

Rechenzentren in der Schweiz - Energieeffizienz: Stromverbrauch und Effizienzpotenzial

Basel, August 2014



AMSTEIN + WALTHERT



IWSB
BASEL

Zusammenfassung

In den vergangenen Jahren sind in der Schweiz zahlreiche hochmoderne und teils sehr grosse Rechenzentren gebaut worden. Ursache dieses Rechenzentren-Booms ist das anhaltend hohe Wachstum der Datenmengen, die gespeichert und verarbeitet werden. Die Verfügbarkeit der Rechenzentren ist für viele Unternehmen von unternehmenskritischer Bedeutung. Zusammen mit den Netzen für den Datentransport übernehmen die Rechenzentren eine Infrastrukturaufgabe von hoher volkswirtschaftlicher Bedeutung.

Angesichts ihrer Bedeutung ist der Kenntnisstand über die Rechenzentren in der Schweiz relativ gering. Die Struktur der Rechenzentren-Landschaft ist weitgehend unbekannt. Entsprechend fehlen bisher auch fundierte Schätzungen über den Energieverbrauch der Rechenzentren. Unbestritten ist, dass zur Erreichung der nachfrageseitigen Ziele der Energiestrategie 2050 auch die Rechenzentren einen Beitrag werden leisten können und müssen. Das Potenzial zur Stromeinsparung in den Rechenzentren ist bislang aber nie abgeschätzt worden. Die vorliegende Studie nimmt sich diesem Themenkomplex an.

Begriffliche Abgrenzung

Dieser Studie liegt die folgende Definition des Begriffs „Rechenzentrum“ zugrunde: Unter einem Rechenzentrum ist ein Gebäude bzw. sind Räumlichkeiten zu verstehen, in denen die zentrale Rechentechnik (Server, aber auch die zum Betrieb notwendige Infrastruktur) einer oder mehrerer Firmen oder Organisationen untergebracht sind. Dabei muss es sich zumindest um einen eigenständigen Raum mit sicherer Stromversorgung und Klimatisierung handeln (Definition gemäss Fichter, 2007).

Rechenzentren-Landschaft Schweiz

Gemäss vorliegenden Informationen kann davon ausgegangen werden, dass die Gesamtfläche der Rechenzentren in der Schweiz im Jahr 2013 rund 235'000 m² beträgt. Mit 85'000 m² entfällt davon etwas mehr als ein Drittel auf die internen (d.h. in eigenen Räumlichkeiten und in Eigenregie betriebenen) Rechenzentren von Unternehmen und Organisationen. Die Gesamtzahl der internen Rechenzentren beträgt knapp 1'300, darunter rund 1'000 kleine Lokationen mit 11-50 Servern. Die Gesamtfläche der Rechenzentren von kommerziellen Anbietern (sog. Drittanbietern) beträgt 150'000 m². Dieser Markt weist seit einigen Jahren eine hohe Dynamik mit Wachstumsraten im zweistelligen Prozentbereich auf. Er wird dominiert von einem guten Dutzend grosser Anbieter.

Gesamtstromverbrauch

Die Ermittlung des Stromverbrauchs der Rechenzentren erfordert Schätzungen des IT-Stromverbrauchs pro m² sowie der Energieeffizienz der betriebenen Infrastruktur. Letztere wird über die sog. Power Usage Effectiveness (PUE), eine mittlerweile ge-

bräuchliche Messzahl für die Energieeffizienz in Rechenzentren gemessen. Der PUE-Wert eines Rechenzentrums entspricht dem Gesamtstromverbrauch eines Rechenzentrums dividiert durch den IT-Stromverbrauch. Ein (theoretischer) PUE-Wert von 1.0 impliziert 100% Effizienz auf der Ebene Infrastruktur. Je nach Kategorie werden Werte zwischen 1.4 (moderne, grosse Rechenzentren) und 2.1 (kleine Einrichtungen) unterstellt. Betreffend spezifische IT-Leistung werden acht unterschiedliche Szenarien unterstellt, ebenfalls abgestuft nach unterschiedlichen Kategorien.

Der Stromverbrauch der Rechenzentren beträgt im Jahr 2013 rund 1'661 GWh (Median) oder 2.8% des Gesamtstromverbrauchs in der Schweiz. Je nach Szenario resultieren Werte zwischen 1'396 GWh und 1'926 GWh.

Einsparpotenzial

Es gibt verschiedene bauliche, betriebliche und technische Ansatzpunkte für Effizienzsteigerungen in Rechenzentren, die heute noch nicht umfassend genutzt werden. Auf Basis von praktischen Erfahrungen von A+W kann näherungsweise davon ausgegangen werden, dass sich durch Effizienzmassnahmen im Bereich der Infrastruktur in allen Rechenzentren ein PUE-Wert von 1.35 erreichen lässt. Unter Annahme eines PUE-Werts von 1.35 in sämtlichen Lokationen ergibt sich ein hypothetischer Stromverbrauch von 1'381 GWh (Median). Das jährliche Einsparpotenzial beträgt demzufolge rund 280 GWh. Das entspricht 17% des heutigen Gesamtstromverbrauchs der Rechenzentren.

Plausibilisierung der Ergebnisse

Studien zum Energieverbrauch der Rechenzentren in anderen Ländern liegen nur in geringer Zahl vor. Zur Plausibilisierung der für die Schweiz ermittelten Werte ist v.a. der Vergleich mit Ergebnissen aus Deutschland wertvoll. Eine aktuelle Studie ermittelt für Deutschland einen Stromverbrauch der Rechenzentren im Jahr 2012 von 9.4 TWh. Dieser Wert ist 5.7 mal höher als der hier für die Schweiz im Jahr 2013 ermittelte Wert von 1.66 TWh. Unter der realistischen Annahme, dass zwischen der Wirtschaftsleistung eines Landes und der Zahl der Rechenzentren enger Zusammenhang besteht, scheint der für die Schweiz ermittelte Wert plausibel.

Folgerungen und Empfehlungen

Das vorliegende Gutachten zeigt, dass der Stromverbrauch der Rechenzentren in der Schweiz hoch ist und dass auf Ebene Infrastruktur ein beträchtliches Effizienzpotenzial brachliegt – dies trotz eines unbestrittenen autonomen Trends hin zu besserer Energieeffizienz. Das Gutachten äussert sich nicht zur Frage, welche Massnahmen zur Förderung der Energieeffizienz zu ergreifen sind. Angesichts der Heterogenität der Einrichtungen wird empfohlen, klare Zielgruppen festzulegen und spezifische Massnahmenkataloge zu erarbeiten. Im Zuge einer Vertiefung der Arbeiten würde es sich anbieten, auch den IT-Stromverbrauch in die Analyse einzubeziehen.

Autoren:

Adrian Altenburger

Amstein + Walthert

adrian.altenburger@amstein-walthert.ch

Dominik Hauri

Institut für Wirtschaftsstudien Basel

dominik.hauri@iwsb.ch

Ganbayar Puntsagdash

Amstein + Walthert

ganbayar.puntsagdash@amstein-walthert.ch

Sebastian Deininger

Institut für Wirtschaftsstudien Basel

sebastian.deininger@iwsb.ch

Dieses Gutachten wurde im Auftrag von asut und des Bundesamtes für Energie BFE erstellt.



AMSTEIN + WALTHERT

IWSB - Institut für Wirtschaftsstudien Basel AG

Steinenvorstadt 79

CH-4051 Basel

www.iwsb.ch

Inhalt

1. Einleitung	6
2. Begriffsklärung	7
3. Rechenzentren-Landschaft Schweiz.....	9
3.1. Interne Rechenzentren	10
3.2. Drittanbieter.....	12
3.3. Gesamtbetrachtung.....	14
4. Ermittlung des Stromverbrauchs.....	15
4.1. Spezifische IT-Leistung.....	15
4.2. Power Usage Effectiveness.....	19
4.3. Jahresverbrauch	20
5. Einsparpotenzial.....	21
6. Plausibilisierung der Ergebnisse	23
7. Folgerungen und Handlungsempfehlungen	24
Quellenverzeichnis	27
Anhang	28

1. Einleitung

In den vergangenen Jahren sind in der Schweiz zahlreiche hochmoderne und teils sehr grosse Rechenzentren gebaut worden, die in Berichte über einen „Boom der Rechenzentren“ hervorgerufen haben. Die Entwicklung ist Ausdruck der unaufhaltsam voranschreitenden Digitalisierung von Geschäftsprozessen und -modellen aller Art, in deren Zuge sich die globale Datenmenge etwa alle zwei Jahre verdoppelt. Längst nehmen die Rechenzentren zusammen mit den entsprechenden Netzen für den Datentransport eine Infrastrukturaufgabe von hoher volkswirtschaftlicher Bedeutung wahr. Zahlreiche Unternehmen wären heute nicht mehr in der Lage, einen längeren Ausfall ihres Rechenzentrums bzw. ihrer Rechenzentren zu verkraften.

Angesichts ihrer Bedeutung ist der Kenntnisstand über die Rechenzentren in der Schweiz noch relativ gering. Fragt man Branchenexperten bspw. nach der Anzahl der Rechenzentren in der Schweiz, erhält man stark divergierende Antworten, was nicht nur auf die schwierige Abgrenzung des Begriffs „Rechenzentrum“ zurückzuführen ist. Ebenfalls unklar – und gewissermassen eine logische Konsequenz der fehlenden Übersicht über die Rechenzentren-Landschaft Schweiz – ist die Frage des Stromverbrauchs der Rechenzentren. Es gibt triftige Gründe zur Annahme, dass der Anteil des Stromverbrauchs der Rechenzentren am Gesamtstromverbrauch der Volkswirtschaft in der Schweiz grösser ist als in vielen anderen Ländern: Zum einen verfügt die Schweiz über eine Wirtschaftskraft und -struktur, die einen grossen Bedarf an Rechenzentren erwarten lassen. Zum anderen weisen diverse Studien und Analysen darauf hin, dass die Schweiz in jenem Segment des kommerziellen Rechenzentren-Marktes, das von internationalem Wettbewerb geprägt ist, über wettbewerbsfähige Rahmenbedingungen verfügt. Vor dem Hintergrund der Energiestrategie 2050 stellt sich die Frage, welches Potenzial zur Energieeinsparung durch Massnahmen zur Steigerung der Effizienz von Rechenzentren in der Schweiz gegeben ist.

Diese Studie versucht, die angesprochenen Fragen zu beantworten. Kapitel 2 legt dazu den Grundstein, indem eine einleitende Begriffsklärung vorgenommen wird. In Kapitel 3 wird die Rechenzentren-Landschaft Schweiz auf Basis von unterschiedlichen Datenquellen dargestellt. Kapitel 4 nimmt eine Schätzung des Stromverbrauchs der Rechenzentren in der Schweiz vor, ehe in Kapitel 5 das durch Massnahmen im Bereich der Rechenzentren-Infrastruktur technisch weitgehend problemlos realisierbare Einsparpotenzial beziffert wird. In Kapitel 6 werden die Ergebnisse auf Basis von ausländischen Studien plausibilisiert. Abschliessend werden die Folgerungen gezogen (Kapitel 7).

2. Begriffsklärung

Die Ermittlung des Stromverbrauchs der Rechenzentren setzt ein einheitliches Verständnis des Begriffs „Rechenzentrum“ voraus. Trotz der hohen Bedeutung von Rechenzentren bzw. der IT für Wirtschaft und Behörden hat sich bis heute keine eindeutige Definition etabliert. Das Gabler Wirtschaftslexikon bspw. beschreibt das Rechenzentrum relativ offen als eine „organisatorische Einheit, die Rechen- und Serviceleistungen zentralisiert anbietet und über leistungsfähige Computersysteme und Softwaresysteme verfügt“.¹ Je nach Zweck des jeweiligen Untersuchungsgegenstandes werden in Studien unterschiedliche Mindestanforderungen an Rechenzentren gestellt.

Die fehlende Begriffsschärfe ist einerseits auf die Komplexität und Heterogenität der Einrichtungen zurückzuführen, die zumindest im weitesten Sinne als Rechenzentren begriffen werden können. Andererseits ist auch zu berücksichtigen, dass sich die Rolle der Rechenzentren in den vergangenen Jahrzehnten im Zuge des rasanten technischen Fortschritts in der IT mehrfach gewandelt hat.

Die ersten „Rechenzentren“ entstanden in den 1950er Jahren und dienten dazu, einfache und repetitive Tätigkeiten durchzuführen. Es handelte sich dabei um Grosscomputer, die nicht zuletzt aufgrund des Lärms, den sie verursachten, häufig in separaten Räumen untergebracht wurden. Mit dem Aufkommen von immer leistungsstärkeren PCs in den 1980er Jahren erfolgte eine Dezentralisierung der Datenverarbeitung. In diesem Zusammenhang ergaben sich neue Herausforderungen auf der Ebene des Informationsmanagements (Organisation, Schutz der Daten etc.). Relativ bald etablierten sich Client-Server-Netzwerke, in denen mehrere Computer – „Clients“ – auf den Service eines einzelnen Computers – den „Server“ – zugreifen. Die Server wurden zunehmend in spezialisierten Räumen oder Gebäuden untergebracht, den Rechenzentren. Mit voranschreitender Digitalisierung mussten die Rechenzentren immer mehr Daten speichern und verarbeiten und erlangten endgültig eine unternehmenskritische Funktion. Durch die stark verbesserte Datenverkehrsinfrastruktur hat derweil die geografische Nähe des Rechenzentrums zu den Nutzern der Daten an Relevanz eingebüsst. Die heute gegebene Möglichkeit des Bezuges von Server-Diensten aus dem Internet (Cloud Computing) ist Ausdruck des anhaltenden Wandels und hat zur Entstehung von riesigen Rechenzentren in früher kaum denkbaren Dimensionen beigetragen.

Die Vielfalt der Lokationen ist gross. Bei der Errichtung eines Rechenzentrums werden stets die konkreten Bedürfnisse des jeweiligen Betreibers berücksichtigt. Diese können sich je nach Branche, Grösse des Unternehmens, geografischer Lage des Rechenzentrums etc. stark unterscheiden. Unterschiede ergeben sich nicht nur hinsichtlich des

¹ Vgl. <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/rechenzentrum.html> (letzter Zugriff: 20.06.2014)

Platzbedarfs, sondern bezüglich vieler anderer Aspekte wie z.B. der geforderten Ausfallsicherheit oder des Schutzes vor unbefugtem Zutritt.

Je nach unterstellter Typologie (Abgrenzung nach Grösse, nach Verfügbarkeit, nach Art des Betreibers oder nach Zweck des Rechenzentrums) ergibt sich dabei ein unterschiedliches Bild der Rechenzentren-Landschaft.² Für die vorliegende Untersuchung müssen insbesondere zwei Fragen geklärt werden. Erstens: Ab welcher Grösse der Einrichtung ist von einem Rechenzentrum zu sprechen? Reicht hierzu das Vorhandensein von einigen Servern in einem Büro oder ist bspw. ein separates, spezialisiertes Gebäude als zwingende Voraussetzung zu erachten? Und zweitens: Welche Kriterien sind an die vorhandene Infrastruktur zu stellen?

In den vergangenen zehn Jahren – seit der Energieverbrauch der Rechenzentren unter dem Schlagwort „Green IT“ zu einem vieldiskutierten Thema geworden ist – hat auch das Interesse der Forschung an den Rechenzentren (oder engl.: „Data Centres“) deutlich zugenommen.³ Tabelle 1 zeigt das Spektrum der unterschiedlichen Typen von „Rechenzentren“ im weitesten Sinne nach Grösse der Einrichtungen gegliedert auf. Gemäss dieser auf Bailey et al. (2006) zurückgehenden und häufig zitierten Typologie lassen sich fünf verschiedene Typen unterscheiden: Serverschränke, Serverräume sowie kleine, mittlere und grosse Rechenzentren.

Rechenzentrumstyp	Typische Grösse	Typische IT-Ausstattung
Serverschrank („Server closet“)	<200 ft ² (ca. 18.6 m ²)	<ul style="list-style-type: none"> • 1-2 Server • Keine externen Speichersysteme
Serverraum („Server room“)	<500 ft ² (ca. 46.5 m ²)	<ul style="list-style-type: none"> • Wenige bis Dutzende von Servern • Keine externen Speichersysteme
Kleines Rechenzentrum („localized data center“)	<1'000 ft ² (ca. 92.9 m ²)	<ul style="list-style-type: none"> • Dutzende bis hunderte Server • Mässige Nutzung von externen Speichersystemen
Mittleres Rechenzentrum (mid-tier data center“)	<5'000 ft ² (ca. 464.5 m ²)	<ul style="list-style-type: none"> • Hunderte von Servern • Intensive Nutzung von externen Speichersystemen
Grosses Rechenzentrum („enterprise-class data center“)	>5'000 ft ² (ca. 464.5 m ²)	<ul style="list-style-type: none"> • Hunderte bis tausende von Servern • Intensive Nutzung von externen Speichersystemen

Tabelle 1: Typen von Rechenzentren nach Bailey et al. (2006).

² Für einen Überblick über unterschiedliche Typologien vgl. Hintemann und Fichter (2010) und die dort zitierte Literatur.

³ Vgl. hierzu z.B. Aebischer (2009).

Dieser Studie soll die von Fichter (2007) vorgeschlagene Definition des Rechenzentrums zugrunde gelegt werden:

Mit „Rechenzentrum“ soll hier ein Gebäude bzw. sollen hier Räumlichkeiten bezeichnet werden, in denen die zentrale Rechentechnik (Server, aber auch die zum Betrieb notwendige Infrastruktur) einer oder mehrerer Firmen oder Organisationen untergebracht sind. Dabei muss es sich zumindest um einen eigenständigen Raum mit sicherer Stromversorgung und Klimatisierung handeln.

Dieser Definition folgend sind einzelne Serverschränke also nicht als Rechenzentren im eigentlichen Sinne zu erachten. Das deckt sich mit dem Zweck dieser Studie, die ja neben der Ermittlung des Stromverbrauchs die Abschätzung des Effizienzpotenzials in Rechenzentren durch Massnahmen im Bereich der Infrastruktur zum Ziel hat. Bei Serverräumen sind neben dem Kriterium des eigenständigen Raumes erfahrungsgemäss in den meisten Fällen auch die weiteren Voraussetzungen wie sichere Stromversorgung und Klimatisierung erfüllt. Serverräume werden deshalb nachfolgend als Rechenzentren aufgefasst. Die Bandbreite unterschiedlicher Typen von Rechenzentren bleibt auch bei dieser Abgrenzung gross und reicht von einfachen Serverräumen mit vielleicht nur 10 m² Fläche bis hin zu hochmodernen und spezialisierten Gebäuden mit redundanter Infrastruktur und mehrfacher Zutrittskontrolle.

Allerdings liegt in der Schweiz – wie wohl in den meisten Ländern – keine Statistik vor, die über die Zahl der Serverräume Auskunft gibt. Man kann sich dieser Zahl aber über die verfügbaren Angaben bezüglich der in den Unternehmen installierten physikalischen Server annähern. In Rücksprache mit Experten wurde festgelegt, dass im Rahmen dieser Studie jedes „Server-Cluster“ in einem Unternehmen mit mehr als zehn Servern als Rechenzentrum aufgefasst wird. Verfügt ein Unternehmen über mehr als zehn Server, ist die Wahrscheinlichkeit gross, dass diese in einem Serverraum oder – je nach Anzahl – in einem grösseren Rechenzentrum zusammengefasst sind und dort eine entsprechende Infrastruktur vorhanden ist.

3. Rechenzentren-Landschaft Schweiz

Ausgehend von dieser Abgrenzung lässt sich die Rechenzentren-Landschaft Schweiz grob in zwei Kategorien unterteilen: Einerseits gibt es die klassischen internen Rechenzentren (auch „in-house“-Rechenzentren genannt), also Rechenzentren, die von den Unternehmen in eigenen Räumlichkeiten zu eigenen Zwecken betrieben werden. Andererseits gibt es eine wachsende Anzahl von spezialisierten Anbietern, für die das Betreiben von Rechenzentren das betriebliche Kerngeschäft darstellt. Man spricht bei diesen kommerziellen Betreibern von „third party providers“ bzw. Drittanbietern.

3.1. Interne Rechenzentren

Die Daten zur Erfassung der internen Rechenzentren stammen aus der ICT-Datenbank von Profondia, die auf regelmässigen telefonischen Interviews mit den 11'000 grössten Schweizer Unternehmen und Organisationen basiert.⁴ Befragt werden ausschliesslich Unternehmen und Organisationen, die in der Schweiz mehr als 30 Mitarbeiter beschäftigen und mindestens 10 PCs haben. Damit dürfte eine sehr gute Datengrundlage für die Ermittlung der Zahl der internen Rechenzentren gegeben sein. Gemäss der Statistik zur Struktur der Schweizer Unternehmenslandschaft des Bundesamtes für Statistik gab es 2011 in der Schweiz (inkl. öffentliche Verwaltung⁵) rund 1'200 grosse Unternehmen (mit 250+ Vollzeitäquivalenten) und rund 10'200 mittelgrosse Unternehmen (mit 50-250 VZÄ).

Tabelle 2 zeigt die Verteilung der Server in den Unternehmen unterteilt nach Grösse der „Server-Clusters“ bzw. Rechenzentren unterschiedlicher Grösse. Insgesamt sind in den erfassten Unternehmen etwas mehr als 100'000 physikalische Server installiert. Der Anteil der unterschiedlichen Clusters an der Gesamtzahl der Server liegt zwischen 4.5% (2'001-5'000 Server) und 21.7% (11-50 Server). Die Server sind insgesamt ziemlich ausgewogen auf Einrichtungen unterschiedlicher Grösse verteilt. Immerhin 17.7% der hier erfassten Server liegen in kleinen Clustern mit 3-10 Servern. Dabei dürfte es sich mehrheitlich um eigentliche Serverschränke, die nach der hier geltenden Abgrenzung nicht als Rechenzentren erachtet werden, handeln. Abzüglich dieser kleinsten erfassten Einheit resultiert ein Total von knapp 85'000 Servern, die auf 1'292 Rechenzentren verteilt sind (vgl. Tabelle 3).

Rechenzentrumstyp	3-10 Server	11-50 Server	51-100 Server	101-200 Server	201-500 Server	501-2000 Server	2001-5000 Server	5001+ Server	TOTAL
Insgesamt installierte Server	18271	22400	10887	11402	10730	14865	4662	10002	103219
Anteil Servercluster an Gesamtzahl Server in RZ	17.70%	21.70%	10.55%	11.05%	10.40%	14.40%	4.52%	9.69%	100%
Anzahl RZ	3545	1015	144	78	36	16	2	1	4837
Anteil an Gesamtzahl RZ	73.29%	20.98%	2.98%	1.61%	0.74%	0.33%	0.04%	0.02%	100%

Tabelle 2: Verteilung der physikalischen Server in der Schweiz gemäss ICT-Datenbank von Profondia im Jahr 2013.

⁴ Vgl. <http://www.profondia.com/de/ict-datenbank> (letzter Zugriff : 20.06.2014).

⁵ Wir sprechen nachfolgend aus Gründen der Lesbarkeit stets (vereinfachend) von Unternehmen.

Rechenzentrumstyp	11-50 Server	51-100 Server	101-200 Server	201-500 Server	501-2000 Server	2001-5000 Server	5001+ Server	TOTAL
Insgesamt installierte Server	22400	10887	11402	10730	14865	4662	10002	84948
Anteil Servercluster an Gesamtzahl Server in RZ	26.37%	12.82%	13.42%	12.63%	17.50%	5.49%	11.77%	100%
Anzahl RZ	1015	144	78	36	16	2	1	1292
Anteil an Gesamtzahl RZ	78.56%	11.15%	6.04%	2.79%	1.24%	0.15%	0.08%	100%

Tabelle 3: Struktur der internen Rechenzentren in der Schweiz gemäss ICT-Datenbank von Profondia im Jahr 2013.

Nicht bekannt ist die Entwicklung der Serverzahlen in den vergangenen Jahren. Nach übereinstimmender Auskunft von verschiedenen Experten ist trotz der zunehmenden Menge an gespeicherten und verarbeiteten Daten für die jüngere Vergangenheit eher von einer Stagnation, wenn nicht sogar von einem Rückgang der Serverzahlen auszugehen.⁶

Worauf ist dies zurückzuführen? Zwei Aspekte stehen im Vordergrund. Erstens hat die Server-Virtualisierung in den vergangenen Jahren massive Einsparungen bei der Hardware ermöglicht. Bei der Server-Virtualisierung wird ein Hardware-Server so aufgeteilt, dass dem Anwender mehrere „logische Server“ zur Verfügung gestellt werden. Die eingesetzten physikalischen Server können dadurch besser ausgelastet werden, was zur Folge hat, dass sich die Anzahl der benötigten physikalischen Server stark reduzieren lässt. Gleiches gilt für den Platz- und den Energiebedarf. Die Server-Virtualisierung war eines der dominierenden Themen im IT-Bereich der letzten Jahre und wird nach anfänglicher Zurückhaltung in der Schweiz mittlerweile im grossen Stil angewendet.

Zweitens hat – wie eingangs erwähnt – die geografische Nähe zwischen dem Rechenzentrum und den Nutzern der entsprechenden Daten durch die steigenden Datentransportkapazitäten an Relevanz eingebüsst.⁷ Viele Unternehmen verfügen heute über die Option, ihre Rechenzentren in der einen oder anderen Form an externe Anbieter auszulagern (vgl. 3.2). Vorteile von externen Lösungen bestehen darin, dass die Unternehmen keine neuen Rechenzentren bauen müssen und sich stattdessen auf ihr Kerngeschäft fokussieren können. Ausserdem lassen sich die Kapazitäten bei Bedarf relativ leicht anpassen (Skalierung). Es lässt sich kaum eruieren, wie viele Unternehmen in den letzten Jahren tatsächlich dazu übergegangen sind, von der Möglichkeit der Auslagerung Gebrauch zu machen. Zu beachten ist, dass interne Rechenzentren – v.a. im Falle von grösseren Einrichtungen mit entsprechender Infrastruktur – mit nicht unwesentlichen Investitionen verbunden sind, dafür aber eine Lebensdauer von gut und gerne 15 Jahren

⁶ Tatsächlich meldete das Marktforschungsinstitut Gartner in den letzten Jahren regelmässig rückgängige Server-Verkaufszahlen für die Region EMEA. Vgl. z.B. <http://www.gartner.com/newsroom/id/2751519> (letzter Zugriff: 19.6.2014).

⁷ Die geografische Nähe des Rechenzentrums bleibt dennoch in vielen Fällen ein wichtiges Kriterium. Illustrativ hierfür ist der Börsenhandel, in dem auch Verzögerungen im Bereich von Sekundenbruchteilen unerwünschte Konsequenzen haben können. Ausserdem ist auch die Erreichbarkeit des Rechenzentrums im Falle eines Problems weiterhin von Bedeutung.

versprechen.⁸ Die Server-Virtualisierung wiederum dürfte vielerorts bestehende oder potenzielle Platzprobleme auf Jahre hinaus beseitigt haben. Diese qualitativen Erwägungen sprechen eher dafür, dass die Auslagerung von Rechenzentrum-Kapazitäten noch weit von einem Sättigungspunkt entfernt ist.

Exkurs: Interne Rechenzentren in mittelgrossen Unternehmen (50-250 VZÄ)

Bislang bestand sehr wenig Klarheit über die Anzahl der internen Rechenzentren, die in mittelgrossen Unternehmen in der Schweiz betrieben werden. Mit Ausnahme von vermutlich einigen Zulieferern, welche die entsprechenden Kenntnisse aus naheliegenden Gründen als Betriebsgeheimnis verstehen, scheint kaum jemand in der Lage zu sein, die Grösse dieses Segments des Rechenzentrum-Marktes abschätzen zu können. Die Profondia-Datenbank gibt aber auch hierzu wichtige Einblicke. Gemäss Profondia werden in den mittelgrossen Unternehmen in der Schweiz insgesamt 510 Rechenzentren betrieben. Das bedeutet, dass nur jedes 25. mittelgrosse Unternehmen über ein eigenes Rechenzentrum verfügt. In der überwiegenden Mehrheit handelt es sich dabei um kleine Einrichtungen mit 11-50 Servern (452 Unternehmen). 23 Rechenzentren von mittleren Unternehmen umfassen mehr als 100 physikalische Server, darunter vier mit jeweils mehr als 500 Servern. Insgesamt befinden sich in den internen Rechenzentren der mittleren Unternehmen 18'158 Server. Das entspricht einem Anteil von 21% an der Gesamtserverzahl der „in-house“-Rechenzentren. Daraus lässt sich die Folgerung ziehen, dass die Grossunternehmen den Teilbereich der internen Rechenzentren mit knapp 80% der Server doch deutlich dominieren.

Vgl. Anhang.

3.2. Drittanbieter

Der dynamische Teil der Rechenzentren-Landschaft umfasst die „third party providers“ bzw. Drittanbieter. Diese bieten eine breite Palette von „RZ-Dienstleistungen“ an – vom „einfachen“ Vermieten von Rechenzentrum-Stellflächen („just space and power“) hin zu umfassenden Managed Services-Lösungen (Outsourcing der IT-Bedürfnisse). In den sog. Colocation-Rechenzentren werden die Infrastrukturkapazitäten für das Auslagern von Servern vermietet. Das Dienstleistungsspektrum dieser Anbieter umfasst das Bereitstellen von Stellflächen oder Platz in Serracks für IT-Hardware, Stromversorgung, Zugangsschutz und Brandsicherung und dergleichen sowie Anbindung an Telekommunikationsnetzwerke.

⁸ Die Hardware-Komponenten dürften in diesem Zeitraum allerdings mehrfach ausgewechselt bzw. erneuert werden.

Der Markt der Drittanbieter ist in den letzten zehn Jahren global stark gewachsen. Katalysator dieser Entwicklung war und ist das exponentielle Wachstum der globalen Datenmenge, das seinerseits getrieben ist durch Trends wie die mobile Nutzung des Internet, Cloud Computing, IP-basierte Kommunikation, Social Media, Digitalisierung von Geschäftsmodellen, Video-Streaming oder Machine-to-Machine-Kommunikation. Immer mehr Geschäftsmodelle – gerade auch von erfolgreichen Start-Ups – basieren auf dem Internet und sind mit entsprechenden Erfordernissen an leistungsfähige Rechenzentren verbunden. Die globale Datenmenge verdoppelt sich ca. alle zwei Jahre – und ein Abflachen des Wachstums ist vorderhand nicht absehbar.⁹

Ein wichtiges Merkmal dieses Marktes besteht darin, dass er zumindest in Teilen einem ausgeprägten internationalen Wettbewerb ausgesetzt ist. Viele internationale Unternehmen verfügen zunehmend über eine hohe Flexibilität bezüglich der Standortwahl ihrer Rechenzentren. Für Standorte mit attraktiven Rahmenbedingungen besteht deshalb die Möglichkeit grosser Wachstumsraten. Die Schweiz hat sich in den vergangenen Jahren den Ruf eines Standorts mit sehr guten Rahmenbedingungen erarbeitet. Als wichtige Trümpfe der Schweiz gelten die politische und gesellschaftliche Stabilität, die Verfügbarkeit von hochqualifizierten Fachkräften, die sichere und günstige Stromversorgung, die geografische Lage inmitten Europas und die überschaubaren Naturrisiken.¹⁰ Das Thema Datenschutz wird aufgrund der unklaren Entwicklung des rechtlichen Rahmens derzeit kontrovers beurteilt, galt bisher aber auch als positiver Standortfaktor. Unbestritten ist, dass Schweizer Unternehmen in der Mehrheit eine starke Präferenz für inländische Lösungen haben.

Die Datenbank von Profondia enthält Angaben zu den „externen“ Rechenzentren. Weil Unternehmen mit weniger als 30 Beschäftigten von Profondia nicht erfasst werden, ist die Datenbank allerdings nicht in der Lage, den Bereich der Drittanbieter adäquat abzubilden. Zahlreiche kommerzielle Rechenzentrum-Anbieter, insbesondere im Colocation-Bereich, weisen eine geringere Zahl von Beschäftigten auf, verfügen aber gleichwohl über grosse Rechenzentren (mit grossen Serverzahlen). Aus diesem Grund muss der Drittanbieter-Markt separat erfasst werden. (Zwecks Vermeidung von Doppelzählungen wurden die von Profondia erfassten Drittanbieter in Tabelle 2 und Tabelle 3 ausgeklammert.) Zur Erfassung der Drittanbieter wird auf eine Studie des Marktforschungsinstituts Broadgroup (2012) zurückgegriffen.

Gemäss Broadgroup beträgt die Gesamtfläche der Rechenzentren der Drittanbieter in der Schweiz im Jahr 2013 149'573 m².¹¹ Rund drei Viertel dieser Fläche entfallen auf die 13 grössten Anbieter. Innerhalb Europas ist die Fläche der Rechenzentren von Drittanbietern gemäss der Studie nur in fünf Ländern – im Vereinigten Königreich, Deutsch-

⁹ Vgl. z.B. <http://www.emc.com/leadership/programs/digital-universe.htm> (letzter Zugriff: 10.06.2014).

¹⁰ Vgl. die Diskussion in Hauri et al. (2012).

¹¹ Eigene Umrechnungen von square feet (sq ft) in Quadratmeter (m²).

land, Frankreich, den Niederlanden und Spanien – grösser als in der Schweiz. Das deutet darauf hin, dass die Schweiz in der Tat ein erfolgreicher „Data Centre“-Standort ist. Die „Rechenzentren-Dichte“ (definiert als Gesamtfläche der Drittanbieter-Rechenzentren pro Einwohner) ist innerhalb Europas nur in Irland noch höher.

Für die Jahre 2011 bis 2016 geht Broadgroup für die Schweiz von den folgenden Steigerungsraten aus:

- 2011-2012: +11.2%
- 2012-2013: +15.8%
- 2013-2014: +13.0%
- 2014-2015: +7.7%
- 2015-2016: +4.1%

Bruttofläche in qm	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Carrier neutral colocation	41806	47381	54813	63174	66890	69677
Carrier owned	32516	35303	39019	40877	41806	41806
Wholesale	29729	32516	38090	45522	52026	55742
Managed Services	12077	13935	17652	19510	21368	22297
TOTAL	116129	129135	149574	169084	182090	189522

Tabelle 4: Erwartete Entwicklung der Gesamtfläche der Rechenzentren von Drittanbietern in der Schweiz gemäss Broadgroup (2012).

3.3. Gesamtbetrachtung

Aus den vorhandenen Informationen lässt sich die für die Berechnung des Stromverbrauchs erforderliche Gesamtfläche der Rechenzentren-Landschaft Schweiz im Jahr 2013 wie folgt herleiten:

- Es gibt in der Schweiz 1'292 „in-house“-Rechenzentren mit jeweils mindestens elf physikalischen Servern. In diesen Einrichtungen – die Palette reicht von kleinen Serverräumen bis hin zu grossen Rechenzentren – sind insgesamt 84'948 physikalische Server installiert. Unterstellt man, dass pro Server näherungsweise ein Quadratmeter Rechenzentrum-Fläche vorhanden ist, ergibt sich eine Gesamtfläche der „in-house“-Rechenzentren im Bereich von rund 85'000 m².¹²
- Bezüglich der Drittanbieter liegen keine Angaben zur Zahl der installierten Server vor. Hingegen ist nach Broadgroup davon auszugehen, dass die Gesamtfläche der bestehenden Rechenzentren von Drittanbietern rund 150'000 m² be-

¹² Dieser Ansatz wird auch in Deutschland verwendet. Vgl. Hintemann und Fichter (2010).

trägt. Damit ist dieses Segment mittlerweile deutlich grösser als jenes der internen Rechenzentren.

- Die Gesamtfläche der Rechenzentren in der Schweiz beträgt im Jahr 2013 gemäss dieser Analyse 234'522 m². Es soll nicht der Eindruck der Scheingenauigkeit erweckt werden. Bei den Zahlen handelt es sich um die bestmögliche Schätzung bei gegebener Datenlage.¹³

4. Ermittlung des Stromverbrauchs

In Kenntnis der Gesamtfläche der Rechenzentren in der Schweiz lässt sich der Stromverbrauch der Rechenzentren in der Schweiz über die Schätzung zweier weiterer Parameter herleiten: der spezifischen IT-Leistungen pro m² sowie der PUE-Werte der Rechenzentren.

4.1. Spezifische IT-Leistung

Seitens der kontaktierten Betreiber gab es nur eine sehr beschränkte Bereitschaft zur Auskunft über die IT-Energiedichte ihrer Rechenzentren. Deshalb müssen diese Werte geschätzt werden. Dabei wird erneut unterschieden zwischen „in-house“-Rechenzentren und Rechenzentren von Drittanbietern. Es wird davon ausgegangen, dass die grossflächigen und modernen Einrichtungen der Drittanbieter im Durchschnitt eine höhere spezifische IT-Leistung aufweisen als die internen Rechenzentren. Wichtig ist der Hinweis, dass es hier um die tatsächlich bezogene IT-Leistung geht und nicht um die installierte Leistung.¹⁴ Letztere ist in vielen Fällen deutlich höher. Sowohl für „in-house“-Rechenzentren wie auch die Drittanbieter werden je 8 Szenarien mit den folgenden Eckpunkten unterstellt:

Interne Rechenzentren:

- Steigende spezifische Leistungen nach Grösse des Rechenzentrums ab 250 W/m² (kleinste Lokationen) bis 500 W/m² (grösste Lokationen) in Szenario P1;
- Steigende spezifische Leistungen nach Grösse des Rechenzentrums ab 300 W/m² (kleinste Lokationen) bis 800 W/m² (grösste Lokationen) in Szenario P8.

¹³ Ein Nachteil des Ansatzes könnte darin bestehen, dass die tatsächlich genutzte Fläche der Drittanbieter aufgrund von Leerstandquoten überschätzt wird. Gleichzeitig könnte die Fläche der internen etwas unterschätzt werden.

¹⁴ Fichter und Hintemann (2010) unterstellen für Deutschland ansteigende IT-Anschlussleistung mit zunehmender Grösse des Rechenzentrums. Bei den Serverräumen lässt sich aus den Angaben ein Durchschnitt von 300 W/m² herleiten, bei den grossen Rechenzentren mit einer durchschnittlichen Fläche von 6'000 m² ein Wert von 417 W/m².

Drittanbieter:

- Steigende spezifische Leistungen nach Grösse der Rechenzentrums ab 400 W/m² (kleinste Lokationen) bis 500 W/m² (grösste Lokationen) in Szenario P1;
- Steigende spezifische Leistungen nach Grösse der Rechenzentren ab 450 W/m² (kleinste Lokationen) bis 800 W/m² (grösste Lokationen) in Szenario P8

Es ist zu beachten, dass es sich dabei um geschätzte Durchschnittswerte der spezifischen IT-Leistungen handelt. Im Mittelpunkt stehen die Bezüge in „Mainstream“-Rechenzentren und nicht jene in „High-Performance“-Rechenzentren. In letzteren dürften höhere Werte als die hier unterstellten erreicht werden.

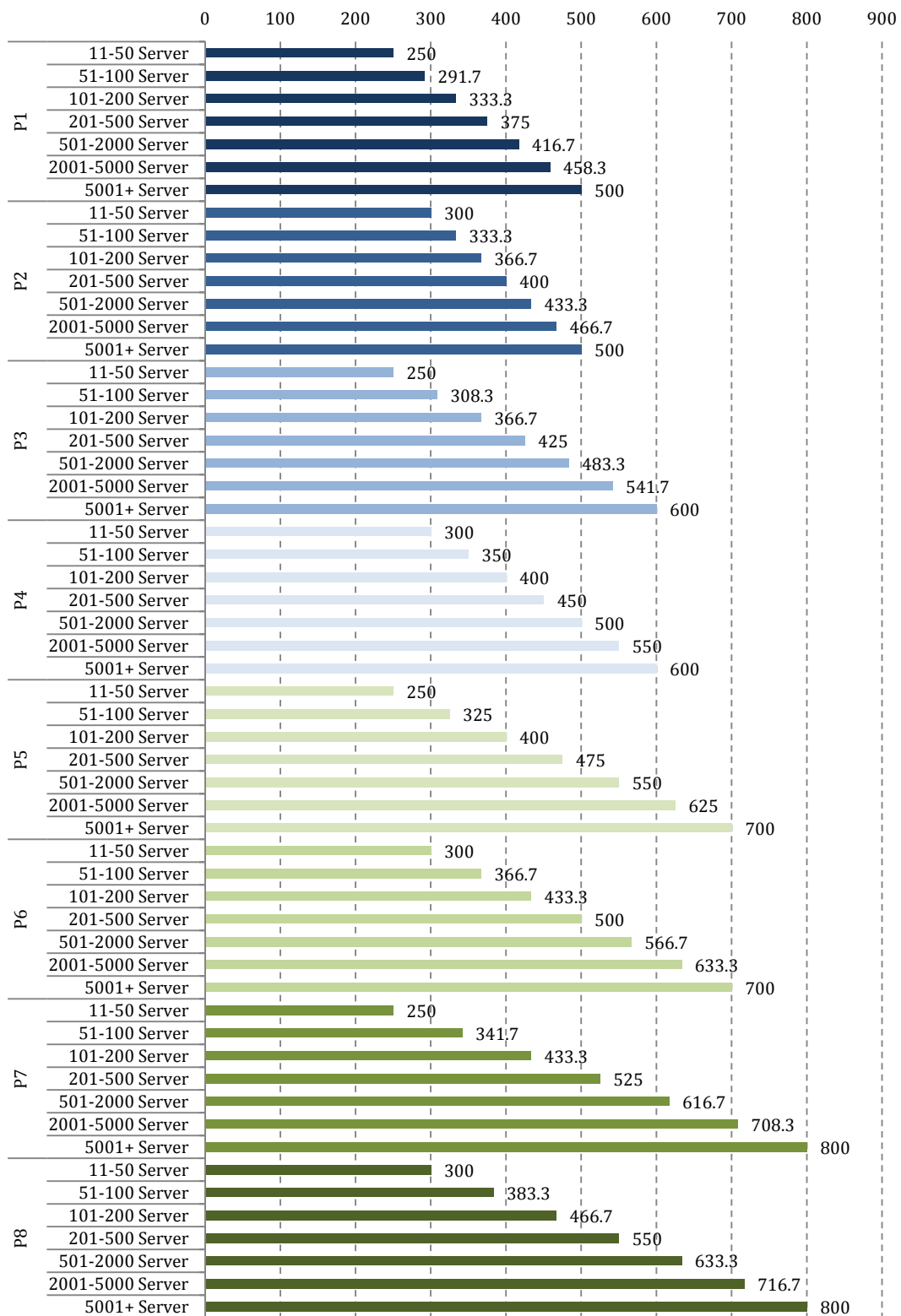


Abbildung 1: Spezifische Leistungen in W/m^2 der internen Rechenzentren in Abhängigkeit von deren Grösse (Szenarien).

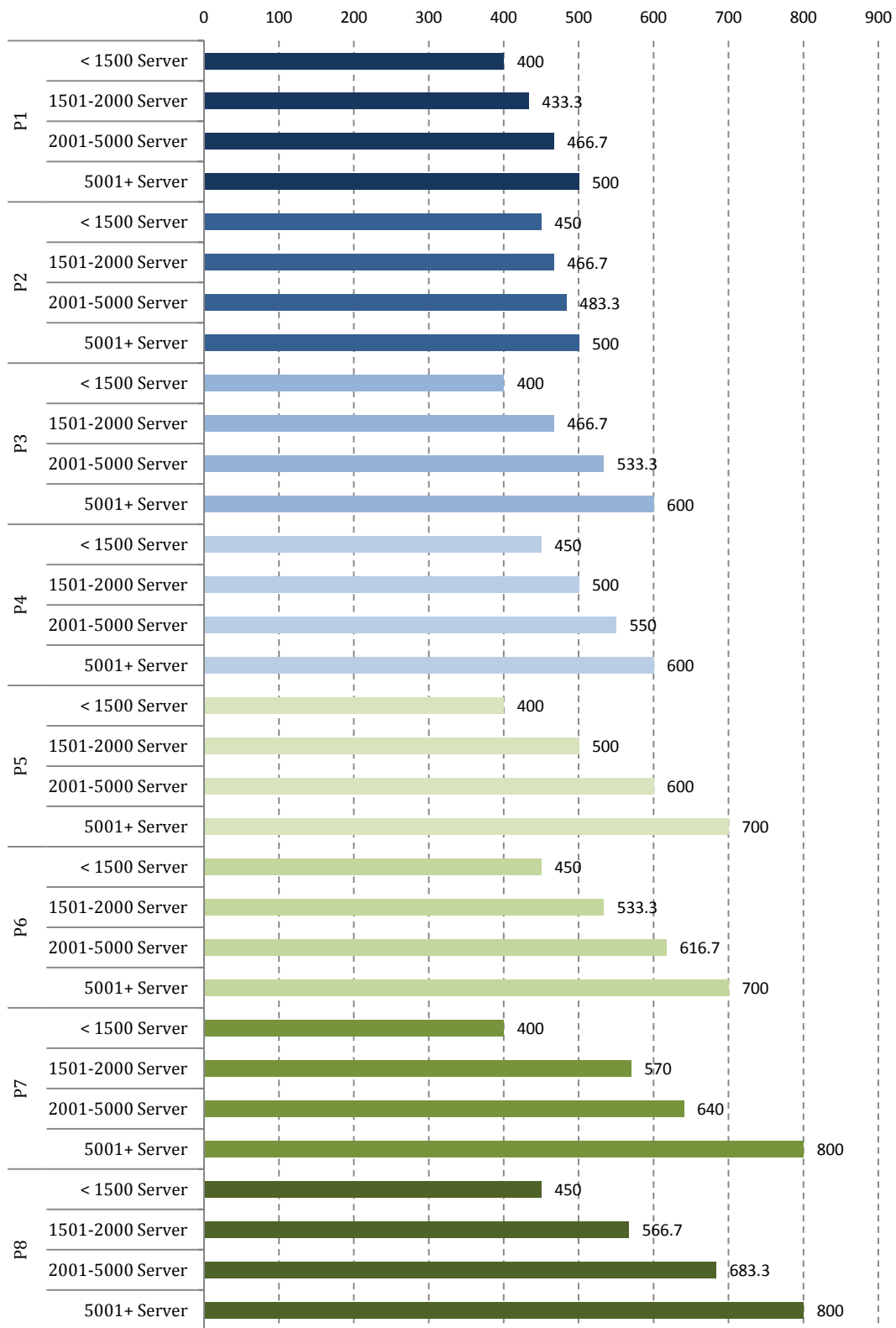


Abbildung 2: Spezifische Leistungen in W/m^2 der Rechenzentren von Drittanbietern in Abhängigkeit von deren Grösse (Szenarien).

4.2. Power Usage Effectiveness

Die sogenannte Power Usage Effectiveness (PUE) hat sich in den vergangenen Jahren weitgehend als international anerkannter Messwert für die Energieeffizienz von Rechenzentren etabliert. Eingeführt wurde die PUE von „The Green Grid“, einem globalen Verband von IT-Firmen. Sie ist definiert als das Verhältnis des gesamten elektrischen Energieverbrauchs des Rechenzentrums (IT-Geräte plus Infrastrukturkomponenten) zum elektrischen Energieverbrauch der IT-Geräte (Server, Cluster, Storage, Kommunikation). Der PUE-Wert kann somit definitionsgemäss Werte ≥ 1.0 erreichen. Je näher der PUE-Wert bei 1.0 liegt, desto kleiner ist der Anteil der Infrastrukturkomponenten am Gesamtstromverbrauch des Rechenzentrums. Ein PUE-Wert von 1.0 impliziert somit 100% Effizienz auf der Ebene Infrastruktur. Zur Infrastruktur-Komponente gehören Kälte, Lüftung und Befeuchtung, USV, Licht, Kabel und sonstige Verluste. Ein Wert von 2.0 bedeutet, dass nur die Hälfte des elektrischen Energieverbrauchs in die IT fließt.

$$PUE = \frac{\text{Gesamter el. Energieverbrauch des RZ (innerhalb Systemgrenzen)}}{\text{El. Energieverbrauch der IT}}$$

Die Bandbreite der in Studien gemessenen Werte ist hoch. Es ist darauf hinzuweisen, dass der PUE-Wert rein technisch nicht ganz einfach zu messen ist. Weitgehend unbestritten ist, dass moderne Rechenzentren tendenziell tiefere PUE-Werte aufweisen als ältere Rechenzentren. Das ist darauf zurückzuführen, dass häufig erst der Neubau eines Rechenzentrums zum Anlass genommen wird, dem Aspekt der Energieeffizienz verstärkte Beachtung zu schenken.

Im Rahmen der Erhebung wurden rund zehn grosse Drittanbieter nach ihrem PUE-Wert angefragt. Die Auskunft wurde von den kontaktierten Experten mehrheitlich verweigert. Es wurde bspw. darauf hingewiesen, dass dieser Wert häufig unseriös erhoben würde und dass mit diesem bisweilen „Unfug“ betrieben würde, weil „Green IT“ zu einem Marketing-Argument geworden sei. Unbestritten ist, dass kein Betreiber einen Anreiz hat, einen PUE-Wert zu kommunizieren, der ihm ein schlechtes Energieeffizienz-Zeugnis ausstellt.

Die Firma A+W hat im Rahmen ihrer Projekte in Schweizer Rechenzentren in der jüngeren Vergangenheit PUE-Werte zwischen 1.39 und 2.34 ermittelt. Der Durchschnitt lag dabei bei 1.73. Im Jahr 2009 führte „The Green Grid“ eine umfassende Umfrage bezüglich der Energieeffizienz von Rechenzentren bei insgesamt 151 Unternehmen durch (The Green Grid, 2009). Die 60 Unternehmen, welche eine Angabe zum PUE ihres Rechenzentrum machen konnten, wiesen einen durchschnittlichen PUE von 2.03 auf (Bandbreite: 1.50 – 2.75). In den Rechenzentren der ETH Zürich wurde 2010 ein

durchschnittlicher PUE-Wert von 1.94 ermittelt (Mäder 2010). Die Bandbreite umfasste Werte zwischen 1.40 und 2.29. Die US Environmental Protection Agency ermittelte 2009 in 102 Rechenzentren PUE-Werte zwischen 1.25 und 3.75 bei einem Durchschnitt von 1.91 (US EPA 2010).

Die im Rahmen dieser Studie unterstellten PUE-Werte sind Schätzungen basierend auf den Erfahrungswerten von A+W. Es wird angenommen, dass die Werte heute in allen Rechenzentren zwischen 1.40 und 2.10 liegen. Diese Schätzung dürfte eher konservativ sein. Es gibt in der Schweiz schon aufgrund der Wirtschaftsstruktur mit einem starken Finanzplatz viele Rechenzentren mit sehr hohen Anforderungen an die Ausfallsicherheit der Systeme. Eine hohe Ausfallsicherheit lässt sich v.a. über redundante Infrastrukturkomponenten erreichen, die den PUE-Wert in die Höhe treiben. Die geschätzten Werte für die internen Rechenzentren sind in Tabelle 5 ersichtlich, jene für die Rechenzentren der Drittanbieter in Tabelle 6.

Cluster	Fläche [qm]	RZ-Anzahl	PUE
11 - 50 Server	22400	1015	2.10
51 - 100 Server	10887	144	2.00
101 - 200 Server	11402	78	1.90
201 - 500 Server	10730	36	1.80
501 - 2000 Server	14865	16	1.60
2001 - 5000 Server	4662	2	1.50
5001+ Server	10002	1	1.40
Total / Durchschnitt	84948	1292	1.82

Tabelle 5: Geschätzte PUE-Werte für interne Rechenzentren in Abhängigkeit von der Grösse der Einrichtung.

Grössenklasse	Gesamtfläche [qm]	PUE
< 1500 Server	66627	1.80
1501 - 2000 Server	3716	1.75
2001 - 5000 Server	17187	1.55
5001+ Server	62044	1.40
Total	149574	1.60

Tabelle 6: Geschätzte PUE-Werte für Rechenzentren von Drittanbietern in Abhängigkeit von der Grösse der Einrichtungen.

4.3. Jahresverbrauch

Auf Basis der Struktur der Rechenzentren-Landschaft sowie den Annahmen zur Effizienz der Einrichtungen (PUE) und der spezifischen IT-Leistung lässt sich der Gesamtstromverbrauch der Rechenzentren leicht herleiten. Je nach Szenario beträgt der Gesamtverbrauch der Rechenzentren in der Schweiz im Jahr 2013 zwischen 1'395.85 GWh

(P1) und 1'925.57 GWh (P8). Der Medianwert der Szenarien liegt bei 1660.71 GWh. Der Gesamtstromverbrauch in der Schweiz betrug 2013 59.3 TWh (59'300 GWh).¹⁵ Der Anteil der Rechenzentren am Gesamtstromverbrauch der Schweiz liegt demzufolge zwischen 2.35% und 3.25% bei einem Median von 2.80%.

Der Stromverbrauch der Drittanbieter ist aufgrund der grösseren Gesamtfläche deutlich grösser als jener der internen Rechenzentren. Bei den „in-house“-Rechenzentren liegt die Bandbreite zwischen 461.58 und 652.34 GWh, bei den Drittanbietern zwischen 934.27 und 1'273.23 GWh.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
CH-Gesamt [GWh/a]	1395.85	1497.26	1538.62	1640.03	1681.39	1782.80	1820.03	1925.57
Anteil CH-Gesamt [%]	2.35	2.52	2.59	2.77	2.84	3.01	3.07	3.25
Gesamtverbrauch interner Rechenzentren								
Jahresverbrauch [GWh/a]	262.20	284.17	292.66	314.64	323.13	345.10	353.59	375.57
Infrastruktur [GWh/a]	199.38	220.49	218.14	239.25	236.90	258.01	255.66	276.77
Gesamtverbrauch [GWh/a]	461.58	504.67	510.80	553.89	560.03	603.12	609.25	652.34
Gesamtverbrauch der Drittanbieter								
Jahresverbrauch [GWh/a]	589.58	622.36	655.05	687.83	720.53	753.30	783.18	818.78
Infrastruktur [GWh/a]	344.69	370.23	372.77	398.31	400.84	426.38	427.60	454.46
Gesamtverbrauch [GWh/a]	934.27	992.59	1027.82	1086.14	1121.37	1179.68	1210.78	1273.23

Tabella 7: Gesamtstromverbrauch der Rechenzentren in der Schweiz im Jahr 2013. Eigene Berechnungen.

5. Einsparpotenzial

Es gibt verschiedene bauliche, betriebliche und technische Ansatzpunkte für Effizienzsteigerungen in Rechenzentren. Dazu gehören unter anderem:

- die Nutzung von Free Cooling, also die Nutzung von Kaltluft und kaltem Wasser aus der Umwelt;
- die Einhausung von Serverracks, wodurch Kalt- und Warmluft effizient umgeleitet werden;
- die Anhebung der Raumtemperatur sowie
- die Reduktion der IT-Leistung (Virtualisierung, Power Management Systeme u.ä.).

Einzelne Massnahmen sind in den vergangenen Jahren immer häufiger umgesetzt worden und entwickeln sich zunehmend zu Standardlösungen, während andere Massnahmen aus unterschiedlichen Gründen noch nicht im selben Masse verbreitet sind.

¹⁵ Vgl. die Mitteilung des BFE vom 10.04.2014: „Stromverbrauch 2013 um 0,6% gestiegen“; <http://www.admin.ch/aktuell/00089/index.html?lang=de&msg-id=52616> (letzter Zugriff: 19.06.2014).

Wiederum auf Basis von praktischen Erfahrungen von A+W wird nachfolgend davon ausgegangen, dass durch Massnahmen zur Steigerung der Effizienz im Bereich der Infrastruktur in allen Rechenzentren ein PUE-Wert von 1.35 erreicht werden kann. Unter Annahme eines PUE-Werts von 1.35 in sämtlichen Lokationen lässt sich ein hypothetischer Stromverbrauch zwischen 1'149.9 GWh (P1) und 1'612.4 GWh (P8) errechnen (Median: 1'381.13 GWh).

Das Einsparpotenzial liegt demzufolge zwischen 245.95 GWh (P1) und 313.21 GWh (P8) (Median: 279.58 GWh) und entspricht rund 17% des heutigen Gesamtstromverbrauchs. Mit dieser Reduktion wäre eine Einsparung von 4'427 – 5'637 t CO₂ pro Jahr verbunden (Median: 5'032 t CO₂).¹⁶ Die eingesparten Stromkosten würden sich bei einem Strompreis von 18 Rappen/kWh auf 44.27 – 56.38 Millionen Franken pro Jahr belaufen (Median: 50.32 Millionen Franken). Die Erhebung der Wirtschaftlichkeit dieser Massnahmen ist nicht Gegenstand dieser Studie.

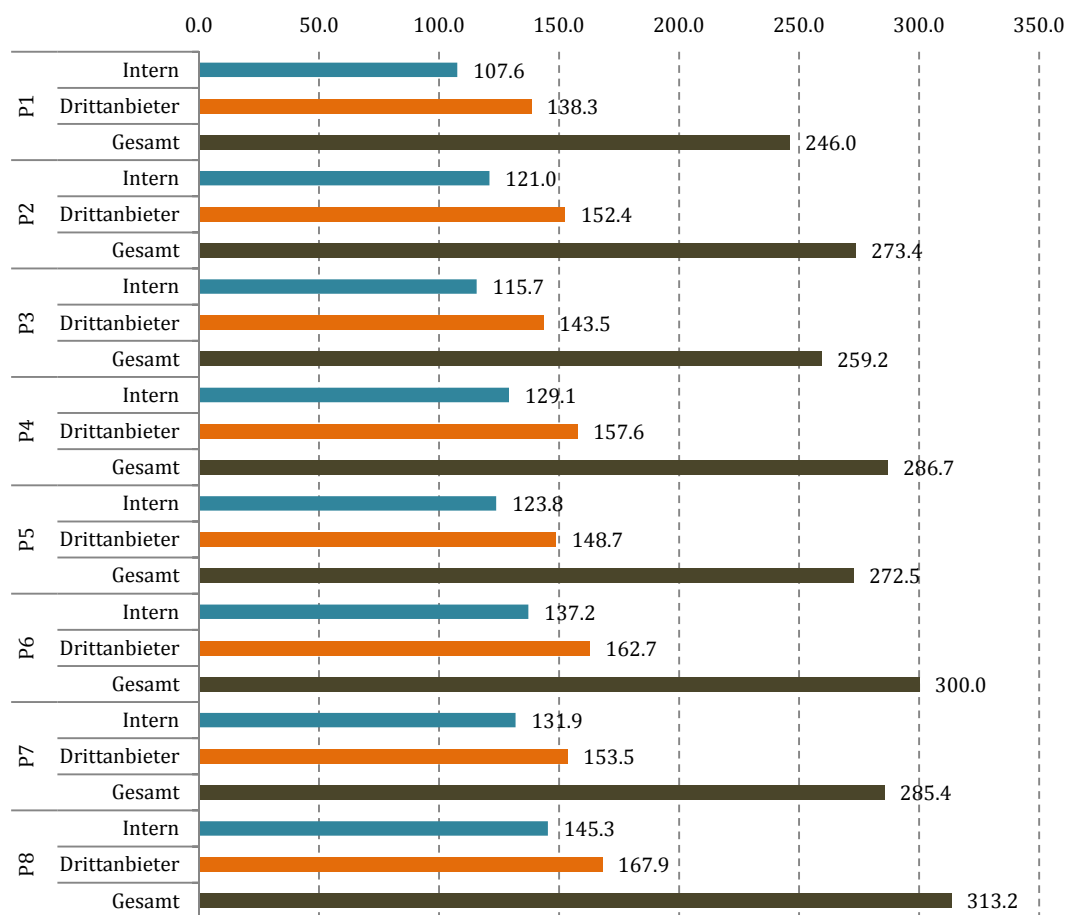


Abbildung 3: Einsparpotenzial in den unterschiedlichen Szenarien (P1 – P8). Eigene Berechnungen.

¹⁶ Dies gilt bei einer angenommenen Emission von 18g CO₂ pro kWh. Vgl. Frischknecht et al. (2012).

6. Plausibilisierung der Ergebnisse

Studien zum Energieverbrauch der Rechenzentren in anderen Ländern liegen nur in geringer Zahl vor. Zur Plausibilisierung der für die Schweiz ermittelten Werte muss im Wesentlichen auf Ergebnisse aus Deutschland und den USA zurückgegriffen werden. Besonders aufschlussreich ist der Vergleich mit Deutschland.

Eine Studie von Hintemann und Fichter (2013) ermittelt für Deutschland einen Stromverbrauch der Rechenzentren im Jahr 2012 von 9.4 TWh. Dieser Wert ist 5.7 mal höher als der hier für die Schweiz im Jahr 2013 ermittelte Wert von 1.66 TWh. Gemäss Schätzungen des IWF war das BIP Deutschlands im Jahr 2013 rund 5.6 mal grösser als jenes der Schweiz. Unter der realistischen Annahme, dass zwischen der Wirtschaftsleistung eines Landes und der Zahl der Rechenzentren (bzw. der gesamten Rechenzentrenfläche) ein enger Zusammenhang besteht, scheint der für die Schweiz ermittelte Wert plausibel.

Eine nennenswerte Differenz besteht hingegen zwischen dem Anteil des Stromverbrauchs der Rechenzentren am Gesamtstromverbrauch in Deutschland und in der Schweiz. Während die Rechenzentren in Deutschland für 1.8% des Gesamtstromverbrauchs verantwortlich sind, liegt der entsprechende Wert in der Schweiz bei 2.8%. Diese Differenz von einem Prozentpunkt erklärt sich dadurch, dass der Gesamtstromverbrauch in Deutschland rund 9 mal höher ist als in der Schweiz, während die Rechenzentren Deutschlands – wie eben erwähnt – „nur“ etwas weniger als das Sechsfache des Stromverbrauchs der Rechenzentren der Schweiz aufweisen.¹⁷ Man kann diese Zahlen so interpretieren, dass in der Schweiz pro kWh konsumierten Stroms ein höheres BIP erwirtschaftet wird als in Deutschland. Vermutlich lässt sich dies durch den höheren Anteil von energieintensiven Industrien in Deutschland erklären.

Hintemann und Clausen (2014) präsentieren Zahlen zur Summe der verkauften Server in europäischen Ländern im Zeitraum von 2010 bis 2014. In Deutschland wurden demzufolge in der betrachteten Zeitspanne rund 1'661'000 Server verkauft. In der Schweiz wurden rund 285'000 Server verkauft. Damit wurden in Deutschland rund 5.8 mal mehr Server verkauft. Geht man von einigermaßen vergleichbaren Verhältnissen zwischen Deutschland und der Schweiz bezüglich der Haltedauer und der Verteilung der Server aus¹⁸, müsste auch der Bestand an Rechenzentren bzw. an Rechenzentren-Fläche in Deutschland etwa 5.8 mal grösser sein als in der Schweiz. Auch diese Betrachtungsweise deutet darauf hin, dass der für die Schweiz ermittelte Gesamtstromverbrauch der Rechenzentren in einer Grössenordnung liegt, die der Realität vermutlich nahe kommt.

¹⁷ Die Einwohnerzahl Deutschlands beträgt etwas mehr als das Zehnfache der Schweiz. Der Stromverbrauch pro Kopf ist also in der Schweiz etwas höher als in Deutschland.

¹⁸ Hier geht es v.a. darum, dass der Anteil der Stand-alone Server in den beiden Ländern nicht allzu weit auseinander ist.

Die Anzahl der Rechenzentren in Deutschland wird von Hintemann und Clausen auf ca. 51'100 geschätzt. Darin enthalten sind allerdings 30'500 kleinere Lokationen mit einer Fläche von 3-10 m² (Serverschränke). Neben 18'100 Serverräumen (11-100 m²) werden ausserdem 2'150 kleine Rechenzentren mit 101-500 m², 280 mittlere Rechenzentren mit 501-5'000m² und 70 grosse Rechenzentren mit 5000+ m² verzeichnet.

Vergleicht man diese Zahlen mit den Angaben in Tabelle 2 (interne Rechenzentren gemäss Profondia-Datenbank), so scheint es in Deutschland überproportional mehr kleine Lokationen wie Serverräume und kleine Rechenzentren zu geben als in der Schweiz. Berücksichtigt man, dass die Fläche der Rechenzentren der kommerziellen Anbieter in der Schweiz wiederum vergleichsweise deutlich grösser ist als in Deutschland, ergibt sich gleichwohl ein relativ stimmiges Gesamtbild. Gemäss Broadgroup stehen 2013 557'000 m² Rechenzentrenfläche von Drittanbietern in Deutschland knapp 150'000 m² in der Schweiz gegenüber. In Deutschland ist die von Drittanbietern genutzte Fläche also nur 3.7 mal grösser.

Eine Kurzstudie von DCD Intelligence beziffert den Anteil der Rechenzentren der Schweiz am globalen „Data Centre“-Markt auf 1.2% und jenen der Rechenzentren Deutschlands auf 7.9%. Die Fläche in Deutschland wäre demzufolge rund 6.6 mal grösser als jene in der Schweiz. Keinen Aufschluss gibt diese Studie über die der Erhebung zugrunde liegenden Daten.

Für die USA schätzt Koomey (2011) den Stromverbrauch der Rechenzentren im Jahr 2010 auf 67.1 – 85.6 TWh, was einem Anteil am Gesamtstromverbrauch der USA von 1.7 – 2.2% entspricht. In einzelnen Regionen der USA dürfte der Anteil deutlich höher sein. Es ist zumindest denkbar, dass der für die Schweiz ermittelte Wert von 2.8% in manchen wirtschaftsstarken Regionen der USA noch übertroffen wird. Den weltweiten Stromverbrauch der Rechenzentren beziffert Koomey auf 203.4 – 271.8 TWh, was 1.1 – 1.5% des weltweiten Gesamtstromverbrauchs entspricht.

7. Folgerungen und Handlungsempfehlungen

Die beiden Hauptergebnisse der Studie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Hoher Stromverbrauch der Rechenzentren

Der Stromverbrauch der Rechenzentren in der Schweiz im Jahr 2013 beträgt rund 1.66 TWh oder 2.8% des Gesamtstromverbrauchs. Das ist im internationalen Vergleich ein hoher Wert. Die Gründe hierfür liegen in der hohen Wirtschaftsleistung generell, der Struktur der Schweizer Wirtschaft sowie den guten Standortbedingungen für Rechenzentren. Letztere äussern sich in einem hohen Anteil von kommerziell betriebenen Rechenzentren an der Gesamtfläche der Rechenzentren in der Schweiz.

2. *Signifikantes Effizienzsteigerungspotenzial auf Ebene Infrastruktur*

Durch verstärkte Massnahmen zur Steigerung der Effizienz auf Ebene Infrastruktur (Kühlung, USV u. dgl.) dürften sich – ausgehend vom heutigen Bestand der Rechenzentren – jährlich rund 280 GWh oder rund 17% des Gesamtstromverbrauchs der Rechenzentren einsparen lassen. Grundlage der Berechnung dieses Werts ist die Annahme, dass in sämtlichen Rechenzentren mit vertretbarem Aufwand ein PUE-Wert von 1.35 erreicht werden kann. Heute dürften PUE-Werte zwischen 1.4 und 2.1 die Regel sein.

Trotz eines gewissen autonomen Trends hin zu besserer Energieeffizienz der Rechenzentren dürfte der Stromverbrauch der Rechenzentren in der Schweiz infolge einer anhaltenden Erhöhung der genutzten Rechenzentren-Fläche zukünftig weiter steigen. Vor dem Hintergrund der nachfrageseitigen Ziele der Energiestrategie 2050 scheint es deshalb unerlässlich, dass zumindest die wirtschaftlich realisierbaren Effizienzpotenziale der Rechenzentren möglichst umfassend genutzt werden.

Im Sinne einer gezielten Förderung der Energieeffizienz der Rechenzentren lassen sich vier Empfehlungen für weitergehende Arbeiten aussprechen:

- *Identifikation von Zielgruppen*

Die Rechenzentren-Landschaft Schweiz ist vielfältig. Erfolgversprechende Massnahmen zur Förderung der Energieeffizienz setzen eine zielgruppenspezifische Ansprache voraus. Vorliegende Studie liefert erste Hinweise, bei welchen potenziellen Zielgruppen welches Einsparpotenzial schlummert. Denkbar ist bspw. eine Ausrichtung auf kleine interne Einrichtungen (mit tendenziell hohen PUE-Werten) oder aber auf grössere Einrichtungen.

- *Analyse der Hemmnisse zur Steigerung der Energieeffizienz*

Auf Basis einer Priorisierung von Zielgruppen ist zu evaluieren, welche konkreten Hemmnisse der Steigerung der Energieeffizienz im Wege stehen. Je nach Betreiber sind ganz unterschiedliche Faktoren denkbar (fehlendes Know-how, fehlende Investitionsmittel, hohe Sicherheitsanforderungen etc.). Deren Kenntnis ist Voraussetzung für die Erarbeitung eines wirksamen Massnahmenkatalogs.

- *Erarbeitung eines Massnahmenkatalogs*

Grundsätzlich lassen sich vier Typen von Instrumenten zur Förderung der Energieeffizienz von Rechenzentren unterscheiden: regulative Instrumente (Gebote, Verbote), finanzielle Instrumente (z.B. Subventionen), persuasive Instrumente (Information, Beratung) und strukturierende Instrumente (Netzwerke, freiwillige Vereinbarungen). Auf Grundlage einer Evaluation der Wirksamkeit der bereits bestehenden Massnahmen sowie der Kenntnis der bestehenden

Hemmnisse ist herzuleiten, welche konkreten Instrumente die besten Ergebnisse versprechen.

- *IT-Stromverbrauch*

Forschungsbedarf besteht schliesslich auch auf Ebene IT-Stromverbrauch, die nicht Gegenstand dieser Studie ist. Die praktischen Erfahrungen lassen vermuten, dass hier ein erhebliches, weitgehend unerschlossenes Effizienzpotenzial besteht. Eine Kombination von Massnahmen zur Effizienzsteigerung (gemeinsame Betrachtung von Infrastruktur und IT-Systemarchitektur) könnte die Erfolgsquote erhöhen. Deshalb werden weitere Untersuchungen im Bereich IT-Stromverbrauch und Hardware empfohlen.

Quellenverzeichnis

AEBISCHER BERNARD, 2009. Energieeffizienz im Rechenzentrum. Umwelt Perspektiven, April 2009.

BAILEY, MICHELLE, LUCINDA BOROVICK, MATTHEW EASTWOOD, VERNON TURNER, TIM GRIESER UND ROBERT C. GRAY, 2006. Data Center of the Future. Special Study. IDC.

BROADGROUP, 2012. Datacentres Europe IV: Western European Data Centre Research.

DCD INTELLIGENCE, 2014. Global Data Center Space 2013.

FICHTER, KLAUS, 2007. Zukunftsmarkt Energieeffiziente Rechenzentren. Fallstudie im Auftrag des Bundes für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit. Berlin.

FRISCHKNECHT, ROLF, RENÉ ITTEN UND KARIN FLURY, 2012. Treibhausgas-Emissionen der Schweizer Strommixe. ESU-Services. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU).

GREEN GRID, THE, 2009. Energy Measurement Survey Results Analysis.

HAURI, DOMINIK, SEBASTIAN DEININGER UND LUKAS MOHLER, 2012. Datentresor Schweiz. Studie im Auftrag von asut und economiesuisse. Institut für Wirtschaftsstudien AG, Basel.

HINTEMANN, RALPH UND JENS CLAUSEN, 2014. Rechenzentren in Deutschland: Eine Studie zur Darstellung der wirtschaftlichen Bedeutung und der Wettbewerbssituation. Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit. Berlin. Studie im Auftrag des BITKOM.

HINTEMANN, RALPH UND KLAUS FICHTER, 2012. Energieverbrauch und Energiekosten von Servern und Rechenzentren in Deutschland – Aktuelle Trends und Einsparpotenziale bis 2015. Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit.

HINTEMANN, RALPH UND KLAUS FICHTER, 2010. Materialbestand der Rechenzentren in Deutschland. Eine Bestandesaufnahme zur Ermittlung von Ressourcen- und Energieeinsatz. Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit. Im Auftrag des Umweltbundesamtes.

KOOMEY, JONATHAN G., 2011. Growth in Data Center Electricity Use 2005 to 2010.

MÄDER, CHRISTOPH, 2010. Vorschläge zur Optimierung der Serverräume an der ETH Zürich basierend auf einer Kosten- und Energieanalyse. Masterarbeit. ETH Zürich.

PROFONDIA, 2014. ICT-Datenbank. <http://www.profondia.com/de/ict-datenbank>

US EPA, 2010. Energy Star for Data Centers.

Anhang

Rechenzentrumstyp	11-50 Server	51-100 Server	101-200 Server	201-500 Server	501-2000 Server	2001-5000 Server	5001+ Server	TOTAL
Insgesamt installierte Server	8866	2504	1647	1897	3244	0	0	18158
Anteil Servercluster an Gesamtzahl Server in RZ	48.83%	13.79%	9.07%	10.45%	17.87%	0.00%	0.00%	100%
Anzahl RZ	452	35	13	6	4	0	0	510
Anteil an Gesamtzahl RZ	88.63%	6.86%	2.55%	1.18%	0.78%	0.00%	0.00%	100%

Tabelle 8: Interne Rechenzentren in mittleren Unternehmen (50-250 VZÄ) gemäss Profondia.

Rechenzentrumstyp	11-50 Server	51-100 Server	101-200 Server	201-500 Server	501-2000 Server	2001-5000 Server	5001+ Server	TOTAL
Insgesamt installierte Server	13347	8339	9440	9385	14188	4662	16255	75616
Anteil Servercluster an Gesamtzahl Server in RZ	17.65%	11.03%	12.48%	12.41%	18.76%	6.17%	21.50%	100%
Anzahl RZ	544	108	64	32	14	2	2	766
Anteil an Gesamtzahl RZ	71.02%	14.10%	8.36%	4.18%	1.83%	0.26%	0.26%	100%

Tabelle 9: Interne Rechenzentren in Grossunternehmen (250+ VZÄ) gemäss Profondia.



**IWSB - Institut für
Wirtschaftsstudien Basel AG**
Steinenvorstadt 79
CH-4051 Basel
www.iwsb.ch