

TEXTE

69/2024

# Umweltzeichen Blauer Engel für Rechenzentren

Hintergrundbericht zur Erarbeitung der  
Vergabekriterien DE-UZ 228, Ausgabe Januar 2023



TEXTE 69/2024

Ressortforschungsplan des Bundesministerium für  
Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3721 53 305 0

FB001461

## **Umweltzeichen Blauer Engel für Rechenzentren**

Hintergrundbericht zur Erarbeitung der Vergabekriterien  
DE-UZ 228, Ausgabe Januar 2023

von

Jens Gröger, Felix Behrens, Ran Liu  
Öko-Institut e.V., Berlin

Dr. Ludger Ackermann, Fridtjof Chwoyka, Alexander  
Schlösser  
Data Centre Excellence GmbH

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](http://www.umweltbundesamt.de)

### Durchführung der Studie:

Öko-Institut e.V.  
Borkumstraße 2  
13189 Berlin

### Abschlussdatum:

Juni 2023

### Redaktion:

Beratungsstelle nachhaltige Informations- und Kommunikationstechnik (Green-IT)  
Marina Köhn

Publikationen als pdf:

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

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, April 2024

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

### **Kurzbeschreibung: Rechenzentren**

Die Digitalisierung aller Bereiche des wirtschaftlichen, öffentlichen und privaten Lebens schreitet ungebremst voran. Rechenzentren sind dabei eine wesentliche Komponente der digitalen Infrastruktur. Die ökologischen Auswirkungen der Dienstleistungen, die von Rechenzentren erbracht werden, können in Analogie zu den Umweltwirkungen von Produkten bewertet werden. Es gibt eine Vielzahl an Geschäftsmodellen für den Betrieb von Rechenzentren und das Erbringen von Rechenzentrumsdienstleistungen. Die Betriebsmodelle Unternehmens-, Hosting- und Co-Location-Rechenzentrum konnten in der Vergangenheit durch die entsprechenden Umweltzeichen DE-UZ 161 und DE-UZ 214 ausgezeichnet werden. In diesem Hintergrundbericht wird die Entwicklung eines modularen Umweltzeichens Blauer Engel für Rechenzentren (DE-UZ 228) dokumentiert, der den Anspruch erhebt, auf alle Geschäftsmodelle von Rechenzentrumsdienstleistungen anwendbar zu sein. Der Bericht beinhaltet neben einer Markt- und Umfeldanalyse einschließlich der wichtigsten europäischen Verordnungen im Bereich von Rechenzentren, bestehender Standards und Umweltzeichen auch eine Untersuchung von Praxisbeispielen, die Dokumentation eines Referenzmodells und die Ableitung von Vergabekriterien für ein ambitioniertes Umweltzeichen.

### **Abstract: Data Centres**

The digitization of all areas of economic, public and private life is progressing unabated. Data centres are an essential component of digital infrastructure in this process. The ecological impact of the services provided by data centres can be assessed by analogy with the environmental impact of products. There are a variety of business models for operating data centres and providing data centre services. In the past, the operating models, enterprise, hosting and co-location data centre, could apply for the corresponding environmental labels DE-UZ 161 and DE-UZ 214 separately. This background report documents the development of a modular Blue Angel eco-label for data centres (DE-UZ 228), which claims to be applicable to all data centre services business models. In addition to a market and environment analysis including the most important European regulations in the field of data centres, existing standards and eco-labels, the report also includes an examination of practical examples, the documentation of a reference model and the derivation of award criteria for an ambitious eco-label.

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	8
Tabellenverzeichnis.....	8
Formelverzeichnis.....	9
Abkürzungsverzeichnis.....	10
Zusammenfassung.....	12
Summary.....	17
1 Hintergrund und Zielsetzung.....	21
2 Untersuchungsgegenstand.....	24
2.1 Begriffsbestimmungen.....	24
2.2 Verantwortungsbereiche von RZ- und IT-Betreiber.....	27
3 Markt- und Umfeldanalyse.....	29
3.1 Marktanalyse.....	29
3.1.1 Geschäftsmodelle.....	29
3.1.2 Rechenzentrumsmarkt in Deutschland.....	30
3.1.3 Energiebedarf und -effizienz.....	31
3.1.4 Verbreitung von Standards und Umweltzeichen.....	32
3.2 Regulatives Umfeld.....	32
3.2.1 F-Gase-Verordnung (517/2014/EU).....	33
3.2.2 Ökodesign.....	33
3.2.3 Normen.....	35
3.2.4 Energieeffizienzgesetz für Rechenzentren.....	37
3.2.5 Blauer Engel DE-UZ 161 und DE-UZ 214.....	37
3.2.6 Best Practice Guidelines for the EU Code of Conduct (CoC) on Data Centre Energy Efficiency.....	39
4 Umweltwirkungen.....	44
4.1 Energie- und Rohstoffbedarf von Herstellungs- und Nutzungsphase.....	44
4.2 Schwefelhexafluorid (SF <sub>6</sub> ) in Schaltanlagen.....	45
4.3 Fluorierte Kältemittel.....	45
5 Beste verfügbare Technik.....	47
5.1 Praxisbeispiele.....	47
5.1.1 Messkonzept, Auswertung und Validierung von Messdaten.....	48
5.1.2 Grenzwerte von KPIs.....	49
5.1.3 Natürliche Kältemittel.....	52

5.1.4	Abwärmennutzung.....	53
5.1.5	Serverauslastung.....	55
5.1.6	Nutzungsdauer der IT-Komponenten .....	55
5.1.7	Zusammenfassung der Praxisbeispiele .....	55
5.2	Referenz-Design für Rechenzentren .....	56
5.2.1	Ziele des Referenz-Designs .....	57
5.2.2	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	58
6	Ableitung der Vergabekriterien für ein Umweltzeichen .....	61
6.1	Geltungsbereich und Antragsteller .....	61
6.2	Gute Unternehmenspraxis.....	62
6.3	Energieeffizienzbericht .....	62
6.4	Vertragliche Anforderungen .....	62
6.5	Kontinuierliche Effizienzanforderungen .....	63
6.6	Klimaschädliche Chemikalien.....	63
6.7	Bauliche Anforderungen .....	63
6.8	Anforderungen an Neuanschaffungen.....	64
6.9	Fluorierte Kältemittel.....	64
6.10	Diskussionsergebnisse der Praxisworkshops und des Stakeholder Dialogs .....	64
7	Quellenverzeichnis .....	65
A	Anhang .....	69
A.1	Definition der Kennzahlen .....	69
A.1.1	Power Usage Effectiveness .....	69
A.1.2	Partielle PUE.....	69
A.1.3	Renewable Energy Factor .....	70
A.1.4	Energy Re-use Factor .....	70
A.1.5	Cooling Efficiency Ratio.....	70
A.1.6	Carbon Usage Effectiveness.....	71
A.1.7	Water Usage Effectiveness .....	71
A.1.8	ITEE <sub>sv</sub> .....	71
A.1.9	ITEU <sub>sv</sub> .....	71
A.2	Hintergrund zum Referenzdesign .....	73
A.2.1	Beschreibung der Referenzdesigns.....	73
A.2.2	Alle Ergebnisse der Referenzdesigns .....	77
A.3	Server Idle Energy Coefficient (SIEC) .....	84

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Anlagenaufbau bei luftgekühlter IT-Komponenten .....	74
Abbildung 2:	Anlagenaufbau bei direkter Wasserkühlung .....	76
Abbildung 3:	Bestimmung von $P_{idle}$ aus der Datenreihe .....	85

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Markttrends Rechenzentren in Deutschland .....	13
Tabelle 2:	Verantwortungsbereiche verschiedener Akteure beim Betrieb von Rechenzentren.....	27
Tabelle 3:	Markttrends Rechenzentren in Deutschland .....	31
Tabelle 4:	Ökodesign Anforderungen an die Effizienz der Kühlung.....	34
Tabelle 5:	Beste verfügbare Technik laut Ökodesign 2016.....	34
Tabelle 6:	Mindestanforderungen der Ökodesign VO an Netzteile.....	35
Tabelle 7:	Ökodesign-Anforderungen für Server an die Effizienz im Aktivzustand ( $Eff_{Server}$ ).....	35
Tabelle 8:	Kennzahlen zur Energie- und Ressourceneffizienz von Rechenzentren.....	36
Tabelle 9:	Vergabekriterien der bisherigen Umweltzeichen Blauer Engel DE-UZ 161 und DE-UZ 214 .....	38
Tabelle 10:	Mindestanforderung für Power Usage Effectiveness.....	38
Tabelle 11:	Wirkungsgrad der USV bei Neuanschaffung .....	39
Tabelle 12:	Abiotischer Rohstoffverbrauch und Treibhauseffekt pro Rack-Server in der Herstellungs- und Nutzungsphase .....	45
Tabelle 13:	Effizienz einer theoretischen Kältemaschine mit verschiedenen Kältemittel .....	45
Tabelle 14:	Mindestanforderung für Power Usage Effectiveness und die Energieeffizienz des Kühlsystems (CER) .....	57
Tabelle 15:	dPUE und dCER für Luftkühlung, Frankfurt, für alle Größen....	58
Tabelle 16:	dPUE und dCER für Wasserkühlung, Frankfurt, für alle Größen .....	58
Tabelle 17:	dPUE und dCER für Luftkühlung, Frankfurt, Größe 1 .....	77
Tabelle 18:	dPUE Größe 1, Luftkühlung, für alle Städte.....	78
Tabelle 19:	dCER Größe 1, Luftkühlung, für alle Städte.....	78
Tabelle 20:	dPUE und dCER für Wasserkühlung, Frankfurt, Größe 1.....	78
Tabelle 21:	dPUE Größe 1, Wasserkühlung, für alle Städte.....	79
Tabelle 22:	dCER Größe 1, Wasserkühlung, für alle Städte .....	79
Tabelle 23:	dPUE und dCER für Luftkühlung, Frankfurt, Größe 2 .....	79
Tabelle 24:	dPUE Größe 2, Luftkühlung, für alle Städte.....	80
Tabelle 25:	dCER Größe 2, Luftkühlung, für alle Städte .....	80



Tabelle 26:	dPUE und dCER für Wasserkühlung, Frankfurt, Größe 2.....	81
Tabelle 27:	dPUE Größe 2, Wasserkühlung, für alle Städte.....	81
Tabelle 28:	dCER Größe 2, Wasserkühlung, für alle Städte .....	81
Tabelle 29:	dPUE und dCER für Luftkühlung, Frankfurt, Größe 3 .....	82
Tabelle 30:	dPUE Größe 3, Luftkühlung, für alle Städte.....	82
Tabelle 31:	dCER Größe 3, Luftkühlung, für alle Städte .....	82
Tabelle 32:	dPUE und dCER für Wasserkühlung, Frankfurt, Größe 3.....	83
Tabelle 33:	dPUE Größe 3, Wasserkühlung, für alle Städte.....	83
Tabelle 34:	dCER Größe 3, Wasserkühlung, für alle Städte .....	83
Tabelle 35:	Beispiel einer Datenreihe zur Bestimmung von $E_{idle}$ .....	84

## Formelverzeichnis

Formel 1:	PUE Power Usage Effectiveness .....	69
Formel 2:	$pPUE_{Sub}$ partieller PUE .....	69
Formel 3:	$pPUE_{Elektro}$ partieller PUE Elektro.....	69
Formel 4:	$pPUE_{Klima}$ partieller PUE Klima .....	69
Formel 5:	$pPUE_{Kühlung}$ partieller PUE Kühlung .....	69
Formel 6:	REF Renewable Energy Factor .....	70
Formel 7:	ERF Energy Re-use Factor .....	70
Formel 8:	CER Cooling Efficiency Ratio .....	70
Formel 9:	CUE Carbon Usage Effectiveness.....	71
Formel 10:	WUE Water Usage Effectiveness.....	71
Formel 11:	$ITEU_{sv}$ IT Equipment Utilisation for servers.....	72
Formel 12:	Server Idle Energy Coefficient .....	84
Formel 13:	Gesamte Energieaufnahme des Servers.....	84
Formel 14:	Energieaufnahme des Servers im Idle Modus.....	85

## Abkürzungsverzeichnis

<b>CER</b>	Cooling Efficiency Ratio – Kennzahl für die Effizienz eines Kühlsystems, gebildet als Quotient aus abgeführter Wärme und Energieverbrauch des Kühlsystems
<b>CUE</b>	Carbon Usage Effectiveness – Kennzahl für die CO <sub>2</sub> -Emission eines Rechenzentrums
<b>DE-UZ</b>	Deutsches Umweltzeichen
<b>EN</b>	Europäische Norm
<b>EN 50600</b>	Europäische Norm für Rechenzentren – eine Übertragung als internationale Norm wird derzeit als Projekt ISO/IEC 22237 durchgeführt
<b>HLRS und GSI</b>	Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart und GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung
<b>HPC</b>	High Performance Computing
<b>iPDU</b>	intelligente PDU, die in Lage ist, die Leistungsaufnahme an ihren Ausgängen zu messen und über ein Netzwerk zu übertragen.
<b>IT</b>	Informationstechnik
<b>ITEE<sub>sv</sub></b>	Information Technology Equipment Energy Efficiency for servers
<b>JAZ</b>	Jahresarbeitszahl – Kennzahl für die Effizienz eines Kühlsystems, gebildet als Quotient aus abgeführter Wärme und Energieverbrauch des Kühlsystems (Vorläufer des CER)
<b>KPI</b>	Key Performance Indicator (Leistungskennzahl)
<b>KWS</b>	Kaltwassersatz - technische Anlage zur Bereitstellung von Kälte im Erzeugerkreis
<b>MSP</b>	Managed Service Provider
<b>PDU</b>	Power Distribution Unit – Stromverteilungssystem im Rack, vergleichbar einer Steckdosenleiste im Haushalt, allerdings für weit höhere Leistungen geeignet.
<b>PUE</b>	Power Usage Effectiveness – Kennzahl für die Energieeffizienz der Rechenzentrumsinfrastruktur, gebildet als Quotient aus Gesamtenergieverbrauch und Energieverbrauch der IT
<b>RAM</b>	Random Access Memory – Arbeitsspeicher in Computern und Servern
<b>REF</b>	Renewable Energy Factor – Kennzahl für die Nutzung von erneuerbaren Energien eines Rechenzentrums, gebildet als Quotient aus genutzter erneuerbarer Energie und Gesamtenergieverbrauch
<b>RKW</b>	Rückkühlwerk - technische Anlage zur Abgabe von Wärme an die Umgebungsluft
<b>RZ</b>	Rechenzentrum
<b>TC 215</b>	Technical Committee 215 – das Normungsgremium im CENELEC, das die Entwicklung der DIN EN 50600 verantwortet.
<b>TGA</b>	Technische Gebäudeausrüstung
<b>TR</b>	Technical Report – ein Dokument in einer Normenreihe mit der Funktion, Beispiele und Erläuterungen zu geben. TRs haben keinen normativen Charakter.

<b>UKG</b>	Umluftklimagerät - technische Anlage zur Verteilung von Kälte im IT-Raum
<b>USV</b>	Unterbrechungsfreie Stromversorgung - technische Anlage, die bei Ausfall des Netzstroms die Stromversorgung übernimmt.
<b>WUE</b>	Water Usage Effectiveness – Kennzahl für die Nutzung von Wasser eines Rechenzentrums

## Zusammenfassung

Ziel dieses Hintergrundberichtes ist die Herleitung und Begründung der aktualisierten Vergabekriterien und neuen Anforderungen des Umweltzeichens Blauer Engel für Rechenzentren. Dabei werden die festgelegten Mindestanforderungen für Energieeffizienz, Ressourcenschonung und weitere Umweltkriterien erläutert.

Seit 2020 existierten zwei Umweltzeichen Blauer Engel für zwei unterschiedliche Geschäftsmodelle von Rechenzentren „Blauer Engel Energieeffizienter Rechenzentrumsbetrieb“ (DE-UZ 161) und „Blauer Engel Klimaschonende Co-Location-Rechenzentren“ (DE-UZ 214). Der Blaue Engel DE-UZ 161 zeichnet Rechenzentren aus, die alle Teilbereiche eines Rechenzentrums verantworten. Dazu gehören die technische Gebäudeausrüstung und die Informationstechnik. Das Umweltzeichen DE-UZ 214 hingegen zeichnet Rechenzentren aus, die selbst keine Informationstechnik (IT) betreiben. Sie vermieten die Rechenzentrumsfläche an Kunden, die ihre IT-Hardware darauf betreiben. Es hat sich jedoch gezeigt, dass eine eindeutige Zuordnung zu den jeweiligen Geltungsbereichen dieser Umweltzeichen nicht immer möglich ist. Aus diesem Grund wurden die beiden Umweltzeichen zusammengeführt und der Geltungsbereich erweitert, um Kunden in Co-Location-Rechenzentren eine Zertifizierung mit dem Blauen Engel zu ermöglichen.

Die Bedeutung von Rechenzentren nimmt aufgrund der verstärkten Nutzung von IT in verschiedenen Wirtschafts- und Lebensbereichen weiterhin ungebremst zu. In privaten Haushalten und Unternehmen sind digitale Dienste und Technologien allgegenwärtig. Ein aktualisiertes Umweltzeichen Blauer Engel für Rechenzentren ermöglicht umweltbewussten Verbrauchern, Großkunden und öffentlichen Einrichtungen eine verlässliche Orientierung beim Einkauf. Aufgrund verschiedener Betreibermodelle und Geschäftsstrukturen wird ein modulares Umweltzeichen (DE-UZ 228) entwickelt, das für weit verbreitete Rechenzentrumsmodelle geeignet ist. Bei allen verbreiteten Geschäftsmodellen lassen sich Verantwortliche für die RZ-Infrastruktur und die IT-Hardware ausmachen. Diese werden in nachfolgend als RZ- und IT-Betreiber bezeichnet. Im Falle geteilter Verantwortung sind RZ- oder IT-Betreiber gleichzeitig RZ-Dienstleister, wenn sie die IT-Fläche oder IT-Hardware an RZ-Kunden vermieten.

Die Datenbasis einer **Marktanalyse** ist immer noch dünn. Es gibt Schätzungen und stichprobenartige Befragungen. *„Es gibt aktuell in Deutschland rund 3.000 Rechenzentren mit mehr als 40 kW IT-Anschlussleistung und mindestens 10 Server-Racks, davon 90 mit mehr als 5 MW. Hinzu kommen ca. 47.000 kleinere IT-Installationen.“* (Hintemann et al. 2022). Die großen RZ (>5 MW) machen fast die Hälfte der Anschlussleistung aus, Tendenz steigend, die kleinen Installationen etwa ein Drittel, Tendenz fallend. Cloud-Rechenzentren nehmen einen wachsenden Marktanteil ein. Der Energiebedarf aller RZ in Deutschland beträgt etwa 16 Mrd. kWh/Jahr. Während der Markt der RZ-Betreiber von sehr vielen Akteuren geprägt ist, scheint auf der Seite der IT-Betreiber eine Konzentration auf wenige große Akteure stattzufinden. *„40 % [der befragten RZ-Betreiber] zählen zu den Wholesale- und Hyperscale-Betreibern und damit zu einem stark wachsenden Segment“* (Veith und Müller 2020). Als Wholesale- und Hyperscale-Betreiber werden hier solche Co-Location-RZ bezeichnet, bei denen die gesamte IT-Fläche von einem einzigen Kunden genutzt wird. Der Markt an Cloud-Computing Dienstleistern ist sehr stark globalisiert. Diese treten in Deutschland oft als whole-sale Co-Location-Kunden auf. Die wichtigsten Akteure in alphabetischer Reihenfolge sind Alibaba Cloud, AWS, Google Cloud, IBM und Microsoft Azure (RedHat 2022). Eine Studie von GDA und PWC stellt fest, dass in den letzten Jahren viele Rechenzentren in Deutschland neu gebaut wurden.

**Tabelle 1: Markttrends Rechenzentren in Deutschland**

Parameter	Größe (Stand 2020)	Jährliches Wachstum
Energiebedarf	16 TWh	6,3%
Gebäudefläche alle RZ	2,3 Mio m <sup>2</sup>	4,4%
Gebäudefläche Co-Location	1 Mio m <sup>2</sup>	10,3%

Quelle: Borderstep Institut (2020), eigene Darstellung

Typische PUE-Werte liegen laut einer Umfrage von Veith und Müller (2020) zwischen 1,05 und 2,20 mit einem Mittelwert von 1,38. Rechenzentrumsbetreiber sehen sich verstärkt Nachhaltigkeitsanforderungen ausgesetzt, denen sie sich nur unzureichend gewappnet fühlen. Bisher sind Normen zur Datensicherheit und Qualitätssicherung verbreiteter als Normen und Auszeichnungen zu umweltrelevanten Aspekten des Rechenzentrumsbetriebes.

Das **regulative Umfeld** für Rechenzentren umfasst europäische Richtlinien und nationale Gesetze zur Energieeffizienz und Umweltverträglichkeit. Aktuell befinden sich weitere Vorschriften in Vorbereitung, darunter das deutsche Energieeffizienzgesetz, das voraussichtlich 2023 verabschiedet wird. Zusätzlich gelten separate Verordnungen für bestimmte Komponenten in Rechenzentren, wie die F-Gase-Verordnung für Kältemittel und die Ökodesign-Verordnungen für Kälteanlagen, Server und Datenspeicherprodukte. Die EU-Kommission hat das Ziel ausgegeben, dass Rechenzentren bis 2030 klimaneutral sein sollen. Der deutsche Koalitionsvertrag sieht vor, dass ab 2027 neue Rechenzentren klimaneutral betrieben werden sollen.

Zu den **relevanten Standards** gehören die EN 50600-Normenreihe, die verschiedene Aspekte von Rechenzentren abdeckt, sowie ISO 50001 für das Energiemanagement. Auch der EU Code of Conduct for Data Centre Energy Efficiency bietet Best Practice Guidelines zur Effizienzsteigerung.

Der Blaue Engel DE-UZ 161 und DE-UZ 214 setzen **Mindestanforderungen für energieeffizienten und klimaschonenden Betrieb von Rechenzentren**. Sie legen unter anderem Anforderungen an den Power Usage Effectiveness (PUE) und die Effizienz des Kühlsystems fest. Der EU Code of Conduct empfiehlt verpflichtende Maßnahmen zur Optimierung des Betriebs, wie die Abschaltung ungenutzter Geräte und die Optimierung der Klimaanlage. Es werden außerdem Empfehlungen zur Beschaffung von IT-Hardware, zur Implementierung von Energiemanagement-Systemen und zur Nutzung erneuerbarer Energien gegeben. Die Berichterstattung über Energieverbrauch und Umweltwirkungen ist ein weiterer wichtiger Aspekt.

Zur Ableitung von Kriterien für ein Umweltzeichen werden entlang des Produktlebenswegs Nachhaltigkeitsaspekte untersucht und besondere Hot-Spots identifiziert, die ein nachhaltiges Produkt von einem durchschnittlichen Produkt unterscheiden. **Ökobilanzen**, die komplette Rechenzentren inklusive der Gebäudehüllen und der Herstellung von IT-Technik bilanziert haben, zeigen, dass die Betriebsphase von Rechenzentren in allen Wirkungskategorien dominiert (Schödwell et al. 2018). Es wurden folgende Bereiche identifiziert, bei denen relevante Umweltwirkungen auftreten:

- ▶ Indirekte Emissionen durch die Strombereitstellung im Betrieb
- ▶ Direkte Emissionen von starken Treibhausgasen bei Kälteanlage durch den Verlust von Kältemitteln und bei SF<sub>6</sub>-haltigen Schaltanlagen,
- ▶ Wasserverbrauch im Betrieb,

► Flächenversiegelung.

Die ausführliche Beschreibung der Umweltwirkungen im Hintergrundbericht des DE-UZ-214 von Gröger und Behrens (2022) ist nach wie vor aktuell.

Der Abiotische Rohstoffverbrauch (ADP) schlägt in der Herstellung der IT zu Buche und wird am Lebensende, oft schon nach 3-5 Jahren, Elektroschrott. Auch auf EU-Ebene wird zunehmend Reparierbarkeit und Wiederverwendbarkeit von Produkten diskutiert.

Im Zuge des Lieferstopps russischen Erdgases 2021/2022 stellt sich zunehmend die Frage, ob und wie RZ einen Beitrag zur Wärmewende in Deutschland leisten können.

Es gibt zwar **Leitfäden und Handreichungen** verschiedener Organisationen für einen effizienten Rechenzentrumsbetrieb, wie z. B. den TR 50600-99-1, den EU Code of Conduct (Acton et al. 2021) und den Leitfaden – Energieeffizienz in Rechenzentren (Bitkom e.V. 2015). Jedoch gibt es keine zusammenfassende Übersicht über die Umsetzung und deren Einfluss auf die Erreichung von Leistungs- und Effizienzkennzahlen, was die Festlegung von Mindestanforderungen erschwert. Um dies bei der Kriterienentwicklung zu kompensieren, werden gute Praxisbeispiele und technische Machbarkeit berücksichtigt. Für letzteres wird ein **Referenz-Design** mit unterschiedlichen Eingangsparametern von erfahrenen RZ-Beratern durchgerechnet. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass die bisherigen Grenzwerte für PUE und CER in der Praxis erreichbar sind, daher ist keine Anpassung erforderlich. Die Referenz-Designs legen realistische technische Parameter einer typischen Auslegung von Rechenzentren fest und berechnen daraus in einem Bottom-up-Ansatz Kennzahlen, die in diesen Rechenzentren erreicht werden können. Um die ganze Bandbreite an Möglichkeiten abzudecken, werden für diese technischen Parameter jeweils mehrere Werte ausgewählt. Daraus resultierend kann mit hoher Wahrscheinlichkeit beschrieben werden, welche technische Ausstattung eines Rechenzentrums dieses zur Einhaltung der Mindestanforderungen im Blauen Engel für Rechenzentren befähigt und in welchen Fällen die Mindestanforderungen unerreichbar bleiben. Über alle Ergebnisse hinweg lässt sich festhalten, dass der Standort bei der Berechnung der Kennzahlen nur eine geringe Rolle spielt. Abweichungen ergeben sich in der zweiten Kommastelle und sind in der Regel nicht relevant, wenn es darum geht, die Grenzwerte des Blauen Engel einzuhalten. Bei einer Auslastung von 10 % sind die Grenzwerte der Kriterien in der Regel nicht einhaltbar, selbst nicht bei Wasserkühlung. Für kleine Rechenzentren der Größe 1 (50 kW) mit klassischer Luftkühlung sind die Kriterien bei niedriger Auslastung nicht einhaltbar. Sehr niedrige Auslastungen oder kleine Rechenzentren mit niedriger Auslastung sind nicht energie- und ressourcen-effizient, so dass diese Rechenzentren die Kriterien des Blauen Engels selbst bei hoher Auslastung nicht erreichen können. Rechenzentren der Größe 2 (500 kW) und 3 (1,5 MW) können auch bei niedriger Auslastung die Kriterien einhalten.

Die **Praxiserfahrungen** zeigen ein gemischtes Bild zur Erfüllung und ein positives Bild zur Erfüllbarkeit des bisherigen Anforderungsniveaus der einzelnen Kriterien des Blauen Engel für RZ.

#### **Messkonzept, Auswertung und Validierung von Messdaten**

Das Messkonzept ist die Basis eines Energie- und Ressourcenmonitorings. Das Monitoring ist in der Regel vorhanden und automatisiert. Seltener werden die Messwerte so ausgewertet, dass sich umweltrelevante Kennzahlen bilden und optimieren lassen. Ist das Messkonzept noch nicht ausgereift, führen Beratungen (im Kontext des Blauen Engel) häufig zu einer deutlichen Verbesserung des Monitorings und Messkonzeptes, meist werden notwendige Zähler nachgerüstet. Der Blaue Engel hat an dieser Stelle das Potential, einen Standard zu setzen.

Deshalb lässt sich aus den Praxisbeispielen ableiten, dass die Anforderungen an das Messkonzept in doppelter Funktion wichtig für den Blauen Engel sind: als Grundlage für die Optimierung von KPIs und als Standard für eine gute Praxis des RZ-Monitorings.

### Grenzwerte von KPIs

Die Nutzung der Kennzahlen stellt sich sehr unterschiedlich dar: einige Rechenzentren können gar keine Kennzahlen berechnen, meist weil im Messkonzept notwendige Zähler fehlen, einige Rechenzentren können alle Kennzahlen berechnen und ausweisen.

- ▶ **PUE** und **REF** sind weit verbreitete Kennzahlen. Sie sind richtungssicher, das Anforderungsniveau von 1,3 und 100 % ist machbar ambitioniert, der Nachweis ist in der Regel leicht nachvollziehbar.
- ▶ Die theoretische Leistungsfähigkeit von Servern wird indirekt eingefordert, indem bei der Beschaffung die Vergabekriterien des DE-UZ 213 für Server- und Speichersysteme beachtet werden sollen. **ITEE<sub>SV</sub>** (IT Equipment Energy Efficiency for servers, ISO 30134-4) geht dort jedoch nicht ein. Es gibt keine Erfahrungen mit dieser Kennzahl.
- ▶ Für die Auslastung der Server **ITEU<sub>SV</sub>** zeigen die Praxisbeispiele, dass der geforderte Wert von 20 % von Forschungseinrichtungen um ein Vielfaches übertroffen wird. Je größer die Toleranz der Anwendung für Wartezeiten und je einfacher inaktive Server abgeschaltet werden können, desto besser fällt der Wert **ITEU<sub>SV</sub>** aus. Aufgrund dieser Erfahrung wäre eine Abstufung nach Forschungs-, Co-Location- und Unternehmens-RZ denkbar.
- ▶ Zu **ERF** gibt es keine Erfahrungen, zu **CER** wenig. Diese suggerieren, dass das Ambitionsniveau eventuell angehoben werden könnte, insbesondere für Neubauten.
- ▶ Zu **CUE** liegen keine Erfahrungen vor, eine Berichtspflicht für Emissionen durch Kältemittel und Treibstoffgebrauch wäre jedoch denkbar.
- ▶ Auch zu **WUE** gibt es keine Praxisbeispiele, eine realistische Größenordnung einer Obergrenze könnte 0,4 l/kWh sein.

### Natürliche Kältemittel und Abwärmenutzung

Die Erfahrungen zeigen, dass die Bereitschaft für den Einsatz natürlicher Kältemittel und das Interesse an Abwärmenutzung stark zugenommen haben. Gleichzeitig sehen sich Betreiber von existierenden RZ nicht in der Lage, natürliche Kältemittel und Abwärme zu nutzen. Beides ist mit z.T. massiven baulichen Veränderungen verbunden. Eine Auskopplung von Wärme an Industrie oder Wärmenetze steht erst ab einer gewissen Leistung im Verhältnis zum damit verbundenen Aufwand. Kältemittel werden hingegen schon seit 2013 EU-weit reguliert, der Markt für halogenfreie Technik existiert seit langem.

### Serverauslastung und Nutzungsdauer der IT-Komponenten

Eine gute Praxis und Vergabekriterien zur Steigerung der Serverauslastung und der Nutzungsdauer der IT sind aus diesem Erfahrungsbericht nicht direkt ableitbar. Es ist nicht eindeutig, ob **ITEU<sub>SV</sub>** in allen Fällen von Serverarchitektur richtungssicher die Auslastung wiedergibt. Es sollte einen Anreiz geben, Serverlast zu konsolidieren und den Idle-Stromverbrauch zu senken. Server ohne Rechenlast sollten in einen energiesparenden Modus versetzt werden. Diese Maßnahmen verbessern bei Standard-Serverarchitekturen gleichzeitig den **ITEU<sub>SV</sub>**. Der Blaue Engel könnte zusätzlich eine Anforderung an ein Re-Use-Management für IT-Komponenten stellen.

In Kapitel 6 werden die **Vergabekriterien** für ein Umweltzeichen für Rechenzentren abgeleitet. Der Fokus liegt auf einem klimaschonenden Rechenzentrums- und IT-Betrieb sowie auf Energieeffizienz und Ressourcenschonung. Es werden klare Anforderungen an die Unternehmenspraxis gestellt, um den Ressourcen- und Energiebedarf zu erfassen, zu planen, zu optimieren und zu kontrollieren. Ein standardisierter Energieeffizienzbericht ist als Nachweis erforderlich. Zusätzlich werden vertragliche Anforderungen an Partner in der Wertschöpfungskette gestellt, um ökologisches Verhalten zu fördern. Kontinuierliche Effizienzanforderungen in den Bereichen PUE, CER und  $ITEU_{SY}$  werden festgelegt. Klimaschädliche Chemikalien sowie fluorierte Kältemittel werden ausgeschlossen. Es gibt auch Anforderungen an Neuanschaffungen von technischer Gebäudeausrüstung, Servern und Speichersystemen. Die Diskussionsergebnisse der Praxisworkshops und des Stakeholder-Dialogs werden berücksichtigt, wobei in diesen Formaten insbesondere Ausnahmeregelungen und das Anforderungsniveau an die Abwärmenutzung diskutiert wurden.



## Summary

The aim of this background report is to derive and justify the updated award criteria for a Blue Angel eco-label for data centres. Minimum requirements for energy efficiency, resource conservation and other environmental criteria are defined. Since 2020, there have been two Blue Angel ecolabels for two different data centre business models: "Blue Angel Energy-efficient Data Centre Operation" (DE-UZ 161) and "Blue Angel Climate-friendly Co-location Data Centres" (DE-UZ 214). The importance of data centres continues to grow unabated due to the increased use of information technology in various areas of business and life. Digital services and technologies are omnipresent in private households and companies. An updated Blue Angel ecolabel for data centres provides environmentally conscious consumers, major customers and public institutions with reliable guidance for green procurement. Based on different operator models and business structures, a modular ecolabel (DE-UZ 228) is being developed that is suitable for widespread data centre models. In all common business models, it is possible to identify those responsible for the data centre infrastructure and IT hardware, respectively. Those are referred to below as data centre and IT operators, respectively. In the case of shared responsibility, data centre or IT operators are also data centre service providers if they supply the IT space or IT hardware to data centre customers.

The data basis for a **market analysis** is still thin. There are estimates and non-representative surveys. "There are currently around 3,000 data centres in Germany with more than 40 kW IT connection power and at least 10 server racks, 90 of which have more than 5 MW. In addition, there are around 47,000 smaller IT installations" [translated by the author] (Hintemann et al. 2022). The large data centres (>5 MW) account for almost half of the connected load, and the trend is rising; the small installations account for around a third, and the trend is falling. Cloud data centres have a growing market share. The energy requirement of all data centres in Germany is around 16 billion kWh/year. While the data centre operator market is characterised by a large number of players, IT operators appear to be concentrating on a few large players. "40% [of the data centre operators surveyed] are wholesale and hyperscale operators and therefore a rapidly growing segment" [translated by the author] (GDA and pwc 2020). Wholesale and hyperscale operators are defined here as co-location data centres where the entire IT space is used by a single customer. The market for cloud computing service providers is highly globalised. In Germany, these often operate as whole-sale co-location customers. The most important players in alphabetical order are Alibaba Cloud, AWS, Google Cloud, IBM and Microsoft Azure (RedHat 2022). A study by GDA and PWC found that many new data centres have been built in Germany in recent years.

**Table 1: Market trends for data centres in Germany**

Parameter	Size (at at 2020)	Annual growth
Energy demand	16 TWh	6,3%
Building area all data centres	2,3 Mio m <sup>2</sup>	4,4%
Building area all Co-location DC	1 Mio m <sup>2</sup>	10,3%

Quelle: Borderstep Institut (2020), own illustration

According to a survey by GDA and pwc (2020), typical PUE values are between 1.05 and 2.20 with a mean value of 1.38. Data centre operators are increasingly exposed to sustainability requirements that they feel inadequately equipped to meet. To date, standards for data security and quality assurance are more widespread than standards and awards for environmentally relevant aspects of data centre operation.

The **regulatory environment** for data centres includes European directives and national laws on energy efficiency and environmental compatibility. Further regulations are currently in preparation, including the German Energy Efficiency Act, which is expected to be passed in 2023. In addition, separate regulations apply to certain components in data centres, such as the F-Gas Regulation for refrigerants and the Ecodesign Regulations for cooling systems, servers and data storage products. The EU Commission has set a target for data centres to be climate-neutral by 2030. The German coalition agreement stipulates that new data centres should be operated in a climate-neutral manner from 2027.

The **relevant standards** include the EN 50600 series of standards, which covers various aspects of data centres, as well as ISO 50001 for energy management. The EU Code of Conduct for Data Centre Energy Efficiency also offers best practice guidelines for increasing efficiency.

The Blue Angel DE-UZ 161 and DE-UZ 214 set **minimum requirements for the energy-efficient and climate-friendly operation of data centres**. Among other things, they specify requirements for the Power Usage Effectiveness (PUE) and the efficiency of the cooling system. The EU Code of Conduct recommends mandatory measures to optimise operations, such as switching off unused equipment and optimising the air conditioning system. Recommendations are also made on the procurement of IT hardware, the implementation of energy management systems and the use of renewable energies. Reporting on energy consumption and environmental impact is another important aspect.

To derive criteria for an eco-label, sustainability aspects are analysed along the product life cycle and particular hot spots are identified that distinguish a sustainable product from an average product. **Life cycle assessments** that have analysed complete data centres, including the building envelopes and the manufacture of IT technology, show that the operating phase of data centres dominates in all impact categories (Schödwell et al. 2018). The following areas were identified in which relevant environmental impacts occur:

- ▶ Indirect emissions from the provision of electricity during operation
- ▶ Direct emissions of strong greenhouse gases from refrigeration systems due to the loss of refrigerants and from switchgear containing SF<sub>6</sub>
- ▶ Water consumption during operation,
- ▶ Land sealing.

The detailed description of the environmental impacts in the background report of DE-UZ-214 by Gröger and Behrens (2022) is still valid.

The consumption of abiotic raw materials (ADP) is dominant in the manufacturing phase of IT that becomes electronic waste at the end of its life, often after just 3-5 years. The reparability and reusability of products is also increasingly being discussed at EU level.

In the stop of the Russian natural gas supply in 2021/2022, the question of whether and how data centres can contribute to the heat transition in Germany is becoming increasingly important.

There are **guidelines and handouts** from various organisations for efficient data centre operation, such as TR 50600-99-1, the EU Code of Conduct (Acton et al. 2021) and the guide - Energy efficiency in data centres (Bitkom e.V. 2015). However, there is no summarised overview of the implementation and its influence on the achievement of performance and efficiency indicators, which makes it difficult to define minimum requirements. To compensate for this, good practice examples and technical feasibility are taken into account when developing the award criteria. For the latter, a **reference design** with different input parameters is calculated by experienced data centre consultants. The results indicate that the previous limit values for PUE and CER are achievable in practice, so no adjustment is necessary. The reference designs define realistic technical parameters for a typical data centre design and use a bottom-up approach to calculate key figures that can be achieved in these data centres. In order to cover the entire range of possibilities, several values are selected for each of these technical parameters. As a result, it is possible to describe with a high degree of probability which technical equipment of a data centre enables it to comply with the minimum requirements of the Blue Angel for data centres and in which cases the minimum requirements remain unattainable. Across all results, it can be stated that the location within Germany plays only a minor role in the calculation of the key figures. Deviations occur in the second decimal place and are generally not relevant when it comes to complying with the Blue Angel limit values. At a capacity utilisation of 10%, the limit values of the criteria cannot generally be met, even with water cooling. For small data centres of size 1 (50 kW) with classic air cooling, the criteria cannot be met at low utilisation rates. Very low workloads or small data centres with low workloads are not energy and resource efficient, meaning that these data centres cannot meet the Blue Angel criteria even at high workloads. Data centres of size 2 (500 kW) and 3 (1.5 MW) can meet the criteria even at low capacity utilisation.

**Practical experience** shows a mixed picture of compliance and a positive picture of the fulfilment of the previous Blue Angel requirement level for data centres.

#### **Measurement concept, evaluation and validation of measurement data**

The measurement concept is the basis of energy and resource monitoring. Monitoring is usually available and automated. Less frequently, the measured values are evaluated in such a way that environmentally relevant key figures can be generated and optimised. If the measurement concept is not yet fully developed, consultations (in the context of the Blue Angel) often lead to a significant improvement in the monitoring and measurement concept, and the necessary meters are usually retrofitted. The Blue Angel has the potential to set a standard at this point.

It can therefore be deduced from the practical examples that the requirements for the measurement concept are important for the Blue Angel in two ways: as a basis for the optimisation of KPIs and as a standard for good practice in data centre monitoring.

#### **Limit values of KPIs**

The use of KPIs varies greatly: some data centres cannot calculate any KPIs at all, usually because the necessary meters are missing from the measurement concept, while some data centres can calculate and report all KPIs.

- ▶ **PUE** and **REF** are widely used key figures. They are directionally reliable, the requirement level of 1.3 and 100% is feasibly ambitious and the verification is usually easy to understand.

The theoretical performance of servers is indirectly demanded in that the award criteria of DE-UZ 213 for server and storage systems should be observed during procurement. However, **ITEE<sub>sv</sub>** is not included there. There is no experience with this key figure.

For server utilisation, practical examples show that the required value of 20% is exceeded many times over by research institutions. The greater the application's tolerance for waiting times and the easier it is to switch off inactive servers, the better the  $ITEU_{SV}$  value. Based on this experience, a gradation according to research, co-location and corporate data centres would be conceivable.

- ▶ There is no experience with **ERF** and little with **CER**. The latter suggests that the ambition level could possibly be raised, especially for new buildings.
- ▶ There is no experience with **CUE**, but a reporting obligation for emissions from refrigerants and fuel use would be conceivable.
- ▶ There are also no practical examples of **WUE**; the only upper limit we know from literature is 0.4 litres/kWh.

#### **Natural refrigerants and waste heat utilisation**

Experience shows that the willingness to use natural refrigerants and interest in waste heat utilisation have increased significantly. At the same time, operators of existing data centres do not see themselves in a position to use natural refrigerants and waste heat. Both are associated with sometimes massive structural changes. Extracting heat from industry or heating networks is only feasible above a certain output in relation to the associated costs. By contrast, refrigerants have been regulated throughout the EU since 2013 and the market for halogen-free technology has existed for a long time.

#### **Server utilisation and service life of IT components**

Good practice and award criteria for increasing server utilisation and the useful life of IT cannot be derived directly from this field report. It is not clear whether  $ITEU_{SV}$  provides a reliable indication of utilisation in all cases of server architecture. There should be an incentive to consolidate server load and reduce idle power consumption. Servers without computing load should be set to an energy-saving mode. These measures also improve the  $ITEU_{SV}$  for standard server architectures. The Blue Angel could also impose a requirement for re-use management for IT components.

The **award criteria for an ecolabel** for data centres are derived in Chapter 6. The focus is on climate-friendly data centre and IT operations as well as energy efficiency and resource conservation. Clear requirements are placed on corporate practice in order to record, plan, optimise and monitor resource and energy requirements. A standardised energy efficiency report is required as proof. In addition, contractual requirements are placed on partners in the value chain in order to promote ecological behaviour. Continuous efficiency requirements in the areas of PUE, CER and  $ITEU_{SV}$  are defined. Climate-damaging chemicals and fluorinated refrigerants are excluded. There are also requirements for new purchases of technical building equipment, servers and storage systems. The results of the discussions at the practical workshops and the stakeholder dialogue are taken into account, whereby exemptions and the level of requirements for waste heat utilisation in particular were main issues of the discussions in these formats.

## 1 Hintergrund und Zielsetzung

Durch den verstärkten Einzug von Informationstechnik in alle Wirtschafts- und Lebensbereiche wird der Bedarf an Rechenzentren in Deutschland in Zukunft weiter ansteigen. In privaten Haushalten sind die Ausstattung mit Informationstechnik (z.B. Smartphones, Computer, Internet-fähige Fernsehgeräte, Smart-Home-Geräte) und die Nutzung von digitalen Diensten (z.B. Voice-over-IP-Telefonie, Videostreaming, Cloud-Storage, Internet) selbstverständlich geworden. Im gewerblichen und industriellen Bereich ist die Nutzung von Digitaltechnologien (für Buchhaltung, Zahlungsverkehr, Simulation, Computer gestütztes Design und Fertigung, Logistik, Künstliche Intelligenz usw.) fester Bestandteil einer zukunftsfähigen Wirtschaftsweise geworden. Zusätzlich wird ein starkes Wachstum an Datenübertragung und -verarbeitung von Echtzeitdaten durch Mobilität (autonome Fahrzeuge) und zunehmende Sensorik (Internet-of-Things) erwartet. Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz ermöglichen und erfordern die Analyse großer Datenmengen. Diese werden für Modellierungen aller Art verwendet, insbesondere für die Personalisierung von digitalen Dienstleistungen und Werbung. Die Verarbeitung dieser digitalen Daten findet nur zu einem Bruchteil lokal, d.h. am Ort der Entstehung statt. In der Regel werden Daten über das Internet übertragen und in zentralen Rechenzentren verarbeitet und gespeichert. Durch Geschäftsmodelle, die Software und Dienstleistungen „in der Cloud“ anbieten, werden sowohl Rechenleistung als auch Energieverbrauch in Zukunft immer stärker auf Rechenzentren verlagert.

Der Blaue Engel ist seit über 45 Jahren das Umweltzeichen der Bundesregierung. Er kennzeichnet umweltschonende Produkte und Dienstleistungen. Zweck des Umweltzeichens ist es, privaten Verbraucherinnen und Verbrauchern, institutionellen Großverbrauchern und öffentlichen Einrichtungen eine verlässliche Orientierung beim umweltbewussten Einkauf zu geben.

Ziel dieses Hintergrundberichtes ist die Herleitung und Begründung der aktualisierten Vergabekriterien eines Umweltzeichens Blauer Engel für Rechenzentren. Seit 2020 existierten zwei Umweltzeichen Blauer Engel für zwei unterschiedliche Geschäftsmodelle von Rechenzentren „Blauer Engel Energieeffizienter Rechenzentrumsbetrieb“ (DE-UZ 161) und „Blauer Engel Klimaschonende Co-Location-Rechenzentren“ (DE-UZ 214). Die Vergabekriterien DE-UZ 161 sind bereits im Januar 2012 veröffentlicht worden, diejenigen für DE-UZ 214 im Januar 2020. DE-UZ 161 enthält einen interdisziplinären Ansatz, der alle Bereiche eines Rechenzentrums und seiner Infrastruktur umfasst. DE-UZ 214 richtet sich speziell an die Betreiber eines Co-Location-Rechenzentrums und enthält statt den Anforderungen an den effizienten Betrieb von Informationstechnik Anforderungen an die Kundenbeziehung, sodass die IT-Betreiber in die Lage versetzt werden, ihre Geräte klimaschonend zu betreiben. In der Praxis sind noch weitere Geschäftsmodelle anzutreffen, welche die Verantwortlichkeiten des RZ-Betreibers im Sinne des DE-UZ 161 auf weitere Akteure verteilen (z.B. die Verantwortlichkeit für das Gebäude in gemischt genutzten Gebäudekomplexen oder durch den Bezug von Fernkälte). Um nicht für jedes Geschäftsmodell von Rechenzentren ein neues Umweltzeichen auflegen zu müssen, wurde in diesem Forschungsvorhaben ein modulares Umweltzeichen entwickelt, das den Anspruch erhebt, für alle weit verbreiteten Geschäftsmodelle von RZ gültig zu sein. Dazu wurden die Vergabekriterien an den aktuellen Stand der Technik und das regulatorische Umfeld angepasst und in einem offenen Stakeholder Dialog diskutiert. Sowohl der jeweils aktuelle Entwicklungsstand der Vergabekriterien als auch alle eingesammelten Argumente für und wider spezifische Anforderungen und Alternativvorschläge wurden während der Laufzeit des Forschungsprojektes transparent auf der Projektwebseite dargestellt und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Relevante Umweltwirkungen von Rechenzentren werden durch den Stromverbrauch, den Ressourcenverbrauch der Informationstechnik und durch Emissionen von Kältemitteln verursacht. Das mit diesem Forschungsvorhaben konsolidierte, neue „Umweltzeichen für Rechenzentren“ (DE-UZ 228) zeichnet neben Rechenzentren mit bisherigen Betreibermodellen auch Rechenzentren solcher Betreiber aus, die ihre Informationstechnik auf der - mit dem Blauen Engel ausgezeichneten - Fläche eines Co-Location-Rechenzentrums administrieren. Für die Vergabe des Blauen Engels an Betreiber von Rechenzentren und Informationstechnik werden Mindestanforderungen vorgegeben, deren Einhaltung von einem unabhängigen Auditor überprüft werden. Mit dem neuen „Umweltzeichen für Rechenzentren“ können solche Rechenzentren ausgezeichnet werden,

- ▶ deren technische Gebäudeausrüstung (TGA) besonders energieeffizient, klima- und ressourcenschonend betrieben wird,
- ▶ deren Betreiber eine langfristige Strategie zur Erhöhung der Energie- und Ressourceneffizienz für das Rechenzentrum erarbeiten und erfolgreich umsetzen,
- ▶ deren Informationstechnik effizient betreiben wird,
- ▶ die ihre Kunden in die Lage versetzen, Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz umzusetzen,
- ▶ und die durch garantierte Mindeststandards und transparente Berichterstattung die Voraussetzung für IT-Betreiber schaffen, Informationstechnik energieeffizient zu betreiben.

Anders als bei Produkten, die in Serie gefertigt werden und die ihre Eigenschaften während des Verkaufszeitraums nicht ändern, sind Rechenzentren dynamische Systeme, die ihre Eigenschaften je nach Auslastung, Jahreszeit, Kundenanforderungen und Marktgeschehen dynamisch ändern können. Rechenzentren werden größtenteils individuell entworfen und mit den unterschiedlichsten Betriebskonzepten betrieben. Deshalb wurden für mehrere Anforderungen Übergangszeiten und Ausnahmen erarbeitet. Eine weitere Motivation für die Überarbeitung und Aktualisierung ist die geringe Verbreitung der bisherigen beiden Umweltzeichen. Die Weiterentwicklung und Konsolidierung der beiden vorherigen Umweltzeichen zu einem einzigen Umweltzeichen für Rechenzentren beinhaltet deshalb folgende drei Arbeitsschritte, die ineinandergreifen.

- ▶ Der **Diskurs mit der Rechenzentrums-Branche** sollte für das Vorhaben in der Szene werben und gleichzeitig konstruktiver Kritik einen Raum geben. Dazu wurde jeweils der aktuelle Stand der Vergabekriterien und die jeweiligen Argumente auf der Projektwebseite transparent gemacht. In zwei mehrtägigen Workshops wurde der direkte Austausch gesucht, Feedback war über das gesamte Forschungsvorhaben willkommen. Das Erfahrungswissen zur besten verfügbaren Praxis der involvierten Berater ist in die Praxisbeispiele eingeflossen.
- ▶ **Festlegung eines möglichst breiten Geltungsbereichs** der Vergabekriterien, der verschiedene Größen, Standorte und Betriebsmodelle von Rechenzentren umfasst (u.a. Unternehmens-Rechenzentren, Co-Location, Hybridmodelle). Zusätzlich soll das Umweltzeichen auch durch Co-Location-Kunden anwendbar sein. Die Vergabekriterien sollen dazu modular aufgebaut werden. Abhängig vom Zuständigkeitsbereich des

Antragstellers müssen von diesem jene Vergabekriterien erfüllt und nachgewiesen werden, die für ihn zutreffend sind.

- **Festlegung von Mindestanforderungen** für den Einsatz natürlicher Kältemittel, Abwärmennutzung, Steigerung der Serverauslastung und lange Nutzungsdauern bei IT-Komponenten sowie Nutzung von Kennzahlen nach DIN EN 50600. Die Mindestanforderungen können möglicherweise je nach Alter des Rechenzentrums, Größe und Betriebskonzept variieren.

Ziele dieses Hintergrundberichtes sind die Dokumentation des Prozesses und die Begründung der Zusammenführung der beiden Umweltzeichen Klimaschonende Co-Location-Rechenzentren (DE-UZ 214) und Energieeffizienter Rechenzentrumsbetrieb (DE-UZ 161) zu einem gemeinsamen Vergabedokument. Zusätzlich dokumentiert dieser Hintergrundbericht eine aktualisierte Analyse des Marktes und Regulierungsumfeldes, der technischen Entwicklungen sowie der Umweltwirkungen und der besten verfügbaren Technik. Dazu wurden im Projekt Praxisbeispiele recherchiert und ein Referenz-Design für Rechenzentren modelliert. Die Dokumentation der Praxisbeispiele ist in der Umfeldanalyse integriert, das Referenzdesign beschreibt die (beste) verfügbare Technik und leitet daraus direkt aktualisierte quantitative Mindestanforderungen an Kennzahlen der Effizienz der gebäudetechnischen Anlagen und dessen Betrieb ab (PUE und CER). Für die relevanten Umweltwirkungen in Kapitel 4 wird in Kapitel 6 die Lücke zwischen dem regulativen Umfeld und der besten verfügbaren Technik in Kapitel 5 identifiziert und als Vergabekriterien abgeleitet.

## 2 Untersuchungsgegenstand

Der Untersuchungsgegenstand sind Rechenzentren (RZ) und die darin befindlichen Komponenten der technischen Gebäudeausrüstung (TGA) sowie der Informationstechnik (IT). Der Begriff RZ orientiert sich an die Definition der DIN EN 50600. Damit ist sichergestellt, dass es allen Typen, Größen, Verfügbarkeitsklassen und Geschäftsmodelle von Rechenzentren möglich ist, dieses Umweltzeichen zu beantragen. Ein Rechenzentrum ist durch einen festen Standort und eine eindeutige Bezeichnung charakterisiert. Betreibt ein Unternehmen mehrere, auf mehrere Standorte verteilte und/oder voneinander unabhängige Rechenzentren<sup>1</sup>, so stellt jedes für sich ein eigenständiges Rechenzentrum dar.

### 2.1 Begriffsbestimmungen

Zur Verwendung im Umweltzeichen wurden folgende Begriffe festgelegt:

- ▶ **Bebaute Fläche (BF)** ist nach *DIN 277:2021-08* „Grundflächen und Rauminhalte im Hochbau“ definiert als die durch ein Bauwerk überbaute, überdeckte oder unterbaute Grundstücksfläche. Sie entspricht der Grundstücksfläche abzüglich der unbebauten Fläche.
- ▶ **Bruttogrundfläche (BGF)** ist nach *DIN 277:2021-08* „Grundflächen und Rauminhalte im Hochbau“ definiert als die Summe der Grundflächen aller Grundrissebenen eines Bauwerks über alle nutzbaren Stockwerke.
- ▶ **Co-Location** bezeichnet eine Dienstleistung zur Bereitstellung von Rechenzentrumsfläche zur Aufstellung kundeneigener Informationstechnik. Die bereitgestellte Rechenzentrumsfläche wird mit Klimatisierung, ausfallsicherer Energieversorgung, Netzwerkanschluss und Sicherheitstechnik sowie ggf. mit leeren Datenschränken angeboten. Eine andere Bezeichnung für Co-Location ist *Housing*.
- ▶ **Co-Location-Anbieter** ist ein Unternehmen, das Co-Location als Dienstleistung anbietet. Der Verantwortungsbereich des Co-Location-Anbieters umfasst den Energieeinkauf und den Betrieb der gesamten Gebäudeinfrastruktur, nicht aber den Einkauf und Betrieb der kundenseitigen Informationstechnik. Der Co-Location-Anbieter ist ein möglicher Antragsteller dieses Umweltzeichens.
- ▶ **Co-Location-Rechenzentrum** ist der physische Ort, an dem die Co-Location-Dienstleistung erbracht wird. Bei einem Co-Location-Rechenzentrum handelt es sich um eine Gebäudefläche, auf der die infrastrukturellen Dienstleistungen und Betriebsunterstützung für kundeneigene Informationstechnik bereitgestellt wird.
- ▶ **Cooling Efficiency Ratio (CER)** ist das Verhältnis der vom System innerhalb eines Jahres abgeführten Wärmemenge zu der dazu insgesamt für das Kühlsystem eingesetzten elektrischen Energie (siehe *DIN EN 50600-4-7*).
- ▶ **Energy Reuse Factor (ERF)** gibt das Verhältnis zwischen der Energie, die außerhalb des Rechenzentrums wiederverwendet wird und der für das Rechenzentrum insgesamt ein-

---

<sup>1</sup> Nicht relevant sind IT-technische Abhängigkeiten.



gesetzten Energie an. Der Faktor kann zwischen Null (keine Energie wird wiederverwendet) und 1 (die komplette Energie wird wiederverwendet) liegen. Als Energie gehen in die Berechnung alle Energieformen gleichermaßen ein (elektrische, thermische, chemische, mechanische Energie). Die zusätzliche Energie, die dazu aufgewendet wird, die abgeführte Energie für die externe Nutzung aufzuwerten (z.B. die Temperatur der Abwärme anzuheben) oder zu verteilen (z.B. Pumpenstrom eines Nahwärmesystems) geht nicht in die Berechnung des ERF ein (siehe *DIN EN 50600-4-6*).

- ▶ **Hosting** bezeichnet die Dienstleistung der Bereitstellung von Server-Kapazitäten und Speicherplatz in einem Rechenzentrum. Die in Anspruch genommene Hardware bleibt dabei im Besitz des RZ- oder IT-Betreibers und wird von diesem an den Hosting-Kunden vermietet. Die Dienstleistung kann sowohl an eindeutig benannte Hardware gekoppelt sein (z.B. Vermietung dezidierter Server, benannter Speichersysteme) als auch an virtuelle IT-Ressourcen ohne eindeutig zuordenbare Hardware (z.B. Cloud-Speicher, virtuelle Server, Software-as-a-Service).
- ▶ **Inbetriebnahme des Rechenzentrums** ist der Zeitpunkt, zu dem das Rechenzentrum damit beginnt, kontinuierlich Dienstleistungen (Bereitstellung von Informationstechnik, IT-Dienstleistungen oder Co-Location) an interne oder externe Kunden bereitzustellen.
- ▶ **Informationstechnik (IT)** umfasst alle Geräte, die zur Dateneingabe, Datenvisualisierung, Datenverarbeitung, Speicherung und Datenübertragung eingesetzt werden. Im Rechenzentrum sind dies insbesondere Server, Storage und Netzwerkkomponenten.
- ▶ **IT-Fläche (ITF)** (englisch: *white space*) wird die Fläche innerhalb eines Rechenzentrums bezeichnet, in der die Informationstechnik untergebracht ist. Die Serviceflächen zwischen den einzelnen Datenschränken sind Teil der IT-Fläche.
- ▶ **IT-Gesamtleistung** ist die maximale IT-Leistung, für die das Rechenzentrum errichtet wurde, oder auf die es im Rahmen eines modularen Konzeptes bisher ausgebaut ist.
- ▶ **Kälteanlage** ist eine Anlage, die durch den Einsatz von Energie ein im geschlossenen Kreislauf geführtes Kältemittel periodisch verdampft und verflüssigt, wobei durch die Verdampfung ein Medium (Luft, Wasser) auf ein tieferes Temperaturniveau gebracht und zur Kühlung von Räumen oder Anlagen/Prozessen genutzt wird. Der Kältemittelkreislauf (Primärkreislauf) steht über einen Wärmeübertrager mit dem Medienstrom (Sekundärkreislauf) in Verbindung. Andere Bezeichnungen für Kälteanlage sind Kältemaschine, Kältesatz oder Klimaanlage.
- ▶ **Kühlsystem** ist die Summe aller Anlagen der Luft- und Klimatechnik, die zur Klimatisierung von Räumen oder Anlagen dienen. Bestandteile des Systems können beispielsweise Kälteanlagen, Rückkühler, Freikühler, Be- und Entfeuchter, Pumpen, Ventilatoren, Ventile, Kältespeicher, Filter und Kanäle sein.
- ▶ **Power Usage Effectiveness (PUE)** ist ein Maß für die Energieeffizienz der Rechenzentrums-Infrastruktur und beschreibt das Verhältnis des jährlichen Energiebedarfs des gesamten Rechenzentrums zum jährlichen Energiebedarf der IT-Technik (siehe *DIN EN 50600-4-2*).

- ▶ **Rechenzentrum** bezeichnet nach *DIN EN 50600-1* eine Struktur oder Gruppe von Strukturen, die für die zentrale Aufnahme, die Verbindung und den Betrieb von Einrichtungen der Informationstechnik und der Netzwerktelekommunikation, welche Dienste zur Datenspeicherung, Datenverarbeitung und Datenübertragung bereitstellen, bestimmt ist, sowie alle Einrichtungen und Infrastrukturen für die Stromverteilung und die Regelung der Umgebungsbedingungen zusammen mit den notwendigen Niveaus für die Ausfallsicherheit und die Sicherung, die zur Bereitstellung der gewünschten Dienstverfügbarkeit benötigt werden.  
*Anmerkung 1 zum Begriff:* Eine Struktur kann aus mehreren Gebäuden und/oder Bereichen mit bestimmten Funktionen zur Unterstützung der primären Funktion bestehen.  
*Anmerkung 2 zum Begriff:* Die Grenzen der Struktur oder des Bereichs, die/der als Rechenzentrum angesehen wird und die informations- und kommunikationstechnischen Einrichtungen und zusätzliche Einrichtungen zur Regelung der Umgebungsbedingungen enthält, können innerhalb einer größeren Struktur oder eines größeren Gebäudes definiert werden.
- ▶ **Server** ist ein Computer, der in einem Rechnernetzwerk eingebunden ist und dort Softwaredienste bereitstellt. Server sind innerhalb eines Rechenzentrums in der Regel in Datenschränken (*Server-Racks*) untergebracht.
- ▶ **Serverschrank** (engl.: *Rack*) ist die Bezeichnung für Gehäuse in denen Server, Datenspeicher, Netzwerkgeräte und ggf. andere IT-Komponenten untergebracht und mit Zuleitungen versorgt werden. Serverschränke sind in der Regel mit Einschubschienen oder Regalböden ausgestattet.
- ▶ **Storage** (deutsch: *Speichersysteme*) dienen der dauerhaften Speicherung von großen Datenmengen. Sie sind in der Regel als rotierende Festplatten (Hard Disk Drive - HDD), Band-Speicher oder als Flash-Speicher (Solid State Disk - SSD) ausgeführt.
- ▶ **Strompreis** ist der Preis pro Verbrauchseinheit elektrische Energie (z.B. Euro pro Kilowattstunde), der sich aus den Preisbestandteilen Stromeinkauf, Service und Vertrieb, Entgelte für die Netznutzung, Miete des Stromzählers, Steuern, Abgaben und Umlagen zusammensetzt. Das Produkt aus Strompreis und genutzter elektrischer Energie entspricht den Bruttokosten für den Strombezug.
- ▶ **Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)** ist eine Einrichtung innerhalb der Energieversorgung eines Rechenzentrums, die die Versorgungssicherheit erhöht. Die USV überbrückt kurzzeitige Unterbrechungen des Stromversorgungsnetzes durch Batteriebetrieb und sorgt dafür, dass die Stromversorgung für die IT bis zur Lastübernahme durch eine Ersatzstromversorgung (z.B. Netzersatzanlage - NEA) sichergestellt ist. Die USV kann auch dafür genutzt werden, dass die Server und Speichersysteme im Fall eines längeren Stromausfalls geordnet heruntergefahren werden können.
- ▶ **Water Usage Effectiveness (WUE)** ist die Effektivität des Wasserverbrauchs, die sich als „Wasserverbrauch eines Rechenzentrums dividiert durch die von seiner IT-Ausstattung verbrauchte Energie“ berechnet. Die Kennzahl wird in 3 Kategorien unterschieden,

*WUE-Kategorie 1:* Wasserverwendung ohne Wiederverwendung,  
*WUE-Kategorie 2:* Wasserverwendung einschließlich Wiederverwendung,  
*WUE-Kategorie 3:* Wasserverwendung einschließlich Energie und industrieller Wiederverwendung (siehe Normentwurf *DIN EN 50600-4-9*).

## 2.2 Verantwortungsbereiche von RZ- und IT-Betreiber

Abhängig davon, um welches Geschäftsmodell es sich beim Betrieb von RZ und IT handelt, treten unterschiedliche Akteure mit unterschiedlichen Verantwortungsbereichen auf. Die Anforderungen eines Umweltzeichens können jeweils nur von den verantwortlichen Akteuren direkt (selbst) oder indirekt (durch Weitergabe der Anforderung an Lieferanten) erfüllt werden. Im gesamten Prozess der Entwicklung der Vergabekriterien wurde daher zwischen den verschiedenen Akteuren unterschieden, wie in folgender Tabelle 2 dargestellt ist. Diesen Akteuren können unterschiedliche Verantwortungsbereiche innerhalb der RZ-Infrastruktur und der RZ-Informationstechnik zugeordnet werden, wobei auch Mischformen und Kombinationen möglich sind. Beispielsweise ist es üblich, dass ein großer Co-Location Kunde gleichzeitig IT-Betreiber und Anbieter von Co-Location ist, indem er (noch) nicht gefüllte Schränke an kleinere IT-Betreiber untervermietet.

Tabelle 2 berücksichtigt den Standardfall bei der Zuordnung der Verantwortlichkeit. Den Autoren ist bekannt, dass es mindestens ein RZ in Deutschland gibt, das Fernkälte bezieht, für deren Erzeugung der RZ-Betreiber nicht verantwortlich ist. Dieser und ähnlich seltene Fälle werden nicht abgebildet. Inwieweit die Anwendungssoftware vom IT-Betreiber kontrolliert wird, hängt im Einzelfall von der Vertragsgestaltung mit nachgelagerten Kunden ab. Die beiden Software-Ebenen sind allerdings außerhalb des Betrachtungsrahmens des Blauen Engels Rechenzentren und nur der Vollständigkeit halber in Tabelle 2 aufgeführt.

**Tabelle 2: Verantwortungsbereiche verschiedener Akteure beim Betrieb von Rechenzentren**

Verantwortungsbereich	Betreiber Unternehmens RZ	Managed Service Provider (MSP)	Betreiber Hosting RZ	Betreiber Co-Location RZ	IT-Betreiber (Co-Location Kunde)
<b>Infrastruktur:</b>					
Gebäude	X	X	X	X	
Stromversorgung	X	X	X	X	
Stromverteilung	X	X	X	X	
Notstromsysteme	X	X	X	X	
Regelung der Umgebungsbedingungen (Kühlsysteme etc.)	X	X	X	X	
Netzwerkanschluss (Daten nach „draußen“)	X	X	X	X	
<b>Informationstechnik:</b>					
Datennetzwerk (zwischen der IT im RZ)	X	X	X		X

Verantwortungsbereich	Betreiber Unternehmens RZ	Managed Service Provider (MSP)	Betreiber Hosting RZ	Betreiber Co-Location RZ	IT-Betreiber (Co-Location Kunde)
Server (physisch)	X	X	X		X
Speichersysteme (physisch)	X	X	X		X
Betriebssysteme und Virtualisierungssoftware	X	X	X		X
Anwendungssoftware	X				X

Quelle: Eigene Darstellung, frei nach Bilsen et al. (2021), Deutsches Institut für Normung DIN, Acton et al. (2022)

Eine klare Abgrenzung ist zwischen der Infrastruktur und der IT (physisch) möglich, unabhängig von dem Typ des RZ und dem dahinterstehenden Geschäftsmodell. RZ- und IT-Betreiber können dieselbe oder unterschiedliche juristische Personen sein. Das Umweltzeichen „Rechenzentren“ adressiert ausschließlich die physischen Bestandteile von RZ und nicht die Software der IT. In Tabelle 2 ist die Software als Bestandteil der digitalen Lieferkette lediglich dafür eingetragen, um den Unterschied zwischen Unternehmens RZ und Managed Service Provider (MSP) verständlich zu machen.

## 3 Markt- und Umfeldanalyse

Die Markt- und Umfeldanalyse beleuchtet die Verbreitung und Relevanz der vorliegenden Produktgruppe sowie die umweltpolitischen Potentiale eines Umweltzeichens für diese.

### 3.1 Marktanalyse

Die Existenz vielfältiger Geschäftsmodelle mit und innerhalb von RZ verdeutlicht die Notwendigkeit, einen modularen und allgemeingültigen Blauen Engel zu entwickeln, der dieser Marktsituation gerecht wird.

#### 3.1.1 Geschäftsmodelle

Rechenzentren bieten ihre Dienstleistungen in unterschiedlichen Geschäftsmodellen an. Innerhalb der Marktanalyse wurden daher zunächst untersucht, welche Geschäftsmodelle in der Praxis beschrieben werden und inwiefern diese den in Kapitel 2.2 beschriebenen Akteuren zugeordnet werden können. Nachfolgend werden diese Geschäftsmodelle kurz vorgestellt.

- ▶ **Unternehmensrechenzentrum / Enterprise:** „Betreibt das gesamte Rechenzentrum vom physischen Gebäude bis zum Verbrauch der gelieferten IT-Dienste.“ (Best practice guidelines, EU CoC DC EE Acton et al. 2021)
- ▶ **Co-Location-Anbieter:** „Betrieb des Rechenzentrums mit dem Hauptzweck, Platz, Strom und Kühlkapazität an Kunden zu verkaufen, die ihre eigene IT-Hardware und -Dienstleistungen installieren und verwalten.“ (Best practice guidelines, EU CoC DC EE Acton et al. 2021)
- ▶ **Co-Location-Kunde:** „Eigentümer und Verwalter von IT-Geräten in einem Rechenzentrum, für das sie Platz, Strom und Kühlkapazität erwerben.“ (Best practice guidelines, EU CoC DC EE Acton et al. 2021)
- ▶ **Managed Service Provider (MSP):** „Besitzt und verwaltet den Platz im Rechenzentrum, die Stromversorgung, die Kühlung, die IT-Ausrüstung und ein gewisses Maß an Software für die Erbringung von IT-Diensten für Kunden. Dies würde auch das traditionelle IT-Outsourcing einschließen.“ (Best practice guidelines, EU CoC DC EE Acton et al. 2021)
- ▶ **Managed service provider im Co-Location-RZ:** „Ein Anbieter von verwalteten Diensten (MSP), der Platz, Strom oder Kühlung in einem Rechenzentrum erwirbt, um Dienstleistungen für Dritte zu erbringen.“ (Best practice guidelines, EU CoC DC EE Acton et al. 2021)
- ▶ **Cloud Computing:** „Unter Cloud Computing versteht man die Ausführung von Workloads in einer IT-Umgebung, in der skalierbare Ressourcen in einem Netzwerk extrahiert, in Pools zusammengefasst und verteilt werden.
  - Public Cloud: Ressourcen, die nicht dem Endbenutzer gehören und an mehrere Mandanten weiterverteilt werden können.
  - Private Cloud: Cloud, die nur für den Endbenutzer bestimmt ist, üblicherweise in dessen Firewall und zuweilen lokal ausgeführt wird. Alle Clouds werden zu Private Clouds, wenn die zugrunde liegende IT-Infrastruktur einem Einzelkunden mit komplett isoliertem Zugriff zugewiesen wird.“ (RedHat 2022)

- **Dedicated Server:** „Der Begriff *Dedicated Server* (deutsch: *dedizierter Server*) bezeichnet einen [physischen] Server, der mit seiner gesamten Rechenleistung ausschließlich einem einzigen Kunden bzw. Websitebetreiber oder einer bestimmten Aufgabe bzw. einem Service zur Verfügung steht.“ (Tandler 2022) *Dedicated Server* grenzen sich ab zu *Virtual Server*, bei dem sich mehrere Kunden einen physischen Server mithilfe einer Virtualisierungs-Software teilen.

Die oben genannten Kategorien sind weder exklusiv noch umfassend. Insbesondere liegen die Geschäftsmodelle von Cloud Computing und Dedicated Server quer zu den darüber genannten. Es ist möglich, dass ein Betreiber eines Unternehmensrechenzentrums, der sein RZ nicht ganz mit eigener Informationstechnik ausfüllt, gleichzeitig Co-Location Dienstleistungen anbieten. Dabei kann dieser sowohl Cloud- als auch Dedicated Server-Dienstleistungen anbieten. Anbieter von Cloud-Dienstleistungen sind oft gleichzeitig Co-Location-Kunden.

### 3.1.2 Rechenzentrumsmarkt in Deutschland

„Es gibt aktuell in Deutschland rund 3.000 Rechenzentren mit mehr als 40 kW IT-Anschlussleistung und mindestens 10 Server-Racks, davon 90 mit mehr als 5 MW. Hinzu kommen ca. 47.000 kleinere IT-Installationen.“ (Hintemann et al. 2022). Die großen RZ (>5 MW) machen fast die Hälfte der Anschlussleistung aus, Tendenz steigend, die kleinen Installationen etwa ein Drittel, Tendenz fallend. Die oben zitierte Studie hält einen durchschnittlichen Bedarfszuwachs von ca. 3,5 bis 5 Prozent pro Jahr auf 23 bis 29 Milliarden kWh im Jahr 2030 für möglich. Der „Anteil der Cloud-Rechenzentren an den Rechenzentrumskapazitäten [gemessen an der maximalen IT-Anschlussleistung ist] in Deutschland zwischen 2016 und 2021 von 20 % auf 33 % angestiegen“ (ebd.). Die aktuelle Datenlage ist jedoch sehr dünn. „Zur Anzahl und Größenstruktur der Rechenzentren in Deutschland gibt es beispielsweise aus dem letzten Jahrzehnt nur zwei Studien. [...] Da die Daten und Anwendungen in den Rechenzentren meist sehr wichtig, vertraulich und teilweise unternehmenskritisch sind, werden im Allgemeinen nur wenig Informationen über Rechenzentren kommuniziert. Offizielle Statistiken zu Rechenzentren gibt es bislang nicht.“ (ebd.).

Eine andere grobe Schätzung geht davon aus, dass es in Deutschland „13 200 Enterprise RZ (mit insgesamt 825 000 m<sup>2</sup> White space), 410 Co-Location RZ (mit insgesamt 409 500 m<sup>2</sup> white space) und 30 Managed service Provider RZ (mit insgesamt 27 900 m<sup>2</sup> white space)“ gibt, die jeweils eine IT-Anschlussleistung von mehr als 25 kW haben (Dodd et al. 2020). Diese Schätzungen sind nicht deckungsgleich mit der Schätzung von Hintemann, deuten jedoch darauf hin, dass es eine große Zahl von kleinen Rechenzentrumseinheiten gibt (ca. 3 000 ab 40 kW und ca. 10 000 zwischen 25 und 40 kW), hingegen eine kleine Anzahl von sehr großen Rechenzentren. Co-Location und MSP RZ sind tendenziell größer als Unternehmensrechenzentren.

Während der Markt der RZ-Betreiber von sehr vielen Akteuren geprägt ist, scheint auf der Seite der IT-Betreiber eine Konzentration auf wenige große Akteure stattzufinden. „40 % [der befragten RZ-Betreiber] zählen zu den Wholesale- und Hyperscale-Betreibern und damit zu einem stark wachsenden Segment“ (Veith und Müller 2020). Als Wholesale- und Hyperscale-Betreiber werden hier solche Co-Location-RZ bezeichnet, bei denen die gesamte IT-Fläche von einem einzigen Kunden genutzt wird. Der Markt an Cloud-Computing Dienstleistern ist sehr stark globalisiert. Diese treten in Deutschland oft als whole-sale Co-Location-Kunden auf. Die wichtigsten Akteure in alphabetischer Reihenfolge sind Alibaba Cloud, AWS, Google Cloud, IBM und Microsoft Azure (RedHat 2022). Hingegen gibt es einen deutschen Markt von MSP, der von sehr vielen Akteuren geprägt ist. Die wichtigsten Akteure in alphabetischer Reihenfolge sind: Accenture, All for One Group, Arvato Systems, Atos, Axians, CANCOM, Capgemini, Claranet, Computacentre, Deutsche Telekom (TDG + TSI), DXC Technology, Fujitsu, Nordcloud, NTT,

PlusServer, QSC, Rackspace, Red Hat, Reply, tecRacer und Wipro. *„Die Konsolidierung im deutschen Managed Services-Markt wird sich voraussichtlich fortsetzen“* (Information Services Group, Inc. 2019).

Eine Studie von GDA und PWC stellt fest, dass in den letzten Jahren viele Rechenzentren in Deutschland neu gebaut wurden. *„Der Flächenbestand von deutschen Data Centres ist in den letzten Jahren kontinuierlich mit dem Bedarf gewachsen. Vor allem der Anteil an Co-Location Centren am Gesamtmarkt ist dabei überproportional angestiegen.“* (Veith und Müller 2020). Der Markt setzt sich hauptsächlich aus Anbietern mit wenigen Standorten zusammen. *„Die meisten Anbieter betreiben lediglich einen (32 %) oder zwei (32 %) Standorte. [...] Die Gesamtfläche der Standorte variiert sehr stark zwischen 12.500 qm bis 180.000 qm.“* (Veith und Müller 2020).

Eine Schätzung über den Marktwert der von Rechenzentren angebotenen Dienstleistungen heben die wirtschaftliche Relevanz von RZ hervor. *„Der deutsche Rechenzentrumsmarkt wurde 2020 auf 5,63 Mrd. USD geschätzt“* (Mordor Intelligence 2022).

Der Trend zu mehr großen Rechenzentren wird auch für die nächsten Jahre vorausgesagt. *„Advances from 2022 onward will benefit at-scale infrastructure operators (and cloud customers indirectly) the most, and the few cutting-edge end users that invest heavily in highly sophisticated IT skills and new software. This is because trends in compute technologies mostly (and increasingly only) favour highly consolidated infrastructure and software that make use of new features.“* (Lawrence et al. 2022).

Insgesamt ist im gesamten RZ Markt ein starkes Wachstum zu erwarten, wie folgende Tabelle 3 zusammenfasst. Gleichzeitig verschieben sich die Marktanteile sowohl bei den RZ- als auch bei den IT-Dienstleistern zugunsten weniger großer Akteure.

**Tabelle 3: Markttrends Rechenzentren in Deutschland**

Parameter	Größe (Stand 2020)	Jährliches Wachstum
Energiebedarf	16 TWh	6,3%
Gebäudefläche alle RZ	2,3 Mio m <sup>2</sup>	4,4%
Gebäudefläche Co-Location	1 Mio m <sup>2</sup>	10,3%

Quelle: Borderstep Institut (2020), eigene Darstellung

### 3.1.3 Energiebedarf und -effizienz

Der Strombedarf von allen Rechenzentren in Deutschland ab einer Größe von 40 kW wird aktuell auf 16 Mrd. kWh/Jahr geschätzt (Hintemann et al. 2022). *„Obwohl die Zahl der in Rechenzentren installierten Workloads pro verbrauchter Kilowattstunde Strom sich seit 2010 fast verfünffacht hat, benötigen Rechenzentren immer mehr Strom.“* (ebd.).

Typische PUE-Werte liegen laut einer Umfrage von Veith und Müller (2020) zwischen 1,05 und 2,20 mit einem Mittelwert von 1,38. *„Es ist davon auszugehen, dass die einfachen und günstigen Maßnahmen zur Effizienzsteigerung [der Infrastruktur] mittlerweile umgesetzt wurden und signifikante Investitionen notwendig sind, um das Effizienzniveau [der Infrastruktur] existierender Anlagen nochmals deutlich zu heben.“* (Veith und Müller 2020). Die klimatischen Bedingungen in Deutschland erlauben in den kalten Jahreszeiten, Kälte der Umgebungsluft zu nutzen. *„Bereits 44 % der Anbieter können freie Kühlung, (d.h. die Umgebungstemperatur des Rechenzentrums als Ersatz für konventionelle Kompressionskühlung mit Einsatz von Netzstrom) mehr als 8 Monate im Jahr nutzen. Weitere 44 % ist dies immerhin zwischen 4 und 8 Monaten möglich.“* (Veith und Müller 2020)

Großen Rechenzentren ist ein effizienter Betrieb tendenziell einfacher möglich als kleineren, wobei die Auslastung ein entscheidender Parameter ist. *„Infrastructure economics and power efficiency are at their best when operators equip servers with high-performance processors that have many cores and a large memory, and when they are run at high utilization levels.“* (Lawrence et al. 2022). Insbesondere bei geringen Auslastungen ist ein Trend zu weniger Effizienz zu verzeichnen. *„Worse still, idle server power [per server], which has followed a downward trajectory over the past 20 years, has been creeping up“.* (Lawrence et al. 2022) Effizienzgewinne werden dadurch erwartet, dass Server und Speichersysteme für spezielle Aufgaben, z. B. maschinelles Lernen, designt werden (ebd.).

In einer Umfrage unter 121 RZ-Betreibenden werden folgende Maßnahmen zur Verbesserung der Nachhaltigkeit genannt: „Energieeffiziente Klimatisierung; Energieeffiziente Server, Storage, Netzwerke; Erhöhung der Temperatur im Rechenzentrum; auf Energieeffizienz optimierte Software; Management- und Monitoringsysteme; umweltfreundliche Kältemittel; Abwärmennutzung; Ökostrom/Power-Purchase-Agreements; umweltfreundliche Wassernutzung; Verlustleistung der Stromversorgung reduzieren; Nutzung recycelter/ refurbished Hardware“ (Hintemann et al. 2022). Diese Liste hat bereits eine sehr große Überschneidung mit den Vergabekriterien des DE-UZ 161.

### **3.1.4 Verbreitung von Standards und Umweltzeichen**

Rechenzentrumsbetreiber sehen sich verstärkt Nachhaltigkeitsanforderungen ausgesetzt, denen sie sich nur unzureichend gewappnet fühlen. *„Big energy users, such as data centres, are in the firing line. Much of the reporting requirements, and proposed methods of reducing carbon emissions, are going to be complicated. [...] Most managers in the industry recognize the need for action, but trust in regulators is low. Reporting requirements [on climate impacts] will increasingly become mandatory, either by law or because of commercial pressures.“* (Lawrence et al. 2022). Bisher sind Normen zur Datensicherheit und Qualitätssicherung verbreiteter als Normen und Auszeichnungen zu umweltrelevanten Aspekten des Rechenzentrumsbetriebes. *„Es zeigt sich, dass ISO 27001 (Datensicherheit) und 9001 (Qualitätssicherung) derzeit den Markt-Standard und somit die Grundlagen des Rechenzentrumsbetriebs darstellen. 68 % bzw. 58 % der [insgesamt 72] befragten Betreiber verfügen über diese Zertifizierungen. ISO 50001 (Energiemanagement) und EN 50600 (Maßnahmen, Aufbau, Betrieb von Rechenzentren) sind als relativ junge Normen bereits sichtbar am Markt, wenn auch noch nicht weit verbreitet. ISO 14001 (Umweltmanagement) mit 16 % überraschend stark vertreten, wenngleich mit einer steigenden Bedeutung in der Zukunft zu rechnen ist.“* (Veith und Müller 2020).

## **3.2 Regulatives Umfeld**

Das regulative Umfeld gibt Orientierung, welche Anforderungen RZ bereits aus rechtlichen Gründen erfüllen müssen.

Sowohl eine europäische Richtlinie als auch ein nationales Energieeffizienzgesetz, das Vorgaben für den effizienten Rechenzentrumsbetrieb macht, befinden sich zur Zeit der in Vorbereitung. Es wird erwartet, dass das deutsche Energieeffizienzgesetz noch 2023 verabschiedet wird.

Zusätzlich gelten für einzelne Komponenten, die in Rechenzentren eingesetzt werden, separate Verordnungen: F-Gase-Verordnung für Kältemittel (Europäisches Parlament und Rat), Ökodesign-Verordnung für Kälteanlagen (Europäische Kommission 2016) sowie Ökodesign-Verordnung für Server und Datenspeicherprodukte (Europäische Kommission). Zusätzlich gelten nationale und regionale Vorschriften zur Errichtung von Gewerbegebäuden und deren sicheren Betrieb. Ihre zusammenfassende Darstellung im Hintergrundbericht zur Erarbeitung



der Vergabekriterien für das Umweltzeichen Blauer Engel „Klimaschonende Co-Location-Rechenzentren“ DE-UZ 214 (Gröger und Behrens 2022) ist nach wie vor aktuell.

Die EU-Kommission hat in einem Kommunikationspapier an das Parlament und den Rat das Ziel ausgerufen, dass RZ bis 2030 klimaneutral sein „*können und sollten*“ (Europäische Kommission 2020). Der Koalitionsvertrag der Bundesregierung 2021 sieht vor, dass „*neue Rechenzentren ab 2027 klimaneutral*“ betrieben werden sollen (SPD et al. 2021).

### 3.2.1 F-Gase-Verordnung (517/2014/EU)

„Seit dem 1. Januar 2015 bestehen EU-weite Quoten für das Inverkehrbringen von teil- und perfluorierten Gasen (Europäisches Parlament und Rat), die einem Reduktionspfad unterliegen. Dieser sieht bis 2030 nur noch 20 % der in den Verkehr gebrachten Mengen von teilfluorierten Kohlenwasserstoffen von 2014 vor. F-Gase werden in einigen Kühlsystemen verwendet und können über Leckagen und bei der Entleerung in die Atmosphäre gelangen. Die Leckage-Rate beträgt ungefähr 3 - 5 % pro Jahr (ebd.), bei der Entsorgung entweichen nahezu 20 % in die Atmosphäre (Graaf 2022). Die GWP-Werte von F-Gasen sind 1 bis 22.900-mal höher als für CO<sub>2</sub>. Die Verordnung beinhalten einen Erlass von Verwendungs- und Inverkehrbringungsverboten (Europäisches Parlament und Rat). So sind F-Gase in ortsfesten Kälteanlagen ab 01.01.2020 verboten, wenn sie einen GWP größer als 2500 aufweisen (ebd.).“ (Gröger und Behrens 2022)

### 3.2.2 Ökodesign

#### Kälteanlagen (2016/2281/EU)

„Seit Dezember 2016 unterliegen Kühlprodukte der Ökodesign Verordnung für die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte im Hinblick auf Luftheizungsprodukte, Kühlungsprodukte (Europäische Kommission 2016).

Im Geltungsbereich liegen:

- ▶ Kühlungsprodukte und Prozesskühler mit hoher Betriebstemperatur<sup>2</sup> mit einer Nennkühlleistung von bis zu 2 MW.

Sie gilt nicht für:

- ▶ Prozesskühler mit hoher Betriebstemperatur, die ausschließlich mit Verdunstungsberieselung arbeiten;

„Jahresarbeitszahl“ (SEPR - seasonal energy performance ratio) bezeichnet den Wirkungsgrad eines Prozesskühlers mit hoher Betriebstemperatur bei Norm-Prüfbedingungen, die für die Schwankungen der Last und der Umgebungstemperatur im Jahresverlauf repräsentativ sind, berechnet als Verhältnis des Jahreskältebedarfs zum Jahresstromverbrauch.<sup>3</sup>

Über zwei Zeiträume abgestuft gelten die in Tabelle 4 gelisteten Mindestwerte für die Jahresarbeitszahl (Europäische Kommission 2016). Diese stehen im Kontext der besten verfügbaren Technik (siehe Tabelle 5) (ebd.). Die Mindestwerte liegen zwischen 5,0 und 8,5, während die beste verfügbare Technik Werte zwischen 6,5 und 13,0 erreicht.“ (Gröger und Behrens 2022)

---

<sup>2</sup> „hohe Temperatur“ bedeutet, dass der Prozesskühler in der Lage ist, seine Nennkühlleistung bei einer Temperatur am Auslass des Innenwärmetauschers von 7 °C unter Norm-Nennbedingungen zu erreichen;

<sup>3</sup> Die Kennzahl der Effizienz des Kühlsystems CER erfüllt die Kriterien des SEPR

**Tabelle 4: Ökodesign Anforderungen an die Effizienz der Kühlung**

Wärmeübertragungsmedium – kondensationsseitig	Nennkälteleistung	SEPR- Mindestwert (ab 1.1.2021)
Luft	< 400 kW	5,0
	≥ 400 kW	5,5
Wasser	≤ 400 kW	7,0
	Zwischen 400 kW und 1500 kW	8,0
	≥ 1500	8,5

Quelle: Europäische Kommission 2016, eigene Darstellung

**Tabelle 5: Beste verfügbare Technik laut Ökodesign 2016**

Wärmeübertragungsmedium – kondensationsseitig	Nennkälteleistung	Beste verfügbare Technik
Luft	< 200 kW	6,5
	≥ 200 kW und < 400 kW	8,0
	≥ 400 kW	8,0
Wasser	< 200 kW	8,5
	≥ 200 kW und < 400 kW	12,0
	≥ 400 kW und < 1000 kW	12,5
	≥ 1000	13,0

Quelle: Europäische Kommission 2016, eigene Darstellung

Die konsolidierte Version vom 9.01.2017 sieht keine Änderungen an den Zahlenwerten vor.

### Server und Datenspeicherprodukte (2019/424/EU)

Die in Rechenzentren eingesetzten Server und Datenspeicherprodukte unterliegen der Ökodesign-Verordnung für Server (Europäische Kommission). Diese ist nach wie vor die aktuelle Fassung und wird im Hintergrundbericht zur Entwicklung der Vergabekriterien für das Umweltzeichen Blauer Engel für Server und Datenspeicherprodukte (Gröger et al. 2022) zusammenfassend beschrieben und wird im Folgenden zitiert.

„Auf europäischer Ebene gelten ab dem 01.03.2020 die Anforderungen der Ökodesign-Verordnung für Server und Datenspeicherprodukte (Europäische Kommission). Nachfolgend werden die wichtigsten dieser Ökodesign-Anforderungen dargestellt, die ab dem 01.01.2023 für alle Server und Datenspeicherprodukte, die auf dem Europäischen Markt verkauft werden, verpflichtend sind.

Der Anwendungsbereich der Verordnung ist auf Server- und Datenspeicherprodukte begrenzt, die eine breite Marktanwendung haben (Volume Products) und am Markt frei verfügbar sind. Ausgenommen sind vorkonfektionierte High-End Produkte, die funktional spezialisiert sind, oder sehr hohen Qualitäts- und Verfügbarkeitsanforderungen unterliegen. So werden ausfallsichere und hoch performante Serversysteme bei den Energieeffizienzanforderungen ausgenommen. Der Anwendungsbereich unterscheidet sich damit leicht vom aktuellen US

Energy Star Computer Servers, der beispielsweise ausfallsichere Server (Resilient Server) mit in die Anforderungen einbezieht.

Der Wirkungsgrad der Netzteile für Server und Datenspeicherprodukte sowie der Leistungsfaktor darf nicht unter den in Tabelle 6 angegebenen Werten liegen.“ (Gröger et al. 2022)

**Tabelle 6: Mindestanforderungen der Ökodesign VO an Netzteile**

% der Nennlast	Mindestwert für den Netzteil-Wirkungsgrad				Mindestwert für den Leistungsfaktor
	10 %	20 %	50 %	100 %	50 %
Mehrere Ausgänge	-	90 %	94 %	91 %	0,95
Einzelausgang	90 %	94 %	96 %	91 %	0,95

Quelle: Europäische Kommission

„Die Ökodesign-Verordnung fordert, dass Verbindungs-, Befestigungs- oder Versiegelungstechniken eingesetzt werden, die eine Demontage von bestimmten Bauteilen zu Zwecken der Reparatur oder Wiederverwendung nicht verhindern.

Mit der Intention, gebrauchte Server und Datenspeicherprodukte einer Wiederverwendung zugänglich zu machen, muss der Hersteller Funktionen zur sicheren Datenlöschung bereitstellen. Solche Funktionen können beispielsweise durch ergänzende oder integrierte Softwareprodukte realisiert werden.

Weiterhin müssen ab dem 1. März 2021 Firmware und deren Sicherheitsaktualisierungen bereitgestellt werden. Die neueste verfügbare Version der Firmware muss spätestens zwei Jahre nach Inverkehrbringen des Gerätes (Produktmodells) zur Verfügung gestellt und mindestens acht Jahren nach dem Inverkehrbringen des letzten Produkts eines bestimmten Produktmodells bereitgehalten werden.

Die Berechnung der Mindesteffizienz im Aktivzustand ( $Eff_{Server}$ ) berechnet sich dabei nach dem SERT-2 Messverfahren. Als Mindesteffizienz im Aktivzustand ( $Eff_{Server}$ ) werden für Server die in Tabelle 7 genannten Werte gefordert.“ (Gröger et al. 2022)

**Tabelle 7: Ökodesign-Anforderungen für Server an die Effizienz im Aktivzustand ( $Eff_{Server}$ )**

Produkttyp	Mindesteffizienz im Aktivzustand ( $Eff_{Server}$ )
1-Sockel-Server	9,0
2-Sockel-Server	9,5
Blade- oder Multi-Node-Server	8,0

Quelle: Europäische Kommission

### 3.2.3 Normen

#### EN 50600: Informationstechnik - Einrichtungen und Infrastrukturen von Rechenzentren

Diese Normenreihe beinhaltet folgende Unterreihen:

- ▶ 50600-1: Allgemeine Konzepte

- ▶ 50600-2: Physische Aspekte von baulichen Fragen des Gebäudes bis hin zu Energie-, Verkabelungs- und Sicherheitsaspekten
- ▶ 50600-3: Management
- ▶ 50600-4: Effizienzaspekte wie KPIs, Energieverbrauch und erneuerbare Energien
- ▶ 50600-5: Reifegradmodell für Energiemanagement und Umweltverträglichkeit

Im Folgenden werden diejenigen Normenteile erläutert, die einen Bezug zu Energie- und Ressourceneffizienz aufweisen.

### Effizienz-Kennzahlen

In den vergangenen Jahren wurden in den Normungsprojekten EN 50600 und ISO/IEC 30134 eine Reihe von Kennzahlen entwickelt, die Betreiber von Rechenzentren darin unterstützen, die Energieeffizienz und Umweltwirkung ihrer Rechenzentren beurteilen zu können. In nachfolgender Tabelle 8 sind diese aufgelistet. Im Anhang A.1 werden diese kurz erklärt.

**Tabelle 8: Kennzahlen zur Energie- und Ressourceneffizienz von Rechenzentren**

KPI	Bezeichnung	Beschreibung	EN Nummer	ISO/IEC Nummer
		Allgemeine Konzepte	EN 50600-4-1	30134-1
PUE	Power Usage Effectiveness	Verhältnis des Gesamtenergieverbrauchs zum Energieverbrauch der IT	EN 50600-4-2	30134-2
REF	Renewable Energy Factor	Verhältnis der Nutzung erneuerbarer Energien zum Gesamtenergieverbrauch	EN 50600-4-3	30134-3
ITEE	IT Equipment Efficiency	Energieeffizienz von IT-Komponenten		30134-4
ITEU	IT Equipment Usage	Nutzungsgrad von IT-Komponenten		30134-5
ERF	Energy Re-use Factor	Verhältnis der Abwärmenutzung zum Gesamtenergieverbrauch	EN 50600-4-6	30134-6
CER	Cooling Efficiency Ratio	Kennzahl zur Effizienz der Kälteerzeugung	EN 50600-4-7	30134-7
CUE	Carbon Usage Effectiveness	Verhältnis der CO <sub>2</sub> -Emission zum Energieverbrauch der IT	EN 50600-4-8	30134-8
WUE	Water Usage Effectiveness	Verhältnis der Nutzung von Wasser zum Energieverbrauch der IT	EN 50600-4-9	30134-9
SIEC	Server Idle Energy Coefficient	Verhältnis aus dem Energieverbrauch eines Servers im Idle Modus zum Gesamtenergieverbrauch des Servers	Keine Norm	Keine Norm

Quelle: Eigene Darstellung nach EN 50600

Der Fülle an Standards zur Ermittlung von Kennzahlen der gebäudetechnischen Anlagen steht eine kleine Anzahl an Standards zur Messung der IT-Effizienz gegenüber. Dies hat einerseits prinzipielle und methodische Ursachen und ist andererseits in einem geringen Interesse der IT-Betreiber und Softwareanwender an den Ergebnissen solcher Untersuchungen begründet.

*„After a decade of trying, the industry has yet to settle on metrics for measuring IT efficiency. [...] Stakeholders once again seek to define and apply the elusive metric of “useful work per watt” of IT. There won’t be any early resolution, though: these metrics are specific to each application, limiting their usefulness to regulators or overseers — and executives may fear the results will be alarmingly revealing.” (Lawrence et al. 2022)*

### **Energiemanagement ISO 50001 und EN 50600-3-1**

Die Norm ISO 50001 definiert Systeme und Prozesse in einer allgemeinen Organisation, die es erleichtern, die Energieeffizienz zu steigern. Dazu gehören bspw. die Anforderungen, dass eine Energiepolitik und Verantwortlichkeiten festgelegt werden, aber auch, dass Kontrollsysteme etabliert werden (ISO 2021).

Die Europäische Norm 50600-3-1 beschreibt explizit Prozesse für das Management und den Betrieb von Rechenzentren. Es beschreibt das Management von

- ▶ Verfügbarkeit
- ▶ Sicherheit
- ▶ Ressourcen
- ▶ Energie
- ▶ Produktlebenszyklus
- ▶ Kosten
- ▶ Rechenzentrumsstrategie
- ▶ Dienstleistungsniveau
- ▶ Kunden.

*„Hauptaugenmerk liegt auf den betrieblichen Prozessen, um die Ausfallsicherheit, Verfügbarkeit, Sicherheit und Energieeffizienz zu gewährleisten. Ein zweiter Schwerpunkt sind die Managementprozesse, die am derzeitigen und zukünftigen Bedarf der Nutzer auszurichten sind. Darüber hinaus wird anhand des Abnahmeprüfungsprozesses in Abschnitt 4 der Übergang von Planung und Bau zum Betrieb eines Rechenzentrums betrachtet.“ (Deutsches Institut für Normung DIN 2022).*

### **3.2.4 Energieeffizienzgesetz für Rechenzentren**

Es wird erwartet, dass vereinzelte Anforderungen der vorangegangenen Blauen Engel ab einem gewissen Datum für RZ ab einer bestimmten Größe per Gesetz verpflichtend werden. Sowohl die Verbändeanhörung als auch die Bundestagsdebatte zur Umsetzung des europäischen Entwurfs einer Energieeffizienzrichtlinie (Council of the European Union 2023) in ein nationales Energieeffizienzgesetz stehen zum Zeitpunkt dieses Berichtes noch aus.

### **3.2.5 Blauer Engel DE-UZ 161 und DE-UZ 214**

Die bisherigen Umweltzeichen DE-UZ 161 und DE-UZ 214 stellen Mindestanforderungen für die in Tabelle 9 aufgelisteten Themen.

**Tabelle 9: Vergabekriterien der bisherigen Umweltzeichen Blauer Engel DE-UZ 161 und DE-UZ 214**

Anforderung	Energieeffizienter Rechenzentrumsbetrieb (DE-UZ 161)	Klimaschonende Co-Location-Rechenzentren (DE-UZ 214)
Power Usage Effectiveness (PUE)	x	x
Energieeffizienz des Kühlsystems (JAZ)	x	x
Halogenfreie Kältemittel	x	x
Energieversorgung: erneuerbare Energien	x	x
Monitoring Strom, Klima	x	x
Effiziente Power Distribution Units (PDUs)	x	x
USV: Wirkungsgrad	x	x
SF <sub>6</sub> freie Schaltanlagen	x	x
Erstellung einer Inventarliste	x	
Monitoring der IT-Last	x	
Mindestauslastung von Servern	x	
Flächeneffizienz		x
Energiemanagementsystem		x
Informationspflicht gegenüber den Kunden		x
Anreize zum Energiesparen		x
Verbrauchsabhängige Abrechnung		x
Berücksichtigung von Lebenszykluskosten	x	x

Quelle: Eigene Darstellung, Umweltbundsamt (2020), Umweltbundsamt (2019)

Quantitative Anforderungen werden an den PUE und CER sowie den Wirkungsgrad der USV bei Neuanschaffung gestellt. Die IT muss im DE-UZ 161 eine Mindestauslastung erreichen.

- Die Power Usage Effectiveness (PUE) und die Effizienz des Kühlsystems (CER) des Rechenzentrums dürfen abhängig vom Zeitpunkt der Inbetriebnahme des Rechenzentrums folgende Werte nicht überschreiten:

**Tabelle 10: Mindestanforderung für Power Usage Effectiveness**

Inbetriebnahme des Rechenzentrums	PUE	CER
01.01.2019 oder später	PUE ≤ 1,30	CER > 8
Zwischen 01.01.2015 und 31.12.2018	PUE ≤ 1,50	CER > 7
31.12.2014 oder früher	PUE ≤ 1,60	CER > 5

- ▶ Die Wirkungsgrade der Unterbrechungsfreien Stromversorgungen dürfen im Doppelwandlerbetrieb nicht geringer sein als:

**Tabelle 11: Wirkungsgrad der USV bei Neuanschaffung**

Elektrische Ausgangsleistung / Nennleistung	Wirkungsgrad
100%	92%
75%	95%
50%	95%
25%	90%

- ▶ Die im Rechenzentrum eingesetzten Server müssen im Durchschnitt über einen Zeitraum von 12 Monaten eine mittlere CPU-Auslastung von mindestens 20 Prozent erreichen.
  - $ITEU_{SV} \geq 20\%$

### 3.2.6 Best Practice Guidelines for the EU Code of Conduct (CoC) on Data Centre Energy Efficiency

Das Dokument der Best Practice Guidelines erhebt den Anspruch, eine vollständige Liste der guten Praxis für den energieeffizienten Betrieb von Rechenzentren zu sein (Acton et al. 2022). Im Gegensatz zum Blauen Engel hat dieses Dokument eine größere technische Detailtiefe und schlägt Wege vor, wie die Effizienz eines Rechenzentrums verbessert werden kann. Der CoC stellt keine quantitativen Mindestanforderungen. Das Ziel des Blauen Engels ist es hingegen festzulegen, ab welchen überprüfbaren Leistungswerten ein Produkt als ökologisch vorteilhaft im Vergleich zum Durchschnittsprodukt ist. Die besten Praktiken können dabei ein Mittel zur Erreichung von ökologischen Mindestanforderungen sein, jedoch nicht das Ziel. Eine Mitgliedschaft beim CoC erfordert die Berichterstattung über den Energieverbrauch der IT, der technischen Infrastruktur und der IT-Nennleistung des RZ sowie über den Erfüllungsgrad der Best Practices als Selbstauskunft in einer Excel-Vorlage.

Der CoC unterteilt die Empfehlungen an die jeweiligen Komponenten in drei Kategorien: verpflichtend, erwartet bei Neubeschaffung oder starker Veränderung, optional. Weiterhin zeigt ein Punktesystem zwischen 1 und 5 den relativen Wert der jeweiligen Empfehlung für die Energieeffizienz, wobei 5 die maximale Priorität bedeutet.

#### Verpflichtende Empfehlungen des EU Code of Conduct

Im Folgenden werden die grobe Struktur des Dokumentes und die im Betrieb verpflichtenden Empfehlungen nachgezeichnet. Dabei bleiben Überschriften ohne Unterpunkte (■), die keine verpflichtenden Empfehlungen beinhalten.

1. RZ-Nutzung, Management und Planung
  - Einbezug der Organisationsgruppe
    - Einbezug aller Beteiligten in Änderungsprozessen (Priorität 5)
  - Allgemeine Politiken

- Prüfen Sie die Umweltwirkungen der installierten Geräte (Priorität 3)
  - Umwelt-, Energie- und Vermögensmanagement (jeweils Priorität 3)
  - Berichten Sie den REF (Priorität 1)
  - Überwachen Sie die Luftqualität (Priorität 2)
  - Behandeln und klimatisieren Sie die technischen Räume wie eine Industrieanlage, nicht wie ein Büro (Priorität 3)
  - Dokumentieren Sie die Anlagen (Priorität 3)
  - Schulen Sie alle Mitarbeiter\*innen in Energieeffizienz (Priorität 3)
  - Ausfallsicherheit und Versorgung
2. IT-Ausstattung und -Dienstleistungen
- Neubeschaffung von IT-Hardware
  - Bereitstellung von IT-Dienstleistungen
  - Management von IT-Ausstattung und -Dienstleistungen
    - Prüfung der vorhandenen Sach- und Dienstleistungsbestände (Priorität 5)
    - Außerbetriebnahme und Entfernung ungenutzter Geräte (Priorität 5)
    - Konsolidierung bestehender Dienstleistungen (Priorität 5)
    - Stilllegung von Diensten mit geringem Geschäftswert (Priorität 4)
    - Abschalten oder Entfernen von Geräten im Idle Modus (Priorität 4)
    - Prüfung der Umweltaforderungen an bestehende IT-Geräte (Priorität 4)
  - Datenmanagement
    - Politik der Datenverwaltung zu Speicherdauer und Sicherheitsniveau (Priorität 3)
3. Kühlung
- Luftfluss-Management und Design
    - Abdeckplatten zur Vermeidung von Kältekurzschlüssen (Priorität 4)
  - Luftfluss-Management und Design
  - Management der Kühlung sind:
    - Unnötige Kühlgeräte abschalten (Priorität 4)
    - Überprüfung der Kühlung vor dem Wechsel der IT-Ausrüstung (Priorität 4)



- Festlegung und Überprüfung der Kühlungsstrategie (Priorität 4)
  - Einstellungen der Klimageräte der Computerräume überprüfen (Priorität 4)
  - regelmäßige Wartung der Kühlanlage (Priorität 2)
  - Überprüfung und Optimierung der Kaltwassertemperatur (Priorität 4)
  - Temperatur- und Feuchtigkeitseinstellungen sind:
    - Überprüfung und Anhebung der Zieltemperatur der Ansaugluft von IT-Geräten (Priorität 4)
    - Überprüfen und Erweitern des Arbeitsfeuchtigkeitsbereichs (Priorität 4)
  - Temperatur- und Feuchtigkeitseinstellungen
  - Kälteanlagen
    - Optimierung der Betriebstemperaturen des Kühlsystems (Priorität 3)
  - Klimaanlagen für Computerräume (CRAC/CRAH)
  - Direkte Flüssigkühlung
  - Nachnutzung der Abwärme
4. Stromversorgungsanlagen des RZ
- Auswahl und Bereitstellung neuer Ausstattung der Stromversorgung
  - Management existierender Ausstattung der Stromversorgung
5. Andere Ausstattung des RZ
- Allgemeine Prinzipien
    - Schalten Sie das Licht aus (Priorität 1)
6. RZ-Gebäude
- Layout des physischen Gebäudes
  - Geographische Lage des Gebäudes
  - Wasserquellen
7. Monitoring
- Energieverbrauch und umweltbezogene Messungen
    - Zähler für die eingehende Energie (Priorität 4)
    - Zähler für den Energieverbrauch der IT (Priorität 4)

- Messung von Zulufttemperatur und Luftfeuchtigkeit auf Raumebene (Priorität 2)
- Messung der Zu- und Ablufttemperatur auf Ebene der CRAC/CRAH-Einheit (Priorität 3)
- Sammlung und Protokollierung von Daten des Energieverbrauchs und der Umwelt
  - Periodische manuelle Erfassung (Priorität 3)
  - Automatische tägliche Erfassung (Priorität 4)
- Berichterstattung über Energieverbrauch und Umwelt
  - Schriftlicher Bericht inklusive der KPIs: PUE, REF, ITEE<sub>sv</sub>, ITEU<sub>sv</sub>, ERF, CER, CUE, WUE (Priorität 4)
- Berichterstattung der IT

#### **Weitere Empfehlungen des EU Code of Conduct**

Außerdem sind folgende Empfehlungen des EU Code of Conduct für die Entwicklung von Anforderungen für ein Umweltzeichen von Interesse. Diese werden ausgeführt, da sie eventuell eine für den Blauen Engel angemessene technische Detailtiefe und ökologische Richtungssicherheit aufweisen. Der Blaue Engel hält sich mit Empfehlungen zu spezifischen Technologien zurück, es sei denn, bestimmte Schadstoffe werden ausgeschlossen. Die Anforderungen sollten zudem von einem Auditor überprüfbar sein.

- ▶ Gebührenmodelle für Dienstleistungen: Co-Location- und Managed-Service-Anbieter sollten Gebührenmodelle und Tarife anwenden, welche die Umsetzung der Best Practices fördern und die Energieeffizienz verbessern. Unternehmensbetreiber sollten sicherstellen, dass die tatsächlichen Kosten für Rechenzentrumsdienste verstanden und vollständig gemeldet werden.
- ▶ Life Cycle Assessment: Einführung eines Plans zur Ökobilanzierung (LCA) in Übereinstimmung mit EU-Leitlinien und international standardisierten Methoden.
- ▶ Die Energieeffizienz der IT sollte hohe Priorität beim Einkaufsprozess einnehmen
- ▶ Temperatur- und Luftfeuchtebereich sollte ein wichtiges Beschaffungskriterium sein
- ▶ Power Management sollte eingeschaltet sein
- ▶ Die Effizienz der Kältemaschine sollte ausschlaggebend bei der Beschaffung sein.
- ▶ EU-Öko-Design oder Energy Star kompatible Hardware
- ▶ IT sollte Leistungsaufnahme und Temperatur messen können
- ▶ Nutzung von Virtualisierung
- ▶ Beschaffung und Nutzung effizienter Software

- ▶ Überprüfe Möglichkeiten zur Nachnutzung der Abwärme
- ▶ Unterstütze die Nachnutzung der Abwärme mit einer Wärmepumpe
- ▶ Nutzung der Abwärme zur Beheizung von Büro-, Generator- und Brennstofflagerräumen
- ▶ Berichte den REF
- ▶ Bereite das RZ auf die Auskopplung von Abwärme vor.
- ▶ UPS kompatibel zu den „Elite Anforderungen“ des „EU Code of Conduct on Energy Efficiency of AC Uninterruptible Power Systems“
- ▶ IT-Messung des Energieverbrauchs auf Geräteebene
- ▶ Berichterstattung über PUE, CER, REF, ITEE und ITEU nach EN 50600-4-x
- ▶ Berichterstattung der Server-, Netzwerk und Speicher-Auslastung

## 4 Umweltwirkungen

Zur Ableitung von Kriterien für ein Umweltzeichen werden entlang des Produktlebenswegs Nachhaltigkeitsaspekte untersucht und besondere Hot-Spots identifiziert, die ein nachhaltiges Produkt von einem durchschnittlichen Produkt unterscheiden. Solche Hot-Spots können beispielsweise der Herstellungsprozess, der Energieverbrauch, die Ressourcen-Inanspruchnahme, enthaltene Schadstoffe, die umweltgerechte Konstruktion, Emissionen bei der Nutzung oder die Herstellungsbedingungen sein.

Ökobilanzen, die komplette Rechenzentren inklusive der Gebäudehüllen und der Herstellung von IT-Technik bilanziert haben, zeigen, dass die Betriebsphase von Rechenzentren in allen Wirkungskategorien dominiert (Schödwell et al. 2018). Zusätzlich wurden folgende Bereiche identifiziert, bei denen relevante Umweltwirkungen auftreten:

- ▶ Indirekte Emissionen durch die Strombereitstellung im Betrieb,
- ▶ Direkte Emissionen von starken Treibhausgasen bei Kälteanlage durch den Verlust von Kältemitteln und bei SF<sub>6</sub>-haltigen Schaltanlagen,
- ▶ Wasserverbrauch im Betrieb,
- ▶ Flächenversiegelung.

Die ausführliche Beschreibung der Umweltwirkungen im Hintergrundbericht des DE-UZ-214 von Gröger und Behrens (2022) ist nach wie vor aktuell.

### 4.1 Energie- und Rohstoffbedarf von Herstellungs- und Nutzungsphase

Die Umweltwirkungen von Cloud-Computing sind von Gröger et al. (2021) untersucht worden. Diese sind in etwa dieselben wie bei anderen RZ-bezogenen Dienstleistungen, z. B. Unternehmensrechenzentren. Es handelt sich ggf. um andere Datentypen oder physische Ausstattung, jedoch ist der Betrieb sowohl der IT als auch der Infrastruktur nicht in seinen Umweltwirkungen unterscheidbar von denen bei Cloud-Computing. Bei Rechenzentren liegt ein Schwerpunkt der Umweltwirkungen auf den Treibhausgasemissionen der Energiebereitstellung durch den hohen Energiebedarf in der Nutzungsphase. Weiterhin erzeugt der Rohstoffbedarf der IT eine relevante Umweltwirkung.

Schödwell et al. (2018) haben im Rahmen des KPI4DCE-Projekts<sup>4</sup> ein Kennzahlensystem zur ganzheitlichen und richtungssicheren Bewertung der Ressourceneffizienz und Umweltwirkungen von Rechenzentren entwickelt. Dabei wurde ein MS EXCEL-basiertes Berechnungstool entwickelt, das die Kennzahlen mittels standardisierter Eingaben der Betreiber von Rechenzentren automatisiert berechnet und zudem weitere Detailauswertungen ermöglicht. Zur Überprüfung der Anwendbarkeit des Tools wurden die zur Berechnung der Kennzahlen notwendigen Daten in der Praxis erhoben. Tabelle 12 zeigt die Ergebnisse des abiotischen Rohstoffverbrauchs (ADP: Abiotic Resource Depletion Potential) und des Treibhauseffekts (GWP: Global Warming Potential) pro Rack-Server auf Basis von erhobenen Daten über 362 Rack-Server aus dem KPI4DCE-Projekt. Die in der Berechnung angenommene Nutzungsdauer ist 4 Jahre.

---

<sup>4</sup> KPI4DCE: Key Performance Indicators for Data Centre Efficiency

**Tabelle 12: Abiotischer Rohstoffverbrauch und Treibhauseffekt pro Rack-Server in der Herstellungs- und Nutzungsphase**

Umweltwirkungen	Abiotischer Rohstoffverbrauch (ADP)	Treibhauseffekt (GWP)
Bezogen auf: pro Rack-Server	kg Sb-eq. / Jahr (Sb: Antimon)	kg CO <sub>2</sub> e /Jahr
Herstellung	0,15 (75%)	141 (18%)
Nutzung	0,05 (25%)	629 (82%)

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Schödwel et al. (2018)

Tabelle 12 zeigt, dass die Herstellungsphase zu 75 Prozent für den abiotischen Rohstoffverbrauch (ADP) verantwortlich ist. In der Nutzungsphase spielt im Gegensatz dazu der Treibhauseffekt (GWP) mit 82 Prozent eine wesentliche Rolle. Dieser Treibhausgaseneffekt ist maßgeblich durch den Stromverbrauch des Rechenzentrums verursacht. Für die Ableitung der Blauer Engel Vergabekriterien sollen deshalb die Langlebigkeit der Geräte (Ressourcenverbrauch) und der Energieverbrauch in der Nutzungsphase berücksichtigt werden.

## 4.2 Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>) in Schaltanlagen

Eine Untersuchung des Umweltbundesamtes (Burges et al. 2018a) zeigt, dass eine Reihe von alternativen Isoliermedien im Mittelspannungsbereich und im Hochspannungsbereich bis 145 kV auf dem Markt existieren. Lediglich im Hochspannungsbereich bei mehr als 145 kV existieren erst Pilotanlagen und Kleinserien, die voraussichtlich ab 2025 marktreif sein werden (ebd.). Eines dieser Pilotprojekte ist das Umspannwerk Ovenstädt in Ostwestfalen (Janzing 2020).

Leckageraten von solchen Anlagen betragen etwa 0,1 % pro Jahr. Dabei ist zu berücksichtigen, dass SF<sub>6</sub> ein sehr hohes Treibhauspotential von 23500 kg CO<sub>2</sub>e/kg aufweist (Janzing 2020). Wird ein einzelnes Kilogramm SF<sub>6</sub> emittiert, so entspricht dies der Emission von 23500 Kilogramm Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>). Die gesamten Emissionen von SF<sub>6</sub> in Deutschland aus Schaltanlagen der Mittel- und Hochspannung werden auf nahezu 10 t pro Jahr geschätzt (Burges et al. 2018b) und entsprechen damit rund 235 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr. Die Lebensdauer beträgt etwa 3200 Jahre in der Atmosphäre, weshalb trotz abnehmender Emissionen in Deutschland die Konzentration in der Atmosphäre weiter zunimmt (Janzing 2020).

## 4.3 Fluorierte Kältemittel

Betrachtet man verschiedene Kältemittel unter denselben Rahmenbedingungen der Kältemaschine, ergeben sich sehr ähnliche Werte für die Effizienz (Maurer 2021). Die EER-Werte (Energy Efficiency Ratio) sind in nachfolgender Tabelle 13 aufgeführt. Während EER anhand der Leistungswerte aus den Datenblättern errechnet wird, ist der CER (Cooling Efficiency Ratio) ein Messwert aus dem Rechenzentrumsbetrieb.

**Tabelle 13: Effizienz einer theoretischen Kältemaschine mit verschiedenen Kältemittel**

Kältemittel	Energy Efficiency Ratio (EER)
Ammoniak (R717)	3,11
Propan (R290)	2,97
Tetraflourethan (R134a)	3,03

Quelle: Maurer (2021)

Ein weit verbreitetes Argument für den Einsatz fluorierter Kältemittel ist, dass die entsprechenden Kältemaschinen energieeffizienter seien. Eine eigene Internetrecherche im Rahmen dieses Projektes von 30 Kältemaschinen mit natürlichen und fluorierten Kältemitteln und die statistische Auswertung ergeben, dass dieser Zusammenhang nicht signifikant ist. Weder unterscheiden sich die herstellerseitigen EER Werte signifikant, noch kann diese Aussage für das gesamte Treibhausgaspotential inklusive Leckage und unterschiedliche Stromquellen bestätigt werden. Einen viel größeren Einfluss auf das GWP des Energieverbrauches hat die Herkunft des Stromes und die richtige Dimensionierung der Kälteanlage.

## 5 Beste verfügbare Technik

Einerseits kann sich die Festlegung der Mindestanforderungen an guten und besonders umweltgerechten Praxisbeispielen orientieren, andererseits kann das technisch Machbare auch anhand von Planungsdaten überprüft werden. Dies gilt insbesondere für die Kennzahlen der Normenteile EN 50600-4-x, für die eine Berechnung von Design-Werten explizit vorgesehen ist, die durch ein vorangestelltes „d“ vor dem KPI-Namen gekennzeichnet werden. Für eine solche Prüfung wurden die Referenz-Designs entwickelt, die in diesem Kapitel in Abschnitt 5.2 beschrieben werden.

### 5.1 Praxisbeispiele

Eine Besonderheit der Produktgruppe ist es, dass keine umfassende Übersicht über den Stand der Technik und deren Einsatz im bestehenden RZ-Markt existiert. Dies macht es schwierig, geeignete Mindestanforderungen festzulegen, die das Ziel des Umweltzeichens erfüllen, rund 20-30 Prozent der besten am Markt verfügbaren Produkte (in diesem Fall Rechenzentren) potenziell auszuzeichnen. Stattdessen muss sich die Festlegung der Mindestanforderungen an guten und besonders umweltgerechten Praxisbeispielen orientieren. In diesem Teil-Bericht werden, Praxisbeispiele zur Nutzung von EN 50600 KPIs, dem Einsatz natürlicher Kältemittel und der Abwärmenutzung bei Rechenzentren gesammelt dargestellt. Unter Hinzuziehung von externen Informationen der Antragsteller des Blauen Engels, Stakeholder-Befragungen und Literaturrecherchen wird diese Dokumentation um gute Praxisbeispiele zur Steigerung der Serverauslastung und der verlängerten Nutzungsdauer bei IT-Komponenten ergänzt. Dazu werden zu allen relevanten Punkten Unterlagen aus Beratungsprojekten zum Blauen Engel und aus anderen Erfahrungsberichten, die zu Projektbeginn vorliegen, herangezogen und um Erfahrungen aus eigenen Beratungstätigkeiten sowie Medienberichten ergänzt. Da die Beratungen einer Schweigepflicht unterliegen und nicht veröffentlicht werden dürfen, werden die Betreiber der Rechenzentren nicht benannt, sondern anonymisiert dargestellt. Die Bezeichnungen „Projekt #“ werden dabei in jedem Kapitel willkürlich und nicht immer für das gleiche Projekt, verwendet. Dadurch sind keine Rückschlüsse auf den jeweiligen Betreiber möglich. Ziel ist es, abschließend die Mindestanforderungen des Umweltzeichens zu überprüfen und bei Bedarf anzupassen.

Die Notwendigkeit zur Überprüfung der Kriterien anhand von Praxisbeispielen ergibt sich aus drei Richtungen. Einerseits gibt es zwar Leitfäden und Handreichungen verschiedener Organisationen für einen effizienten Rechenzentrumsbetrieb, wie z. B. den TR 50600-99-1, den EU Code of Conduct (Acton et al. 2021) und den Leitfaden – Energieeffizienz in Rechenzentren (Bitkom e.V. 2015). Jedoch gibt es keine zusammenfassende Übersicht über die Umsetzung und deren Einfluss auf die Erreichung von Leistungs- und Effizienzkennzahlen. Zweitens verändern sich sowohl die Marktzusammensetzung als auch die technische Ausstattung von Rechenzentren über die Zeit, sodass eine adäquate Anpassung an eine zunehmende Effizienz für ein ambitioniertes Umweltzeichen erfolgen sollte. Drittens wird den Vergabekriterien vorangegangener Umweltzeichen für den Blauen Engel, DE-UZ-161 und DE-UZ-214, von einem deutschen Branchenverband Realitätsferne vorgeworfen und von dessen Anwendung regelmäßig abgeraten (Bitkom 2021). Tatsächlich gibt es zum Zeitpunkt Stand Januar 2023 insgesamt nur vier Zeichennehmer, was ein Indiz für zu schwierige Anforderungen sein könnte.

Entsprechend den bisherigen Vergabekriterien und den größten Umweltwirkungen von Rechenzentren werden in diesem Bericht Praxiserfahrungen zu Maßnahmen der Energieeffizienz, Vermeidung halogener Kältemittel und Nutzungsdauer der IT-Hardware gesammelt dargestellt.

Als Voraussetzung für (fast) alle anderen Kriterien der beiden Umweltzeichen für Rechenzentren wird ein Messkonzept verlangt, welches die Bezeichnung der Zähler und ihre Zuordnung zum Anlagenschema und zu den zu berechnenden KPIs darstellt. Es soll eine gute Praxis dargestellt und geklärt werden, inwiefern das Fehlen eines geeigneten Messkonzeptes die Diskussion um Grenzwerte behindert und gegebenenfalls sogar ad absurdum führt.

Die Normenreihen EN 50600 und ISO/IEC 30134 definieren Key Performance Indicators (KPIs). Im Blauen Engel DE-UZ 161 sind Monitoring und Grenzwerte für PUE, ITEU<sub>Server</sub> und CER vorgegeben. Die Dokumente der Normenreihe zu den beiden Kennzahlen CUE und WUE sind aktuell noch nicht veröffentlicht, sondern befinden sich noch im Entwurf. Die finale Abstimmung und Veröffentlichung werden im Jahr 2023 erwartet. Die Betrachtungen in diesem Dokument wurden daher auf Basis des aktuellen Standes der Entwürfe vorgenommen.

Beide Umweltzeichen für Rechenzentren beschränken die Nutzung halogenierter Kältemittel. Insbesondere dieses Kriterium wird oft kritisiert, da Rechenzentren im Bestand für die Einhaltung ihre gesamte Kälteanlage austauschen müssen, sofern diese halogenierte Kältemittel enthält. Unter wirtschaftlichen sowie auch ökologischen Gesichtspunkten ist dieser Umstand streitbar. Die politischen Bestrebungen, Emissionen fluorierter Gase zu reduzieren, gehen auf die F-Gase-Verordnung von 2013 zurück. Es soll nachfolgend geklärt werden, ob genug wirtschaftliche und ökologische Alternativen am Markt verfügbar sind.

Das politische Ziel, dass Abwärme aus Rechenzentren genutzt werden soll, hat die aktuelle Bundesregierung in ihrem Koalitionsvertrag festgehalten (SPD et al. 2021). Die Möglichkeiten und Fallstricke eines potenziellen Kriteriums zur Abwärmenutzung des Blauen Engels sollen ausgelotet werden.

Obwohl die IT-Hardware für den größten Teil des Energieverbrauchs im Betrieb und in der Produktion verantwortlich ist, gibt es bisher im DE-UZ 161 lediglich eine Anforderung an die CPU-Auslastung. Diese gibt einen unteren mittleren Grenzwert von 20 % vor. Es soll die Angemessenheit und Aktualität anhand von Praxisbeispielen überprüft werden.

Es soll ebenso geprüft werden, ob es möglich ist, einen Grenzwert für die Nutzungsdauer der IT-Komponenten festzulegen, und welche alternativen Anreize für eine lange Nutzungsdauer infrage kommen.

### **5.1.1 Messkonzept, Auswertung und Validierung von Messdaten**

#### **Beschreibung einer guten Praxis**

In RZ, deren Kennwerte dem Betreiber bekannt sind und entsprechend optimiert werden, gestaltet sich die Leistungsüberwachung des Rechenzentrums wie folgt: Das Rechenzentrum ist mit einer Reihe von Sensoren und Zählern ausgestattet, die eine Erfassung der benötigten Daten in einer Gebäudeleittechnik (GLT) ermöglichen. Die Zähler erfassen die Daten z. B. in einem viertelstündigen Rhythmus, so dass pro Tag ca. 100 Messwerte als Datensatz gespeichert werden. Je nach Zählertyp werden auch mehrere Werte pro Datensatz erfasst. Weiterhin werden die Daten zum Teil in unterschiedlichen Formaten erfasst, je nach Hersteller oder Alter der Zähler und Sensoren.

Für die Prüfung von Messwerten und Kennzahlen existiert ein Messkonzept. Dieses beinhaltet ein Anlagenschema, aus dem erkenntlich wird, wo sich die einzelnen Zähler, Energie- und Materialflüsse befinden. Dabei stimmen die Bezeichnungen in den Plänen mit der Bezeichnung der Messdaten überein, sodass diese einander zugeordnet werden können.

Die Zähler werden automatisch ausgelesen und ihre Zahlenwerte werden automatisch in einer Datenbank mit Zeitstempel abgelegt. Die Auswertung und Aggregation der Daten mehrerer



Zähler zu den benötigten Kennzahlen erfolgt automatisch mithilfe dafür vorgesehenen Softwaretools. Die Kennzahlen werden validiert und plausibilisiert. Es gibt ein System zur Erkennung von Messfehlern und eine regelmäßige Überprüfung der Zähler. Geeignete Validierungen sind zum Beispiel ein Vergleich der Verbräuche eines übergeordneten Zählers mit der Summe aller Unterzähler, oder der Vergleich von Eingangs- und Ausgangsgrößen, z.B. die Summe der Wärmemengenzähler im Vergleich mit dem Gesamtenergieverbrauch.

### **Diskussion von Schwierigkeiten beim Messkonzept**

Erfahrungen machen deutlich, dass für viele Betreiber das notwendige Messkonzept eine Herausforderung darstellt, um die Kennzahlen der EN 50600 überhaupt berechnen zu können.

Die Herausforderungen sind vielfältig, selbst wenn ein Messkonzept vorliegt. Folgende Beispiele stehen exemplarisch für häufige Beobachtungen:

- ▶ Ein Messkonzept war vorhanden, die Zähler und Sensoren waren aber nur zum Teil installiert, und kein Zähler war mit der Gebäudeleittechnik verbunden. Dadurch war es dem Betreiber noch nicht möglich, die Daten auszulesen. Daher konnten keine Werte für die Kennzahlen berechnet werden.
- ▶ Das Rechenzentrum verfügte über ein Messkonzept. Alle erforderlichen Messstellen wurden automatisiert erfasst. Die Software war aber nicht dafür eingerichtet, die Kennzahlen zu berechnen und auszuweisen. Aufgrund der Vielzahl von Messstellen war es innerhalb des Projektes nicht möglich, eine manuelle Auswertung zu erstellen. In Folge des Projektes hat der Betreiber ein Nachfolgeprojekt initiiert, in dem eine manuelle Auswertung erfolgt ist. Diese Auswertung soll nun in der GLT-Software automatisiert umgesetzt werden.
- ▶ Das Rechenzentrum wird in einem gemischt genutzten Gebäude betrieben, in dem technische Anlagen zwischen Rechenzentrum und Gebäude geteilt werden. In solchen Fällen stellt das Messkonzept eine besondere Herausforderung dar, um den Gesamtenergieverbrauch des Rechenzentrums korrekt berechnen zu können.
- ▶ Für das Rechenzentrum in einem Projekt lag kein Messkonzept vor. Der Betreiber lässt von einem Dienstleister Reports erstellen, in denen der PUE ausgewiesen wird. Ob die darin berichteten Werte korrekt sind, konnte bis zum Projektende nicht validiert werden.

Aus der Erfahrung der Autoren lässt sich sagen, dass bei Co-Location Anbietern Messkonzepte, Datenerfassung und Auswertung von KPI in der Regel vorhanden und automatisiert sind. Dies ist Voraussetzung für ein detailliertes Kapazitätsmanagement, das für den sicheren Betrieb benötigt wird, und ein auf das Kapazitätsmanagement aufbauendes Energiemanagement.

In Unternehmensrechenzentren gibt es häufig eine automatisierte Datenerfassung über die Gebäudeleittechnik, der Fokus liegt aber auf der Verfügbarkeit des Rechenzentrums. Daher fehlt oft ein Messkonzept, das eine Auswertung der Daten und eine Berechnung der KPI ermöglicht. Das Kapazitätsmanagement wird häufig vernachlässigt, solange ausreichend Raum, Strom und Kälte zur Verfügung stehen.

## **5.1.2 Grenzwerte von KPIs**

### **PUE**

Der PUE wird weitläufig als die wichtigste Effizienz Kennzahl von RZ verstanden. Ein niedriger Zahlenwert kann für Werbezwecke und als Wettbewerbsvorteil eingesetzt werden.

Rechenzentren, die Werte kleiner als 1,3 erreichen, zeichnen sich dadurch aus, dass sie nicht nur ein auf Energieeffizienz ausgelegtes Design der technischen Anlagen haben, sondern auch im Betrieb durch einen Energiemanagement-Prozess für jede Auslastung optimiert werden. So kann im Teillastverhalten der Zeitbereich der freien Kühlung durch einen angepassten Betrieb der Kältetechnik ausgeweitet werden, um den PUE zu optimieren (siehe auch Kapitel 5.1).

Bei Co-Location RZ ist der PUE deutlich höher als der Planwert, wenn es noch nicht vollständig ausgelastet ist. Je länger ein Co-Location-RZ in Betrieb ist, desto besser ist es ausgelastet. Nach 3 Jahren haben fast alle Co-Location-RZ mehr als 80 % ihrer Fläche vermietet. Ein vertraglich geschuldeter Ausbau der technischen Anlagen sorgt dagegen für eine niedrige Teillast, bei der ein höherer PUE-Wert nicht mehr zu vermeiden ist (siehe auch Kapitel 5.1).

#### **REF**

Der REF definiert zulässige Bilanzierungen und Nachweise für Strom aus erneuerbaren Energien. Die Blauen Engel für Rechenzentren fordern, den Strombedarf aus 100 % erneuerbaren Energien zu decken, ohne sich auf den REF zu beziehen, und fordern als Nachweis die Kennzeichnung auf dem Stromliefervertrag.

Betreiber von Rechenzentren, die erneuerbare Energien beziehen, können dies in der Regel durch den Stromliefervertrag nachweisen.

#### **ITEE<sub>sv</sub>**

Für die theoretische Leistungsfähigkeit eines Servers anhand dieses Kennwertes sind dem Projektteam keine Grenzwerte bekannt.

Stattdessen werden in der Öko-Design Verordnung (Europäische Kommission) Grenzwerte für den Effizienzwert  $Eff_{Server}$  festgelegt. Der Blaue Engel für Server nimmt ebenfalls die Größe  $Eff_{Server}$  auf und nicht  $ITEE_{sv}$  und legt ein ambitioniertes Anforderungsniveau fest.

#### **ITEU<sub>sv</sub>**

Diese Kennzahl ist im IT-Betrieb nicht weit verbreitet. Die Auslastung der Server wird lediglich für einen Alarm bei Überlastung und Ausfällen im Monitoring genutzt. Die Daten werden jedoch in der Regel nicht historisiert. Somit können oft keine Mittelwerte berechnet werden. Mit entsprechenden Softwaretools wäre dies aber möglich.

Die Zeichennehmer für den Blauen Engel UZ-161 HLRS und GSI haben in ihren Antragsunterlagen folgende Werte angegeben:

- ▶ HLRS: 83,6%
- ▶ GSI: 45%

Das HLRS ist ein High-Performance-Computing (HPC) Rechenzentrum, bei dem eine hohe Auslastung durch eine präzise Planung der Rechenaufgaben gewährleistet werden kann. Durch eine automatisierte Steuerung werden die anstehenden Rechenjobs nacheinander abgearbeitet und auch bei Abbruch eines Jobs unmittelbar ein neuer gestartet. Außer zu Wartungs- und Umbauzeiten ist daher durchgehend eine hohe Auslastung gewährleistet.

Das GSI ist eine Großforschungseinrichtung, bei der die Experimente ebenfalls für eine hohe Auslastung der Forschungsanlage geplant werden. Daher fallen hier kontinuierlich Daten an, allerdings sorgen Umbauphasen an der Anlage und in den Experimentierhallen für eine geringere durchschnittliche Auslastung der IT-Komponenten.

Bei typischen Unternehmens-Rechenzentren, die ihren Schwerpunkt in Deutschland oder Europa haben und nicht weltweit in gleichem Maße tätig sind, ergibt sich dagegen für die Lastverteilung eine typische Wochenkurve mit höherer Auslastung während der Büroarbeitszeiten und niedriger Auslastung während der Nacht und am Wochenende. So ergibt sich überschlüssig eine Wochenstundenzahl von ca. 50 h für höhere Last und von  $144 \text{ h} - 50 \text{ h} = 94 \text{ h}$  für niedrige Last. Nimmt man für die niedrige Last eine Auslastung von ca. 5 % an, so muss der Wert für die höhere Last bei > 50 % liegen, und zwar durchgängig für alle IT-Komponenten, um im Durchschnitt die vom Blauen Engel geforderten 20 % zu erreichen. Das Erreichen des Wertes wird weiter erschwert durch den Einsatz von Virtualisierung und Containerisierung, die typischerweise eher eine hohe Auslastung des internen Speichers (RAM) erzeugen als eine hohe CPU-Auslastung.

Für Unternehmen mit hohem Sicherheitsbedarf, die Redundanzen auf der Ebene der IT-Komponenten benötigen, ist der geforderte Wert nicht erreichbar, da die Last parallel auf den redundanten Systemen gefahren wird. Dies sorgt nicht nur für ein besseres Antwortverhalten der Applikationen, sondern auch für die geforderte Datensicherheit und schnelle Umschaltung im Falle eines Fehlers.

Aus Unternehmens-Rechenzentren liegen keine Erfahrungsdaten vor.

Zu guter Letzt ist noch zu prüfen, ob der Einsatz von GPU nicht ebenfalls den Wert der CPU-Auslastung herabsetzt. Der GPU-Auslastung kommt bisher nicht die gleiche Aufmerksamkeit zu, da eine hohe Auslastung in der Regel nicht die Verfügbarkeit der Server beeinträchtigt. Für die Beurteilung der Auslastung von Servern ist sie aber vermutlich relevant.

#### **ERF**

Diese Kennzahl wird selten berichtet. Die Nachnutzung von Wärme in der Praxis wird in Absatz 5.1.4 beschrieben. Bisher gibt es keine Erfahrungswerte zum ERF.

#### **CER**

Diese Kennzahl ist identisch mit der Jahresarbeitszahl (JAZ), wie sie in den Blauen Engeln verwendet wird. Vorliegende Zahlen für ein Co-Location-RZ liegen bei 11,6 und ein Unternehmens-RZ bei 5,0.

Hier spiegeln sich die gleichen Mechanismen wider wie beim PUE: Co-Location-RZ kümmern sich intensiver um die Energieeffizienz der gebäudetechnischen Anlagen ihrer Rechenzentren, während für Unternehmens-RZ die Verfügbarkeit der IT im Vordergrund steht. Im Bestand ist das Optimierungspotential begrenzt durch die Effizienz und Modularität der Kälteerzeugung. Eine Erneuerung der Kältetechnik ist mit einem großen (wirtschaftlichen) Aufwand verbunden, den viele RZ-Betreiber scheuen.

#### **CUE**

Bei der Nutzung dieser Kennzahl ist auf die jeweilige Kategorie achtzugeben, die festlegt, welche Emissionen berücksichtigt werden. In die Kennzahl CUE der Kategorie 1 fließen lediglich die Emissionen der Stromerzeugung ein. 100 % erneuerbaren Energien adressieren diesen Bereich bereits.

In die Kennzahl CUE der Kategorie 2 werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Gebrauch von Notstromaggregaten und durch das Entweichen von Kältemittel berichtet. Für einen CUE der Kategorie 2 liegen jedoch bisher keine Erfahrungswerte vor.

## WUE

Bei der adiabaten Kühlung werden große Mengen Wasser verdampft, um die Wärme des RZ abzuführen. Bisher liegen dem Projektteam keine Erfahrungswerte für den Betrieb von adiabaten Kühlungen für Rechenzentren vor. Bei der Planung von neuen Rechenzentren kommt eine Vorgabe des Climate Neutral Data Centre Pact zum Einsatz, die ab 2025 eine Obergrenze von 0,4 l/kWh bei voller IT-Last vorsieht, wenn das Rechenzentrum in einer Region mit niedrigem Wasser-Stress liegt (Climate Neutral Data Centre Pact 2023).

### 5.1.3 Natürliche Kältemittel

Der Blaue Engel RAL-UZ 161 gibt vor, dass nur chlorfreie Kältemittel verwendet werden dürfen, und in Anlagen, die nach 01.01.2023 in Betrieb gegangen sind, nur halogenfreie.

Der Einsatz natürlicher Kältemittel ist bisher wenig verbreitet. Es existieren einige gute Praxisbeispiele, darunter die folgenden:

- ▶ Im Rechenzentrum in Projekt 1 wurde ein Teil der Kältemaschinen auf Ammoniak als Kältemittel umgestellt, die weiteren Kältemaschinen sollen in den kommenden Jahren umgestellt werden. Aufgrund der bestehenden Kältemaschinen hält das Rechenzentrum das Kriterium nicht ein.
- ▶ Das Rechenzentrum von Projekt 2 wird ohne mechanische Kälte betrieben. Lediglich eine Notkälteerzeugung, die vor 01.01.2013 in Betrieb gegangen ist, wird mit halogenhaltigen Kältemittel betrieben.
- ▶ Bei der DMK Deutsches Milch-Kontor in Bremen ist eine eChiller Kühlung mit Wasser als Kältemittel von Efficient Energy installiert. Dadurch werden sowohl Strom und Kosten eingespart als auch betriebliche Abläufe vereinfacht. Anders als bei halogenhaltigen Kälteanlagen spielen Kältemittelverlust und regelmäßige Dichte-Prüfungen bei Wasser als Kältemittel keine Rolle (Ostler und Höfling 2020).
- ▶ Das Green-Cube Rechenzentren des GSI Helmholtz-Zentrums für Schwerionenforschung besteht aus einem Netzwerk von Computern, die in geschlossene Schränke eingebaut sind. An deren Rückwand wird die warme Abluft mit Wärmetauschern direkt mit Wasser gekühlt. Die Rückkühlung erfolgt durch einfaches Verdunsten von Wasser. Insgesamt werden rund 800 wassergekühlte Rechnerschränke in einem hochregallagerähnlichen Bau auf Stahlträgern in sechs Ebenen untergebracht. Dieser Aufbau ist bis zu 100-mal kompakter als bei herkömmlicher Bauweise (Ostler 2011).
- ▶ Das NTT-Rechenzentrum MUC kann auf vier Entnahmestellen für das Grundwasser zurückgreifen; drei der Brunnen dienen zur Versorgung, einer wird als Rückspülbrunnen genutzt. Von den Förderbrunnen wird das Grundwasser in Wärmetauscher geleitet, wo es die Abwärme aus dem Kühlkreislauf des Rechenzentrums aufnimmt. Zu einer Vermengung des Wassers und somit zu einer Verunreinigung des Grundwassers kann es nicht kommen, denn das Grundwasser ist von der eigentlichen Kälteversorgung getrennt und kommt mit keinen anderen Kühlflüssigkeiten in Berührung (Ostler 2021c).

Es fehlen weiterhin gute Praxisbeispiele zum Einsatz von Ammoniak und anderen natürlichen Kältemitteln in Kältemaschinen. Die vorhandenen Beispiele umfassen eher adiabatische Kühlung

oder Brunnenkühlung. Bei Projekt 1 handelt es sich um ein Bestands-RZ, dessen vollständige Umstellung auf Ammoniak als Kältemittel noch einige Zeit in Anspruch nehmen wird. Zudem gehört das RZ einem Betreiber kritischer Infrastruktur, so dass aus Sicherheitsgründen keine Veröffentlichung von technischen Daten möglich ist.

Auf der anderen Seite hat z. B. der RZ-Planer Prior1 angekündigt, ab dem 01.01.2023 nur noch Klimatisierungslösungen mit natürlichen Kältemitteln anzubieten. Es ist daher davon auszugehen, dass der bisherige Widerstand der RZ-Branche gegen natürliche Kältemittel bereits nachgelassen hat und weiterhin nachlassen wird (Maier 2022).

#### **5.1.4 Abwärmenutzung**

Die Nutzung von Abwärme ist bisher kein Kriterium des Blauen Engel. Zwar gibt es einige Beispiele zur Nutzung von Abwärme, die Diskussion um die Verallgemeinerbarkeit von Anforderungen wird jedoch zurzeit heftig geführt.

Die Nachnutzung von Wärme hängt hauptsächlich davon ab, ob ein Anschluss an eine lokale Heizungsanlage oder direkte Abgabe der Wärme in ein benachbartes Gebäude möglich ist. Ein Anschluss an eine Nah- oder Fernwärmeleitung eines Wärmenetzbetreibers stößt in der Praxis auf große Vorbehalte bezüglich der sicheren Verfügbarkeit sowohl der Wärme als auch der Abnahme dieser und des technischen Aufwands der Nutzbarmachung. Zudem müssen Nutzungen für die Wärme in der warmen Jahreszeit gefunden werden, wenn die Kunden der Wärmenetze diese nicht zum Heizen benötigen.

Folgende gute Praxisbeispiele können genannt werden:

- ▶ Die Rechenzentren der Projekte 1 und 2 nutzen die Abwärme in benachbarten Gebäuden. Dabei ist die Nutzung der Gebäude unkritisch in dem Sinne, dass bei einem Ausfall der RZ-Wärme entweder eine Gebäudeheizung genutzt wird oder der Ausfall der Wärme nicht zu einem signifikanten Schaden führen würde.
- ▶ Der Rechenzentrumssystemanbieter Cloud & Heat betreibt im Eurotheum in Frankfurt am Main ein Rechenzentrum, das Direkt-Heißwasser-Kühlung nutzt und die entstehende Wärme an ein Hotel abgibt, das in den oberen Stockwerken des Hochhauses (ab 22. Etage) untergebracht ist (Ostler und Höfling 2020).
- ▶ In Hanau wird ein Rechenzentrum mit 180 MW Anschlussleistung geplant. Auf dem Datacentre-Gelände soll ein Blockheizkraftwerk gebaut werden, in das sich ein Teil der Abwärme einspeisen lässt. Die Leitungen, in die eingespeist werden kann, befinden sich in unmittelbarer Nähe (Rüdiger 2022).
- ▶ „Der Frankfurter Energieversorger Mainova AG, der Rechenzentrumsbetreiber Telehouse Deutschland GmbH und der Projektentwickler Instone Real Estate haben eine Kooperation für das innovative Wärmekonzept im künftigen Wohnquartier „Westville“ vorgestellt. Die geplanten rund 1.300 Neubauwohnungen sowie Gewerbeeinheiten am südwestlichen Rand des Frankfurter Gallusviertels mit einem Jahresbedarf von 4.000 Megawattstunden (MWh) werden künftig zu mindestens 60 Prozent aus der Abwärme des benachbarten Rechenzentrums versorgt. Bis zu 40 Prozent werden durch die umweltschonende Fernwärme aus den Heizkraftwerken der Mainova ergänzt. Der Beginn der Wärmelieferung ist ab Anfang 2023 vorgesehen.“ (Ostler 2021a)

- ▶ Ein Rechenzentrums-Neubau in Berlin wird mit einer Kälte-Anlage mit indirekter freier Kühlung und der Option zur Abgabe von Abwärme ausgestattet. (Ostler 2021b)
- ▶ „Das Fernwärmenetz umfasst in Stockholm rund 2.800 Kilometer. 10.000 Haushalte sind bereits angeschlossen, zu 95 Prozent im Kern von Stockholm. Das entspricht rund 12 Terawattstunden pro Jahr, 1 Prozent der Heizungen in Stockholm; im Jahr 2035 sollen es 10 Prozent sein. Das heißt aber auch: Ein Rechenzentrum mit einer Last von 10 Megawatt kann rund 20.000 Wohnungen heizen. Es gibt bereits 30 Rechenzentren, die ihre Abwärme einspeisen.“ Darüber hinaus gibt es für Rechenzentren die Möglichkeit, Fernkälte zu beziehen. „Das dafür zur Verfügung stehende Netz umfasst derzeit rund 300 Kilometer.“ (Ostler 2018)
- ▶ In einem Rechenzentrum in Luleå, Schweden, wird „die IT in einer inerten Flüssigkeit mit einer Anlage von Submer immersionsgekühlt. Insgesamt entsteht ein Abwärmestrom mit etwa 70 Grad Celsius, zunächst erreichen die Prozessoren eine Temperatur von rund 55 Grad Celsius. Die Abwärme aus dem Immersionsbecken wird zu einem Wärmetauscher geführt, der die zu den Brennstoffzellen fließende Außenluft erwärmt. Dann erzeugen die Brennstoffzellen, die ebenfalls einen eigenen Flüssigkreislauf besitzen, aus dem zugeführten Biogas Strom und Abwärme. Diese Abwärme wird dem Fernwärmenetz zugeführt. Um sie Schritt für Schritt aufzuheizen, werden die Brennstoffzellen wärmetechnisch in Serie geschaltet.“ (Rüdiger 2021)

Bei der möglichen Nutzung von Abwärme aus Rechenzentren werden in Deutschland häufig zwei Argumentationslinien vertreten:

- ▶ Die Anforderungen für einen Anschluss an Wärmenetze sind zu hoch und die Netzbetreiber haben kein Interesse daran, Fremderzeuger an ihre Netze anzuschließen.
- ▶ Das Temperaturniveau der Abwärme ist zu niedrig, es bedarf zusätzlicher elektrischer Energie, um die Wärme aus Rechenzentren in Wärmenetzen nutzbar zu machen. Dadurch wird die Nutzung der Wärme unwirtschaftlich.

Beide Argumente sind aktuell nicht von der Hand zu weisen. Da die Wärmenetze nicht der Bundesnetzagentur unterliegen und somit keine Regulierung erfolgt, ist es aktuell vom Standort des Rechenzentrums und dem dort vorhandenen Wärmenetzbetreiber abhängig, ob überhaupt eine Möglichkeit zum Anschluss an ein Wärmenetz geschaffen werden kann. Ein erster Schritt wäre aber, die Möglichkeit zur Abwärmenutzung als Standortkriterium festzuschreiben. Die Beispiele aus Hanau und Westville Frankfurt befinden sich noch im Planungsstadium und können daher noch nicht als Praxisbeispiele bezeichnet werden.

Das Problem des Temperaturniveaus könnte technisch durch ein Kühlkonzept mit direkter Wasserkühlung oder Immersionskühlung gelöst werden. Dies bedeutet aber einen technischen Umbruch im Design von Rechenzentren, der mit einem technischen Umbruch in der IT-Hardware einhergehen müsste. Dazu bedarf es stärkerer Anreize, als allein durch den Blauen Engel erreicht werden könnte.

### 5.1.5 Serverauslastung

Aus den Beratungsprojekten sind keine Erfahrungen zur Steigerung der Serverauslastung vorhanden. Das ist unter anderem darin begründet, dass

- ▶ RZ-Beratung sich auf die technische Gebäudeausrüstung fokussiert.
- ▶ die RZ- Betreiber je nach Geschäftsmodell wenig oder gar keinen Einfluss auf die Serverauslastung haben.
- ▶ IT-Betreiber, welche ihre Rechenleistung Kunden anbieten, zögern, nicht genutzte Serverkapazitäten abzuschalten.

Eine weitgehende Nutzung von Virtualisierung und Containerisierung unterstützt eine höhere Nutzung der IT-Komponenten. Inzwischen werden dedizierte Server durch virtualisierte Cluster abgelöst. Deshalb werden Anwendungen, die aufgrund ihres Alters nicht virtualisiert werden können, als Risiko betrachtet. Eine Ablösung durch eine modernere Anwendung wird daher in der Regel angestrebt. Muss eine Anwendung auf einem dedizierten Server betrieben werden, so ist eine Abschätzung der benötigten Leistungsfähigkeit eines neuen Servers meist schwierig und führt in der Regel zu einem Oversizing. Im Allgemeinen kann eine Umstellung der IT-Architekturen auf Cloud-basierte Systeme zu einer besseren Auslastung führen, da diese automatisierte Zuweisung von Hardware-Ressourcen an die Anwendungen enthalten. Nicht benötigte Server können so gezielter in einen Ruhemodus versetzt werden.

### 5.1.6 Nutzungsdauer der IT-Komponenten

Durchschnittliche Nutzungsdauern von IT-Komponenten, insbesondere von Servern, betragen etwa 3 bis 4 Jahre. Die wesentlichen Einflussfaktoren sind den Autor\*innen nicht bekannt.

Dazu sind kaum Praxisbeispiele bekannt.

- ▶ Bei der Diskussion der Kriterien zur IT-Auslastung hat der Betreiber des Rechenzentrums von Projekt 1 berichtet, dass er ältere, weniger leistungsfähige Server in seine Cloud-Infrastruktur integriert, solange der damit verbundene Stromverbrauch vertretbar ist. In diesem Zusammenhang hat er auch die fehlenden Möglichkeiten zur Nutzung gebrauchter IT-Hardware beklagt und vorgeschlagen, ein Kriterium zur Wiedernutzung von IT-Hardware in den Blauen Engel aufzunehmen.

### 5.1.7 Zusammenfassung der Praxisbeispiele

#### Messkonzept, Auswertung und Validierung von Messdaten

Das Messkonzept ist die Basis eines Energie- und Ressourcenmonitorings. Das Monitoring ist in der Regel vorhanden und automatisiert. Seltener werden die Messwerte so ausgewertet, dass sich umweltrelevante Kennzahlen bilden und optimieren lassen. Ist das Messkonzept noch nicht ausgereift, führen Beratungen (im Kontext des Blauen Engel) häufig zu einer deutlichen Verbesserung des Monitorings und Messkonzeptes, meist werden notwendige Zähler nachgerüstet. Der Blaue Engel hat an dieser Stelle das Potential, einen Standard zu setzen.

Deshalb lässt sich aus den Praxisbeispielen ableiten, dass die Anforderungen an das Messkonzept in doppelter Funktion wichtig für den Blauen Engel sind: als Grundlage für die Optimierung von KPIs und als Standard für eine gute Praxis des RZ-Monitorings.

### **Grenzwerte von KPIs**

Die Nutzung der Kennzahlen stellt sich sehr unterschiedlich dar: einige Rechenzentren können gar keine Kennzahlen berechnen, meist weil im Messkonzept notwendige Zähler fehlen, einige Rechenzentren können alle Kennzahlen berechnen und ausweisen.

PUE und REF sind weit verbreitete Kennzahlen. Sie sind richtungssicher, das Anforderungsniveau von 1,3 und 100 % ist machbar ambitioniert, der Nachweis ist in der Regel leicht nachvollziehbar.

Die theoretische Leistungsfähigkeit von Servern wird indirekt eingefordert, indem bei der Beschaffung die Vergabekriterien des DE-UZ 213 für Server- und Speichersysteme beachtet werden sollen. ITEE<sub>SV</sub> geht dort jedoch nicht ein. Es gibt keine Erfahrungen mit dieser Kennzahl.

Für die Auslastung der Server zeigen die Praxisbeispiele, dass der geforderte Wert von 20 % von Forschungseinrichtungen um ein Vielfaches übertroffen wird. Je größer die Toleranz der Anwendung für Wartezeiten und je einfacher inaktive Server abgeschaltet werden können, desto besser fällt der Wert ITEU<sub>SV</sub> aus. Aufgrund dieser Erfahrung wäre eine Abstufung nach Forschungs-, Co-Location- und Unternehmens-RZ denkbar.

Zu ERF gibt es keine Erfahrungen, zu CER wenig. Diese suggerieren, dass das Ambitionsniveau eventuell angehoben werden könnte, insbesondere für Neubauten.

Zu CUE liegen keine Erfahrungen vor, eine Berichtspflicht für Emissionen durch Kältemittel und Treibstoffgebrauch wäre jedoch denkbar.

Auch zu WUE gibt es keine Praxisbeispiele, eine realistische Größenordnung einer Obergrenze könnte 0,4 l/kWh sein.

### **Natürliche Kältemittel und Abwärmenutzung**

Die Erfahrungen zeigen, dass die Bereitschaft für den Einsatz natürlicher Kältemittel und das Interesse an Abwärmenutzung stark zugenommen haben. Gleichzeitig sehen sich Betreiber von existierenden RZ nicht in der Lage, natürliche Kältemittel und Abwärme zu nutzen. Beides ist mit z.T. massiven baulichen Veränderungen verbunden. Eine Auskopplung von Wärme an Industrie oder Wärmenetze steht erst ab einer gewissen Leistung im Verhältnis zum damit verbundenen Aufwand. Kältemittel werden hingegen schon seit 2013 EU-weit reguliert, der Markt für halogenfreie Technik existiert seit langem.

### **Serverauslastung und Nutzungsdauer der IT-Komponenten**

Eine gute Praxis und Vergabekriterien zur Steigerung der Serverauslastung und der Nutzungsdauer der IT sind aus diesem Erfahrungsbericht nicht direkt ableitbar. Es ist nicht eindeutig, ob ITEU<sub>SV</sub> in allen Fällen von Serverarchitektur richtungssicher die Auslastung wiedergibt. Es sollte einen Anreiz geben, Serverlast zu konsolidieren und den Idle-Stromverbrauch zu senken. Server ohne Rechenlast sollten in einen energiesparenden Modus versetzt werden. Diese Maßnahmen verbessern bei Standard-Serverarchitekturen gleichzeitig den ITEU<sub>SV</sub>. Der Blaue Engel könnte zusätzlich eine Anforderung an ein Re-Use-Management für IT-Komponenten stellen.

## **5.2 Referenz-Design für Rechenzentren**

Die Referenz-Designs sind im Detail in Anhang A.2 beschrieben. Sie legen realistische technische Parameter einer typischen Auslegung von Rechenzentren fest und berechnen daraus in einem Bottom-up-Ansatz Kennzahlen, die in diesen Rechenzentren erreicht werden können. Um die



ganze Bandbreite an Möglichkeiten abzudecken, werden für diese technischen Parameter jeweils mehrere Werte ausgewählt. Daraus resultierend kann mit hoher Wahrscheinlichkeit beschrieben werden, welche technische Ausstattung eines Rechenzentrums dieses zur Einhaltung der Mindestanforderungen im Blauen Engel für Rechenzentren befähigt und in welchen Fällen die Mindestanforderungen unerreichbar bleiben.

### 5.2.1 Ziele des Referenz-Designs

In den Kriterien des Blauen Engel wird die Einhaltung verschiedener Grenzwerte für Kennzahlen gefordert, wobei die Werte abhängig vom Datum der Inbetriebnahme gestaffelt sind:

**Tabelle 14: Mindestanforderung für Power Usage Effectiveness und die Energieeffizienz des Kühlsystems (CER)**

Inbetriebnahme des	PUE	CER
01.01.2019 oder später	$PUE \leq 1,30$	$CER > 8$
Zwischen 01.01.2015 und	$PUE \leq 1,50$	$CER > 7$
31.12.2014 oder früher	$PUE \leq 1,60$	$CER > 5$

Quelle: (Umweltbundsamt 2019)

Für neu in Betrieb gegangene Rechenzentren gelten abweichende Werte, die eine geringere Auslastung berücksichtigen. Der Kennwert Jahresarbeitszahl (JAZ) ist durch den Normenteil EN 50600-4-7 durch den identisch definierten Wert Cooling Efficiency Ratio (CER) ersetzt worden.

Weiterhin werden Eigenschaften und Grenzwerte für technische Anlagen gefordert:

- ▶ Halogenfreie Kältemittel
- ▶ In bestehenden Kälteanlagen dürfen nur chlorfreie Kältemittel verwendet werden
- ▶ In Kälteanlagen, die nach dem 01.01.2013 in Betrieb genommen wurden, dürfen nur halogenfreie Kältemittel verwendet werden.

Wirkungsgrade der Unterbrechungsfreien Stromversorgungen dürfen bei statischen USV-Anlagen im Doppelwandlerbetrieb im Regelbetrieb nicht geringer sein als:

- ▶ 92 % bei elektrischer Ausgangsleistung von 100 % der Nennleistung
- ▶ 95 % bei elektrischer Ausgangsleistung von 75 % der Nennleistung
- ▶ 95 % bei elektrischer Ausgangsleistung von 50 % der Nennleistung
- ▶ 90 % bei elektrischer Ausgangsleistung von 25 % der Nennleistung.

Mit Hilfe der Referenz-Designs soll nachfolgend geprüft werden, ob die Einhaltung aller Kriterien, die für eine Vergabe des Blauen Engel erforderlich ist, durch ein marktübliches Design von Rechenzentren möglich ist. Bei Zielkonflikten zwischen Anforderungen des Umweltschutzes und der Wirtschaftlichkeit aus Sicht des RZ-Betreibers wird letztere nachrangig behandelt.

Für die detaillierte Beschreibung des Referenzmodells siehe Anhang A.2.

## 5.2.2 Zusammenfassung der Ergebnisse

Über alle Ergebnisse hinweg lässt sich festhalten, dass der Standort bei der Berechnung der Kennzahlen nur eine geringe Rolle spielt. Abweichungen ergeben sich in der zweiten Komma-stelle und sind in der Regel nicht relevant, wenn es darum geht, die Grenzwerte des Blauen Engel eizuhalten.

Betrachtet man die Ergebnisse der Designwerte dPUE und dCER im Überblick für die verschiedenen Größen (50 kW, 500 kW und 1,5 MW IT-Leistung) und Auslastungen, ergibt sich für Luftkühlung das Bild in Tabelle 15 und für Wasserkühlung das Bild in Tabelle 16. In den Tabellen sind jene Werte **rot** gekennzeichnet, die die Mindestanforderungen des Umweltzeichens für Rechenzentren mit einer Inbetriebnahme ab dem Jahr 2019 nicht einhalten.

**Tabelle 15: dPUE und dCER für Luftkühlung, Frankfurt, für alle Größen**

Luftkühlung	Größe 1 (50 kW)		Größe 2 (500 kW)		Größe 3 (1,5 MW)	
	dPUE	dCER	dPUE	dCER	dPUE	dCER
Auslastung in %						
10	1,52	6,89	1,50	6,22	1,72	4,63
25	1,46	6,96	1,33	9,04	1,41	7,50
50	1,39	6,93	1,24	12,56	1,32	8,75
75	1,36	6,75	1,25	14,12	1,28	9,51
100	1,28	9,90	1,29	14,40	1,28	9,43

Quelle: Eigene Berechnung, DCE Excellence GmbH

**Tabelle 16: dPUE und dCER für Wasserkühlung, Frankfurt, für alle Größen**

Wasserkühlung	Größe 1 (50 kW)		Größe 2 (500 kW)		Größe 3 (1,5 MW)	
	dPUE	dCER	dPUE	dCER	dPUE	dCER
Auslastung in %						
10	1,52	4,90	1,40	11,44	1,47	30,58
25	1,34	11,98	1,21	25,05	1,24	55,34
50	1,24	22,82	1,13	47,65	1,17	59,99
75	1,18	33,09	1,15	56,14	1,14	62,02
100	1,14	42,80	1,17	71,04	1,14	72,46

Quelle: Eigene Berechnung, DCE Excellence GmbH

Bei einer Auslastung von 10 % sind die Grenzwerte der Kriterien in der Regel nicht einhaltbar, sogar bei Wasserkühlung nicht. Für kleine Rechenzentren der Größe 1 (50 kW) mit klassischer Luftkühlung sind die Kriterien bei niedriger Auslastung nicht einhaltbar. Sehr niedrige Auslastungen oder kleine Rechenzentren mit niedriger Auslastung sind nicht energie- und ressourceneffizient, so dass diese Rechenzentren die Kriterien des Blauen Engels selbst bei hoher Auslastung nicht erreichen können.

Rechenzentren der Größe 2 (500 kW) und 3 (1,5 MW) können auch bei niedriger Auslastung die Kriterien einhalten. Im nächsten Abschnitt wird kurz betrachtet, welche Optimierungen für das Teillastverhalten möglich sind, die nicht im Referenz-Design berücksichtigt werden konnten,

aber jeweils in solchen Fällen zu einer Einhaltung der Werte führen können, in denen das berechnete Ergebnis nur geringfügig über dem Grenzwert liegt. Das betrifft zum Beispiel Rechenzentren der Größe 1 mit Luftkühlung auch ab einer Auslastung von 50 %.

Rechenzentren mit Wasserkühlung können in allen Größen und Auslastungen die Kriterien des Blauen Engels einhalten. Lediglich für Rechenzentren der Größe 1 müssen Optimierungen für niedrige Teillast durchgeführt werden sowie bei sehr geringer Auslastung in der Größe 2.

Der Wirkungsgrad der USV-Anlage hat signifikante Auswirkungen auf den PUE-Wert. Insbesondere im Modell „-10 % reduzierte USV-Ausgangseffizienz“ sind die Folgen gravierend und führen dazu, dass die Grenzwerte für den PUE-Wert nicht mehr eingehalten werden können. Im zweiten Modell mit dem pauschalen Ansatz von 97 %-USV-Wirkungsgrad sind die Auswirkungen zwar sichtbar, wirken sich aber lediglich auf Rechenzentren der Größe 1 signifikant aus. In den anderen beiden Größen sind aufgrund der bereits vorgenommenen Optimierung der USV-Anlagengröße und Modularisierung nur minimale Verbesserungen ersichtlich, welche keinen signifikanten Einfluss auf das Einhalten des PUE-Grenzwertes haben.

### **Jenseits des Referenzmodells: Optimierung des Teillastverhaltens**

In dem hier vorgestellten Referenz-Design wird von konstanten Temperaturen in den Kühlkreisläufen ausgegangen, um den Rechenaufwand für das Modell niedrig zu halten und einen herstellerunabhängigen Wert angeben zu können. Für niedrige Teillasten sind aber Optimierungen in der Betriebsweise der Kältetechnik möglich:

Es ist bekannte Best Practice, alle Umluftklimageräte (ULK) in einem Raum jederzeit laufen zu lassen und die Luftmenge je ULK zu minimieren. Dies führt zu einer signifikanten Energieeinsparung bei den Lüftern, die die Luft im Raum umwälzen.

Umluftklimageräte erreichen ihre maximale Kühlleistung bei niedrigen Temperaturen im Wasserkreislauf. Bei niedriger Teillast wird aber nicht die maximale Kühlleistung an den ULK benötigt, so dass die Temperatur im Wasserkreislauf erhöht werden kann, insbesondere wenn alle ULK gleichzeitig laufen.

Die Erhöhung der Temperatur im Wasserkreislauf erweitert den Zeitraum der freien Kühlung in dem Bereich, in dem besonders viele Jahresstunden anfallen. Die freie Kühlung kann daher sehr viel länger genutzt werden, wodurch signifikant Energie in der Kälteerzeugung eingespart werden kann.

Die Optimierung für das Teillastverhalten kann weiter ergänzt werden, z. B. durch den Einsatz von Pufferspeichern, ist aber in jedem Fall von der eingesetzten Technik abhängig und muss individuell für das geplante oder installierte System berechnet werden. Das bedeutet einen gewissen Aufwand, der zum einen herstellerabhängig ist und zum anderen außerhalb des Betrachtungsrahmens des Referenz-Designs liegt.

In der Praxis wird die Optimierung für Teillast oft nicht durchgeführt, obwohl sie nicht nur wichtig für die Energieeffizienz ist, sondern auch für die Lebensdauer der technischen Anlagen und somit für die Ressourceneffizienz. Die Optimierung kann in der Regel nur von erfahrenen Kältetechnikern durchgeführt werden, um die Betriebssicherheit des Rechenzentrums nicht zu gefährden. Da viele Rechenzentren lange Zeit in Teillast betrieben werden, birgt diese Optimierung ein großes Einsparpotenzial.

Eine Optimierung der Kälteerzeugung auf die zu erwartenden Teillasten und entsprechende Wahl der Kälteerzeugergrößen erlauben eine zusätzliche Optimierung der Kennwerte. Aus RZ-Beratungstätigkeiten ist bekannt, dass der PUE von einem vergleichsweise ineffizienten

Anfangswert von etwa 1,5 mit diesen Maßnahmen auf einen durchschnittlichen Wert von 1,3 gebracht werden kann. Beim CER sind noch größere Effekte sichtbar.

Ein Betrieb der USV-Anlagen im Betriebsoptimum hat einen signifikanten Einfluss auf den PUE-Wert und kann entscheidend dafür sein, ob der PUE-Grenzwert eingehalten wird. Hier sind bereits in der Anschaffung der USV-Anlagen entsprechende Analyse durchzuführen. Der Austausch von ineffizienten USV-Anlagen gegen neue auslastungsoptimierte USV-Anlagen ist als sinnvoll zu erachten.

#### **Ergebnis der Überprüfung der Kriterien für PUE und CER**

Die dargestellten Berechnungen der Kennwerte dPUE und dCER für drei verschiedene Größen von Rechenzentren an vier verschiedenen Orten in Deutschland hat gezeigt, dass die Werte der Kriterien des Blauen Engel für PUE und CER in den meisten Fällen eingehalten werden können. Bei niedriger Auslastung kann eine optimierte Betriebsweise der Kältetechnik notwendig sein. Für neu errichtete Rechenzentren ist in den Kriterien eine Phase mit niedrigerer Auslastung berücksichtigt, die ebenfalls eine Optimierung im Betrieb unterstützt.

Als zusammenfassendes Resultat des Referenz-Designs kann festgehalten werden, **dass die bisher gültigen Grenzwerte für PUE und CER in der Praxis erreichbar sind**. Eine Anpassung der Grenzwerte ist daher nicht erforderlich.

## 6 Ableitung der Vergabekriterien für ein Umweltzeichen

Entsprechend der vorangegangenen Kapitel zur Umfeldanalyse, Praxisbeispielen, Umweltwirkungen und bester verfügbarer Technik werden nachfolgend die Vergabekriterien abgeleitet. Dabei werden hauptsächlich der klimaschonende Rechenzentrumsbetrieb und der energieeffiziente und ressourcenschonende IT-Betrieb adressiert.

### 6.1 Geltungsbereich und Antragsteller

Aus der Analyse der Geschäftsmodelle und den Verantwortungsbereichen ergibt sich eine Trennung zwischen RZ-Betreibern und IT-Betreibern. Für jedes Kriterium muss ausgewiesen werden, wer für die Einhaltung verantwortlich ist.

Es können alle RZ-Betreiber Antragsteller sein. IT-Betreiber können zusammen mit ihrem RZ-Betreiber einen Antrag zur Zeichennutzung stellen oder nachdem das Rechenzentrum ausgezeichnet wurde, in dem die Informationstechnik betrieben wird. Da dieses Umweltzeichen RZ auszeichnen soll, wird ausgeschlossen, dass IT-Betreiber unabhängig von dem Betreiber der technischen Gebäudeausrüstung ihrer RZ-Infrastruktur ausgezeichnet werden.

Sind RZ-Betreiber und IT-Betreiber unternehmensrechtlich verbunden, können diese ausschließlich gemeinsam Antragsteller dieses Umweltzeichens sein. Ist eine Mischform vorhanden, in der z.B. ein RZ-Betreiber sowohl IT betreibt als auch eine Co-Location-Dienstleistung anbietet, umfasst der Geltungsbereich die vom RZ-Betreiber kontrollierten Anlagen und Informationstechnik. Ist beispielsweise das Unternehmen A ein Co-Location-Betreiber mit einem Tochterunternehmen B, das in demselben RZ IT betreibt, so muss dieses Unternehmen B die Kriterien an den IT-Betreiber einhalten, damit A dieses Umweltzeichen erhalten kann.

Mit dem Blauen Engel können Rechenzentren gekennzeichnet werden, die sich durch folgende Umwelteigenschaften auszeichnen:

- ▶ Die technische Gebäudeausrüstung (TGA) wird besonders energieeffizient und ressourcenschonend betrieben,
- ▶ der Betreiber hat eine langfristige Strategie zur Erhöhung der Energie- und Ressourceneffizienz für das Rechenzentrum erarbeitet und erfolgreich umgesetzt,
- ▶ die Kunden werden in die Lage versetzt, Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz umzusetzen,
- ▶ durch garantierte Mindeststandards und transparente Berichterstattung wird die Voraussetzung für IT-Betreiber geschaffen, Informationstechnik energieeffizient zu betreiben.

Im Erklärfeld können folgende Vorteile für die Umwelt genannt werden:

- ▶ energieeffizient
- ▶ ressourcenschonend
- ▶ transparente Berichterstattung

## 6.2 Gute Unternehmenspraxis

Eine gute Unternehmenspraxis befähigt RZ- und IT-Betreiber, den Ressourcen- und Energiebedarf zu erfassen, zu planen, zu optimieren und zu kontrollieren. Sie bildet das Fundament und die Voraussetzung für weitere Anforderungen dieses Umweltzeichens. Dabei soll nicht die technische Detailtiefe des EU CoC reproduziert werden. Die hier abgeleiteten Anforderungen sollen von allen Antragstellern erfüllt werden und sind deshalb nicht technologie-spezifisch. Es muss eine organisatorische und messtechnische Infrastruktur für folgende Bereiche aufgebaut werden:

- ▶ Energiemanagementsystem
- ▶ Messkonzept Gebäudetechnik
- ▶ Monitoring Strom, Klima, Wasser
- ▶ Erstellen einer TGA-Inventarliste
- ▶ Erstellen einer IT-Inventarliste
- ▶ Monitoring der IT
- ▶ Reuse-Management.

## 6.3 Energieeffizienzbericht

Der Antragsteller muss die Einhaltung der Kriterien nachweisen. Dies sollte standardisiert und überprüfbar in Form eines Energieeffizienzberichtes geschehen. Dieser beinhaltet insbesondere Messreihen über ein Jahr, Dokumentation des Messkonzeptes und die Inventarlisten. Da die Messreihen und Inventarlisten auch während der Laufzeit fortgeführt werden sollen, beinhaltet die Vorlage des Energieeffizienzberichtes einen Teil, der nach dem Ende der Laufzeit auszufüllen ist.

Der Energieeffizienzbericht bei Antragstellung ist von einem Auditor zu überprüfen. Die Einhaltung aller Anforderungen werden in dem Energieeffizienzbericht dokumentiert und ggf. im Audit im Gespräch und durch Einsicht weiterer Dokumente und Datenhaltungen durch den Auditor plausibilisiert.

## 6.4 Vertragliche Anforderungen

Wie in der Analyse der Akteure und ihrer Zuständigkeiten je nach Geschäftsmodell deutlich wird, entstehen einige Umweltwirkungen entlang der Wertschöpfungskette, auf welche die RZ- und IT Betreiber nur indirekt Einfluss nehmen können, wie z. B. die Strombereitstellung. Daher werden für diese Umweltwirkungen vertragliche Anforderungen gestellt, die auf ein ökologischeres Verhalten der Vertragspartner hinwirken (z. B. Einkauf von Ökostrom). Diese Vertragspartner sind insbesondere Energielieferanten und Anbieter/Kunden von Co-Location-Dienstleistungen. Es werden Kriterien für folgende Bereiche abgeleitet:

- ▶ Erneuerbare Energien
- ▶ Öffentlich zugängliche Informationen

- ▶ Monatliche Informationspflichten
- ▶ Beratungsangebot zu Energieeinsparmöglichkeiten
- ▶ Finanzielle Anreize zum Energiesparen
- ▶ Auslagerung von RZ-Dienstleistungen.

## 6.5 Kontinuierliche Effizianzorderungen

Aus den Praxisbeispielen und dem Referenz-Design können die quantitativen Anforderungen aus den vorherigen Umweltzeichen als angemessen ambitioniert und erreichbar bestätigt werden. Diese gelten in den Bereichen:

- ▶ Power Usage Effectiveness (PUE)
- ▶ Energieeffizienz des Kühlsystems (CER)
- ▶ Mindestauslastung von Servern (ITEU<sub>sv</sub>)

Die Kennzahl zur Kohlenstoffintensität CUE wird nicht betrachtet, da erneuerbare Energien verpflichtend und halogenhaltige Kältemittel verboten sind. Andere Treibhausgasquellen sind die Netzersatzanlagen, sofern sie mit Diesel betrieben werden. Im Normalbetrieb laufen diese etwa zwei Stunden pro Monat zu Testzwecken. Dies kann aus Gründen des Verfügbarkeitsmanagements nicht reduziert werden.

## 6.6 Klimaschädliche Chemikalien

Klimaschädliche Chemikalien können in RZ insbesondere

- ▶ in elektrischen Schaltanlagen als isolierendes Medium und
- ▶ in Kältemaschinen als Kältemittel

vorkommen. Diese sind teilweise selbst oder eines ihrer Abbauprodukte sehr stark klimawirksam oder toxisch. Da Leckagen und Verluste bei Demontage nicht ausgeschlossen werden können, werden Halogen- und SF<sub>6</sub>-haltige Substanzen in diesem Umweltzeichen ausgeschlossen.

## 6.7 Bauliche Anforderungen

Der massive Ausbau und Neubau von RZ trägt zum Verbrauch und zur Versiegelung von Fläche bei. Andererseits hat eine vorausschauende Gebäudeplanung das Potential, die Nutzung von Abwärme zu ermöglichen. Machbare Kriterien an

- ▶ Abwärmenutzung und
- ▶ Flächeneffizienz

beinhalten Transparenzanforderungen und nach Inbetriebnahme und Größe gestaffelte Anforderungen an die baulichen Voraussetzungen der Abwärmenutzung.

## 6.8 Anforderungen an Neuanschaffungen

Die Energieeffizienz von

- ▶ neuer technischer Gebäudeausrüstung und
- ▶ neuen Servern und Speichersystemen

ist ein wichtiger Hebel, um die Umweltwirkung des Betriebes zu begrenzen. Bei Neuanschaffungen ist vorher zu prüfen, ob alle Kriterien weiterhin eingehalten werden können. Die Vergabekriterien des Blauen Engels für Server und Speichersysteme sind in dem Beschaffungsprozess angemessen zu berücksichtigen.

## 6.9 Fluorierte Kältemittel

Die Analyse der Umweltwirkungen und das Referenz-Design bestätigen, dass fluorierte Kältemittel nicht statistisch signifikant effizienter sind als natürliche, d.h. es gibt auch auf dem Markt ein breites Angebot an Kältemaschinen mit natürlichen Kältemitteln, die effizienter sind als die meisten Kältemaschinen mit fluorierten Kältemitteln.

Insbesondere im regulatorischen Umfeld im Kontext der F-Gase-Verordnung und dem darin vorgeschriebenen Reduktionspfad sollte dieses Umweltzeichen die richtigen Leitplanken für die Zukunft setzen und den Einsatz von fluorierten Treibhausgasen ab dem Inkrafttreten der F-Gase-Verordnung am 01.01.2013 ausschließen.

## 6.10 Diskussionsergebnisse der Praxisworkshops und des Stakeholder Dialogs

An den Workshops und dem Stakeholder-Dialog haben sich Experten aus Wissenschaft und Industrie, Branchenvertreter, Berater und Individuen der interessierten Öffentlichkeit beteiligt. Im Mai 2022 fand die erste Workshopserie statt, in der an drei Nachmittagen die erste Überarbeitung der Vergabegrundlage vorgestellt, erklärt und diskutiert wurde. Dabei gab es grundsätzlich eine breite Zustimmung zu der Zielrichtung dieses Umweltzeichens. Gegenläufiges Feedback gab es zum Ambitionsniveau, einigen Beteiligten ist es zu hoch, anderen zu niedrig. Hotspots der Diskussion waren dabei:

- ▶ Ausnahmeregelungen für
  - Gemischt genutzte Gebäude (Erneuerbare Energie)
  - fluorierte Kältemittel in Bestandsanlagen
  - Co-Location-Anbieter, deren Mieter entgegen deren Zusage nicht einziehen (PUE)
- ▶ Anforderungsniveau an die Abwärmenutzung
- ▶ Missverständnisse um die Kennzahl zur Serverauslastung  $ITEU_{sv}$ .

Im September 2022 fand die zweite Workshop-Serie statt. Es konnten die Ergebnisse des Referenzdesigns und eine überarbeitete Version der Vergabekriterien vorgestellt und diskutiert werden. Dabei gab es eine große Zustimmung für die meisten Formulierungen. Diskussionsbedarf entstand insbesondere um die Anhebung der Ambitionen des PUE. Als Ergebnis wurde eine weitere Abstufung ab 2024 eingeführt. Weitere Diskussionen führten zu kleinen Änderungen, Ausnahmen und Klarstellungen.



## 7 Quellenverzeichnis

- Acton, M.; Bertoldi, P.; Booth, J. (2021): 2021 Best Practice Guidelines for the EU Code of Conduct on Data Centre Energy Efficiency. Version 12.1.0. Hg. v. European Commission. JRC123653. Ispra. Online verfügbar unter [https://e3p.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/documents/publications/jrc123653\\_jrc119571\\_2021\\_best\\_practice\\_guidelines\\_final\\_v1\\_1.pdf](https://e3p.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/documents/publications/jrc123653_jrc119571_2021_best_practice_guidelines_final_v1_1.pdf).
- Acton, M.; Bertoldi, P.; Booth, J. (2022): 2022 Best Practice Guidelines for the EU Code of Conduct on Data Centre Energy Efficiency. JRC Technical Report. Version 12.1.0. Hg. v. European Commission. JRC128184. Ispra. Online verfügbar unter [https://e3p.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/documents/publications/jrc128184\\_jrc128184\\_jrc128184\\_2022\\_best\\_practice\\_guidelines-1.pdf](https://e3p.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/documents/publications/jrc128184_jrc128184_jrc128184_2022_best_practice_guidelines-1.pdf).
- Bilsen, V.; Devriendt, W.; Bley, F.; Carpentier, M.; Duchêne, V.; Lecocq, C. et al. (2021): Greening DCs and ECNs: towards climate neutrality by 2050. final report. Online verfügbar unter <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Study-on-Greening-Cloud-Computing-and-Electronic-Communications-Services-and-Networks.pdf>.
- Bitkom (2021): Blaue Engel für Rechenzentren. Positionspapier Blaue Engel für Rechenzentren und Colocation-Rechenzentren. Online verfügbar unter [https://www.bitkom.org/sites/main/files/2021-01/20210125\\_bitkom\\_position\\_blauer\\_engel\\_rechenzentren\\_colocation-rz.pdf](https://www.bitkom.org/sites/main/files/2021-01/20210125_bitkom_position_blauer_engel_rechenzentren_colocation-rz.pdf), zuletzt geprüft am 03.11.2023.
- Bitkom e.V. (2015): Leitfaden. Energieeffizienz in Rechenzentren. Online verfügbar unter <https://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Leitfaden-Energieeffizienz-in-Rechenzentren.html>, zuletzt aktualisiert am 24.01.2023, zuletzt geprüft am 24.01.2023.
- Borderstep Institut (2020): Deutlicher Anstieg des Energiebedarfs der Rechenzentren - Borderstep Institut. Online verfügbar unter <https://www.borderstep.de/deutlicher-anstieg-des-energiebedarfs-der-rechenzentren-im-jahr-2020/>, zuletzt aktualisiert am 17.02.2021, zuletzt geprüft am 08.07.2021.
- Burges, Dr.-Ing. K.; Döring, M.; Hussy, C.; Rhiemeier, J.-M.; Franck, C.; Rabie, M. (2018a): Konzept zur SF6-freien Übertragung und Verteilung elektrischer Energie. Abschlussbericht. Hg. v. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/dokument/konzept-zur-sf6-freien-uebertragung-verteilung>, zuletzt geprüft am 15.03.2024.
- Burges, Karsten; Döring, Michael; Hussy, Charlotte; Rhiemeier, Jan-Martin; Franck, Christian; Rabie, Mohamed (2018b): Konzept zur SF6-freien Übertragung und Verteilung elektrischer Energie. Abschlussbericht. Unter Mitarbeit von Ecofys und ETH. Hg. v. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2503/dokumente/endbericht\\_sf6\\_de.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2503/dokumente/endbericht_sf6_de.pdf).
- Climate Neutral Data Centre Pact (2023): Self-Regulatory Initiative. Online verfügbar unter <https://www.climateneutraldatacentre.net/self-regulatory-initiative/#water>, zuletzt aktualisiert am 24.01.2023, zuletzt geprüft am 24.01.2023.
- Council of the European Union (2023): Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on energy efficiency (recast). 2021/0203 (COD). Brüssel. Online verfügbar unter <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-7446-2023-INIT/en/pdf>, zuletzt geprüft am 03.11.2023.
- Deutscher Wetterdienst (2023): Wetter und Klima - Deutscher Wetterdienst - TRY. Online verfügbar unter [https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaforschung/spez\\_themen/try/try\\_node.html](https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaforschung/spez_themen/try/try_node.html), zuletzt aktualisiert am 25.01.2023, zuletzt geprüft am 25.01.2023.
- Deutsches Institut für Normung DIN: DIN EN 50600-1: 2019-08 Informationstechnik – Einrichtungen und Infrastrukturen von Rechenzentren. Deutsches Institut für Normung e.V. Online verfügbar unter

<https://www.vde-verlag.de/normen/0800591/din-en-50600-1-vde-0801-600-1-2019-08.html>, zuletzt geprüft am 15.03.2024.

Deutsches Institut für Normung DIN (2022): DIN EN 50600-3-1: 2016-08 Informationstechnik – Einrichtungen und Infrastrukturen von Rechenzentren. Teil 3-1: Informationen für das Management und den Betrieb. Online verfügbar unter <https://www.vde-verlag.de/normen/0800328/din-en-50600-3-1-vde-0801-600-3-1-2016-08.html>, zuletzt geprüft am 28.07.2022.

Dodd, N.; Alfieri, F.; Maya-Drysdale, L.; Viegand, J.; Flucker, S.; Tozer, R. et al. (2020): Development of the EU Green Public Procurement (GPP) Criteria for Data Centres Server Rooms and Cloud Services. Final Technical Report. Hg. v. Publications Office of the European Union. Luxembourg. Online verfügbar unter <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/89971797-a9fa-11ea-bb7a-01aa75ed71a1/language-en>, zuletzt geprüft am 15.03.2024.

Europäische Kommission: Verordnung (EU) 2019/ 424 der Kommission - vom 15. März 2019 - zur Festlegung von Ökodesign-Anforderungen an Server und Datenspeicherprodukte gemäß der Richtlinie 2009/ 125/ EG des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 617/ 2013 der Kommission. Ökodesign-Verordnung Server 424/2019. Europäische Kommission. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0424&from=EN>, zuletzt geprüft am 22.05.2019.

Europäische Kommission (2016): Verordnung (EU) 2016/2281 zur Durchführung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte im Hinblick auf Luftheizungsprodukte, Kühlungsprodukte, Prozesskühler mit hoher Betriebstemperatur und Gebläsekonvektoren. Ökodesign-Verordnung Kühlprodukte 2016/2281. Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte im Hinblick auf Luftheizungsprodukte, Kühlungsprodukte. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32016R2281&from=EN#d1e256-1-1>.

Europäische Kommission (2020): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Gestaltung der digitalen Zukunft Europas. Brüssel. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/de/ALL/?uri=CELEX%3A52020DC0067>.

Europäisches Parlament und Rat: Verordnung über fluorierte Treibhausgase und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 842/2006. F-Gase Verordnung 517/2014. Europäisches Parlament und Rat. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0517>.

Graaf, D. de (2022): Grün getarnt. Hg. v. iX Spezial (Green IT, 13).

Gröger, J.; Behrens, F. (2022): Umweltzeichen Blauer Engel für Co-Location-Rechenzentren. Hintergrundbericht zur Erarbeitung der Vergabekriterien DE-UZ 214, Ausgabe Januar 2020. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltzeichen-blauer-engel-fuer-co-location>, zuletzt aktualisiert am 28.07.2022, zuletzt geprüft am 28.07.2022.

Gröger, J.; Liu, R.; Behrens, F.; Stobbe, L. (2022): Umweltzeichen Blauer Engel für Server und Datenspeicherprodukte. Hintergrundbericht zur Erarbeitung der Vergabekriterien DE-UZ 213. Hg. v. Umweltbundesamt (Texte 24/2022). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltzeichen-blauer-engel-fuer-server>, zuletzt aktualisiert am 28.07.2022, zuletzt geprüft am 28.07.2022.

Gröger, J.; Liu, R.; Stobbe, L.; Druschke, J.; Richter, N. (2021): Green Cloud Computing. Lebenszyklusbasierte Datenerhebung zu Umweltwirkungen des Cloud Computing. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-06-17\\_texte\\_94-2021\\_green-cloud-computing.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-06-17_texte_94-2021_green-cloud-computing.pdf).

Harryvan, D. H. (2021): The idle coefficients. KPIs to assess energy wasted in servers and data centres. Hg. v. IEA 4E Technology Collaboration Programme. Online verfügbar unter <https://www.iea-4e.org/wp-content/uploads/2021/10/Server-Idle-Coefficients-FINAL-1.pdf>.

Hintemann, R.; Hinterholzer, S.; Graß, M.; Grothey, T. (2022): Rechenzentren in Deutschland. Aktuelle Marktentwicklungen, Stand 2022. Hg. v. Bitkom e.V. Online verfügbar unter <https://www.bitkom.org/sites/main/files/2022-02/10.02.22-studie-rechenzentren.pdf>, zuletzt geprüft am 18.05.2022.

Information Services Group, Inc. (2019): Deutsche Unternehmen setzen zunehmend auf Public Cloud, 15.11.2019. Online verfügbar unter <https://www.prnewswire.com/de/pressemitteilungen/deutsche-unternehmen-setzen-zunehmend-auf-public-cloud-821240594.html>, zuletzt geprüft am 20.05.2022.

ISO (2021): ISO - ISO 50001 — Energy management. Online verfügbar unter <https://www.iso.org/iso-50001-energy-management.html>, zuletzt aktualisiert am 12.10.2021, zuletzt geprüft am 12.10.2021.

Janzing, B. (2020): Saubere Luft statt SF6. Auch Erneuerbare Energien nutzen das klimaschädlichste Treibhausgas der Welt. Die EU-Kommission könnte es verbieten – wenn sie Alternativen sähe. Hg. v. taz. Online verfügbar unter <https://taz.de/Alternative-fuer-extremes-Treibhausgas/!5667743/>.

Lawrence, A.; Ascierio, R.; Bizo, D.; Rahkonen, T. (2022): Five data center predictions for 2022. The sector is booming and maturing globally — but management challenges lie ahead. Hg. v. Uptime Institute. Online verfügbar unter [https://uptimeinstitute.com/uptime\\_assets/97377af3823bfa1e13b2cff9b8dcb134589d9f25f375047151187fa1ea492667-five-data-center-predictions-for-2022.pdf](https://uptimeinstitute.com/uptime_assets/97377af3823bfa1e13b2cff9b8dcb134589d9f25f375047151187fa1ea492667-five-data-center-predictions-for-2022.pdf).

Maier, S. (2022): Wir machen Schluss mit synthetischen Kältemitteln. In: *Prior1 GmbH*, 28.01.2022. Online verfügbar unter <https://prior1.com/blog/wir-machen-schluss-mit-synthetischen-kaeltemitteln>, zuletzt geprüft am 24.01.2023.

Maurer, T. (2021): Kältetechnik für Ingenieure. 2., aktualisierte und überarbeitete Auflage. Berlin: VDE Verlag. Online verfügbar unter <https://www.vde-verlag.de/buecher/495240/kaeltetechnik-fuer-ingenieure.html>.

Mordor Intelligence (2022): Rechenzentrumsmarkt Deutschland | 2022 - 27 | Branchenanteil, Größe, Wachstum. Online verfügbar unter <https://www.mordorintelligence.com/de/industry-reports/germany-data-center-market>, zuletzt aktualisiert am 20.05.2022, zuletzt geprüft am 20.05.2022.

Open Compute Project (2023): Open Compute Project. Online verfügbar unter <https://www.opencompute.org/>, zuletzt aktualisiert am 25.01.2023, zuletzt geprüft am 25.01.2023.

Ostler, U. (2011): Green-Cube – das umweltfreundlichste Höchstleistungs-Rechenzentrum. In: *DataCenter-Insider*, 19.08.2011. Online verfügbar unter <https://www.datacenter-insider.de/green-cube-das-umweltfreundlichste-hoehchstleistungs-rechenzentrum-a-327078/>, zuletzt geprüft am 24.01.2023.

Ostler, U. (2018): Datacenter in Schweden und in Deutschland - best Practices versus Ignoranz. In: *DataCenter-Insider*, 04.06.2018. Online verfügbar unter <https://www.datacenter-insider.de/datacenter-in-schweden-und-in-deutschland--best-practices-versus-ignoranz-a-718973/>, zuletzt geprüft am 24.01.2023.

Ostler, U. (2021a): Telehouse liefert Wärme aus dem Rechenzentrum für Wohnquartier „Westville“. In: *DataCenter-Insider*, 08.07.2021. Online verfügbar unter <https://www.datacenter-insider.de/telehouse-liefert-waerme-aus-dem-rechenzentrum-fuer-wohnquartier-westville-a-1037375/>, zuletzt geprüft am 24.01.2023.

Ostler, U. (2021b): Spatenstich für neue Rechenzentren in Berlin und Warschau. In: *DataCenter-Insider*, 09.07.2021. Online verfügbar unter <https://www.datacenter-insider.de/spatenstich-fuer-neue-rechenzentren-in-berlin-und-warschau-a-1037686/>, zuletzt geprüft am 24.01.2023.

Ostler, U. (2021c): O´zapft is! Brunnenwasser & Co. In: *DataCenter-Insider*, 21.10.2021. Online verfügbar unter <https://www.datacenter-insider.de/ozapft-is-brunnenwasser-co-a-1066859/>, zuletzt geprüft am 24.01.2023.

Ostler, U.; Höfling, J. (2020): Green Deal: Wasser ist d a s Medium für Datacenter. In: *DataCenter-Insider*, 25.06.2020. Online verfügbar unter <https://www.datacenter-insider.de/green-deal-wasser-ist-d-a-s-medium-fuer-datacenter-a-942483/>, zuletzt geprüft am 24.01.2023.

RedHat (2022): Was ist eine Private Cloud? Online verfügbar unter <https://www.redhat.com/de/topics/cloud-computing/what-is-private-cloud>, zuletzt aktualisiert am 18.05.2022, zuletzt geprüft am 20.05.2022.

Rüdiger, A. (2021): Vom H2-Strom für Rechner im Kältebad zur RZ-Wärme für Fuel-Cell-Warmwasser. In: *DataCenter-Insider*, 31.12.2021. Online verfügbar unter <https://www.datacenter-insider.de/vom-h2-strom-fuer-rechner-im-kaeltebad-zur-rz-waerme-fuer-fuel-cell-warmwasser-a-1078866/>, zuletzt geprüft am 24.01.2023.

Rüdiger, A. (2022): Der Standort verdient beim 'grünen' Rechenzentrumsprojekt in Hanau mit. In: *DataCenter-Insider*, 12.01.2022. Online verfügbar unter <https://www.datacenter-insider.de/der-standort-verdient-beim-gruenen-rechenzentrums-grossprojekt-in-hanau-mit-a-1086461/>, zuletzt geprüft am 24.01.2023.

Schödwell, B.; Zarnekow, R.; Liu, R.; Gröger, J.; Wilkens, M. (2018): Kennzahlen und Indikatoren für die Beurteilung der Ressourceneffizienz von Rechenzentren und Prüfung der praktischen Anwendbarkeit. Hg. v. Umweltbundsamt. Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-02-23\\_texte\\_19-2018\\_ressourceneffizienz-rechenzentren.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-02-23_texte_19-2018_ressourceneffizienz-rechenzentren.pdf).

SPD; Bündnis 90/Die Grünen; FPD (2021): Mehr Fortschritt wagen. Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit. Koalitionsvertrag 2021-2025. Hg. v. Bundesregierung. Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/gesetzesvorhaben/koalitionsvertrag-2021-1990800>, zuletzt aktualisiert am 29.07.2022, zuletzt geprüft am 29.07.2022.

Tandler, M. (2022): Dedicated Server einfach erklärt - Ryte Wiki. Hg. v. Ryte GmbH. Online verfügbar unter [https://de.ryte.com/wiki/Dedicated\\_Server](https://de.ryte.com/wiki/Dedicated_Server), zuletzt aktualisiert am 04.04.2022, zuletzt geprüft am 28.07.2022.

Umweltbundsamt (Hg.) (2019): Blauer Engel DE-UZ 161 - Energieeffizienter Rechenzentrumsbetrieb. Ausgabe Januar 2019. Version 2 (DE-UZ 161). Online verfügbar unter <https://produktinfo.blauer-engel.de/uploads/criteriafile/de/DE-UZ%20161-201901-de%20Kriterien-V2.pdf>, zuletzt geprüft am 03.03.2022.

Umweltbundsamt (Hg.) (2020): Blauer Engel DE-UZ 214 - Klimaschonende Co-Location Rechenzentren. Ausgabe Januar 2020. Version 3 (DE-UZ 214). Online verfügbar unter <https://produktinfo.blauer-engel.de/uploads/criteriafile/de/DE-UZ%20214-202001-de%20Kriterien-V3.pdf>, zuletzt geprüft am 03.03.2022.

Veith, T.; Müller, J. P. (2020): Data Center Outlook 2021. Big data = big business? Volume 1. Hg. v. German Datacenter Association e.V. Online verfügbar unter <https://www.germandatacenters.com/fileadmin/documents/publications/data-center-outlook-2021.pdf>, zuletzt geprüft am 30.10.2023.

## A Anhang

### A.1 Definition der Kennzahlen

#### A.1.1 Power Usage Effectiveness

Der Power Usage Effectiveness (PUE) ist definiert als Quotient aus Gesamtenergieverbrauch und Energieverbrauch der IT:

**Formel 1: PUE Power Usage Effectiveness**

---

$$PUE = \frac{\text{Gesamtenergieverbrauch RZ}}{\text{IT Energie}}$$

Der PUE ist immer größer als 1. Je kleiner der PUE ist, desto besser ist die Energieeffizienz eines Rechenzentrums.

#### A.1.2 Partielle PUE

Partielle PUE (pPUE) werden für die Gewerke in einem Rechenzentrum definiert, um Optimierungspotenzial in den Gewerken erkennen zu können und den Erfolg von Maßnahmen besser nachweisen zu können:

**Formel 2: pPUE<sub>Sub</sub> partieller PUE**

---

$$pPUE_{Sub} = \frac{(\text{Energieverbrauch IT} + \text{Energieverbrauch Sub} - \text{System})}{\text{Energieverbrauch IT}}$$

Typischerweise werden pPUE für die größten Verbraucher ermittelt:

**Formel 3: pPUE<sub>Elektro</sub> partieller PUE Elektro**

---

$$pPUE_{Elektro} = \frac{(\text{Energieverbrauch IT} + \text{Energieverbrauch Elektroverteilung})}{\text{Energieverbrauch IT}}$$

**Formel 4: pPUE<sub>Klima</sub> partieller PUE Klima**

---

$$pPUE_{Klima} = \frac{(\text{Energieverbrauch der IT} + \text{Energieverbrauch Klima})}{\text{Energieverbrauch der IT}}$$

**Formel 5: pPUE<sub>Kühlung</sub> partieller PUE Kühlung**

---

$$pPUE_{Kühlung} = \frac{(\text{Energieverbrauch IT} + \text{Energieverbrauch Kühlung})}{\text{Energieverbrauch IT}}$$

Die Werte der pPUE liegen immer zwischen 1 und dem PUE-Wert:

$$1 < pPUE < PUE$$

Je kleiner der pPUE-Wert eines Sub-Systems ist, desto besser ist seine Energieeffizienz.

### A.1.3 Renewable Energy Factor

Der Renewable Energy Factor (REF) ist definiert als Anteil der erneuerbaren Energie am Gesamtenergieverbrauch des Rechenzentrums:

**Formel 6: REF Renewable Energy Factor**

---

$$REF = \frac{\text{erneuerbare Energie}}{\text{Data Center Gesamtenergie}}$$

Per Definition ist der  $REF \leq 1$  und  $REF = 1$ , wenn alle Energie des Rechenzentrums aus erneuerbaren Quellen stammt. Es genügt der Abschluss eines Vertrages zur Versorgung mit erneuerbaren Energien, eine lokale Erzeugung ist nicht erforderlich.

### A.1.4 Energy Re-use Factor

Der Energy Re-use Factor (ERF) ist definiert als Quotient aus der wiederverwendeten Energie zum Gesamtenergieverbrauch:

**Formel 7: ERF Energy Re-use Factor**

---

$$ERF = \frac{\text{wiederverwendete Energie}}{\text{Data Center Gesamtenergie}}$$

Der Wertebereich für ERF reicht von 0 (entspricht keiner Abwärmenutzung) bis 1 (vollständige Nutzung der Abwärme des Rechenzentrums).

### A.1.5 Cooling Efficiency Ratio

Der Kennwert Cooling Efficiency Ratio (CER) ist definiert als Quotient aus der von einem Kühlsystem abgeführten Wärme und der dafür vom Kühlsystem benötigten elektrischen Energie:

**Formel 8: CER Cooling Efficiency Ratio**

---

$$CER = \frac{\text{abgeführte Wärme}}{\text{Energieverbrauch der Kühlung}}$$

Die Werte für den CER gehen in der Praxis von 1 bis  $\infty$ . Theoretisch sind Werte unter 1 möglich, typische Werte sind aber nicht kleiner als 3.

Der CER stellt eine besondere Kennzahl dar, da sie sich weder auf den IT-Energieverbrauch noch auf den Gesamtenergieverbrauch bezieht. Der CER ist daher auch außerhalb von Rechenzentren in Gebäuden einsetzbar. Für Anlagen zur Kälteerzeugung wird ein vergleichbarer Kennwert auf Prüfständen ermittelt: der Energy Efficiency Ratio (EER) Wert. Die Kühlung ist – neben der IT

selbst – der größte Verbraucher im Rechenzentrum und das Gewerk mit dem größten Optimierungspotenzial. Der CER wurde eingeführt, um Betreibern von Rechenzentren ein besseres Werkzeug zu geben, den Energieverbrauch der Kühlung zu beurteilen.

Während der pPUE für die Kühlung mit zunehmender Effizienz gegen 1 geht, nimmt der CER mit zunehmender Effizienz größere Zahlen an. Somit können auch kleine Verbesserungen in der Energieeffizienz der Kühlung mit dem CER weiter nachgewiesen werden, während sich der pPUE kaum mehr ändert.

### **A.1.6 Carbon Usage Effectiveness**

Der Kennwert Carbon Usage Effectiveness (CUE) ist definiert als Quotient der Menge der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den IT-Energieverbrauch des Rechenzentrums:

**Formel 9: CUE Carbon Usage Effectiveness**

---

$$CUE = \frac{RZ\ CO_2\ Emission}{Energieverbrauch\ der\ IT}$$

Der Wert ergibt eine spezifische CO<sub>2</sub>-Emission von kg CO<sub>2</sub>/kWh IT-Energieverbrauch.

### **A.1.7 Water Usage Effectiveness**

Der Kennwert Water Usage Effectiveness (WUE) ist definiert als Quotient der Menge des genutzten Wassers durch den IT-Energieverbrauch des Rechenzentrums:

**Formel 10: WUE Water Usage Effectiveness**

---

$$WUE = \frac{genutzte\ Wassermenge}{Energieverbrauch\ der\ IT}$$

Der Wert ergibt einen spezifischen Wasserverbrauch von m<sup>3</sup> Wasser/MWh IT-Energieverbrauch. Wasserverbräuche für die Toiletten, Teeküchen und Duschen werden nicht berücksichtigt.

### **A.1.8 ITEE<sub>sv</sub>**

Der Kennwert ITEE<sub>sv</sub> (IT energy efficiency for servers) bezeichnet die Energieeffizienz eines Servers auf Basis eines vom Betreiber frei gewählten Benchmarks. Die Kennzahl wird im Blauen Engel nicht verwendet, eine bessere Kennzahl findet sich mit Eff<sub>Server</sub> in der EU Öko-Design Verordnung für Server und Storage.

### **A.1.9 ITEU<sub>sv</sub>**

Der Kennwert ITEU<sub>sv</sub> (IT equipment utilization for servers) bezeichnet die Nutzung eines Servers auf Basis seiner CPU-Last. Dabei werden Server, die in Zeiten geringer Last-Anforderung ausgeschaltet werden, in der Kennzahl positiv berücksichtigt.

**Formel 11: ITEU<sub>SV</sub> IT Equipment Utilisation for servers**

---

$$ITEU_{SV} = \frac{\sum_{i=1}^N CUS_i(t)}{N}$$

Mit:

ITEU<sub>SV</sub>(t): mittlere Auslastung aller Server in einem RZ zum Zeitpunkt t

N: Anzahl der Server in einem RZ oder in einer Gruppe, die zum Zeitpunkt t eingesetzt wird

CUS<sub>i</sub>(t): CPU-Auslastungsgrad des Servers i zum Zeitpunkt t in Prozent

Der Kennwert wird im Blauen Engel zur Ermittlung der mittleren Auslastung der Server eingesetzt.



## A.2 Hintergrund zum Referenzdesign

### A.2.1 Beschreibung der Referenzdesigns

Die Referenz-Designs berücksichtigen die nachfolgenden Eigenschaften, die für einen effizienten Betrieb von Rechenzentren eine wichtige Rolle spielen:

- ▶ Die **Größe** eines Rechenzentrums in Form der zur Verfügung stehenden Gesamtkapazität an IT-Leistung in drei Abstufungen.
- ▶ Die **Auslastung** eines Rechenzentrums als prozentualer Wert der Gesamtkapazität an elektrischer IT-Leistung in fünf Abstufungen.
- ▶ Das **Kühlkonzept** eines Rechenzentrums, indem sowohl klassische Luftkühlung als auch direkte Wasserkühlung betrachtet werden.
- ▶ Der **Standort** eines Rechenzentrums in Form von vier Städten in Deutschland und deren Verlauf der Außentemperatur.

In den Referenz-Designs werden jeweils die Design-Derivate der Kennzahlen PUE (also dPUE) und CER (also dCER) berechnet. Insgesamt ergibt sich ein Betrachtungsumfang von 120 Datenpaaren für dPUE und dCER.

#### RZ-Größen

Es werden drei Größen von Rechenzentren betrachtet:

- ▶ 50 kW IT-Leistung
- ▶ 500 kW IT-Leistung
- ▶ 1,5 MW IT-Leistung

Diese Angabe bezieht sich auf die Gesamtkapazität des Rechenzentrums, d.h. sie ist unabhängig von der Auslastung.

Die unterschiedlichen Größen bilden auch den Einsatz unterschiedlicher Technologien und technischer Anlagen ab, die im Verlauf des Kapitels vorgestellt werden.

Rechenzentren mit mehr als 1,5 MW IT-Leistung werden in der Regel aus Modulen bestehend errichtet, so dass sich für größere RZ keine Änderung der Berechnungen des Referenz-Designs mehr ergeben.

#### Auslastungen

Für die Auslastung der Gesamtkapazität der IT-Leistung werden im Referenz-Design folgende 5 Stufen betrachtet:

- ▶ 10 % Auslastung
- ▶ 25 % Auslastung
- ▶ 50 % Auslastung
- ▶ 75 % Auslastung
- ▶ 100 % Auslastung

Dabei wird die tatsächliche elektrische IT-Leistung betrachtet. Das Design sieht die maximale IT-Auslastung als reale elektrische Leistung vor und nicht die Belegung im Sinne von Höheneinheiten. Die IT-Leistung beschreibt die reale elektrische Leistung, die meist niedriger ist als die Anschlussleistung z.B. auf dem Typenschild. Vertraglich vermietete, aber nicht installierte Leistung wird in den Berechnungen der Kennzahlen nicht berücksichtigt.

Die Auswahl der Auslastungsstufen repräsentiert einerseits den realen Betrieb, andererseits mit dem 100%-Wert auch die Qualität des technischen Designs des Rechenzentrums.

### Kühlkonzepte

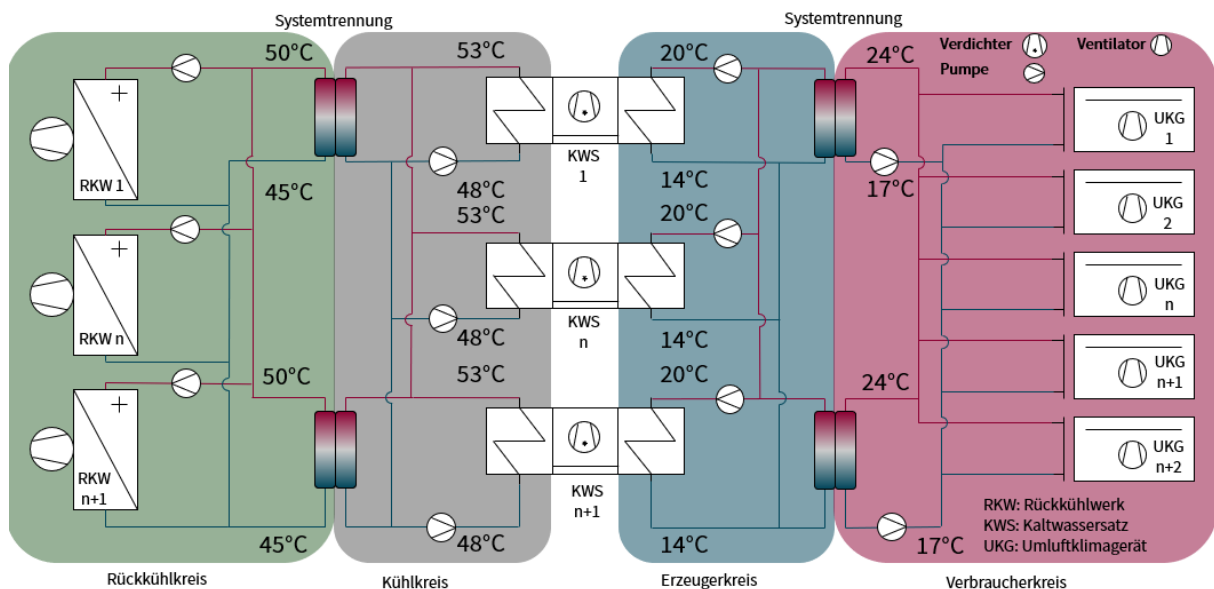
Es werden zwei verschiedene Kühlkonzepte betrachtet:

- ▶ 100 % luftgekühlte IT-Komponenten in einer Kalt-/Warmgangeinhausung mit Umluftklimageräten, Kältemaschinen zur Kälteerzeugung und Rückkühlwerken
- ▶ Direkt wassergekühlte IT-Komponenten mit Pumpen und Rückkühlwerken

### Luftgekühlte IT-Komponenten

Abbildung 1 zeigt den schematischen Anlagenaufbau für luftgekühlte IT-Komponenten. Dieser wird im Folgenden erklärt. Die Legende befindet sich im oberen und unteren Teil der rot hinterlegten Fläche.

**Abbildung 1: Anlagenaufbau bei luftgekühlter IT-Komponenten**



Quelle: Eigene Darstellung, Data Centre Excellence GmbH

### Verbraucherkreis

Auf der rechten Seite sind im Verbraucherkreis n+2 Umluftklimageräte (UKG) dargestellt. Dieser Kreis heißt so, da beim Kühlen der Informationstechnik die Kälte verbraucht wird. Die Auslegung erfolgt auf Volllast, also die maximale IT-Leistung. Das heißt, eine Anzahl n von UKG können dieselbe Kühlleistung erbringen, wie der IT maximal in Form von elektrischer Energie zur Verfügung gestellt werden kann.

Für eine Verfügbarkeitsklasse 3 werden n+1 oder n+2 Umluftklimagerät benötigt, da eine Konfiguration mit ungerader Anzahl in größeren Rechenzentren nicht üblich ist. Um ein realistisches, aber ambitioniertes Szenario abzubilden, wird von n+2 Umluftklimageräten mit Teillastbetrieb und einer Anlagenspezifikation gemäß üblicher Herstellerangaben ausgegangen. Alle n+2 Geräte sind in Betrieb und es erfolgt eine dynamische Regelung des Luftbedarfs über Drucksensoren.

Es wird von einem modularen Ausbau zur Optimierung des Teillastverhaltens bei den RZ-Größen 2 und 3 ausgegangen.

### **Kälteerzeugung und Rückkühler**

In der Mitte von Abbildung 1 ist die Kälteerzeugung (KWS) dargestellt, die durch eine Systemtrennung sowohl vom Verbraucherkreis als auch vom Rückkühlkreis getrennt ist. Auf der linken Seite ist der Rückkühlkreis dargestellt, für den n+1 Rückkühlwerke (RKW) angenommen werden. Hier wird die Wärme an die Umgebung, z. B. die Außenluft, abgegeben.

Als Kältemaschinen werden abhängig von der RZ-Größe verschiedene Kältemittel angenommen, welche jedoch der Anforderung des Blauen Engel genügen, keine F-Gase zu enthalten. Für kleine Leistungen kommen z. B. Propan oder Wasser in Frage, für größere Leistungen z. B. Ammoniak. Es ist keine adiabatische Kühlung vorgesehen, lediglich freie Kühlung.

Als Kaltgang-Temperatur werden 26°C und eine Temperaturdifferenz  $\Delta T$  von 12 K im Warmgang angenommen. Die Auslegung der Kältemaschinen erfolgt auf 42°C maximale Außentemperatur, als Außentemperaturverlauf werden die klimatischen Parameter gemäß dem Abschnitt „Standorte“ angenommen.

Wegen der Übertragungsverluste der Kälte von der Außenluft zum Kaltgang wird angenommen, dass freie Kühlung bis 16°C Außentemperatur möglich ist, jedoch ab 12°C die Kältemaschine schon unterstützend zugeschaltet wird. Für den Übergang zur freien Kühlung wird ein linearer Verlauf der Energieverbräuche zwischen den Temperaturen 12°C (Beginn der Kompressionskühlung) und 16°C (Ende der freien Kühlung) angenommen.

Als Redundanzkonzept wird von n+1 Kältemaschinen und n+1 Rückkühler ausgegangen, wie es für eine Verfügbarkeitsklasse 3 typisch ist.

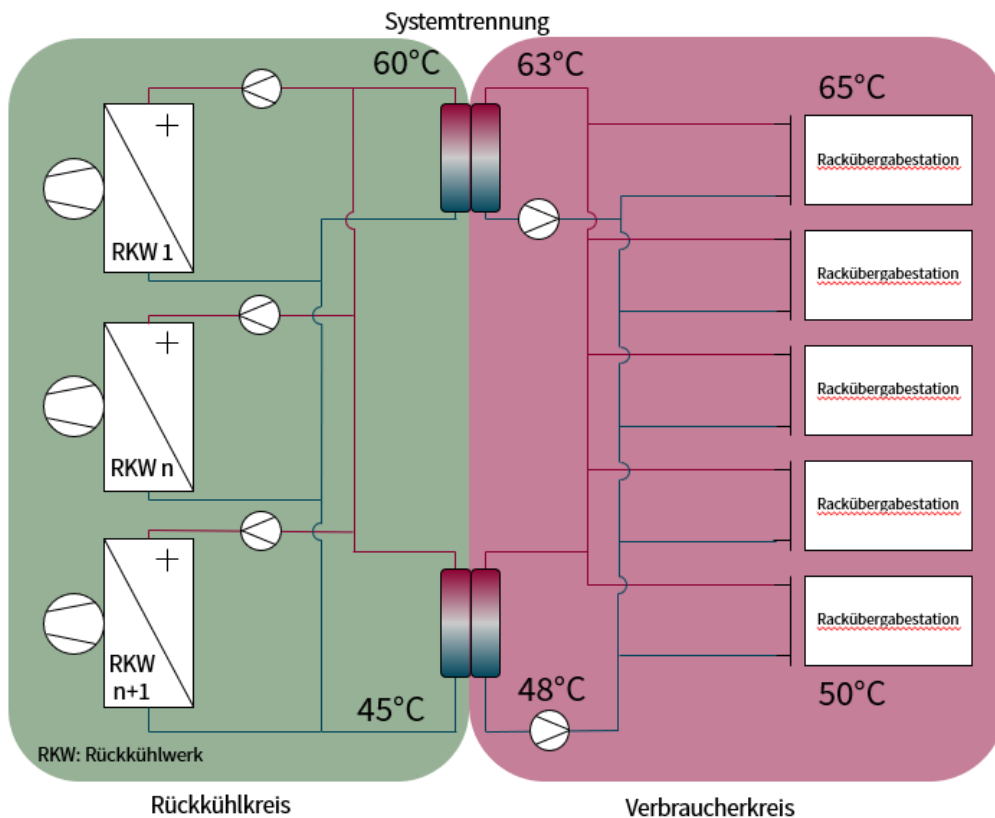
### **Direkte Wasserkühlung**

Abbildung 2 zeigt den schematischen Anlagenaufbau für direkt wassergekühlte IT-Komponenten. Die IT-Komponenten sind im Rack an eine Rack-Übergabestation angeschlossen, wie es z. B. im OCP-Design vorgesehen ist (Open Compute Project 2023). Als

Eingangstemperatur für die IT-Komponenten wird 50 °C angenommen, bei einem  $\Delta T$  von 15 K auf der Ausgangsseite. Die Rückkühlung ist wie bei der Luftkühlung auf 42 °C maximale Außentemperatur ausgelegt, bei einem Außentemperaturverlauf gemäß Abschnitt „Standorte“.

Als Redundanzkonzept kommen 2n Pumpen im Verbraucherkreis zum Einsatz und n+1 Rückkühler.

**Abbildung 2: Anlagenaufbau bei direkter Wasserkühlung**



Quelle: Eigene Darstellung, Data Centre Excellence GmbH

### Standorte

Für den Verlauf der Außentemperaturen werden Daten gemäß Testreferenzjahr (TRY) Normal 2045 des Deutschen Wetterdienstes verwendet (Deutscher Wetterdienst 2023). Diese werden benötigt, um den Energieverbrauch der Kühlung zu berechnen. Für das Referenz-Design wurden vier Städte ausgewählt, die sowohl unterschiedliche klimatische Bedingungen repräsentieren als auch relevante Standorte von Rechenzentren in Deutschland darstellen:

- ▶ Frankfurt am Main – A661 Abfahrt 14 Frankfurt-Ost
- ▶ Berlin – Großmarkt Beusselstraße
- ▶ Hamburg – Kirche St. Lukas
- ▶ München – Forschungszentrum Garching

### Stromversorgung

Die Stromversorgung wird 2-pfadig mit je einer USV-Anlage in jedem Pfad angenommen, also einer in Deutschland üblichen Umsetzung der Verfügbarkeitsklasse 3.

Die Trafoverluste werden mit 5 % der Last im jeweiligen Referenzpunkt angenommen. Für Rechenzentren der Größe 1 werden keine Trafoverluste angenommen, da diese in der Regel einen Anschluss auf der Niederspannungsebene haben.

Für die Effizienz der USV-Anlagen werden die bisher im Blauen Engel geforderten Werte angenommen und es wird von einem modularen Ausbau zur Optimierung des Teillastverhaltens bei den RZ-Größen 2 und 3 ausgegangen. Die Erfahrung in der Praxis zeigt, dass davon ausgegangen werden kann, dass diese Werte im Bestand bis zu einem Alter von 20 Jahren erreicht werden können.

Es wurden zur Überprüfung der Auswirkungen der USV-Anlageneffizienz auf den PUE-Wert zwei weitere Effizienzwerte verwendet:

- ▶ Wirkungsgrad der USV-Anlage unabhängig von der Auslastung von 97% und
- ▶ Werte aus dem Blauen Engel minus 10% zur Simulation älterer USV-Anlagen im Bestand.

Die Berechnung für diese zwei zusätzlichen PUE-Werte wird nur für den Standort Frankfurt am Main durchgeführt, weil die Auswirkungen unabhängig vom Wetter am Standort sind.

### Sonstige Verbraucher

Für die sonstigen Verbraucher wie z. B. Einbruchmeldeanlage, Brandmeldeanlage, Zutrittskontrollanlage, Aufzüge und Licht wird pauschal eine prozentuale Annahme von 5 % des Gesamtenergieverbrauchs des Rechenzentrums angenommen.

Eine Sauerstoffreduktionsanlage wird nicht betrachtet.

## A.2.2 Alle Ergebnisse der Referenzdesigns

Die Berechnung der Kennzahlen dPUE und dCER erfolgt auf Basis eines von der Data Centre Excellence GmbH konzipierten Excel-Sheets, in dem alle Parameter hinterlegt sind. In diesem Kapitel werden die jeweiligen Ergebnisse dargestellt.

### Größe 1 – 50 kW: Luftgekühlte IT-Komponenten

Tabelle 2 zeigt die berechneten Werte für dPUE und dCER für Luftkühlung für ein Rechenzentrum in Frankfurt mit einer Auslastung zwischen 10 % und 100 % der IT-Gesamtkapazität. Rote Werte stellen eine Überschreitung der Kriterien des Blauen Engels dar.

**Tabelle 17: dPUE und dCER für Luftkühlung, Frankfurt, Größe 1**

Auslastung in %	dPUE	dCER
10	1,52	6,43
25	1,40	6,63
50	1,33	6,60
75	1,30	6,42
100	1,22	9,43

Quelle: Eigene Berechnung, DCE Excellence GmbH

In Frankfurt kann ein Rechenzentrum der Größe 1 die Kriterien für PUE und CER nur bei einer hohen Auslastung einhalten.

**Tabelle 18: dPUE Größe 1, Luftkühlung, für alle Städte**

Auslastung in %	Frankfurt	Berlin	Hamburg	München
10	1,52	1,52	1,51	1,50
25	1,40	1,40	1,39	1,38
50	1,33	1,33	1,33	1,32
75	1,30	1,30	1,29	1,29
100	1,22	1,22	1,22	1,21

Quelle: Eigene Berechnung, Data Centre Excellence GmbH

**Tabelle 19: dCER Größe 1, Luftkühlung, für alle Städte**

Auslastung in %	Frankfurt	Berlin	Hamburg	München
10	6,43	6,41	6,63	6,89
25	6,63	6,61	6,82	7,07
50	6,60	6,58	6,77	7,02
75	6,42	6,40	6,60	6,85
100	9,43	9,38	9,71	10,18

Quelle: Eigene Berechnung, Data Centre Excellence GmbH

Auch in den anderen Städten kann ein Rechenzentrum der Größe 1 die Kriterien für PUE und CER nur bei einer hohen Auslastung einhalten. Die Standortwahl hat nur einen geringen Einfluss auf die Zahlenwerte. Hamburg und München schneiden etwas besser ab als Frankfurt und Berlin, dies wirkt sich jedoch nicht auf die Einhaltung der Grenzwerte des Blauen Engels aus.

Im Falle des um -10 % reduzierten USV-Wirkungsgrad verschlechtert sich der PUE-Wert im Bereich von 0,13 bis 0,05 Punkte bezogen auf den Referenz-USV-Wirkungsgrad je nach Auslastung des Rechenzentrums. Bei dem pauschalen Ansatz von 97 %-USV-Wirkungsgrad verbessert sich der PUE-Wert im Bereich von -0,11 bis -0,02 je nach Auslastung des Rechenzentrums.

#### Größe 1 – 50 kW: Direkte Wasserkühlung

Tabelle 5 zeigt die berechneten Werte für dPUE und dCER für Wasserkühlung für ein Rechenzentrum in Frankfurt mit einer Auslastung zwischen 10 % und 100 % der IT-Gesamtkapazität. Rote Werte stellen eine Überschreitung der Kriterien des Blauen Engels dar.

**Tabelle 20: dPUE und dCER für Wasserkühlung, Frankfurt, Größe 1**

Auslastung in %	dPUE	dCER
10	1,52	4,90
25	1,28	11,35
50	1,18	21,67
75	1,13	31,44
100	1,09	40,68

Quelle: Eigene Berechnung, Data Centre Excellence GmbH

In Frankfurt kann ein Rechenzentrum der Größe 1 das Kriterium für PUE und den CER ab einer Auslastung von 25% einhalten. Der Grund für die Nicht-Einhaltung bei 10% Auslastung liegt im Energieverbrauch der sonstigen Verbraucher, die einen signifikanten Anteil zum Gesamtenergieverbrauch beitragen. Der Anteil der Kühlung am Gesamtenergieverbrauch ist bei der Wasserkühlung dagegen geringer, wie aus den großen Zahlenwerten für den CER erkennbar ist.

**Tabelle 21: dPUE Größe 1, Wasserkühlung, für alle Städte**

Auslastung in %	Frankfurt	Berlin	Hamburg	München
10	1,52	1,52	1,52	1,52
25	1,28	1,28	1,28	1,28
50	1,18	1,18	1,18	1,18
75	1,13	1,13	1,13	1,13
100	1,09	1,09	1,09	1,09

Quelle: Eigene Berechnung, Data Centre Excellence GmbH

**Tabelle 22: dCER Größe 1, Wasserkühlung, für alle Städte**

Auslastung in %	Frankfurt	Berlin	Hamburg	München
10	4,90	4,90	4,90	4,90
25	11,35	11,35	11,35	11,35
50	21,67	21,67	21,68	21,68
75	31,44	31,45	31,47	31,47
100	40,68	40,69	40,73	40,73

Quelle: Eigene Berechnung, Data Centre Excellence GmbH

In den anderen Städten weichen die Ergebnisse für ein Rechenzentrum der Größe 1 nicht wesentlich von den Ergebnissen für Frankfurt ab.

Im Falle des um -10% reduzierten USV-Wirkungsgrad verschlechtert sich der PUE-Wert im Bereich von 0,13 bis 0,05 Punkte bezogen auf den Referenz-USV-Wirkungsgrad je nach Auslastung des Rechenzentrums. Bei dem pauschalen Ansatz von 97%-USV-Wirkungsgrad verbessert sich der PUE-Wert im Bereich von -0,11 bis -0,02 je nach Auslastung des Rechenzentrums.

### Größe 2 – 500 kW: Luftgekühlte IT-Komponenten

Tabelle 8 zeigt die berechneten Werte für dPUE und dCER für Luftkühlung für ein Rechenzentrum der Größe 2.

**Tabelle 23: dPUE und dCER für Luftkühlung, Frankfurt, Größe 2**

Auslastung in %	dPUE	dCER
10	1,50	6,22
25	1,33	9,04

Auslastung in %	dPUE	dCER
50	1,24	12,56
75	1,25	14,12
100	1,29	14,40

Quelle: Eigene Berechnung, Data Centre Excellence GmbH

In Frankfurt kann ein Rechenzentrum der Größe 2 das Kriterium für PUE ab einer Auslastung von 50% einhalten, und das Kriterium für CER bei einer Auslastung ab 25% einhalten.

**Tabelle 24: dPUE Größe 2, Luftkühlung, für alle Städte**

Auslastung in %	Frankfurt	Berlin	Hamburg	München
10	1,50	1,50	1,49	1,48
25	1,33	1,33	1,32	1,31
50	1,24	1,24	1,23	1,23
75	1,25	1,25	1,25	1,24
100	1,29	1,29	1,28	1,27

Quelle: Eigene Berechnung, Data Centre Excellence GmbH

**Tabelle 25: dCER Größe 2, Luftkühlung, für alle Städte**

Auslastung in %	Frankfurt	Berlin	Hamburg	München
10	6,22	6,21	6,38	6,58
25	9,04	9,00	9,31	9,70
50	12,56	12,48	12,96	13,65
75	14,12	14,03	14,58	15,39
100	14,40	14,30	14,87	15,71

Quelle: Eigene Berechnung, Data Centre Excellence GmbH

In den anderen Städten weichen die Ergebnisse für ein Rechenzentrum der Größe 2 nicht wesentlich von den Ergebnissen für Frankfurt ab.

Im Falle des um -10% reduzierten USV-Wirkungsgrad verschlechtert sich der PUE-Wert im Bereich von 0,11 bis 0,05 Punkte bezogen auf den Referenz-USV-Wirkungsgrad je nach Auslastung des Rechenzentrums. Bei dem pauschalen Ansatz von 97%-USV-Wirkungsgrad verbessert sich der PUE-Wert im Bereich von -0,07 bis -0,01 je nach Auslastung des Rechenzentrums.

#### **Größe 2 – 500 kW: Direkte Wasserkühlung**

Tabelle 11 zeigt die berechneten Werte für dPUE und dCER für Wasserkühlung für ein Rechenzentrum in Frankfurt mit einer Auslastung zwischen 10 % und 100 % der IT-Gesamtkapazität.



**Tabelle 26: dPUE und dCER für Wasserkühlung, Frankfurt, Größe 2**

Auslastung in %	dPUE	dCER
10	1,40	11,44
25	1,21	25,05
50	1,13	47,65
75	1,15	56,14
100	1,17	71,04

Quelle: Eigene Berechnung, Data Centre Excellence GmbH

In Frankfurt kann ein Rechenzentrum der Größe 2 die Kriterien für PUE nur bei 10% Auslastung nicht einhalten und für CER bei allen Auslastungen einhalten.

**Tabelle 27: dPUE Größe 2, Wasserkühlung, für alle Städte**

Auslastung in %	Frankfurt	Berlin	Hamburg	München
10	1,40	1,40	1,39	1,39
25	1,21	1,21	1,21	1,21
50	1,13	1,13	1,13	1,13
75	1,15	1,15	1,15	1,15
100	1,17	1,17	1,17	1,17

Quelle: Eigene Berechnung, Data Centre Excellence GmbH

**Tabelle 28: dCER Größe 2, Wasserkühlung, für alle Städte**

Auslastung in %	Frankfurt	Berlin	Hamburg	München
10	11,44	11,46	11,63	11,75
25	25,05	25,11	25,58	25,95
50	47,65	47,76	48,65	49,35
75	56,14	56,33	58,01	59,27
100	71,04	71,36	74,25	76,51

Quelle: Eigene Berechnung, Data Centre Excellence GmbH

In den anderen Städten weichen die Ergebnisse für ein Rechenzentrum der Größe 2 nicht wesentlich von den Ergebnissen für Frankfurt ab.

Im Falle des um -10 % reduzierten USV-Wirkungsgrad verschlechtert sich der PUE-Wert im Bereich von 0,12 bis 0,06 Punkte bezogen auf den Referenz-USV-Wirkungsgrad je nach Auslastung des Rechenzentrums. Bei dem pauschalen Ansatz von 97 %-USV-Wirkungsgrad verbessert sich der PUE-Wert im Bereich von -0,07 bis -0,01 je nach Auslastung des Rechenzentrums.

### Größe 3 – 1,5 MW: Luftgekühlte IT-Komponenten

Tabelle 14 zeigt die berechneten Werte für dPUE und dCER für Luftkühlung für ein Rechenzentrum in Frankfurt mit einer Auslastung zwischen 10 % und 100 % der IT-Gesamtkapazität

**Tabelle 29: dPUE und dCER für Luftkühlung, Frankfurt, Größe 3**

Auslastung in %	dPUE	dCER
10	1,72	4,63
25	1,41	7,50
50	1,32	8,75
75	1,28	9,51
100	1,28	9,43

Quelle: Eigene Berechnung, Data Centre Excellence GmbH

In Frankfurt kann ein Rechenzentrum der Größe 3 das Kriterium für PUE ab einer Auslastung von 75 % einhalten, und das Kriterium für CER ab einer Auslastung von 50 % einhalten.

**Tabelle 30: dPUE Größe 3, Luftkühlung, für alle Städte**

Auslastung in %	Frankfurt	Berlin	Hamburg	München
10	1,72	1,72	1,70	1,70
25	1,41	1,40	1,39	1,39
50	1,32	1,32	1,31	1,30
75	1,28	1,28	1,27	1,26
100	1,28	1,28	1,27	1,26

Quelle: Eigene Berechnung, Data Centre Excellence GmbH

**Tabelle 31: dCER Größe 3, Luftkühlung, für alle Städte**

Auslastung in %	Frankfurt	Berlin	Hamburg	München
10	4,63	4,63	4,74	4,83
25	7,50	7,49	7,75	7,99
50	8,75	8,74	9,06	9,39
75	9,51	9,48	9,85	10,23
100	9,43	9,41	9,78	10,16

Quelle: Eigene Berechnung, Data Centre Excellence GmbH

In den anderen Städten weichen die Ergebnisse für ein Rechenzentrum der Größe 3 nicht wesentlich von den Ergebnissen für Frankfurt ab.

Im Falle des um -10 % reduzierten USV-Wirkungsgrad verschlechtert sich der PUE-Wert im Bereich von 0,24 bis 0,15 Punkte bezogen auf den Referenz-USV-Wirkungsgrad je nach Auslastung des Rechenzentrums. Bei dem pauschalen Ansatz von 97 %-USV-Wirkungsgrad

verbessert sich der PUE-Wert im Bereich von -0,11 bis -0,01 je nach Auslastung des Rechenzentrums.

### Größe 3 – 1,5 MW: Direkte Wasserkühlung

Tabelle 17 zeigt die berechneten Werte für dPUE und dCER für Wasserkühlung für ein Rechenzentrum in Frankfurt mit einer Auslastung zwischen 10 % und 100 % der IT-Gesamtkapazität.

**Tabelle 32: dPUE und dCER für Wasserkühlung, Frankfurt, Größe 3**

Auslastung in %	dPUE	dCER
10	1,47	30,58
25	1,24	55,34
50	1,17	59,99
75	1,14	62,02
100	1,14	72,46

Quelle: Eigene Berechnung, Data Centre Excellence GmbH

In Frankfurt kann ein Rechenzentrum der Größe 3 die Kriterien für PUE ab einer Auslastung von 25% einhalten und für den CER bei allen Auslastungen einhalten.

**Tabelle 33: dPUE Größe 3, Wasserkühlung, für alle Städte**

Auslastung in %	Frankfurt	Berlin	Hamburg	München
10	1,47	1,47	1,47	1,46
25	1,24	1,24	1,24	1,24
50	1,17	1,17	1,17	1,17
75	1,14	1,14	1,14	1,14
100	1,14	1,14	1,14	1,14

Quelle: Eigene Berechnung, Data Centre Excellence GmbH

**Tabelle 34: dCER Größe 3, Wasserkühlung, für alle Städte**

Auslastung in %	Frankfurt	Berlin	Hamburg	München
10	30,58	30,73	32,07	33,11
25	55,34	55,61	58,01	59,86
50	59,99	60,23	62,38	64,05
75	62,02	62,24	64,21	65,75
100	72,46	72,74	75,15	77,03

Quelle: Eigene Berechnung, Data Centre Excellence GmbH

In den anderen Städten weichen die Ergebnisse für ein Rechenzentrum der Größe 3 nicht wesentlich von den Ergebnissen für Frankfurt ab.

Im Falle des um -10 % reduzierten USV-Wirkungsgrad verschlechtert sich der PUE-Wert im Bereich von 0,23 bis 0,11 Punkte bezogen auf den Referenz-USV-Wirkungsgrad je nach Auslastung des Rechenzentrums. Bei dem pauschalen Ansatz von 97 %-USV-Wirkungsgrad verbessert sich der PUE-Wert im Bereich von -0,16 bis -0,02 je nach Auslastung des Rechenzentrums.

### A.3 Server Idle Energy Coefficient (SIEC)

Der Server Idle Energy Coefficient (SIEC) ist eine Kennzahl zur Darstellung des Anteils der im Idle-Modus verschwendeten Energie am Gesamtenergiebedarf des Servers. Die Kennzahl wird mit der Bezeichnung „SIC“ erstmals im Whitepaper von Harryvan vorgestellt (Harryvan 2021).

Der Server Idle Energy Coefficient (SIEC) wird folgendermaßen definiert:

#### Formel 12: Server Idle Energy Coefficient

$$SIEC = \frac{E_{idle}}{E_{server}} \cdot 100\%$$

Dabei sind  $E_{idle}$  die Energie, die der Server im Idle Modus verbraucht, und  $E_{server}$  die gesamte Energieaufnahme im gleichen Messintervall. Um  $E_{idle}$  bestimmen zu können, benötigt man eine Messreihe der CPU-Auslastung und der Energieaufnahme des Servers mit jeweils einem Zeitstempel, ähnlich dem folgenden Beispiel in Tabelle 35.

**Tabelle 35: Beispiel einer Datenreihe zur Bestimmung von  $E_{idle}$**

Time stamp	CPU %	Power [W]
28/05/2020 12:16	24,16	364
28/05/2020 12:31	28,2	359
28/05/2020 12:46	53,57	408
28/05/2020 13:01	24,54	351
28/05/2020 13:16	24,43	356
28/05/2020 13:31	28,85	372
28/05/2020 13:46	35,7	377
28/05/2020 14:01	45,36	392
28/05/2020 14:16	29,22	367

Quelle: Harryvan (2021)

Während  $E_{server}$  einfach die Summe der Leistung mal der Länge des Messintervalls ist

#### Formel 13: Gesamte Energieaufnahme des Servers

$$E_{server} = \sum_{n=1}^N P(n) \cdot t(n)$$

berechnet sich  $E_{idle}$  wie folgt:

**Formel 14: Energieaufnahme des Servers im Idle Modus**

$$E_{idle} = P_{idle} \cdot \sum_{n=1}^N (1 - CPU(n)) \cdot t(n),$$

Dabei gilt:

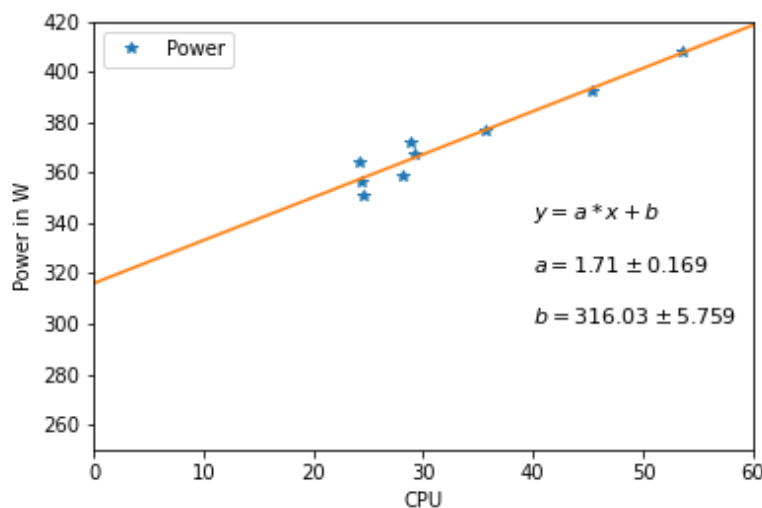
- ▶ n ist die Nummer des Messintervalls,
- ▶ CPU(n) ist die zum Zeitpunkt n gemessene CPU-Auslastung
- ▶ P<sub>idle</sub> ist die Energieaufnahme im Idle-Zustand
- ▶ t(n) ist die Länge des Messintervalls
- ▶ N ist die Anzahl an Messungen.

P<sub>idle</sub> kann über zwei Wege bestimmt werden.

8. Gibt es ein Messintervall, in dem die CPU-Auslastung unter 1 % lag, so kann die gemessene Leistung in diesem Intervall als P<sub>idle</sub> angesehen werden.
9. Die lineare Extrapolation der gemessenen Leistungen als Funktion der CPU-Auslastung nach 0 % CPU-Auslastung ist P<sub>idle</sub>. Diese Methode ist in folgender Abbildung 3 zu mit den Beispielzahlen aus vorheriger Tabelle zu sehen. In diesem Beispiel ist P<sub>idle</sub> = 316 W.

Die Empfehlung von Harryvan zur Länge des Messintervalls ist 1 Minute bis 1 Stunde mit einer minimalen Messdauer von einer Woche, sodass Tages- und Wochenverläufe der Serverauslastung registriert werden können.

**Abbildung 3: Bestimmung von P<sub>idle</sub> aus der Datenreihe**



Quelle: eigene Darstellung nach Harryvan (2021)