

Hessische Staatskanzlei

Hessische Ministerin für
Digitale Strategie und Entwicklung

HESSEN



Herausforderungen und Chancen durch den Boom beim Neubau von Rechenzentren

Dr. Ralph Hintemann | Simon Hinterholzer | Tim Grothey



Inhaltsverzeichnis

Glossar	2
Abkürzungsverzeichnis	2
Executive Summary	3
1 Zielsetzung und Fragestellungen der Studie	4
2 Entwicklung des Rechenzentrumsmarktes in Hessen	6
2.1 Trends im nationalen und internationalen Rechenzentrumsmarkt	7
2.2 Entwicklungen im hessischen Rechenzentrumsmarkt	10
3 Vertiefende Betrachtung ausgewählter Marktsegmente	14
3.1 Colocation-Rechenzentren	14
3.2 Cloud- und Edge- Rechenzentren	16
3.3 Rechenzentren von Forschungseinrichtungen	18
4 Aktuelle Herausforderungen im hessischen Rechenzentrumsmarkt	19
Quellen	21
Anhang: Methodisches Vorgehen	U3
Impressum	U4

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entwicklung der Investitionen in Hyperscale-Cloud-Rechenzentren weltweit (Prognose)	7
Abbildung 2: Anteile verschiedener Regionen an den Rechenzentrumskapazitäten in Europa (gemessen in MW IT-Anschlussleistung)	8
Abbildung 3: Entwicklung des neuen Angebots an Colocation-Rechenzentren an den Standorten Frankfurt, London, Paris und Amsterdam in den Jahren 2020 und 2021	9
Abbildung 4: Experten-Befragung zu Standortfaktoren von Rechenzentren in Deutschland	10
Abbildung 5: Rechenzentrumsdichte in den Bundesländern in Deutschland (gemessen in MW IT-Anschlussleistung/Einwohner)	11
Abbildung 6: Entwicklung der Kapazitäten der Rechenzentren in Hessen (gemessen in IT-Fläche und in MW IT-Anschlussleistung)	13
Abbildung 7: Entwicklung der Kapazitäten der Colocation-Rechenzentren in Hessen (gemessen in MW IT-Anschlussleistung)	15
Abbildung 8: Entwicklung der angebotenen Rechenzentrumsleistung in Colocation Rechenzentren der Region Frankfurt/Rhein-Main	16
Abbildung 9: Entwicklung der Kapazitäten der Rechenzentren in Hessen mit Anteil Cloud und Edge (gemessen in MW IT-Anschlussleistung)	17

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Aktuelle Rechenzentrumsprojekte in Hessen (Auswahl)	12
Tabelle 2: Hochleistungsrechenzentren von Forschungseinrichtungen in Hessen (Auswahl)	18

Glossar

Cloud Computing	Cloud Computing bezeichnet den Ansatz, IT-Ressourcen wie Speicherplatz, Rechenleistung oder Anwendungssoftware über das Internet als Dienstleistung zur Verfügung zu stellen.
Colocation-Rechenzentrum	Rechenzentrum, in dem ein Anbieter seinen Kunden Rechenzentrumsfläche und Versorgungsinfrastruktur bereitstellt. Die IT-Geräte sind aber im Besitz des Kunden.
Edge Datacenter	Edge-Datacenter sind IT-Installationen, die sich am Edge (am Rand bzw. dezentral) eines Netzwerkes befinden. Sie nutzen die gleichen Geräte wie Rechenzentren, sind meist kleiner als konventionelle Rechenzentren, befinden sich näher am „Endkunden/Client“ und bieten damit geringe Latenzzeiten und eine lokale Datenverarbeitung.
Hyperscale-Cloud-Anbieter	Hyperscale-Cloud-Angebote sind IT-Installationen im Bereich Cloud Computing, bei denen massive Skalierungen möglich ist. Solche Angebote gibt es von sehr großen internationalen IT-Dienstleistungsunternehmen. Die größten Hyperscale-Cloud-Anbieter sind Amazon Web Services, Microsoft und Google.
IT-Fläche	Die IT-Fläche ist die Fläche innerhalb von Rechenzentren, die für das Aufstellen von IT-Equipment wie Server, Speichersysteme und Netzwerkkomponenten zur Verfügung steht.
IT-Anschlussleistung	Mit IT-Anschlussleistung von Rechenzentren ist in der vorliegenden Studie die maximale Stromaufnahme der tatsächlich in den Rechenzentren installierten Hardware gemeint

Abkürzungsverzeichnis

DE-CIX	Deutscher Commercial Internet Exchange
DWD	Deutscher Wetterdienst
FLAP	Frankfurt, London, Amsterdam, Paris
GB	Großbritannien
HPC	High-Performance-Computing

Executive Summary

Die zunehmende Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft führt zu einer deutlichen Erhöhung des Bedarfs an Rechenleistung und damit zu einem Boom im weltweiten Rechenzentrumsmarkt. Hessen und insbesondere der Raum Frankfurt/Rhein-Main ist neben dem Großraum London der bedeutendste Rechenzentrumsstandort in Europa. Innerhalb von Deutschland weist Hessen die mit Abstand größte Rechenzentrumsdichte auf – bezogen auf die Einwohnerzahl hat Hessen mindestens dreimal mehr Rechenzentrumskapazitäten als jedes andere Bundesland. Insgesamt befindet sich fast ein Drittel aller deutschen Rechenzentrumskapazitäten in Hessen – bei den Großrechenzentren hat Hessen sogar einen Anteil von 50%. Frankfurt/Rhein-Main ist die am schnellsten wachsende Rechenzentrumsregion in Europa.

Die Corona-Pandemie ließ den Bedarf an Cloud-Rechenzentren steigen und die vermehrten Investitionen internationaler Hyperscale-Cloud-Anbieter treiben das Wachstum des Rechenzentrumsmarkts in Hessen. Im Jahr 2020 machten Cloud Rechenzentren bereits mehr als die Hälfte der Rechenzentrumskapazitäten in Hessen aus. Die Kapazitäten der Colocation-Rechenzentren in Hessen verdoppeln sich aktuell alle fünf Jahre. Bereits jetzt sind mehr als die Hälfte der deutschen Colocation-Kapazitäten in Hessen. Auch im Bereich der Unternehmens- und Forschungsrechenzentren finden sich in Hessen große Installationen mit teilweise internationaler Sichtbarkeit. Es wird erwartet, dass die Rechenzentrumskapazitäten bis 2025 um über 50% steigen und so die führende Position Hessens als Rechenzentrumsstandort in den kommenden Jahren weiter zunehmen wird.

Der Rechenzentrumsmarkt in Hessen steht trotz der guten Marktposition vor einigen Herausforderungen. Zwar sichern in Hessen Rechenzentren mehr als 35.000 Arbeitsplätze, der Bedarf an Arbeitskräften in der Branche kann jedoch zurzeit aufgrund des massiven Fachkräftemangels kaum gedeckt werden. Mit dem deutlichen Wachstum der Rechenzentrumskapazitäten steigen auch der Energie- und Ressourcenbedarf der Branche. Der nachhaltige Betrieb der Rechenzentren insbesondere hinsichtlich der Versorgung der Rechenzentren mit regenerativ erzeugtem Strom und in Bezug auf die mögliche Nutzung der Abwärme aus Rechenzentren stellte eine weitere Herausforderung für die Branche dar. Ebenso stellen der zusätzliche Flächenbedarf und die notwendigen Leistungen in der Stromversorgung Herausforderungen für das künftige Wachstum der Rechenzentrumskapazitäten in der Region Frankfurt/Rhein-Main dar. Wirtschaftlich wird die Rechenzentrumsbranche zunehmend abhängiger von wenigen großen internationalen Hyperscale-Cloud-Anbietern. Diese Abhängigkeit birgt Risiken für die aktuellen Marktakteure und für die Region insgesamt – insbesondere da auch andere nationale und internationale Standorte sich um die Ansiedlung großer Rechenzentren bemühen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Aussichten im hessischen Rechenzentrumsmarkt sehr gut sind – wenn es gelingt, die genannten Herausforderungen geeignet zu adressieren, steht einem weiteren Ausbau der führenden Position Hessens als Rechenzentrumsstandort aus aktueller Sicht nichts im Wege.

1 Zielsetzung und Fragestellungen der Studie

Die voranschreitende Digitalisierung verändert die Art und Weise, wie wir lernen, arbeiten, wirtschaften und miteinander kommunizieren. Mit der Digitalisierung ist eine Vision verbunden, in der Bürgerinnen und Bürger neueste digitale Technologien selbstverständlich und souverän im Berufsleben und im Alltag nutzen, Unternehmen Innovationen entwickeln und produzieren, Bildung und Wissenschaft noch leistungsfähiger werden und eine digitale Verwaltung sicher, verlässlich und nutzerfreundlich ihre Dienste zur Verfügung stellt (Hessisches Ministerium für Digitale Strategie und Entwicklung, 2021; SPD, Die Grünen, & FDP, 2021). Um diese Vision zu erreichen, sind leistungsfähige digitale Infrastrukturen eine Grundvoraussetzung. Zusammen mit Breitbandnetzen sind Rechenzentren das Rückgrat der Digitalisierung. Zur hohen strategischen Bedeutung leistungsfähiger Breitbandnetze besteht ein breiter Konsens in der Gesellschaft. Dagegen setzt sich die Erkenntnis, dass ohne einen deutlichen Ausbau der Rechenzentrumsinfrastruktur die mit der Digitalisierung verbundenen Ziele nicht erreicht werden können, nur langsam durch.

Die Leistungsfähigkeit und die Bedeutung von Rechenzentren haben in den vergangenen Jahren immer mehr zugenommen. Im Raum Frankfurt/Rhein-Main existiert mit dem DE-CIX der - gemessen am Datenvolumen - weltweit größte Internetknoten. In Deutschland ist Hessen der Top-Standort für Rechenzentren. Im Jahr 2018 befanden sich bereits ein Viertel der deutschen Rechenzentrumskapazitäten in Hessen. Bei Colocation-Rechenzentren und bei Groß-Rechenzentren lag Hessens Anteil sogar bei 40% (Hintemann & Clausen, 2018b).

Trotz der enormen Bedeutung von Rechenzentren für die Digitalisierung ist allerdings das Wissen um die Strukturen und die Entwicklungen im Rechenzentrumsmarkt verhältnismäßig gering. Zur Anzahl und Größenstruktur der Rechenzentren in Deutschland gibt es aus dem letzten Jahrzehnt bislang nur zwei Studien, die das Borderstep Institut für den Bitkom angefertigt hat (Hintemann, 2017; Hintemann & Clausen, 2014) - eine aktuelle Studie steht kurz vor der Veröffentlichung (Hintemann, Graß, Hinterholzer, & Grothey, 2022). Für das Bundesland Hessen existieren zwei von Borderstep angefertigte Studien, die sich konkret mit der Entwicklung des Rechenzentrumsmarktes in Hessen befassen (Hintemann & Clausen, 2016, 2018b).

Aktuell ist eine sehr hohe Dynamik in der Entwicklung des Rechenzentrumsmarktes festzustellen. Es werden insbesondere sehr große Rechenzentren neu geplant und gebaut, deren IT-Anschlussleistungen oberhalb von 100 MW liegt. Der Standort Frankfurt/Rhein-Main nimmt hier eine besondere Bedeutung ein. Allein drei neue Rechenzentrumprojekte in Frankfurt Fechenheim, in Hanau und in Offenbach sollen in Summe mehr neue Rechenzentrumskapazitäten anbieten, als bisher im Raum Frankfurt insgesamt angeboten werden.

Welche Auswirkungen solche Großprojekte mittelfristig auf die bestehende Rechenzentrumslandschaft in Hessen haben, ist nur schwer abzusehen. Werden die Kapazitäten aus kleineren Rechenzentren hierhin verlagert oder entstehen diese Kapazitäten in Ergänzung der bestehenden Strukturen? Welche Bedeutung haben unterschiedliche Betriebs- und Bereitstellungsmodelle wie Colocation, Cloud oder Managed Services? Was bedeutet das insgesamt für die Entwicklung der Investitionen in Rechenzentren in Hessen? Und wie wird sich die Zahl und die Kapazität der Rechenzentren in Hessen insgesamt entwickeln?

Ziel der Studie ist es, diese Fragen zu beantworten und die Informationslage zu Rechenzentren in Hessen weiter zu verbessern. Insbesondere sollen aktuelle Daten zur Marktgröße und zur Entwicklung der Rechenzentren in Hessen bereitgestellt werden.

Im Einzelnen sollen in der Studie folgende Fragestellungen behandelt werden:

- Wie entwickelt sich der Rechenzentrumsmarkt und die Struktur der Rechenzentren in Hessen? Anhand welcher Messgröße lässt sich die Entwicklung des Rechenzentrumsmarktes darstellen?
- Welche Bedeutung hat der hessische Rechenzentrumsmarkt innerhalb von Deutschland und in Europa?
- Wie entwickeln sich die Rechenzentrumskapazitäten in Hessen? Wie entwickeln sich die Investitionen in Rechenzentren und der Arbeitsmarkt für Rechenzentrumsfachkräfte in Hessen?
- Wie entwickeln sich unterschiedliche Teilmärkte bzw. Segmente, z. B. der Colocation-Markt, der Cloud-Markt, der Bereich der Edge-Rechenzentren oder On-Premise-Rechenzentren?
- Wie entwickelt sich insbesondere die Rechenzentren in der Region Frankfurt/Rhein-Main? Welche Bedeutung haben andere Standorte in Hessen?
- Wie wird sich der Rechenzentrumsmarkt in Hessen voraussichtlich bis zum Jahr 2025 entwickeln? Welche Entwicklungen sind darüber hinaus wahrscheinlich?

2 Entwicklung des Rechenzentrumsmarktes in Hessen

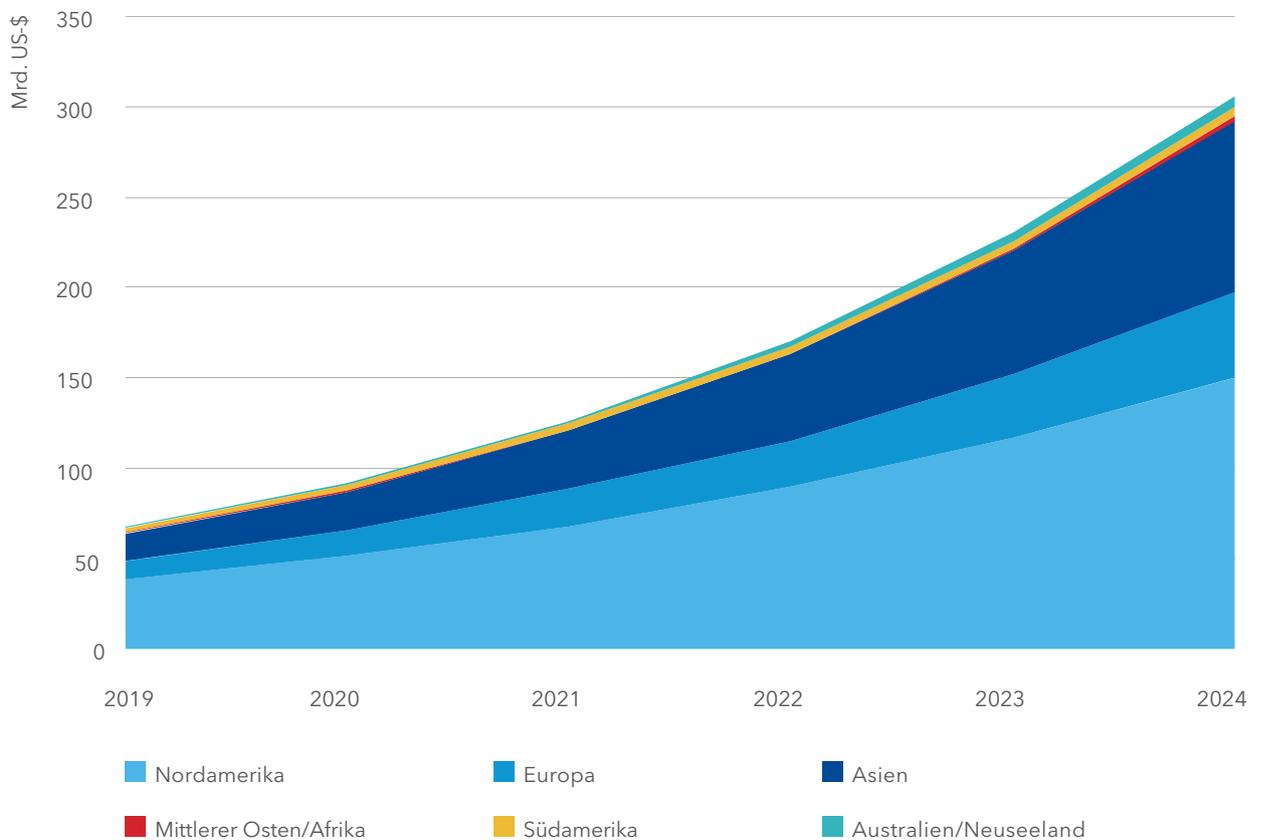
Key Facts

- Die zunehmende Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft führt zu einer deutlichen Erhöhung des Bedarfs an Rechenleistung und damit zu einem Boom im weltweiten Rechenzentrumsmarkt.
- Mit der Corona-Pandemie steigt insbesondere der Bedarf an Cloud-Rechenzentren.
- Die Investitionen internationaler Hyperscale-Cloud-Anbieter in Standorte in Europa und Deutschland sind in den vergangenen fünf Jahren deutlich gestiegen.
- Frankfurt/Rhein-Main ist die am schnellsten wachsende Rechenzentrumsregion in Europa. Der Netzwerkknoten DE-CIX sowie die hohe regionale Konzentration leistungsfähiger Anwender, Zulieferer und Dienstleister sprechen für den Standort.
- Als Messgröße für die Entwicklung des Rechenzentrumsmarktes eignet sich vor allem die IT-Anschlussleistung in MW. Das in der Vergangenheit oft genutzte Maß „IT-Fläche“ ist kaum noch geeignet, da sie aufgrund deutlich steigender Leistungsdichten das Marktwachstum nur unzureichend abbildet.
- In Hessen und insbesondere im Raum Frankfurt/Rhein-Main gibt es innerhalb von Deutschland mit Abstand die größte Rechenzentrumsdichte - 30% aller deutschen Rechenzentrumskapazitäten sind in Hessen - insgesamt lag die Rechenzentrumskapazität in Hessen im Jahr 2020 bei mehr als 600 MW, gemessen in MW IT-Anschlussleistung.
- Als Standort für große Rechenzentren ist die führende Position Hessens in Deutschland noch deutlicher: 50% der Groß-Rechenzentren sind in Hessen.
- Rechenzentren sichern mehr als 35.000 Arbeitsplätze in Hessen - der Bedarf an Arbeitskräften in der Branche kann zurzeit aufgrund des massiven Fachkräftemangels kaum gedeckt werden.

2.1 Trends im nationalen und internationalen Rechenzentrumsmarkt

Die voranschreitende Digitalisierung führt zu einem weltweiten Boom im Rechenzentrumsmarkt. Besonders stark wachsen die Cloud-Angebote und hier vor allem die sogenannten Hyperscale-Cloud-Rechenzentren. Die Marktanalysten von Cushman&Wakefield gehen davon aus, dass sich die Investitionen in die Hyperscale-Cloud-Rechenzentren weltweit zwischen 2019 und 2024 auf über 300 Mrd. US-\$ etwa vervierfachen (Abbildung 1).

Abbildung 1:
Entwicklung der Investitionen in Hyperscale-Cloud-Rechenzentren weltweit (Prognose)

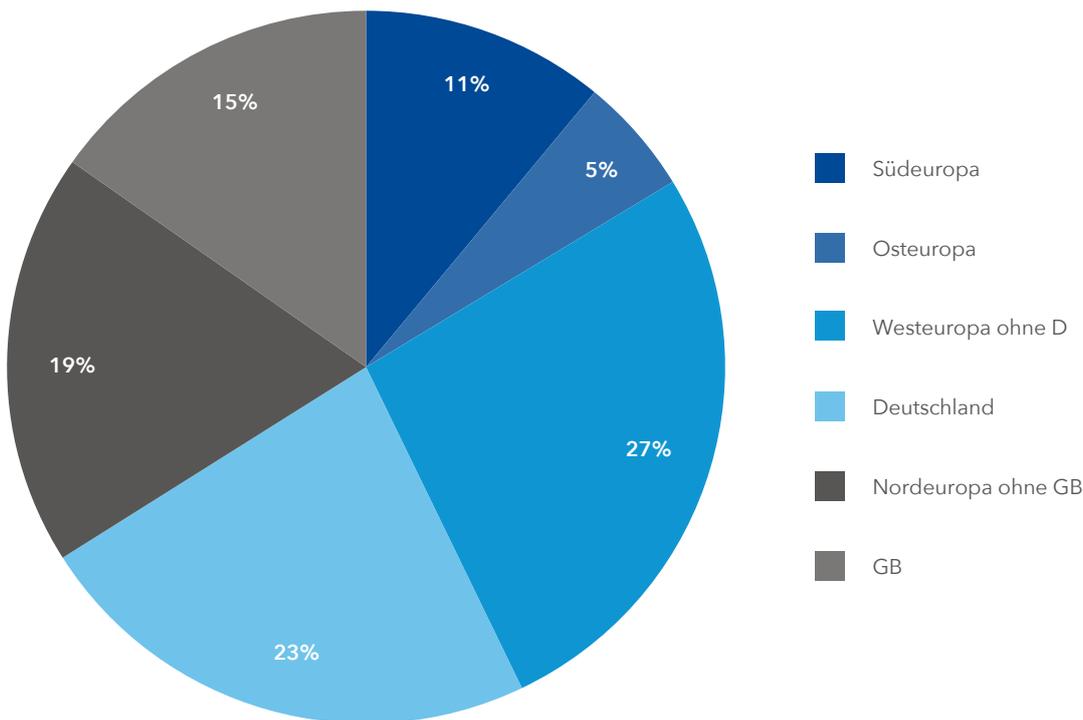


Quelle: Cushman&Wakefield (2021)

Während der relative Anteil Europas an den internationalen Rechenzentrumskapazitäten im letzten Jahrzehnt insgesamt rückläufig war, liegt er in den letzten Jahren (Hintemann & Clausen, 2018b, 2018a) stabil bei 15%. Das entspricht etwa dem Anteil Europas am globalen Bruttoinlandsprodukt. Auch der europäische Anteil an den Investitionen in Hyperscale-Cloud-Rechenzentren liegt nach den Analysen von Cushman&Wakefield in dieser Größenordnung. Im Vergleich dazu hat Nordamerika einen sehr viel höheren Anteil an den Rechenzentrumskapazitäten und auch an den Investitionen in Hyperscale-Cloud-Rechenzentren.

Innerhalb von Europa liegen gemäß einer Abschätzung des Borderstep Instituts 50% der Kapazitäten der Rechenzentren – gemessen in MW IT-Anschlussleistung – in Westeuropa. Deutschland ist mit einem Anteil von 23% der größte Teilmarkt für Rechenzentren in Europa (Abbildung 2).

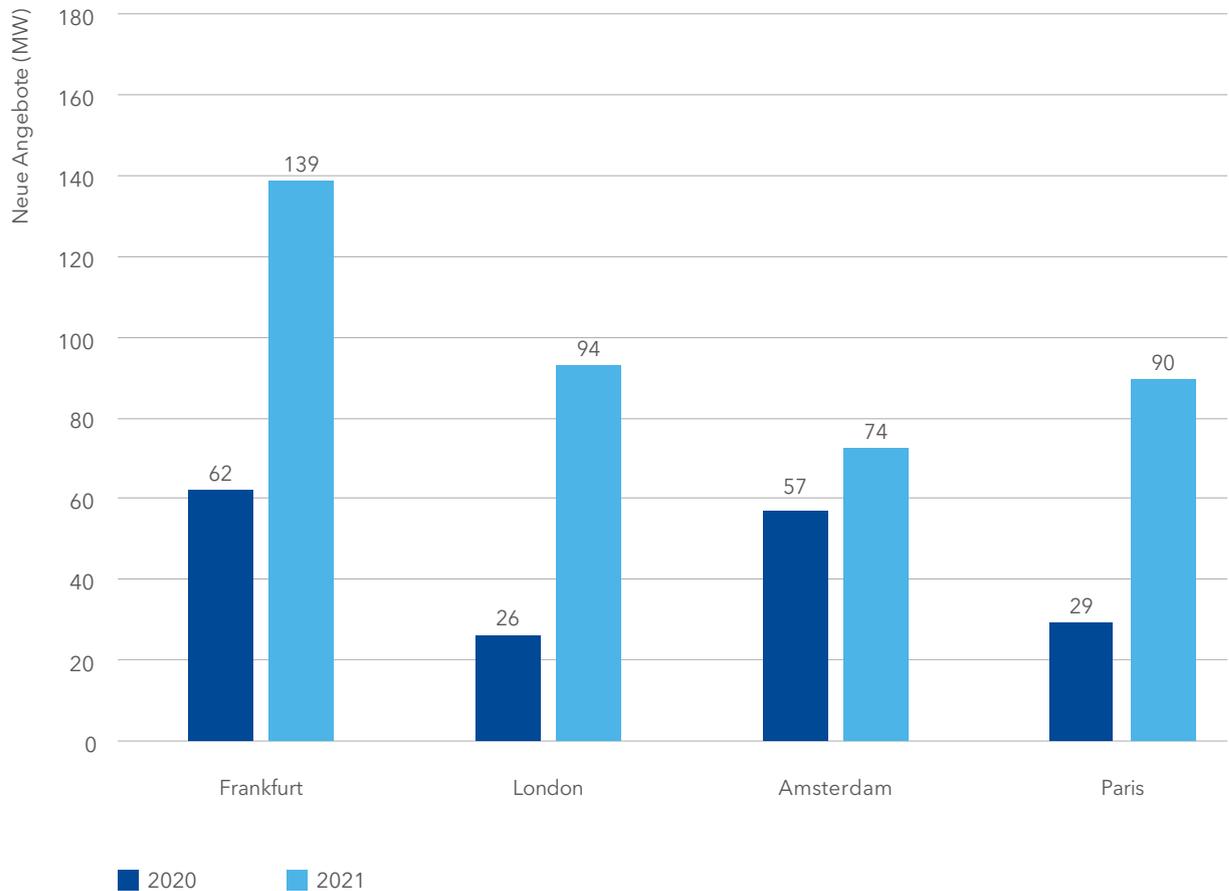
Abbildung 2:
Anteile verschiedener Regionen an den Rechenzentrumskapazitäten in Europa
(gemessen in MW IT-Anschlussleistung)



Quelle: Berechnungen auf Basis von Hintemann, et al (2020) (Osteuropa: Bulgarien, Polen, Rumänien, Slowakei, Tschechien, Ungarn; Nordeuropa: Dänemark, Estland, Finnland, Großbritannien (GB), Irland, Lettland, Litauen, Schweden, , Südeuropa: Griechenland, Italien, Kroatien, Malta, Portugal, Slowenien, Spanien; Westeuropa: Belgien/Luxemburg, Deutschland, Frankreich, Niederlande, Österreich)

Der Rechenzentrumsmarkt in Europa konzentriert sich insbesondere in den Metropolregionen Frankfurt/Rhein-Main, London, Paris und Amsterdam. Diese Rechenzentrumsmärkte werden auch FLAP-Märkte genannt. Der Immobiliendienstleister CBRE ermittelt regelmäßig die Entwicklung der in diesen Märkten angebotenen Rechenzentrumskapazitäten. In den Jahren 2020 und 2021 wächst gemäß CBRE-Analysen das Rechenzentrumsangebot im Raum Frankfurt/Rhein-Main mit deutlichem Abstand zu den anderen Regionen am stärksten (Abbildung 3). Im Jahr 2021 wurde ein neuer Rekord für das jährliche Wachstum in Frankfurt/Rhein-Main erreicht - laut aktueller CBRE-Prognose wuchs das Angebot um 30% (CBRE, 2022). Niemals vorher wurde das Angebot in der Region in diesem Ausmaß erhöht. Gründe für die starke Konzentration des Rechenzentrumsangebots im Raum Frankfurt/Rhein-Main sind insbesondere der dort vorhandene Netzwerkknoten DE-CIX, die gute Verfügbarkeit von leistungsstarken und zuverlässigen Zulieferern und Dienstleistern und die Nähe zu wichtigen Kunden z. B. aus dem Bereich der Finanzdienstleistungen (Hintemann & Clausen, 2018b; Hintemann, Clausen, Beucker, & Hinterholzer, 2021). Auch die zentrale Lage in Europa spricht für die Region.

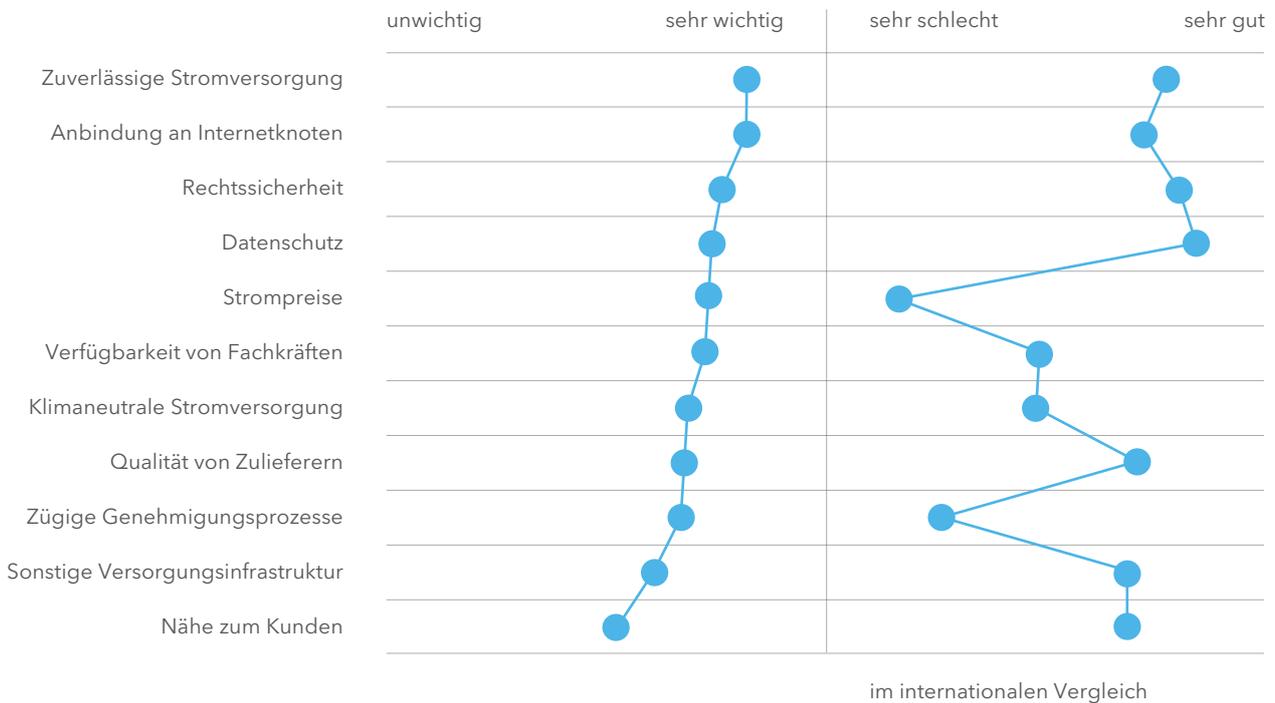
Abbildung 3:
Entwicklung des neuen Angebots an Colocation-Rechenzentren an den Standorten Frankfurt, London, Paris und Amsterdam in den Jahren 2020 und 2021



Quelle: CBRE (2021b , 2021c, 2022)

Im internationalen Vergleich profitiert der Raum Frankfurt von der in Deutschland als zuverlässig angesehenen Stromversorgung und dem hier hohen Niveau der Rechtssicherheit und des Datenschutzes (Hintemann et al., 2022). Bei den Standortfaktoren Strompreise und zügige Genehmigungsprozesse wird Deutschland allerdings verhältnismäßig schlecht bewertet (Abbildung 4). Diese Bewertung wird in Experteninterviews auch für den Raum Frankfurt/Rhein-Main weitgehend bestätigt, auch wenn hier die Genehmigungsprozesse aufgrund der vorhandenen Erfahrungen teilweise etwas zügiger ablaufen als im bundesdeutschen Durchschnitt.

**Abbildung 4:
Experten-Befragung zu Standortfaktoren von Rechenzentren in Deutschland**



Quelle: Hintemann et al. (2022)

Die Corona-Pandemie hat die hohe Bedeutung digitaler Infrastrukturen gerade in Krisenzeiten sehr deutlich gemacht. Gleichzeitig konnten die digitalen Infrastrukturen in Deutschland zeigen, dass auch auf massive Veränderungen z. B. im Datenvolumen und in den Nutzungsmustern flexibel reagiert werden kann. Rechenzentren und Netze funktionierten mehr als zuverlässig und es kam zu keinen bekannten ernsthaften Problemen oder gar Ausfällen. Zwar ist das Wachstum des deutschen Rechenzentrumsmarkts im Jahr 2020 niedriger ausgefallen als erwartet. Dies war aber nicht durch mangelnde Nachfrage, sondern vor allem durch Corona-bedingte Liefereinschränkungen und allgemeinen Verzögerungen in Planungs- und Bauprozessen begründet.

2.2 Entwicklungen im hessischen Rechenzentrumsmarkt

Die hohe Bedeutung der Region Frankfurt/Rhein-Main als Rechenzentrumsmarkt drückt sich auch darin aus, dass im Bundesland Hessen innerhalb von Deutschland die mit Abstand höchste Dichte an Rechenzentren besteht (Abbildung 5). Hessen weist - gemessen an der IT-Anschlussleistung pro Einwohner einen über dreimal höheren Wert auf als die Stadtstaaten Hamburg und Berlin. Gegenüber anderen Flächenstaaten wie Bayern, Nordrhein-Westfalen oder Baden-Württemberg ist die Rechenzentrendichte in Hessen sogar etwa fünfmal so hoch (Hintemann, Hinterholzer, & Grothey, 2021). Gemäß den Analysen und Berechnungen, die im Rahmen dieser Untersuchung vorgenommen wurden, sind 30% aller deutschen Rechenzentrumskapazitäten in Hessen. Zum Vergleich: Im Jahr 2015 war der Anteil der hessischen Rechenzentren - gemessen an der IT-Fläche - bei 25% der deutschen Rechenzentren (Hintemann & Clausen, 2018b).

Abbildung 5:
Rechenzentrumsdichte in den Bundesländern in Deutschland
(gemessen in MW IT-Anschlussleistung/Einwohner)



Quelle: Hintemann, Hinterholzer, Grothey (2021)

Als Standort für große Rechenzentren ist die führende Position Hessens noch deutlicher: 50% der Groß-Rechenzentren sind in Hessen. Dieser Anteil hat sich in den vergangenen fünf Jahren noch einmal deutlich erhöht. Bei diesen Groß-Rechenzentren in Hessen handelt es sich insbesondere um Colocation-Rechenzentren in der Region Frankfurt/Rhein-Main.

Es ist davon auszugehen, dass auch in Zukunft die nationale und internationale Bedeutung der Region Frankfurt/Rhein-Main als Rechenzentrumsstandort weiter zunehmen wird. Gestützt wird diese Prognose durch bereits bekannte Planungen zum Aus- und Neubau von großen Rechenzentren in der Region (siehe Tabelle 1). So plant CloudHQ, den ersten Neubau von insgesamt ca. 112 MW neuer Rechenzentrumskapazität in Offenbach im Jahr 2022 fertigzustellen (Stadt Offenbach, 2021). Ebenso werden in 2022 die ersten zwei Rechenzentren im Digitalpark Fechenheim von Interxion (ehemaliges Neckermann Gelände) online gehen. Insgesamt plant das Unternehmen bis 2028 auf diesem Gebiet 10 neue Rechenzentren mit insgesamt ca. 200 MW zu errichten (Interxion, 2021). Außerdem ist Google mit dem Kauf eines neuen Rechenzentrums (10.000 m²) in Hanau, inklusive Grundstück, auf dem zwei weitere Rechenzentren gleicher Größe Platz finden können, in den Markt eingestiegen. Zudem sicherte sich Google weitere Grundstücke in Dietzenbach und Babenhausen für einen weiteren Ausbau seiner Rechenzentrumskapazitäten. Insgesamt plant Google bis 2030 ca. 1 Milliarde Euro in Deutschland in Rechenzentren und den dazugehörigen Ausbau regenerativer Stromerzeugung zu investieren (Glaser-Lotz, 2021). Darüber hinaus planen unter anderem Equinix

(Frankfurt a.M.), NTT (Frankfurt a.M. / Hattersheim), maincubes (Schwalbach am Taunus) sowie SÜWAG (Hofheim) neue Rechenzentren mit teilweise bis zu 20 MW IT-Leistung (Jung, 2021; Maincubes, 2021; Ostler, 2021c; Schiefenhövel, 2021).

Tabelle 1: Aktuelle Rechenzentrumsprojekte in Hessen (Auswahl)

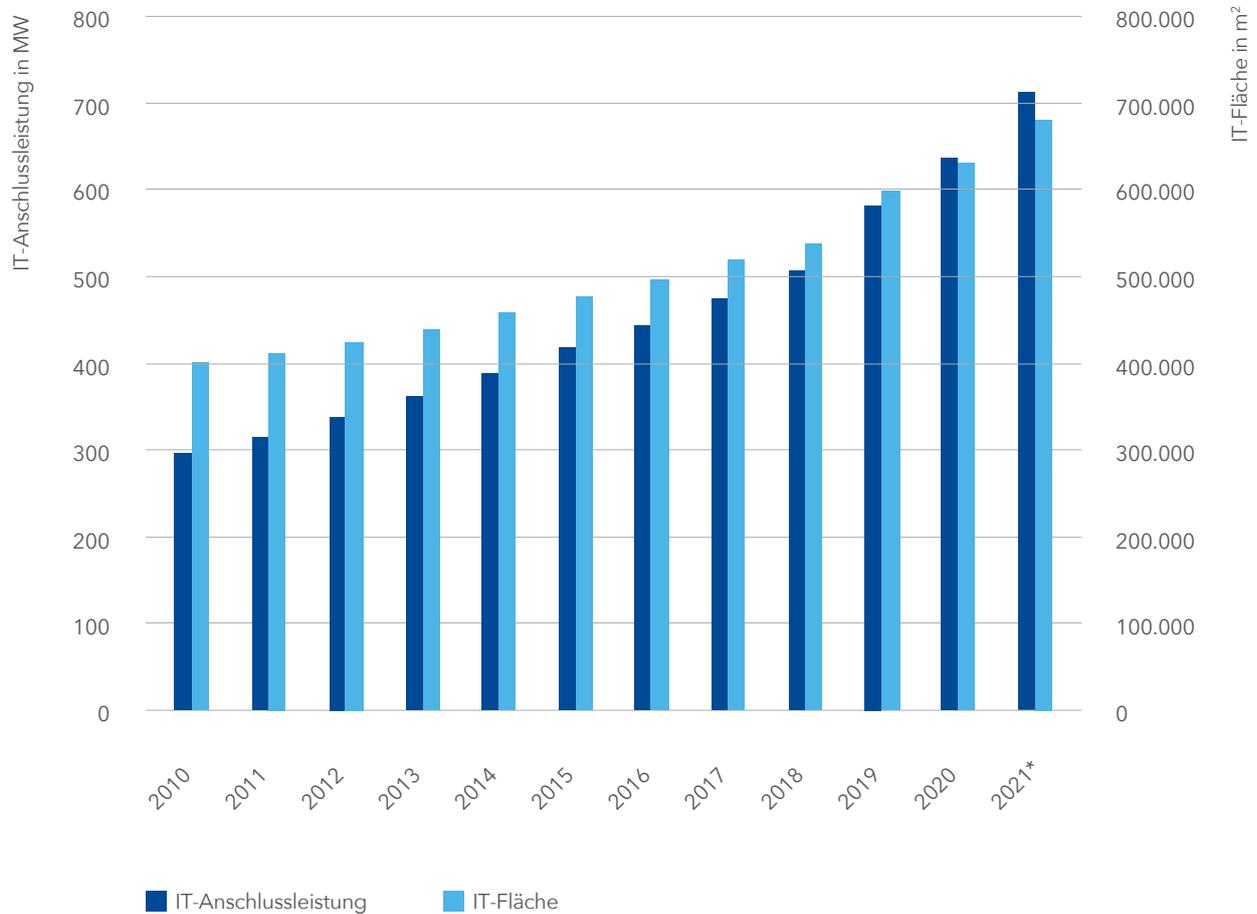
Neu- und Ausbaupläne von Rechenzentrumskapazitäten in Hessen	Größe (in MW oder m ²)	Geplante Fertigstellung
CloudHQ Offenbach Campus, 2 Rechenzentrumsgebäude, Offenbach	112 MW	Ab 2022
Digitalpark Fechenheim, Interxion, Frankfurt am Main	200 MW	2028
Gewerbegebiet Seckbach, 5 Rechenzentren, Equinix, Frankfurt am Main	-	Ab 2022
Neues Gebäude am Standort Frankfurt 1, NTT, Frankfurt am Main	7,3 MW	2022
2 neue Gebäude am Standort Frankfurt 4, NTT, Hattersheim	12 MW	2021
Rechenzentrum, SÜWAG, Hofheim-Marxheim	-	-
Kauf eines Rechenzentrums plus Grundstück für 2 weitere, Google, Hanau	10.000 m ²	2022
Neubau FRA02, Maincubes, Schwalbach am Taunus	20 MW	2023

Quelle: Recherche Borderstep Institut (2021)

Die dargestellten Entwicklungen führen dazu, dass die Kapazitäten der Rechenzentren in Hessen auch in Zukunft deutlich wachsen werden. In der Borderstep-Untersuchung zur Entwicklung des Colocation-Marktes in Hessen (Hintemann & Clausen, 2018b) wurde die Entwicklung der Kapazitäten anhand der verfügbaren IT-Fläche in den Rechenzentren dargestellt. In Abbildung 6 ist die Fortschreibung dieser Analyse dargestellt (graue Säulen). Die Kapazitäten wurden mit Hilfe des Borderstep-Strukturmodells der Rechenzentrumslandschaft in Deutschland berechnet, in dem die Hardwareausstattung der Rechenzentren abgebildet ist.

Die Graphik lässt erkennen, dass die IT-Fläche trotz des oben beschriebenen deutlichen Wachstums gerade in den zurückliegenden Jahren nur moderat angestiegen ist. Der scheinbare Widerspruch ist dadurch aufzulösen, dass die IT-Fläche als Maß für die Rechenzentrumskapazitäten immer weniger geeignet ist. Die Leistungsdichte der Rechenzentren nimmt seit Jahren sehr deutlich zu. Das heißt, dass pro Quadratmeter Fläche deutlich mehr oder leistungsstärkere Hardware installiert ist. Daher werden in aktuellen Publikationen und Analysen die Kapazitäten von Rechenzentren auf Basis der elektrischen Leistungsaufnahmen dargestellt. In Abbildung 6 ist daher zum Vergleich die Entwicklung der Rechenzentrumskapazitäten gemessen in MW IT-Anschlussleistung dargestellt (blaue Säulen). Auch diese Berechnungen wurden auf Basis der tatsächlichen Hardware-Ausstattung der Rechenzentren in Hessen mit Hilfe des Borderstep-Modells ermittelt. Insgesamt lag die Rechenzentrumskapazität in Hessen im Jahr 2020 bei mehr als 600 MW und wird im Jahr 2021 voraussichtlich sogar über 700 MW liegen.

Abbildung 6:
Entwicklung der Kapazitäten der Rechenzentren in Hessen
(gemessen in IT-Fläche und in MW IT-Anschlussleistung)



Quelle: Borderstep (2021) (*2021: Vorläufige Berechnung)

Die Investitionen in die Rechenzentren in Hessen erreichen jährlich neue Rekordwerte. Aktuell werden mehr als 1 Mrd. € jährlich allein in die Rechenzentrumsinfrastrukturen (ohne IT-Hardware) investiert. Damit hat sich das Investitionsvolumen seit 2017 mehr als verdoppelt. Gemäß Digital Hub FrankfurtRheinMain liegt der Anteil der digitalen Infrastrukturen am Wachstum des Bruttoinlandsproduktes insgesamt bei mehr als 1%. Die Rechenzentren in Hessen sichern mehr als 35.000 Arbeitsplätze (Hintemann & Clausen, 2018b) – davon ein großer Teil bei Zulieferern und Serviceunternehmen. Die Zahl der durch Rechenzentren geschaffenen und gesicherten Arbeitsplätze wäre wahrscheinlich noch höher, gäbe es nicht einen erheblichen Mangel an qualifizierten Arbeitskräften. Experten gehen davon aus, dass mit jedem Arbeitsplatz in Rechenzentren mindestens zwei bis drei weitere Arbeitsplätze im Umfeld der Rechenzentren geschaffen werden (Hintemann, Clausen, et al., 2021). Ein hoher Einfluss der Ansiedlung von Rechenzentren auf den regionalen Arbeitsmarkt und die regionale wirtschaftliche Entwicklung wird auch in einer Reihe von internationalen Studien bestätigt (Basalisco, 2018; Copenhagen Economics, 2017, 2018a, 2018b, 2018c; Hintemann & Clausen, 2018a; Ostler, 2018).

3 Vertiefende Betrachtung ausgewählter Marktsegmente

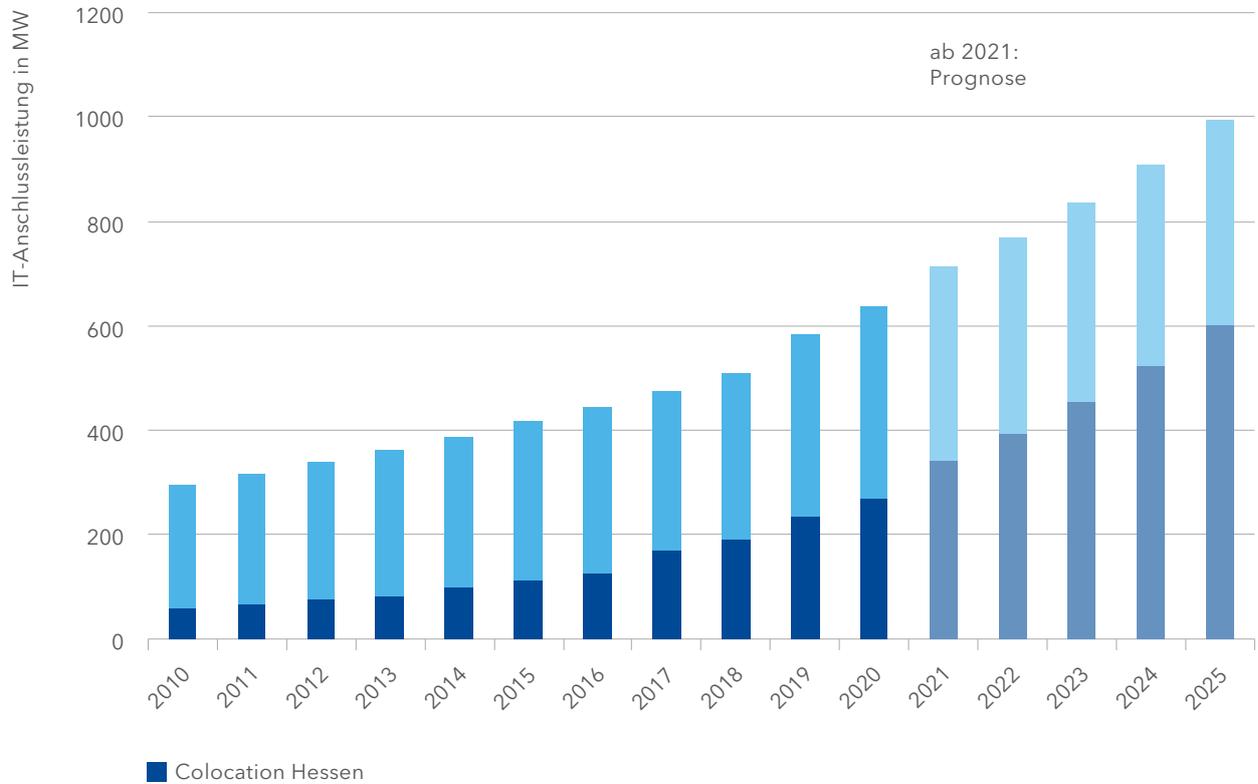
Key Facts

- Mehr als 50% der deutschen Kapazitäten in Colocation-Rechenzentren (gemessen in MW IT-Anschlussleistung) sind in Hessen.
- Die Kapazitäten der Colocation-Rechenzentren in Hessen verdoppeln sich alle fünf Jahre.
- Internationale Hyperscale-Cloud-Anbieter treiben den Ausbau der Rechenzentrumskapazitäten im Raum Frankfurt/Rhein-Main – mehr als 50% der Rechenzentrumskapazitäten in Hessen machen Cloud-Dienste aus. Zum Vergleich: In Deutschland liegt der Anteil der Cloud-Rechenzentren an den Rechenzentrumskapazitäten etwa bei einem Drittel.
- Getrieben durch das starke Wachstum bei Colocation- und Cloud-Rechenzentren wird bis zum Jahr 2025 ein Anstieg der Rechenzentrumskapazitäten in Hessen um über 50% auf fast 1.000 MW erwartet – damit stiege der Anteil Hessens an allen Rechenzentrumskapazitäten in Deutschland auf über 35%.
- Auch im Bereich der Unternehmens- und Forschungsrechenzentren gibt es in Hessen große Installationen mit teilweise internationaler Sichtbarkeit.

3.1 Colocation-Rechenzentren

Abbildung 7 zeigt die Entwicklung der Kapazitäten der Rechenzentren in Hessen mit dem Anteil der Colocation-Rechenzentren. In dieser Grafik sind die Kapazitäten anhand der maximalen Leistungsaufnahme der tatsächlich in den Rechenzentren installierten IT-Hardware angegeben. Zwischen 2010 und 2020 hat sich die Kapazität der Colocation-Rechenzentren in Hessen mehr als vervierfacht. Für 2021 wird ein weiteres sehr starkes Wachstum der Colocation-Kapazitäten erwartet. Allein der Zuwachs im Jahr 2021 wird größer sein, als im Jahr 2010 insgesamt an Colocation-Kapazitäten in Hessen vorhanden war. Zwischen 2018 und 2021 steigt die Kapazität der Rechenzentren in Hessen um fast 80% von 191 auf 342 MW. Das deutliche Wachstum der Colocation Rechenzentren treibt auch die Entwicklung der Rechenzentrumskapazitäten in Hessen insgesamt. Bis zum Jahr 2025 ist ein Anstieg der Rechenzentrumskapazitäten in Hessen um über 50% auf fast 1.000 MW zu erwarten – damit stiege der Anteil Hessens an allen Rechenzentrumskapazitäten in Deutschland auf über 35%.

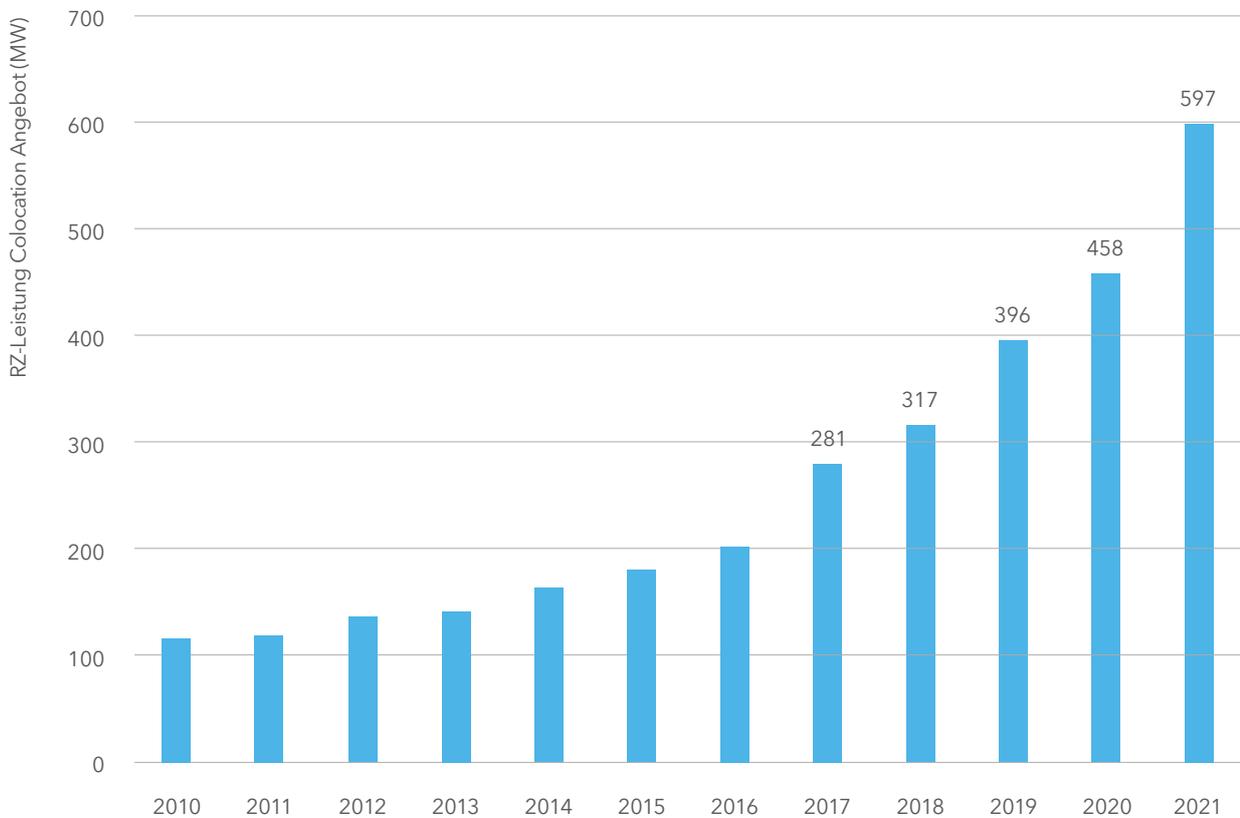
Abbildung 7:
Entwicklung der Kapazitäten der Colocation-Rechenzentren in Hessen
(gemessen in MW IT-Anschlussleistung)



Quelle: Borderstep (2021)

Die Berechnungen der Entwicklung der Colocation-Kapazitäten in Hessen beruhen unter anderem auf Analysen des Immobilienunternehmens CBRE. Die von CBRE angegebenen Werte für die Rechenzentrumskapazitäten liegen deutlich über den in Abbildung 7 dargestellten IT-Anschlussleistungen. Dies ist darin begründet, dass CBRE eine andere Größenangabe verwendet. CBRE gibt die am Markt angebotenen Kapazitäten an. Nicht alle dieser angebotenen Kapazitäten sind auch bereits vermietet. Außerdem ist die vermietete Kapazität oft deutlich höher als die maximale elektrische Leistung der tatsächlich installierten Hardware in den Rechenzentren. Gemäß den Analysen von CBRE hat sich die angebotene Kapazität der Colocation-Rechenzentren in der Region zwischen 2018 und 2021 um fast 90% von 317 auf 597 MW erhöht.

Abbildung 8:
Entwicklung der angebotenen Rechenzentrumsleistung in Colocation Rechenzentren der Region Frankfurt/Rhein-Main



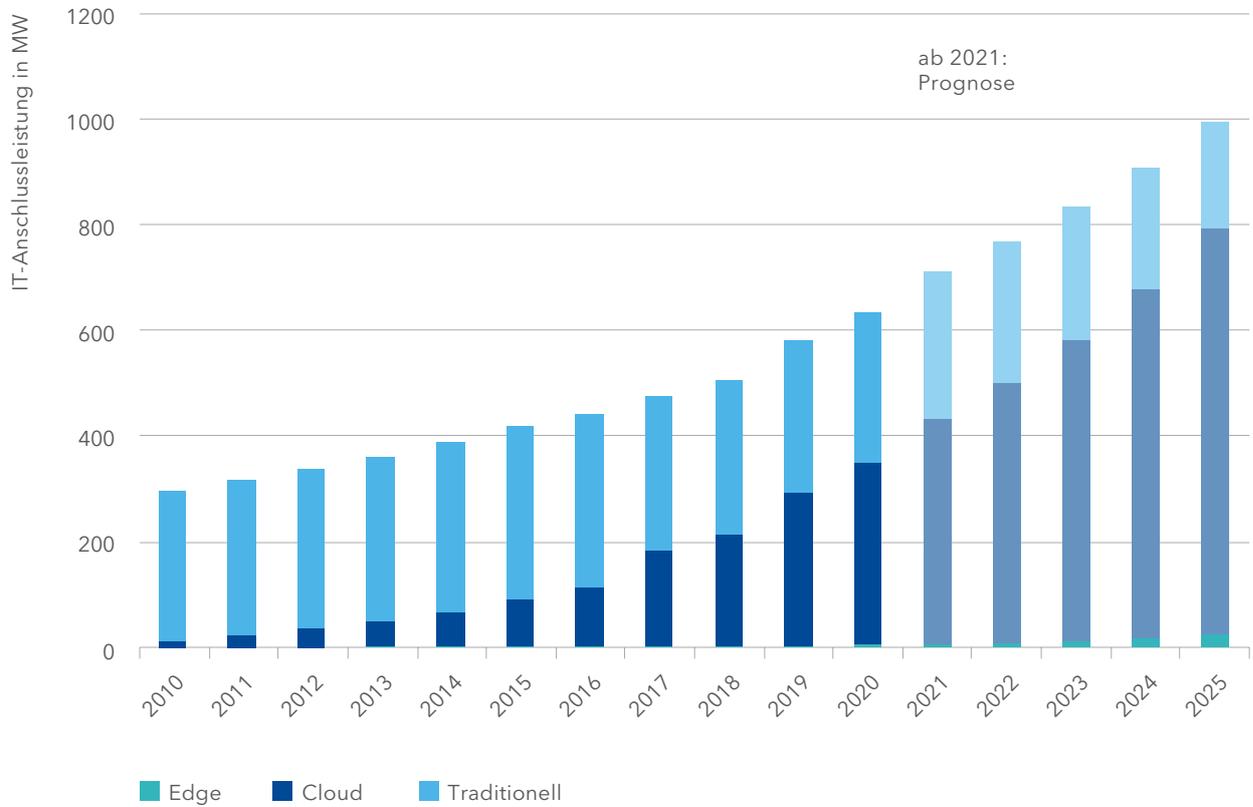
Quelle: CBRE (2021a, 2022)

3.2 Cloud- und Edge-Rechenzentren

Das Wachstum der Colocation-Kapazitäten in Hessen wird vor allem durch den Ausbau der Cloud-Rechenzentren getrieben. Insbesondere internationale Hyperscale-Cloud-Anbieter investieren seit Mitte des letzten Jahrzehnts zunehmend in neue Rechenzentren in der Region Frankfurt/Rhein-Main und sind für einen Großteil des Marktwachstums verantwortlich. Während die Kapazitäten der traditionellen Rechenzentren eher rückläufig sind, nimmt der Anteil der Cloud-Rechenzentren deutlich zu (Abbildung 9). Im Jahr 2020 machten Cloud Rechenzentren bereits mehr als die Hälfte der Rechenzentrumskapazitäten in Hessen aus. Bis zum Jahr 2025 kann dieser Anteil auf 75% steigen. Zum Vergleich: In Deutschland liegt der Anteil der Cloud-Rechenzentren an den Rechenzentrumskapazitäten im Jahr 2020 etwa bei einem Drittel. Bis 2025 ist hier ein Anstieg des Anteils auf etwa 50% zu erwarten.

Der Anteil sogenannter Edge Datacenter an den Rechenzentrumskapazitäten ist bislang noch gering - auch wenn sich die Experten einig sind, dass dieses Rechenzentrumssegment in Zukunft deutlich wachsen wird. Ein deutliches Wachstum der Edge-Kapazitäten wird insbesondere mit dem Ausbau des 5G-Mobilfunknetzes, zunehmender Nutzung von Industrie 4.0-Technologien und der Marktdurchdringung autonomer Fahrzeuge erwartet.

Abbildung 9:
Entwicklung der Kapazitäten der Rechenzentren in Hessen mit Anteil Cloud und Edge
(gemessen in MW IT-Anschlussleistung)



Quelle: Borderstep (2021)

Die Kapazitäten in den traditionellen Rechenzentren sind eher rückläufig. Aktuell gibt es in Hessen etwa 200 Rechenzentren mit mehr als 50 kW IT-Anschlussleistung, die von Unternehmen oder Behörden betrieben werden. Hinzu kommen etwa 3.500 kleinere IT-Installationen. Insbesondere bei größeren Industrieunternehmen und im Finanzsektor gibt es auch noch große Rechenzentren im Eigenbetrieb. Die Anzahl und die Kapazitäten dieser Rechenzentren sind aber rückläufig. Zum einen werden zunehmend Colocation-Angebote genutzt, zum anderen nimmt die Nutzung der Public- und Private-Cloud-Angebote zu. Traditionelle Rechenzentren werden aus aktueller Sicht auch dauerhaft eine nicht unerhebliche Bedeutung behalten. Die parallele und aufeinander abgestimmte Nutzung von eigenen IT-Kapazitäten und Cloud-Diensten - sogenannte Hybrid-Cloud-Lösungen - nimmt immer mehr zu. Damit können die Vorteile beider Bereitstellungsmodelle miteinander verbunden werden. Der Anteil von Edge-Rechenzentren am Gesamtmarkt ist aktuell noch sehr gering. Es wird allerdings erwartet, dass das Bereitstellungsmodell Edge Computing im kommenden Jahrzehnt zunehmend Bedeutung erlangen wird (Hintemann et al., 2020; Pehlken et al., 2020).

3.3 Rechenzentren von Forschungseinrichtungen

Auch die ausgeprägte Forschungslandschaft in Hessen benötigt immer mehr Rechenleistung. In hessischen Forschungseinrichtungen werden national und international bedeutende Hochleistungsrechenzentren betrieben. Drei der 19 High-Performance-Computing (HPC) Zentren der Gauß-Allianz, die oberklassige Supercomputing Ressourcen in Deutschland fördert, befinden sich in Hessen. Darunter fallen die „Lichtenberg“-Hochleistungsrechner der TU Darmstadt, die der deutschen Wissenschaft und öffentlichen Forschungseinrichtungen Rechenleistung bereitstellen. Außerdem gehört das Deutsche Meteorologische Rechenzentrum des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in Offenbach, verantwortlich für genaue Wettervorhersagen und Rechenleistung im Katastrophenfall, dazu. Auch der Supercomputer der Goethe-Universität in Frankfurt ist Teil der Gauß-Allianz und sticht vor allem durch den Green-IT - Ansatz mit dem patentierten und international beachteten Kühlsystem in Form einer Wasserkühlung in den Rückseiten der Serverracks hervor (DWD, o. J.; Gauß-Allianz, 2021; Goethe Universität, 2020; TU Darmstadt, 2021).

Ein weiterer Hochleistungsrechner wird vom GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung in Darmstadt betrieben. Der sogenannte Green IT Cube wird nach der letzten Ausbaustufe eine IT-Leistung von 12 MW haben, ist mit dem Blauen Engel zertifiziert und beheizt mit der Abwärme das anliegende Büro- und Kantinengebäude. Im Green IT Cube wurde zudem das patentierte Kühlsystem der Goethe-Universität umgesetzt. Die Rechen- und Speicherleistung wird für das internationale Beschleunigerzentrum FAIR genutzt (GSI, 2020). Neben diesen Hochleistungsrechenzentren der hessischen Forschungseinrichtungen betreiben die über 30 hessischen Hochschulen eine Vielzahl weiterer Hochschulrechenzentren, mit denen die zentrale IT der Hochschule verwaltet sowie wichtige Ressourcen für die Wissenschaft bereitgestellt werden können. Darüber hinaus plant sowohl das im Herbst 2020 gegründete Hessische Zentrum für Künstliche Intelligenz (hessen.AI) als auch das Kompetenzzentrum für Arbeit und Künstliche Intelligenz im Rhein-Main-Gebiet (KompAKI), Hardware für Forschung im Bereich der Künstlichen Intelligenz zu installieren (Resch, Koller, & Shcherbakov, 2021).

Tabelle 2: Hochleistungsrechenzentren von Forschungseinrichtungen in Hessen (Auswahl)

Name, Standort	Größe	Besonderheit
Lichtenberg-Rechenzentren, TU Darmstadt	690 kW	Direkte Warmwasserkühlung
Deutsches Meteorologische Rechenzentrum, DWD Offenbach	650 kW; 565 kW	Unter den TOP 500 der internationalen Supercomputer
GOETHE-HRL, Goethe Universität Frankfurt am Main	234 kW	Patentierter Wasserkühlung, Green IT
Green IT Cube, GSI Helmholtzzentrum Darmstadt	Bis zu 12 MW	Blauer Engel, Abwärmenutzung, Patentierter Wasserkühlung

4 Aktuelle Herausforderungen im hessischen Rechenzentrumsmarkt

Key Facts

- Vor allem in Ballungsräumen stellt die Versorgung mit ausreichend Bauflächen und Stromleistung eine Herausforderung für das künftige Wachstum der Rechenzentrumskapazitäten dar.
- Das deutliche Wachstum der Rechenzentrumskapazitäten führt zu zunehmenden Herausforderungen an den nachhaltigen Betrieb der Rechenzentren, insbesondere hinsichtlich der Versorgung mit regenerativ erzeugtem Strom und der Nutzung von Abwärme aus Rechenzentren.
- Die Rechenzentrumsbranche wird immer abhängiger von wenigen großen internationalen Hyperscale-Cloud-Anbietern – damit steigt auch das Risiko massiver Marktveränderungen.
- Neben Frankfurt/Rhein-Main werden andere Regionen in Deutschland und Europa zunehmend attraktiver als Standort für Rechenzentren.
- Die Herausforderungen im hessischen Rechenzentrumsmarkt müssen bewältigt werden, ansonsten besteht das Risiko eines Markteinbruches.

Wie die obigen Ausführungen zeigen, entwickelt sich der Rechenzentrumsmarkt in Hessen aktuell sehr dynamisch. Die Kapazitäten und die Investitionen wachsen stark an. Dennoch gibt es einige Herausforderungen für den Rechenzentrumsmarkt, die die zukünftige Entwicklung deutlich beeinflussen können. Die aus aktueller Sicht wesentlichen Herausforderungen sind im Folgenden kurz zusammenfassend dargestellt.

Vor allem in den Ballungsgebieten und insbesondere im Stadtgebiet Frankfurt stellt das verfügbare Angebot an Flächen und die Stromversorgung der Rechenzentren eine zukünftige Herausforderung dar. Die Flächen sind knapp und für die Nutzung stehen unterschiedliche Zwecke (z. B. Wohnen, Erholung, andere Gewerbe) in Konkurrenz. Dies wird zunehmend auch Thema für die Stadtentwicklung (Grüne, SPD, FDP, & Volt, 2021; Lutz, 2020) und führt dazu, dass die Ansiedlung von Rechenzentren kritisch diskutiert wird. Auch die Versorgung mit ausreichend Strom stellt eine Herausforderung dar. In der Region Frankfurt/Rhein-Main werden in den nächsten Jahren 750 Mio. € in den Ausbau der Stromnetze investiert und die großen Rechenzentrumsbetreiber sichern sich die notwendigen Leistungsreserven (Lange, 2020; Ostler, 2020, 2021b). Auch die im europäischen und internationalen Vergleich verhältnismäßig hohen Strompreise (Bitkom, 2020) und die Dauer der Genehmigungsprozesse (Hintemann et al., 2022) sind Herausforderungen für den hessischen Rechenzentrumsmarkt im internationalen Wettbewerb¹. Eine Politik zur Förderung des Ausbaus von Rechenzentrumsinfrastrukturen könnte hier ansetzen und die Genehmigungsprozesse auf Flächen, die unter Abwägung aller Nutzungskonkurrenzen gut für Rechenzentren geeignet sind, möglichst beschleunigen.

¹ Mit der geplanten Abschaffung der EEG-Umlage in Deutschland werden sich die von Rechenzentren in Deutschland zu zahlenden Strompreise voraussichtlich etwas an die Preise im europäischen Ausland angleichen.

Das hohe Rechenzentrumswachstum führt für die Rechenzentrumsbetreibenden zu großen Herausforderungen hinsichtlich des nachhaltigen Betriebs dieser Infrastrukturen. Rechenzentren geraten zunehmend in den Fokus von Politik und Regulierung. Auch immer mehr Bürgerinitiativen und andere Initiativen fordern einen nachhaltigen Betrieb von Rechenzentren (FR, 2021; Schade, 2021). Die EU will einen klimaneutralen Rechenzentrumsbetrieb bis 2030 (EU Kommission, 2020) – im Koalitionsvertrag der aktuellen Bundesregierung ist vorgesehen, dass ab 2027 neue Rechenzentren klimaneutral betrieben werden müssen (SPD et al., 2021). Eine Versorgung der Rechenzentren mit klimafreundlich erzeugtem Strom stellt auch aus Sicht der Betreibenden der Rechenzentren eine Herausforderung dar, die in Deutschland und in Hessen bislang nur bedingt erfüllbar ist (Ostler, 2021a, 2021d). Auch die Nutzung der Abwärme aus Rechenzentren wird sowohl auf europäischer, als auch auf nationaler und lokaler Ebene gefordert (EU Kommission, 2020; Grüne et al., 2021; SPD et al., 2021). Bei der Nutzung der Abwärme aus Rechenzentren existieren aber noch große organisatorische, technische und wirtschaftliche Herausforderungen (Clausen, Hintemann, & Hinterholzer, 2021; Funke et al., 2019; Hintemann, 2021a).

Auch die Abhängigkeit des Rechenzentrumsmarktes von wenigen großen Hyperscale-Cloud-Anbietern stellt eine Herausforderung für die aktuellen Marktteilnehmer dar. Die Verfasser schätzen, dass bis zu 80% des aktuellen Marktwachstums durch Hyperscale-Cloud-Anbieter bedingt sind. Insbesondere der Colocation-Markt ist deutlich von diesen wenigen Kunden abhängig. Risiken bestehen hier z. B. darin, dass Hyperscale-Cloud-Anbieter zunehmend dazu übergehen können, ihre Rechenzentren selbst auszustatten und zu betreiben. Google hat entsprechende Maßnahmen bereits angekündigt (tagesschau.de, 2021). Für den Standort Frankfurt/Rhein-Main wird auch das Risiko gesehen, dass Hyperscale-Cloud-Anbieter dem Netzwerkknoten DE-CIX eine weniger hohe Bedeutung beimessen und in andere Regionen ausweichen. Ein Standortwettbewerb um die Ansiedlung von Rechenzentren hat bereits begonnen. Insbesondere Standorte mit guter Verfügbarkeit von Strom und Flächen wie z. B. in Schleswig-Holstein, in der Lausitz oder im „Rheinischen Revier“ versuchen aktiv, Rechenzentren in der Region anzusiedeln. Der Standort Berlin wächst momentan neben Frankfurt in Deutschland am stärksten (CBRE, 2020; Cushmann & Wakefield, 2021; Hintemann et al., 2022). Auch wenn aus aktueller Sicht zu erwarten ist, dass der Raum Frankfurt/Rhein-Main seine Stellung im Rechenzentrumsmarkt behaupten kann, ist die Beibehaltung und der Ausbau der oben dargestellten guten regionalen Rahmenbedingungen eine Voraussetzung für den Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit als Rechenzentrumsstandort.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass aus aktueller Sicht auch weiterhin ein deutliches Wachstum des Rechenzentrumsmarktes in Hessen erwartet werden kann. Allerdings bestehen auch eine Reihe von Herausforderungen, die bewältigt werden müssen. Sollte dies nicht gelingen, so kann auch ein deutlicher Markteinbruch die Folge sein.

Quellen

- Basalisco, B. (2018). European data centres.
Abgerufen 7. Mai 2020, von
<https://www.copenhageneconomics.com/publications/publication/european-data-centres>
- Bitkom. (2020, Januar 24). Deutsche Rechenzentren haben höchste Stromkosten in Europa | Bitkom e.V.
Abgerufen 20. Juni 2021, von
<https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Deutsche-Rechenzentren-haben-hoechste-Stromkosten-in-Europa>
- CBRE. (2020). Der Markt für Rechenzentren in Deutschland.
Abgerufen von
<https://www.cbre.de/de-de/research/Deutschland-Data-Center-2020>
- CBRE. (2021a). EMEA Data Centres Q4 2020.
Abgerufen von
<https://www.cbre.com/real-estate-services/real-estate-industries/data-center-solutions/data-center-publications/articles/emea-data-centres-q4-2020>
- CBRE. (2021b). Europe Data Centres Q2 2021.
Abgerufen von
<https://www.cbre.com/insights/figures/european-data-centres-marketview-q2-2021>
- CBRE. (2021c). Europe Data Centres Q3 2021.
Abgerufen von
<https://www.cbre.com.cn/en/research-reports/European-Data-Centres-Figures-Q3-2021>
- CBRE. (2022). Europe Data Centres MarketView Q4 2021.
Abgerufen von
<https://www.cbre.co.uk/research-and-reports/European-Data-Centres-MarketView-Q4-2021>
- Clausen, J., Hintemann, R., & Hinterholzer, S. (2021).
 Wirtschaftlichkeit der Abwärmenutzung in Rechenzentren in Deutschland–Hintergrundpapier. Berlin.
- Copenhagen Economics. (2017). Finland’s economic opportunities from data centre investments.
Abgerufen 29. März 2018, von
<https://www.copenhageneconomics.com/publications/publication/finlands-economic-opportunities-from-data-centre-investments>
- Copenhagen Economics. (2018a). European data centres How Google’s digital infrastructure investment is supporting sustainable growth in Europe Country case: Belgium.
Abgerufen von
https://www.copenhageneconomics.com/dyn/resources/Filelibrary/file/0/100/1519987854/copenhagen-economics-2018-european-data-centres_case-study-belgium.pdf
- Copenhagen Economics. (2018b). European data centres How Google’s digital infrastructure investment is supporting sustainable growth in Europe Country case: Ireland.
Abgerufen von
<https://www.copenhageneconomics.com/dyn/resources/Filelibrary/file/9/109/1525764693/copenhagen-economics-2018-european-data-centres-case-study-ireland.pdf>
- Copenhagen Economics. (2018c). European data centres How Google’s digital infrastructure investment is supporting sustainable growth in Europe Country case: Netherlands.
Abgerufen von
https://www.copenhageneconomics.com/dyn/resources/Filelibrary/file/2/102/1521103442/copenhagen-economics-european-data-centres-case-study-the-netherlands_final.pdf
- Cushman & Wakefield. (2021). Global Data Center Market Comparison 2021.
Abgerufen 6. November 2021, von
<https://cushwake.cld.bz/2021-Data-Center-Global-Market-Comparison/2/>

DWD. (o. J.). Deutscher Wetterdienst–Informationstechnik.

Abgerufen 10. Dezember 2021, von Datenverarbeitung, DMRZ website:

https://www.dwd.de/DE/derdwd/it/_functions/Teasergroup/datenverarbeitung.html

EU Kommission. (2020). Gestaltung der digitalen Zukunft Europas (COM/2020/67 final).

Abgerufen von

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2020:67:FIN>

Fichter, K., & Hintemann, R. (2014). Beyond Energy. The Quantities of Materials Present in the Equipment of Data Centers. *Journal of Industrial Ecology*, 18(6), 846-858.

FR. (2021, November 23). Moratorium für Rechenzentren gefordert.

Abgerufen 11. Dezember 2021, von

<https://www.fr.de/frankfurt/seckbach-ort904344/moratorium-fuer-rechenzentren-gefordert-91135290.html>

Funke, T., Hintemann, R., Kaup, C., Maier, C., Müller, S., Paulußen, S., ... Terrahe, U. (2019). Abwärmenutzung im Rechenzentrum: Ein Whitepaper vom NeRZ in Zusammenarbeit mit dem eco - Verband der Internetwirtschaft e. V. Berlin.

Gauß-Allianz. (2021). HPC-Landkarte–HPC in Deutschland.

Abgerufen 8. Dezember 2021, von

https://gauss-allianz.de/de/organization_map

Glaser-Lotz, L. (2021, September 3). Google-Cloud-Standort in Hanau: Datenwolken im Atomdorf. FAZ.NET.

Abgerufen von

<https://www.faz.net/aktuell/rhein-main/google-cloud-standort-in-hanau-datenwolken-im-atomdorf-17514311.html>

Goethe Universität. (2020, Februar 12). Erfolgreiche Patentierung und Vermarktung für grünen Supercomputer „made in Hessen“.

Abgerufen 10. Dezember 2021, von Aktuelles aus der Goethe-Universität Frankfurt website:

<https://aktuelles.uni-frankfurt.de/forschung/erfolgreiche-patentierung-und-vermarktung-fuer-gruenen-supercomputer-made-in-hessen/>

Grüne, SPD, FDP, & Volt. (2021). Ein neues Frankfurt gestalten–Koalitionsvertrag für Frankfurt 2021–2026. Frankfurt.

GSI. (2020). Erfolgreiche Patentierung und Vermarktung für grünen Supercomputer „made in Hessen“.

Abgerufen 31. Dezember 2020, von

https://www.gsi.de/start/aktuelles/detailseite/2020/02/12/erfolgreiche_patentierung_und_vermarktung_fuer_gruenen_super-computer.htm

Hessisches Ministerium für Digitale Strategie und Entwicklung. (2021). Digitales Hessen. Wo die Zukunft zuhause ist. Wiesbaden.

Abgerufen von

https://digitales.hessen.de/sites/digitales.hessen.de/files/Strategie_Digitales_Hessen.pdf

Hintemann, R. (2017). Rechenzentren in Deutschland: Eine Studie zur Darstellung der wirtschaftlichen Bedeutung und der Wettbewerbssituation. Update 2017. Berlin: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit.

Abgerufen von Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit website:

<https://www.bitkom.org/noindex/Publikationen/2017/Studien/2017/Kurzstudie-RZ-Markt-Bitkom-final-20-11-2017.pdf>

Hintemann, R. (2021a). DC-HEAT - Data Centre Heat Exchange with AI-Technologies: Kurzfassung der Ergebnisse.

Berlin: Borderstep Institut.

Hintemann, R. (2021b). Rechenzentren 2020. Cloud Computing profitiert von der Krise. Energiebedarf der Rechenzentren steigt trotz Corona weiter an. Berlin: Borderstep Institut.

Abgerufen von

https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2021/03/Borderstep_Rechenzentren2020_20210301_final.pdf

Hintemann, R., & Clausen, J. (2014). Rechenzentren in Deutschland: Eine Studie zur Darstellung der wirtschaftlichen Bedeutung und Wettbewerbssituation. Studie im Auftrag des Bundesverbandes Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V. (BITKOM). Berlin.

Abgerufen von

<https://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Rechenzentren-in-Deutschland-Wirtschaftliche-Bedeutung-und-Wettbewerbs-situation.html>

Hintemann, R., & Clausen, J. (2016). Der Rechenzentrumsmarkt in Hessen - Aktueller Stand im Jahr 2015 und Ausblick. Berlin: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit.

Abgerufen von Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit website:

<http://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2016/01/Studie-Rechenzentren-in-Hessen-2015-Stand-13-01-2016.pdf>

Hintemann, R., & Clausen, J. (2018a). Bedeutung digitaler Infrastrukturen in Deutschland. Sozioökonomische Chancen und Herausforderungen für Rechenzentren im internationalen Wettbewerb. Berlin. Verfügbar unter: Berlin.

Abgerufen von

https://www.eco.de/wp-content/uploads/dlm_uploads/2018/06/DI_Studie.pdf

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

Abgerufen von Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit website:

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

Hintemann, R., Clausen, J., Beucker, S., & Hinterholzer, S. (2021). Studie zu Nachhaltigkeitspotenzialen in und durch Digitalisierung in Hessen [Studie für Hessen Trade & Invest GmbH im Auftrag der Hessischen Staatskanzlei, Hessische Ministerin für Digitale Strategie und Entwicklung]. Wiesbaden.

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

Hintemann, R., Graß, M., Hinterholzer, S., & Grothey, T. (2022). Rechenzentren in Deutschland–Aktuelle Marktentwicklungen. Bitkom.

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

Hintemann, R., Hinterholzer, S., Montevecchi, F., & Stickler, T. (2020). Energy-efficient Cloud Computing Technologies and Policies for an Eco-friendly Cloud Market. Berlin, Vienna: Borderstep Institute & Environment Agency Austria.

Interxion. (2021, August 26). Offizielle Grundsteinlegung zum Baubeginn des Digital Park Fechenheim.

Abgerufen 8. Dezember 2021, von

<https://www.interxion.com/de/news/grundsteinlegung-digital-park-fechenheim>

Jung, J. (2021, Oktober 5). Equinix mit zwei neuen Rechenzentren in Frankfurt.

Abgerufen 8. Dezember 2021, von

<https://www.zdnet.de/88397044/equinix-mit-zwei-neuen-rechenzentren-in-frankfurt/>

Lange, J. (2020). Data Centers aus Sicht der Netzbetreiber–Vortrag von Avacon. Gehalten auf der GTAI Round Table Datacenter, Berlin.

Lutz, H. (2020, September 15). Stadtentwicklung und Datacenter-Ansiedlung.

Abgerufen 11. Dezember 2021, von

<https://www.datacenter-insider.de/stadtentwicklung-und-datacenter-ansiedlung-a-963479/>

Maincubes. (2021, Juli 20). Maincubes eröffnet 2023 nachhaltiges Rechenzentrum im Rhein-Main-Gebiet.

Abgerufen 8. Dezember 2021, von

<https://www.maincubes.com/pressemitteilungen/maincubes-eroeffnet-2023-zweites-nachhaltiges-rechenzentrum-im-rhein-main-gebiet/>

- Ostler, U. (2018, Januar 24). Norwegen holt bei der Datacenter-Ansiedlung auf. *Abgerufen 31. Januar 2018, von* <https://www.datacenter-insider.de/norwegen-holt-bei-der-datacenter-ansiedlung-auf-a-679373/>
- Ostler, U. (2020, November 24). Interxion strebt nachhaltige Energieversorgung am Datenknoten Frankfurt/Rhein-Main an. *Abgerufen 11. Dezember 2021, von* <https://www.datacenter-insider.de/interxion-strebt-nachhaltige-energieversorgung-am-datenknoten-frankfurtrhein-main-an-a-981919/>
- Ostler, U. (2021a, März 10). Kein Grünstrom – kein Rechenzentrum. *Abgerufen 11. Dezember 2021, von* <https://www.datacenter-insider.de/kein-gruenstrom-kein-rechenzentrum-a-1006538/>
- Ostler, U. (2021b, April 16). Equinix sichert sich Netze – für den Strom und für den Datenfluss. *Abgerufen 11. Dezember 2021, von* <https://www.datacenter-insider.de/equinix-sichert-sich-netze-fuer-den-strom-und-fuer-den-datenfluss-a-1030528/>
- Ostler, U. (2021c, Juni 21). NTT baut und baut und baut seine Basis in Deutschland um mehr als 40 Prozent aus. *Abgerufen 8. Dezember 2021, von* <https://www.datacenter-insider.de/ntt-baut-und-baut-und-baut-seine-basis-in-deutschland-um-mehr-als-40-prozent-aus-a-1032289/>
- Ostler, U. (2021d, Juli 6). „Ich bin fassungslos!“ Staffan Revemann über grünen Strom für Datacenter. *Abgerufen 11. Dezember 2021, von* <https://www.datacenter-insider.de/ich-bin-fassungslos-staffan-revemann-ueber-gruenen-strom-fuer-datacenter-a-1035567/>
- Pehlken, A., Hintemann, R., Penaherrera, F., Gizli, V., Hurrelmann, K., Hinterholzer, S., ... Daumlechner, A. (2020). Abschlussbericht Verbundprojekt TEMPRO. Oldenburg: TEMPRO. *Abgerufen von* <https://tempro-energy.de/veroeffentlichungen>
- Resch, M. M., Koller, S., & Shcherbakov, O. (2021). Ressourcen für Künstliche Intelligenz in Hessen – Vorhandene Infrastrukturen und Handlungsempfehlungen. Studie im Auftrag der Hessischen Staatskanzlei Ministerin für Digitale Strategie und Entwicklung.
- Schade, V. (2021, Mai 27). Lokale Agenda 21 kritisiert Rechenzentrum: „Mittelalter der Umweltrelevanz“. *Abgerufen 11. Dezember 2021, von* <https://www.op-online.de/website:https://www.op-online.de/offenbach/lokale-agenda-21-kritisiert-kuenftiges-offenbacher-rechenzentrum-90661738.html>
- Schiefenhövel, J. (2021, August 11). Neues Rechenzentrum: Süwag baut am Umspannwerk. FAZ.NET. *Abgerufen von* <https://www.faz.net/aktuell/rhein-main/neues-rechenzentrum-suewag-baut-am-umspannwerk-17481160.html>
- SPD, Die Grünen, & FDP. (2021). Mehr Fortschritt wagen. Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit. Berlin.
- Stadt Offenbach. (2021, Mai 12). Hochbauphase für Rechenzentrum von CloudHQ hat begonnen. *Abgerufen 8. Dezember 2021, von* https://www.offenbach.de/leben-in-of/planen-bauen-wohnen/aktuelle_Projekte_stadtentwicklung/staedtebauliche_projekte_/cloudhg-rechenzentrum-12.05.2021.php
- tagesschau.de. (2021, August 31). Google investiert in Standort Deutschland. *Abgerufen 11. Dezember 2021, von* <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/unternehmen/google-cloud-deutschland-investieren-rechenzentren-101.html>
- TU Darmstadt. (2021). Lichtenberg Hochleistungsrechner. *Abgerufen 10. Dezember 2021, von* <https://www.hhllr.tu-darmstadt.de/hhllr/index.de.jsp>

Anhang: Methodisches Vorgehen

Die im Rahmen dieser Studie dargestellten Ergebnisse beruhen auf drei methodischen Säulen:

Desk Research: Es wurde eine umfassende Literaturrecherche und Zusammenfassung der vorhandenen aktuellen Informationen zum Rechenzentrumsmarkt mit dem Fokus auf Hessen durchgeführt. Hierzu werden insbesondere neue und aktuell verfügbare Marktdaten und Studien ausgewertet. Zudem wurden aktuelle Berichte in Zeitungen und Zeitschriften ausgewertet.

Experteninterviews: Im Rahmen der Studie wurden fünf Experteninterviews mit Vertretern der Rechenzentrumsbranche und anderen Experten im Rechenzentrumsumfeld durchgeführt. Interviewt werden insbesondere Vertreter von Unternehmen, die aktuell Großprojekte in Hessen verfolgen.

Modellierung: Am Borderstep Institut existiert seit mehr als 10 Jahren ein Strukturmodell der Rechenzentrumslandschaft in Deutschland und Europa, das von Borderstep entwickelt wurde und jährlich aktualisiert wird (Fichter & Hintemann, 2014; Hintemann, 2021b; Hintemann, Fichter, & Stobbe, 2010; Hintemann et al., 2020). In dem Modell sind die Rechenzentren in unterschiedlichen Größenklassen in ihrer Ausstattung mit verschiedenen Servertypen, Speichersystemen und Netzwerkinfrastrukturen beschrieben. Dabei werden auch die Altersstruktur der Server und die Energiebedarfe der verschiedenen Servertypen in unterschiedlichen Betriebszuständen berücksichtigt. Außerdem sind die Rechenzentrumsinfrastrukturen wie Klimatisierung, Stromversorgung, USV, etc. für unterschiedliche Größen- und Redundanzklassen modelliert. Input für das Modell liefern jeweils Daten zu den Verkäufen von Hardware, die von Marktforschungsunternehmen bezogen werden. Das Modell wurde auf das Land Hessen angepasst, so dass damit die Kapazitäten und Investitionen in Rechenzentren in Hessen berechnet werden konnten.



Hessische Staatskanzlei
Hessische Ministerin für
Digitale Strategie und Entwicklung



digitales.hessen

Impressum

Autoren / Autorinnen

Dr. Ralph Hintemann (Borderstep Institut) · hintemann@borderstep.de
Simon Hinterholzer (Borderstep Institut) · hinterholzer@borderstep.de
Tim Grothey (Borderstep Institut) · grothey@borderstep.de

Herausgeber

Hessische Staatskanzlei,
Ministerin für Digitale Strategie und Entwicklung
Georg-August-Zinn-Straße 1
65183 Wiesbaden

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und die Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in der Veröffentlichung geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit der Meinung des Herausgebers übereinstimmen.

© Hessische Staatskanzlei,
Ministerin für Digitale Strategie und Entwicklung
Georg-August-Zinn-Straße 1
65183 Wiesbaden
www.digitales.hessen.de

Vervielfältigung und Nachdruck - auch auszugsweise - nur nach vorheriger schriftlicher Genehmigung.

Projektträger und Auftraggeber der Studie

Hessen Trade & Invest GmbH
im Auftrag der Hessischen Staatskanzlei,
Ministerin für Digitale Strategie und Entwicklung

Kontaktdaten
Hessen Trade & Invest GmbH
Konradinallee 9
65189 Wiesbaden
Tel +49 611 95017-8432
Fax +49 611 95017-8466
digitales@htai.de
www.htai.de

Gestaltung

hesh.de – Wiesbaden

Abbildungen Titelseite

shutterstock; istockphoto

Stand

Wiesbaden, Mai 2022

Download

www.digitales.hessen.de

Ausschluss Wahlwerbung

Dieses PDF wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Hessischen Landesregierung herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags- und Kommunalwahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen und Werbemittel.

Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf dieses PDF nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Die genannten Beschränkungen gelten unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl dieses PDF dem Empfänger zu gegangen ist.

Den Parteien ist es jedoch gestattet, dieses PDF zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.