgehoben.

Darüber hinaus werden in der Studie künftige Herausforderungen und Chancen skizziert. Die Ergebnisse der Studie lassen erkennen, dass regulatorische Unterstützung und Investitionen in grüne Technologien notwendig sind, um Planungs- und Rechtssicherheit zu schaffen und damit Wachstum und Innovation zu fördern. Die Studie macht deutlich, dass es einer Politik bedarf, die die Entwicklung einer robusten, sicheren und nachhaltigen digitalen Infrastruktur unterstützt. Denn eine nachhaltige und klimafreundliche Wirtschaft ist nur mit förderlichen Rahmenbedingungen für eine starke digitale Infrastruktur möglich.

Die wichtigsten Erkenntnisse der Studie werden im Folgenden zusammengefasst und aus Sicht der German Datacenter Association eingeordnet.

⁴ https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2021/03/Borderstep_Rechenzentren2020_20210301_final.pdf (letzter Zugriff: 01.03.2024).

⁵ <https://www.eco.de/presse/eco-studie-rechenzentren-sind-garant-fuer-nachhaltige-digitalisierung-in-europa/> (letzter Zugriff: 01.03.2024).

WACHSTUM UND WIRTSCHAFTLICHER BEITRAG

Der Rechenzentrumssektor verzeichnet ein erhebliches Wachstum und leistet einen wichtigen Beitrag zur deutschen Wirtschaft. Er bildet die Grundlage für eine effiziente digitale Entwicklung des Landes. Dieses Wachstum wird durch die steigende Nachfrage nach digitalen Diensten, Cloud Computing und der digitalen Transformation in allen Sektoren angetrieben. Das Internet der Dinge (IoT), der Übertragungsstandard 5G sowie die Entwicklungen im Bereich Künstlicher Intelligenz sorgen dafür, dass der Bedarf an Datenverarbeitung exponentiell steigt. Die rechtlichen und gesellschaftlichen Anforderungen an Datenschutz, Datensicherheit und Datenhoheit erfordern die Speicherung und Verarbeitung von Daten in Deutschland. Es ist davon auszugehen, dass die IT-Leistung von Colocation-Rechenzentren in Deutschland von derzeit 1,3 GW bis zum Jahr 2029 auf 3,3 GW ansteigen wird.

Die vorliegende Studie prognostiziert auf Basis eines konservativen Wachstumsmodells kontinuierliche In-

vestitionen von ca. zwei Milliarden Euro pro Jahr in den Ausbau von Colocation- und Hyperscale-Rechenzentren. Beziffert man den vorhergesehenen Zuwachs an IT-Kapazitäten hingegen mit Marktwerten für Erstellungskosten für das ausgebaute Rechenzentrum, geschätzten durchschnittlichen Grundstückspreisen sowie einer durchschnittlichen Flächeneffizienz, sind bis 2029 Investitionen über 24 Milliarden Euro für den Ausbau der Colocation-Kapazitäten zu erwarten. Hinzu kommen die 4,2 Milliarden schweren Investitionsprogramme der Hyperscaler Google und Microsoft, die bis 2030 reichen. Zusätzlich der kostspieligen Serverinfrastruktur.

Diese Investitionen werden sich zunächst auf geeignete Grundstücke, deren energetische Erschließung und die zu errichtenden Rechenzentrumsarchitekturen in wenigen Agglomerationen konzentrieren. Allen voran auf die Metropolregion Frankfurt am Main und den Metropolraum Berlin-Brandenburg, die die beiden deutschen Tier I-Standorte darstellen.

TABELLE: Investitionen in den Bau von Colocation-Rechenzentren (Mio. €), Prognose bis 2029

	2024	2029
DC-Kapazitäten	1.300 MW	3.300 MW
Zubau	2.000 MW	
Baukosten (Fully fitted)	12 Mio. EUR/MW	24.000 Mio. EUR
Grundstückpreise	700 EUR/m ² Ø	
Grundstücksfläche	500 m ² /MW Ø	
Grundstücksinvestment	0,35 Mio. EUR/MW	700 Mio. EUR
		24.700 Mio. EUR

Der Sektor stellt ca. 65.000 direkte, indirekte und induzierte Arbeitsplätze in Deutschland zur Verfügung. Die allgemeine Tendenz auf dem Arbeitsmarkt zeigt sich auch bei Rechenzentren: 65 % der befragten Unternehmen außerhalb der Metropolregion Frankfurt am Main gaben an, dass der Fachkräftemangel die größte Herausforderung für ihr Unternehmen sei. Die GDA wird daher die Branche in der Öffentlichkeit noch stärker als attraktiven Arbeitgeber darstellen und sich aktiv in die gebotene Anpassung von Aus- und Weiterbildungsgängen einbringen. Insbesondere für die duale Berufsausbildung und Aufstiegsfortbildung oder den qualifizierten Quereinstieg bieten Rechenzentren eine Vielzahl an zukunftssicheren und gut bezahlten Möglichkeiten.

Hinzu kommt ein unmittelbarer und mittelbarer Beitrag zum BIP von derzeit ca. 10,4 Milliarden Euro für das Jahr 2024. Prognostiziert wird sich dieser Beitrag mit 23 Milliarden Euro bis 2029 mehr als verdoppeln.

Neben den sozioökonomischen Effekten ist die Bereitstellung von kritischer Infrastruktur für die wirtschaftliche Entwicklung Deutschlands durch digitale Transformation von noch größerer Bedeutung. Mit der Zunahme von KI und den entsprechend ausgestatteten High-Density-Rechenzentren, die einen noch größeren Strombedarf haben, werden noch effizientere technische Lösungen, zum Beispiel in der Kühltechnik, vorangetrieben.

Begrenzte Flächen- und Stromverfügbarkeit, hohe Strompreise und lange Genehmigungsverfahren bremsen das Wachstum der Branche. Zudem setzen Regulierungen – wie die Europäische Energieeffizienzrichtlinie (EED), das deutsche Energieeffizienzgesetz (EnEfG) und regionale Vorgaben – den Entwicklungen enge Grenzen.

NACHHALTIGKEIT UND ENERGIEEFFIZIENZ

Die Rechenzentren in Deutschland arbeiten unentwegt an der Optimierung ihrer Energieeffizienz und Nachhaltigkeit und konzentrieren sich auf die Reduzierung ihrer Umweltauswirkungen. Der Großteil der IT-Leistung in Deutschland wird mit ca. 70 % (1.360 MW von insgesamt 1.955 MW) von Colocation-Rechenzentren bereitgestellt, die auf Grund ihrer Skaleneffekte deutlich energieeffizienter sind als Enterprise-Rechenzentren.

Die Branche ist ein Vorreiter bei der Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen. Bereits heute stammen 88 % des von Colocation-Rechenzentren verbrauchten Stroms aus erneuerbaren Quellen, was die Bemühungen des Sektors um Nachhaltigkeit in der Technologiebranche unterstreicht. 69 % der befragten Colocation-Unternehmen gaben an, dass sie Strom über ein oder mehrere Power Purchase Agreements (PPA) beziehen. Durch diese Stromkaufvereinbarung verpflichtet sich der Abnehmer über einen längeren Zeitraum Strom direkt von einem erneuerbaren Energieprojekt zu beziehen. Im Gegenzug erhält er einen reduzierten Strompreis. Durch PPAs engagiert sich die Rechenzentrumsbranche stark für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland – viele dieser Investitionen wären ohne die finanzielle Absicherung durch PPAs nicht realisierbar.

Moderne Colocation-Rechenzentren, die Server-Flächen an Kunden vermieten, sind in der Regel weitaus effizienter im Betrieb als unternehmenseigene Rechenzentren, da sie Services bündeln und regelmäßig in umweltfreundliche Upgrades investieren. Die Daten des vorliegenden Reports bestätigen dies. Während der PUE-Wert der Colocation-Rechenzentren im Durchschnitt bei 1,3 liegt, wurde für die Enterprise-Rechenzentren ein durchschnittlicher PUE-Wert von 1,57 ermittelt. Allerdings gilt bei der Betrachtung des PUE-Wertes von 1,3 Folgendes zu beachten: Unter den 29 befragten Colocati-

on-Unternehmen befinden sich sowohl Organisationen, die eine Vielzahl unterschiedlichster Rechenzentren betreiben und die ihrerseits einen Durchschnittswert ihrer Einrichtungen angegeben haben, als auch Betreiber einzelner Rechenzentren, die nur dessen realen PUE-Wert angegeben haben. Auch wurde keine Gewichtung des PUE-Werts nach Anteil an IT-Kapazitäten vorgenommen.

Da das Energieeffizienzgesetz alle Rechenzentren in Deutschland ab einer Leistung von 300 kW betrifft, ist davon auszugehen, dass Unternehmen ihre Enterprise-Rechenzentren zunehmend in Colocation-Einrichtungen oder in die Cloud auslagern. Ein klarer Trend vom Enterprise-Rechenzentrum hin zur Cloud ist jedoch nicht zu verzeichnen. Vielmehr entwickeln sich Unternehmens-IT-Umgebungen zunehmend zu hybriden Architekturen, die teils in verschiedenen Cloud-Modellen, teils in Enterprise- oder Colocation-Rechenzentren angesiedelt sind.

Parallel zu dieser Konzentrationsbewegung auf Colocation- und Hyperscale-Rechenzentren deuten die Ergebnisse des Reports auf eine Zunahme von Edge-Rechenzentren hin. Insbesondere für Daten aus dezentralen Anwendungen wie unternehmensnaher KI, Industrie 4.0 oder Smart Cities. Es ist davon auszugehen, dass Rechenzentren, ähnlich wie andere kommunale Infrastrukturen wie Wasser- oder Elektrizitätswerke, die digitale Zukunft in sämtliche Kommunen und Städte bringen.

In puncto Abwärmepotenzial aus Rechenzentren kommt die Studie zu dem Ergebnis, dass bereits 28 % der befragten Colocation-Betreiber ihre Abwärme zur weiteren Verwendung abgeben können und dies bereits tun. Weitere 31 % der Befragten gaben an, in die dafür notwendige Technik zu investieren. Grundsätzlich zeigt sich bei den Betreibern eine große Bereitschaft, die aus erneuerbarem Strom erzeugte Wärme einer sinnvollen Weiterverwendung zuzuführen.

FAZIT

Der Sektor sieht sich mit vielfältigen Herausforderungen wie der knappen Verfügbarkeit von Flächen und Strom, einem hohen Strompreis, aufwändigen Genehmigungsverfahren und komplexen Vorschriften konfrontiert. Allen Herausforderungen zum Trotz hat Deutschland wesentliche Standortvorteile, die für eine Ansiedlung von Rechenzentren entscheidend sind und das Wachstum des Sektors befördern.

Neben dem DE-CIX in Frankfurt am Main befinden sich vier weitere internationale Internet-Exchange-Points im Bundesgebiet. Die zentrale Lage in Europa und das dichte Backbone-Netz gewährleisten die Interkonnektivität der Rechenzentren des Landes. Deutschland verfügt unter anderem mit der Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) über sehr hohe Datenschutzstandards und nimmt, hinter Irland, Platz 2 im europäischen Datenschutz-Ranking ein. Hinzu kommen höchste Standards beim Bau und Betrieb von Rechenzentren hinsichtlich des Brandschutzes, der Datensicherheit und Zertifizierung. Nicht zuletzt sind es gute Wetterbedingungen und eine geringe Bedrohungslage durch äußere Einflüsse wie Naturkatastrophen, Terror oder Stromausfälle, die das Land zu einem bevorzugten Standort für Rechenzentren machen. Die deutsche Rechenzentrumsbranche befindet sich an einem entscheidenden Punkt, an dem sie ihre Wachstums- und Nachhaltigkeitsbemühungen nutzen sollte, um ihre Position in der europäischen und globalen digitalen Wirtschaft zu festigen.

„RECHENZENTRUMSBRANCHE BOOMT: WEITER AUF WACHSTUMSKURS TROTZ HERAUSFORDERUNGEN“

Um dies zu erreichen, sind jedoch kontinuierliche Investitionen in Technologie, Personalentwicklung und regulatorische Anpassungsfähigkeit erforderlich. Investoren sind sich dieses Bedarfs bewusst. Dennoch boomt der Sektor wie keine andere Branche in Deutschland.

Aus Sicht der GDA muss die digitale Infrastruktur Deutschlands gestärkt werden. Der internationale Standortvorteil, der bereits vorhanden ist, darf nicht in Gefahr geraten. Daher setzt sich die GDA auch weiterhin für den engen Austausch mit Politik und Verwaltung auf lokaler, nationaler und europäischer Ebene ein, um die Rahmenbedingungen im Sinne der Branche zu verbessern.

Sowohl das Energieeffizienzgesetz, das Rechenzentren zum Abwärmeangebot verpflichtet, als auch das Wärmeplanungsgesetz und die Kommunale Wärmeplanung treiben die Weiterverwendung der beim Betrieb der Server entstehenden Abwärme an: Das Gesetz für die Wärmeplanung strebt die Dekarbonisierung der Wärmenetze bis 2030 an. Die kommunale Wärmeplanung ist ein zentrales Instrument, um die Transformation der städtischen Wärmeversorgung strategisch zu planen und umzusetzen. Das Ziel ist ein vollständiges fossilfreies Wärmenetz bis 2045.

„RECHENZENTREN SIND AKTIVER TEIL DER KLIMAPOLITIK“

Rechenzentren können mit ihrer aus erneuerbarem Strom produzierten Abwärme einen substanziellen Beitrag dazu leisten – insofern sie früh in die Quartiersentwicklung einbezogen werden, die Wärmenetzinfrastruktur ausgebaut und ältere Netze ertüchtigt werden. In der Praxis ergeben sich jedoch noch viele Fragen, die einer verbindlichen Klärung bedürfen. Die Vorgaben des EnEFG sind beispielsweise bezüglich der Anbindung des Rechenzentrums an das Wärmenetz oder der Kostenübernahme für das Aufwerten der Abwärmtemperatur auf das Niveau des Wärmenetzes nicht vollständig und bedürfen einer Konkretisierung, um Planungs- und Rechtssicherheit für alle Beteiligten zu schaffen. Nur so kann die Abwärmenutzung aus Rechenzentren im Sinne einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft gelingen.

Die GDA betont die Bedeutung des Multistakeholder-Ansatzes für die Planung und Realisierung von Abwärmeprojekten. Kooperationsmodelle zwischen Rechenzentren und Netzbetreibern, Energieversorgern, Stadtplanung und vielen weiteren Akteuren können mit vereinter Expertise individuelle Lösungen finden und Herausforderungen gezielt angehen. Beispielhafte Erfolgsprojekte zeigt die Bytes2Heat Plattform⁶.

„RECHENZENTREN SIND DIE QUELLE DER REGIONALEN ENTWICKLUNG UND DER DIGITALISIERUNG VOR ORT“

Zusätzlich zu den anstehenden Aufgaben hinsichtlich des Ausbaus digitaler und energetischer Infrastruktur rücken Rechenzentren immer stärker ins Zentrum wei-

⁶ Bytes2Heat ist ein Konsortialprojekt der Deutschen Unternehmensinitiative Energieeffizienz e.V., der impact engineering GmbH und der Institute IER und IVR der Universität Stuttgart. Das Projekt wird gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. Link: <https://www.bytes2heat.de> (letzter Zugriff: 01.03.2024).

terer wirtschaftlicher und regionaler Entwicklung. Die Ansiedlung eines Rechenzentrums ist auch immer eine Investition in die Infrastruktur der Region, der Standort profitiert gleich in mehrfacher Hinsicht: Angefangen bei der notwendigen Anbindung an das Glasfasernetz, dem Bau von Umspannwerken und Stromtrassen über die Sanierung und Reduzierung von Brachland bis hin zum Abwärmeangebot als Beitrag zur kommunalen Wärmeversorgung.

In der Zukunft sind Rechenzentren als kommunale oder regionale Wachstumskerne denkbar, welche Datendienste, Abwärme und weitere Investitionsanreize für Unternehmen und Bürger bereitstellen. Ansätze dafür sieht man bereits bei Quartiersentwicklungen, in denen

Rechenzentren einen zentralen Platz in der Planung einnehmen.

Die German Datacenter Association versteht sich als Sprachrohr der Branche und als Mittler zwischen Rechenzentrumsbetreibern und politischen Entscheidungsträgern auf europäischer, Bundes- und Kommunalebene. Die vorliegende Studie soll dazu dienen, die Entwicklungstrends und Herausforderungen der deutschen IT-Infrastruktur genauer abzubilden und politische Regelungsbedarfe zu kennzeichnen. Die German Datacenter Association wird daher auch in Zukunft den engen Dialog nach Brüssel, Berlin, Frankfurt und vielen weiteren Regionen aktiv suchen, um weitere Investitionen in Deutschland zu fördern.



TAXONOMIE DER RECHENZENTREN

Die Taxonomie von Rechenzentren lässt sich anhand diverser Kriterien systematisieren, um die zahlreichen Typologien und Funktionen dieser Einrichtungen zu klassifizieren. Diese Kriterien umfassen unter anderem die Größe, den Zweck, den Typ des Standorts sowie die Art der bereitgestellten Dienstleistungen. Die vorliegende Untersuchung konzentriert sich auf Colocation-Rechenzentren (Multi-Tenant-Rechenzentren) und Hyperscale-Rechenzentren. Ebenso werden unternehmensinterne Rechenzentren (Single-Tenant-Rechenzentren) berücksichtig

da sie vergleichbare Anforderungen erfüllen und ähnliche Fachkräfte beschäftigen. Wie Colocation- und Hyperscale Rechenzentren orientieren sich auch unternehmenseigene Rechenzentren an dem Ziel, eine sichere und effiziente Unterbringung sowie das Hosting von IT-Ausrüstung, IT-Infrastruktur, Daten und Anwendungen zu gewährleisten. Die wachsende Bedeutung der Datenverarbeitung hat in den letzten Jahren zur Entwicklung neuer Definitionen für verschiedene Typen von Rechenzentren geführt.

DEFINITIONEN

RECHENZENTREN MIT EINEM MIETER ENTERPRISE-RECHENZENTRUM

- Rechenzentren und Serverräume (+10 m² Serverraum)
- Rechenzentren von Managed Service Providern (IT-Dienste/Hosting, aber kein Kundenzugang)
- Krypto-Mining-Einrichtungen (keine Colocation; kann auch >10MW sein)

HYPERSCALE-RECHENZENTREN (sind für große Unternehmen wie Cloud-Service Provider konzipiert, die massiven Speicher und Rechenkapazitäten benötigen (z.B. Amazon Web Services (AWS), Microsoft, Google, Alibaba, IBM, Meta, Oracle, in der Regel >20 MW)

- Diese Unternehmen investieren erheblich in den Ausbau und Entwicklung ihrer Rechenzentren, um den wachsenden Anforderungen ihrer Kunden gerecht zu werden. Sie spielen eine zentrale Rolle in der Bereitstellung der Infrastruktur für das moderne Internet, einschließlich Cloud-Computing, Künstlicher Intelligenz, Datenanalyse und vielem mehr.
- Hyperscaler betreiben ihre eigenen Rechenzentren und arbeiten oft mit spezialisierten Rechenzentrums-Betreibern in Deutschland zusammen und mieten entsprechende Kapazitäten.

MIKRO-RECHENZENTREN (<10 m² Datenetage) werden nicht berücksichtigt. Aufgrund der Vielfalt und deren unterschiedlichen Einsatzbereiche der Mikro-Rechenzentren von kleinen und mittelständischen Unternehmen ist die Erfassung solcher spezifischen Daten sehr herausfordernd.

RECHENZENTREN MIT MEHREREN MIETERN ODER COLOCATION

- Retail-Colocation (Kundenverträge <1 MW): Rechenzentren, die den Kunden Platz in einem Rechenzentrum, eine begrenzte Anzahl von Servern, IT-Infrastruktur, wie Rack-Einheiten, Serverschränke oder sogar ganze Räume oder Hallen vermieten. In der Regel liegt die vertraglich vereinbarte Arbeitslast von maximal 1 MW je Kunde.
- Wholesale-Colocation (Kundenverträge >1 MW): Rechenzentren, die größere Flächen vermieten, in der Regel Räume oder Hallen, manchmal auch Serverbereiche, mit einer vertraglich vereinbarten Arbeitslast von 1 MW oder mehr.
- Built-to-suit oder powered shell, core und core shell (1 Kunde, Vertrag >1 MW): Rechenzentren, die an einen einzigen Großkunden, z. B. einen Hyperscaler oder ein großes IT-Unternehmen, vermietet und häufig speziell für diesen gebaut werden.



EINFÜHRUNG

Rechenzentren stellen eine fundamentale Komponente der digitalen Infrastruktur dar und tragen signifikant zur ökonomischen und sozialen Entwicklung innerhalb Deutschlands bei. Sie sind essentiell für die Speicherung, Verarbeitung und den Austausch kritischer Daten, die für die digitale Transformation sowohl der Wirtschaft als auch der Gesellschaft unerlässlich sind. In ihrer Funktion als zentrale Knotenpunkte für das Internet, Cloud-Dienste, digitale Medien, Geschäftsanwendungen und Technologien wie Künstliche Intelligenz (KI), spielen Rechenzentren eine Schlüsselrolle in der Umsetzung von Daten- und Digitalstrategien. Diese erlauben es Unternehmen und Organisationen, digitale Services und Applikationen auf sichere und effiziente Weise bereitzustellen, wodurch sie maßgeblich zur ökonomischen Prosperität und Innovationskraft beitragen. Die Zuverlässigkeit und Sicherheit dieser Infrastrukturen sind in der heutigen, datenintensiven Welt von kritischer Bedeutung. Des Weiteren ist die Existenz und Zugänglichkeit von leistungsfähigen

Rechenzentren ein wesentlicher Entscheidungsfaktor für die Standortwahl von Unternehmen, insbesondere in technologieorientierten, finanziellen und E-Commerce Sektoren sowie für die Forschung und Entwicklung von Schlüsseltechnologien. Es wird erwartet, dass der Rechenzentrumssektor in Deutschland in den kommenden Jahren beträchtliche Investitionen in zweistelliger Milliardenhöhe erfahren wird, wobei Frankfurt am Main als führender europäischer Standort sowohl in Bezug auf die Anzahl der Einrichtungen als auch das Investitionsvolumen hervorsteicht.

Rechenzentren leisten einen substantiellen Beitrag zur deutschen Volkswirtschaft, indem sie das Bruttoinlandsprodukt (BIP) steigern und zahlreiche Arbeitsplätze schaffen.

Angesichts der zunehmenden Relevanz von Nachhaltigkeitszielen geraten Rechenzentren verstärkt in den

Blickpunkt von Debatten über Energieeffizienz und die Reduktion des CO₂-Fußabdrucks. Innovationen in der Kühltechnologie, der Einsatz von erneuerbaren Energiequellen, sowie die Entwicklung von Systemen zur Energie-Rückgewinnung und zur Nutzung von Abwärme zeigen Wege auf, wie Rechenzentren den Energieverbrauch senken und somit zur Erreichung von Klimazielen beitra-

gen können. Es stellt sich heraus, dass Colocation- und Cloud-Rechenzentren in Bezug auf Effizienz Vorteile gegenüber Enterprise-Rechenzentren bieten. Dies liegt daran, dass grundlegende Infrastrukturen wie Kühlung, Stromversorgung, Sicherheit und Netzwerkanbindung vom Betreiber bereitgestellt werden und von mehreren Nutzern gemeinsam genutzt werden.

ZIELSETZUNGEN

Als Branchenverband hat die German Datacenter Association e.V. (GDA) das unabhängige Forschungsunternehmen Pb7 Research beauftragt, den Markt der Rechenzentren in Deutschland systematisch zu analysieren und die Auswirkungen der Branche auf wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Ebene jährlich einzuordnen. Pri-

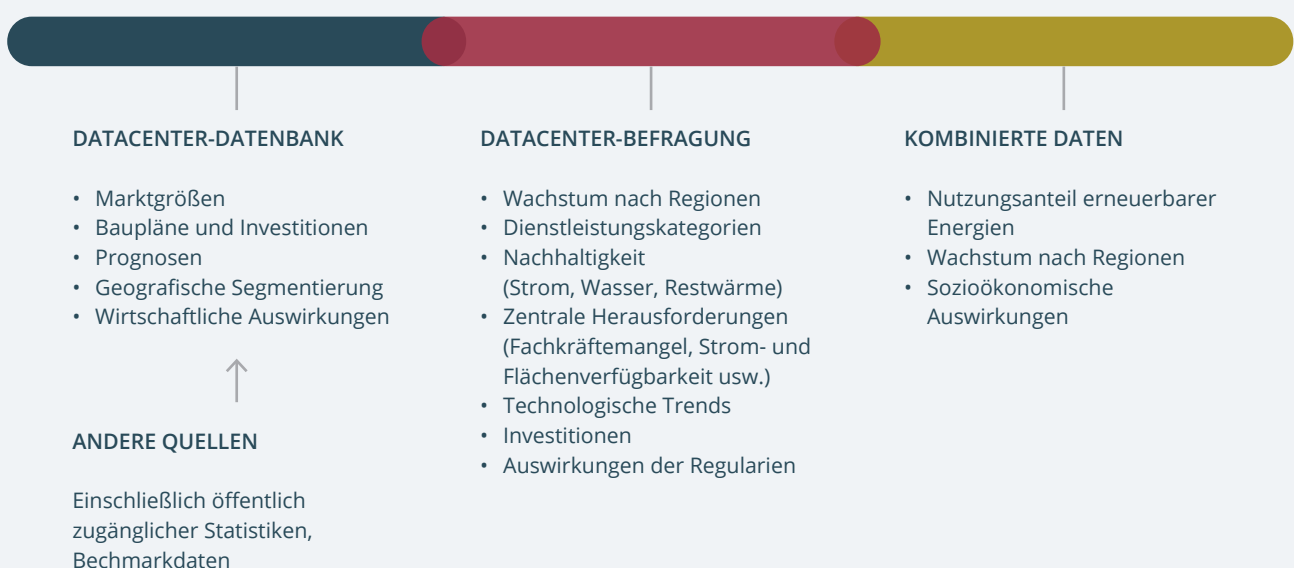
märes Ziel dieser Studie ist es, eine fundierte Datenbasis und Analysen zu generieren, um die wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Effekte zu verstehen und Trends für zukünftige Entwicklungen zu identifizieren, die für die Branche herangezogen werden können.

METHODIK

Für die Durchführung der Studie wurden diverse Forschungsmethoden und Analysen angewandt. Mittels Desk Research wurde eine solide Datenbasis für Colocation- und Hyperscale-Rechenzentren etabliert, um relevante Trends und Entwicklungen zu identifizieren und zu verstehen. Dies dient der Erstellung von Modellen zur Quantifizierung der verschiedenen Segmente des Rechenzentrums Marktes, einschließlich deren sozialen und wirtschaftlichen Auswirkungen. Ergänzend wurden

zwei Umfragen durchgeführt: eine mit 29 führenden Entscheidungsträgern in Colocation-Rechenzentren und eine weitere mit 203 Entscheidungsträgern in Enterprise-Rechenzentren. Die Ergebnisse dieser Umfragen werden im Bericht dargelegt und fließen als Grundlage in die Quantifizierung verschiedener Marktaspekte ein. Detaillierte Informationen zur Methodik sind ab Seite 61 des Berichts zu finden.

ABBILDUNG 1: Forschungsansatz



ÜBERSICHT



Rechenzentren, in Kombination mit der Fest- und Mobilfunknetzinfrastruktur, bilden die Grundlage der digitalen Infrastruktur. Die Netze fungieren als Transportmittel für Daten, die aus den Rechenzentren stammen und schließlich den Endnutzer erreichen. Angesichts des hohen Bedarfs an Daten innerhalb der EU oder national gespeicherten Daten sowie der Forderung nach Datensouveränität und der Notwendigkeit, auf die schnelle Bereitstellung von Daten zu reagieren, ist die lokale Verfügbarkeit von Rechenzentren unabdingbar. Dies steht im Einklang mit den Anforderungen sowohl der Bürger und Verbraucher als auch der Unternehmen, für die die Digitalisierung zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit von zentraler Bedeutung ist. Infolgedessen liegt die primäre sozioökonomische Bedeutung von Rechenzentren nicht in Investitionen und Beschäftigung, sondern in der Qualität der digitalen Infrastruktur.

Organisationen sind zunehmend auf digitale Werkzeuge angewiesen, um ihre Funktionen und Angebote zu gewährleisten. Professionelle Rechenzentren bieten diesen Organisationen – von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) bis hin zu großen Konzernen und dem öffentlichen Sektor – die Möglichkeit, Computer und Ser-

ver in einer hochsicheren Umgebung unterzubringen, die eine hohe Kontinuität und die erforderliche Konnektivität gewährleistet. Die geografische Nähe zu anderen Technologieunternehmen ermöglicht direkte Verbindungen mit minimalen Latenzzeiten, was insbesondere für Unternehmen und Nutzer von Cloud-Diensten wie Microsoft 365, Zoom oder Google Cloud Plattform von Vorteil ist.

Deutschland spielt auch international eine bedeutende Rolle im Bereich der digitalen Infrastruktur. So ist der DE-CIX in Frankfurt am Main der größte Internetknotenpunkt in Europa und der zweitgrößte weltweit; ein großer Teil des weltweiten Internetverkehrs wird über Frankfurt am Main geleitet. Obwohl große Technologieunternehmen zunehmend ihre eigene Netzinfrastruktur aufbauen und nutzen, bleibt die Bedeutung von Internetknotenpunkten für die meisten digitalen Unternehmen unverändert hoch. Innerhalb der digitalen Infrastruktur fungieren Rechenzentren als Depots, in denen Daten vorzugsweise in der Nähe strategischer Netzverkehrsknotenpunkte gespeichert und übertragen werden. Aus diesem Grund hat sich die Region Frankfurt⁷ zum größten Zentrum für Colocation-Rechenzentren in der EU entwickelt.

DIE ENTWICKLUNG DER RECHENZENTRUMSLANDSCHAFT

Die Entwicklung der Rechenzentrumslandschaft reflektiert die signifikanten Fortschritte in der Informationstechnologie und den zunehmenden Anforderungen an Datenverarbeitungs- und Speicherkapazitäten. Diese Evolution lässt sich in verschiedene Schlüsselphasen einteilen:

1. Frühe Phase (1950er-1960er Jahre): In den Anfangsjahren der Computertechnologie waren Rechenzentren durch große Mainframe-Computer charakterisiert, de-

ren Nutzung hauptsächlich auf große Unternehmen und staatliche Einrichtungen beschränkt war. Diese Systeme erforderten beträchtliche finanzielle Investitionen und spezialisierte, klimakontrollierte Räumlichkeiten.

2. Minicomputer und Serverräume (1970er-1980er Jahre): Die Einführung von Minicomputern markierte den Beginn einer Ära, in der Rechenzentren einer breiteren Nutzerbasis zugänglich wurden. Firmen etablierten eigene Serverräume, um ihre IT-Abläufe zentral zu verwalten,

⁷ Die Definition von Frankfurt als Rechenzentrumsstandort schließt den Großraum Frankfurt ein („Metropolregion“).

was eine diversifiziertere Anwendung von Rechenzentren über verschiedene Sektoren hinweg ermöglichte.

3. Das Internet und der Beginn der Cloud (1990er-2000er Jahre): Die Verbreitung des Internets führte zu einem exponentiellen Anstieg des Datenaufkommens und erhöhte somit die Anforderungen an die Datenverarbeitung und -speicherung. Diese Periode war geprägt durch das Aufkommen von Colocation-Rechenzentren, die Unternehmenskunden Mietflächen für Server boten, anfangs vor allem in großen Netzwerkknotenpunkten und internationalen Finanzzentren. Die Etablierung regionaler Zentren erweiterte die Zugänglichkeit für KMU und andere Organisationen. Gegen Ende dieser Phase begann die Einführung der Cloud-Services, die den Grundstein für eine Weiterentwicklung der außerhalb traditioneller Einrichtungen liegenden Datenverarbeitung und -speicherung legte.

4. Cloud Computing und Virtualisierung (2000er-2010er Jahre): Die Etablierung des Cloud Computings transformierte die Rechenzentrumslandschaft grundlegend. Die Möglichkeit, Rechenleistung und Speicherplatz flexibel und bedarfsorientiert zu mieten, führte zu signifikanten Kosteneinsparungen und größerer Skalierbarkeit. Die Virtualisierung und Automatisierung verbesserten die Effizienz der Ressourcennutzung weiter. Mit dem Aufstieg digitaler und sozialer Medien in den 2010er Jahren wuchs die Nachfrage nach Colocation-Rechenzentrumsflächen erheblich, wobei Cloud- und Medienunternehmen nun einen Großteil dieser Nachfrage generierten. Diese Entwicklung mündete in einem Trend zur Anmietung ganzer Serverhallen, Rechenzentren oder der Entwicklung eigener Hyperscale-Rechenzentren.

5. Hyperscale und Edge Computing (2010er-heute): Große Technologieunternehmen begannen, Hyperscale-Rechenzentren zu errichten, um dem wachsenden Bedarf an Cloud-Diensten gerecht zu werden. Parallel dazu

gewinnt Edge Computing an Bedeutung, indem es die Latenzzeiten verringert und die Datenverarbeitung näher an den Endverbraucher rückt, was insbesondere für Anwendungen im Bereich Internet der Dinge (IoT), autonome Fahrzeuge und andere Echtzeitanwendungen von entscheidender Bedeutung ist.

Die Investitionstätigkeit im Bereich neuer Rechenzentren hat in Europa und insbesondere in Deutschland merklich zugenommen. Diese Entwicklung ist teilweise darauf zurückzuführen, dass das Angebot von Cloud-Diensten mit geringer Latenz verbessert werden soll und gleichzeitig den Anforderungen an die Datensouveränität entsprochen wird. Immer mehr Unternehmen sind entweder gesetzlich verpflichtet oder bevorzugen es, Daten innerhalb der Europäischen Union oder des eigenen Landes zu speichern und zu verarbeiten. Dies führt dazu, dass Hyperscale-Rechenzentren eine breitere geografische Streuung in ganz Europa erfahren. Für viele dieser Einrichtungen stellt es eine Herausforderung dar, die Zeit bis zur Markteinführung zu minimieren und Großhandelsflächen oder sogenannte Power Shells zu akquirieren. Deutschland, das eine führende Rolle in Bezug auf Datensouveränität einnimmt, hat frühzeitig Hyperscale-Unternehmen, insbesondere in Frankfurt am Main, angezogen. Die strategische Bedeutung Frankfurts als Finanzhub, die hohe Dichte an Konsumenten und Unternehmen, sowie die Vorteile geringer Latenzzeiten für schnelle Datenübertragung sind entscheidende Faktoren für die Standortwahl, um weiteres Wachstum zu fördern.

Die überwiegende Mehrheit der Investitionen in deutsche Rechenzentren in den letzten Jahren lässt sich direkt oder indirekt auf das Wachstum einer relativ kleinen Anzahl von Hyperscale-Kunden zurückführen. Mit der zunehmenden Bedeutung der Künstlichen Intelligenz sind in den kommenden Jahren zusätzliche bedeutende Investitionen zu erwarten.

DIE LANDSCHAFT IN ZAHLEN

Zu Beginn des Jahres 2024 überwiegt die Anzahl der Enterprise-Rechenzentren gegenüber Colocation- und Hyperscale-Rechenzentren deutlich, mit etwa 1.700 Enterprise-Rechenzentren, die eine Kapazität von mindestens 50 kW aufweisen. Es ist jedoch festzustellen, dass in den meisten Sektoren nur Unternehmen mit mehr als 4.500 Beschäftigten diese 50-kW-Grenze überschreiten, sofern sie über ein unternehmenseigenes Rechenzentrum verfügen. Ausnahmen bilden hierbei die Finanz- und IT-Branche, in denen bereits Unternehmen mit mehr als 100 Mitarbeitern, sowie Behörden und Bildungseinrichtungen mit 500 Mitarbeitern und mehr, die 50-kW-Grenze überschreiten. Vor diesem Hintergrund lässt sich

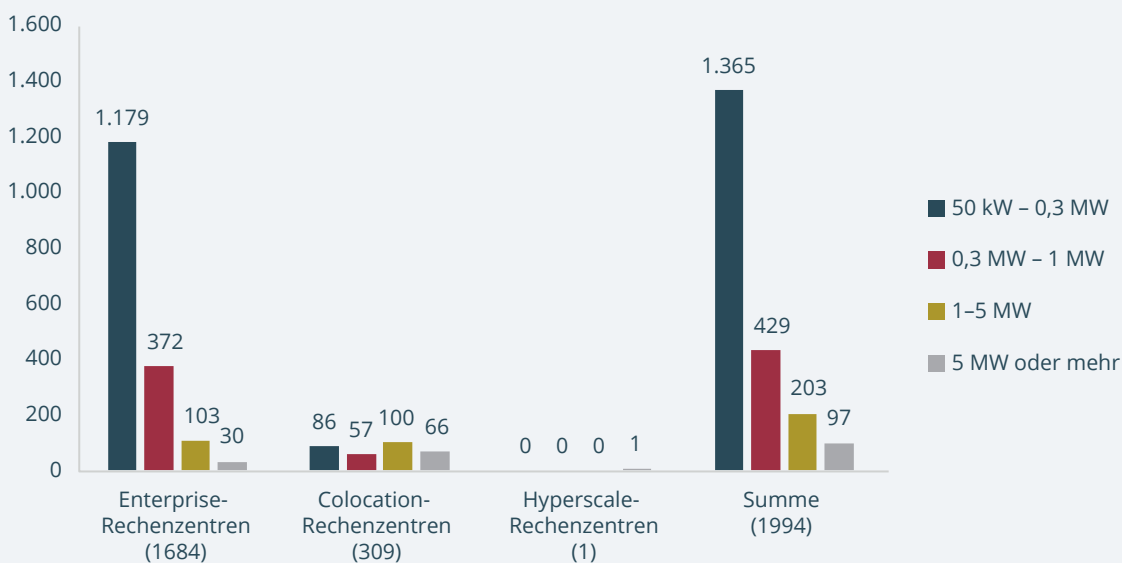
schlussfolgern, dass die meisten der 11.000 Organisationen in Deutschland, die mehr als 250 Mitarbeiter beschäftigen, nicht über Rechenzentren verfügen, die diesen Wert übersteigen. Diese Erkenntnisse basieren auf Durchschnittswerten von Enterprise-Rechenzentren aus einer internationalen Datenbank, die auf demografische Aspekte der deutschen Unternehmenslandschaft angewendet wurden.

In der vorliegenden Analyse wurden spezifische Rechenzentrumskapazitäten von Hochschuleinrichtungen und Forschungsinstitutionen wie der Fraunhofer-Gesellschaft, dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt

(DLR), der Max-Planck-Gesellschaft und dem Forschungszentrum Jülich nicht berücksichtigt. Diese Einrichtungen unterhalten einige der fortschrittlichsten Rechenzentren in Deutschland, die komplexe wissenschaftliche, technische und akademische Forschungsprojekte unterstützen. Die untersuchten Rechenzentren zeigen eine deutliche Diversität in der Größe; neben zahlreichen kleineren Einrichtungen gibt es auch größere Rechen-

zentren mit Kapazitäten von 5 MW oder mehr, wobei Colocation-Rechenzentren eine wichtige Rolle für eine Vielzahl von Kunden spielen. Diese Entwicklung verdeutlicht zudem einen Trend zur Konsolidierung verteilter Enterprise-Rechenzentren in Colocation-Einrichtungen, um von Effizienzvorteilen, Automatisierung, Konnektivität, Sicherheit und Betriebskontinuität dieser Anlagen zu profitieren.

ABBILDUNG 2: Rechenzentren in Deutschland nach Typ und IT-Leistung (50 kW oder mehr), Stand 1. Januar 2024

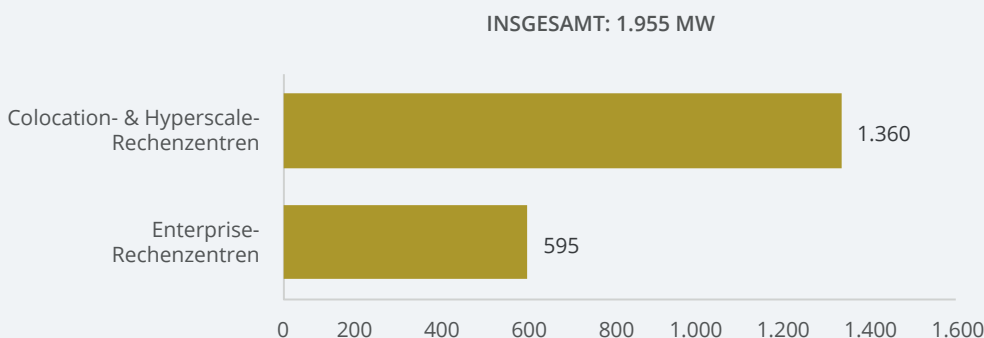


Quelle: Datenbank für Colocation- & Hyperscale-Rechenzentren, 2024; Datenbank für Enterprise-Rechenzentren, 2024

Obwohl Enterprise-Rechenzentren zahlenmäßig vorherrschen, sind Colocation- und Hyperscale-Rechenzentren bereits für den Großteil der IT-Leistung verantwortlich. Diese Einrichtungen sind im Durchschnitt moderner und

bieten eine höhere Leistung (kW) pro Rack im Vergleich zu Enterprise-Rechenzentren. Da viele Colocation-Rechenzentren in Deutschland auch internationale Märkte bedienen, ist dieses Segment besonders gut entwickelt.

ABBILDUNG 3: IT-Leistungsvolumen (MW) in Deutschland nach Typ, Stand 1. Januar 2024



Quelle: Datenbank für Colocation- & Hyperscale-Rechenzentren, 2024; Datenbank für Enterprise-Rechenzentren, 2024

WICHTIGE TRENDS UND ENTWICKLUNGEN

Die Entwicklung der Rechenzentrumslandschaft in Deutschland wird durch eine Reihe von Schlüsselrends geprägt, die in Kategorien wie Marktentwicklungen, technologische Fortschritte in Rechenzentrumsinfrastrukturen und regulatorische Rahmenbedingungen unterteilt werden können. Wesentliche Markttrends sind durch die anhaltende Digitalisierung der globalen und lokalen Wirtschaft charakterisiert und umfassen Themen wie Cloud-Migration, die Bedeutung von Edge Computing und den Einfluss Künstlicher Intelligenz (KI). Zu den vorrangigen technologischen Entwicklungen gehören High-Density-Computing, nachhaltige Innovationen sowie der Umgang mit Energiebedarf und -restriktionen. Auf regulatorischer Ebene fordern das deutsche Energieeffizienzgesetz (EnEfG) und die Europäische Energieeffizienz-Richtlinie (EED) Unternehmen auf, energieeffiziente Lösungen und Verfahren zu implementieren. Der Einsatz von erneuerbaren Energien, innovativen Kühltechniken und energieeffizienter Hardware stehen dabei im Fokus, um den CO₂-Ausstoß zu reduzieren. Lokale Vorschriften, wie das „Rechenzentrenkonzept – Aktualisierung des Gewerbeflächenentwicklungsprogramms“⁸, welches am 9. Juni 2022 von der Frankfurter Stadtverordnetenversammlung verabschiedet wurde, stellen zusätzliche Anforderungen an die Rechenzentrumsindustrie.

MARKTTREND 1: DIGITALISIERUNG

Die digitale Transformation beeinflusst maßgeblich die Art und Weise, wie Kommunikation, Medienkonsum und Geschäftsoperationen weltweit stattfinden. Die Automatisierung von Prozessen durch digitale Technologien steigert Effizienz und Produktivität sowohl in Unternehmen als auch im öffentlichen Sektor. Dies beschleunigt Forschungs- und Entwicklungsprozesse und führt zur Entstehung neuer digitaler Dienstleistungen, Märkte und Geschäftsmodelle. Die daraus resultierende Zunahme von Datenmengen erfordert erweiterte Rechen- und Speicherkapazitäten sowie verbesserte Konnektivitätslösungen. Zukünftige Innovationen in Bereichen wie KI, maschinelles Lernen, Quantencomputing und Effizienztechnologien werden diese Entwicklung weiter vorantreiben.

MARKTTREND 2: CLOUD UND EDGE

Die Einführung des Cloud Computing vor etwa zwei Jahrzehnten revolutionierte die Nutzung von Rechenzentren. Die Möglichkeit, Rechenleistung und Speicherplatz flexibel zu mieten, führte zu signifikanten Kosteneinsparungen und größerer Skalierbarkeit für Unternehmen. Durch Virtualisierung und Automatisierung wurde eine effizientere Ressourcennutzung ermöglicht.

Die Nutzung von Cloud-Diensten ist mittlerweile ubiquitär und wächst jährlich im zweistelligen Prozentbereich.

Die Migration von Kunden in die Cloud durch unabhängige Softwareanbieter (ISVs) setzt sich fort, mit einer Vision einer vollständig cloud-basierten Zukunft. Gleichzeitig entwickeln sich Unternehmens-IT-Umgebungen zunehmend zu hybriden Architekturen, die teils in verschiedenen Cloud-Modellen, teils in Enterprise- oder Colocation-Rechenzentren angesiedelt sind, wobei letztere aufgrund ihrer Flexibilität und verbesserten Konnektivität bevorzugt werden.

Die Antwort der Cloud-Industrie auf diese Entwicklung zeigt sich in der zunehmenden Dezentralisierung durch Hyperscaler, die neue Cluster in regionalen Zentren entwickeln. Dies ermöglicht es Kunden, Daten in der Cloud innerhalb spezifischer Regionen zu speichern und zu verarbeiten und gleichzeitig Datenschutzbestimmungen zu erfüllen, Latenzzeiten zu reduzieren und Netzwerkkosten zu senken.

Die Entwicklung hin zu einer dezentralisierten Infrastruktur in der Welt der Hyperscale-Rechenzentren findet ein Pendant in der zunehmenden Bedeutung des Edge Computings, welches darauf abzielt, Datenverarbeitung näher an den Endnutzer zu verlagern. Diese Entwicklung ist von besonderer Relevanz für Technologien wie das Internet der Dinge (IoT), unterstützt durch den fortschreitenden Ausbau der 5G-Technologie, autonome Fahrzeuge und andere Anwendungen, die eine Echtzeitdatenverarbeitung erfordern. Ein Teil dieser Anforderungen kann durch Rechenkapazitäten und Speichermöglichkeiten direkt auf dem Endgerät selbst erfüllt werden. In anderen Szenarien ist jedoch eine lokale Datenverarbeitung und -speicherung erforderlich, die in unmittelbarer Nähe zum Endgerät stattfindet, auch bekannt als „Edge“. Eine Lösung hierfür bieten kleine, strategisch über das Land verteilte Colocation-Rechenzentren, die diese spezifischen Anforderungen unterstützen.

MARKTTREND 3: KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

Der Markttrend der Künstlichen Intelligenz (KI) zeigt eine dynamische und rasche Entwicklung, die von einer Vielzahl von Faktoren getrieben wird. Dieser Trend umfasst mehrere Schlüsselbereiche und spiegelt sowohl technologische Fortschritte als auch sich verändernde Marktbedürfnisse wider.

Die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit KI begann bereits vor mehr als fünf Jahrzehnten, wobei im Verlauf der Zeit beträchtliche Investitionen im Milliardenbereich getätigt wurden, um entscheidende Durchbrüche zu erzielen. Jedoch mangelte es lange an ausreichender Rechenkapazität und Datenspeicherung, um effektive KI-Anwendungen zu entwickeln sowie an wissenschaft-

⁸ https://www.stadtplanungsamt-frankfurt.de/steuerung_von_rechenzentren_22137.html (letzter Zugriff: 01.03.2024).

lichen Ergebnissen, die eine breite Anwendung der Technologie ermöglichen würden.

In den vergangenen zwei Jahrzehnten wandelte sich das Bild grundlegend: Fortschritte in der Hardware, der Zugang zu Rechen- und Speicherkapazitäten durch Cloud-Technologien und die gesteigerte Konnektivität begünstigten einen schnellen und umfassenden Datenfluss. Die Verfügbarkeit von Supercomputing hat es Unternehmen ermöglicht, maschinelles Lernen zur Algorithmenschulung zu nutzen, was signifikante Veränderungen in Forschung und Entwicklung (F&E) in verschiedenen Sektoren wie Automobilindustrie, Hochtechnologie und Pharmazie nach sich zog. KI-Anwendungen tragen auch dazu bei, Fertigungsprozesse zu optimieren, die präventive Wartung zu verbessern und die operationelle Effizienz, Produktivität sowie die Nachhaltigkeit schrittweise zu steigern. Vor der Einführung von Technologien wie ChatGPT⁹ umfasste der globale KI-Markt – einschließlich Hardware, Software und Dienstleistungen – bereits ein Volumen von über 450 Milliarden US-Dollar, wobei Europa etwa ein Viertel davon ausmachte.

Sowohl die öffentliche Hand als auch der private Sektor investieren intensiv in die KI-Forschung und -Entwicklung, was Innovationen in zahlreichen Anwendungsfeldern von der digitalen Patientenakte bis zur Automobilbranche vorantreibt. Fortschritte in maschinellem Lernen und Deep Learning, Algorithmen und neuronalen Netzwerken haben die effiziente Verarbeitung großer Datenmengen und die Erkennung komplexer Muster ermöglicht, wodurch die Leistungsfähigkeit von KI-Systemen in der Bild- und Spracherkennung, der natürlichen Sprachverarbeitung und der prädiktiven Analyse deutlich gesteigert wurde. Dadurch findet KI zunehmend Anwendung in einer breiten Palette von Industrien, einschließlich, aber nicht beschränkt auf Gesundheitswesen, Finanzdienstleistungen, Einzelhandel, Produktion, Verkehrssteuerung, Ressourcenmanagement und Energieversorgung. Plattformen und Tools, die den Zugang zu KI-Technologien erleichtern, werden zunehmend zugänglicher. Darüber hinaus fördert die Integration von KI mit anderen Technologien wie dem Internet der Dinge (IoT), Blockchain und erweiterten Realitäten (AR/VR) die Schaffung neuer Anwendungsbereiche und Innovationen.

Im Kontext der zunehmenden Anwendung von Künstlicher Intelligenz (KI) ist zu erwarten, dass sich die Konstruktion von Rechenzentren verändert. Prognostiziert wird ein Anstieg von KI-spezifischen Rechenzentren, insbesondere an Standorten mit Zugang zu umfangreichen Mengen preiswerter, erneuerbarer Energiequellen wie beispielsweise in den nordischen Ländern. Neue hybride, KI-fähige Rechenzentrumskonzepte dürften weitere

Investitionsschübe in diesem Sektor begünstigen, angeführt von Hyperscale-Cloud-Anbietern, die eine enge Verzahnung von Cloud-Lösungen mit KI anstreben. Auch Colocation-Rechenzentrumsanbieter investieren in neue Einrichtungen, die in der Lage sind, KI-Workloads hoher Dichte zu unterstützen. Die Kombination aus regionaler Cloud-Expansion und dem Durchbruch der KI könnte einen weiteren signifikanten Wachstumsschub im Rechenzentrumssektor bewirken.

TECHNOLOGIETREND 1: HOCHVERDICHTETE DATENVERARBEITUNG

Der Technologietrend der hochverdichteten Datenverarbeitung adressiert die steigenden Anforderungen an Rechenzentren, Netzwerkinfrastrukturen und Datenverarbeitungssysteme, um mit dem exponentiellen Wachstum von Datenmengen und der Notwendigkeit einer effizienten, schnellen Verarbeitung dieser Daten Schritt zu halten. Durch den Einsatz fortschrittlicher Prozesstechnologien und Architekturen wie Multi-Core-CPUs, GPUs (Graphics Processing Units) und TPUs (Tensor Processing Units) wird eine höhere Rechenleistung auf kleinerem Raum ermöglicht. Diese Technologien unterstützen komplexe Berechnungen und Datenanalysen in Echtzeit. Angesichts der hohen Dichte an Rechenleistung steigt auch der Energiebedarf.

In der Folge ist ein kontinuierlicher Anstieg der pro Rack verfügbaren Leistung zu verzeichnen. Aktuelle Rechenzentren offerieren durchschnittlich etwa 10 kW pro Rack; dieses Angebot wird zunehmend um Kapazitäten für High Performance Computing (HPC) erweitert, also für hochleistungsfähige Computer hoher Dichte (HD), die einen erheblich höheren Energiebedarf pro Rack aufweisen. Diese Einheiten sind für anspruchsvolle Rechenoperationen, wie sie bei KI-Anwendungen auftreten, optimiert und erreichen aktuell Leistungen bis zu 30 kW pro Rack.

Mit der anhaltenden Entwicklung der KI beschleunigt sich der Übergang zu hochverdichteten Datenverarbeitungskonzepten, mit potenziellen Rack-Leistungen von bis zu 100, 300 und sogar 500 kW. Diese Entwicklung erfordert signifikante Modifikationen sowohl in der architektonischen Gestaltung als auch bei den Kühlsystemen der Rechenzentren. Es ist zu erwarten, dass in bestimmten Segmenten eine Adaptation hin zur Flüssigkeitskühlung, teilweise in Kombination mit konventioneller Luftkühlung, stattfinden wird. Ein spezifischer Ansatz der Flüssigkeitskühlung ist die Immersionskühlung, die zukünftig an Bedeutung gewinnen dürfte. Das vollständige Eintauchen von Recheneinheiten verspricht eine hohe Energieeffizienz, stellt jedoch zusätzliche Anforderungen bezüglich Gewichtsmanagement (insbesondere bei Doppelbodenkonstruktionen), Prozessintegration, Me-

⁹ Zum Beispiel: Künstliche Intelligenz (KI) Marktgröße, Wachstum, Bericht bis 2032 (<https://www.precedenceresearch.com>).

dienkompatibilität, sowie Unterstützungs- und Garantieleistungen für die betroffenen Serverkomponenten dar. Bis zur weitreichenden Implementierung bedarf es der Entwicklung und Validierung weiterführender Lösungen, um eine wirtschaftliche Umsetzung zu ermöglichen.

Des Weiteren ergeben sich physische Modifikationen für Rechenzentren, die sich in einer relativen Vergrößerung der Technikräume im Vergleich zur Datenverarbeitungsfläche und in einer Abkehr von der Punkt-zu-Punkt-Verkabelung zugunsten strukturierter Verkabelungssysteme niederschlagen. Diese Anpassungen können, sofern zweckmäßig angewendet, zur Reduktion der Power Usage Efficiency (PUE) beitragen. Über die gesteigerte Effizienz hinaus zeichnet sich die Restwärme durch eine hohe Qualität aus (Temperaturen zwischen 40 und 60 °C), was ihre Relevanz für Wiederverwendungszwecke unterstreicht.

Innovationen in der Kühltechnologie, Energieeffizienz bei Prozessoren und Systemen sowie der Einsatz erneuerbarer Energien sind entscheidend, um die Nachhaltigkeit zu verbessern und Betriebskosten zu senken.

TECHNOLOGIETREND 2: HERAUSFORDERUNGEN IM ENERGIEBEREICH UND NACHHALTIGE INNOVATION

Rechenzentren sind kritische Infrastrukturen in unserer zunehmend digitalisierten Welt, doch ihr Betrieb ist mit erheblichem Energieverbrauch und damit verbundenen Umweltauswirkungen konfrontiert. Rechenzentren verbrauchen einen signifikanten Anteil des weltweiten Stroms, angetrieben durch die Anforderungen an Rechenleistung, Datenspeicherung und Netzwerkinfrastruktur. Ein großer Teil des Energieverbrauchs in Rechenzentren wird für Kühlungssysteme aufgewendet, um die optimale Betriebstemperatur der Hardware sicherzustellen. Viele ältere Rechenzentren haben eine geringe Energieeffizienz, was zu erhöhtem Energieverbrauch und höheren Betriebskosten führt.

In Regionen mit einer hohen Dichte an Rechenzentren, exemplarisch in Frankfurt am Main, oder in Fällen, in denen ein Hyperscaler die Errichtung eines umfangreichen Rechenzentrums-Campus plant, zeichnet sich zunehmend die Herausforderung ab, ausreichenden Zugang zu elektrischer Energie zu sichern. Diese Herausforderung führt vermehrt zu Verzögerungen bei der Realisierung von Rechenzentrumsprojekten. Angesichts der potenziellen Beeinträchtigung der Stromversorgung für andere Wirtschaftssektoren und private Haushalte verstärkt sich die Bedenken um den Energieverbrauch und indirekt auch um den Verbrauch weiterer Ressourcen durch den Sektor der Rechenzentren.

Die Effizienz des Energieeinsatzes in Rechenzentren wird durch die Power Usage Effectiveness (PUE) quantifiziert. Dieser Indikator bestimmt das Verhältnis des Gesamtenergieverbrauchs eines Rechenzentrums zu

der Energiemenge, die direkt für die IT-Infrastruktur, einschließlich Server, Speichermedien und Netzwerkkomponenten, verwendet wird. Ältere und kleinere Rechenzentren weisen häufig eine weniger effiziente PUE von etwa 2,0 auf. Demgegenüber stehen moderne Rechenzentren mit einer durchschnittlichen PUE von 1,3 für Colocation-Rechenzentren in Deutschland und 1,57 für unternehmenseigene Rechenzentren als deutlich effizientere Beispiele. Um den neuen gesetzlichen Anforderungen eines PUE-Wertes von 1,2 gemäß dem Energieeffizienzgesetz (EnEfG) für neue Rechenzentren ab 2026 gerecht zu werden, treiben Anbieter von Rechenzentren die Innovation und Fokussierung auf effizientere Konzepte voran.

Des Weiteren verlagert sich das Bewusstsein verstärkt auf den gesamten Energieverbrauch und die Herkunft der Energie aus erneuerbaren Quellen. Zusätzlich gewinnen Aspekte wie der Wasserverbrauch, nachhaltige Bauweisen und die harmonische Integration der Gebäude in die Umgebung an Bedeutung. Auf die Vorgaben des EnEfG abgestimmt, entstehen zunehmend Projekte, die auf die Nutzung der Abwärme von Rechenzentren zur Beheizung von Wohn- und Bürogebäuden abzielen.

In Anbetracht dieser Entwicklungen investieren Rechenzentrumsbetreiber vermehrt in erneuerbare Energiequellen, darunter Solar-, Wind- und Wasserkraft, um ihren Energiebedarf nachhaltig zu decken und die Emission von Kohlenstoffdioxid zu reduzieren.

REGULIERUNGSTREND 1: DIE EUROPÄISCHE ENERGIEEFFIZIENZRICHTLINIE UND DAS DEUTSCHE ENERGIEEFFIZIENZGESETZ

Im September 2023 trat die neue europäische Energieeffizienzrichtlinie (EED) offiziell in Kraft, welche eine zentrale Rolle bei der Realisierung der Nachhaltigkeitsziele des EU Green Deal einnimmt. Die novellierte Richtlinie zielt insbesondere auf den Sektor der Rechenzentren ab und verpflichtet die Mitgliedstaaten dazu, von Rechenzentren innerhalb ihrer Jurisdiktion eine Berichterstattung über deren ökologischen Fußabdruck zu fordern. Diese Maßnahme soll eine Basis für die Implementierung von Nachhaltigkeitsmetriken, die Identifikation von Optimierungspotenzialen sowie die Etablierung von Kontrollmechanismen zur Einhaltung der Richtlinien bieten.

Ab dem folgenden Jahr sind Rechenzentren in der Europäischen Union mit einer IT-Leistung von mindestens 500 kW – einschließlich Colocation-, Hyperscale- und Enterprise-Rechenzentren – dazu angehalten, über Indikatoren wie Energieeffizienz, den Anteil erneuerbarer Energien, die Wiederverwendung von Abwärme sowie den Frischwasserverbrauch Bericht zu erstatten. Rechenzentren mit einer Kapazität von 1 MW oder mehr werden bestärkt, dem European Code of Conduct on Data Centre Energy Efficiency (EU DC CoC) beizutreten,

einer freiwilligen Initiative, die bereits von über 500 europäischen Rechenzentren unterzeichnet wurde. Die gesammelten Berichtsdaten fließen in eine Datenbank ein, welche als Grundlage dient, um zukünftige Anforderungen an die Nachhaltigkeit von Rechenzentren in der EU zu evaluieren. Zudem sind Rechenzentren mit einer Leistung von über 1 MW durch die Richtlinie aufgefordert, eine Kosten-Nutzen-Analyse bezüglich der Machbarkeit der Wiederverwendung von Abwärme durchzuführen.

Einige EU-Mitgliedstaaten, insbesondere Deutschland, setzen sogar strengere Maßnahmen um als in der Richtlinie vorgesehen. Ebenfalls im September 2023 verabschiedete der Deutsche Bundestag das neue Energieeffizienzgesetz (EnEFG), das speziell Rechenzentren adressiert. Dieses Gesetz schreibt vor, dass neue Rechenzentren – unabhängig davon, ob es sich um Colocation-, Hyperscale- oder Enterprise-Zentren handelt – mit einer nicht redundanten IT-Leistung von mindestens 300 kW ab Juli 2026 einen PUE-Wert von maximal 1,2 erreichen müssen. Zudem sind die Zielsetzungen für die Wärmerückgewinnung zu quantifizieren und die Energieversorgung vollständig auf erneuerbare Energien umzustellen. Auch für bestehende Rechenzentren gelten zunehmend strengere Vorschriften. Im Rahmen der Berichterstattung sind Betreiber verpflichtet, relevante Daten im zentralen Energieeffizienzregister sowie weitere Informationen auf der Abwärmeplattform zu hinterlegen.

REGULIERUNGSTREND 2: REGIONALE REGULIERUNG UND HERAUSFORDERUNGEN

Vor der Fokussierung der EU- und nationalen Gesetzgebung auf Energieeffizienz in Rechenzentren waren es

primär lokale Initiativen, die Regelungen für diesen Sektor erließen. So präsentierte die Stadt Frankfurt am Main im Juni 2022 den Frankfurter Masterplan für Rechenzentren. Dieser Plan kombiniert stadtplanerische Elemente – insbesondere die Zulassung neuer Rechenzentren – mit Nachhaltigkeitsanforderungen, die sich vorrangig auf den PUE-Wert und die Nutzung von Abwärme für städtische Wärmenetze konzentrieren. Angesichts der durch das EnEFG und die vom Bundestag beschlossene „Kommunale Wärmeplanung“ etablierten umfassenden Nachhaltigkeitsvorgaben ist nicht davon auszugehen, dass viele Städte oder Länder diesem Beispiel folgen werden. Jedoch ist angesichts der zunehmenden Netzauslastung und des Wachstums von Rechenzentren in anderen deutschen Städten mit einer Zunahme regionaler Regulierungen im Rahmen der kommunalen Planung zu rechnen, welche die Ansiedlung von Rechenzentren jedoch nicht verhindern soll.

Die Prognosen weisen darauf hin, dass die Nachfrage nach Flächen und Energieversorgung für Rechenzentren in Deutschland anhalten wird. Dieses Wachstum wird durch die von der Bundesregierung initiierte Digitalstrategie, die zahlreiche Impulse für die Digitalisierung in der öffentlichen Verwaltung und der Wirtschaft setzt, weiter gefördert. Trotz dieser Fortschritte besteht weiterhin erhebliches Potenzial für Digitalisierungsmaßnahmen in diesen Bereichen, wofür eine zuverlässige und sichere digitale Infrastruktur unabdingbar ist. Marktberichte und -analysen lassen erkennen, dass der Markt für Rechenzentren in Deutschland in den kommenden Jahren ein starkes Wachstum verzeichnen wird.



Im Bereich der Colocation-Rechenzentren hat der deutsche Markt eine rasante Entwicklung durchlaufen. Colocation-Rechenzentren bieten Rack-Einheiten, Racks, Serverbereiche, Räume, Hallen oder komplette Rechenzentren zur Miete an einzelne Nutzer an. Dies umfasst sowohl Einzelhandels- als auch Großhandels-Colocation, einschließlich speziell angefertigter Rechenzentren („Built-to-suit“ oder „powered shell“). Zum 1. Januar 2024 wurden durch diese Studie 264 bestehende Colocation- und Hyperscale-Rechenzentren mit einer IT-Leistungskapazität von 50 kW oder mehr erfasst, weitere 34 Einrichtungen befinden sich in Planung oder im Bau. Aufgrund vieler Faktoren bei der Erfassung kleiner Einrichtungen

wurde in der Studie eine Schätzung von 46 Einrichtungen im sogenannten Long Tail mit einer durchschnittlichen Datenfläche von 100 m² vorgenommen, was 0,7 % der Marktgröße entspricht

Insgesamt verfügen diese Einrichtungen über fast 1,5 Millionen Quadratmeter Fläche, wovon 690.000 Quadratmeter als mietbare Datenfläche zur Verfügung stehen, was ausreichend ist, um mehr als 300.000 Serverschränke zu beherbergen. Für die Energieversorgung dieser Einrichtungen stehen insgesamt 1.349 Megawatt zur Verfügung, was durchschnittlich 4,5 kW pro Rack entspricht.

TABELLE 1: Größenordnung des deutschen Marktes für Colocation- & Hyperscale-Rechenzentren, Stand 1. Januar 2024

	2023	2024	WACHSTUM
Bruttofläche (in 1.000 m ²)	1.327	1.455	9,6 %
Nettofläche, Datenboden (in 1.000 m ²)	635	690	8,7 %
IT-Leistung (MW)	1.202	1.349	12,2 %
Racks (000)	277	302	9,0 %
Rechenzentrumseinrichtungen (#)	302	309	2,3 %
Colocation-Anbieter (#)	151	153	1,3 %

Quelle: Datenbank für Colocation- & Hyperscale-Rechenzentren, 2024

Die Verteilung von Colocation-Rechenzentren in Deutschland ist nicht gleichmäßig, wobei fast zwei Drittel der verfügbaren IT-Leistung in der Region Frankfurt am Main in Hessen konzentriert sind. Frankfurt stellt einen bedeutenden internationalen Standort für Rechenzentren dar und gehört zu den größten in der EU. Es ist Teil der sogenannten FLAP-D-Märkte (Frankfurt, London, Amster-

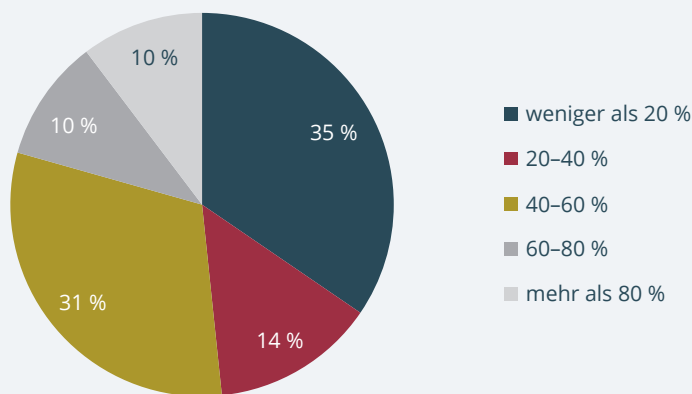
dam, Paris und Dublin), die seit Jahren die internationale Colocation-Rechenzentrumslandschaft dominieren und als zentrale Knotenpunkte für den europäischen Markt fungieren. Die Datenanalyse ergab, dass etwa 57 % der gesamten verfügbaren Rechenzentrumsfläche international ausgerichtet sind, während die verbleibenden 43 % dem nationalen Markt dienen.

Für den Data Center Impact Report Deutschland 2024 haben wir eine Umfrage unter den Mitgliedern der German Datacenter Association und Nicht-Mitglieds-Rechenzent-

ren durchgeführt. Die 29 Teilnehmer der Umfrage repräsentieren 71 % des deutschen Colocation-Rechenzentrumsmarktes, gemessen an der IT-Leistung (MW).

ABBILDUNG 4: Frage: Wie viel Prozent der (genutzten) Kapazitäten in Deutschland sind für den internationalen Markt bestimmt?

ANTEIL AN DER GESAMTEN IT-LEISTUNG: 57 % (GEWICHTET NACH IT-LEISTUNG)

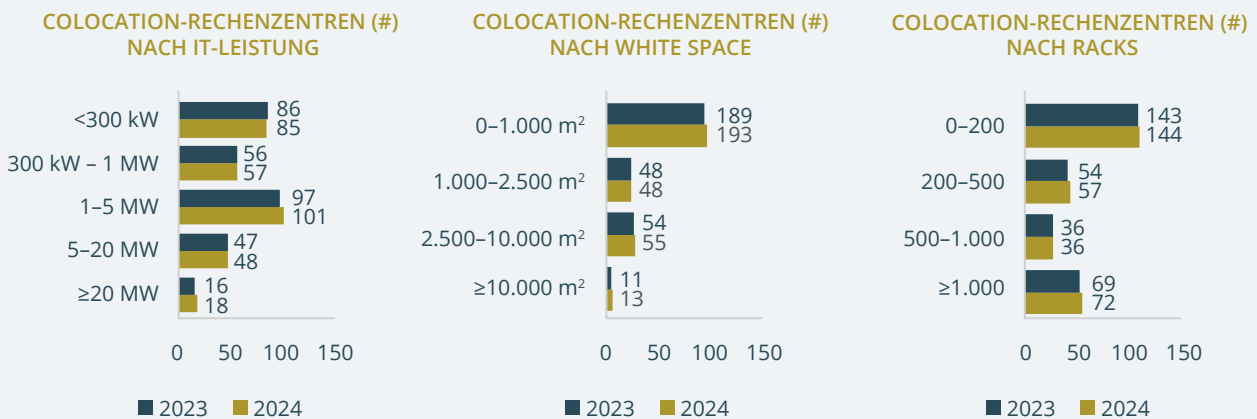


Quelle: Befragung unter Colocation-Rechenzentrumsbetreibern, 2024 (N=29)

Die Studie berücksichtigte auch Rechenzentren mit einer IT-Leistung von nur 50 kW, obwohl die meisten Colocation-Rechenzentren Kapazitäten von über 1 Megawatt bieten. Die Zahl der kleinen Colocation-Rechenzentren ist rückläufig, da einige Unternehmen (Managed-Ser-

vice-Provider oder Hosting-Unternehmen, die auch Colocation-Dienste anbieten) ihre Colocation-Angebote einstellen oder ihre Server in andere Colocation-Rechenzentren verlegen.

ABBILDUNG 5-7: Colocation-Rechenzentren nach Größe (IT-Leistung, White Space, Rackfläche), Stand 1. Januar 2023, 1. Januar 2024



Quelle: Datenbank für Colocation- & Hyperscale-Rechenzentren, 2024

TREIBENDE KRAFT UND HEMMNISSE

Eine Vielzahl von Markt-, Technologie- und Regulierungstrends treiben den Wandel des Rechenzentrumsmarkts voran. Diese Trends generieren unterschiedliche Dynamiken: Während einige von ihnen ein starkes Wachstum der Nachfrage nach Colocation-Dienstleistungen stimulieren, stellen andere bedeutende Herausforderungen dar oder bewirken signifikante Veränderungen im Colocation-Segment.

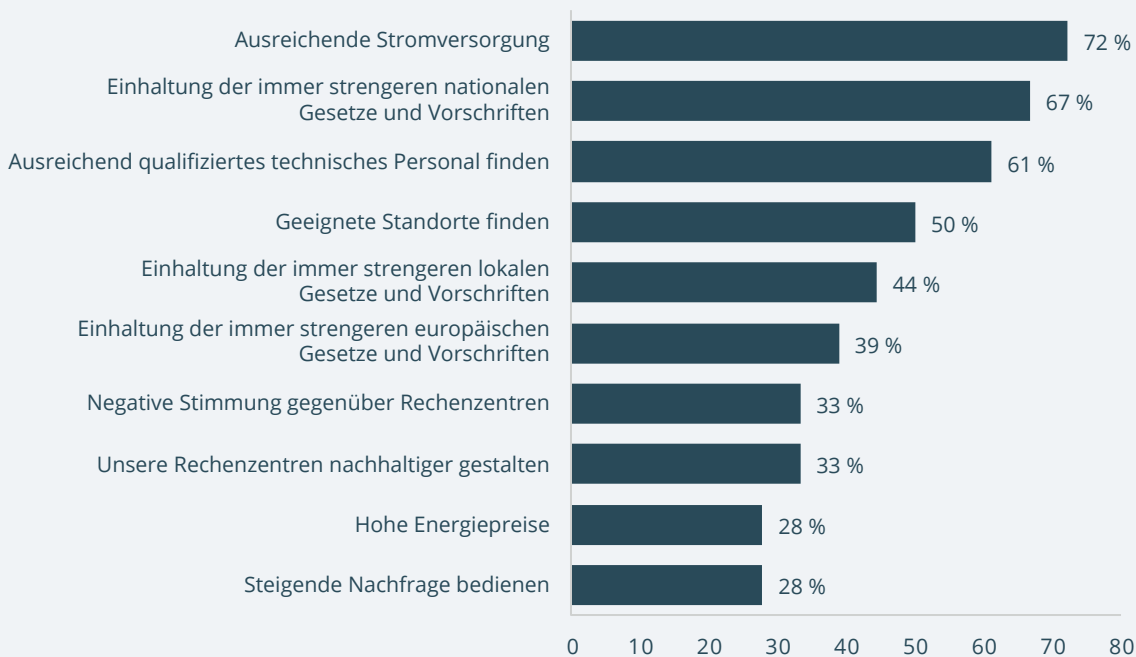
Die Digitalisierung, die zunehmende Nutzung von Cloud-Diensten und die Integration Künstlicher Intelligenz sind Faktoren, die das Wachstum der Colocation-Nachfrage maßgeblich beschleunigen. IT- und Telekommunikationsunternehmen erweitern ihre Rechenzentrumsinfrastrukturen, um digitale Lösungen zu entwickeln und bereitzustellen. Gleichzeitig führt die Verlagerung von Arbeitslasten in die Cloud zu einer Reduzierung der benötigten Kapazitäten in firmeneigenen Rechenzentren. Unternehmen, die vor der Herausforderung stehen, veraltete Anlagen zu modernisieren, nutzen zunehmend

Colocation-Dienste für diejenigen Arbeitslasten, die noch nicht in die Cloud verlagert wurden. Daraus resultiert ein Wachstum von Colocation-Rechenzentren auf allen Ebenen, wobei Einzelhandels-Rechenzentren von der Unternehmensnachfrage und Großhandels- sowie Built-to-Suit-Anbieter besonders schnell wachsen, um den Bedarf von Cloud-Anbietern, die verstärkt auf KI setzen, zu decken.

Wesentliche Herausforderung für das Wachstum sind Regulierungsvorgaben und Energiebeschränkungen, insbesondere in der Region Frankfurt. Viele Rechenzentrumsbetreiber identifizieren den eingeschränkten Zugang zu Strom (72 %) und die Herausforderungen durch deutsche sowie europäische Regulierungen (67 %) als bedeutende Hindernisse. Zusätzlich wird die Rekrutierung qualifizierten technischen Personals als Herausforderung betrachtet, die branchenweit besteht, um mit der steigenden Kundennachfrage Schritt halten zu können.

ABBILDUNG 8: Frage: Was sind die größten Herausforderungen für Ihr Unternehmen in den nächsten drei Jahren? [Mehrfachnennungen, Metropolregion Frankfurt am Main, Top 10 Antworten]

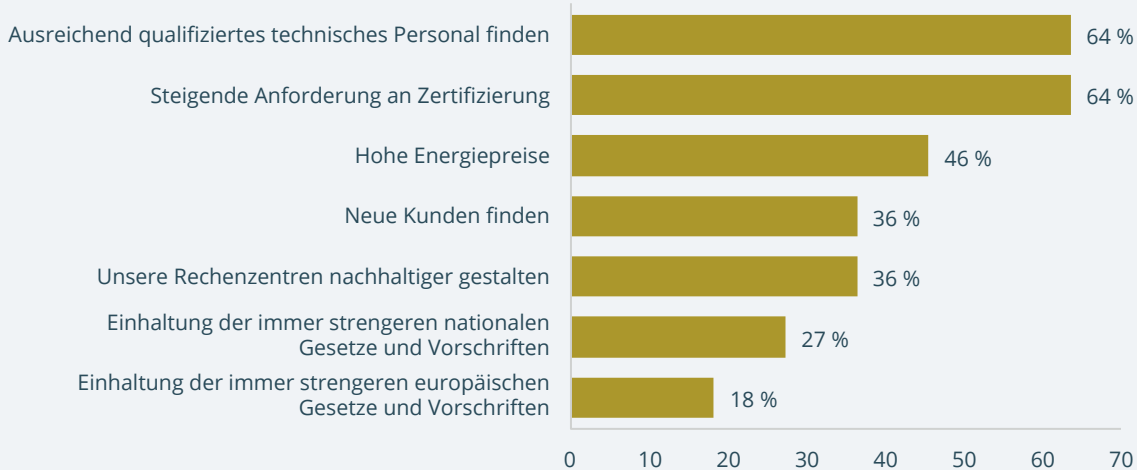
METROPOLREGION FRANKFURT AM MAIN



Quelle: Befragung unter Colocation-Rechenzentrumsbetreibern, 2024, Colocation-Unternehmen mit Einrichtungen in der Metropolregion Frankfurt am Main (N=18)

ABBILDUNG 9: Frage: Was sind die größten Herausforderungen für Ihr Unternehmen in den nächsten drei Jahren? [Mehrfachnennungen, außer Metropolregion Frankfurt am Main, Top 7 Antworten]

ANDERE REGIONEN



Quelle: Befragung unter Colocation-Rechenzentrumsbetreibern, 2024, Colocation-Unternehmen ohne Standorte in der Metropolregion Frankfurt am Main (N=11)

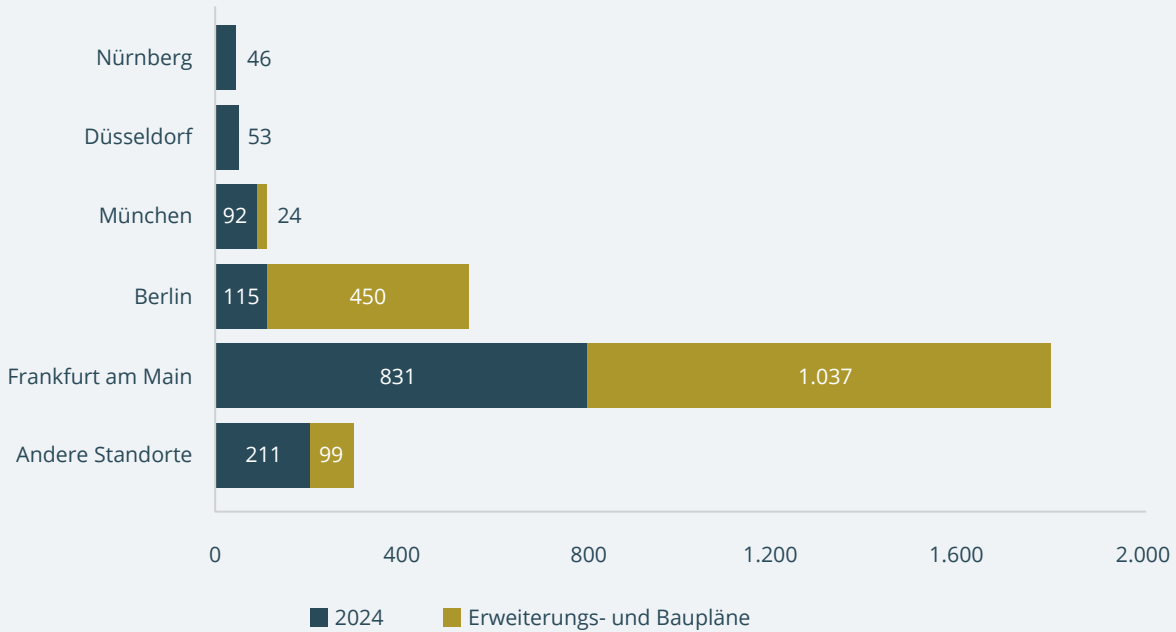
MARKTGRÖSSE UND PROGNOSE

Hinsichtlich der Marktgröße und Prognosen wird der Fokus zunächst auf die IT-Leistung in Megawatt (MW) gelegt, die ein Indikator für die Marktkapazität ist. Des Weiteren werden die Investitionen in neue Rechenzentren sowie die Größe des Colocation-Marktes in Millionen Euro betrachtet.

Die im Jahr 2023 hinzugekommenen Rechenzentrumskapazitäten zeigen ein stetiges Marktwachstum, mit einem

Anstieg der verfügbaren IT-Leistung um 12 %. Es sind Pläne für neue Rechenzentrumsprojekte mit einer Gesamtkapazität von 1.610 MW identifiziert worden, insbesondere in der Region Frankfurt mit Plänen für den Zubau von mehr als einem Gigawatt. Während in anderen deutschen Metropolregionen das Wachstum geringer ausfällt oder noch nicht sichtbar ist, zeichnet sich Berlin mit fast 500 MW geplanter Hyperscale-Kapazitäten für Hyperscale-Kunden durch ein signifikantes Wachstum aus.

ABBILDUNG 10: Bau- und Ausbaupläne nach Metropolregion-Standorten (MW IT-Leistung) gegenüber Stand 1. Januar 2024

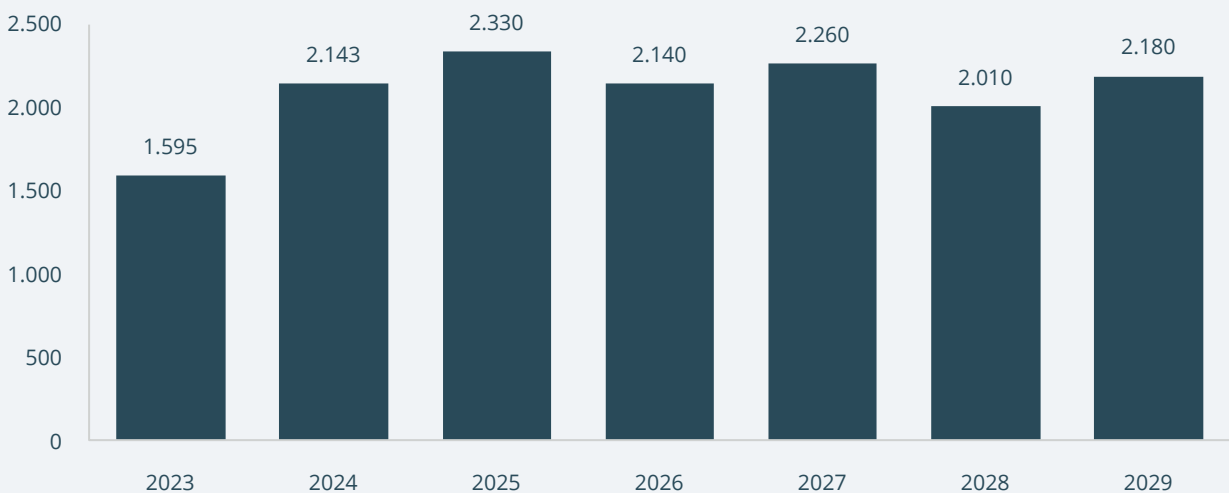


Quelle: Datenbank für Colocation- & Hyperscale-Rechenzentren, 2024

Die Investitionen in deutsche Rechenzentren zeigen eine stetige Wachstumstendenz. Im Jahr 2023 wurden etwa 1,6 Milliarden Euro in den Bau neuer Rechenzentren investiert, mit der Prognose, dass die Investitionen in den kommenden Jahren 2 Milliarden Euro jährlich überschreiten

werden. Es wird ein konservatives Wachstumsmodell zugrunde gelegt, das von einem zusätzlichen, jedoch nicht exponentiellen Wachstum durch KI ausgeht, um Herausforderungen durch eingeschränkten Zugang zu Energie und potenziellen Bauverzögerungen mit zu berücksichtigen.¹⁰

ABBILDUNG 11: Investitionen in Rechenzentren (Mio. €), Colocation und Hyperscale, Prognose 2023 – 2029

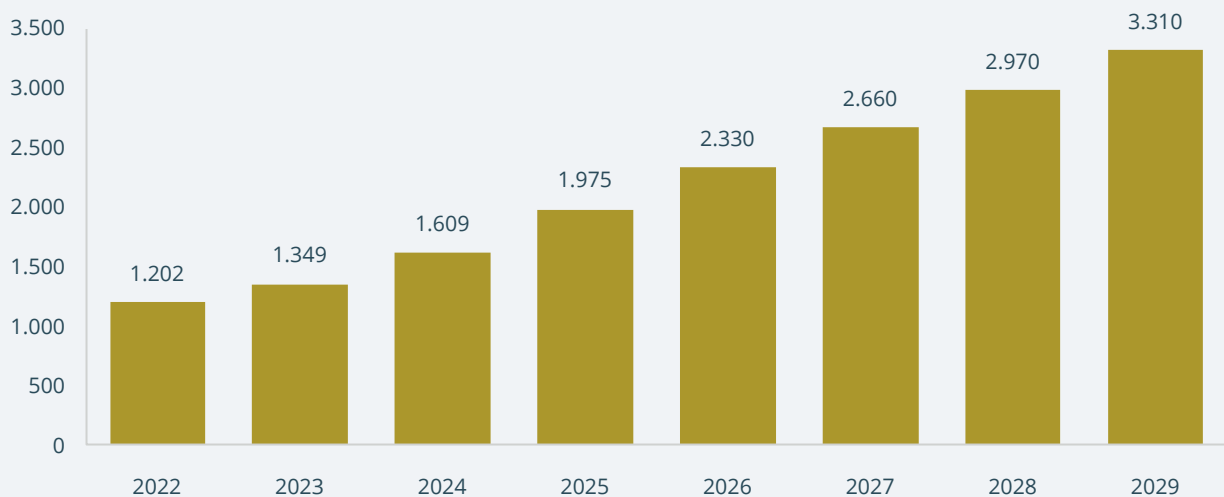


¹⁰ Dieser Prognose stellt die German Datacenter Association in ihrer Einordnung auf Seite 9 eine Investitionsprognose gegenüber, die den vorhergesehenen Zuwachs an IT-Kapazitäten mit Marktwerten für Erstellungskosten für das ausgebaute Rechenzentrum, geschätzte durchschnittliche Grundstückspreise sowie eine angesetzte durchschnittliche Grundstücksflächeneffizienz beziffert.

Diese Investitionen werden direkte Auswirkungen auf die deutsche Rechenzentrumslandschaft haben. Unter Berücksichtigung der jährlich hinzukommenden IT-Leistung wird erwartet, dass sich der Markt innerhalb von

fünf Jahren auf über 3,3 Gigawatt mehr als verdoppelt, mit einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum der verfügbaren IT-Leistung von 15,6 % zwischen 2023 und 2029.

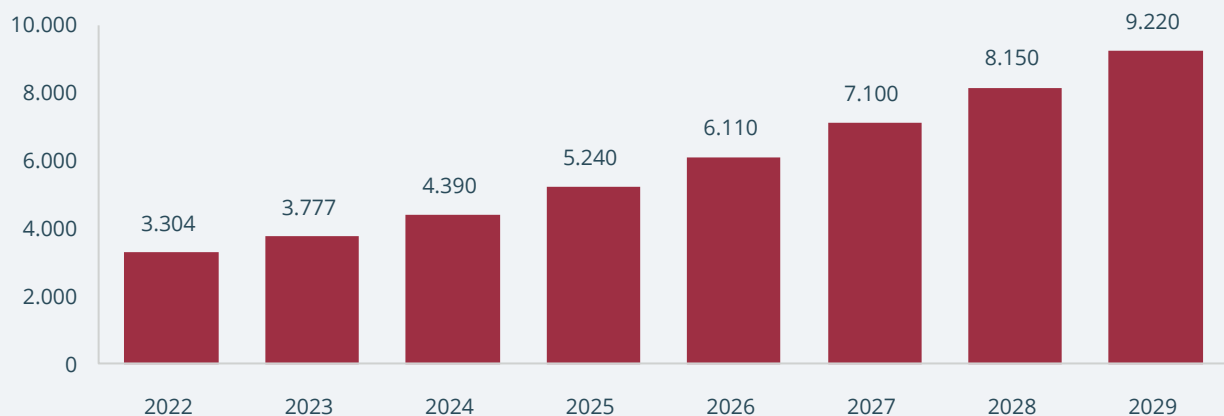
ABBILDUNG 12: Marktgröße für Colocation-Rechenzentren (MW) und Prognose (%), 2022 – 2029
(durchschnittliche jährliche Wachstumsrate 23-29: 15,6 %)



Die Markteinnahmen werden voraussichtlich noch schneller wachsen, getrieben durch Inflationseffekte bei Strompreisen, Baumaterialien und Löhnen sowie durch

eine Verschiebung der Umsatzstruktur zugunsten von Built-to-Suit-Angeboten, was zu niedrigeren Umsätzen pro Quadratmeter führt.

ABBILDUNG 13: Umsatz der Colocation-Unternehmen (Mio. €), 2022 – 2029
(durchschnittliche jährliche Wachstumsrate 24-29: 16,0 %)



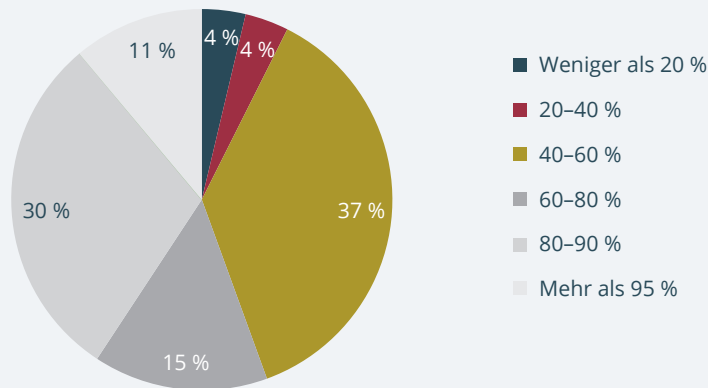
WACHSTUMSTRENDS

Innerhalb des vergangenen Jahres wurde mehrfach berichtet, dass das Angebot an Rechenzentrumsflächen limitiert sei. Eine Umfrage unter deutschen Colocation-Rechenzentren liefert jedoch differenzierte Einsichten. Ein Segment der Betreiber (11 % der Befragten) steht vor signifikanten Herausforderungen mit Belegungsraten

über 95 %. Dem gegenüber steht die Feststellung, dass nahezu die Hälfte der Betreiber eine Auslastung von weniger als 60 % verzeichnet. Unter Berücksichtigung der Betriebsgröße ergibt sich eine durchschnittliche Gesamtauslastung von 70 %, was impliziert, dass 30 % der Colocation-Flächen noch für Neukunden verfügbar sind.

ABBILDUNG 14: Frage: Wie hoch ist der ungefähre aktuelle Belegungsgrad?

GESAMTMARKT: 70 % (GEWICHTET NACH IT-LEISTUNG)

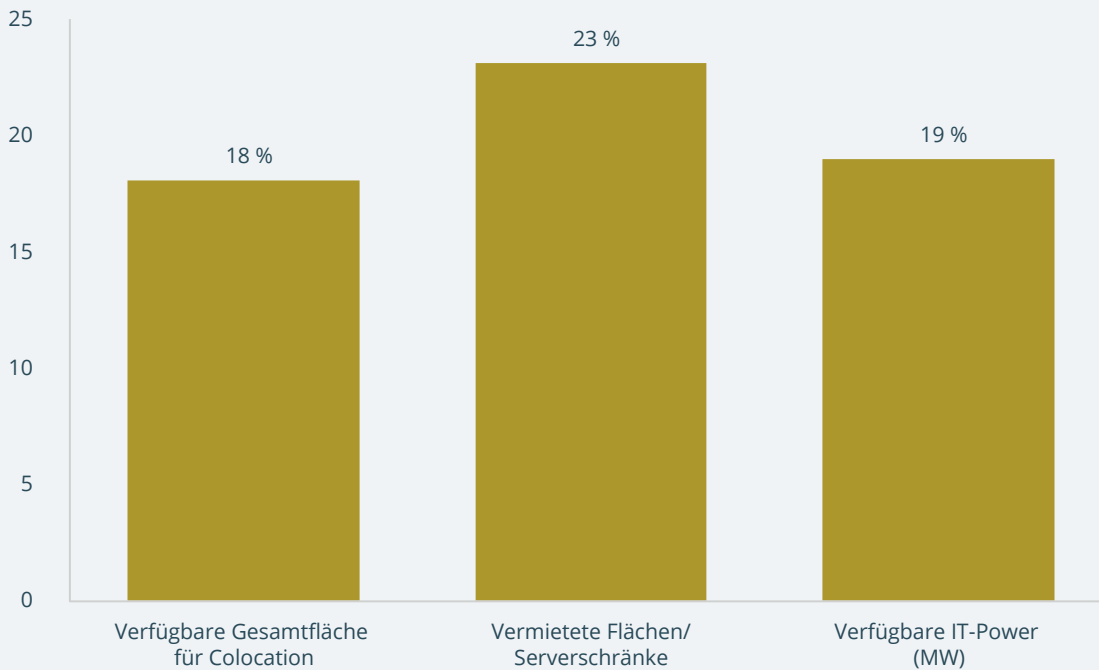


Quelle: Befragung unter Colocation-Rechenzentrumsbetreibern, 2024 (N=29)

Trotz der aktuellen Verfügbarkeit von Kapazitäten ist zu beachten, dass eine schnelle Belegung dieser Flächen wahrscheinlich ist. In Bezug auf die Prognose für 2024 erwarten die Befragten einen Anstieg der Nachfrage nach gemieteten Rechenzentrumsflächen oder Datenracks um 23 %. Dies deutet darauf hin, dass das

gegenwärtige Angebot innerhalb eines Jahres vollständig ausgelastet sein könnte. Die Erwartungen bezüglich der Expansion der Gesamtfläche und der IT-Stromkapazität liegen bei einem Zuwachs von 18 % bzw. 19 %, was hinter der Nachfrage zurückbleibt.

ABBILDUNG 15: Frage: Um wie viel Prozent erwarten Sie, dass Ihr Unternehmen im Jahr 2024 wachsen oder einen Rückgang verzeichnen wird?



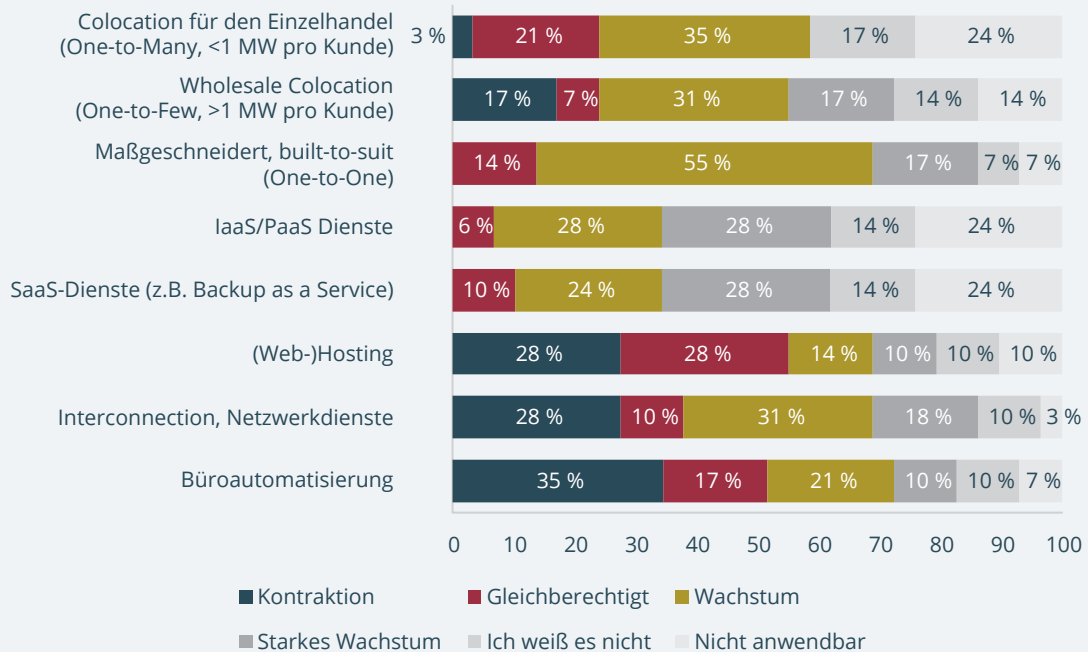
Quelle: Befragung unter Colocation-Rechenzentrumsbetreibern, 2024 (N=29)

Die Geschäftsmodelle der Rechenzentren variieren. Colocation bildet für die meisten Multi-Tenant-Rechenzentren das Kernangebot. Die Mehrheit der in dieser Studie befragten Rechenzentren offeriert sowohl dedizierte als auch Großhandels-Colocation-Lösungen, wobei einige zusätzlich maßgeschneiderte Lösungen (Build-to-Suit) anbieten. In all diesen Segmenten wird ein kontinuierliches, teilweise sogar starkes Wachstum erwartet, insbesondere im Bereich der maßgeschneiderten Lösungen. Die Kombination von Colocation-Diensten mit Netzwerk-Lösungen, wie Glasfaseranbindungen, Cloud-On-Ramps und Zusammenschaltungen, nimmt zu. Angesichts des Trends zur Dezentralisierung von Datenverarbeitung, um Daten näher an den Endnutzer zu bringen (Edge-Computing), gewinnen diese Netzwerkdienste rapide an Bedeutung. Rechenzentren, die sich auf Zusammenschaltungen spezialisieren, verzeichnen oftmals ein starkes Wachstum, wohingegen Betreiber, die traditionelle

Konnektivitätslösungen anbieten, eher konservative Wachstumserwartungen hegen.

In Bezug auf mittlere und kleinere inländische Rechenzentren ist festzustellen, dass die Entwicklung im Bereich der Colocation-Dienstleistungen nicht immer linear verläuft. Analog zu anderen Sektoren streben Organisationen, die ihre Serverinfrastrukturen in Colocation-Einrichtungen ausgelagert haben, zunehmend danach, ihre Arbeitslasten in Cloud-Umgebungen zu verlagern. Dies resultiert in einer Verringerung des Bedarfs an physischer Rackfläche über die Zeit. Als strategische Antwort auf diese Entwicklung diversifizieren Rechenzentrumsbetreiber ihr Angebot vermehrt in Richtung Infrastructure-as-a-Service (IaaS) und Platform-as-a-Service (PaaS). Im Gegensatz dazu sind die Prognosen für traditionelle IT-Dienste, wie Büroautomatisierung und Webhosting, tendenziell vorsichtiger und konservativer.

ABBILDUNG 16: Frage: In welchem der folgenden Bereiche erwarten Sie in den nächsten drei Jahren einen Anstieg oder einen Rückgang der Einnahmen?



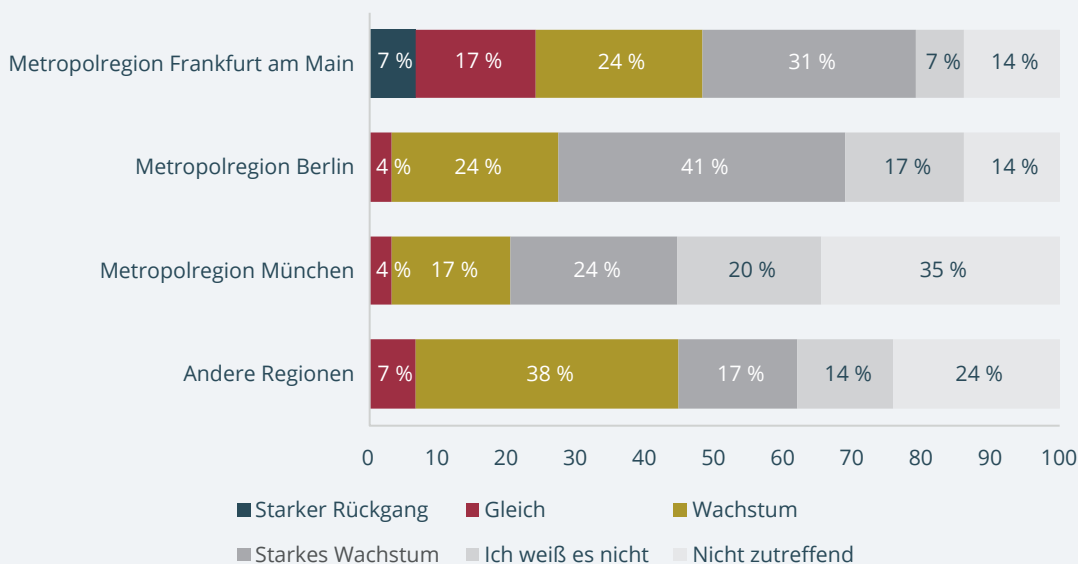
Quelle: Befragung unter Colocation-Rechenzentrumsbetreibern, 2024 (N=29)

WACHSTUM NACH REGIONEN

Im regionalen Kontext zeigt sich, dass Colocation-Rechenzentren im Raum Frankfurt am Main primär auf den internationalen Markt ausgerichtet sind, jedoch auch einen substantiellen inländischen Markt bedienen. Berlin entwickelt sich zu einem zweiten zentralen Rechenzentrumsstandort in Deutschland, mit einem besonderen Fokus auf die Versorgung der Metropolregion und des nördlichen sowie zentralen Osteuropas. In beiden Städ-

ten erwarten Betreiber von Colocation-Rechenzentren ein Wachstum, teilweise sogar ein starkes Wachstum. Auch in München herrscht Optimismus unter den Rechenzentrumsbetreibern, wenngleich das Bauvolumen nicht das Niveau von Berlin und Frankfurt erreicht. Die Befragten, die in dieser Region aktiv sind, äußern sich dennoch positiv.

ABBILDUNG 17: Frage: In welcher der folgenden Regionen erwarten Sie in den nächsten drei Jahren ein Umsatzwachstum oder einen Umsatzrückgang?

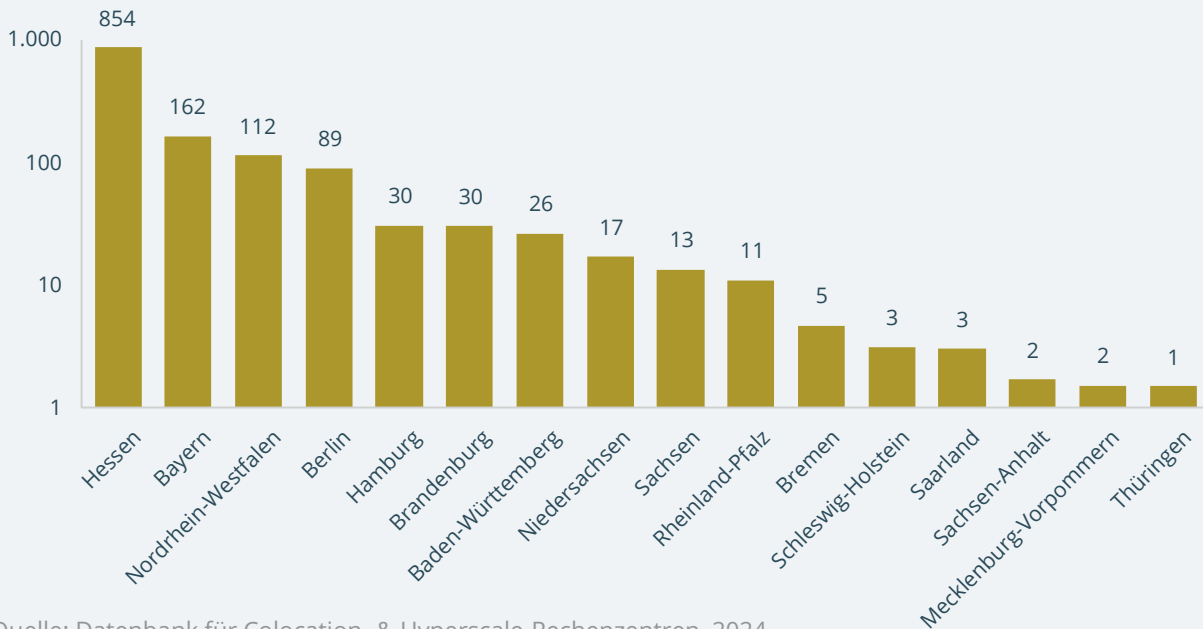


Quelle: Befragung unter Colocation-Rechenzentrumsbetreibern, 2024 (N=29)

Rechenzentren in anderen deutschen Regionen richten ihr Augenmerk hauptsächlich auf den nationalen, oftmals sogar auf den lokalen Markt. Ihre Kundenbasis umfasst typischerweise regionale IT-Dienstleister, lokale Softwareunternehmen, öffentliche Einrichtungen, kleine und mittlere Unternehmen sowie lokal ansässige Firmen. Trotzdem ist das Dienstleistungsportfolio dieser

Rechenzentren nicht uniform; einige fokussieren sich ausschließlich auf Colocation und Konnektivitätsangebote, während andere ein breiter gefächertes Angebot inklusive Hosting, Cloud-Diensten oder Büroautomatisierung bereitstellen. Einige Rechenzentren spezialisieren sich auf bestimmte Regionen, andere streben den Aufbau eines nationalen Netzwerks an.

ABBILDUNG 18: IT-Leistungsvolumen (MW) in Deutschland nach Bundesländern, Stand 1. Januar 2024 (logarithmische Darstellung)



Quelle: Datenbank für Colocation- & Hyperscale-Rechenzentren, 2024

Das Wachstumspotenzial für inländische Rechenzentren unterscheidet sich von dem international orientierter Einrichtungen. Die lokale Nachfrage hat, teilweise bedingt durch die Covid-Pandemie, zugenommen, da viele deutsche Unternehmen eine robuste digitale Infrastruktur benötigten, um die Arbeit per Remote und Homeoffice zu ermöglichen. Analysten prognostizieren eine anhaltende Steigerung der Nachfrage nach lokalen Rechenzentrumsdiensten, getrieben durch Investitionen in digitale Ressourcen und verstärkte regulatorische Anforderungen im Bereich Nachhaltigkeit und Energieeffizienz.

Gemäß den derzeitigen Regelungen des Energieeffizienzgesetzes sind große Rechenzentren mit einer nicht redundanten Nennanschlussleistung von über 300 kW adressiert. Es ist zu erwarten, dass zukünftig auch kleinere Enterprise-Rechenzentren vergleichbaren Anforderungen an Nachhaltigkeit und Energieeffizienz genügen müssen, einschließlich der transparenten Darstellung und aktiven Reduzierung ihrer Scope-2- und Scope-3-Emissionen. Dies könnte eine verstärkte Tendenz zur Auslagerung von IT-Infrastrukturen kleinerer Unternehmen zu Colocation-Anbietern bewirken.

The illustration features a large, stylized blue cloud in the background. In the foreground, there are three server racks, each containing several server units with blue and yellow components. Below the server racks, three computer monitors are arranged horizontally, connected to the server racks by dotted lines. The overall theme is digital infrastructure and cloud computing.

HYPERSCALE-

RECHENZENTREN

Die Analyse des Hyperscale-Marktes beschränkt sich auf die Betrachtung von Rechenzentren und Rechenzentrumsarealen, die spezifisch für und im Besitz von namhaften Hyperscale-Cloud-Anbietern wie Alibaba, Apple, AWS, Google, Meta, Microsoft (Azure), Oracle, IBM und Tencent errichtet wurden. Gemäß diesen Kriterien existiert in Deutschland lediglich ein Hyperscale-Rechenzentrum, das Google-Rechenzentrum in Hanau bei Frankfurt, welches im Oktober 2023 eingeweiht wurde.

Die Strategie der aufgeführten Hyperscale-Cloud-Anbieter in Bezug auf die Entwicklung und den Aufbau ihrer Infrastruktur variiert regional. In den Vereinigten Staaten liegt der Anteil selbst entwickelter und gebauter Rechenzentren bei etwa 70 %, während die restlichen 30 % gemietet werden, um die Markteinführungszeit zu verkürzen, besonders in Regionen, in denen Genehmigungsverfahren komplexer sind. In Europa gestaltet sich das Verhältnis ausgeglichener. Hyperscale-Anbieter haben bedeutende Anlagen in Europa errichtet, insbesondere in den nordischen Ländern, den Benelux-Staaten, dem Vereinigten Königreich und Irland, setzen aber in anderen Ländern, wie Deutschland, stärker auf Mietlö-

sungen. Bei der Erweiterung ihrer Cloud-Regionen mieten Hyperscale-Anbieter Großanlagen, oftmals zwei, üblicherweise jedoch drei pro Stadt, für Redundanzzwecke. Zu den Dienstleistern in diesem Segment zählen Unternehmen wie NTT, Digital Realty (vormals Interxion) und Equinix.

Die Nachfrage nach großflächigen, leistungsstarken Rechenzentren und kompletten Campusanlagen steigt, was etablierte Marktführer dazu veranlasst, ihr Angebot an Hyperscale-Rechenzentren zu diversifizieren und neue Anbieter auf den Markt zieht, die sich auf maßgeschneiderte Lösungen (Built-to-Suit) für Hyperscaler spezialisieren, darunter CloudHQ, Goodman, Stack Infrastructure, Vantage Data Centers und Virtus Data Centres. Dies eröffnet ebenfalls Möglichkeiten für lokale Anbieter, die mit den spezifischen Genehmigungsanforderungen und Regularien vor Ort vertraut sind.

Es ist zu erwarten, dass diese Projekte für mindestens 75 % aller Neubaupläne für Rechenzentren verantwortlich sind. Die Zahl der Colocation-Rechenzentren mit mehr als 20 MW Leistung wird sich bis 2030 von 18 auf etwa 40 oder sogar 50 erhöhen.



Enterprise-Rechenzentren, obwohl sie aufgrund der hohen Investitionen in Colocation- und Hyperscale-Rechenzentren seltener in den Medien erwähnt werden, spielen eine wesentliche Rolle in der Rechenzentrumslandschaft.

Diese Kategorie umfasst eine Vielzahl von Betreibern, darunter Regierungsbehörden, Universitäten, Krankenhäuser, Banken und andere Finanzdienstleister, Produktionsunternehmen sowie Telekommunikations- und IT-Firmen. Viele dieser Organisationen unterhalten eine gemischte Rechenzentrumsinfrastruktur, die sowohl interne Einrichtungen als auch Colocation-Dienste umfasst und zudem Cloud-Services sowie weitere verwaltete und gehostete Dienstleistungen von Drittanbietern in Anspruch nimmt.

UMFRAGE

Zur Gewinnung vertiefter Einblicke in die Dynamik deutscher Enterprise-Rechenzentren wurde eine Umfrage unter Entscheidungsträgern von 203 deutschen Enterprise-Rechenzentren durchgeführt, die in Unternehmen mit mindestens 150 Mitarbeitern tätig sind. Ein Viertel der Teilnehmenden kam aus der IT-Dienstleistungsbranche, während der Rest aus verschiedenen Bereichen des öffentlichen Sektors und des Unternehmensmarktes

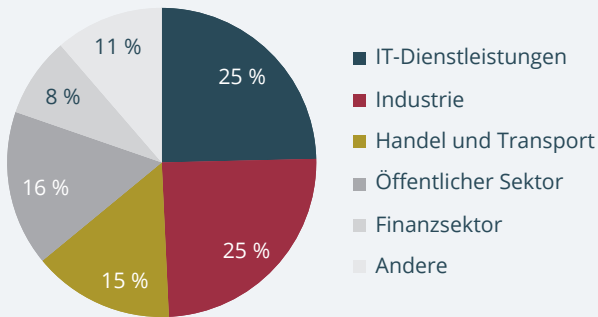
Physikalisch ähneln Enterprise-Rechenzentren den Colocation-Einrichtungen, indem sie dieselbe Ausrüstung beherbergen und Anforderungen an Stromversorgung, Kühlung und Sicherheit erfüllen müssen. Im Durchschnitt sind sie jedoch tendenziell kleiner dimensioniert, mit vielen Einrichtungen unter 300 kW, was im Vergleich zu größeren Colocation- und Hyperscale-Rechenzentren oft zu geringeren Effizienzgraden führt. Die geringere Größe führt zu weniger Skaleneffekten, was einen höheren Personalbedarf pro Quadratmeter zur Folge hat. Zudem wird oft auf weniger spezialisiertes Personal zurückgegriffen, wobei viele Mitarbeiter ein breites Aufgabenspektrum abdecken und einen erheblichen Teil ihrer Arbeitszeit außerhalb des Rechenzentrums verbringen, als Teil eines umfassenderen IT-Aufgabenbereichs.

stammte. Die meisten befragten Rechenzentren fielen in die Leistungskategorie von 50 bis 299 kW und verfügten über weniger als 100 Racks.

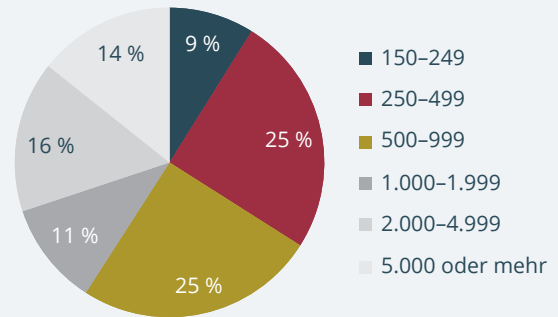
Die nachfolgende Analyse präsentiert die Ergebnisse bezüglich Wachstum und Herausforderungen, während sich die folgenden Abschnitte auf Beschäftigung, Qualifikationen und Nachhaltigkeit konzentrieren.

ABBILDUNG 19-22: Merkmale der Erhebungsstichprobe: Branche, Mitarbeiterzahl, installierte IT-Leistung, Rackfläche

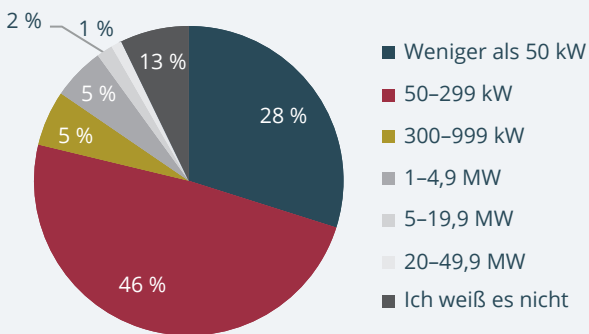
FRAGE: IN WELCHEN DER FOLGENDEN BRANCHEN IST IHRE ORGANISATION TÄTIG? (N=203)



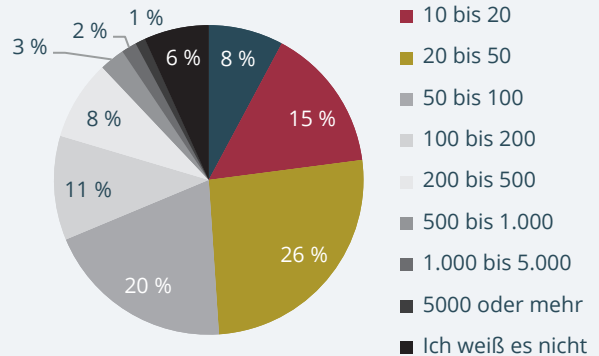
FRAGE: WIE VIELE MITARBEITER BESCHÄFTIGT IHR UNTERNEHMEN IN DEUTSCHLAND?



FRAGE: WIE VIEL IT-LEISTUNG HABEN IHRE RECHENZENTREN IN DEUTSCHLAND INSGESAMT?



FRAGE: WIE VIELE SERVERSCHRÄNKE GIBT ES INSGESAMT?



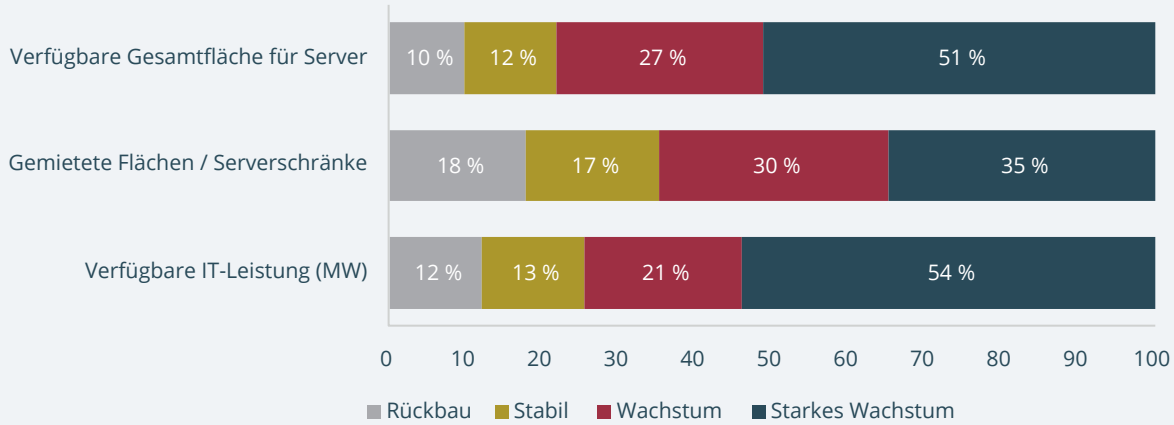
Quelle: Befragung unter Unternehmen, die ein eigenes (Enterprise) Rechenzentrum betreiben, 2024 (N=203)

BAUEN ODER KAUFEN

Die Entscheidung zwischen dem Bau eigener Rechenzentren und dem Bezug von Drittanbietern hat sich in den vergangenen zehn Jahren signifikant verändert. Eine verstärkte Verlagerung der Arbeitslasten in die Cloud konnte festgestellt werden, mit vielen Unternehmen, die eine „Cloud-first“- oder „Cloud-only“-Strategie verfolgten. Die Analyse der Umfrageergebnisse deutet auf eine Fortsetzung, aber auch auf eine teilweise Umkehr dieser Tendenz hin. 64 % der Befragten erwarten, in Zukunft mehr Rechenzentrumsfläche anzumieten, wobei

ein Drittel sogar ein starkes Wachstum prognostiziert. Gleichzeitig wird ein Anstieg der vor Ort betriebenen Einrichtungen erwartet, der im Jahr 2024 noch zunehmen könnte. Obwohl eine Rückverlagerung von Arbeitslasten aus der Cloud beobachtet wird, scheint dies nicht die einzige Erklärung zu sein. Vielmehr ist von einem Wachstum der Cloud-Anbieter von jährlich 15 bis 30 % auszugehen, angetrieben durch steigende digitale Investitionen nach einem pandemiebedingten Rückgang und Optimismus bezüglich des KI-Booms.

ABBILDUNG 23: Frage: Erwarten Sie, dass Ihr Rechenzentrumsbetrieb im Jahr 2024 wachsen oder schrumpfen wird?



Quelle: Befragung unter Unternehmen, die ein eigenes (Enterprise) Rechenzentrum betreiben , 2024 (N=203)

HERAUSFORDERUNGEN

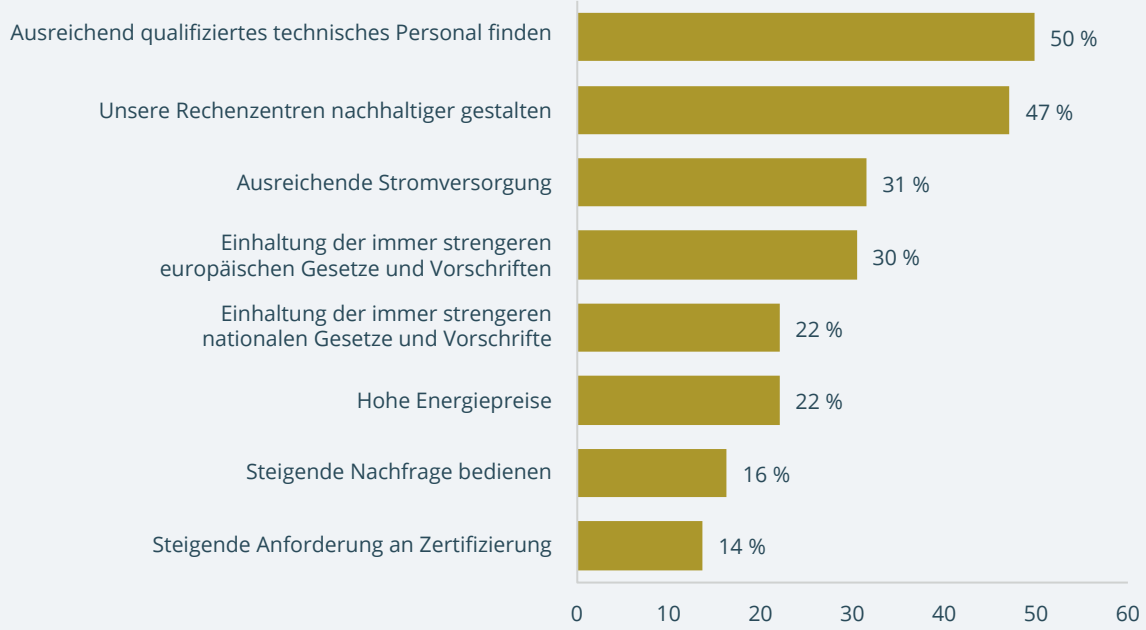
Enterprise-Rechenzentren stehen vor ähnlichen Herausforderungen wie Colocation- und Hyperscale-Rechenzentren, insbesondere in Bezug auf die Rekrutierung technischen Personals. Technische Kompetenzen werden benötigt, und es besteht ein Wettbewerb um Fachkräfte zwischen verschiedenen Sektoren.

Nachhaltigkeit wird von jedem zweiten Enterprise-Rechenzentrum als wichtige Thematik für die nächsten drei Jahre hervorgehoben. Die Erkenntnis, dass kleinere Rechenzentren in Sachen Effizienz und Nachhaltigkeit hinter größeren Rechenzentren zurückliegen, sowie ein zunehmendes öffentliches und behördliches Interesse an Energieverbrauch und Effizienzsteigerung in Rechenzentren führen zu einer verstärkten thematischen Auseinandersetzung unter Entscheidungsträgern. Zudem bie-

tet die Energieeffizienzoptimierung veralteter Anlagen ein signifikantes Potenzial zur Senkung der Stromkosten.

Der Wunsch nach mehr Nachhaltigkeit ist vorhanden, auch wenn die strengeren Vorschriften erst ab einer bestimmten Größenordnung zum Tragen kommen. Obwohl ein ausgeprägtes Interesse an mehr Nachhaltigkeit besteht, gelten strengere Vorschriften aktuell nur ab einer bestimmten Größenordnung. Enterprise-Rechenzentren mit mehr als 300 kW nicht redundanter Leistung unterliegen denselben gesetzlichen Anforderungen wie Colocation-Rechenzentren. Die einfacheren Voraussetzungen für Colocation-Rechenzentren, die geänderten Anforderungen zu erfüllen, könnten einen zusätzlichen Trend von Enterprise- zu Colocation-Rechenzentren begünstigen.

ABBILDUNG 24: Frage: Was sind die größten Herausforderungen für Ihr Unternehmen in den nächsten drei Jahren?
[Mehrfachantwort, Top-8-Antworten]



Quelle: Befragung unter Unternehmen, die ein eigenes (Enterprise) Rechenzentrum betreiben , 2024 (N=203)

SOZIOÖKONOMISCHE AUSWIRKUNGEN VON RECHENZENTREN IN DEUTSCHLAND



Rechenzentren üben einen signifikanten sozioökonomischen Einfluss auf den deutschen Markt aus. Wie zuvor erwähnt, besteht der primäre Beitrag von Rechenzentren in der Bereitstellung einer robusten digitalen Infrastruktur, die für die Entwicklung der digitalen Wirtschaft essenziell ist. Die Digitalisierung erhöht die Effizienz und Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen, ermöglicht es der Regierung und der Öffentlichkeit, neue Mehrwertdienste zu etablieren und fördert die Entstehung neuer Innovationen sowie Geschäftsmodelle. Diese „nachgelagerten Effekt“ sind entscheidend für die Modernisierung der deutschen Wirtschaft und das Erreichen ambitionierter Klimaziele.

Eine fokussierte Betrachtung von Rechenzentren und ihrer „vorgelagerten“ Wertschöpfungskette erlaubt es, deren Einflüsse mittels einer wirtschaftlichen Wirkungsanalyse zu quantifizieren.

Rechenzentren generieren Milliarden Euro an in- und ausländischen Investitionen, schaffen tausende Arbeitsplätze in Rechenzentren und deren Zulieferindustrien und führen zu neuen Steuereinnahmen, die lokale Gemeinden unterstützen. Dieses Kapitel beschreibt sowohl die Auswirkungen als auch einige Herausforderungen im Hinblick auf technische Kompetenzen und die Gewinnung von Fachkräften.

WIRTSCHAFTLICHE AUSWIRKUNGEN

Verschiedene Studien haben die ökonomischen Effekte von Rechenzentren ermittelt. Die hier angewandte Methodik reflektiert den Beitrag zur deutschen Wirtschaft. Die Auswirkungen werden auf drei Ebenen gemessen:

- Direkte Auswirkungen: Umfassen den Wert der vom Unternehmen produzierten Güter und Dienstleistungen oder den direkten Beitrag zum Bruttoinlandsprodukt (BIP), einschließlich der Verkaufserlöse abzüglich der Kosten für Vorleistungen; Beschäftigung in Rechenzentren.
- Indirekte Auswirkungen: Beziehen sich auf den BIP-Beitrag der Zuliefererkette des Unternehmens, einschließlich der Produktion von Gütern und Dienstleistungen, die für den Betrieb von Rechenzentren notwendig sind, wie Materialien, Versorgungsleistungen

gen und Unternehmensdienstleistungen sowie Beschäftigung in der Wertschöpfungskette.

- Induzierte Effekte: Betreffen die Konsumausgaben der Beschäftigten von Rechenzentren und deren Zulieferern, beispielsweise für Lebensmittel, Wohnen oder Freizeitaktivitäten sowie damit verbundene Beschäftigung in der lokalen Wirtschaft.

Verschiedene Studien berücksichtigen das Baugewerbe als Teil der direkten Auswirkungen. Methodisch präziser ist jedoch die Zuordnung zum indirekten Effekt. Schließlich führen Ansiedlungen von Rechenzentren zu zusätzlichen direkten, indirekten und induzierten Steuereinnahmen, was in dem angewendeten Modell der ökonomischen Auswirkungen berücksichtigt wird.

METHODIK

Für die Erstellung des Modells der wirtschaftlichen Auswirkungen von Rechenzentren in Deutschland wurde ein methodischer Ansatz gewählt, der auf der Kombination von Daten aus einer spezifischen Datenbank für Rechenzentren und Erhebungen basiert. Ziel war es, zunächst die direkten Auswirkungen auf das Bruttoinlandsprodukt (BIP) und die Beschäftigung zu ermitteln. Hierfür wurden Umsatz- und Beschäftigungsdaten, die teilweise aus einer Colocation-Umfrage und teilweise aus direkten Erhebungen sowie Betreiberinformationen stammen, extrapoliert und anhand von Vergleichswerten aus internationalen Studien überprüft. Der Fokus lag primär auf Hyperscale- und Colocation-Rechenzentren, wobei Enterprise-Rechenzentren in geringerem Maße berücksichtigt wurden: Die Beschäftigungszahlen der Enterprise-Rechenzentren wurden bei

der Berechnung des BIP-Beitrags in dieser Studie nicht einbezogen; ebenso wurden Steuerdaten aufgrund mangelnder Verfügbarkeit aus den Erhebungen nicht quantifiziert.

Für die Berechnung der indirekten (BIP-Beitrag der Lieferkette) und induzierten Effekte (Konsumausgaben durch direkt und indirekt Beschäftigte) wurde die anerkannte Methode der nationalen Input-/Output-Statistiken¹¹ angewendet, um ein Modell der wirtschaftlichen Auswirkungen zu erstellen. Der IT-Dienstleistungssektor diente dabei als Basis, mit spezifischen Anpassungen basierend auf anderen Studien über das Ausgabenverhalten von Rechenzentren, wie beispielsweise überdurchschnittliche Investitionen in den Bau in Hochwachstumsmärkten, um die Präzision des Modells zu erhöhen.

BESCHÄFTIGUNG

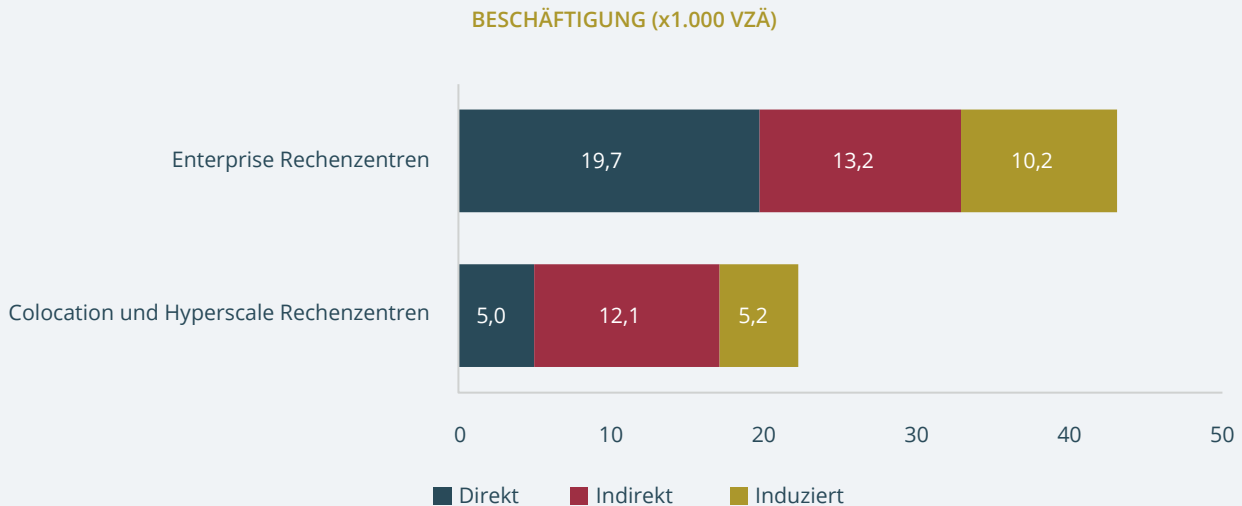
Die Analyse unterscheidet zwischen Beschäftigungseffekten in Colocation- und Hyperscale-Rechenzentren einerseits und Enterprise-Rechenzentren andererseits. Colocation- und Hyperscale-Rechenzentren weisen aufgrund ihrer Größe und Spezialisierung Effizienzvorteile auf und beschäftigen Mitarbeiter sowohl im Back-Office als auch im Front-Office. Enterprise-Rechenzentren hingegen, die keine Rechenzentrumsdienstleistungen verkaufen, stützen sich üblicherweise auf Unternehmensressourcen für Back-Office-Funktionen.

Es wurde festgestellt, dass in Colocation- und Hyperscale-Rechenzentren etwa 5.000 Vollzeitäquivalente (ohne Berücksichtigung von Subunternehmern) beschäftigt sind, während in Enterprise-Rechenzentren nahezu 20.000 Vollzeitäquivalente (VZÄ) hinzukommen. Die Beschäftigungszahlen für den Colocation- und Hyperscale-Markt

basieren auf Datenextrapolationen aus internationalen Erhebungen. Bei der Ermittlung der Beschäftigung in Enterprise- und IT-Rechenzentren wurde eine fokussierte Perspektive eingenommen, die sicherstellt, dass ausschließlich Arbeitsplätze, die direkt mit dem Aufbau und Betrieb des Rechenzentrums verbunden sind, berücksichtigt werden. Dazu zählen physisches Sicherheitspersonal, Gebäudetechniker, IT-Techniker, Standortmanager und Projektmanagement. Während einige Analysen zusätzliches IT-Personal einbeziehen, das für die Verwaltung von IT-Systemen in den Einrichtungen verantwortlich ist, wurden diese in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt, da sie als Nutzer und nicht als direkte Mitarbeiter des Rechenzentrums angesehen werden. Allerdings wurden IT-Mitarbeiter, die spezifische Aufgaben innerhalb von Enterprise-Rechenzentren übernehmen, in die Vollzeitäquivalent-Berechnungen einbezogen.

¹¹ https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=IOTS_2021 (letzter Zugriff: 01.03.2024).

ABBILDUNG 25: Wirtschaftliche Auswirkungen von Rechenzentren in Deutschland, Beschäftigungseffekte, 2024



Quelle: Befragung unter Colocation-Rechenzentrumsbetreibern, 2024 (N=29); Befragung unter Unternehmen, die ein eigenes (Enterprise-)Rechenzentrum betreiben, 2024 (N=203); Hochrechnung von Pb7 Research

INDIREKTE UND INDUZIERTE BESCHÄFTIGUNGSEFFEKTE

Die Lieferkettenstrukturen von Rechenzentren umfassen ein vielschichtiges Netzwerk aus Unternehmen, das von Bau- und Installationsfirmen über Anbieter elektrischer Ausrüstungen bis hin zu Sicherheitsdienstleistern, Energieversorgungsunternehmen und diversen Unternehmensdienstleistern reicht. Infolge der signifikanten Investitionen in die Infrastruktur von Rechenzentren tätigen diese Zulieferer erhebliche Investitionen, um die nachgefragten Produkte und Dienstleistungen bereitstellen zu können. Ein wesentlicher Teil dieser Aktivitäten findet in Deutschland statt, einschließlich der Anmietung und Einrichtung temporärer Büroflächen für Projektmitarbeiter, des Erwerbs von Rohstoffen, Produkten und Materialien sowie der Bereitstellung temporärer Unterkünfte für Bau- und Montagearbeiter.

Die Präsenz von Colocation- und Hyperscale-Rechenzentren generiert in Deutschland über 12.000 Vollzeit-

arbeitsplätze, während Enterprise- und IT-Rechenzentren weitere 13.000 Arbeitsplätze schaffen, was einer Gesamtzahl von 25.300 Arbeitsplätzen entspricht. Angesichts der umfangreichen Investitionen, insbesondere im Bereich des Baus neuer Einrichtungen im Colocation- und Hyperscale-Segment, ist der Anteil indirekter Arbeitsplätze in diesem Sektor im Vergleich zum Unternehmensmarkt und zu den meisten anderen Sektoren der Wirtschaft überproportional hoch.

Darüber hinaus führt die Beschäftigung in diesem Sektor zu signifikanten sekundären wirtschaftlichen Effekten, da die Beschäftigten einen Teil ihres Einkommens innerhalb der deutschen Wirtschaft ausgeben, oft in lokalen Kontexten, für Dienstleistungen wie Nahrungsmittel, Wohnen und Freizeitaktivitäten. Dieser Konsum unterstützt zusätzliche 15.400 Vollzeit-arbeitsplätze in Deutschland.

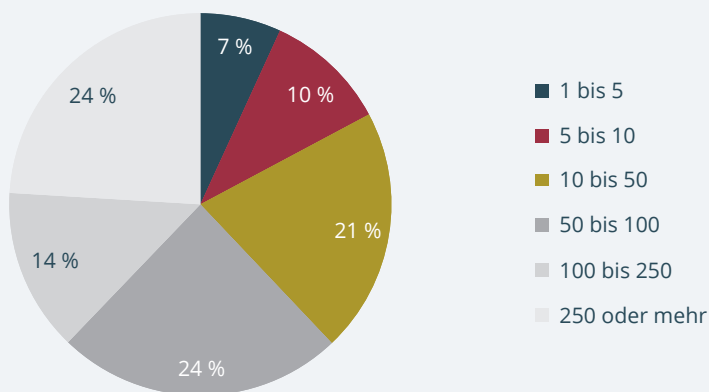
BESCHÄFTIGUNG INNERHALB EINES RECHENZENTRUMS

Angesichts des Mangels an qualifiziertem technischem Personal besteht in Colocation-/Hyperscale-Rechenzentren nicht nur Bedarf an festangestellten Mitarbeitern, sondern auch an einem signifikanten Kontingent an Leiharbeitskräften. Gemäß einer Umfrage beschäftigt ein durchschnittliches Rechenzentrum zwischen 50 und 100 Mitarbeiter, greift jedoch ebenfalls auf eine kleinere Gruppe von Auftragnehmern zurück. Mit zunehmender Größe des Rechenzentrumsbetreibers steigt in der Regel auch der Anteil der Auftragnehmer. Die Inbetriebnahme

eines großen, neuen Rechenzentrums ausschließlich mit lokalem Personal stellt eine beträchtliche Herausforderung dar. Sobald diese neuen Anlagen in den operativen Modus wechseln, sind sie in hohem Maße auf die Leistungen von Auftragnehmern angewiesen. Mit der Zeit streben die Betreiber von Rechenzentren danach, Auftragnehmer so weit wie möglich durch fest angestellte, vorzugsweise lokale Fachkräfte, zu ersetzen. Aktuell sind neben den rund 5.000 fest angestellten Mitarbeitern mehr als 1.600 externe Arbeitskräfte beschäftigt.

ABBILDUNG 26: Frage: Wie viele Mitarbeiter sind in Ihrem Unternehmen (Rechenzentrum) tätig? N.B. Wenn Colocation Ihre Haupttätigkeit ist, können Sie alle Mitarbeiter zählen. Wenn dies NICHT Ihre Haupttätigkeit ist, zählen Sie nur die Mitarbeiter, die in der Rechenzentrumsorganisation tätig sind. – Eigene Mitarbeiter (VZÄ)

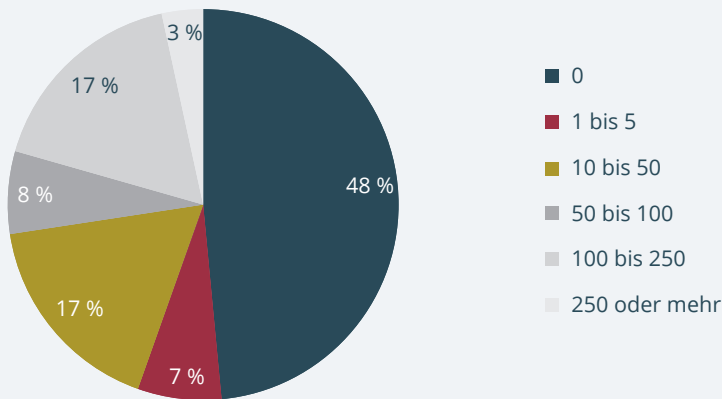
VOLLZEITÄQUIVALENTE INSGESAMT: 5.000 (HOCHRECHNUNG)



Quelle: Befragung unter Colocation-Rechenzentrumsbetreibern, 2024 (N=29)

ABBILDUNG 27: Frage: Wie viele Mitarbeiter sind in Ihrem Unternehmen (Rechenzentrum) tätig? Hinweis: Wenn Colocation Ihre Haupttätigkeit ist, können Sie alle Mitarbeiter zählen. Wenn dies NICHT Ihre Haupttätigkeit ist, zählen Sie nur die Mitarbeiter, die in der Rechenzentrumsorganisation tätig sind. – Eingestellte Mitarbeiter (VZÄ)

VOLLZEITÄQUIVALENTE INSGESAMT: 1.629



Quelle: Befragung unter Colocation-Rechenzentrumsbetreibern, 2024 (N=29)

BESCHÄFTIGUNGSROLLEN UND -MÖGLICHKEITEN

In der vorliegenden Studie wurde eine Umfrage herangezogen, um ein differenziertes Modell zu entwickeln, das die Schaffung von Arbeitsplätzen in unterschiedlichen Funktionen innerhalb von Rechenzentren abbildet. Bei der Modellierung der Stellenverteilung wurde die Unternehmensgröße als Variable integriert, um über die durchschnittlichen Prozentsätze der Umfrageergebnisse hinaus eine höhere Präzision in der Quantifizierung der Arbeitsplätze zu erreichen. Insbesondere zeichnen sich Rechenzentren durch eine hohe Nachfrage nach technischem Fachpersonal aus, das für den operativen Betrieb der Einrichtungen benötigt wird. Dies umfasst u.a. die Überwachung und Wartung der Kühlsysteme und weiterer kritischer Infrastrukturen zur Sicherstellung der Betriebskontinuität sowie die Vorbereitung der Anlagen für die Aufnahme neuer Kunden.

IT-Techniker spielen eine zentrale Rolle bei der Installation und Wartung auf Hardware-Ebene, einschließlich

des Austauschs von Komponenten oder des Anschließens von Kabeln. Darüber hinaus sind in Rechenzentren Positionen für Standort- und Projektmanagement besetzt, die für die Koordination der vielfältigen operativen Tätigkeiten verantwortlich sind. Colocation-Rechenzentren verfügen zudem über dedizierte Abteilungen für Kundenunterstützung sowie Vertriebs- und Marketingfunktionen. Zur internen Organisation und Verwaltung sind weitere Verwaltungs- und Führungskräfte erforderlich, einschließlich einer IT-Abteilung, die sich um die Instandhaltung der internen Systeme kümmert. Ein weiteres relevantes Beschäftigungsfeld ist die physische Sicherheit, die in vielen Fällen von externen Dienstleistern übernommen wird, da Rechenzentrumsbetreiber diese Aufgaben oftmals nicht zu ihrem Kerngeschäft zählen. Abschließend umfasst die Kategorie der sonstigen Arbeitsplätze unter anderem das Catering-Personal, welches vornehmlich in größeren Rechenzentren eingesetzt wird.

TABELLE 2: Beschäftigung in Rechenzentren nach Tätigkeitsbereichen, Deutschland, Stand 1. Januar 2024

	COLOCATION- UND HYPERSCALE- RECHENZENTREN		ENTERPRISE- RECHENZENTREN		INSGESAMT	
	%	VZÄ (inkl. eingestellte Mitarbeiter)	%	VZÄ (inkl. eingestellte Mitarbeiter)	%	VZÄ (inkl. eingestellte Mitarbeiter)
Sicherheit	10	700	28	8.100	25	8.800
Gebäudetechniker	31	2.000	20	5.800	22	7.900
IT-Techniker	24	1.600	28	8.100	27	9.700
Projektleiter	9	600	11	3.200	11	3.800
Bauleiter	7	400	8	2.200	8	2.700
Kundendienst (Service Delivery Manager, Helpdesk)	3	200			1	200
Frontoffice (Vertrieb und Marketing)	3	200			1	200
Backoffice (Personal, Finanzen, Verwaltung usw., außer IT)	5	300			1	300
IT (eigene Systeme)	2	200			0	200
Andere	6	400	6	1.700	6	2.100
Insgesamt	100	6.600	100	29.400	100	36.100

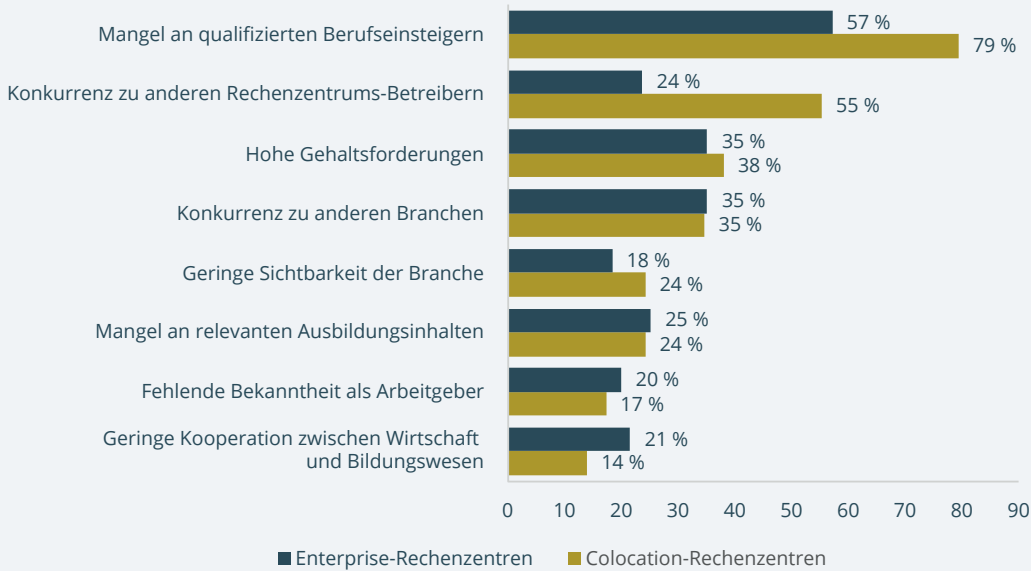
Quelle: Befragung unter Colocation-Rechenzentrumsbetreibern, 2024 (N=29); Befragung unter Unternehmen, die ein eigenes (Enterprise) Rechenzentrum betreiben, 2024 (N=203); Hochrechnung von Pb7 Research

HERAUSFORDERUNGEN AUF DEM ARBEITSMARKT

Wie in vorangegangenen Untersuchungen dargelegt, stellt der Zugang zu spezialisierten Qualifikationen eine der primären Herausforderungen für den Sektor der Rechenzentren dar. Die Nachfrage nach technischen Fähigkeiten, die für den effizienten Betrieb von Rechenzentren unerlässlich sind, erfährt einen branchenübergreifenden Anstieg, insbesondere im Energiesektor, der sich ebenfalls in einem dynamischen Wandel befindet. Eine zentrale Erkenntnis ist, dass das aktuelle Ausbildungssystem nicht adäquat auf die spezifischen Anforderungen des Rechenzentrumssektors abgestimmt ist. Es wird deutlich, dass akademische und technische Studiengänge sowie die dualen Ausbildungsberufe zu wenig auf die Anforderungen der Rechenzentren zugeschnitten sind.

So bleiben die Karrieremöglichkeiten in der Rechenzentrumsbranche mit den umfassenden beruflichen Gebieten oft unentdeckt. Hier sollte die Branche verstärkt Aufklärung und Werbung für den beruflichen Nachwuchs betreiben. Rechenzentren befinden sich untereinander in einem intensiven Wettbewerb um qualifizierte Fachkräfte, insbesondere im Colocation-Bereich, was wiederum zu erhöhten Gehaltsansprüchen seitens der erfahrenen technischen Mitarbeiter führt. Interessanterweise glaubt nur eine Minderheit der Befragten, dass eine unzureichende Kooperation zwischen der Industrie und den Bildungseinrichtungen besteht, obwohl gerade diese Zusammenarbeit ein Schlüssel zur Verbesserung der Situation sein könnte.

ABBILDUNG 28: Frage: Was sind Ihrer Meinung nach die größten Hindernisse bei der Suche nach neuen Mitarbeitern? [Mehrfachnennungen]



Quelle: Befragung unter Colocation-Rechenzentrumsbetreibern, 2024 (N=29); Befragung unter Unternehmen, die ein eigenes (Enterprise-)Rechenzentrum betreiben, 2024 (N=203)

In jüngster Zeit wurden jedoch Fortschritte in der Zusammenarbeit zwischen Industrie und Bildungseinrichtungen verzeichnet. Dennoch der Fachkräftemangel trifft inzwischen nahezu alle Bereiche mit einem starken Trend der Fachkräfteabwanderung. In vielen Ausbildungsberufen der IT und Klimatechnik hat sich der Praxisbezug in der Ausbildung erkennbar verbessert, dennoch reicht die Anzahl des beruflichen Nachwuchses nicht aus, um den Fachkräftebedarf in Rechenzentren und in anderen konkurrierenden Sektoren zu decken. Dies bedeutet, dass Anstrengungen unternommen werden müssen, um das Interesse an technischen Berufen zu steigern

und mehr junge Menschen für entsprechende Ausbildungswege zu gewinnen. Initiativen zur Förderung des Quereinstiegs und zur Motivation von jungen Frauen für technische Berufe können integraler Bestandteil der Diversitätspolitik eines Rechenzentrums sein. Ein kohärenter Ansatz in der Diversitätspolitik bietet den Vorteil, nicht nur den unmittelbaren Bedarf an Quereinsteigern zu adressieren, sondern auch die Potenziale der Diversität zur Erreichung der Unternehmensziele auf struktureller Ebene zu nutzen. Es geht somit nicht ausschließlich darum, ausreichend Mitarbeiter zu finden, sondern auch die Vorteile von diversen Teams.

TABELLE 3: Frage: Wie viele Frauen sind derzeit in Ihrem Unternehmen (Rechenzentrum) in technischen und nicht-technischen Funktionen tätig?

	COLOCATION- UND HYPERSCALE- RECHENZENTREN		ENTERPRISE- RECHENZENTREN		INSGESAMT	
	%	VZÄ (inkl. eingestellte Mitarbeiter)	%	VZÄ (inkl. eingestellte Mitarbeiter)	%	VZÄ (inkl. eingestellte Mitarbeiter)
Technische Aufgaben	10	500	4	800	5	1.300
Andere Rollen	26	400	20	1.900	20	2.300
Insgesamt	14	900	9	2.700	10	3.600

Quelle: Befragung unter Colocation-Rechenzentrumsbetreibern, 2024 (N=29); Befragung unter Unternehmen, die ein eigenes (Enterprise) Rechenzentrum betreiben, 2024 (N=203); Hochrechnung von Pb7 Research

Bezüglich der Ausbildungsmaßnahmen spielen Rechenzentren eine aktive Rolle, indem sie intern Ausbildungsprogramme anbieten. In der Analyse der Colocation- und Hyperscale-Rechenzentren zeigt sich, dass es ungefähr 250 Auszubildende bei einer Gesamtbelegschaft von 5.000 Mitarbeitern gibt, zuzüglich 40 Studenten im dua-

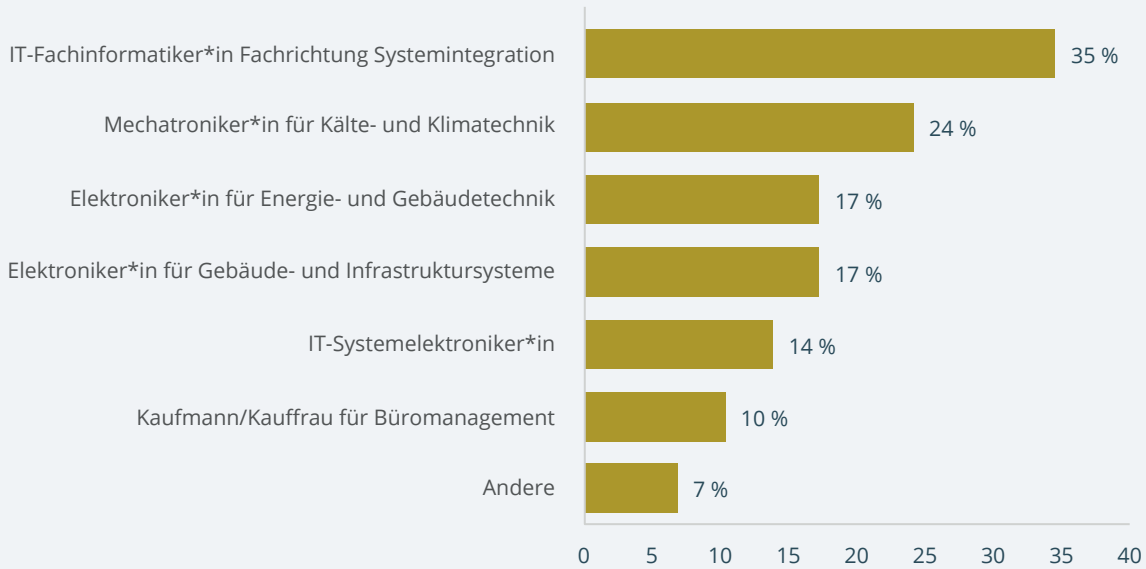
len Studiengang. Die vorherrschenden Ausbildungsfelder umfassen Systemintegration und Klimatechnik, jedoch erstrecken sich die Ausbildungsangebote auch auf Bereiche wie Gebäude- und Infrastruktursysteme, Energiesysteme, IT-Systeme und Büromanagement.

TABELLE 4: Frage: Bilden Sie in Ihrem Betrieb aus?

	INSGESAMT
Anzahl der Auszubildenden	250
Anzahl der dualen Studenten	40

Quelle: Befragung unter Colocation-Rechenzentrumsbetreibern, 2024 (N=29); Hochrechnung von Pb7 Research

ABBILDUNG 29: Frage: In welcher der folgenden Disziplinen bilden Sie aus? [Mehrfachnennung]



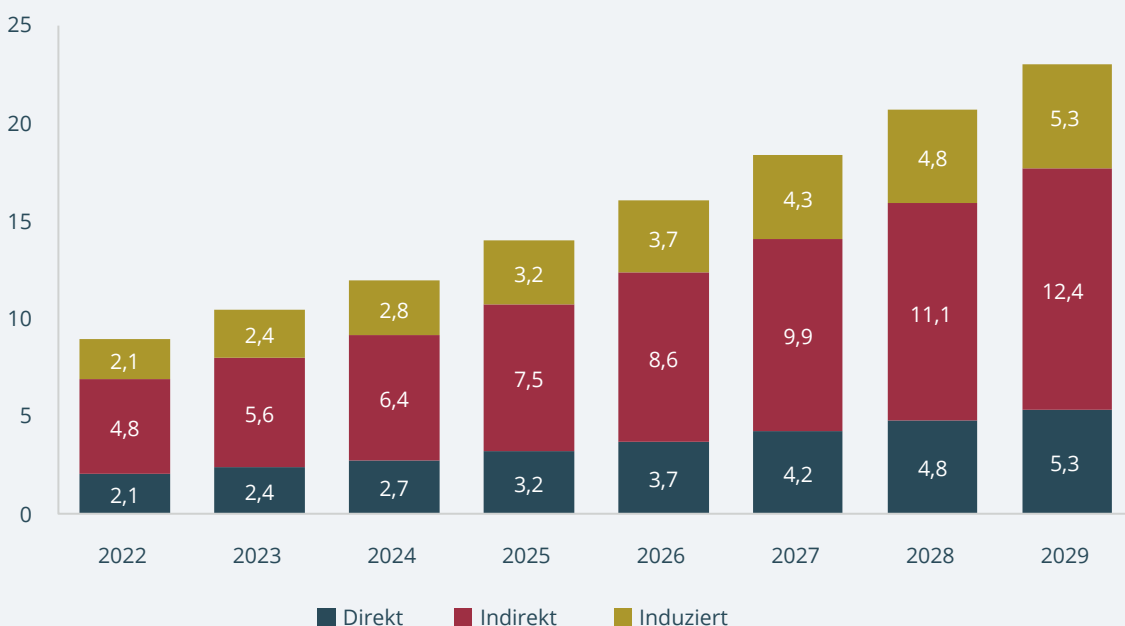
Quelle: Befragung unter Colocation-Rechenzentrumsbetreibern, 2024 (N=29)

BEITRAG ZUM BRUTTOINLANDSPRODUKT

In der vorliegenden Analyse wird der ökonomische Wertbeitrag, der speziell durch Colocation-Rechenzentren generiert wird, in den Fokus gestellt. Die wirtschaftliche Bedeutung von Rechenzentren, die im Eigentum von Hy-

perscalern sowie von Unternehmen betrieben werden, wird in dieser Untersuchung aufgrund der komplexen Verflechtung mit anderen Einnahmequellen nicht gesondert betrachtet.

ABBILDUNG 30: Wirtschaftliche Auswirkungen (EUR Mrd.) von Colocation-Rechenzentren in Deutschland, Beitrag zum BIP (durchschnittliche jährliche Wachstumsrate 24-29: 14 %)



Unter Zugrundelegung der für diese Studie entwickelten Colocation-Marktprognose lässt sich ein direkter Beitrag der Colocation-Rechenzentren zum Bruttoinlandsprodukt (BIP) von Deutschland im Jahr 2023 in Höhe von 2,4 Milliarden Euro feststellen. Darüber hinaus ist der Beitrag der Zulieferer dieser Rechenzentren zum BIP mit 5,6 Milliarden Euro sogar noch signifikanter. Zusätzlich wurde ein induzierter Effekt im Umfang von weiteren 2,4 Milliarden Euro identifiziert. Somit beläuft sich der gesamte Beitrag der Colocation-Rechenzentren zum BIP im Betrachtungsjahr auf 10,4 Milliarden Euro.

Angesichts des Marktwachstums, das in der Prognose dargestellt wird, ist davon auszugehen, dass der Gesamtbeitrag der Colocation-Rechenzentren zum BIP bis zum Jahr 2029 auf 23 Milliarden Euro ansteigen wird.

Diese Entwicklung entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 14 %. Diese Daten unterstreichen die signifikante ökonomische Rolle, die Colocation-Rechenzentren innerhalb der deutschen Wirtschaft spielen, und heben deren Beitrag zur Steigerung des Wirtschaftswachstums hervor.



NACHHALTIGKEIT

Rechenzentren stellen nicht nur auf sozialer und ökonomischer Ebene einen wichtigen Beitrag dar, sondern sind auch durch ihren ökologischen Fußabdruck charakterisiert. Positiv hervorzuheben ist, dass Rechenzentren nahezu vollständig auf elektrische Energie umgestellt haben und in der Anschaffung erneuerbarer Energien eine Vorreiterrolle einnehmen, womit sie in Sachen Nachhaltigkeit viele andere Branchen übertreffen. Dennoch sind

Rechenzentren durch ihren hohen Strom- und teilweise auch Wasserverbrauch sowie durch ihr stetiges Wachstum mit einer erheblichen Verantwortung konfrontiert.

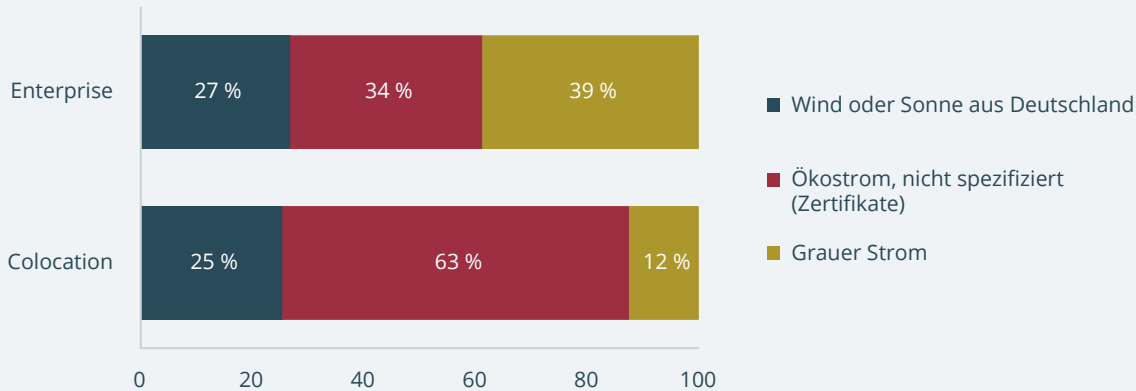
Im Fokus des Kapitels „Nachhaltigkeit“ steht die Analyse, wie Rechenzentren diese Verantwortung in den Bereichen Stromverbrauch, Effizienzsteigerung und Wärmerückgewinnung wahrnehmen.

STROM

Insbesondere Colocation- und Hyperscale-Rechenzentren in Deutschland zeichnen sich durch eine rasche Transition zur Nutzung von Ökostrom aus. Die Branche profitiert von ihrer intrinsischen Elektrifizierung, die ihr einen entscheidenden Vorteil gegenüber anderen Sektoren mit hohem Energiebedarf bietet, die sich erst am Anfang der Elektrifizierung befinden. Aktuellen Daten zufolge beziehen Colocation-Rechenzentren 88 % ihres Stroms aus Verträgen für Ökostrom, wodurch der Re-

chenzentrumssektor in der Nutzung von grüner Energie als weiterentwickelt gilt im Vergleich zu anderen Branchen, einschließlich der Enterprise-Rechenzentren, die angeben, dass 61 % ihres Stromverbrauchs aus erneuerbaren Quellen stammen. Diese Daten veranschaulichen das Engagement des Sektors für Nachhaltigkeit, zeigen jedoch gleichzeitig auf, dass zur weiteren Optimierung des Stromverbrauchs und zur Verbesserung der Klimabilanz noch zusätzliche Maßnahmen erforderlich sind.

ABBILDUNG 31: Frage: Aus welchen Quellen beziehen Sie die in Ihrem Rechenzentrum/Ihren Rechenzentren verbrauchte Energie? [Gewichtet nach IT-Leistung]



Quelle: Befragung unter Colocation-Rechenzentrumsbetreibern, 2024 (N=29); Befragung unter Unternehmen, die ein eigenes (Enterprise) Rechenzentrum betreiben, 2024 (N=203)

ÖKOSTROM-VERTRÄGE

Im Kontext der Strombeschaffung aus erneuerbaren Quellen ist zu beobachten, dass ein Anteil des vertraglich vereinbarten Stroms üblicherweise aus erneuerbaren Energien stammt. Dies hängt jedoch maßgeblich vom jeweiligen Energieanbieter und der spezifischen Vertragskonstellation ab. Eine bedeutende Rolle spielen dabei grüne Zertifikate, die häufig von Anlagen für erneuerbare Energien, wie beispielsweise norwegischen Wasserkraftwerken, erworben werden. Dieses System führt paradoxerweise dazu, dass bestimmte Verbraucher in Norwegen auf dem Papier als Nutzer konventioneller Energiequellen geführt werden, obwohl sie tatsächlich ausschließlich lokale erneuerbare Energien nutzen. Deutscher Strom aus erneuerbaren Energien.

Ein zentraler Aspekt der Diskussion ist daher die Förderung der lokalen Produktion und des Verbrauchs von Strom aus erneuerbaren Quellen. Energieversorger, die sich dazu verpflichten, Strom aus erneuerbaren Energiequellen innerhalb Deutschlands oder aus anderen regionalen Wind- und Solaranlagen zu liefern, stehen in der Pflicht, entsprechend ihrer Lieferzusagen zu produzieren. Der Bezug lokaler erneuerbarer Energien gewährleistet, dass die Energieversorger in den Ausbau dieser Ressourcen investieren und somit einen effektiveren Beitrag zur Nachhaltigkeit der Stromversorgung leisten. Laut Angaben der GDA-Mitglieder und Enterprise-Rechenzentren beziehen diese bereits ungefähr ein Viertel ihres Stroms aus lokalen erneuerbaren Quellen, mit dem Ziel, diesen Anteil weiter zu erhöhen.

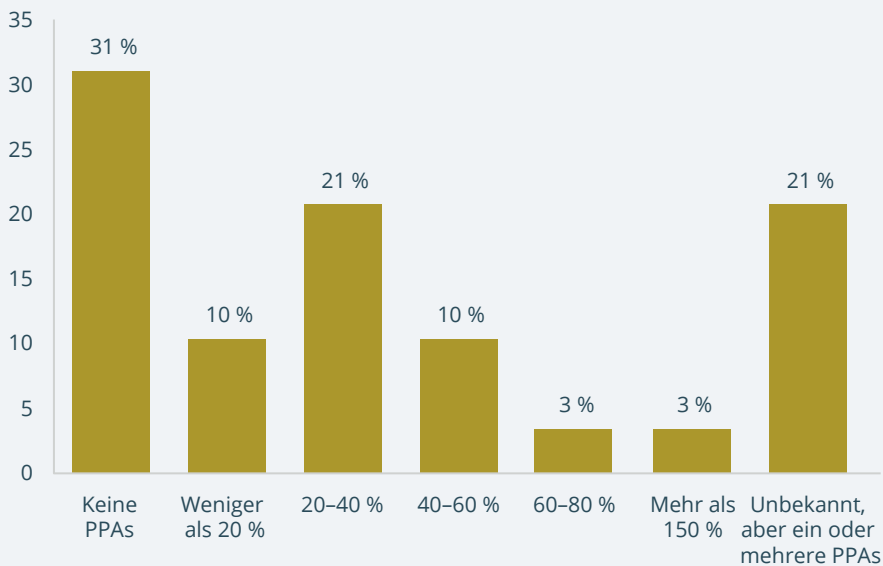
STROM AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN DURCH PPA

Stromabnahmeverträge (Power Purchase Agreements, PPA) bieten eine strategische Möglichkeit, um den Zugang zu erneuerbaren Energien zu verbessern. Durch ein PPA verpflichtet sich ein Abnehmer – in diesem Fall ein Rechenzentrum –, Strom über einen längeren Zeitraum direkt von einem erneuerbaren Energieprojekt, wie einem Wind- oder Solarpark, zu beziehen und erhält dafür im Gegenzug einen reduzierten Strompreis.

Obwohl es den Anschein haben mag, dass durch diese Vereinbarungen lediglich grüne Energiekapazitäten aufgekauft werden, ist festzuhalten, dass viele dieser Investitionen ohne die finanzielle Absicherung durch PPAs nicht realisierbar wären. Die vertragliche Bindung von Großabnehmern ist essenziell, um die Umsetzung dieser Projekte zu beschleunigen.

ABBILDUNG 32: Frage: Wenn Sie Power Purchase Agreements (PPA) mit Solar- und/oder Windanbietern abgeschlossen haben, zu wie viel Prozent decken diese Ihren Energiebedarf?

INSGESAMT: 57 % (GEWICHTET NACH IT POWER)



Quelle: Befragung unter Colocation-Rechenzentrumsbetreibern, 2024 (N=29)

Die Analyse der Strombeschaffungsstrategien im deutschen Colocation- und Hyperscale-Rechenzentrumssektor offenbart, dass Stromabnahmeverträge (Power Purchase Agreements, PPAs) für 57 % des gesamten Energiebedarfs verantwortlich sind. Dieser hohe Anteil resultiert vornehmlich aus dem Engagement einer klei-

nen Gruppe der größten Nutzer, die einen beträchtlichen Teil ihres Energiebedarfs durch PPAs decken. Es ist zu beobachten, dass eine zunehmende Anzahl von Rechenzentren das Ziel verfolgt, ihren Energiebedarf vollständig durch PPAs zu decken, wobei einige Hyperscale-Betreiber eine 100%ige Deckung anstreben.

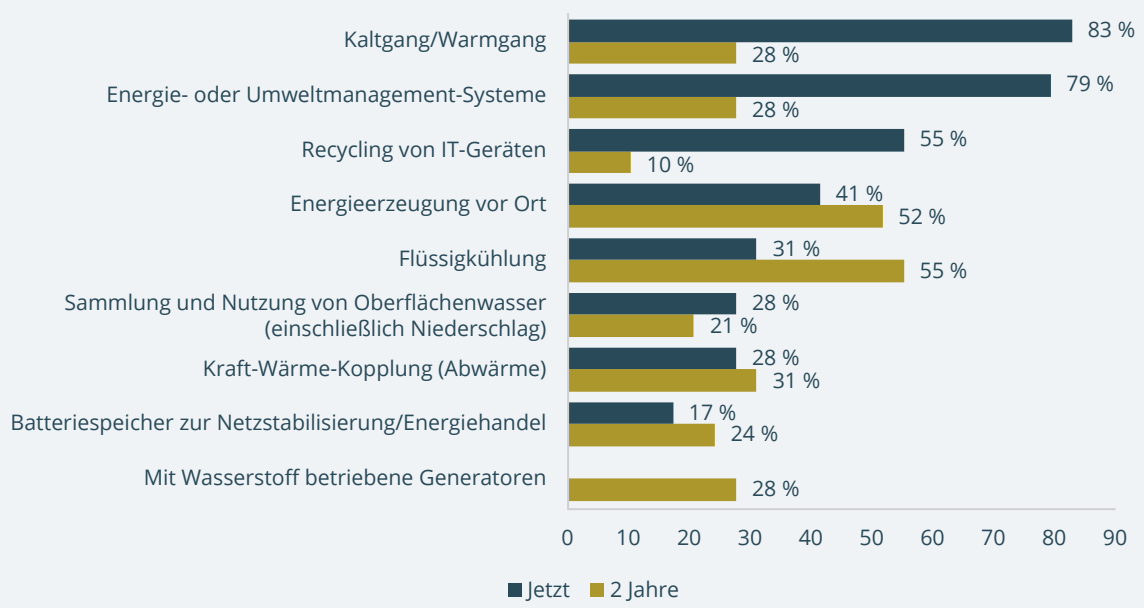
ELEKTRIZITÄTSERZEUGUNG VOR ORT

Während die lokale Stromerzeugung durchaus Potenzial für Rechenzentren bietet, stehen Betreiber häufig vor Herausforderungen, die eine Umsetzung erschweren. Insbesondere Bauvorschriften und der begrenzte zur Verfügung stehende Raum, oft in innerstädtischen Lagen, schränken die Möglichkeiten für die Installation von Systemen zur lokalen Energiegewinnung ein. Für die Mehrheit der Rechenzentren mag die Integration von Solarpanelen als eine naheliegende Lösung erscheinen, jedoch können restriktive Bauvorschriften und die begrenzte Verfügbarkeit geeigneter Flächen – sowohl auf Dächern als auch auf umliegenden Landflächen – die praktikablen Einsatz solcher Systeme verhindern. Zusätzlich könnte für einige Standorte die Möglichkeit bestehen, Windenergie oder andere nachhaltige Energiequellen zu nutzen, jedoch stellen auch hier bauliche

und räumliche Beschränkungen oft ein signifikantes Hindernis dar. Trotz dieser Einschränkungen haben mehr als 40 % der Colocation-Rechenzentren Maßnahmen zur lokalen Stromerzeugung umgesetzt, während weitere 52 % mit der Implementierung oder dem Ausbau solcher Systeme beginnen. Auch im Unternehmenssektor ist erkennbar, dass etwa jedes fünfte Rechenzentrum in Technologien zur lokalen Energiegewinnung investiert oder bereits aktive Systeme betreibt. Die beschränkten Möglichkeiten aufgrund von Bauvorschriften und Raummangel, insbesondere in dicht bebauten städtischen Gebieten, erfordern jedoch eine kreative und innovative Herangehensweise an die Planung und Umsetzung von Projekten zur lokalen Stromerzeugung, um den Energiebedarf der Rechenzentren nachhaltig zu decken.

ABBILDUNG 33: Frage A: Welche der folgenden Nachhaltigkeitsmaßnahmen setzen Sie bereits in Ihrem Rechenzentrum/Ihren Rechenzentren ein? [Mehrfachnennungen] Frage B: Welche der folgenden Nachhaltigkeitsmaßnahmen stehen in den nächsten 2 Jahren auf Ihrer Agenda? [Mehrfachnennungen]

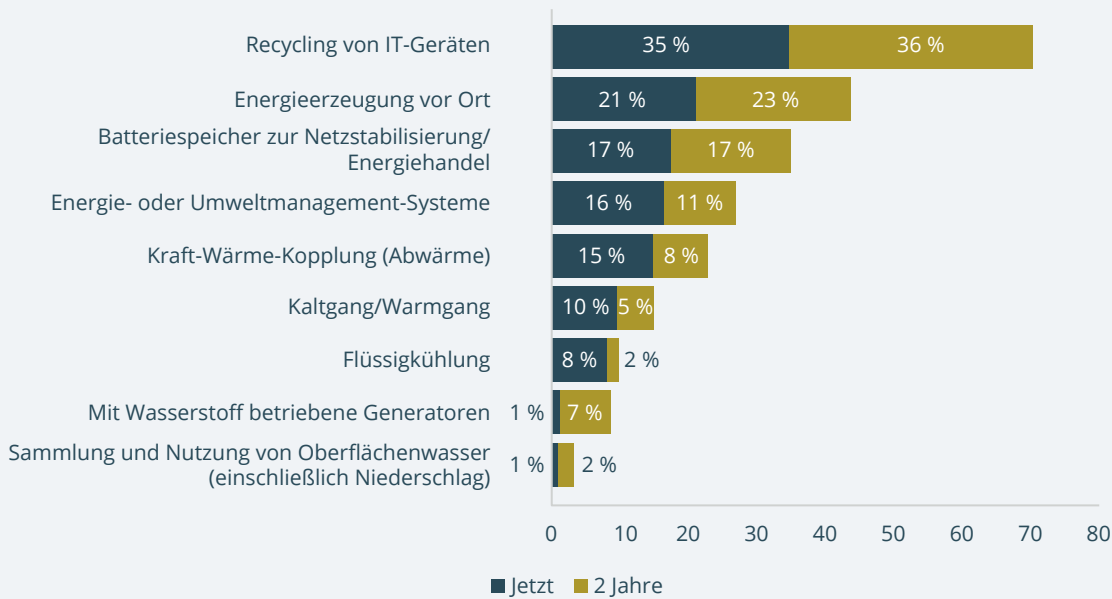
COLOCATION-RECHENZENTREN



Quelle: Befragung unter Colocation-Rechenzentrumsbetreibern, 2024 (N=29)

ABBILDUNG 34: Frage A: Welche der folgenden nachhaltigen Initiativen haben Sie bereits in Betrieb? [Mehrfachnennungen] Frage B: Welche der folgenden nachhaltigen Initiativen stehen in den nächsten 2 Jahren auf Ihrer Agenda? [Mehrfachnennungen]

ENTERPRISE-RECHENZENTREN



Quelle: Umfrage unter Enterprise-Rechenzentren (N=203)

NACHFRAGESTEUERUNG

Der Erwerb von Ökostrom unterscheidet sich wesentlich von dessen tatsächlicher Nutzung, welche stark von der Verfügbarkeit erneuerbarer Energiequellen wie Sonne und Wind abhängig ist. Biogas kann zwar zu einer gewissen Stabilität beitragen, jedoch nicht die Schwankungen vollständig ausgleichen. Colocation-Rechenzentren stehen hierbei vor der Herausforderung, dass die Energiebedürfnisse primär durch ihre Mieter bestimmt werden. Hierzu müsste ein kundenseitiges Bewusstsein geschärft und Unterstützung für Anpassungen geboten werden. Hyperscale-Rechenzentren haben hingegen die Möglichkeit, direkt Einfluss zu nehmen, indem sie beispielsweise Arbeitslasten in Zeiten hoher Verfügbarkeit grüner Energie durchführen oder zwischen Standorten mit unterschiedlichen Verfügbarkeiten von Ökostrom wechseln.

Obwohl die theoretischen Auswirkungen der Nachfragesteuerung signifikant sind, existieren praktische Grenzen bei der Synchronisation der Datenverarbeitung mit dem Angebot an grüner Energie, weshalb die Effekte derzeit als mittel eingeschätzt werden. Fortschritte sind insbesondere bei der Nutzung von Energiespeichertechnologien durch Rechenzentren zu antizipieren, um den externen Strombedarf in Zeiten geringer Verfügbarkeit von Ökostrom zu minimieren, sowie bei der Kooperation mit Energieversorgern, um diese Speicherkapazitäten zur Stabilisierung von Netzlastspitzen einzusetzen. Aktuell gibt etwa jedes sechste Rechenzentrum an, in Batteriespeichertechnologien investiert zu haben, mit einer größeren Zahl an Betreibern, die Investitionen in dieser Richtung planen.

NICHT-FOSSILE NOTSTROMVERSORGUNG

Obgleich Generatoren in Rechenzentren primär als Reservelösungen fungieren, müssen sie zu Testzwecken regelmäßig für eine kurze Zeit laufen. In jüngerer Zeit werden zunehmend alternative Technologien entwickelt, um die Abhängigkeit von konventionellen Diesel-Generatoren zu reduzieren. Zu den bemerkenswerten Alternativen zählt erstens die erweiterte Batteriespeicherung, welche die Kapazität herkömmlicher unterbrechungsfreier Stromversorgungen (USV), die typischerweise eine Überbrückungszeit von sechs bis zehn Minuten bieten, übersteigt. Als zweite Alternative treten Wasserstoffgeneratoren in Erscheinung, die grüne Energiequellen nutzen. Obwohl diese Technologie momentan noch mit höheren Kosten verbunden ist, wird eine Marktanpassung in den kommenden Jahren erwartet.

Parallel dazu erkunden vermehrt Rechenzentren den Einsatz von Biodiesel als umweltfreundliche Kraftstoffalternative, um sowohl ökologische Vorteile zu generieren als auch den Wert ihrer Investitionen zu maximieren. Das Engagement für umweltschonende Alternativen zeigt sich unter anderem in der Implementierung der ersten mit Wasserstoff betriebenen Backup-Brennstoffzelle für Rechenzentren durch NorthC Datacenters in den Niederlanden – einem Unternehmen, das auch in Deutschland aktiv ist. Dieser Schritt hat großes Interesse unter Rechenzentrumsbetreibern in Deutschland geweckt, vergleichbare Technologien zu implementieren und somit den Übergang zu nachhaltigeren Energieversorgungs-lösungen zu fördern.

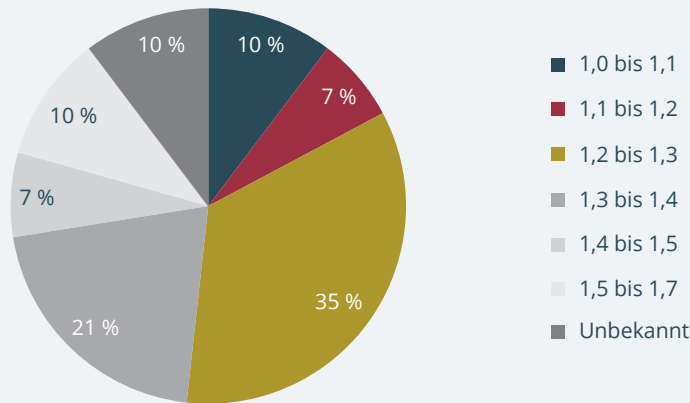
ENERGIEEFFIZIENZ

In der Diskussion um den Energieverbrauch von Rechenzentren stellt die Power Usage Efficiency (PUE) eine zentrale Kennzahl dar. Diese gibt das Verhältnis des Gesamtenergieverbrauchs eines Rechenzentrums zum Energieverbrauch der IT-Ausrüstung an. Ein hypothetisches Rechenzentrum mit einem Energieverbrauch von 1 MWh für IT-Geräte und zusätzlichen 0,5 MWh für andere Zwecke weist demnach einen PUE-Wert von 1,5 auf. Frühere Generationen von Rechenzentren zeichneten sich durch eine geringe Effizienz aus, mit PUE-Werten

von 2,0 oder höher, hauptsächlich aufgrund ineffizienter Kühlungssysteme sowie Energieverlusten durch unzureichende unterbrechungsfreie Stromversorgungen (USV) und Beleuchtung. Nach dem Energieeffizienz-Gesetz müssen in Deutschland die ab Juli 2026 in Betrieb gehenden Rechenzentren einen max. PUE-Wert von 1,2 erreichen. Auch bestehende Rechenzentren mit Betriebsaufnahme vor dem 1. Juli 2026 müssen ab Juli 2027 einen PUE-Wert von 1,5 einhalten; ab Juli 2030 dann einen PUE von 1,3.

ABBILDUNG 35: Frage: Wie hoch ist der durchschnittliche realisierte PUE-Wert Ihres Rechenzentrums/Ihrer Rechenzentren in Deutschland (NICHT der „Design-PUE-Wert“)?

DURCHSCHNITTLICHER PUE-WERT: 1,30

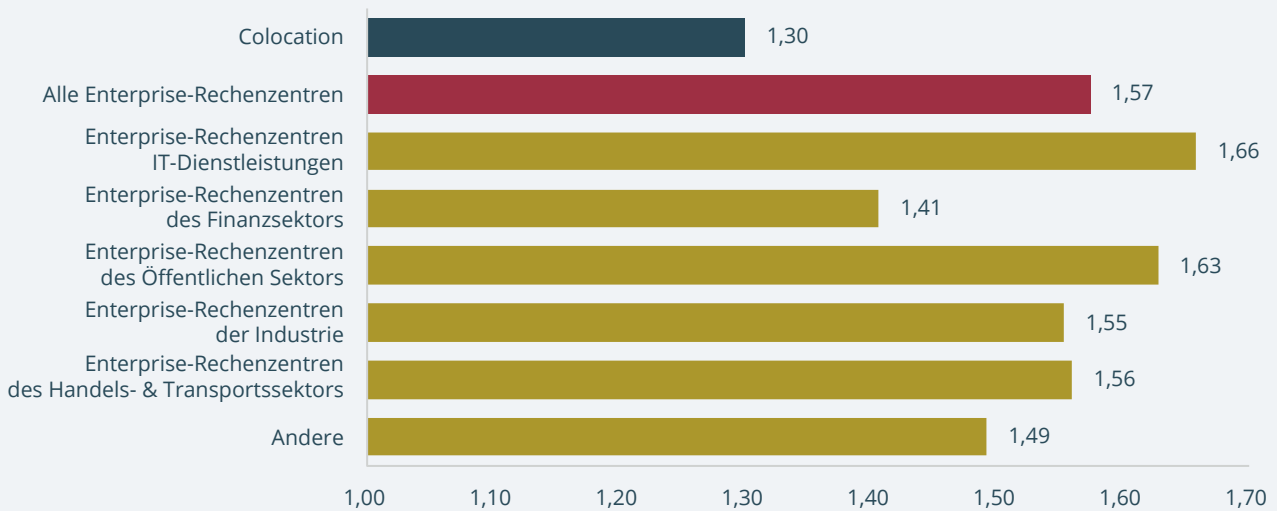


Quelle: Befragung unter Colocation-Rechenzentrumsbetreibern, 2024 (N=29)

Die Befragung der Betreiber von Colocation-Rechenzentren ergab, dass gegenwärtig lediglich ein Sechstel der Einrichtungen einen PUE-Wert von unter 1,2 erreicht. Dennoch ist eine signifikante Verbesserung der Energieeffizienz zu beobachten: Im Durchschnitt erreichen die Colocation-Rechenzentren der 29 befragten Betreiber einen PUE-Wert von 1,3. Allerdings gilt zu beachten, dass der ermittelte Durchschnittswert nicht gewichtet ist. Unter den 29 befragten Colocation-Unternehmen befinden sich sowohl Organisationen, die eine Vielzahl unterschiedlichster Rechenzentren betreiben, und die ihrerseits einen Durchschnittswert ihrer Einrichtungen angegeben haben, als auch Betreiber einzelner Rechenzentren, die nur dessen realen PUE-Wert angegeben haben.

Im Gegensatz dazu weist der Markt für Enterprise-Rechenzentren mit einem durchschnittlichen PUE-Wert von 1,57 eine geringere Effizienz auf. Die effizientesten Anlagen finden sich im Finanzsektor mit einem Durchschnittswert von 1,41, während IT-Dienstleistungssektor und öffentlicher Sektor, die unter anderem Early Adopters umfassen, die niedrigsten Effizienzraten aufweisen. Bis zum Jahr 2030 ist vorgesehen, dass alle bestehenden Rechenzentren ihren PUE-Wert auf maximal 1,30 reduzieren. Diese Anforderung impliziert bedeutende Investitionen in den Abriss und Neubau, die Modernisierung sowie das Upgrade bestehender Anlagen oder alternativ die Schließung und Verlagerung in Colocation-Rechenzentren, was aus Nachhaltigkeitsperspektive kritisch zu bewerten ist.

ABBILDUNG 36: Wie hoch ist der durchschnittliche realisierte PUE-Wert Ihres Rechenzentrums/Ihrer Rechenzentren in Deutschland (NICHT der „Design-PUE-Wert“) – nach Branche



Quelle: Befragung unter Colocation-Rechenzentrumsbetreibern, 2024 (N=29); Befragung unter Unternehmen, die ein eigenes (Enterprise) Rechenzentrum betreiben, 2024 (N=203)

ABWÄRMENUTZUNG

In der aktuellen Diskussion um Nachhaltigkeit in der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) nehmen Rechenzentren aufgrund ihrer recht hohen Energieverbräuche eine zentrale Rolle ein. Ein Aspekt, der in diesem Kontext zunehmend Beachtung findet, ist die Möglichkeit der Wärmerückgewinnung aus der durch Computer- und Servernutzung entstehenden Abwärme. Bis dato ist eine Vielzahl an Projekten zur Wärmerückgewinnung von Rechenzentren lokal begrenzt und umfassen häufig die Beheizung von Büroräumlichkeiten innerhalb derselben Liegenschaft. Es zeigt sich jedoch eine Tendenz zur Erweiterung dieser Praxis, indem zunehmend angrenzende Bürogebäude, öffentliche Einrichtungen wie Schwimmbäder und weitere lokale Infrastrukturen angeschlossen werden.

Das Energieeffizienzgesetz (EnEfG) setzt klare Vorgaben für neue Rechenzentren mit einer Leistung von 1 Megawatt (MW) oder mehr: Bis 2026 müssen mindestens 10 % und bis 2028 20 % der erzeugten Wärme wiederverwendet werden, oder es muss ein Vertrag über die zeitnahe Lieferung der Wärme an Betreiber von Wärmenetzen vorliegen. Aktuelle Erhebungen zeigen, dass 28 % der Colocation-Rechenzentren in der Lage sind, ihre Restwärme in vorhandene Wärmenetze einzuspeisen, wobei

31 % derzeit in entsprechende Technologien investieren. Im Segment der Enterprise-Rechenzentren liegt der Anteil der Einrichtungen, die Wärmerückgewinnung betreiben, deutlich niedriger.

Die Integration von Wärmerückgewinnungssystemen in Rechenzentren impliziert signifikante Herausforderungen für die städtebauliche Planung und Standortwahl. Eine effektive und kosteneffiziente Anbindung an städtische Wärmenetze erfordert eine sorgfältige Integration der Rechenzentren in urbane oder ländliche Strukturen, die einen Bedarf an Fernwärme aufweisen. Die geographische Distanz zu potenziellen Abnehmern der Abwärme stellt eine wesentliche Limitation dar.

Obwohl Rechenzentren durch ihren gesteigerten Energiebedarf und die Zunahme der Leistungsdichte einen höheren Verbrauch an elektrischer Energie verzeichnen, resultiert dies gleichzeitig in einer gesteigerten Verfügbarkeit von Abwärme, die für Fernwärmenetze nutzbar gemacht werden kann. Die fortschreitende Implementierung von Flüssigkeitskühlungssystemen verspricht zudem eine Verbesserung der Qualität der abgegebenen Wärme und eröffnet neue Perspektiven für die Nutzung dieser Ressource in der Wärmeversorgung.

WASSER

Im Kontext der Nachhaltigkeitsbemühungen von Rechenzentren gewinnt neben der Energieeffizienz und Wärmerückgewinnung auch der Aspekt des Wasserverbrauchs zunehmend an Bedeutung. Obgleich der Gesamtsektor der Rechenzentren im Vergleich zu anderen Industriezweigen einen geringen Anteil am Wasserverbrauch aufweist, können einzelne Großrechenzentren oder Hyperscale-Campusse lokal signifikante Auswirkungen haben. Eine Herausforderung in diesem Bereich besteht darin, dass Maßnahmen zur Reduktion des Wasserverbrauchs oft einen Kompromiss zur Erhöhung der Energieeffizienz darstellen, da das Wasser primär zur Kühlung der Rechenzentren und somit zur Steigerung der Energieeffizienz eingesetzt wird. Eine Reduktion der Wassernutzungseffizienz (Water Usage Efficiency, WUE) kann daher zu einer Verschlechterung der Stromnutzungseffizienz (Power Usage Efficiency, PUE) führen, was ein ausgeglichenes Management beider Effizienzindikatoren erfordert.

Die Optimierung des Wasserverbrauchs in Rechenzentren konzentriert sich nicht ausschließlich auf die direkte Reduzierung des Verbrauchs, sondern beinhaltet auch die Erschließung alternativer Wasserquellen, die nicht

in Konkurrenz zum Trinkwasserverbrauch stehen. Hierzu zählen Strategien wie das Sammeln und Speichern von Regenwasser, die Nutzung von Oberflächenwasser in Regionen, wo dieses reichlich vorhanden ist, oder der Einsatz von aufbereitetem Abwasser. Aktuelle Daten zeigen, dass circa 20 % der befragten Colocation- und Hyperscale-Betreiber (Abbildung 33) bereits in solche alternativen Wasserquellen investiert haben, mit einer Tendenz zu weiteren Investitionen in den kommenden zwei Jahren. Im Gegensatz dazu scheint diese Thematik bei Enterprise-Rechenzentren eine weniger zentrale Rolle in der Planung und Umsetzung von Nachhaltigkeitsmaßnahmen einzunehmen (Abbildung 34).

Die Betrachtung des Wasserverbrauchs in Rechenzentren erfordert somit eine integrierte Betrachtungsweise, die sowohl die Effizienz der Energie- als auch der Wassernutzung berücksichtigt, um sowohl ökologische als auch ökonomische Nachhaltigkeit zu gewährleisten. Die Entwicklung und Implementierung von Technologien und Managementstrategien, die ein ausgewogenes Verhältnis zwischen diesen beiden Effizienzindikatoren ermöglichen, ist von entscheidender Bedeutung für die zukünftige Nachhaltigkeit des Sektors.

MASSNAHMEN IN VORBEREITUNG AUF DAS ENefG

Die Analyse der Reaktionen von Colocation- und Hyperscale-Rechenzentren auf das Energieeffizienzgesetz (EnEFG) zeigt ein breites Spektrum an Vorbereitungsmaßnahmen. Einige Betreiber berichten von einer vollständigen Konformität mit den Anforderungen, insbesondere jene, die kürzlich ihre Einrichtungen in Betrieb genommen haben und somit die Vorgaben des Gesetzes von Anfang an berücksichtigen konnten. Dennoch besteht für die Mehrheit der Betreiber Handlungsbedarf. Die Vorbereitungen lassen sich in mehrere Kernbereiche unterteilen:

- **Datenerfassung und -berichterstattung:** Seit der Ankündigung des Gesetzes haben Rechenzentren begonnen, die notwendigen Daten für das Energieeffizienzregister zu identifizieren und teilweise auch schon zu erfassen. Der Großteil der Betreiber sind noch in dieser Phase, während ein Teil bereits die Implementierung eines Energiemanagementsystems angeht, wie es das Gesetz vorschreibt.
- **Energieeffizienz:** Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz, die im Zentrum des EnEFG stehen, werden breit diskutiert. Einige Betreiber haben bereits umfassende Anpassungen vorgenommen, darunter Optimierungen im IT-Bereich sowie Anpassungen

der Systemtemperaturen. Zukünftige Anforderungen werden von einigen als abwartende Position beschrieben, während andere die Einführung innovativer Kühltechnologien wie Flüssigkeitskühlung erwähnen.

- **Erneuerbare Energie.** Der Einsatz von erneuerbaren Energien ist unter den befragten Rechenzentren weit verbreitet. Seit der Einführung des EnEFG haben Betreiber, die bisher konventionellen Strom genutzt haben, verstärkt auf erneuerbare Energien umgestellt.
- **Wärmerückgewinnung und -kopplung:** Wärmerückgewinnungs- und -kopplungsmaßnahmen werden ebenfalls als laufende Aktivitäten genannt, wobei diese überwiegend in Rechenzentren umgesetzt werden, die bereits entsprechende Pläne hatten. Die Integration dieser Technologien scheint vor allem bei Neubauten von Rechenzentren vorgesehen zu sein, wobei die Wärmerückgewinnung bereits in den Planungen enthalten war.

Im Vergleich dazu zeigt sich bei Enterprise-Rechenzentren ein unterschiedliches Bild: Etwa die Hälfte der befragten Betriebe hat bislang keine Vorbereitungen getroffen und scheint sich der Relevanz des Themas nicht bewusst zu sein. Bei der anderen Hälfte variieren die

Maßnahmen. Enterprise-Rechenzentren, die ihre Hardware selbst besitzen, unternehmen vielfach Anstrengungen, den Energieverbrauch durch die Erneuerung von Servern und die Nutzung der Energiesparoptionen der IT-Geräte zu reduzieren. Weitere verbreitete Maßnahmen umfassen den Wechsel zu Ökostrom, die Ins-

tallation von Photovoltaikanlagen und die Überprüfung sowie Optimierung von Kühl- und USV-Systemen sowie der Beleuchtung. Auffallend ist ein geringer Fokus auf Überwachungs- und Energiemanagementsysteme sowie auf Aktivitäten im Bereich der Wärmerückgewinnung und -kopplung im Unternehmenssektor.



TABELLE 5: Gesamtzahl der deutschen Rechenzentren

LANDESWEIT

IT-Leistung (MW)	COLOCATION- UND HYPERSCALE- RECHENZENTREN		ENTERPRISE- RECHENZENTREN		INSGESAMT	
	Einrichtungen (#)	%	Einrichtungen (#)	%	Einrichtungen (#)	%
0,050-0,3	85	27,5	1.179	70,0	1.264	63,4
0,3-1	57	18,4	372	22,1	429	21,5
1-5	101	32,7	203	6,1	204	10,2
5-20	48	15,5	30	1,8	78	3,9
20 oder mehr	18	5,8	0	0,0	18	0,9
Insgesamt, # Einrichtungen	309	100	1.684	100	1.993	100
Gesamtzahl der Anbieter	153					

METROPOLREGION FRANKFURT AM MAIN

IT-Leistung (MW)	COLOCATION- UND HYPERSCALE- RECHENZENTREN	
	Unternehmen (#)	Einrichtungen (#)
>0,3 MW	22	64

Quelle: Datenbank für Colocation- & Hyperscale-Rechenzentren, 2024

TABELLE 6: Gesamte deutsche Rechenzentrums-IT-Leistung

LANDESWEIT

IT-Leistung (MW)	COLOCATION- UND HYPERSCALE- RECHENZENTREN		ENTERPRISE- RECHENZENTREN		INSGESAMT	
	Agg. Gesamt (MW)	%	Agg. Gesamt (MW)	%	Agg. Gesamt (MW)	%
0,050–0,3	17	1,3	83	13,9	100	5,1
0,3–1	33	2,4	149	25,1	182	9,4
1–5	196	14,5	155	26,1	351	18,1
5–20	478	35,4	208	35,0	686	35,3
20 oder mehr	625	46,3	0	0,0	625	32,2
Insgesamt	1.349	100,0	595	100	1.944	100

METROPOLREGION FRANKFURT AM MAIN

IT-Leistung (MW)	COLOCATION- UND HYPERSCALE- RECHENZENTREN	
	Agg. Gesamt (MW)	%
>0,050	831	61,6

Quelle: Datenbank für Colocation- & Hyperscale-Rechenzentren, 2024



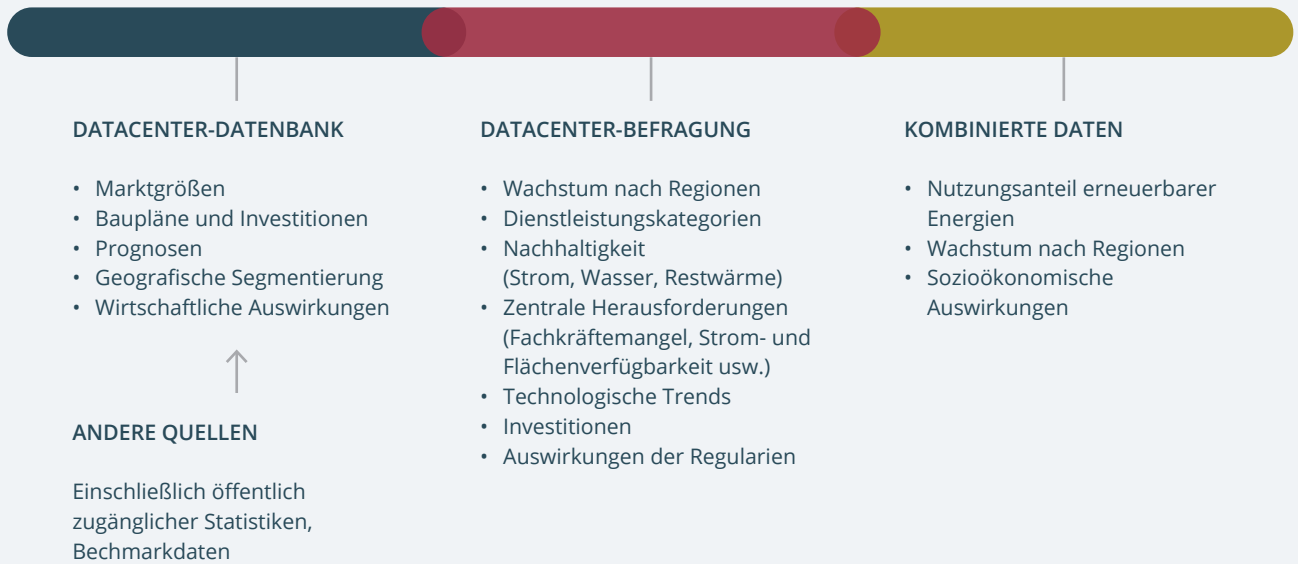
METHODIK DER

FORSCHUNG

In der vorliegenden Studie wurde ein multimethodischer Ansatz verfolgt, der sich auf eine Kombination aus Sekundärforschung und der Durchführung von zwei anonymen Umfragen stützt. Ziel war es, ein umfassendes Verständnis der aktuellen Marktsituation zu erlangen, zukünftige Entwicklungen zu prognostizieren und die wirtschaftlichen Auswirkungen mit höchstmöglicher Präzision zu quantifizieren. Zur Schätzung der Marktgröße und zur Erstellung von Prognosen wurden verschiedene Quellen herangezogen und methodisch analysiert. Die Sekundärforschung umfasste die Auswertung vorhandener Studien, Branchenberichte und öffentlich zugäng-

licher Datenbanken, um ein breites Spektrum relevanter Informationen zu erfassen. Die ergänzenden Umfragen wurden konzipiert, um spezifische Datenlücken zu schließen und aktuelle Einschätzungen von Marktteilnehmern zu gewinnen, wobei Anonymität gewährleistet wurde, um unverfälschte und authentische Antworten zu fördern. Die Integration dieser verschiedenen Forschungsmethoden und -analysen ermöglichte eine holistische Betrachtung des Untersuchungsgegenstandes und trug dazu bei, fundierte Schlussfolgerungen über die Marktdynamiken und deren ökonomische Implikationen zu ziehen.

ABBILDUNG 37: Forschungsansatz



ERHEBUNGEN

Die Datenerhebung für diese Studie umfasste zwei separate Umfragen. Die erste Erhebung wurde im Zeitraum von Dezember 2023 bis Januar 2024 durchgeführt und zielte auf Entscheidungsträger in Colocation-Rechenzentren ab. Insgesamt wurden 29 Fragebögen von Führungskräften ausgefüllt, wobei die Mehrheit, jedoch nicht alle Teilnehmer, Mitglieder der German Datacenter Association waren. Trotz der relativ geringen Stichprobengröße repräsentieren die teilnehmenden Unternehmen zusammen 71 % der gesamten IT-Leistungskapazität (gemessen in Megawatt, MW) des Colocation- und Hyperscale-Marktes in Deutschland, was die Relevanz und Aussagekraft der erfassten Daten unterstreicht.

Die zweite Umfrage fand im Januar 2024 statt und richtete sich an Entscheidungsträger in Enterprise-Rechenzen-

tren, die zu Organisationen mit mindestens 150 Mitarbeitern in Deutschland gehören. Diese Umfrage resultierte in 203 vollständig ausgefüllten Fragebögen. Die breitere Teilnahmebasis in der zweiten Erhebung erlaubt eine umfassendere Analyse der Praktiken und Perspektiven von Rechenzentren innerhalb von Unternehmen unterschiedlicher Größe und Branchenzugehörigkeit.

Beide Umfragen wurden konzipiert, um tiefgreifende Einblicke in die aktuellen Trends, Herausforderungen und Strategien im Betrieb von Rechenzentren in Deutschland zu gewinnen. Durch die Kombination der Ergebnisse aus beiden Umfragen mit ergänzenden Sekundärdaten konnte eine umfassende Basis für die Analyse der Marktdynamik und der zukünftigen Entwicklungsperspektiven des Rechenzentrumssektors geschaffen werden.

COLOCATION- UND HYPERSCALE-DATENBANK

Die Erstellung einer umfassenden Datenbank für Colocation- und Hyperscale-Rechenzentren stellt eine essenzielle Grundlage für die präzise Quantifizierung des Marktes dar. Diese Datenbank wurde durch Pb7 Research mittels einer Kombination aus bestehenden Quellen, Online-Recherchen und Datenvalidierungsprozessen entwickelt und wird kontinuierlich aktualisiert. Bei fehlenden Informationen wurden Schätzungen an-

hand alternativer Indikatoren, wie etwa der Anzahl der Racks oder der Grundfläche der Gebäude, vorgenommen. Das Ziel war es, eine vollständige Erfassung aller existierenden (und sofern öffentlich bekannt, geplanten) Rechenzentren zu ermöglichen, die Colocation-Dienste mit einer IT-Leistung von mindestens 50 kW bieten. In der Datenbank wurden der Name des Betreibers, der Standort, die Größe der Datenfläche, die Gebäudefläche

und die IT-Leistungskapazität erfasst. Insgesamt wurden 264 bestehende Einrichtungen identifiziert, zuzüglich 34, die sich in der Planungsphase oder im Bau befinden. Um

den Markt vollständig abzubilden, wurde eine Schätzung für eine Gruppe kleinerer Einrichtungen hinzugefügt, was einer Marktabdeckung von 0,7 % entspricht.

GRÖSSENBESTIMMUNG DES MARKTES DER ENTERPRISE-RECHENZENTREN

Für die Quantifizierung des Unternehmensmarktes wurde ein spezifisches Modell entwickelt, das demografische Unternehmensdaten (unter anderem Größe, Branche, geografische Lage) mit Informationen zur installierten Serverbasis und zu den Dimensionen der Rechenzentren pro Segment kombiniert. Durch die Aggregation der Umfrageergebnisse und die Berechnung der Durchschnittswerte pro Rack und Megawatt konnten die Anzahl und

Gesamtkapazität der Rechenzentrumseinrichtungen von Unternehmen (>50kW) quantifiziert werden. Diese methodische Vorgehensweise ermöglichte es, fundierte Schätzungen zur Gesamtgröße verschiedener Marktsegmente zu generieren und somit einen tiefgreifenden Einblick in die Struktur und Dynamik des Rechenzentrumssektors in Deutschland zu gewähren.

WIRTSCHAFTLICHE AUSWIRKUNGEN

Zur Ermittlung der wirtschaftlichen Auswirkungen von Rechenzentren auf die deutsche Wirtschaft wurde ein umfassender Ansatz verfolgt, der sowohl direkte als auch indirekte sowie induzierte Effekte umfasst. Die direkten Effekte beziehen sich auf den Beitrag zum Bruttoinlandsprodukt (BIP) und die Beschäftigungseffekte, die unmittelbar durch die Aktivitäten der Rechenzentren generiert werden. Die hierfür erforderlichen Umsatz- und Beschäftigungsdaten wurden durch Extrapolation der nach Betreibern spezifizierten Daten gewonnen und mit den Ergebnissen aus aktuellen Umfragen kombiniert. Diese Methodik wurde auf Hyperscale- und Colocation-Rechenzentren angewandt, und in einem begrenzten Umfang wurden auch Daten zu Enterprise-Rechenzent-

ren herangezogen, wobei hier auf Erkenntnisse aus spezifischen Studien zurückgegriffen wurde.

Die Berechnung der indirekten Effekte, die den BIP-Beitrag der Lieferkette repräsentieren, sowie der induzierten Effekte, die aus den Konsumausgaben der direkt und indirekt beschäftigten Arbeitnehmer resultieren, erfolgte durch die Anwendung nationaler Input-/Output-Statistiken. Das erstellte Modell der wirtschaftlichen Auswirkungen beinhaltet Anpassungen dieser Statistiken basierend auf den Erkenntnissen aus spezifischen Studien über die Ausgabenmuster von Rechenzentren, um die Genauigkeit des Modells zu optimieren.

ERSTELLEN VON PROGNOSEN

Für die Marktprognosen wurde ein kombinierter Ansatz aus Top-down- und Bottom-up-Analyse angewendet. Auf der Bottom-up-Ebene wurden geplante Erweiterungen und Bauvorhaben erfasst und deren voraussichtliche Realisierung auf Basis realistischer Zeitrahmen prognostiziert. Dabei wurden auch potenzielle Projekte berücksichtigt, die aktuell noch nicht sichtbar, aber mittelfristig zu erwarten sind. Der Top-down-Ansatz diente dem Abgleich dieser Daten mit existierenden internationalen Marktprognosen, um etwaige Diskrepanzen zu identifizieren und Korrekturen vorzunehmen.

Investitionszahlen, die häufig in Projektankündigungen genannt werden, wurden auf nicht spezifizierte Projekte extrapoliert, und die Investitionspläne wurden auf die

erwarteten Bauzeiträume verteilt, um die jährlichen Investitionsvolumina abzuschätzen.

Für die Quantifizierung und Prognose des Colocation-Marktes wurde ein Modell entwickelt, das den Markt in traditionelle Colocation-Rechenzentren und Hyperscale-Rechenzentren segmentiert. Umsätze pro Megawatt aus spezifischen Forschungsprojekten wurden herangezogen und mit den Umsatzzahlen börsennotierter Rechenzentrumsbetreiber weltweit abgeglichen, um die Umsatzunterschiede pro Megawatt speziell für Deutschland im Vergleich zu anderen Regionen wie Europa oder EMEA zu schätzen. Für die zukünftige Marktentwicklung wurde von einer moderaten Preissteigerung über den Prognosezeitraum ausgegangen.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

ABBILDUNG 1:	Forschungsansatz	8
ABBILDUNG 2:	Rechenzentren in Deutschland nach Typ und IT-Leistung (50 kW oder mehr), 1-1-2024	11
ABBILDUNG 3:	IT-Leistungsvolumen (MW) in Deutschland nach Typ, 1-1-2024	11
ABBILDUNG 4:	Frage: Wie viel Prozent der (genutzten) Kapazitäten in Deutschland sind für den internationalen Markt bestimmt?	19
ABBILDUNG 5-7:	Colocation-Rechenzentren nach Größe (IT-Leistung, Weißraum, Rackfläche), 1-1-2023, 1-1-2024	19
ABBILDUNG 8:	Frage: Was sind die größten Herausforderungen für Ihr Unternehmen in den nächsten drei Jahren? [Mehrfachnennungen, Metro Frankfurt, Top 10 Antworten]	20
ABBILDUNG 9:	Frage: Was sind die größten Herausforderungen für Ihr Unternehmen in den nächsten drei Jahren? [Mehrfachnennungen, außer Metro Frankfurt, Top 7 Antworten]	21
ABBILDUNG 10:	Bau- und Ausbaupläne nach Metro-Standorten (MW IT-Leistung) gegenüber 1-1-2024	22
ABBILDUNG 11:	Investitionen in Rechenzentren (Mio. €), Colocation und Hyperscale, Prognose 2023-2029	22
ABBILDUNG 12:	Marktgröße für Colocation-Rechenzentren (MW) und Prognose (%), 2022-2029 (durchschnittliche jährliche Wachstumsrate 2023-2029: 15,6%)	23
ABBILDUNG 13:	Colocation-Umsatz (Mio. €), 2022 - 2029 (durchschnittliche jährliche Wachstumsrate 2024-2029: 16,0%)	23
ABBILDUNG 14:	Frage: Wie hoch ist der ungefähre aktuelle Belegungsgrad?	24
ABBILDUNG 15:	Frage: Um wie viel Prozent wird Ihr Unternehmen im Jahr 2024 voraussichtlich wachsen oder schrumpfen?	24
ABBILDUNG 16:	Frage: In welchem der folgenden Bereiche erwarten Sie in den nächsten drei Jahren einen Anstieg oder einen Rückgang der Einnahmen?	25
ABBILDUNG 17:	Frage: In welcher der folgenden Regionen erwarten Sie in den nächsten drei Jahren ein Umsatzwachstum oder einen Umsatzrückgang?	26
ABBILDUNG 18:	IT-Leistungsvolumen (MW) in Deutschland nach Bundesländern, 1-1-2024 (logarithmische Skala)	27
ABBILDUNG 19-22:	Merkmale der Erhebungsstichprobe: Branche, Mitarbeiterzahl, installierte IT-Leistung, Rackfläche	30
ABBILDUNG 23:	Frage: Erwarten Sie, dass Ihr Rechenzentrumsbetrieb im Jahr 2024 wachsen oder schrumpfen wird?	31
ABBILDUNG 24:	Frage: Was sind die größten Herausforderungen für Ihr Unternehmen in den nächsten drei Jahren? [Mehrfachantwort, Top-8-Antworten]	32
ABBILDUNG 25:	Wirtschaftliche Auswirkungen von Rechenzentren in Deutschland, Beschäftigungseffekte, 2024	34
ABBILDUNG 26:	Frage: Wie viele Mitarbeiter sind in Ihrem Unternehmen (Rechenzentrum) tätig? Wenn Colocation Ihre Haupttätigkeit ist, können Sie alle Mitarbeiter zählen. Wenn dies NICHT Ihre Haupttätigkeit ist, zählen Sie nur die Mitarbeiter, die in der Rechenzentrumsorganisation tätig sind. – Eigene Mitarbeiter (FTE)	36

ABBILDUNG 27:	Frage: Wie viele Mitarbeiter sind in Ihrem Unternehmen (Rechenzentrum) tätig? Hinweis: Wenn Colocation Ihre Haupttätigkeit ist, können Sie alle Mitarbeiter zählen. Wenn dies NICHT Ihre Haupttätigkeit ist, zählen Sie nur die Mitarbeiter, die in der Rechenzentrumsorganisation tätig sind. – Eingestellte Mitarbeiter (FTE)	36
ABBILDUNG 28:	Frage: Was sind Ihrer Meinung nach die größten Hindernisse bei der Suche nach neuen Mitarbeitern? [Mehrfachnennungen]	38
ABBILDUNG 29:	Frage: In welchen der folgenden Disziplinen bilden Sie aus? [Mehrfachnennung]	40
ABBILDUNG 30:	Wirtschaftliche Auswirkungen (EUR Mrd.) von Colocation-Rechenzentren in Deutschland, Beitrag zum BIP (durchschnittliche jährliche Wachstumsrate 2024-2029: 14%)	41
ABBILDUNG 31:	Frage: Wie verteilt sich der Energieverbrauch Ihres Rechenzentrums/Ihrer Rechenzentren ungefähr auf die folgenden Varianten? [Gewichtet nach IT-Leistung]	42
ABBILDUNG 32:	Frage: Wenn Sie PPAs (Power Purchase Agreements) mit Anbietern von Solar- und/oder Windenergie abgeschlossen haben, zu welchem Prozentsatz decken diese Ihren Energiebedarf?	44
ABBILDUNG 33:	Frage A: Welche der folgenden nachhaltigen Initiativen haben Sie bereits in Betrieb [Mehrfachnennungen]? Frage B: Welche der folgenden nachhaltigen Initiativen stehen in den nächsten 2 Jahren auf Ihrer Agenda [Mehrfachnennungen]?	45
ABBILDUNG 34:	Frage A: Welche der folgenden nachhaltigen Initiativen haben Sie bereits in Betrieb [Mehrfachnennungen]? Frage B: Welche der folgenden nachhaltigen Initiativen stehen in den nächsten 2 Jahren auf Ihrer Agenda [Mehrfachnennungen]?	46
ABBILDUNG 35:	Frage: Wie hoch ist der durchschnittliche realisierte PUE-Wert Ihres Rechenzentrums/ Ihrer Rechenzentren in Deutschland (NICHT der „Design-PUE-Wert“)?	48
ABBILDUNG 36:	Frage: Wie hoch ist der durchschnittliche realisierte PUE-Wert Ihres Rechenzentrums/ Ihrer Rechenzentren in Deutschland (NICHT der „Design-PUE-Wert“) - nach Branche	49
ABBILDUNG 37:	Forschungsansatz	53

TABELLENVERZEICHNIS

TABELLE 1:	Größenordnung des deutschen Marktes für mandantenfähige Rechenzentren, Stand 1. Januar	18
TABELLE 2:	Beschäftigung in Rechenzentren nach Tätigkeitsbereichen, Deutschland, 1-1-2024	37
TABELLE 3:	Frage: Wie viele Frauen sind derzeit in Ihrem Unternehmen (Rechenzentrum) in technischen und nichttechnischen Funktionen tätig?	39
TABELLE 4:	Frage: Bieten Sie in Ihrem Unternehmen Ausbildung an?	39
TABELLE 5:	Gesamtzahl der deutschen Rechenzentren	52
TABELLE 6:	Gesamte deutsche Rechenzentrums-IT-Leistung	52

ÜBER PB7 RESEARCH

Pb7 Research ist ein unabhängiges IT-Forschungsunternehmen mit langjähriger Erfahrung im Bereich der Rechenzentren. Pb7 Research bietet unabhängige Forschung und Beratung, die auf die erfolgreiche Einführung neuer Technologien auf den europäischen Märkten abzielt. Pb7 unterstützt Technologievermarkter und Strategen durch die Identifizierung und Analyse von Markt- und Wettbewerbschancen und -herausforderungen, Technologiekäufer bei der Entscheidungsfindung und hilft politischen Entscheidungsträgern mit wichtigen

Statistiken und Markteinblicken. Pb7 Research ist ein Spezialist für Rechenzentrumsinfrastruktur und -dienste, Cloud, Edge und IoT sowie andere aufkommende Technologien.

KONTAKT:

Peter Vermeulen, leitender Analyst

Tel.: +31 657 585 156

peter@pb7.nl

www.pb7.nl

ÜBER DIE GERMAN DATACENTER ASSOCIATION E.V.

Die German Datacenter Association e.V. (GDA) ist der Verband der Rechenzentrumsbranche in Deutschland und vertritt deren Interessen gegenüber Gesellschaft, Wirtschaft und Politik. Die Mitgliedsunternehmen der GDA repräsentieren die Vielfalt und Innovationskraft des Ökosystems Rechenzentrum. Der Verband bietet ihnen eine Plattform, um das Wachstum der Branche gemeinsam zu stärken und ihre Wahrnehmung in Gesellschaft, Wirtschaft und Politik zu verbessern. Zudem vertritt die

GDA ihre Mitglieder in Bezug auf Gesetze, Bestimmungen, Standards, Normen und politische Fragen in den entsprechenden Gremien. Erklärtes Ziel ist es, die Rahmenbedingungen für das Betreiben von Rechenzentren in Deutschland nachhaltig zu verbessern und die Investitionsattraktivität von deutschen Standorten zu steigern. Die German Datacenter Association e.V. wurde 2018 gegründet und hat ihren Sitz in Frankfurt am Main.

IMPRESSUM

HERAUSGEBER

© German Datacenter Association e.V.
Hanauer Landstraße 204
60314 Frankfurt
Tel.: +49 69 8700 3928 3
E-Mail: office@germandatacenters.com

BEAUFTRAGTES FORSCHUNGSUNTERNEHMEN

© Pb7 Research
Peter Vermeulen
Tel.: +31 657 585 156
E-Mail: peter@pb7.nl

Diese Publikation stellt eine allgemeine und unverbindliche Information dar. Die in der Veröffentlichung geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit der Meinung der Mitgliedsunternehmen des Herausgebers übereinstimmen. Obwohl die Informationen mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt wurden, besteht kein Anspruch auf sachliche Richtigkeit, Genauigkeit, Vollständigkeit und/oder Aktualität, insbesondere kann diese Publikation nicht den besonderen Umständen des Einzelfalls Rechnung tragen. Eine Verwendung liegt daher in der eigenen Verantwortung des Lesers. Jegliche Haftung des Herausgebers wird ausgeschlossen.

© German Datacenter Association e. V.

Es wird darauf hingewiesen, dass alle Teile dieser Broschüre urheberrechtlich geschützt sind und eine Weitergabe bzw. auszugsweises Kopieren nur mit Genehmigung der German Datacenter Association e. V. erfolgen darf.

VERANTWORTLICH IM SINNE DES PRESSERECHTS

Anna Klaft | German Datacenter Association e.V.

REDAKTION

Julia Niederwipper | German Datacenter Association e.V.
E-Mail: niederwipper@germandatacenters.com
Nik Maurice Krämer | German Datacenter Association e.V.
E-Mail: kraemer@germandatacenters.com
Martin Kohoutek | German Datacenter Association e.V.
E-Mail: kohoutek@germandatacenters.com

LAYOUT UND SATZ

Inken Esin | Coast Design

ZITIERVORSCHLAG

German Datacenter Association. (2024).
Data Center Impact Report Deutschland 2024.

ILLUSTRATIONEN

Illustrationen gestaltet von Freepik

Stand: März 2024

WWW.GERMANDATACENTERS.COM