

Rechenzentren in Frankfurt am Main und der Region: Standort- und regionalökonomische Wirkungszusammenhänge

Studie für die Wirtschaftsförderung Frankfurt, das Stadtplanungsamt Frankfurt am Main, den Regionalverband FrankfurtRheinMain und die Hessen Trade & Invest (HTAI)

31.03.2025

Studie



Impressum

© 2025

Verantwortlich:

IW Consult GmbH
Konrad-Adenauer-Ufer 21
50668 Köln
www.iwconsult.de

Detecon International GmbH
Bayenwerft 12-14
50678 Köln
www.detecon.com

Autoren

Lennart Bolwin
Johannes Ewald
Dr. Tillman Hönig
Hanno Kempermann
Benita Zink (alle IW Consult GmbH)

Laura Balabajew
Eric Jung
Dr. Rainer Weidmann (alle Detecon International GmbH)

Bildnachweise

Titelseite: openAI

Institut der deutschen Wirtschaft Köln Consult GmbH · Konrad-Adenauer-Ufer 21 · 50668 Köln
Postanschrift: Postfach 10 19 42 · 50459 Köln · Eingetragen im Handelsregister Köln HRB 30889
Geschäftsführer: Dr. Henry Goecke, Hanno Kempermann · Sitz der Gesellschaft ist Köln

DATA. INSIGHTS. FUTURE.

Inhalt

1	Management Summary	5
2	Einleitung	14
3	Definitionen und Grundlagen	17
3.1	Definition Rechenzentrum und Rechenzentrumsbranche	17
3.2	Lebenszyklus eines Rechenzentrums.....	21
3.3	Einflussfaktoren auf die Rechenzentrumsbranche.....	22
3.4	Geschäftsmodell von Rechenzentren.....	24
3.5	Stakeholderanalyse der Rechenzentrumsbranche	26
4	Regionale Rechenzentrumsbranche.....	28
4.1	Zahlen, Daten und Fakten.....	28
4.1.1	Status Quo und Ausblick	28
4.1.2	Die Perspektiven der lokalen Rechenzentrumsexperten	37
4.2	FRM als digitales Innovations-Ökosystem: Standortprofil	42
4.2.1	Allgemeine Standortfaktoren	42
4.2.2	Branchenspezifische Standortfaktoren.....	49
4.2.3	Wirtschaftsstrukturelle Potenziale	60
5	Ökonomische Wirkungszusammenhänge der Rechenzentrumsbranche	62
5.1	Beschäftigungs- und Wertschöpfungseffekte	64
5.1.1	Ökonomischer Fußabdruck der RZ-Branche	65
5.1.2	Hebeleffekte der RZ-Branche auf die vorgelagerte Wertschöpfungskette	70
5.1.3	Fiskalische Effekte der RZ-Branche	76
5.2	Spillover-Effekte.....	82
5.2.1	Der Einfluss von Rechenzentren auf die regionale Wirtschaft	83
5.2.2	Rechenzentrumsbranche im wirtschaftsstrukturellen Kontext.....	90
6	Regionalökonomische Entwicklungsmöglichkeiten	117
6.1	Rechenzentrumsstandort	117
6.2	Digitalstandort	121
7	Literaturverzeichnis	124
8	Abbildungsverzeichnis.....	126
9	Tabellenverzeichnis.....	127
Anhang.....		128

Glossar.....	128
Experteninterviews	130
Input-Output-Analyse	130
Schätzungen fiskalischer Effekte.....	133
Regressionsanalysen	135
Unternehmensbefragung.....	138
Wirtschaft-4.0-Index	140

1 Management Summary

Die Effekte der digitalen Transformation auf ganze Volkswirtschaften sind mittlerweile sehr gut dokumentiert. So zeigt der Draghi-Report, dass die Produktivität in den USA in den letzten Jahren deshalb so überdurchschnittlich stark gestiegen ist, weil sie in erheblichem Maße von den amerikanischen Tech-Konzernen und deren Innovationsleistungen beeinflusst wird. Ohne Tech-Konzerne hätte sich das Produktivitätswachstum ähnlich zu dem in Deutschland entwickelt (Draghi 2024). Das Rückgrat dieser digitalen Transformation sind Rechenzentren. Lag das durchschnittliche Datenvolumen je Breitbandanschluss vor zehn Jahren noch bei 26,6 Gigabyte pro Monat, sind es aktuell 321 Gigabyte und damit etwa das Zwölffache (DIALOG CONSULT / VATM 2023). Das hohe Wachstum ist auch darauf zurückzuführen, dass mittlerweile fast die Hälfte aller Unternehmen in Deutschland Rechenzentren nutzt. Vor zwei Jahren waren es erst 37,5 Prozent. Der Zugriff auf Rechenzentren und damit Cloud-Infrastrukturen ermöglicht Unternehmen in Deutschland bis 2030 die Realisierung zusätzlicher Wertschöpfung in Höhe von mindestens 250 Milliarden Euro (IW Consult 2024c).

Fast alle größeren deutschen Unternehmen nutzen Rechenzentren und damit Cloud-Services, um Prozesse zu skalieren und Innovationen über Datenanalysen und damit unter Nutzung von Cloud-Services voranzutreiben. 5,9 Mio. Beschäftigte arbeiten in deutschen Unternehmen, die ohne Cloud-Infrastruktur ihr Geschäftsmodell nicht verfolgen könnten. Die Innovationskraft und Produktivitätssteigerungen von Unternehmen, die Rechenzentren nutzen, liegen dementsprechend signifikant höher als bei nicht-digitalen Unternehmen. Rechenzentrumsnutzer konnten bezogen auf das Jahr 2023 rund 18 Prozent ihrer Umsätze mit neuen Produkten oder Dienstleistungen generieren, die es vorher noch nicht gab. Bei den Unternehmen, die keine Rechenzentrumsinfrastruktur nutzen, lag dieser Wert lediglich bei knapp 8 Prozent und damit bei weniger als der Hälfte (IW Consult 2024c; DIALOG CONSULT / VATM 2023). Ohne Cloud-Services läge die Innovationskraft deutscher Unternehmen signifikant unter dem heutigen Niveau.

Künstliche Intelligenz (KI) treibt diese Effekte weiter an. So könnte die Wertschöpfung durch den flächendeckenden Einsatz von KI in Deutschland um 330 Milliarden Euro bis 2035 zunehmen (IW Consult 2023a). Diese Entwicklung wiederum führt erstens zu einer weiter hohen Flächennachfrage durch Rechenzentrumsanbieter und zweitens zu neuen Anforderungen an Rechenzentrumstandorte. Der entsprechende Energiebedarf wird gemäß gängiger Expertenmeinung in den nächsten Jahren deutlich steigen, die Nutzung der entstehenden Abwärme ist bereits heute im Energieeffizienzgesetz (EnEfG) verankert.

Der aktuelle Entwurf des Koalitionsvertrags der voraussichtlichen Bundesregierung aus CDU und SPD sieht vor, den Rechenzentrumsstandort Deutschland als Leuchtturm Europas zu stärken, indem Cluster und regionale sowie dezentrale Ansiedlungen unterstützt werden sollen und die Abwärmenutzung zur Einspeisung in Fernwärmenetze erleichtert werden soll.

So wichtig Rechenzentren für die Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen und des Wohlstands in Deutschland sind, so kontrovers wird die Frage diskutiert, welche ökonomische Rolle Rechenzentren für das direkte lokale Umfeld und regionale Wirtschaftsräume spielen. Vielfach werden Standorte von Rechenzentren mit der Hoffnung verbunden, dass durch die Ansiedlung weiterer Unternehmen, die die Nähe von Rechenzentren suchen, Spillover-Effekte entstehen, also sich beispielsweise digital-affine Unternehmen und Startups ansiedeln. Gleichzeitig werden Herausforderungen durch einen vergleichsweise hohen Flächenverbrauch je Mitarbeiter, den hohen Energiebedarf, etwaigen Flächenkonkurrenzen zu anderen Ansiedlungen und nicht zuletzt die oftmals mangelnde Gebäudeattraktivität gesehen.

In Deutschland ragt Frankfurt am Main als das bedeutendste Rechenzentrumscluster heraus. Allein 55 Rechenzentrumsstandorte¹ befinden sich Stand Oktober 2024 in dem Stadtgebiet. Rund 30 Prozent aller deutschen Rechenzentren sind in Frankfurt am Main ansässig (DCM 2024). Zudem finden auch in der Metropolregion FrankfurtRheinMain seit einigen Jahren verstärkt Ansiedlungen von Rechenzentren statt. Bis 2030 sollen 25 weitere Rechenzentrumsstandorte allein im Umfeld Frankfurts entstehen. Die Rechenzentren in der Region versorgen dabei nicht nur die lokale Wirtschaft, sondern übernehmen als digitale Infrastruktur eine zentrale Schlüsselrolle für ganz Deutschland sowie für internationale Märkte. Angesichts der Herausforderung, die digitale Transformation erfolgreich zu meistern, werden sie zu einem neuralgischen Akteur für die Entfaltung digitaler Produkte, Prozesse und Geschäftsmodelle in der deutschen Wirtschaft.

Gleichzeitig gibt der Koalitionsvertrag (2021-2026) für Frankfurt am Main der Ansiedlung neuer Rechenzentren enge Grenzen vor. So sollen nur noch Rechenzentrumscluster gebildet werden können, in Gewerbe- und Industriegebieten innerhalb der Stadt sollen Rechenzentren weitgehend ausgeschlossen werden. Die Energieversorger Mainova und Syna geben an, dass bis 2030 keine neuen Rechenzentren mit einer Leistung von mehr als 10 MW angesiedelt werden können, weil der Netzausbau die stark wachsende Stromnachfrage nicht decken kann. Schon heute wird bis zu 30 Prozent der im Stadtgebiet zur Verfügung stehenden Stromspitzenlast von Rechenzentren bezogen.

Forschungsleitende Fragestellungen der Studie

Vor dem Hintergrund dieses Spannungsfelds – Rechenzentren als Treiber der digitalen Transformation in Hessen und Deutschland mit ambivalenten Auswirkungen vor Ort – wird in der vorliegenden Studie der Frage nach den standort- und regionalökonomischen Wirkungszusammenhängen von Rechenzentren im hessischen Teil der Metropolregion FrankfurtRheinMain (dieser Teil der Metropolregion wird nachfolgend FRM abgekürzt) nachgegangen. Folgende raumrelevante Fragen müssen in diesem Kontext beantwortet werden:

1. Welche ökonomische Bedeutung entfaltet die Rechenzentrumsbranche in FRM?
2. Wie wichtig ist die Nähe zu Rechenzentren für Unternehmen?
3. Profitieren Städte und Regionen regionalökonomisch von der Ansiedlung von Rechenzentren?
4. Inwiefern müssen differenzierte Antworten für Frankfurt am Main und die weiteren Teilräume FRMs gegeben werden?

Methoden

Zur Beantwortung dieser Fragen wurde ein breites Methodenspektrum eingesetzt, das der Vielschichtigkeit und Komplexität der Fragestellung angesichts einer begrenzten Datenlage Rechnung trägt.

- ▶ Literaturanalysen
- ▶ Experteninterviews mit Rechenzentrumsbetreibern, -nutzern und -beratern (20 Interviews)
- ▶ Unternehmensbefragung im hessischen Teil der Metropolregion FrankfurtRheinMain (n = 320)

¹ Hinweis: Die Begriffe Rechenzentrum und Rechenzentrumsstandort werden in dieser Studie synonym verwendet. Die Zahl von 55 Standorten ist als Untergrenze zu interpretieren, da sie sich nur auf die Begriffsdefinition aus Kapitel 3 sowie im Rahmen dieser Studie identifizierbare Rechenzentren beschränkt. In dieser Studie werden zur Eingrenzung kleine IT-Installationen, einzelne Serveracks und kleine Serverräume sowie unternehmenseigene Rechenzentren nicht betrachtet. Für die berücksichtigten Rechenzentren werden zwei Kriterien zugrunde gelegt: Ein Rechenzentrum umfasst mindestens 30 Racks bzw. Serverschränke und hat eine Anschlussleistung von mehr als 1 MW.

- ▶ Analysen im Rahmen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen, um den ökonomischen Impact von Rechenzentren zu ermitteln
- ▶ Analysen von Sekundärstatistiken, insbesondere zu Stärken und Schwächen des Standorts FRM im Vergleich zu anderen Metropolregionen
- ▶ Datenanalysen zu Kaufpreisen von Industrieflächen zur Rechenzentrumsnutzung in Frankfurt am Main

Die vorliegende Studie legt ein breites Verständnis der forschungsleitenden Fragestellung zugrunde. Deshalb wird die Einbettung eines Innovations-Ökosystems in FRM, in dem Rechenzentren ein Teil davon sind, analysiert. Innovations-Ökosysteme zeichnen sich durch die Verschränkung unterschiedlicher Akteure auf der Ebene von Unternehmen, wissenschaftlichen Institutionen und regionalen Stakeholdern aus. Durch diese Verschränkung entstehen Wissens-Spillover-Effekte, die zu einer höheren Gesamtwirksamkeit des Innovations-Ökosystems führen im Vergleich zu unverbundenen, einzelnen Elementen (IW Consult 2024d; Expertenkommission Forschung und Innovation 2025).²

Der Analysefokus auf Akteuren und Rahmenbedingungen eines digitalen Innovations-Ökosystems basiert auf der Konzeption der verwandten Vielfalt (*related variety*) unter Maßgabe des Untersuchungsgegenstands dieser Studie: Die hohe Anzahl an Rechenzentren und die räumliche Nähe zum weltweit größten Internetknoten DE-CIX führen zu einem ausgeprägten Kompetenzprofil bei Digitaltechnologien. Im Kontext der verwandten Vielfalt nutzen unterschiedliche, aber verwandte Branchen innerhalb einer Region ähnliche Kenntnisse, Fähigkeiten und Technologien. Diese Vielfalt fördert ebenfalls Wissens-Spillover-Effekte und ermöglicht es Unternehmen, von bestehenden Technologien zu lernen und diese anzupassen, was zu einer erhöhten Innovationsfähigkeit führt. Studien zeigen, dass Regionen mit hoher verwandter Vielfalt tendenziell eine höhere Innovationsrate aufweisen, da die Nähe der Branchen die Zusammenarbeit und den Austausch von Wissen und Technologien erleichtert und Potenziale erschließt, um an technologischen Rändern zu forschen, wodurch neue Geschäftsmodelle entstehen können. Regionen, die auf verwandte Vielfalt setzen, sind besser in der Lage, technologische Durchbrüche zu erzielen und langfristiges Wachstum zu sichern (Broekel et al. 2017). Eine geringe verwandte Vielfalt, also die Koexistenz von Branchen ohne gemeinsame Wissens- oder Technologiebasis, kann die Produktivität hingegen hemmen (Aarstad et al. 2016).

In der vorliegenden Studie werden die Stärken und Schwächen des Digitalstandorts FRM arriert und die Zusammenhänge zwischen den ansässigen Rechenzentren und Elementen eines regionalen digitalen Innovations-Ökosystem analysiert.

Welche ökonomische Bedeutung entfaltet die Rechenzentrumsbranche in FRM?

Die ökonomische Bedeutung der Rechenzentrumsbranche für FRM wird in der vorliegenden Studie definiert als der ökonomische Impact im Sinne von direkten, indirekten und induzierten Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten sowie Spillover-Effekten, also Ausstrahlungseffekten, die bspw. durch die Etablierung eines digitalen Innovationsökosystems entstehen. In einem solchen Ökosystem kooperieren und konkurrieren Unternehmen ähnlicher Branchen. Dadurch werden Wissenstransfers zwischen Unternehmen, Startups, Hochschulen und wissenschaftlichen Institutionen erzeugt. Diese Pull-Faktoren ziehen weitere digitale Unternehmen an, die ebenfalls von der räumlichen Nähe profitieren möchten.

² Die EU fördert vor diesem Hintergrund Innovations-Ökosysteme im Rahmen des Programms Horizon Europe.

Um den gestellten Fragen auf den Grund zu gehen, wurde zunächst die Rechenzentrumsbranche in FRM vermessen und deren ökonomischer Impact auf Basis von Beschäftigungs- und BIP-Anteilen berechnet. Demnach beschäftigte die Rechenzentrumsbranche im Jahr 2023 rund 2.900 Arbeitskräfte (0,1 Prozent der Beschäftigten FRMs), ca. 1.100 weitere Beschäftigte ergeben sich aus den Zulieferern von Rechenzentren.³ Der Anteil der Branche als Beitrag zum BIP liegt mit 0,5 Prozent bzw. 1,25 Milliarden Euro etwas höher. Verglichen mit den BIP-Beiträgen anderer Fokusbranchen FRMs wie der Finanzwirtschaft (9,2 Prozent), der Pharma- (2,6 Prozent) oder der Chemieindustrie (2,3 Prozent) fällt aber auch der BIP-basierte Anteil der Branche unterdurchschnittlich aus. Die Berechnungen verdeutlichen, dass der unmittelbare ökonomische Effekt von Rechenzentren relativ klein ausfällt, weil nur rund 4.000 Arbeitsplätze mit der Branche assoziiert werden. Allein in der Finanzwirtschaft von Frankfurt am Main sind dagegen rund 80.000 Beschäftigte tätig.

Es ist allerdings zu erwarten, dass der wirtschaftliche Beitrag der Rechenzentrumsbranche zur Gesamtwirtschaft zukünftig wächst, sowohl in Frankfurt am Main als auch in FRM. Die Branche ist seit 2019 deutlich stärker gewachsen als die Gesamtwirtschaft und wird auch bis 2029 voraussichtlich stärker wachsen. In den letzten fünf Jahren hat sich das BIP der Rechenzentrumsbranche in FRM verdoppelt, in Frankfurt am Main betrug das Wachstum knapp 90 Prozent. Im Gegensatz dazu wuchs die Gesamtwirtschaft Frankfurts und der Region nur um rund 16 Prozent.

Die Diskrepanz zwischen Beschäftigungs- und BIP-Anteil lässt auf eine hohe Produktivität (d.h. BIP je Erwerbstäigen) schließen. Je Erwerbstäigen wird ein BIP-Beitrag von rund 430.000 Euro erwirtschaftet, während der Durchschnittswert in FRM bei rund 95.000 Euro liegt. Im Branchenvergleich liegt die Rechenzentrumsbranche an der Spitze noch vor den produktivsten Branchen im Finanz- und Versicherungsbereich oder der Industrie. Das hängt auch damit zusammen, dass die Rechenzentrumsbranche kapitalintensiv ist und gleichzeitig mit relativ wenigen Beschäftigten auskommt. Da der größte Teil der Rechenzentren FRMs im Stadtgebiet von Frankfurt am Main ansässig ist, wird dort auch der höchste BIP-Beitrag realisiert: Mit 937 Millionen Euro entfallen 75 Prozent des BIP-Beitrags der Rechenzentrumsbranche auf die Finanzmetropole, weitere 16 Prozent werden in anderen kreisfreien Städten der Region erwirtschaftet und neun Prozent in den Landkreisen FRMs.

Rechenzentren nehmen viel Fläche je Erwerbstäigen ein. Sowohl in der Stadt Frankfurt am Main als auch in FRM beschäftigt die Branche wesentlich weniger Erwerbstäigte je Hektar als andere Industrie- und Dienstleistungsbranchen. Auf einen Hektar Gewerbe- und Industriefläche kommen in der gesamten Industrie und dem Dienstleistungsgewerbe gut siebenmal so viele Beschäftigte wie in der Rechenzentrumsbranche in Frankfurt am Main. In der Stadt Frankfurt am Main erwirtschaftet die Rechenzentrumsbranche mit 17 Millionen Euro lediglich rund halb so viel BIP je Hektar Gewerbe- und Industriefläche wie der Rest der Wirtschaft (35,4 Millionen Euro). In der Region ist die Rechenzentrumsbranche allerdings weitaus produktiver als andere Industrie- und Dienstleistungsbranchen. Das liegt daran, dass die Rechenzentrumsbranche in der Stadt Frankfurt am Main und in FRM eine ähnlich hohe Flächenproduktivität wie die restlichen Unternehmen aufweist, während die Industrie- und Dienstleistungsbranchen außerhalb der Stadt Frankfurt am Main mit einer Flächenproduktivität von rund 10 Millionen Euro je Hektar deutlich hinter der städtischen Wirtschaft liegen.

³ Andere Studien (zum Beispiel AWS 2024; German Data Center Association 2024) schätzen die Beschäftigungseffekt höher ein als die vorliegende Studie. Das liegt vor allem an zwei Unterschieden: Erstens wird hier eine enge Definition von Rechenzentren verfolgt (s. Kapitel 3) und zweitens werden hier lediglich Betriebsphaseneffekte berechnet. Die Investitionsphase, also der Bau der Rechenzentren wird dementsprechend ausgeklammert, weil damit auf Dauerarbeitsplätze abgestellt wird und nicht auf Arbeitsplätze, die temporär für die Errichtung eines Rechenzentrums entstehen.

Auf Grundlage der ökonomischen Kennzahlen der Rechenzentrumsbranche in FRM sowie den indirekten Effekten wurde auch geschätzt, wie hoch die Steuereinnahmen in der Region sind, die durch die Rechenzentren zustande kommen. Die Rechenzentrumsbranche verursacht in FRM demnach Steuern⁴ in Höhe von insgesamt 405 Millionen Euro. Davon entfallen 287 Millionen Euro auf die Branche selbst (direkter fiskalischer Effekt) und weitere 117 Millionen Euro werden durch ihre Zulieferer der vorgelagerten Wertschöpfungskette (indirekter fiskalischer Effekt) ausgelöst. Daraus ergibt sich, dass die Rechenzentrumsbranche im Verhältnis zu den Beschäftigten sowie zum BIP-Beitrag überdurchschnittlich viel Steuern zahlt. Das Steueraufkommen der Branche liegt im Verhältnis zum gesamten in FRM verursachten Steueraufkommen bei 0,6 Prozent direkt verursachter Steuern.

Wie wichtig ist die Nähe zu Rechenzentren für Unternehmen?

Die zweite Frage muss zweigeteilt beantwortet werden: Latenz – die Zeitverzögerung in einem System – und die damit notwendige physische Nähe spielt eine wichtige Rolle in der Beziehung Rechenzentrum-zu-Rechenzentrum (auch Georedundanz genannt). Deshalb siedeln sich Rechenzentren konzentriert im Großraum Frankfurt an. Die erste Entscheidung für den Bau eines Rechenzentrums bedingt eine Pfadabhängigkeit für weitere Rechenzentren desselben Betreibers. Frankfurt am Main ist hier das Maß aller Dinge in Deutschland, weil die räumliche Nähe zum größten Internetknoten DE-CIX und damit zu erheblichen Skalierungsmöglichkeiten besteht. Neben der Latenz gibt es weitere Gründe für Rechenzentrumsbetreiber, Rechenzentrumscluster in urbaner Nähe zu etablieren. Dazu gehören ein spezialisierter Humankapital-Pool und die Nähe zu spezialisierten Dienstleistern, die Reparaturen in Rechenzentren in kurzer Zeit durchführen können.

Die hohe Standortattraktivität spiegelt sich in der Zahlungsbereitschaft der Rechenzentrumsbetreiber für Gewerbeblächen in Frankfurt am Main wider. Im Vergleich zu den durchschnittlichen Bodenrichtwerten für gewerblich genutzte Flächen liegen die gezahlten Grundstückspreise von Rechenzentrumsbetreibern laut dem Gutachterausschuss teils deutlich über dem Referenzpreis: Im Zeitraum von 2005-2014 betragen die gezahlten Preise das 1- bis 2,6-fache der Vergleichspreise, im Zeitraum von 2018-2024 wurde bereits das 3,9- bis 6,7-fache gezahlt. Betroffen sind insbesondere die Gemarkungen Fehrenheim (Faktor 6,2), das Ostend und Rödelheim (beide Faktor 4,9).

In der Beziehung Rechenzentrum-zu-Unternehmen gilt die Notwendigkeit physischer Nähe in aller Regel dagegen nicht. Eine Vielzahl von Experten aus Forschungseinrichtungen, Unternehmen, Startups und Rechenzentren bestätigt, dass es nur für einen verschwindend geringen Anteil von Unternehmen relevant ist, aus Latenzgründen mit dem Unternehmenssitz in einem Umkreis von weniger als 30 Kilometer eines Rechenzentrums ansässig zu sein. Auch in Zukunft seien Geschäftsmodelle, die eine Latenz im Millisekundenbereich erfordern, für die meisten Unternehmen in hohem Grade unwahrscheinlich. Beispiele für zukünftige Geschäftsmodelle, die minimale Latenz erfordern, sind digital unterstützte Operationen oder das autonome Fahren (und autonome Mobilität), wobei für autonomes Fahren hochleistungsfähige Mobilfunknetze zur Verfügung stehen müssen. Ein weiteres Beispiel ist das Smart Manufacturing, also die Echtzeit-Steuerung von Maschinen und Robotern, bei dem jedoch über Edge Computing Mini-Rechenzentren an die Produktion heranrücken, die wiederum mit hochleistungsfähigen Rechenzentren in weiterer Entfernung verbunden sind. Demnach ist auch nicht damit zu rechnen, dass Unternehmen mit Verbindungen zu Rechenzentren Frankfurt am Main verlassen werden, wenn sich Rechenzentren künftig verstärkt im Umland ansiedeln oder hypothetisch sogar dorthin abwandern sollten. Rund die Hälfte aller Unternehmen, die Rechenzentren nutzen, entscheidet sich

⁴ Betrachtet werden in dieser Studie die wichtigsten Steuerarten: Umsatzsteuer, Lohn- und Einkommensteuer, Gewerbesteuer, sowie Körperschaftsteuer. Gemeinsam machen sie rund 70 Prozent aller in Deutschland gezahlten Steuern aus.

gleichwohl aus Datenschutz und Datensicherheitsgründen für die Nutzung von Rechenzentren mit Standort in Deutschland. Rechenzentren mit Sitz in Deutschland haben also eine hohe Bedeutung für die digitale Transformation und Datensouveränität.

Die physische Nähe zu Rechenzentren kann aber aus anderen Gründen als Latenz Attraktivität für Unternehmen entfalten. So legen Unternehmen darauf Wert, Netzwerke im digitalen Ökosystem zu pflegen (60,7 Prozent Zustimmung in der Befragung unter rund 320 Unternehmen in FRM). Zudem entsteht insbesondere in Frankfurt am Main mit dem weltgrößten Internetknoten DE-CIX das Image eines digitalen Standortes, durch das wiederum digitale Unternehmen angezogen werden. Spielt die physische Nähe nur eine untergeordnete Rolle, scheint die kulturelle und organisatorische Nähe zu Rechenzentren durchaus als latentes Konstrukt von Bedeutung zu sein. Das Zusammenspiel aus quantitativ schwer messbaren Faktoren wie dem Wunsch nach räumlicher Nähe zu den eigenen Daten oder dass Netzwerke zu anderen digitalen Unternehmen geknüpft werden können, die ebenfalls die Nähe zu Rechenzentren suchen, kann Standortvorteile erzeugen. Die Unternehmensbefragung liefert hierzu erste begründete Thesen, weiterer Forschungsbedarf für ein umfassendes Verständnis dieses Phänomens ist indes gegeben.

Profitieren Städte und Regionen regionalökonomisch von der Ansiedlung von Rechenzentren?

Bezogen auf die dritte Frage bedeutet das, dass FRM regionalökonomisch zwar nur in untergeordnetem Maße unmittelbar von der Rechenzentrumsbranche profitiert, dass aber durchaus mittelbare Effekte gemessen werden können. Dies wird auch in der Unternehmensbefragung in FRM ersichtlich, in der zwei Unternehmenstypen genauer betrachtet wurden: Zum einen geben gut 20 Prozent der Unternehmen FRMs an, dass das bestehende digitale Innovationsökosystem und die Agglomerationsvorteile Frankfurts wichtig für die eigene Unternehmensentwicklung (Typ Ökosystem) seien. Zum anderen geben gut 12 Prozent der Unternehmen FRMs an, die Existenz von Rechenzentren in unmittelbarer Standortnähe stelle einen erfolgsrelevanten Standortfaktor dar (Typ Rechenzentrumsaffinität). Beide Unternehmensgruppen erzielen höhere Innovationsleistungen im Kontext von Produkt-, Dienstleistungs- und Prozessinnovationen. Sie schreiben der Kooperation mit Rechenzentren darüber hinaus einen direkten Effekt zu: 48 Prozent der rechenzentrumsaffinen Unternehmen geben an, die Kooperation mit Rechenzentren habe einen starken Einfluss auf Dienstleistungsinnovationen. 29 Prozent der rechenzentrumsaffinen Unternehmen geben an, die Kooperation mit Rechenzentren habe einen starken Einfluss auf Prozessinnovationen. Über alle Unternehmen hinweg belaufen sich diese Anteile auf rund 27 (Dienstleistungsinnovationen) bzw. 20 Prozent (Prozessinnovationen). Die höhere Leistungsfähigkeit der Unternehmen zeigt sich auch im Hinblick auf die Entwicklung von Mitarbeitern, Umsätzen und Produktivität: Beispielsweise konnten knapp 35 bzw. 41 Prozent der rechenzentrumsaffinen Unternehmen in den vergangenen zwei Jahren Umsätze bzw. Produktivität steigern. Über alle Unternehmen FRMs belaufen sich die respektiven Anteile dagegen nur auf 24 bzw. 35 Prozent.

Diese Effekte spiegeln sich auch in der Wirtschaftsstruktur FRMs wider. Frankfurt am Main liegt deutschlandweit auf Platz 2 nach der Stadt bzw. dem Landkreis München unter 400 Kreisen und kreisfreien Städten bei Unternehmen, die sich mit den Themen Cloud-Computing (Platz 1: Stadt München), Internet of Things (Platz 1: Landkreis München) und Smart Services (Platz 1: Stadt München) beschäftigen. Beim Anteil IT-Beschäftigter liegt Frankfurt am Main deutschlandweit auf Rang 8 mit einem Anteil von 6,3 Prozent zwischen München (7,9 Prozent, Rang 6) und Berlin (4,7 Prozent, Rang 28). Gleiches gilt für FRM mit 4,2 Prozent im Vergleich zu den Metropolregionen München (4,6 Prozent) und Berlin-Brandenburg (3,5 Prozent). Auch bei den Forschungsinstituten mit Digitalisierungsbezug liegen Frankfurt am Main (30,9 Forschungseinrichtungen mit Informatikbezug je eine Millionen Einwohner) und die weiteren hessischen kreisfreien Städte in der FRM (85,4) weit vorne im deutschlandweiten Vergleich (17,6). Frankfurt am Main kann mit dem DE-CIX, dem Frankfurter Flughafen und der Börse auf herausragende Stärken zurückgreifen, die deutschlandweit einzigartig sind. Im Zusammenspiel der

Standortfaktoren Mobilitätsangebot, Infrastruktur, Unternehmen und Wissenschaft bietet Frankfurt am Main ein digitales Ökosystem, das in der gesamten Bundesrepublik ein Alleinstellungsmerkmal darstellt und dementsprechend attraktiv für Ansiedlungen im Bereich der wissensintensiven Dienstleistungen ist, die erstens überdurchschnittlich wachsen und zweitens überdurchschnittlich produktiv sind. FRM hat also schon heute Stärken bezogen auf die digitale Wirtschaft, die in Zukunft gezielt weiterentwickelt werden könnten.

FRM weist beispielsweise bei den digitalen und den High-Tech Unternehmensgründungen noch Potenzial auf. Zu High-Tech-Gründungen zählen forschungsintensive Industrien (Spitzentechnik und hochwertige Technik) und technologieorientierte Dienstleistungen (Software und sonstige technologieorientierte Dienstleister). Gerade im digitalen Bereich entstehen viele Gründungen, die eine hohe Relevanz für die digitale Reife des Standorts Deutschland haben und deren Unternehmen innovativ und wachstumsstark sind.

- ▶ In FRM entstanden 2,5 High-Tech-Gründungen je 10.000 Erwerbsfähige im Jahr 2022 (Frankfurt am Main: 4,2 Gründungen). In der Metropolregion Berlin-Brandenburg sind es 4,3 Gründungen (Berlin: 6,0). Die Metropolregion München erreicht 3,2 Gründungen (München: 5,7).
- ▶ In FRM entfallen in Jahr 2024 auf 10.000 Einwohner je 2,1 aktive digitale Startups. In der Metropolregion Berlin-Brandenburg sind es 5,3 und in der Metropolregion München 3,4 digitale Startups.
- ▶ Die Stadt Frankfurt am Main setzt sich innerhalb FRMs mit einem Wert von 5,1 deutlich von den restlichen drei kreisfreien Städten (2,9) und den Landkreisen (1,3) in FRM ab. Berlin (8,1) und München (8,2) weisen indes eine deutlich höhere Dichte als Frankfurt am Main auf.

Die Standortanalyse zeigt, dass Frankfurts Standortstärken insbesondere die Anforderungen digitaler Startups etwa mit Fokus auf Künstliche Intelligenz bedienen, weswegen die Stadt zu einem vierten Startup-Magnet neben Berlin, München und Köln/Düsseldorf werden kann. Die zentrale komparative Stärke der FRM liegt in ihrer einzigartigen (digitalen) Konnektivität – bedingt durch die Nähe zum DE-CIX, dem Frankfurter Flughafen, der Börse sowie der hohen Dichte an Rechenzentren – und ermöglicht so einen kurzen Weg in die globale Welt. Auf den wenigen Gewerbegebäuden in Frankfurt am Main könnten dementsprechend verstärkt digitale Startups, die weder viel Fläche noch viel Energie benötigen, angesiedelt und damit der Potenzialraum zu den Millionenstädten geschlossen werden.

Inwiefern müssen differenzierte Antworten für Frankfurt am Main und die weiteren Teilaräume FRMs gegeben werden?

Mit Blick auf die vierte Frage hat sich Frankfurt am Main deutschlandweit zu einem sehr wirtschaftsstarken Zentrum entwickelt und liegt aktuell auf Rang 4 aller 400 Kreise und kreisfreien Städte. Durch die hohe Industrie- und Gewerbegebäudenachfrage in Frankfurt am Main besteht teilweise die Möglichkeit, aus Ansiedlungsanfragen auszuwählen und durch eine weitere Standortprofilierung spezifische Anfragen aus dem digitalen Sektor zu fördern. Dabei sind jedoch auch die Grenzen der steuernden Einflussnahme auf Ansiedlungentscheidungen zu beachten. Die Auswahl könnte nach zwei Prämissen verlaufen: Best-in-Class-Unternehmen sowie die Berücksichtigung der verwandten Branchenvielfalt. Die Stärkung des digitalen Innovations-Ökosystems in FRM über die gezielte Verbesserung der verwandten Vielfalt, indem weitere Digitalunternehmen, digitale Startups sowie wissenschaftliche Institutionen mit digitalem Fokus angesiedelt werden, könnte das Produktivitätspotenzial steigern. Damit würde Frankfurt am Main sicherstellen, dass erstens die erfolgreichsten Unternehmen im Sinne von Innovationstätigkeit, Wettbewerbsfähigkeit und Rendite in den Fokus rücken und zweitens Unternehmen fokussiert werden, die technologisch an die Stärken der ansässigen Unternehmen anknüpfen, um an technologischen Rändern zu innovieren (IW Consult 2024d).

Für den hessischen Teil FRMs außerhalb Frankfurts gelten teilweise andere Voraussetzungen als in Frankfurt am Main: Während in der Mainmetropole die Flächen und die Energieversorgung knapp sind und gleichzeitig eine hohe Flächennachfrage besteht, ist der Engpass an bestrombarer Fläche im Umland laut den geführten Experteninterviews noch etwas entspannter, gleichzeitig gibt es weniger Ansiedlungsanfragen von innovations- und wachstumsstarken Unternehmen. Rechenzentren können dementsprechend willkommene Ansiedlungen sein – auch deshalb, weil sie in der Regel kontinuierlich Gewerbesteuer zahlen, da ihre Geschäftsmodelle auf langfristigen, stabilen Einnahmen basieren und weniger konjunkturellen Schwankungen unterliegen. Zudem erhöhen sie weder den regionalen Fachkräftebedarf noch die Logistikbelastung. Wenn die Anbindung an Frankfurts digitales Ökosystem gestärkt wird, könnten vor allem auch in den anderen Städten FRMs wie Darmstadt Ansiedlungspotenziale digitaler Unternehmen gehoben werden. Neue Rechenzentren sollten daher unter Berücksichtigung der heterogenen Gegebenheiten zum Beispiel in Bezug auf die lokale Energie- und Flächensituation vor allem im Umland der Mainmetropole angesiedelt werden. Die Stadt Frankfurt sollte dagegen den Fokus darauflegen, das digitale Ökosystem mit der Ansiedlung digitaler Unternehmen und Startups zu stärken und sich damit mehr auf Gewerbe- als auf Industrieentwicklungen zu konzentrieren. Der Anteil der Beschäftigten im Verarbeitenden Gewerbe liegt in Frankfurt am Main mittlerweile bei nur noch 5,5 Prozent, während der Anteil bspw. in Hamburg bei 10,3 Prozent und in München bei 11,0 Prozent liegt (Bundesagentur für Arbeit 2025).

Die zentrale Bedeutung heimischer Rechenzentren für Innovation, Resilienz und Datensouveränität und damit für die Frage, ob Deutschland – und Hessen – die digitale Transformation erfolgreich meistern, macht die Rechenzentren in der FRM zum neuralgischen Akteur für die Entfaltung digitaler Produkte, Prozesse und Geschäftsmodelle für die deutsche Wirtschaft. 40 Prozent der Cloud-Nutzer geben an, die betriebliche Widerstandsfähigkeit durch die Nutzung von Cloud-Technologien erhöhen zu können. Cloud-Dienste stärken zudem die dezentrale Struktur Deutschlands. Es gibt keine Diskrepanzen bei den Cloud-Nutzern zwischen Stadt und Land hinsichtlich ihrer Innovationsaktivitäten. 24,1 Prozent der städtischen Unternehmen nutzen neue, komplexe Cloud-Technologien in hohem Maße – in den ländlichen Räumen liegt der Anteil bei 25,6 Prozent. 71,1 (Stadt) bzw. 71,2 (Land) Prozent der Unternehmen geben an, dass sie die Cloud für die Stärkung der Innovationsaktivitäten einsetzen. Dies ermöglicht also eine gewisse Kompensation von peripheren Nachteilen (IW Consult 2022). Um diese Vorteile für Unternehmen, die die Cloud nutzen – waren dies vor zwei Jahren noch 37,5 Prozent, sind es aktuell rund 50 Prozent mit weiter steigender Tendenz – weiter bieten zu können, sind Rechenzentrumscluster eine notwendige Bedingung und Frankfurt am Main mit dem DE-CIX der am besten geeignete Standort Deutschlands.

In einer Gesamtabwägung sind folgende Knergebnisse festzuhalten:

- ▶ Der unmittelbare ökonomische Impact der Rechenzentrumsbranche fällt trotz des starken zukünftigen Wachstums vergleichsweise klein aus. Der aktuelle BIP-Beitrag liegt bei 0,5 Prozent und damit deutlich unter dem anderer Fokusbranchen FRMs wie der Finanzwirtschaft (9,2 Prozent), der Pharma- (2,6 Prozent) oder der Chemieindustrie (2,3 Prozent). Das Steueraufkommen der Branche liegt im Verhältnis zum gesamten in FRM verursachten Steueraufkommen bei 0,6 Prozent direkt verursachter Steuern.
- ▶ Spillover-Effekte aus Latenzgründen, die aus der räumlichen Nähe zwischen Rechenzentren und Unternehmen entstehen, sind als unbedeutend einzuordnen. Geschäftsmodelle, die auf eine minimale Latenz setzen, sind sehr selten.
- ▶ Die Studie liefert Hinweise auf Spillover-Effekte für Unternehmen, die in einem digitalen Ökosystem eingebettet sind. 20 Prozent der Unternehmen FRMs geben an, dass das bestehende digitale Innovationsökosystem und die Agglomerationsvorteile Frankfurts wichtig für die eigene Unternehmensentwicklung seien. Für 12 Prozent der Unternehmen FRMs stellt die Existenz von Rechenzentren in Standortnähe einen erfolgsrelevanten Standortfaktor dar. Beide Unternehmensgruppen erzielen höhere Innovationsleistungen im Kontext von Produkt-, Dienstleistungs- und Prozessinnovationen.
- ▶ FRM nimmt mit der Bereitstellung hochleistungsfähiger digitaler Infrastrukturen deutschlandweit eine zentrale Funktion für die Ermöglichung der digitalen Transformation ein. Die Spillover-Effekte von Rechenzentren auf die Innovationskraft von Unternehmen sind – ohne dass sie in räumlicher Nähe zu Unternehmen verortet sein müssen – erheblich, wie einschlägige Studien hervorheben. Mindestens sechs Millionen Beschäftigte in Deutschland sind in Unternehmen tätig, deren Geschäftsmodell ohne Cloudnutzung nicht möglich wäre. Die regionalen Standortvorteile für Rechenzentren spiegeln sich in deren weit überdurchschnittlicher Zahlungsbereitschaft für Gewerbeblächen in Frankfurt am Main wider.
- ▶ In den Umlandgemeinden von Frankfurt am Main fallen die Opportunitätskosten im Sinne von Flächenkonkurrenz und Stromangebot teilweise niedriger aus als in den urbanen Räumen FRMs. Die Ansiedlung von Rechenzentren kann für Gemeinden mit einer geringen Zahl von attraktiven Ansiedlungsanfragen aufgrund stetiger Gewerbesteuerzahlungen und geringer Schwerlastverkehre attraktiv sein. Auf diese Weise können die Umlandgemeinden nicht nur ihren eigenen Wirtschaftsstandort stärken und die lokale Wirtschaftsstruktur weiterentwickeln, sondern zugleich einen Beitrag zur Stärkung des Rechenzentrumsstandorts Deutschland leisten und sich als wichtige Akteure der digitalen Transformation positionieren.

2 Einleitung

Die Stadt Frankfurt am Main und von dieser ausgehend der hessische Teil der Metropolregion FrankfurtRheinMain (nachfolgend FRM genannt⁵) haben sich in den letzten Jahrzehnten zu einem führenden Standort für die Rechenzentrumsbranche in Europa entwickelt. In Frankfurt am Main erstrecken sich Rechenzentren Stand Oktober 2024 auf 55 Standorte und knapp 63 Hektar Fläche⁶. Darüber hinaus bestehen weitere Rechenzentrumsstandorte außerhalb der Mainmetropole. Bislang weitgehend unklar ist allerdings, welche Wechselwirkungen zwischen der Rechenzentrumsbranche und dem Wirtschafts- und Arbeitsplatzstandort FRM bestehen. Zu dieser Frage kursieren zahlreiche Meinungen und Teilstudien, jedoch fehlt bislang ein umfassender Blick auf die verschiedenen und komplexen Zusammenhänge. Die vorliegende Studie unternimmt den Versuch, diese Forschungslücke zu schließen und praxisrelevante Handlungsableitungen zu identifizieren. Die Wirtschaftsförderung Frankfurt, das Stadtplanungsamt Frankfurt am Main, der Regionalverband FrankfurtRheinMain und Hessen Trade & Invest (HTAI) haben gemeinsam ein Konsortium aus dem Institut der deutschen Wirtschaft Köln Consult GmbH und Detecon International GmbH mit der Erstellung einer Studie beauftragt, die eine Analyse der regionalökonomischen Wirkungszusammenhänge sowie eine Untersuchung der wirtschaftlichen und fiskalischen Effekte von Rechenzentren vornehmen soll.

Begriffsdefinition Rechenzentrum und Rechenzentrumsbranche

Im ersten Teil der Studie wird der zentrale Untersuchungsgegenstand charakterisiert. Hierzu erfolgt zunächst eine Definition von Rechenzentren und der Rechenzentrumsbranche. Die definitorische Abgrenzung ist essenziell, um den Gegenstand und die Grenzen der Analyse kenntlich zu machen, denn Bestandsaufnahmen zu Rechenzentren hängen stark von der vorgenommenen Begriffsdefinition ab. So schätzt der Branchenverband Bitkom die gegenwärtige IT-Anschlussleistung in Deutschland auf etwa 2.730 Megawatt (MW) (bitkom 2023, 2024), die German Data Association (GDA) betrachtet in einer aktuellen Publikation dagegen nur Colocation- und On-Premise-Rechenzentren ab 50 Kilowatt (KW) und schätzt die gegenwärtige IT-Anschlussleistung um knapp 30 Prozent geringer ein (German Data Center Association 2024). Neben einzelnen Rechenzentren wird auch die Branche inklusive zentraler Aspekte wie dem Lebenszyklus, dem Geschäftsmodell und relevanten Einflussfaktoren von Rechenzentren abgegrenzt.

Rechenzentrumsbranche und Standortprofil FRM

Nach der definitorischen Abgrenzung folgt die Analyse und Bewertung der Rechenzentrumsbranche in FRM. Das Kapitel zielt darauf ab, ein detailliertes Bild der aktuellen Lage sowie einen Ausblick auf die zukünftige Entwicklung der Rechenzentrumsbranche in der Region zu zeichnen. Hierfür wird zunächst eine eigene Erhebung aller sich in FRM befindlichen Rechenzentren (gemäß Definition) erstellt, die Informationen wie die Anzahl der Rechenzentren, die entsprechende Flächeninanspruchnahme sowie

⁵ Der hessische Teil der Metropolregion FrankfurtRheinMain, von hier an „FRM“ abgekürzt, umfasst die kreisfreien Städte Frankfurt am Main, Offenbach am Main, Wiesbaden und Darmstadt sowie die Landkreise Hochtaunuskreis, Main-Taunus-Kreis, Rheingau-Taunus-Kreis, Offenbach, Darmstadt-Dieburg, Groß-Gerau, Main-Kinzig-Kreis, Wetteraukreis, Odenwaldkreis, Bergstraße, Fulda, Gießen, Limburg-Weilburg und Vogelsbergkreis.

⁶ Hinweis: Diese Zahl ist als Untergrenze zu interpretieren, da sie sich nur auf die Begriffsdefinition aus Kapitel 3 sowie im Rahmen dieser Studie identifizierbare Rechenzentren beschränkt.

die prognostizierte Entwicklung bis 2030 und deren Treiber umfasst. Zudem wird der typische Lebenszyklus eines Rechenzentrums analysiert, einschließlich der damit verbundenen Amortisationszeiten.

Zusammen mit den Analyseergebnissen von 20 Interviews mit Rechenzentrumsbetreibern, externen Beratern sowie Kunden von Rechenzentren ergibt sich ein umfassendes Bild der regionalen Branche. Die Gespräche mit Rechenzentrumsbetreibern in der Region FRM erlauben es, eine Bewertung des regionalen Rechenzentrumsstandorts vorzunehmen. Hierbei werden auch die Geschäftsmodelle und Strategien relevanter Stakeholder der Rechenzentrumsbranche analysiert. Es wird zudem auf die Rolle der Region im nationalen Netzwerk der Rechenzentren eingegangen. Darüber hinaus werden sich abzeichnende Herausforderungen und Chancen betrachtet, die sich aus der geographischen Konzentration von Rechenzentren für die Betreiber und die Region FRM ergeben. Diese Analyse dient als Grundlage dafür, die langfristige Entwicklung der Rechenzentrumsbranche in FRM und Struktureigenschaften der Branche einzuschätzen. Das Kapitel schließt mit einem Standortprofil FRMs, das FRM im Hinblick auf grundsätzliche und rechenzentrumsspezifische Standortfaktoren im Längsschnitt und im Vergleich mit den Metropolregionen Berlin-Brandenburg und München untersucht.

Ökonomische Wirkungszusammenhänge der Rechenzentrumsbranche in FRM

Im fünften Kapitel der Studie werden die ökonomischen Wirkungszusammenhänge der Rechenzentrumsbranche in FRM entlang der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette von Rechenzentren erarbeitet. Hierzu wird zunächst die vorgelagerte Wertschöpfungskette betrachtet und der ökonomische Fußabdruck durch eine Impact-Analyse bestimmt. Zu diesem Zweck wird die Rechenzentrumsbranche gemäß der erarbeiteten Definition als Satellitenkonto (Erklärung siehe Glossar) modelliert und aus der übergeordneten Wirtschaftszweiglogik der amtlichen Statistik herausgelöst. Die Modellierung erlaubt die Bestimmung der direkten und indirekten Produktions-, Beschäftigungs- und Wertschöpfungseffekte der Rechenzentrumsbranche in FRM. Zur besseren Einordnung der ökonomischen Bedeutung der Rechenzentrumsbranche wird zudem der Vergleich mit anderen Fokusbranchen FRMs ange stellt.

Es folgt die Betrachtung der nachgelagerten Wertschöpfungskette, in der durch die Rechenzentrumsbranche ausgelöste Spillover-Effekte untersucht werden. Hierzu wird zunächst im Rahmen von Regressionsanalysen untersucht, welche Zusammenhänge auf Ebene der 400 Kreise und kreisfreien Städte für Deutschland im Allgemeinen und für FRM im Speziellen zwischen der Rechenzentrumsbranche und relevanten sozio-ökonomischen Indikatoren beobachtbar sind. Anschließend wird der Fokus der Spillover-Analyse sukzessive geschärft: In einer standardisierten Telefonbefragung wurden 321 Unternehmen mit Sitz in FRM zu den Themenkomplexen digitale Geschäftsmodelle und Rechenzentren befragt. Ziel der Unternehmensbefragung ist es, Verflechtungen der lokalen Wirtschaft mit der Rechenzentrumsbranche besser zu verstehen. Die Ergebnisse der Spillover-Analyse werden in abschließenden Expertengesprächen mit Unternehmen aus typischen Kundenbranchen von Rechenzentren plausibilisiert und kontextuell eingeordnet. Die befragten Unternehmen stehen stellvertretend für diesen Unternehmenstyp, da es um Mechanismen geht, die für die gesamte Branche typisch sind.

Analysen Rechenzentrumsbranche und Digitalstandort

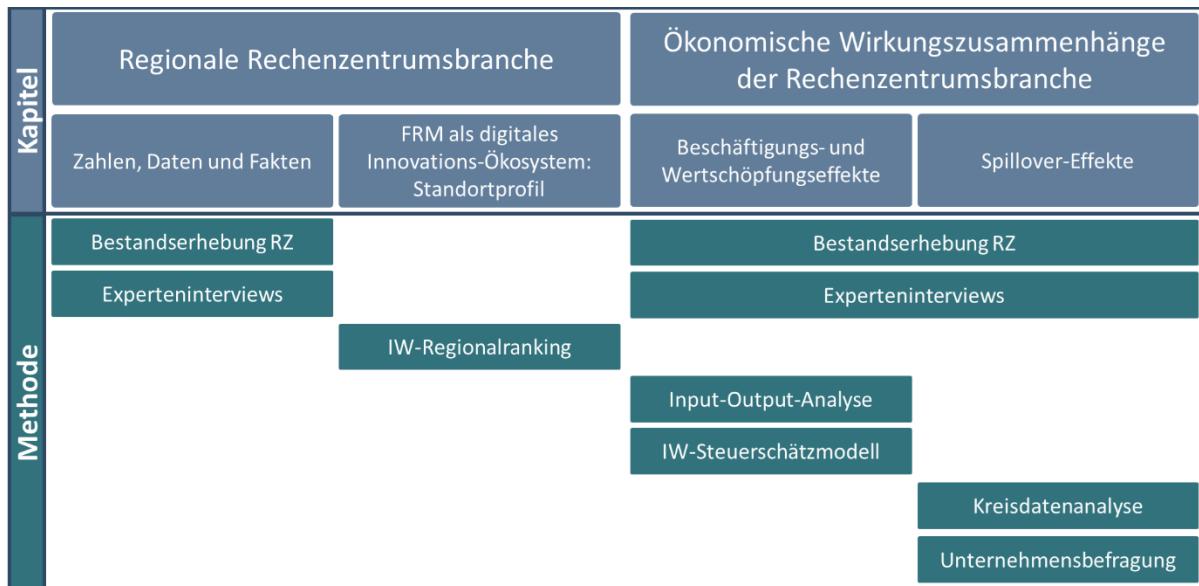
In zwei abschließenden Analysen zu regionalökonomischen Entwicklungsmöglichkeiten werden die erarbeiteten Ergebnisse der vorliegenden Studie verdichtet und systematisch eingeordnet. Im Rahmen der ersten Analyse wird der Rechenzentrumsstandort FRM betrachtet. Es wird aus Perspektive FRMs analysiert, welche Stärken und Schwächen die Rechenzentrumsbranche für die Region aufweist und welche externen Chancen und Risiken diese begünstigen bzw. konterkarieren. In einer zweiten Analyse wird der Digitalstandort FRM betrachtet. Folglich wird aus Perspektive der Unternehmen analysiert, wodurch der Standort seine Attraktivität gewinnt. Dies soll die Grundlage dafür bieten, den digitalen

Wirtschaftsraum (auch Ökosystem genannt) FRM besser zu verstehen und die Rahmenbedingungen zu stärken. Im Ergebnis entsteht ein empirisch getragenes, umfassendes Bild über die regionalen Wirkungskanäle des digitalen Ökosystems FRM im Allgemeinen und der Rechenzentrumsbranche im Speziellen. Die regionale Differenzierung nach Frankfurt am Main und Landkreisen/ weiteren kreisfreien Städten erlaubt auf Basis der Ergebnisse spezifische Handlungsstrategien zur Optimierung regionaler Ansiedlungspotenziale und der gezielten Weiterentwicklung der Wirtschaftsstrukturen.

Methodischer Aufbau der Studie

Die vorliegende Studie nutzt einen breiten Methoden-Mix aus quantitativen und qualitativen Ansätzen, der sich folgendermaßen den beiden zentralen inhaltlichen Kapiteln der Studie zuordnen lässt.

Abbildung 2-1: Übersichtsgrafik verwendete Methoden



Quelle: eigene Darstellung

Abgesehen von der Bestandserhebung der Rechenzentren in FRM und den Experteninterviews, die sowohl zur Charakterisierung der Rechenzentrumsbranche als auch zur Bestimmung der ökonomischen Wirkungszusammenhänge genutzt werden, lässt sich jede Methode jeweils einem spezifischen Unterkapitel zuordnen. Die Bestandserhebung der Rechenzentren gibt einen Überblick zu zentralen Kennziffern wie der Kapazität, den Erwerbstätigen und dem Umsatz der Rechenzentren FRMs. Diese Daten werden zur Bestimmung von Beschäftigungs- und Wertschöpfungseffekten und zur Spillover-Analyse genutzt. Die Experteninterviews helfen bei der Erarbeitung eines tieferen Verständnisses zum Status Quo sowie den Entwicklungen im Kontext von Rechenzentren in FRM und dienen außerdem zur Kontextualisierung und Plausibilisierung der Ergebnisse der jeweiligen Unterkapitel. Die Kapitel-spezifischen Methoden werden jeweils zu Beginn der entsprechenden Textabschnitte vorgestellt. Zusätzlich findet sich vor jedem Kapitel (Kapitel 3, 4.1, 4.2, 5.1, 5.2) ein Überblick über die zentralen Ergebnisse des jeweiligen Kapitels, sodass die Management Summary in Kombination mit den Ergebnisboxen und dem abschließenden Kapitel zu regionalökonomischen Entwicklungsmöglichkeiten einen guten Überblick über die Studie geben.

3 Definitionen und Grundlagen

Kernergebnisse im Überblick

- ▶ Rechenzentren sind Dienstleistungsunternehmen, die IT-Ressourcen zur Verfügung stellen. Für ihren Betrieb sind die Handlungsfelder Sicherheit, Verfügbarkeit, Ökologie und Ökonomie relevant.
- ▶ Es lässt sich zwischen Colocation-, Edge-, Hyperscale-, Cloud-Provider und On-Premise Rechenzentren unterscheiden.
- ▶ On-Premise-Rechenzentren werden von Unternehmen mit abweichendem Geschäftsmodell betrieben (zum Beispiel der Deutschen Bank). Diese Art von unternehmenseigenen Rechenzentren wird in dieser Studie nicht einbezogen, da die Rechenzentren kein eigenständiges Geschäftsmodell verfolgen.
- ▶ Colocation-Rechenzentren machen zwar nur knapp 16 Prozent aller deutschen Rechenzentren aus, sie beziehen mit 1.360 MW aber rund 70 Prozent des gesamten Stromverbrauchs von Rechenzentren in Deutschland.
- ▶ Rechenzentren sind diversen Einflussfaktoren wie der Verfügbarkeit von bestrombaren Flächen, leistungsfähigen Netzanschlüssen, der Verfügbarkeit von Fachkräften und regulatorischen Anforderungen ausgesetzt.
- ▶ Von der Bedarfsermittlung bis zur Inbetriebnahme eines Rechenzentrums vergehen typischerweise zwischen drei bis fünf Jahre. Nach zehn bis 20 Jahren Nutzung erfolgt in der Regel ein Rückbau oder eine Ertüchtigung des Gebäudes.
- ▶ Rechenzentren bieten sowohl für Unternehmen als auch die Zivilgesellschaft Mehrwerte. Sie bieten darüber hinaus theoretische Potenziale in Form der Abwärmenutzung und in der Bereitstellung von Minutenreserven.

3.1 Definition Rechenzentrum und Rechenzentrumsbranche

Als Rechenzentrum wird ein physischer Standort beschrieben in dem IT-Ressourcen zur Verfügung gestellt werden. Dabei handelt es sich um ein eigenständiges Gebäude, bzw. einen abgegrenzten Bereich im Gebäude. Der Begriff Rechenzentrum bezeichnet zum einen die räumliche Einheit und zum anderen die darin gebündelt betriebenen zentralen IT-Ressourcen. Diese werden eingesetzt, um Daten zentral zu speichern, zu verwalten und zu verarbeiten. In einem Rechenzentrum befindet sich neben IT-Komponenten, die die Bereitstellung der Daten und Anwendungen ermöglichen, auch die zum Betrieb notwendige Rechenzentrumsinfrastruktur, auch technische Gebäudeausrüstung (TGA) genannt. Diese umfasst z.B. die Energieversorgung, Klimatisierungen und Sicherheitstechnik. Die Qualität eines Rechenzentrums ergibt sich aus den implementierten Redundanzen und der damit erreichbaren Verfügbarkeit. Unter Rechenzentrumsredundanz versteht man die doppelte oder mehrfache Auslegung kritischer Komponenten (z.B. Batterien, Notstromaggregate, Klimaanlagen etc.) innerhalb eines Rechenzentrums. Ziel der Redundanz ist es, ungeplante Ausfälle zu minimieren und Datenverluste zu vermeiden. Die Verfügbarkeit von Rechenzentren beschreibt die Fähigkeit, IT-Dienste auch bei Hardwareausfällen oder anderen Störungen aufgrund implementierter Redundanz kontinuierlich und unterbrechungsfrei bereitzustellen.

Für den Betrieb von Rechenzentren sind die Handlungsfelder Sicherheit, Verfügbarkeit, Ökologie und Ökonomie relevant:

- ▶ Die Sicherheit von Rechenzentren umfasst sowohl physische als auch digitale Aspekte. Physisch müssen Zugänge zu den Gebäuden und Serverräumen kontrolliert werden, um unbefugten Zutritt zu kritischen Infrastrukturen zu verhindern.
- ▶ Auf der digitalen Ebene sind robuste Cybersecurity-Maßnahmen wie Firewalls, Verschlüsselung und regelmäßige Sicherheitsupdates essenziell, um Angriffe abzuwehren und Datenverluste zu vermeiden. International anerkannten Standards wie der ISO/IEC 27001 und der Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) kommt in diesem Zusammenhang eine entscheidende Bedeutung zu.
- ▶ Ein zentrales Ziel von Rechenzentren ist es, eine hohe Verfügbarkeit der IT-Infrastruktur sicherzustellen. Dies erfordert redundante Systeme, unterbrechungsfreie Stromversorgungen und zuverlässige Kühlung. Die Einhaltung von Standards wie der Tier-Klassifikation gewährleistet, dass Ausfallzeiten minimiert und Dienste jederzeit bereitgestellt werden können.
- ▶ Der Betrieb von Rechenzentren hat erhebliche Auswirkungen auf die Umwelt, insbesondere durch den hohen Energie- und Flächenverbrauch. Um diese zu minimieren, setzen viele Betreiber auf energieeffiziente Technologien, die Nutzung von erneuerbaren Energien und innovative Kühlkonzepte. Die ISO 14001 ist der internationale Standard für Umweltmanagementsysteme. Obwohl nicht spezifisch für Rechenzentren entwickelt, ist dieser Standard für Rechenzentren von großer Bedeutung.
- ▶ Neben technischen Anforderungen sind selbstredend auch wirtschaftliche Aspekte entscheidend. Rechenzentren sind Einrichtungen, die auf die Bereitstellung und Verwaltung von kundengerechter IT-Infrastruktur spezialisiert sind. Die Organisationsstruktur von Rechenzentren unterscheidet sich aber nicht von anderen Unternehmen, da für sie die gleichen gesetzlichen und regulatorischen Vorgaben gelten.

Typen von Rechenzentren

Rechenzentren unterscheiden sich in Typ und Ausprägung in Abhängigkeit ihrer Funktion, Größe und Geschäftsmodell. Nachfolgend werden die fünf am weitesten verbreiteten Rechenzentrumstypen beschrieben:

- ▶ **Colocation-Rechenzentrum:** Ein Rechenzentrum, in dem ein Anbieter seinen Kunden Rechenzentrumsfläche und Versorgungsinfrastruktur bereitstellt. Die IT-Geräte sind aber im Besitz des Kunden. Die Größe von Colocation-Rechenzentren variiert je nach Geschäftsmodell. Sie können eine Leistung zwischen 1 MW und mehr als 100 MW bereitstellen. Kunden von Colocation-Anbietern sind oft Hyperscaler. Ein Hyperscaler bezeichnet ein Unternehmen, das riesige, skalierbare IT-Infrastrukturen benötigt, um große Mengen an Daten und Rechenleistung in Cloud-Umgebungen bereitzustellen (z.B. Amazon Web Services, Google Cloud, Microsoft Azure).
- ▶ **Unternehmens-Rechenzentrum (On-Premise):** Diese Rechenzentren befinden sich lokal bei einem Unternehmen und werden vom Unternehmen selbst betrieben. Hier hat das Unternehmen die volle Kontrolle über die Bereitstellung, Überwachung und Verwaltung der IT-Infrastruktur und angebundenen Ressourcen. Sie sind meist kleine Rechenzentren mit einer Leistung von unter 1 MW.
- ▶ **Edge Rechenzentrum:** Hierbei handelt es sich um IT-Installationen, die sich am Rand bzw. dezentral (Edge) eines Netzwerkes befinden. Edge Rechenzentren sind kleine Rechenzentren, befinden sich näher am Endkunden und bieten damit geringere Latenzen sowie eine lokale Datenverarbeitung.

- ▶ **Hyperscale-Rechenzentrum:** Diese Rechenzentren sind für große Unternehmen wie Cloud-Service Provider konzipiert, die massive Speicher und Rechenkapazitäten benötigen. Oft betreiben sie eigene Rechenzentren mit Leistungen von über 20 MW. Ein Hyperscale-Rechenzentrum soll Kunden von Hyperscalern Dienste wie Cloudanwendungen kontinuierlich und schnell zur Verfügung stellen.
- ▶ **Cloud-Provider-Rechenzentrum:** Diese Rechenzentren sind Einrichtungen, die von kleineren Cloud-Service Providern selbst betrieben werden, um Cloud-Services bereitzustellen. Im Vergleich zu großen Hyperscale-Rechenzentren haben diese jedoch eine begrenzte Kapazität und Reichweite.

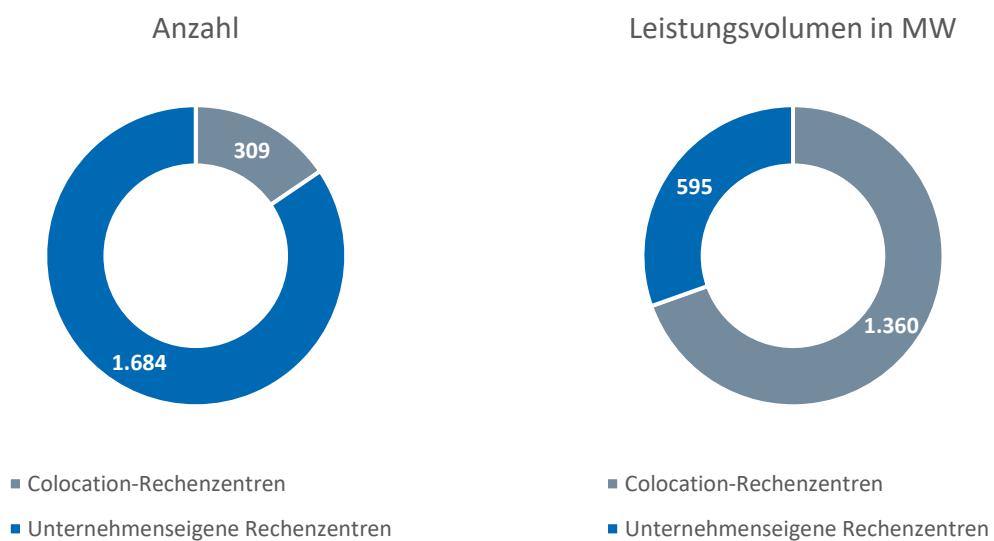
In dieser Studie werden zur Eingrenzung kleine IT-Installationen, einzelne Serverracks und kleine Serverräume sowie unternehmenseigene Rechenzentren nicht betrachtet. Für die berücksichtigten Rechenzentren werden zwei Kriterien zugrunde gelegt: Ein Rechenzentrum umfasst mindestens 30 Racks bzw. Serverschränke und hat eine Anschlussleistung von mindestens 1 MW. Eine in dieser Studie als Rechenzentrum bezeichnete Einrichtung bietet mindestens eine mittlere Verfügbarkeit mit einem Pfad und eine Komponentenredundanz, sodass das Rechenzentrum eine grundlegende Verfügbarkeit gewährleistet, bei der mindestens ein einzelner Kommunikations- oder Strompfad vorhanden ist, jedoch kritische Komponenten wie Server, Stromversorgungen oder Netzwerke durch redundante Systeme abgesichert sind, um Ausfälle zu vermeiden.

Diese definitorische Eingrenzung wurde vorgenommen, um die regionalökonomische Bedeutung der Rechenzentrumsbranche möglichst unverzerrt zu bestimmen. Unternehmenseigene Rechenzentren machen gemäß eines aktuellen Branchenreports der GDA etwa 85 Prozent aller deutschen Rechenzentren aus (German Data Center Association 2024). Zu diesen Rechenzentren zählen große IT-Einrichtungen wie jene der Deutschen Bahn oder der Deutschen Bank. Die regionalwirtschaftliche Bedeutung der Rechenzentrumsbranche sollte nach Auffassung des Projektteams jedoch nicht an der Vielzahl unternehmenseigener Rechenzentren festgemacht werden, da deren Legitimation allein in der Unterstützung des Geschäftsmodells des betreibenden Unternehmens (z.B. Erbringung von Transport- oder Finanzdienstleistungen) liegt.

Die folgende Abbildung stellt die Diskrepanz zwischen Anzahl und Leistungsvolumen für Colocation- und unternehmenseigene Rechenzentren dar:

Abbildung 3-1: Anzahl und Leistungsvolumen von Rechenzentrumstypen

Kennzahlen von Colocation- und unternehmenseigenen Rechenzentren im Jahr 2024



Quelle: German Data Center Association 2024

In Deutschland gibt es gemäß der German Data Association insgesamt 1.994 Rechenzentren, darunter 1.684 unternehmenseigene Rechenzentren, 309 Colocation-Rechenzentren und ein Hyperscale-Rechenzentrum. Colocation-Rechenzentren machen dabei mit rund 70 Prozent der gesamten Stromkapazität einen stark überdurchschnittlichen Anteil aus. Allein in Frankfurt am Main ist der Stromverbrauch von Rechenzentren zwischen 2017 und 2020 um 60 Prozent auf 1,6 TWh gestiegen. Außerdem wird geschätzt, dass der Energieverbrauch für den Betrieb von Rechenzentren in Hessen bis 2030 bis zu 6,2 TWh erreichen könnte (Borderstep Institut 2022). Die GDA schätzt darüber hinaus, dass 88 Prozent der Energienutzung von Colocation-Rechenzentren bilanziell aus Ökostromverträgen stammen.

Die Rechenzentrumsbranche kann als oligopolistisch strukturierter Markt beschrieben werden. Es gibt nur wenige Rechenzentrumsbetreiber (u.a. Digital Realty, Equinix, CyrusOne, NTT Global Data Centers, Vantage Data Centers) die den Großteil des Marktes kontrollieren. Der Markteintritt ist mit hohen Kosten verbunden, da der Betrieb von Colocation-Rechenzentren erhebliche Investitionen erfordert und durch regulatorische und technische Barrieren erschwert wird.

3.2 Lebenszyklus eines Rechenzentrums

Weitestgehend unabhängig von der Art des Rechenzentrums gliedert sich der typische Lebenszyklus eines Rechenzentrums in die folgenden Phasen:

Abbildung 3-2: Lebenszyklus eines Rechenzentrums

Die Abbildung zeigt den typischen Lebenszyklus von Rechenzentren.



Quelle: eigene Darstellung

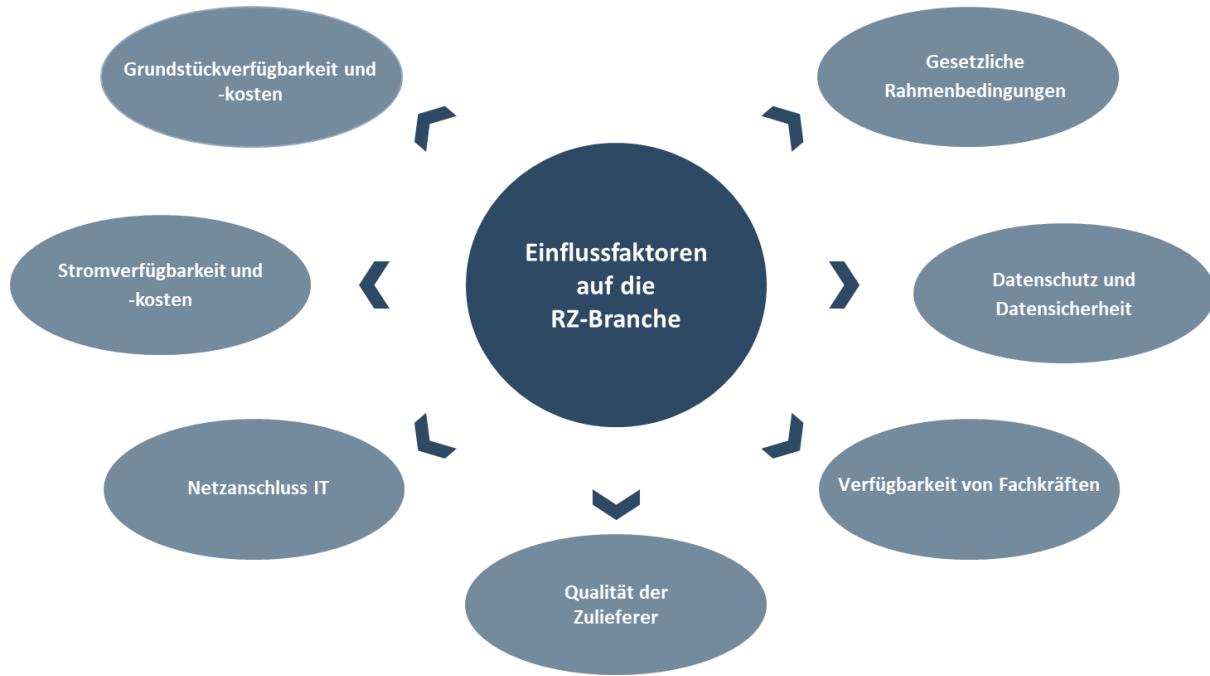
Die erste Phase, die etwa sechs Monate in Anspruch nimmt, umfasst die Bedarfsermittlung. In diesem Schritt werden die spezifischen Anforderungen des Rechenzentrums anhand von Markt- und Kundenbedarfen analysiert. Hierbei sind besonders die zukünftigen Anforderungen an Rechenkapazität, Energieeffizienz und Skalierbarkeit von Bedeutung. Ein Business Case sowie eine Berechnung des Return on Investment bilden die Grundlage für die Realisierungsentscheidung. Darauf folgt die etwa einjährige Phase der Planung und Genehmigung. In diesem Zeitraum werden Standortanalysen, detaillierte technische Planungen und notwendige Genehmigungen eingeholt, um das Projekt rechtlich und technisch abzusichern. Die Planung berücksichtigt zukünftige Entwicklungen, wie den steigenden Bedarf an Technologien (z.B. KI und Big Data), um die langfristige Anpassungsfähigkeit des Rechenzentrums sicherzustellen. Die Bau- und Errichtungsphase, welche üblicherweise zwei bis drei Jahre dauert, umfasst den Bau des Gebäudes, die Installation der Infrastruktur und die Implementierung der IT-Systeme. Das Rechenzentrum wird von Beginn an auf moderne Standards ausgerichtet, sodass die Kapazitäten an den prognostizierten Bedarf angepasst und der Betrieb effizient gestaltet werden können. Die Nutzung eines Rechenzentrums erstreckt sich typischerweise über 10 bis 20 Jahre, wobei die steuerliche Abschreibung auf 20-30 Jahre für das Gebäude und 10 Jahre für die TGA angelegt ist. Innerhalb dieser Nutzungsdauer können Modernisierungen und Erneuerungen erforderlich werden, um Effizienzverluste zu beheben und gesetzlichen Vorgaben zu entsprechen. Nach der Rechenzentrumsnutzung bestehen mit dem Rückbau des Gebäudes, der Ertüchtigung des Gebäudes und der TGA oder aber der vorrübergehenden Stilllegung des Rechenzentrums verschiedene Möglichkeiten der weiteren Nutzung.

3.3 Einflussfaktoren auf die Rechenzentrumsbranche

Die Rechenzentrumsbranche in Deutschland wird durch diverse Einflussfaktoren geprägt, die es bei Bau und Betrieb von Rechenzentren zu berücksichtigen gilt:

Abbildung 3-2: Einflussfaktoren auf die Rechenzentrumsbranche in Deutschland

Darstellung der Einflussfaktoren auf die Rechenzentrumsbranche in Deutschland.



Quelle: eigene Darstellung

Die Verfügbarkeit geeigneter Grundstücke ist ein kritischer Faktor bei der Standortwahl von Rechenzentren. Diese müssen in sicherer Entfernung zu Gefahrenquellen wie Hochwassergebieten, Erdbebengebieten, Einflugschneisen oder Industrieanlagen liegen, um das Risiko von dadurch hervorgerufenen Betriebsunterbrechungen zu minimieren. Zudem ist die Nähe zu Umspannwerken essenziell, da diese die Zuverlässigkeit und Effizienz der Stromversorgung sicherstellt. Die Verfügbarkeit von bestrombarer Fläche wird noch ausführlicher im Kapitel der ökonomischen Wirkungszusammenhänge diskutiert. Ein weiterer Aspekt ist die Latenz, welche die Verzögerung beschreibt, die bei der Datenübertragung zwischen Rechenzentren auftritt und häufig in Millisekunden gemessen wird. Die Latenz kann signifikant durch die physische Nähe zu zentralen Internetknotenpunkten sowie durch eine gut ausgebauten Glasfaserinfrastruktur reduziert werden. Dies ist vor allem für Anwendungen mit hohen Echtzeitanforderungen, wie z.B. im Hochfrequenzhandel, von Bedeutung.

- ▶ Stromverfügbarkeit und die Zuverlässigkeit der Stromversorgung sind zentrale Faktoren für den Betrieb von Rechenzentren. Die Leistungsfähigkeit des Stromanschlusses muss den hohen Energiebedarf abdecken, wobei eine stabile und kontinuierliche Stromversorgung essenziell ist. Die Energie- und Betriebskosten von Rechenzentren können die Standortwahl ebenfalls erheblich beeinflussen.
- ▶ Auch ein leistungsfähiger Netzanschluss ist unerlässlich für Rechenzentren. Dies umfasst insbesondere den Zugang zu Glasfasernetzen, die hohe Bandbreiten und niedrige Latenzenzeiten

gewährleisten. In Deutschland gibt es beim Ausbau des Glasfasernetzes regionale Unterschiede, die die Standortwahl beeinflussen können.

- ▶ Datenschutz ist ebenfalls ein wichtiger Einflussfaktor auf die Rechenzentrumsbranche. Die strengen Anforderungen der DSGVO legen hohe Standards für den Schutz personenbezogener Daten in der Europäischen Union fest. Die DSGVO verlangt umfassende Sicherheitsmaßnahmen, Transparenz und Kontrolle bei der Verarbeitung von Daten. Unternehmen, die ihre Daten in Rechenzentren speichern und verarbeiten, müssen sicherstellen, dass die Vorgaben der DSGVO vollständig erfüllt werden, um den gesetzlichen Anforderungen gerecht zu werden.
- ▶ Die Verfügbarkeit von qualifizierten Fachkräften ist notwendig, um den Betrieb und die Wartung von Rechenzentren sicherzustellen. Dabei sind spezialisierte Kenntnisse in Bereichen wie Netzwerktechnik, IT-Sicherheit und Energiemanagement erforderlich.
- ▶ Die Qualität der Zulieferer ist für die Zuverlässigkeit und Effizienz von Rechenzentren entscheidend und muss zwingend berücksichtigt werden, um die notwendigen Komponenten bei IT-Hardware, und TGA (z.B. Kühlsysteme und Notstromaggregate) zu beschaffen.
- ▶ Die gesetzlichen Rahmenbedingungen spielen eine zentrale Rolle bei der Planung und dem Betrieb von Rechenzentren. In Deutschland sind beispielsweise das EnEfG, die Baunutzungsverordnung und das Bundes-Immissionsschutzgesetz relevant. Diese Gesetze und Verordnungen regeln unter anderem die Energieeffizienz, bauliche Anforderungen, Nutzungsmöglichkeiten von Grundstücken und den Umweltschutz. Das EnEfG in Deutschland, das am 1. Januar 2024 in Kraft getreten ist, zielt darauf ab, den Energieverbrauch zu reduzieren und die Energieeffizienz zu erhöhen. Es sieht verschiedene Maßnahmen vor, um die Energieeffizienz in unterschiedlichen Bereichen, einschließlich Rechenzentren, zu verbessern. Ebenfalls soll es die Versorgungssicherheit erhöhen, einen Beitrag zur Eindämmung des globalen Klimawandels leisten und die Erreichung der nationalen Energieeffizienzziele sowie der europäischen Ziele gewährleisten.

Die folgende Tabelle listet die neuen Anforderungen des EnEfG an Rechenzentren und deren Inkrafttreten überblicksartig auf:

Tabelle 3-1: Anforderung des EnEfG (Stand: 01.01.2024)

Gefordert	Ab wann?	Eingrenzung
Energiemanagementsystem / Umweltmanagementsystem (EMS/UMS)	1. Juli 2025	Ab 50 kW redundanter Nennschlussleistung. In Abhängigkeit von Leistungsklasse und/oder Nutzer besteht zudem ab dem 1. Januar 2026 die Pflicht zur Zertifizierung bzw. Validierung des EMS/UMS
Power Usage Effectiveness (PUE) von kleiner oder gleich 1,2 Anteil an wiederverwendeter Energie von mindestens 10%	1. Juli 2026	Rechenzentren, die ab dem 1. Juli 2026 den Betrieb aufnehmen
Anteil an wiederverwendeter Energie von mindestens 15%	1. Juli 2027	Rechenzentren, die ab dem 1. Juli 2027 den Betrieb aufnehmen
Energieverbrauchseffektivität (PUE) von kleiner oder gleich 1,5	1. Juli 2027	Rechenzentren, die vor dem 1. Juli 2026 den Betrieb aufnehmen oder aufgenommen haben
Deckung des Strombedarfs bilanziell zu 100% durch nicht geförderten Strom aus erneuerbaren Energien.	1. Januar 2027	Betreiber von Rechenzentren
Kein unterschreiten der Eintrittstemperatur von 27 Grad Celsius	1. Januar 2028	Rechenzentren, die vor dem 1. Januar 2024 den Betrieb aufnehmen oder aufgenommen haben
Energieverbrauchseffektivität (PUE) von kleiner oder gleich 1,3	1. Juli 2030	Rechenzentren, die vor dem 1. Juli 2026 den Betrieb aufnehmen oder aufgenommen haben

Quelle: (TÜV Nord 2024)

3.4 GeschäftsmodeLL von Rechenzentren

Die Wertschöpfung eines Rechenzentrums erfolgt nicht durch Produkte, die das Werk verlassen, sondern durch IT-Dienstleistungen wie Datenbevorratung, Datenverarbeitung, Datensicherung und Onlinedienste zur Verwendung. Diese Dienstleistungen werden sowohl den Rechenzentrumskunden als auch den Endverbrauchern je nach Kontext zur Verfügung gestellt. Rechenzentren bieten eine Vielzahl von IT-Dienstleistungen für Unternehmen und Organisationen. Sie können schnell auf sich ändernde Anforderungen reagieren und IT-Ressourcen flexibel bereitstellen, um den Bedürfnissen ihrer Nutzer gerecht zu werden. Hochmoderne Rechenzentren sind in der Lage, eine hohe Rechenleistung und

schnelle Datenübertragungsraten bereitzustellen. Dies ermöglicht es, große Datenmengen in kurzer Zeit zu verarbeiten. Der Betrieb von Rechenzentren ist mit erheblichen Investitionen und Betriebskosten verbunden. Langfristig bieten sie für die Colocation-Kunden Kosteneinsparungen durch Skalierungseffekte. In großen Rechenzentren mit vielen Kunden berechnen sich die Mehrkosten für beispielsweise Qualitätssteigerung (u.a. Hochverfügbarkeit und Datensicherheit) für das gesamte Rechenzentrum und werden nicht auf einzelne Nutzer umgelegt. Als Folge dessen ist eine Kostenverteilung über alle Nutzer des Rechenzentrums möglich.

Beziehung Rechenzentrum-zu-Unternehmen (B2B)

Die Auslagerung unternehmenseigener Rechenzentren an spezialisierte Dienstleister ermöglicht es Unternehmen, ihre Betriebskosten zu reduzieren, sich auf ihre Kernprozesse zu konzentrieren und Investitionsaufwände auf den Rechenzentrumsdienstleister zu übertragen. Dabei wird zwischen Colocation-Anbietern, die Leistungen wie Flächenbereitstellung, Energieversorgung, Klimatisierung und physische Sicherheit gewährleisten, und Hosting-Anbietern unterschieden, die zusätzlich operative Aufgaben wie den Betrieb der IT-Infrastruktur übernehmen. Rechenzentren stellen eine grundlegende Infrastruktur für IT-Services dar und unterstützen Geschäftsmodelle in nahezu allen Branchen. Damit leisten sie einen essenziellen Beitrag zur digitalen Transformation und zur Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen.

Beziehung Rechenzentrum-zu-Zivilgesellschaft (B2C)

Rechenzentren bilden die technologische Basis für zahlreiche Dienstleistungen, die der Zivilgesellschaft zugutekommen. Sie gewährleisten die zuverlässige Bereitstellung digitaler Anwendungen wie Cloud-Services, soziale Netzwerke, Online-Bildungsplattformen oder E-Commerce. Durch ihre Kapazitäten für die Verarbeitung großer Datenmengen tragen sie zur Effizienzsteigerung in Bereichen wie Telemedizin, öffentlichem Verkehr oder Smart City-Anwendungen bei. Weiterhin verbessern Rechenzentren durch eine hohe Rechenleistung und optimierte Datenübertragungen die Qualität und Verfügbarkeit digitaler Infrastrukturen, was die gesellschaftliche Teilhabe an einer zunehmend digitalisierten Welt erleichtert.

Nachnutzungseffekte von Rechenzentren

Die Bedeutung von Rechenzentren geht über die IT-Branche hinaus, da sie auch in anderen Sektoren wirtschaftliche und ökologische Potenziale bieten. Zwei theoretische Möglichkeiten, wie andere Branchen von Rechenzentren profitieren können, liegen in der Nutzung der erzeugten Abwärme durch Kommunen oder Energieversorger sowie in der Bereitstellung von der positiven und der negativen Minutenreserve für das Energiemanagement (eco - Verband der Internetwirtschaft e.V. 2019).

Rechenzentren erzeugen während des Betriebs eine erhebliche Menge an Abwärme. Diese Abwärme, die bei herkömmlichen Rechenzentren oft ungenutzt an die Umwelt abgegeben wird, bietet ein Potenzial für nachhaltige Energienutzung. In Sektoren, die auf Prozesswärme angewiesen sind, wie die Landwirtschaft, Industrie und Gebäudetechnik, kann die Rechenzentrumsabwärme aufgrund des zu niedrigen Temperaturniveaus nicht genutzt werden. Die Trägertemperatur für aktuelle Fernwärmennetze liegt zwischen 70°C und 130°C. Rechenzentren liefern Wärme auf einem deutlich geringeren Niveau (30°C bis 60°C). Die Abwärme kann beispielsweise in naheliegenden Haushalten oder Schwimmbädern genutzt werden. Voraussetzung zur Abwärmenutzung sind allerdings ausgebauten Nahwärmennetze.

Neben der Abwärmenutzung bieten Rechenzentren auch Potenziale im Bereich des Energiemanagements, insbesondere durch die Bereitstellung von positiver und negativer Minutenreserve. Die positive Minutenreserve beschreibt die Fähigkeit, kurzfristig zusätzliche elektrische Leistung bereitzustellen, wenn im Stromnetz ein plötzlicher Leistungsbedarf entsteht. Dies ist insbesondere bei Schwankungen

im Energieangebot, beispielsweise durch volatile Erneuerbare Energien, von Vorteil. Rechenzentren können durch das gezielte Hochfahren ihrer Notstromversorgung in diesem Bereich Reserven bereitstellen. Mit der negativen Minutenreserve ist hingegen die Kapazität gemeint, die für das Speichern des Stromes bzw. die Steigerung des Stromverbrauchs benötigt wird, wenn zu viel Strom bei zu wenig Nachfrage ins Netz eingespeist wird (z.B. bei einer Überproduktion durch Solarenergie). Rechenzentren können als Abnehmer der Überproduktion von Strom dienen, indem sie beispielsweise durch das Betreiben von Klimaanlagen ihr Temperaturniveau senken. Perspektivisch ist auch denkbar, dass Rechenzentren hochleistungsfähige Energiespeicher in Phasen von Stromüberproduktion aufladen. (IW Consult 2024e)

3.5 Stakeholderanalyse der Rechenzentrumsbranche

Wirtschaftliche Akteure, die öffentliche Hand und die Zivilgesellschaft sind in unterschiedlichem Maß von der Ansiedlung und räumlichen Ballung von Rechenzentren betroffen und verfolgen teils divergierende Interessen in Bezug auf deren Entwicklung. Eine präzise Analyse der spezifischen Rollen dieser Stakeholder ist unerlässlich, um ihre jeweiligen Interessen und ihren Einfluss innerhalb dieses Kontextes zu erfassen und zu verstehen.

Wirtschaftliche Akteure

Investoren spielen eine entscheidende Rolle bei der Bereitstellung finanzieller Mittel für die Errichtung von Rechenzentren. Ihr primäres Interesse liegt in der Maximierung von Renditen, wobei die Standortwahl maßgeblich durch wirtschaftliche Stabilität, bestehende Netzwerkinfrastrukturen und Energiekosten beeinflusst wird. Aufgrund ihrer finanziellen Beteiligung besitzen Investoren einen hohen Einfluss auf die Realisierung und Ausgestaltung von Projekten. Die Betreiber von Rechenzentren fokussieren sich auf den effizienten Betrieb und die langfristige Nutzung der Infrastruktur. Zentrale Anliegen sind der Zugang zu einer stabilen Energieversorgung, leistungsfähige Netzwerkinfrastruktur sowie die Einhaltung hoher Wettbewerbs- und Nachhaltigkeitsstandards. Als Hauptakteure im operativen Bereich tragen sie maßgeblich zur Entwicklung der Rechenzentrumslandschaft bei. Für die Immobilienwirtschaft eröffnen Rechenzentren spezifische Geschäftsfelder, insbesondere im Bereich der Entwicklung und Vermarktung geeigneter Gewerbegebäude. Hierbei sind langfristige Pacht- und Mietverträge sowie die Optimierung der Flächennutzung zentrale Interessen. Auch Zulieferer und Dienstleister können von der Rechenzentrumsbranche profitieren, insbesondere durch die Bereitstellung spezialisierter Technologien wie Kühlungssysteme, IT-Equipment und Bauplanungsleistungen. Ihr Ziel ist es, langfristige Geschäftsbeziehungen mit Betreibern aufzubauen, wobei ihr Einfluss in erster Linie von der Nachfrage nach spezialisierten Produkten und Dienstleistungen abhängt. Die Nutzer von Rechenzentren, zu denen insbesondere technologieorientierte Unternehmen, Anbieter digitaler Dienstleistungen und Nutzer der Dienste gehören, haben ein großes Interesse an zuverlässigen IT-Kapazitäten. Wichtige Standortfaktoren sind etwa minimale Ausfallzeiten, Kosteneffizienz und vereinzelt auch Latenzzeiten, die durch die Nähe zu Rechenzentren beeinflusst werden können. Aufgrund ihrer Nachfrage nehmen diese Akteure eine Schlüsselrolle im Markt ein.

Öffentliche Hand

Als Träger der kommunalen Planungshoheit spielen die Gemeinden bei der Ansiedlung von Rechenzentren in FRM eine zentrale Rolle. Die Interessen der kommunalen Ebene bei der Ansiedlung von Rechenzentren umfassen insbesondere die Erhöhung der Gewerbesteuereinnahmen, die Schaffung neuer Arbeitsplätze sowie die Förderung der digitalen Infrastruktur. Diese wirtschaftlichen Zielsetzungen stehen jedoch im Kontext bestimmter Herausforderungen, wie etwa der Flächenkonkurrenz und dem hohen Energiebedarf, die mit der Ansiedlung solcher Einrichtungen verbunden sind. Gleichzeitig sind Rechenzentren bedeutende Abwärmequellen, so dass deren räumliche Verortung in der Nähe bestehender oder geplanter Wärmenetze und somit auch ihre Verortung innerhalb des Gemeindegebiets an Bedeutung gewinnt. Den baulich-räumlichen Herausforderungen, die mit der Ansiedlung von Rechenzentren einhergehen, können Gemeinden u.a. mit Instrumenten der Bauleitplanung begegnen. Insbesondere über die Aufstellung, Änderung und Ergänzung von Bebauungsplänen besteht die Möglichkeit, Festsetzungen hinsichtlich der Art und des Maßes der baulichen Nutzung der Grundstücke vorzunehmen. So kann für einzelne Gebiete beispielsweise eine höhere Geschossigkeit festgesetzt werden, um Grundstücke effizienter zu nutzen. Auch ist es in gut begründeten Einzelfällen grundsätzlich möglich, gebietsbezogen einzelne gewerbliche Nutzungen und so auch Rechenzentren auszuschließen oder deren Ansiedlung in bestimmten Gebieten zu forcieren. Grundlegend ist jedoch festzuhalten, dass Rechenzentren im Regelfall als nicht erheblich belästigende Gewerbebetriebe im Sinne der Baunutzungsverordnung (BauNVO) zu klassifizieren sind, womit sie eine allgemein zulässige Nutzungsform in Gewerbegebieten darstellen.

Die Sinnhaftigkeit und rechtliche Durchführbarkeit einer kommunenübergreifenden regionalen Steuerung der Ansiedlung von Rechenzentren mit Instrumenten der Landes- und Regionalplanung ist gegenwärtig Gegenstand fachlicher und politischer Debatten in der Region FRM. Die regionale Ebene nimmt jedoch eine vermittelnde und moderierende Funktion ein, indem sie lokale Interessen und Bedürfnisse mit den übergeordneten Zielen der Landes- und Bundespolitik in Einklang bringt. Diese koordinierende Rolle ermöglicht es, sowohl den spezifischen Anforderungen der Region gerecht zu werden als auch die überregionalen strategischen Zielsetzungen umzusetzen. Akteure auf Bundes- und Landesebene legen regulatorische Rahmenbedingungen (z.B. EnEfG) fest. Ihr Einfluss ist durch die Gestaltung rechtlicher und strategischer Vorgaben von erheblicher Bedeutung.

Zivilgesellschaft

Die Zivilgesellschaft ist in mehrfacher Hinsicht an der Entwicklung von Rechenzentren interessiert: Einerseits besteht ein zentrales Interesse an der zuverlässigen und leistungsfähigen Bereitstellung digitaler Dienste, etwa in den Bereichen Bildung, Verwaltung, Gesundheitswesen oder Kommunikation. Andererseits werden einzelne Rechenzentrumsprojekte zunehmend kritisch begleitet – insbesondere durch Bürgerinitiativen, Umweltverbände oder lokale Interessengemeinschaften, die auf mögliche Auswirkungen auf Umwelt und Lebensqualität hinweisen. Zu den zentralen Anliegen zählen hierbei die Minimierung von Lärmbelastung, der Schutz von Grünflächen sowie die Einhaltung von Nachhaltigkeitsstandards. Der Einfluss dieser Gruppen hängt wesentlich von ihrer Organisation und ihrer Präsenz im öffentlichen Diskurs ab. Umweltorganisationen setzen sich gezielt für eine Reduzierung der ökologischen Auswirkungen von Rechenzentren ein – mit Schwerpunkten wie energieeffizientem Bauen, dem Einsatz erneuerbarer Energien und der Minimierung des ökologischen Fußabdrucks. Auch Gewerkschaften und Arbeitnehmervertretungen verfolgen die Entwicklung der Branche mit Interesse, insbesondere im Hinblick auf Beschäftigungspotenziale und die Sicherung fairer Arbeitsbedingungen in Bau, Betrieb und Wartung.

4 Regionale Rechenzentrumsbranche

Das Kapitel zur Charakterisierung der Rechenzentrumsbranche in FRM ist zweigeteilt. Im ersten Unterkapitel wird die Branche in FRM betrachtet. Die zentrale Basis für die in diesem Studienabschnitt dargestellten Daten bilden Experteninterviews, die Detailübersicht aller in FRM ansässigen Rechenzentren sowie weitere Recherchen. Das zweite Unterkapitel beleuchtet zunächst allgemeine Standortfaktoren der Region FRM im Vergleich zu den Metropolregionen München und Berlin-Brandenburg, bevor branchenspezifische Aspekte für Rechenzentren in FRM in den Fokus genommen werden.

4.1 Zahlen, Daten und Fakten

Kernergebnisse im Überblick

- ▶ In FRM ragt die Mainmetropole mit gegenwärtig 55 Rechenzentren und einer Flächenanspruchsnahme von knapp 63 Hektar deutlich heraus. In den restlichen Landkreisen und kreisfreien Städten finden sich Rechenzentrumsstandorte in einstelliger Anzahl, pro Standort werden hier allerdings größere Grundstücksflächen beansprucht.
- ▶ In FRM ist seit 2020 eine Entkopplung in der Dynamik von Rechenzentrumsanzahl auf der einen Seite und Grundstücksfläche und vor allem der Anschlussleistung auf der anderen Seite ersichtlich: Anders ausgedrückt: Neue Rechenzentren werden immer größer und leistungsfähiger.
- ▶ Vor allem die direkt an Frankfurt angrenzenden Kreise werden bis 2030 ein Wachstum in der Ansiedlung von Rechenzentren erfahren. Hierzu zählt insbesondere der Main-Taunus-Kreis (von heute 4 auf 11 Rechenzentren in 2030), der Landkreis Offenbach (von heute 1 auf 6 Rechenzentren in 2030), der Landkreis Groß-Gerau (von heute 5 auf 9 Rechenzentren in 2030) und der Main-Kinzig-Kreis (von heute 1 auf 3 Rechenzentren in 2030).
- ▶ Sowohl heute als auch perspektivisch wird Colocation das Hauptgeschäftsmodell der Rechenzentrumsbetreiber FRMs sein. Aktuell sind 68 Rechenzentren (89%) in diesem Bereich tätig, 2030 werden es 97 Rechenzentren (87%) sein. Es werden zwei weitere Hyperscale- und fünf weitere Cloud-Provider-Rechenzentren erwartet.
- ▶ Lokale Rechenzentrumsbetreiber siedeln sich vor allem aus den folgenden Gründen in FRM an: DE-CIX, Netzinfrastruktur, Datengravitation, Georedundanz, Stromversorgungssicherheit, Verfügbarkeit von Fachkräften und Dienstleistern sowie Datenschutz.
- ▶ Zunehmende Engpässe bei der Verfügbarkeit von bestombaren Flächen, nicht FRM-spezifische Hemmnisse wie hohe Energiekosten und das EnEfG werden als Hemmnisse für die Ansiedlung von Rechenzentren gesehen.

4.1.1 Status Quo und Ausblick

Die Charakterisierung der Rechenzentrumsbranche in FRM zielt darauf ab, ein detailliertes Bild der aktuellen Rechenzentrums situation in FRM zu zeichnen. Zur deskriptiven Vermessung der Branche in FRM ist eine Auflistung aller in FRM ansässigen Rechenzentren (gemäß Definition) erforderlich.

Erhebungsverfahren

In einem iterativen Verfahren wurden die in FRM ansässigen Rechenzentren zunächst über zwei frei zugängliche Datenbanken (datacenter-Map und Telegeography-datacenters) identifiziert. Auf dieser Basis sind fehlende Informationen über die Webseiten der Rechenzentrumsbetreiber, Aussagen aus den Experteninterviews und kommerzielle Unternehmensdatenbanken von North Data und beDirect ergänzt worden. Die nach der Konsolidierung aller Quellen noch fehlenden Informationen wurden mit Hilfe von Daten städtischer Ämter geschlossen. Hierfür wurden ausgewählte Kommunen und Stadtplanungsämter FRMs, in denen Rechenzentrumsstandorte bekannt waren, angefragt.

In dem Verfahren nicht enthalten sind:

- ▶ Rechenzentrumsbetreiber, die aus Sicherheitsgründen keine genauen Standortinformationen veröffentlichen.
- ▶ Geplante Rechenzentrumsprojekte in FRM, die noch nicht veröffentlicht sind.
- ▶ Rechenzentren, die im Laufe der Jahre aktiv waren und dann wieder abgeschaltet wurden.

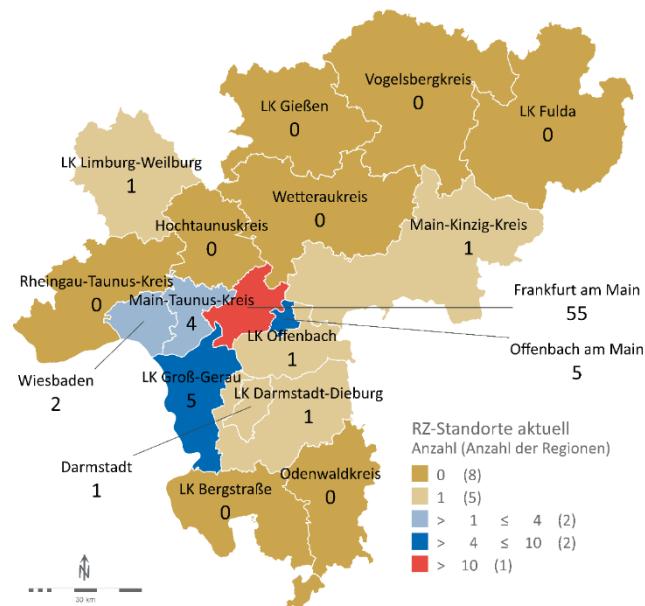
Die prognostizierte Rechenzentrums situation im FRM ergibt sich aus den öffentlich bekannten und geplanten Rechenzentrumsprojekten. Die resultierende Liste dient als Basis für die Charakterisierung der Rechenzentrumsbranche in FRM. Darüber hinaus kommt ihr im Rahmen der Analyse der ökonomischen Wirkungszusammenhänge eine wichtige Rolle zu, denn sie bildet das empirische Fundament der Impactberechnungen (Kapitel 5.1) und der regionalökonomischen Analyse (Kapitel 5.2.1).

Status Quo

Die Stadt Frankfurt am Main und von ihr ausgehend FRM haben sich in den letzten Jahrzehnten zu einem führenden Standort der Rechenzentrumsbranche in Europa entwickelt. Die folgenden Abbildungen zeigen den Status Quo gegenwärtiger Rechenzentrumsstandorte in Bezug auf Anzahl und Fläche auf Ebene der kreisfreien Städte und Landkreise.

Abbildung 4-1: Anzahl der Rechenzentrumsstandorte in FRM 2024

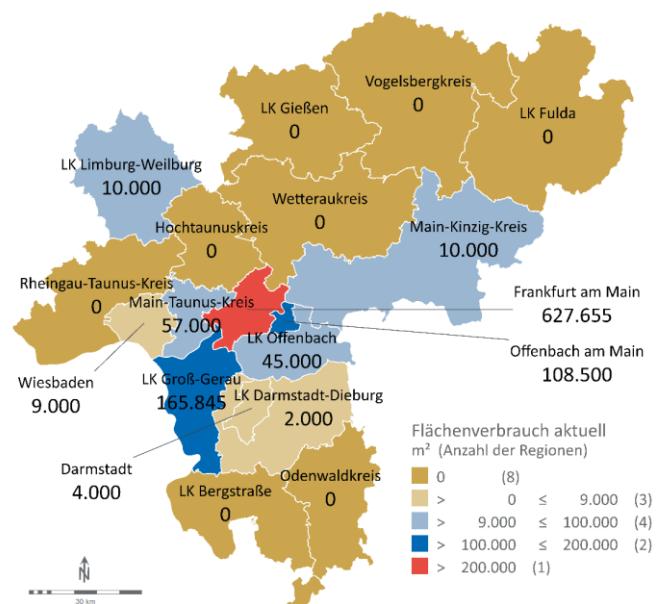
Die Abbildung zeigt die Anzahl der aktuellen Rechenzentrumsstandorte „in FRM.“



Quelle: eigene Erhebung (2024)

Abbildung 4-2: Grundstücksflächeninanspruchnahme der Rechenzentren in FRM 2024

Die Abbildung zeigt die aktuelle Rechenzentrumsflächeninanspruchnahme in FRM.



Quelle: eigene Erhebung (2024)

Gemäß getroffener Gebietsabgrenzung gibt es in FRM insgesamt 76 Rechenzentrumsstandorte.⁷ Die Mehrheit dieser Rechenzentrumsstandorte (55) befindet sich in Frankfurt am Main. Einige der identifizierten Rechenzentrumsstandorte sind seit über 20 Jahren in Betrieb, wobei viele von ihnen kleinere Einrichtungen sind, die durchschnittlich etwa 11.500m² Grundstücksfläche in Frankfurt am Main umfassen. Die meisten Rechenzentren in Frankfurt am Main befinden sich an Standorten wie der Weißmüllerstraße (Frankfurt-Ostend), der Kleyerstraße (Frankfurt-Gallus), der Hanauer Landstraße (Frankfurt-Fechenheim), der Wilhelm-Fay-Straße (Frankfurt-Sossenheim), der Eschborner Straße (Frankfurt-Rödelheim) und der Friesstraße (Frankfurt-Seckbach). Diese erstrecken sich über eine Grundstücksfläche von etwa 60 Hektar und stellen eine IT-Leistungskapazität von circa 670 MW bereit. Sie weisen somit eine erhebliche raumprägende Ballung in einzelnen Stadtteilen von Frankfurt am Main auf.

Zusätzlich gibt es 21 Rechenzentrumsstandorte außerhalb der Mainmetropole, vor allem in den Landkreisen, die direkt an die Stadt angrenzen. Insgesamt erstrecken sich die Rechenzentrumsstandorte in FRM über eine Fläche von mehr als 100 Hektar, wobei die Standorte im Umland von Frankfurt am Main mehr als 41 Hektar einnehmen. Auffällig ist, dass die Anzahl der Rechenzentrumsstandorte im Umland zwar deutlich geringer ist als in Frankfurt am Main, diese jedoch im Verhältnis eine große Grundstücksfläche beanspruchen. Im Durchschnitt umfassen die Rechenzentrumsstandorte im Umland 23.700m² pro Rechenzentrumsstandort, sind also mehr als doppelt so groß wie in der Stadt Frankfurt.

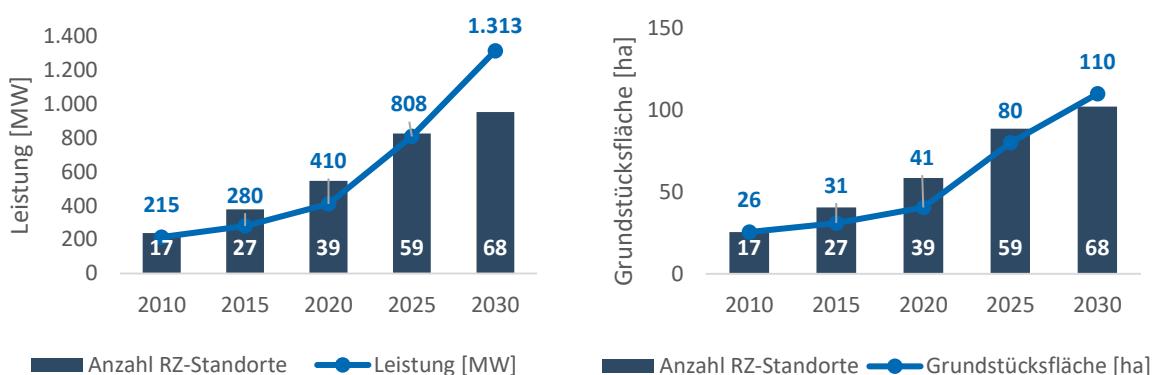
⁷ Damit liegt eine substantielle Diskrepanz zwischen der Vermessung der Rechenzentrumsbranche in dieser Studie und anderen Studien etwa der GDA oder von Bitkom vor. Dieser Unterschied ist primär auf die definitorische Eingrenzung dieser Studie zurückzuführen, die unternehmenseigene Rechenzentren und Rechenzentren mit einer Anschlussleistung von weniger als einem Megawatt nicht einbezieht.

Ausblick

Bis zum Jahr 2030 wird die Zahl der Rechenzentren in Frankfurt am Main voraussichtlich auf 68 Standorte steigen. Derzeit befinden sich 13 Rechenzentren in der Bau- oder Planungsphase. Prognosen zu folge werden Rechenzentren im Jahr 2030 rund 110 Hektar Gewerbefläche beanspruchen – das entspricht etwa 5 Prozent der gesamten Gewerbe- und Industriefläche der Stadt, während der aktuelle Anteil bei etwa 2,5 Prozent liegt.

Abbildung 4-3: Historische Entwicklung und zukünftiger Verlauf: Frankfurt am Main

Die Abbildung zeigt die Anzahl der Rechenzentrumsstandorte in Frankfurt am Main, deren Grundstücksflächeninanspruchnahme und deren Leistung zwischen 2010 und 2030.



Quelle: Liste Rechenzentren FRM, eigene Erhebung (2024)

Auch die Region FRM erlebt derzeit eine erhebliche Zunahme an Nachfragen nach Rechenzentrumsfläche. Die Anzahl der Rechenzentrumsstandorte in der Region wird bis 2030 um voraussichtlich 47 Prozent ansteigen, von derzeit 76 auf insgesamt 112 Standorte. Auffällig ist, dass von den geplanten 36 neuen Rechenzentrumsstandorten nur 13 innerhalb der Mainmetropole, während die verbleibenden 23 in den umliegenden Regionen entstehen werden. Insbesondere die an Frankfurt am Main angrenzenden Kreise verzeichnen den größten Zuwachs an neuen Rechenzentrumsstandorten.

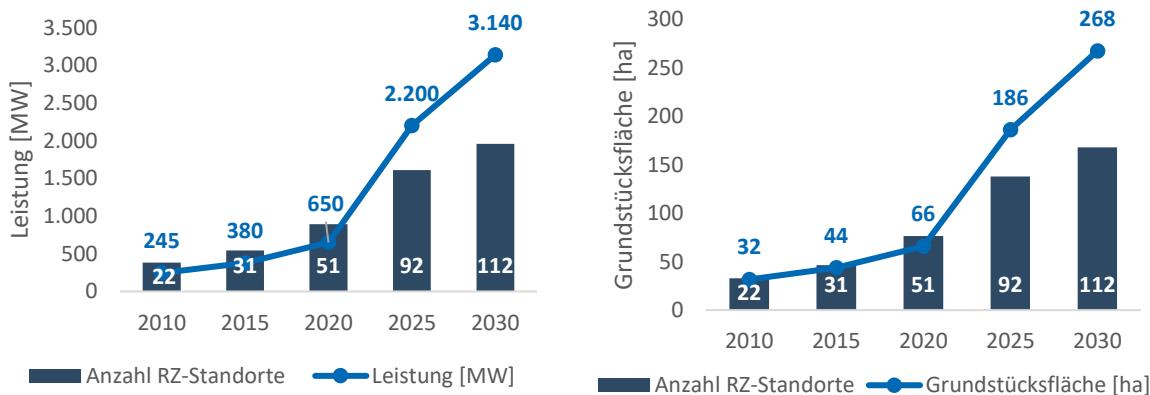
Die Gesamtfläche, die für Rechenzentrumsstandorte in FRM beansprucht wird, soll bis 2030 um 137 Prozent zunehmen, von derzeit knapp 113 Hektar auf knapp 268 Hektar. Zur Einordnung dieser Größenordnungen können Daten des Amtlichen Liegenschaftskataster-Informationssystems (ALKIS) herangezogen werden. Demnach ist die Fläche für Industrie und Gewerbe in FRM im Zeitraum von 2017 bis 2022 um 590 Hektar gewachsen. Somit übersteigt der voraussichtliche Flächenbedarf für Rechenzentren bis 2030 in Höhe von 155 Hektar das bisherige jährliche Flächenwachstum für Industrie und Gewerbe in der Region. Diese Größenordnungen verdeutlichen, dass die Flächennachfrage durch Rechenzentren in Relation zum bisherigen gewerblichen Flächenwachstum in der Region als hoch einzuschätzen ist – zumal diese sich insbesondere auf Frankfurt und die angrenzenden Landkreise richtet und sich somit im Kern der Region konzentriert, während das gewerbliche Flächenwachstum in den letzten Jahren an den Rändern der Region tendenziell stärker ausfiel.⁸

⁸ Gleichzeitig ist zu berücksichtigen, dass ein Großteil der Rechenzentrumsansiedlungen bis dato auf Bestandsflächen erfolgt ist.

Der Flächenzuwachs der Rechenzentren spiegelt den Trend wider, dass Rechenzentrumsstandorte ab 2020 immer größer werden, wobei sowohl die Leistung als auch die Flächeninanspruchnahme exponentiell steigen. Während die Zahl der Rechenzentrumsstandorte insgesamt nahezu linear zunimmt, geht der Trend zu deutlich größeren Anlagen. Die IT-Leistung in der Region wird zwischen 2020 und 2030 voraussichtlich um 383 Prozent zunehmen, was im Vergleich zum Wachstum von 160 Prozent in den zehn Jahren davor (2010-2020) eine erhebliche Steigerung darstellt.

Abbildung 4-4: Historische Entwicklung und zukünftiger Verlauf: FRM

Die Abbildung zeigt die Anzahl der Rechenzentrumsstandorte in FRM, deren Grundstücksflächeninanspruchnahme und deren Leistung zwischen 2010 und 2030.



Quelle: Liste Rechenzentren FRM, eigene Erhebung (2024)

Die treibenden Kräfte hinter diesem Wachstum sind vielfältig: Der Digitalisierungstrend, die verstärkte Nutzung von Cloud-Services, die Auswirkungen der COVID-19-Pandemie auf die Arbeitswelt, der Anstieg von Onlinehandel, die zunehmende Bedeutung von Virtual Reality und Künstlicher Intelligenz sowie gesetzliche Vorgaben wie die DSGVO haben seit 2020 zu einem überproportionalen Anstieg der Rechenzentrumsflächen und -leistung geführt. Ab 2025 wird erwartet, dass die Beschleunigung in der Erschließung neuer Rechenzentrumsstandorte aufgrund der zunehmenden Größe der Anlagen abnimmt. Dies ist auf mehrere Faktoren zurückzuführen: Das Wachstum der Branche wird zunehmend städtebaulich geleitet, die Verfügbarkeit von geeigneten Flächen in Frankfurt am Main nimmt ab, und die Verfügbarkeit von Strom wird zu einer immer größeren Herausforderung. Während das Wachstum in der gesamten Region FRM stärker ausfällt als in der Stadt Frankfurt am Main selbst, könnte der prognostizierte leichte Rückgang der Leistungssteigerung ab 2025 in der Realität nicht eintreten, da noch weitere geplante Projekte öffentlich bekannt werden. Es ist wichtig zu beachten, dass in der aktuellen Prognose nur die öffentlich geplanten Rechenzentrumsstandorte berücksichtigt sind und bis 2030 nicht alle Bauprojekte heute schon bekannt sind.

Mit Blick auf die Landkreise und kreisfreien Städte außerhalb der Stadt Frankfurt ist davon auszugehen, dass sich einige zu bedeutenden Hotspots entwickeln werden. Insbesondere die Landkreise Groß-Gerau, Main-Taunus, die Stadt Offenbach und Main-Kinzig werden einen signifikanten Anstieg an Rechenzentrumsstandorten verzeichnen. Die nachfolgende Tabelle zeigt die aktuelle (2024) und die 2030 geplante Rechenzentrumssituation der einzelnen Landkreise in FRM.

Tabelle 4-1: Rechenzentrumsentwicklung ausgewählter Landkreise und Städte

Landkreis	Jahr	Anzahl RZ-Standorte	Grundstücksfläche [ha]	Leistung [MW]
Kreis Groß-Gerau	2024	5	17	182
	2030	9	31	458
Main-Taunus-Kreis	2024	4	6	101
	2030	11	33	400
Offenbach am Main	2024	5	11	150
	2030	7	16	281
Kreis Offenbach	2024	1	5	100
	2030	6	23	305
Main-Kinzig-Kreis	2024	1	1	40
	2030	3	26	274

Quelle: Liste Rechenzentren FRM, eigene Erhebung (2024)

Der Landkreis Groß-Gerau verfügt über gegenwärtig fünf Rechenzentrumsstandorte, 2030 werden es bereits neun Rechenzentrumsstandorte sein. Groß-Gerau profitiert von seiner Nähe zu Frankfurt am Main und der guten Verkehrsanbindung. Aktuell sind in Groß-Gerau fünf Rechenzentrumsstandorte mit einer Gesamtfläche von etwa 17 Hektar und einer Leistungskapazität von 182 MW aktiv. Vier weitere Rechenzentrumsstandorte befinden sich im Bau, die zusätzliche knapp 15 Hektar und eine Kapazität von knapp 280 MW umfassen werden. Bis zum Jahr 2030 wird erwartet, dass insgesamt 31 Hektar Grundstücksfläche belegt und eine Kapazität von 458 MW erreicht werden. Die Rechenzentrumsstandorte sind dabei in Kelsterbach, in Mörfelden-Walldorf, in Rüsselsheim und in Bischofsheim.

Im Main-Taunus-Kreis wird sich die Anzahl der Rechenzentrumsstandorte von gegenwärtig vier auf elf erhöhen, wobei Schwalbach, Hattersheim, Eschborn, Hofheim-Marxheim und Liederbach die zentralen Standorte darstellen. Der Landkreis Offenbach (2024: 1, 2030: 6) zeigt ebenfalls ein starkes Wachstumspotenzial, wobei speziell in Dietzenbach ein erheblicher Ausbau der Rechenzentrumsinfrastruktur im Gange ist. Der Main-Kinzig-Kreis (2024: 1, 2030: 3) und insbesondere die Stadt Hanau, werden perspektivisch im Bereich der Hyperscaler-Rechenzentren eine zentrale Rolle spielen. Bereits jetzt ist ein großes Hyperscaler Rechenzentrum aktiv und weitere sind geplant. Andere Landkreise und Städte in FRM, wie der Wetteraukreis (2024: 0, 2030: 1), Limburg-Weilburg (2024: 1, 2030: 2), Wiesbaden (2024: 2, 2030: 2), Darmstadt (2024: 1, 2030: 1) und Darmstadt-Dieburg (2024: 1, 2030: 2) weisen einzelne Rechenzentrumsstandorte auf. Diese sind jedoch im Vergleich wesentlich kleiner und tragen nicht in gleichem Maße zur regionalen Konzentration bei, weshalb sie nicht als Rechenzentrums-Hotspots in der Region betrachtet werden.

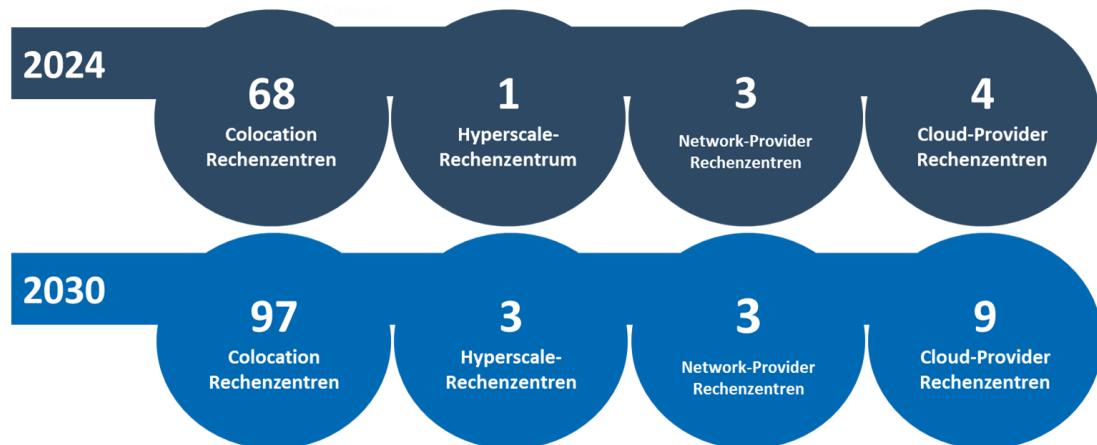
Insgesamt ist auffällig, dass vor allem die Landkreise, die direkt an Frankfurt am Main grenzen, den größten Zuwachs an Rechenzentrumsstandorten verzeichnen. Die geografische Nähe zu Frankfurt am Main, einem der wichtigsten digitalen Knotenpunkte in Europa, sowie eine geeignete Infrastruktur und Verkehrsanbindung, fördern die Ansiedlung von Rechenzentrumsstandorten in diesen Landkreisen. Der kontinuierliche Ausbau von Rechenzentrumsstandorten in den angrenzenden Landkreisen trägt wesentlich zur Stärkung der regionalen und überregionalen IT-Infrastruktur bei und spiegelt die wachsende Nachfrage nach digitaler Leistung und Kapazität wider. Die Gründe für den Ausbau in der gesamten Region FRM werden in Kapitel 4.1.2 vertieft.

Geschäftsmodelle der Rechenzentrumsbetreiber

Die Mehrheit der Rechenzentrumsbetreiber in FRM verfolgt ein Colocation-Geschäftsmodell. In der Regel sind Hyperscaler in Colocation-Rechenzentren eingemietet. Einschätzungen der befragten Experten zu Folge ist davon auszugehen, dass 80-90 Prozent der Colocationkapazitäten auf Hyperscaler zurückgehen. Ebenfalls befinden sich aktuell vier Cloud-Provider Rechenzentren in FRM sowie ein Hyperscale Rechenzentrum.

Abbildung 4-7: Geschäftsmodelle der Rechenzentren in FRM

Die Abbildung zeigt, welche Art von Rechenzentren in FRM vertreten sind und deren Entwicklung bis 2030.



Quelle: eigene Erhebung (2024)

Bei den Colocation-Rechenzentren lassen sich drei verschiedene Betriebsmodelle unterscheiden:

- ▶ Das Wholesale Colocation-Modell richtet sich primär an große Unternehmen und Organisationen (z.B. Hyperscaler), die umfangreiche Rechenzentrumsflächen benötigen. In diesem Modell werden komplett Gebäude an nur einen Kunden (Single-Tenant) vermietet. Oftmals erfolgen hierbei kleine individuelle Anpassungen der Infrastruktur, um den spezifischen Bedürfnissen der Unternehmen gerecht zu werden. In diesem Fall wird auch das Betriebspersonal vom Kunden gestellt. Häufig mieten Hyperscaler ein Colocation-Rechenzentrum an, um den Markt zu testen, bevor sie ein eigenes Rechenzentrum bauen.
- ▶ Das Built-to-Suit Colocation-Modell ist auf Unternehmen mit umfassenden spezifischen Anforderungen an die Rechenzentrumsumgebung zugeschnitten. Im Rahmen dieses Modells werden maßgeschneiderte Rechenzentren entwickelt und gebaut, die optimal auf die individuellen Bedürfnisse des Kunden zugeschnitten sind. Diese Maßanfertigung führt häufig zu einer erhöhten Effizienz und Sicherheit, was insbesondere für Unternehmen von Bedeutung ist, die hohe Anforderungen an ihre IT-Infrastruktur stellen. Kunden profitieren in diesem Modell von einer optimalen Anpassung an ihre speziellen Anforderungen und einer langfristig effizienten und sicheren Lösung.
- ▶ Das Retail Colocation-Modell zielt auf kleine bis mittelgroße Unternehmen ab, die einen geringeren Platzbedarf und weniger komplexe Infrastruktur benötigen. Die Dienstleistung umfasst hier die Vermietung kleinerer Flächen, wie einzelner Racks oder Cages, innerhalb des Rechenzentrums. Ein Vorteil dieses Modells ist die direkte Vernetzung der Anwendungen innerhalb des Rechenzentrums, welche eine effiziente Kommunikation und Datenaustausch ermöglichen.

Der Großteil der Hyperscaler mietet Rechenzentren von Colocation-Anbietern, anstatt eigene Infrastrukturen zu betreiben. Im Hinblick auf eigene Infrastrukturen ist nach derzeitigem Wissenstand das einzige Hyperscale-Rechenzentrum der Region in Hanau angesiedelt. Diese zeichnen sich durch enorme Skalierbarkeit und Effizienz aus und werden von Unternehmen betrieben, die große Mengen an Daten erzeugen und verarbeiten. Jedoch wächst auch die Zahl geplanter und im Bau befindlicher Hyperscale-Rechenzentren in Deutschland, insbesondere in der Rhein-Main-Region. Neben Google Cloud investieren nun auch Microsoft und Amazon Web Services (AWS) in eigene Rechenzentren.

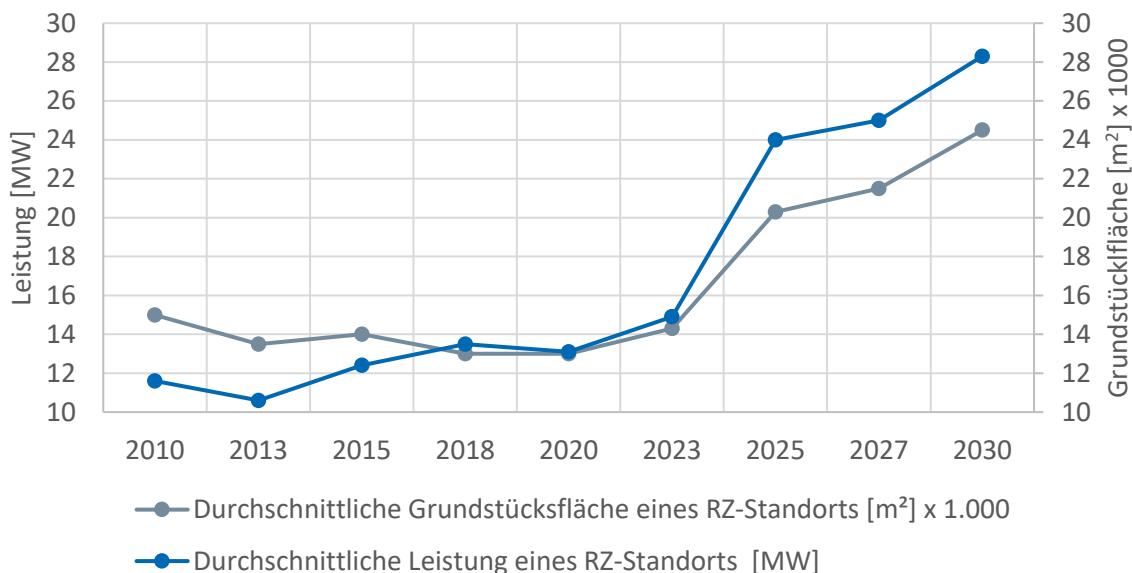
Neben Colocation-Anbietern und Hyperscalern betreiben auch Telekommunikationsanbieter in FRM drei Rechenzentren, die speziell zur Unterstützung ihrer eigenen Netzwerkinfrastruktur konzipiert sind. Diese Betreiber entwerfen, bauen und verwalten ihre Einrichtungen unabhängig, um ihre Dienstleistungen umfassend anbieten zu können.

Tendenz zu immer größeren und leistungsfähigeren Rechenzentren

In den letzten Jahren hat sich die Struktur und Effizienz der Rechenzentren in FRM deutlich verändert, insbesondere im Hinblick auf die durchschnittliche Grundstücksflächeninanspruchnahme und die durchschnittliche Leistung.

Abbildung 4-9: Verlauf der durchschnittlichen Leistung und Grundstücksflächeninanspruchnahme von Rechenzentren

Die Abbildung zeigt den bisherigen und den geplanten Verlauf der durchschnittlichen Leistung und Flächeninanspruchnahme von Rechenzentren.



Quelle: Liste Rechenzentren FRM (2024)

Vor 2018 war es gängig, dass die Grundstücksfläche eines Rechenzentrums auf einer normierten Skala größer war als dessen Leistungsbedarf. Dies bedeutet, dass für den Betrieb eines Rechenzentrums mehr Fläche benötigt wurde, während die installierte Leistung relativ gesehen geringer ausfiel. Ab 2020 ist jedoch eine Verschiebung dieses Verhältnisses zu beobachten. Der Zwang zur Energieeffizienzsteigerung bedingt eine Erhöhung der Leistungsdichte (MW/m²). Ab 2020 ist zu beobachten, dass pro Fläche deutlich mehr Energie benötigt wird als zuvor. Der Anstieg der Leistungsdichte kann auf

verschiedene technologische Entwicklungen zurückgeführt werden, wie beispielsweise effizientere Klimatisierung (insb. Einhausung, Volumenstromregelung) und eine optimierte IT-Infrastruktur.

Es ist wichtig zu betonen, dass dieser Fortschritt in erster Linie technologisch bedingt ist und nicht zwangsläufig eine Verringerung, sondern eine effizientere Nutzung der Flächen darstellt. Trotz der gestiegenen Leistungsdichte wird in den meisten Rechenzentren weiterhin in traditioneller Bauweise gebaut, ohne substantielle Änderungen in der vertikalen oder unterirdischen Flächennutzung. Ein möglicher Ansatz zur weiteren Optimierung der Flächennutzung könnte darin bestehen, die Bauweise von Rechenzentren zu überdenken. Dabei sollte berücksichtigt werden, ob abhängig von baurechtlichen Vorgaben, geologischen Voraussetzungen (z.B. Grundwasser) und der Statik ein Bau in die Höhe oder in die Tiefe möglich ist. Diese Methoden könnten dazu beitragen, die genutzte Grundstücksfläche besser auszuschöpfen. Bislang bleibt dies in Deutschland jedoch eine weitgehend ungenutzte Option.

4.1.2 Die Perspektiven der lokalen Rechenzentrumsexperten

Um die Perspektive der lokalen Rechenzentrumsexperten zu erhalten, wurden Interviews mit ausgewählten Betreibern, renommierten Rechenzentrumsexperten, Rechenzentrumskunden und Rechenzentrumsdienstleistern durchgeführt. Die Auswahl dieser Stakeholdergruppen erfolgte basierend auf ihrer zentralen Rolle im Ökosystem von Rechenzentren, ihrer Expertise, ihrem potenziellen Einfluss auf die Entwicklung und ihrem Verständnis des Marktes. Insgesamt wurden 20 Interviews durchgeführt. Im Rahmen der Interviews mit Experten aus dem Bereich Rechenzentren wurden für den Standort FRM verschiedene Push- und Pull-Faktoren identifiziert und analysiert, die zur Charakterisierung der Standortqualität beitragen. Darüber hinaus wurden spezifische Handlungsbedarfe für die Rechenzentren am Standort diskutiert. Abschließend erfolgte eine Einschätzung zur zukünftigen Entwicklung der Rechenzentrumsbranche sowohl am Standort FRM als auch auf nationaler Ebene in Deutschland. Näheres zur Auswahl der Experten sowie zu den Experteninterviews findet sich im Anhang der Studie.

Stärken der Region FRM aus Sicht der Rechenzentrumsexperten

- **DE-CIX:** Was der Frankfurter Flughafen für die Luftfahrt ist, ist der „Deutsche Commercial Internet Exchange“ (DE-CIX) für den Datentransfer. Der DE-CIX ist ein 1995 gegründeter Knotenpunkt von weltweiter Bedeutung. Denn die ebenfalls in Frankfurt am Main ansässige Infrastruktur ist nach Betreiberangaben gemessen am Datendurchsatz der größte Internetknoten der Welt. Der DE-CIX bietet seine Peering-, Cloud-, und Interconnection Services in über 40 Metropolregionen in Europa, Afrika, Nordamerika, dem Nahen Osten, Indien und Südostasien an. Damit ist der DE-CIX von Rechenzentren in über 600 Städten weltweit aus erreichbar und verbindet tausende Netzbetreiber. Das damit verbundene dichte Netz an technischer Infrastruktur in der Region war Anfang der 2000er der Initialzünder für die Ansiedlung von Rechenzentren in Frankfurt am Main. Heute ist nicht mehr der DE-CIX der Hauptgrund für die Ansiedlung von Rechenzentren in der Metropole, da durch den Glasfaserausbau auch außerhalb der Region ausreichende Internetgeschwindigkeiten erreicht werden können. Für Anwendungen in z.B. der Finanz- und Versicherungswirtschaft, die auf zeitverlustfreie Datenübertragungen angewiesen sind (z.B. High-Frequency-Trading), ist die Nähe zum DE-CIX jedoch immer noch relevant.

- ▶ **Netzinfrastruktur:** Rechenzentren, die sich in einem Umkreis von etwa 25km um diesen Knotenpunkt befinden, profitieren von schnellen Datenübertragungsraten. Theoretisch können Nutzer, die im Umkreis von 25 km eine direkte Glasfaserverbindung zum DE-CIX haben, Übertragungsraten im Bereich von mehreren hundert Gigabit pro Sekunde erreichen. Zusätzlich wird die Region durch das überregionale Glasfasernetz, das sogenannte Backbone-Netz, unterstützt. Einige der wichtigsten Hauptstränge des Glasfasernetzes führen direkt zum Internetknotenpunkt in Frankfurt am Main.
- ▶ **Datengravitation:** Für die im Moment bestehende hohe Kundennachfrage nach Rechenzentrumsinfrastruktur in FRM ist vor allem der „Datengravitationseffekt“ verantwortlich. Der Begriff Datengravität bezeichnet metaphorisch ein Phänomen, bei dem große Datenmengen an Rechenzentrumsstandorten eine Anziehungskraft entwickeln, die dazu führt, dass weitere Anwendungen, Systeme und Dienste eine räumliche Nähe zu diesen Standorten anstreben. Diese Konzentration erzeugt eine verstärkte Nachfrage nach Rechenzentrumsflächen. Ein wesentlicher Faktor dieses Effekts besteht darin, dass sich Skalierungseffekte durch die bereits konzentrierten Datenmengen in der Region ergeben. So speichern in Frankfurt am Main ansässige Unternehmen und Organisationen große Datenmengen, was einen Sogeffekt auslöst. Zusätzliche Unternehmen werden angezogen, um von den dort bestehenden geringen Latenzen und hohen Netzkapazitäten zu profitieren, die für datenintensive Anwendungen entscheidend sind. Jedes neue Rechenzentrum profitiert von der immer größer werdenden Netzwerkinfrastruktur. Aufgrund dieses gravitativen Effekts hat die Region auch das Interesse internationaler Investoren geweckt. Große Cloud-Service Provider und Unternehmen der Industrie, darunter AWS, Microsoft und Google Cloud, haben gezielt in ihre Infrastruktur in der Region investiert.
- ▶ **Georedundanz:** Die Georedundanz ist ein zentrales Konzept für die Verfügbarkeit und Ausfallsicherheit von Rechenzentren. Hierbei werden Daten und Dienste parallel an mehreren Standorten verfügbar gehalten. Diese physische Verteilung sorgt dafür, dass Daten und Dienste im Falle eines Ausfalls an einem Standort in einem anderen Rechenzentrum weiter betrieben werden können. Ein zentraler Faktor bei der Georedundanz ist die Minimierung der Latenz. Der Abstand von einem Hauptrechenzentrum zu einem Nebenrechenzentrum ist im Optimalfall nicht größer als 30km. Die synchron gespiegelten Rechenzentren mit passiver Glasfaserverbindung und dieser Längenrestriktionen führen zu mehr Verdichtung der Rechenzentren und einer Standortbindung der Rechenzentrumsbetreiber in FRM.
- ▶ **Stromversorgungssicherheit:** Ein weiterer Vorteil der Region ist die sichere und stabile Stromversorgung, die durch die Übertragungsnetzbetreiber Amprion und Tennet gewährleistet wird. Diese betreiben und warten das Höchstspannungsnetz, das die Region durchquert und eine zuverlässige Energieversorgung sicherstellt. Unter anderem durch die Ansiedelung von Industrie und Rechenzentren benötigt die Region einen Netzausbau, um den Strombedarf sicher und nachhaltig zu decken. Hierbei soll der Netzentwicklungsplan für die Rhein-Main-Region, insbesondere von den Netzbetreibern Amprion und Tennet, den steigenden Energiebedarf durch den Ausbau der Hoch- und Höchstspannungsnetze abfangen. Der Strom wird teilweise aus dem Norden Deutschlands und Offshore-Windparks stammen. Unter anderem wird der sogenannte Rhein-Main-Link als Gleichstrom-Erdkabelkorridor eingerichtet, der die Region sicher mit nachhaltigem Strom versorgen soll. Das Rhein-Main-Projekt von Amprion und Tennet sieht neben neuen Leitungen auch den Bau von Konvertern und Umspannanlagen vor, die den Strom von Norddeutschland effizient nach Hessen transportieren sollen. Amprion plant dabei bis 2030 Investitionen von rund 745 Millionen Euro in Hessen, um die Übertragungsinfrastruktur für eine klimafreundliche und sichere Energieversorgung auszubauen.

- ▶ **Fachkräfte und Dienstleister:** Die Region FRM bietet ein dichtes Netzwerk an Fachkräften, Zulieferern und Dienstleistern, die für den Betrieb und die Wartung von Rechenzentren unerlässlich sind. Häufig wechseln die Mitarbeiter zwischen den großen Betreibern. Allerdings wird durch den demografischen Wandel der Personalmangel zu einer größeren Herausforderung. Näheres hierzu findet sich im Standortprofil in Kapitel 4.2.
- ▶ **Datenschutz (DSGVO):** Ein weiterer Grund für die erhöhte Nachfrage nach Rechenzentrumsinfrastruktur in FRM und in Deutschland ist, dass Unternehmen zunehmend die Speicherung ihrer Daten in Deutschland oder innerhalb der Europäischen Union bevorzugen, um den strengen Anforderungen der europäischen Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) zu entsprechen und um rechtliche Sicherheit zu gewährleisten. Durch die Speicherung innerhalb Deutschlands können sie sicherstellen, dass ihre Daten den hohen europäischen Standards für Datenschutz und Sicherheit unterliegen, was den Umgang mit personenbezogenen Informationen transparenter und risikoärmer macht. Diese lokale Speicherung verringert außerdem die Komplexität und Unsicherheit, die mit dem sogenannten Drittlanddatenaustausch, also der Übertragung von Daten in Staaten außerhalb des Europäischen Wirtschaftsraums, verbunden ist.

Schwächen der Region aus Sicht der Rechenzentrumsexperten

- ▶ **Stromverfügbarkeit:** Der dominierende Push-Faktor des Standorts FRM ist der Mangel an kurzfristig verfügbaren zusätzlichen Stromkapazitäten in großem Maßstab. Etwa ein Drittel der Lastspitze in Frankfurt am Main nehmen Rechenzentren ein. Der Energiebedarf von Rechenzentren wird mit dem stark zunehmenden Einsatz künstlicher Intelligenz auch in bereits existierenden Rechenzentren weiter exponentiell ansteigen. In FRM ist die Stromverfügbarkeit für potenzielle Rechenzentrumsneubauten bis 2030 erschöpft. Aktuell können somit keine neuen Rechenzentren in Frankfurt am Main geplant werden. Die Nachfrage nach freiwerdenden Stromkapazitäten ist sehr hoch. Verantwortlich für die limitierte Stromverfügbarkeit ist der Transport des Stroms aufgrund des nur langsam fortschreitenden Netzausbau in Deutschland. Nach Angaben der Netzbetreiber können in Deutschland oft keine neuen Rechenzentren gebaut werden, obwohl genügend Strom verfügbar wäre. Der Strom kann allerdings nicht zu den Abnehmern transportiert werden.
- ▶ **Flächenverfügbarkeit mit ausreichender Stromversorgung:** Ein wichtiger Standortfaktor ist die Verfügbarkeit von Flächen mit ausreichender Stromversorgung. Zukünftig werden neue Umspannwerke errichtet, um genügend Strom zu Verfügung zu stellen. Unter der Voraussetzung, dass genügend Strom zur Verfügung steht, die Fläche groß genug ist und eine Glasfaserinfrastruktur besteht, ist nahezu jeder Standort in der FRM-Region potenziell interessant. Aufgrund der Knappheit geeigneter Flächen und der hohen Flächennachfrage von Rechenzentren in der Region werden sich Rechenzentren zunehmend im Umland von Frankfurt am Main ansiedeln, wie z.B. in Hanau, Groß-Gerau, Main-Taunus, und Offenbach. Auch in den angrenzenden Landkreisen wird sich die Flächenkonkurrenz in den nächsten Jahren weiter verschärfen. Der Wettbewerb nach bestrombarer Fläche ist insbesondere in der Beziehung Rechenzentrum-zu-Rechenzentrum sehr hoch. Deshalb werden verfügbare Rechenzentrumsgrundstücke oft auch auf Vorrat und zu sehr hohen Preisen gekauft. So hat Google unter anderem ein Grundstück in Erlensee bereits 2021 gekauft. Wann gebaut wird, ist allerdings weiterhin offen (op online 2024).
- ▶ **Energiekosten:** Die steigenden Energiekosten und das hohe Preisniveau in Deutschland stellen ebenfalls eine Herausforderung für Rechenzentren in FRM dar. Europaweit hat Deutschland die höchsten Strompreise. Diese Energiekosten haben sich in Deutschland seit 2019 um mehr

als 10ct/kWh erhöht, was die Betriebskosten von Rechenzentren deutlich belastet (IW Consult 2024b). Große Rechenzentrumsbetreiber zahlen aktuell im Durchschnitt etwa 25ct/kWh, was zu einer Mehrbelastung von rund 1,8 Milliarden Euro im Jahr 2023 führte (bitkom 2024). Aufgrund des steigenden Energiebedarfs infolge des Einsatzes künstlicher Intelligenz werden die Energiekosten zu einer immer größeren Herausforderung. Diese Entwicklung gefährdet die Wettbewerbsfähigkeit der Region FRM als Standort für Rechenzentren und könnte zu einer Abwanderung von Investitionen ins Ausland führen. Langfristige Strategien zur Kostenreduktion und Reformen der Energiepolitik sind notwendig, um die Attraktivität des Standorts zu erhalten.

- ▶ **EnEfG:** Die gesetzlichen Rahmenbedingungen stellen durch die entstehenden Herausforderungen und Handlungsbedarfe ein Hindernis für den Ausbau der digitalen Infrastruktur in Deutschland dar. Mit der verpflichtenden Abwärmenutzung müssen alle Rechenzentren darauf vorbereitet sein, überschüssige Wärme an externe Abnehmer abzugeben, während jedoch nur wenige Betreiber solche Wärmenutzungskonzepte umsetzen oder aktuell planen. Zwar könnte eine erfolgreiche Wärmenutzung bei guter Zusammenarbeit aller Beteiligten existieren, doch ist die Realisierbarkeit der vorgegebenen Wärmemengen unrealistisch. Erste Projekte werden zwar in FRM, wo bereits Fernwärmesysteme existieren, umgesetzt, aber die Betreiber der älteren Fernwärmenetze in Deutschland zeigen nur begrenztes Interesse, überschüssige Wärme von Rechenzentren zu nutzen, da diese Abwärme eine zu niedrige Temperatur hat. Eine andere Möglichkeit wäre, die Wärme kostenlos abzugeben, dies widerspricht jedoch dem Urteil des Bundesfinanzhofes, dass Abwärme nicht kostenlos abgegeben werden darf. Das Ziel des EnEfG, das einen PUE-Wert von 1,2 fordert, wird für viele Rechenzentren schwer zu erreichen sein. Diese Vorgabe gilt für alle Rechenzentren, die nach dem 1. Juli 2026 in Betrieb genommen werden, einschließlich vieler Projekte, die sich derzeit in der Endplanung befinden. Für Rechenzentren, die vor dem 1. Juli 2026 in Betrieb genommen wurden, gilt eine PUE-Vorgabe von 1,3 die bis 2030 erreicht werden muss. Um den Anforderungen des EnEfG gerecht zu werden, müssen Projekte teilweise umgestaltet werden. Rechenzentrenbetreiber gehen davon aus, dass einige ältere Rechenzentren abgerissen und neu gebaut werden müssen, da sie die neuen Richtlinien vermutlich nicht einhalten können. Auch für bestehende Gebäude werden fortlaufend technische Anpassungen erforderlich sein, um die Energieziele zu erreichen. Dies ist allerdings ein Push-Faktor, der ganz Deutschland als Rechenzentrumsstandort betrifft

Handlungsbedarfe der Rechenzentren

Es gibt drei große Herausforderungen für Rechenzentren in FRM: die Strombereitstellung für den Betrieb des Rechenzentrums, die neuen Auflagen des EnEfG und der Konkurrenzkampf um Grundstücksflächen, auf denen Rechenzentren betrieben werden können.

Angesichts des steigenden Stromverbrauchs durch die zunehmende Nutzung von Künstlicher Intelligenz besteht ein eindeutiger Handlungsbedarf, die Energieeffizienz von Rechenzentren zu optimieren. Dies ist ebenfalls erforderlich, um den kontinuierlichen Betrieb der Rechenzentren sicherzustellen und gleichzeitig die Anforderungen des EnEfG zu erfüllen. Eine wichtige Maßnahme ist die Umstellung von luft- auf direkte wassergekühlte Server und Racks. Diese Umstellung bringt jedoch organisatorische und versicherungsrechtliche Herausforderungen mit sich. Der Kunden der Colocation-Anbieter muss den Technologiewechsel mittragen. Dies führt zu Änderungen im Haftungs- und Versicherungsrecht. Will ein Colocation-Kunde dies nicht akzeptieren, ist ein Technologiewechsel nicht möglich.

Ein weiterer Handlungsbedarf ist die Erhöhung der Auslastung. Das bedeutet eine Verdichtung von Serverflächen, um Rechenzentren auf kleineren Flächen mit höherer Kapazität betreiben zu können. Dies verbessert nicht nur die Kühlbedingungen und somit auch die Effizienz, sondern es reduziert

ebenfalls den Flächenbedarf der Rechenzentren. Allerdings muss auch hier der Kunde kooperieren, worauf der Colocation-Anbieter oft keinen oder nur begrenzten Einfluss hat. Im Gegensatz zu den Colocation-Anbietern haben Hyperscaler-Rechenzentren weniger Herausforderungen, die Effizienzsteigerungsmaßnahmen umzusetzen, da diese die IT-Infrastruktur selbst steuern.

Auch die Nutzung der Abwärme der Rechenzentren ist noch nicht überall möglich. Die größte Herausforderung ist die Koordination zwischen Rechenzentren und Wärmeabnehmern. So ist nicht klar, wer die Wärmenetze zu den Kunden ausbaut und vermarktet. Die Rechenzentrumsbranche sieht sich nicht in der Verantwortung. Für die Kommunen sind die sehr hohen Investitionskosten schwer zu stemmen und die Netzbetreiber und etablierten Energieversorgungsunternehmen sind zurückhaltend. Aufgrund der Anforderungen des EnEfG, das Rechenzentrumsbetreiber zur Wärmelieferung verpflichtet, muss hier an einer Lösung gearbeitet werden.

Trends, Forderungen und Ausblick für den Rechenzentrumsstandort FRM

Der Trend, in FRM Rechenzentren aufgrund der hohen Kundennachfrage zu bauen, wird weiter anhalten. Der Bedarf an digitaler Infrastruktur in Deutschland wird vor allem durch die Digitalisierung und den Einsatz künstlicher Intelligenz weiter steigen. Der Markt wird weiterwachsen, wie auch der Ausbau der IT-Infrastruktur in Deutschland durch Unternehmen wie AWS und Microsoft zeigt. Darüber hinaus wird der Eigenbetrieb von IT-Infrastruktur durch Unternehmen aufgrund der zunehmenden Komplexität und des steigenden Bedarfs an Digitalisierung seltener.

Es ist zu beobachten, dass aufgrund von Flächen- und Stromknappheit der Rechenzentrumsbau in der Metropole Frankfurt am Main nicht nur verlangsamt fortgesetzt werden kann, sondern, dass es zu einer Verlagerung ins Umland kommen wird. Standorte wie Berlin, München, Stuttgart und Düsseldorf werden ebenfalls für Rechenzentrumsbetreiber immer attraktiver. Die gegenwärtigen Push-Faktoren der Region FRM sind noch nicht ausreichend stark ausgeprägt, um Rechenzentrumsbetreiber vom weiteren Betrieb ihrer Einrichtungen abzuhalten.

Rechenzentrumsbetreibern fordern beschleunigte Bau- und Planungsprozesse sowie transparentere Genehmigungsverfahren. Staatliche Subventionen sind für die Rechenzentrumsbranche nicht notwendig. Insgesamt sind die rechtlichen Rahmenbedingungen ein Hindernis für den Betrieb von Rechenzentren in FRM und in ganz Deutschland. Die Rechenzentrumsexperten erkennen Handlungsbedarfe bei der Zusammenarbeit aller Verantwortlichen in FRM. Ein großes Anliegen ist das EnEfG, das die Abgabe von 10 Prozent der Abwärme vorschreibt. Es ist davon auszugehen, dass diese Vorgabe von den meisten Rechenzentrumsbetreibern nicht zu erfüllen ist.

Zusätzlich ist der Ausbau des Stromnetzes in Deutschland notwendig, damit die Rechenzentrumsbranche weiterwachsen kann. Dieser ist notwendig, um die benötigte Energie für die Rechenzentren sicherzustellen. Einige potenzielle Grundstücke können derzeit nicht genutzt werden, da sie nicht ausreichend mit Strom versorgt werden. Ebenfalls ist es notwendig, die Glasfasernetzinfrastruktur in FRM weiter auszubauen, sodass Landkreise wie etwa Darmstadt-Dieburg, Limburg-Weilburg und der Wetteraukreis für Rechenzentrumsbetreiber noch attraktiver werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich die Rahmenbedingungen für Betreiber von Rechenzentren in Deutschland und in FRM verschlechtert haben. Gründe hierfür sind die Energie- und Flächenknappheit, steigende Energiekosten sowie die Vorgaben des EnEfG. Gleichwohl gehen die meisten Prognosen – wie zuvor dargestellt – weiterhin von einem deutlichen Wachstum der Rechenzentrumsbranche in der Region aus. Dies deutet darauf hin, dass sich der Markt zwar wandelt, jedoch mittelfristig weiter expandiert – etwa durch technologische Innovationen, Flächeneffizienzsteigerungen oder strategische Standortverlagerungen innerhalb der Region.

4.2 FRM als digitales Innovations-Ökosystem: Standortprofil

Kernergebnisse im Überblick

- ▶ FRM gehört zu den wirtschaftlich erfolgreichsten Regionen in Deutschland und zeichnet sich durch zentrale Elemente eines digitalen Ökosystems aus.
- ▶ Im IW-Regionalranking liegt die Region ungefähr auf dem Niveau der Metropolregion Berlin-Brandenburg. Vor allem im Bereich der Wirtschaftsstruktur punktet FRM.
- ▶ Zur Wirtschaftsstruktur gehört bspw. ein Spitzenwert beim Anteil wissensintensiver Dienstleistungen sowie die vierthöchste Steuerkraft in Deutschland.
- ▶ Die Urbanität und die leistungsfähige Infrastruktur von Frankfurt am Main mit dem DE-CIX sowie dem trimodalen Flughafen Frankfurt sind wichtige Elemente für die hohe Attraktivität der Stadt.
- ▶ Frankfurt am Main liegt deutschlandweit auf Platz 2 bei Unternehmen, die sich mit den Themen Cloud Computing, Internet of Things und Smart Services beschäftigen.
- ▶ Bei dem Anteil IT-Beschäftigter liegt Frankfurt am Main mit einem Anteil von 6,3 Prozent zwischen München (7,9 Prozent) und Berlin (4,7 Prozent). Gleiches gilt für FRM mit 4,2 Prozent im Vergleich zu den Metropolregionen München (4,6 Prozent) und Berlin-Brandenburg (3,5 Prozent).
- ▶ Auch bei den Forschungsinstituten mit Digitalisierungsbezug liegt FRM weit vorne im deutschlandweiten Vergleich.
- ▶ In den Bereichen Glasfaserversorgung, Gründungs- und Patentaktivitäten fällt FRM hinter Berlin-Brandenburg und München zurück.

Um die regionalökonomischen Wirkungszusammenhänge von Rechenzentren in FRM (hierunter wird weiterhin ausschließlich der hessische Teil der Metropolregion verstanden) untersuchen zu können, werden als Grundlage hierfür zunächst die spezifischen regionalökonomischen Strukturen dieses Wirtschaftsraums mit besonderem Fokus auf Merkmalen eines digitalen Innovationsökosystems analysiert. Hierzu werden zunächst allgemeine Standortfaktoren von FRM im Vergleich zu den Metropolregionen München und Berlin-Brandenburg beleuchtet, bevor branchenspezifische Aspekte für Unternehmen mit digitalem Geschäftsmodell im Allgemeinen und Rechenzentren im Speziellen in den Fokus genommen werden. Es wird zwischen der Stadt Frankfurt am Main, den restlichen kreisfreien Städten und den Landkreisen FRMs unterschieden. Die absolute Mehrheit der Rechenzentren FRMs befindet sich in Frankfurt am Main. In Bezug auf die Rechenzentrumsdichte folgen die restlichen Städte und die Kreise FRMs. Die beschriebene Differenzierung nach Frankfurt am Main, restliche Städte und Kreise FRMs lässt sich daher auch hinsichtlich der Dichte an Rechenzentren interpretieren.

4.2.1 Allgemeine Standortfaktoren

Die Analyse der allgemeinen Standortfaktoren basiert auf dem IW-Regionalranking 2024 (IW Consult 2024b). Das IW-Regionalranking untersucht den wirtschaftlichen Erfolg und die wirtschaftliche Entwicklung aller 400 Landkreise und kreisfreien Städte in Deutschland. Berechnungsgrundlage sind 14 Indikatoren aus den Bereichen Wirtschaftsstruktur, Arbeitsmarkt und Lebensqualität, die einen statistisch signifikanten Einfluss auf den Erfolg von Regionen haben. Erfolg ist dabei definiert als eine hohe Kaufkraft und eine niedrige Arbeitslosenquote. Das IW-Regionalranking ist seit etwa zehn Jahren ein etabliertes Monitoring-Tool für Wirtschaftsförderungen, Landratsämter und IHKs. Für diese Studie wurden die 14 Indikatoren auf den aktuellen Datenstand aktualisiert, wodurch es zu leichten Abweichungen zur Publikation von April 2024 kommt. Als Vergleichsregionen zu FRM werden die

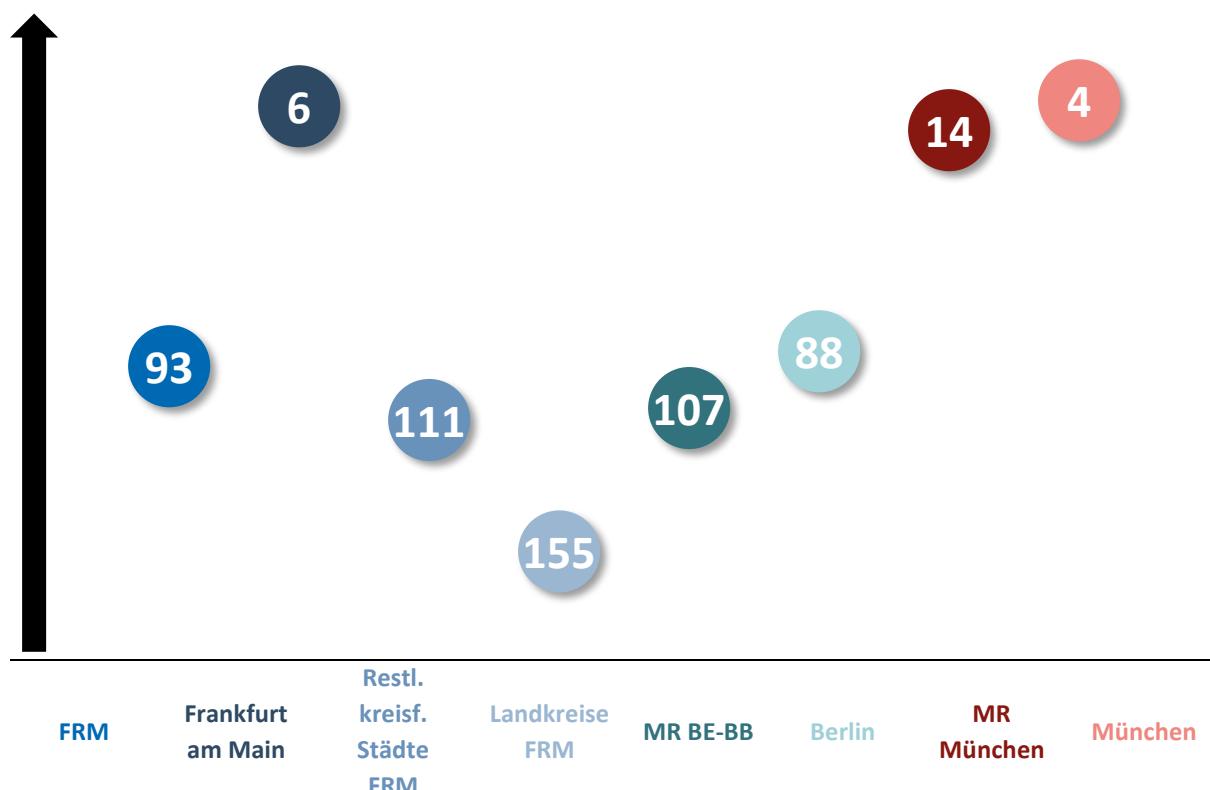
Metropolregionen München und Berlin-Brandenburg herangezogen. Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, dass Berlin ebenfalls ein starker Rechenzentrumsstandort ist und ein Business-to-Consumer-(B2C)-Digital-Ökosystem etablieren konnte. München ist die wirtschaftsstärkste Region in Deutschland und beheimatet ein leistungsfähiges Business-to-Business-(B2B)-Digitalökosystem.

Status Quo

Der Raum um Frankfurt am Main gehört zu den erfolgreichsten und leistungsstärksten Regionen Deutschlands, denn gleich drei Landkreise und kreisfreie Städte erreichen einen Top 10-Platz im aktuellen Update des Regionalrankings. Frankfurt am Main liegt auf Rang 6, der Main-Taunus-Kreis auf Rang 8 und der Hochtaunuskreis auf Rang 9. Als Gesamtregion läge FRM auf Rang 93 (Abbildung 4-2). Die Metropolregion Berlin-Brandenburg käme auf Rang 107 und schneidet damit etwas schwächer ab (Stadt Berlin: Rang 88). Die Metropolregion München dominiert das Ranking und liegt auf Rang 14 (Stadt München: Rang 4). Da die Landkreise und kreisfreien Städte der Metropolregionen zu einem Gesamtwert für die Metropolregion aggregiert wurden, fällt die Gesamtzahl der Rangplätze in dieser Betrachtung geringer aus.

Abbildung 4-2: Regionalranking 2024*

Durchschnittlicher Gesamtrang im Niveauranking (basierend auf allen 400 Kreisen und kreisfreien Städten)



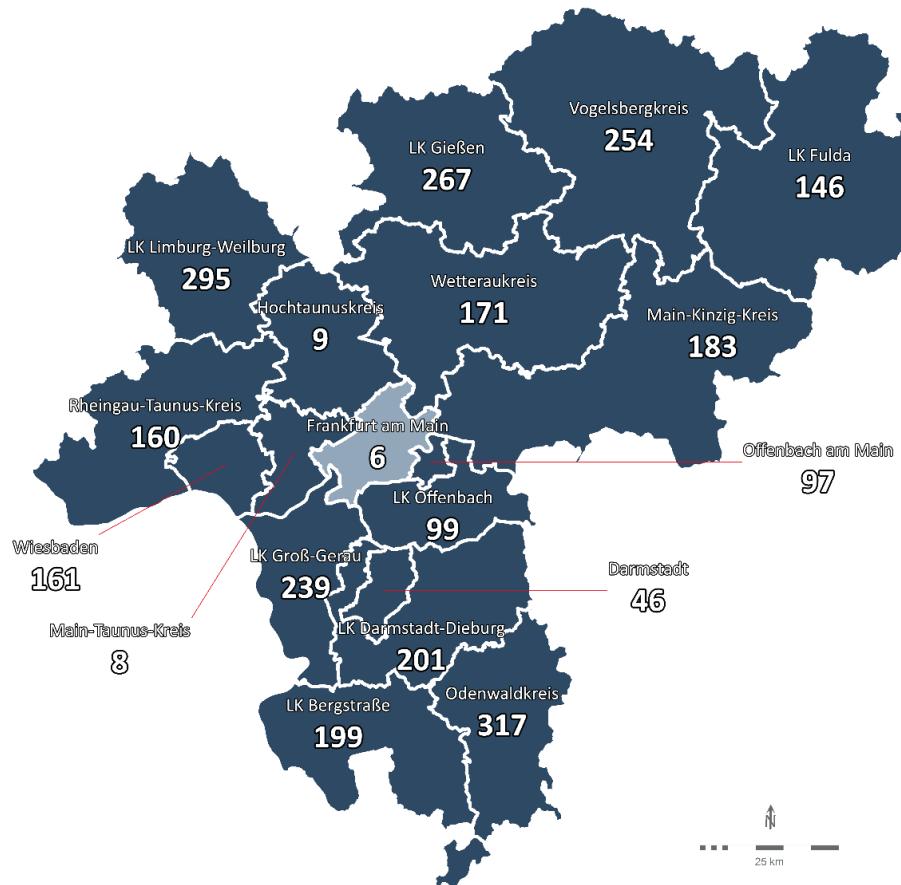
*Für diese Studie wurden die 14 Indikatoren auf den aktuellen Datenstand geupdatet, wodurch es zu leichten Abweichungen zur Publikation von April 2024 kommt.

MR=Metropolregion, BE-BB=Berlin-Brandenburg

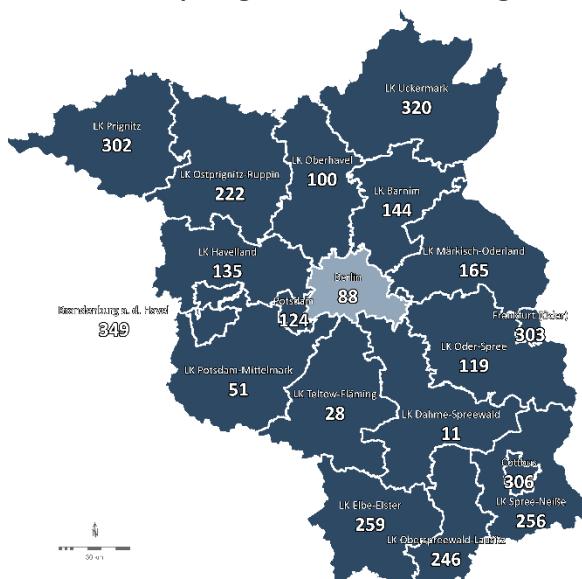
Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 4-3: Metropolregionen im Regionalranking 2024*

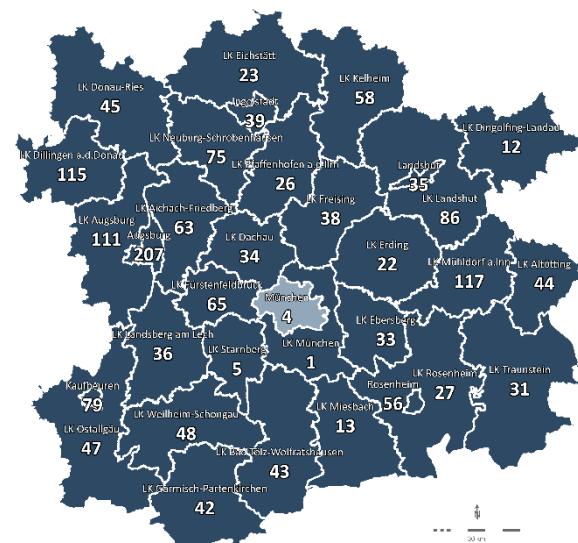
Rang im Niveauranking (von allen 400 Kreisen und kreisfreien Städten)



Metropolregion Berlin-Brandenburg



Metropolregion München



*Für diese Studie wurden die 14 Indikatoren auf den aktuellen Datenstand geupdatet, wodurch es zu leichten Abweichungen zur Publikation von April 2024 kommt.

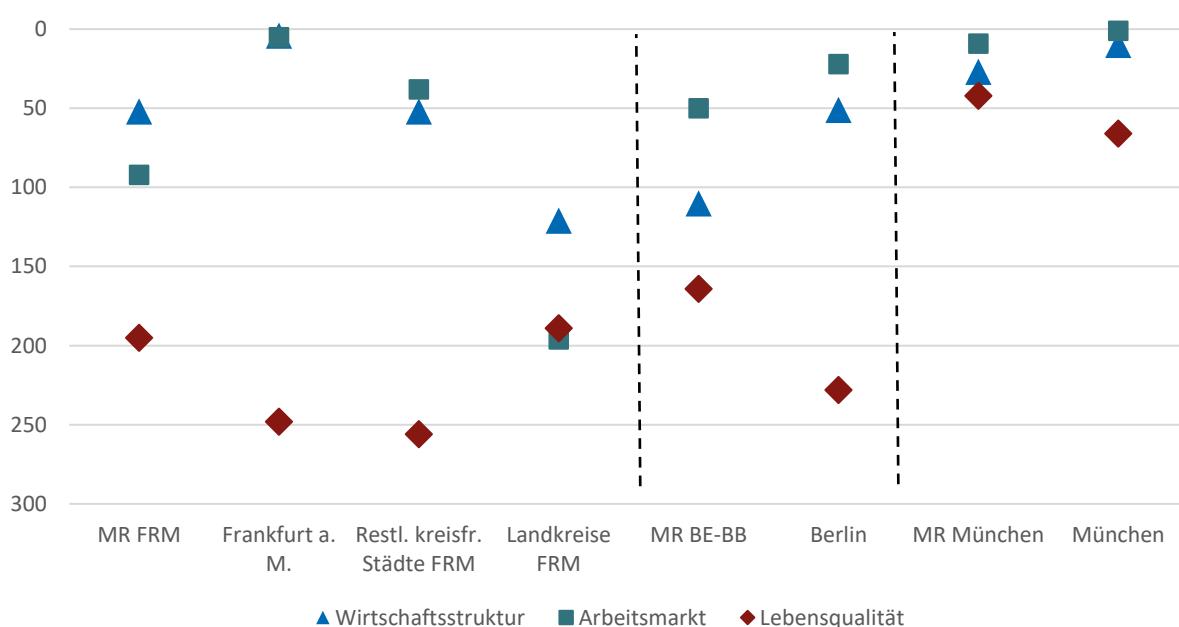
Quelle: eigene Darstellung

FRM erreicht die stärksten Ergebnisse bei den Indikatoren aus den Bereichen Wirtschaftsstruktur und Arbeitsmarkt (Abbildung 4-4). Die Stadt Frankfurt am Main allein schneidet jeweils deutlich stärker ab als das Umland. Sie liegt bei der Wirtschaftsstruktur auf Rang 4 und beim Arbeitsmarkt auf Rang 5. Die Landkreise FRMs fallen gerade im Bereich Arbeitsmarkt gegenüber den Städten deutlich ab (Rang 196).

Die Metropolregion Berlin-Brandenburg übertrifft FRM beim Arbeitsmarkt mit Rang 50. Die Wirtschaftsstruktur wird rund um die Bundeshauptstadt dagegen schwächer bewertet (Rang 110). Berlin liegt bei Arbeitsmarkt und Wirtschaftsstruktur besser als die Metropolregion Berlin-Brandenburg und schwächer als Frankfurt am Main. Die Metropolregion München schneidet in beiden Bereichen besser ab (Arbeitsmarkt: Rang 9, Wirtschaftsstruktur: Rang 27). Die Stadt München ist noch etwas stärker. Im Bereich Lebensqualität kann sich die Metropolregion München sowohl deutlich von FRM als auch von Berlin-Brandenburg absetzen.

Abbildung 4-4: Regionalranking 2024* Teilbereiche

Durchschnittlicher Rang in den Teilbereichen des Niveaurankings (basierend auf allen 400 Kreisen und kreisfreien Städten)



*Für diese Studie wurden die 14 Indikatoren auf den aktuellen Datenstand geupdatet, wodurch es zu leichten Abweichungen zur Publikation von April 2024 kommt.

MR=Metropolregion, BE-BB=Berlin-Brandenburg

Quelle: eigene Darstellung

Das gute Abschneiden FRMs im Bereich Wirtschaftsstruktur ist maßgeblich auf die gemeindliche Steuerkraft zurückzuführen, die mit 1.457 Euro je Einwohner deutlich über dem Durchschnitt aller 400 Regionen (1.086 Euro je Einwohner) liegt. Die gemeindliche Steuerkraft wird im Durchschnitt zu rund 45 Prozent durch Gewerbesteuereinnahmen beeinflusst. In Frankfurt am Main liegt die gemeindliche Steuerkraft sogar bei 2.612 Euro je Einwohner. In den 14 Landkreisen beträgt sie durchschnittlich 1.210 Euro je Einwohner. Während die Metropolregion München mit 1.621 Euro je Einwohner über FRM liegt, kommt die Metropolregion Berlin-Brandenburg auf einen niedrigeren Wert (1.009 Euro je Einwohner).

Die zweite Säule, die das gute Abschneiden von FRM im Bereich Wirtschaftsstruktur stützt, ist der Anteil Beschäftigter in wissensintensiven Dienstleistungen (NIW/ISI/ZEW 2011). Zu den wissensintensiven Dienstleistungen gehören beispielsweise Forschung und Entwicklung, Telekommunikations- und Informationsdienstleistungen oder Finanz- und Versicherungsdienstleistungen. Die wissensintensiven Dienstleistungen wuchsen in den letzten Jahren stärker (39 Prozent vs. 30 Prozent Beschäftigungswachstum von 2010 bis 2023; Bundesagentur für Arbeit, 2024) und sind deutlich produktiver als der Dienstleistungssektor als Ganzer (84.237 Euro vs. 74.789 Euro je Erwerbstägigen im Jahr 2023; VGRdL 2024). In FRM sind 28,1 Prozent der Beschäftigten am Arbeitsort in diesen Branchen tätig. In Frankfurt am Main sind es 40,6 Prozent. In den Landkreisen FRMs ergibt sich ein Anteil von 20,9 Prozent. Die Metropolregion München kommt auf 27,5 Prozent (Stadt München: 42,1 Prozent) und die Metropolregion Berlin-Brandenburg auf 25,0 Prozent (Stadt Berlin: 30,1 Prozent).

Tabelle 4-2: Indikatoren Wirtschaftsstruktur

Regionalranking

Indikator	Jahr		2022	2023	2022	2023
	Gemeindliche Steuerkraft	Gewerbesaldo	Gewerbesteu-erhebesatz	Beschäftigte in wissensintensiven Dienstleistungen		
Definition	Euro je Einwohner	je 1.000 Einwohner	Prozent	Anteil an allen SV-Beschäftigten in Prozent		
FRM	1.457	1,0	419		28,1	
Frankfurt am Main	2.612	1,6	460		40,5	
Restliche kreisfreie Städte (FRM)	1.421	1,6	453		31,1	
Landkreise (FRM)	1.210	0,8	377		20,9	
MR BE-BB	1.009	1,7	386		25,0	
Berlin	1.135	2,4	410		30,1	
MR München	1.621	1,3	385		27,5	
München	2.080	1,5	490		42,1	

MR=Metropolregion, BE-BB=Berlin-Brandenburg

Quelle: Destatis, Bundesagentur für Arbeit, eigene Berechnungen

Das gute Ergebnis FRMs im Bereich Arbeitsmarkt wird in erster Linie durch die Qualifikationsstruktur getragen. Die Akademikerquote (Anteil sozialversicherungspflichtig Beschäftigter mit akademischem Abschluss) ist mit 25,2 Prozent überdurchschnittlich hoch (Durchschnitt aller 400 Regionen: 14,6 Prozent). In Frankfurt am Main als Metropole ist der Anteil naturgemäß höher als in den Landkreisen FRMs (34,9 vs. 19,1 Prozent). Die Metropolregionen Berlin-Brandenburg und München weisen Anteile von 26,4 bzw. 26,1 Prozent auf und liegen damit über FRM (Stadt Berlin: 32,5 Prozent; Stadt München: 41,3 Prozent).

Neben der Qualifikationsstruktur zahlt auch die jüngere Altersstruktur auf die gute Bewertung des Arbeitsmarkts ein. Auf jeden Einwohner ab 60 Jahren entfallen durchschnittlich 1,90 Einwohner von 20 bis unter 60 Jahren. In Frankfurt am Main sind es 2,78 Einwohner. Damit ist die Finanzmetropole die zweijüngste Region Deutschlands. Der Altersquotient der Stadt München beträgt 2,62. Im Durchschnitt ist die Bevölkerung in der Metropolregion München aber jünger (2,01) als in FRM. Die Metropolregion Berlin-Brandenburg ist hingegen etwas älter (1,81) strukturiert. Während die Städte Berlin (2,24) und Potsdam (2,05) mit einem Quotienten von über zwei herausstechen, liegen alle Landkreise unter einem Quotienten von 1,60.

Die Beschäftigungsrate von Frauen ist in FRM unterdurchschnittlich ausgeprägt. 61,4 Prozent aller Einwohnerinnen befinden sich in einem sozialversicherungspflichtigen Beschäftigungsverhältnis (Stadt Frankfurt am Main: 60,0 Prozent). In der Metropolregion München sind es 66,3 Prozent (Stadt München: 66,5 Prozent) und in der Metropolregion Berlin-Brandenburg 63,1 Prozent (Stadt Berlin: 60,0 Prozent).

Tabelle 4-3: Indikatoren Arbeitsmarkt

Regionalranking

Jahr	2023	2023	2023
Indikator	Altersquotient	Akademikerquote	Beschäftigungsrate Frauen
Definition	<i>Verhältnis der 20- bis unter 60-jährigen Bevölkerung zur Bevölkerung ab 60 Jahren</i>	<i>Anteil SV-Beschäftigter mit akademischem Abschluss an allen SV-Beschäftigten in Prozent</i>	<i>Anteil SV-beschäftigter Frauen an den Einwohnerinnen in Prozent</i>
FRM	1,90	25,2	61,4
Frankfurt am Main	2,78	34,9	60,0
Restliche kreisfreie Städte (FRM)	2,25	29,6	59,7
Landkreise (FRM)	1,71	19,1	62,1
MR BE-BB	1,81	26,4	63,1
Berlin	2,24	32,5	60,0
MR München	2,01	26,1	66,3
München	2,62	41,3	66,5

MR=Metropolregion, BE-BB=Berlin-Brandenburg, SV=Sozialversicherungspflichtig

Quelle: Destatis, Bundesagentur für Arbeit, eigene Berechnungen

Entwicklung

Neben dem Status Quo betrachtet das Regionalranking zudem die Entwicklung der vorangegangenen zwei Jahre. Damit lassen sich Muster erkennen, die nicht aus der Status Quo-Betrachtung hervorgehen. So können Regionen im relativen Vergleich bereits aufholen bzw. eine rückläufige Entwicklung bei Indikatoren aufweisen, obwohl sie am aktuellen Datenrand noch schwach bzw. stark platziert sind.

Die auffälligste Entwicklung in FRM ist ein rückläufiger Gewerbesaldo. Wurde 2021 noch ein Saldo (Differenz der Gewerbean- und -abmeldungen) von 2,2 je 1.000 Einwohner verzeichnet, liegt dieser im Jahr 2023 nur noch bei 1,6. In der Metropolregion Berlin-Brandenburg ist der Saldo hingegen von -0,9 auf 0,4 angestiegen. Ein Rückgang ist auch für die Metropolregion München zu verzeichnen. Zwar liegt der Gewerbesaldo mit 2,9 hoch, 2021 lag er jedoch noch bei 4,5.

Stärken und Schwächen im kompakten Überblick

Abbildung 4-5: Stärken und Schwächen FRM

Stärken und Schwächen FRMs auf Basis der Indikatoren des IW-Regionalrankings



Quelle: eigene Darstellung

4.2.2 Branchenspezifische Standortfaktoren

In diesem Abschnitt werden die grundlegenden Eigenschaften FRMs für ein leistungsfähiges digitales Innovationsökosystem untersucht. Ein solches Ökosystem wird in dieser Studie definiert über eine hohe Konzentration digitaler Unternehmen und Startups, die untereinander und mit Hochschulen, Forschungseinrichtungen sowie regionalen Akteuren interagieren (Fraunhofer IAO 2023; IW 2019; Landtag NRW 2020). FRM bietet mit dem DE-CIX den weltgrößten Internetknoten, der größten Dichte an Rechenzentren in Deutschland, einem spezialisierten Fachkräftepool im Bereich der wissensintensiven Dienstleistungen, Deutschlands größtem Flughafen für überregionalen Wissensaustausch und einer breiten wissenschaftlichen Landschaft wichtige Elemente, die die Leistungsfähigkeit eines solchen digitalen Ökosystems erhöhen.

Diese für ein digitales Ökosystem relevanten Standortfaktoren werden im Folgenden analysiert:

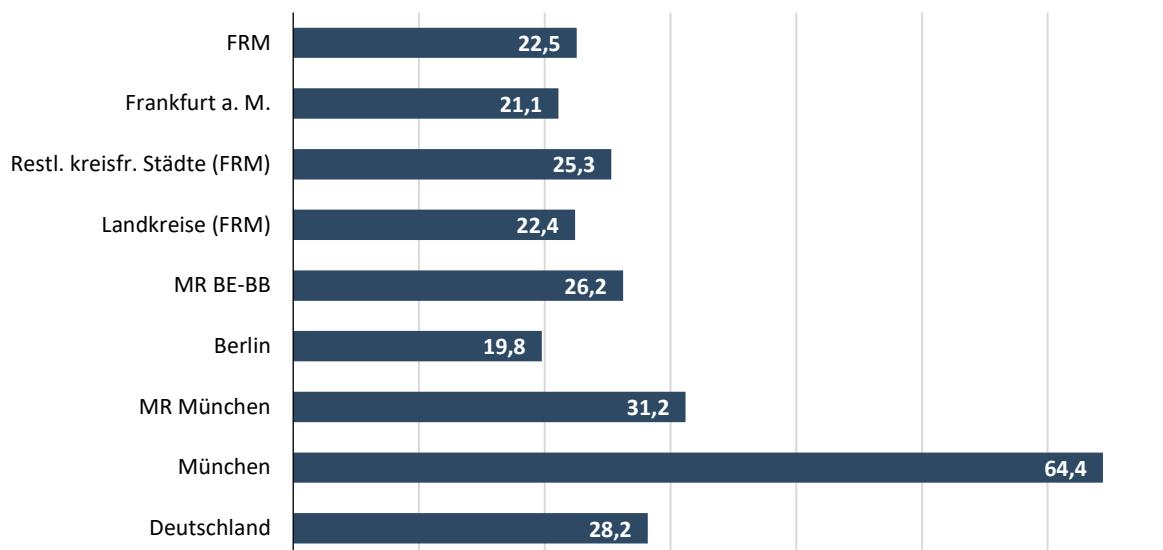
- ▶ Die Glasfaserversorgung, die als grundlegende Infrastruktur für eine effiziente und schnelle Datenübertragung unerlässlich ist.
- ▶ Die Verfügbarkeit von IT-Fachkräften, die nicht nur für den Betrieb und die Weiterentwicklung von Rechenzentren notwendig sind, sondern auch für erfolgreiche Entwicklung digitaler Startups und Unternehmen.
- ▶ Der Anteil der Bestandsunternehmen, der sich intensiv mit digitalen Technologien auseinandersetzt, wird über den Wirtschaft-4.0-Index analysiert.
- ▶ Die Präsenz von High-Tech-Gründungen und digitalen Startups, die selbst neue (digitale) Technologien oder Geschäftsmodelle entwickeln und in Wissenstransfers mit Unternehmen und wissenschaftlichen Institutionen eingebunden sind.
- ▶ Die Bedeutung digitaler Patente als Indikator für den Innovationsoutput der Unternehmen in der Region.
- ▶ Die Forschungseinrichtungen mit IT-Bezug. Diese Einrichtungen tragen nicht nur zur Wissensgenerierung und durch Ausgründungen zur Dynamik der Startupszene bei, sondern fördern auch den Technologietransfer zwischen Wissenschaft und Unternehmen und dienen als Absolventenpool.

Glasfaserverbindungen gelten als besonders zukunftssicher für die Datenübertragung, da hohe Datenübertragungsraten ermöglicht werden. Neben einer leistungsfähigen Anbindung der Rechenzentren selbst, die neben einer geeigneten Stromversorgung die zentrale Anforderung an einen Rechenzentrumsstandort ist, sind auch schnelle Verbindungen für alle weiteren Akteure des Ökosystems von zentraler Bedeutung. Zu diesen Akteuren gehören etablierte Unternehmen, Startups aber auch private Haushalte mit Blick auf Home-Office-Regelungen und viele Selbstständige, die auch in gemischten Wohn- und Gewerbegebieten ihre digitalen Geschäftsmodelle verfolgen. Als Stellvertreter für die Glasfaserversorgung dieser Akteure wird die Versorgung der Haushalte herangezogen.

In FRM können 22,5 Prozent der Haushalte schnelles Internet per Glasfaseranbindung nutzen (Mitte 2023). Damit schneidet die Region schwächer ab als die Vergleichsregionen München und Berlin-Brandenburg und liegt auch unter dem Bundesdurchschnitt von 28,2 Prozent. In der Metropolregion München liegt der Anteil bei 31,2 Prozent, in der Metropolregion Berlin-Brandenburg bei 28,2 Prozent. Innerhalb FRMs hat die Stadt Frankfurt am Main mit 21,1 Prozent der Haushalte einen niedrigen Anteil. Der Durchschnitt der Landkreise liegt bei 22,4 Prozent und der Durchschnitt der drei restlichen kreisfreien Städte bei 25,2 Prozent. Berlin kommt auf 19,8 Prozent. In München werden bereits fast zwei Drittel (64,4 Prozent) der Haushalte versorgt. In diesem Kontext sei das regionale Kooperationsprojekt „Gigabitregion FrankfurtRheinMain“ des Regionalverbands FrankfurtRheinMain erwähnt, dessen Konzept den glasfaserbasierten, gigabitfähigen Internetzugang von 90 Prozent aller Haushalte und aller Unternehmen bis zum Jahr 2030 vorsieht (Regionalverband FrankfurtRheinMain 2021a).

Abbildung 4-6: FTTB/H-Versorgung

Anteil der Haushalte mit FTTB/H-Versorgung an allen Haushalten in Prozent, Mitte 2023



FTTB/H = Fibre-to-the-Building/Home (Glasfaser bis zum Gebäude/Haus)

MR=Metropolregion, BE-BB=Berlin-Brandenburg

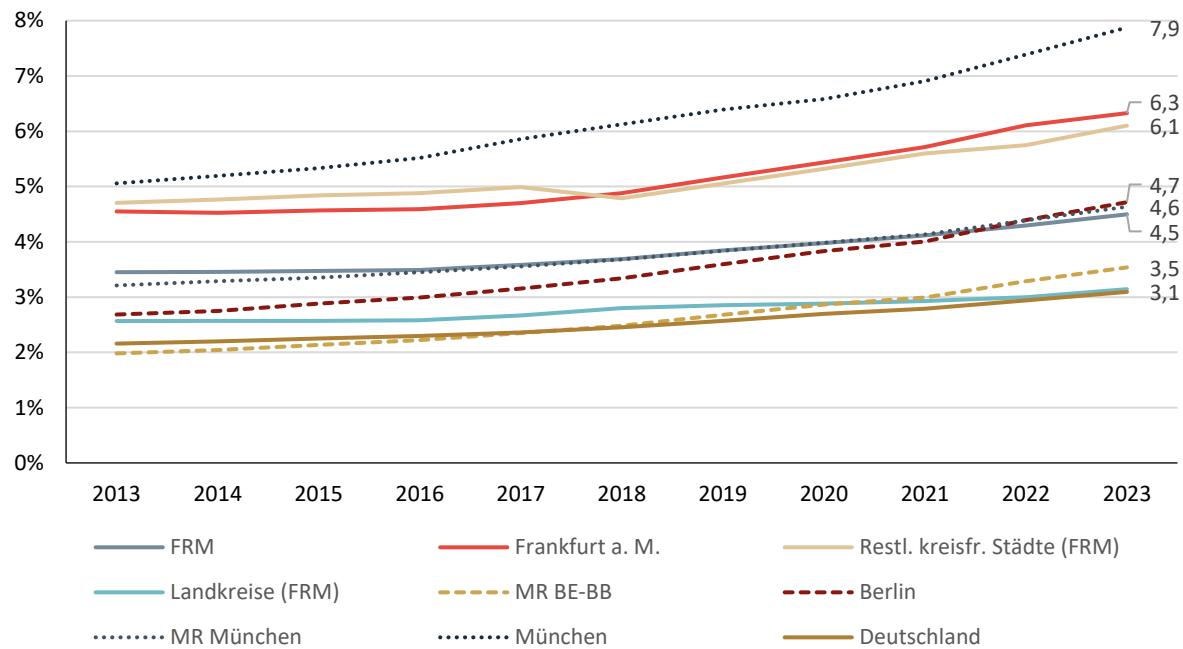
Quelle: Bundesnetzagentur (2024), eigene Darstellung

Als IT-Beschäftigte gelten sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in IT-Berufen (ifo Institut 2024) in Abgrenzung der Klassifikation der Berufe (KlB 2010). Zu diesen Berufen gehören neben hoch komplexen Spezialistentätigkeiten in der IT-Netzwerktechnik oder IT-Administration, die direkt in Rechenzentren arbeiten können, auch Softwareentwickler oder Wirtschaftsinformatiker, die dem digitalen Ökosystem zuzuordnen sind.

FRM kommt auf einen Anteil IT-Beschäftigter von 4,5 Prozent an allen Beschäftigten am Arbeitsort im Jahr 2023 und liegt damit auf einem Level mit der Metropolregion München (4,6 Prozent). Geringer fällt der Anteil in der Metropolregion Berlin-Brandenburg mit 3,5 Prozent aus. Innerhalb FRMs variiert der Anteil stark. Während gerade in den kreisfreien Städten der Anteil höher ist (Frankfurt am Main: 6,3 Prozent, restliche kreisfreie Städte: 6,1 Prozent), fällt der Anteil in den Landkreisen niedriger aus (3,1 Prozent). Die Städte München und Berlin erreichen 4,7 bzw. 7,9 Prozent. Der Bundesdurchschnitt liegt bei 3,1 Prozent. In allen abgebildeten Regionen stieg der Anteil in den letzten zehn Jahren nahezu kontinuierlich an.

Abbildung 4-7: Anteil IT-Beschäftigter

Anteil der Beschäftigten in IT-Berufen an allen sozialversicherungspflichtig Beschäftigten am Arbeitsort in Prozent



MR=Metropolregion, BE-BB=Berlin-Brandenburg

Quelle: Bundesagentur für Arbeit, ifo (2024), eigene Darstellung

Neben strukturellen Faktoren wie dem Anteil der IT-Beschäftigten lässt sich die digitale Standortstärke Frankfurts und der Region auch in der Affinität zu digitalen Technologien auf Unternehmensebene untersuchen. Der von der IW Consult entwickelte Wirtschaft-4.0-Index misst diese digitale Technologieaffinität. Er basiert auf einer systematischen Analyse des Internetauftritts aller deutschen Unternehmen, die eine Website betreiben, unter Verwendung eines semantischen Modells. Dabei werden die Websites nach 29 Wortwolken durchsucht, die für 29 digitale Technologien stehen und mehr als 100 spezifische Begriffe umfassen. Diese Begriffe deuten auf die Nutzung digitaler Technologien, Prozesse, Geschäftsmodelle oder Produkte hin⁹. Insgesamt zeigen sich Frankfurt am Main und die Region als Spitzenreiter beim Wirtschaft-4.0-Index. Unter allen 400 Kreisen und kreisfreien Städten in Deutschland belegt die Stadt Frankfurt am Main Platz 1 mit dem höchsten Wert. FRM kommt im Durchschnitt auf Platz 43 und liegt damit immer noch 30 Prozent über dem bundesweiten Durchschnitt. Nach der Stadt Frankfurt am Main gehören die Stadt Darmstadt, der Main-Taunus-Kreis, die Stadt Offenbach und der Hochtaunuskreis zu den obersten 10 Prozent aller deutschen Kreise in Bezug auf ihre digitale Technologieaffinität gemäß Wirtschaft-4.0-Index.

Ein Blick auf die Einzelergebnisse für sieben Technologien, die in den Wirtschaft4.0-Index eingehen und eine besondere Rolle für die digitale Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft spielen, verdeutlicht die stark überdurchschnittliche Positionierung FRMs. Diese sieben Technologien lauten:

⁹ Die Methodik zur Ermittlung der W4.0-Intensität wird bereits seit 2014 eingesetzt, anfangs als Industrie-4.0-Index im Rahmen des jährlich veröffentlichten Städterankings der IW Consult (IW Consult 2023c). Eine genauere Erläuterung findet sich im Anhang.

- ▶ Cloud Computing
- ▶ Digitale Zwillinge
- ▶ Industrielles Internet / 5G
- ▶ Internet of Things (IoT)
- ▶ Künstliche Intelligenz (KI)
- ▶ Smart Services
- ▶ Virtual Reality / Augmented Reality (VR / AR)

Im Rahmen der Index-Berechnung wird für jede der Technologien ermittelt, ob ein Unternehmen anhand des Internetauftritts als affin für die untersuchte Technologie eingestuft werden kann. Daraufhin kann der Anteil technologieaffiner Unternehmen in einem Kreis berechnet und in Relation zu allen anderen Kreisen gesetzt werden (Tabelle 4-4). Frankfurt am Main belegt bei allen Technologien eine Spitzenposition und gehört zu den obersten 3 Prozent aller Kreise. Gleich bei drei der sieben Technologien belegt Frankfurt am Main sogar den zweiten Platz: Cloud Computing, Internet of Things und Smart Services. Auch die Region FRM schneidet im bundesweiten Vergleich bei allen sieben Technologien sehr gut ab und gehört überall zu den obersten 20 Prozent aller Kreise. Zu den obersten 10 Prozent gehört sie bei der Affinität zu Cloud Computing und IoT.

Die besonders hohe Affinität zu Cloud Computing zeichnet auch den Rechenzentrumsstandort FRM aus. Die Tatsache, dass besonders viele Unternehmen eine Affinität zu Cloud Computing in einer Region von hoher Rechenzentrumsdichte aufweisen, lässt vermuten, dass von den Rechenzentren in der Region Ausstrahlungseffekte in ein digitales Ökosystem wirken. Viele Kanäle sind hier vorstellbar: Ein Imageeffekt, der vom DE-CIX und den Rechenzentren ausgeht, eine bereits etablierte kritische Masse an Digitalunternehmen, die selbst Anziehungskraft entfaltet, die Nähe zu spezialisierten Dienstleistern, die schnell Fehler beheben, die Existenz weiterer hochleistungsfähiger Infrastrukturen wie dem Frankfurter Flughafen mit eigenem Fernbahnhof oder das Bedürfnis einiger Unternehmen, in räumlicher Nähe zu ihren Daten ansässig zu sein. Eine solche physische Nähe zu den Rechenzentren kann in mehreren Perspektiven wie Latenz- oder Datensicherheitsanforderungen eine Rolle spielen, wie die Analyse in Kapitel 5.2 näher aufzeigt.

Auch für die digitale Transformation der Industrie sind Frankfurt am Main und die Region nach dieser Analyse einzelner Technologien gut aufgestellt. Insbesondere digitale Zwillinge, 5G im industriellen Kontext, KI und VR / AR sind Technologien, die dafür eine maßgebliche Rolle spielen. Sie schaffen die Überführung industrieller Prozesse in die digitale Welt (im Sinne des Advanced Systems Engineering) und kreieren damit neue Lösungen und Geschäftsmodelle (acatech et al. 2022). Dementsprechend zeichnen sich solche Technologien durch ein hohes Marktpotenzial aus. Wie die Ergebnisse des Wirtschaft-4.0-Indexes zeigen, kann insbesondere die Stadt Frankfurt am Main hier auf bestehenden Stärken aufbauen. FRM rangiert erkennbar unterhalb der Positionierung der Stadt Frankfurt am Main, im deutschlandweiten Vergleich allerdings immer noch in einem überdurchschnittlichen Bereich.

Tabelle 4-4: Ergebnisse des Wirtschaft-4.0-Index für einzelne Technologien

Die Tabelle zeigt die relative Positionierung von Frankfurt am Main und der Region FRM im bundesweiten Vergleich über 400 Kreise in Bezug auf die Affinität zu einzelnen Technologien gemäß Wirtschaft-4.0-Index.

Technologie	Frankfurt am Main		FRM	
	Rang	Perzentil	Rang	Perzentil
Cloud Computing	2	99,7%	25	94,2%
Digitale Zwillinge	10	97,7%	73	82,1%
Industrielles Internet / 5G	5	99,0%	44	89,5%
Internet der Dinge (IoT)	2	99,7%	30	92,9%
Künstliche Intelligenz (KI)	7	98,5%	44	89,4%
Smart Services	2	99,7%	48	88,4%
Virtual Reality / Augmented Reality (VR / AR)	4	99,2%	65	84,0%

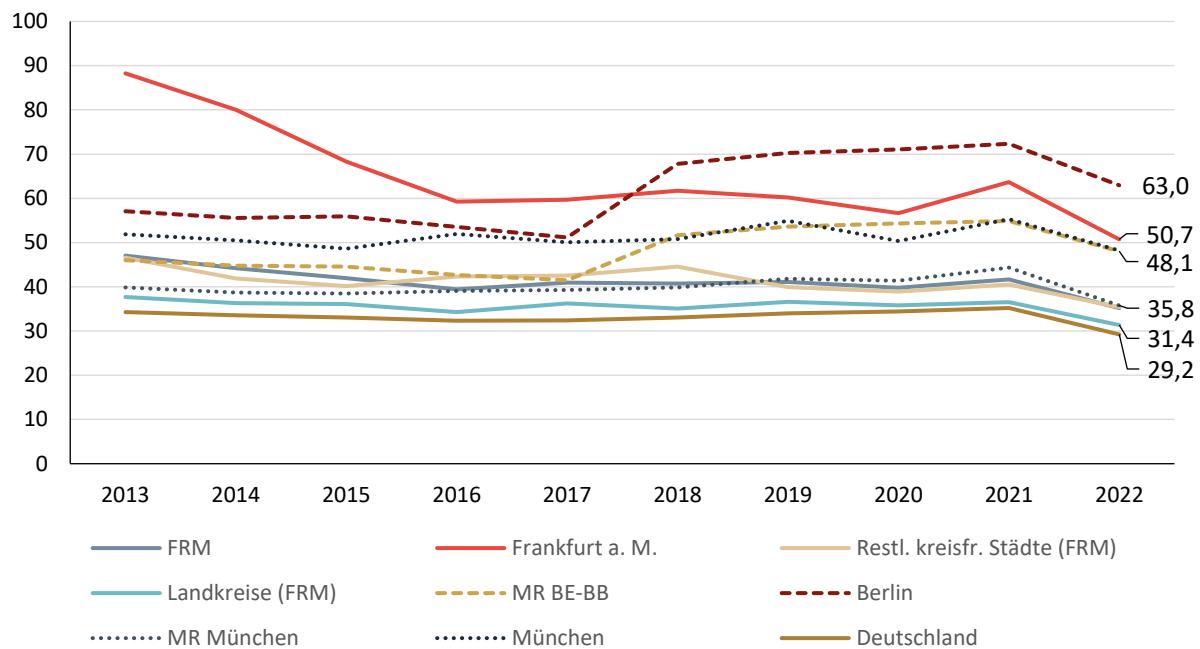
Quelle: beDirect, eigene Berechnungen

In FRM wurden im Jahr 2023 35,2 Gründungen je 10.000 Erwerbsfähige (18- bis unter 65-Jährige) erfasst. Das ist bundesweit eine überdurchschnittliche Ausprägung, aber weniger als in den Metropolregionen Berlin-Brandenburg (48,1) und München (35,8). Zurückzuführen ist das auf ein heterogenes Abschneiden innerhalb FRMs. In Frankfurt am Main wurden 50,7 Gründungen je 10.000 Erwerbsfähige registriert, in den restlichen kreisfreien Städten 35,4 und in den Landkreisen 31,4 Gründungen je 10.000 Erwerbsfähige.

Besonders auffällig sind zwei zeitliche Aspekte: Erstens ließ die Gründungsintensität bundesweit seit 2013 um etwa ein Viertel nach. Von 2021 auf 2022 war der Rückgang besonders stark. Zweitens gab es regional unterschiedliche Entwicklungen. In Frankfurt am Main gab es von 2012 auf 2013 einen sehr deutlichen Anstieg der Gründungen. Ab 2013 war das Gründungsgeschehen jedoch wieder größtenteils rückläufig. Nach 2017 wurde ein Anstieg der Gründungen in der Metropolregion Berlin-Brandenburg verzeichnet. Die Bundeshauptstadt Berlin liegt 2022 mit einer Gründungsintensität von 63,0 vor Frankfurt am Main. München erreicht eine Gründungsintensität von 48,2.

Abbildung 4-8: Gründungsintensität

Gründungen je 10.000 Erwerbsfähige



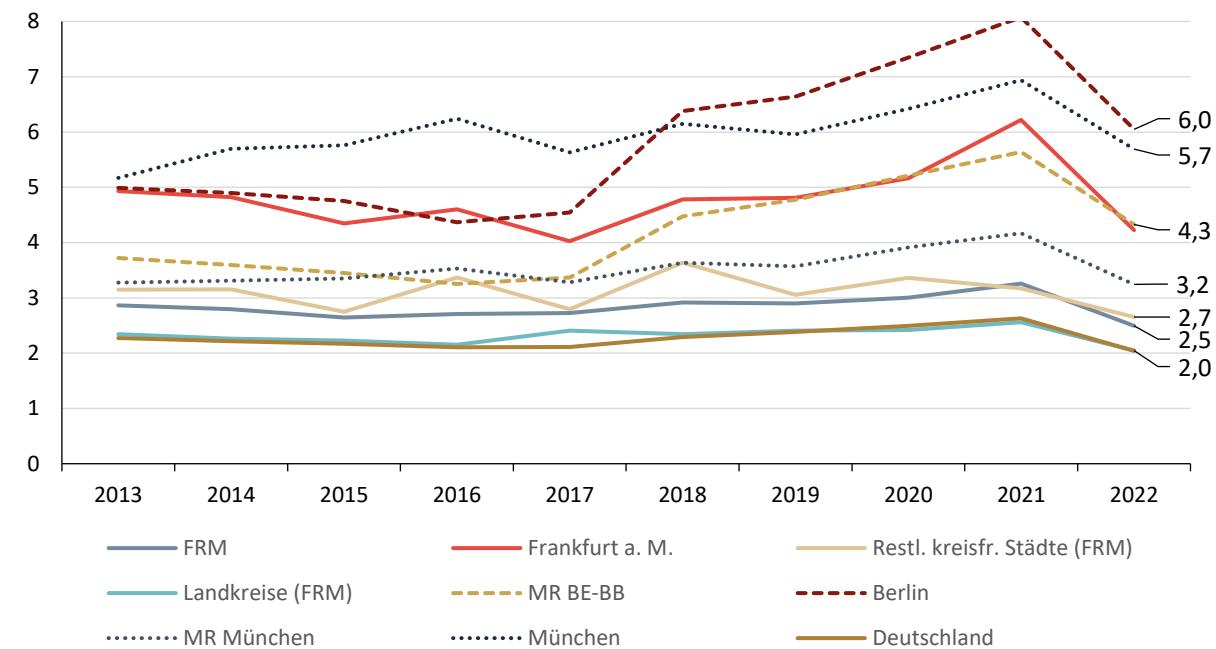
MR=Metropolregion, BE-BB=Berlin-Brandenburg

Quelle: ZEW (2024), eigene Darstellung

High-Tech-Gründungen machen etwa sieben Prozent aller Gründungen aus. Zu den High-Tech-Gründungen zählen forschungsintensive Industrien (Spitzentechnik und hochwertige Technik) und technologieorientierte Dienstleistungen (Software und sonstige technologieorientierte Dienstleistungen). Bei den High-Tech-Gründungen zeigt sich ein ähnliches Muster wie bei der generellen Gründungsintensität. Für FRM wurden 2,5 Gründungen je 10.000 Erwerbsfähige ermittelt. Der Wert liegt etwa 25 Prozent höher als der Bundesdurchschnitt. In der Metropolregion Berlin-Brandenburg sind es 4,3 Gründungen je 10.000 Erwerbsfähige (Stadt Berlin: 6,0). Die Metropolregion München erreicht 3,2 Gründungen (Stadt München: 5,7). Aus FRM kann nur die Stadt Frankfurt am Main mit der Metropolregion Berlin-Brandenburg mithalten. Frankfurt am Main kommt auf 4,2 Gründungen.

Abbildung 4-9: High-Tech-Gründungsintensität

High-Tech-Gründungen je 10.000 Erwerbsfähige



MR=Metropolregion, BE-BB=Berlin-Brandenburg

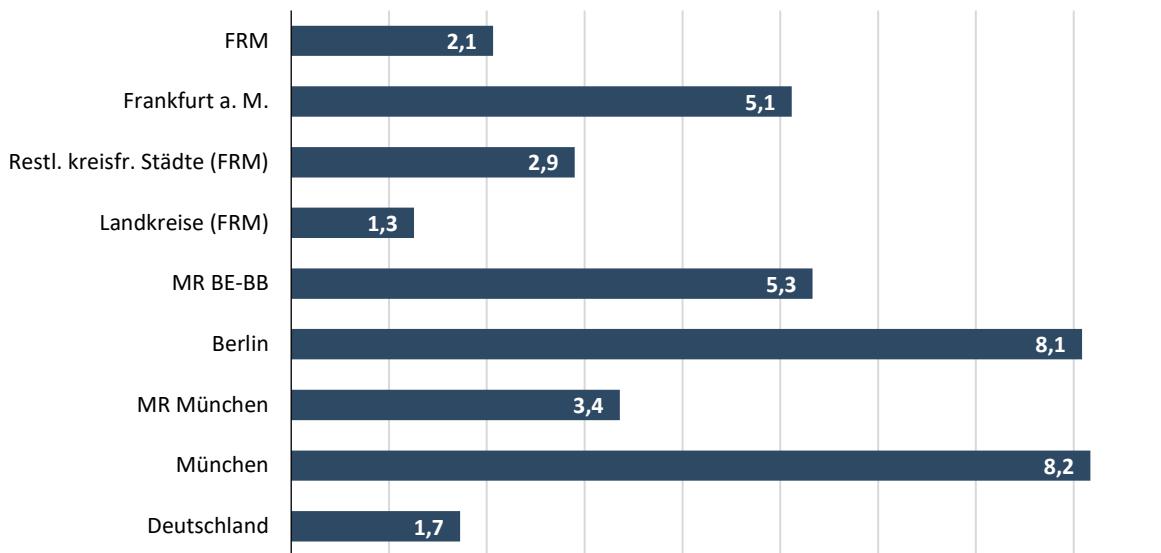
Quelle: ZEW (2024), eigene Darstellung

Eine hohe Dichte aktiver digitaler Startups ist ein weiteres Zeichen für ein dynamisches und innovatives Umfeld. Als digital werden Startups in den Bereichen SaaS (Software as a Service), Plattformen und E-Commerce gewertet. Diese Unternehmen profitieren von der Präsenz leistungsfähiger IT-Infrastrukturen, die sie benötigen, um ihre digitalen Dienste zuverlässig und skalierbar anzubieten. Ihre Anwesenheit deutet darauf hin, dass eine Region ein attraktives Umfeld für digitale Geschäftsmodelle bietet. Solche Startups können die Vernetzung fördern und somit auch den technologischen Fortschritt und die digitale Wirtschaft der Region insgesamt beeinflussen.

In FRM entfallen auf 10.000 Einwohner 2,1 aktive digitale Startups im Jahr 2024. Der Bundesdurchschnitt liegt bei 1,7. In der Metropolregion Berlin-Brandenburg sind es 5,3 aktive digitale Startups, in der Metropolregion München 3,4. Die Stadt Frankfurt am Main setzt sich innerhalb FRMs mit einem Wert von 5,1 deutlich von den restlichen drei kreisfreien Städten (2,9) und den Landkreisen FRMs ab (1,3). Berlin (8,1) und München (8,2) weisen eine höhere Dichte als Frankfurt am Main auf.

Abbildung 4-10: Digitale Startup-Dichte

Aktive digitale Startups je 10.000 Einwohner, Juni 2024



MR=Metropolregion, BE-BB=Berlin-Brandenburg

Digital: SaaS / Plattform / E-Commerce; Einbezogen werden nur aktive Startups, die ab Juli 2014 gegründet wurden.

Quelle: startupdetector GmbH (2024), eigene Darstellung

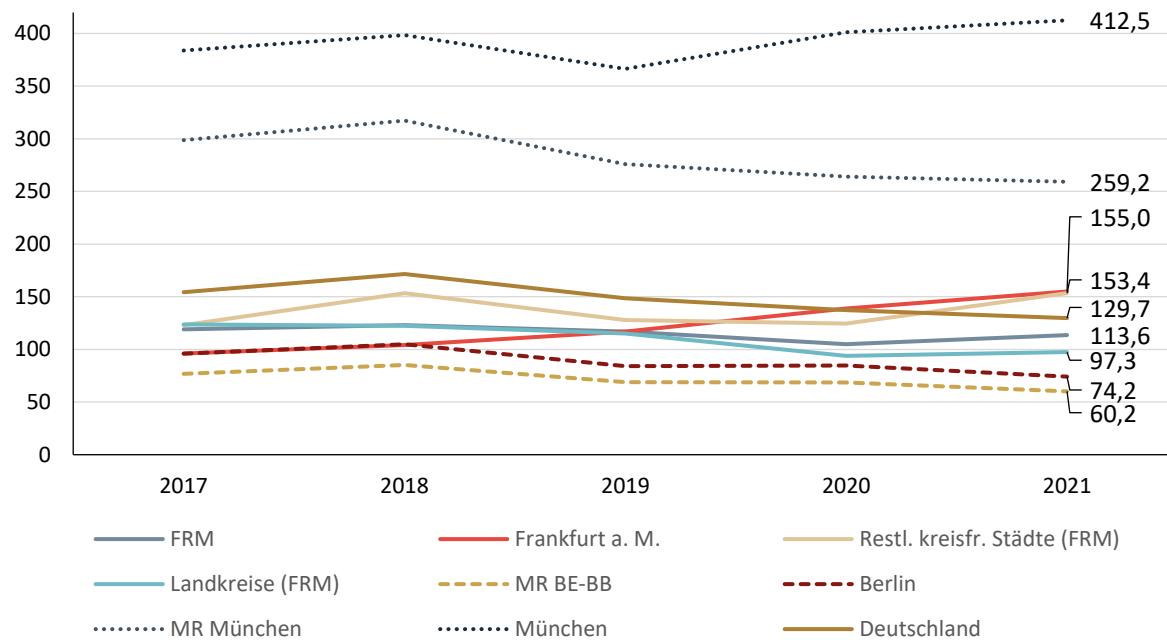
Patente sind das Resultat erfolgreicher Forschung und Entwicklung, denn Unternehmen versprechen sich damit den Schutz marktreifer Produkte und Dienstleistungen. Patentanmeldungen zeugen also von intensivem Forschungs- und Engagementsengagement in einer Region. Um das regionale Know-how, das zu diesen Anmeldungen führt, einzuschätzen, sind besonders die Patentanmeldungen am Erfindersitz geeignet. So kann es zum Beispiel der Fall sein, dass ein Patent zwar in einem Headquarter in Berlin angemeldet wird, der Erfinder aber in einer Niederlassung in Frankfurt am Main sitzt. Bei der Aggregation nach dem Erfindersitz würde dieses Patent dann Frankfurt am Main zugeordnet werden. Für die Patentanalyse wird auf die IW-Patentdatenbank zurückgegriffen. Diese wertet Patentanmeldungen mit Schutzwirkung für Deutschland aus (z.B. beim Deutschen Patent- und Markenamt). Aufgrund von Offenlegungsfristen bei Patentanmeldungen liegt das aktuelle Jahr 2021 eines vollständigen Patentjahrgangs mehrere Jahre zurück.

In FRM kommen auf 100.000 Beschäftigte am Wohnort 113,6 Patentanmeldungen am Erfindersitz im Jahr 2021. Der Bundesdurchschnitt liegt bei 129,7. In der Metropolregion Berlin-Brandenburg entfallen auf 100.000 Beschäftigte am Wohnort lediglich 60,2 Patentanmeldungen am Erfindersitz (Stadt Berlin: 74,2). Die Metropolregion München ist weit entteilt und erreicht einen Wert von 259,2 (Stadt München: 412,5). Die Stadt Frankfurt am Main und die restlichen kreisfreien Städte liegen etwa gleichauf (155,0 vs. 153,4), während die Landkreise FRMs auf 97,3 Anmeldungen je 100.000 Beschäftigte kommen.

Das Patentgeschehen ist sowohl bundesweit als auch in den betrachteten Metropolregionen seit einigen Jahren rückläufig. Innovationsprozesse werden in Deutschland nach Einschätzung der Unternehmen durch die schwachen Rahmenbedingungen wie etwa hohen Steuern gehemmt (IW 2024b).

Abbildung 4-11: Patentanmeldungen am Erfindersitz

Patentanmeldungen am Erfindersitz je 100.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte am Wohnort (SvB WO)



MR=Metropolregion, BE-BB=Berlin-Brandenburg

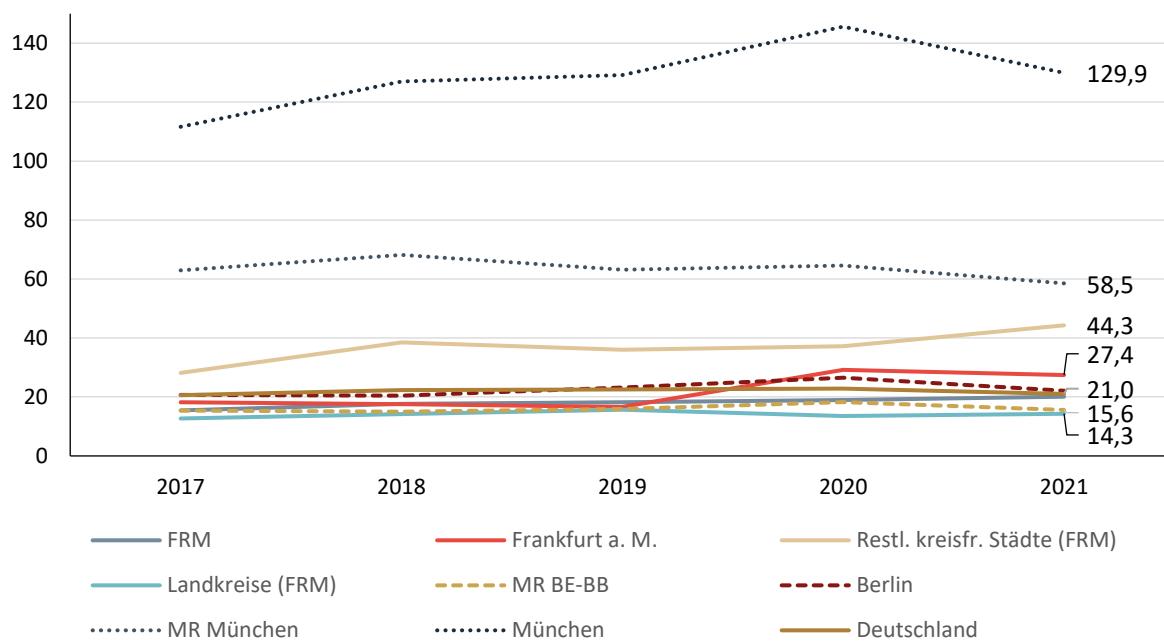
Quelle: IW-Patentdatenbank (2024)

Bei Patentanmeldungen mit Digitalisierungsbezug erreicht FRM einen Wert von 20,1 Anmeldungen je 100.000 Beschäftigte am Wohnort im Jahr 2021. Der Bundesdurchschnitt liegt bei 21,0. Die Metropolregion Berlin-Brandenburg befindet sich ebenfalls unter dem Bundesdurchschnitt mit einer Ausprägung von 15,6 (Stadt Berlin: 22,1). Weit absetzen kann sich erneut die Metropolregion München mit 58,5 Patentanmeldungen je 100.000 Beschäftigte am Wohnort (Stadt München: 129,9). Die Stadt Frankfurt am Main kommt auf einen Wert von 27,4. Die höchste Digitalisierungsaffinität im Patentgeschehen innerhalb FRMs haben die drei restlichen kreisfreien Städte Darmstadt, Wiesbaden und Offenbach mit 44,3 Anmeldungen je 100.000 Beschäftigte am Wohnort. In den Landkreisen ist die Patentaktivität niedriger (14,3).

Bundesweit stagniert das Patentgeschehen bei den Anmeldungen mit Digitalisierungsbezug im betrachteten Zeitraum. In Frankfurt am Main und den drei weiteren kreisfreien Städten FRMs gab es zwischen 2019 und 2020 bzw. 2020 und 2021 einen Anstieg. In der Metropolregion München sind die Anmeldungen zwischen 2018 und 2021 hingegen rückläufig.

Abbildung 4-12: Digitalisierungs-Patentanmeldungen am Erfindersitz

Digitalisierungs-Patentanmeldungen am Erfindersitz je 100.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte am Wohnort (SvB WO)



MR=Metropolregion, BE-BB=Berlin-Brandenburg

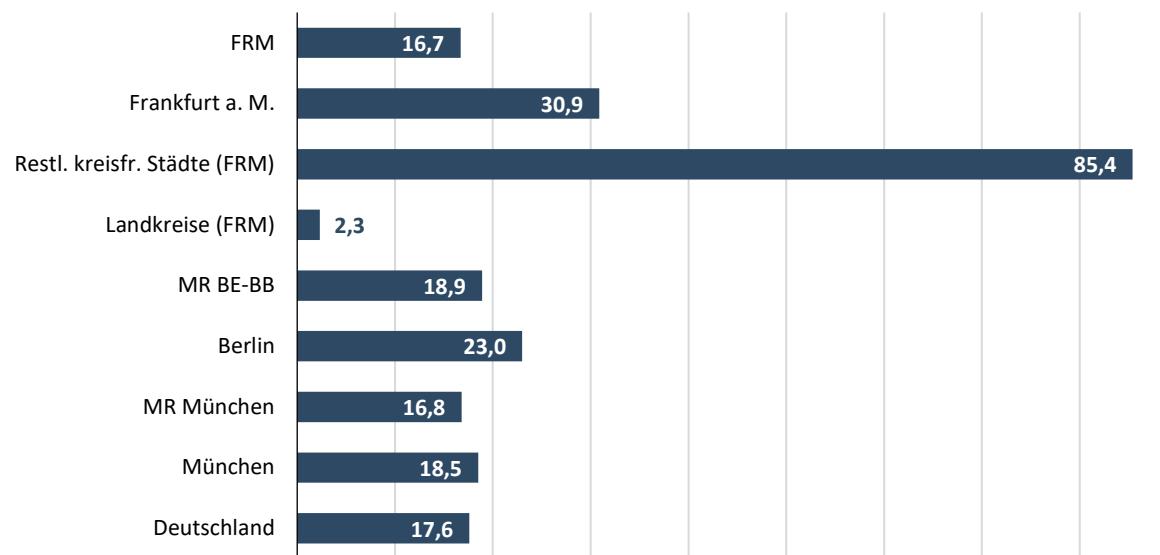
Quelle: IW-Patentdatenbank (2024)

Forschungseinrichtungen sind essenziell für die Förderung eines innovativen Umfelds einer Region. Sie treiben Grundlagenforschung voran und entwickeln neue Technologien, die auch in Rechenzentren oder Unternehmen, die auf Rechenzentren angewiesen sind, Anwendung finden können. Diese Einrichtungen sind oft eng mit Industriepartnern vernetzt, was den Wissenstransfer und die praktische Umsetzung von Forschungsergebnissen in marktfähige Lösungen begünstigt. Forschungseinrichtungen tragen auch durch die Ausbildung von Fachkräften und die Bereitstellung von Innovationsplattformen maßgeblich zur Stärkung des technologischen Ökosystems bei. Die Präsenz in einer Region signalisiert eine hohe Konzentration an Expertise und Innovationspotenzial, was wiederum ein Grund für die Ansiedlung von Unternehmen sein kann. Für diese Studie werden Forschungseinrichtungen mit Informatikbezug aus der Datenbank GERiT (German Research Institutions) der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) verwendet. Dort sind über 32.000 Forschungseinrichtungen in Deutschland hinterlegt. Dazu zählen sowohl Lehrstühle und Fachgebiete an Universitäten und Hochschulen als auch Einrichtungen in Fraunhofer-, Max-Planck-, Leibniz- oder Helmholtz-Instituten.

Auf eine Millionen Einwohner in FRM konnten nach diesem Vorgehen 16,7 Forschungseinrichtungen mit Informatikbezug in FRM ermittelt werden (August 2024). Der Bundesdurchschnitt liegt bei 17,6. In den Metropolregionen Berlin-Brandenburg (18,9) und München (16,8) liegen die Werte etwas höher. Die Städte Berlin und München kommen auf Ausprägungen von 23,0 bzw. 18,5. Innerhalb FRMs gibt es ein klares Gefälle zwischen Landkreisen (2,3) und den kreisfreien Städten. Frankfurt am Main weist 30,9 und die restlichen kreisfreien Städte 85,4 Einrichtungen je eine Million Einwohner auf. Von den 50 Einrichtungen (absolute Anzahl) der restlichen kreisfreien Städte entfallen 49 auf Darmstadt. Das sind mehr als doppelt so viele Einrichtungen wie in Frankfurt am Main (24 absolut).

Abbildung 4-13: Forschungseinrichtungen mit Informatikbezug

Forschungseinrichtungen mit Informatikbezug je eine Millionen Einwohner



MR=Metropolregion, BE-BB=Berlin-Brandenburg

Quelle: GERiT, eigene Berechnungen (2024)

4.2.3 Wirtschaftsstrukturelle Potenziale

Die Region FRM allgemein und die Stadt Frankfurt am Main im Speziellen zeichnen sich durch ein starkes digitales Innovationsökosystem, sowie eine ausgeprägte Beschäftigung in wissensintensiven Dienstleistungen aus, wie im vorherigen Kapitel dargelegt wurde. Das Konzept der verwandten Vielfalt beschreibt Potenziale, die zur Stärkung der wirtschaftsstrukturellen Resilienz eines Standortes beitragen können (Aarstad et al. 2016; Broekel et al. 2017; IW Consult 2024d). Große Innovations- und somit Wertschöpfungspotenziale entstehen in einer Wirtschaft, die durch verwandte Vielfalt (Related Variety) geprägt ist. Hier arbeiten Unternehmen zusammen, die eine Wissens- und Technologiegrundlage teilen und so von Wissenstransfers und Spillover-Effekten profitieren und an technologischen Rändern innovieren können. In einer durch verwandte Vielfalt gekennzeichneten Wirtschaftsstruktur besteht ein optimaler Grad an Diversifizierung. Während monostrukturierte Regionen bei Strukturkrisen Risiken ausgesetzt sind (wie einst die Glasindustrie in Oberfranken oder die Textilindustrie in Rheinland-Pfalz), entstehen in zufällig diversifizierten Wirtschaftsstrukturen wenig Innovationsimpulse zwischen Unternehmen und dementsprechend auch keine Ausstrahlungseffekte. In einem resilienten Innovationsökosystem sind dagegen branchenverwandte Unternehmen ansässig, sodass eine optimale Diversifizierungsstruktur bei gleichzeitig positiven Innovations-Spillover-Effekten zwischen den Unternehmen – räumliche Ausstrahlungseffekte, bei denen Unternehmen von den jeweils anderen Innovationsaktivitäten zusätzlich profitieren – realisiert werden.

Das Ausloten technologischer Ränder zwischen verwandten Branchen ist besonders vielversprechend, um radikale und wertschöpfungsstarke Innovationen zu kreieren. Ein wesentlicher Treiber für Innovation, vor allem im industriellen Kontext, ist kollaborative Forschung und Entwicklung (FuE). Diese gewinnt besonders an Wert, wenn gemeinsame Projekte auf verwandter Vielfalt aufbauen. Dies liegt daran, dass die Zusammenarbeit zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen in verwandten Bereichen die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass Innovationen und damit neue Technologien entstehen, die für alle beteiligten Parteien relevant und nützlich sind. Die gezielte Förderung solcher kollaborativen Projekte kann somit die Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit von Regionen und Unternehmen erheblich steigern. Untersuchungen bestätigen, dass Regionen, die auf eine ausgewogene Mischung aus Spezialisierung und verwandter Vielfalt setzen, besser in der Lage sind, technologische Durchbrüche zu erzielen und langfristiges Wachstum zu sichern.

Insofern kann die Förderung von Bestandsunternehmen und die Ansiedlung neuer Unternehmen und Forschungseinrichtungen, die auf den bisherigen Stärken eines Standorts in technologisch verwandten Bereichen mit Synergiepotenzialen aufbauen, zu Innovation, Wettbewerbsfähigkeit und Resilienz beitragen. Wie aus verschiedenen Analysen hervorgeht, befinden sich viele technologische Ränder mit hoher Nähe zueinander an der Schnittstelle zwischen Digitalunternehmen und Industrie (IW Consult 2024d; acatech et al. 2022). So bieten beispielsweise Cloud Computing, KI, Internet of Things, digitale Zwillinge und 5G viele Möglichkeiten, industrielle Hardware mit Software im Sinne des Advanced Systems Engineering (ASE) zu neuen Lösungen zu verbinden. Das kann neue Produkte und Leistungen beinhalten, die Unternehmen vermarkten oder auch industrielle Fertigungsprozesse vereinfachen. Aufgrund seiner ausgeprägten Stärke in Digitaltechnologien (s. Kapitel 4.2.2) bieten sich hier insbesondere für die Stadt Frankfurt am Main große Potenziale.

Allerdings ist es nicht nur entscheidend, miteinander in Verbindung stehende Branchen im Sinne von Cross-Innovationspotenzialen zu fördern, um Resilienz und Wettbewerbsfähigkeit zu steigern, sondern auch innerhalb von Branchen gezielt auf die Ansiedlung innovationsstarker und erfolgreicher Unternehmen zu achten. So zeigt eine Untersuchung unternehmerischer Erfolgskennziffern in den fünf größten Städten Deutschlands (Berlin, Hamburg, München, Köln, Frankfurt am Main) deutlich größere Unterschiede zwischen Unternehmen innerhalb einer Branche als zwischen Branchen (IW Consult

2024d)¹⁰ Im Durchschnitt liegen zwischen dem 10. und 90. Perzentil innerhalb einer Branche 23 Prozentpunkte Unterschied in der Umsatzrendite. Das heißt: Ein Unternehmen, das gerade zu den erfolgreichsten 10 Prozent seiner Branche gehört, erzielt eine um 23 Prozentpunkte höhere Umsatzrendite als ein Unternehmen, das gerade in die Gruppe der am wenigsten erfolgreichen 10 Prozent fällt. Im Mittel fallen Unterschiede in der Umsatzrendite zwischen Branchen hingegen wesentlich geringer aus. Zwischen der renditenstärksten und -schwächsten Branche liegen im Mittel 6 Prozentpunkte Unterschied, weniger als ein Drittel des Unterschieds innerhalb von Branchen. Ähnliches gilt auch für andere Indikatoren unternehmerischen Erfolgs, wie dem Umsatz- oder Gewinnwachstum.

Unternehmerischer Erfolg ist nicht nur in sich selbst ein wesentlicher Treiber von Wertschöpfung und Resilienz eines Standorts, sondern spiegelt auch Innovationskraft wider. Der enge Zusammenhang zwischen Innovationskraft und unternehmerischem Erfolg ist beidseitig bedingt: So schlägt sich erfolgreiche Innovation zum einen in neuen Produkten und Leistungen, Durchsetzung am Markt und höheren Umsätzen und Gewinnen nieder und zum anderen verschafft größerer Unternehmenserfolg die finanziellen Spielräume, in Innovationsaktivitäten zu investieren (IW Consult 2023b). Ein Best-in-Class Ansatz, der unter Berücksichtigung verwandter Branchenvielfalt Unternehmen innerhalb von Branchen im Hinblick auf ihre Performance identifiziert, auswählt und fördert, stellt also einen wichtigen Hebel dar, Unternehmenserfolg und damit Innovationskraft und Resilienz am Standort positiv zu beeinflussen.

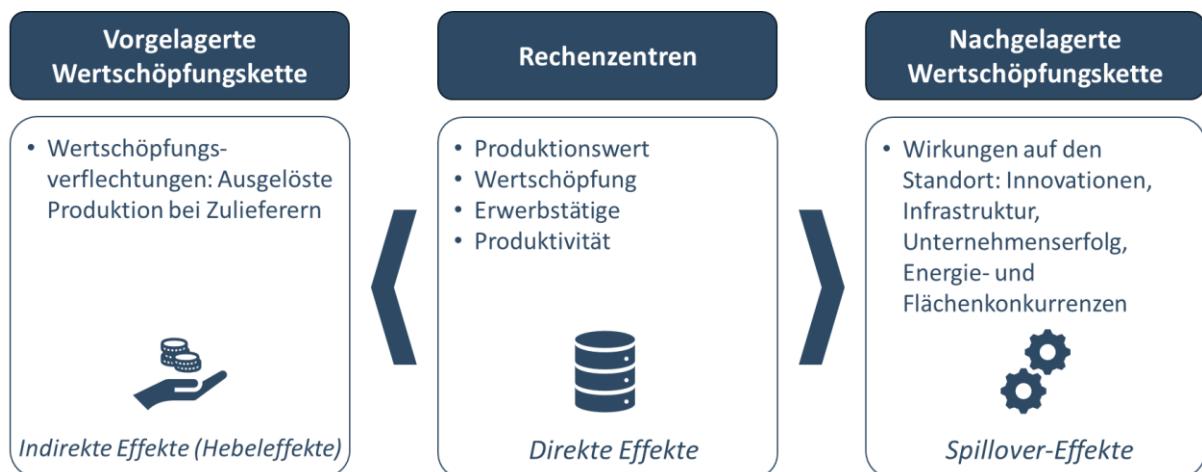
¹⁰ Diese Untersuchung beinhaltete die Analyse der Unternehmensdatenbanken Northdata und beDirect, die für die fünf Städte über 100.000 Unternehmen enthielten.

5 Ökonomische Wirkungszusammenhänge der Rechenzentrumsbranche

Die Ermittlung der ökonomischen Bedeutung von Rechenzentren in FRM sowie die Identifikation von Wirkungszusammenhängen zwischen Rechenzentren und relevanten ökonomischen Indikatoren wie dem Wirtschaftswachstum sind zentrale Untersuchungsgegenstände der vorliegenden Studie. Hierzu wird ein sequenzielles Vorgehen entlang der Wertschöpfungskette von Rechenzentren gewählt. Das Vorgehen wurde mit dem Anspruch einer ganzheitlichen Analyse der Verflechtungen von Rechenzentren mit der regionalen Wirtschaft gewählt. Es wird in Abbildung 5-1 skizziert und im Folgenden beschrieben.

Abbildung 5-1: Wertschöpfungskette

Darstellung der Effekte der Rechenzentren entlang ihrer Wertschöpfungskette



Quelle: eigene Darstellung

Unternehmen und Branchen generieren entlang ihrer Wertschöpfungskette Effekte, die sich zunächst in der vorgelagerten Wertschöpfungskette manifestieren und die sich nach direkten und indirekten Effekten differenzieren lassen. Direkte Effekte beziehen sich auf die unmittelbaren wirtschaftlichen Aktivitäten der Rechenzentrumsbranche in FRM und umfassen etwa die Schaffung von Arbeitsplätzen oder die Erbringung einer wirtschaftlichen Leistung in Form der Bruttowertschöpfung. Indirekte Effekte entstehen durch die Nachfrage nach Vorleistungen und Dienstleistungen wie z.B. Energie- und Kühlungstechnologien, die für den Bau (Investitionseffekte) und Betrieb (Betriebsphaseneffekte) von Rechenzentren notwendig sind. Zur Quantifizierung dieser Effekte wird die Methodik der Input-Output-Analyse gewählt (mehr Information siehe Anhang). Neben den ökonomischen Effekten in der vorgelagerten Wertschöpfungskette lassen sich auch sogenannte Spillover-Effekte von Unternehmen und Branchen empirisch bestimmen. Darunter werden standortbezogene Vor- und Nachteile subsummiert, die in der Region aufgrund der angesiedelten Rechenzentren anfallen. Im Gegensatz zu den bereits beschriebenen direkten und indirekten Effekten werden die Spillover-Effekte tendenziell in der nachgelagerten Wertschöpfungskette der Rechenzentren sowohl makro- als auch mikroökonomisch wirksam. Zur Quantifizierung wird zunächst auf aggregierter Ebene untersucht, welche Zusammenhänge

auf Ebene der 400 Gebietskörperschaften (Kreise und kreisfreie Städte) für Deutschland und die Region FRM zwischen der Rechenzentrumsbranche und ökonomischen Indikatoren wie dem Bruttoinlandsprodukt (BIP) historisch zu beobachten sind. Zum Beispiel ist es denkbar, dass die Präsenz von Rechenzentren andere technologieorientierte Unternehmen und Startups anzieht, was die Bildung von Technologieclustern fördern und regionale Wirtschaftskreisläufe stärken könnte (positiver Spillover-Effekt). Auf der anderen Seite könnte der hohe Energie- und Flächenverbrauch einer wachsenden Rechenzentrumsbranche zu einer Verdrängung anderer Unternehmen mit hoher Wertschöpfung führen (negativer Spillover-Effekt).

Zur Kontextualisierung und Plausibilisierung der Ergebnisse der makroökonomischen Perspektive wird der Fokus im Rahmen der Spillover-Analyse sukzessive geschärft. Zum einen wird im Rahmen einer standardisierten Primärdatenerhebung die Perspektive von in FRM ansässigen Unternehmen rund um den Themenkomplex Rechenzentrum erhoben. Zum anderen werden die regionalökonomischen Wirkungskanäle von Rechenzentren im Rahmen der Experteninterviews diskutiert und Ergebnisse eingeordnet. Die beiden Ansätze ergänzen sich gut, da mit Rechenzentrumsbetreibern, potenziellen Rechenzentrumskunden und externen Fachexperten zentrale Stakeholdergruppen befragt werden.

Die Analysen der ökonomischen Wirkungszusammenhänge haben das Ziel, die wirtschaftlichen Verflechtungen von Rechenzentren mit der regionalen Wirtschaft FRMs aus ganzheitlicher Sichtweise zu untersuchen. Hierzu werden zunächst alle in FRM ansässigen Rechenzentren aggregiert betrachtet und deren ökonomischer Fußabdruck in FRM (Kapitel 5.1) sowie deren Zusammenhang mit relevanten Wirtschaftsindikatoren von FRM (Kapitel 5.2.1) analysiert. Diese aggregierte regionalökonomische Kreisbetrachtung fokussiert damit aggregierte Zusammenhänge und lässt Individualperspektiven naturgemäß außen vor. Individualperspektiven von regionalen Unternehmen und Rechenzentrumsexperten werden gesondert im abschließenden Unterkapitel 5.2.2 dieses Studienabschnittes betrachtet. Ein individuelles Stärken-Schwächen-Profil der eingesetzten Methoden zur Bestimmung der ökonomischen Wirkungszusammenhänge in FRM findet sich zu Beginn der folgenden Unterkapitel.

5.1 Beschäftigungs- und Wertschöpfungseffekte

Kernergebnisse im Überblick

- ▶ Die Rechenzentrumsbranche beschäftigte im Jahr 2023 in der gesamten Region FRM rund 2.900 Arbeitskräfte (0,1 Prozent der Erwerbstätigkeit in FRM) und trug mit 1,25 Milliarden Euro (0,5 Prozent) zum Bruttoinlandsprodukt der Region bei. Der Produktionswert der erbrachten Leistungen, der sich aus dem BIP-Beitrag und den bezogenen Vorleistungen zusammensetzt und in etwa dem Umsatz der Branche entspricht, betrug 2,04 Milliarden Euro (0,4 Prozent).
- ▶ Mit 937 Millionen Euro entfallen 75 Prozent des BIP-Beitrags der Rechenzentrumsbranche auf die Finanzmetropole Frankfurt am Main, weitere 16 Prozent werden in anderen Städten der Region erwirtschaftet, und lediglich 9 Prozent in den Landkreisen der Region.
- ▶ Eine Besonderheit der Rechenzentrumsbranche ist ihre hohe Produktivität, sprich ihr hohes Verhältnis von BIP zu Erwerbstätigen.
- ▶ Für jeden Euro Produktionswert werden durch die Vorleistungskäufe der Rechenzentren weitere 51 Cent an Produktion angestoßen. Diese verteilen sich zu 46 Prozent auf FRM (23 Cent) und zu 54 Prozent auf das restliche Deutschland (28 Cent).
- ▶ Die Hebelwirkung der Rechenzentrumsbranche ist damit vergleichsweise gering. Dies liegt daran, dass Rechenzentren investitionsintensiv sind, Vorleistungen in der Betriebsphase fallen daher geringer aus. Strom stellt den größten Posten unter den Vorleistungen der Betriebsphase dar und wird im Vergleich zu anderen Vorleistungen häufiger lokal bezogen.
- ▶ Insgesamt war die Rechenzentrumsbranche in FRM im Jahr 2023 neben dem eigenen Produktionswert für weitere 481 Millionen Euro an regionaler Produktion verantwortlich. Der dadurch gesicherte BIP-Beitrag belief sich auf 1,48 Milliarden Euro, davon 227 Millionen Euro indirekt durch Vorleistungsbezüge.
- ▶ Neben den direkt in Rechenzentren Beschäftigten sind etwa 1.100 Menschen deutschlandweit in den Vorleistungsbetrieben von Rechenzentren beschäftigt.
- ▶ Die Rechenzentrumsbranche verursacht in FRM insgesamt Steuern in Höhe von 405 Mio. Euro (0,6 Prozent des regionalen Steueraufkommens). Damit ist sie eine im Verhältnis zur Beschäftigung steuerintensive Branche. Nur rund 10 Prozent (39,1 Millionen Euro) des Steueraufkommens verbleiben in den Kommunen FRMs. Mit gut 42 Prozent (171 Millionen Euro) fließt der größte Teil an den Bund, das Land Hessen erhält knapp 26 Prozent (104 Millionen Euro) der Steuereinnahmen.

In diesem Kapitel wird der ökonomische Impact der Rechenzentren in FRM untersucht. Zunächst werden im Kapitel 5.1.1 die wirtschaftlichen Kennzahlen der Rechenzentrumsbranche in FRM berechnet und im Vergleich zu anderen Branchen der Region analysiert. Dieser direkte Effekt zeigt auf, wie stark die Rechenzentren zur regionalen Wirtschaft beitragen. Darüber hinaus entsteht in FRM auch wirtschaftliche Aktivität durch Vorleistungen, die Rechenzentren aus der Region beziehen. Diese indirekten Hebeleffekte auf die vorgelagerte Wertschöpfungskette lassen sich sowohl für die Betriebsphase der Rechenzentren als auch für die Investitionsphase, in der neue Rechenzentren errichtet werden, berechnen (siehe Kapitel 5.1.2). Zusätzlich profitiert die Region FRM von den durch die Rechenzentren generierten Steuereinnahmen, die als fiskalische Effekte im Kapitel 5.1.3 analysiert werden.

5.1.1 Ökonomischer Fußabdruck der RZ-Branche

Um die ökonomischen Kennzahlen der Rechenzentrumsbranche in FRM im Verhältnis zur gesamten regionalen Wirtschaft zu bewerten, wird die Branche auf Basis der Daten für das Jahr 2023 untersucht, da für dieses Jahr aktuelle statistische Zahlen vorliegen¹¹. Die in Kapitel 5.1 analysierte Rechenzentrumsbranche umfasst somit die Summe der in Kapitel 4.10 erfassten Rechenzentren, die im Jahr 2023 bereits in Betrieb waren. Dies betrifft insgesamt 67 Rechenzentren mit einer Gesamtkapazität von 1.023 MW.

Abbildung 5-2: Kennzahlen der Rechenzentrumsbranche

Kennzahlen der Branche in FRM im Jahr 2023



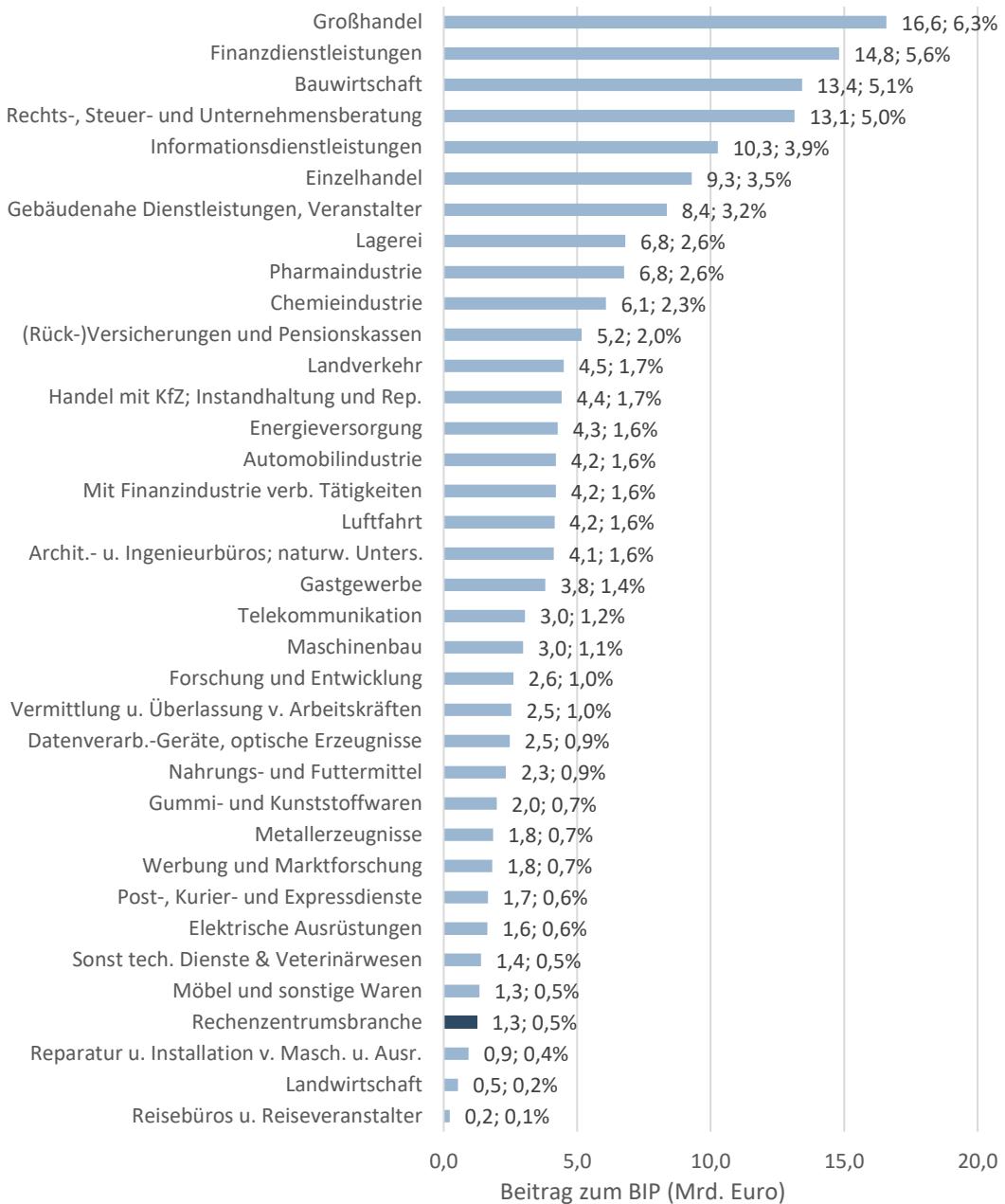
Quelle: Input-Output-Modell der IW Consult (s. Anhang), eigene Darstellung

Die auf diese Weise definierte Rechenzentrumsbranche beschäftigte im Jahr 2023 in der gesamten Region FRM rund 2.900 Arbeitskräfte und trug mit 1,25 Milliarden Euro zum Bruttoinlandsprodukt der Region bei (siehe Abbildung 5-2). Der Produktionswert der erbrachten Leistungen, der sich aus dem BIP-Beitrag und den bezogenen Vorleistungen zusammensetzt und in etwa dem Umsatz der Branche entspricht, betrug 2,04 Milliarden Euro. Damit hat die Rechenzentrumsbranche, je nach betrachteter Kennzahl, einen Anteil an der regionalen Wirtschaft von 0,1 Prozent (gemessen an den Arbeitsplätzen), 0,4 Prozent (gemessen am Produktionswert) bzw. 0,5 Prozent (gemessen am BIP-Beitrag). Im Vergleich zu anderen Branchen in der Region liegt der Beitrag der Rechenzentren zur regionalen Wirtschaft damit ähnlich hoch wie etwa der der Herstellung Elektrischer Ausrüstung (WZ 27).

¹¹ Hinweis: Die Angaben in Kapitel 4 beziehen sich auf den aktuellen RZ-Datenstand von 2024, weil dort keine ökonomischen Vergleichsgrößen für abgeschlossene Jahre aus der amtlichen Statistik benötigt werden. Da neun der Rechenzentrumsstandorte erst im Jahr 2024 errichtet wurden, entsteht die Diskrepanz zwischen 76 (2024) und 67 (2023) Standorten.

Abbildung 5-3: Beitrag zum BIP in FRM im Branchenvergleich

Beitrag zum BIP in Mrd. Euro und Anteil an Gesamtwirtschaft in Prozent, ausgewählte Vergleichsbranchen in FRM im Jahr 2023



Die Branchen wurden aufgrund ihrer Relevanz für die Region ausgewählt (absolute und relative Größe); allgemein verbreitete Branchen wie öffentliche Dienstleister sind nicht dargestellt. Insgesamt repräsentieren die ausgewählten Branchen 66 Prozent des regionalen BIP.

Quelle: Input-Output-Modell der IW Consult (s. Anhang), eigene Darstellung

Wie bereits im Kapitel 4 analysiert wurde, befindet sich der Großteil der Rechenzentren in FRM in Frankfurt am Main. Von den 67 im Jahr 2023 aktiven Rechenzentren sind 51 in Frankfurt am Main angesiedelt, während nur 11 in den Landkreisen außerhalb der kreisfreien Städte liegen. Entsprechend wird auch der höchste BIP-Beitrag der Rechenzentren in Frankfurt am Main generiert: Mit 937 Millionen Euro entfallen 75 Prozent des BIP-Beitrags der Rechenzentrumsbranche auf die Finanzmetropole,

weitere 16 Prozent werden in anderen Städten der Region erwirtschaftet, und lediglich 9 Prozent in den Landkreisen. Damit stellt die Rechenzentrumsbranche in Frankfurt am Main einen etwas höheren Anteil der Gesamtwirtschaft dar als in FRM: 1,2 Prozent des BIP der Großstadt wird in der Branche erwirtschaftet (0,5 Prozent in FRM) und sie stellt 0,3 Prozent der Erwerbstätigen (0,1 Prozent in FRM). Eine Analyse der geplanten neuen Rechenzentren in der Region deutet jedoch darauf hin, dass sich dieses Verhältnis in Zukunft zugunsten der Landkreise verschieben wird.

Es ist zu erwarten, dass der wirtschaftliche Beitrag der Rechenzentrumsbranche zur Gesamtwirtschaft zukünftig wächst, sowohl in Frankfurt am Main als auch der Region FRM. Das liegt darin begründet, dass die Branche in den letzten fünf Jahren deutlich stärker gewachsen ist als die Gesamtwirtschaft und auch in den nächsten fünf Jahren voraussichtlich noch stärker wachsen wird. In den letzten fünf Jahren hat sich das BIP der Rechenzentrumsbranche in FRM verdoppelt, in der Stadt Frankfurt am Main betrug das Wachstum knapp 90 Prozent. Im Gegensatz dazu wuchsen die Gesamtwirtschaft von Frankfurt am Main und Region beide um rund 16 Prozent (VGRdl 2024). Einhergehend mit den stark wachsenden prognostizierten Rechenzentrumsstandorten, Kapazitäten und Flächen (s. Kapitel 4), wird auch das Branchen-BIP in den nächsten fünf Jahren voraussichtlich um 175 Prozent in FRM und 53 Prozent in der Stadt Frankfurt am Main steigen – weit über dem erwartbaren Wachstum der Gesamtwirtschaft, das sich angesichts aktueller konjunktureller Verhältnisse höchstens in einem ähnlichen Umfang wie das Wachstum der letzten fünf Jahre von 16 Prozent bewegen wird.¹²

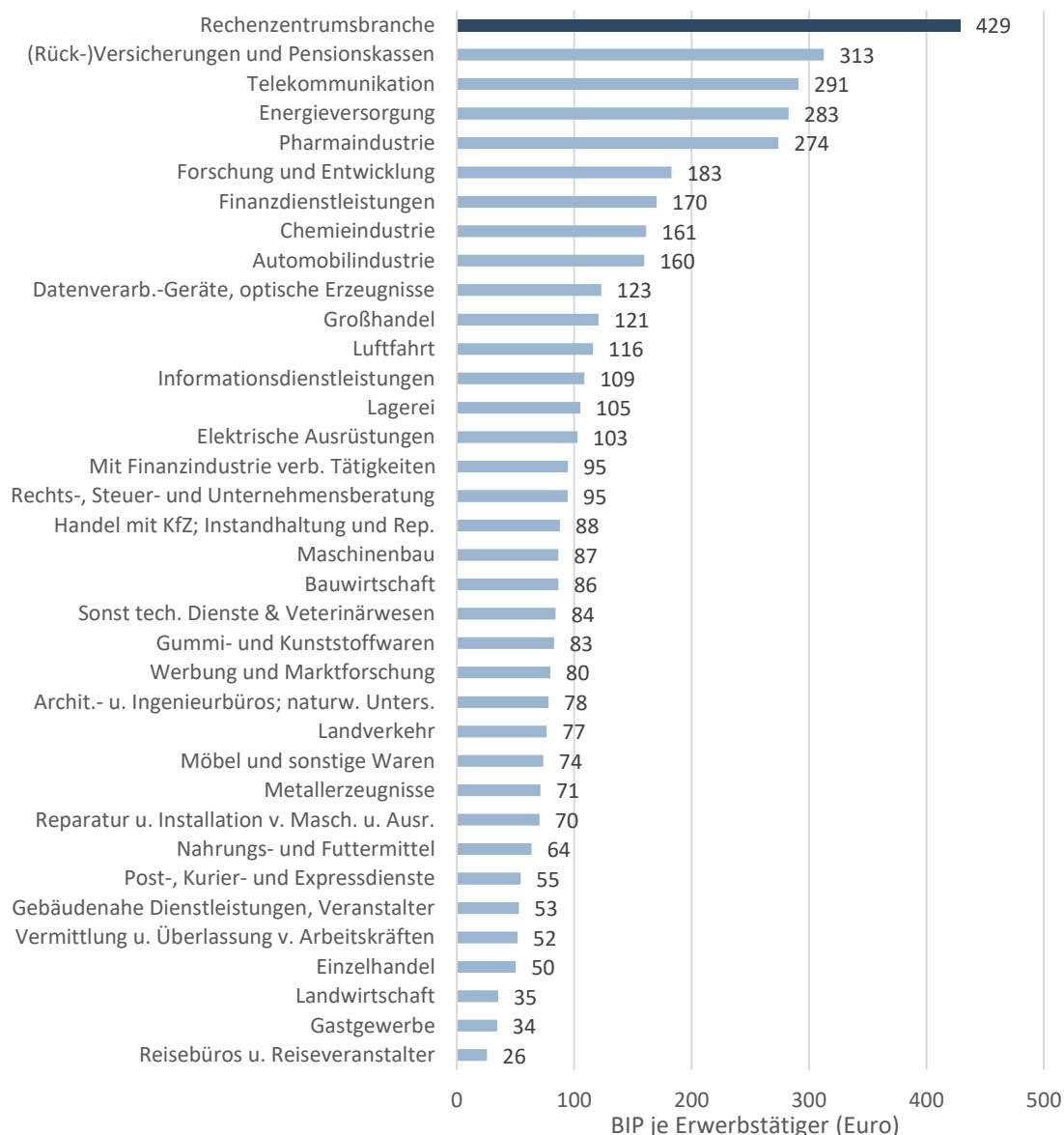
Ähnlich überdurchschnittlich stark sind auch die Beschäftigtenzahlen der Rechenzentrumsbranche in den letzten fünf Jahren in FRM und Frankfurt am Main gestiegen. Während sich parallel zum BIP die Anzahl der Erwerbstätigen in der Branche in FRM verdoppelt hat (bzw. in Frankfurt am Main um 90 Prozent gestiegen ist), betrug der gesamtwirtschaftliche Beschäftigtenzuwachs lediglich 6,5 Prozent (FRM) bzw. 7,6 Prozent (Frankfurt am Main). Damit geht ein starkes relatives Wachstum der Rechenzentrumsbranche einher: So ist die Branche im Verhältnis zur Gesamtbeschäftigung von rund 5 auf 10 Erwerbstätigen je 10.000 Beschäftigte in FRM gestiegen und in Frankfurt am Main von rund 15 auf 27 Erwerbstätige je 10.000 Beschäftigte.

Eine Besonderheit der Rechenzentrumsbranche ist ihre hohe Produktivität, sprich ihr hohes Verhältnis von BIP zu Erwerbstätigen. Daraus ergibt sich auch die oben beschriebene Diskrepanz zwischen dem Erwerbstätigenanteil und BIP-Anteil der Rechenzentrumsbranche an der Gesamtwirtschaft. Je Erwerbstätigen wird ein BIP-Beitrag von rund 430.000 Euro generiert, während der Durchschnittswert in FRM nur bei rund 95.000 liegt. Abbildung 5-4 stellt die Produktivität im Branchenvergleich dar. Im Branchenvergleich liegt die Rechenzentrumsbranche an der Spitze noch vor den produktivsten Branchen im Finanz- und Versicherungsbereich oder der Industrie.

¹² Schätzungen des Branchen-BIPs und seiner zeitlichen Entwicklung basieren ebenso wie die Angaben zum aktuellen Rand (2023) auf der Input-Output-Modellierung und im Kontext dieses Projekts erarbeiteten Rechenzentrumsliste. Die Methodik ist im Detail im Anhang erläutert.

Abbildung 5-4: Produktivität in FRM im Branchenvergleich

Produktivität wird gemessen als BIP je Erwerbstätiger in Tsd. Euro. Ausgewählte Vergleichsbranchen in FRM im Jahr 2023



Die Branchen wurden aufgrund ihrer Relevanz für die Region ausgewählt (absolute und relative Größe); allgemein verbreitete Branchen wie öffentliche Dienstleister sind nicht dargestellt. Insgesamt repräsentieren die ausgewählten Branchen 66 Prozent des regionalen BIP.

Quelle: Input-Output-Modell der IW Consult (s. Anhang), eigene Darstellung

Die hohe Produktivität der Rechenzentrumsbranche hat mehrere Gründe. Zum einen spielt die vergleichsweise geringe Beschäftigung von Rechenzentren eine Rolle, der ein relativ hoher Kapitaleinsatz gegenübersteht. Außerdem arbeiten in Rechenzentren viele hoch qualifizierte IT-Fachkräfte mit hohen Gehältern. Die hohe Kapitalintensität drückt sich in dieser Analyse in einer geringen Vorleistungsintensität im laufenden Betrieb aus. Kapitalinvestitionen, die über mehr als ein Jahr abgeschrieben werden, fallen nicht unter Vorleistungen im laufenden Betrieb und die entsprechenden jährlichen Abschreibungen sind Teil der (Brutto-)Wertschöpfung. Die so ermittelte Vorleistungsintensität liegt bei 38 Prozent. Das bedeutet: Um Leistungen im Wert von einem Euro anzubieten, benötigen die Rechenzentren in

FRM also nur Vorleistungen im Wert von 38 Cent, die Wertschöpfung liegt entsprechend bei rund 62 Cent. Im Durchschnitt aller Branchen der Region liegt die Vorleistungsquote bei 53 Prozent.

Im Hinblick auf ihre Flächennutzung zeigt sich deutlich, dass Rechenzentren viel Fläche je Erwerbstätigen einnehmen. Sowohl in der Stadt Frankfurt am Main als auch in FRM beschäftigt die Branche wesentlich weniger Erwerbstätige je Hektar als restliche Industrie- und Dienstleistungsbranchen, wie Tabelle 5-1 veranschaulicht. In der Großstadt ist das Verhältnis extrem: Auf einen Hektar Gewerbe- und Industriefläche kommen in der gesamten Industrie und dem Dienstleistungsgewerbe gut siebenmal so viele Beschäftigte wie in der Rechenzentrumsbranche.¹³

Bei der Flächenproduktivität hingegen zeigt sich ein gemischtes Bild. Im Vergleich zur Stadt Frankfurt am Main erwirtschaftet die Rechenzentrumsbranche mit 17 Mio. Euro lediglich rund halb so viel BIP je Hektar Gewerbe- und Industriefläche wie der Rest der Wirtschaft (35,4 Mio. Euro). In der Region ist die Rechenzentrumsbranche allerdings weitaus produktiver als der Rest der Wirtschaft. Das liegt daran, dass die Industrie- und Dienstleistungsbranchen in der gesamten Region mit einer Flächenproduktivität von rund 10 Mio. Euro deutlich hinter der städtischen Wirtschaft liegen (Statistisches Bundesamt 2024c; Regionalverband FrankfurtRheinMain 2021b). Die Rechenzentrumsbranche hingegen ist in der Stadt Frankfurt am Main und der Region FRM ähnlich flächenproduktiv. Ähnliches gilt auch für den Produktionswert. In FRM ist die Rechenzentrumsbranche also selbst in Relation zu ihrem Flächenverbrauch stark überdurchschnittlich wertschöpfungs- und produktionsstark.

Tabelle 5-1: Flächennutzung und -produktivität der RZ-Branche im Vergleich

Die Tabelle zeigt Erwerbstätige und BIP je Hektar Gewerbe- und Industriefläche für die Rechenzentrumsbranche und die gesamten Industrie- und Dienstleistungsbranchen (DL) in der Stadt Frankfurt am Main und FRM. Unter Industrie- und Dienstleistungsbranchen fallen alle Wirtschaftszweige außer der Landwirtschaft, Bergbau und staatliche Dienstleistungen, die nicht Gewerbe- und Industrieflächen nutzen.

Kennziffer	Frankfurt am Main		FRM	
	RZ-Branche	Industrie & DL	RZ-Branche	Industrie & DL
Erwerbstätige je ha	40	286	38	91
BIP je ha (Mio. Euro)	17,0	35,4	16,3	10,4
Produktionswert je ha (Mio. Euro)	27,7	68,2	26,5	19,9

Quelle: Input-Output-Modell der IW Consult (s. Anhang), Regionalstatistik, eigene Berechnungen

Im Vergleich zur Flächenkonkurrenz ist die Energiekonkurrenz zumindest in der Stadt Frankfurt am Main ausgeprägter. Wie aus Expertengesprächen hervorgeht und in Kapitel 4.1.2 bereits geschildert, haben Rechenzentren einen erheblichen Energiebedarf. In Frankfurt am Main nehmen sie beispielsweise etwa einen Drittel der Lastspitze in Anspruch. Im Gegensatz dazu nehmen sie etwa 2,5 Prozent der gesamten Industrie- und Gewerbefläche in Anspruch. Wenngleich zukünftig sowohl Flächen- als auch Energiebedarfe der Rechenzentren mit einer stark wachsenden Branche steigen werden, gehen

¹³ Einschränkend ist festzuhalten, dass der Vergleich einer Imperfektion unterliegt, weil die Zahlen für die gesamten Industrie- und Dienstleistungsbranchen auch solche Gewerbe umfassen, die nicht zwangsläufig Gewerbe- und Industrieflächen nutzen (bspw. selbstständige Kaufleute, die keine Gewerbeflächen anmieten). Ein perfekter Vergleich würde sich lediglich auf Beschäftigte und ihre Wirtschaftsleistung (BIP) beziehen, die auch Gewerbe- und Industrieflächen in Anspruch nehmen. Eine solche Disaggregation lässt die Datenlage nicht zu. Die Unterschiede sind allerdings so groß, dass die Qualität der Aussage sich sehr wahrscheinlich nicht ändern würde bei einem perfekten Vergleich.

Experten davon aus, dass der Energiebedarf auch weiterhin die größere Limitation als die Flächenbedarfe sein wird.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Rechenzentrumsbranche eine im Vergleich zur Gesamtwirtschaft kleine Branche der Region FRM, sowie auch der Stadt Frankfurt am Main ist. Neben ihrer direkten ökonomischen Bedeutung gehen von der Branche durch ihre Vorleistungsbezüge und ihre nachgelagerte Wertschöpfungskette Hebeleffekte¹⁴ in die Gesamtwirtschaft aus. Diese werden im Folgenden untersucht.

5.1.2 Hebeleffekte der RZ-Branche auf die vorgelagerte Wertschöpfungskette

Neben dem direkten Beitrag, den eine Branche in Form von erwirtschaftetem Produktionswert und geschaffenen Arbeitsplätzen zur Wirtschaft leistet, entstehen zusätzliche, sogenannte indirekte Effekte. Diese resultieren daraus, dass Unternehmen Vorleistungen einkaufen und Investitionen tätigen und damit in anderen Unternehmen wirtschaftliche Aktivitäten auslösen. Berücksichtigt werden können dabei nicht nur die unmittelbaren Vorleistungen (zum Beispiel der Motor, der im Auto verbaut wird), sondern auch die mittelbaren Vorleistungen (zum Beispiel die elektrischen Bauteile, die für die Herstellung des Motors benötigt werden). Zu unterscheiden sind dabei die indirekten Effekte in der Betriebsphase, die durch den Bezug von Vorleistungsprodukten und -dienstleistungen im laufenden Betrieb angestoßen werden und die Investitionseffekte, die durch größere, einmalige Investitionen entstehen.

Indirekte Effekte der Betriebsphase

Für den Betrieb einer Branche sind laufend Vorleistungen erforderlich, die in anderen Unternehmen wirtschaftliche Aktivitäten auslösen. Die Hebelwirkung – also das Verhältnis zwischen dem zusätzlich generierten Produktionswert in der vorgelagerten Wertschöpfungskette und dem eigenen Produktionswert der betrachteten Branche – ist umso größer, je vorleistungsintensiver eine Branche ist und je mehr dieser Vorleistungen aus dem Inland bezogen werden. Mithilfe von Input-Output-Analysen können die Hebelwirkungen der in FRM¹⁵ ansässigen Branchen untersucht und miteinander verglichen werden (mehr Informationen zur Methodik siehe methodischer Anhang). Wie in Abbildung 5-5 zu erkennen ist, stoßen einige Branchen je Euro eigenem Produktionswert noch einmal mehr als genauso viel wirtschaftliche Aktivität in ihrer vorgelagerten Wertschöpfungskette an. Oben stehen hierbei die Branchen der Reisebüros sowie Branchen aus der Logistik, bei denen der Wert der Produkte zu einem großen Teil aus dem Wert der Vorleistungen besteht.

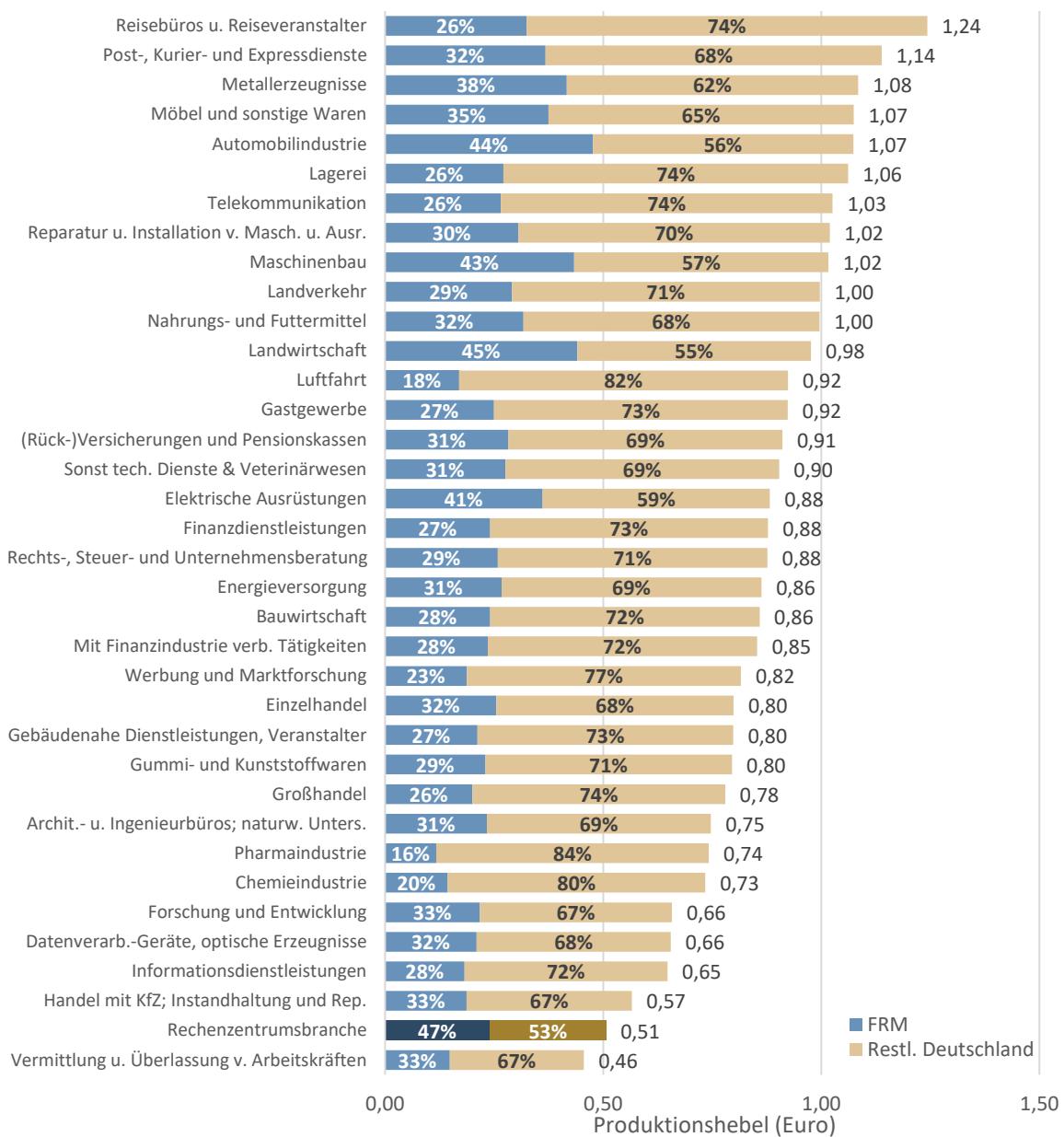
¹⁴ Die Begriffe ‚Vorleistungsintensität‘ und ‚Hebeleffekt‘ beziehen sich auf unterschiedliche ökonomische Zusammenhänge: Die Vorleistungsintensität beschreibt den Anteil an vorgelagerten Gütern und Dienstleistungen, den eine Branche für ihre Produktion einkauft – sie zeigt, wie stark eine Branche mit anderen Wirtschaftsbereichen verflochten ist. Der Hebeleffekt hingegen meint den gesamtwirtschaftlichen Impuls, den eine Investition oder wirtschaftliche Aktivität auslöst, also den Multiplikatoreffekt über direkte, indirekte und induzierte Wirkungen hinweg

¹⁵ Hinweis: Hebeleffekte wurden nur für gesamte Region FRM bestimmt. Da sich die Struktur der Rechenzentren in FRM und der Stadt Frankfurt vergleichbar ist, kann davon ausgegangen werden, dass auch die Hebeleffekte für die Mainmetropole ähnlich ausfallen würden.

Abbildung 5-5: Hebeleffekte ausgew. Vergleichsbranchen nach Region (Betriebsphase)

Zusätzlich angestoßener Produktionswert in FRM und dem restlichen Deutschland im Jahr 2023. Produktionshebel, x-Achse und Balkengröße in Euro, korrespondierende Anteile in Prozent.

Lesebeispiel: Für jeden Euro Produktionswert werden durch die Vorleistungskäufe der Rechenzentren weitere 51 Cent an Produktion angestoßen. Diese verteilen sich zu 47 Prozent auf FRM (24 Cent) und zu 53 Prozent auf das restliche Deutschland (27 Cent).



Die Branchen wurden aufgrund ihrer Relevanz für die Region ausgewählt (absolute und relative Größe); allgemein verbreitete Branchen wie öffentliche Dienstleister sind nicht dargestellt. Insgesamt repräsentieren die ausgewählten Branchen 66 Prozent des regionalen BIP.

Quelle: Input-Output-Modell der IW Consult (s. Anhang), eigene Darstellung

Im Gegensatz dazu steht die Rechenzentrumsbranche am unteren Ende der Hebelwirkungsskala während der Betriebsphase. Für jeden Euro Produktionswert, der durch Rechenzentren in FRM erwirtschaftet wird, werden durch die Vorleistungskäufe der Rechenzentren in der vorgelagerten

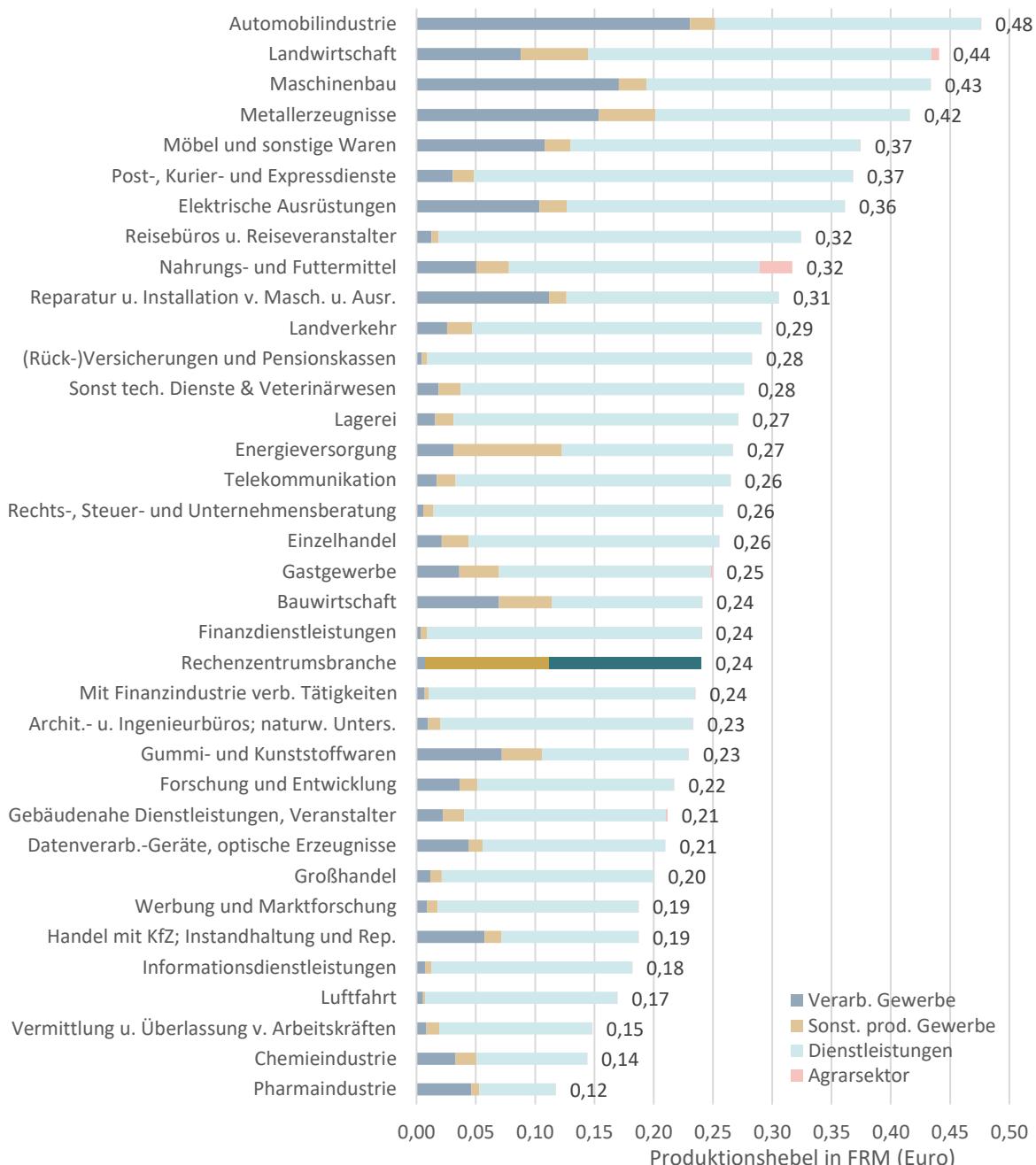
Wertschöpfungskette in Deutschland nur weitere 51 Cent an Produktion angestoßen. Dies liegt daran, dass die Branche, wie oben beschrieben, wenig vorleistungsintensiv ist. Außerdem werden laut Rechenzentrumsbetreibern etwa 25 Prozent der benötigten Vorleistungen aus dem Ausland bezogen, was im Vergleich zum branchenübergreifenden Durchschnitt von 16 Prozent als relativ hoch einzustufen ist und zu geringeren wirtschaftlichen Hebeleffekten in Deutschland führt. Zudem wird hier nur die Betriebsphase der Rechenzentrumsbranche betrachtet, d.h. Vorleistungen, die im laufenden Betriebsjahr anfallen. Baukosten, die sich über mehrere Jahre abschreiben, sind der Investitionsphase zugehörig und bleiben in dieser Analyse außen vor; sie zählen nicht als Vorleistungen. Solche Investitionen werden in u.s. Analyse separat betrachtet. Da Rechenzentren relativ investitionsintensiv sind, fallen ihre Vorleistungen in der Betriebsphase geringer aus als beispielsweise im Einzelhandel oder der Bauwirtschaft (viele Produktionsinputs der Rechenzentrumsbranche werden Investitionen und nicht Vorleistungen zugerechnet).

Die Differenzierung der Hebelwirkungen nach einzelnen Wirtschaftssektoren zeigt, dass güterproduzierende Branchen wie die Automobilindustrie oder der Maschinenbau vermehrt Vorleistungen aus dem verarbeitenden Gewerbe beziehen. In der Rechenzentrumsbranche, wie auch in anderen Dienstleistungsbranchen, spielt dieser Sektor eine geringere Rolle. Dafür entfällt ein erheblicher Teil der indirekt angestoßenen Produktion der Rechenzentren auf das sonstige produzierende Gewerbe, zu dem neben Bergbau, Baugewerbe und Abfallentsorgung insbesondere die Energieversorgung zählt. Laut Experteneinschätzungen und Studien (German Data Center Association 2024) machen die Energiekosten etwa 50 Prozent der gesamten Vorleistungskosten von Rechenzentren aus. Da Energie im Vergleich zu anderen Dienstleistungen und Gütern häufiger aus der näheren Umgebung bezogen wird und eine zentrale Rolle bei Rechenzentren spielt, erklärt dies auch die im Vergleich zur Gesamthebelwirkung hohe regionale Hebelwirkung dieser Branche. Für jeden Euro Produktionswert, der durch Rechenzentren in FRM erwirtschaftet wird, werden durch Vorleistungsbezüge in der Region weitere 24 Cent an Produktion angestoßen.

Abbildung 5-6: Hebeleffekte ausgew. Vergleichsbranchen in FRM nach Sektor (Betriebsphase)

Zusätzlich angestoßener Produktionswert in FRM nach Wirtschaftssektor im Jahr 2023.

Lesebeispiel: Für jeden Euro Produktionswert werden durch die Vorleistungskäufe der Rechenzentren weitere 24 Cent an Produktion in FRM angestoßen. Dieser Effekt verteilt sich zu 3 Prozent (1 Cent) auf das verarbeitende Gewerbe, zu 44 Prozent (10 Cent) auf das sonstige produzierende Gewerbe und zu 53 Prozent (13 Cent) auf den Dienstleistungssektor.



Die Branchen wurden aufgrund ihrer Relevanz für die Region ausgewählt (absolute und relative Größe); allgemein verbreitete Branchen wie öffentliche Dienstleister sind nicht dargestellt. Insgesamt repräsentieren die ausgewählten Branchen 66 Prozent des regionalen BIP.

Quelle: Input-Output-Modell der IW Consult (s. Anhang), eigene Darstellung

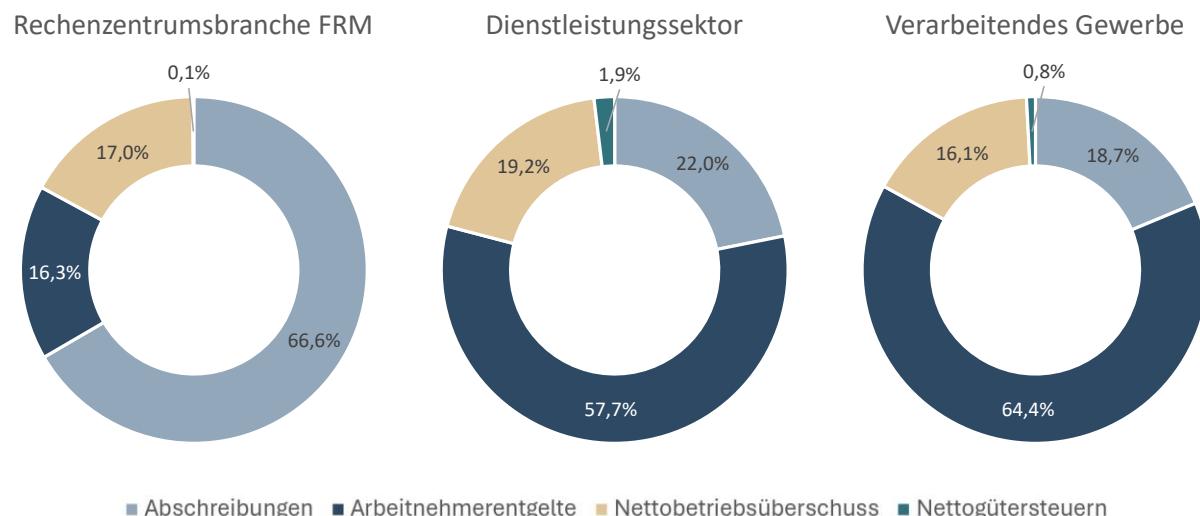
Insgesamt war die Rechenzentrumsbranche in FRM im Jahr 2023 damit zusätzlich zu ihrem eigenen Produktionswert in Höhe von 2,04 Milliarden Euro für weitere 490 Millionen Euro an regionaler Produktion verantwortlich (insgesamt 0,45 Prozent des Produktionswerts der Region FRM). Der dadurch gesicherte BIP-Beitrag belief sich auf 1,49 Milliarden Euro, davon 236 Millionen Euro indirekt durch Vorleistungsbezüge (insgesamt 0,56 Prozent der Bruttowertschöpfung der Region FRM). Außerdem hingen rund 4.000 Arbeitsplätze an der Rechenzentrumsbranche, darunter mehr als 1.000 in den Vorleistungsbetrieben (insgesamt 0,14 Prozent der Erwerbstätigen in FRM).

Indirekte Effekte der Investitionsphase

Die bisher betrachteten Hebelwirkungen umfassen lediglich die Effekte, die während des laufenden Betriebs der Rechenzentren entstehen. Dabei bleibt jedoch ein wichtiger Aspekt unberücksichtigt: die Investitionseffekte. Diese ergeben sich durch die Kapitalinvestitionen der Rechenzentren, die über mehr als ein Jahr abgeschrieben werden und daher nicht als Vorleistungen im laufenden Betrieb verbucht werden. Die Investitionseffekte fallen vor allem bei den Bauunternehmen, die an der Errichtung der Rechenzentren beteiligt sind, bei Unternehmen der technischen Gebäudeausstattung sowie bei Anbietern von Hochleistungs-Servern an. Im Gegensatz zu den laufenden Effekten der Betriebsphase sind die Investitionseffekte zeitlich begrenzt und treten in erster Linie während des Baus neuer Rechenzentren oder auch bei Sanierungsmaßnahmen auf. Die durchschnittlichen jährlichen Investitionskosten der gesamten Rechenzentrumsbranche können durch ihre jährlichen Abschreibungen approximiert werden.

Abbildung 5-7: Zusammensetzung des BIP-Beitrags der RZ-Branche im Vergleich

Anteil der Abschreibungen, Arbeitnehmerentgelte, Nettobetriebsüberschüsse und Nettogütersteuern am BIP-Beitrag in Prozent



Quelle: Input-Output-Modell der IW Consult (s. Anhang), (Statistisches Bundesamt 2024g), eigene Darstellung

Die hohe Bedeutung der Investitionseffekte in der Rechenzentrumsbranche zeigt sich deutlich in der Zusammensetzung ihres BIP-Beitrags (siehe Abbildung 5-7). Während die Entgelte mit 16,3 Prozent und der Nettobetriebsüberschuss mit 17,0 Prozent vergleichsweise geringe Anteile ausmachen, entfallen bemerkenswerte 66,6 Prozent des BIP-Beitrags auf die Abschreibungen (mehr Informationen zur Methodik siehe methodischer Anhang). Im Vergleich zur Bruttowertschöpfungsstruktur des Verarbeitenden Gewerbes und des Dienstleistungssektors zeigt sich, dass Rechenzentren einen deutlich höheren Abschreibungsanteil aufweisen. Dies unterstreicht den in Kapitel 5.1.1 beschriebenen

Zusammenhang: Die überdurchschnittlich hohe Produktivität der Branche (gemessen als Bruttowertschöpfung je Erwerbstätigen) beruht maßgeblich auf ihrer ausgeprägten Kapitalintensität.

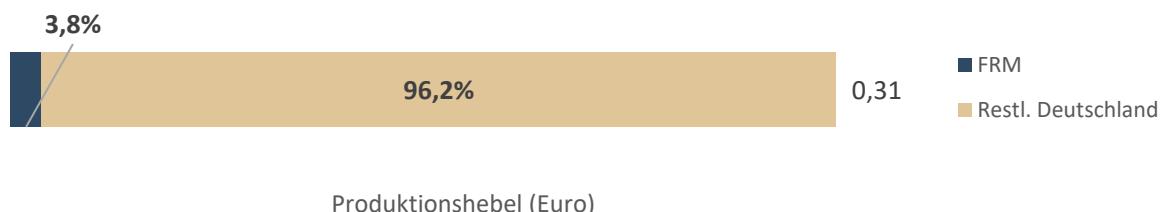
Die von den Rechenzentren getätigten Investitionen lösen in FRM und darüber hinaus wirtschaftliche Effekte aus. Dabei werden jedoch nicht alle Bezüge aus der Region gedeckt. Besonders Datenverarbeitungsgeräte werden häufig aus dem Ausland importiert und tragen somit nicht zur regionalen Wertschöpfung bei. Gleichzeitig generieren Investitionen nicht nur Wertschöpfung bei den Unternehmen, die die Investitionsgüter direkt bereitstellen, sondern auch bei den Unternehmen in vorgelagerten Wertschöpfungsketten. So stärkt der Bau eines neuen Rechenzentrums durch ein Bauunternehmen, das Beton von regionalen Baustoffproduzenten bezieht, ebenfalls die regionale Wirtschaft.

Berücksichtigt man, dass zwar ein Teil der Investitionsgüter aus dem Ausland bezogen wird, aber auch in den vorgelagerten Wertschöpfungsketten zusätzliche Effekte angestoßen werden, kann – analog zum Hebeleffekt der Betriebsphase – nun auch der Hebeleffekt der Investitionsphase berechnet werden. So führt jeder Euro Produktionswert eines Rechenzentrums durch seine Investitionen durchschnittlich zu einem zusätzlichen Produktionswert von 1 Cent in FRM und 30 Cent im restlichen Deutschland. In FRM profitiert vor allem das sonstige produzierende Gewerbe, das knapp 56 Prozent des Gesamteffekts ausmacht. Besonders stark beteiligt ist hier der Bausektor, der von Investitionen in neue Rechenzentren erheblich profitiert. Weitere 23,4 Prozent des Gesamthebels in der Region entfallen auf den Dienstleistungssektor, wie beispielsweise Architekturbüros, während 20,6 Prozent im Verarbeitenden Gewerbe anfallen.

Abbildung 5-8: Hebeleffekte der RZ-Branche (Investitionsphase)

Zusätzlich angestoßener Produktionswert in FRM und dem restlichen Deutschland im Jahr 2023. Produktionshebel, x-Achse und Balkengröße in Euro, korrespondierende Anteile in Prozent.

Lesebeispiel: Für jeden Euro Produktionswert werden durch die durchschnittlichen jährlichen Investitionen der Rechenzentren weitere 31 Cent an Produktion angestoßen. Diese verteilen sich zu 3,8 Prozent auf FRM (1 Cent) und zu 96,2 Prozent auf das restliche Deutschland (30 Cent).



Quelle: Input-Output-Modell der IW Consult (s. Anhang), eigene Darstellung

Aufgrund der hohen Kapitalintensität der Rechenzentrumsbranche, in der Abschreibungen einen großen Teil des Umsatzes ausmachen, ist anzunehmen, dass der Investitionshebel in anderen Branchen deutlich geringer ausfällt. Gleichzeitig muss jedoch berücksichtigt werden, dass ein erheblicher Teil der hohen Investitionskosten der Rechenzentren durch den Bezug von Servern aus dem Ausland verursacht wird, was die regionalen Effekte im Vergleich zu anderen Branchen wieder relativiert.

Insgesamt ist für die Rechenzentrumsbranche festzuhalten, dass je Euro Produktionswert, der in einem Rechenzentrum erwirtschaftet wird, in der vorgelagerten Wertschöpfungskette in Deutschland durch Vorleistungskäufe weitere 51 Cent und durch getätigte Investitionen weitere 31 Cent angestoßen werden. Der Investitionshebel trägt mit einem Anteil von 38 Prozent maßgeblich zum gesamten angestoßenen Produktionswert (Hebeleffekt durch Investitionen und Vorleistungen) bei.

5.1.3 Fiskalische Effekte der RZ-Branche

Auf Grundlage der ökonomischen Kennzahlen der Rechenzentrumsbranche in FRM sowie den indirekten Effekten kann geschätzt werden, wie hoch die Steuereinnahmen sind, die durch die Rechenzentren zustande kommen. Diese Schätzungen ergeben sich für alle Steuerarten aus Angaben der öffentlichen Statistik zu Steuereinnahmen auf Kreisebene, Steuereinnahmen nach Branchen, sowie den obigen Berechnungen zur ökonomischen Bedeutung der Rechenzentrumsbranche (Kapitel 5.1.1, 5.1.2). Dazu verwendet die IW Consult ein eigenes Modell zur Berechnung von fiskalischen Impacts (Steuerschätzungsmodell), das die genannten Daten fortschreibt, regionalisiert und auf die Rechenzentrumsbranche anwendet. Die in dieser Schätzung berücksichtigten Steuerarten umfassen die Umsatzsteuer (nach Vorsteuerabzug), Lohnsteuer auf abhängig Beschäftigte, Einkommensteuer auf Personengesellschaften, Gewerbesteuer und Körperschaftsteuer. Das sind die wichtigsten wirtschaftsnahen Steuerarten und insgesamt machen sie etwa 70 Prozent des gesamten Steueraufkommens des Bundes aus.

Bei den Schätzungen des Steueraufkommens werden grundsätzlich zwei Betrachtungsweisen unterschieden, die beide in den untenstehenden Ergebnissen aufgeführt werden. Eine umfasst das *verursachte Steueraufkommen*, also das Steueraufkommen, das durch eine Branche in einer Region insgesamt entsteht. Im Gegensatz dazu wird beim *empfangenen Steueraufkommen* betrachtet, wie das verursachte Steueraufkommen verteilt wird und welche Steuereinnahmen einer Branche auf einer gegebenen regionalen bzw. administrativen Ebene (Kommune, Land, Bund) zufließen.

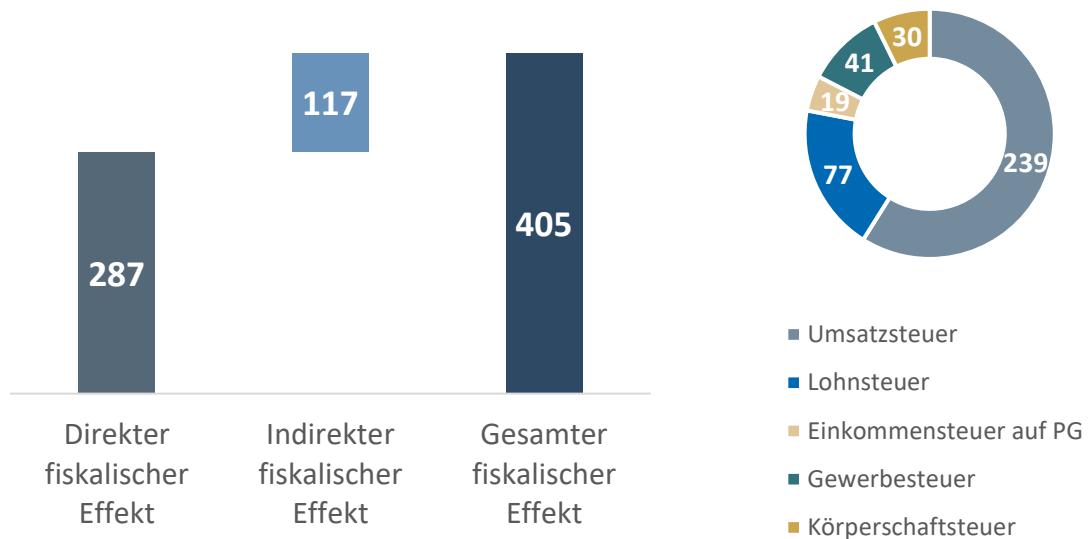
Im Grunde zieht das Steuerschätzungsmodell zunächst die letzte Verteilung des Steueraufkommens nach Branchen heran und schreibt diese auf den aktuellen Stand fort (2023). Für alle Steuerarten bis auf die Lohnsteuer wird dieses verursachte Steueraufkommen nach Branche dann auf Kreisebene entsprechend der Wirtschaftsstruktur der Kreise verteilt. Lohnsteuerschätzungen basieren auf bekannten Lohndaten nach Branchen auf Kreisebene, auf die kalkulatorische Steuern angesetzt werden. Das verursachte Steueraufkommen wird schließlich auf die Gebietskörperschaften verteilt. Dazu werden die bekannten gesamten Steuereinnahmen der Gebietskörperschaften und die Branchenanteile nach Verursacherprinzip herangezogen. Bei den Schätzungen wird durch Anpassungsverfahren sichergestellt, dass Konsistenz mit bekannten Steuerdaten (auf Branchen- oder regionaler Ebene) besteht. Das Modell wird im Detail im Anhang erläutert.

Eine wichtige Limitation der Methodik ist, dass Schätzungen für unterschiedliche Steuerarten unterschiedlich präzise sein können. Bei allen Steuerarten können regionale Produktivitätsdifferenzen zu Ungenauigkeiten führen. Bei der Gewerbe- und Körperschaftsteuer ergeben sich außerdem Ungenauigkeiten dadurch, dass bei überregional aktiven Kapitalgesellschaften und Konzernstrukturen mit mehreren Gesellschaften Gewinne zugunsten des Konzerns in bestimmten Gesellschaften verbucht werden können – eine gängige Praxis im Rahmen konzerninterner Steueroptimierungen. Solche Ungenauigkeiten werden bei der Darstellung der Ergebnisse diskutiert.

Aus den Schätzungen geht hervor, dass die Rechenzentrumsbranche in FRM insgesamt ein Steueraufkommen in Höhe von 405 Mio. Euro verursacht. Davon entfallen 287 Mio. Euro auf die Branche selbst (direkter fiskalischer Effekt) und weitere 117 Mio. Euro werden durch ihre Zulieferer der vorgelagerten Wertschöpfungskette (indirekter fiskalischer Effekt) ausgelöst. Abbildung 5-9 zeigt die Ergebnisse sowie die Verteilung auf die verschiedenen Steuerarten. Der indirekte fiskalische Effekt folgt der Logik der Hebeleffekte in Wertschöpfung und Beschäftigung (s. Kapitel 5.1.2). Dabei wird das Steueraufkommen zuliefernder Branchen anteilig ihrer durch das Input-Output-Modell bekannten Zulieferungsleistungen an die Rechenzentrumsbranche herangezogen.

Abbildung 5-9: Fiskalischer Effekt der Rechenzentrumsbranche in FRM

Verursachtes Steueraufkommen durch die Rechenzentrumsbranche in FRM in Mio. Euro, 2023. Berücksichtigt sind die Umsatzsteuer (nach Vorsteuerabzug), Lohnsteuer, Einkommensteuer auf Personengesellschaften (PG), Gewerbesteuer, sowie Körperschaftsteuer.



Quelle: Steuerschätzungsmodell der IW Consult (s. Anhang), eigene Darstellung

Regionale Produktivitätsdifferenzen können zu Ungenauigkeiten bei diesen Schätzungen führen. Überdurchschnittlich produktiven Regionen wird im Zuge der Schätzung zu wenig Steueraufkommen zugeschrieben (Unterschätzung), während das Steueraufkommen in unterdurchschnittlich produktiven Regionen überschätzt wird. Das ist insbesondere für alle Steuerarten außer der Umsatzsteuer bekannt, denn bei diesen Steuerarten bilden nationale Steueraufkommen in Branchen den Ausgangspunkt (bei der Umsatzsteuer sind Daten auf Bundeslandebene nach Branchen verfügbar). Da Metropolregionen wie FRM tendenziell produktiver sind als der Bundesdurchschnitt, sind die Ergebnisse als konservative Schätzungen zu verstehen: Das Steueraufkommen wird tendenziell unterschätzt, insb. bei der Lohn-, Einkommen-, Gewerbe- und Körperschaftsteuer.

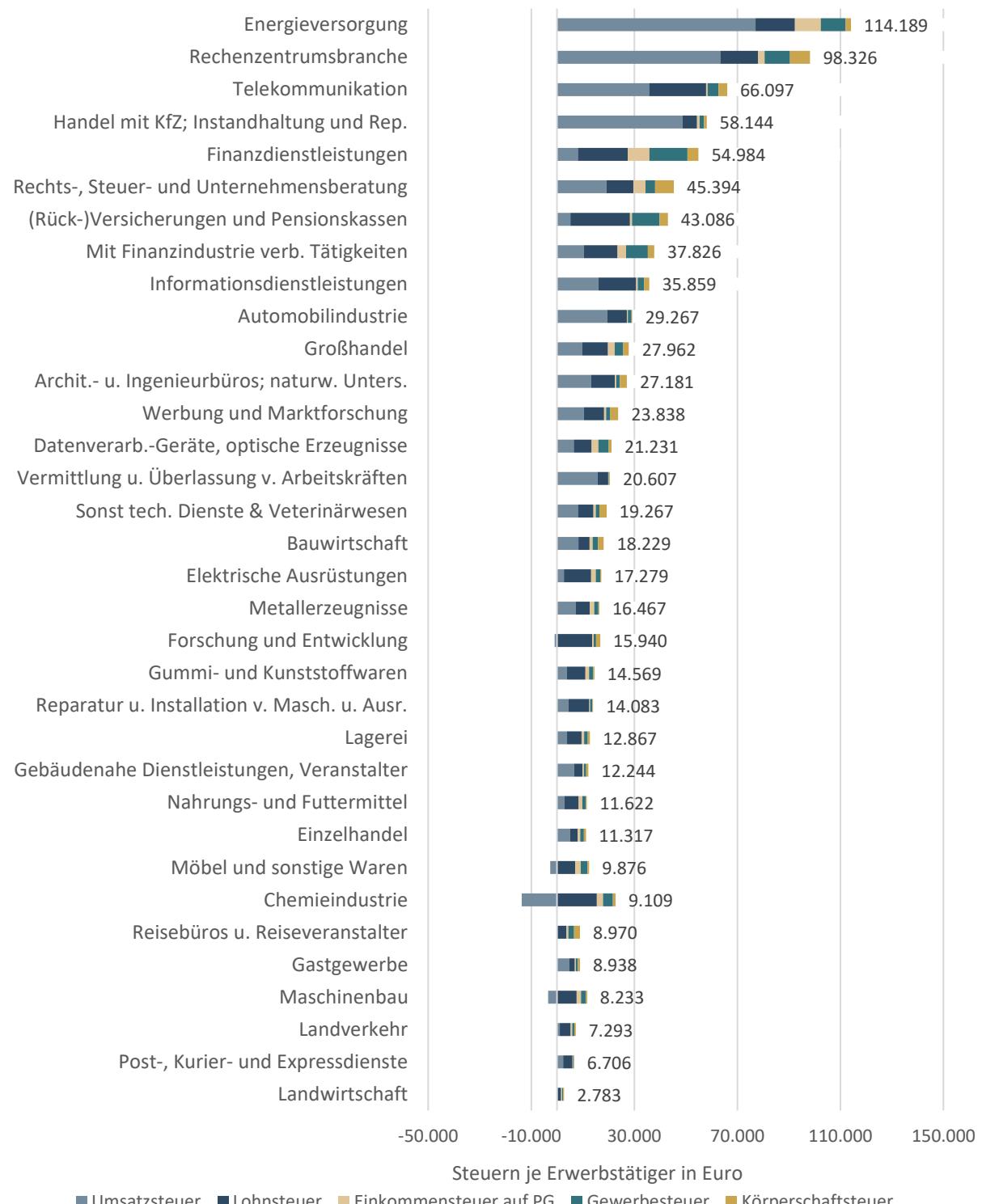
An der Verteilung auf die verschiedenen Steuerarten zeigt sich, dass der Großteil des Steueraufkommens der Rechenzentrumsbranche auf die Umsatzsteuer entfällt (239 Mio. Euro entsprechen 59 Prozent des gesamten fiskalischen Effekts), gefolgt von der Lohnsteuer (19 Prozent) und Gewerbesteuer (10 Prozent). Das Körperschaftsteueraufkommen macht 7 Prozent am gesamten Aufkommen aus und das Einkommensteueraufkommen auf Personengesellschaften 5 Prozent. Im Vergleich zur Gesamtwirtschaft sind damit Steuerarten in der Rechenzentrumsbranche deutlich relevanter, die auf unternehmerische Umsätze und Gewinne anfallen als die Lohnsteuer, die auf Löhne anfällt. In der Gesamtwirtschaft in FRM macht das Lohnsteueraufkommen 37 Prozent des Gesamtsteueraufkommens aus und das Umsatzsteueraufkommen lediglich 33 Prozent. Diese Diskrepanz zur Gesamtwirtschaft FRM liegt daran, dass die Rechenzentrumsbranche verhältnismäßig wenig beschäftigungsintensiv ist.

Daraus ergibt sich auch, dass die Rechenzentrumsbranche eine im Verhältnis zur Beschäftigung steuerintensive Branche ist. Setzt man das Steueraufkommen der Branche in das Verhältnis zum gesamten Steueraufkommen in FRM, ergibt sich ein Anteil von 0,6 Prozent (bzw. 0,8 Prozent bei Einschluss des indirekten fiskalischen Effekts). Der Beschäftigtenanteil hingegen liegt lediglich bei 0,1 Prozent (bzw. 0,14 Prozent bei Einschluss indirekt Beschäftigter aus Zuliefererbranchen).

Die folgende Analyse illustriert dies im Branchenvergleich. Gezeigt wird das verursachte Steueraufkommen je Erwerbstätigen. Durch die Rechenzentrumsbranche in FRM wird insgesamt ein Steueraufkommen von knapp 100.000 Euro je Erwerbstätigen verursacht. Das stellt in der Region nach der Energieversorgung die zweithöchste Steuerintensität dar. Zurückzuführen ist dies auf die hohe Produktivität der Branche (s. Kapitel 5.1.1). Hohe Umsätze und Gewinne sind ein Treiber des hohen BIP je Erwerbstätigen sowie hoher Umsatz-, Einkommen-, Gewerbe- und Körperschaftsteuer, die alle auf unternehmerischen Umsätzen und Gewinnen basieren. In Frankfurt am Main ist das Gesamtbild sehr ähnlich. Die Rechenzentrumsbranche liegt auch hier nach der Energieversorgung auf dem zweiten Platz mit einer Steuerintensität von rund 108.000 Euro verursachtem Steueraufkommen je Erwerbstätigen. In der Großstadt sind die Steuerzahlungen je Erwerbstätigen damit sogar etwas höher als in der gesamten Region, was vor allem darauf zurückzuführen ist, dass sich das Umsatz-, Gewerbe- und Körperschaftsteueraufkommen in der Stadt konzentriert.

Abbildung 5-10: Fiskalischer Effekt der Rechenzentrumsbranche im Branchenvergleich

Verursachtes Steueraufkommen (direkter fiskalischer Effekt) je Erwerbstätigen nach Branchen und Steuerarten in FRM in Euro, 2023.

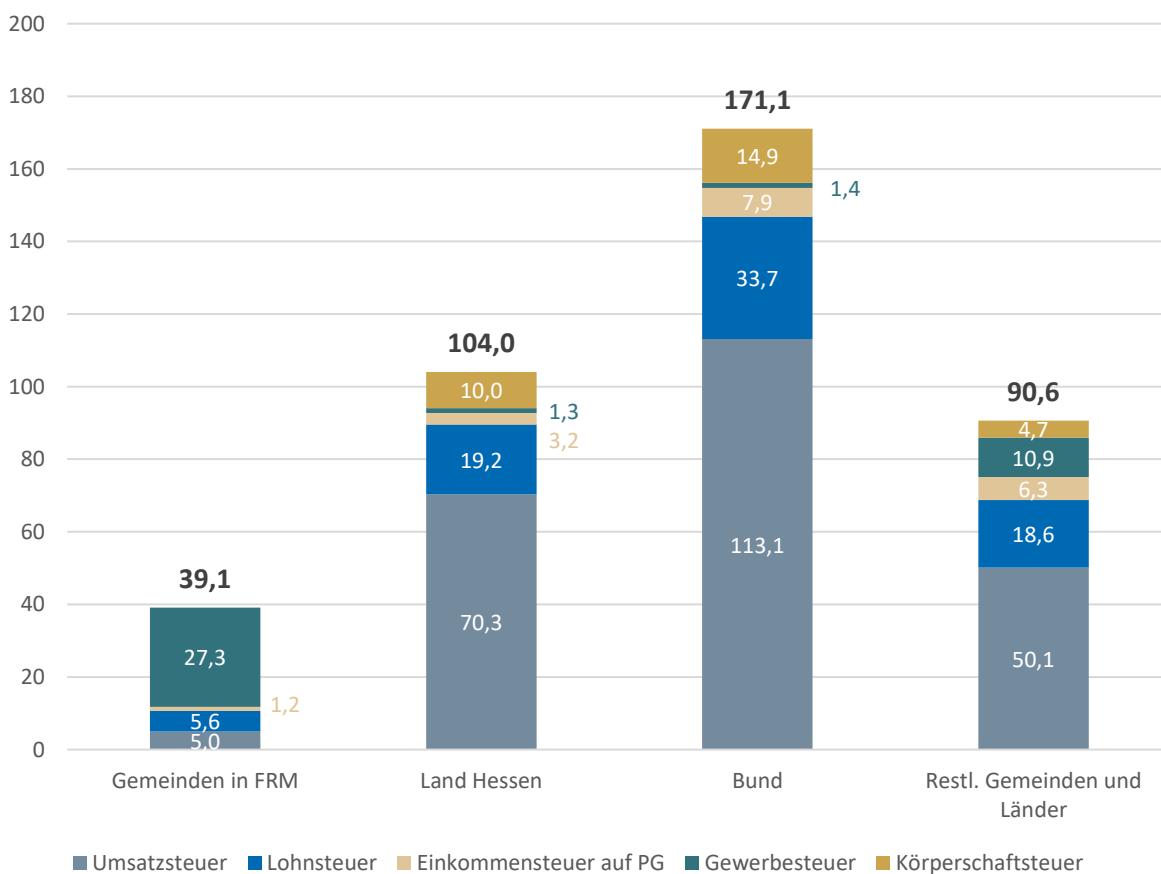


Quelle: Steuerschätzungsmodell der IW Consult (s. Anhang), eigene Darstellung

Die folgende Analyse widmet sich der Frage der Verteilung des Steueraufkommens. Die in Abbildung 5-11 gezeigten Schätzungen ergeben, dass bei den Kommunen in FRM insgesamt 39,1 Mio. Euro und damit rund 10 Prozent des Steueraufkommens verbleiben, die auf die Rechenzentrumsbranche zurückzuführen sind (direkter und indirekter fiskalischer Effekt). Mit 171 Mio. Euro fließt der größte Teil an den Bund, während das Land Hessen 104 Mio. Euro Steuereinnahmen durch die Rechenzentrumsbranche in FRM erhält. An restliche Gemeinden und Bundesländer fließen 90,6 Mio. Euro Steuereinnahmen aus der Branche und ihren Zulieferern. Andere Gemeinden und Bundesländer erzielen Steuereinnahmen zum einen über Zulieferer der Branche, die außerhalb von FRM und Hessen sitzen, zum anderen über Steuerausgleichsmechanismen, bei denen zwischen Gemeinden oder Ländern Steuern horizontal zum Ausgleich unterschiedlicher Wirtschaftsstärken umverteilt werden. Das betrifft insbesondere den Finanzkraftausgleich zwischen Bundesländern, bei dem Hessen ein Nettozahler ist.

Abbildung 5-11: Verteilung des Steueraufkommens

Empfanges Steueraufkommen (direkter und indirekter fiskalischer Effekt) durch die Rechenzentrumsbranche in FRM in Mio. Euro, 2023 nach Steuerarten.



Quelle: Steuerschätzungsmodell der IW Consult (s. Anhang), eigene Darstellung

Die Tatsache, dass bei den Kommunen in FRM lediglich rund 10 Prozent des Steueraufkommens verbleiben, hängt damit zusammen, dass die Gewerbesteuer, die im Wesentlichen bei den Kommunen selbst verbleibt, nur einen kleinen Teil des gesamten Steueraufkommens darstellt. Alle anderen Steuerarten, insbesondere die in der Rechenzentrumsbranche so hoch ausfallende Umsatzsteuer, fließt zu großen Teilen oder gar vollständig (Körperschaftsteuer) an das Land Hessen und den Bund ab. Im Vergleich zu anderen Branchen fließt in der Rechenzentrumsbranche ein kleinerer Anteil an die Kommunen. Das liegt daran, dass die Umsatzsteuer im Vergleich zur Gesamtwirtschaft FRMs in der

Rechenzentrumsbranche sehr stark in das Gewicht fällt und nur zu einem sehr geringen Anteil an die Kommunen fließt. Daraus ergibt sich auch, dass das kommunal empfangene Steueraufkommen von rund 39 Millionen Euro lediglich 0,43 Prozent des gesamten kommunalen Steueraufkommens in FRM entspricht, während der direkte und indirekte regionale BIP-Beitrag anteilig bei 0,56 Prozent liegt.

Einschränkend ist bei dieser Verteilungsschätzung hervorzuheben, dass gerade die kommunale Gewerbesteuerschätzung einer großen Schätzungsgenauigkeit unterliegt und tendenziell eine Überschätzung der Gewerbesteuereinnahmen erwartet wird. Der Schätzung liegen die Branchenanteile nach Verursacherprinzip zugrunde, die mit dem bekannten branchenübergreifenden Steueraufkommen der Kommunen multipliziert werden. Allerdings kann es gerade auf kommunaler Ebene zu großen Diskrepanzen zwischen (theoretischen) Steueraufkommen einer Branche kommen, die qua Wirtschaftskraft dort anfallen, und den tatsächlich gezahlten Steuern vor Ort. Das liegt daran, dass Konzerne mit mehreren Gesellschaften buchhalterische Gewinne (und somit anfallende Steuern) intern zu Steueroptimierungszwecken in andere Kommunen, Bundesländer und sogar Staaten verschieben können – eine gängige Praxis insbesondere in großen, internationalen Konzernen. Das Phänomen international grenzüberschreitender Steuerverschiebungen sorgt per se hier nicht für eine Schätzungsgenauigkeit, denn Ausgangspunkt der Schätzung ist das bekannte Steueraufkommen nach Branchen in Deutschland. Eine Ungenauigkeit ist allerdings zu dem Ausmaß zu erwarten, zudem erstens das Phänomen in der Rechenzentrumsbranche im Verhältnis zu der ihr übergeordneten IT-Branche und zweitens in FRM im bundesweiten Vergleich ausgeprägter ist. Beides gilt als wahrscheinlich, denn die Rechenzentrumsbranche und FRM weisen tendenziell eine höhere Anzahl größerer Unternehmen in internationalen Konzernstrukturen auf. Insofern ist die Schätzung des empfangenen Gewerbesteueraufkommens in FRM-Kommunen in Höhe von 27,3 Mio. Euro als obere Grenze eines realistischen Werts zu verstehen.

5.2 Spillover-Effekte

Kernergebnisse im Überblick

- ▶ Auf Kreisebene lassen sich im Hinblick auf Produktivität und BIP keine signifikanten Spillover-Effekte der Rechenzentrumsbranche identifizieren. Das hängt vornehmlich damit zusammen, dass die Rechenzentrumsbranche im Vergleich zur Gesamtwirtschaft eine sehr kleine Branche auf Kreisebene ist.
- ▶ Mit dem Wachstum der Rechenzentrumsbranche gehen tendenziell leichte Verschiebungen der Wirtschaftsstruktur zugunsten bestimmter Dienstleistungsbranchen sowie eine erhöhte Gründungsintensität einher. Das betrifft insbesondere High-Tech-Gründungen in FRM als Teil eines digitalen Ökosystems.
- ▶ Insbesondere Colocation-Anbieter halten Stromreserven zwangsläufig vor, da die Auslastung vom Nutzungsverhalten ihrer Kunden abhängt. In entsprechenden Expertengesprächen wurde geschildert, dass 80-90 Prozent der gebuchten Stromkapazität im Kontext von Rechenzentren bereits dem maximalen Bezug entspricht.
- ▶ Auf Ebene der Mittel- und Hochspannung gibt es keine einheitlichen Netzanschlussregeln, sodass vertraglich zugesicherter Strom bei Nichtabnahme durch Rechenzentren nur in Einzelfällen durch den Stromanbieter zurückgenommen werden kann.
- ▶ Gegenwärtig nutzen knapp 41 Prozent der Unternehmen in FRM die Dienstleistungen von Rechenzentren.
- ▶ Unter den Unternehmen FRMs lassen sich zwei Teilgruppen von Unternehmen identifizieren, Ökosystem-Unternehmen und rechenzentrumsaffine Unternehmen.
- ▶ Rechenzentrumsaffine Unternehmen (12,1 Prozent der Unternehmen) geben an, die Nähe zu Rechenzentren sei ein wichtiger Standortfaktor. Ökosystem-Unternehmen (20,3 Prozent der Unternehmen) geben an, dass zentrale Aspekte eines digitalen Ökosystems wichtige Standortfaktoren seien. 5,3 Prozent Unternehmen lassen sich beiden Gruppen zuordnen.
- ▶ Unternehmen, die dem (digitalen) Ökosystem- oder rechenzentrumsaffinen Typ zugeordnet werden können, zeichnen sich durch ein digitales Profil und eine stärkere Technologienutzung aus.
- ▶ Insbesondere die rechenzentrumsaffinen Unternehmen sind erfolgreicher als die restlichen Unternehmen, denn sie berichten häufiger von Innovationen und konnten in der Vergangenheit erkennbar öfter ihre Mitarbeiterzahl, ihren Umsatz und ihre Produktivität steigern.
- ▶ Auf Basis der bisherigen Erkenntnisse lässt sich der latente Nutzen von Rechenzentren vor allem in Form von Ökosystem- und Gravitationsaspekten wie der Ansiedlung von Digitalunternehmen, der Entwicklung eines positiven Digitalimages sowie der Förderung von Innovation und technischen Entwicklungen vermuten.

In diesem Kapitel werden von der Rechenzentrumsbranche ausgehende Spillover Effekte, also standortbezogene Vor- und Nachteile untersucht. Hierzu wird in Kapitel 5.2.1 regressionsanalytisch geprüft, welche Zusammenhänge sich zwischen der Ansiedlung von Rechenzentren in FRM und relevanten ökonomischen Kennziffern auf Kreisebene identifizieren lassen. In Kapitel 5.2.2 wird die Befragung von rund 320 Unternehmen FRMs ausgewertet. Die Befragung untersucht Verflechtungen und ökonomische Zusammenhänge der lokalen Wirtschaft mit der Rechenzentrumsbranche.

5.2.1 Der Einfluss von Rechenzentren auf die regionale Wirtschaft

Einführung und Methodik

Im Rahmen der Analyse der Spillover-Effekte auf regionaler Ebene wird mit Hilfe von Panelregressionen und Regionaldaten untersucht, welche Zusammenhänge sich zwischen dem Wachstum der Rechenzentrumsbranche (erklärende Variable) und relevanten ökonomischen Kennziffern (zu erklärende Variablen) in den vergangenen zwei Dekaden auf Kreisebene beobachten ließen. Im Grunde vergleicht das angewandte Modell die wirtschaftliche Entwicklung zwischen Kreisen mit stärkerem Rechenzentrumswachstum und Kreisen mit weniger starkem Rechenzentrumswachstum. Diese Analysen bieten erste Anhaltspunkte für ökonomische Spillover-Effekte. Bestimmte Erkenntnisse werden unter Hinzunahme der Ergebnisse aus der Unternehmensbefragung eingeordnet und validiert.

Panelregressionen bieten im Vergleich zu einfachen Korrelationen und Querschnittsanalysen den entscheidenden Vorteil, dass Zusammenhänge zwischen erklärender und zu erklärender Variable deutlich besser isoliert werden und die beobachteten Unterschiede in ökonomischen Kennziffern stärker ursächlich dem Wachstum der Rechenzentrumsbranche zugeschrieben werden können. So werden kreisübergreifende zeitliche Entwicklungen (wie bspw. bundesweites Wirtschaftswachstum) und zeitunabhängige Differenzen zwischen Kreisen (wie bspw. nicht zeitlich variierende Unterschiede in der Infrastruktur oder Wirtschaftsstruktur zwischen Klein- und Großstädten) im Rahmen der Panelregressionen kontrolliert und kommen als alternative erklärende Variablen nicht in Frage. Außerdem liegt ein zentraler Vorteil der Panelregressionen darin, dass dynamische Effekte im Zeitverlauf identifiziert werden können. In der vorliegenden Analyse wird zwischen Effekten im gleichen Jahr und Effekten mit bis zu zwei Jahren Verzug differenziert. Im Anhang wird das Modell ausführlicher und formal erläutert.

Gleichzeitig sind solche Modelle nicht perfekt. Weitere zeit- und kreisvariierende Faktoren – bspw. das Wachstum der Digitalwirtschaft, das mit dem Wachstum der Rechenzentrumsbranche einhergeht – beeinflussen die untersuchten ökonomischen Kennziffern ebenfalls. Daten sind teilweise nicht vollständig verfügbar und die Kreisebene ist angesichts der Größenordnung der Rechenzentrumsbranche nicht die ideale geografische Untersuchungseinheit. Vor dem Hintergrund dieser Limitationen sind die unten ausgeführten Ergebnisse zu verstehen. Insbesondere sind identifizierte Effekte als Tendenz zu verstehen und in ihrer Größenordnung nicht buchstäblich zu interpretieren. Nichtsdestotrotz bieten sie erste hilfreiche Anhaltspunkte für die Analyse der ökonomischen Spillover-Effekte der Rechenzentrumsbranche.

Ergebnisse

Ebenso wie in Kapitel 5.1 zeigt sich in der Analyse auf Kreisebene deutlich, dass die Rechenzentrumsbranche im Vergleich zur Gesamtwirtschaft in FRM sehr klein ist und insofern im Verhältnis zur gesamten Region höchstens kleine wirtschaftliche Effekte entfalten kann. Entsprechend zeigen sich auf Kreisebene bei den meisten ökonomischen Kenngrößen keine Effekte. Überschlagsrechnungen verdeutlichen, dass Spillover-Effekte exorbitant hoch sein müssten, damit auf Kreisebene ein ökonomischer Einfluss messbar wird. Vor dem Hintergrund dieser Einschränkung sind die folgenden Ergebnisse zu verstehen.

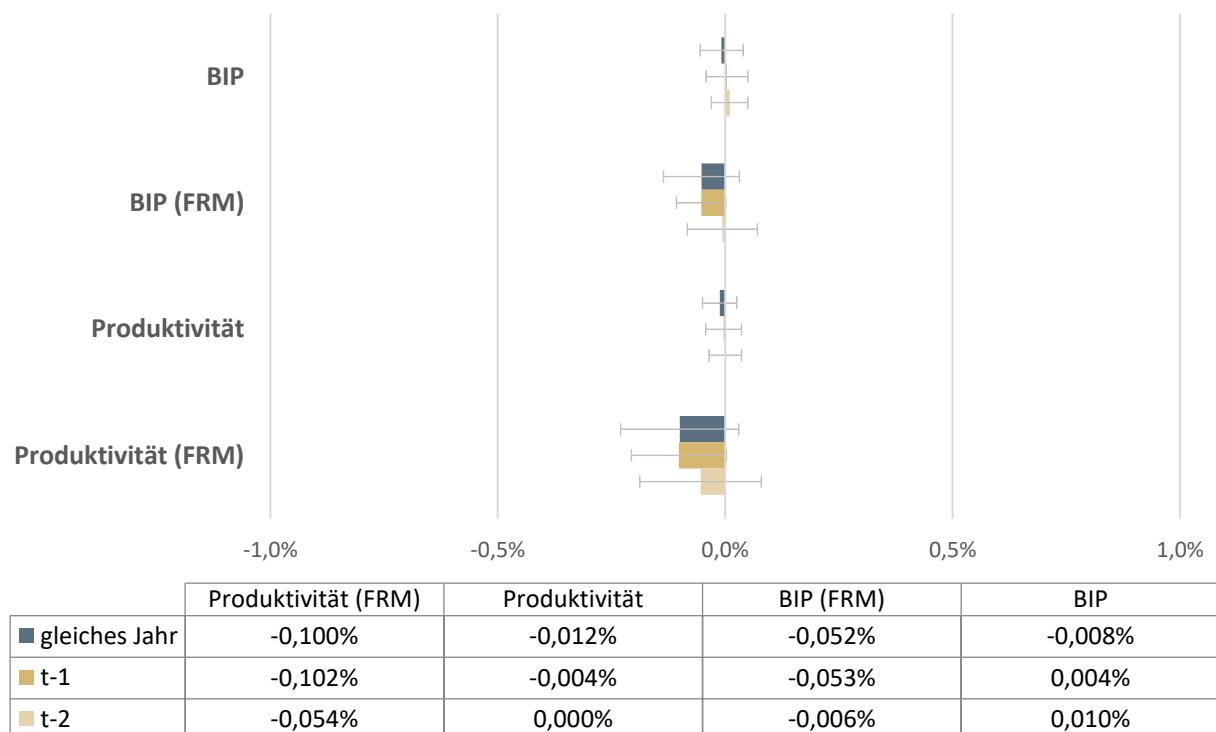
Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass eine Vergrößerung der Rechenzentrumsbranche auf Kreisebene keine Veränderung in allgemeiner Erwerbstätigkeit oder Produktivität nach sich zieht. Es zeigen sich allerdings Verschiebungen in der Wirtschaftsstruktur (zugunsten bestimmter Dienstleistungsbranchen) und eine Zunahme an Gründungen, die in einem signifikanten Zusammenhang mit einer steigenden Rechenzentrumsbranche auf Kreisebene stehen.

Es wird deutlich, dass eine wachsende Rechenzentrumsbranche keinen signifikanten Effekt auf das BIP oder Produktivität – gemessen als BIP je Erwerbstätigen – auf Kreisebene hat. Das gilt sowohl bundesweit als auch bei gesonderter Betrachtung der Region FRM. Die Ergebnisse sind in Abbildung 5-12 dargestellt. Alle Koeffizientenschätzer sind relativ klein und statistisch nicht signifikant. Gezeigt wird hier sowie in allen folgenden Ergebnissen der Kreisdatenanalyse der Effekt eines Wachstums der Rechenzentrumsbranche um einen Mitarbeiter je 10.000 Erwerbstätige. Zwar ist das relativ gesehen ein starker Anstieg: In FRM kommen im Jahr 2023 im Durchschnitt 10 Rechenzentrumsmitarbeitende auf 10.000 Erwerbstätige; ein solcher Anstieg entspricht am aktuellen Rand also einem relativen Wachstum von rund 10 Prozent. Allerdings stellt es lediglich eine kleine gesamtwirtschaftliche Anpassung der Wirtschaftsstruktur vor dem Hintergrund der Größe der Rechenzentrumsbranche insgesamt dar. Ein solches Wachstum der Rechenzentrumsbranche würde ein Anstieg des BIP-Beitrags der Branche von 0,5 auf rund 0,55 Prozentpunkte bedeuten. Damit eine gesamtwirtschaftlich solch kleine Verschiebung zu Produktivitätsänderungen auf Kreisebene führen würde, müsste die Produktivität in der Rechenzentrumsbranche selbst und der Spillover-Effekt auf andere Branchen exorbitant stark von der gesamtwirtschaftlichen durchschnittlichen Wirtschaftsleistung abweichen. Insofern ist keine signifikante Änderung in der Wirtschaftsleistung insgesamt ein erwartbares Ergebnis.

Abbildung 5-12: Effekte der Rechenzentrumsbranche auf Produktivität

Ergebnisse der Schätzung der Effekte einer steigenden Beschäftigung in Rechenzentren (um 1 Mitarbeitenden pro 10.000 Erwerbstätigen) auf BIP und BIP je Erwerbstätiger auf Kreisebene. Panelregression über 400 Kreise und bis zu 17 Jahre. Separate Regression für den Effekt einer erhöhten Beschäftigung im gleichen Jahr, vorangegangen Jahr (t-1) oder zwei Jahre zuvor (t-2). Graue Balken stellen 95%-Konfidenzintervalle dar.

Lesebeispiel: Steigt die Anzahl der Beschäftigten in Rechenzentren pro 10.000 Beschäftigte um eine Person, geht die gegenwärtige Produktivität in FRM im Mittel um 0,1 Prozent zurück. Da das Konfidenzintervall die Nulllinie einschließt ist dieser Effekt statistisch insignifikant (nicht von null zu unterscheiden).



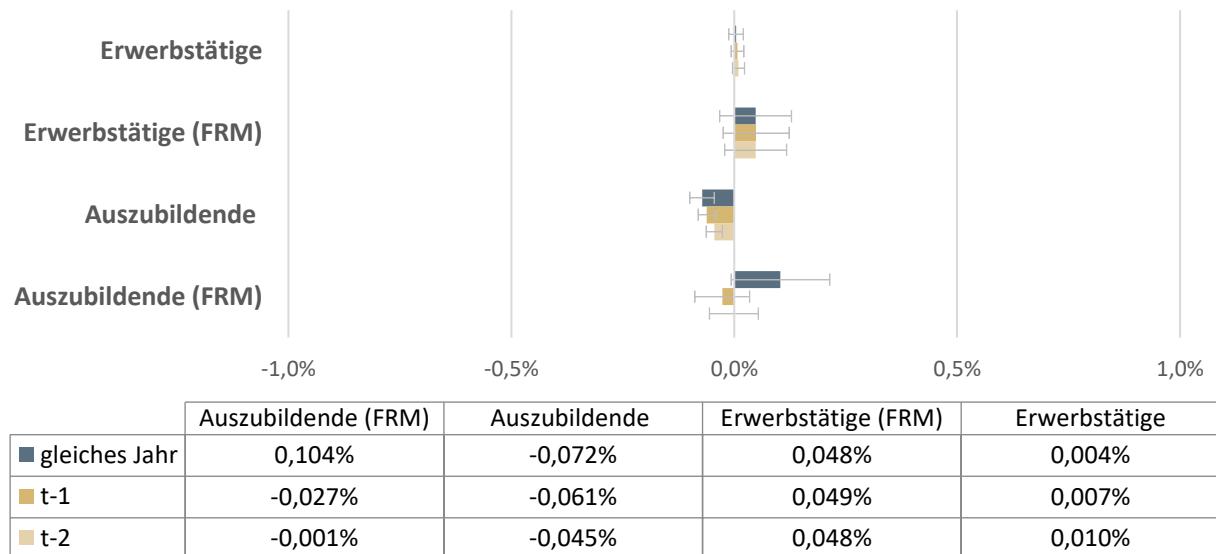
Quelle: (VGRdL 2024), eigene Berechnungen

Auch im Hinblick auf die Gesamtbeschäftigung zeigt sich kein signifikanter Zusammenhang, weder bundesweit noch in FRM. Die Koeffizientenschätzer sind zwar positiv, aber durchweg sehr klein und statistisch insignifikant. Gemessen wird in dieser Analyse ein möglicher Spillover-Effekt der Rechenzentrumsbranche auf die gesamtwirtschaftliche Beschäftigung. Auch hier müsste angesichts der relativ kleinen Größe der Rechenzentrumsbranche im Verhältnis zur Gesamtwirtschaft eines Kreises ein Beschäftigungseffekt sehr stark sein, damit er sich messbar auf Kreisebene äußert.

Abbildung 5-13: Effekte der Rechenzentrumsbranche auf Erwerbstätigkeit

Ergebnisse der Schätzung der Effekte einer steigenden Beschäftigung in Rechenzentren (um 1 Mitarbeitenden pro 10.000 Erwerbstätigen) auf Erwerbstätige auf Kreisebene. Panelregression über 400 Kreise und bis zu 17 Jahre. Separate Regressionen für den Effekt einer erhöhten Beschäftigung im gleichen Jahr, vorangegangen Jahr (t-1) oder zwei Jahre zuvor (t-2). Graue Balken stellen 95%-Konfidenzintervalle dar.

Lesebeispiel: Steigt die Anzahl der Beschäftigten in Rechenzentren pro 10.000 Beschäftigte um eine Person, steigt die gegenwärtige Erwerbstätigkeit in FRM im Mittel um 0,048 Prozent. Da das Konfidenzintervall die Nulllinie einschließt ist dieser Effekt statistisch insignifikant (nicht von null zu unterscheiden).



Quelle: (Bundesagentur für Arbeit 2024), eigene Berechnungen

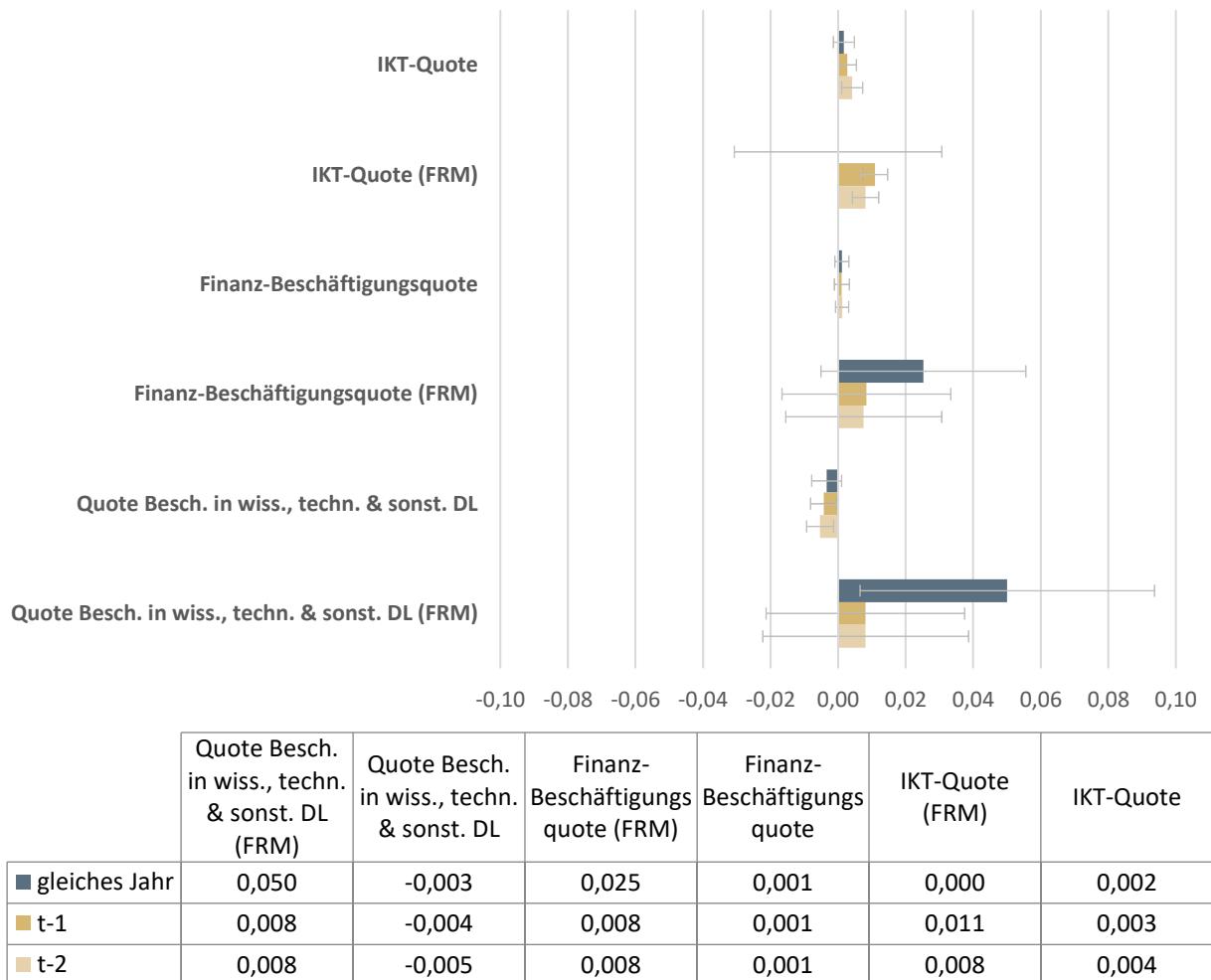
Bei der Wirtschaftsstruktur hingegen werden auf Kreisebene Veränderungen deutlich, die auf eine Vergrößerung der Rechenzentrumsbranche folgen. Im Hinblick auf die Beschäftigtenquote im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) wird ein leichter Anstieg erkennbar, der sich insbesondere nach einem und zwei Jahren bemerkbar macht. Im gleichen Jahr gibt es weder bundesweit noch in FRM eine signifikante Veränderung der Beschäftigtenquote bei einem relativen Wachstum der Rechenzentrumsbranche. Das bedeutet, dass das relative Wachstum der Rechenzentrumsbranche – die ein Teil der IKT-Branche ist – sich zunächst tendenziell aus einer Verschiebung von Mitarbeitenden innerhalb der IKT-Branche zugunsten von Rechenzentren ergibt. In darauffolgenden Jahren wächst allerdings die IKT-Branche tendenziell: Bundesweit führt ein weiterer Rechenzentrumsmitarbeiter pro 10.000 Erwerbstätige im Folgejahr zu 0,3 weiteren Erwerbstätigen in der IKT-Branche pro 10.000 Erwerbstätige (entspricht 0,003 Prozentpunkten) und zwei Jahre später zu 0,4 weiteren Erwerbstätigen in der IKT-Branche pro 10.000 Erwerbstätige (entspricht 0,004 Prozentpunkten). In FRM sind diese Effekte deutlicher und liegen bei einer Ausweitung der gesamten IKT-Branche um rund einen weiteren Erwerbstätigen in der IKT-Branche pro 10.000 Erwerbstätigen in den zwei Jahren nachdem die Rechenzentrumsbranche gewachsen ist. Diese zeitlich verzögerten Effekte sprechen für eine Weiterentwicklung eines digitalen Ökosystems, das mit dem Wachstum von Rechenzentrumsbranchen

einhergeht und im Vergleich zum deutschlandweiten Effekt stärker ausgeprägt ist. Ein höherer Beschäftigungsanteil in der IKT-Branche kann sowohl durch ein Wachstum von bestehenden Unternehmen in der Branche bedingt werden (bspw. Kunden von Rechenzentren), als auch durch Neugründungen. Die Ergebnisse zu Gründungen (s.u.) legen nahe, dass das der Fall ist.

Abbildung 5-14: Effekte der Rechenzentrumsbranche auf die Wirtschaftsstruktur

Ergebnisse der Schätzung der Effekte einer steigenden Beschäftigung in Rechenzentren (um 1 Mitarbeitenden pro 10.000 Erwerbstätigen) auf die Beschäftigtenquote in ausgewählten Dienstleistungsbranchen (in Prozentpunkten) nach der Klassifikation der Wirtschaftszweige (WZ2008): IKT = Informations- und Kommunikationstechnologie (Wirtschaftsabschnitt J); Finanzwesen = Finanz- und Versicherungsdienstleistungen (Wirtschaftsabschnitt K); Wiss., techn. und sonstige Dienstleistungen aus Wirtschaftsabschnitt M-N. Panelregression über 400 Kreise und bis zu 17 Jahre. Separate Regressionen für den Effekt einer erhöhten Beschäftigung im gleichen Jahr, vorangegangen Jahr (t-1) oder zwei Jahre zuvor (t-2). Graue Balken stellen 95%-Konfidenzintervalle dar.

Lesebeispiel: Steigt die Anzahl der Beschäftigten in Rechenzentren pro 10.000 Beschäftigte um eine Person, steigt die IKT-Quote des übernächsten Jahres um durchschnittlich 0,004 Prozent. Dieser Effekt ist statistisch signifikant.



Quelle: (Bundesagentur für Arbeit 2024), eigene Berechnungen

Im Hinblick auf das Finanzwesen zeigt sich bundesweit kein Zusammenhang mit einem Wachstum der Rechenzentrumsbranche. Die Koeffizientenschätzer sind klein und insignifikant. In FRM fallen die Schätzer zwar positiv aus, aber sie unterliegen alle einer hohen Ungenauigkeit und sind statistisch insignifikant. Der Bereich wissenschaftlicher, technischer und sonstiger Dienstleistungen umfasst die

Wirtschaftsabschnitte M-N nach der Klassifikation der Wirtschaftszweige. Darunter fallen unter anderem Forschung und Entwicklung, Beratungs- und Wirtschaftsprüfungsunternehmen, Ingenieurbüros und technische sowie naturwissenschaftliche Dienstleistungen als auch Vermietungs-, Veranstaltungs- und gebäudenahe Dienstleistungsunternehmen. In diesen Branchen wird bundesweit ein leichter Rückgang in der Beschäftigungsquote deutlich, der in den zwei auf das Wachstum der Rechenzentrumsbranche folgenden Jahren statistisch signifikant ist. Dieser Rückgang stellt eine Verschiebung der Struktur zugunsten von anderen Branchen, insb. der IKT-Branche (s.o.), dar. In FRM verhält es sich allerdings gegensätzlich: Auch der Wirtschaftsbereich wissenschaftlicher, technischer und sonstiger Dienstleistungen wächst in Folge eines Wachstums der Rechenzentrumsbranche. Im gleichen Jahr kommt es zu einem Wachstum von 0,05 Prozentpunkten, wenn die Rechenzentrumsbranche um 0,01 Prozentpunkte wächst. Das ist ein verhältnismäßig starker Effekt, obliegt aber auch einer großen Schätzgenauigkeit: Das Konfidenzintervall liegt zwischen 0,01 und 0,1 Prozentpunkten. In der Finanzindustrie lässt sich auch ein positiver Effekt beobachten, dieser ist allerdings statistisch nicht signifikant.

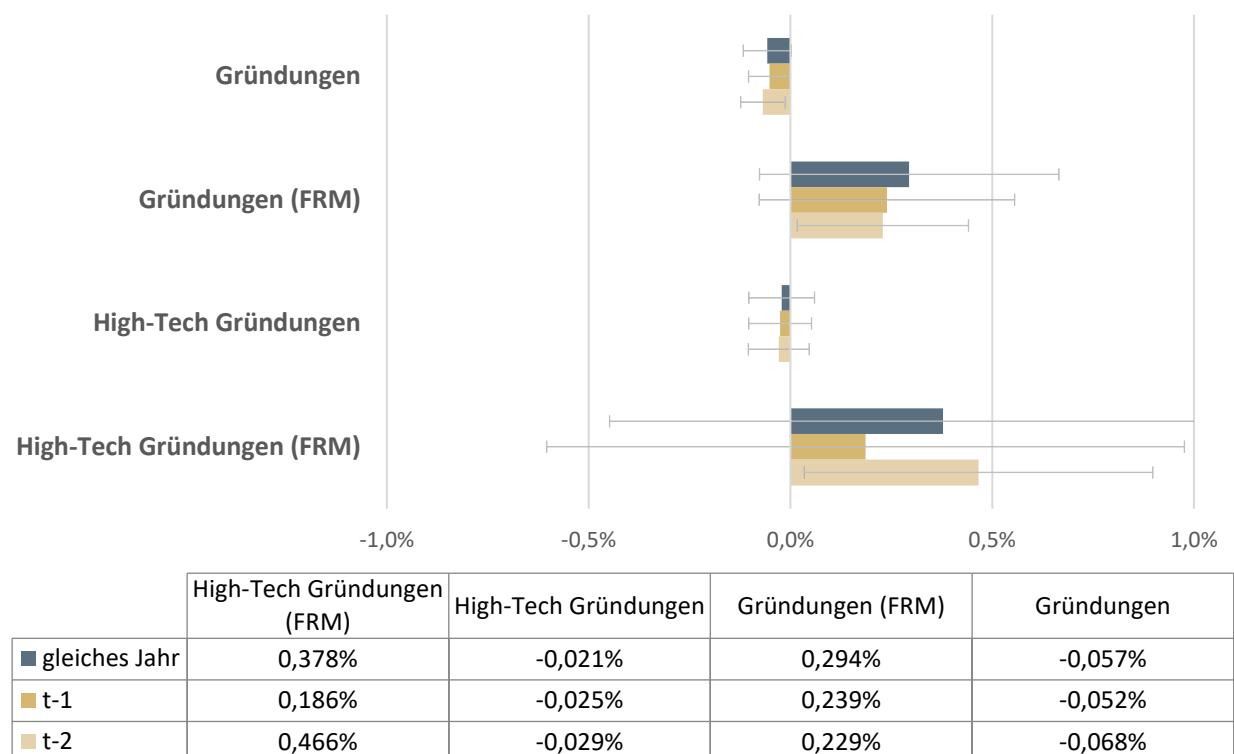
Diese spezielle Verschiebung der Wirtschaftsstruktur in Folge eines Wachstums der Rechenzentrumsbranche in FRM deutet auf einen speziellen regionalen Spillover-Effekt in der Region hin: Stärker als bundesweit tragen Rechenzentren in der Region zur Entwicklung eines digitalen Ökosystems bei, das neben der IKT-Branche selbst auch wissenschaftliche und technische Einrichtungen wie Forschungseinrichtungen umfasst.

Wie aus den Ergebnissen zu Gründungen hervorgeht, entfalten Rechenzentren in der Region auch einen überdurchschnittlich starken Spillover-Effekt auf Startups als Teil eines solchen Ökosystems. Abbildung 5-15 zeigt die Ergebnisse. Eine deutliche Diskrepanz zwischen den bundesweiten Ergebnissen und den regionalen Ergebnissen in FRM wird erkennbar. Während bundesweit nur ein sehr schwacher (sogar negativer) und statistisch in den meisten Fällen insignifikanter Zusammenhang mit dem Wachstum der Rechenzentrumsbranche besteht, ist der Zusammenhang in FRM stärker und positiv. Gerade nach zwei Jahren materialisiert sich ein signifikanter Effekt auf Gründungen und High-Tech-Gründungen: Gründungen steigen um gut 0,2 Prozent bei einem Wachstum der Rechenzentrumsbranche um einen Erwerbstätigen pro 10.000 Erwerbstätige, High-Tech-Gründungen um knapp 0,5 Prozent. Ein wichtiger Teil der High-Tech-Gründungen umfasst digitale Startups mit technologieorientierten Dienstleistern und Software-Unternehmen. Das sind große Effekte angesichts der Tatsache, dass der Ausgangspunkt der Schätzung nur eine sehr kleine Veränderung der Wirtschaftsstruktur zugunsten der Rechenzentrumsbranche auf Kreisebene darstellt. Die Gründungsintensität, die von einer solch kleinen Veränderung ausgeht, muss stark überdurchschnittlich sein, um auf Kreisebene überhaupt einen Effekt von 0,5 Prozent hervorzurufen. Einschränkend ist festzuhalten, dass der Schätzer ein weites Konfidenzintervall hat und somit sehr ungenau geschätzt ist.

Abbildung 5-15: Effekte der Rechenzentrumsbranche auf Gründungen

Ergebnisse der Schätzung der Effekte einer steigenden Beschäftigung in Rechenzentren (um 1 Mitarbeitenden pro 10.000 Erwerbstätigen) auf Gründungen und High-Tech Gründungen auf Kreisebene. Panelregression über 400 Kreise und bis zu 17 Jahre. Separate Regression für den Effekt einer erhöhten Beschäftigung im gleichen Jahr, vorangegangen Jahr (t-1) oder zwei Jahre zuvor (t-2). Graue Balken stellen 95%-Konfidenzintervalle dar.

Lesebeispiel: Steigt die Anzahl der Beschäftigten in Rechenzentren pro 10.000 Beschäftigte um eine Person, steigen High-Tech-Gründungen des übernächsten Jahres um 0,466 Prozent. Dieser Effekt ist statistisch signifikant.



Quelle: (ZEW 2024), eigene Berechnungen

Dieser Zusammenhang wird durch Ergebnisse der Unternehmensbefragung validiert. Der Aussage, dass Rechenzentren die Ansiedlung und Neugründung von Unternehmen in der Region befördern, stimmen 40 Prozent teilweise und gut 38 Prozent eher oder voll und ganz zu. Auch der Technologie- und Digitalschwerpunkt wird dabei bestätigt. Technologie- und Digitalunternehmen sind mit 87 bzw. 90 Prozent Zustimmung die beiden meistgenannten Antworten bei der Nachfrage nach Unternehmenstypen.¹⁶

¹⁶ Neben „Sonstigen“ sind die fünf möglichen Antworten (unter Mehrfachnennung) mit den jeweiligen Zustimmungsraten: Technologieunternehmen (87 Prozent), Digitalunternehmen (85 Prozent), Cloud-Service Provider (72 Prozent), Finanzdienstleister und Banken (75 Prozent) und Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen (72 Prozent).

5.2.2 Rechenzentrumsbranche im wirtschaftsstrukturellen Kontext

Einführung und Methodik

Im nächsten Schritt werden nachgelagerte Wertschöpfungseffekte der Rechenzentrumsbranche auf den Standort FRM detaillierter untersucht. Hierzu wurde im Zeitraum von Juni bis August 2024 eine Telefonbefragung (CATI) unter insgesamt 321 Unternehmen in FRM durchgeführt. Die Stichprobenziehung erfolgte für zwei Drittel der Unternehmen zufällig (stratifiziert nach Branchen- und Größenklassenverortung), wodurch repräsentative Aussagen zur Bedeutung von Spillover-Effekten gewährleistet werden können. Daran anschließend wurde das verbleibende Drittel der Unternehmen aus digital affinen Branchen mit stärkeren Verbindungen zu Rechenzentren befragt, um ein möglichst präzises Bild etwaiger Effekte von Rechenzentren auf die Wirtschaftsstruktur erheben zu können. Die Zusammensetzung der Stichprobe weicht durch das beschriebene Verfahren von der Grundgesamtheit aller Unternehmen in FRM ab. Diese Abweichung wurde bewusst implementiert, denn dadurch wird es möglich, interessierte aber in der Grundgesamtheit selten vertretene Unternehmensgruppen mit starken Verflechtungen zu Rechenzentren zu untersuchen. Die besondere Zusammensetzung der Stichprobe wurde durch den Einsatz von Gewichtungsfaktoren berücksichtigt, sodass sich sowohl ein repräsentatives Gesamtbild aller Unternehmen in FRM als auch robuste und auf hinreichend große Fallzahlen basierende Ableitungen von Unternehmen mit hoher Rechenzentrumsnutzung aus der Befragung ableiten lassen. Näheres zur Befragungsmethodik und zum konzeptionellen Vorgehen findet sich im Anhang der Studie.

Analog zu den Untersuchungen zum Einfluss von Rechenzentren auf regionalökonomische Kennziffern zeichnet sich die Methodik der Unternehmensbefragung durch ein individuelles Stärken-Schwächen-Profil aus. Die größte Stärke einer Primärdatenerhebung in Form einer Unternehmensbefragung liegt in der Möglichkeit der Platzierung inhaltlicher Schwerpunkte. Interessante Konzepte wie die regionalökonomische Bedeutung von Rechenzentren können in einer eigens definierten Stichprobe von zu befragenden Unternehmen adressiert werden. In diesem Kontext lassen sich sowohl Kennzahlen und Fakten als auch Einschätzungen von Unternehmen erheben. Nach abgeschlossener Datenerhebung lassen sich die erhobenen Informationen in Bezug zueinander setzen wodurch Korrelationen identifiziert und Kausalzusammenhänge angenähert werden können. Die zentrale Analyseebene einer Unternehmensbefragung sind die befragten Unternehmen. Interviewpartner ist in der Regel die Geschäftsführung des Unternehmens. Damit ist nicht auszuschließen, dass die erhaltenen Antworten zu einem gewissen Teil die subjektiven Einschätzungen der befragten Person abbilden und nicht zwingend repräsentativ für das gesamte Unternehmen sind. Darüber hinaus erfolgt die Teilnahme der erreichten Unternehmen immer freiwillig. Daher ist es nicht auszuschließen, dass eine Selbstselektion stattfindet und insbesondere jene Unternehmen an der Befragung teilnehmen, die das Thema der Befragung als grundsätzlich relevant erachten. Die geschilderten Limitationen lassen sich datenbasiert nicht kontrollieren; zur Ableitung von Erkenntnissen über die Stichprobengrenzen hinweg muss daher angenommen werden, dass jegliche Verzerrungen unsystematisch stattfinden.

Typisierung von Unternehmen

In den bisherigen Ausführungen wurde das Konzept des digitalen Ökosystems bereits eingeleitet. Darunter wird ein Netzwerk von miteinander verbundenen digitalen Technologien, Plattformen und Diensten verstanden, über die Unternehmen miteinander interagieren und Synergien schaffen. Zentrales Ziel eines digitalen Ökosystems ist die Schaffung von Mehrwert in Form von Wertschöpfung (Mohan et al. 2019). Auch die befragten Unternehmen in FRM lassen sich auf Basis ihrer Angaben in Typen klassifizieren, die angeben, ob die Existenz eines digitalen Ökosystems von Bedeutung ist. Hierzu haben die Unternehmen zu Beginn der Befragung angegeben, wie wichtig verschiedene Standortfaktoren für den Erfolg des eigenen Unternehmens in FRM sind. Unternehmen, die mindestens drei der

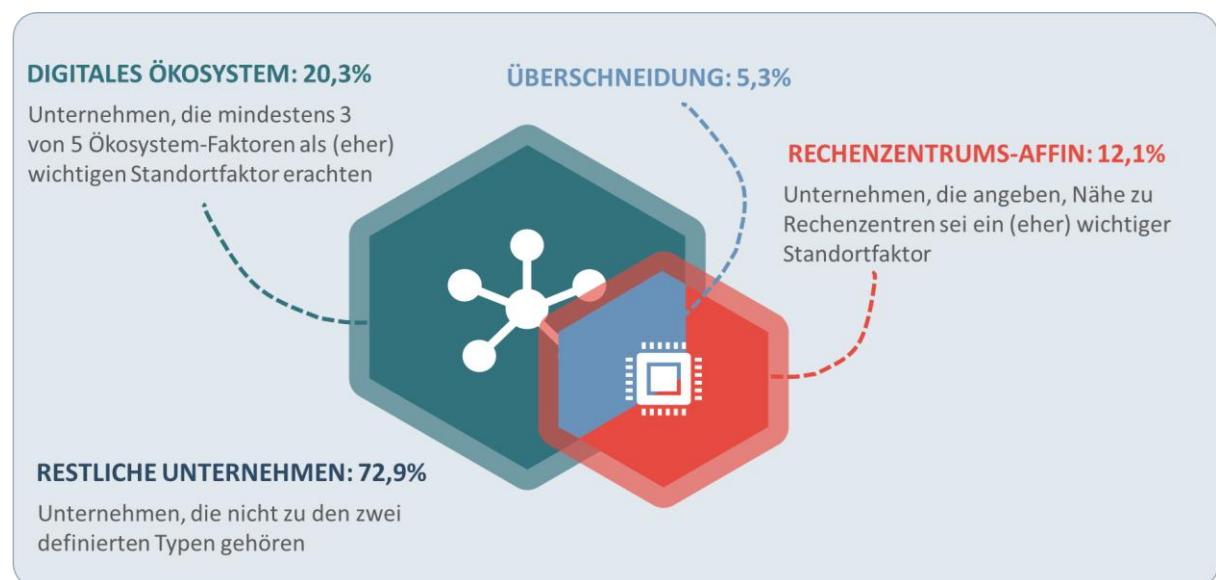
folgenden fünf Ökosystem-Standortfaktoren als wichtig oder eher wichtig bewertet haben wurden dem Unternehmenstyp „Ökosystem“ zugeordnet:

- ▶ Hochleistungsfähige digitale Infrastruktur
 - ▶ Räumliche Nähe zu digital-affinen Unternehmen
 - ▶ Räumliche Nähe zu Startups
 - ▶ Zugang zu Forschungs- und Entwicklungsressourcen
 - ▶ Kooperationsmöglichkeiten mit anderen Unternehmen

Die ausgewählten Ökosystem-Standortfaktoren eint die Perspektive auf digitale Vernetzung und Kooperation. Da darüber hinaus explizit der Bezug zum Erfolg der Unternehmen in der Fragenformulierung hergestellt wurde, eignen sich die ausgewählten Faktoren gut zur Aufteilung der Gesamtstichprobe in Ökosystem-Typen und restliche Unternehmen. Zusätzlich zum Ökosystem-Typ wurde eine Gruppe von rechenzentrumsaffinen Unternehmen definiert. Dieser Gruppe wurden Unternehmen zugeordnet, die in der Befragung angegeben haben, die Nähe zu Rechenzentren sei ein wichtiger oder eher wichtiger Standortfaktor. Hierbei ist es wichtig zu betonen, dass bei der Bildung des Unternehmenstyps Rechenzentrumsaffinität noch keine Informationen bzgl. der konkreten Geschäftsmodellverbindung der Unternehmen zu Rechenzentren wie der grundsätzlichen Nutzung von Rechenzentren und spezifischeren Entscheidungsmerkmalen wie Latenzabhängigkeiten oder Datenschutzaspekte eingeflossen sind. Diese Verflechtungen werden im weiteren Verlauf der Analyse untersucht. Das folgende Diagramm stellt die Verteilung der Unternehmen nach den beschriebenen Typen dar.

Abbildung 5-16: Venn-Diagramm der betrachteten Unternehmensgruppen

Abbildung zu Unternehmenstypen



Quelle: Unternehmensbefragung Rechenzentren (2024)

Die Betrachtung der Unternehmen entlang der definierten Typen zeigt zunächst, dass mit knapp 73 Prozent die deutliche Mehrheit der Unternehmen in FRM weder dem digitalen Ökosystem noch den rechenzentrumsaffinen Unternehmen angehört. Bezogen auf die beiden Unternehmensgruppen wird ersichtlich, dass es mit gut 20 Prozent annähernd doppelt so viele Ökosystem- wie rechenzentrumsaffine Unternehmen gibt. Gut zwei Fünftel des Typs Rechenzentrumsaffinität lässt sich auch der Ökosystem-Gruppe zuordnen. Sowohl innerhalb der Ökosystem- als auch innerhalb der Rechenzentrumsaffinität-Gruppe ist eine teils deutliche Industrieprägung zu erkennen: Während in der

Gesamtstichprobe nur gut 20 Prozent der Unternehmen einen industriellen Hintergrund haben sind es in den Gruppen der rechenzentrumsaffinen Unternehmen und der Ökosystem-Unternehmen gut 33 bzw. knapp 25 Prozent. Bei den rechenzentrumsaffinen Unternehmen handelt es sich um kleinere Unternehmen, im Mittel werden nur 11,3 Mitarbeiter beschäftigt (Gesamtstichprobe: 21,1 Mitarbeiter). Die Unternehmen der Ökosystem-Gruppe befinden sich mit durchschnittlich 19,2 Mitarbeitern dagegen deutlich näher am Mittelwert aller befragten Unternehmen. Insbesondere die rechenzentrumsaffinen Unternehmen weisen eine städtische Prägung auf: Knapp 25 Prozent dieser Unternehmen sitzt direkt in der Stadt Frankfurt am Main (Gesamtstichprobe: 17,9 Prozent), weitere gut 21 Prozent verteilen sich auf die restlichen kreisfreien Städte (Gesamtstichprobe: 11,8 Prozent). Die Unternehmen der Ökosystem-Gruppe sind abgesehen von der Stadt Frankfurt am Main mit gut 15 Prozent geringfügig häufiger in den kreisfreien Städten angesiedelt.

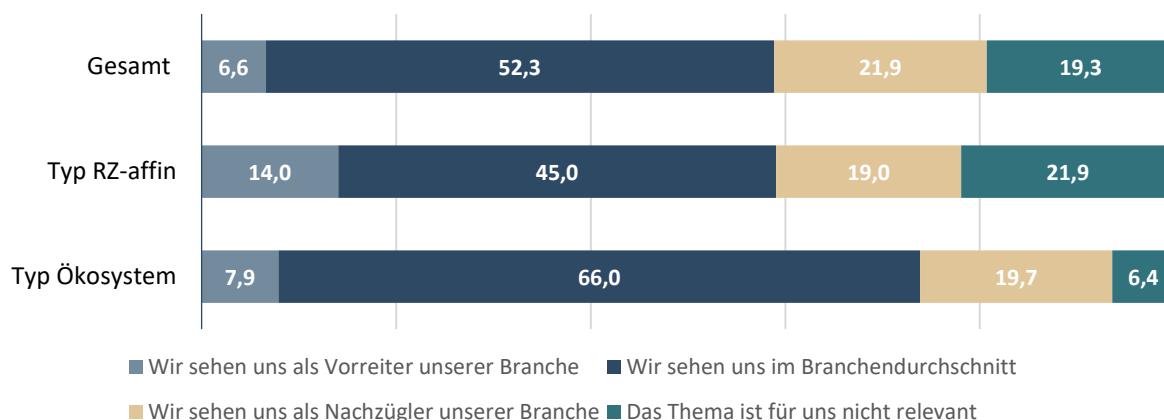
Charakterisierung der Typen anhand des Geschäftsmodells und Technologieprofils

Unternehmen, die dem (digitalen) Ökosystem- oder dem Rechenzentrumsaffinität-Typ zugeordnet werden können, zeichnen sich durch ein digitaleres Profil und eine stärkere Technologienutzung aus. Die folgende Abbildung stellt das Antwortverhalten aller Unternehmen und der betrachteten Typisierungen auf die Frage nach ihrer eigenen Einschätzung zum Digitalisierungsfortschritt dar.

Abbildung 5-17: Einschätzung zum Stand der Digitalisierung

Frage: Wo steht Ihr Unternehmen generell beim Thema Digitalisierung?

Dargestellt: Anteil aller Unternehmen



Quelle: Unternehmensbefragung Rechenzentren (2024)

Erwartungsgemäß gibt jeweils der größte Teil der Unternehmen an, sich selbst im Branchendurchschnitt zu sehen. Über alle Unternehmen hinweg sehen sich dazu knapp 7 bzw. 22 Prozent der Unternehmen als Vorreiter bzw. Nachzügler. Ein knappes Fünftel gibt an, die Digitalisierung habe eine untergeordnete Relevanz. Als Hauptgrund wird hierzu in knapp 82 Prozent der Fälle angegeben, das Geschäftsmodell sei nicht auf die Digitalisierung von Prozessen und Dienstleistungen ausgelegt. Betrachtet man die Gruppen der Ökosystem- und der rechenzentrumsaffinen Unternehmen zeigen sich deutliche Unterschiede zur Gesamtstichprobe. Während die Ökosystem-Unternehmen in ihrer Einschätzung noch etwas konservativer sind, ordnen sich innerhalb der rechenzentrumsaffinen Unternehmen mehr als doppelt so viele Unternehmen in die Gruppe der Digitalisierungsvorreiter ein. Dieses Muster ist in geringerer Ausprägung für Unternehmen mit mindestens 250 Beschäftigten (10,9 Prozent Vorreiter) und Unternehmen der restlichen kreisfreien Städte (10,1 Prozent Vorreiter) zu beobachten. Darüber hinaus sehen sich Industrieunternehmen im direkten Vergleich mit anderen Unternehmen

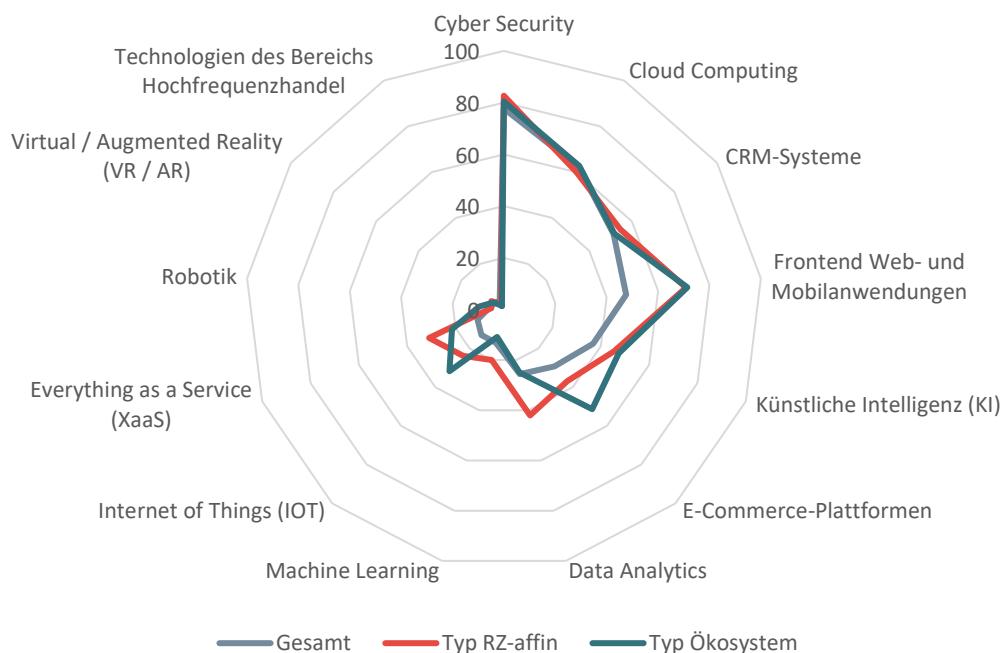
ihrer Branche geringfügig häufiger als Dienstleistungsunternehmen als digitale Vorreiter (8,3 versus 6,1 Prozent). Hierbei muss allerdings auf unterschiedliche Referenzpunkte der Unternehmen verwiesen werden, da explizit der Vergleich zu anderen Unternehmen derselben Branche betont wurde.

Die Einschätzung zum Digitalisierungsstand eignet sich zur grundsätzlichen Einordnung des Geschäftsmodells der Unternehmen, ist aber naturgemäß mit einem hohen Maß an Subjektivität verbunden. Anhand des Einsatzes digitaler Technologien in der täglichen Arbeit zeigt sich allerdings auch ein deutlich stärkeres digitales Profil und eine höhere Technologienutzung. Die Antwortmöglichkeiten auf die Frage nach dem Technologieeinsatz von Unternehmen erlauben eine dynamische Betrachtung, denn die Unternehmen konnten zwischen heutiger Nutzung (umfassend/ teilweise) und zukünftiger Nutzung (Nutzung innerhalb der kommenden fünf Jahre geplant/ keine Nutzung geplant) unterscheiden. Die folgende Abbildung stellt den Anteil der Unternehmen dar, der die genannten Technologien heute bereits umfassend oder teilweise nutzt. Die Technologien sind im Uhrzeigersinn absteigend nach ihrer heutigen Nutzung in der Gesamtstichprobe sortiert.

Abbildung 5-18: Genutzte Technologien der Unternehmen

Frage: Inwieweit nutzt Ihr Unternehmen die folgenden Technologien heute und voraussichtlich innerhalb der nächsten fünf Jahre?

Dargestellt: Anteil aller Unternehmen mit heute bereits umfassend oder heute bereits teilweise.



Quelle: Unternehmensbefragung Rechenzentren (2024)

Die meistgenutzten Technologien unter den Unternehmen FRMs sind Anwendungen der Cyber Security, Cloud Computing und Anwendung zum Management von Kundendaten. Web- und Mobilanwendungen werden von knapp der Hälfte der Unternehmen genutzt, ein gutes Drittel der Unternehmen gibt darüber hinaus an, KI-Anwendungen zu nutzen. Der direkte Vergleich von Unternehmen der Ökosystem- und der Rechenzentrumsaffinität-Gruppe mit der Gesamtheit der Unternehmen zeigt, dass beide Gruppen sich durch eine teils deutlich intensivere Technologienutzung auszeichnen: Der Anteil an rechenzentrumsaffinen Unternehmen, der die genannten Technologien nutzt, übersteigt den respektiven Anteil der Gesamtstichprobe im Mittel um knapp 8 Prozentpunkte, unter den Ökosystem-Unternehmen sind es immerhin knapp 7 Punkte. Rechenzentrumsaffine Unternehmen nutzen deutlich

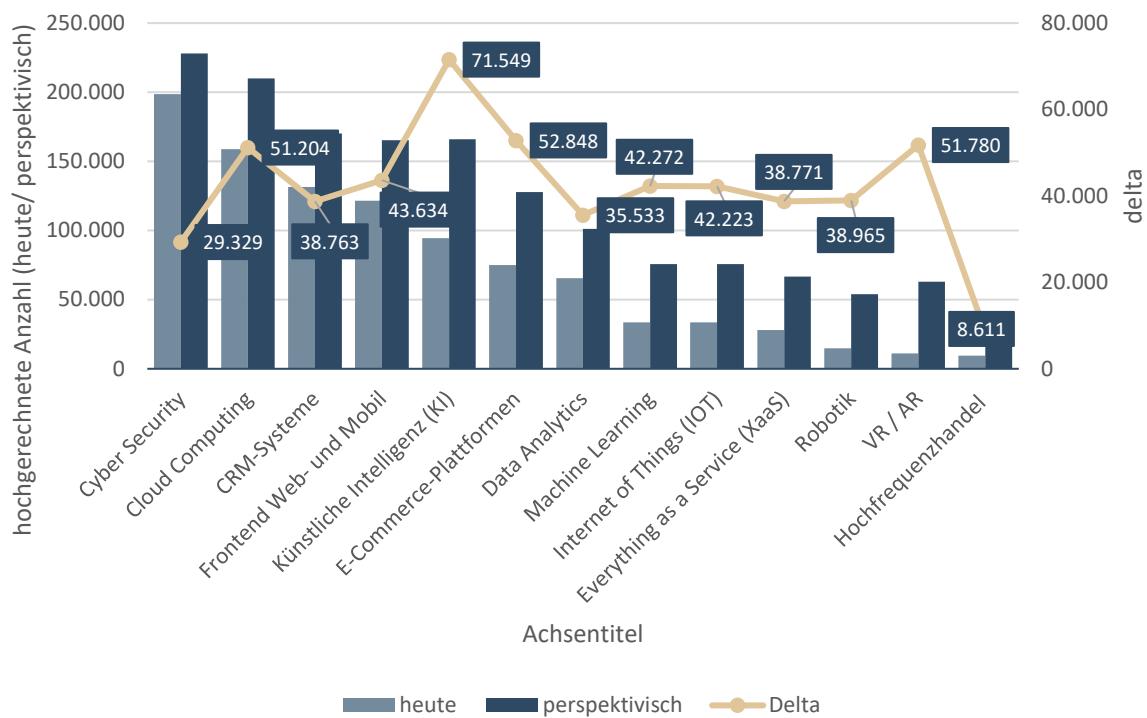
häufiger Frontend- und Mobilanwendungen (Delta = 23,3 Prozentpunkte), XaaS-Technologien (Delta = 20,0) und Data Analytics-Anwendungen (Delta = 16,4). Auch unter den Ökosystem-Unternehmen sind Frontend- und Mobilanwendungen (Delta = 23,8) deutlich stärker vertreten. E-Commerce-Plattformen (Delta = 22,0) und IOT-Anwendungen (Delta = 18,7) landen verglichen mit der Gesamtstichprobe auf dem zweiten und dritten Platz. IOT-Anwendungen werden häufig zur Verknüpfung und automatisierten Wartung von Industrieanalgen verwendet. Die überproportional starke Nutzung dieser Technologie unter den Ökosystem-Unternehmen legt daher nah, dass sich die Gruppe durch viele industrielle Unternehmen mit teil-digitalisiertem Geschäftsmodell auszeichnet. Große Unternehmen nutzen die genannten Technologien tendenziell häufiger, setzen in Bezug auf die spezifischen Technologien allerdings ähnliche Schwerpunkte wie die restlichen Unternehmen. Hinsichtlich der Branchengruppierung und bzgl. des Unternehmensstandortes sind keine signifikanten Unterschiede in der Technologienutzung ersichtlich.

Neben der heutigen Technologienutzung erlaubt die Frage auch eine Zukunftsperspektive, denn die Unternehmen haben angegeben, welche Technologien sie in den kommenden fünf Jahren nutzen möchten. Die folgende Abbildung stellt die hochgerechnete Anzahl an Unternehmen dar, die die jeweiligen heute bzw. perspektivisch nutzen werden. Hierzu wurden die repräsentativen Anteile aus der Unternehmensbefragung mit der Gesamtzahl der Unternehmen FRMs innerhalb der getroffenen Branchenabgrenzung (rund 250.000 Unternehmen) multipliziert.

Abbildung 5-19: Perspektivisch genutzte Technologien der Unternehmen

Frage: Inwieweit nutzt Ihr Unternehmen die folgenden Technologien heute und voraussichtlich innerhalb der nächsten fünf Jahre?

Dargestellt: Hochgerechnete Anzahl aller Unternehmen mit heutiger und voraussichtlicher Nutzung innerhalb der nächsten fünf Jahre sowie Differenz zwischen heutiger und perspektivischer Nutzung



Quelle: Unternehmensbefragung Rechenzentren (2024)

Die grundsätzliche Reihenfolge der perspektivisch genutzten Technologien gleicht abgesehen von marginalen Abweichungen der Reihenfolge der bereits heute genutzten Technologien. In der Differenz zwischen der Anzahl an Unternehmen, die die genannten Technologien heute bzw. in der Zukunft nutzen gibt es aber teils deutliche Unterschiede: Über 70.000 zusätzliche Unternehmen planen innerhalb der kommenden fünf Jahre den Einsatz von KI, weitere gut 50.000 planen perspektivisch in die Cloud zu ziehen, virtual bzw. Augmented Reality zu nutzen und E-Commerce Plattformen zu betreiben. Hinzu kommen jeweils über 40.000 Unternehmen, die Frontend Web- und Mobilanwendungen, Machine Learning und IoT-Technologien nutzen möchten. Diese Technologien sind teilweise mit erheblichem Rechenaufwand verbunden, wodurch die heute bereits hohe Nachfrage nach Dienstleistungen von Rechenzentren weiter steigen dürfte. Der Blick auf die perspektivische Technologie-Nutzung der Unternehmen der rechenzentrumsaffinen Unternehmen und der Ökosystemunternehmen zeigt interessante Unterschiede zwischen beiden Gruppen auf: In der absoluten Betrachtung zeigt sich, dass sowohl die rechenzentrumsaffinen Unternehmen (+ 13.134) als auch die Ökosystem-Gruppen (+ 19.898) analog zur Gesamtstichprobe zukünftig verstärkt auf KI-Anwendungen setzen wollen. Bei den rechenzentrumsaffinen Unternehmen folgen VR/AR (+ 12.021) und Cloud Computing (+ 9.955), bei der Ökosystem-Gruppe sind es E-Commerce-Plattformen (+ 17.096) und Anwendungen des maschinellen Lernens (+ 15.876).

Bisher wurden die Unternehmen des digitalen Ökosystems sowie rechenzentrumsaffine Unternehmen und deren deutlich digitalere Geschäftsmodelle vorgestellt. Im nächsten Schritt wird die Unternehmensbefragung deskriptiv und regressionsanalytisch ausgewertet, wobei zunächst der Fokus auf den

Standort Deutschland im Allgemeinen und FRM im Speziellen gelegt wird. Anschließend werden die Verbindungen der Unternehmen zu Rechenzentren betrachtet. Abschließend werden mit den Aspekten der Innovation und der Entwicklung von Mitarbeiter- und Umsatzzahlen zentrale Erfolgskennziffern untersucht und in Verbindung mit Rechenzentren gesetzt. Eine Unterscheidung nach den oben dargelegten Typen erlaubt Rückschlüsse zu den Spillover-Effekten von Rechenzentren.

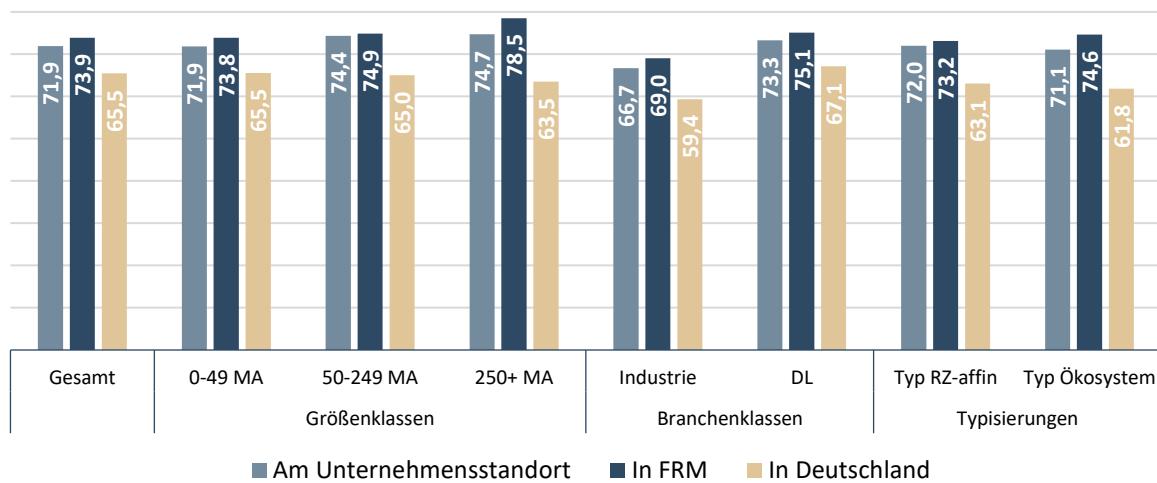
Allgemeine Standortzufriedenheit und Standortfaktoren in FRM

Die folgende Abbildung stellt die mittlere Bewertung der Standortqualität abgefragt auf einer Skala von 0 (sehr niedrig) bis 100 (sehr hoch) und differenziert nach den Größen- und Branchenklasse sowie den bereits eingeleiteten Typisierungen dar.

Abbildung 5-20: Standortzufriedenheit

Frage: Wie beurteilen Sie insgesamt die Standortqualität an Ihrem Unternehmensstandort, in FRM und in Deutschland ganz allgemein von 0 (sehr niedrig) bis 100 (sehr hoch)?

Dargestellt: Mittelwerte aller Unternehmen



Quelle: Unternehmensbefragung Rechenzentren (2024)

Auf Ebene der Gesamtstichprobe vergeben die Unternehmen eine mittlere Standortqualität von knapp 72. Diese Bewertung ist als hoch, aber nicht sehr hoch zu interpretieren und deckt sich mit alternativen Unternehmensbefragungen des IW. In einer Befragung von 700 bayerischen Unternehmen wurde etwa eine mittlere Standortbewertung von knapp 73 vergeben (vbw 2024). Die Gesamtstichprobe und alle betrachteten Differenzierungsgruppen bewerten die Standortqualität in Deutschland am schlechtesten und in FRM am besten. Dieser Befund deckt sich auch mit der Beobachtung, dass die beste mittlere Bewertung des eigenen Unternehmensstandortes von Unternehmen im Frankfurter Stadtgebiet gegeben wird (77,0). Die Bewertungen der Unternehmen nehmen tendenziell mit der Unternehmensgröße zu, darüber hinaus sind Dienstleistungsunternehmen im Mittel deutlich zufriedener als Industrieunternehmen. Hinsichtlich der Ökosystem-Gruppe und der rechenzentrumssaffinen Unternehmen sind keine signifikanten Unterschiede in Bewertungen der Standortqualität zu identifizieren. Unternehmen, die ein Rechenzentrum im unmittelbaren Standortumfeld haben, bewerten die Qualität besser (75,9) als die restlichen Unternehmen (71,4). Diese Tendenz existiert auch, wenn isoliert auf Unternehmen aus Frankfurt am Main geblickt wird. Dies legt nahe, dass es entweder einen direkten Effekt von Rechenzentren auf die Standortqualität gibt oder dass sich Rechenzentren an Standorten

ansiedeln, die auch für andere Unternehmen attraktiv sind. Beide Zusammenhänge lassen sich aufgrund von Fallzahlenrestriktionen nicht empirisch untersuchen.

Aus der Analyse einzelner Standortfaktoren geht hervor, dass die Nähe zu Rechenzentren und digital-affinen Unternehmen in FRM als vergleichsweise weniger bedeutend angesehen, jedoch recht gut bewertet wird. Die folgende Abbildung stellt die Ergebnisse zur Bedeutung und Bewertung aller 15 Standortfaktoren dar und ordnet sie sechs farblich markierten Gruppen zu.

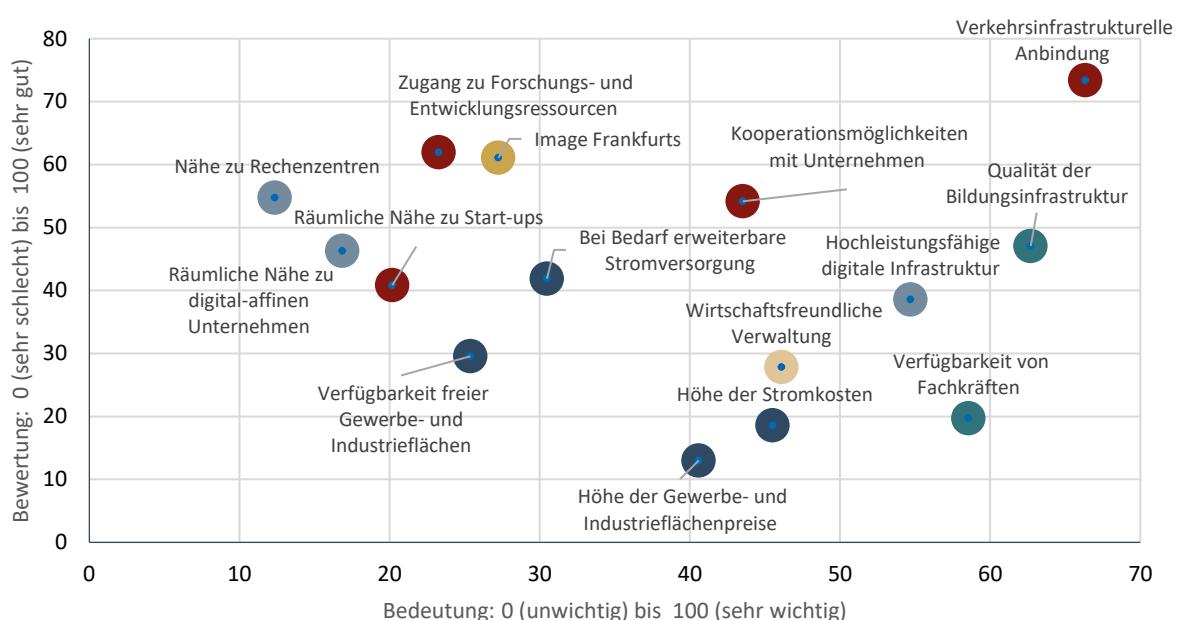
Abbildung 5-21: Bedeutung und Bewertung von Standortfaktoren in FRM

Frage 1: Wie wichtig sind folgende Standortfaktoren für den Erfolg Ihres Unternehmens in FRM?

Frage 2: Wie bewerten Sie die genannten Standortfaktoren in FRM?

Dargestellt: Anteile mit wichtig, eher wichtig (Frage 1) und sehr gut, gut (Frage 2)

Farbgebung: Rot (Vernetzung), Hellblau (Digitales), Dunkelblau (Betriebsressourcen), Grün (Humankapital), Ocker (Verwaltung), Gold (Residual)



Quelle: Unternehmensbefragung Rechenzentren (2024)

Für lediglich 12,1 Prozent der Unternehmen ist die Nähe zu Rechenzentren (eher) wichtig (was den Unternehmenstypen Rechenzentrumsaffinität konstituiert), für 16,8 Prozent die Nähe zu digital-affinen Unternehmen. Gleichzeitig werden diese Standortfaktoren sehr gut bewertet. Die Diskrepanz zwischen Bewertung und Bedeutung rangiert bei ihnen unter den höchsten Werten: Die Nähe zu Rechenzentren wird von 54,7 Prozent der Unternehmen als mindestens gut bewertet (Delta = 42,3), die Nähe zu digital-affinen Unternehmen von 46,3 Prozent (Delta = 29,5). Auch andere entscheidende Aspekte eines digitalen Ökosystems treten positiv in Erscheinung, wie der Zugang zu Forschungs- und Entwicklungsressourcen (Delta = 38,7) oder die Nähe zu Startups (Delta = 20,7). Die Existenz eines digitalen Ökosystems und gute Vernetzungsmöglichkeiten haben auch direkte Folgen für die Bewertung der allgemeinen Standortqualität: Regressionsanalysen zeigen, dass insbesondere die hohe Bedeutung von räumlicher Nähe zu digital-affinen Unternehmen, der Kooperationsmöglichkeiten mit anderen Unternehmen und der verkehrsinfrastrukturellen Anbindung eine hohe Standortqualität bedingen.

Grundsätzlich wird an der Gegenüberstellung von Bewertung und Bedeutung aller Standortfaktoren deutlich, dass es eine negative Korrelation zwischen Bewertung und Bedeutung gibt: Tendenziell

werden Standortfaktoren umso schlechter bewertet, je größer deren Bedeutung ist. Dieser Befund ist aus anderen Primärdatenerhebungen bekannt (IW 2024a) und lässt sich zum Beispiel mit bedeutungsabhängigen Referenzpunkten auf Unternehmensebene erklären: Wird ein Standortfaktor als wichtig erachtet, sind die Unternehmen tendenziell strenger in ihrer Bewertung des Faktors. Im Gegensatz zu den Faktoren der Bereiche Digitales und Vernetzung haben die Faktoren der Bereiche Betriebsressourcen, Verwaltung und Humankapital im Durchschnitt eine geringere Bewertung als Bedeutung. Die größte Unzufriedenheit zeigt sich für die Verfügbarkeit von Fachkräften (Delta = -38,9), die Höhe der Gewerbe- und Industrieflächenpreise (Delta = -27,6) und die Höhe der Stromkosten (Delta = -26,9).

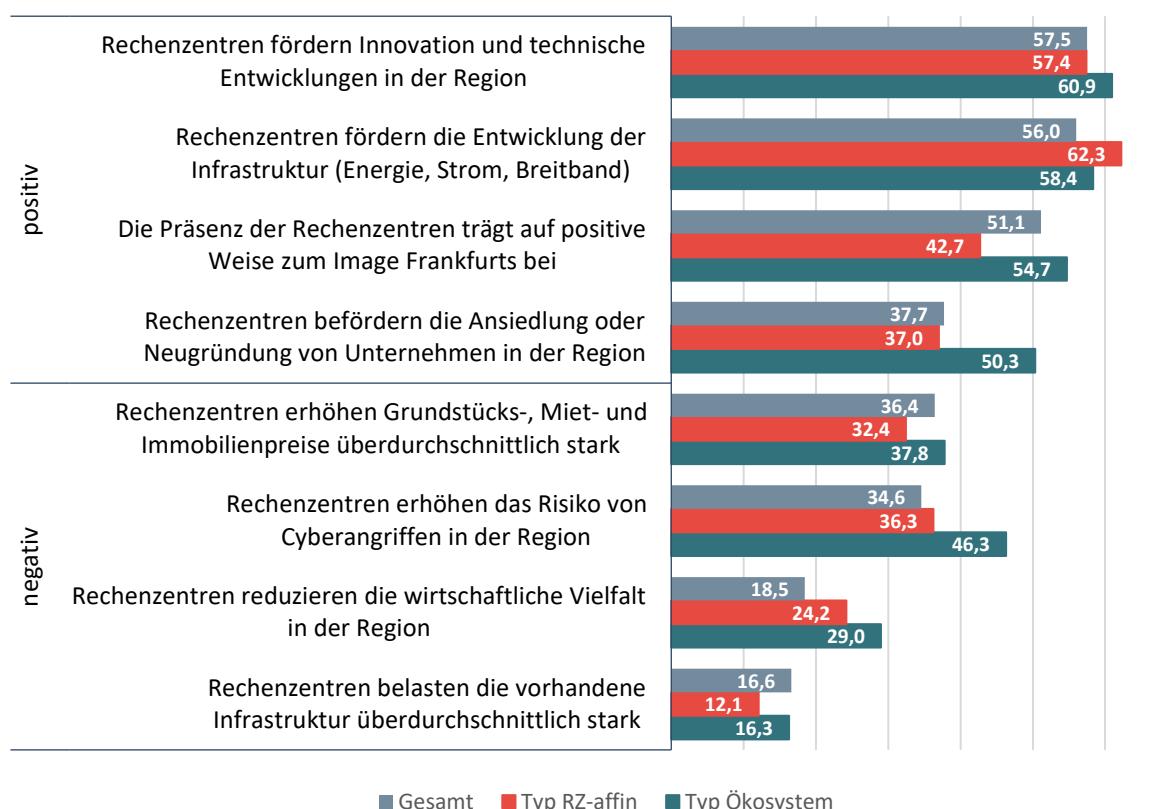
Zusammenhang zwischen Rechenzentren und Standortfaktoren

Zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen ansässigen Rechenzentren und Standortfaktoren in FRM wurden die Unternehmen zunächst mit Aussagen zum Zusammenhang zwischen Rechenzentren und direkten Standorteffekten konfrontiert. Die folgende Abbildung stellt die Zustimmungsanteile der Unternehmen, differenziert nach Positiv- und Negativaussagen absteigend sortiert dar.

Abbildung 5-22: Einschätzungen Rechenzentren und Standortfaktoren in FRM

Frage: Inwieweit stimmen Sie den folgenden Aussagen zum Zusammenhang zwischen RZ und der Region FRM zu?

Dargestellt: Anteil aller Unternehmen mit stimmt voll und ganz und stimme eher zu.



Quelle: Unternehmensbefragung Rechenzentren (2024)

Zuallererst fällt auf, dass die Unternehmen Rechenzentren gegenüber grundsätzlich positiv eingestellt sind: In der Gesamtstichprobe stimmen die Unternehmen den Positivaussagen im Mittel in 50,6 Prozent der Fälle zu, für die Negativaussagen fällt die mittlere Zustimmungsrate mit 26,5 Prozent dagegen

nur gut halb so hoch aus. Die Ökosystem-Unternehmen stimmen den Positivaussagen noch geringfügig häufiger zu (56,1 Prozent), die rechenzentrumsaffinen Unternehmen sind interessanterweise geringfügig kritischer (49,8 Prozent). Knapp 58 Prozent der Unternehmen vertritt die Meinung, Rechenzentren fördern Innovationen und technische Entwicklungen in FRM. Dieser Zusammenhang wird im weiteren Verlauf der Spillover-Analyse noch tiefergehend geprüft, denn die Unternehmen haben auch Aussagen zum direkten Zusammenhang zwischen Rechenzentren und betrieblichen Innovationsleistungen in den Bereichen Produkt- und Dienstleistungs- sowie Prozessinnovationen gemacht. In diesem Zusammenhang lässt sich auch das leicht abweichende Antwortverhalten der rechenzentrumsaffinen und der Ökosystem-Unternehmen erklären.

Zu den positiven Einschätzungen über Rechenzentren reiht sich auch der Beitrag zum digitalen Image von Frankfurt am Main: Über die Hälfte der befragten Unternehmen schätzt, dass Rechenzentren in positiver Art und Weise zum Image der Stadt beitragen, gut ein Drittel der Unternehmen sieht positive Rechenzentrums-Spillover durch Ansiedlungen und Neugründungen. Hierbei geben die Befragten auf Rückfrage an, dass insbesondere Technologie- (87,4 Prozent) und Digitalunternehmen (85,1 Prozent) durch die Präsenz von Rechenzentren in FRM angezogen werden. Diese Antworten deuten auf den positiven Einfluss von Rechenzentren im Kontext eines digitalen Ökosystems hin. Dazu passt, dass die Unternehmen des Typs Ökosystem Neugründungen und Ansiedlung noch deutlich öfter als positiven Effekt sehen (Delta = 12,6 Punkte).

In Bezug auf Infrastrukturentwicklung und Ressourcenkonkurrenz ist das Bild gemischt. Auf der einen Seite geben knapp 56 Prozent der Unternehmen (Typ RZ-affin: 62,3 Prozent / Typ Ökosystem: 58,4 Prozent) an, Rechenzentren fördern die Entwicklung der Infrastruktur. Diese Form des positiven externen Effekts von Rechenzentren wurde auch in Expertengesprächen mit lokalen Netzbetreibern aus Frankfurt am Main thematisiert. In diesen Gesprächen wurde berichtet, dass Rechenzentren im Stadtgebiet von Frankfurt am Main gut 30 Prozent der zur Verfügung stehenden Stromspitzenlast beziehen. Da Rechenzentren aufgrund der hohen Stromnachfrage im Megawattbereich in der Regel direkt an Mittel- und Hochspannungsnetze angeschlossen werden müssen, treiben sie durch die hohe Nachfrage, verbunden mit einer hohen Zahlungsfähigkeit den Netzausbau maßgeblich voran. So erwarten die lokalen Netzbetreiber in Frankfurt am Main, dass sich die Spitzenlast des Stromnetzes aufgrund der fortlaufenden Ansiedlung von Rechenzentren perspektivisch bis zu verachtfachen wird.

Die Verfügbarkeit von Stromkapazitäten stellt die Kehrseite der beschriebenen positiven Externalität dar. Strom wird per Gesetz in Deutschland nach dem Windhundprinzip (*first-come-first-serve*) vergeben. In diesem Zusammenhang wurde geschildert, dass größere Netzkapazitäten ab 10 MW im Frankfurter Stadtgebiet erst in den 2030er Jahren wieder zur Verfügung stehen. Hierdurch entsteht eine Konkurrenzsituation, denn Stromkapazitäten, die Rechenzentren zugesichert wurden, können im Fall von Neugründungen oder Betriebserweiterungen nicht anderweitig vergeben werden. Industrielle Großabnehmer müssen Erweiterungen des Strombedarfs folglich langfristig planen. Es wurde allerdings betont, dass eine mögliche Konkurrenzsituation nur zu anderen Großabnehmern, nicht aber zu kleinen Unternehmen oder gar Haushalten bestünde. Die Verfügbarkeit von Strom ist insbesondere vor dem Hintergrund des speziellen Geschäftsmodells von Rechenzentren bedeutsam: Der Strombedarf von Rechenzentren ist insbesondere für Colocation-Anbieter stark abhängig von den Nutzungsmustern ihrer Kunden. Da die Kunden dieser Rechenzentren selbst keine volle Auslastung der gebuchten Ressourcen gewährleisten können, halten Rechenzentren zwangsläufig Stromreserven vor. In entsprechenden Expertengesprächen wurde geschildert, dass 80-90 Prozent der gebuchten Stromkapazität im Kontext von Rechenzentren bereits dem maximalen Bezug entspricht. In den Expertengesprächen wurde darüber hinaus klargestellt, dass es auf Ebene der Mittel- und Hochspannung keine einheitlichen Netzanschlussregeln gebe, sodass vertraglich zugesicherter Strom bei Nichtabnahme durch Rechenzentren nur in Einzelfällen durch den Stromanbieter zurückgenommen werden kann.

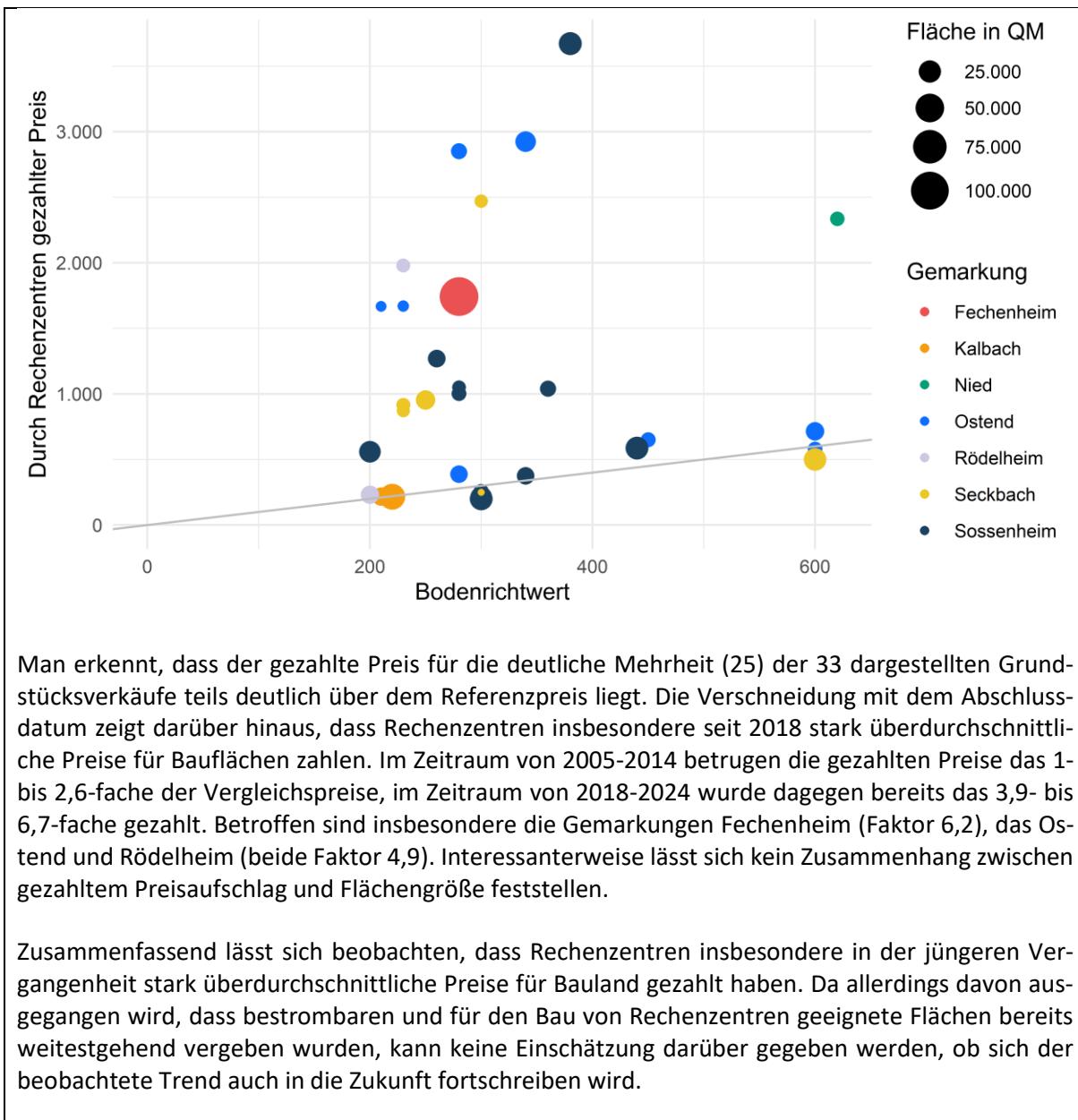
Auch in Bezug auf die Ressource Boden konkurrieren Rechenzentrumsunternehmen mit anderen Branchen. Sie sind in der Regel große und zahlungskräftige Unternehmen mit international ausgelegtem Geschäftsmodell. Aufgrund ihrer schieren Größe und der bisher beobachtbaren Tendenz, sich in den zentralsten Gebieten FRMs niederzulassen, nehmen sie verhältnismäßig große Mengen der knappen Ressource in Anspruch. Vor diesem Hintergrund schätzt ein gutes Drittel der befragten Unternehmen, dass erhöhte Grundstücks- und Bodenpreise die Folge der starken Ansiedlungsdynamik von Rechenzentren sind. Der Gutachterausschuss für Immobilienwerte für den Bereich der Stadt Frankfurt am Main registriert in diesem Zusammenhang die Charakteristika von Grundstücksverkäufen in der Stadt.

Exkurs: Bodenrichtwerte in der Stadt Frankfurt am Main

Bodenrichtwerte geben den durchschnittlichen Lagewert für Boden in Euro pro Quadratmeter in einer Raumeinheit, auch Gemarkung genannt, an. Der Bodenrichtwert für Bauland wird in der Regel mindestens zum Ende jedes zweiten Kalenderjahres ermittelt. Die Basis der Ermittlung der Bodenrichtwerte stellen die Verkäufe von Grundstücken dar, die vom Gutachterausschuss für Immobilienwerte der Stadt Frankfurt am Main registriert werden. Da dem Gutachterausschuss darüber hinaus noch die Information vorliegt, mit welchem Bebauungsziel ein Grundstück gekauft wurde, lässt sich untersuchen, wie groß die von Rechenzentren gekauften Grundstücke in Frankfurt am Main sind, zu welchen Preisen die Transaktionen stattgefunden haben und in welcher Gemarkung Frankfurts sich die Grundstücke befanden.

Seit 2005 wurden insgesamt 33 Verkäufe von unbebauten aber voll erschlossenen Grundstücken in der Stadt Frankfurt am Main mit dem Ziel des Baus eines Rechenzentrums registriert. Die Grundstücke weisen eine Gesamtfläche von 51,7 Hektar auf und sind ungleichmäßig im Frankfurter Stadtgebiet verteilt. Die anzahl- und flächenmäßig am stärksten betroffene Gemarkung ist Frankfurt-Sossenheim im Nord-Westen der Stadt. Seit 2006 wurden hier insgesamt 12 Grundstücke mit einer Gesamtfläche von knapp 19,3 Hektar an Rechenzentren verkauft. Mit insgesamt acht Verkäufen und einer Gesamtfläche von 7,6 Hektar folgt das Ostend, das Rechenzentrums-Hotspots wie die Hanauer Landstraße und die Weismüllerstraße miteinschließt. Ebenfalls stark betroffen und nur unwesentlich weit vom Ostend entfernt ist die Gemarkung Frankfurt Seckbach, in der mit der Borsigallee ein weiterer zentraler Rechenzentrumsstandort liegt. Betreiber wie Iron Mountain, Equinix und First Colo verfügen über Rechenzentrumsstandorte in diesem Gebiet. Hier wurden seit 2006 insgesamt sieben Verkäufe mit einer aggregierten Fläche von 10,6 Hektar registriert. In den verbleibenden Gemarkungen (Kalbach: 2 Verkäufe mit 5,3 Hektar, Rödelheim: 2 Verkäufe mit 2 Hektar, Fechenheim: 1 Verkauf mit 10,6 Hektar und Nied: 1 Verkauf mit 0,7 Hektar) fanden anzahlmäßig zwar erkennbar weniger Verkäufe statt, mit Fechenheim ist aber der Verkauf der mit Abstand größten Einzelfläche hervorzuheben. Das US-Unternehmen Digital Realty baut hier auf einem ehemaligen Neckermann-Gelände elf neue Rechenzentren für mehr als eine Milliarde Euro.

Innerhalb einer Gemarkung kann der von Rechenzentren gezahlte Preis mit dem entsprechenden Bodenrichtwert verglichen werden. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass Grundstücke mit der Nutzungsart Rechenzentrum vom Gutachterausschuss nicht zur Ableitung der Bodenpreise herangezogen werden. Darüber hinaus sei noch darauf hingewiesen, dass Rechenzentren vielfach auf bereits bebauten Grundstücken entstehen, wodurch in der Regel höhere Preise gezahlt werden müssen. Die folgende Abbildung stellt gezahlte Preise und Bodenrichtwerte differenziert nach Gemarkung gegenüber:



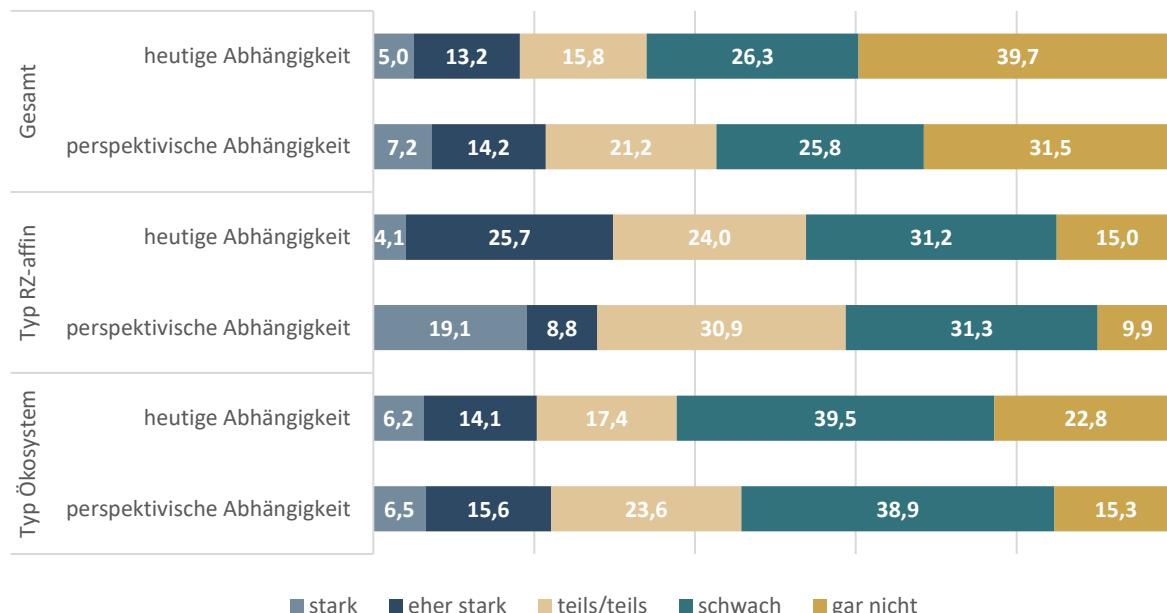
Geschäftsmodellabhängigkeit von Rechenzentren

Aus der Unternehmensbefragung geht hervor, dass knapp jedes fünfte Unternehmen (18,5 Prozent) in FRM (eher) stark von Rechenzentren für seinen Unternehmenserfolg abhängig ist. Dieser Anteil soll gemäß der Unternehmenseinschätzung innerhalb der kommenden fünf Jahre leicht auf gut 21 Prozent steigen. Die folgende Abbildung visualisiert das Antwortverhalten der Unternehmen auf eine diesbezügliche Frage zum heutigen und zukünftigen Zeitpunkt. Bei der Interpretation der entsprechenden Anteile ist allerdings zu bedenken, dass die Abhängigkeit von Rechenzentren nicht mit einer notwendigen räumlichen Nähe zu Rechenzentren gleichzusetzen ist.

Abbildung 5-23: Heutige und perspektivische Abhängigkeit von Rechenzentren

Frage: Wie stark ist Ihr Unternehmenserfolg heute und voraussichtlich innerhalb der nächsten 5 Jahre insgesamt von Rechenzentren abhängig?

Dargestellt: Anteil aller Unternehmen



Quelle: Unternehmensbefragung Rechenzentren (2024)

Mit Blick auf die rechenzentrumsaffinen und die Ökosystem-Unternehmen zeigen sich erwartungstreue Ergebnisse: Insbesondere die rechenzentrumsaffinen Unternehmen geben an, stark von Rechenzentren abhängig zu sein. Interessant ist hier vor allem der Anteil an Intensivnutzern, der angibt stark auf die Dienstleistungen von Rechenzentren angewiesen zu sein. Dieser Anteil wird sich innerhalb der kommenden fünf Jahre annähernd verfünffachen. Die Gruppe der Ökosystem-Unternehmen zeichnet sich durch eine erkennbar geringere Dynamik aus. Auffellig ist hier insbesondere, dass der Anteil, dessen Erfolg heute noch gar nicht von Rechenzentren abhängt in den kommenden Jahren stark rückläufig ist. Der tiefergehende Blick auf die strukturellen Eigenschaften der Unternehmen zeigt, dass insbesondere mittelgroße Unternehmen mit 50 bis 249 Mitarbeitern aus den städtischen Regionen FRMs perspektivisch eine verstärkte Rechenzentrumsabhangigkeit erwarten. Tendenziell erwarten auch Industrieunternehmen eine stärkere Zunahme der Abhängigkeit als Dienstleistungsunternehmen. Diese Perspektive wird aber auch dadurch bedingt, dass Dienstleistungsunternehmen heute bereits stärker mit Rechenzentren kooperieren.

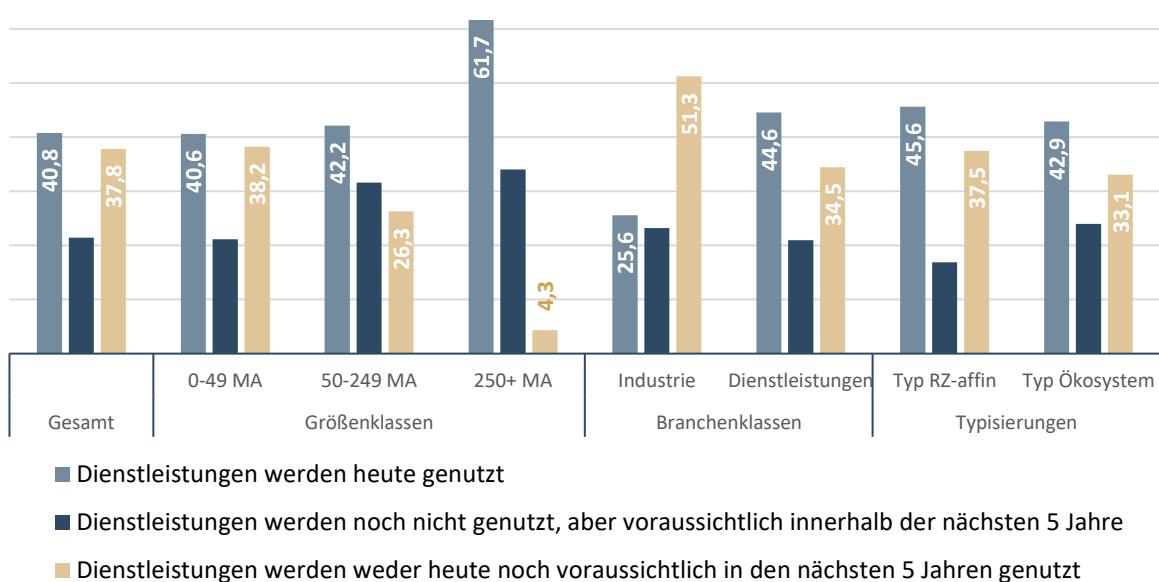
Beschaffungsverbindung: Nutzung von Rechenzentrumsleistungen

Im letzten Abschnitt wurde die Verbindung der Unternehmen FRMs mit Rechenzentren aus Makrosicht betrachtet. In den folgenden Ausfurungen wird der Blickwinkel gescharf und untersucht, welche spezifischen Beschaffungs- und Absatzverflechtungen zwischen den lokalen Unternehmen und Rechenzentren bestehen. Hierzu wurden die Unternehmen zunächst gefragt, ob gegenwärtig oder voraussichtlich innerhalb der nächsten fünf Jahre die Dienstleistungen von Rechenzentren genutzt werden.

Abbildung 5-24: Heutige und perspektivische Nutzung von Rechenzentren

Frage: Nutzt Ihr Unternehmen heute oder voraussichtlich innerhalb der nächsten 5 Jahre die Dienstleistungen von Rechenzentren?

Dargestellt: Anteil aller Unternehmen. MA = Mitarbeiter



Quelle: Unternehmensbefragung Rechenzentren (2024)

Demnach nutzen gegenwärtig knapp 41 Prozent der Unternehmen in FRM die Dienstleistungen von Rechenzentren. Bis zum Ende der Dekade wird erwartet, dass dieser Anteil auf gut 62 Prozent steigen wird. Der Blick auf die Größenklasse der Unternehmen offenbart erkennbare Größeneffekte: Unter Unternehmen mit mindestens 250 Beschäftigten wird bis 2029 eine Nutzungsrate von über 95 Prozent erwartet, die Anteile der Unternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten sind dagegen annähernd identisch zu den Anteilen der Gesamtstichprobe.¹⁷ In abgeschwächter Form zeichnen sich Dienstleistungsunternehmen im Vergleich zu Industrieunternehmen analog zu großen Unternehmen im Vergleich zu kleineren durch eine stärkere Nutzung von Rechenzentrumsdienstleistungen aus.

In der Nutzung von Rechenzentrumsdienstleistungen gibt es außerdem einen Unterschied zwischen der Stadt Frankfurt am Main, den restlichen kreisfreien Städten und den Landkreisen: Am ausgeprägtesten ist die gegenwärtige Nutzung in Frankfurt am Main mit 55,2 Prozent der Unternehmen. Der Anteil in den kreisfreien Städten liegt bei 43,5 Prozent und in den Landkreisen bei 36,7 Prozent. Perspektivisch wird ein leichter Aufholeffekt erwartet: Die Nutzung erhöht sich in den nächsten fünf Jahren in den restlichen kreisfreien Städten und Landkreisen mit Raten von 23,4 bzw. 22,3 Prozentpunkten etwas stärker als in Frankfurt am Main (16,5 Prozentpunkte).

¹⁷ Dieser Befund ist zu erwarten, denn über 97 Prozent der Unternehmen FRMs (äquivalent in Deutschland) sind kleine Unternehmen mit maximal 50 Beschäftigten. Demnach setzt sich auch der Durchschnittswert der Gesamtstichprobe zu über 97 Prozent aus den Antworten der kleinen Unternehmen zusammen, was die Betrachtung von differenzierendem Antwortverhalten nach Größenklassen umso wichtiger macht.

Es ist interessant zu beobachten, dass sich sowohl unter den rechenzentrumsaffinen als auch unter den Ökosystem-Unternehmen keine deutlich höheren Nutzungsquoten wiederfinden. Beide Gruppen nutzen Rechenzentren insgesamt zwar häufiger als die Gesamtheit aller Unternehmen, die Unterschiede (RZ-Delta: 4,9 / Ökosystem-Delta: 2,2) sind aber weder statistisch signifikant noch ökonomisch relevant. Dies zeigt sich auch, wenn man den Unternehmensanteil betrachtet, der angibt, weder heute noch innerhalb der kommenden fünf Jahre die Dienstleistungen von Rechenzentren zu nutzen. Das hängt zum einen mit der sektoralen Zusammensetzung der rechenzentrumsaffinen und Ökosystem-Unternehmen zusammen. Unter diesen Unternehmen finden sich mehr Industrieunternehmen als in der gesamten Stichprobe und der Nutzungsgrad von Rechenzentrumsleistungen ist bei Industrieunternehmen grundsätzlich weniger ausgeprägt. Unter Industrieunternehmen weichen die rechenzentrumsaffinen Unternehmen in ihrer Nutzung von Rechenzentrumsleistungen deutlicher ab: Während 31,9 Prozent der rechenzentrumsaffinen Industrieunternehmen Leistungen der Rechenzentren gegenwärtig nutzen, sind es bei den restlichen Industrieunternehmen 23,9 Prozent. Eine ähnliche Diskrepanz findet sich entsprechend unter Dienstleistungsunternehmen, unter denen der Nutzungsanteil bei rechenzentrumsaffinen Unternehmen bei 52,4 Prozent liegt gegenüber 43,6 Prozent bei den restlichen Dienstleistungsunternehmen.

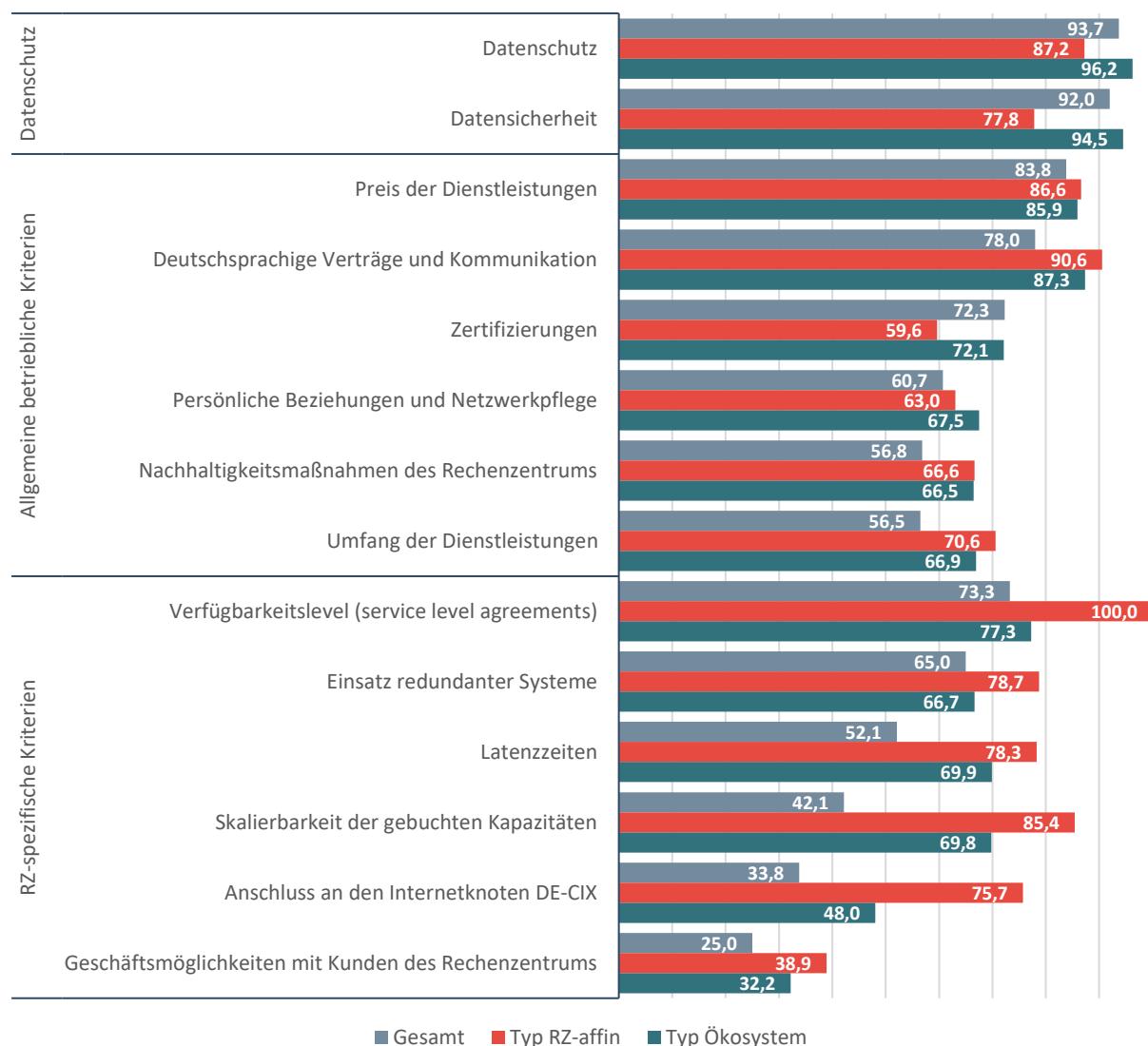
Zum anderen scheinen Rechenzentren vor allem für rechenzentrumsaffine Unternehmen eine Art latenter Nutzen aufzuweisen, der sich nicht zwangsläufig durch die direkte Kooperation mit Rechenzentren ergibt. Auf Basis der bisherigen Erkenntnisse sind dies vor allem Ökosystem- und Gravitationsaspekte wie die Ansiedlung von Digitalunternehmen, die Entwicklung eines positiven Digitalimages und die Förderung von Innovation sowie technischen Entwicklungen.

Schließlich unterscheiden sich rechenzentrumsaffine und Ökosystem-Unternehmen insbesondere im Umfang und der Intensität der von ihnen genutzten Rechenzentrumsleistungen. Das wird deutlich, wenn man die Auswahlkriterien für Rechenzentren sowie die genutzten Leistungen betrachtet. Die folgende Abbildung stellt dar, welche Kriterien für die Auswahl eines Rechenzentrums für Unternehmen in FRM am relevantesten sind.

Abbildung 5-25: Bedeutung von Kriterien bei der Auswahl von Rechenzentren

Frage: Wie wichtig sind die folgenden Kriterien bei der Auswahl des Rechenzentrums für Ihr Unternehmen?

Dargestellt: Anteil der RZ-nutzenden Unternehmen mit wichtig oder eher wichtig



Quelle: Unternehmensbefragung Rechenzentren (2024)

Die Auswahlkriterien, zu denen Unternehmen befragt wurden, lassen sich zur Vereinfachung drei übergeordneten Bereichen von Kriterien zuordnen:

- ▶ **Datenschutz und Datensicherheit:**
Hierzu zählen die Kriterien Datenschutz und Datensicherheit des Rechenzentrums. Für die Gesamtheit der befragten Unternehmen und die Unternehmen des Ökosystem-Typen sind diese Kriterien entscheidend. Im Mittel erzielen diese Kriterien Zustimmungsquoten von über 90 Prozent. Für die rechenzentrumsaffen Unternehmen haben diese Kriterien insgesamt auch eine hohe, im Vergleich aber geringere Relevanz.
- ▶ **Allgemeine betriebliche Kriterien:**
Den allgemeinen betrieblichen Kriterien lassen sich Preis der Dienstleistungen, deutschsprachige Verträge und Kommunikation, Zertifizierungen, persönliche Beziehungen und

Netzwerkpflege, Umfang der Dienstleistungen sowie Nachhaltigkeitsmaßnahmen des Rechenzentrums zuordnen. In der aggregierten Perspektive lässt sich für diesen Bereich keine differenzierende Priorisierung der Gruppen feststellen. Er hat für alle Gruppen eine hohe Relevanz. Als besonders wichtig hervorzuheben sind insbesondere der Preis der Dienstleistung sowie deutschsprachige Verträge und Dienstleistungen. Persönliche Beziehungen, Nachhaltigkeitsmaßnahmen des Rechenzentrums sowie Dienstleistungsumfang werden von den Kunden der Rechenzentren dagegen als weniger bedeutsam erachtet.

► Rechenzentrumsspezifische Kriterien:

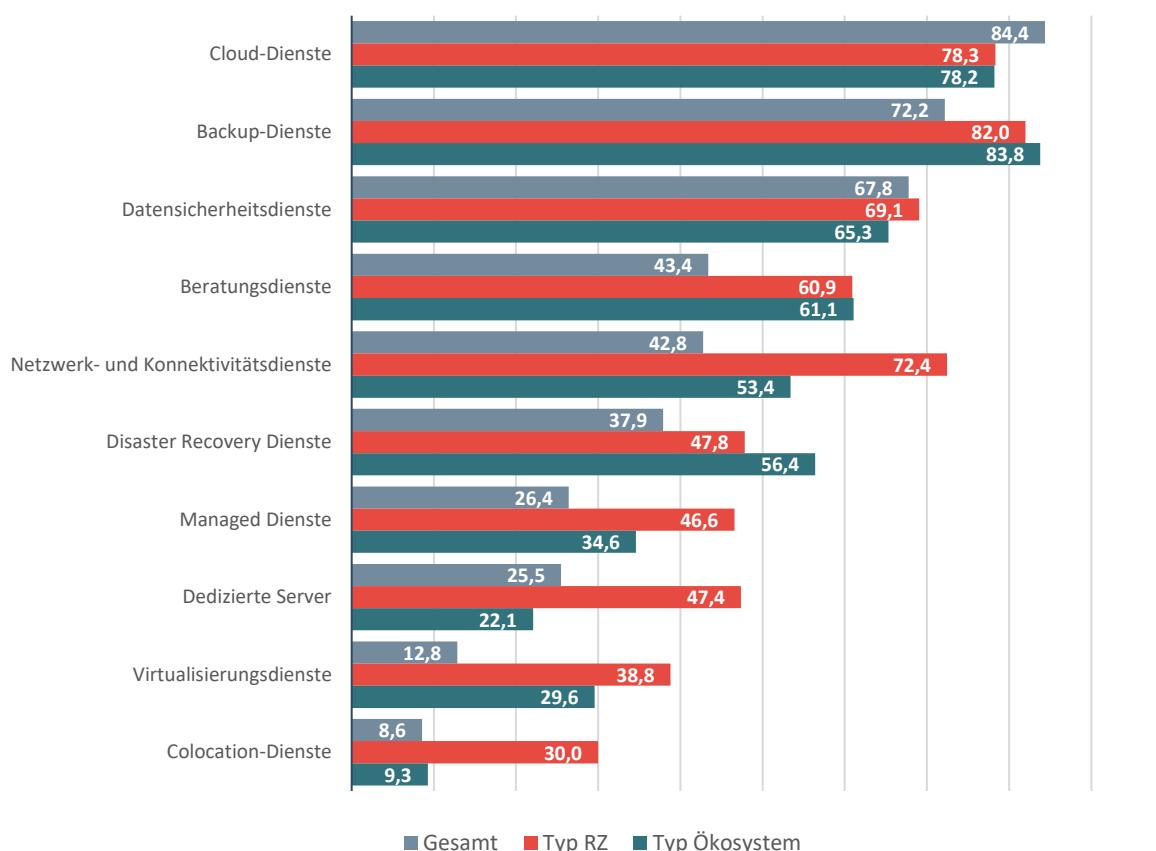
Für die bisherigen Kriterien lässt sich argumentieren, dass sie nicht spezifisch die Geschäftsbeziehung von Unternehmen mit Rechenzentren betreffen, denn Aspekte wie Datensicherheit und Preis oder Umfang von eingekauften Dienstleistungen spielen bei jeder betrieblichen Entscheidung eine Rolle. Verfügbarkeitslevel, der Einsatz redundanter Systeme, Latenzzeiten, Skalierbarkeit der gebuchten Kapazitäten, der direkte Anschluss an den DE-CIX und Geschäftsmöglichkeiten mit anderen Kunden des Rechenzentrums stellen dagegen spezifische und auf das Geschäftsmodell von Rechenzentren ausgelegte Kriterien dar. Anhand dieser Kriterien lassen sich markante Unterschiede zwischen den betrachteten Gruppen erkennen, die direkte Ableitungen bzgl. der Art der Nutzung von Rechenzentren zulassen. Die Nutzung von Rechenzentren befindet sich mit Blick auf die Gesamtstichprobe in einem initialen Stadium, in dem betriebliche und Datenschutzaspekte überwiegen. Ökosystem- und speziell rechenzentrumsaffine Unternehmen sind dagegen als weiter fortgeschrittene Nutzergruppen zu verstehen. Hier gewinnen insbesondere Skalierungsmöglichkeiten und echtzeitrelevante Aspekte wie der Anschluss an den DE-CIX und niedrige Latenzzeiten zunehmend an Relevanz.

Die weiterentwickelte Form der Nutzung von Rechenzentrumsdienstleistungen spiegelt sich auch in den Antworten der Unternehmen auf die Frage nach den von ihnen genutzten Leistungen wider (Abbildung 5-26). Zunächst wird deutlich, dass vor allem Cloud-Services (84,4 Prozent), Backup- (72,2 Prozent) und Datensicherheitsdienste (67,8 Prozent) von den Unternehmen genutzt werden. Auf Basis der Antworten der Gesamtstichprobe gibt es keine andere Dienstleistung, die von mindestens der Hälfte der Unternehmen genutzt wird. Anders verhält es sich bei den Ökosystem- und vor allem bei den rechenzentrumsaffinen Unternehmen, die noch mehrheitlich auf Datensicherheits-, Beratungs-, Netzwerks- und Konnektivitäts- sowie Disaster Recoverydienste setzen. Die verbleibenden Dienstleistungen werden zwar auch von den beiden Intensivnutzergruppen seltener genutzt, verglichen mit der Gesamtheit aller Unternehmen in FRM zeigen sich aber auch für diese komplexeren Dienste deutlich höhere Nutzungsquoten. Über alle Dienste hinweg werden von allen Unternehmen durchschnittlich 1,9 Dienste pro Unternehmen genutzt. Bei den Ökosystem-Unternehmen sind es bereits 2,2 Dienste und bei den rechenzentrumsaffinen Unternehmen sogar 2,6 Dienste pro Unternehmen.

Abbildung 5-26: Genutzte Rechenzentrums-Dienstleistungen

Frage: Welche der folgenden Dienstleistungen von Rechenzentren nutzt Ihr Unternehmen?

Dargestellt: Anteil der Unternehmen



Quelle: Unternehmensbefragung Rechenzentren (2024)

Mit Blick auf die restlichen Differenzierungsgruppen zeigt sich, dass auch große Unternehmen mit mindestens 250 Beschäftigten (2,9 genutzte Dienste) und Unternehmen im unmittelbaren Standortumfeld von Rechenzentren (2,9 genutzte Dienste) zu den Intensivnutzern der angebotenen Dienstleistungen zählen. Insbesondere letztere Beobachtung zeigt, dass die geografische Nähe zu Rechenzentren positiv mit der Nutzungsintensität der angebotenen Leistungen zusammenhängt. Dieser Zusammenhang lässt sich zu einem gewissen Teil auch kausal interpretieren, denn Unternehmen, die ihren Sitz in den zentralen Regionen FRMs haben, nutzen die genannten Dienste zwar ebenfalls häufiger (Frankfurt am Main: 2,6 Dienste / restliche Städte: 1,9 Dienste / Landkreise: 1,7 Dienste), allerdings nicht so häufig wie Unternehmen im unmittelbaren Standortumfeld von Rechenzentren. Anders ausgedrückt: Nicht nur in der Stadt, sondern auch in den Landkreisen FRMs gibt es Unternehmen mit unmittelbarer Nähe zu Rechenzentren, die deren Dienste stärker nutzen als weiter entfernte Unternehmen.

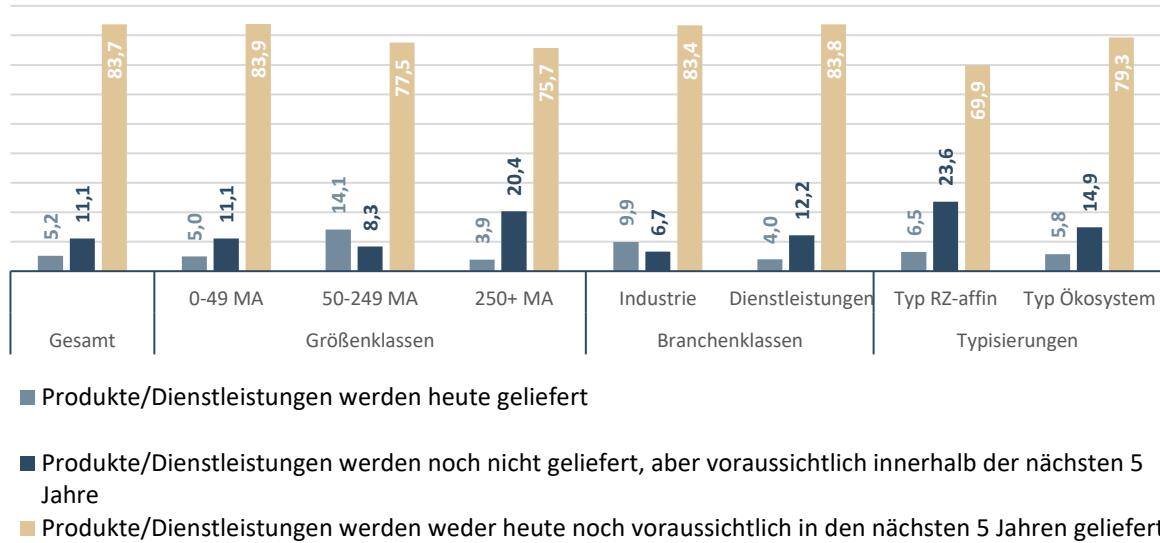
Absatzverbindung: Vorleister der Rechenzentren

Neben der Verbindung zu Rechenzentren in Form der Beschaffung von Dienstleistungen besteht auch die Möglichkeit, dass Unternehmen Produkte und Dienstleistungen an Rechenzentren verkaufen, sich also durch eine Absatzbeziehung zu Rechenzentren auszeichnen. In den geführten Expertengesprächen wurde in diesem Zusammenhang insbesondere auf die Bereiche Baugewerbe, Handwerk sowie Reinigung und Sicherheit hingewiesen. Die folgende Abbildung stellt die Anteile der Unternehmen in FRM dar, die angaben, heute, perspektivisch oder weder heute noch perspektivisch eine Absatzbeziehung mit Rechenzentren zu haben.

Abbildung 5-27: Heutige und perspektivische Belieferung von Rechenzentren

Frage: Liefert Ihr Unternehmen heute oder voraussichtlich innerhalb der nächsten 5 Jahre Produkte und Dienstleistungen an Rechenzentren?

Dargestellt: Anteil aller Unternehmen, MA = Mitarbeiter



Quelle: Unternehmensbefragung Rechenzentren (2024)

Die große Mehrheit von knapp 84 Prozent der Unternehmen wird demnach weder heute noch perspektivisch Produkte und Dienstleistungen an Rechenzentren liefern. Gegenwärtig sind es insbesondere kleine und mittlere Unternehmen mit 50 bis 249 Beschäftigten, die Absatzbeziehungen zu Rechenzentren aufweisen. Perspektivisch werden aber auch große Unternehmen mit mindestens 250 Beschäftigten verstärkt entsprechende Kooperationen eingehen, denn gut jedes fünfte Großunternehmen berichtet von entsprechenden Plänen. Erwartungsgemäß sind Industrieunternehmen (9,9 Prozent) absatzseitig stärker mit Rechenzentren verbunden als Dienstleistungsunternehmen (4,0 Prozent). Letztere Unternehmensgruppe plant allerdings innerhalb der kommenden fünf Jahre verstärkt Rechenzentren zu beliefern. Rechenzentrumssaffine und Ökosystem-Unternehmen sind aktuell absatzseitig nicht stärker mit Rechenzentren verbunden als andere Unternehmen. Entsprechende Pläne für die kommenden fünf Jahre liegen allerdings insbesondere für erstere Gruppe bereits vor: Knapp jedes vierte der rechenzentrumssaffinen Unternehmen plant perspektivisch Produkte und Dienstleistungen an Rechenzentren zu liefern.

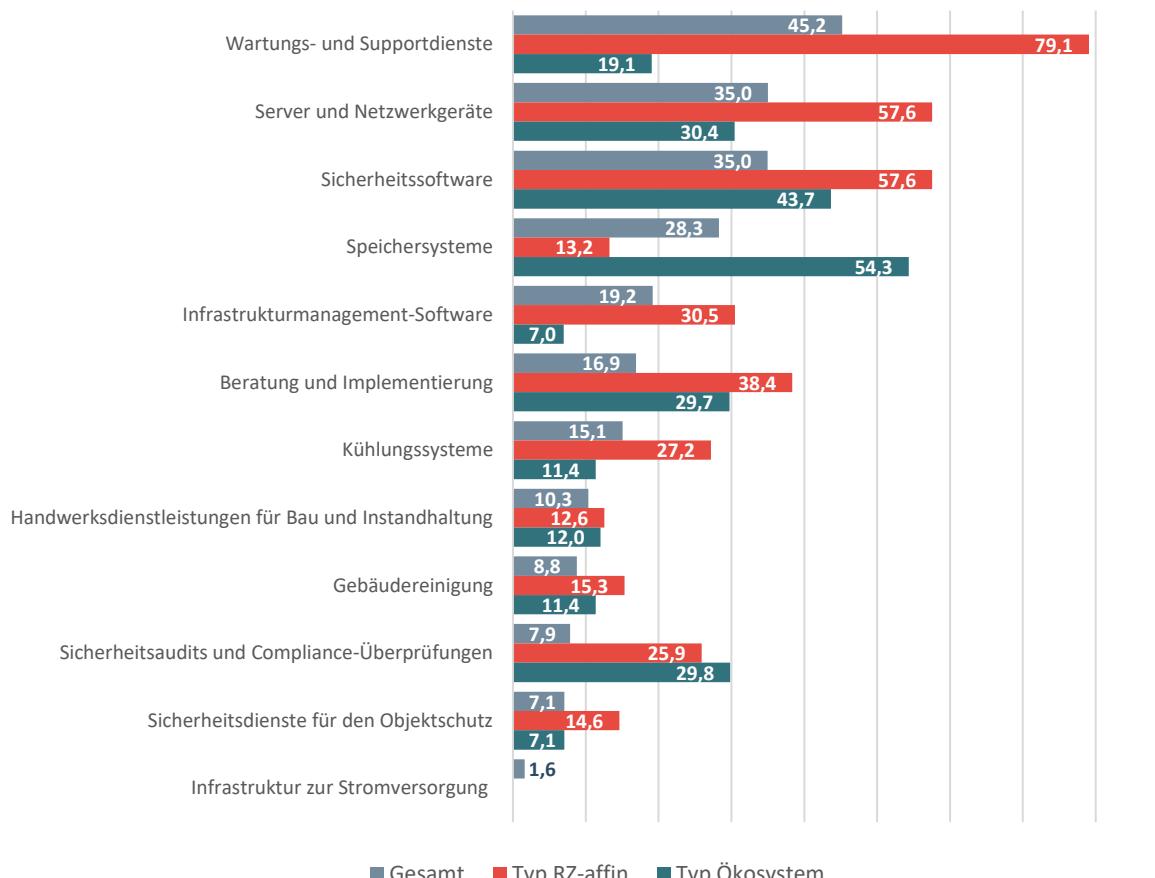
Zur Entwicklung eines besseren Verständnisses der Absatzverflechtungen der lokalen Unternehmen FRMs mit den ansässigen Rechenzentren wurden Unternehmen mit gegenwärtigen und

perspektivischen Kooperationsbeziehungen im nächsten Schritt gefragt, mit welchen Produkten und Dienstleistungen sie Rechenzentren beliefern bzw. dies planen.

Abbildung 5-28: An Rechenzentren gelieferte Produkte und Dienstleistungen

Frage: Mit welchen der folgenden Produkte und Dienstleistungen beliefert Ihr Unternehmen Rechenzentren?

Dargestellt: Anteil der Unternehmen mit (geplanten) Absatzverflechtungen zu Rechenzentren



Quelle: Unternehmensbefragung Rechenzentren (2024)

Demnach versorgen die Unternehmen Rechenzentren am häufigsten mit Wartungs- und Supportdiensten (45,2 Prozent), Server und Netzwerkgeräten (35,0 Prozent) sowie Sicherheitssoftware (35,0 Prozent). Interessant ist auch der Bereich Infrastruktur zur Stromversorgung, denn dieser Bereich stellt zwar die seltenste, aber mit Abstand umsatzstärkste Absatzverflechtung mit Rechenzentren dar.

Geografische Nähe zu Rechenzentren

Der Aspekt der geografischen Nähe zu Rechenzentren spielt insbesondere in Frankfurt am Main eine zentrale Rolle, denn der Großteil der ansässigen Rechenzentren befindet sich in den zentralsten und flächenknappsten Gebieten der Stadt. Ursächlich für diese Entwicklung wird häufig der Internetknoten DE-CIX gesehen, der analog zu einem Verkehrsknotenpunkt als Drehkreuz für den globalen Datenverkehr fungiert. In der jüngeren Vergangenheit haben Betreiber von Rechenzentren die unmittelbare Nähe zum DE-CIX teilweise zu de-priorisieren begonnen und stattdessen einen ausreichend dimensioinierten Internetanschluss als Ansiedlungskriterium herangezogen. In der Folge siedeln sich Rechenzentren zunehmend auch in den an Frankfurt am Main angrenzenden Kommunen an (Regionalverband

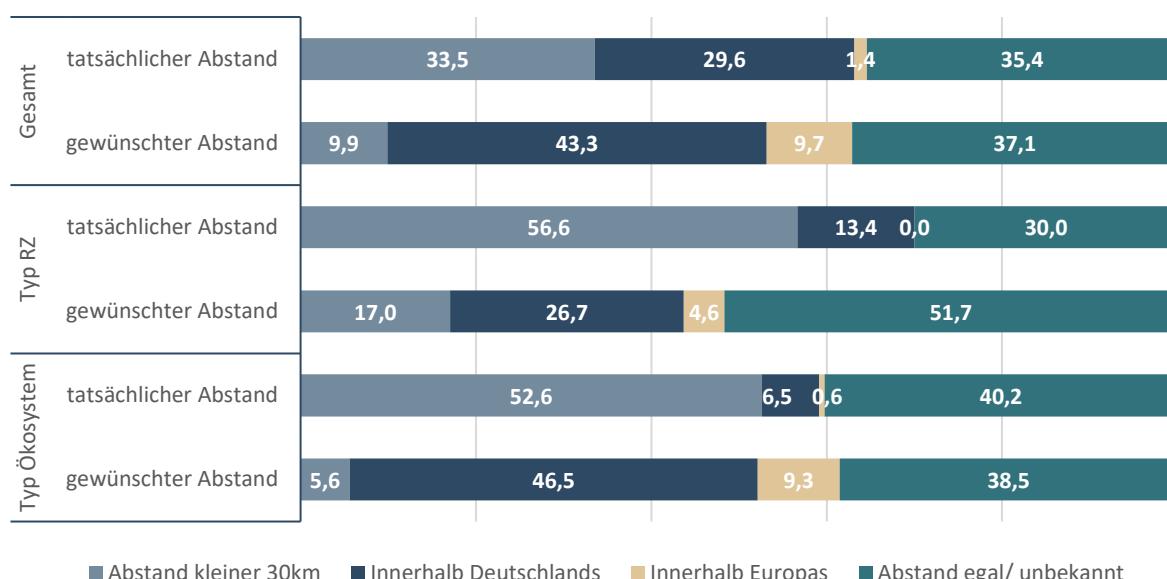
FrankfurtRheinMain 2024). Vor diesem Hintergrund wurden die Unternehmen, die angaben, Rechenzentren zu nutzen, zum tatsächlichen und gewünschten Distanz zum nächstliegenden, genutzten Rechenzentrum befragt.

Abbildung 5-29: Tatsächlicher und gewünschter Abstand zu Rechenzentren

Frage1: In welchem Abstand zu der Hauptniederlassung Ihres Unternehmens befindet sich das nächstliegende, genutzte Rechenzentrum?

Frage 2: In welchem Abstand zu der Hauptniederlassung Ihres Unternehmens sollte sich das nächstliegende, genutzte Rechenzentrum befinden?

Dargestellt: Anteil der RZ-nutzenden Unternehmen



Quelle: Unternehmensbefragung Rechenzentren (2024)

Sowohl für die Gesamtheit der Unternehmen als auch für die untersuchten Unternehmensgruppen ist eine Diskrepanz zwischen tatsächlichem und gewünschtem Abstand zu identifizieren. Ein gutes Drittel aller befragten Unternehmen gibt an, das genutzte Rechenzentrum befindet sich innerhalb eines Umkreises von maximal 30km. Dem gegenüber steht nur ein knappes Zehntel an Unternehmen, das einen derart geringen Abstand als wünschenswert bezeichnet. Für die betrachteten Unternehmenstypen zeigt sich eine deutlich geringere Distanz, jeweils mehr als die Hälfte dieser Gruppen gibt einen Abstand kleiner als 30km an. Für die rechenzentrumsaffinen Unternehmen fällt der Anteil, der sich einen entsprechend geringen Abstand wünscht zwar erkennbar größer als in der Gesamtstichprobe und in der Ökosystem-Gruppe aus, allerdings klaffen auch hier Realität und Notwendigkeit deutlich auseinander. In allen betrachteten Gruppen gibt die deutliche Mehrheit der Unternehmen an, dass ein sich in Deutschland, nicht aber zwangsläufig innerhalb von 30km Abstand befindendes Rechenzentrum ausreichend wäre.

Analysen zu Innovation und Unternehmenserfolg

Die bisherigen Ausführungen haben gezeigt, dass es in FRM eine kleine Gruppe von Unternehmen (Typ Rechenzentrumsaffinität) gibt, deren Standortbewertung stark von der geografischen Nähe zu Rechenzentren abhängt. Darüber hinaus gibt es eine zweite, größere Gruppe von Unternehmen (Typ Ökosystem), die zwar Überschneidungen mit den rechenzentrumsaffinen Unternehmen aufweist, deren Geschäftsmodell im Mittel allerdings weniger stark mit Rechenzentren verwoben ist, als es bei den rechenzentrumsaffinen Unternehmen der Fall ist. Letztere Unternehmensgruppe tritt durch ein deutlich stärker digitalisiertes Geschäftsmodell, verbunden mit intensiver Nutzung digitaler Technologien, in Erscheinung. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass auch Unternehmen im unmittelbaren Standortumfeld stärker auf die Dienste von Rechenzentren zurückgreifen als andere Unternehmen.

Die digitale Ausrichtung des Geschäftsmodells stellt allerdings keinen Selbstzweck dar. Im Idealfall gelingt es Unternehmen, Geschäftsprozesse durch Automatisierung und datenbasierte Entscheidungen zu verbessern, was mittel- bis langfristig mit Produktivitätssteigerungen und Kostensenkungen einhergehen sollte. Darüber hinaus können digitale Technologien neue Geschäftsmöglichkeiten eröffnen und Innovationen im Produkt- und Dienstleistungsbereich befördern. Zur Entwicklung eines besseren Verständnisses wurden die Unternehmen daher gefragt, ob sie seit 2021 Innovationen in den Bereichen Produkte, Dienstleistungen und Prozesse hervorbringen konnten und wenn ja, welchen Einfluss die Kooperation mit Rechenzentren bei den Innovationsaktivitäten gespielt hat. Hierbei ist zu beachten, dass die Frage nach der Einführung neuartiger Produkte, Dienstleistungen und Prozesse allen Unternehmen gestellt wurde, die Frage nach dem Einfluss der Kooperation mit Rechenzentren wurde dagegen nur jenen Unternehmen gestellt, die zuvor angegeben haben, auch mit Rechenzentren zu kooperieren.

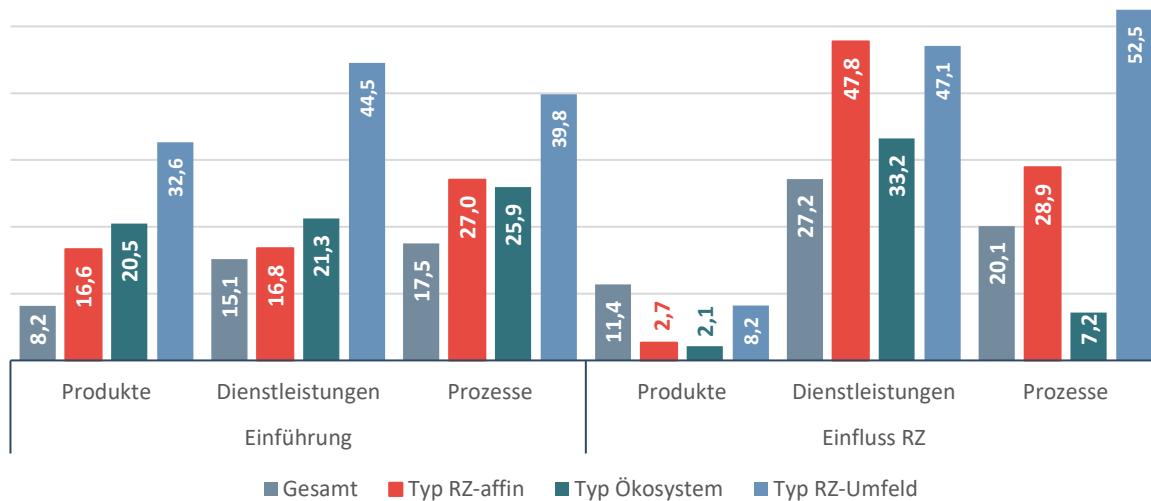
Demnach haben gut acht Prozent aller Unternehmen FRMs seit 2021 neue oder merklich verbesserte Produkte auf den Markt bringen können, gut 15 bzw. 17 Prozent der Unternehmen berichten neuartige Dienstleistungen oder Prozesse eingeführt zu haben. Zunächst ist es zu erwarten und aus anderen Studien der Innovationsforschung bekannt, dass Produktinnovationen mit intensiverer Forschungs- und Entwicklungarbeit verbunden sind als Dienstleistungs- und Prozessinnovationen und daher seltener zu beobachten sind (IW Consult 2023b). Neuartig ist demgegenüber der Befund, dass Unternehmen, mit geografischer Nähe zu Rechenzentren unabhängig von deren spezifischen Geschäftsmodell stärker innovieren als andere Unternehmen. Fast ein Drittel der Unternehmen im unmittelbaren Umkreis von Rechenzentren hat Produktinnovationen hervorgebracht, jeweils ca. zwei von fünf dieser Unternehmen kann Innovationen im Dienstleistungs- und Prozessbereich vorweisen. Auch die Ökosystem- und die rechenzentrumsaffinen Unternehmen sind im Mittel innovativer als die Gesamtheit der Unternehmen in FRM, speziell im Dienstleistungsbereich allerdings nur in marginalem Ausmaß.

Abbildung 5-30: Innovationsleistungen und Einfluss von Rechenzentren

Frage 1: Hat Ihr Unternehmen seit 2021 neue oder merklich verbesserte Produkte, Dienstleistungen oder Prozesse eingeführt?

Frage 2: Welchen Einfluss hat die Kooperation mit Rechenzentren für die Innovationsaktivitäten Ihres Unternehmens in den folgenden Bereichen?

Dargestellt: Anteil aller Unternehmen mit Innovationen (Einführung) / Anteil der RZ-nutzenden Unternehmen mit (eher) starker (Einfluss RZ)



Quelle: Unternehmensbefragung Rechenzentren (2024)

Filtert man die Stichprobe weiter und betrachtet nur jene Unternehmen, die in den drei betrachteten Bereichen Innovationen hervorbringen konnten und Rechenzentren nutzen, ergeben sich weitere interessante Erkenntnisse. Gemäß den Angaben der innovierenden Unternehmen spielen Rechenzentren für Produktinnovationen eine untergeordnete Rolle. Über alle Unternehmen hinweg schätzen nur gut elf Prozent den Einfluss von Rechenzentren auf Produktinnovationen als (eher) hoch ein. Unter den digitalen Vorreiterunternehmen der Ökosystem- und der rechenzentrumssaffinen Unternehmen tendiert der entsprechende Anteil sogar gegen null. Anders verhält es sich bei den Dienstleistungs- und Prozessinnovationen. Hier geben gut 27 bzw. 20 Prozent der Unternehmen an, Rechenzentren hätten einen (eher) hohen Einfluss auf realisierte Innovationen. Insbesondere die beiden Gruppen mit direkten Verflechtungen zu Rechenzentren (Typ RZ-affin und RZ-Umfeld) reißen hier nach oben aus. Für Dienstleistungsinnovationen berichtet fast jedes zweite Unternehmen von einem (eher) starken Einfluss, in Bezug auf Prozessinnovationen herrscht mehr Uneinigkeit.

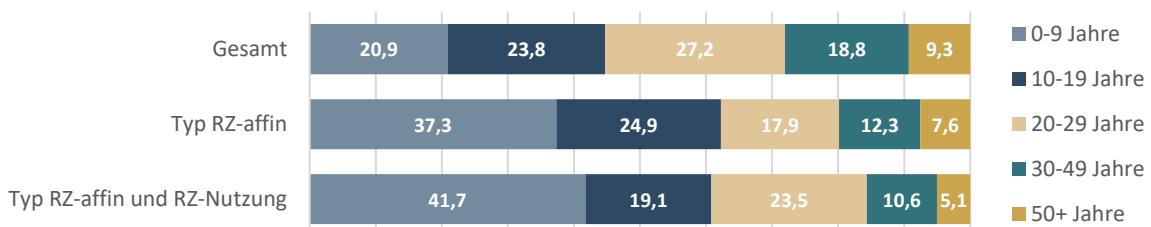
Unabhängig von den betrachteten Typen stellt sich die Frage, welche charakterisierenden Eigenschaften wie Branche, Größenklasse und Herkunft Unternehmen aufweisen, die angeben, die Kooperation mit Rechenzentren habe einen (eher) starken Einfluss auf das eigene Innovationgeschehen. Hierbei muss erwähnt werden, dass die Gruppe an Unternehmen, die zur Analyse dieser Eigenschaften herangezogen werden kann, klein ist. Dies liegt daran, dass sie doppelt vorgefiltert wurde und sowohl Rechenzentren nutzen muss als auch die entsprechenden Innovationsfragen positiv beantwortet haben muss. Da im Bereich der Produktinnovationen nicht ausreichend Unternehmen vorhanden sind, können nur die Gruppen der rechenzentrumssnutzenden Unternehmen mit Dienstleistungs- und Prozessinnovationen betrachtet werden. Die Unternehmen dieser beiden Gruppen zeigen eine klare Tendenz in Richtung der städtischen Gebiete FRMs: In der Gesamtstichprobe befinden sich 17,9 Prozent der

Unternehmen in Frankfurt am Main, 11,8 Prozent in den restlichen Städten und 70,3 Prozent in den Landkreisen FRMs. Unter den Dienstleistungsinnovatoren haben dagegen 24,0 bzw. 23,4 Prozent der Unternehmen ihren Sitz in Frankfurt am Main bzw. den restlichen Städten FRMs. Unter den Prozessinnovatoren gibt es einen noch stärkeren Fokus auf Frankfurt am Main (29,4 Prozent), die restlichen Städte finden sich seltener aber mit 14 Prozent immer noch überdurchschnittlich häufig in den restlichen Städten FRMs (Darmstadt, Wiesbaden, Offenbach). Der Blick auf die Branchen- und Größenklassenverteilung zeigt, dass sowohl die Dienstleistungs- als auch die Prozessinnovatoren im Mittel häufiger große Unternehmen mit mindestens 250 Beschäftigten sind und einen Branchenfokus auf Internet- und Kommunikationstechnologie sowie Handel, Verkehr und Tourismus aufweisen.

Nicht jede Innovation weist eine betriebswirtschaftliche Relevanz auf. In manchen Fällen werden Produkte und Dienstleistungen nur in inkrementellem Ausmaß weiterentwickelt und es fehlen die Umsätze mit der Neuentwicklung. Die Frage, ob grundsätzlich Innovationen realisiert werden konnten, ignoriert aufgrund ihrer binären Ausrichtung diese Schattierung allerdings. Die Unternehmen wurden daher zusätzlich gefragt, wie hoch der Umsatzanteil der neu entwickelten Produkte und Dienstleistungen am gegenwärtigen Umsatz ausfällt. Demnach konnten die Innovatoren unter den befragten Unternehmen 29,7 Prozent ihres Umsatzes aus dem Jahr 2023 mit Neuentwicklungen realisieren. Dieser Anteil fällt in den betrachteten Unternehmensgruppen nur unwesentlich größer aus (Typ RZ-affin: 31,8 / Typ Ökosystem: 39,0 / Typ RZ-Umfeld: 33,1). Damit ergibt sich der Befund, dass die intensive Nutzung von Digitaltechnologie und die Kooperation mit Rechenzentren im Mittel zwar die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass ein Unternehmen Innovationen hervorbringt, nicht aber zwangsläufig die in Umsatzanteilen bezifferte Größe der Innovation beeinflusst.

Exkurs: Einfluss von Rechenzentren auf Gründungsdynamiken

Die Analysen zum Einfluss von Rechenzentren auf regionalökonomische Kennziffern haben unter anderem gezeigt, dass ein positiver Zusammenhang zwischen den Ansiedlungsdynamiken von Rechenzentren und Gründungen, insbesondere mit Fokus auf Hightech-Gründungen, besteht. Auch die Unternehmensbefragung lässt sich nutzen, um einen solchen Zusammenhang zu überprüfen. Aus der Unternehmensdatenbank ist das Gründungsdatum und damit das Alter der befragten Unternehmen bekannt. Dieses lässt sich nutzen, um zu überprüfen, ob sich Altersdifferenzen zwischen allen befragten Unternehmen und den untersuchten Gruppen identifizieren lassen. Sofern signifikante Altersdifferenzen bestehen und rechenzentrumsaffine Unternehmen jünger sind als die restlichen Unternehmen, kann dies als notwendige Bedingung für einen positiven Einfluss von Rechenzentren auf Gründungsdynamiken interpretiert werden. Die folgende Abbildung stellt die Unternehmensanteile der Gesamtstichprobe, der rechenzentrumsaffinen Unternehmen und der Teilgruppe, die Dienstleistungen von Rechenzentren nutzen differenziert nach fünf Alterskohorten dar.



Man erkennt, dass rechenzentrumsaffine (Durchschnittsalter = 23,3) und speziell jene Subgruppe, die davon Rechenzentren auch tatsächlich nutzt (18,5 Jahre) deutlich und statistisch signifikant jünger sind als die Grundgesamtheit (25,0). Über 40 Prozent der rechenzentrumsaffinen und -nutzenden Unternehmen wurde innerhalb der vergangenen Dekade gegründet. Auf Basis der angestellten

Analyse kann zwar nicht abgeleitet werden, dass der korrelative Zusammenhang zwischen Rechenzentrumsnutzung und Unternehmensalter kausal ist, das Ergebnis stellt aber gerade in Kombination mit den Ausführungen der Kreisdatenanalyse ein klares Indiz und die notwendige Bedingung für einen solchen Zusammenhang dar.

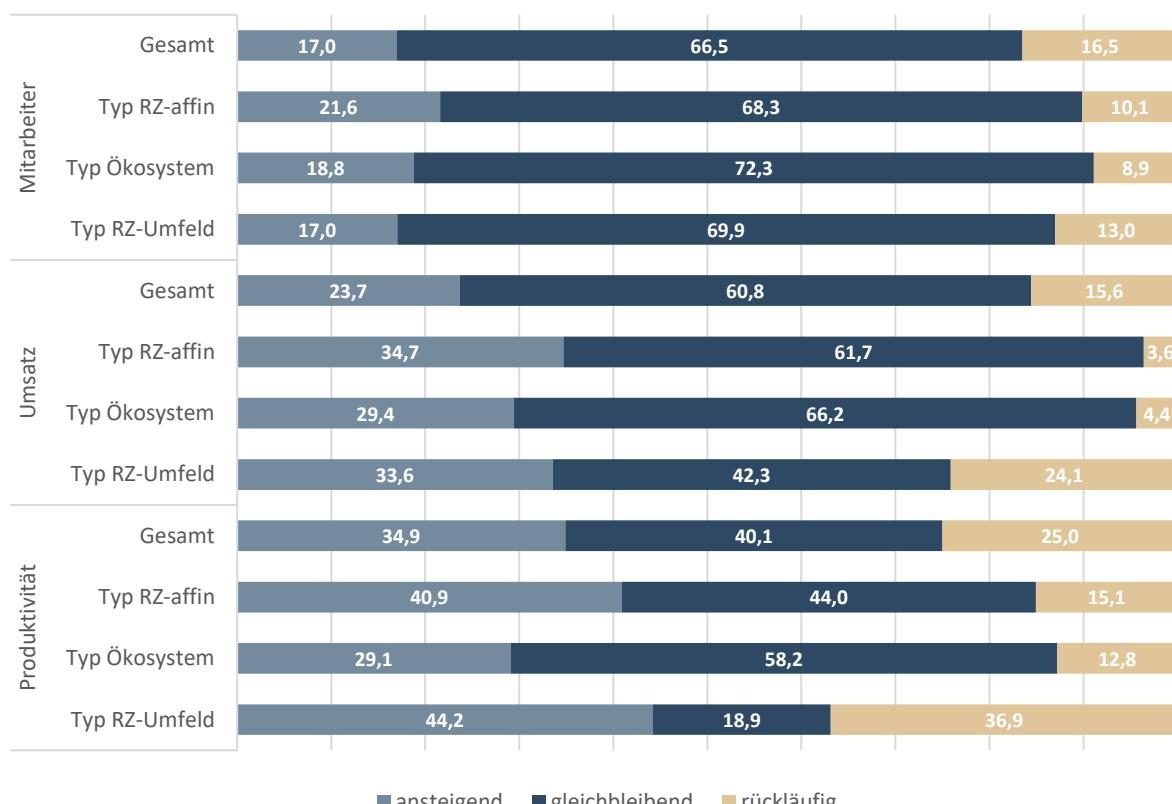
Eng verbunden mit dem Umsatzanteil von Innovationsleistungen ist die grundsätzliche Dynamik von Mitarbeitern, Umsatz und Produktivität eines Unternehmens. Die folgende Abbildung unterteilt die Unternehmen FRMs daher in drei Gruppen: Unternehmen, deren Mitarbeiterzahl, deren Umsatz bzw. deren Produktivität von 2022 auf 2023 gestiegen, gleichgeblieben oder gesunken ist. Der Abbildung ist zu entnehmen, dass knapp 24 Prozent der Unternehmen FRMs ihren Umsatz von 2022 auf 2023 steigern konnten. Demgegenüber steht ein erkennbar geringerer Unternehmensanteil von 17 Prozent, der in den entsprechenden Jahren ein Mitarbeiterwachstum verzeichnen konnte. Der Befund, dass im Falle von unternehmerischem Wachstum zuerst die Umsätze ansteigen, die Beschäftigungszahl sich dagegen erst mit einem Zeitverzug anpasst, ist plausibel und aus anderen Studien bekannt (IW Consult 2024a). Erst nachdem sich die gute Auftragslage in Form von gestiegenen Umsätzen bemerkbar macht, scheinen die Unternehmen in Bezug auf deren Personalbestand nachzuziehen. Knapp 35 Prozent der Unternehmen FRMs konnte ihre Produktivität in Form des Umsatzes pro Mitarbeiter im betrachteten Zeitraum erhöhen.

Abbildung 5-31: Entwicklung von Mitarbeitern, Umsätzen und Produktivität

Frage 1: Wie viele Mitarbeiter hatte Ihr Unternehmen in den vergangenen zwei Jahren in Deutschland?

Frage 2: Wie viel Umsatz hat Ihr Unternehmen in den vergangenen zwei Jahren in Deutschland erwirtschaftet?

Dargestellt: Anteil aller Unternehmen mit steigendem, gleichbleibendem und sinkendem Umsatz, Mitarbeitern



Quelle: Unternehmensbefragung Rechenzentren (2024)

Der Fokusblick auf die drei untersuchten Unternehmensgruppen offenbart, dass diese grundsätzlich eher wachsen als die Gesamtstichprobe: Mit Blick auf die Mitarbeiterentwicklung zeigt sich, dass in allen drei Gruppen der Unternehmensanteil mit rückläufigen Mitarbeiterzahlen geringer als in der Gesamtstichprobe ausfällt. Für die rechenzentrumsaffinen ($\Delta = 4,6$) und die Ökosystem-Unternehmen ($\Delta = 1,8$) zeigt sich darüber hinaus ein größerer Unternehmensanteil mit ansteigenden Mitarbeiterzahlen. Ein ähnliches Bild ergibt sich für diese beiden Gruppen, wenn man die Umsatzentwicklung betrachtet, denn auch hier ist in beiden Gruppen der Unternehmensanteil mit wachsendem (schrumpfendem) Umsatz größer (geringer) als in der Gesamtstichprobe. Man erkennt allerdings analog zur Gesamtstichprobe, dass deutlich mehr Unternehmen ihre Umsätze steigern konnten als es für die Beschäftigtenzahl der Fall ist.

Für Unternehmen im unmittelbaren Standortumfeld von Rechenzentren zeigt sich auch in Bezug auf das Umsatzwachstum ein gemischtes Bild. Zwar fällt der Anteil an Unternehmen mit gestiegenem Umsatz größer aus als in der Gesamtstichprobe ($\Delta = 9,9$), allerdings mussten auch mehr Unternehmen einen rückläufigen Umsatz verbuchen ($\Delta = 8,5$). Für die Produktivität ergibt sich nur für die rechenzentrumsaffinen Unternehmen ein einheitliches Bild, denn diese Unternehmen verzeichnen sowohl einen größeren Anteil mit größerer Produktivität ($\Delta = 6,0$) als auch einen geringeren Anteil mit einer geringeren Produktivität als die Gesamtstichprobe ($\Delta = -9,9$).

Fazit

Die Befragung der lokalen Unternehmen FRMs hat gezeigt, dass die Dienstleistungen von Rechenzentren heute von gut 40 Prozent der Unternehmen genutzt werden. Es wird erwartet, dass dieser Anteil in den kommenden fünf Jahren auf gut 60 Prozent ansteigen wird. Demgegenüber stehen die Anforderungen der Unternehmen hinsichtlich der geografischen Nähe zu Rechenzentren, denn nur knapp jedes zehnte der Rechenzentrums-nutzenden Unternehmen hält es für notwendig, dass sich das genutzte Rechenzentrum innerhalb eines Umkreises von maximal 30km befindet. Eine kleine und verhältnismäßig homogene Gruppe von Unternehmen (Typ RZ-affin) gibt dagegen an, dass die geografische Nähe zu Rechenzentren von Relevanz ist. Diese Unternehmen sind in der Aggregation deutlich erfolgreicher als die restlichen Unternehmen, denn sie berichten häufiger von Produkt-, Dienstleistungs- und Prozessinnovationen und konnten in der Vergangenheit erkennbar öfter ihre Mitarbeiterzahl, ihren Umsatz und ihre Produktivität steigern. Für einen Teil dieser Unternehmen scheint der Nutzen von Rechenzentren latent zu sein und sich nicht zwangsläufig durch die direkte Kooperation mit Rechenzentren zu ergeben, denn über ein Drittel der rechenzentrumsaffinen Unternehmen nutzt weder heute noch perspektivisch die Dienstleistungen von Rechenzentren. Auf Basis der bisherigen Erkenntnisse lässt sich der latente Nutzen von Rechenzentren vor allem in Form von Ökosystem- und Gravitationsaspekten wie der Ansiedlung von Digitalunternehmen, der Entwicklung eines positiven Digitalimages und der Beförderung von Innovation und technischen Entwicklungen vermuten.

In diesem Zusammenhang ist auch die Gruppe der Unternehmen zu erwähnen, die sich im unmittelbaren Standortumfeld von Rechenzentren befindet. Auch diese Unternehmen innovieren unabhängig von ihrer Verbindung zu Rechenzentren stärker als andere Unternehmen. Dieser Zusammenhang lässt sich sowohl als Indiz für die Existenz eines latenten Nutzens durch Rechenzentren als auch die Präferenz für spezifische Standortbedingungen von Rechenzentrumsbetreibern und besagter Gruppe interpretieren. Der weitaus größere Teil der rechenzentrumsaffinen Unternehmen lässt sich als Intensivnutzer von Rechenzentrumsdienstleistungen bezeichnen: Diese Unternehmen zeichnen sich durch ein stark digitalisiertes Geschäftsmodell und eine hohe Verbindung zu Rechenzentren aus. Sie nutzen mehr und komplexere Anwendungen wie Netzwerk- und Konnektivitätsdienste, Virtualisierungsdienste oder Colocation. Dazu passt, dass diese Unternehmen bei der Auswahl ihres Rechenzentrums verstärkt auf Aspekte wie die Skalierbarkeit von genutzten Ressourcen und den Anschluss an den DE-CIX setzen.

In den Daten lässt sich aber auch eine etwas größere und heterogenere Gruppe von Unternehmen mit einer knapp 25-prozentigen Überschneidung zu den rechenzentrumsaffinen Unternehmen identifizieren. Diese Unternehmen wurden aufgrund ihrer spezifischen Standortanforderungen als digitale Ökosystem-Unternehmen bezeichnet. Sie zeichnen sich durch eine reduzierte und weniger intensive Nutzung digitaler Anwendungen aus. Auch in Bezug auf die untersuchten Erfolgsmetriken fallen die Ökosystem-Unternehmen hinter den rechenzentrumsaffinen Unternehmen zurück. Diese Beobachtung wird allerdings dadurch relativiert, dass die Ökosystem-Gruppe annähernd doppelt so groß wie die Gruppe der rechenzentrumsaffinen Unternehmen ist und sich verglichen zu den restlichen Unternehmen ebenfalls durch ein innovativeres und erfolgreicheres Geschäftsmodell auszeichnet. Beiden Gruppen und der Gesamtheit aller befragten Unternehmen ist gemein, dass der tatsächliche geografische Abstand zu Rechenzentren in FRM geringer als tatsächlich notwendig ist.

6 Regionalökonomische Entwicklungsmöglichkeiten

In diesem Kapitel werden alle vorliegenden Ergebnisse zusammengeführt und regionalökonomische Entwicklungsmöglichkeiten diskutiert. Zunächst wird der Rechenzentrumsstandort FRM im Kontext gegenwärtiger Entwicklungen wie etwa der verstärkten Nutzung von KI betrachtet. Die bisherigen Ergebnisse haben gezeigt, dass der regionalökonomische Impact von Rechenzentren gering ausfällt und dass innovations- und wachstumsstarke Unternehmen des digitalen Ökosystems eine besondere Bedeutung für die Region FRM aufweisen. Zum besseren Verständnis dieses digitalen Ökosystems und zur gezielten Stärkung seiner Rahmenbedingungen wird daher das Stärken-Schwächen-Profil des Digitalstandorts FRM im Kontext aktueller wirtschaftlicher Entwicklungen in einer weiteren Analyse untersucht.

6.1 Rechenzentrumsstandort

FRM hat sich innerhalb der vergangenen zwei Dekaden neben London, Amsterdam und Paris zu einem der führenden Standorte für Rechenzentren in Europa entwickelt. Insbesondere in der jüngeren Vergangenheit konnte die Branche – nicht zuletzt aufgrund der anhaltend hohen Nachfrage von Hyperskalern nach Rechenzentrumskapazitäten – ein substanzielles Wachstum verzeichnen. Experten prognostizieren, dass der durch KI entstehende Bedarf an Rechenzentren zusätzlich zu den bereits vorhandenen Kapazitäten entstehen wird und es zu keinen Verdrängungseffekten innerhalb der Rechenzentrumsbranche kommen wird.

Stärken und Schwächen

Die bisherigen Analysen haben gezeigt, dass die Rechenzentrumsbranche verglichen mit anderen Fokusbranchen FRMs wie der Finanzbranche überdurchschnittlich produktiv ist und je Erwerbstätigen ein BIP-Beitrag von 430.000 Euro generiert wird. Dieser Befund wird durch die lokal geringe ökonomische Bedeutung der Branche relativiert. Gemessen an den Arbeitsplätzen beläuft sich der Anteil der Branche an der regionalen Wirtschaft FRMs auf lediglich 0,1 Prozent. Zudem ist die Branche im Vergleich zu anderen Industrien wenig ausbildungsstark. In Zeiten eines immer stärker werdenden Fach- und Arbeitskräftemangels kann die geringe Personalintensität allerdings auch als Stärke interpretiert werden.

Aufgrund der beschriebenen Produktivitätsvorteile fällt der Anteil der Branche am regionalen BIP mit 0,5 Prozent (1,3 Mrd. Euro) größer aus als ihr Beschäftigungsanteil. Analog zur hohen Produktivität muss auch der BIP-Anteil der Branche eingeordnet werden, denn die regionale Verteilung ist schief: 91 Prozent der monetären Wertschöpfung fällt in den kreisfreien Städten FRMs an, auf die Landkreise entfallen nur knapp 10 Prozent. Zu einem ähnlichen Befund gelangt man, wenn man sich der Frage der durch Rechenzentren aufgebrachten Steuern widmet: Die Analysen aus Kapitel 5.1.3 haben gezeigt, dass nur rund 10 Prozent des Steueraufkommens von Rechenzentren bei den Kommunen in FRM verbleiben, das Gros fließt an den Bund, das Land Hessen und ein Teil aufgrund konzerninterner Steueroptimierung möglicherweise sogar ins Ausland. Da die Rechenzentrumsbranche zusätzlich am unteren Ende der Hebelwirkungsskala steht, durch ihr Geschäftsmodell also in unterdurchschnittlichem Ausmaß Wertschöpfungseffekte in anderen Branchen angestoßen werden, stellt sich die Frage, inwieweit

sich die fortlaufende Ansiedlung von Rechenzentren bei geringer Latenzabhängigkeit der ansässigen Unternehmen aus Perspektive der Kommunaladministrationen weiterhin lohnt.

Das Wachstum der Rechenzentrumsbranche steht insbesondere in Frankfurt am Main in einem statistisch signifikanten Zusammenhang mit der Gründungsintensität. Dieser Befund ist speziell in Zeiten dynamischer Änderungen in Wirtschaftsstrukturen und notwendigen radikalen Innovationsimpulsen sowie einer verglichen mit anderen Metropolregionen unterdurchschnittlichen Dichte digitaler Startups und Patentanmeldungen hervorzuheben. Zu dem Befund passt außerdem, dass ein bis zwei Jahre nach der Ansiedlung eines Rechenzentrums ein signifikanter Anstieg der Beschäftigten im IKT-Bereich zu erkennen ist, auch technische und wissenschaftliche Einrichtungen sind positiv betroffen. Kunden von Rechenzentren berichten außerdem, dass die hohe Dichte von Rechenzentren in FRM zu positiven Konzentrationseffekten in Form von schnelleren Reparaturen führt. Urbane Standortvorteile wie die hohe Dichte an Hochschulen und die unmittelbare Nähe zum DE-CIX ergänzen die standortbezogenen Vorteile der Rechenzentrumsbranche FRMs. Die Schilderungen der lokalen Rechenzentrumsbetreiber legen allerdings nah, dass sich die Rahmenbedingungen in FRM aufgrund politischer Entscheidungen wie dem Rechenzentrumskonzept der Stadt Frankfurt am Main, welches das Wachstum der Branche städtebaulich leiten will, zusehends verschlechterten.

Die Auswertung der Verkaufspreise von Grundstücken an Rechenzentren zeigt die hohe Zahlungsbereitschaft der Branche deutlich. Die Konkurrenz um Energie und in diesem Zusammenhang bestrombare Fläche ist laut Experten in der Beziehung Rechenzentrum-zu-Rechenzentrum durchaus gegeben, insbesondere was die Abnahme größerer Strommengen im Megawattbereich betrifft. Gleichzeitig muss bezogen auf den Stromverbrauch auch betont werden, dass der hohe Anteil der Energiekosten von Rechenzentren eine positive Auswirkung auf die regionale Hebelwirkung der Branche hat. In verschiedenen Experteninterviews wurde geschildert, dass die hohe Stromnachfrage der Rechenzentren einen positiven Einfluss auf den regionalen Netzausbau habe.

Neben den beschriebenen Positiv-Effekten kann der Betrieb eines Rechenzentrums weitere positive externe Effekte verursachen. Wie bereits beschrieben und im EnEfG verankert, kann die im Kühlungsprozess von Rechenzentren erzeugte Abwärme zur lokalen Energieversorgung genutzt werden. Oftmals ist diese Nutzung aufgrund der spezifischen Standorte ausgeschlossen, denn fehlende Wärmenetzinfrastruktur schließen die Nutzung der Abwärme aus. Darüber hinaus gilt es zu beachten, dass das Temperaturniveau der Abwärme zur Einspeisung in bestehende Netze über Kraft-Wärme-Kopplung angehoben werden müsste, was wiederum Strom verbrauchen würde.

Chancen und Risiken

Das größte Risiko für den fortlaufenden Ausbau des Rechenzentrumsstandortes FRM stellt die Verfügbarkeit von bestrombarer Fläche dar. In FRM sind gegenwärtig mindestens 43 weitere Neubauten von Rechenzentren geplant, speziell im Frankfurter Stadtgebiet werden nach Experteneinschätzungen in drei bis fünf Jahren aber keine adäquaten Flächen mehr verfügbar sein. Für die Landkreise FRMs kann dies eine Chance darstellen, werden doch bereits heute immer mehr Rechenzentren außerhalb der kreisfreien Städte geplant. Dieser Trend wird zunehmend auch dadurch lohnend, dass laut den interviewten Rechenzentrumsbetreibern die unmittelbare Nähe zum DE-CIX aufgrund des fortschreitenden Glasfaserausbau sukzessive de-priorisiert werden könnte. Im Gegensatz zur Stadt Frankfurt am Main zeichnen sich Rechenzentren zudem im gesamten FRM-Gebiet durch eine stark überdurchschnittliche Flächenproduktivität aus.

Aus der Unternehmensbefragung ergeben sich weitere Chancen für die Branche: So wollen perspektivisch über 70.000 Unternehmen KI nutzen, gut 50.000 Unternehmen planen innerhalb der kommenden fünf Jahre in die Cloud zu ziehen. Diese Entwicklungen werden für eine fortlaufend hohe Nachfrage

nach Rechenzentrumsdienstleistungen sorgen und deren Geschäftsmodell zukunftssicher machen. Demgegenüber steht die mehrheitliche Einschätzung der Unternehmen, perspektivisch nicht stärker von Rechenzentren abhängig zu sein als heute. Hierbei muss zwischen der direkten und der indirekten Abhängigkeit unterschieden werden: Nur ein Bruchteil der Unternehmen interagiert in direkter Form mit Rechenzentren. Die meisten Unternehmen nutzen typische Hyperscaler-Anwendungen wie MS Sharepoint, die Google Cloud oder AWS und greifen daher nur indirekt auf die Kapazitäten von Rechenzentren zu. Zu dieser Unterscheidung passt der datenschutzgetriebene Befund, dass die Unternehmen FRMs sich lediglich ein Rechenzentrum mit Sitz in Deutschland wünschen. Geringere Distanzen oder sogar die Präsenz im unmittelbaren Standortumfeld werden dagegen nur selten als notwendig erachtet.

Für einen kleinen Teil der Unternehmen FRMs (12,1 Prozent) stellt die Nähe zu Rechenzentren einen bedeutsamen Standortfaktor dar. Diese rechenzentrumsaffinen Unternehmen sind innovativer, produktiver und wachstumsstärker als die restlichen Unternehmen FRMs. Auch das jüngere Alter dieser Unternehmen legt einen positiven Zusammenhang zwischen dem Wachstum der Rechenzentrumsbranche und der Gründungsintensität nah. Abschließend fällt in der aggregierten Perspektive auf, dass die Unternehmen FRMs Rechenzentren gegenüber grundsätzlich positiv eingestellt sind. In Kombination mit den bereits beschriebenen Zusammenhängen lässt sich folgende Ableitung treffen: Die direkte Kooperation mit Rechenzentren ist für die Mehrheit der Unternehmen aktuell noch nicht relevant. Die Unternehmen sind den Rechenzentren gegenüber grundsätzlich positiv-neutral eingestellt und greifen auf deren Dienstleistungen in erster Linie indirekt über die Angebote von Hyperscalern und Cloud-Providern zu. Hierzu sind Aspekte wie geografische Nähe oder Latenzen von untergeordneter Bedeutung.

Die folgende Abbildung visualisiert die beschriebenen Aspekte der Rechenzentrumsbranche FRMs.

Abbildung 6-1: Übersicht Rechenzentrumsstandort FRM



Quelle: eigene Darstellung

6.2 Digitalstandort

Im Folgenden wird das Stärken-Schwächen-Profil des Digitalstandortes FRM in der Gegenwart der voranschreitenden digitalen Transformation sowie der zunehmenden Konkurrenzsituation des Wirtschaftsstandorts Deutschland mit anderen Regionen analysiert.

Stärken und Schwächen

Die Region FRM gehört zu den wirtschaftlich stärksten Regionen Deutschlands. Neben überdurchschnittlichen Standortbedingungen in den Bereichen Wirtschaftsstruktur und Arbeitsmarkt sind auch infrastrukturelle Merkmale wie die Existenz des DE-CIX, die hohe Rechenzentrumsdichte und der Frankfurter Flughafen hervorzuheben. Insbesondere die Stadt Frankfurt am Main und die direkt anliegenden Landkreise Hochtaunus- und Main-Taunus-Kreis bieten in diesen Bereichen herausragende Standortbedingungen: Im Bereich der Wirtschaftsstruktur ist speziell die hohe Steuerkraft hervorzuheben: In FRM liegt die gemeindliche Steuerkraft mit 1.457 Euro je Einwohner deutlich über dem Durchschnitt aller 400 Regionen in Deutschland (1.086 Euro je Einwohner), was auf eine gut entwickelte Wirtschaftsstruktur schließen lässt. Die Gewerbesteuerhebesätze FRMs liegen allerdings vergleichsweise hoch. Dies stellt im Standortvergleich mit anderen Metropolregionen wie Berlin-Brandenburg oder München eine Schwäche dar. Als weitere Schwäche ist der geringe Gewerbesaldo, also die Differenz aus Gewerbean- und -abmeldungen, zu benennen. Dienstleistungsunternehmen im Allgemeinen und gerade jene mit digitalem Geschäftsmodell zeichnen sich in der Regel durch einen geringeren Kapitalbedarf und flexiblere Standortanforderungen. Der verstärkte Fokus auf die Ansiedlung entsprechender Unternehmen könnte der Region bei der Steigerung des Gewerbesaldos helfen. Dass die Grundlage hierfür grundsätzlich gegeben ist, zeigt der Blick auf die Arbeitsmarktindikatoren FRMs: Die Bevölkerung ist überdurchschnittlich jung, der Anteil Beschäftigter mit akademischem Abschluss und der Beschäftigtenanteil im Bereich der wissensintensiven Dienstleistungen ist ebenfalls relativ hoch. Mit Blick auf sich verstärkende Arbeits- und Fachkräfteengpässe bietet auch die gegenwärtig unterdurchschnittliche Beschäftigungsquote von Frauen Potenzial für zukünftiges Personal.

Neben den beschriebenen allgemeinen Standortfaktoren gibt es spezifischere, für ein digitale Ökosystem notwendige Standortfaktoren. Hierzu zählt etwa die Glasfaserversorgung von Unternehmen und Haushalten. FRM hat eine unterdurchschnittliche Verfügbarkeit, denn nur 43 Prozent (35 Prozent) der Unternehmen in den Städten (in den Kreisen) verfügen über Zugang zum Glasfasernetz. Da Rechenzentren für Ihre Dienstleistungen allerdings hochleistungsfähige, schnelle und stabile Internetverbindungen benötigen, kann deren Ansiedlung speziell in den Kreisen FRMs positive Externalitäten bewirken. Die Stadt Hattersheim im Main-Taunus-Kreis schreitet hier voran und hat bereits mehrere Rechenzentren angesiedelt. Der damit verbundene Glasfaserausbau bedeutet sowohl privat als auch wirtschaftlich einen wichtigen Standortfaktor.

Im Kontext eines digitalen Ökosystems spielt die Vernetzung von Unternehmen eine zentrale Rolle, da sie den Zugang zu gemeinsamen Ressourcen, Wissen und Marktchancen schafft. Die Analysen des Wirtschaft-4.0-Indexes aus Kapitel 4.2.2 verdeutlicht, dass sich die Region FRM in allen Bereichen des Indexes durch eine überdurchschnittliche Technologieaffinität auszeichnet. Insbesondere die Bereiche Cloud Computing, Internet der Dinge, KI und Industrielles Internet (5G) traten hierbei positiv in Erscheinung. Die genannten Technologien sind zentral für die erfolgreiche Vernetzung der Unternehmen entlang des Industrie-Dienstleistungsverbunds. Die Affinität der ansässigen Unternehmen FRMs stärkt das digitale Ökosystem FRMs.

Sowohl im Bereich der Gründungsintensität als auch im Bereich der Dichte an digitalen Startups schneiden abgesehen von der Stadt Frankfurt am Main die verbleibenden Städte und die Kreise

unterdurchschnittlich ab. Damit geht auch eine reduzierte Anzahl an Patentanmeldungen mit und ohne Digitalisierungsbezug in FRM einher. Gleichzeitig sind insbesondere in den Städten FRMs überdurchschnittlich viele Forschungseinrichtungen mit Informatikbezug vorzufinden. Diese standortspezifische Stärke kann genutzt werden, um das schwache Abschneiden in den Bereichen Gründungintensität und die digitale Startupdichte auszugleichen, denn Forschungseinrichtungen können beim Technologietransfer helfen, Inkubatorenprogramme anbieten und als Netzwerk- und Kooperationsplattformen fungieren. Neben dem positiven Einfluss auf das Gründungsgeschehen zeigt die Innovationsforschung einen klaren positiven Zusammenhang von Innovationsnetzwerken zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen und Innovationen auf Unternehmensebene (siehe zum Beispiel (IW Consult 2023b)).

Von den beschriebenen standortspezifischen Voraussetzungen profitieren auch die regionalen Unternehmen FRMs. Gegenwärtig gibt etwa jedes fünfte Unternehmen in FRM an, die zentralen Aspekte des digitalen Ökosystems FRMs¹⁸ stellten einen wichtigen Standortfaktor dar. Diese Unternehmen zeichnen sich durch ein digitaleres, innovativeres und erfolgreicheres Geschäftsmodell aus. Eine Beispielbranche ist die Gaming-Branche. Diese Branche ist in besonderem Ausmaß auf die Rahmenbedingungen des digitalen Ökosystems angewiesen. Gleichzeitig stellt sie die größte und eine der wachstumsstärksten Branchen der Kultur- und Kreativwirtschaft dar (BMWk 2022). Dies zeigt anekdotisch, dass der oben beschriebene Anteil digitaler Ökosystemunternehmen perspektivisch zunehmen könnte.

Chancen und Risiken

Als zentrale externe Chance zur Weiterentwicklung eines digitalen Ökosystems FRM wird die fortschreitende digitale Transformation gesehen. Die stark zugenommene Unternehmensaktivität im Bereich von Patenten der generativen KI (Expertenkommission Forschung und Innovation 2024) zeigt exemplarisch, wie der technologische Fortschritt im Bereich der Digitalisierung Wachstumsimpulse für Unternehmen geben kann. Von dieser Entwicklung kann auch die Region FRM profitieren, sofern es gelingt, die beschriebenen Rahmenbedingungen als Magnet für die Ansiedlung weiterer digitaler Ökosystemunternehmen zu nutzen. Im Rennen um digitalaffine und erfolgreiche Unternehmen muss die Region FRM die zentralen Stärken Deutschlands wie etwa die hohe Ausbildungsqualität, die Rechtssicherheit und die exzellente Konnektivität mit den beschriebenen Stärken FRMs kombinieren. Gelingt dies nicht, werden andere Regionen weiter an Bedeutung gewinnen und der Wirtschaftsstandort FRM relativ an Attraktivität verlieren.

Die folgende Abbildung fasst die beschriebenen Aspekte des Digitalstandorts FRMs zusammen.

¹⁸ Diese lauteten Hochleistungsfähige digitale Infrastruktur, Räumliche Nähe zu digital-affinen Unternehmen, Räumliche Nähe zu Startups, Zugang zu Forschungs- und Entwicklungressourcen, Kooperationsmöglichkeiten mit anderen Unternehmen

Abbildung 6-2: Übersicht Digitalstandort FRM



Quelle: eigene Darstellung

7 Literaturverzeichnis

- Aarstad, Jarle; Kvistad, Olav; Jakobsen, Stig-Erik (2016): Related and unrelated variety as regional drivers of enterprise productivity and innovation.
- acatech et al. (2022): Die Advanced Systems Engineering Strategie. Eine Leitinitiative zur Zukunft des Engineering- und Innovationsstandorts Deutschland.
- AWS (2024): AWS Investment in Germany: Economic Impact Study.
- bitkom (2023): Rechenzentren in Deutschland. Aktuelle Marktentwicklungen – Update 2023.
- bitkom (2024): Rechenzentren in Deutschland. Aktuelle Marktentwicklungen – Stand 2024.
- BMWK (2022): Monitoringbericht Kultur- und Kreativwirtschaft 2022.
- Borderstep Institut (2022): Herausforderungen und Chancen durch den Boom beim Neubau von Rechenzentren.
- Broekel, Tom; Brachert, Matthias; Duschl, Matthias; Brenner, Thomas (2017): Related Variety, and Regional Innovation. In: *International Regional Science Review*.
- Bundesagentur für Arbeit (2024): SvB am Arbeitsort nach Wirtschaftsabteilungen WZ 2008.
- Bundesagentur für Arbeit (2025): Beschäftigte im Verarbeitenden Gewerbe.
- DCM (2024): Data Center Map. <https://www.datacentermap.com/>.
- DIALOG CONSULT / VATM (2023): 25. TK-Marktanalyse Deutschland 2023. <https://www.vatm.de/wp-content/uploads/2023/11/Marktstudie-2023-V6.pdf>.
- Draghi, Mario (2024): The future of European competitiveness. A competitiveness strategy for Europe.
- eco - Verband der Internetwirtschaft e.V. (2019): Abwärmenutzung im Rechenzentrum. Ein Whitepaper vom NeRZ in Zusammenarbeit mit dem eco – Verband der Internetwirtschaft e. V.
- Europäische Kommission (2020): Regional Input-Output Data for Europe.
- Expertenkommission Forschung und Innovation (2024): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2024.
- Expertenkommission Forschung und Innovation (2025): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2025.
- Flegg, Webber (2010): Regional Size, Regional Specialization and the FLQ Formula, in: Regional Studies.
- Fraunhofer IAO (2023): Innovation Ecosystem Strategy.
- German Data Center Association (2024): Data Center Impact Report Deutschland.
- ifo Institut (2024): Strukturwandel in ländlichen Räumen.
- IW (2019): Kurzanalyse des Innovationssystems in NRW.
- IW (2024a): Klimatransformation: Schmerzen und Chancen.
- IW (2024b): Pessimistische Unternehmen.
- IW Consult (2022): AWS Impact Studie Deutschland.
- IW Consult (2023a): Der digitale Faktor - Wie Deutschland von intelligenten Technologien profitiert. Gutachten im Auftrag von Google Germany.
- IW Consult (2023b): Innovative Milieus auf Unternehmensebene.
- IW Consult (2023c): Städteranking 2023.
- IW Consult (2024a): FOKUS:FUTURE Transformation in Deutschland – Status, Chancen, Perspektiven.
- IW Consult (2024b): Ländliche Räume als Rückrat für den Umbau der deutschen Wirtschaft?
- IW Consult (2024c): Spillover-Effekte von Rechenzentren – Rückgrat der KI-Revolution in Deutschland. Gutachten im Auftrag der unter dem Dach des eco Verbands gegründeten Allianz zur Stärkung digitaler Infrastrukturen.
- IW Consult (2024d): Starke Wirtschaft. Starkes Köln. Studie für Stadtwerke Köln, KölnBusiness, ARBEITGEBER KÖLN, Atlas Copco, Leybold und igus.

- IW Consult (2024e): Wirtschaft 4.0-Index.
- Landtag NRW (2020): Digitale Transformation der Arbeitswelt in Nordrhein-Westfalen.
- Mohan et al. (2019): Competing in digital ecosystems.
- NIW/ISI/ZEW (2011): Listen wissens- und technologieintensiver Güter und Wirtschaftszweige: Zwischenbericht zu den NIW/ISI/ ZEW-Listen 2010/2011.
- op online (2024): Google hält sich weiter bedeckt: Neues Rechenzentrum in Erlensee geplant?
- Regionalverband FrankfurtRheinMain (2021a): Absichtserklärung Gigabitregion.
- Regionalverband FrankfurtRheinMain (2021b): Flächenmonitoring Siedlungsentwicklung in der Region FrankfurtRheinMain 2011 bis 2021.
- Regionalverband FrankfurtRheinMain (2024): Rechenzentren in FrankfurtRheinMain Handreichung zu Möglichkeiten des planerischen Umgangs und der räumlichen Steuerung auf kommunaler Ebene.
- Remond-Tiedrez, Isabelle; Rueda-Cantuche, Jose M. (2019): EU inter-country supply, use and input-output tables: Full international and global accounts for research in input-output analysis (FIGARO). In: *Publications Office of the European Union Luxembourg*.
- Statistisches Bundesamt (2023): Gewerbesteuerstatistik 2019.
- Statistisches Bundesamt (2024a): Istaufkommen, Grundbeträge, Hebesätze, Gemeindeanteil an der Einkommensteuer, Gemeindeanteil an der Umsatzsteuer, Gewerbesteuerumlage und Gewerbesteuereinnahmen- Jahressumme.
- Statistisches Bundesamt (2024b): Körperschaftsteuerstatistik 2019.
- Statistisches Bundesamt (2024c): Siedlungsfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung.
- Statistisches Bundesamt (2024d): Statistik über die Personengesellschaften und Gemeinschaften 2019.
- Statistisches Bundesamt (2024e): Steuereinnahmen vor der Steuerverteilung (Bundesländer).
- Statistisches Bundesamt (2024f): Umsatzsteuerstatistik.
- Statistisches Bundesamt (2024g): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen – Ergebnisse für das Jahr 2023.
- TÜV Nord (2024): Energieeffizienzgesetz (EnEfG): Auswirkungen auf Rechenzentren.
- vbw (2024): Unternehmerperspektiven in Bayern (Veröffentlichung Oktober 2024).
- VGRdL (2024): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder.
- ZEW (2024): High-Tech-Gründungen in Deutschland.

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Übersichtsgrafik verwendete Methoden.....	16
Abbildung 3-1: Anzahl und Leistungsvolumen von Rechenzentrumstypen.....	20
Abbildung 4-1: Anzahl der Rechenzentrumsstandorte in FRM 2024.....	30
Abbildung 4-2: Regionalranking 2024*	43
Abbildung 4-3: Metropolregionen im Regionalranking 2024*	44
Abbildung 4-4: Regionalranking 2024* Teilbereiche	45
Abbildung 4-5: Stärken und Schwächen FRM	48
Abbildung 4-6: FTTB/H-Versorgung	50
Abbildung 4-7: Anteil IT-Beschäftigter	51
Abbildung 4-8: Gründungsintensität	54
Abbildung 4-9: High-Tech-Gründungsintensität	55
Abbildung 4-10: Digitale Startup-Dichte	56
Abbildung 4-11: Patentanmeldungen am Erfindersitz	57
Abbildung 4-12: Digitalisierungs-Patentanmeldungen am Erfindersitz	58
Abbildung 4-13: Forschungseinrichtungen mit Informatikbezug.....	59
Abbildung 5-1: Wertschöpfungskette	62
Abbildung 5-2: Kennzahlen der Rechenzentrumsbranche	65
Abbildung 5-3: Beitrag zum BIP in FRM im Branchenvergleich.....	66
Abbildung 5-4: Produktivität in FRM im Branchenvergleich	68
Abbildung 5-5: Hebeleffekte ausgew. Vergleichsbranchen nach Region (Betriebsphase)	71
Abbildung 5-6: Hebeleffekte ausgew. Vergleichsbranchen in FRM nach Sektor (Betriebsphase).....	73
Abbildung 5-7: Zusammensetzung des BIP-Beitrags der RZ-Branche im Vergleich	74
Abbildung 5-8: Hebeleffekte der RZ-Branche (Investitionsphase).....	75
Abbildung 5-9: Fiskalischer Effekt der Rechenzentrumsbranche in FRM	77
Abbildung 5-10: Fiskalischer Effekt der Rechenzentrumsbranche im Branchenvergleich	79
Abbildung 5-11: Verteilung des Steueraufkommens	80
Abbildung 5-12: Effekte der Rechenzentrumsbranche auf Produktivität	84
Abbildung 5-13: Effekte der Rechenzentrumsbranche auf Erwerbstätigkeit	85
Abbildung 5-14: Effekte der Rechenzentrumsbranche auf die Wirtschaftsstruktur.....	87
Abbildung 5-15: Effekte der Rechenzentrumsbranche auf Gründungen.....	89
Abbildung 5-16: Venn-Diagramm der betrachteten Unternehmensgruppen	91
Abbildung 5-17: Einschätzung zum Stand der Digitalisierung.....	92
Abbildung 5-18: Genutzte Technologien der Unternehmen.....	93
Abbildung 5-19: Perspektivisch genutzte Technologien der Unternehmen	95
Abbildung 5-20: Standortzufriedenheit	96
Abbildung 5-21: Bedeutung und Bewertung von Standortfaktoren in FRM	97
Abbildung 5-22: Einschätzungen Rechenzentren und Standortfaktoren in FRM	98
Abbildung 5-23: Heutige und perspektivische Abhängigkeit von Rechenzentren	102
Abbildung 5-24: Heutige und perspektivische Nutzung von Rechenzentren	103
Abbildung 5-25: Bedeutung von Kriterien bei der Auswahl von Rechenzentren	105
Abbildung 5-26: Genutzte Rechenzentrums-Dienstleistungen	107
Abbildung 5-27: Heutige und perspektivische Belieferung von Rechenzentren	108
Abbildung 5-28: An Rechenzentren gelieferte Produkte und Dienstleistungen	109
Abbildung 5-29: Tatsächlicher und gewünschter Abstand zu Rechenzentren.....	110
Abbildung 5-30: Innovationsleistungen und Einfluss von Rechenzentren.....	112
Abbildung 5-31: Entwicklung von Mitarbeitern, Umsätzen und Produktivität.....	114
Abbildung 6-1: Übersicht Rechenzentrumsstandort FRM	120

Abbildung 6-2: Übersicht Digitalstandort FRM	123
Abbildung A-1: Größen- und Branchenklassenverteilung der Stichprobe	139

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Anforderung des EnEfG (Stand: 01.01.2024)	24
Tabelle 4-1: Rechenzentrumsentwicklung ausgewählter Landkreise und Städte	34
Tabelle 4-2: Indikatoren Wirtschaftsstruktur	46
Tabelle 4-3: Indikatoren Arbeitsmarkt	47
Tabelle 4-4: Ergebnisse des Wirtschaft-4.0-Index für einzelne Technologien	53
Tabelle 5-1: Flächennutzung und -produktivität der RZ-Branche im Vergleich	69

Anhang

Glossar

Bruttowertschöpfung: Die Bruttowertschöpfung ist die Differenz zwischen dem Produktionswert eines Unternehmens, einer Branche oder einer Volkswirtschaft und den dabei eingesetzten Vorleistungen. Sie misst den geschaffenen wirtschaftlichen Mehrwert und dient als zentrale Kennzahl zur Bestimmung des Bruttoinlandsprodukts (BIP).

Colocation-Rechenzentrum: Rechenzentrum, in dem ein Anbieter seinen Kunden Rechenzentrumsfläche und Versorgungsinfrastruktur bereitstellt. Die IT-Geräte sind aber im Besitz der Kunden. Es kann zwischen folgenden Formen unterschieden werden:

- ▶ 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 bei 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.

Cooling Efficiency Ratio (CER): Die Leistungskennzahl Cooling Efficiency Ratio (CER) definiert die Energieeffizienz von einzelnen Kühlungssystemen, wie z.B. Wärmepumpen. Sie berechnet sich aus dem Verhältnis der Wärmelast und der benötigten elektrischen Energie des Kühlsystems:

- ▶ $CER = (\text{Entsorgte Wärme des RZ [kW]} / \text{Energieverbrauch des Kühlsystems [kW]})$

Datengravitation: beschreibt das Konzept, dass sich Daten und Anwendungen gegenseitig anziehen – ähnlich wie die Anziehungskraft zwischen Objekten, die durch das Gravitationsgesetz erklärt wird. Die Menge und Geschwindigkeit, mit der Services, Anwendungen und Kunden von Daten angezogen werden, nimmt mit der Masse der Daten zu.

Datacenter Kapazität (DCC): Diese Kennzahl definiert die Auslastung der maximal zu Verfügung stehenden Rechenzentrumsressourcen. Man berechnet die Rechenzentrumskapazität aus dem Verhältnis der durchschnittlichen Leistungsaufnahme und der maximal möglichen Kapazität:

$$DCC = (\text{ØLeistungsaufnahme (Strom) [kWh]} / \text{max. Kapazität [kWh]}) \times 100$$

Direkte Wertschöpfungseffekte: Unmittelbare wirtschaftliche Auswirkungen einer Aktivität oder Investition, z. B. die Schaffung von Arbeitsplätzen oder Umsatzsteigerungen in einer Branche.

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

Edge Rechenzentrum: 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 Latenzen und eine lokale Datenverarbeitung.

FrankfurtRheinMain (FRM): Das Akronym FRM definiert in dieser Studie den hessischen Teil der Metropolregion FrankfurtRheinMain. Hierzu zählen die folgenden kreisfreien Städte und Landkreise: Frankfurt am Main, Offenbach am Main, Wiesbaden, Darmstadt, Hochtaunus, Main-Taunus, Rheingau-Taunus, Offenbach, Darmstadt-Dieburg, Groß-Gerau, Main-Kinzig, Wetterau, Odenwald, Bergstraße, Fulda, Gießen, Limburg-Weilburg und Vogelsberg.

Hyperscale-Rechenzentrum: Ist 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)

Indirekte Wertschöpfungseffekte: Folgewirkungen entlang der Wertschöpfungskette, z. B. erhöhte Nachfrage bei Zulieferern durch eine steigende Produktion.

Power Usage Effectiveness (PUE): Die Energieeffizienz eines Systems ist definiert als das Verhältnis zwischen der von einem System geleisteten Nutzarbeit und der dem System zugeführten Gesamtenergie. Bei Rechenzentren wird die Energieeffizienz in die von den verschiedenen Teilsystemen geleistete nützliche Arbeit umgerechnet. PUE ist definiert als das Verhältnis der Gesamtenergie der Einrichtungen zur Energie der IT-Geräte:

$$PUE = \text{Gesamtenergie der Einrichtung [kWh]} / \text{Gesamtenergie der IT Geräte [kWh]}$$

Power-Density Efficiency (PDE): Die Energiedichte ist eine Kennzahl, die den durchschnittlichen Stromverbrauch eines IT-Racks oder pro m² auf einzelne IT-Räume bezogen, in einem Rechenzentrum angibt. Sie wird in Kilowatt pro Rack oder alternativ pro m² gemessen.

$$PDE = \text{Durchschnittlicher Stromverbrauch [kW]} / \text{Fläche [m}^2\text{/rack]}$$

Push-Faktoren: Push-Faktoren beschreiben die Gründe, die zu Abwanderung aus einer Region bewegen.

Pull-Faktoren: Pull-Faktoren beschreiben die Gründe, die zu Zuwanderung in eine Region bewegen.

Satellitenkonto: Ein Satellitenkonto für Rechenzentren erfasst deren wirtschaftliche Bedeutung detaillierter, als es in den klassischen Input-Output-Tabellen (IOTs) möglich ist. Es zeigt spezifische Verflechtungen mit anderen Sektoren, z. B. den Energieverbrauch, den Einsatz von IT-Dienstleistungen oder den Beitrag zur digitalen Infrastruktur. Dadurch ermöglicht es eine präzisere Analyse der wirtschaftlichen, ökologischen und technologischen Auswirkungen von Rechenzentren auf die Gesamtwirtschaft.

Spillover-Effekte: Übergreifende, oft langfristige Auswirkungen auf andere Sektoren oder die Gesamtwirtschaft, z. B. technologische Innovationen oder Wissensaustausch zwischen Unternehmen.

Unternehmens-Rechenzentrum (On-Premise): Diese Rechenzentren befinden sich lokal (On-Premises) und werden vom Unternehmen selbst betrieben. Hier hat das Unternehmen die volle Kontrolle über die Bereitstellung, Überwachung und Verwaltung der IT-Infrastruktur.

Experteninterviews

Es wurden halbstrukturierte Interviews mit insgesamt 20 Experten durchgeführt, die sich den folgenden übergeordneten Gruppen zuordnen lassen

- ▶ Betreiber von Rechenzentren (9 Vertreter)
- ▶ Verbandsvertreter von Rechenzentren (2 Vertreter)
- ▶ Externe Berater und Stadtplaner (4 Vertreter)
- ▶ Dienstleister von Rechenzentren (2 Energieversorger)
- ▶ Kunden von Rechenzentren (4 Vertreter)

Die Gespräche mit den Betreibern von Rechenzentren dienten der Betrachtung des Geschäftsmodells von Rechenzentren und branchenspezifischen Herausforderungen. Es wurden die Beweggründe der Standortwahl in FRM, infrastrukturelle und technische Rahmenbedingungen sowie wirtschaftliche Kennzahlen und Trends thematisiert. Zwei weitere Gespräche wurden mit zwei Verbandsvertretern von Rechenzentren durchgeführt. Das Ziel dieser Gespräche bestand darin, Interessen und Herausforderungen der Branche wie regulatorische Rahmenbedingungen aus aggregierter Perspektive nachvollziehen zu können. In diesem Zusammenhang spielten auch die Gespräche mit im Umfeld von Rechenzentren tätigen Beratern und Stadtplanern eine wichtige Rolle. Hier wurden insbesondere Aspekte wie Planung, Bau, Betrieb und Optimierung von Rechenzentren thematisiert. Darüber hinaus wurden Gespräche mit Dienstleistern und Kunden von Rechenzentren führt, in denen Themen wie die Energieversorgung von Rechenzentren (Beschaffungssicht) und genutzte Dienstleistungen und damit verbundene Geschäftsmodelle (Absatzsicht) betrachtet wurden. Die Gespräche mit den ausgewählten Stakeholdern stehen *paris pro toto* für die gesamte Gruppe, da Mechanismen abgefragt wurden, die unternehmensübergreifende Funktionen haben. Die Gespräche wurden im Zeitraum von März 2024 bis November 2024 geführt und erstreckten sich somit über den gesamten Projekthorizont. Vorliegende Ergebnisse konnten so fortlaufend plausibilisiert und kontextuell eingeordnet werden.

Input-Output-Analyse

Um den ökonomischen Fußabdruck der Rechenzentrumsbranche zu quantifizieren, spielt neben der wirtschaftlichen Aktivität des Wirtschaftsbereichs selbst auch die vorgelagerte Wertschöpfungskette eine wichtige Rolle. Die Input-Output-Analyse erlaubt es, ein aktuelles und umfassendes Bild der ökonomischen Bedeutung der Rechenzentrumsbranche in FRM entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu zeichnen, welches insbesondere die folgenden Effekte beinhaltet:

- ▶ Im direkten Effekt wird die Wertschöpfung der regionalen Branche selbst ermittelt und dargestellt.
- ▶ Der indirekte Effekt misst die wirtschaftlichen Impulse, die bei Zulieferern der Rechenzentrumsbranche durch deren Nachfrage nach Waren und Dienstleistungen entstehen. Dabei sind nicht nur die direkten Zulieferer (beispielsweise die Dienstleister für Gebäude) von Bedeutung, sondern auch die indirekten Vorleistungen (etwa die verwendeten Maschinen im Bau). Unterschieden wird dann zwischen den zeitlich begrenzten indirekten Effekten während der Investitionsphase (im Fall der Rechenzentren also während der Errichtung eines neuen Rechenzentrums) und den langfristigeren indirekten Effekten, die während der Betriebsphase entstehen.

Für diese Berechnungen können Input-Output-Tabellen (IOTs) verwendet werden. In einer IOT werden die Güter- und Dienstleistungslieferungen zwischen den verschiedenen Wirtschaftszweigen eines

Landes dargestellt. Mithilfe bestimmter Berechnungsmethoden ist es möglich, in der IOT nicht nur abzulesen, welche Vorleistungen eine Branche direkt bezieht, sondern die gesamte vorgelagerte Wertschöpfungskette der Branche zu erfassen.

Datengrundlage bildet eine regionale IOT, in der die Rechenzentrumsbranche als Satellit modelliert wird und die sich auf den Wirtschaftsstandort FRM fokussiert. Ausgangspunkt dafür ist die nationale IOT von Eurostat „Figaro“ (Remond-Tiedrez und Rueda-Cantuche (2019)). Mithilfe des Input-Output-Modells der IW Consult ist es möglich, die Basis-IOT von Eurostat mithilfe aktueller Zahlen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung vom Statistischen Bundesamt auf das Jahr 2023 fortzuschreiben.

Auf Grundlage regionaler ökonomischer Kennzahlen auf Kreisebene, wie der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung auf Kreisebene (VGRdL 2024) und einer Sonderauswertung der Bundesagentur für Arbeit zu Beschäftigten in FRM (Bundesagentur für Arbeit 2024), kann im nächsten Schritt die Wirtschaftsstruktur der Region FRM detailliert erfasst werden. Mithilfe der Flegg's Location Quotient (FLQ)-Methode (Flegg 2010) sowie weiteren Informationen aus der Unternehmensbefragung (beispielsweise zur regionalen Bezugsquote und Wertschöpfungstiefe) wird daraufhin eine regionale IOT für die Region FRM erstellt. Diese zeigt, aus welchen Wirtschaftsbereichen und Regionen die einzelnen Branchen FRMs ihre Vorleistungen beziehen.

Innerhalb dieser regionalen IOT wird schließlich die Rechenzentrumsbranche als Satellit modelliert, um die indirekten Effekte der vorgelagerten Wertschöpfungskette korrekt zu erfassen. Zu dem Zweck muss die Rechenzentrumsbranche in der Region definiert und quantifiziert werden, damit sie aus dem übergeordneten Wirtschaftszweig „Informationsdienstleistungen“ (WZ 62-63) herausgelöst (Regionalverband FrankfurtRheinMain 2024) und als eigenständige Branche dargestellt werden kann.¹⁹ Hierzu stützen wir uns zunächst auf die in Kapitel 4 erhobenen Daten zu den Rechenzentren in FRM. Wo Umsatz- und Beschäftigtenzahlen dieser Rechenzentren nicht verfügbar sind (das betrifft rund ein Drittel der Rechenzentren), werden diese auf Basis der Kapazität der Rechenzentren geschätzt. Die Umsatzangaben werden dann mithilfe der aus der amtlichen Statistik bekannten Umsatz-Produktionswert-Relationen der Informationsdienstleistungen in Produktionswert umgerechnet. Der Beitrag der Rechenzentren zum Bruttoinlandsprodukt (BIP-Beitrag) wird anhand aus der Literatur bekannten Wertschöpfungsquoten (German Data Center Association 2024) berechnet.

Die Vorleistungsstruktur der Rechenzentren, einschließlich der regionalen Herkunft und der benötigten Güter und Dienstleistungen, wird auf Basis von Expertenwissen und der Vorleistungsstruktur des übergeordneten Wirtschaftszweigs bestimmt. Dabei wird insbesondere der hohe Energiebedarf der Rechenzentren sowie der beträchtliche Anteil an eingekauften Reparaturdienstleistungen für Datenverarbeitungsgeräte berücksichtigt. Auch die Kundenstruktur wird entsprechend erfasst. Mit diesen Informationen kann die Rechenzentrumsbranche in FRM als eigenständige Branche innerhalb der regionalen IOT erfasst und analysiert werden. Auf dieser Grundlage werden sowohl die direkten als auch die indirekten ökonomischen Effekte der Betriebsphase berechnet.

Für die Berechnung der Investitionseffekte müssen gesonderte Annahmen getroffen werden, da getätigte Investitionen in der IOT nicht einzeln ausgewiesen werden. Stattdessen fließen sie indirekt über

¹⁹ Hierbei kommt es nicht zu einer Untererfassung der Rechenzentren: Bei der Berechnung etwa des fiskalischen Impacts werden alle Gewerbesteuereinnahmen berücksichtigt, die durch die Rechenzentren selbst („direkter Effekt“), aber auch durch Vorleister der Rechenzentren („indirekter Effekt“) anfallen. Bei dieser Analyse werden folglich alle Wirtschaftszweige berücksichtigt.

die Abschreibungen in den Posten der Bruttowertschöpfung ein. Das Vorgehen gliedert sich in vier Schritte:

1. Zunächst wird der BIP-Beitrag der Branche in Arbeitnehmerentgelte, Betriebsüberschüsse, Nettovergütungssteuern und Abschreibungen unterteilt. Für die Arbeitnehmerentgelte wird angenommen, dass sie den Entgelten je Arbeitnehmer der übergeordneten Branche (WZ 62–63) entsprechen. Auch Betriebsüberschüsse und Nettovergütungssteuern werden anteilig am Umsatz basierend auf den Anteilen der übergeordneten Branche berechnet. Die Abschreibungen ergeben sich anschließend als Residuum. Um Verzerrungen durch Ausreißer zu vermeiden, werden Durchschnittswerte der Jahre 2019, 2021 und 2022 verwendet. Zusätzlich werden die Strukturen der BIP-Beiträge des Verarbeitenden Gewerbes und des Dienstleistungssektors anhand der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR, 2024) auf Basis von Durchschnittswerten der drei Jahre analysiert.
2. Für die Ermittlung der wirtschaftlichen Effekte der berechneten Abschreibungen bzw. der durchschnittlichen jährlichen Investitionskosten ist eine detaillierte Aufschlüsselung der Kosten notwendig. Basierend auf Experteneinschätzungen werden Anteile folgender Posten an den Gesamtkosten berechnet: Baukosten, Baunebenkosten, Kosten für die technische Gebäudeausstattung und Kosten für eingekaufte Hochleistungsserver. Dabei wird auch die erwartbare Nutzungsdauer berücksichtigt, da beispielsweise die technische Ausstattung häufiger erneuert wird als das Gebäude selbst. Kosten für die Grundstücksfläche erzeugen keine wirtschaftlichen Effekte in der vorgelagerten Wertschöpfungskette und fallen zudem nicht unter die Abschreibungen, so dass sie in dieser Analyse nicht mit einbezogen werden.
3. Die unterschiedlichen Kostenarten werden daraufhin den Wirtschaftszweigen zugordnet, in denen sie wirtschaftliche Aktivität auslösen. So kommen Investitionen für den Bau eines Rechenzentrums-Gebäude dem Bausektor zugute, der Kauf von Servern stößt Wertschöpfung in der Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten an. Die regionale Zuordnung erfolgt dabei anhand der Informationen aus EUREGIO, einer Datenbank des Joint Research Centre der EU (Europäische Kommission 2020), die regionale Investitionsflüsse enthält.
4. Mithilfe der IOT werden die Auswirkungen dieser jährlichen, wirtschaftszweigspezifischen Investitionskosten auf die vorgelagerte Wertschöpfungskette berechnet. Dies umfasst beispielsweise die Wertschöpfung von Unternehmen, die Baustoffe für den Bau der Rechenzentren liefern. Dadurch lässt sich der gesamte wirtschaftliche Effekt der Investitionen der Rechenzentrumsbranche ermitteln.

Die Input-Output-Analyse hat mehrere Quellen der Schätzungenauigkeit, die unterschiedlich hoch eingeschätzt wird:

- ▶ Erfassen der Rechenzentrumsbranche in ihrer wirtschaftlichen Bedeutung: Diese Schätzungen basieren auf der im Rahmen der Studie erstellten Rechenzentrumsliste und Schätzungen von Umsatz- und Beschäftigtenangaben zu Rechenzentren, bei denen diese Angaben nicht in den verschiedenen Datenquellen zur Erstellung der Liste (s. Kapitel 4) identifiziert werden konnten. Zwei Faktoren sorgen dafür, dass die Wirtschaftskraft der Branche tendenziell unterschätzt wird. Erstens ist die Rechenzentrumsliste nicht zwangsläufig vollständig. Zweitens werden bei der Schätzung von fehlenden Umsatz- und Beschäftigtenzahlen Extremwerte der bekannten Angaben (s.o.), die zur Schätzung herangezogen werden, am oberen Ende ausgeschlossen.
- ▶ Fortschreibung auf aktuellen Rand: Die Wirtschaft in FRM wird auf den aktuellen Rand wie oben beschrieben fortgeschrieben. Diese Fortschreibungen sind klassischerweise sehr genau, was aggregierte Größen betrifft (bspw. das BIP der gesamten Wirtschaft in FRM oder der Stadt

Frankfurt am Main) und unterliegen einer höheren Ungenauigkeit, wenn es um einzelne Branchen geht.

- ▶ Wertschöpfungsverflechtungen der regionalen IOT: Für die Berechnungen der Hebel wird eine regionale IOT mit der RZ-Branche als Satellitenkonto wie oben beschrieben erstellt. Auch diese IOT ist im Hinblick auf aggregierte Angaben (bspw. gesamter Hebel einer Branche) typischerweise recht genau. Im Hinblick auf eine Disaggregation der Hebelwirkung (insb. regionale Disaggregation; z.B. die Aufteilung in einen lokalen FRM-Hebeleffekt und einen Hebeleffekt im Rest von Deutschland) liegt eine größere Ungenauigkeit vor.

Schätzungen fiskalischer Effekte

Das Steuerschätzungsmodell der IW Consult berücksichtigt folgende Steuerarten:

- ▶ Umsatzsteuer (nach Vorsteuerabzug),
- ▶ Lohnsteuer auf abhängig Beschäftigte,
- ▶ Einkommensteuer auf Personengesellschaften,
- ▶ Gewerbesteuer,
- ▶ Körperschaftsteuer.

Das sind die wichtigsten wirtschaftsnahen Steuerarten und insgesamt machen sie bundesweit etwa 70 Prozent des gesamten Steueraufkommens aus. Zentrale Datenquellen für das Modell sind Angaben der amtlichen Statistik zum bundesweiten Steueraufkommen für die einzelnen Steuerarten, sowie der Verteilung des Aufkommens (Statistisches Bundesamt 2024e, 2024a, 2024f). Außerdem fließen Statistiken zur Branchenverteilung des Steueraufkommens (Statistisches Bundesamt 2023, 2024b, 2024d), und das Input-Output-Modell der IW Consult (inkl. Angaben zu Bruttolöhnen und -gehältern für alle Wirtschaftszweige und Kreise) in die Schätzungen mit ein.

Entlang der Logik des Input-Output-Modells werden im Rahmen des Modells sowohl der direkte fiskalische Effekt als auch der indirekte fiskalische Effekt geschätzt. Der direkte fiskalische Effekt ist das direkt durch die Rechenzentrumsbranche verursachte Steueraufkommen, also bspw. die Lohnsteuer der abhängig in der Branche Beschäftigten Erwerbstätigen oder die Gewerbesteuer auf Gewerbeerträge von Rechenzentren. Der indirekte fiskalische Effekt umfasst Steuerzahlungen der vorgelagerten Wertschöpfungskette der Branche, die anteilig auf den Umfang ihrer Zulieferungen berechnet werden. Dazu zählen unter anderem Lohnsteuerzahlungen der auf die Rechenzentrumsbranche zurückzuführenden indirekt Beschäftigten in anderen Branchen (s.o.).

Außerdem werden bei den Schätzungen des Steueraufkommens grundsätzlich zwei Betrachtungsweisen unterschieden. Eine ist die *Verursacherperspektive*, also eine Schätzung des Steueraufkommens, das durch die Rechenzentrumsbranche in FRM insgesamt entsteht. Im Gegensatz dazu wird bei der *Empfängerperspektive* betrachtet, wie das verursachte Steueraufkommen verteilt wird und welche Steuereinnahmen der Branche einer gegebenen Gebietskörperschaft (Kommune, Land, Bund) zufließen.

Die grundlegenden Steuerschätzungen nach Branche und Region beinhalten folgende Schritte:

1. Fortschreibung der Branchenverteilung auf aktuellen Rand: Zunächst wird die letzte bekannte nationale Branchenverteilung des Steueraufkommens aus den Steuerstatistiken anhand der aktuellen Steuersummen auf den aktuellen Rand fortgeschrieben (2023)

2. Schätzung und Fortschreibung der Kreissummen: Während das Steueraufkommen auf Bundesland und nationaler Ebene vor der Verteilung auf Gebietskörperschaften (verursachtes Aufkommen) und nach der Verteilung (empfangenes Aufkommen) bekannt ist, kann es auf Kreisebene anhand der Regionalstatistik, bekannten Verteilungsschlüssel und Bundeslandsummen geschätzt und fortgeschrieben werden.
3. Regionales Aufkommen (Verursacherperspektive): Im dritten Schritt wird das ermittelte Steueraufkommen nach Branchen auf die Bundesland- und Kreisebene heruntergebrochen (400 kreisfreie Städte und Landkreise). Diese Schätzung berücksichtigt die regionale Wirtschaftsstruktur, indem für jede Steuerart bis auf die Lohnsteuer das Steueraufkommen je Erwerbstätigen in einer Branche ermittelt und mit der Anzahl der Erwerbstätigen in einer Branche und einer Region (Bundesland bzw. Kreis) multipliziert wird. Als alternatives Verfahren werden für Lohnsteuerschätzungen bekannte Löhne und Gehälter nach Region und Branche als Schätzgrundlage verwendet. Auf die Durchschnittsgehälter nach Region und Branche wird kalkulatorisch die Lohnsteuer berechnet und als erste Schätzung verwendet.
4. Anpassung auf regionale und Branchensummen (Verursacherperspektive): Mittels RAS-Verfahren (iterative Anpassungsmethoden in der Statistik, die zur Modifikation von Tabellen oder Matrizen verwendet werden, sodass bestimmte Randbedingungen (Zeilen- und Spaltensummen) erfüllt sind) werden die Schätzungen so angepasst, dass sie sich jeweils auf die branchenübergreifenden Regionalsummen (auf Bundeslandebene bekannt, auf Kreisebene werden Schätzungen aus zweitem Schritt verwendet) und nationalen Branchensummen (Schätzungen aus erstem Schritt) addieren. Das ergibt die finalen Schätzungen des durch eine Branche in einer Region verursachten Steueraufkommens.
5. Verteilung der Steuern auf Gebietskörperschaften (Empfängerperspektive): Im fünften Schritt wird geschätzt, wie das verursachte Steueraufkommen unter Kreisen (alle Gemeinden eines Kreises), Bundesländern und den Bund verteilt wird. Dazu wird das empfangene Steueraufkommen einer Gebietskörperschaft mit den Branchenanteilen aus der Verursacherperspektive für eine erste Schätzung multipliziert.
6. Anpassung auf regionale und Branchensummen (Empfängerperspektive): Mittels RAS-Verfahren werden die Schätzungen so angepasst, dass sich die empfangenen Steueraufkommen einer Branche über alle Gebietskörperschaften auf das gesamte Steueraufkommen der Branche addiert (Anpassung auf Branchensumme) und sich das empfangene Steueraufkommen einer Gebietskörperschaft über alle Branchen auf das gesamte empfangene Steueraufkommen der Region (auf Bundeslandebene bekannt, auf Kreisebene werden Schätzungen aus zweitem Schritt verwendet) addiert. Das ergibt die finalen Schätzungen des empfangenen Steueraufkommens einer Gebietskörperschaft aus einer Branche.

Diese Schätzungen werden als Grundlage für die Berechnung des direkten und indirekten fiskalischen Effekts der Rechenzentrumsbranche in FRM verwendet. Dazu wird die Rechenzentrumsbranche genau wie in der Input-Output-Analyse als ein Satellitenkonto modelliert und aus dem übergeordneten Wirtschaftszweig „Informationsdienstleistungen“ (WZ 62-63) herausgelöst.

Für die Schätzung des direkten fiskalischen Effekts aus Verursacherperspektive wird dann über alle der Region FRM zugehörigen Kreise addiert. Der indirekte Effekt aus Verursacherperspektive ergibt sich in Kombination mit den Ergebnissen der Input-Output-Analyse. Für jede Zuliefererbranche der Rechenzentrumsbranche in FRM wird der Anteil ihrer Gesamtwertschöpfung ermittelt, der für Zulieferungen für die Rechenzentrumsbranche in FRM anfällt. Das Steueraufkommen aller zuliefernden Branchen wird mit diesem Anteil multipliziert und über alle zuliefernden Branchen summiert.

Für eine Schätzungen des direkten fiskalischen Effekts aus Empfängerperspektive werden vier Gruppen von Empfängern unterschieden:

1. Gemeinden in FRM: Der direkte fiskalische Effekt ergibt sich als Summe des empfangenen Steueraufkommens durch die Rechenzentrumsbranche über alle FRM-zugehörigen Kreise.
2. Bundesland Hessen: Aus den grundlegenden Steuerschätzungen ist das von Hessen empfangene Steueraufkommen aus WZ 62-63 bekannt. Mit Hilfe des Wertschöpfungsanteils der Region FRM am Land Hessen in WZ 62-63 und des Wertschöpfungsanteils der Rechenzentrumsbranche am (übergeordneten) WZ 62-63 wird der direkte fiskalische Effekt nach Empfängerprinzip geschätzt.
3. Bund: Für die Schätzung wird angenommen, dass der Anteil empfangener Steuern durch den Bund in der Rechenzentrumsbranche identisch ist mit dem entsprechenden Bundesanteil des WZ 62-63 ist. Das empfangene Steueraufkommen des Bundes ergibt sich dann als Produkt des Bundesanteils mit dem verursachten Steueraufkommen.
4. Restliche Gemeinden und Bundesländer: Der direkte fiskalische Effekt wird als Residualposten geschätzt. Durch horizontale Steuerausgleichsmechanismen zwischen Gemeinden und Bundesländern kann es dazu kommen, dass Gemeinden außerhalb von FRM und andere Bundesländer als Hessen direkt Steuerzahlungen der Rechenzentrumsbranche in FRM empfangen. Auch hier wird angenommen, dass der Anteil des verursachten Steueraufkommens der Rechenzentrumsbranche in FRM, der allen Bundesländern bzw. Gemeinden zufließt identisch mit den entsprechenden Anteilen des WZ 62-63 ist. So ergibt sich das empfangene Steueraufkommen restlicher Bundesländer als Produkt aus Länderanteil und verursachtem Steueraufkommen abzüglich Hessens Teil. In gleicher Weise ist das empfangene Steueraufkommen restlicher Gemeinden das Produkt des Gemeindeanteils und des verursachten Steueraufkommens abzüglich FRMs Teil.

Der indirekte fiskalische Effekt aus Empfängerperspektive ergibt sich analog zum indirekten Effekt aus Verursacherperspektive in Kombination mit den Ergebnissen der Input-Output-Analyse. Für jede Zuliefererbranche der Rechenzentrumsbranche in FRM wird der oben genannte Anteil ihrer Gesamtwertschöpfung ermittelt, der für Zulieferungen für die Rechenzentrumsbranche in FRM anfällt. Für jede Empfängergruppe wird dann das durch diese Gruppe empfangene Steueraufkommen aller zuliefernden Branchen mit dem Wertschöpfungsanteil multipliziert und über alle zuliefernden Branchen summiert. Eine wichtige Limitation des Steuerschätzungsmodells ist, dass Schätzungen für unterschiedliche Steuerarten unterschiedlich präzise sein können. Solche Ungenauigkeiten werden in Kapitel 5.1.3 diskutiert.

Regressionsanalysen

Den Panelregressionen liegt ein sogenanntes Two-Way-Fixed-Effects Panel-Modell zugrunde. In diesem Modell werden neben der zu erklärenden Variable (y) und der erklärenden Variable (x) sogenannte fixe Effekte für Kreise und Jahre hinzugefügt. Diese fixen Effekte kontrollieren den Einfluss kreisübergreifender zeitlicher Entwicklungen und zeit-unabhängiger Differenzen zwischen Kreisen. Das reduziert die Gefahr von Scheinkorrelationen durch unbeobachtete Störvariablen oder gemeinsame Zeittrends und sorgt dafür, dass die beobachteten Effekte bei den ökonomischen Kennziffern dem Wachstum der Rechenzentrumsbranche stärker ursächlich zugeschrieben werden können.

Zunächst gilt es, die erklärende Variable (x) zu operationalisieren. Zu diesem Zweck wurde mithilfe der Datenbanken beDirect, North Data und datacenter-Map eine Liste der Rechenzentren in Deutschland

erarbeitet²⁰. Diese Liste enthält neben der Geolokalisation Umsatz- und Beschäftigteninformationen und weist darüber hinaus einen Panelcharakter auf. Das bedeutet, dass die enthaltenen Informationen nicht im Querschnitt, sondern im Zeitverlauf von 2005 bis 2023 auf jährlicher Basis verfügbar sind. Mit Hilfe der Geolokalisation lassen die Unternehmensinformationen auf Kreisebene aggregieren, sodass sich etwa die Anzahl der Rechenzentrums-Beschäftigten pro 1.000 Beschäftigte je Kreis und Jahr bestimmen lässt. Diese Aggregation ist notwendig, damit der Zusammenhang mit den relevanten ökonomischen Kreiskennziffern untersucht werden kann.

Die ökonomischen Kreiskennziffern stellen die zu erklärende Variable (y) des Regressionsmodells dar. In der vorliegenden Analyse wurden die wirtschaftliche Performance, Wirtschaftsstruktur und Gründungen untersucht. Die relevanten Kennziffern auf Kreisebene sind folgende:

- ▶ Bruttoinlandsprodukt
- ▶ Produktivität (Bruttoinlandsprodukt je Erwerbstätiger)
- ▶ Erwerbstätige
- ▶ Beschäftigungsquote in der IKT-Branche (Wirtschaftsabschnitt J in der Klassifikation der Wirtschaftszweige WZ 2008)
- ▶ Beschäftigungsquote in der Finanzbranche (Wirtschaftsabschnitt K in der Klassifikation der Wirtschaftszweige WZ 2008)
- ▶ Gründungen
- ▶ High-Tech Gründungen

In dem bis hier hin geschilderten Regressionsdesign wird die Anzahl an Mitarbeitenden in Rechenzentren sowie der respektive Umsatz zur Erklärung der besagten Kreiskennziffern herangezogen. Anschließend lässt sich testen, ob die identifizierten Zusammenhänge zwischen x - und y -Variable als statistisch signifikant klassifiziert werden können. Vereinfacht gesagt gibt die statistische Signifikanz an, mit wie viel Unsicherheit ein identifizierter Schätzer verbunden ist. Typischerweise wird das Signifikanzniveau von 5 Prozent verwendet, was bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit, einen Effekt zu beobachten, obwohl es tatsächlich keinen Effekt (Nullhypothese) gibt, bei maximal 5 Prozent liegt.

Darüber hinaus würde das beschriebene Design die Verflechtungen von Rechenzentren mit den Wirtschaftsindikatoren der respektiven Kreise für Deutschland als Ganzes liefern. Da ein übergeordnetes Interesse an den Effekten in FRM besteht, muss die Regressionsgleichung um einen Interaktionsterm zwischen FRM und der x -Variable erweitert werden. Diese Differenzierung ermöglicht es, den ökonomischen Effekt eines Wachstums Rechenzentrumsbranche in FRM gesondert vom bundesweiten Effekt auszuweisen. Sowohl die bundeweiten Ergebnisse als auch die FRM-spezifischen werden gezeigt.

Außerdem wird das Modell für unterschiedliche Zeitpunkte des Wachstums der Rechenzentrumsbranche (x -Variable) geschätzt. Das ermöglicht es, einen ökonomischen Effekt mit zeitlichem Verzug (bis zu zwei Jahre später) zu identifizieren.

Insgesamt hat die Regressionsgleichung somit folgende Form:

$$y_{i,t} = \alpha * x_{i,s} + \beta * x_{i,s} * FRM_i + \mu_i + \gamma_t + \delta_t * FRM_i + \epsilon_{i,t},$$

²⁰ Die deutschlandweite Liste der Rechenzentren strebt eine möglichst breite Abdeckung aller Rechenzentren in Deutschland an. Eine vollkommene Vollständigkeit kann aus Gründen der Datenverfügbarkeit allerdings nicht angenommen werden.

wobei

- ▶ $y_{i,t}$ die relevante Kreiskennziffer in Kreis i zum Zeitpunkt t ,
- ▶ $x_{i,t}$ die Anzahl an Mitarbeitenden in Rechenzentren in Kreis i zum Zeitpunkt s , wobei $s = t$ oder $s = t - 1$ oder $s = t - 2$
- ▶ FRM_i eine Dummy-Variable, die den Wert eins für alle Kreise innerhalb von und den Wert null für alle Werte außerhalb von FRM annimmt,
- ▶ μ_i den kreisspezifischen Effekt für Kreis i ,
- ▶ γ_t den zeitspezifischen Effekt zum Zeitpunkt t ,
- ▶ δ_t den zeitspezifischen Effekt zum Zeitpunkt t für FRM,
- ▶ $\epsilon_{i,t}$ den idiosynkratischen Fehlerterm in Kreis i zum Zeitpunkt t und
- ▶ α sowie β die relevanten marginalen Effekte darstellen.

Die grundlegende Interpretation und Relevanz der fixen Effekte (μ_i und γ_t) sowie der marginalen Effekten (α und β) wird im Folgenden geschildert. Die fixen Kreiseffekte (μ_i) bilden Einflüsse ab, die über die Zeit konstant sind, aber zwischen den Kreisen variieren. Ein Beispiel für einen solchen Einfluss könnte die infrastrukturelle Anbindung eines Kreises sein. Das Vorhandensein von Autobahnen, Flughäfen oder Hochschulen hat einen direkten Effekt auf ökonomische Kreiskennziffern wie das BIP. Würde auf die fixen Kreiseffekte verzichtet werden, wären die relevanten marginalen Effekte verzerrt, da sie neben dem eigentlichen Effekt auch den kreisspezifischen Effekt μ_i abbilden würden. Die fixen Zeiteffekte (γ_t) bilden Einflüsse ab, die alle Kreise gleichermaßen betreffen aber mit der Zeit variieren. Ein Beispiel könnten etwa wirtschaftliche Konjunkturzyklen oder der technologische Fortschritt darstellen. Analog zu den fixen Kreiseffekten gilt die Argumentation, dass ein Verzicht von fixen Zeiteffekten die relevanten marginalen Effekte verzerrt würde. Die marginalen Effekte (α und β) stellen die zentralen interessierten Größen der Kreisdatenanalyse dar, denn sie beschreiben, in welcher Form der linearen Abhängigkeit Rechenzentren zu den untersuchten Kreiskennziffern stehen. Dabei gibt α den bundesweiten marginalen Effekt und β den Unterschied zwischen Deutschland und FRM an. Die oben gezeigten Ergebnisse beziehen sich auf diese marginalen Effekte, wobei die Angabe ohne „FRM“ sich stets auf den bundesweiten Effekt bezieht und die Angaben mit „FRM“ sich stets auf den FRM-spezifischen Effekt, d.h. die Summe $\alpha + \beta$ bezieht.

Das Gütemaß der Modelle fällt sehr typisch aus für das angewandte Modelle mit einer großen Anzahl an fixen Effekten (400 auf Kreisebene und bis zu 17 jeweils auf Jahresentebene für ganz Deutschland und für FRM) und nur einer erklärenden Variable abseits der fixen Effekte. Das angepasste R^2 , welches die erklärte Varianz im Gesamtmodell misst ist in allen Modellen sehr hoch mit einem Wert über 0,95. Das ist natürlich, weil die Kreis- und Jahresvarianz in den Ergebnisvariablen im Wesentlichen durch die fixen Effekte erklärt werden, d.h., gesamtdeutsche Entwicklungen über Zeit und zeitinvariante Differenzen zwischen Kreisen erklären die Ergebnisvariablen zu einem sehr hohen Ausmaß. Das sogenannte „within R^2 “, welches die erklärte Varianz *nach* Berücksichtigung der fixen Effekte misst, liegt in allen Modellen unter 0,01. Auch das ist natürlich, denn das vorliegende Modell benutzt nur eine erklärende Variable und viele andere Einflussfaktoren, die über Kreise und Zeit variieren und Teil des idiosynkratischen Fehlerterms sind, haben auch ein Einfluss auf die Ergebnisvariable.

Unternehmensbefragung

Zur Durchführung der telefonischen Unternehmensbefragung wurde die approxima Gesellschaft für Markt- und Sozialforschung Weimar mbH von der IW Consult beauftragt.

Konzeptionelles Vorgehen

Nach Abstimmung des Fragebogens wurde dieser zusammen mit einer stratifizierten Zufallsstichprobe an Unternehmensinformationen an approxima versendet. Als Grundgesamtheit für die Befragung diente die Unternehmensdatenbank beDirect der Creditreform, die als annähernde Vollerhebung der deutschen Unternehmenslandschaft betrachtet werden kann. In der beDirect-Datenbank finden sich unter anderem Unternehmensangaben in Bezug auf den Wirtschaftszweig, die Unternehmensgröße und den Unternehmenssitz. Diese Informationen wurden im Rahmen der stratifizierten Zufallsziehung als sogenannte Strata verwendet. Dies bedeutet, dass die Unternehmen im Rahmen einer geschichteten Zufallsziehung für die Befragung ausgewählt werden und sichergestellt wird, dass eine hinreichende Anzahl an Unternehmen in allen relevanten Schichten gegeben ist. Beispielsweise weisen nur knapp 0,5 Prozent aller Unternehmen 250 oder mehr Beschäftigte auf. Im Mittel müsste man also 200 Unternehmen zufällig auswählen, um ein Unternehmen mit mindestens 250 Beschäftigten zu erhalten. Dies hätte zur Folge, dass die Gruppe der Unternehmen mit mindestens 250 Beschäftigten im Rahmen einer nicht stratifizierten Zufallsziehung aufgrund von Fallzahlenrestriktionen nicht separat auswertbar wäre. Eine analoge Argumentation gilt für Unternehmen mit engen Verflechtungen zu Rechenzentren. Aus diesem Grund werden im Rahmen von Unternehmensbefragungen schwach vertretene Schichten der Grundgesamtheit systematisch überrepräsentiert und die externe Validität der Stichprobe durch Bildung von Gewichtungsfaktoren sichergestellt. Konkret wurde folgendermaßen vorgegangen:

- ▶ Initiale Ziehung einer stratifizierten Zufallsstichprobe für zwei Drittel der zu befragenden Unternehmen (erste Befragungsgruppe) entlang von Branchen- und Größenverortung.
- ▶ Berechnung von vorläufigen Gewichtungsfaktoren für die erste Befragungsgruppe als Ausgleich überrepräsentierter Unternehmensgruppen wie Großunternehmen.
- ▶ Bestimmung der Rechenzentrumsnutzung der Unternehmen der ersten Befragungsgruppe nach Branchen- und Größenverortung.
- ▶ Auswahl der Unternehmen für das letzte Drittel der zu befragenden Unternehmen (zweite Befragungsgruppe) auf Basis der Rechenzentrumsnutzung der Unternehmen der ersten Befragung nach Branchen- und Größenverortung. Priorisiert wurden insbesondere mittelgroße und große Dienstleistungsunternehmen.
- ▶ Bestimmung finaler Gewichtungsfaktoren, zum Ausgleich der beschriebenen Stratifizierung der beiden Befragungsgruppen.

In der Unternehmensbefragung wurden folgende Branchenverortungen betrachtet:

- ▶ Verarbeitendes Gewerbe (WZ 10-33)
- ▶ Sonstige Industrie (WZ 35-43)
- ▶ Unternehmensnahe Dienstleister (WZ 49-53, 58-63, 69-74)
- ▶ Gesellschaftsnahe Dienstleister (WZ 45-47, 55-56, 79)

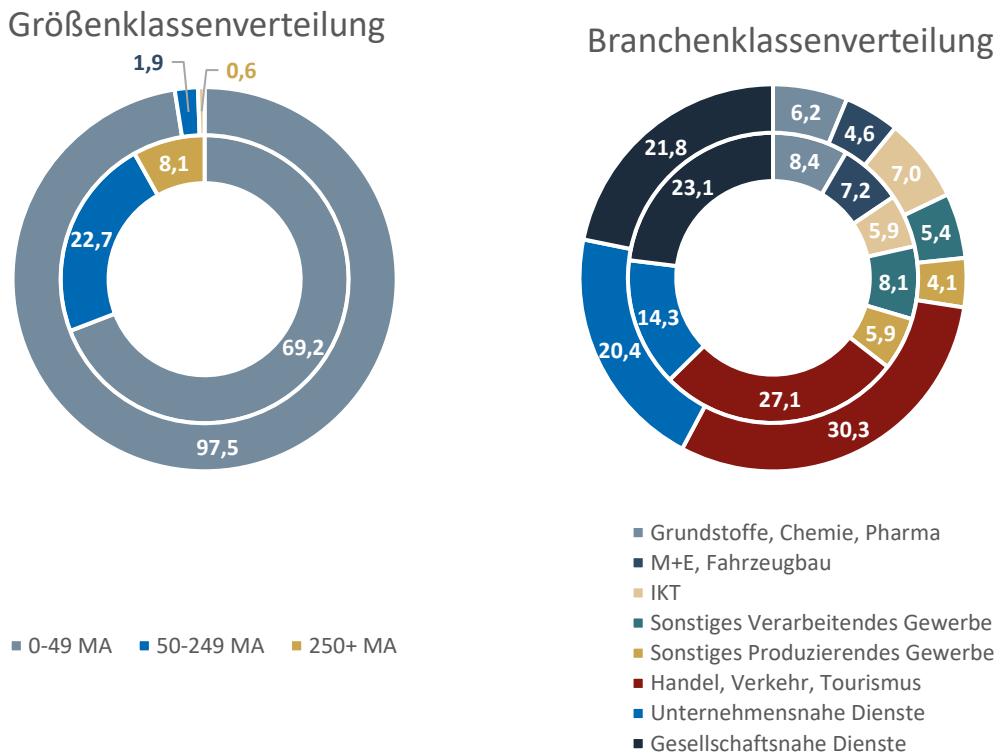
Die Branchendefinition weist den Vorteil auf, dass im Kontext der Fragestellung nachrangige Wirtschaftszweige wie etwa Friseure oder Pflegeheime initial ausgeschlossen werden und nur jene Unternehmen betrachtet werden, für die Rechenzentren eine grundsätzliche Relevanz haben.

Stichprobenübersicht

Es wurde bereits beschrieben, dass die Stichprobe durch Gewichtungsfaktoren repräsentativ für die Grundgesamt aller Unternehmen in FRM hochgerechnet wurde. Zum besseren Verständnis stellt die folgende Abbildung die ungewichtete und die gewichtete Verteilung der Unternehmen nach Größen- und Branchenklassen dar.

Abbildung A-1: Größen- und Branchenklassenverteilung der Stichprobe

Dargestellt: Ungewichtete (innen) und gewichtete (außen) Anteile



Quelle: Unternehmensbefragung Rechenzentren (2024)

In Bezug auf die Verteilung der Unternehmen nach Größenklassen wird der Effekt der Gewichtung besonders deutlich. Die Gruppe der Unternehmen mit mindestens 250 Beschäftigten ist in der ungewichteten Stichprobe für gut 8 Prozent aller Unternehmen verantwortlich, in der Grundgesamtheit aller Unternehmen in FRM sind es dagegen nur knapp 1 Prozent. Große Unternehmen wurden im Rahmen der Stichprobenzusammensetzung überrepräsentiert da diese Gruppe ansonsten aufgrund von Fallzahlenrestriktionen nicht separat auswertbar gewesen wäre. Die Gewichtung gleicht das Oversampling von großen Unternehmen in der Stichprobe aus und gewährleistet, dass die Größenklassenverteilung der Unternehmen in der Stichprobe der entsprechenden Verteilung in der Grundgesamtheit gleicht. Hinsichtlich der Branchenverteilung sind geringere Unterschiede zwischen ungewichteter und gewichteter Stichprobe erkennbar. Industrieunternehmen (Grundstoffe bis Sonstiges Produzierendes Gewerbe, exklusive IKT) machen in der Grundgesamtheit aller Unternehmen in FRM gut 20 Prozent aller Unternehmen aus, knapp 80 Prozent der Unternehmen lassen sich als Dienstleistungsunternehmen klassifizieren. Da die gewichtete Stichprobe der Grundgesamtheit hinsichtlich Größen- und Branchenverteilung gleicht, lassen sie die Ergebnisse als repräsentatives Abbild aller Unternehmen in FRM ansehen und haben externe Validität auch über die Stichprobengrenzen hinaus.

Wirtschaft-4.0-Index

Für diesen Indikator werden die Websites nahezu aller deutschen Unternehmen systematisch mit einer Schlagwortsuche analysiert. Grundlage des Webcrawling-Ansatzes ist die Plattform *beast* des Dienstleisters *beDirect* mit der ein Vollzugriff auf die Texte von Websites ermöglicht wird.

Es werden 29 Wortwolken aus relevanten Begriffen zu verschiedenen Themengebieten gebildet, die für Wirtschaft 4.0 relevant sind. Werden auf der Website eines Unternehmens Treffer in mindestens zwei verschiedenen Wortwolken erreicht, gilt das Unternehmen als Wirtschaft 4.0-affin. Der Anteil der Wirtschaft-4.0-affinen Unternehmen an allen Unternehmen in einer Region ist der Wirtschaft-4.0-Index. Die Erhebung erfolgt durch die IW Consult GmbH.