

TEXTE

43/2024

Abschlussbericht

KPI4DCE im Feld: Umweltbewertung ausgewählter Rechenzentren und Best Practices

von:

Marc Wilkens, Frank Neubauer
CARMAO GmbH, Limburg an der Lahn
Robert Hellwig
CARMAO GmbH, Limburg an der Lahn

Dr. Ludger Ackermann, Fridtjof Chwoyka
dc-ce RZ-Beratung GmbH & Co. KG, Frankfurt am Main

Herausgeber:

Umweltbundesamt

TEXTE 43/2024

EVUPLAN des Bundesministeriums für Wirtschaft und
Klimaschutz

Forschungskennzahl 37EV 17 109 0

FB000777

Abschlussbericht

KPI4DCE im Feld: Umweltbewertung ausgewählter Rechenzentren und Best Practices

von

Marc Wilkens, Frank Neubauer
CARMAO GmbH, Limburg an der Lahn

Robert Hellwig
CARMAO GmbH, Limburg an der Lahn

Dr. Ludger Ackermann, Fridtjof Chwoyka
dc-ce RZ-Beratung GmbH & Co. KG, Frankfurt am Main

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

Durchführung der Studie:

CARMAO GmbH
Fahrgasse 5
65549 Limburg an der Lahn

Abschlussdatum:

Dezember 2021

Redaktion:

Fachgebiet V 1.4
Andreas Halatsch

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, März 2024

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich herzlich für die umfangreiche Hilfestellung und die freundliche Unterstützung bei folgenden Personen:

- ▶ den Teilnehmern am Begleitkreis,
- ▶ den Ansprechpartnern der untersuchten Rechenzentren,
- ▶ Marina Köhn und Andreas Halatsch vom Umweltbundesamt sowie ihren Kolleginnen und Kollegen für die gute Zusammenarbeit.

Kurzbeschreibung: KPI4DCE im Feld: Umweltbewertung ausgewählter Rechenzentren und Best Practices

Die zunehmende Durchdringung aller Lebens- und Wirtschaftsbereiche mit Informationstechnik (IT) führt zu einer wachsenden Bedeutung ökonomischer und ökologischer Fragestellungen im Rahmen der IT-Nutzung. Vor allem die Rechenzentren (RZ) sind hier von großer Bedeutung; neben den Anforderungen nach Verfügbarkeit, Sicherheit und Performanz rücken die Kosten für den RZ-Betrieb immer mehr in den Fokus der RZ-Praxis. Die stetig wachsende Nachfrage nach zentraler Datenverarbeitung führt zu immer energiehungrigeren RZ-Infrastrukturen (vgl. für Deutschland: [IZE 2012, Fraunhofer 2009, UBA 2010, Borderstep 2012, 2013], für USA: [EPA 2007, Koomey 2008, 2011], für Europa: [Schäppi et al. 2007, Ökoinstitut 2011]).

Gleichzeitig wurden in den RZ vielfältige Möglichkeiten zur Realisierung ökonomischer und ökologischer Verbesserungspotentiale identifiziert. Die Basis zur Ableitung und Priorisierung zielgerichteter Maßnahmen ist dabei immer die Erfassung und Bewertung des Ist-Zustandes mit Hilfe aussagekräftiger Kennzahlen. Diesbezüglich konnte durch intensive Forschungsarbeit in den letzten zehn Jahren eine Reihe von Kennzahlen, Indikatoren und Methoden entwickelt und teilweise in der Praxis auch schon etabliert werden. Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens des Umweltbundesamtes „Kennzahlen und Indikatoren für die Beurteilung der Ressourceneffizienz von Rechenzentren und Prüfung der praktischen Anwendbarkeit“ (kurz: KPI4DCE) sind hier eine wichtige Grundlage für Erweiterung der wissenschaftlich fundierten Kennzahlen für die praktische Anwendung im täglichen RZ-Betrieb.

Die Vielfältigkeit und Komplexität des RZ-Gesamtsystems in der Praxis, erschwert immer noch die Entwicklung von praxisrelevanten Kennzahlen für die gesamte RZ-Branche mit einheitlichen Datenerhebungs- und Berechnungsvorschriften. Neben der Größe und den Standortfaktoren (Gebäudeart, klimatische Bedingungen, Energieverfügbarkeit, etc.) beeinflussen insbesondere die Art und Vielfalt der RZ- bzw. IT-Dienste sowie die jeweils an sie gestellten Qualitätsanforderungen (Performanz, Sicherheit, Verfügbarkeit, etc.) die Möglichkeiten zur technischen Ausgestaltung von Teilbereichen und damit auch die Ressourceninanspruchnahme und Umweltwirkung von RZs. Zudem verantworten in der Praxis oft verschiedene, organisatorisch getrennte Einheiten jeweils unterschiedliche Teilbereiche im RZ, was z.B. die Ermittlung und Anwendung bereichs-übergreifender Kennzahlen erschwert.

Mit diesem Bericht werden die Ergebnisse einer Überprüfung des KPI4DCE-Ansatzes in der Praxis dargestellt und sowohl Bestandsrechenzentren ausgewertet als auch Best Practice Beispiele vorgestellt.

Abstract: KPI4DCE in the Field: Environmental Assessment of Chosen Data Centers and Best Practices

The increasing penetration with information technology of all areas in life and economy leads to an increasing significance of economic and ecologic questions regarding the utilization of IT. Especially data centers are of an important significance in this context. Not only the requirements on availability, security and performance but also the charges for DC operations are moving more into the focus of DC practices. The permanently increasing demand on centralized data processing is leading to DC infrastructures more and more hungry for energy (cf. for Germany: [IZE 2012, Fraunhofer 2009, UBA 2010, Borderstep 2012, 2013], cf. for USA: [EPA 2007, Koomey 2008, 2011], cf. for Europe: [Schäppi et al. 2007, Ökoinstitut 2011]).

At the same time, multiple possibilities to realize economic and ecological rooms for improvement were identified in data centers. Identification and assessment of the current situation based on meaningful KPIs is always the base for deduction and prioritization of target-oriented measures. By intensive research during the last ten years a couple of key figures, indicators and methods have been developed and partially implemented in practice in this regard. The results of the research project “Key figures and indicators for evaluating the resource efficiency of data centers and verification of its practical applicability” (briefly: KPI4DCE) of German Federal Environmental Agency are an important baseline for the extension of these scientifically established KPIs for the practical application in daily DC operations.

The diversity and complexity of the complete DC system in practice is still complicating the development of practical KPIs for the complete DC business with homogenous data collection and calculation rules. Not only the size and the site factors (type of building, climate conditions, energy availability etc.) but also notably the type and diversity of DC and IT services as well as the specific quality requirements (performance, security, availability etc.) are influencing the possibilities of technical design of subdomains and consequently the consumption of resources and the environmental impact of the DC. Furthermore, in practice often different, organizationally separated, units are responsible for various subdomains of the DC which is complicating the collection and application of global KPIs for example.

The results of a verification regarding the KPI4DCE approach in practice are illustrated with this report. Assessments of existing data centers as well as presentation of best practice examples are included in this paper.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	11
Abkürzungsverzeichnis.....	12
Einleitung.....	13
Summary	15
1 Zusammenfassung.....	17
2 Energiebedarf von Rechenzentren.....	19
3 Maßnahmen zur Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz von Rechenzentren.....	20
4 Begriffsbestimmungen	21
5 Felduntersuchungen von Rechenzentren unter Anwendung von KPI4DCE.....	24
5.1 Bestandsrechenzentrum: Effizienz bei kommunalen Rechenzentren (RZ1).....	24
5.1.1 Unternehmensbeschreibung/Hintergrund/Szenario.....	24
5.1.2 KPI4DCE-Kennwerte.....	24
5.1.3 Mengengerüst.....	25
5.1.4 Messungen zum Nutzen der IT-Komponenten.....	25
5.1.5 Abiotischer Rohstoffverbrauch (ADP).....	25
5.1.5.1 ADP Server	25
5.1.5.2 ADP Speicher.....	26
5.1.5.3 ADP Netzwerk.....	26
5.1.5.4 ADP Infrastruktur.....	26
5.1.6 Treibhauseffekt (Global Warming Potential, GWP).....	26
5.1.6.1 GWP Server	26
5.1.6.2 GWP Speicher	26
5.1.6.3 GWP Netzwerk.....	26
5.1.6.4 GWP Infrastruktur.....	26
5.1.6.5 Gesamtauswertung.....	27
5.1.7 Fazit.....	27
5.2 Bestandsrechenzentrum: Energieeffizienz durch hohe IT-Performance (RZ2)	28
5.2.1 Unternehmensbeschreibung/Hintergrund/Szenario.....	28
5.2.2 Effizienzmaßnahmen 2010-2012	30
5.2.3 Effizienz 2019.....	30
5.2.3.1 Auslastung.....	30
5.2.3.2 Energieeffizienz.....	30
5.2.3.3 Ressourceneffizienz	30

5.2.4	KPI4DCE-Kennwerte.....	31
5.2.5	Mengengerüst.....	31
5.2.6	Messungen zum Nutzen der IT-Komponenten.....	31
5.2.7	Abiotischer Rohstoffverbrauch (ADP).....	31
5.2.7.1	ADP Server	31
5.2.7.2	ADP Speicher.....	32
5.2.7.3	ADP Infrastruktur	32
5.2.8	Treibhauseffekt (Global Warming Potential, GWP).....	32
5.2.8.1	GWP Server	32
5.2.8.2	GWP Speicher	32
5.2.8.3	GWP Infrastruktur.....	32
5.2.9	Wasserverbrauch (Water Demand, WD).....	32
5.2.9.1	WD Server	32
5.2.9.2	WD Speicher	33
5.2.9.3	Gesamtauswertung.....	33
5.2.10	Fazit.....	33
5.3	Bestandsrechenzentrum: Höchste Verfügbarkeit (RZ3)	35
5.3.1	Unternehmensbeschreibung/Hintergrund/Szenario.....	35
5.3.2	KPI4DCE-Kennwerte.....	35
5.3.3	Mengengerüst.....	36
5.3.4	Messungen zum Nutzen der IT-Komponenten.....	36
5.3.5	Abiotischer Rohstoffverbrauch (ADP).....	36
5.3.5.1	ADP Server	36
5.3.5.2	ADP Speicher.....	36
5.3.5.3	ADP Netzwerk	36
5.3.5.4	ADP Infrastruktur	36
5.3.6	Treibhauseffekt (Global Warming Potential, GWP).....	37
5.3.6.1	GWP Server	37
5.3.6.2	GWP Speicher	37
5.3.6.3	GWP Netzwerk.....	37
5.3.6.4	GWP Infrastruktur.....	37
5.3.7	Wasserverbrauch (Water Demand, WD).....	37
5.3.7.1	WD Server	37
5.3.7.2	WD Speicher	37

5.3.7.3	WD Netzwerk.....	38
5.3.7.4	Gesamtauswertung.....	38
5.3.8	Fazit.....	39
6	Best Practice-Beispiel mit KPI4DCE im Feld.....	40
6.1	Bestandsrechenzentrum als Best Practice-Beispiel: Abwärmenutzung (RZ4).....	40
6.1.1	Unternehmensbeschreibung/Hintergrund/Szenario.....	40
6.1.2	Einsparungen	42
6.1.3	KPI4DCE-Kennwerte.....	42
6.1.4	Mengengerüst.....	43
6.1.5	Messungen zum Nutzen der IT-Komponenten.....	43
6.1.6	Abiotischer Rohstoffverbrauch (ADP).....	43
6.1.6.1	ADP Server	43
6.1.6.2	ADP Speicher.....	43
6.1.6.3	ADP Netzwerk	43
6.1.6.4	ADP Infrastruktur	44
6.1.7	Treibhauseffekt (Global Warming Potential, GWP).....	44
6.1.7.1	GWP Server	44
6.1.7.2	GWP Speicher	44
6.1.7.3	GWP Netzwerk.....	44
6.1.7.4	GWP Infrastruktur.....	44
6.1.7.5	Gesamtauswertung.....	45
7	Weitere Untersuchungen zu Best Practice Beispielen	46
7.1	Einsparungen durch weltweite Datenreduzierung in den ERGO Rechenzentren (RZ5)	46
7.1.1	Unternehmensbeschreibung/Hintergrund/Szenario.....	46
7.1.2	Kennwerte.....	47
7.2	Windkraft-RZ mit Abwärmenutzung und CO ₂ -Absorption (RZ6)	47
7.2.1	RZ-Beschreibung/Unternehmensbeschreibung	47
7.2.2	Mengengerüst.....	48
7.2.3	Auswertung der Berechnung der Energie- und Ressourceneffizienz	48
8	Quellenverzeichnis	50

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Relative Verteilung der Umweltwirkung in % für RZ1	27
Abbildung 2: Relative Verteilung der Umweltwirkung in % für RZ2	33
Abbildung 3: Absolute Gesamtleistung und IT-Leistung in kWh für RZ2	34
Abbildung 4: Relative Verteilung der Umweltwirkung in % für RZ3	38
Abbildung 5: Asetek Kühlkonzept für RZ4	41
Abbildung 6: Relative Verteilung der Umweltwirkung in % für RZ4	45

Abkürzungsverzeichnis

ADP	Abiotic Resource Depletion Potential
CER	Cooling Efficiency Ratio
DCE	Data Centre Efficiency
DX	Direktverdampfer
ERF	Energy Reuse Factor
FM	Facilitymanagement
GWP	Global Warming Potential
IT	Informationstechnik
JAZ	Jahresarbeitszahl (zukünftig CER)
KEA	Kumulierter Energieaufwand
KPI	Key Performance Indicator
PUE	Power Usage Effectiveness
RE	Ressourceneffizienz
RZ	Rechenzentrum
TGA	Technische Gebäudeausstattung
ULK	Umluftkühlgerät
USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung

Einleitung

In diesem Bericht werden die Ergebnisse der Felduntersuchungen unter Anwendung der Methode KPI4DCE anhand von Praxispartner der Rechenzentren (RZ-Praxispartner) zusammengefasst. Anhand der Kennzahlen konnten die positiven Wirkungen auf die Umwelt durch die durchgeführten Effizienz-Maßnahmen in den Rechenzentren quantitativ aufgezeigt werden.

Es wurden konkrete Fallbeispiele für die Nutzung von Abwärme, das IT-Outsourcing und die IT-Konsolidierung in Rechenzentren (RZ) mit Anforderungen an höchste Verfügbarkeit und Mehr-Standort-Strategien ausgewertet.

Die technischen und organisatorischen Lösungen der RZ-Praxispartner für die Effizienz ihrer Rechenzentren wurden anhand des KPI4DCE-Indikatorensets analysiert.

Die verschiedenen untersuchten Rechenzentren zeigen Ergebnisse zu den folgenden Schwerpunkten:

- ▶ Optimales Lastmanagement bei Colocation-Dienstleister
- ▶ Höchstverfügbarkeit und Energieeffizienz
- ▶ Energieeffizienz durch hohe IT-Performance
- ▶ Abwärmenutzung
- ▶ Mit Datensparsamkeit zu Energieeinsparungen
- ▶ Grünes RZ mit Wind und Algen

Maßnahmen zur Erhöhung der Rohstoffeffizienz (ADP)

Die größten Potenziale für die Verbesserung der Rohstoffeffizienz sind beim Einsatz und Betrieb der Informationstechnik vorhanden. Innerhalb der Informationstechnik (Server, Speichersysteme und Netzwerktechnik) wiederum liegt das größte Potential bei den Servern. Sie haben in der Regel den größten Anteil am IT-Bestand und am Energieverbrauch in der Nutzungsphase. Bei Rechenzentren mit einem großen Anteil an Speichersystemen müssen Maßnahmen für die Effizienzverbesserung auch für Speichersysteme entwickelt und umgesetzt werden. Bei den Speichersystemen ist der Anteil des Rohstoffbedarfes in der Herstellungsphase häufig größer als der bei den Servern und der Netzwerktechnik, somit sind Maßnahmen zur Reduzierung des Bedarfs an Speichersystemen besonders zu empfehlen.

Die Nutzungsphase (Strombedarf im Betrieb) bietet dem RZ-Betreiber verschiedene Handlungsmöglichkeiten den Rohstoffeinsatz zu reduzieren. Eine wirkungsvolle Maßnahme ist der Einsatz von Virtualisierung, durch die der Energiebedarf der Server verringert wird. Im zweiten Schritt kann die RZ-Infrastruktur auf die optimierte Serverlandschaft angepasst werden.

Treibhauseffekt (Global Warming Potential, GWP)

An den Gesamt-Treibhausgasemissionen der Server hat die Herstellungsphase in der Regel einen geringen Anteil. Die Effizienzpotenziale mit der größten Wirkung auf die Klimabilanz liegen in der Nutzungsphase (Strombedarf im Betrieb). Maßnahmen wie der Strombezug aus erneuerbaren Energien, der Einsatz von eigenen Anlagen zur Stromerzeugung (z.B. Block-Heizkraft-Werk) und die Nutzung der RZ-Abwärme sowie die Reduzierung der Hardware durch optimale Auslastung können die Treibhausgasemissionen senken.

Abwärmenutzung

Die für den Betrieb eines Rechenzentrums benötigte elektrische Energie wird in Wärme umgewandelt. Diese Abwärme könnte im Idealfall genutzt werden. Die Abwärme des RZ sinnvoll nutzen zu können, hängt ganz entscheidend vom Temperaturniveau ab. Ob der Einsatz zusätzlicher Energie für die Wärmepumpen einen ökologischen Vorteil in der Gesamtbetrachtung darstellt, muss im Einzelfall geprüft werden.

Hinweise:

Der Anteil der RZ-Infrastruktur beim ADP ist bei den hier betrachteten Kennwerten gering, weil in der Berechnung des ADP für die Infrastruktur nur die Herstellung der Batterien aus der Anlage zur unterbrechungsfreien Stromversorgung berücksichtigt werden.

Die Aufteilung der Ressourceninanspruchnahme auf die RZ-Teilbereiche ist bei den Treibhausmissionen (GWP) und dem kumulierten Energieaufwand (KEA) in den untersuchten Rechenzentren nahezu identisch. Daher wird hier lediglich das GWP dargestellt.

Die Kennwerte KEA und GWP können sich dann stark unterscheiden, wenn der Strom aus erneuerbaren Energien bezogen wird oder die Klimatisierung mit Kälteanlagen auf Basis von F-Gas Kältemitteln erfolgt. Da der KEA die Summe aller Primärenergieinputs darstellt, lässt sich mit ihm die Energieeffizienz eines Rechenzentrums gut beurteilen. Der Kennwert GWP wiederum bildet die Summe über die Klimagase, die durch die jeweiligen Energieträger entstehen. Die Beurteilung der Energieeffizienz beim Einsatz von regenerativer Energie ist daher nur eingeschränkt möglich. Jedoch sind im GWP die Klimagase aufsummiert, die bei Leckagen von F-Gas-haltigen Kältemitteln entstehen.

Bei den hier verwendeten Kennwerten wird der Wasserverbrauch ausschließlich über den Bedarf für das Kühlsystem in der Nutzungsphase ermittelt. Der Wasserbedarf für die IT-Komponenten in der Herstellung wird nicht berücksichtigt.

Summary

This report summarizes the results of the field inquiry using the KPI4DCE method on a number of data centers (DC practice partners). Based on these indicators, the positive effects on the environment caused by implemented efficiency measures in the data centers could be shown in a measurable way.

Concrete case examples for using waste heat, IT outsourcing and IT consolidation in data centers (DC) with highest requirements on availability and multi-site strategies were evaluated.

The technical and organizational solutions of the DC practice partners regarding efficiency of their data centers were analyzed based on the KPI4DCE indicator set.

The different investigated data centers are showing results regarding the following key aspects:

- ▶ Optimized load management at a colocation provider
- ▶ Highest availability and energy efficiency
- ▶ Energy efficiency due to high IT performance
- ▶ Waste heat recovery
- ▶ Energy saving by data minimization
- ▶ Green DC with wind and algae

Measures to increase the abiotic depletion potential (ADP)

The highest potentials to optimize the ADP are found in the selection and operations of information technology. Again, within the information technology (servers, storage systems, network technology) the servers are showing the highest potential. Generally, they have the highest share in installed IT systems as well as in energy consumption during their utilization phase. Additional measures for efficiency optimization of storage systems must be developed and implemented in data centers showing a wide share in storage systems. The share in need for raw material during the manufacturing phase of storage systems is in many cases higher than for servers or network technology. Hence, measures to reduce the need of storage systems are especially recommended.

The utilization phase (power requirement during operations) is allowing the DC operator different options of action to reduce the raw material charge. An effective measure is the use of virtualization which is reducing the energy requirement of servers. The DC infrastructure can be adapted to the optimized server landscape in a second step.

The abiotic depletion potential can be defined as a procurement parameter for IT components for example.

Global warming potential (GWP)

The manufacturing phase of servers has generally a small share in the total greenhouse gas emissions. The efficiency potentials with the highest impact on the climate balance are found in the utilization phase (power requirement during operations). Measures like obtaining energy from renewable sources, running own facilities for power generation (e.g., block-type thermal power station) and using DC waste heat as well as decrease of hardware by optimized capacity utilization can reduce the greenhouse gas emissions.

Waste heat recovery

The electrical energy needed for running a data center is transformed to heat. This waste heat can be recovered in ideal circumstances. Using waste heat of data centers in a meaningful way is depending mainly on the level of temperatures. It must be verified in a case-by-case review if the application of additional energy for heat pumps provides an ecological advantage in the overall view.

Notes:

Regarding the examined KPIs, the share in DC infrastructure in the ADP is low as for the calculation of the ADP for the infrastructure only the manufacturing of batteries from the uninterruptible power supplies is considered.

The distribution of raw material charge to the DC subdomains is nearly identical for the investigated data centers regarding global warming potential (GWP) and cumulated energy demand (CED or KEA). Therefore, only GWP is depicted here.

The indicators CED and GWP can be significantly different if power from renewal sources is used or climatization is realized with chillers based on F-gas coolants. Energy efficiency of a data center can be evaluated based on the CED as it represents the total of all primary energy input. In turn, the indicator GWP represents the total of all greenhouse gases emerged from each respective energy source. Hence, the evaluation of the energy efficiency when using renewable energies is limited. However, the GWP is summarizing climate gases arose from leakages of coolants containing F-gases.

Regarding the here use indicators, water consumption is exclusively evaluated for the need of the cooling system during the utilization phase. Water consumption concerning the manufacturing phase of IT components is not included.

1 Zusammenfassung

Die verschiedenen Praxisbeispiele zeigen, dass es unterschiedliche Wege zu einer höheren Energieeffizienz von Rechenzentren gibt. Auch wird transparent, dass es Einflüsse aus der jeweiligen Betriebssituation gibt. Eine Kombination verschiedener vorgestellter Maßnahmen ist möglich und führt im Gesamtergebnis voraussichtlich zu einem noch besseren Ergebnis.

Hier noch einmal kurz in der Übersicht die verschiedenen Lösungsansätze:

RZ1: Optimales Lastmanagement bei Colocation-Dienstleister

Auch in einem Rechenzentrum, in dem Colocation-Dienste in Kombination mit dem Betrieb eigener IT angeboten werden, kann die RZ-Infrastruktur energieeffizient betrieben werden. Die Herausforderung eines Colocation-Anbieters durch ein nur schwer planbares Wachstum der IT-Besiedlung konnte die regioIT mit einem optimalen Lastmanagement bei der RZ-Infrastruktur begegnen - das RZ1 konnte seinen PUE-Wert weitestgehend konstant halten. Die PUE liegt bei 1,4.

RZ2: Energieeffizienz durch hohe IT-Performance

Das Beispiel der Jinit[AG] zeigt, wie die Energieeffizienz im Betrieb des eigenen Rechenzentrums mit einfachen Maßnahmen gesteigert werden konnte und wie sich die Energieeffizienz beim kürzlich erfolgten Umzug in ein Colocation-RZ entwickelt hat. Der Vergleich zwischen den Jahren 2019 (vor dem Umzug) und 2020 (nach dem Umzug) zeigt deutlich die Effekte durch die Maßnahmen im Bereich der Informationstechnik (IT). Durch die Virtualisierung von IT-Diensten zusammen mit der IT-Konsolidierung und dem Einsatz von energieeffizienter IT-Hardware konnte die IT-Performance deutlich gesteigert werden.

Zuvor konnte RZ2 die Energieeffizienz des eigenen RZ mit einfachen und kostengünstigen Maßnahmen deutlich verbessern. Hier zeigt sich, wie das Zusammenspiel von RZ-Infrastruktur und IT-Performance im Lauf von 10 Jahren optimiert wurde.

RZ3: Höchstverfügbarkeit und Energieeffizienz

Das Fallbeispiel der Bausparkasse Schwäbisch Hall belegt, dass ein energieeffizienter RZ-Betrieb bei höchster Verfügbarkeit der IT-Dienste möglich ist. Die Messungen im Projekt haben gezeigt: Auch mit mehrfach redundanten Systemen und einer 2-Standort-Strategie für einen Verfügbarkeitsanspruch gemäß Verfügbarkeitsklasse VK4 kann ein PUE-Wert von unter 1,5 erreicht werden.

RZ4: Abwärmenutzung

Die sinnvolle Nutzung von Abwärme aus Rechenzentren kann die Gesamtbewertung der Klimawirkung eines Rechenzentrums verbessern. Ob und mit wieviel Aufwand die Abwärme des Rechenzentrums genutzt werden kann, hängt nicht zuletzt vom Temperaturniveau ab. Eine Flüssigkeitskühlung (hot-water-cooling) der IT-Komponenten ist in der Lage sehr hohe Temperaturen für eine Wärmenutzung zur Verfügung zu stellen. Dadurch verringert sich der Aufwand für die direkte Nutzung der Abwärme und das Anwendungsspektrum vergrößert sich. Im Best Practice-Beispiel des Asetek Mini Data Centres können bis zu 60°C im Kühlmedium erreicht werden. Damit ist eine effiziente und wirtschaftliche Nutzung der Abwärme z.B. in einem Nah- oder Fernwärmenetz möglich. Andere Konzepte zur Abwärmenutzung für geringe Temperaturen (20-30°C) im Kühlmedium, die auf dem Einsatz von Wärmepumpen basieren, sollten im Einzelfall auf die Energieeffizienz geprüft werden.

RZ5: Mit Datensparsamkeit zu Energieeinsparungen

Am Beispiel des RZ5 wird transparent, wie die Energieeffizienz auch durch untypische Maßnahmen verbessert werden kann. Durch regelmäßiges Löschen von nicht mehr benötigten Datenbeständen sinkt die benötigte IT-Leistung und damit der Bedarf an Strom- und Klimatisierungsleistung. Die ITERGO liefert hier ein anschauliches Beispiel für eine rein organisatorische Maßnahme als Beitrag zur Energieeffizienz.

RZ6: Grünes RZ mit Wind und Algen

Die Windcloud 4.0 GmbH betreibt ein nachhaltiges Rechenzentrum mit Strom aus eigener Windkraft und Abwärmenutzung für eine Algenzucht. Das Beispiel der Windcloud zeigt, dass die Reduzierung der Umweltlasten nicht an der RZ-Grenze haltmachen müssen. Zwischen 50 und 60 Prozent der Abwärme des Rechenzentrums wird sinnvoll für die Algenzucht verwendet, die u.a. in der Kosmetik-Industrie eingesetzt werden.

Fazit

Aus den Ergebnissen der untersuchten Praxisbeispiele lassen sich konkrete Empfehlungen für einen energieeffizienten und ressourcenschonenden Betrieb von Rechenzentren ableiten.

2 Energiebedarf von Rechenzentren

Nach den IT-Trends Cloud-Computing, das Internet der Dinge, die Industrie 4.0 und Big Data folgt nun der nächste Trend: intelligente Technologien (künstliche Intelligenz, KI). Damit wird sich der Trend zu einem immer größeren Ressourcenbedarf für die notwendige Informationstechnologie fortsetzen. Denn eine größere Anzahl an Geräten verbrauchen mehr Energie und ihre Herstellung belastet die Umwelt und verbraucht Rohstoffe.

Der steigende Bedarf an Energie und Rohstoffen muss von der Innovations- und Wachstumsdynamik der Rechenzentren entkoppelt werden, um die Herausforderungen der Digitalisierung mit der Belastung der Umwelt in Einklang zu bringen. Verbesserte Wirkungsgrade sichern auch die Wettbewerbsfähigkeit auf einem zunehmend internationalen Markt und verringern die Kosten bei steigenden Energie- und Rohstoffpreisen.

Um den massiven Ausbau von Rechenzentren zukünftig noch energie- und ressourceneffizienter zu gestalten, werden Kennwerte benötigt, die die tatsächliche Effizienz von Informationstechnik (IT) und technische Gebäudeanlagen (TGA) in Rechenzentren transparent und richtungssicher abbilden.

Im vorliegenden Projekt wurde die Methodik zur Bewertung von Rechenzentren mit Effizienzkennzahlen (KPI4DCE – Key Performance Indicators for Data Centre Efficiency¹) in sechs Rechenzentren angewendet. Mit den Kennzahlen können Aussagen über die Effizienz der Rechen-, Speicher- und Datenübertragungsleistung sowie die der TGA im Rechenzentrum getroffen werden. Die KPI4DCE-Kennzahlen werden jeweils berechnet als der Quotient aus Nutzen und Aufwand. Dabei wird die Herstellung von Informationstechnik und den Betrieb des Rechenzentrums in die Berechnung der vier Wirkungskategorien Rohstoffaufwand (ADP), Treibhausgasemissionen (GWP), Kumulierter Energieaufwand (KEA) und Wasserverbrauch mit einbezogen. Die Felduntersuchungen zeigen, dass die Methode KPI4DCE gut geeignet ist, die Effizienz eines Rechenzentrums zu ermitteln und kommunizierbar darzustellen.

¹ Kennzahlen und Indikatoren für die Beurteilung der Ressourceneffizienz von Rechenzentren und Prüfung der praktischen Anwendbarkeit UBA 2018;
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-02-23_texte_19-2018_ressourceneffizienz-rechenzentren.pdf

3 Maßnahmen zur Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz von Rechenzentren

Die Erfahrungen und Ergebnisse aus dem Projekt KPI4DCE 2.0 zeigen, dass es für die RZ-Praxis sinnvoll ist, Effizienzmaßnahmen grundsätzlich mit IT- und Facility-Management gemeinsam zu planen und umzusetzen. Für die optimale Umsetzung von Effizienzmaßnahmen im RZ hat sich ein abgestimmtes Vorgehen in der Praxis als hilfreich erwiesen.

Im ersten Schritt sollten immer die möglichen Effizienzpotentiale der IT betrachtet werden. Vor dem Hintergrund der IT-Strategie sollte geprüft werden, welche Potentiale sich aus den zukünftigen Entwicklungen in der IT-Hardware und der Software ergeben.

Im zweiten Schritt sollten die Bedarfe, die aus der IT-Strategie und der IT-Effizienzmaßnahmen resultieren, mit der Auslegung der RZ-Infrastruktur angepasst werden. Z.B. sollte die Kapazitätsplanung für die IT und die RZ-Infrastruktur im Zusammenspiel mit der RZ-Verfügbarkeit (Redundanzen) und der Auslastung der RZ-Infrastruktur erfolgen. Ein wesentlicher Erfolgsfaktor ist dabei die Kommunikation zwischen IT-Betrieb und Facilitymanagement (FM). Nur so können die Synergien von Maßnahmen in der IT und im FM optimal genutzt werden.

Die Praxisbeispiele zeigen, dass der Mehraufwand für die Abstimmung zwischen IT und FM immer durch die zusätzlichen Effizienzgewinne mehr als kompensiert wurde.

In den Kapiteln 4 und 5 werden verschiedene Ansätze zur Steigerung der RZ-Effizienz anhand von vier RZ-Praxis-Partnern aus dem Forschungsprojekt KPI4DCE 2.0 vorgestellt und im Kapitel 6 zwei weiteren Felduntersuchungen. Aktuelle Themen wie z.B. die Abwärmenutzung aber auch Praxis-Erfahrungen für gängige Effizienz-Maßnahmen beim IT-Outsourcing, der IT-Konsolidierung oder für RZ mit dem Anspruch an Höchstverfügbarkeit und Mehr-Standort-Strategien wurden hier untersucht.

4 Begriffsbestimmungen

Definitionen – Kennwerte

► Abiotischer Ressourcenverbrauch (ADP)

Der abiotische Ressourcenverbrauch (Abiotic Depletion Potential, ADP) beschreibt in welchem Maße für die Erbringung einer Dienstleistung, der Herstellung, Nutzung und Entsorgung eines Produktes nicht regenerativen abiotischen Ressourcen beansprucht werden. Die Umrechnung erfolgt auf den Referenzwert Antimon (Sb), welches als seltenes Element ausgewählt wurde, um die Knappheit eines Rohstoffes zu repräsentieren. Abiotische Ressourcen sind z. B. fossile Brennstoffe, mineralische Rohstoffe (Sand, Ton, Kies, etc.), Luft, etc.

► Cooling Efficiency Ratio (CER)

Die Cooling Efficiency Ratio beschreibt das Verhältnis von der gesamten, aus dem RZ abgeführten, Wärmemenge und dem Energiebedarf der RZ-Kühlsysteme. (siehe DIN EN 50600-4-7:2019)

Hinweis: Die CER basiert auf Messwerten zum jährlichen Energiebedarf im realen RZ-Betrieb. Die Verwendung von Messdaten aus Herstellerangaben gemäß (S)EER ist für die Bestimmung des CER nicht zulässig.

► Designed PUE (dPUE)

Der designed PUE (dPUE) beschreibt das Verhältnis aus geplantem Energiebedarf des RZ zu geplantem Energiebedarf der IT. Im Rahmen der Planung eines RZ-Neubaus bzw. eines RZ-Umbaus kann auf der Basis von Prognosen für die IT-Auslastung bzw. die Ausbaustufen der Gebäudetechnik ein theoretischer PUE-Wert berechnet werden.

► Effektivität (Effectiveness)

Effektivität ist ein Maß für die Wirksamkeit und beschreibt das Verhältnis von erreichtem Ziel zu definiertem Ziel. Die Effektivität gibt Aufschluss darüber, wie groß der Anteil des erzielten Ergebnisses am angestrebten Ziel ist.

► Effizienz (Efficiency)

Die Effizienz beschreibt das Verhältnis von Nutzen zu Aufwand. Die Effizienz gibt Aufschluss darüber, mit wieviel Aufwand das Ziel erreicht wurde.

► Energy Reuse Factor (ERF)

Der Energy Reuse Factor (ERF) beschreibt die Wiederverwendung der im RZ genutzten Energie. Der ERF ist definiert als das Verhältnis der wiederverwendeten Energie geteilt durch die Summe aller im RZ verbrauchten Energie. Der ERF betrachtet ausschließlich die Energie, die außerhalb des Rechenzentrums für externe Nutzungen verwendet wird.

Hinweis: Die Wiederverwendung von Energie innerhalb des RZ ist nicht Bestandteil des ERF und wird in der PUE berücksichtigt.

► Global Warming Potential (GWP), auch Treibhausgaspotenzial

Das Treibhausgaspotenzial (GWP) beschreibt den Beitrag von Treibhausgasen, die zur Erwärmung der Erdatmosphäre über einen bestimmten Zeitraum führt. Im GWP wird der Beitrag aller Treibhausgase erfasst und anhand ihres Treibhausgaspotenzial in Relation zum wichtigsten anthropogenen Treibhausgas – Kohlendioxid (CO₂) angegeben.

► Jahresarbeitszahl (JAZ)

Siehe CER. Die Jahresarbeitszahl wird zukünftig durch die CER ersetzt.

Hinweis: Die hier ermittelten Werte entsprechen alle der Definition für die CER.

► Power Usage Effectiveness (PUE)

Die Power Usage Effectiveness (PUE) beschreibt die Energieeffizienz der RZ-Gebäudetechnik. Die PUE setzt den Strombedarf des gesamten RZ ins Verhältnis zum IT-Strombedarf.

► Ressourceneffizienz (RE)

Die Ressourceneffizienz (RE) beschreibt das Verhältnis eines bestimmten Nutzens oder Ergebnisses zum dafür nötigen Ressourceneinsatz.

Definitionen – Begriffe

► Colocation-Anbieter

Der Colocation-Anbieter betreibt das RZ primär zum Zweck des Verkaufs oder der Vermietung von anteiligen Flächen mit dazugehöriger Stromversorgung, Klimatisierung, physikalischem Datennetzanschluss und Sicherheitstechnik an die Kunden, die die IT installieren und verwalten.

► Colocation-Kunde

Der Colocation-Kunde kauft oder mietet einen Teil der Fläche, den notwendigen Strom und die anteilige Klimatisierung eines RZs von einem Colocation-Anbieter und besitzt und verwaltet die IT.

► CO₂-Äquivalent

Das CO₂-Äquivalent gibt an, wie sehr ein Gas in einem bestimmten Zeitraum im Vergleich zur gleichen Menge CO₂ zur Erderwärmung beiträgt.

► Managed Service Provider (MSP)

Der Managed Service Provider (MSP) besitzt und verwaltet die RZ-Fläche, den Strom, die Klimatisierung, die IT-Geräte und Anteile der Software, um den Kunden IT-Dienste zu liefern. Dies beinhaltet konventionelles IT-Outsourcing.

► Natürliche Ressourcen

Zu natürlichen Ressourcen zählen erneuerbare und nicht erneuerbare Primärrohstoffe, physischer Raum (Fläche), Umweltmedien (Wasser, Boden, Luft), strömende Ressourcen (z.B. Erdwärme, Wind-, Gezeiten- und Sonnenenergie) sowie die Biodiversität.

► Rechenzentrum (RZ)

Ein Rechenzentrum ist ein in sich geschlossenes System, das zentralisierte IT-Systeme (Hard- und Software) sowie die zum Betrieb erforderlichen Räumlichkeiten und gebäudetechnischen Versorgungs- und Sicherheitsinfrastrukturen umfasst, um die dauerhafte und zuverlässige Berechnung, Speicherung und Übertragung großer Mengen digitaler Daten zu ermöglichen. [UBA, 2018]

► Ressourceneffizienz

Ist das Verhältnis eines bestimmten Nutzens zum dafür notwendigen Einsatz von natürlichen Ressourcen. Nicht zu verwechseln mit Rohstoffeffizienz.

► Treibhauseffekt

Unter dem Treibhauseffekt wird die klimarelevante Veränderung der Atmosphäre durch den anthropogenen Beitrag von Treibhausgasemissionen verstanden, die zu einer Erwärmung der Erde führt.

► Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit beschreibt die Fähigkeit einer Einheit, zu einem gegebenen Zeitpunkt oder während eines gegebenen Zeitintervalls eine geforderte Funktion unter gegebenen Bedingungen erfüllen zu können, vorausgesetzt, dass die erforderlichen äußeren Hilfsmittel bereitgestellt sind. (IEC 60050-192).

► Verfügbarkeitsklasse (VK)

Die Verfügbarkeitsklasse beschreibt die Verfügbarkeit der Gesamtheit aller RZ-Infrastrukturen. Die Verfügbarkeitsklassen VK1 (geringe Verfügbarkeit) bis VK4 (sehr hohe Verfügbarkeit) sind in der DIN EN 50600-1:2019 beschrieben.

5 Felduntersuchungen von Rechenzentren unter Anwendung von KPI4DCE

5.1 Bestandsrechenzentrum: Effizienz bei kommunalen Rechenzentren (RZ1)

Daten & Fakten

Betreiber: regioIT (Kommunaler IT-Dienstleister)

Funktion: RZ für Managed Services und Colocation

Standort: Deutschland

Gesamte RZ-Anschlussleistung im Endausbau: 1.250 kVA

Maximale IT-Nennleistung: 600 kWel

Aktuelle IT-Nennleistung: 280 kWel für die unternehmenseigene IT und 300 kWel für die Colocation-Bereiche

Gesamte verfügbare IT-Fläche: 600 m²

Verfügbarkeitsklasse: VK3

Kennwerte: DCiE = 0,71 (PUE = 1,40)

Internet: <https://www.regioit.de/>

Messzeitraum: 01.07.2019 bis 30.06.2020

5.1.1 Unternehmensbeschreibung/Hintergrund/Szenario

Als kommunaler IT-Dienstleister ist das Unternehmen Partner für Kommunen und Schulen, Energieversorger und Entsorger sowie Non-Profit-Organisationen. Die Hauptgeschäftsfelder sind IT-Service und Betrieb, Verwaltung und Finanzen, Bildung und Entwicklung. Derzeit hat das Unternehmen ca. 600 Mitarbeiter.

Das Unternehmen betreibt insgesamt drei RZ. Diese RZ sind darauf ausgelegt, sensible Bürger- und Kundendaten zu verarbeiten und zu speichern. Das Unternehmen bietet seinen Kunden höchste Vertraulichkeit und Verfügbarkeit auf der Basis moderner IT-Infrastrukturen. Das Dienstleistungsangebot beinhaltet die Planung und Konzeption, die Implementierung sowie die Administration und Wartung von IT-Infrastrukturen.

Für das Forschungsprojekt KPI4DCE 2.0 wurde ein RZ gewählt, im Folgenden RZ1 genannt, mit dem das Unternehmen sowohl als Betreiber als auch als Colocation-Anbieter auftritt. Der Betreiber von RZ1 ist daher nur für ca. die Hälfte der IT-Komponenten verantwortlich. Die anderen IT-Komponenten liegen in der Verantwortung von Colocation-Kunden.

5.1.2 KPI4DCE-Kennwerte

Als RZ-Praxis-Partner im Forschungsvorhaben KPI4DCE hat das RZ1 umfangreiche Datensätze erhoben und für die Auswertung zur Verfügung gestellt. Mit den Messergebnissen aus der IT-Performance und den Energiebedarfen im RZ1 konnten folgende Kennwerte aus dem KPI4DCE ermittelt werden:

Energieeffizienz der RZ-Infrastruktur

Data Centre Infrastructure Efficiency (DCiE) = 0,71 (PUE = 1/DCiE = 1,40)

Seit 2015 werden der RZ-Strombedarf und die IT-Performance im RZ1 detailliert gemessen und analysiert. Die Messungen aus dem Jahr 2019 zeigen, dass von dem jährlichen Strombedarf² im RZ-Betrieb 71% für die IT-Komponenten benötigt werden; 29% werden für den Strombedarf der RZ-Infrastruktur (Kühlung, USV-Verluste, etc.) aufgewendet. Das RZ1 hatte im Jahr 2019 einen Gesamt-Strombedarf von ca. 2.500 MWh pro Jahr. Wobei ungefähr die Hälfte des Gesamt-Strombedarfes durch den Betrieb der unternehmenseigenen IT verursacht wird; die andere Hälfte ist dem Colocation-Bereich zuzuordnen. Die RZ-Infrastruktur ist mittlerweile zu 100% ausgelastet.

Energieeffizienz des Kühlsystems

Jahresarbeitszahl (JAZ) = 3,65

Pro Jahr wird in RZ1 1.947 MWh Wärmeenergie mit einem jährlichen Strombedarf von 532 MWh für das Kühlsystem abgeführt. Aufgrund des Colocation-Betriebes ist es allerdings nur bedingt möglich die hohen Temperaturen in der Abluft aus den Serverräume bei einen längeren Frei-Kühlbetrieb zu nutzen. Da mit dem Kühlsystem eine Trennung zwischen den Temperaturniveaus aus den eigenen Räumen und den Colocation-Bereichen nicht möglich ist, können die vergleichsweise niedrigen Temperaturen (6°/12°C) im Kaltwassersatz nicht weiter angehoben werden. Das Einsparpotenzial durch den Einsatz freier Kühlung ist daher begrenzt.

5.1.3 Mengengerüst

Die rund 240 Server im RZ1 haben eine durchschnittliche Nutzungsdauer von 6 Jahren und eine mittlere CPU-Auslastung von 30%. In Summe ist hier eine Leistung von ca. 250 kW installiert. Zusätzlich werden im RZ1 knapp 40 externe Speichersysteme mit einer Nennleistung von insgesamt knapp 25 kW betrieben. Die durchschnittliche Nutzungsdauer liegt hier bei 5 Jahren.

5.1.4 Messungen zum Nutzen der IT-Komponenten

Die Server im RZ1 erbringen in Summe eine Rechenleistung von 1.500 Milliarden OPS pro Jahr und die externen Speichersysteme sind im Jahresdurchschnitt mit 1.100 Terabyte belegt. Für das RZ1 liegen keine Messdaten zur Performance der Netzwerkkomponenten vor.

5.1.5 Abiotischer Rohstoffverbrauch (ADP)

5.1.5.1 ADP Server

$ADP_{\text{Server}} = 78,2$ Milliarden OPS/kg Sb eq

Die Bewertung der Ressourceninanspruchnahme erfolgt anhand der Rohstoffeinheit Antimon Äquivalente in kg. In Bezug auf 1 kg eingesetzten Rohstoffe werden 78,2 Milliarden Rechenoperationen (OPS) erbracht. Das bedeutet, dass für 78,2 Milliarden Rechenoperationen (OPS) 1 kg Rohstoffe gebraucht werden. Der gesamte Rohstoffverbrauch für den Bereich Server beträgt durchschnittlich 19,17 kg Sb eq. pro Jahr. Davon entfallen 58% auf die Herstellungsphase.

² Der Strombedarf und die damit verbundenen Ressourcen wurden für das gesamte RZ1 (Eigennutzung und Colocation) gemessen. Für den Nutzen (IT-Performance) wurden nur die IT-Komponenten des RZ-Betreibers untersucht; es wird angenommen, dass die Performance in den Colocation-Bereichen ähnlich ist, da dort auch vielfach die gleichen Anwendungen aus dem kommunalen Bereich betrieben werden.

5.1.5.2 ADP Speicher

$ADP_{\text{Speicher}} = 182.590 \text{ GB/kg Sb-eq.}$

Mit einer Rohstoffeinheit (kg Antimon-Äquivalente) werden 182.590 GB Speicherplatz aktiv genutzt. Der gesamte Rohstoffeinsatz für die Speichersysteme liegt bei 6,22 kg Sb-eq. pro Jahr. Beim Rohstoffeinsatz für die Speicher hat die Herstellungsphase einen Anteil von 79%.

5.1.5.3 ADP Netzwerk

Insgesamt werden durch die Netzwerktechnik durchschnittlich 2,73 kg Sb-eq. pro Jahr verbraucht. Davon sind 88% der Herstellungsphase und 12% der Nutzungsphase zuzuordnen. In der Nutzungsphase machen die Netzwerkgeräte 2% des gemessenen RZ-Strombedarfes aus.

5.1.5.4 ADP Infrastruktur

$ADP_{\text{Infra}} = 89\%$

Von den eingesetzten Rohstoffen im RZ1 werden 11% von der RZ-Infrastruktur genutzt. 89% der Rohstoffe werden von der IT genutzt. Für das gesamte RZ werden pro Jahr durchschnittlich 31,71 kg Sb-eq. Rohstoffe eingesetzt. Davon entfallen 58% auf die Herstellung der IT und 42% auf die Nutzungsphase (Strom-/Brennstoffbedarf und Kältemittel). Der wesentliche Einflussfaktor in der Nutzungsphase ist der Strombedarf (13,22 kg Sb-eq.).

5.1.6 Treibhauseffekt (Global Warming Potential, GWP)

5.1.6.1 GWP Server

$GWP_{\text{Server}} = 1,54 \text{ Millionen OPS/kg CO}_2\text{-eq.}$

Mit einer CO₂-Einheit (1 kg CO₂-Äquivalente) werden 1,54 Millionen Rechenoperationen (OPS) erbracht. Anders gesagt, bei 1,54 Millionen Rechenoperationen werden 1 kg Klimagase freigesetzt. Durchschnittlich werden im RZ1 durch die Server 977.131 kg CO₂-eq pro Jahr emittiert. Die Emissionen, die durch die Server verursacht werden, entstehen zum größten Teil in der Nutzungsphase. Aufgrund der Nutzungsdauer der Server von 6 Jahren hat die Herstellungsphase einen geringen Anteil von 1%.

5.1.6.2 GWP Speicher

$GWP_{\text{Speicher}} = 6,527 \text{ GB/kg CO}_2\text{-eq.}$

Mit einer CO₂-Einheit (kg CO₂-Äquivalente) werden 6,527 GB Speicherplatz aktiv genutzt. Die Speichersysteme verursachen Emissionen von durchschnittlich 173.716kg CO₂-eq. pro Jahr. Der Anteil der Herstellung liegt bei 8,6% und 91,4% entfallen auf den Strombedarf der Speicher im Betrieb.

5.1.6.3 GWP Netzwerk

Insgesamt werden durch die Netzwerktechnik 43.817 kg CO₂-eq. pro Jahr verursacht. Davon sind 9% der Herstellungsphase und 91% der Nutzungsphase zuzuordnen.

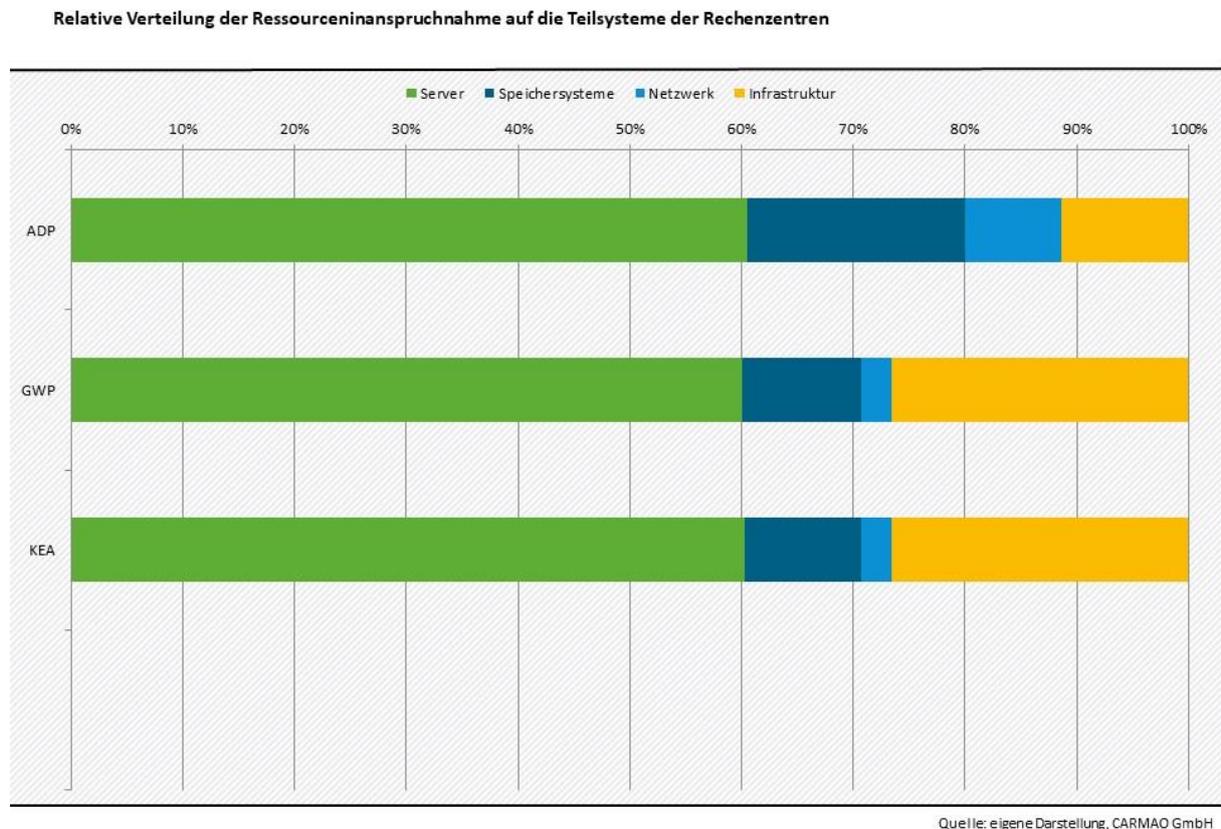
5.1.6.4 GWP Infrastruktur

$GWP_{\text{Infra}} = 73\%$

Von den Treibhausgas-Emissionen des RZ1 werden 73% von der IT verursacht und 27% werden durch die RZ-Infrastruktur verursacht. Das RZ1 verursacht Treibhausgas-Emissionen von insgesamt 1.626.631 kg CO₂-eq. pro Jahr. Der größte Teil davon entsteht in der Nutzungsphase beim Strombedarf und in geringem Maße (1,6%) durch das Kältemittel (z.B. Leckage).

5.1.6.5 Gesamtauswertung

Abbildung 1: Relative Verteilung der Umweltwirkung in % für RZ1



Die Abbildung 1 zeigt wie viele Ressourcen³ jeweils von den Servern, den Speichern, der Netzwerktechnik und der Infrastruktur im RZ1 benötigt werden. Bei der Gesamt-Klimawirkung haben die Server mit gut 60% in allen Bereichen den größten Anteil; die Netzwerktechnik hat den geringsten Anteil (ADP mit 9%, GWP mit 3%). Bei den Rohstoffen (ADP) sind nach den Servern die Speichersysteme besonders ressourcenintensiv: 20% vom gesamten Rohstoffbedarf werden von den Speichern verbraucht. Bei den CO₂-Emissionen hat die RZ-Infrastruktur den zweithöchsten Anteil (27%). Es ist zu berücksichtigen, dass bei der Betrachtung durch die lange Nutzungsdauer die Herstellungsphasen vernachlässigbar sind und so insgesamt gute Energieeffizienz erreicht wird.

5.1.7 Fazit

Das RZ1 ist ein Beispiel für die Effizienz bei Rechenzentren, die eine Kombination aus eigener IT und Colocation betreiben. Das Beispiel zeigt, dass auch bei einer kombinierten Nutzung aus vermieteter und selbst genutzter IT-Fläche eine gute Energieeffizienz (PUE = 1,4) für den Betrieb der RZ-Infrastruktur möglich ist. Dieses Ergebnis ist für einen RZ-Betrieb mit einem größeren Colocation-Anteil vergleichsweise gut.

³ Für die Ressource Wasser liegen keine Messungen vor. Das RZ1 nutzt keine adiabate Kühlung.

5.2 Bestandsrechenzentrum: Energieeffizienz durch hohe IT-Performance (RZ2)

Ausgangslage in 2011: Daten & Fakten zum RZ

Betreiber:]init[AG als Betreiber eines eigenen RZ

Standort: Deutschland, Rosenthaler Straße

RZ-Anschlussleistung: 80 kWel

IT-Nennleistung in 2011: 35 kW

IT-Fläche: 40 m²

Verfügbarkeitsklasse: VK3

Funktion: Systemhaus und Webhosting

Kennwerte: DCiE = 0,55 (PUE = 1,8)

Messzeitraum: 01.01.2011 bis 31.12.2011

Von 2011 abweichende Situation in 2019: Daten & Fakten zum RZ

IT-Nennleistung in 2019: 26 kW

Funktion: Systemhaus und Webhosting

Kennwerte: DCiE = 0,67 (PUE = 1,49)

Messzeitraum: 01.01.2019 bis 31.12.2019

Seit 2020: Daten & Fakten zum RZ

Betreiber:]init[AG als Kunde in einem Colocation-RZ

Standort: Deutschland

RZ-Anschlussleistung (Colocation): 12 MW

Maximale IT-Nennleistung (Colocation): ohne Angabe

Aktuelle IT-Nennleistung (init AG): 63 kW

Gemietete Fläche im Colocation-RZ: 60 m²

Verfügbarkeitsklasse: VK3

Kennwerte Colocation-RZ: DCiE = 0,60 (PUE = 1,65)

Internet: <https://www.init.de/>

Messzeitraum⁴: 01.01.2020 bis 31.08.2020

Stand: 24.09.2020

5.2.1 Unternehmensbeschreibung/Hintergrund/Szenario

Die]init[AG als der Colocation-Kunde ist ein Full-Service-IT-Provider für Online-Kommunikation und kundenspezifischen IT-Dienstleistungen. Die Schwerpunkte des Unternehmens sind Agentur- und Systemhaus-Dienstleistungen im Bereich E-Government für Regierungen, Verwaltungen, Stiftungen, Verbände sowie im Bereich E-Business. Die IT-Dienste

⁴ Für die Auswertung wurde der Messzeitraum auf 12 Monate angepasst. Die Anpassung erfolgt automatisch durch das KPI4DCE-Tool.

müssen hochverfügbar (VK3) sein, da für verschiedene Dienste die Anforderungen nach BSI IT-Grundsicherheitskriterien erfüllt werden müssen.

Seit Beginn der Unternehmensgründung betreibt die]init[AG ihre IT in einem eigenen RZ, im Folgenden RZ2 genannt.

Die Daten zum Energiebedarf des eigenen RZ werden seit Anfang 2010 aufgezeichnet. Die Effekte von verschiedenen Effizienzmaßnahmen wurden seitdem regelmäßig ausgewertet. Die ersten Maßnahmen zur Effizienzsteigerung wurden bereits Anfang 2010 umgesetzt. Mit umfangreichen Serverkonsolidierungen und der Optimierung des Kühlsystems konnte die PUE von 1,8 auf 1,6 verbessert werden. Damit wurden die Stromkosten um ca. 10% gesenkt. Die Investition für die Effizienzmaßnahmen lag bei ca. 15.000 Euro. Hier wurden unter anderem neue Klimasteuerungen für die Umluftkühlgeräte angeschafft. In der Investition sind auch die internen und externen Aufwendungen für die Installation und die Optimierung des Kühlsystems berücksichtigt. Der Return on Investment (ROI) wurde in weniger als 24 Monaten erreicht. Nebenbei verbesserte sich auch die Verfügbarkeit der Klimatisierung – durch ein proaktives Monitoring und Einzelsteuerung der Umluftkühlgeräte konnten Probleme bei der Klimatisierung des RZ schneller erkannt werden.

Im Jahr 2018 entschied sich der Betreiber, die IT-Geräte in ein Colocation-RZ auszulagern (Outsourcing). Bis zum 31.12.2020 wurden alle IT-Geräte aus dem unternehmenseigenen RZ in das Colocation-RZ umgezogen. Seit Anfang 2020 wird die RZ-Infrastruktur (Gebäude, Strom, Kühlung, etc.) vollständig durch den Colocation-Anbieter bereitgestellt. Im RZ2 wird weiterhin die gesamte IT-Hardware inkl. der Netzwerktechnik und alle von ihr angebotenen IT-Dienstleistungen sowie die zugehörige Software inklusive der Virtualisierung betrieben. Im Rahmen des Umzuges wurde ein großer Teil der IT-Hardware, unter Berücksichtigung der Energieeffizienz, erneuert und eine vollständige Virtualisierung der IT-Dienste umgesetzt.

Das Colocation-RZ hat eine elektrische Anschlussleistung von ca. 12 MW. Die]init[AG hat in diesem RZ eine Fläche von 60 m² mit insgesamt 12 IT-Schränken gemietet. Die aktuell installierte IT-Nennleistung beträgt 63 kW.

Hinweis: Für die Auswertung wurden die Werte für die IT-Geräte (Strombedarf, Nennleistung, Performance, etc.) detailliert erhoben; die Werte für die Gebäudetechnik wurden aus dem DCiE-Wert, Stromrechnungen, Einzelmessungen und Erfahrungswerten berechnet. Die Effizienz der RZ-Infrastruktur wird vom Colocation-Anbieter für die Stromabrechnung mit DCiE = 0,60 angegeben. Der DCiE-Wert von 0,60 (PUE = 1,65) ist für die gesamte Vertragslaufzeit festgeschrieben.

Hinweis: Die Effizienzmaßnahmen für die IT und die RZ-Infrastruktur müssen hier getrennt betrachtet werden, da die Einflussbereiche getrennt sind. Der Colocation-Kunde kann Maßnahmen in der IT umsetzen; auf die Maßnahmen zur Effizienz der RZ-Infrastruktur hat der Colocation-Kunde keinen Einfluss. Daher werden die Effizienzmaßnahmen für die RZ-Infrastruktur hier nicht weiter betrachtet. Wünschenswert wäre, wenn Colocation-Kunden regelmäßig, mindestens monatlich, Auskunft über die verbrauchte elektrische Energiemenge seiner IT-Systeme erhalten würde. Das ist die Voraussetzung für ein belastbares Monitoring und die Möglichkeit der Durchführung eines Energiemanagements.

Hinweis: Die Werte für die Kälteanlage bzw. das Kühlsystem aus dem Colocation-RZ wurden über einen Kälteverteilungsschlüssel auf den Kältebedarf des Kundenbereiches RZ2 umgelegt.

5.2.2 Effizienzmaßnahmen 2010-2012

Der Weg zu mehr Energieeffizienz für das RZ2 begann mit einer Thermographie (Wärmebildkamera). Damit wurden die „Hot-Spots“ im Serverraum identifiziert. Anschließend wurden die Lüftungsplatten des Doppelbodens in einem iterativen Vorgehen („Ausprobieren“) neu angeordnet und die IT-Schränke mit Blindblechen und Schaumstoff abgedichtet. Danach wurden die Sollwerte für die Temperaturen an den Klimaanlage angehoben. Im Ergebnis konnte ein Klimagerät abgeschaltet werden. Die vollständige Trennung (Einhausung) von Warm- und Kaltgängen war aus brandschutztechnischen Gründen nicht möglich.

Im nächsten Schritt wurden ausgediente Server abgeschaltet und die Virtualisierung (inklusive Serverkonsolidierung) ausgebaut. Das Ziel war eine mittlere Auslastung der Server von 20-30%. Allerdings ist im RZ2 die Auslastung der IT-Hardware stark abhängig vom Nutzungsprofil der Kunden, so dass die höhere Auslastung nur teilweise erreicht werden konnte.

Die Einsparungen bei den Stromkosten wurden in das RZ-Monitoring investiert: zusätzliche Temperaturfühler, neue Messgeräte zur Erfassung des Strombedarfes für die einzelnen Klimaanlage, für den nicht-USV Stromkreis und die USV-Anlage. So konnten z.B. die USV-Verlustleistungen (bis zu 16%) direkt gemessen werden. Die Maßnahmen wurden im Rahmen einer Masterarbeit an der TU Berlin wissenschaftlich begleitet und ausgewertet.

Ergebnis: Mit weniger Strombedarf konnten mehr IT-Dienste für die Kunden bereitgestellt werden. Nach Umsetzung aller Maßnahmen lag die PUE bei 1,6.

5.2.3 Effizienz 2019

5.2.3.1 Auslastung

Bis Ende des Jahres 2019 wurde die IT der]init[AG im hauseigenen RZ betrieben. Im Jahr 2019 benötigte das gesamte RZ 192.645 kWh Strom. Im normalen RZ-Betrieb und unter Berücksichtigung der Redundanzen war das Kühlsystem zu ca. 30% und die USV-Anlage zu ca. 50% ausgelastet. Ende 2019 wurde der IT-Bestand im RZ2 auf ca. 20% reduziert, damit wurde die Auslastung der RZ-Infrastruktur deutlich schlechter.

Gleichzeitig erfolgte der Aufbau der neuen IT im Colocation-RZ. Mit neuer IT-Hardware und einer neuen Virtualisierungsstrategie konnten die Auslastung und die Performance der IT-Komponenten deutlich gesteigert werden.

5.2.3.2 Energieeffizienz

Im RZ2 wurden im Jahr 2019 fast 70% des Gesamtstrombedarfes für die IT verwendet (DCiE = 0,67 bzw. PUE = 1,49). Davon wurden knapp 20% durch das Kühlsystem verbraucht. Mit der Auslagerung der IT in den letzte drei Monaten 2019 verschlechterte sich die Effizienz das Kühlsystems (JAZ) von 5,0 auf 2,0 deutlich. Im Dezember lag die DCiE nur noch bei durchschnittlich 0,4 (PUE ca. 2,5).

5.2.3.3 Ressourceneffizienz

Anfänglich wurde für viele IT-Komponenten eine Nutzungsdauer von drei bis fünf Jahren geplant. Die tatsächliche durchschnittliche Nutzungsdauer 2019 war deutlich länger: ca. 8 Jahren waren die Server, Speicher und Netzwerkgeräte im Einsatz. Durch die längere Nutzungsdauer verbesserte sich die Ressourceneffizienz des RZ2 deutlich.

Pro Kilogramm Antimon⁵ konnten $2,6 \cdot 10^{10}$ Ausgabe-Befehle (Output operations, Ops) durchgeführt werden. Der Erfolgsfaktor ist hier die Kombination aus einer guten Server-Performance und einer langen Nutzungsdauer.

Trotz der längeren Nutzungsdauer hat sich die Ressourceneffizienz der Speicher im RZ2 nur leicht verbessert. Für 1 GB belegten Speicherplatz wurde 11 kg CO₂ emittiert. Durch eine bessere Auslastung der Speicher (aktuell bei ca. 50%) könnte die Ressourceneffizienz gesteigert werden. Für die dedizierten Kunden-Dienste sind die Möglichkeiten zu einer höheren Auslastung der Speicher allerdings begrenzt. Die CPUs der Server sind im Mittel zu ca. 18% ausgelastet. Trotz eines hohen Virtualisierungsgrades sind die Potenziale auch hier noch von den Nutzungsprofilen der Kunden abhängig.

5.2.4 KPI4DCE-Kennwerte

Energieeffizienz der RZ-Infrastruktur

Data Centre Infrastructure Efficiency (DCiE)

2010: DCiE = 0,55 (PUE = 1/DCiE = 1,8)

2012: DCiE = 0,63 (PUE = 1/DCiE = 1,6)

2019: DCiE = 0,67 (PUE = 1/DCiE = 1,49)

2020: DCiE = 0,61 (PUE = 1/DCiE = 1,65)

Die Messungen zeigen, dass bis 2019 die Energieeffizienz der RZ-Infrastruktur von 1,8 auf 1,49 gesteigert werden konnte. Von dem jährlichen Strombedarf im RZ-Betrieb wurde 2010 noch 45% für die RZ-Infrastruktur benötigt – im Jahr 2019 waren es nur noch 30%. Das RZ2 hatte im Jahr 2010 einen Gesamt-Strombedarf von ca. 530 MWh pro Jahr.

5.2.5 Mengengerüst

Die Server hatten in den Jahren von 2010 bis 2019 eine mittlere Nutzungsdauer von 5 Jahren. Die mittlere CPU-Auslastung pro Server lag bei 15%. Die mittlere Nutzungsdauer der externen Speichersysteme lag in diesem Zeitraum bei 8 Jahren.

5.2.6 Messungen zum Nutzen der IT-Komponenten

Die Server erbrachten im Jahr 2019 eine Rechenleistung von 47 Milliarden OPS pro Jahr und die Speichersysteme sind im Jahresdurchschnitt mit 134 Terabyte belegt. Über die Netzwerkkomponenten lief im Jahr 2019 ein externer Datenverkehr von ca. 100.000 Terabit pro Jahr.

5.2.7 Abiotischer Rohstoffverbrauch (ADP)

Im folgende werden die exemplarischen Kennwerte für das Jahr 2019 für das RZ im Eigenbetrieb dargestellt.

5.2.7.1 ADP Server

$ADP_{\text{Server}} = 26$ Milliarden OPS/kg Sb eq.

Mit einer Rohstoffeinheit (kg Antimon) werden 26 Milliarden Rechenoperationen (OPS) erbracht. Der gesamte Rohstoffverbrauch für den Bereich Server beträgt durchschnittlich 1,82 kg Sb eq. pro Jahr. Davon entfallen 71% auf die Herstellungsphase.

⁵ Antimon als Referenzgröße für nicht erneuerbare Rohstoffe

5.2.7.2 ADP Speicher

$ADP_{\text{Speicher}} = 174.366 \text{ GB/kg Sb-eq.}$

Mit einer Rohstoffeinheit (kg Antimon-Äquivalente) werden 174.366 GB Speicherplatz aktiv genutzt. Der gesamte Rohstoffeinsatz für die Speichersysteme liegt bei 0,77 kg Sb-eq. pro Jahr. Beim Rohstoffeinsatz für die Speicher hat die Herstellungsphase einen Anteil von 86%.

5.2.7.3 ADP Infrastruktur

$ADP_{\text{Infra}} = 89\%$

Von den eingesetzten Rohstoffen im RZ2 werden 11% von der RZ-Infrastruktur und 89% von der IT genutzt. Insgesamt werden im RZ2 pro Jahr 3,18 kg Sb-eq. Rohstoffe eingesetzt. Davon entfallen 67% auf die Herstellungsphase und 33% auf die Nutzungsphase (Strom-/Brennstoffbedarf und Kältemittel).

5.2.8 Treibhauseffekt (Global Warming Potential, GWP)

5.2.8.1 GWP Server

$GWP_{\text{Server}} = 0,58 \text{ Millionen OPS/kg CO}_2\text{-eq.}$

Mit einer CO₂-Einheit (kg CO₂-Äquivalente) werden 0,58 Millionen Rechenoperationen (OPS) erbracht. Durchschnittlich werden im RZ2 durch die Server 81.441 kg CO₂-eq pro Jahr emittiert. Die Emissionen, die durch die Server verursacht werden, entstehen zu 80% in der Nutzungsphase. Die Herstellungsphase hat einen Anteil von 20%.

5.2.8.2 GWP Speicher

$GWP_{\text{Speicher}} = 9,508 \text{ GB/kg CO}_2\text{-eq.}$

Mit einer CO₂-Einheit (kg CO₂-Äquivalente) werden 9,508 GB Speicherplatz aktiv genutzt. Die Speichersysteme verursachen Emissionen von durchschnittlich 14.108 kg CO₂-eq. pro Jahr. Der Anteil der Herstellung liegt bei 11% und 89% entfallen auf den Strombedarf der Speicher im Betrieb.

5.2.8.3 GWP Infrastruktur

$GWP_{\text{Infra}} = 71\%$

Von den Treibhausgas-Emissionen des RZ2 werden 71% von der IT verursacht und 29% werden durch die RZ-Infrastruktur verursacht. Das RZ2 verursacht Treibhausgas-Emissionen von insgesamt 144.138 kg CO₂-eq. pro Jahr. Der größte Teil davon entsteht in der Nutzungsphase beim Strombedarf und in geringem Maße (3%) durch das Kältemittel (z.B. Leckage).

5.2.9 Wasserverbrauch (Water Demand, WD)

5.2.9.1 WD Server

$WD_{\text{Server}} = 34,2 \text{ Milliarden OPS/m}^3$

Mit einem Kubikmeter Wasserverbrauch können 34,2 Milliarden Rechenoperationen (OPS) erbracht werden. Die Server verursachen einen jährlichen Wasserverbrauch von 1,386 m³. Der Wasserverbrauch wird ausschließlich über den Bedarf für das Kühlsystem in der Nutzungsphase ermittelt.

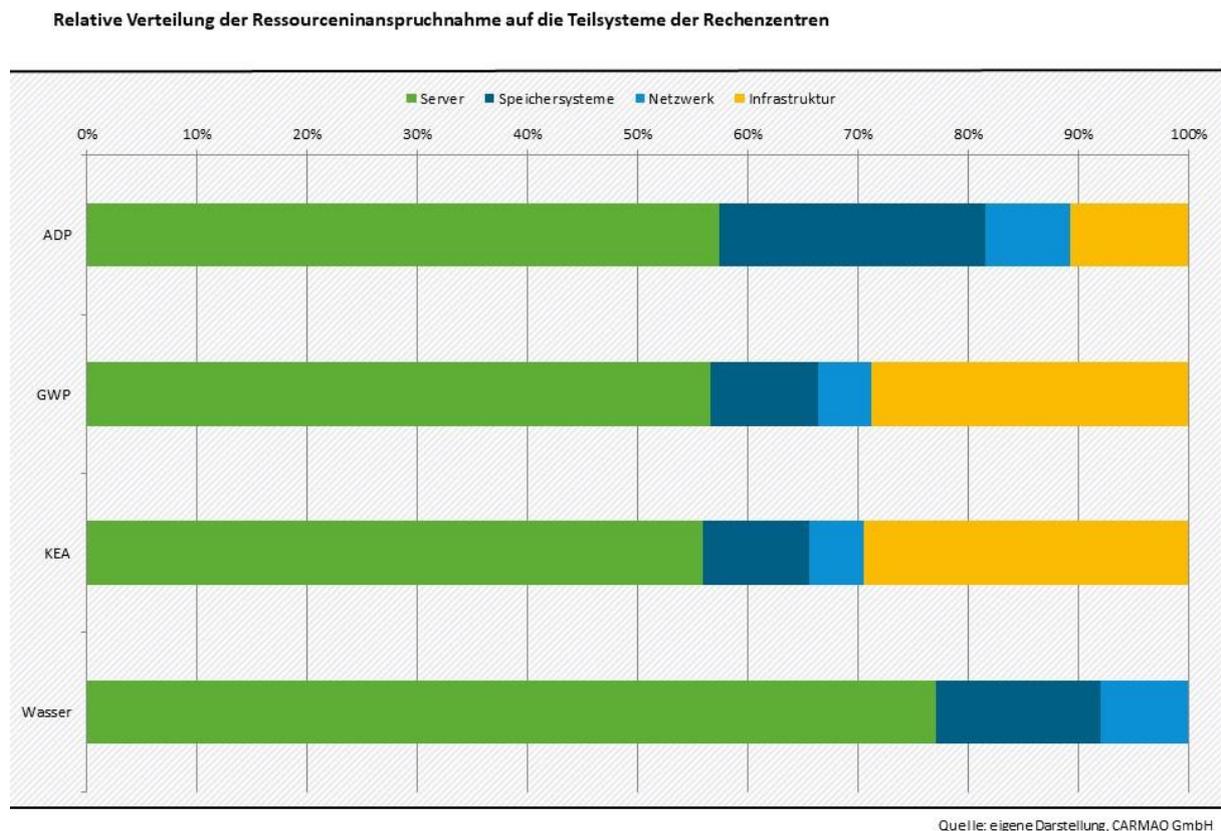
5.2.9.2 WD Speicher

$$WD_{\text{Speicher}} = 498.811 \text{ GByte/m}^3$$

Mit einem Kubikmeter Wasserverbrauch können jährlich 498.811 GByte Speicherplatz aktiv genutzt werden. Die Speichersysteme verursachen einen jährlichen Wasserverbrauch von 0,269 m³. Der Wasserverbrauch wird ausschließlich über den Bedarf für das Kühlsystem in der Nutzungsphase ermittelt.

5.2.9.3 Gesamtauswertung

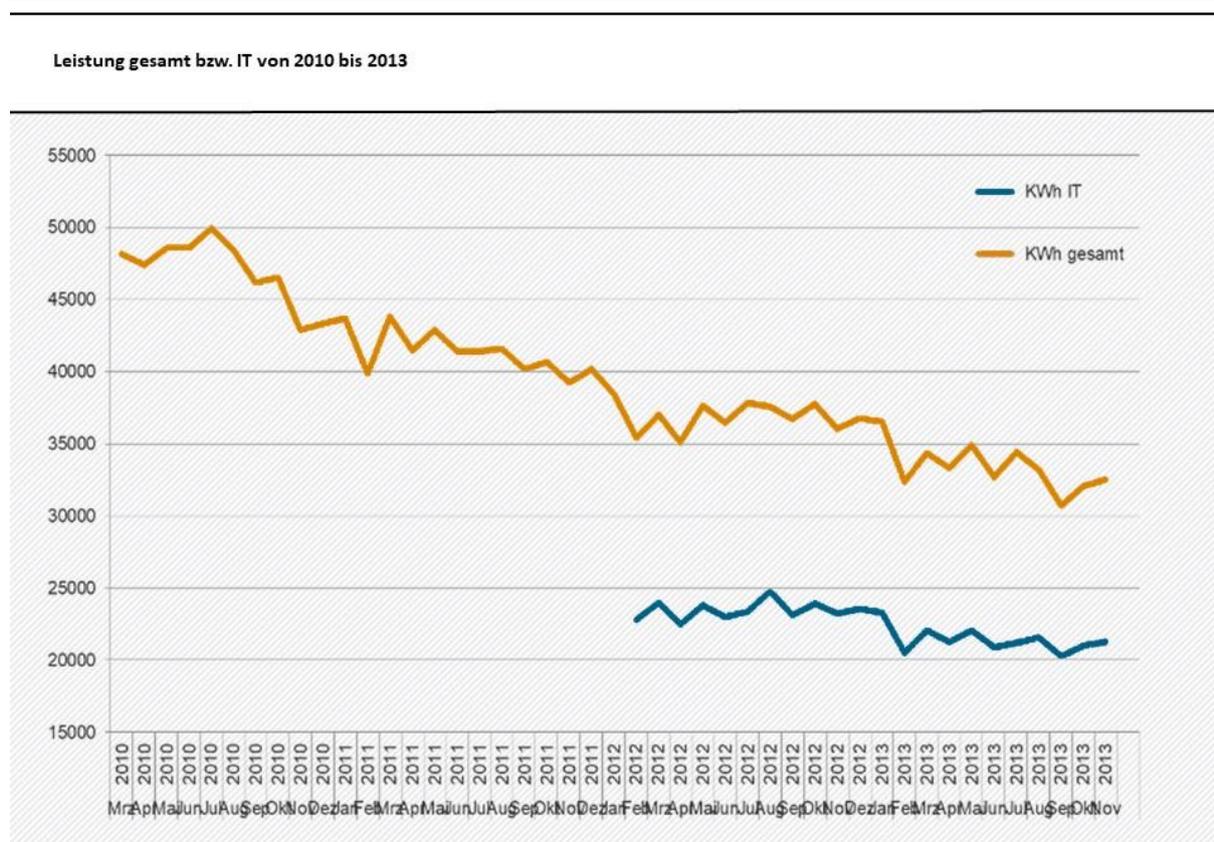
Abbildung 2: Relative Verteilung der Umweltwirkung in % für RZ2



5.2.10 Fazit

Das RZ2 konnte seine Energieeffizienz seit 2011 mit einfachen und kostengünstigen Maßnahmen deutlich verbessern. Mit der Optimierung des RZ-Kühlsystems und der Virtualisierung von Servern konnten die Stromkosten von 2011 bis 2013 um jährlich 8.400 Euro gesenkt werden. Der Return on Investment (ROI) wurde nach weniger als 24 Monaten erreicht.

Abbildung 3: Absolute Gesamtleistung und IT-Leistung in kWh für RZ2



Quelle: Präsentation „Blauer Engel RAL-UZ161, Praxisbericht zur Umsetzung“, 23. PG-Sitzung Green-IT, 08.10.2019, UBA

Die IT-Performance im RZ2 ist im Vergleich zu spezialisierten IT-Umgebungen etwas geringer. Das liegt vor allem an den vielfältigen und kundenspezifischen IT-Diensten, die eine optimale Auslastung der IT erschweren. Trotzdem erreicht das RZ2 eine gute Ressourceneffizienz aufgrund der vergleichsweise langen Nutzungsdauern für die IT-Komponenten.

Das Beispiel RZ2 zeigt, wie die RZ-Effizienz mit einfachen Maßnahmen verbessert werden kann und wie sich das Zusammenspiel von RZ-Infrastruktur und IT-Performance im Lauf von 10 Jahren entwickelt hat.

5.3 Bestandsrechenzentrum: Höchste Verfügbarkeit (RZ3)

Daten & Fakten

Betreiber: Bausparkasse Schwäbisch Hall AG

Funktion: Rechenzentrum für interne IT-Dienste

Standort: Deutschland

Gesamte RZ-Anschlussleistung im Endausbau: 1,25 MW

Maximale IT-Nennleistung: 650 kW

Aktuelle IT-Nennleistung: 163 kW

Gesamte verfügbare IT-Fläche: 415 m²

Verfügbarkeitsklasse: VK3/VK4

Kennwerte: DCiE = 0,68 (PUE = 1,48)

Internet: <https://www.schwaebisch-hall.de>

Messzeitraum: 01.01.2018 bis 31.12.2018

Stand: 27.08.2020

5.3.1 Unternehmensbeschreibung/Hintergrund/Szenario

Schwäbisch Hall ist mit über 7 Mio. Kunden die größte Bausparkasse Deutschlands. Auch in der Baufinanzierung gehört sie zu den führenden Anbietern. Die rund 6.500 Mitarbeiter des Unternehmens arbeiten eng mit den Genossenschaftsbanken zusammen. Im Ausland ist Schwäbisch Hall mit Beteiligungsgesellschaften in Osteuropa und China aktiv.

Die internen IT-Dienste für die Bausparkasse werden durch zwei hochverfügbare Rechenzentren zur Verfügung gestellt. Schwerpunkt ist die Entwicklung und Anpassung von Prozessen im Kundenservice und die Bearbeitung von Kundenanfragen.

Die erbrachten Dienstleistungen, die in den Rechenzentren zur Verfügung gestellt werden, haben den Anspruch an Hoch- und Höchstverfügbarkeit. Daher werden beide Rechenzentren als RZ-Verbund (Dual Site Data Center) betrieben. Die Anforderungen der RZ-Infrastruktur sind entsprechend für die Verfügbarkeitsklasse VK3 für die Single Site und VK4 als Dual Site Data Center ausgelegt. Für die Felduntersuchung zur Überprüfung des KPI4DCE-Ansatzes wurde eines der beiden Rechenzentren aus dem RZ-Verbund betrachtet. Der Schwerpunkt liegt bei der Datenverarbeitung und Datenspeicherung.

5.3.2 KPI4DCE-Kennwerte

Als RZ-Praxis-Partner im Forschungsvorhaben KPI4DCE hat die Bausparkasse Schwäbisch Hall, im Folgenden RZ3 genannt, umfangreiche Datensätze erhoben und für die Auswertung zur Verfügung gestellt. Mit den Messergebnissen aus der IT-Performance und den Energiebedarfen in einem der beiden Rechenzentren konnten folgende Kennwerte aus dem KPI4DCE 2.0 Indikatorenset bestimmt werden:

Energieeffizienz der RZ-Infrastruktur

Data Centre Infrastructure Efficiency (DCiE) = 0,68 (PUE = 1/DCiE = 1,48)

Für die Auswertungen für den Messzeitraum vom 01.01.2018 bis 31.12.2018 ergibt sich eine DCiE von 68%. Von dem jährlichen Strombedarf im RZ-Betrieb werden 68% für die IT-

Komponenten und 32% für den Strombedarf der RZ-Infrastruktur (Kühlung, USV-Verluste, etc.) benötigt. Den größten Anteil am Strombedarf der Gebäudetechnik hat das Kühlsystems mit 25%, gefolgt von den USV-Verlusten mit 7%. Das untersuchte RZ hat einen Gesamt-Strombedarf von 1.944 MWh pro Jahr. Die RZ-Infrastruktur war 2018 zu ungefähr 25% ausgelastet.

Energieeffizienz des Kühlsystems

Um die Wärmelast von 1.448.117 kWh im RZ3 zu kühlen benötigte das Kühlsystem 131.647 kWh Strom. Die JAZ des Kühlsystems des RZ3 liegt damit bei 3,01.

5.3.3 Mengengerüst

Im RZ4 werden gut 100 Rechner unterschiedlichster Größen mit einer Nennleistung von insgesamt 230 kW betrieben. Die durchschnittliche Nutzungsdauer liegt bei ca. 5 Jahren. Pro Server ergibt sich im Mittel eine CPU-Auslastung von knapp 20%.

Der Schwerpunkt der Dienstleistungen im RZ ist die Bereitstellung von Speicherplatz. Die 21 externen Speichersysteme stellen in Summe fast 5.500 Terabyte an Speicherkapazität zur Verfügung. Gut 180 kW elektrische Nennleistung sind hier installiert.

5.3.4 Messungen zum Nutzen der IT-Komponenten

Insgesamt wird im RZ3 eine Rechenleistung von 1.242 Milliarden OPS pro Jahr von den Servern erbracht. Im Jahresdurchschnitt sind die Speichersysteme mit 4.300 Terabyte belegt. Über die Netzwerkkomponenten läuft ein externer Datenverkehr von 1,5 Millionen Terabit pro Jahr.

5.3.5 Abiotischer Rohstoffverbrauch (ADP)

5.3.5.1 ADP Server

$ADP_{\text{Server}} = 165$ Milliarden OPS/kg Sb eq.

Mit einer Rohstoffeinheit (kg Antimon) werden 165 Milliarden Rechenoperationen (OPS) erbracht. Der gesamte Rohstoffverbrauch für den Bereich Server beträgt durchschnittlich 7,52 kg Sb eq. pro Jahr. Davon entfallen 79% auf die Herstellungsphase.

5.3.5.2 ADP Speicher

$ADP_{\text{Speicher}} = 398.718$ GB/kg Sb-eq.

Mit einer Rohstoffeinheit (kg Antimon-Äquivalente) werden 398.718 GB Speicherplatz aktiv genutzt. Der gesamte Rohstoffeinsatz für die Speichersysteme liegt bei 10,47 kg Sb-eq. pro Jahr. Beim Rohstoffeinsatz für die Speicher hat die Herstellungsphase einen Anteil von 69%.

5.3.5.3 ADP Netzwerk

$ADP_{\text{Netzwerk}} = 338$ Millionen Gbit/kg Sb-eq.

Mit einer Rohstoffeinheit (kg Antimon-Äquivalente) werden 338 Millionen Gbit übertragen. Insgesamt werden durch die Netzwerktechnik 4,42 kg Sb-eq. pro Jahr verbraucht. Davon sind 60% der Herstellungsphase und 40% der Nutzungsphase zuzuordnen.

5.3.5.4 ADP Infrastruktur

$ADP_{\text{Infra}} = 86\%$

Von den eingesetzten Rohstoffen im RZ3 werden 14% von der RZ-Infrastruktur genutzt. 86% der Rohstoffe werden von der IT genutzt. Insgesamt werden im RZ3 pro Jahr 25,78 kg Sb-eq. Rohstoffe eingesetzt. Davon entfallen 60% auf die Herstellungsphase und 40% auf die

Nutzungsphase (Strom-/Brennstoffbedarf und Kältemittel). Der wesentliche Einflussfaktor für den ADP in der Nutzungsphase ist der Strombedarf: von 10,39 kg Sb-eq. werden 10,37 kg Sb-eq. für den Strombedarf im RZ-Betrieb genutzt (99,8%). Das Kältemittel hat einen Anteil 0,2%.

5.3.6 Treibhauseffekt (Global Warming Potential, GWP)

5.3.6.1 GWP Server

$GWP_{\text{Server}} = 6,19$ Millionen OPS/kg CO₂-eq.

Mit einer CO₂-Einheit (kg CO₂-Äquivalente) werden 6,19 Millionen Rechenoperationen (OPS) erbracht. Im RZ4 werden durch die Server 200.561 kg CO₂-eq pro Jahr emittiert. Die Emissionen, die durch die Server verursacht werden, entstehen zu 93% in der Nutzungsphase. Die Herstellungsphase hat einen Anteil von 7%.

5.3.6.2 GWP Speicher

$GWP_{\text{Speicher}} = 8,600$ GB/kg CO₂-eq.

Mit einer CO₂-Einheit (kg CO₂-Äquivalente) werden 8,600 GB Speicherplatz aktiv genutzt. Die Speichersysteme verursachen Emissionen von 485.260 kg CO₂-eq. pro Jahr. Der Anteil der Herstellung liegt bei 22% und 78% entfallen auf den Strombedarf der Speicher im Betrieb.

5.3.6.3 GWP Netzwerk

$GWP_{\text{Netzwerk}} = 5.270$ Gbit/kg CO₂-eq.

Mit der Emission eines Kilogramms CO₂-eq. können 5.270 Gbit übertragen werden. Insgesamt werden durch die Netzwerktechnik 284.153 kg CO₂-eq. pro Jahr verursacht. Davon ist 1% der Herstellungsphase und 99% der Nutzungsphase zuzuordnen.

5.3.6.4 GWP Infrastruktur

$GWP_{\text{Infra}} = 70\%$

Von den Treibhausgas-Emissionen des RZ3 werden 70% von der IT verursacht und 30% werden durch die RZ-Infrastruktur verursacht. Das RZ3 verursacht Treibhausgas-Emissionen von insgesamt 1.348.858 kg CO₂-eq. pro Jahr. Der größte Teil davon entsteht in der Nutzungsphase beim Strombedarf und in geringem Maße (3%) durch das Kältemittel (z.B. Leckage).

5.3.7 Wasserverbrauch (Water Demand, WD)

5.3.7.1 WD Server

$WD_{\text{Server}} = 7,24$ Giga OPS/m³

Mit einem Kubikmeter Wasserverbrauch können $7,24 \cdot 10^9$ Rechenoperationen (OPS) erbracht werden. Die Server verursachen einen jährlichen Wasserverbrauch von 171 m³.

5.3.7.2 WD Speicher

$WD_{\text{Speicher}} = 12.040$ GByte/m³

Mit einem Kubikmeter Wasserverbrauch können jährlich 12.040 GByte Speicherplatz aktiv genutzt werden. Die Speichersysteme verursachen einen jährlichen Wasserverbrauch von 347 m³.

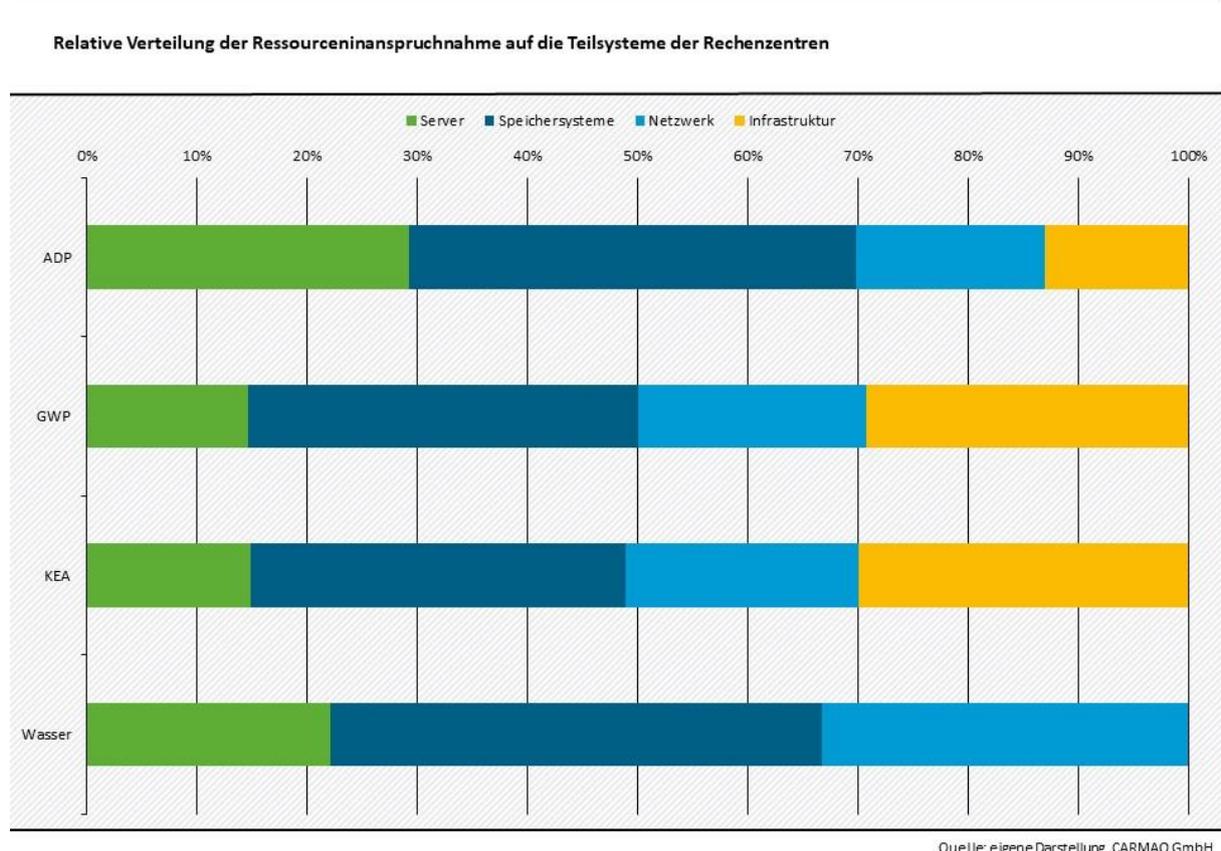
5.3.7.3 WD Netzwerk

$$WD_{\text{Netzwerk}} = 5,79 \cdot 10^6 \text{ Gbit/m}^3$$

Mit einem Kubikmeter Wasserverbrauch können jährlich $5,79 \cdot 10^6$ Gbit übertragen werden. Die Netzwerkkomponenten verursachen einen jährlichen Wasserverbrauch von 258 m³.

5.3.7.4 Gesamtauswertung

Abbildung 4: Relative Verteilung der Umweltwirkung in % für RZ3



Die Abbildung 4 zeigt wie viele Ressourcen jeweils von den Servern, den Speichern, der Netzwerktechnik und der Infrastruktur im RZ3 benötigt werden.

Im RZ3 haben die Speicher bei allen Ressourcen den größten Anteil (ADP mit 41%, GWP mit 34% und WD mit 45%). Bei den Rohstoffen (ADP) liegen die Server bei 29% und die Netzwerktechnik bei 17%. Die Infrastruktur hat einen Anteil von 29% am gesamten GWP des RZ3. Die Server liegen hier bei 15% und die Netzwerkkomponenten bei 21%. Vom gesamten Wasserbedarf werden 22% von den Servern in Anspruch genommen, die Netzwerkgeräte benötigen 33% vom Wasserbedarf im RZ3.

5.3.8 Fazit

Die Rechenzentren der Bausparkasse Schwäbisch Hall sind ein Beispiel für die Effizienz bei RZs, die einen Anspruch an höchste Verfügbarkeit der IT-Dienste mit einer Mehr-Standort-Strategie bereitstellen. Trotz mehrfach redundanter Systeme wird im untersuchten Rechenzentrum ein PUE-Wert unter 1,5 erreicht. Damit wird ein effizienter RZ-Betrieb bei höchster Verfügbarkeit der IT-Dienste nachgewiesen.

Im Bereich der IT-Performance erreicht das RZ sehr gute Werte für die Server und Speichersysteme. Hier sind moderne, energieeffiziente Geräte im Einsatz, die bzgl. der Performance für die unternehmensspezifischen Anforderungen optimiert wurden.

6 Best Practice-Beispiel mit KPI4DCE im Feld

6.1 Bestandsrechenzentrum als Best Practice-Beispiel: Abwärmenutzung (RZ4)

Daten & Fakten

Betreiber: Asetek

Funktion: Rechenzentrum für interne IT-Dienste und Colocation (Asetek Mini Data Centre)

Standort: Dänemark, Aalborg

Gesamte RZ-Anschlussleistung: 110 kVA

Maximale IT-Nennleistung: 60 kWel

Aktuelle IT-Nennleistung: 53 kWel

Gesamte verfügbare IT-Fläche: 15 m²

Verfügbarkeitsklasse: VK1

Kennwerte: DCiE = 0,84 (PUE = 1,19)

Internet: <https://www.asetek.com/>

Messzeitraum: 01.01.2019 bis 31.12.2019

6.1.1 Unternehmensbeschreibung/Hintergrund/Szenario

Mit einer Flüssigkeitskühlung für die IT-Komponenten können deutlich höhere Temperaturen⁶ erreicht werden. Durch die direkte Wasserkühlung von Serverkomponenten, wie z.B. CPU, GPU und RAM, können die hohen Betriebstemperaturen der Komponenten direkt an das Kühlwasser übertragen werden – ohne den Umweg über die Luft. Damit ist die direkte Flüssigkeitskühlung i.d.R. effizienter als eine reine Umluftkühlung. Auf den Einsatz einer mechanischen Kälteanlage kann verzichtet werden. Diesen Effekt macht sich die Asetek zu Nutze.

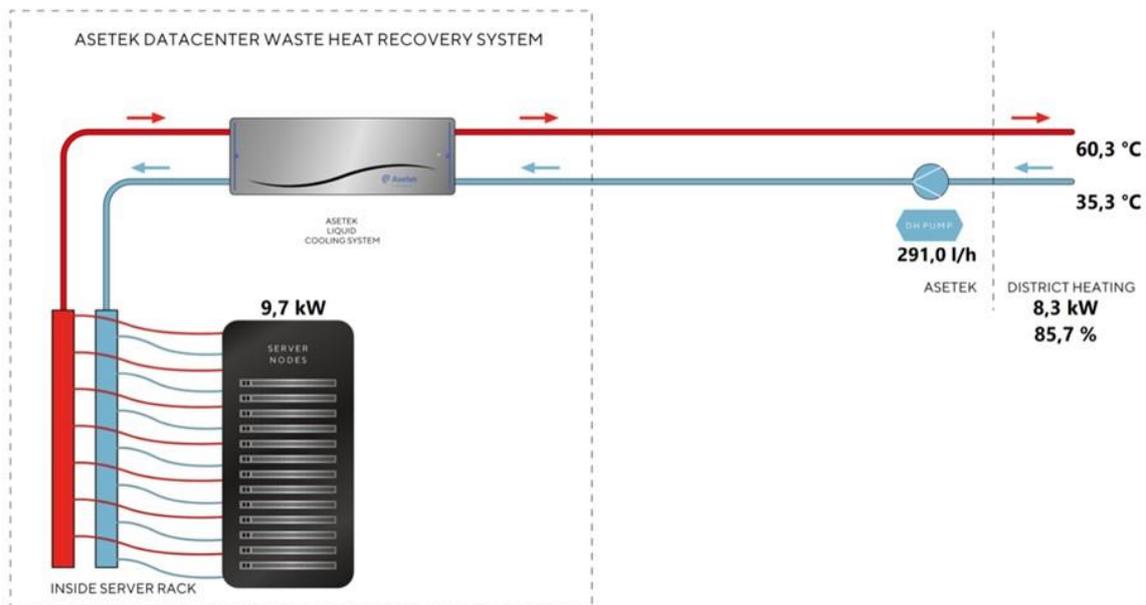
Asetek ist ein weltweit operierender Anbieter von Flüssigkeitskühlösungen für Computer und Serversysteme mit Hauptsitz in Aalborg, Dänemark. Aseteks „Direct-To-Chip“ Kühlösungen ermöglicht zum einen eine sehr hohe Kühlleistung und -effizienz, zum anderen ermöglicht es die nahtlose Anbindung an Nahwärmenetze zur Nutzung der Abwärme, da die Rückflusstemperatur des Kühlmediums bei über 60° Celsius liegt, was eine weitere Anhebung des Temperaturniveaus durch z.B. Wärmepumpen überflüssig macht.

Hinweis: Bei umluftgekühlten IT-Räumen sind die Temperaturen der Abwärme (ca. 20-30°C) meistens zu gering für eine energieeffiziente Abwärmenutzung. Das Temperaturniveau der Abwärme muss in diesem Fall durch den Einsatz einer Wärmepumpe erhöht werden.

⁶ Voraussetzung ist hier die maximale Auslastung der Server

Abbildung 5: Asetek Kühlkonzept für RZ4

Asetek Wärmerückgewinnungssystem für Rechenzentren



Quelle: eigene Darstellung, Asetek A/S

„Aseteks Echtzeit Monitoring Software zeigt jederzeit den aktuellen Energiebedarf der Server, die Zu- und Rücklauftemperatur des Kühlmediums sowie dessen Flussgeschwindigkeit, die an das Nahwärmenetz abgegebene Wärmeleistung und der Gesamtwirkungsgrad der Energierückgewinnung.“

Das RZ4 ist am 03.02.2020 in Betrieb gegangen. Auf einer Fläche von 15 m² sind IT-Komponenten mit einer Nennleistung von ca. 53 kW untergebracht. Die aktuelle IT-Nennleistung entspricht der maximalen Anschlussleistung. Damit ist die Infrastruktur des RZ zu 100% ausgelastet. Das RZ wird für interne IT-Dienste genutzt. Die Anforderungen an die Verfügbarkeit der IT sind gering (VK1).

Im RZ4 kommen flüssigkeitsgekühlte Module zum Einsatz, die in jedem Server und auf jeder CPU die Wärme abnehmen. Als Schnittstelle dient die InRackCDU 4U v2 von Asetek mit einem internen Wärmetauscher. Die Kühlung erfolgt durch das Wasser im Rücklauf des Nahwärmenetzes. Das Wasser aus dem Nahwärmenetz wird dabei von 40°C auf 60°C erwärmt.

Das RZ4 speist seine Abwärme ohne Umwege direkt in das Nahwärmenetz der Stadt Aalborg ein. Das Netz wird vom lokalen Energieversorger betrieben; der Übergabepunkt für die Wärme befindet sich in unmittelbarer Nähe des RZ. Der Strombedarf im Kühlsystem ergibt sich aus dem Strombedarf für die Pumpen im RZ-Kühlwasserkreislauf. Die Leistungsaufnahme beträgt ca. 3 W pro Pumpe. Es gibt eine Pumpe auf jeder CPU und damit 2 Pumpen in jedem Server als Redundanz.

Mit dem beschriebenen Kühlkonzept ist es möglich die Abwärme des RZ4 zu wettbewerbsfähigen Preisen⁷ bereitzustellen. Mit der Flüssigkeitskühlung und der Abwärmenutzung werden hier Synergieeffekte über die Systemgrenzen des RZ hinaus genutzt:

Für das Asetek Mini Data Centre wurde ein Design-PUE von 1,15 ermittelt. Der wesentliche Effizienzgewinn wird hier allerdings vom PUE-Wert nur teilweise abgebildet. Die eigentliche Abwärmenutzung erfolgt außerhalb des RZ. Dieser Effekt kann mit dem Energy Reuse Factor⁸ (ERF) dargestellt werden. Für das Konzept des RZ4 zur externen Abwärmenutzung des RZ kann ein Design-ERF zwischen 0,6 und 0,7 erreicht werden. Das bedeutet: bis zu 70% des RZ-Strombedarfes können weiter verwertet werden. Um dieses Potenzial adäquat abzubilden und zu kommunizieren, sollte der ERF daher hier als zusätzliche Information zum PUE angegeben werden.

Voraussetzung für diese Design-Kennwerte ist, dass die gesamte Abwärme des RZ an das Nahwärmenetz abgegeben wird. Der Strombedarf für einen geringen Anteil an Umluftkühlung (z.B. für Batterieräume, Netzwerkgeräte) und der Strombedarf für Heizzwecke (z.B. Vorheizen NEA) und Pumpen ist im PUE berücksichtigt.

Erste Messergebnisse und Betriebsdaten zeigen, dass die Design-Werte erreicht werden:

- ▶ Wärmelast der Server 53,0 kW
- ▶ Wärmerückgewinnung 13,2 kW.
- ▶ Vorlauftemperatur 40,5°C; Rücklauftemperatur 61,2°C.

6.1.2 Einsparungen

Durch die direkte Wasserkühlung reduziert sich der Strombedarf für die Lüfter in den Servern deutlich. Hier können ca. 40 W pro Server eingespart werden. Im RZ4 sind insgesamt 88 Server verbaut. Auf Umluftkühlgeräte kann verzichtet werden. Im Vergleich zu den üblichen Lösungen für die Abwärmenutzung, sind hier keine Wärmepumpen nötig – das Kühlwasser hat bereits 60°C im Rücklauf. Mit der Flüssigkeitskühlung entsteht ein zusätzlicher Strombedarf für die Pumpen in den Servern. Insgesamt haben die Pumpen eine Leistungsaufnahme⁹ von 528 W.

6.1.3 KPI4DCE-Kennwerte

Das Asetek Mini Data Centre war als RZ-Praxis-Partner im Forschungsvorhaben KPI4DCE beteiligt. Die Verantwortlichen haben im Rahmen der Zusammenarbeit umfangreiche Datensätze für die Auswertung zur Verfügung gestellt. Mit den Messergebnissen aus der IT-Performance und den Energiebedarfen im RZ4 konnten folgende Kennwerte aus dem KPI4DCE-Indikatorenset bestimmt werden:

Energieeffizienz der RZ-Infrastruktur

Data Centre Infrastructure Efficiency (DCiE) bzw. Power Usage Effectiveness (PUE = 1/DCiE)

DCiE = 0,84 (PUE = 1,19)

Die Messungen zeigen, dass von dem jährlichen Strombedarf im RZ-Betrieb 84% für die IT-Komponenten benötigt werden; 16% werden für den Strombedarf der RZ-Infrastruktur (Kühlung, USV-Verluste, etc.) aufgewendet. Die Energieeffizienz der RZ-Infrastruktur hat damit

⁷ Für die Wärme aus dem Nahwärmenetz müssen in Aalborg ca. 15-20 Euro pro MWh vom Endkunden bezahlt werden.

⁸ ERF nach ISO/IEC 30134-6:2021

⁹ pro Pumpe 3 W für 88 Server mit je 2 Pumpen

eine DCIE von 0,84 bzw. eine PUE von 1,19. Das RZ4 hat einen Gesamt-Strombedarf von 430 MWh pro Jahr, wobei das RZ4 keine USV-Anlage oder sonstige Nebenverbraucher hat.

Energieeffizienz des Kühlsystems

Jahresarbeitszahl (JAZ) = 13,0

Für das Kühlsystem des RZ4 wurde ein jährlicher Strombedarf von knapp 30 MWh gemessen. Damit werden pro Jahr ca. 390 MWh Wärme aus dem RZ4 abgeführt. Die JAZ des Kühlsystems liegt bei 13,0. Die Kühlleistung ist über das ganze Jahr nahezu konstant, da die Wärme aus dem RZ4 in ein örtliches Fernwärmenetz mit konstanten Temperaturen eingespeist wird.

Energy Reuse Factor (ERF) = 0,66

Mit dem Liquid-Cooling-System können 66% des Gesamtenergiebedarfes des RZ4 weiterverwendet werden. Gut 283 MWh Abwärme können für das örtliche Nahwärmenetz genutzt werden.

6.1.4 Mengengerüst

Im RZ4 sind 88 Server physischer mit einer gesamten elektrischen Nennleistung von 53 kW im Betrieb. Die geplante Nutzungsdauer für die Server liegt bei 5 Jahren. Es wird lediglich ein externes Speichersystem mit einer Nennleistung von 300 Watt betrieben (geplante Nutzungsdauer 5 Jahre). Auch bei den Netzwerkgeräten ist nur ein Switch (125 Watt Nennleistung) in Betrieb. Hier ist eine Nutzungsdauer von 19 Jahren geplant.

6.1.5 Messungen zum Nutzen der IT-Komponenten

Insgesamt wird im RZ4 eine Rechenleistung von 255 Milliarden OPS pro Jahr durch die Server erbracht. Das Speichersystem ist im Mittel zu fast 70% ausgelastet und die Netzwerkkomponenten haben eine mittlere genutzte Bandbreite von 410 Mbits pro Sekunde.

6.1.6 Abiotischer Rohstoffverbrauch (ADP)

6.1.6.1 ADP Server

$ADP_{\text{Server}} = 37,2$ Milliarden OPS/kg Sb eq.

Mit einer Rohstoffeinheit (kg Antimon) werden 37,2 Milliarden Rechenoperationen (OPS) erbracht. Der gesamte Rohstoffverbrauch für den Bereich Server beträgt durchschnittlich 6,84 kg Sb eq. pro Jahr. Davon entfallen 72% auf die Herstellungsphase und 28% auf die Nutzungsphase.

6.1.6.2 ADP Speicher

$ADP_{\text{Speicher}} = 85.270$ GB/kg Sb-eq.

Mit einer Rohstoffeinheit (kg Antimon-Äquivalente) werden 85.270 GB Speicherplatz aktiv genutzt. Der gesamte Rohstoffeinsatz für die Speichersysteme liegt bei 0,15 kg Sb-eq. pro Jahr. Beim Rohstoffeinsatz für die Speicher hat die Herstellungsphase einen Anteil von 95%.

6.1.6.3 ADP Netzwerk

$ADP_{\text{Netzwerk}} = 624$ Millionen Gbit/kg Sb-eq.

Mit einer Rohstoffeinheit (kg Antimon-Äquivalente) werden 624 Millionen Gbit übertragen. Insgesamt werden durch die Netzwerktechnik 0,02 kg Sb-eq. pro Jahr verbraucht. Davon sind

86% der Herstellungsphase und 14% der Nutzungsphase zuzuordnen. In der Nutzungsphase machen die Netzwerkgeräte 0,1% des gemessen RZ-Strombedarfes aus.

6.1.6.4 ADP Infrastruktur

$$ADP_{\text{Infra}} = 95\%$$

Von den eingesetzten Rohstoffen im RZ4 werden 5% von der RZ-Infrastruktur genutzt. 95% der Rohstoffe werden von der IT genutzt. Insgesamt werden pro Jahr durchschnittlich 7,38 kg Sb-eq. Rohstoffe eingesetzt. Davon entfallen 69% auf die Herstellungsphase und 31% auf die Nutzungsphase (Strom-/Brennstoffbedarf und Kältemittel). Der einzige Einflussfaktor in der Nutzungsphase ist der Strombedarf (2,29 kg Sb-eq.).

6.1.7 Treibhauseffekt (Global Warming Potential, GWP)

6.1.7.1 GWP Server

$$GWP_{\text{Server}} = 1,06 \text{ Millionen OPS/kg CO}_2\text{-eq.}$$

Mit einer CO₂-Einheit (kg v-Äquivalente) werden 1,06 Millionen Rechenoperationen (OPS) erbracht. Durchschnittlich werden im RZ4 durch die Server 240.217 kg CO₂-eq pro Jahr emittiert. Die Emissionen, die durch die Server verursacht werden, entstehen zum größten Teil in der Nutzungsphase. Die Herstellungsphase hat einen Anteil von 5%. Die Nutzungsphase verursacht 95% der Emissionen.

6.1.7.2 GWP Speicher

$$GWP_{\text{Speicher}} = 10,444 \text{ GB/kg CO}_2\text{-eq.}$$

Mit einer CO₂-Einheit (kg CO₂-Äquivalente) werden 10,444 GB Speicherplatz aktiv genutzt. Die Speichersysteme verursachen Emissionen von durchschnittlich 1.259 kg CO₂-eq. pro Jahr. Der Anteil der Herstellung liegt bei 34% und 66% entfallen auf den Strombedarf der Speicher im Betrieb.

6.1.7.3 GWP Netzwerk

$$GWP_{\text{Netzwerk}} = 3.450 \text{ Gbit/kg CO}_2\text{-eq.}$$

Mit der Emission eines Kilogramms CO₂-eq. können 3.450 Gbit vom RZ4 übertragen werden. Insgesamt werden durch die Netzwerktechnik 376 kg CO₂-eq. pro Jahr verursacht. Davon sind 7% der Herstellungsphase und 93% der Nutzungsphase zuzuordnen.

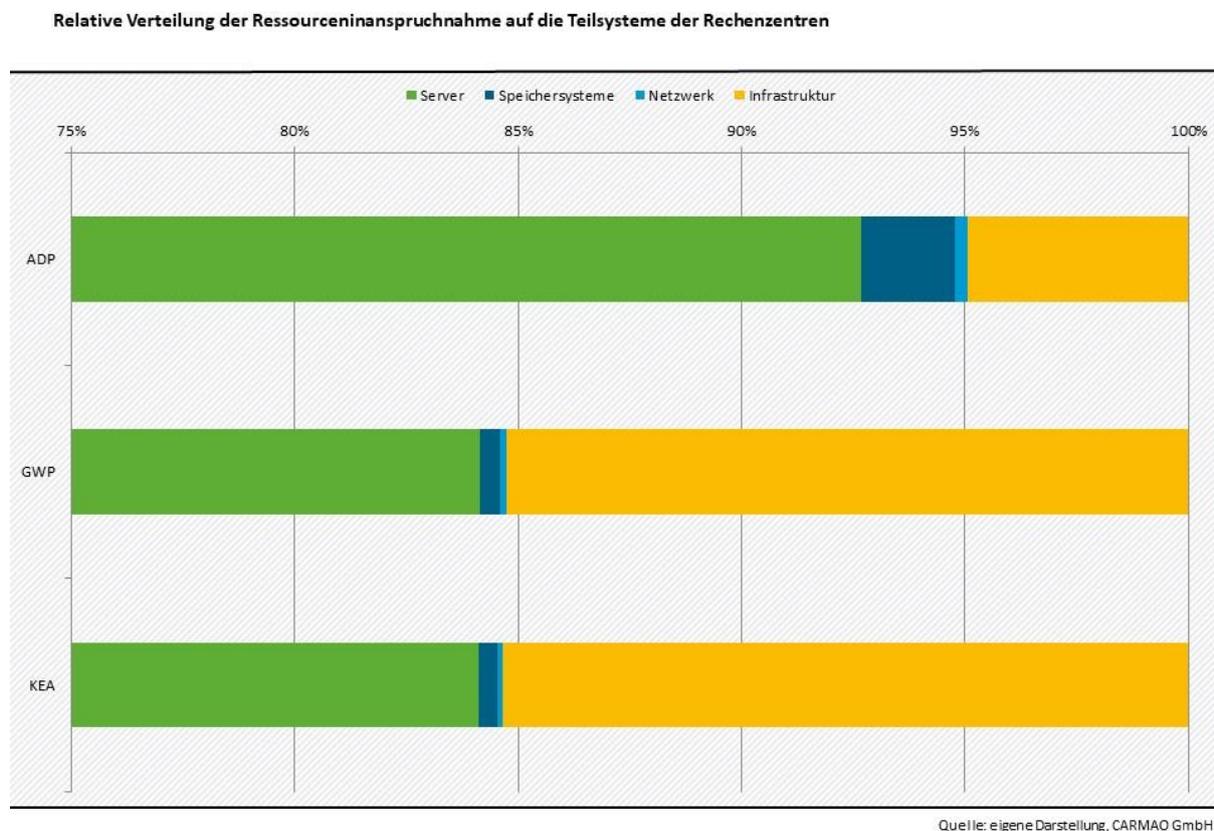
6.1.7.4 GWP Infrastruktur

$$GWP_{\text{Infra}} = 85\%$$

Von den Treibhausgas-Emissionen des RZ4 werden 85% von der IT verursacht und 15% werden durch die RZ-Infrastruktur verursacht. Das RZ4 verursacht Treibhausgas-Emissionen von insgesamt 285.439 kg CO₂-eq. pro Jahr. Der größte Teil davon entsteht in der Nutzungsphase beim Strombedarf (96%) und in geringem Maße (4%) durch das Kältemittel (z.B. Leckage).

6.1.7.5 Gesamtauswertung

Abbildung 6: Relative Verteilung der Umweltwirkung in % für RZ4



Die Abbildung 6 zeigt wie viele Ressourcen¹⁰ jeweils von den Servern, den Speichern, der Netzwerktechnik und der Infrastruktur im RZ4 benötigt werden.

Beim Gesamt-Ressourcenbedarf haben die Server in allen Bereichen mit Abstand den größten Anteil (ADP mit 95%, GWP mit 84%). In Bezug auf den Verbrauch der nicht erneuerbaren Rohstoffe (ADP) überwiegt der Anteil der Herstellungsphase (ca. 70%). Beim GWP liegt der Anteil der Herstellungsphase unter 5%. Der Strombedarf in der Nutzungsphase (RZ-Betrieb) verursacht hier den größten Ressourcenaufwand.

Bei den CO₂-Emissionen hat die RZ-Infrastruktur einen Anteil von ungefähr 5%, der fast vollständig durch den Strombedarf im RZ-Betrieb verursacht wird; Emissionen in Form von CO₂-Äquivalenten für das Kältemittel gibt es hier nicht, da zur Kühlung ausschließlich Wasser eingesetzt wird.

¹⁰ Der Wasserbedarf wurde hier nicht berechnet, da keine adiabate Kühlung eingesetzt wird.

7 Weitere Untersuchungen zu Best Practice Beispielen

7.1 Einsparungen durch weltweite Datenreduzierung in den ERGO Rechenzentren (RZ5)

Daten & Fakten

Betreiber: ITERGO Informationstechnologie GmbH, ein Unternehmen der ERGO Group

Funktion: IT-Dienstleistungen / Betrieb Rechenzentren

Hauptsitz: Düsseldorf

Verfügbarkeitsklasse: von VK1 bis VK3/VK4

Kennwerte: DCiE = 0,68 (PUE = 1,48)

Internet: <https://www.ergo.com/>

Stand: 18.11.2020

7.1.1 Unternehmensbeschreibung/Hintergrund/Szenario

ITERGO ist ein zentraler IT-Dienstleister der ERGO Group, einer der großen Versicherungsgruppen in Deutschland und Europa. Der Dienstleister entwickelt und realisiert IT-Strategien und Konzepte rund um Software, Hardware und Netzwerkarchitekturen. Gleichzeitig stellt ITERGO Anwendungssysteme auf Basis von Web-Technologien, Client-Server-Plattformen und moderner Großrechner-Technologie zur Verfügung, und betreibt Rechenzentren der Group in Deutschland.

ERGO übernimmt seit vielen Jahren Verantwortung für die Umwelt. Das Unternehmen legt großen Wert darauf, den Verbrauch von Ressourcen stetig zu senken und Emissionen zu verringern. Mit einem gruppenweiten Umweltmanagementsystem entwickelt ERGO die Maßnahmen im gesamten Geschäftsbetrieb beständig weiter. Der Geschäftsbetrieb der ERGO Group und damit auch der Geschäftsbetrieb der ITERGO, ist gruppenweit seit 2015 durch den Zukauf von Klimazertifikaten klimaneutral gestellt. Seit 2011 verfolgt ITERGO Maßnahmen zur Reduktion der Umweltauswirkungen gemäß den Anforderungen des Umweltmanagementsystems nach DIN EN ISO 14001.

Gruppenweite Bit-Weg-Tage vom 18. bis 25.11.2019 (Group Data Delete Challenge)

„Bye, bye, Bytes“ – unter diesem Motto haben ERGO Mitarbeiter aus zehn Ländern im Rahmen der gruppenweiten „Bit-Weg-Tage“ (Group Data Delete Challenge) 9.056 Gigabyte nicht mehr benötigte Daten gelöscht. Seit 2012 ruft ERGO regelmäßig ihre Mitarbeiter zur Teilnahme an den Bit-Weg-Tagen auf. Ziel der Aktion ist, die Mitarbeiter für das stetige Anwachsen der Datenmengen und Speicherkapazitäten zu sensibilisieren. Die Mitarbeiter werden während der Bit-weg-Tage zum verantwortungsvollen Datenspeichern und -löschen motiviert und angeleitet. Sie werden darüber hinaus sensibilisiert, dass Datenspeicherung Strom verbraucht und CO₂-Emissionen erzeugt.

Um den Anreiz zur Teilnahme an den Bit-weg-Tagen zu steigern, verbindet das Unternehmen das Ergebnis der Bit-weg-Tage mit einer Spende für gute Zwecke. 2019 spendete ERGO pro Gigabyte gelöschter Daten zehn Euro an eine international tätige Hilfsorganisation.

Die Auswertungen zu den Einsparungen im Rahmen der Bit-Weg-Tage 2019 wurden vom Forschungsprojekt KPI4DCE 2.0 unterstützt. Für die Berechnung der während der Aktion eingesparten CO₂-Emissionen wurden ausgewählte Parameter der ITERGO Rechenzentren in

Deutschland (z. B. Strombedarf für Datenspeicher, Strombedarf Server) sowie die mittleren CO₂-Emissionen für den Strommix der teilnehmenden Länder zugrunde gelegt. Gemäß der Umrechnung der Einsparungen beim Strombedarf der Rechenzentren konnten, theoretisch betrachtet, so mehr als 1,7 Tonnen CO₂ vermieden¹¹ werden. Die CO₂-Emissionen aus der Herstellung, Transport und Recycling der Hardware sind in dem Wert nicht enthalten.

Zum Vergleich: Das entspricht ungefähr den jährlichen CO₂-Emissionen eines durchschnittlichen Berufspendlers, der mit einem mittelgroßen PKW¹² jährlich ca. 12.000 Kilometer fährt.

7.1.2 Kennwerte

Über alle Rechenzentren gemittelt, lag die Power Usage Effectiveness (PUE) bei ca. 1,48. Das heißt: 68% des Gesamt-Strombedarfes der Rechenzentren werden von den IT-Geräten genutzt und 32% verbraucht die RZ-Infrastruktur. Die Energieeffizienz der Rechenzentren an den verschiedenen Standorten war dabei sehr unterschiedlich: die PUE lag zwischen 1,3 und 2,1. Auch bei den Löschraten gab es unterschiedliche Ergebnisse: Spitzenreiter war Luxemburg mit 7,62 GB gelöschter Daten pro Mitarbeiter. Im Ergebnis lagen die spezifischen CO₂-Einsparungen bei 190 kg CO₂ pro Terabyte als Mittelwert¹³ über alle Standorte weltweit.

7.2 Windkraft-RZ mit Abwärmenutzung und CO₂-Absorption (RZ6)

Daten & Fakten

Betreiber: Windcloud 4.0 GmbH

Funktion: RZ für Colocation und Cloud-Lösungen

Standort: Enge-Sande (Schleswig-Holstein), Deutschland

Gesamte RZ-Anschlussleistung im Endausbau: 130 kVA

Maximale IT-Nennleistung: 90 kWel

Aktuelle IT-Nennleistung: 5 kWel für die unternehmenseigene IT und 85 kWel für die Colocation-Bereiche

Gesamte verfügbare IT-Fläche: 75 m²

Verfügbarkeitsklasse: VK3

Kennwerte: DCIE = 0,75 (PUE = 1,33)

Internet: <https://windcloud.de/>

7.2.1 RZ-Beschreibung/Unternehmensbeschreibung

Die Windcloud 4.0 GmbH betreibt ein klimafreundliches Rechenzentrum im hohen Norden Deutschlands. Durch die Wahl des Standortes in Nordfriesland (Schleswig-Holstein) kann die

¹¹ Der geringere Ressourcenbedarf durch die Einsparungen bei der Beschaffung neuer Speichermedien wurde dabei noch nicht berücksichtigt.

¹² Quelle: Umweltbundesamt, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsdaten>

¹³ Aufgrund der unterschiedlichen CO₂-Emissionen für den jeweiligen Strommix (zwischen 180 und 680 g CO₂-eq. /kWh) in den einzelnen Ländern ergibt sich hier ein geringerer CO₂-Ausstoß pro Terabyte Speicherplatz im Vergleich zu einer Betrachtung für den Standort Deutschland. Ein Vergleich mit RZ am Standort ist nur bedingt möglich.

Energieversorgung zu 100% mit erneuerbarer Energie¹⁴ erfolgen. Das Rechenzentrum von Windcloud wird über Umspannwerke versorgt, die ausschließlich Grünstrom, zum größten Teil aus Windenergie, umspannen und verteilen. Dadurch kann das Rechenzentrum CO₂-frei betrieben werden. Im nächsten Schritt soll die Stromversorgung durch ein versorgerunabhängiges Arealnetz sichergestellt werden. Der Strom wird dann direkt von einzelnen Windparks, in Kombination mit entsprechend kapazitätsreichen Speichermedien, bezogen.

In diesem Jahr hat Windcloud ihr Rechenzentrum erweitert und eine Lösung zur Nutzung der entstehenden Abwärme implementiert. Neben einem neuen Serverraum wurde auf dem Dach des Rechenzentrums eine Algenfarm errichtet, die mit der Serverabwärme auf konstanter Temperatur gehalten wird. Mit der Ausgangstemperatur von ca. 35°C können ganzjährig Mikroalgen gezüchtet werden, die von einem Partnerunternehmen zu Nahrungsergänzungsmitteln verarbeitet werden. Durch die Algenfarm wird nicht nur die in der Regel nicht genutzte Abwärme wirtschaftlich und nachhaltig verwertet, sondern durch das Wachstum der Algen zusätzlich CO₂ gebunden.

Windcloud hat bereits einen zweiten Standort in Nordfriesland erworben, um das Konzept für eine breitere Nutzung im Markt weiterzuentwickeln. An einem ehemaligen Militärstandort stehen dem Unternehmen 10 Bunker zur Verfügung, die zu Rechenzentren mit Anlagen zur Abwärmenutzung umgebaut werden sollen. Dafür arbeitet Windcloud mit Partnern aus dem Bereich IT-Hardware, RZ-Infrastruktur und Carrier/Provider z.B. für die Backbone-Anbindung zusammen. Von Beginn an wurde bei dem Windcloud-Konzept darauf geachtet, dass IT und Facility eng zusammenarbeiten.

7.2.2 Mengengerüst

Im RZ6 sind 36 Nodes mit über 300 virtuellen Maschinen, 6 Netzwerkgeräte (Switches) und 6 externe Speicher mit je 150 TB Speicherplatz in Betrieb. Zukünftig ist auch der Betrieb eigener Cloudsysteme geplant. Für den Betrieb der eigene IT liegt die Auslastung der CPUs bei fast 80%.

Die Kälteversorgung erfolgt über 2 redundante Umluftkühlgeräte (Direktverdampfer) mit einer elektrischen Anschlussleistung von jeweils 15 kW. Die Stromversorgung wird über eine Netzersatzanlagen mit 130 kVA Leistung abgesichert. Für die unterbrechungsfreie Stromversorgung sind 2 USV-Anlagen mit einer Überbrückungszeit von 4 Minuten installiert.

7.2.3 Auswertung der Berechnung der Energie- und Ressourceneffizienz

Auf der Basis von verschiedene Leistungsmessungen im Jahr 2020 konnten ein Gesamtstrombedarf des RZ6 von ca. 630 MWh und ein IT-Strombedarf von ca. 485 MWh bestimmt werden. Die Jahresarbeitszahl liegt hier bei 4,2. Bei der Ermittlung der JAZ wurde die Abwärmenutzung über die Algenzucht allerdings noch nicht berücksichtigt, da die technische Umsetzung erst im September 2020 erfolgte.

Mit der Abwärmenutzung muss das RZ6 nur für wenige Stunden im Jahr, wenn die Außentemperatur über 30°C liegt, mit den Kältemaschinen klimatisiert werden. Den Rest des Jahres kann die Freie Kühlung über die Wasserbehälter der Algenzucht erfolgen. Für dieses Kühl-Konzept wurde eine JAZ von ca. 11,0 berechnet. Später kann damit eine PUE von 1,2 erreicht werden.

¹⁴ Entsprechend „Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2021)“

Ein wesentlicher Effizienzgewinn – die Nutzung der RZ-Abwärme für die Algenzucht – wird im PUE-Wert allerdings nicht abgebildet (siehe RZ der Asetek). Die ersten Messungen im Betrieb der Algenzucht zeigen: ein ERF zwischen 50 und 60% ist hier möglich.

Bei dem Konzept des RZ6 werden also ein sehr geringer CO₂-Ausstoß für den RZ-Strombedarf und eine CO₂-Senke (Algenzucht) kombiniert.

8 Quellenverzeichnis

- Borderstep [2013]: Hintemann, R. & Fichter, K. (2013). Server und Rechenzentren in Deutschland im Jahr 2012.
- Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz [2021]: [Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien \(Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2021\)](#)
- DIN [2019]: DIN EN 50600-1:2019, DIN EN 50600-4-7:2019
- EPA [2007]: [8/3/2007: EPA Reports Significant Energy Efficiency Opportunities for U.S. Servers and Data Centers](#)
- Fraunhofer IZM [2015]: Stobbe, L.; Proske, M.; Zedel, H.; Hintemann, R.; Clausen, J.; Beucker, S. (2015): Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland. Fraunhofer IZM und Borderstep Institute im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Berlin. Online verfügbar unter <http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/entwicklung-des-ikt-bedingten-strombedarfs-in-deutschland-abschlussbericht.pdf>, zuletzt abgerufen am 26.07.2021
- IEC [2015]: IEC 60050-192:2015
- ISO [2021]: ISO/IEC 30134-6:2021
- IZE [2012]: Wilkens, M.; Drenkelfort, G.; Dittmar, L. (2012): Bewertung von Kennzahlen und Kennzahlensystemen zur Beschreibung der Energieeffizienz von Rechenzentren. In: IZE-Schriftenreihe, Band 3, ISBN 978-3-7983-2432-9, TU Berlin. Online verfügbar unter https://depositonce.tu-berlin.de/bitstream/11303/3544/1/Dokument_13.pdf, zuletzt abgerufen am 26.7.2021
- Koomey [2007]: Koomey, J. G.: Estimating total power consumption by servers in the U.S. and the world, Final report. Stanford University, 2007.
- Koomey [2011]: <https://vivekravindran.files.wordpress.com/2011/08/koomey-data-center-electricity-use-2005-to-2010.pdf>, zuletzt abgerufen am 26.7.2021
- Ökoinstitut [2011]: [Öko-Institut e.V.: Grüne Rechenzentren sind keine Zukunftsmusik \(oeko.de\)](#), zuletzt abgerufen am 26.7.2021
- Schäppi et al. [2007]: Schäppi, B., F. Bellosa, et al. (2007). Energy efficient servers in Europe: Energy consumption, saving potentials, market barriers and measures Part I: Energy consumption and saving potentials. Energy efficient servers in Europe.
- UBA [2010]: [Materialbestand der Rechenzentren in Deutschland - Eine Bestandsaufnahme zur Ermittlung von Ressourcen- und Energieeinsatz \(umweltbundesamt.de\)](#), zuletzt abgerufen am 26.7.2021
- UBA [2017]: „Ein Rechenzentrum ist ein in sich geschlossenes System, das zentralisierte IT-Systeme (Hard- und Software) sowie die zum Betrieb erforderlichen Räumlichkeiten und gebäudetechnischen Versorgungs- und Sicherheitsinfrastrukturen umfasst, um die dauerhafte und zuverlässige Berechnung, Speicherung und Übertragung großer Mengen digitaler Daten zu ermöglichen.“
- UBA [2018]: [KPI4DCE 2.0 \(umweltbundesamt.de\)](#), Kennzahlen und Indikatoren für die Beurteilung der Ressourceneffizienz von Rechenzentren und Prüfung der praktischen Anwendbarkeit UBA 2018: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-02-23_texte_19-2018_ressourceneffizienz-rechenzentren.pdf, zuletzt abgerufen am 26.7.2021
- UBA [2019]: Präsentation „Blauer Engel RAL-UZ161, Praxisbericht zur Umsetzung“, 23. PG-Sitzung Green-IT, 8.10.2019 siehe S.31
- UBA [2021]: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsdaten>, zuletzt abgerufen am 26.7.2021