

BEDEUTUNG DIGITALER INFRASTRUKTUREN IN DEUTSCHLAND

Sozioökonomische Chancen und Herausforderungen
für Rechenzentren im internationalen Wettbewerb

Ralph Hintemann | Jens Clausen

BEDEUTUNG DIGITALER INFRASTRUKTUREN IN DEUTSCHLAND

Sozioökonomische Chancen und Herausforderungen
für Rechenzentren im internationalen Wettbewerb

Ralph Hintemann | Jens Clausen

Impressum

AUTOREN

Ralph Hintemann (Borderstep Institut) | hintemann@borderstep.de

Jens Clausen (Borderstep Institut) | clausen@borderstep.de

ZITIERVORSCHLAG

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

BILDQUELLEN

Heinrich Holtgreve/OSTKREUZ

AUFTRAGGEBER

eco – Verband der Internetwirtschaft e. V.

Französische Straße 48

10117 Berlin

info@digitale-infrastrukturen.net

030 – 20 21 567-0

030 – 20 21 567-19

digitale-infrastrukturen.net

INHALTSVERZEICHNIS

	Vorwort	7
1	Politische Forderungen zur Stärkung digitaler Infrastrukturen in Deutschland	8
2	Zusammenfassung	10
3	Methodisches Vorgehen	12
4	Rechenzentren haben eine zentrale Bedeutung für eine zukunftsfähige digitale Wirtschaft	14
4.1	Rechenzentren sind ein zentrales Element der digitalen Infrastrukturen	14
4.2	Der Betrieb von Rechenzentren selbst bedeutet eine erhebliche Wertschöpfung	15
4.3	Rechenzentren sind Basisinfrastruktur der Internetwirtschaft	17
4.4	Rechenzentren sind ein Element der digitalen Wertschöpfung in allen Branchen	19
4.5	Rechenzentren haben eine hohe strategische Bedeutung für die Gestaltung unserer Zukunft	20
5	Rechenzentren haben Bedeutung für alle Regionen	22
5.1	Die Digitalisierung schreitet nicht überall gleich schnell voran	22
5.2	Regionale Rechenzentren sind ein wichtiger Treiber der Digitalisierung	24
5.3	Rechenzentrumsinfrastrukturen erhöhen die Attraktivität des Internet Hubs Frankfurt Rhein-Main für ansiedlungsinteressierte Unternehmen	27
6	Der deutsche Rechenzentrumsmarkt steht im internationalen Wettbewerb	28
6.1	Deutschland nimmt bei den digitalen Infrastrukturen weltweit nur einen mittleren Rang ein	28
6.2	Bedarf an Rechenzentren wächst kontinuierlich	31
6.3	Deutschland als Rechenzentrumsstandort unter Druck	32
6.4	Die Entwicklung zu Hyperscale-Rechenzentren scheint an Deutschland vorbeizugehen	34
7	Deutschland als Standort für Rechenzentren	36
7.1	Standortfaktoren für Rechenzentren im internationalen Vergleich	36
7.2	Skandinavien: Ansiedlungspolitik auf Basis preiswerter erneuerbarer Energie	39
7.3	Die Niederlande: Clusterstrategie um den Digital Hub Amsterdam	41
7.4	China: Streben nach Digitalem Wohlstand und Hochtechnologieexport	43
8	Beiträge von Rechenzentren zur Energiewende	46
8.1	Deutlich ansteigender Bedarf an IT-Leistung lässt Energiebedarf der Rechenzentren wachsen	46
8.2	Weitere Verbesserungen der Energieeffizienz der Rechenzentren sind möglich	47
8.3	Rechenzentren sind eine wertvolle Wärmequelle	47
8.4	Rechenzentren als Quelle von Regelleistung zur Stabilisierung des Stromnetzes	50
9	Politische Unterstützung der Rechenzentrumsbranche in Deutschland	52
10	Glossar	54
11	Literatur	56

»POLITIK MUSS DIGITALE INFRASTRUKTUREN ALS WICHTIGEN FAKTOR FÜR WIRTSCHAFTSSTANDORT DEUTSCHLAND ANERKENNEN«



OLIVER J. SÜME,
VORSTANDSVORSITZENDER
ECO

Das Internet ist die Grundlage für einen prosperierenden Wirtschaftsstandort Deutschland und für eine offene und freie Gesellschaft. Die Basis für den reibungslosen Betrieb digitaler Dienste sind funktionierende und leistungsfähige digitale Infrastrukturen. Sie sind quasi das Rückgrat einer gelingenden digitalen Transformation in Deutschland und gleichzeitig Wachstumsmotor, Innovationstreiber und Multiplikator für andere

Industrien (insbesondere im Bereich Industrie 4.0) sowie Garant für Steuereinnahmen und Beschäftigung.

Doch während Provider und große Anbieter sozialer Plattformen häufig im Fokus von Politik und Öffentlichkeit stehen, sind die Unternehmen, die am Anfang der Wertschöpfungskette Internet stehen – nämlich Betreiber digitaler Infrastrukturen wie Rechenzentren, Carrier oder Cloud-Anbieter – sowie ihre Verdienste und Herausforderungen bislang weitgehend unbekannt.

Angesichts ihrer volkswirtschaftlichen Bedeutung für den Standort Deutschland erfahren diese Unternehmen aktuell keine angemessene politische Unterstützung und Förderung.

Führende Betreiberunternehmen digitaler Infrastrukturen haben daher unter dem Dach von eco die „Allianz zur Stärkung digitaler Infrastrukturen in Deutschland“ gegründet.

Die Allianz zur Stärkung digitaler Infrastrukturen möchte die Öffentlichkeit allgemein und das politische Bewusstsein im Speziellen auf diese

Unternehmen lenken und künftige politische Entscheidungen zum Digitalstandort Deutschland in dessen Sinne positiv mitgestalten.

Mit mehr als 1.000 Mitgliedsunternehmen ist eco der größte Verband der Internetwirtschaft in Europa. Unsere Mitglieder kommen inzwischen aus allen Bereichen der gesamten Wertschöpfungskette Internet. Unsere Wurzeln haben wir allerdings – nicht zuletzt mit unserer 1995 gegründeten Tochter DE-CIX, dem weltweit größten Internetknotenpunkt in Frankfurt – bei den digitalen Infrastrukturen und sind damit selbst Teil und Treiber einer der wichtigsten Zukunftsbranchen.

Ich begrüße daher ausdrücklich das Engagement unserer Mitgliedsunternehmen e-shelter, Equinix, Interxion und Telehouse, die gemeinsam mit DE-CIX die Initiative zur Gründung der Allianz zur Stärkung digitaler Infrastrukturen ergriffen haben. Gemeinsam mit vielen weiteren großen, mittelständischen und kleinen Betreibern digitaler Infrastrukturen, aber auch Anwenderunternehmen wie der Siemens AG, wollen wir mit der Allianz in den kommenden Monaten zeigen, wie entscheidend leistungsfähige digitale Infrastrukturen für funktionierende digitalwirtschaftliche Ökosysteme und den gesamten Wirtschaftsstandort Deutschland sind.

Diese aufwendig recherchierte Studie ist ein erster wichtiger Beitrag für eine Debatte rund um die Bedeutung digitaler Infrastrukturen. Sie zeigt die Potenziale und Alleinstellungsmerkmale deutscher Infrastrukturanbieter, aber auch die Herausforderungen, denen diese Branche in Deutschland im internationalen Vergleich ausgesetzt ist. Die Quintessenz der Ergebnisse lautet:

Die Politik muss digitale Infrastrukturen in Deutschland endlich als Standortfaktor anerkennen und ihre Betreiber stärker unterstützen!

1 POLITISCHE FORDERUNGEN ZUR STÄRKUNG DIGITALER INFRASTRUKTUREN IN DEUTSCHLAND

1. DIGITALE INFRASTRUKTUREN ALS WICHTIGEN FAKTOR FÜR WIRTSCHAFTSSTANDORT DEUTSCHLAND ANERKENNEN

Die Bundesregierung muss ein umfassendes Verständnis digitaler Infrastrukturen in Deutschland entwickeln. Anbieter von Rechenzentren, Co-Location- und Cloud-Infrastrukturanbieter genauso wie Internet- und Hostserviceprovider bilden das Rückgrat sämtlicher digitaler Wertschöpfungs- und Innovations-Ökosysteme. Ihre Innovations- und Wirkpotenziale genauso wie ihre Herausforderungen müssen volkswirtschaftlich stärker gewichtet und in Politikkonzepte einbezogen werden.

2. BREITBANDAUSBAU VORANTREIBEN

Um das komplette Potenzial der digitalen Infrastrukturen zum Gelingen der digitalen Transformation von Gesellschaft und Wirtschaft auszuschöpfen, ist der rasche Ausbau flächendeckend verfügbarer Breitbandnetze alternativlos und muss von der Bundesregierung stärker vorangetrieben werden.

3. DEUTSCHLAND ALS RECHENZENTRUMSSTANDORT STRATEGISCH STÄRKEN UND WEITERENTWICKELN

Die Bundesregierung muss eine konsistente Strategie zur Stärkung des Rechenzentrumsstandorts Deutschland erarbeiten, die Aspekte der internationalen Wettbewerbsfähigkeit und technologischen Innovation für die Anbieter und Anwender ebenso in den Fokus nehmen wie Aspekte der Datensicherheit und der digitalen Versorgung von Wirtschaft und Gesellschaft.

Vor dem Hintergrund eines starken internationalen Wettbewerbs um die Ansiedlung von Rechenzentren ist es erforderlich, den Rechenzentrumsstandort Deutschland gezielt

weiterzuentwickeln. Drei Zukunftsszenarien der Branche sind hierbei insbesondere zu berücksichtigen:

a. Strategische Ansiedlung leistungsfähiger und energieeffizienter Hyperscaler, um beispielsweise auch im Bereich Künstlicher Intelligenz eine zentrale Infrastrukturrolle der digitalen Welt von morgen spielen zu können.

b. Konzeptionelle Einbindung von Zukunftsszenarien dezentraler Anforderungen an Mikrorechenzentren, wie sie bei Edge- und/oder Fog Computing zum Einsatz kommen und die im Bereich autonomes Fahren, Industrie 4.0 sowie Smart Home & Smart City eine immer entscheidendere Rolle spielen werden.

c. Stärkung und gezielte Förderung der bestehenden Infrastrukturen und Ausbau der Kerninfrastruktur, damit Deutschland seine Stellung im internationalen Standortwettbewerb halten kann.

4. MASSNAHMEN UNTER BERÜCKSICHTIGUNG UNTERSCHIEDLICHER GESCHÄFTSMODELLE ENTWICKELN

Auf Basis einer vorliegenden Strategie müssen – gemeinsam mit Bund, Ländern, Kommunen und der Wirtschaft – Maßnahmen entwickelt werden, die auf die unterschiedlichen Geschäftsmodelle der Rechenzentrumsbetreiber und deren Kunden zugeschnitten sind und auch in Bezug auf die Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz alle Interessen berücksichtigen sowie Innovationspotenzial nutzen.

5. FORSCHUNG IM BEREICH RECHENZENTREN FÖRDERN

Die Bundesregierung muss eine starke Forschungslandschaft rund um das Thema

Rechenzentrum fördern. Hier gilt es, vor allem bestehende Stärken, z. B. sowohl im Bereich Security, High Performance Fog und Edge Computing als auch Konzepte zur nachhaltigen Energieeffizienzsteigerung für bestehende und zukünftige Infrastrukturen, deutlich auszubauen.

6. BÜROKRATIE ABBAUEN, VERWALTUNGSPROZESSE EFFIZIENTER UND SCHLANKER GESTALTEN

Um dem zunehmenden Bedarf sowie dem schnellen Wachstum der digitalen Wirtschaft gerecht zu werden, müssen die Antrags- und Genehmigungsprozesse sowie Auflagen angepasst und effizienter gestaltet werden. Dies betrifft insbesondere die Verwaltungsprozesse für Neubauten, Änderungen und Modernisierungen. Hier gilt es, im Schulterschluss Bund, Länder und Kommunen Lösungen für die Anbieter von digitalen Infrastrukturleistungen zu finden.

7. AUS- UND WEITERBILDUNG FÖRDERN

Mit der Digitalisierung der Wirtschaft geht einher, dass mehr und mehr technisches Wissen zum Auf- und Ausbau sowie Betrieb der digitalen Infrastrukturen in Deutschland benötigt wird. Fachkräfte sind hier der entscheidende Standortfaktor im europäischen und internationalen Wettbewerb. Es muss eine bundesweite Kampagne zur Steigerung der Attraktivität des Arbeitsfeldes digitaler Infrastrukturen unterstützt und gefördert werden, um auch zukünftig ausreichend qualifizierte Mitarbeiter für eine Tätigkeit in diesem Sektor zu gewinnen und zu halten.

8. RESSORTÜBERGREIFENDES VORGEHEN LERNEN

Die Politik muss im Umgang mit Anbietern digitaler Infrastrukturen ressortübergreifend ein abgestimmtes Vorgehen lernen und

umsetzen, damit die anstehenden Herausforderungen, wie etwa im Bereich Stärkung des Wirtschaftsfaktors, Sicherung und Generierung von Fachkräften sowie Energiepreise und Forschungsansätze der Energieeffizienzsteigerung, ein tragfähiges Gesamtbild für einen leistungs- und wettbewerbsfähigen Digitalstandort Deutschland abgeben.

9. STRATEGIEN AUF EU-EBENE IMPLEMENTIEREN

Die auf die Rechenzentrumsbranche bezogenen Diskussionen und Strategien müssen ebenfalls eine entsprechende Verankerung und Verstärkung auf europäischer Ebene finden.

10. STROMKOSTEN WETTBEWERBSFREUNDLICHER GESTALTEN

Stromkosten sind ein wesentlicher Wettbewerbsfaktor für Rechenzentren. Die Stromkosten sind in Deutschland teilweise doppelt so hoch sind wie im europäischen Vergleich. Dies liegt vor allem an den erheblichen Umlagen, Abgaben und der Stromsteuer, die es in dieser Art und Höhe in anderen Ländern nicht gibt. Die Umlagen, Abgaben und Steuern für Rechenzentren müssen auf ein moderates Niveau gesenkt werden, um diesen Wettbewerbsnachteil abzumildern und in Europa wettbewerbsfähig zu bleiben. Dies würde den Strom für Wärmepumpen günstiger machen, damit die Energiewende gerade in den Sektoren Wärmeversorgung und Elektromobilität vorantreiben und gleichzeitig die Zukunftsbranche der Rechenzentren international wettbewerbsfähiger machen.

2 ZUSAMMENFASSUNG

Gemeinsam mit einer leistungsfähigen Breitbandinfrastruktur stellen Rechenzentren das Rückgrat der Digitalisierung dar und haben einen wesentlichen Einfluss auf die aktuelle und künftige wirtschaftliche Entwicklung. Die Digitalisierung und das damit zu erwartende zusätzliche Wertschöpfungspotenzial in Deutschland von jährlich ca. 500 Mrd. € (McKinsey, 2017) erfordern leistungsfähige digitale Infrastrukturen sowie ein ausgebautes Öko-System von IT-Dienstleistern, Softwareanbietern, Systemhäusern, digitalen Plattformen, Content-Anbietern etc.

Die verschiedenen Ebenen digitaler Infrastrukturen in Deutschland sind unterschiedlich gut ausgebildet. Während Deutschland bei den Breitbandanschlüssen von Unternehmen und Haushalten im weltweiten und europaweiten Vergleich deutlichen Nachholbedarf hat, ist die Situation bei den Internetaustauschknoten und Rechenzentren deutlich besser zu bewerten. Mit dem DE-CIX verfügt Deutschland über den gemessen am Datendurchsatz größten Internetknoten der Welt. Bei den Rechenzentren wurden vor allem in den Jahren 2014 bis 2017 große zusätzliche Kapazitäten in Deutschland aufgebaut. Damit ist es gelungen, die deutsche Position im europäischen Wettbewerb um Rechenzentrumskapazitäten zu festigen. In Deutschland werden gegenwärtig jährlich mehr als 8 Mrd. € in den Bau, die Modernisierung und in die IT von Rechenzentren investiert. Die Rechenzentren allein sichern in Deutschland mehr als 200.000 Arbeitsplätze. Dennoch nimmt der Anteil Deutsch-

lands an den weltweiten Rechenzentrumskapazitäten, insbesondere im Vergleich zu Nordamerika und Asien, kontinuierlich ab.

Hinsichtlich der Bewertung der Standortfaktoren für Rechenzentren im internationalen Vergleich nimmt Deutschland eine Sonderrolle ein. Während die Rechenzentrumsbetreiber einige Standortfaktoren als sehr gut bewerten, schneidet Deutschland bei anderen Faktoren eher schlecht ab. Vor allem die vorhandene Stromversorgungsinfrastruktur, die Anbindung an Internetknoten sowie die Themen Datenschutz und Datensicherheit werden als deutliche Standortvorteile bewertet. Dagegen wird Deutschland aktuell bei den Themen Fachkräfteverfügbarkeit, Strompreise und Dauer von Genehmigungsprozessen im internationalen Vergleich als abgeschlagen betrachtet.

Ihrer Standortvorteile werden sich andere Staaten zunehmend bewusst und sie werden mit Nachdruck weiter ausgebaut (Ostler, 2018). So senken skandinavische Länder wie Schweden und Norwegen die Stromsteuern für Rechenzentren und werben mit niedrigen Strompreisen von unter 3 Cent/kWh und reichlich verfügbarer regenerativer Energie. Auch die chinesische Regierung forciert im Rahmen des 13. Fünfjahresplans den Ausbau der digitalen Wirtschaft und der digitalen Infrastrukturen – eine Strategie, mit der bereits andere Sektoren wirksam und rasch entwickelt wurden. Weder in der Digitalen Agenda der deutschen Bundesregierung (Die Bundesregierung, 2014)

noch im Monitoring-Report zur digitalen Wirtschaft des BMWi (Graumann et al., 2017) werden Rechenzentren aber explizit thematisiert. In die neue Bundesregierung wurde zwar eine Staatsministerin für Digitalisierung berufen, im Koalitionsvertrag (CDU, CSU und SPD, 2018) werden aber die Themen Rechenzentren und Internet-Backbone ebenfalls nicht angesprochen.

Gegenwärtig verfügen nur einzelne Bundesländer, wie z. B. Hessen, über Digitalstrategien, die über das Thema Internetzugangnetz hinausgehen und auch die Bedeutung von Rechenzentren adressieren. Die anspruchsvollen Wachstumsziele im Kontext der Digitalisierung der Wirtschaft sind aber nur mit erstklassigen digitalen Infrastrukturen zu realisieren – von leistungsfähigen internationalen Internetknoten, über Rechenzentren, bis hin zu performanten Breitbandanschlüssen. Gerade für die erfolgreiche und rasche Digitalisierung des mittelständischen Fundaments der bundesdeutschen Wirtschaft ist es erforderlich, über eine gute Basis sowohl regionaler als auch überregionaler leistungsfähiger Rechenzentren zu verfügen. Dabei stellen die Region Frankfurt Rhein-Main, aber auch die mittleren Rechenzentrumsstandorte, wie z. B. München, Nürnberg, Hamburg und Berlin, wesentliche Dienste zur Verfügung, die durch die regionalen Rechenzentren für die regionalen Unternehmen verfügbar werden. Die erstklassige Vernetzung der großen Internetknoten und Rechenzentrumsstandorte durch den Internet-Backbone stellt eine weitere Säule der digitalen Infrastruktur dar. Und

auch dem Breitbandausbau des Zugangnetzes der Unternehmen und Privathaushalte kommt eine hohe Bedeutung zu.

Mit der Digitalisierung der Unternehmen der Wirtschaft geht einher, dass mehr und mehr technisches Wissen und Daten zu Kunden, Lieferanten u. a. m. in Rechenzentren abgelegt werden. Die Sicherheit dieser Daten kann am besten im Inland gewährleistet werden. Zur Sicherstellung der digitalen Souveränität Deutschlands ist es erforderlich, über eine starke Rechenzentrumsinfrastruktur zu verfügen. Die Bundesregierung sollte daher, ähnlich wie die skandinavischen Staaten, die Niederlande und Großbritannien, eine aktive Strategie für die Sicherung und den Ausbau der Rechenzentrumsinfrastrukturen in Deutschland erarbeiten.

3 METHODISCHES VORGEHEN

Zur wirtschaftlichen Bedeutung der Rechenzentren in Deutschland liegen bereits einige veröffentlichte Studien des Borderstep Instituts vor (Hintemann, 2017a, 2017b, 2017c; Hintemann & Clausen, 2014). Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung werden diese Informationen zusammengefasst und aktualisiert. Soweit verfügbar, wurden auch Ergebnisse anderer Studien und Datenquellen in diese Zusammenfassung aufgenommen (z. B. CBRE Global Corporate Services, 2017; Cisco, 2016; EITO/IDC, 2014; Graumann et al., 2017). Folgende Quellen wurden im Einzelnen verwendet:

Desk Research: Durchführung einer umfassenden Literaturrecherche und Zusammenfassung der vorhandenen Informationen mit dem Fokus auf Rechenzentren in Deutschland, Skandinavien, Niederlande und China.

Modellierung: Berechnung von wirtschaftlichen Kennzahlen für Deutschland und vergleichbaren Ländern auf Basis des Borderstep-Strukturmodells für Rechenzentren in Deutschland.

Delphi-Befragung und Interviews: Durchführung einer Online-Delphi-Befragung sowie vertiefende Interviews zu Einzelthemen.



DE-CIX
Where networks meet

DE-CIX
Where networks meet

4 RECHENZENTREN HABEN EINE ZENTRALE BEDEUTUNG FÜR EINE ZUKUNFTSFÄHIGE DIGITALE WIRTSCHAFT

Rechenzentren bilden gemeinsam mit einer leistungsfähigen Breitbandinfrastruktur das Rückgrat der Digitalisierung.

Digitale Infrastrukturen haben einen wesentlichen Einfluss auf die aktuelle und künftige wirtschaftliche Entwicklung. Die Digitalisierung und das damit zu erwartende zusätzliche Wertschöpfungspotenzial in Deutschland von jährlich ca. 500 Mrd. € (McKinsey, 2017) erfordern leistungsfähige digitale Infrastrukturen sowie ein ausgebautes Öko-System von IT-Dienstleistern, Softwareanbietern, Systemhäusern, digitalen Plattformen, Content-Anbietern etc. In großen Internet Hubs wie London, Amsterdam oder Frankfurt, aber auch in zahlreichen Regionen der USA und in Asien, konzentrieren sich neben den großen Rechenzentren und Internetknoten selbst auch eine große Zahl von Fachleuten und qualifiziertes Personal. Es entwickeln sich starke Cluster, die weitere Unternehmen systematisch anziehen.

Rechenzentren haben bereits heute eine hohe direkte wirtschaftliche Bedeutung. In Deutschland werden jährlich mehr als 8 Mrd. € in den Bau, die Modernisierung und in die IT von Rechenzentren investiert. Rechenzentren sichern in Deutschland mehr als 200.000 Arbeitsplätze. Hinzu kommt eine Vielzahl weiterer indirekter und induzierter wirtschaftlicher Effekte, deren Größenordnungen bisher kaum untersucht und quantifiziert wurden. Einzelne Studien legen nahe, dass sich die wirtschaftliche Bedeutung in den kommenden Jahren weiter deutlich erhöhen wird. Es ist zu erwarten, dass durch die durch Rechenzentren ermöglichte Digitalisierung insgesamt bis 2025 eine zusätzliche Wertschöpfung von ca. 500 Mrd. € p. a. sowie bis zu 5 Mio. neuer Arbeitsplätze entstehen.

4.1 RECHENZENTREN SIND EIN ZENTRALES ELEMENT DER DIGITALEN INFRASTRUKTUREN



»Um den Wirtschaftsstandort Deutschland weiterhin interessant und wettbewerbsfähig zu halten, müssen wir der digitalen Infrastruktur in Deutschland deutlich mehr Aufmerksamkeit widmen.«

DR. BÉLA WALDHAUSER,
CEO TELEHOUSE/KDDI DEUTSCHLAND GMBH
UND SPRECHER DER ALLIANZ ZUR
STÄRKUNG DIGITALER INFRASTRUKTUREN
IN DEUTSCHLAND

Rechenzentren sind neben den Breitbandanschlüssen, dem Internet-Backbone und den internationalen Internetaustauschknoten zentraler Baustein der digitalen Infrastruktur. In der öffentlichen Wahrnehmung und in der Politik wird allerdings die Bedeutung der Rechenzentren, der Internetknoten und des Internet-Backbones meist gar nicht wahrgenommen. Die Diskussionen in Medien und Politik fokussieren auf die Breitbandversorgung auf der sogenannten „letzten Meile“ – also auf die Breitbandanschlüsse der Unternehmen und privaten Haushalte. Es ist sicherlich von entscheidender Bedeutung für die Nutzung der digitalen Dienste, dass leistungsfähige Breitbandanschlüsse für Unternehmen und Verbraucher zur Verfügung stehen. Damit allerdings die durch die Digitalisierung erwünschte Steigerung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit und der Lebensqualität erreicht

werden kann, sind vor allem gut ausgebaute zentrale Infrastrukturen wie Backbone-Glasfasernetze und Rechenzentren zwingend notwendig.

Rechenzentren sind digitale Infrastrukturen, in denen Daten übertragen, gespeichert, verwaltet und verarbeitet werden. Sie stellen ein zentrales Element der digitalen Wertschöpfungskette dar. Um die volkswirtschaftliche Bedeutung der Rechenzentren herauszuarbeiten, genügt es also nicht, nur auf die Rechenzentren selbst zu schauen. Aus politischer Sicht wie auch aus Sicht der Gesamtwirtschaft geht es vorrangig um die Funktionen, die Rechenzentren für die Volkswirtschaft erfüllen. Rechenzentren ermöglichen neue und verbesserte digitale Geschäftsmodelle. Diese Funktion können sie als unternehmensinterne Einrichtung, als externer Dienstleister von Managed Services oder als Anbieter verschiedenster weiterer Dienstleistungen wie Colocation-, Hosting- oder Cloud-Dienste für alle Zielgruppen erfüllen.

Die Bedeutung der Rechenzentren für die Digitalisierung und die Entwicklung der Gesamtwirtschaft kann auf mehreren Ebenen betrachtet werden:

- **Ebene 1:** Der **Aufbau und der Betrieb der Rechenzentren selbst** haben einen mittlerweile nicht unerheblichen Anteil an der Wertschöpfung.
- **Ebene 2:** Rechenzentren sind die Basisinfrastruktur für das Internet. Die **Internetwirtschaft**, die allein in Deutschland mehr als 100 Mrd. € Umsatz generiert, ist auf leistungsfähige Rechenzentren angewiesen.
- **Ebene 3:** Die Digitalisierung hat bereits heute sehr große Auswirkungen auf **alle Branchen**. Wertschöpfungsketten im Maschinenbau, in der Automobilindustrie, im Gesundheitswesen, bei Handel und Banken werden zunehmend digitalisiert. Diese Potenziale der Digitalisierung sind – wie oben dargestellt – enorm: Die zusätzliche jährliche Wertschöpfung kann 500 Mrd. € betragen.
- **Ebene 4:** Blickt man mittel- bis langfristig in **die Zukunft**, so ist die Annahme wahrscheinlich,

dass das Leben und Arbeiten maßgeblich durch digitale Produkte und Lösungen bestimmt wird. Die Digitalisierung, Standortunabhängigkeit sowie Mobilität und die damit einhergehende Erfassung, Übertragung, Verarbeitung und weitere Nutzung von Daten werden das soziale Leben allgemein und insbesondere das Arbeitsleben verändern und maßgebliche Anteile der weltweiten Wertschöpfung übernehmen. Real findet diese Digitalisierung aber nicht in einem luftleeren Raum statt, sondern zu einem großen Teil in Rechenzentren. Mit anderen Worten: Große Anteile der weltweiten Wertschöpfung werden in Zukunft in Rechenzentren realisiert.

Im Folgenden werden diese vier Ebenen kurz dargestellt.

4.2 DER BETRIEB VON RECHENZENTREN SELBST BEDEUTET EINE ERHEBLICHE WERTSCHÖPFUNG

Zur Darstellung der Bedeutung der Rechenzentren selbst ist in Abbildung 1 ein Ausschnitt der digitalen Wertschöpfungskette mit dem prinzipiellen Aufbau eines Rechenzentrums und seinen Inputs und Outputs dargestellt. Rechenzentren sind komplexe Gebilde, in denen vielfältige IT-Anwendungen auf Software und Hardware realisiert werden. Zum sicheren Betrieb der IT-Technik wie Server, (Daten-) Speicher und Netzwerkinfrastruktur ist eine umfangreiche technische Gebäudeausstattung mit Klimatisierung, sicherer Stromversorgung, Zutritts- und Brandschutz etc. notwendig. Die Arten von Rechenzentren und ihre Geschäfts- und Betriebsmodelle sind vielfältig. Rechenzentren können kleine Serverräume in mittelständischen Unternehmen sein, die Installation von Supercomputern in Forschungseinrichtungen oder auch sogenannte Hyperscale-Rechenzentren von Internetunternehmen wie Google, Facebook, Microsoft und Amazon, in denen auf Flächen von mehreren Fußballfeldern zehntausende Server betrieben werden. Solche Rechenzentren werden allerdings üblicherweise nicht in Deutschland betrieben



»Digitale Dienste werden in unserem Leben immer wichtiger. Technologien wie autonomes Fahren und Virtual Reality werden die Digitalisierung weiter treiben. Die notwendige Infrastruktur benötigt ein wirtschaftliches und politisches Umfeld, in dem eine konkurrenzfähige Weiterentwicklung möglich ist. Als Betreiber von Internetaustauschknoten ist uns dieses Umfeld sehr wichtig.«

DR. THOMAS KING,
CHIEF INNOVATION OFFICER, DE-CIX

(siehe Abschnitt 5.4). Die meisten Rechenzentren sind allerdings Rechenzentren im Eigenbetrieb von Unternehmen und Behörden. Auch spezialisierte Dienstleister wie Colocation-, Hosting- und Cloud-Anbieter machen einen großen Anteil am Rechenzentrumsmarkt aus.¹ Colocation-Anbieter stellen ihren Kunden die Rechenzentrumsinfrastruktur und die Anbindung ans Internet zur Verfügung, sodass die Kunden hier ihre eigene Hard- und Software betreiben können. Hosting- und Cloud-Anbieter betreiben die IT-Hardware selbst und übernehmen je nach Produkt mehr oder weniger auch den Betrieb der Anwendungen.

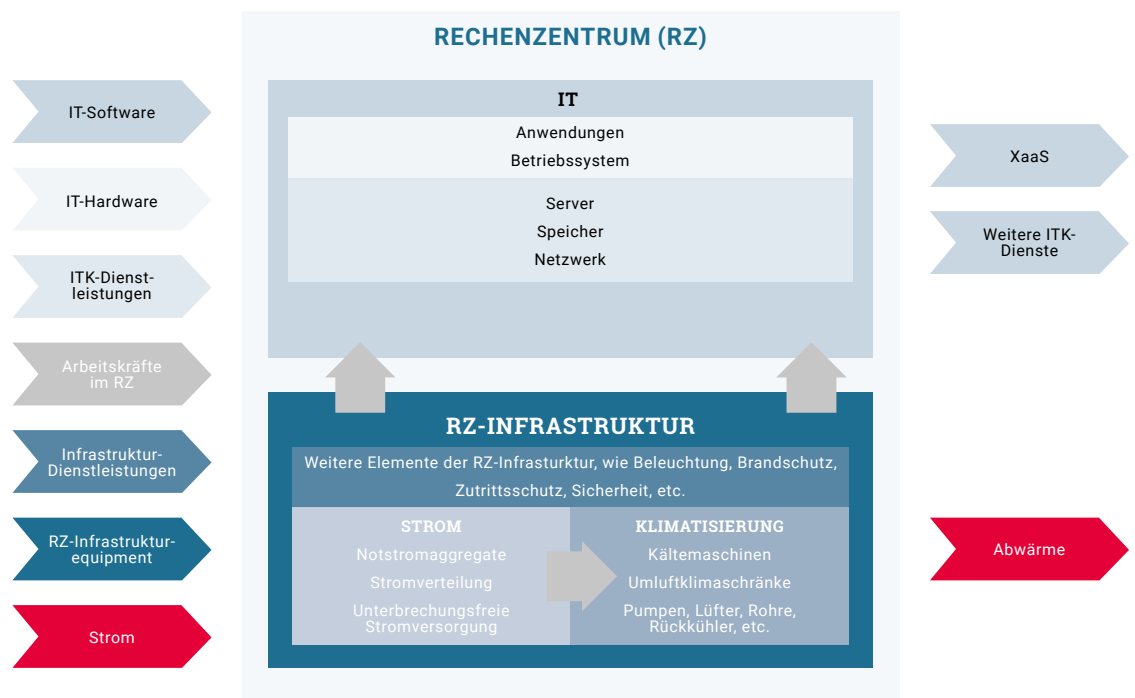


Abbildung 1: Input und Output von Rechenzentren im Überblick;
Quelle: Borderstep, 2018

¹ Zur Struktur der Rechenzentren in Deutschland siehe auch Kapitel 6.

Der Bau, die Modernisierung und der Betrieb von Rechenzentren führen zur Wertschöpfung bei Anbietern von IT-Software, IT-Hardware, Infrastructurequipment sowie zahlreichen Dienstleistungsunternehmen. Allein in den Neubau und die Modernisierung der technischen Gebäudeausstattung von Rechenzentren werden in Deutschland aktuell jährlich über 1 Mrd. € investiert, für die IT-Hardware in Rechenzentren werden sogar ca. 7 Mrd. € jährlich investiert (Hintemann, 2017c). In Deutschland gibt es nach Schätzungen von Borderstep im Jahr 2017 ca. 130.000 Vollzeitstellen direkt in den Rechenzentren. Dies sind oft hochqualifizierte Experten für den Betrieb der Hard- und Software und der Rechenzentrumsinfrastruktur. Aufseiten der Zulieferer sind mehr als 80.000 Beschäftigte ausschließlich von den Produkten und Dienstleistungen für Rechenzentren abhängig. (Hintemann, 2017b) Damit wären gegenwärtig mehr als 200.000 Arbeitsplätze direkt von Rechenzentren abhängig. Allein im Bereich Colocation & Housing gab es 2015 ca. 9.000 Beschäftigte. Der Umsatz des Bereichs betrug 2015 3,2 Mrd. € und wird für 2019 auf 5,8 Mrd. € geschätzt (eco & Arthur D. Little, 2015, S. 18). In Colocation- und Housing-Rechenzentren arbeiten fast ausschließlich Beschäftigte, die für den sicheren Betrieb der Rechenzentrumsinfrastruktur notwendig sind. Die Beschäftigten, die den Betrieb der Hard- und Software betreuen, sind bei den Kunden der Colocation- und Housing-Betreiber angestellt. In einer im Jahr 2017 von Borderstep durchgeführten Befragung von Rechenzentrumsbetreibern lagen

die Angaben zu den Beschäftigten bei typischen mittleren Rechenzentren, bei denen auch die Hard- und Software betrieben wird, oft in der Größenordnung von 100 Mitarbeitern pro 1.000 m² IT-Fläche in Rechenzentren. Auch die Ansiedlungen von Hyperscale-Rechenzentren, bei denen der eigentliche Betrieb verhältnismäßig wenige Arbeitskräfte benötigt, haben erhebliche Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt. Für das Google-Rechenzentrum in Hamina (Finnland) wird damit gerechnet, dass im Durchschnitt jährlich 1.600 Arbeitsplätze dadurch gesichert werden (Copenhagen Economics, 2017).

4.3 RECHENZENTREN SIND BASIS- INFRASTRUKTUR DER INTERNET- WIRTSCHAFT

Rechenzentren sind gemeinsam mit den Breitbandnetzen die Basisinfrastruktur der gesamten Internetwirtschaft. Die weltweit führenden IT-Cluster wie das Silicon Valley, Bangalore oder auch das IT-Cluster Rhein-Main-Neckar zeichnen sich immer auch durch eine sehr gut ausgebaute Rechenzentrumsinfrastruktur aus.

Im Jahr 2015 hatte die Internetwirtschaft in Deutschland insgesamt ein Marktvolumen von 72,6 Mrd. €, für 2018 wird mit einem Umsatz von mehr als 100 Mrd. € gerechnet² (eco & Arthur D. Little, 2015). Mit einem jährlichen Wachstum von ca. 12 % entwickelt sich die Branche sehr dynamisch. Die Abbildung 2 stellt die Struktur der Internetwirtschaft im Überblick dar.

² Der Monitoring-Report Wirtschaft DIGITAL kommt mit einer anderen Abgrenzung bereits im Jahr 2016 auf einen jährlichen Umsatz der Internetwirtschaft von 112 Mrd. € (Graumann et al., 2017).

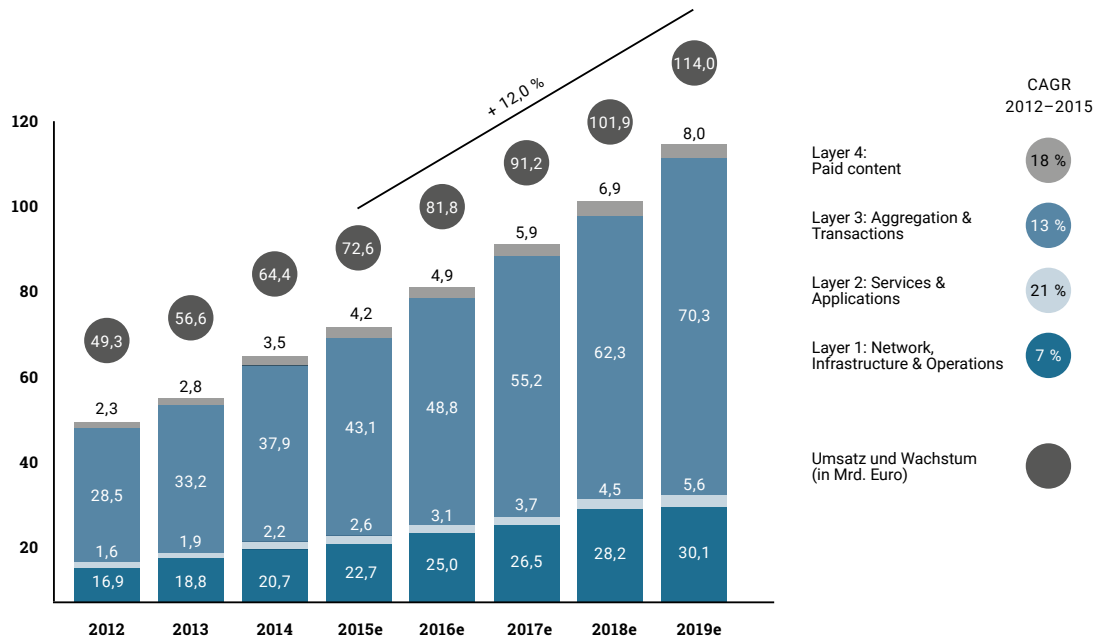


Abbildung 2: Umsatz in den Bereichen der Internetwirtschaft im Überblick;

Quelle: eco – Verband der Internetwirtschaft e. V. und Arthur D. Little (2015, S. 10)

Der Bereich **Network, Infrastructure and Operations (Layer 1)** umfasst Colocation und Housing, Internetknoten, zentrale Internetstrukturen wie den Backbone sowie das Festnetz und die Mobilnetze und erwirtschaftete 2017 ca. 26,5 Mrd. €. ³ Zu **Services and Applications (Layer 2)** werden Webhosting und Domains, Software-, Plattform- und Infrastructure als Service gezählt. Hier wurden 2017 voraussichtlich ca. 3,7 Mrd. € erwirtschaftet.

Der Bereich der **Kommunikations- und Transaktionsdienste (Layer 3)** hat aktuell den größten Anteil an den Umsätzen in der Internetwirtschaft. Hier geht es um Onlinewerbung und Internetpräsenzen, um Portale und Marktplätze, Abrechnung und Bezahlung sowie um Onlinehandel zwischen Unternehmen (B2B) und mit dem Endkunden (B2C). Im Jahr 2017 wurden über 55 Mrd. € Umsatz in diesem Bereich erwirtschaftet.

Der eco versteht unter dem Layer 4 **bezahlte Dienste** wie Gaming (Spiele), Gambling (Glücksspiele), TV & Video, Music & Radio sowie im E-Publishing unterschiedlicher Medien. Für solche Dienste, die sich primär an Privatpersonen richten, wurde im Jahr 2017 ein Umsatz in der Größenordnung von 6 Mrd. € erwartet (eco & Arthur D. Little, 2015).

4.4 RECHENZENTREN SIND EIN ELEMENT DER DIGITALEN WERTSCHÖPFUNG IN ALLEN BRANCHEN

Die Internetwirtschaft ist zwar einer der großen und zentralen Nutzer und Betreiber von Rechenzentren, darüber hinaus sind diese aber auch in fast allen anderen Branchen für die Wertschöpfung, Schaffung von Arbeitsplätzen und künftiges Wirtschaftswachstum bedeutsam. In nahezu allen Wirtschaftsbereichen gibt es Rechenzentren bzw.

³ Die Umsatzzahlen beruhen auf Schätzungen in eco & Arthur D. Little (2015).

werden diese für den Wertschöpfungsprozess genutzt – selbst in der Landwirtschaft wird zunehmend digitalisiert. Der Markt für industrielle Internet-of-Things (IoT)-Lösungen wird sein Volumen zwischen 2017 und 2022 voraussichtlich auf 16,8 Mrd. € mehr als verdoppeln (eco – Verband der Internetwirtschaft e.V. & Arthur D. Little, 2017a). Auch im Smart-Home-Bereich sind sehr hohe Wachstumsraten zu erwarten; die Smart-Home-Umsätze werden sich im gleichen Zeitraum auf 4,3 Mrd. € verdreifachen (eco – Verband der Internetwirtschaft e. V. & Arthur D. Little, 2017b).

Rechenzentren bilden mit ihren Dienstleistungen und zur Verfügung gestellten (Rechen-) Kapazitäten die Grundlage für neue oder verbesserte Produkte und Geschäftsmodelle. Unternehmensabläufe werden so moderner, effizienter und wettbewerbsfähiger gemacht. Beispielsweise bieten immer mehr Unternehmen des mittelständischen Maschinenbaus in Deutschland ihre Produkte im Geschäftsmodell des Pay-per-Use oder mit internetgestützter Fernwartung an. Die in den Rechenzentren vorhandenen Daten repräsentieren einen immer größeren Know-how-Anteil dieser Unternehmen. Gleichzeitig bedeutet die Nutzung dieser Möglichkeiten die Chance, sowohl die Wirt-

schaftsleistung zu steigern als auch Leistungen effizienter zu erbringen.

Ein wichtiger und zentraler Dienstleister gerade für mittelständische Unternehmen, die zunehmend auf Digitalisierung setzen, sind IT-Systemhäuser. Allein die zehn größten Systemhäuser erzielten im Jahr 2015 einen Umsatz von ca. 15 Mrd. €⁴. Systemhäuser nehmen als IT-Dienstleister eine wichtige Brückenfunktion zwischen den verschiedenen Anwendern und den großen Anbietern von IT-Produkten und Services ein. Die Kunden der Systemhäuser beziehen nicht mehr nur Hard- und Software, sondern zunehmend standardisierte IT-Leistungen aus der Cloud. Und mit dem Internet der Dinge entsteht ein neuer Bedarf an komplexen, durchdringenden Digitalisierungslösungen. Zentrale Dienste der Systemhäuser sind heute Managed Services und die Optimierung von Geschäftsprozessen durch neue technische Möglichkeiten. Dabei verlagern sich mehr und mehr IT-Dienste in die Cloud, teils mit privaten Servern der Kunden, teils in Rechenzentren der Systemhäuser und teils als zugekaufte Dienstleistung von großen Anbietern, die letztlich in den großen Rechenzentren gehostet ist (siehe Abbildung 3).

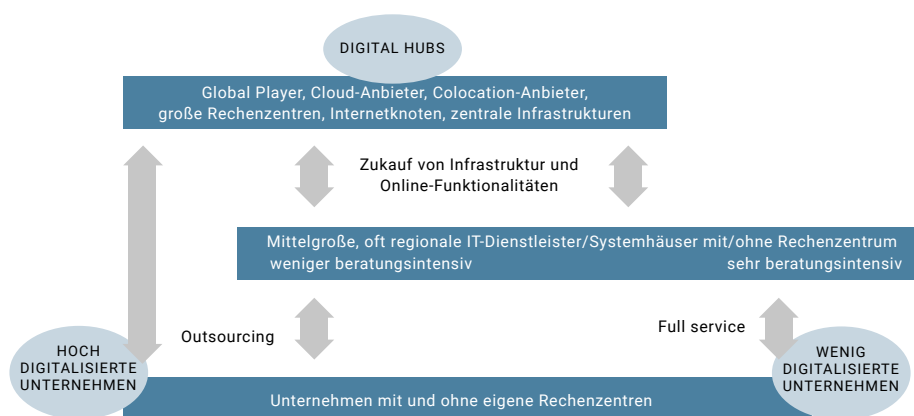


Abbildung 3: Rechenzentren und ihre Kunden in mehr und weniger digitalisierten Branchen;
Quelle: Borderstep, 2018

⁴ Vgl. <https://www.computerwoche.de/a/top-12-systemhaeuser-in-deutschland-2016,3048486,2> vom 16.02.2018.



»Der deutsche Standort ist ein Wettbewerbsvorteil für die Bosch IoT Cloud. Unsere Cloud ist ein Wettbewerbsvorteil für den Innovationsstandort Deutschland.«

DR. VOLKMAR DENNER,
BOSCH CEO

Quelle: www.bosch-presse.de/pressportal/de/de/das-internet-der-dinge-iot-aus-einer-hand-bosch-startet-cloud-fuer-seine-iot-services-44802.html
Foto: Bosch

Digitale Infrastrukturen können dazu beitragen, dass das Wachstum und die Wirtschaftsleistung in fast allen Branchen erhöht werden. Im Jahr 2015 erzielten die Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes einen Umsatz von 2.052 Mrd. €, die Dienstleistungsunternehmen nochmals 1.062 Mrd. € (Statistisches Bundesamt, 2018). Eine Studie von McKinsey (2017, S. 3) schätzt, dass es Deutschland gelingen kann, zur internationalen Spitze aufzuschließen und durch Digitalisierung ein zusätzliches Wachstum des Bruttoinlandsprodukts von ca. 0,3 % zu erreichen und so bis 2025 eine zusätzliche Wertschöpfung zwischen 374 und 603 Mrd. € jährlich zu generieren. Prognos (2017, S. 35) zeigt, dass der Einsatz digitaler Produkte und Produktionsprozesse zwischen 1996 und 2014 rechnerisch für 0,5 Prozentpunkte der jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate der Bruttowertschöpfung verantwortlich war. Ein Großteil dieses Wachstums wird dabei nicht in den Kernbranchen der Internetwirtschaft realisiert, sondern durch diese in anderen Branchen erst möglich gemacht. Am stärksten profitieren werden außerhalb der IKT die Metall- und Elektroindustrie, der Groß- und Außenhandel und die wissensintensiven Dienstleistungen (McKinsey, 2017, S. 4). Grob geschätzt könnte das zusätzliche Wirtschaftswachstum bis 2025 einen Zuwachs von über 5 Mio. Arbeitsplätzen bedeuten.⁵

⁵ Der Schätzung liegt die Annahme einer zusätzlichen Wertschöpfung von 500 Mrd. € (McKinsey, 2017, S. 3) und eine Wertschöpfung von 100.000 € pro Arbeitnehmer zugrunde.

All diese Effekte werden durch leistungsfähige Rechenzentren erst möglich gemacht. Gemeinsam mit den Internetknoten und den Breitbandnetzen bilden sie das Rückgrat der Digitalisierung.

4.5 RECHENZENTREN HABEN EINE HOHE STRATEGISCHE BEDEUTUNG FÜR DIE GESTALTUNG UNSERER ZUKUNFT

Die Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft beginnt erst. Mittel- und langfristig sind gravierende Veränderungen unserer Lebens- und Arbeitswelt durch Digitalisierung zu erwarten. Nur wer über leistungsfähige Rechenzentren verfügt, kann die Digitalisierung mitgestalten und von ihren Vorteilen profitieren. Rechenzentren sind eine Basisinfrastruktur für viele neue Technologien und Anwendungen. Ohne leistungsfähige Rechenzentren können diese nicht entwickelt und bereitgestellt oder nicht in der erforderlichen Qualität zu wettbewerbsfähigen Preisen angeboten werden. Beispielhaft seien einige Entwicklungen genannt, für die eine leistungsfähige Rechenzentrumsinfrastruktur unabdingbar ist:

- Die **Nutzung des Internets** für z. B. **Musik- und Videostreaming und Social Networking** nimmt ständig zu. In Deutschland hat sich die durchschnittliche tägliche Nutzungsdauer des Internets pro Person über 16 Jahren zwischen 2010 und 2017 auf ca. 2,5 Stunden etwa verdoppelt (ARD & ZDF, 2017). Es ist davon auszugehen, dass die tägliche Nutzungsdauer des Internets in Zukunft weiter deutlich ansteigt. In den USA beträgt die tägliche Online-Zeit eines Erwachsenen bereits 5,6 Stunden (KPCB, 2017). Cisco geht davon aus, dass allein für Videostreaming und Social Networking im Jahr 2021 ca. 15 % der Workloads⁶ der Rechenzentren weltweit benötigt wird (Cisco, 2018).
- **Online Gaming**, das gemeinsame Online-Spielen und insbesondere das Spielen auf dem Smart-

⁶ Cisco verwendet den Begriff Workloads für die Leistung von Rechenzentren. Eine Workload kann ein physischer Server, ein virtueller Server oder ein Container sein.

phone und Tablet beflügeln den Games-Markt und sind maßgeblich dafür verantwortlich, dass hier weltweit jährliche Wachstumsraten von über 8 % erreicht werden. Im Jahr 2017 wurden weltweit 116 Mrd. US \$ im Games-Markt umgesetzt. Mit mehr als 50 Mrd. US \$ liegt der Anteil von mobilen Geräten schon bei 44 %. Bis 2020 werden mehr als 50 % des weltweiten Spieleumsatzes über Smartphones und Tablets generiert (Newzoo, 2017). Die meisten dieser Spiele sind rechenzentrumsbasiert. Immer weniger Smartphone-Spiele sind überhaupt ohne Internetverbindung zu spielen (Kolkmann, 2016). Und bei vielen Spielen ist eine schnelle Anbindung an das Internet von großer Bedeutung. Aus diesem Grunde bevorzugen Spieleanbieter die Nähe zu leistungsfähigen Internetknoten.

- **Connected Cars und Autonomes Fahren**, insbesondere im Automobilbereich lassen in Zukunft ein enormes Datenvolumen erwarten. Ein „Connected Car“ erzeugt ca. 25 GB Daten pro Stunde, ein autonomes Fahrzeug wird voraussichtlich etwa die zehnfache Datenmenge erzeugen (Kallenbach, 2017). Diese Daten werden zum großen Teil im Fahrzeug selbst verarbeitet. Dennoch sind die zu erwartenden Datenvolumen, die vom Fahrzeug nach außen übertragen werden, so groß, dass neue Rechenzentrumskonzepte wie Edge-Rechenzentren notwendig sind, um eine Verarbeitung überhaupt zu ermöglichen (Schulze, 2017).
- Wie beim Autonomen Fahren werden auch durch **Industrie 4.0 und das Internet of Things** enorme Datenmengen erzeugt, die verarbeitet und zumindest teilweise gespeichert werden müssen. Allein in Deutschland wird die Zahl der Maschine2Maschine-(M2M)-Geräte, die automatisch über das Internet kommunizieren, bis zum Jahr 2021 auf 450 Mio. ansteigen (Cisco, 2017).
- Im **Gesundheitswesen** sind die Potenziale der Digitalisierung deutlich. Mit einer leistungsfähigen Rechenzentrumsinfrastruktur sind z. B. Big-Data-Anwendungen möglich, die effizientere Behandlungsmethoden, frühzeitige Eindämmung von Epidemien oder verbesserte Medikamente mit weniger Nebenwirkungen ermöglichen.

- Das Thema **Künstliche Intelligenz** wird in fast allen Lebens- und Arbeitsbereichen zu erheblichen Veränderungen führen. In den nächsten 10 bis 15 Jahren werden durch Künstliche Intelligenz das Leben zu Hause, die öffentliche Sicherheit oder auch ganze Berufsbilder maßgeblich verändert (Stone et al., 2016). Ein Großteil der Wertschöpfung wird sich dabei in die Rechenzentren verlagern.

Wie genau die Lebens- und Arbeitswelt sich mittel- bis langfristig verändern wird, ist aus heutiger Sicht nur schwer vorhersehbar. Klar ist jedoch, dass die Digitalisierung zu deutlichen Umbrüchen führen wird. Hier sind sich alle entsprechenden Untersuchungen einig (Stone et al., 2016; Zweck, Holtmannspötter, Braun, Erdmann et al., 2015; Zweck, Holtmannspötter, Braun, Hirt et al., 2015). Rechenzentren als zentrales Element der Digitalisierung haben daher eine hohe strategische Bedeutung für die Gestaltung der Zukunft.

»Digitalisierung bedeutet Vernetzung. Voraussetzung ist eine verlässliche und ausreichende Breitbandversorgung. Aber darüber hinaus auch ein umfassendes Angebot kosteneffizienter Rechenzentren, die die steigenden Anforderungen an Datensicherheit, Datenschutz, Verfügbarkeit und Nachhaltigkeit erfüllen.«



PROF. DR.-ING. WOLFGANG NEBEL,
VORSTANDSVORSITZENDER OFFIS-INSTITUT
FÜR INFORMATIK

5 RECHENZENTREN HABEN BEDEUTUNG FÜR ALLE REGIONEN

Eine leistungsfähige Rechenzentrumsinfrastruktur in Deutschland ist notwendige Voraussetzung für wirtschaftliches Wachstum.

Um die Chancen der Digitalisierung in Deutschland nutzen zu können (Industrie 4.0, Big Data, Künstliche Intelligenz etc.) ist eine leistungsfähige digitale Infrastruktur notwendig. Dazu gehören neben einer erstklassigen Breitbandversorgung sowohl internationale, nationale als auch regional verfügbare Kapazitäten zur Datenverarbeitung und -speicherung in Rechenzentren.

Für die künftige deutsche Rolle in einer internationalen vernetzten Wirtschaft wird es insbesondere von Bedeutung sein, dass es gelingt, die Digitalisierung im deutschen Mittelstand voranzubringen. Räumliche Nähe und persönlicher Kontakt sind entscheidende Kriterien für mittelständische deutsche Unternehmen, um Vertrauen aufzubauen. Um die Digitalisierung im deutschen Mittelstand voranzubringen, ist es daher von großer Bedeutung, leistungsfähige IT-Dienstleister und digitale Infrastrukturen in den Regionen verfügbar zu haben. Ohne eine starke Rechenzentrumslandschaft in Deutschland wäre zu befürchten, dass die Digitalisierung des Mittelstandes, gerade in den weniger digitalisierten Branchen, langsamer voranschreiten würde.

5.1 DIE DIGITALISIERUNG SCHREITET NICHT ÜBERALL GLEICH SCHNELL VORAN

Der Monitoring-Report Wirtschaft DIGITAL 2017 (Graumann et al., 2017) des BMWi analysiert den aktuellen und künftigen Digitalisierungsgrad der deutschen gewerblichen Wirtschaft, des verarbeitenden Gewerbes und des Dienstleistungssektors. Nach Einschätzung des Reports kommt die Digitalisierung der deutschen Wirtschaft zwar voran, doch können bis 2017 nur ein Viertel der Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft als „hoch“ digitalisiert bezeichnet werden.



WIRTSCHAFTSINDEX DIGITAL NACH BRANCHEN 2017 VS. 2022

Index = max. 100

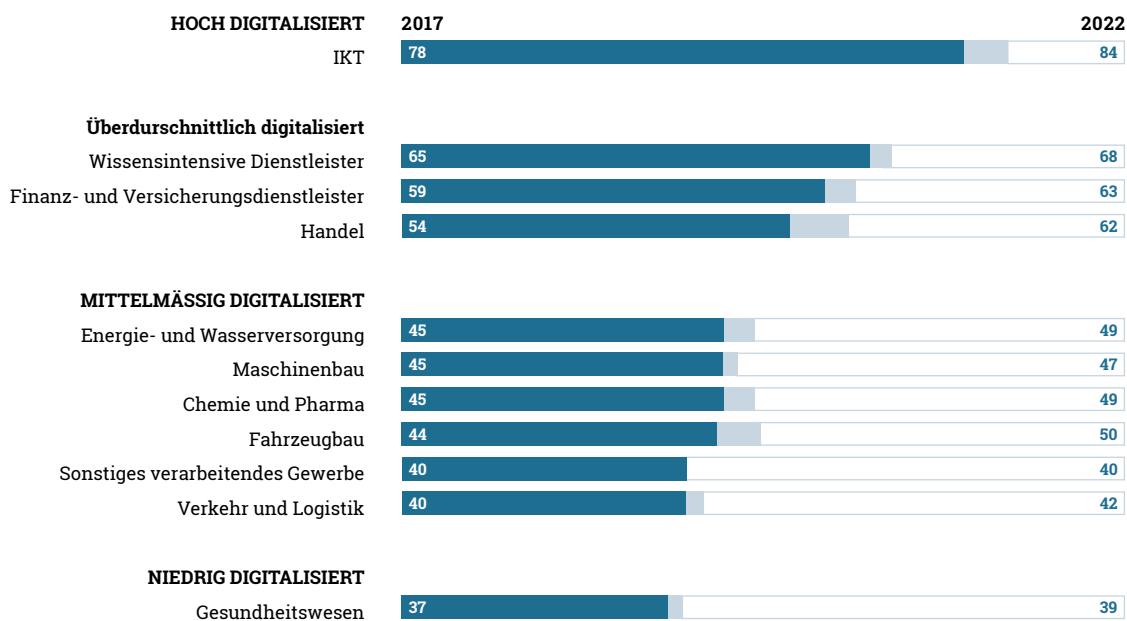


Abbildung 4: Wirtschaftsindex DIGITAL nach Branchen 2017 vs. 2022;
Quelle: Graumann et al. (2017, S. 24)

Im strategisch für die deutsche Wirtschaft wichtigen verarbeitenden Gewerbe sind mit 53 % mehr als die Hälfte der Unternehmen noch niedrig digitalisiert (Graumann et al., 2017). Deutsche Unternehmen sind im internationalen Vergleich vor allem im Hinblick auf die Nutzung von Cloud-Diensten zurückhaltend. Deutschland hat zwar in den letzten Jahren aufgeholt, war aber bei der Cloud-Nutzung in Unternehmen im Jahr 2016 immer noch internationales Schlusslicht (Kroker, 2016).

Wie die Studie „Der Weg in die Cloud führt durch ein Colocation-Rechenzentrum“ (Research in Action, 2016, S. 3) zeigt, nutzten im Jahr 2016 die mittelständischen und großen Unternehmen vorwiegend eigene Rechenzentren (43,6 %), allerdings mit abnehmender Tendenz. Etwa ein Drittel der Unternehmen hat die eigene Infrastruktur komplett an einen Managed Service oder Outsour-

cing Provider ausgelagert. Die Tendenz geht zu Colocation-Lösungen und hybriden Nutzungen der Cloud. Das wesentliche Motiv für die Auslagerung von IT-Leistungen in die Cloud ist in der Regel nicht eine Verringerung der IT-Kosten. Wie Velten und Özdem (2016, S. 43) zeigen, wird das Argument der Kostenreduzierung im Kontext der Auslagerung von Workloads nur von knapp 20 % der Befragten genannt, deutlich weniger häufig als Automatisierung, Ausfallsicherheit (24/7-Betrieb), Sicherheit sowie Innovationsfähigkeit und Flexibilität. In vielen Fällen sind dabei die ersten Partner des Mittelstandes regionale Rechenzentren (siehe Abschnitt 5.2). Einen international sehr bedeutenden Rechenzentrumsstandort stellt die Region Frankfurt Rhein-Main dar, die zu den weltweit bedeutendsten Hubs gezählt wird (siehe Abschnitt 5.3).

5.2 REGIONALE RECHENZENTREN SIND EIN WICHTIGER TREIBER DER DIGITALISIERUNG



»Unsere Kunden wählen unser regionales Cloud-Rechenzentrum, weil sie dort die Möglichkeit haben, das Rechenzentrum zu besichtigen, die Server und Storage-Einheiten zu sehen und anzufassen. Auch der direkte Kontakt zu uns als mittelständischem Betreiber schafft Vertrauen.«

WOLFGANG CHRISTMANN,
BETREIBER DER REGIO-CLOUD IN LEHRTE,
95 % REGIONALE KUNDEN

Kleine und mittelständische Unternehmen tragen deutlich zur Wirtschaftskraft in Deutschland bei: 35 % des gesamten Umsatzes der Unternehmen in Deutschland werden von ihnen erwirtschaftet; bei der Nettowertschöpfung liegt der Anteil sogar bei knapp 55 % (BMW, 2018a). Auch der deutsche Rechenzentrumsmarkt ist stark mittelständisch orientiert.



»Die Cloud darf nicht anonym bleiben. Das führt zu viel Unsicherheit. Mit der Aktion ‚Wir besuchen die Cloud‘ haben wir Mittelstandsvertreter in Rechenzentren geführt und so erreicht, dass sie verstanden haben, wo deren Vorteile liegen. Durch die Besuche entstand auch Vertrauen und Unternehmen nutzen jetzt verstärkt die Möglichkeiten der Cloud.«

DANNY KENSA,
WIRTSCHAFTSAGENTUR NEUMÜNSTER GMBH

Die Digitalisierung bietet enorme Potenziale für mittelständische Unternehmen. Sie können neue Produkte schneller herstellen, Kundenwünsche besser berücksichtigen und sich in neuen Geschäftsfeldern und Services weiterentwickeln. Gerade kleinere Unternehmen haben über die Digitalisierung ganz neue Möglichkeiten der Teilhabe an Wertschöpfungsketten (BMW, 2018b; McKinsey, 2017).

Lokale und regionale Rechenzentren spielen eine entscheidende Rolle bei dem Bemühen, die Digitalisierung im Mittelstand voranzubringen. Die Nutzung von digitalen Infrastrukturen in Rechenzentren hat für die mittelständischen Anwender grundsätzlich den Vorteil hoher Sicherheit, also Vertraulichkeit, Verfügbarkeit und Integrität von Daten oder Informationen (Robinson, Valeri, Cave, Starkey & Graux, 2011). Auch wird der Datenschutz gewährleistet, was im europäischen Kontext häufig als Einhaltung der europäischen Datenschutzbestimmungen verstanden wird. Gerade für den Mittelstand ist zudem das Vertrauen zum Betreiber des Rechenzentrums wichtig. Vertrauen besteht meist zwischen Menschen und ist allein aufgrund der räumlichen Nähe auf lokaler und regionaler Ebene einfacher aufzubauen.

Hinsichtlich der Bedeutung dieser Aspekte bestehen Unterschiede je nachdem, ob ein Unternehmen in der Digitalisierung schon weit fortgeschritten ist oder noch nicht. So führten z. B. die Nexinto Holding und Crisp Research Mitte 2016 eine Befragung zum Einfluss der Digitalisierung auf die IT-Betriebskonzepte deutscher Unternehmen durch. In diesem Zusammenhang wurden 155 Unternehmen in 12 Branchen untersucht (Velten & Özdem, 2016). Die Auswertung unterschied bei einigen Fragen zwischen „Digitalisierern“ und „Nicht-Digitalisierern“. Betrachtet man die Wünsche der befragten Unternehmen im Hinblick auf die Leistungsmerkmale und Eigenschaften ihrer Providerpartner getrennt nach den „Digitalisierern“ und „Nicht-Digitalisierern“, so fallen einige Unterschiede auf.

Den Nicht-Digitalisierern sind am wichtigsten:

- ein hohes Kunden- und Branchenverständnis (43,8 %)
- partnerschaftliche Zusammenarbeit (40,6 %)
- das Vorhandensein eines eigenen Rechenzentrums beim Serviceanbieter (37,6 %)

Abweichend legen die Digitalisierer Wert auf:

- einen hohen Automatisierungsgrad von Prozessen (46,3 %)
- ein hohes Kunden- und Branchenverständnis (38,2 %)
- Erfahrung mit Produktivbetrieb mit Public-Cloud-Plattformen (32,5 %)

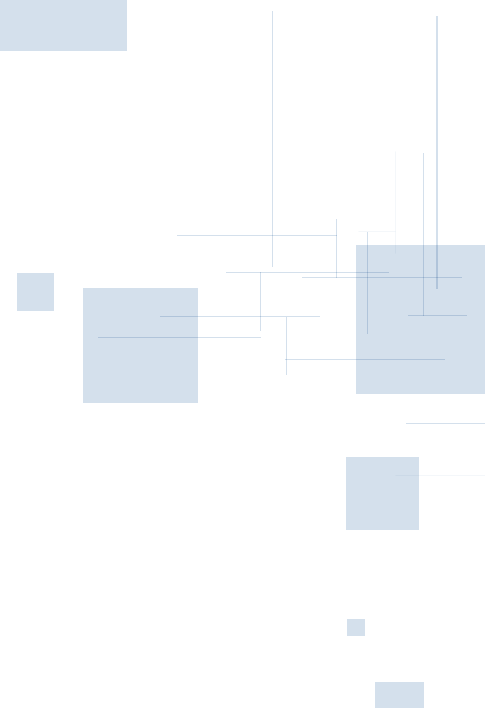
Grundsätzlich deutet die Umfrage darauf hin, dass die Nicht-Digitalisierer reale IT-Partner suchen, die vor Ort ein eigenes Rechenzentrum betreiben, viel über die jeweilige Branche wissen und als zuverlässige Partner auftreten. Für Kunden von Colocation-Rechenzentren ist es auch von Bedeutung, dass ihre Mitarbeiter keine langen Anfahrtswege zum Rechenzentrum haben, wenn sie Arbeiten an der IT erledigen sollen. Zwar leisten viele Colocation-Rechenzentren Hands-on-Services, dennoch spielt der Anfahrtsweg offensichtlich für viele mittelständische Kunden eine Rolle. Für die Digitalisierer spielen dann der Automatisierungsgrad und die Erfahrung mit dem Betrieb von Cloud-Plattformen eine wichtigere Rolle. Die Bedeutung des RZ-Standortes tritt für die Digitalisierer in den Hintergrund.

Während die physikalische Sicherheit durch redundante Systeme und einbruchssichere Türen wirkungsvoll erhöht werden kann sowie der Datenschutz durch den kompetenten Umgang mit Daten gewährleistet wird, ist dies für den Aufbau von Vertrauen zwar notwendig, aber nicht ausreichend. Der Aufbau von Vertrauen hat nicht nur etwas mit Organisation und technischen Vorkehrungen zu tun, sondern auch mit Menschen und räumlicher Nähe. Hohes Vertrauen besteht in Deutschland vor allem zu den Familienunternehmen und dem

Mittelstand. Das Edelman Trust Barometer sieht die deutschen Mittelständler als Vertrauens-Weltmeister (Edelman Insights, 2014). Für ein rasches Erschließen der Potenziale der Digitalisierung ist es daher von Bedeutung, dass regionale und nationale Rechenzentren gut kooperieren und sowohl regionale unternehmensspezifische als auch cloudbasierte globale Services zuverlässig zur Verfügung stellen.

»Neben der Einhaltung hoher Standards in Technik, Datenschutz, Wirtschaftlichkeit und Sicherheit ist auch unser Geschäftsmodell für unseren Erfolg wichtig: Dieses Konzept erlaubt die schnell umsetzbare Verlagerung von Colocation-Kapazität in unsere Cloud. Seit Jahren erleben wir, dass unser regionaler Kundenstamm uns weiterempfiehlt. Räumliche Nähe und persönliches Vertrauen sind dabei wichtig.«

JENS AHLBRAND,
GESCHÄFTSFÜHRER GRASS-MERKUR GMBH &
CO. KG IN HANNOVER, ÜBER 70 % REGIONALE
KUNDEN





Alcatel-Lucent 7950 XRS-20

Alcatel-Lucent 7950 XRS-20

Alcatel-Lucent 7950 XRS-20

Alcatel-Lucent 7950 XRS-20

Alcatel-Lucent 7950 XRS-20

5.3 RECHENZENTRUMSINFRASTRUKTUREN ERHÖHEN DIE ATTRAKTIVITÄT DES INTERNETSTANDORTS RHEIN MAIN FÜR ANSIEDLUNGSINTERESSIERTE UNTERNEHMEN

Frankfurt Rhein-Main ist neben London, Amsterdam und Paris einer der vier bedeutendsten Rechenzentrumsstandorte in Europa (CBRE Global Corporate Services, 2017; Howard-Healy, 2018). Gründe hierfür sind insbesondere der Internetknoten DE-CIX in Frankfurt sowie die Nähe zu wichtigen Kunden. Aber auch eine starke Software-Industrie und eine im IT-Bereich international bedeutende Hochschul- und Forschungslandschaft in der Region machen Frankfurt zu einem der weltweit führenden Cluster der digitalen Welt (Hessische Landesregierung, 2016).

Vor allem in den Jahren 2014 bis 2017 ist die Zahl der Rechenzentrumskapazitäten im Raum Frankfurt deutlich angestiegen. Viele internationale Cloud-Anbieter wie Amazon, Google, Oracle, Salesforce oder Softlayer haben neue Standorte in der Region aufgebaut. Die FrankfurtRheinMain GmbH unterstützt solche Unternehmen bei der Ansiedlung. So eröffnete z. B. im Februar 2015 Softlayer, ein Unternehmen des amerikanischen IBM-Konzerns, sein erstes deutsches Datenzentrum in Frankfurt (Rohman, 2016). Die FrankfurtRheinMain GmbH unterstützte Wipro Technologies, einen spezialisierten Dienstleister für IT-Infrastrukturen, bei der Gründung eines Regional Head Quarters in Frankfurt am Main, das gleichzeitig die Europazentrale des Unternehmens ist (FrankfurtRheinMain GmbH, 2016, S. 20).

In den nächsten Jahren könnte auch der Brexit gute Chancen für den Rechenzentrumsstandort Frankfurt bieten. Zahlreiche Londoner Banken entwickeln gegenwärtig einen Plan B. Denn sollte London ab April 2019 nicht mehr in der EU liegen, dann muss von einigen Banken ein starker

»Anfragen großer IT-Unternehmen, die in Frankfurt Rechenzentren errichten oder betreiben wollen, sind bei der FrankfurtRheinMain GmbH keine Seltenheit. Viele dieser Unternehmen suchen die Nähe des starken Finanzsektors oder werden durch das starke IT-Cluster angezogen: Wo schon viele Rechenzentren angesiedelt sind, dort finden sich auch die notwendigen Strukturen an Zulieferern und Arbeitskräften.«



ERIC MENGES,
GESCHÄFTSFÜHRER FRANKFURTRHEIN-
MAIN GMBH

Standort in der EU neu aufgebaut werden. Für die Banken ist dabei die Nähe zu den großen Rechenzentrumsinfrastrukturen unverzichtbar. Viele Finanzgeschäfte laufen heute so schnell ab, dass der Latenz, also der Laufzeit eines Datenpakets vom Sender zum Empfänger, ein besonders hoher Stellenwert und Relevanz beizumessen ist. Auch die Tatsache, dass Frankfurt schon ein starker Finanzplatz ist, erhöht die Attraktivität als Standort für weitere Banken.

»Ohne Rechenzentren kein neuer europäischer Mittelpunkt der Finanzbranche.«



FRANK ZACHMANN,
VORSTAND DES DIGITAL HUB
FRANKFURTRHEINMAIN E. V.

6 DER DEUTSCHE RECHENZENTRUMSMARKT STEHT IM INTERNATIONALEN WETTBEWERB

Deutschland läuft Gefahr, bei den digitalen Infrastrukturen den internationalen Anschluss zu verlieren.

Während Deutschland bei den Breitbandinternetanschlüssen für Unternehmen und Haushalte im weltweiten und europaweiten Vergleich deutlichen Nachholbedarf hat, ist die Situation bei den Internetknoten und den Rechenzentren differenziert zu betrachten. Mit dem DE-CIX verfügt Deutschland über einen deutlichen Standortvorteil und in den Jahren 2014 bis 2017 wurden große zusätzliche Kapazitäten in Rechenzentren in Deutschland aufgebaut. Damit ist es gelungen, die deutsche Position im europäischen Wettbewerb um Rechenzentrumskapazitäten zu festigen.

Ob die deutsche Position im internationalen Standortwettbewerb von Rechenzentren allerdings auch in Zukunft gehalten werden kann, ist fraglich. Dies ist vor allem durch folgende Punkte begründet:

- Der Anteil Europas und Deutschlands an den weltweiten Rechenzentrumskapazitäten nimmt insbesondere im Vergleich zu Nordamerika und Asien kontinuierlich ab (Cisco, 2014, 2015, 2016, 2018).
- Das weltweite Wachstum der Rechenzentren findet vor allem außerhalb Deutschlands in sogenannten Hyperscale-Rechenzentren statt (Cisco, 2018).
- Mit der Vereinheitlichung des europäischen Datenschutzrechts wird eine Abwanderung von Cloud-Anbietern aus Deutschland möglich.

6.1 DEUTSCHLAND NIMMT BEI DEN DIGITALEN INFRASTRUKTUREN WELTWEIT NUR EINEN MITTLEREN RANG EIN

Bei den Breitbandinternetanschlüssen im Festnetz liegt Deutschland weltweit auf Position 25 hinsichtlich der durchschnittlichen Verbindungsgeschwindigkeit (Akamai, 2017). Auch Eurostat stellt fest, dass die Internetversorgung für Unternehmen in Deutschland im europäischen Vergleich nur durchschnittlich ist (siehe Abbildung 5). Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes verfügten im Jahr 2017 nur 42 % aller Unternehmen in Deutschland über einen Zugang zum Internet und mindestens zehn Beschäftigte über einen schnellen Internetanschluss mit einer vertraglich festgelegten Datenübertragungsrate von mindestens 30 Mbit/s (Destatis, 2018).

UNTERNEHMEN MIT SCHNELLEM INTERNET 2017

in % an allen Unternehmen ab 10 Beschäftigten

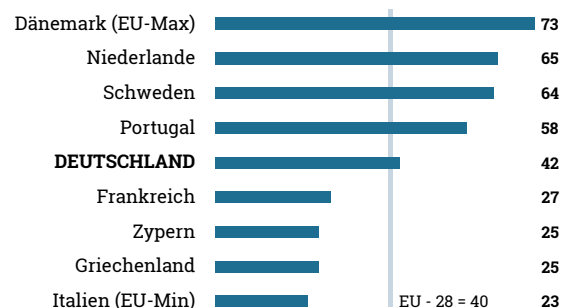


Abbildung 5: Versorgung von Unternehmen mit schnellem Internet in Europa 2017; Quelle: Eurostat ©Statistisches Bundesamt (Destatis), 2018

Die im internationalen Vergleich nur durchschnittliche Breitbandversorgung ist ein wesentlicher Grund dafür, dass Deutschland bei Untersuchungen zur digitalen Wettbewerbsfähigkeit auch nur mittelmäßig abschneidet (siehe Abbildung 6). Im World Digital Competiveness Ranking 2017 lag

Deutschland auf Platz 17 – zwei Plätze schlechter als 2016. Beim Stand der Kommunikations-Technologie erreicht Deutschland nur den 44. Platz weltweit, bei den Investitionen in Telekommunikationsinfrastrukturen sogar nur den 51. Platz (IMD, 2017).

DIGITALE WETTBEWERBSFÄHIGKEIT



Abbildung 6: Digitale Wettbewerbsfähigkeit im internationalen Vergleich (Index, Singapur = 100.000);

Quelle: IMD – World Digital Competiveness Ranking 2017 (IMD, 2017)

Hinsichtlich der Größe von Rechenzentrumskapazitäten gibt es kaum internationale Vergleichsstudien. Eine Untersuchung von DCD Intelligence aus dem Jahr 2013 sieht Deutschland – gemessen am „White Space“ (IT-Fläche) – mit einem Anteil von 7,9 % der weltweiten IT-Fläche international an vierter Stelle. Mit deutlichem Abstand die größten Rechenzentrumskapazitäten hatte gemäß dieser Untersuchung im Jahr 2013 mit 27,6 % die USA, gefolgt von Japan (11,6 %) und dem Vereinigten Königreich (8,5 %) (DCD Intelligence, 2013). Nach

Berechnungen des Borderstep Instituts zum europäischen Markt, die sich an den verkauften Servern in den verschiedenen Ländern orientieren, liegt Deutschland hinsichtlich der IT-Fläche vor dem Vereinigten Königreich (siehe Abbildung 7). Im Jahr 2015 hatte Deutschland einen Anteil von ca. 25 % an den europäischen Rechenzentrumskapazitäten. Auf Rang zwei, drei und vier folgen das Vereinigte Königreich (Anteil 22 %), Frankreich (Anteil 15 %) und die Niederlande (Anteil 6 %) (Hintemann, 2015a).

IT-FLÄCHE IN RECHENZENTREN (IN TAUSEND M²)

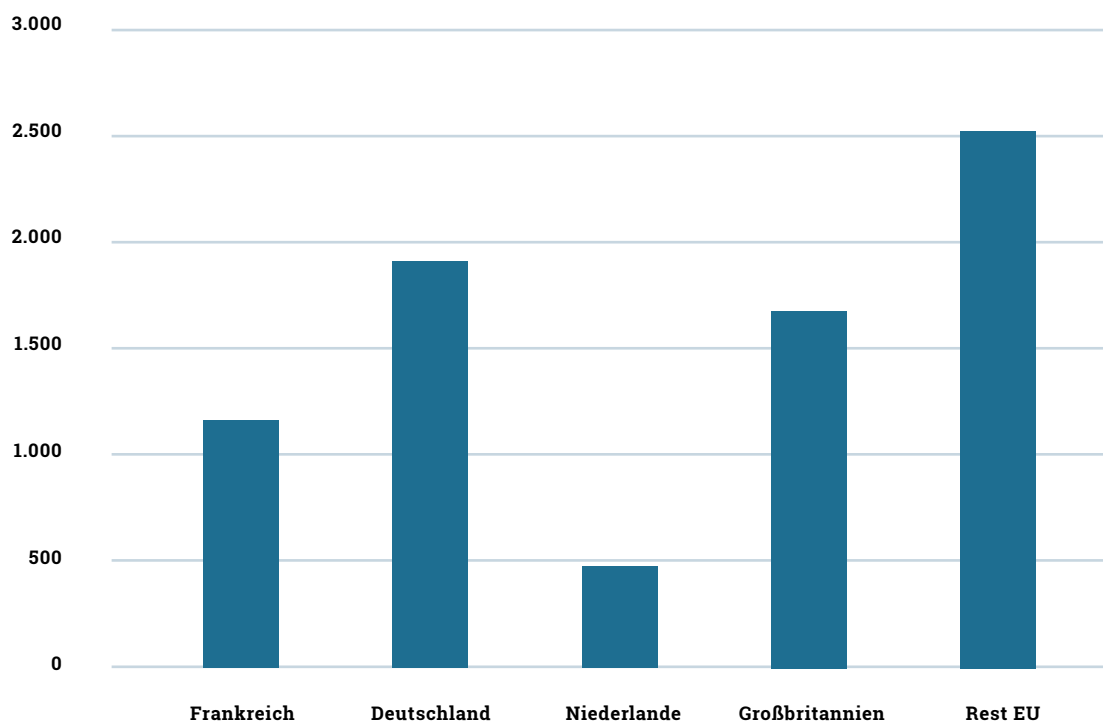


Abbildung 7: IT-Fläche in Rechenzentren in Europa im Jahr 2015;
Quelle: Borderstep, 2015

6.2 BEDARF AN RECHENZENTREN WÄCHST KONTINUIERLICH

Vor allem in den Jahren 2014 bis 2017 stiegen die Investitionen in Rechenzentren in Deutschland deutlich an. Die deutschen Rechenzentren werden mit hohen Investitionen ausgebaut. Wurden im Jahr 2014 noch ca. 750 Mio. € allein in Rechenzentrumsinfrastruktur investiert (Hintemann & Clausen, 2014), so lagen die jährlichen Investitionen in 2017 erstmals bei über einer Mrd. €.

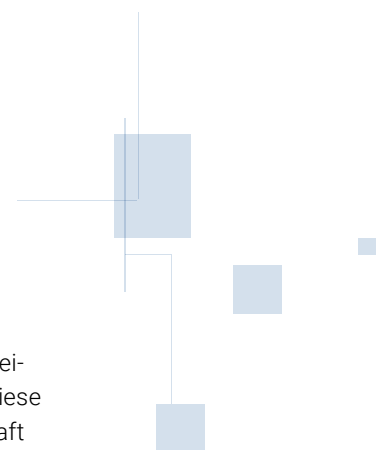
Bedingt ist dieses Wachstum in Deutschland durch die allgemein steigende Nachfrage an IT-Leistung und die zunehmende Ansiedlung von internationalen Cloud-Anbietern in Deutschland (Hintemann, 2015a, 2017c). Der deutsche Standort hat dabei von den Diskussionen um Datenschutz und Datensicherheit profitiert. Viele Unternehmen in Deutschland legen großen Wert darauf, dass ihre Daten im Inland gespeichert und verarbeitet werden: Für mehr als drei Viertel der Unternehmen ist es bei der Auswahl ihres Cloud-Anbieters ein „Must-Have“, dass dieser seine Rechenzentren in Deutschland betreibt (KPMG & Bitkom, 2016). Deutlich wird dieser Sachverhalt z. B. daran, dass der Global Player Microsoft seine Microsoft Cloud Services Azure und Office 365 als „Cloud Deutschland“ aus zwei deutschen Rechenzentren zur Verfügung stellt und T-Systems dabei seit 2017 als lokaler Datentreuhänder fungiert und das Angebot vertreibt. Zusätzlich plant Microsoft aktuell nach Medienberichten den Bau zweier eigener Rechenzentren in Deutschland (Kroker, 2018).

Das Datenschutzniveau in Deutschland ist also ein Grund für das aktuelle Wachstum im Rechenzentrumsbereich. Viele Unternehmen sehen ihre Daten in Deutschland als besser geschützt an. Ob dieser Wachstumstreiber allerdings dauerhaft bestehen wird, ist zumindest fraglich. Mit der Europäischen Datenschutzgrundverordnung, die ab 25. Mai 2018 anzuwenden ist, wird das Datenschutzniveau auf EU-Ebene angeglichen. Damit wird – zumindest von der Rechtslage – kein Unterschied mehr bestehen, ob die Daten in Deutschland oder in

einem anderen EU-Staat verarbeitet oder gespeichert werden. Es ist durchaus denkbar, dass diese Entwicklung auch zu einer größeren Bereitschaft zur Verarbeitung und Speicherung von Daten im europäischen Ausland führen wird.

Cloud Computing wird auch in Zukunft das Wachstum der Rechenzentren bestimmen. Nach Analysen von Cisco wächst die Zahl der weltweiten Workloads der Rechenzentren im Bereich Cloud Computing mit einer jährlichen Wachstumsrate von 22 %. Dagegen wird die Zahl der Workloads des traditionellen Rechenzentrumsbetriebs jährlich um 5 % sinken. Im Jahr 2021 werden sich 94 % der gesamten Rechenzentrum-Workloads in Cloud-Rechenzentren befinden (Cisco, 2018).

Verbunden mit dem Trend zu Cloud-Rechenzentren ist auch ein deutliches Wachstum bei Colocation-Rechenzentren zu verzeichnen. Viele Cloud-Anbieter greifen auf die Dienste von Colocation-Rechenzentren zurück. So geht die Broadgroup davon aus, dass sich der Anteil der Nutzer von Colocation-Rechenzentren im Vergleich zum Eigenbetrieb von Rechenzentren deutlich ändert. Während europaweit im Jahr 2015 noch 78 % der Rechenzentren im Eigenbetrieb waren, wird deren Anteil bis 2020 auf 54 % sinken (Howard-Healy, 2018). Diese Einschätzung wird auch für Deutschland durch aktuelle Berichte über den Neubau oder die Eröffnung von Colocation-Rechenzentren bestätigt. Zum einen bauen große, bereits in Deutschland vertretene Colocation-Betreiber wie E-Shelter, Equinix, Interxion und Telehouse ihre Kapazitäten deutlich aus, zum anderen kommen aber auch neue und teilweise große Colocation-Betreiber, wie Digital Realty, Zenium oder Maincube hinzu. Nach Berechnungen von Borderstep wird der Anteil der Colocation-Rechenzentren in Deutschland gemessen an der Gesamt IT-Fläche der Rechenzentren in Deutschland von ca. 25 % im Jahr 2015 auf 45 % im Jahr 2020 ansteigen (siehe Abbildung 8).



IT-FLÄCHEN IN DEUTSCHEN RECHENZENTREN (IN M²)

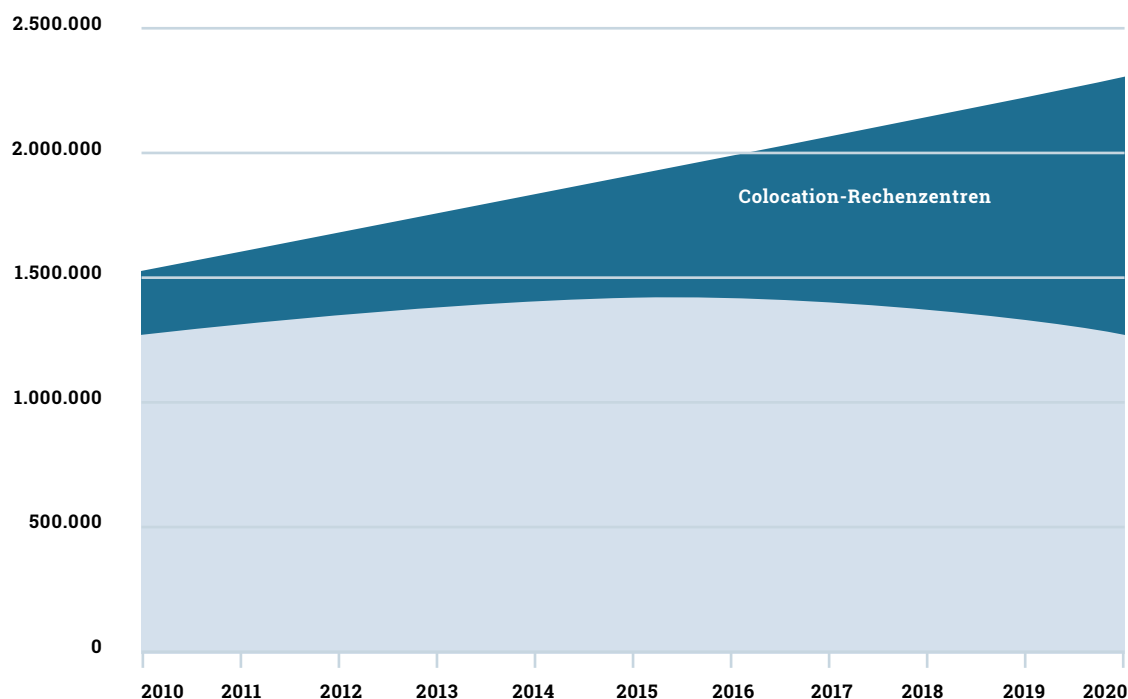


Abbildung 8: Entwicklung der IT-Fläche in den Rechenzentren in Deutschland zwischen 2010 und 2020 (Prognose) mit Anteil Colocation-Rechenzentren; Quelle: Borderstep, 2018

6.3 DEUTSCHLAND ALS RECHENZENTRUMSSTANDORT UNTER DRUCK

Betrachtet man die weltweite Entwicklung, so ist festzustellen, dass insbesondere in Asien die Rechenzentrumskapazitäten stark ansteigen. Der Anteil der Workloads der westeuropäischen Rechenzentren und damit auch der deutschen Rechenzentren am Weltmarkt ist nach den Analysen von Cisco zwischen 2013 und 2017 von 27 % auf 19,2 % deutlich zurückgegangen (siehe Abbildung 9). Für die Jahre bis 2021 prognostiziert Cisco jedoch nur noch einen geringfügigen Rückgang

des westeuropäischen Anteils an den weltweiten Workloads (Cisco, 2018). Dies ist insofern bemerkenswert, als dass noch vor zwei Jahren ein weiteres Sinken des westeuropäischen Anteils auf 17,5 % bis zum Jahr 2020 prognostiziert wurde (Cisco, 2016). Die Änderung der Einschätzung von Cisco wird durch die aktuell deutlich ansteigenden Investitionen in europäische und deutsche Rechenzentren bestätigt (CBRE, 2018; CBRE Global Corporate Services, 2017; Hintemann, 2017c; Howard-Healy, 2018).

DATA CENTER WORKLOADS, IN MILLIONS

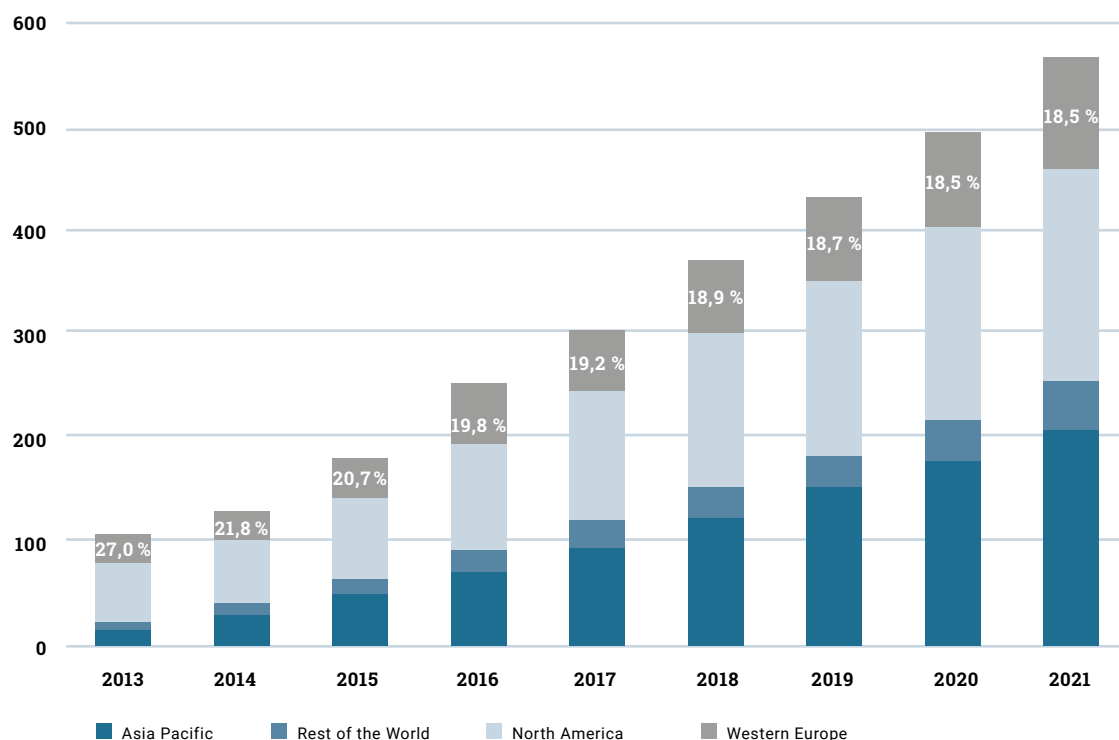


Abbildung 9: Weltweite Verteilung der Workloads der Rechenzentren und sinkende Bedeutung Europas als Standort;
Quelle: Cisco, eigene Darstellung (Cisco, 2014, 2015, 2016, 2018)

Vergleicht man die IT-Investitionen in die Rechenzentren in Deutschland mit skandinavischen Ländern, den Niederlanden und dem Vereinigten Königreich, so lässt sich feststellen, dass insbesondere in den Niederlanden, in Finnland und in Schweden verhältnismäßig mehr in Rechenzentren investiert wird als in Deutschland (siehe Abbildung 10). Gemessen am Anteil der IT-Investitionen am Bruttoinlandsprodukt wird in Finnland im Durchschnitt jährlich fast doppelt so viel investiert, in den Niederlanden etwa 40% mehr als in Deutschland. Die offensive Ansiedlungspolitik in Skandina-

vien und den Niederlanden (siehe Kapitel 7.2 und 7.3) führt offenbar dazu, dass sich gemessen an der Bevölkerungszahl eine besonders hohe Zahl von Rechenzentren hier niederlässt.

ANTEIL DER IT-INVESTITIONEN IN RECHENZENTREN AM BIP

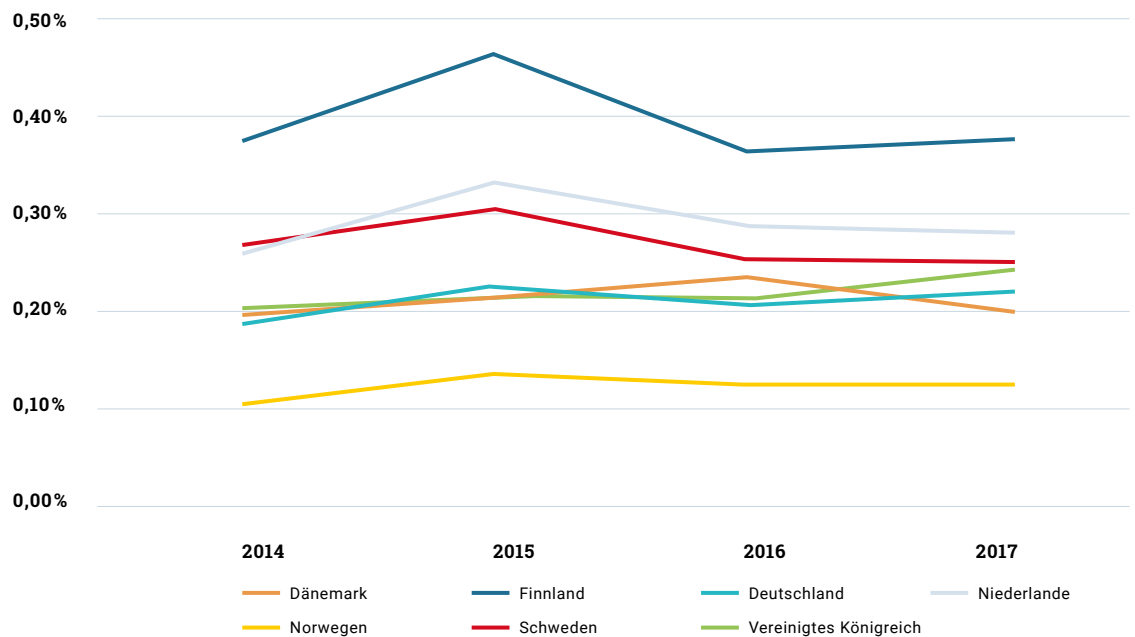


Abbildung 10: Anteil der IT-Investitionen in Rechenzentren in ausgewählten europäischen Ländern am Bruttoinlandsprodukt (BIP) in den Jahren 2014 bis 2017;

Quelle: Berechnungen Borderstep auf Basis von Daten von IDC, Techconsult

6.4 DIE ENTWICKLUNG ZU HYPERSCALE-RECHENZENTREN SCHEINT AN DEUTSCHLAND VORBEIZUGEHEN

Ein wesentlicher Rechenzentrumstrend ist auch das starke Wachstum sogenannter Hyperscale-Rechenzentren, die besonders für Big Data und Cloud Computing geeignet sind. Die meisten dieser heute weltweit knapp 400 Rechenzentren sind sehr groß. Ihre Zahl wird nach Prognosen von Cisco bis 2021

voraussichtlich auf über 600 zunehmen (siehe Abbildung 11), wobei das stärkste Wachstum in Asien erwartet wird. Im Jahr 2015 liefen 21 % aller Server weltweit in Hyperscale-Rechenzentren, für das Jahr 2021 prognostiziert Cisco einen Anteil von 53 % (Cisco, 2018).

ANZAHL DER HYPERSCALE-RECHENZENTREN WELTWEIT

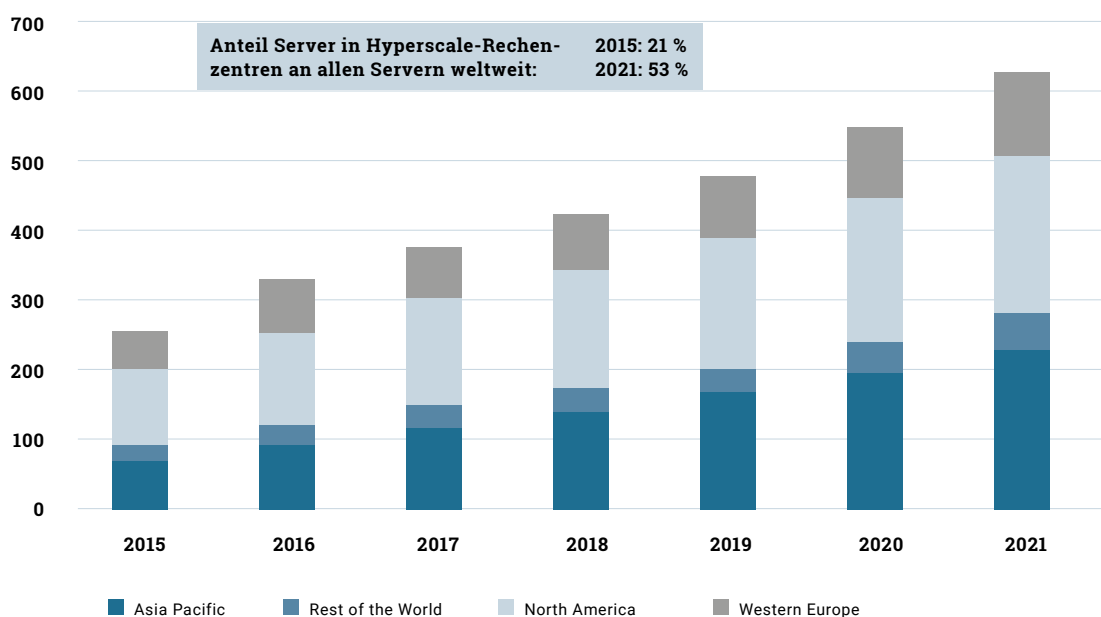


Abbildung 11: Entwicklung der Zahl und der Bedeutung von Hyperscale-Rechenzentren weltweit von 2015 bis 2021 (Prognose);

Quelle: Cisco, eigene Darstellung (Cisco, 2016, 2018)

Zwar gibt es auch in Deutschland sehr große Rechenzentren – vor allem im Bereich der Co-location-Rechenzentren. Hyperscale-Rechenzentren von großen internationalen Cloud-Anbietern werden aber üblicherweise nicht in Deutschland errichtet. Wenn Cloud-Anbieter nach Deutschland gehen, sind die geplanten Rechenzentren oft deutlich kleiner und damit Investitionen geringer als an Standorten in Skandinavien, Irland oder den

Niederlanden. So plant Microsoft nach Medienberichten aktuell zwar zwei große Rechenzentren in Deutschland, die Investitionen liegen mit 100 Mio. € allerdings noch deutlich unter den Investitionsvolumen großer Hyperscale-Rechenzentren, die oft im Bereich oberhalb von einer halben Mrd. € liegen (Borbe, 2013; Kroker, 2018; Melanchthon, 2011; Quandt, 2014; Sawall, 2014; Schindler, 2018; Windeck, 2013).

7 DEUTSCHLAND ALS STANDORT FÜR RECHENZENTREN

Die Bedeutung leistungsfähiger Rechenzentren wird in Deutschland in der Öffentlichkeit, Politik und Verwaltung sowie in der Forschung bisher wenig wahrgenommen. Die Standortnachteile der für die Digitalisierung wichtigen Rechenzentren bedürfen aber jedoch einer deutlichen Aufmerksamkeit seitens der Politik.

Weder in der Digitalen Agenda der Bundesregierung (Die Bundesregierung, 2014) noch im Monitoring-Report zur digitalen Wirtschaft des BMWi (Graumann et al., 2017) werden Rechenzentren explizit thematisiert.

Im internationalen Vergleich der Standortfaktoren für Rechenzentren nimmt Deutschland eine Sonderrolle ein, die sich dadurch auszeichnet, dass einige Standortfaktoren deutlich besser, andere aber auch deutlich schlechter bewertet werden. Vor allem die vorhandene Stromversorgungsinfrastruktur, die Anbindung an den weltweit größten Internetknoten DE-CIX sowie die Themen Datenschutz und Datensicherheit werden als deutliche Standortvorteile gesehen. Dagegen ist Deutschland aktuell bei den Themen Fachkräftemangel, Strompreise und Dauer von Genehmigungsprozessen im internationalen Vergleich abgeschlagen.

Ihrer Standortvorteile werden sich andere Staaten zunehmend bewusst und sie werden mit Nachdruck weiter ausgebaut (Ostler, 2018). So senken skandinavische Länder wie Schweden und Norwegen die Stromsteuern für Rechenzentren und werben mit niedrigen Strompreisen von unter 3 Cent/kWh und reichlich verfügbarer regenerativer Energie. Auch die chinesische Regierung forciert im Rahmen des 13. Fünfjahresplans den Ausbau der digitalen Wirtschaft und der digitalen Infrastrukturen – anhand derer, mit der bereits andere Sektoren wirksam und rasch entwickelt wurden.

7.1 STANDORTFAKTOREN FÜR RECHENZENTREN IM INTERNATIONALEN VERGLEICH

In den öffentlichen und politischen Diskussionen zum Thema Digitalisierung sind Rechenzentren nur selten ein Thema. Sowohl in der Digitalen Agenda 2014–2017, in den Diskussionen des Digital-Gipfels, im aktuellen Koalitionsvertrag der Bundesregierung als auch im Monitoring-Report Wirtschaft DIGITAL 2017 tauchen Rechenzentren als explizites Thema praktisch nicht auf. Damit unterscheidet sich Deutschland von anderen Staaten. Beispielhaft können Skandinavien (siehe Abschnitt 7.2), die Niederlande (siehe Abschnitt 7.3) oder auch China (siehe Abschnitt 7.4) genannt werden, die jeweils eine aktive Unterstützungspolitik für Rechenzentren betreiben. Dies ist bemerkenswert,

da die Niederlande und Skandinavien als Rechenzentrumsstandort in internationalen Vergleichen zumindest teilweise bereits heute deutlich besser als Deutschland abschneiden.

So sieht der Data Center Risk Index (Cushman & Wakefield, 2016) insbesondere eine sehr gute Position der skandinavischen Länder Island (Ranking Platz 1), Norwegen (2), Finnland (4) und Schweden (5). Deutschland wird mit Rang 17 nur mittelmäßig bewertet. Vorteile der skandinavischen Länder werden vor allem in der hohen Verfügbarkeit erneuerbarer Energie, geringen geopolitischen Risiken sowie guten Bewertungen der politischen Stabilität und der internationalen Internetanbindung gesehen. Auch die Schweiz (3), Kanada (6),

Singapur (7) und Korea (8) werden von Cushman & Wakefield als gute Rechenzentrumsstandorte eingeschätzt. Weiterhin gehören Großbritannien (9), die USA (10), Hongkong (11) und die Niederlande (12) zur Gruppe der Rechenzentrumsstandorte mit niedrigen Risiken. Großbritannien und die USA punkten z. B. mit guten Bewertungen des „ease of doing business“, der politischen Stabilität sowie mit einer sehr guten Einstufung der zuverlässigen Energieversorgung. Die Niederlande (12) beweisen ihre Stärken in der Bandbreite, politischer Stabilität und zuverlässiger Energieversorgung.

Deutschland bekommt bei Cushman & Wakefield in den meisten Kriterien mittelmäßige Bewertungen. Am besten werden die zuverlässige Stromversorgung und die Wasserverfügbarkeit bewertet. Verhältnismäßig schlechte Bewertungen bekommt der Standort Deutschland bei den Energiekosten, den Unternehmenssteuern und bei der internationalen Internetanbindung. Eine ähnliche Bewertung von Rechenzentrumsstandorten hat auch die Boston Consulting Group durchgeführt (BCG, 2016). Die Analyse wurde mit dem Ziel erstellt, Schweden als Rechenzentrumsstandort zu bewerten. Auch in diesem Ranking belegen die skandinavischen Länder Island (Platz 2), Schweden (4), Norwegen (6), Finnland (8) und sogar Dänemark (10) gleich die Hälfte der dokumentierten zehn Spitzenplätze. Skandinavien zeigt in diesem Ranking Schwächen nur bei internationaler Bandbreite sowie Arbeitskosten. Die gute Platzierung der USA (1) und Großbritanniens (3) beruhen hier auf Bandbreite, „ease of doing business“ sowie niedrigen Arbeitskosten.

Wie unterschiedlich die Bewertungen von Rechenzentrumsstandorten sein können, zeigt eine aktuelle Untersuchung der BSA – eines internationalen Interessenverbands von Softwareanbietern.

Die BSA kommt zu dem Ergebnis, dass Deutschland aktuell der weltweite Nummer-1-Standort für Cloud Computing ist. Für dieses Ergebnis sind insbesondere sehr gute Bewertungen des Standorts Deutschland hinsichtlich Datenschutz- und Datensicherheit⁷, Rechtssicherheit (Intellectual Property Rights) und Freier Handel verantwortlich (BSA, 2018). Faktoren wie Strompreise oder Anteil regenerativer Energien werden bei dem BSA-Ranking nicht berücksichtigt.

Wie die drei dargestellten Bewertungen von Rechenzentrumsstandorten zeigen, unterscheiden sich die Bewertungen je nach Autor der Studie und Zielsetzung. Einzelne Bewertungen beruhen anscheinend auf Einschätzungen der Analysten und sind in den Veröffentlichungen nicht immer nachvollziehbar. Warum Deutschland mit dem Internetknoten DE-CIX von Cushman & Wakefield bei der internationalen Bandbreite deutlich schlechter bewertet wird als die skandinavischen Länder, ist nicht nachvollziehbar. Auch bei der politischen Stabilität schneidet Deutschland deutlich schlechter als vergleichbare europäische Länder und insbesondere auch als die USA und Großbritannien ab. Das Ergebnis, dass Deutschland insgesamt als Rechenzentrumsstandort schlechter bewertet wird als z. B. Katar (Cushman & Wakefield, 2016), ist zumindest in Frage zu stellen. Auch ist fraglich, ob die Strompreise überhaupt keine Rolle für die Eignung eines Standorts für Cloud Computing darstellen, wie es das BSA-Ranking unterstellt. Die in den jeweiligen Untersuchungen betrachteten Standortfaktoren decken auch nur teilweise die Motive von Rechenzentrumsbetreibern ab, sich an konkreten Standorten niederzulassen. Für die aktuelle Ansiedlung der großen internationalen Cloud-Anbieter in Deutschland sind vor allem die Datenschutzerfordernisse der deutschen Kunden

⁷ Vor allem im Hinblick auf die getroffenen Sicherheitsvorkehrungen in der Cloud schneidet Deutschland auch in anderen internationalen Vergleichen sehr gut ab (it-daily, 2018; Müller & Karlstetter, 2018).

verantwortlich. Wie oben bereits dargestellt, verlangen drei Viertel der deutschen Unternehmen bei der Nutzung von Cloud-Diensten, dass ihre Daten in Deutschland gespeichert werden (KPMG & Bitkom, 2017).

Um die Standortbedingungen für Rechenzentren besser analysieren zu können, wurde von Borderstep im Rahmen der vorliegenden Studie eine zweistufige Delphi-Befragung mit insgesamt zehn ausgewiesenen Experten der Rechenzentrumsbranche durchgeführt. Es wurden jeweils die

Bewertung verschiedener Standortfaktoren in den Ländern bzw. Regionen Deutschland, Großbritannien, Niederlande, Skandinavien, Singapur und den USA auf einer vierstufigen Skala (sehr gut, gut, weniger gut, schlecht) abgefragt.

Obwohl international erfahrene Fachleute am Delphi teilgenommen haben, wurden für Singapur nicht ausreichend viele Antworten gegeben, so dass hier nur Tendenzaussagen möglich sind. Die Abbildung 12 zeigt die Ergebnisse der Befragung im Überblick.

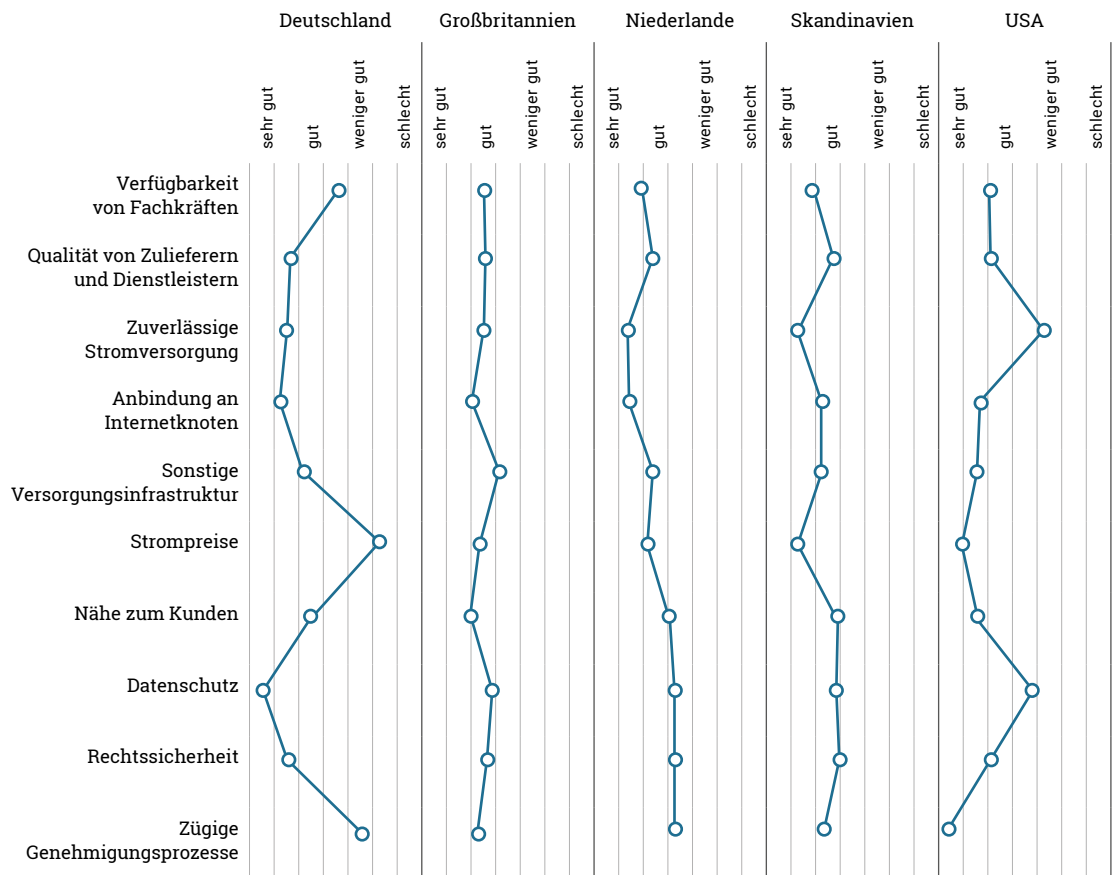


Abbildung 12: Bewertung der Standortfaktoren für Rechenzentren in Deutschland im Vergleich mit ausgewählten anderen Standorten im Jahr 2018 – Ergebnisse einer Delphi-Befragung; Quelle: Borderstep, 2018

Für die Experten weist Deutschland ausgeprägte Stärken bei den Themen Qualität von Zulieferern und Dienstleistern, zuverlässige Stromversorgung, Anbindung an Internetknoten, Datenschutz und Rechtssicherheit auf. Deutliche Schwächen werden bei der Fachkräfteverfügbarkeit, den Genehmigungsprozessen und besonders den Strompreisen gesehen. Gegenüber den anderen betrachteten Standorten ist auffällig, dass die positiven und negativen Ausschläge bei den Standortfaktoren in Deutschland am größten sind – nur die USA hat in einigen Bereichen ähnliche Unterschiede in den Bewertungen.

Großbritannien, die Niederlande und Skandinavien werden insgesamt recht ähnlich beurteilt. Im Vergleich zu Deutschland werden insbesondere Fachkräfteverfügbarkeit, Genehmigungsprozesse und Strompreise besser, Datenschutz und Rechtssicherheit dagegen schlechter bewertet. In Großbritannien werden im Vergleich zu den Niederlanden und Skandinavien leichte Mängel in der Stromversorgung und der sonstigen Versorgungsinfrastruktur deutlich. Skandinavien hat besonders günstige Strompreise. Die Nähe zum Kunden wird in Großbritannien etwas besser beurteilt.

Im Vergleich zu den europäischen Standorten werden in den USA insbesondere die Stromversorgung und der Datenschutz schlechter bewertet. Die Strompreise werden ähnlich positiv bewertet wie in Skandinavien.

In der zweiten Runde der Delphi-Befragung wurden einige weitere interessante Aspekte angesprochen. So wurde darauf hingewiesen, dass im Falle von Baugenehmigungen für neue Rechenzentren deutliche regionale Unterschiede in Deutschland bestehen, die Dauer der Genehmigung kann regional zwischen vier Wochen und sechs Monaten schwanken. Ein Teilnehmer weist darauf hin, dass die Dauer einer Baugenehmigung in Skandinavien

gesetzlich auf höchstens zehn Wochen festgelegt sei. Es wird auch darauf hingewiesen, dass die Ansiedlung von Großrechenzentren in Skandinavien auch die Verfügbarkeit von Fachkräften dort verbessere. Als Beispiel wird die Luleå University of Technology in Schweden genannt. In Luleå hat Facebook ein großes Rechenzentrum errichtet. Die Luleå University of Technology baut zusammen mit dem Schwedischen IKT-Verband SICS ein Forschungsrechenzentrum, welches der Forschung zu Big Data und Cloud dienen soll.⁸

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Bewertungen der Standortfaktoren in unterschiedlichen Studien zwar zu etwas unterschiedlichen Ergebnissen führen, generell aber in Europa vor allem die skandinavischen Länder, die Niederlande, die Schweiz und Großbritannien als bevorzugte Rechenzentrumsstandorte gelten. Deutschland liegt in der Bewertung im Mittelfeld. Kennzeichnend für Deutschland ist, dass es einige Standortfaktoren gibt, bei denen deutliche Vorteile gegenüber anderen Staaten existieren, dafür aber auch Nachteile in anderen Bereichen bestehen.

7.2 SKANDINAVIEN: ANSIEDLUNGSPOLITIK AUF BASIS PREISWERTER ERNEUERBARER ENERGIE

Seit 2015 hat ein Wettbewerb um die niedrigsten Strompreise für Rechenzentren eingesetzt. Auf-grund der natürlichen Gegebenheiten existiert in den skandinavischen Ländern oft ein reichliches und teilweise ausbaubares Angebot an kostengünstig zu erzeugendem regenerativem Strom. Die wirtschaftspolitische Logik einer Ansiedlungspolitik auf Basis preiswerter erneuerbarer Energie ist einfach:

1. Für Rechenzentren ist preiswerter Strom ein wichtiger Standortfaktor, da gerade Colocation-Rechenzentren einen Stromkostenanteil von

⁸ <https://www.ltu.se/ltu/media/news/Unikt-forskningscenter-for-big-data-1.142175?l=en> vom 21.03.2018.

bis zu 40 % aufweisen (Hintemann & Clausen, 2014).

2. Wird regenerativer Strom preiswert angeboten, ist dies ein weiterer Vorteil, da gerade US-amerikanische große Kunden erneuerbaren Strom bevorzugen.
3. Senken also Länder mit einer weitgehend oder sogar vollständig regenerativen Stromversorgung wie Norwegen, Schweden oder Island den Strompreis, dann verbessert dies die Möglichkeit zur Akquisition großer Rechenzentrumsstandorte.
4. Dies macht in diesen Ländern den (durchaus möglichen) Ausbau der regenerativen Stromerzeugung erforderlich.
5. Letztlich entstehen zusätzliche Arbeitsplätze und Steueraufkommen sowohl durch den Bau

und Betrieb neuer Rechenzentren als auch durch den Bau und Betrieb zusätzlicher regenerativer Kraftwerke. Auf Einkommensquellen wie die Stromsteuer können diese Staaten daher im Rahmen einer budgetpolitischen Mischkalkulation verzichten.

Die Strategie der Ansiedlungspolitik auf Basis preiswerter erneuerbarer Energie ist also eine Strategie der nationalen Wirtschaftsförderung. Primärziel ist dabei die Ansiedlung von Unternehmen, um so Wirtschaftskraft und Arbeitsplätze auszubauen. Gegenwärtig sind mehrere skandinavische Länder, aber mit einer ähnlichen Strategie auch Tasmanien, an diesem Rennen um niedrige Preise für regenerativen Strom beteiligt. Tabelle 1 gibt hierzu eine Übersicht.

Tabelle 1: Strompreise, regenerativer Stromanteil und RZ-Strategien in Skandinavien und Tasmanien

Land	Strompreis für Rechenzentren in Cent/kWh ⁹	regenerativer Strom im Netz in %	Maßnahmen	Quellen
Norwegen	2 bis 3,5	98	Steuersenkung für Abnehmer ab 5 MW von 1,6 Cent/kWh auf 0,0048 Cent/kWh	Regionplan Agder 2020 (2016), Troms AS (2018)
Schweden	2,8 bis 3,6	64,9	Senkung der Stromsteuer 2017 von 1,8 bis 2,5 Cent/kWh um 97 % auf 0,045 Cent/kWh Anfang 2017	Business Sweden (2017), Eurostat (2018)
Island	3,44	100	Aktive Anwerbung mit den Argumenten niedriger Strompreis und ganzjährige freie Kühlung	ASKJA Energy (2018)
Finnland	6,6	45	Aktive Anwerbung mit niedrigen Energiepreisen, Möglichkeiten zur Abwärmenutzung oder freier Kühlung	CTS Engtec (2017), Finish Energy (2018)
Dänemark	?	65	Aktive Anwerbung mit hohem Anteil regenerativer Energie, Möglichkeiten zur Abwärmenutzung oder freier Kühlung	Schulz (2017)
Tasmanien	?	93	Aktive Anwerbung mit Action Strategy	ABC-News (2017), Tasmanian Government (2015),

⁹ Angaben in US-\$ wurden mit einem Kurs von 0,8 €/€ umgerechnet.

Sowohl mit nationalen (Business Sweden, 2017; CTS Engtec, 2017; Schulz, 2017; Tasmanian Government, 2015) als auch durch regionale (Regionplan Agder 2020, 2016; Troms AS, 2018) Strategien wird versucht, die vorhandenen Stärken auszubauen, Schwächen auszumerzen und Ansiedlungserfolge zu erzielen. Die Strategien eint, dass sie alle erst in den letzten Jahren aufgestellt und seither aktiv verfolgt wurden. Um „Stärken zu stärken“ haben Norwegen und Schweden ihre ohnehin niedrigen Strompreise durch massive Steuersenkungen – um fast 100 % – nochmals bewusst reduziert.

Unklar ist, wie weit sich die regenerative Stromerzeugung in diesen Ländern noch steigern lässt. In Island z. B. lag der Jahresverbrauch an Strom in 1995 bei 4 TWh, davon verbrauchte die energieintensive Industrie 50 %. 2010 hatte sich der Verbrauch auf 16 TWh erhöht, von denen nun 81 % auf die energieintensive Industrie entfielen. Die Aluminiumindustrie benötigte 2013 allein 68,4 % der isländischen Stromerzeugung (Petursson, 2014). Am 14.02.2018 meldet die Hannoversche Allgemeine Zeitung, dass Island aufgrund vieler Anfragen für neue Rechenzentren infolge des Bitcoin-Hypes befürchtet, die Grenze der Verfügbarkeit von Strom zu erreichen (Hannoversche Allgemeine Zeitung, 2018).

Die schwedische Stromproduktion beträgt ca. 150 TWh pro Jahr, davon seit 1985 konstant je ca. 50 TWh auf Basis von Atomkraft und Wasserkraft. Durch den Aufbau von Windkraftkapazitäten ist seit 2010 ein Überschuss von ca. 10 TWh entstanden, der deutlich schwankt (Swedish Energy Agency, 2017). Auch in Schwe-

den gibt es seit 2011 Widerstand gegen die Atomkraft. Ob und in welchem Umfang Schweden langfristig große Strommengen für Rechenzentren zur Verfügung stellen kann, ist damit letztlich unklar.

Ein Blick in die norwegische Energiestatistik zeigt, dass von der Stromproduktion von knapp 150 TWh ein Anteil von zuletzt 95,6 % aus Wasserkraft kommt (Statistics Norway, 2018). 22,6 % der Produktion verbraucht die energieintensive Industrie, 14 % (21 TWh) werden jährlich exportiert. Die exportierte Energiemenge könnte volkswirtschaftlich sicherlich wirksamer an neue Rechenzentren in Norwegen verkauft werden. Zudem sind in Norwegen erhebliche Windkraftpotenziale zu erschließen. Zumindest im Fall von Norwegen scheint eine Expansionsstrategie in der Ansiedlung zusätzlicher Rechenzentren in sehr großem Ausmaß energiepolitisch machbar.

7.3 DIE NIEDERLANDE: CLUSTERSTRATEGIE UM DEN DIGITAL HUB AMSTERDAM

In den Niederlanden existiert eine Reihe von teils staatlich initiierten Aktivitäten zur Förderung insbesondere der Region Amsterdam als Rechenzentrumsstandort. Beispielhaft zu nennen sind die „Stichting Digitale Infrastructuur“¹⁰, die Initiative „Green IT Amsterdam“ oder die Wirtschaftsförderung von „Invest in Holland“ oder „Invest in Noord-Holland Noord“.

Die „Stichting Digitale Infrastructuur“ hat die Studie „Dutch Digital Infrastructure 2016“ (Deloitte Consulting, 2016) herausgegeben, die im Detail den Stand der digitalen Infrastrukturen in den Nie-

¹⁰ Mitglieder sind der Internetknoten AMS-IX, die Dutch Data-center Association, DHPA Trusted Cloud Experts, der Verband der Internetserviceunternehmen ISP Connect, Nederland ICT, die NLnet-Stiftung, die IKT Organisation für Wissenschaft und Bildung SURF sowie die Vereniging van Registrars aus dem Kontext der Domainnamen. Die Stiftung kümmert sich um Statistik, Sichtbarkeit Prüfwerkzeuge u. a. m. rund um das Thema digitale Infrastrukturen.

derlanden darstellt, eine Strategie zur Stärkung des Sektors entwickelt und überzeugende Zukunftsperspektiven darstellt. Dabei trennt sie konsequent zwischen Infrastrukturen für die Digitale Ökonomie (Netzwerke, Internetknoten, Rechenzentren und Hostingunternehmen) und den Anwenderbranchen von Produktion und Logistik über Sicherheit und Gesundheit bis zu Gaming und Medien. Die Studie stellt die Stärke der in den Niederlanden vorhandenen Rechenzentren (271 MW in 2016) sowie des Internetknotens AMS-IX dar und schlägt dann den Bogen zur Digitalen Infrastruktur als Basis verschiedener volkswirtschaftlich wünschenswerter Entwicklungen.

Innovation: Durch die Veränderung der Geschäftsmodelle für den Vertrieb und die Distribution von Musik, Video und Nachrichten sowie anteilig des Handels und der Bezahlssysteme auf Onlinekanäle wird zunächst die bereits erfolgte Veränderung der Lebenswelt mit den digitalen Infrastrukturen in Verbindung gebracht. Für die Zukunft werden sprachgesteuerte Systeme, Künstliche Intelligenz (KI), das Internet der Dinge und anderes mehr aufgeführt: "Digital technology brought unprecedented changes to our world in the last 20 years. However, the changes in the next 20 years will outperform the changes of the past 20 years" (Deloitte Consulting, 2016, S. 32).

Impulse der Internetwirtschaft für die Wirtschaftsentwicklung: Aufbauend auf der Internetwirtschaft, die digitale Infrastrukturen zur Verfügung stellt und Dienste anbietet, wird starkes Wachstum von Unternehmen möglich, deren Geschäftsmodell „volldigital“ ist. Aber auch konventionelle Unternehmen profitieren von der Möglichkeit, digitale Kanäle aufzubauen und digitale

Infrastrukturen zu nutzen. Digitale Infrastrukturen, Dienste-Anbieter und volldigitale Geschäftsmodelle werden dabei als Kern der Internetwirtschaft definiert:

- mit dem Internet generierte Erträge in Form von internetbezogener IKT: Hosting und Cloud, Websites & Apps, Software, Marketing & Beratung, Infrastruktur & Sicherheit, Datamining & Big Data
- direkt über das Internet generierte Erträge der Onlinedienste, wie z. B. Dating-Seiten und die Anbieter und Vermittler der Sharing-Economy
- direkt über das Internet generierte Erträge der Onlineshops

Deloitte (2016, S. 41) ordnet diesem Kern der Internetökonomie in den Niederlanden 50.000 Unternehmen mit 345.000 Beschäftigten zu, 4,4 % der niederländischen Erwerbstätigen und 7,6 % des Gesamtumsatzes der niederländischen Wirtschaft und zudem noch mit einer Wachstumsrate von 7 bis 9 % p. a.

Digitale Infrastrukturen als Standortfaktor: Die Region Amsterdam ist gemessen an der Gesamtkapazität (MW) der drittgrößte Markt für Rechenzentren in Europa. Verglichen mit der Größe der jeweiligen Wirtschaftsräume nehmen die Niederlande und insbesondere der Rechenzentrums-Hotspot Amsterdam im europäischen Vergleich eine herausragende Position ein. Der Großraum Amsterdam weist 2015 eine Kapazität von 171 MW und damit über 60 % der in den Niederlanden vorhandenen Gesamtkapazität auf (Deloitte Consulting, 2016, S. 50). Den digitalen Infrastrukturen folgend gelang es in den Niederlanden, eine Reihe internationaler Unternehmen anzusiedeln. Google in Amsterdam (200 Beschäftigte), Uber (300), Salesforce (350), Oracle (600) und

Cisco (650). Aus Sicht von Deloitte (2016, S. 72) ist die digitale Infrastruktur einer der Hauptgründe für ausländische Digitalfirmen, sich in den Niederlanden niederzulassen, hier zentrale Funktionen anzusiedeln und Jobs zu schaffen.

Digitale Services als Exportgut: Eine Reihe niederländischer Anbieter von digitalen Diensten und „digital native“ Service Unternehmen haben sich zu Global Playern entwickelt und leisten einen wesentlichen Beitrag zur Realwirtschaft. Adyen (Zahlungssysteme, gegr. 2006, 11 Niederlassungen weltweit, 500 Beschäftigte Ende 2016¹¹), Travelbird (Reisen, gegr. 2010, 11 Niederlassungen, 550 Beschäftigte Ende 2016¹²), bynder (Digital Asset Management, gegr. 2013, 16 Niederlassungen, 220 Beschäftigte Anfang 2018¹³) werden beispielhaft aufgeführt.

Für die Niederlande wird hier eine volkswirtschaftlich orientierte Clusterstrategie beschrieben, die mit dem Fokus auf Branchenentwicklung und Innovation in der Internetwirtschaft, die Niederlande als Standort attraktiv macht, Impuls zur Unternehmensgründung setzt und anstrebt, auch die Exporte zu steigern.

7.4 CHINA: STREBEN NACH DIGITALEM WOHLSTAND UND HOCH-TECHNOLOGIEEXPORT

Der asiatische Rechenzentrumsmarkt wurde von Frost & Sullivan in 2017 auf ein Umsatzvolumen von 10 Mrd. US-\$ im Bereich der Colocation und 6,2 Mrd. US-\$ für Managed Hosting (Frost & Sullivan, 2017, S. 5) veranschlagt. Mit einem jährlichen Wachstum um die 15 % könnte das Umsatzvolumen sich bis 2022 verdoppeln. Für China erwartet PricewaterhouseCoopers (2017, S. 8) ein jährliches

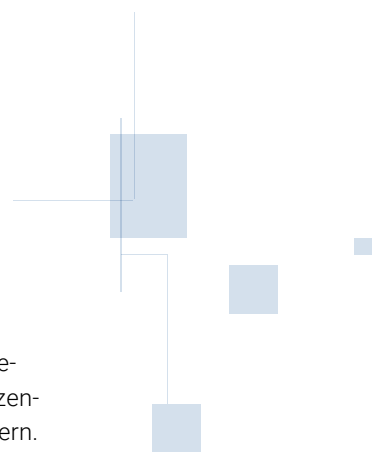
Wachstum von absolut ca. 1,2 Mrd. US-\$, getrieben u. a. von Regionalregierungen, die Rechenzentren durch radikal niedrige Energiesteuern fördern. Das U.S. Department of Energy veranschlagt 2015 China auf ca. 2 Mio. m² Whitespace, eine Leistung von ca. 2,65 GW und die jährlichen Investitionen in chinesische Rechenzentren auf ca. 11 Mrd. US-\$ (U.S. Department of Energy, 2015, S. 8). Die größten Rechenzentrumsstandorte sind Peking mit 420.000 m², Shanghai mit 410.000 m², Hongkong mit 300.000 m² und Shenzhen mit 150.000 m² (U.S. Department of Energy, 2015, S. 11).

China Telecom ist der größte Rechenzentrumsanbieter in China und realisiert ca. 8 % des asiatischen Umsatzes mit Colocation und Managed Hosting (Frost & Sullivan, 2017, S. 19). China Telecom verfügt über die größte Rechenzentrumsfläche aller asiatischen Akteure und betreibt mit seiner „8+2“-Strategie acht große regionale Cloud-Rechenzentren in China sowie zwei weitere in der Inneren Mongolei (Nordchina) und Guizhou (Südwestchina). Insgesamt betreibt China Telecom 300 Rechenzentren in ganz China mit rund 400.000 m² Whitespace. Als Betreiber von 70 % der Bandbreite in China und mit einer Strategie des „One Stop Shops“ hat China Telecom eine gute Position als Komplettlieferant chinesischer Unternehmen. Den Marktanteil von China Telecom in China schätzt Pricewaterhouse-Coopers (2017, S. 11) auf 39 %, gefolgt von China Unicom mit 17 %, Centrin Data Systems mit 13 % und China Mobile mit 9 %. Kombiniert man die Zahlen von Frost & Sullivan und Pricewaterhouse-Coopers, so ergibt sich für China in 2015 ein Marktvolumen von ca. 3,2 Mrd., welches bis 2022 auf über 11 Mrd. US-\$ anwachsen könnte.

¹¹ Vgl. <https://www.adyen.com/press-and-media/press-releases/press-release-detail/2017/adyen-discloses-2016-revenues-of-727-million-growing-99-year-over-year> vom 14.02.2018.

¹² Vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/TravelBird> vom 14.02.2018.

¹³ Vgl. <https://www.bynder.com/de/uber-uns/team/> vom 14.02.2018.



Die chinesische Regierung betont im 13. Fünfjahresplan für den Zeitraum 2016–2020 die Bedeutung von IKT und digitalen Infrastrukturen (Central Committee of the Communist Party of China, 2016, S. 72). Technische Fortschritte in Big Data, Cloud Computing und KI werden angestrebt. Besonders auf die Entwicklung von „industry cloud service platforms“ und die Verlagerung von „industry information systems“ in cloudbasierte Plattformen wird fokussiert. Im Projektplan findet sich (Central Committee of the Communist Party of China, 2016, S. 77): *“3. Cloud computing innovation and development: Support the development of public cloud service platforms; Plan for the establishment of cloud computing and big data centers; Improve the ability to provide cloud computing solutions; Promote cloud application services in manufacturing, banking, people’s wellbeing, logistics, medical services, and other key industries; Continuously improve cloud computing ecosystems.”*

In westlichen Staaten ist eine so deutliche Äußerung der Politik ungewöhnlich. Bei der Beurteilung

der Pläne ist zu beachten, dass das chinesische Politik- und Wirtschaftssystem zentral koordiniert ist und, wenn es will, in kürzester Zeit gewaltige Anstrengungen vollbringen kann, wie die Beispiele Photovoltaik und Elektromobilität zeigen. So stieg der Verkauf von batterieelektrischen Fahrzeugen in China von ca. 17.000 in 2013 auf ca. 652.000 in 2017, davon 468.000 aus chinesischer Produktion (Automotive News China, 2018). Dieser mit einer Wachstumsrate von 250 % p. a. explodierende Markt basiert komplett auf einer staatlichen Strategie im Rahmen zweier Fünfjahrespläne (Beigang & Clausen, 2017).

Neben dem deutlich erkennbaren Ziel, China zu modernisieren und den Lebensstandard durch die digitale Wirtschaft zu steigern, wäre es nicht verwunderlich, wenn im Hintergrund auch das Ziel des Aufbaus von Spitzentechnologie, das Aufschließen zur Weltspitze und in letzter Konsequenz das Erreichen einer bedeutenden Markt- und Machtposition im Bereich der digitalen Infrastrukturen stehen würden.





8 BEITRÄGE VON RECHENZENTREN ZUR ENERGIEWENDE

Rechenzentren können einen entscheidenden Beitrag zur Energiewende leisten.

Der Betrieb von Rechenzentren erfordert immer mehr Strom. Durch den Einsatz neuer Energieeffizienztechnologien und einer intelligenten Einbindung von Rechenzentren in die Strom- und Wärmenetze können Rechenzentren aber auch einen aktiven Beitrag zur Energiewende leisten. Hierzu ist zum einen mehr politische Unterstützung, zum anderen aber auch weitere Forschung notwendig.

8.1 DEUTLICH ANSTEIGENDER BEDARF AN IT-LEISTUNG LÄSST ENERGIEBEDARF DER RECHENZENTREN WACHSEN

Die Rechenzentren in Deutschland verbrauchten im Jahr 2016 12,4 Mrd. kWh Strom (Hintemann, 2017a). In den vergangenen Jahren wurden Energieeffizienzverbesserungen in Rechenzentren erreicht, sowohl aufseiten der IT selbst als auch bei der Rechenzentrumsinfrastruktur. Die Energieeffizienz der IT verbessert sich durch den technischen Fortschritt sehr schnell. Man spricht hier auch von Koomey's Law (Koomey, Berard, Sanchez & Wong, 2011), nach dem sich die

Anzahl der Rechenschritte pro Kilowattstunde in der Vergangenheit alle 1,57 Jahre verdoppelt hat (Hintemann, 2015b; Koomey et al., 2011, BMWi 2009). Auch die Kühlung und Stromversorgung der Rechenzentren ist in der Vergangenheit merklich effizienter geworden. Obwohl durch den stark steigenden Bedarf an IT-Leistung, trotz massiver Effizienzgewinne, die Server, Speicher- und Netzwerkinfrastruktur in den Rechenzentren immer mehr Strom verbrauchen, konnte der Stromverbrauch der Rechenzentren für Stromversorgung und Kühlung fast konstant gehalten werden (siehe Abbildung 13).

ENERGIEBEDARF IN MRD. KWH/A

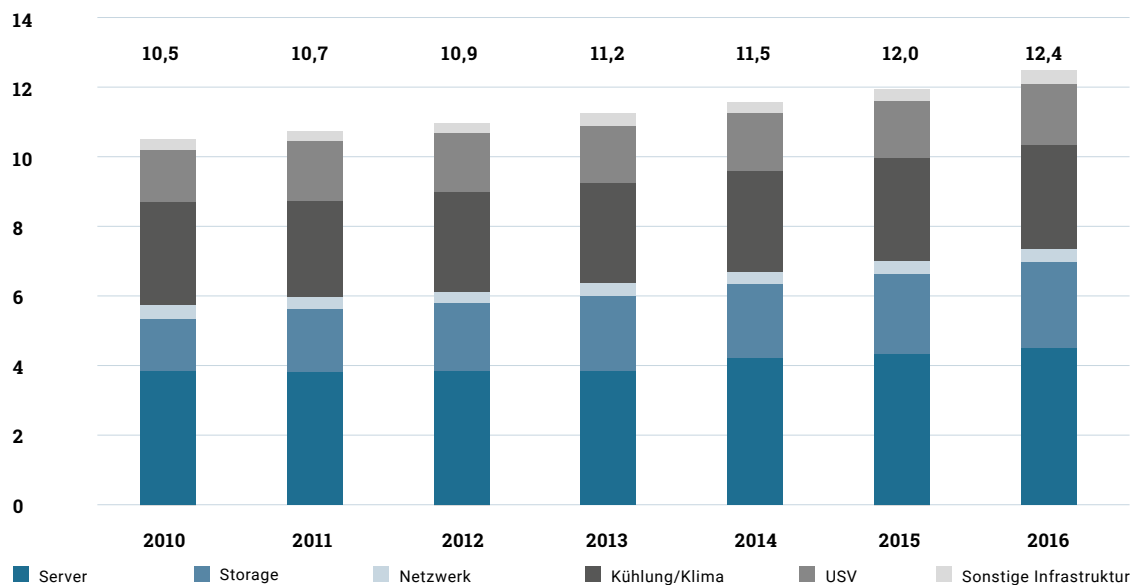


Abbildung 13: Energiebedarf der Server und Rechenzentren in Deutschland in den Jahren 2010 bis 2016; Quelle: Borderstep (Hintemann, 2017a)

Dennoch ist der steigende Strombedarf der Rechenzentren kritisch zu bewerten. Der gesamte Stromverbrauch von Gewerbe, Handel und Dienstleistung stagniert seit 2010 bei ca. 150 TWh/a (Umweltbundesamt, 2018), der Anteil der Rechenzentren hieran stieg demnach von 7 auf 8,3 %. Jeder wesentliche Anstieg von Einzelverbräuchen macht es schwieriger, das Minderungsziel von ca. 10 % bis 2020 zu erreichen. Aufgrund des unzweifelhaften Strukturwandels hin zu mehr Digitalisierung sind daher höchste Anstrengungen geboten, Digitalisierung und Energiewende zusammenzuführen. Dabei sind die weitere Verbesserung der Effizienz der Rechenzentren (siehe Abschnitt 8.2), die Nutzung der Abwärme von Rechenzentren (siehe Abschnitt 8.3) sowie die Aktivierung von Rechenzentren als Quelle von Regelleistung zur Stabilisierung des Stromnetzes (siehe Abschnitt 8.4) aussichtsreich.

8.2 WEITERE VERBESSERUNGEN DER ENERGIEEFFIZIENZ DER RECHENZENTREN SIND MÖGLICH

Die Digitalisierung führt gegenwärtig zu einem schnellen Wachstum der Nachfrage nach Rechenleistung. Der elektrische Energiebedarf der Rechenzentren einschließlich der Server-, Speicher- und Netzwerktechnik sowie wesentlicher Infrastruktursysteme wird daher bis zum Jahr 2025 voraussichtlich auf ca. 16,4 TWh/a ansteigen (Stobbe et al., 2015, S. 41). Diese Steigerung wird maßgeblich durch zusätzliche Server, Storage und Netzwerktechnik getrieben, deren Energieverbrauch von 7,1 TWh/a im Jahr 2015 auf 10,9 TWh/a im Jahr 2025 ansteigen wird. Der Strombedarf der Rechenzentrumsinfrastruktur bleibt trotz der steigenden IT-Stromleistung weitgehend konstant.

Bei der weiteren Verbesserung der Energieeffizienz von Rechenzentren ist zunächst von Bedeutung, dass ein hoher Anteil der Investitionen in den Neubau von Rechenzentren getätigt werden muss. Neue und moderne Rechenzentren sind in der Regel deutlich energieeffizienter. In Bestandsre-

chenzentren werden 40 bis 50 % der Energie für die Infrastruktur, also im Wesentlichen für Klimatisierung und unterbrechungsfreie Stromversorgung benötigt (Stobbe et al., 2015). Bei neu gebauten, effizienten Rechenzentren liegt dieser Anteil bei unter 25 %. Über 75 % des Stromverbrauchs von neuen Rechenzentren erfolgen also durch die IT, durch Server, Storage und Netzwerke. Der Großteil möglicher Einsparpotenziale kann daher nur durch den Einbau höchsteffizienter IT-Komponenten und deren effizienter Nutzung, z. B. mit Energiemanagement und MSR-Technik, erschlossen werden. Verantwortlich sind im Geschäftsmodell der Colocation hierfür grundsätzlich die Kunden der großen Rechenzentren.

Aber auch in Bestandsrechenzentren existieren noch erhebliche Potenziale zur Verbesserung der Energieeffizienz. Das Umweltbundesamt vermutet hier Einsparpotenziale von bis zu 50 % (Gröger & Köhn, 2016). Aufseiten der Rechenzentrumsinfrastruktur werden die größten Potenziale in der Optimierung der Klimatisierung gesehen. Besondere Akzente werden dabei auf indirekte freie Kühlung sowie Kalt-Warmgang-Einhausung und hocheffiziente USV-Anlagen gelegt (Hintemann, 2017c).

8.3 RECHENZENTREN SIND EINE WERTVOLLE WÄRMEQUELLE

Nach den Zielszenarien I und IV des Energiekonzepts der Bundesregierung wird der Verbrauch von Energie für Raumwärme und Warmwasser bis 2050 um etwa die Hälfte von ca. 600 TWh/a in 2008 auf ca. 300 TWh/a in 2050 sinken (Prognos, EWI & GWS, 2010, S. 63). Der Stromverbrauch in deutschen Rechenzentren wird dagegen bis 2025 auf über 16 TWh/a steigen (Hintemann et al., 2016), soweit dies bei der gegenwärtigen Geschwindigkeit der Digitalisierung überhaupt vorhersehbar ist. Könnten zwei Drittel dieses Potenzials genutzt werden, so würden Rechenzentren ca. 10 TWh/a zum künftigen Wärmebedarf der Republik beitragen.



Die Abwärme von modernen Rechenzentren liegt oft als Luftstrom mit einer Temperatur von 35 °C bis 40 °C vor. Ein solches Temperaturniveau ist für Zwecke der Gewinnung von Raumwärme und Warmwasser in der Regel nicht unmittelbar geeignet, sondern muss mithilfe einer Wärmepumpe auf ein höheres Temperaturniveau gebracht werden. Hierfür stehen grundsätzlich drei technische Wege zur Verfügung:

1. Der Wärmestrom wird mithilfe einer Wärmepumpe auf das Temperaturniveau eines konventionellen Wärmenetzes von ca. 95 °C gepumpt. Der Temperaturhub der einzusetzenden Luft-Wasser-Wärmepumpe betrüge hierfür ca. 55 °C bis 60 °C, es kann von einer Arbeitszahl von 2,1 ausgegangen werden (Russ, Marek & Platt, 2009).
2. In einem Wärmenetz der 4. Generation wird die Vorlauftemperatur von 90 °C auf 55 °C abgesenkt. Mit solcher Niedertemperatur-Fernwärme können Gebäude nach modernem Energiestandard versorgt werden, bei denen allerdings die Versorgung mit Brauchwarmwasser umgestellt werden muss, da dieses mit der reduzierten Vorlauftemperatur nicht hinreichend sicher gegen Legionellen erwärmt werden kann. Bei Versorgung eines solchen Wärmenetzes kann von einer Arbeitszahl von 4 ausgegangen werden (Russ, Marek & Platt, 2009).
3. In einem „kalten Nahwärmenetz“ kann die in einem Wärmetauscher auf einen Wasserstrom von ca. 25 °C bis 30 °C übertragene Wärme direkt verteilt werden. Jeder Abnehmer muss dann mit einer eigenen Wärmepumpe die Energie auf ein für ihn nutzbares Niveau bringen (Giel, 2016). Grundsätzlich kann in diesem Fall von

einer ähnlichen Gesamtarbeitszahl wie im Fall 2 ausgegangen werden; aufgrund der geringen Temperatur im Netz sind allerdings die Netzverluste sehr niedrig.

In Skandinavien und insbesondere in Schweden wird die Abwärme von Rechenzentren bereits systematisch genutzt und in das Wärmenetz eingespeist (Averfalk, Ingvarsson, Persson, Gong & Werner, 2017; Reveman & Ostler, 2016; Wahlroos, Pärssinen, Manner & Syri, 2017; Wahlroos, Pärssinen, Rinne, Syri & Manner, 2018). Möglich wird dies durch zwei Sachverhalte: Zum einen sind viele Regionen Skandinaviens bereits mit Wärmenetzen ausgestattet, zum anderen ist der für den Wärmepumpenbetrieb benötigte Strom sehr preiswert (siehe Kapitel 7.2).

In Deutschland ist die Nutzung von Abwärme von Rechenzentren bisher nur wenig verbreitet. Zwar nutzt ca. ein Drittel der im Frühjahr 2017 befragten Rechenzentrumsbetreiber Abwärme, diese jedoch meist nur in sehr geringem Umfang für Heizung und Warmwasserbereitung. Nur zwei Rechenzentren dokumentieren die Heizung von Gebäuden, die nicht zum Rechenzentrum gehören. Die Befragung spiegelt auch wider, dass insbesondere Colocation-Rechenzentren die Abwärme bevorzugt nutzen würden und dies für die Zukunft planen, dieses Vorhaben jedoch bisher meist an den hohen Kosten für Wärmepumpenstrom scheiterte (Hintemann, 2017b). Anhand der oben dargestellten Fällen kann geprüft werden, welche Gestehungskosten die Abwärme von Rechenzentren in Abhängigkeit von Wärmenetztechnologie und Stromkosten hätte:

Tabelle 2: Auswirkung von Wärmenetz-Vorlauftemperatur und Strompreis auf die Gestehungskosten von Abwärme aus Rechenzentren

Wärmenetz-Vorlauftemperatur	Strompreis 13 Cent/kWh	Strompreis 7 Cent/kWh
95°C (Arbeitszahl = 2,1)	6,19	3,33
55°C (Arbeitszahl = 4,0)	3,25	1,75

Bei einem Einkaufspreis von Erdgas für Unternehmen, der in den letzten zwei Jahren zwischen 1,7 und 1,9 Cent/kWh schwankt¹⁴, ist leicht erkennbar, dass eine Wettbewerbsfähigkeit für Abwärme aus Rechenzentren im Wärmemarkt nur dann gegeben wäre, wenn „modernere“ Niedertemperatur-Wärmenetze versorgt würden und die EEG-Umlage auf alle Energieträger umgeschichtet würde. Nur so könnte sich dieser Ansatz der praktischen Sektor-kopplung durchsetzen.

8.4 RECHENZENTREN ALS QUELLE VON REGELLEISTUNG ZUR STABILISIERUNG DES STROMNETZES

Eine sichere Stromversorgung für Deutschland ist auf ausreichende Regelleistung angewiesen. Mit zunehmendem Anteil von regenerativ erzeugtem Strom, dessen Erzeugung wetterabhängig ist und stark fluktuiert, sowie durch die Abschaltung der Atomkraftwerke in Deutschland wird die Sicherstellung einer stabilen Stromversorgung mit konstanter Netzfrequenz immer schwieriger. Ein Großteil der notwendigen Regelleistung wird dabei faktisch selten gebraucht, ist aber zur Sicherstellung der Stromversorgung zwingend notwendig. Rechenzentren verfügen durch Notstromaggregate und Batterien zur unterbrechungsfreien Stromversorgung über große Kapazitäten an Regelleistung, die aus verschiedenen Gründen bisher kaum genutzt werden.

Nach Berechnungen von Borderstep waren in diesen Rechenzentren im Jahr 2014 über 700 MW an Stromerzeugungsleistung installiert – Tendenz steigend. Technisch ist die Notstromversorgung von Rechenzentren wie folgt gelöst:

- Im Augenblick eines Stromausfalls wird die Stromversorgung des Rechenzentrums von Bat-

terien, in einigen Rechenzentren auch durch einen schwungradgetriebenen Generator, übernommen.

- Gleichzeitig wird ein meist durch Diesel versorgtes Notstromaggregat in Betrieb genommen. Ist dieses nach einigen Sekunden hochgefahren, übernimmt der vom Aggregat angetriebene Generator die Stromversorgung und die Batterien bzw. das Schwungrad haben ihre Aufgabe erfüllt.

Das insgesamt bestehende Regelleistungspotenzial in Rechenzentren von 700 MW kann seinem Charakter entsprechend der positiven Regelleistung zugeordnet werden. Durch das „Vom-Netz-Gehen“ eines Rechenzentrums wird das Netz entlastet und es steht für das „Restnetz“ mehr Leistung zur Verfügung. Die Bereitstellung von negativer Regelleistung, also die Lasterhöhung, ist für Rechenzentren kaum möglich.

Für den Rechenzentrumsbetreiber könnte der Markt der Sekundärregelleistung attraktiv sein, denn die Notstromversorgung stellt derzeit einen reinen Kostenfaktor im Rechenzentrum dar. Für die Teilnahme an einem Virtuellen Kraftwerk ist lediglich eine informations- und kommunikationstechnische Anbindung erforderlich. Die Kosten hierfür liegen im Bereich von 3.000 bis 5.000 €. Durch die Vermarktung von 1 MW Sekundärregelleistung hätte über das Jahr 2017 ein Erlös von etwa 44.000 € erzielt werden können („Erlösrechner Regelleistung“, o. D.)¹⁵.

Grundsätzlich bietet die Vermarktung von Regelleistung weitere Chancen:

- Der häufigere Betrieb der Notstromaggregate führt zu frühzeitiger Erkennung technischer Probleme im Betrieb und damit zu erhöhter Zuverlässigkeit.
- Das Rechenzentrum leistet einen Beitrag

¹⁴ Vgl. <https://www.ispex.de/energiemarkt-kommentar-02-2018-abwaertstrend-bei-strom-und-erdgaspreisen-zu-jahresbeginn/> vom 23.02.2018.

¹⁵ Der Erlös wird durch den Leistungspreis realisiert, also die reine Bereitstellung der Leistung. Die Arbeitspreise von ca. 10 Cent/kWh sind für Dieselaggregate nicht attraktiv.

zur Energiewende und kann so sein Image verbessern.

- Die aktive Regelleistungsbereitstellung kann u. U. vorgeschriebene Testläufe abdecken.

Diesen Chancen stehen Hemmnisse gegenüber:

- Notstromaggregate sind emissionschutzrechtlich nicht für den Dauerbetrieb zugelassen.

Zusätzliche Anforderungen der Genehmigung sind möglich.

- Nicht alle Notstromaggregate sind technisch für den Dauerbetrieb ausgelegt.
- Der Betrieb zusätzlicher Großdiesel ohne bestmögliche Abgasreinigung in städtischen Räumen könnte zu öffentlicher Kritik führen.



9 POLITISCHE UNTERSTÜTZUNG DER RECHENZENTRUMSBRANCHE IN DEUTSCHLAND

Weder in der Digitalen Agenda 2014–2017 der Bundesregierung (Die Bundesregierung, 2014) noch im Monitoring-Report zur digitalen Wirtschaft des BMWi (Graumann et al., 2017) werden Rechenzentren explizit thematisiert. In die neue Bundesregierung wurde zwar eine Staatsministerin für Digitalisierung berufen, im Koalitionsvertrag (CDU, CSU und SPD, 2018) werden jedoch die Themen Rechenzentren und Internet-Backbone ebenfalls nicht angesprochen.

Lediglich durch das Bundesland Hessen erfolgt eine aktive Unterstützung und es wurde eine Reihe von Förderprojekten durchgeführt. Die Strategie Digitales Hessen (Hessische Landesregierung, 2016, S. 46) benennt in dreierlei Hinsicht Handlungsbedarf:

- zügige Verwaltungsprozesse für Neubauten und Modernisierung
- Spitzenstandards bei der Energieeffizienz
- Kooperation für IT-Sicherheit und Datenschutz

Zusätzlich formuliert die hessische Digitalstrategie das Ziel, die Forschung zu Rechenzentren zu vernetzen.

Die Bundesregierung kann und darf dieses wichtige Thema nicht einem einzigen Bundesland überlassen. Die anspruchsvollen Wachstumsziele im Kontext der Digitalisierung der Wirtschaft sind nur mit erstklassigen digitalen Infrastrukturen zu realisieren. Gerade für die erfolgreiche und rasche

Digitalisierung des mittelständischen Fundaments der bundesdeutschen Wirtschaft ist es erforderlich, über eine gut ausgebaute Versorgung mit regionalen wie überregionalen, leistungsfähigen Rechenzentren zu verfügen. Dabei stellen die Region Frankfurt Rhein-Main, aber auch die mittleren Rechenzentrumsstandorte, wie z. B. München, Nürnberg, Hamburg und Berlin, wesentliche Dienste zur Verfügung, die durch die regionalen Rechenzentren für die regionalen Unternehmen verfügbar werden. Die erstklassige Vernetzung der großen Rechenzentrumsstandorte und einer Reihe von Großunternehmen durch den Internet-Backbone stellt eine weitere Säule der digitalen Infrastruktur dar. Und auch dem Breitbandausbau des Zugangsnetzes zu Unternehmen und Privathaushalten kommt Bedeutung zu.

Zur Sicherstellung der digitalen Souveränität Deutschlands ist es erforderlich, über eine starke Rechenzentrumsinfrastruktur in Deutschland zu verfügen. Mit der Digitalisierung der Unternehmen der Wirtschaft geht einher, dass mehr und mehr technisches Wissen, beispielsweise Daten zu Kunden, Lieferanten u. a. m., in Rechenzentren verlagert wird. Die Sicherheit und Integrität dieser Daten kann am besten im Inland gewährleistet werden. Eine starke Forschungslandschaft rund um das Rechenzentrum muss diese Entwicklung unterstützen. Hier gilt es, vor allem bestehende Stärken z. B. im Bereich Security oder High Performance Computing auszubauen.

In der Vergangenheit sind in Deutschland gesetzliche Regelungen entstanden, die im Zusammenhang mit der fortschreitenden Digitalisierung eine zunehmende Relevanz für die digitale Wirtschaft erlangten, ohne dass dies bei ihrer Entwicklung mitbedacht bzw. berücksichtigt worden ist. Zu diesen Rechtssetzungen gehört das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) mit seiner EEG-Umlage, durch die sich der Strompreis für Rechenzentren in Deutschland von einem international einigermäßen wettbewerbsfähigen Niveau von ca. 8 Cent/kWh auf ca. 14 Cent/kWh erhöht hat. Zwar ist das EEG erst knapp 20 Jahre alt, dennoch ist es älter als die meisten Rechenzentren. Seine Auswirkung auf die Branche konnte um das Jahr 2000 kaum abgesehen werden. Heute erweist sich die hohe EEG-Umlage nicht nur als Kostentreiber für Rechenzentren und andere Unternehmen der produzierenden Wirtschaft, es hemmt auch bestimmte Dynamiken einer Energiewende von Strom und Wärme. So wäre z. B. die Abwärmenutzung bei Rechenzentren deutlich aussichtsreicher, wenn der Strom für Wärmepumpen preiswerter, die mit der Wärmepumpen-Wärme konkurrierenden fossilen Energieträger Gas und Öl jedoch teurer wären. Die Umschichtung der EEG-Umlage auf alle Energieträger (Kraftstoffe, Gas und Öl) würde also die Energiewende gerade in den Sektoren Wärmeversorgung und Elektromobilität vorantreiben und gleichzeitig die Zukunftsbranche der Rechenzentren international wettbewerbsfähiger machen.

Aufgrund des hohen gesetzlichen Regelungsanteils und der Regelungstiefe sind in Deutschland sowohl ein hohes Datenschutzniveau als auch sehr systematische Genehmigungsprozesse entstanden, die beide auf den Schutz vielfältiger Rechtsgüter zielen. Während das hohe Datenschutzniveau den Rechenzentrumsstandort Deutschland unterstützt, steht die Dauer der Genehmigungsprozesse dem schnellen Wachstum der digitalen Wirtschaft nicht nur entgegen, sondern behindert dieses. Dennoch zeigen vielfältige Beispiele aus Ländern und Kommunen, dass auch schnelle und effiziente, aber dennoch anspruchsvolle Genehmigungsprozesse möglich sind. Ein permanentes Hinwirken auf schnelle und effiziente Genehmigungsprozesse ist daher unabdingbar.



10 GLOSSAR

Bandbreite:

Leistungsfähigkeit eines Breitbandanschlusses.

Cloud Computing:

Cloud Computing bezeichnet den Ansatz, IT-Ressourcen wie Speicherplatz, Rechenleistung oder Anwendungssoftware über das Internet als Dienstleistung zur Verfügung zu stellen.

Colocation Rechenzentren:

Rechenzentrum, in dem ein Anbieter seinen Kunden Rechenzentrumsfläche und Versorgungsinfrastruktur bereitstellt. Die IT-Geräte sind aber im Besitz des Kunden. Siehe Housing.

Housing:

Anderer Begriff für Colocation. Unter Housing bzw. Serverhousing versteht man die Unterbringung von Servern bei einem Dienstleister. Dieser stellt die Netzanbindung und in der Regel auch sichere Infrastruktur wie USV, Klimatisierung, Brandschutz, Bewachung etc. zur Verfügung.

Internet-Backbone:

Mit Internet-Backbone wird der Kernbereich des Internets verstanden. In der Regel bestehen diese

Backbone-Verbindungen aus Glasfaserkabeln mit hoher Bandbreite.

IT-Fläche:

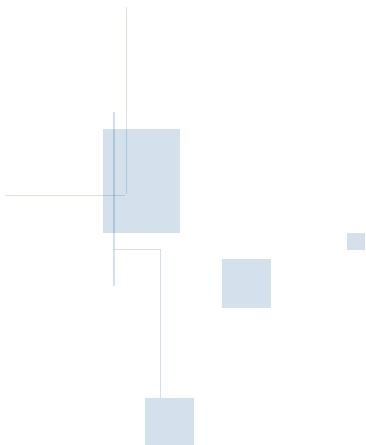
Die IT-Fläche ist die Fläche innerhalb von Rechenzentren, die für das Aufstellen von IT-Equipment wie Server, Speichersysteme und Netzwerkkomponenten zur Verfügung steht.

Service Level Agreement (SLA):

Ein SLA ist eine Vereinbarung zwischen Auftraggeber und Dienstleister, in der die Qualität der Dienstleistung durch zugesicherte Leistungseigenschaften, wie etwa Leistungsumfang, Reaktionszeit oder Verfügbarkeit, genau beschrieben wird.

Workloads:

Cisco verwendet den Begriff Workloads für die Leistung von Rechenzentren. Eine einzelne Serverworkload ist ein virtuelles oder physikalisches Set von Computerressourcen, einschließlich Datenspeicher. Ein Workload kann ein physischer Server, ein virtueller Server oder ein Container sein.





11 LITERATUR

- ABC-News. (2017). *Tasmania's eye on full renewable energy by 2022, but work still to be done on securing supply*. Sydney. Zugriff am 09.02.2018. Verfügbar unter: <http://www.abc.net.au/news/2017-08-16/recommendations-from-tas-energy-security-taskforce/8814220>
- Akamai. (2017). *akamai's state of the internet Q1 2017 report*. Zugriff am 03.04.2018. Verfügbar unter: <https://www.akamai.com/uk/en/about/our-thinking/state-of-the-internet-report/global-state-of-the-internet-connectivity-reports.jsp>
- ARD & ZDF. (2017). *ARD/ZDF-Onlinestudie 2017 – Kernergebnisse*. ARD/ZDF-Onlinestudie. Zugriff am 02.02.2018. Verfügbar unter: http://www.ard-zdf-onlinestudie.de/files/2017/Artikel/Kern-Ergebnisse_ARDZDF-Onlinestudie_2017.pdf
- ASKJA Energy. (2018). *The Energy Sector*. Reykjavík. Zugriff am 09.02.2018. Verfügbar unter: <https://askjaenergy.com/iceland-introduction/iceland-energy-sector/>
- Automotive News China. (2018, Januar 16). *Electrified vehicle sales surge 53 % in 2017*.
- Averfalk, H., Ingvarsson, P., Persson, U., Gong, M. & Werner, S. (2017). *Large heat pumps in Swedish district heating systems*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 1275–1284. doi:10.1016/j.rser.2017.05.135
- BCG. (2016). *Capturing the Data Center Opportunity*. Stockholm. Zugriff am 20.03.2018. Verfügbar unter: <https://www.business-sweden.se/en/Invest/industries/Data-Centers-By-Sweden/news-and-downloads/publications/capturing-the-data-center-opportunity/>
- Beigang, A. & Clausen, J. (2017). *Elektromobilität in China. Fallstudie im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy*. Berlin: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit. Zugriff am 23.03.2017. Verfügbar unter: https://evolution2green.de/sites/evolution2green.de/files/documents/2017-03-e2g-fallstudie_emobilitaet_china_borderstep.pdf
- BMWi. (2018a). *Wirtschaftsmotor Mittelstand – Zahlen und Fakten zu den deutschen KMU*. Zugriff am 07.05.2018. Verfügbar unter: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Mittelstand/wirtschaftsmotor-mittelstand-zahlen-und-fakten-zu-den-deutschen-kmu.html>
- BMWi. (2018b). *Mittelstand-Digital – Strategien zur Digitalen Transformation der Unternehmensprozesse*. Zugriff am 07.05.2018. Verfügbar unter: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Mittelstand/mittelstand-digital.html>
- Borbe, A. (2013, November 5). *Google baut Rechenzentrum in Finnland aus*. *silicon.de*. Zugriff am 03.04.2018. Verfügbar unter: <https://www.silicon.de/41591421/google-baut-rechenzentrum-in-finnland-aus/>
- BSA. (2018). *2018 BSA Global Cloud Computing Scorecard*. Zugriff am 04.04.2018. Verfügbar unter: <http://cloudscorecard.bsa.org/2018/>
- Business Sweden. (2017). *Data Centers by Sweden*. Zugriff am 18.01.2018. Verfügbar unter: <https://www.business-sweden.se/en/Invest/industries/Data-Centers-By-Sweden/>
- CBRE. (2018, März 21). *Nachgefragte Leistung europäischer Rechenzentren übersteigt erneut 100 MW-Wert*.

- Zugriff am 04.04.2018. Verfügbar unter: <http://news.cbre.de/nachgefragte-leistung-europaischer-rechenzentren-ubersteigt-erneut-100-mw-wert>
- CBRE Global Corporate Services. (2017). European Data Centres Market Review. Q4 2016. London. Zugriff am 10.06.2017. Verfügbar unter: <https://www.cbre.de/de-de/research/European-Data-Centres-MarketView-Q4-2016>
- CDU, CSU und SPD. (2018). Ein neuer Aufbruch für Europa. Eine neue Dynamik für Deutschland. Ein neuer Zusammenhalt für unser Land. Berlin.
- Central Committee of the Communist Party of China. (2016). The 13th Five Year Plan for Economic and Social Development of the People's Republic of China (2016–2020). Peking. Zugriff am 14.02.2018. Verfügbar unter: <http://en.ndrc.gov.cn/newsrelease/201612/P020161207645765233498.pdf>
- Cisco. (2014). Cisco Global Cloud Index: Forecast and Methodology 2013–2018.
- Cisco. (2015). Cisco Global Cloud Index: Forecast and Methodology 2014–2019. Verfügbar unter: http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/global-cloud-index-gci/Cloud_Index_White_Paper.pdf
- Cisco. (2016). Cisco Global Cloud Index: Forecast and Methodology 2015–2020. Zugriff am 10.10.2017. Verfügbar unter: <https://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/service-provider/global-cloud-index-gci/white-paper-c11-738085.pdf>
- Cisco. (2017). VNI Forecast Highlights Tool. Visual Networking Index - Cisco (Forecast Highlights Tool). Zugriff am 27.09.2017. Verfügbar unter: https://www.cisco.com/c/m/en_us/solutions/service-provider/vni-forecast-highlights.html#
- Cisco. (2018). Cisco Global Cloud Index: Forecast and Methodology 2016–2021. Zugriff am 07.02.2018. Verfügbar unter: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/global-cloud-index-gci/white-paper-c11-738085.pdf>
- Copenhagen Economics. (2017). Finland's economic opportunities from data centre investments. Copenhagen Economics. Zugriff am 29.03.2018. Verfügbar unter: <https://www.copenhageneconomics.com/publications/publication/finlands-economic-opportunities-from-data-centre-investments>
- CTS Engtec. (2017). Why invest your data center in Finland?. Zugriff am 09.02.2018. Verfügbar unter: <http://www.koverhar.fi/wp-content/uploads/2017/11/DC-Why-invest-in-Finland-www-19.10.2017.pdf>
- Cushman & Wakefield. (2016). Data Center Risk Index. New York. Zugriff am 29.07.2016. Verfügbar unter: <http://www.cushmanwakefield.com/en/research-and-insight/2016/data-centre-risk-index-2016/>
- DCD Intelligence. (2013). Global Data Center Space 2013. Zugriff am 25.05.2014. Verfügbar unter: <http://www.datacenterdynamics.com/download?ac=9054>
- Deloitte Consulting. (2016). Dutch Digital Infrastructure 2016. Enabling the digital economy and society. Leidschendam: Stichting Digitale Infrastructuur. Zugriff am 14.02.2018. Verfügbar unter: <https://www.dinl.nl/wp-content/uploads/2016/11/17112016-Dutch-Digital-Infrastructure-Report-2016.pdf>
- Destatis. (2018). Wissenschaft, Technologie, digitale Gesellschaft – Schnelles Internet bei Unternehmen: Deutschland 2017 weiter im EU-Mittelfeld – Statistisches Bundesamt (Destatis). Zugriff am 03.04.2018. Verfügbar unter: <https://www.destatis.de/Europa/DE/Thema/Wissenschaft/Technologie/SchnellesInternet.html>

- Die Bundesregierung. (2014). Digitale Agenda 2014–2017. Berlin.
- eco & Arthur D. Little. (2015). Die deutsche Internetwirtschaft 2015–2019– Studie des eco – Verband der Internetwirtschaft. Studie. Köln, Wien. Zugriff am 24.04.2016. Verfügbar unter: https://www.eco.de/wp-content/blogs.dir/studie_internetwirtschaft_2015-2019.pdf
- eco – Verband der Internetwirtschaft e. V. & Arthur D. Little. (2017a). Studie von eco und ADL: Industrial-IoT-Umsätze wachsen bis 2022 jährlich rund 19 Prozent. eco. Zugriff am 07.05.2018. Verfügbar unter: <https://www.eco.de/presse/studie-von-eco-und-adl-industrial-iot-umsaetze-wachsen-bis-2022-jaehrlich-rund-19-prozent/>
- eco – Verband der Internetwirtschaft e.V. & Arthur D. Little. (2017b). Studie von eco und ADL: Smart-Home-Umsätze verdreifachen sich bis 2022 auf 4,3 Milliarden Euro. eco. Zugriff am 07.05.2018. Verfügbar unter: <https://www.eco.de/presse/studie-von-eco-und-adl-smart-home-umsaetze-verdreifachen-sich-bis-2022-auf-43-milliarden-euro/>
- Edelmann Insights. (2014). German Medium-Sized Businesses are world Champion of Trust. Edelmann Trust Barometer 2014 Germany Results. New York. Zugriff am 15.02.2018. Verfügbar unter: <https://de.slideshare.net/EdelmanDE/edelman-trust-barometer-2014-german>
- EITO/IDC. (2014). EITO Customized Report for Borderstep. Berlin: EITO/IDC.
- Erlösrechner Regelleistung. (o. D.). Demand Side Management Pilotprojekt Baden-Württemberg. Zugriff am 27.02.2018. Verfügbar unter: <http://www.dsm-bw.de/erlose-erzielen/markt-fuer-regelleistung/erloesrechner-regelleistung/>
- Eurostat. (2018). Share of electricity from renewable sources in gross electricity consumption 2004-2016. Luxemburg. Zugriff am 09.02.2018. Verfügbar unter: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Table_3-Share_of_electricity_from_renewable_sources_in_gross_electricity_consumption_2004-2016.png
- Finish Energy. (2018). Finland has second-highest share of renewables in Europe. Helsingki. Zugriff am 09.02.2018. Verfügbar unter: https://energia.fi/en/advocacy/energy_policy/renewable_energy
- FrankfurtRheinMain GmbH. (2016). Zehn Jahre FrankfurtRheinMain GmbH International Marketing of the Region. FrankfurtRheinMain GmbH.
- Frost & Sullivan. (2017). Asia-Pacific Data Center Service Providers, 2017. Mountain View CA. Zugriff am 14.02.2018. Verfügbar unter: <http://www.ntt.com/content/dam/nttcom/affiliate/cmn/pdf/resouces/analysis/2017frostiq.pdf>
- Giel, T. (2016, August 31). Kalte Nahwärmenetze. Gehalten auf der Kommunale Nahwärme – neue Konzepte und Ideen, Klagenmünster. Zugriff am 23.02.2018. Verfügbar unter: <https://www.i-suedpfalz-energie.de/berichte/berichte-2016/>
- Graumann, S., Bertschek, I., Weber, T., Ebert, M., Weinzierl, M., Ohnemus, J. et al. (2017). Monitoring-Report Wirtschaft DIGITAL 2017. Berlin. Zugriff am 10.01.2018. Verfügbar unter: http://www.de.digital/DIGITAL/Redaktion/DE/Publikation/monitoring-report-wirtschaft-digital-2017.pdf?__blob=publicationFile&v=8
- Gröger, J. & Köhn, M. (2016). Leitfaden zur umweltfreundlichen öffentlichen Beschaffung: Produkte und Dienstleistungen für Rechenzentren und Serverräume. Umweltbundesamt. Zugriff am 04.03.2018. Verfügbar unter: <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/leitfaden-zur-umweltfreundlichen-oeffentlichen-14>

- Hannoversche Allgemeine Zeitung. (2018, Februar 14). Bitcoin: Island befürchtet Strommangel.
- Hessische Landesregierung. (2016). Strategie Digitales Hessen. Intelligent. Vernetzt. Für alle. Wiesbaden. Zugriff am 21.03.2018. Verfügbar unter: https://www.digitalstrategie-hessen.de/img/Digitalstrategie_Hessen_2016_ver1.pdf
- Hintemann, R. (2015a). Deutliches Wachstum bei deutschen Rechenzentren – Update 2015. Studie zur Entwicklung von Rechenzentren im Jahr 2015. Berlin: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit. Verfügbar unter: http://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2015/01/Borderstep_Rechenzentren_2015_Stand_16_12_2015.pdf
- Hintemann, R. (2015b). Energieverbrauch von Rechenzentren steigt 2014 wieder an. Future Thinking Journal, (1).
- Hintemann, R. (2017a). Trotz verbesserter Energieeffizienz steigt der Energiebedarf der deutschen Rechenzentren im Jahr 2016. Berlin: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit. Verfügbar unter: https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2017/03/Borderstep_Rechenzentren_2016.pdf
- Hintemann, R. (2017b). Rechenzentren in Deutschland: Eine Studie zur Darstellung der wirtschaftlichen Bedeutung und der Wettbewerbssituation. Update 2017. Berlin: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit. Zugriff am 03.01.2018. Verfügbar unter: <https://www.bitkom.org/noindex/Publikationen/2017/Studien/2017/Kurzstudie-RZ-Markt-Bitkom-final-20-11-2017.pdf>
- Hintemann, R. (2017c). Energieeffizienz und Rechenzentren in Deutschland – weltweit führend oder längst abgehängt?. Berlin: Netzwerk energieeffiziente Rechenzentren – NeRZ. Zugriff am 25.10.2017. Verfügbar unter: <https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2017/07/NeRZ-Studie-Rechenzentrumsmarkt-30-06-2017.pdf>
- Hintemann, R., Beucker, S., Clausen, J., Stobbe, L., Proske, M. & Nissen, N. F. (2016). Energy efficiency of data centers – A system-oriented analysis of current development trends. EGG 2016+ Proceedings. Gehalten auf der Electronic Goes Green 2016+, Berlin: Fraunhofer IZM.
- Hintemann, R. & Clausen, J. (2014). Rechenzentren in Deutschland: Eine Studie zur Darstellung der wirtschaftlichen Bedeutung und Wettbewerbssituation. Studie im Auftrag des Bundesverbandes Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. (BITKOM). Berlin. Verfügbar unter: <https://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Rechenzentren-in-Deutschland-Wirtschaftliche-Bedeutung-und-Wettbewerbssituation.html>
- Howard-Healy, M. (2018). Co-location Market Quarterly (CMQ) brief – Vortrag auf dem BroadGroup's Knowledge Brunch in Frankfurt. Broadgroup.
- IMD. (2017). World Digital Competitiveness Ranking 2017. Lausanne, Singapore. Zugriff am 21.10.2017. Verfügbar unter: <https://www.imd.org/wcc/world-competitiveness-center-rankings/world-digital-competitiveness-rankings-2017/>
- it-daily. (2018, Januar 16). Cloud Data Security Studie: Große Unterschiede im Ländervergleich. it-daily.net. Zugriff am 07.05.2018. Verfügbar unter: <https://www.it-daily.net/analysen/17708-cloud-data-security-studie-grosse-unterschiede-im-laendervergleich>
- Kallenbach, C. (2017, Februar 2). Datentreiber Connected Car : Das Auto - Dein Freund und Helfer. Zugriff am 22.03.2018. Verfügbar unter: <https://www.computerwoche.de/a/das-auto-dein-freund-und-helfer,3329638>
- Kolkmann, T. (2016, April 22). Android-Spiele ohne WLAN: So findet ihr die Always-Off-Titel im Play Store. GIGA. Zugriff am 28.03.2018. Verfügbar unter: <https://www.giga.de/apps/play-store/specials/android-spiele-ohne-wlan-so-findet-ihr-die-always-off-titel-im-play-store/>

- Koomey, J. G., Berard, S., Sanchez, M. & Wong, H. (2011). Implications of historical trends in the electrical efficiency of computing. *Annals of the History of Computing, IEEE*, 33 (3), 46–54.
- KPCB. (2017). Internet Trends 2017. Zugriff am 26.02.2018. Verfügbar unter: <http://www.kpcb.com/internet-trends>
- KPMG & Bitkom. (2016). Cloud-Monitor 2016. Zugriff am 24.04.2016. Verfügbar unter: <http://hub.klardenker.kpmg.de/hubfs/kpmg-cloud-monitor-2016.pdf?submissionGuid=bb0e07a9-dd41-44ca-8bbb-6cf7051880e2>
- KPMG & Bitkom. (2017). Cloud-Monitor 2017. Zugriff am 28.11.2017. Verfügbar unter: <http://hub.klardenker.kpmg.de/hubfs/kpmg-cloud-monitor-2016.pdf?submissionGuid=bb0e07a9-dd41-44ca-8bbb-6cf7051880e2>
- Kroker, M. (2016, Juni 29). Deutscher Mittelstand holt bei Cloud-Nutzung auf – aber 10 Prozentpunkte unter Durchschnitt | Kroker's Look @ IT. Zugriff am 30.03.2018. Verfügbar unter: <http://blog.wiwo.de/look-at-it/2016/06/29/deutscher-mittelstand-holt-bei-cloud-nutzung-auf-aber-11-prozentpunkte-unter-durchschnitt/>
- Kroker, M. (2018, März 13). Microsoft eröffnet zwei Cloud-Rechenzentren in Deutschland. Zugriff am 03.04.2018. Verfügbar unter: <https://www.wiwo.de/unternehmen/it/dreistelliges-millionen-investment-microsoft-eroeffnet-zwei-cloud-rechenzentren-in-deutschland/21061858.html>
- McKinsey. (2017). Die Digitalisierung des deutschen Mittelstands. Düsseldorf. Zugriff am 16.02.2018. Verfügbar unter: https://www.mckinsey.de/files/mckinsey_digitalisierung_deutscher_mittelstand.pdf
- Melanchthon, D. (2011, Juli 21). Die Microsoft Rechenzentren. Basis für den Erfolg in der Wolke. Zugriff am 02.02.2014. Verfügbar unter: http://techday.blob.core.windows.net/techsummitcloud/TechSummit_2011_-_Die_Microsoft_Rechenzentren.pdf
- Müller, D. & Karlstetter, F. (2018, April 10). Deutsche Clouds sind sicher – aber auch sicher genug? Zugriff am 07.05.2018. Verfügbar unter: <https://www.cloudcomputing-insider.de/deutsche-clouds-sind-sicher-aber-auch-sicher-genug-a-701189/>
- Newzoo. (2017). Newzoo Global Games Market Report 2017 | Light Version. Amsterdam. Zugriff am 28.03.2018. Verfügbar unter: <https://newzoo.com/insights/trend-reports/newzoo-global-games-market-report-2017-light-version/>
- Ostler, U. (2018, Januar 24). Norwegen holt bei der Datacenter-Ansiedlung auf. Zugriff am 31.01.2018. Verfügbar unter: <https://www.datacenter-insider.de/norwegen-holt-bei-der-datacenter-ansiedlung-auf-a-679373/>
- Petursson, B. (2014). Renewable Energy Sources in Iceland. Reykjavik: National Energy Authority. Zugriff am 13.2.2018. Verfügbar unter: http://archiwum.mos.gov.pl/g2/big/2014_10/90cef593bbb14e8f55ac891dad96166b.pdf
- PricewaterhouseCoopers. (2017). Surfing the data wave. The surge in Asia Pacific's data centre market. Singapur. Zugriff am 14.02.2018. Verfügbar unter: <https://www.pwc.com/sg/en/publications/assets/surfing-the-data-wave.pdf>
- Prognos AG. (2017). Digitalisierung als Rahmenbedingung für Wachstum. München: Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V. (Hrsg.). Zugriff am 16.02.2018. Verfügbar unter: https://www.vbw-bayern.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Volkswirtschaft/2017/Downloads/Studie-Digitalisierung-als-Rahmenbedingung-f%C3%BCr-Wachstum_2017.pdf
- Prognos, EWI & GWS. (2010). Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung Projekt Nr.

- 12/10. Basel/Köln/Osnabrück. Zugriff am 02.03.2016. Verfügbar unter: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/Studien/studie-energieszenarien-fuer-ein-energiekonzept,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>
- Quandt, R. (2014, September 23). Google baut neues Rechenzentrum in Holland für 600 Mio. Euro. [www.winfuture.de](http://winfuture.de). Zugriff am 20.10.2014. Verfügbar unter: <http://winfuture.de/news,83744.html>
- Regionplan Agder 2020. (2016). Green Data Center Agder Strategy. Appendix 1. Kristiansand. Zugriff am 09.02.2018. Verfügbar unter: <http://www.regionplanagder.no/media/6199640/Appendix-1-%E2%80%93-Background-information-and-analysis-Groenne-datasentre-Agder.pdf>
- Research in Action. (2016). Der Weg in die Cloud führt durch ein Colocation-Rechenzentrum. Hartenfels. Zugriff am 22.02.2018. Verfügbar unter: <http://www.researchinaction.de/images/pdf/White%20Paper%20Colocation.pdf>
- Reveman, S. & Ostler, U. (2016, Dezember 7). Die Energie in deutschen Datacenter verpufft zu 100 % – Rechenzentren jagen das Geld zum Fenster raus. DataCenter Insider. Zugriff am 12.07.2016. Verfügbar unter: <http://www.datacenter-insider.de/die-energie-in-deutschen-datacenter-verpufft-zu-100-a-541729/>
- Robinson, N., Valeri, L., Cave, J., Starkey, T. & Graux, H. (2011). The Cloud. Understanding the Security, Privacy and Trust Challenges. Cambridge UK. Zugriff am 15.02.2018. Verfügbar unter: https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/technical_reports/2011/RAND_TR933.pdf
- Rohman, I. (2016). 10 Jahre FrankfurtRheinMain GmbH International Marketing of the Region. Seit Gründung 800 ausländische Unternehmen angesiedelt. Frankfurt Live Online.
- Russ, C., Marek, M. & Platt, M. (2009). Wärmepumpen im Gebäudebestand. IKZ Gebäude- und Energietechnik.
- Sawall, A. (2014, September 23). Eemshaven: Google baut riesiges Rechenzentrum in Europa – Golem.de. Zugriff am 03.04.2018. Verfügbar unter: <https://www.golem.de/news/google-baut-riesiges-rechenzentrum-in-europa-1409-109402.html>
- Schindler, M. (2018, März 13). Microsoft will eigene Rechenzentren in Deutschland. ZDNet.de. Zugriff am 03.04.2018. Verfügbar unter: <https://www.zdnet.de/88328337/microsoft-will-eigene-rechenzentren-in-deutschland/>
- Schulz, K. (2017). Global competition in the datacenter industry – why Denmark has a strong competitive position. Kopenhagen. Zugriff am 09.02.2018. Verfügbar unter: <http://datacenterindustrien.dk/wp-content/uploads/Invest-in-Denmark-Kim-Schultz.pdf>
- Schulze, U. (2017). Kurz erklärt: Edge Computing. iX, (3).
- Statistics Norway. (2018). Electricity. Oslo. Zugriff am 14.02.2018. Verfügbar unter: <https://www.ssb.no/en/elektrisitet>
- Statistisches Bundesamt. (2018). Strukturdaten der Wirtschaftsbereiche. Wiesbaden. Zugriff am 16.02.2018. Verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/IndustrieVerarbeitendesGewerbe/IndustrieVerarbeitendesGewerbe.html>
- Stobbe, L., Hintemann, R., Proske, M., Clausen, J., Zedel, H. & Beucker, S. (2015). Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland – Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Berlin: Fraunhofer IZM und Borderstep Institut. Verfügbar unter: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/E/entwicklung-des-ikt-bedingten-strombedarfs-in-deutschland-abschlussbericht,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>

- Stobbe, L., Nissen, N., Proske, M., Middendorf, A., Schlomann, B., Friedewald, M. et al. (2009). Abschätzung des Energiebedarfs der weiteren Entwicklung der Informationsgesellschaft. Abschlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie No. D 4 – 02 08 15 – 43/08. (S. 164). Berlin, Karlsruhe: Fraunhofer IZM.
- Stone, P., Brooks, R., Brynjolfsson, E., Calo, R., Etzioni, O., Hager, G. et al. (2016). Artificial intelligence and life in 2030. One Hundred Year Study on Artificial Intelligence: Report of the 2015–2016 Study Panel.
- Swedish Energy Agency. (2017). Continued electricity surplus and export for 2016. Stockholm. Zugriff am 14.02.2018. Verfügbar unter: <http://www.energimyndigheten.se/en/news/2017/continued-electricity-surplus-and-export-for-2016/>
- Tasmanian Government. (2015). Data Center Action Strategy. Launceston. Zugriff am 09.02.2018. Verfügbar unter: http://cg.tas.gov.au/__data/assets/pdf_file/0005/128579/Data_Centre_Action_Strategy.pdf
- Troms AS. (2018). Norway – powered by nature!. Tromsø. Zugriff am 02.09.2018. Verfügbar unter: <https://www.dcit.no/low-electricity-cost>
- Umweltbundesamt. (2018). Entwicklung des Stromverbrauchs nach Sektoren. Dessau-Roßlau. Zugriff am 27.03.2018. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/2_abb_entw-stromverbrauch_2018-02-14.png
- US Department of Energy. (2015). The Emerging Chinese Market for Energy Efficient Data Centers. Zugriff am 14.02.2018. Verfügbar unter: <https://datacenters.lbl.gov/sites/all/files/China%20Data%20Center%20EE%20Opportunities%2020150519.pdf>
- Velten, C. & Özdem, A. (2016). Disruption im Datacenter. IT-Management im Kontext der digitalen Transformation. Kassel. Zugriff am 19.02.2018. Verfügbar unter: <https://www.crisp-research.com/publication/disruption-im-datacenter/>
- Wahlroos, M., Pärssinen, M., Manner, J. & Syri, S. (2017). Utilizing data center waste heat in district heating – Impacts on energy efficiency and prospects for low-temperature district heating networks. *Energy*, 140, 1228–1238. doi:10.1016/j.energy.2017.08.078
- Wahlroos, M., Pärssinen, M., Rinne, S., Syri, S. & Manner, J. (2018). Future views on waste heat utilization – Case of data centers in Northern Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 1749–1764. doi:10.1016/j.rser.2017.10.058
- Windeck, C. (2013). Facebook nimmt schwedisches Rechenzentrum in Betrieb. heise online. Zugriff am 02.02.2014. Verfügbar unter: <http://www.heise.de/ix/meldung/Facebook-nimmt-schwedisches-Rechenzentrum-in-Betrieb-1886765.html>
- Zweck, A., Holtmannspötter, D., Braun, M., Erdmann, L., Hirt, M. & Kimpeler, S. (2015). Geschichten aus der Zukunft – Ergebnisband 3 zur Suchphase von BMBF-Foresight Zyklus II. Düsseldorf. Zugriff am 5.8.2015. Verfügbar unter: http://www.vditz.de/fileadmin/media/VDI_Band_102_C1.pdf
- Zweck, A., Holtmannspötter, D., Braun, M., Hirt, M., Kimpeler, S. & Warnke, P. (2015). Gesellschaftliche Veränderungen 2030 – Ergebnisband 1 zur Suchphase von BMBF-Foresight Zyklus II. Düsseldorf. Zugriff am 05.08.2015. Verfügbar unter: http://www.vditz.de/fileadmin/media/VDI_Band_100_C1.pdf

eco – Verband der
Internetwirtschaft e. V.

Französische Straße 48
10117 Berlin

info@digitale-infrastrukturen.net

030 – 20 21 567-0

030 – 20 21 567-19

digitale-infrastrukturen.net



UNTERSTÜTZER



e-shelter



interxion

