TEXTE
24/2022

Umweltzeichen Blauer Engel für Server und Datenspeicherprodukte

Hintergrundbericht zur Erarbeitung der Vergabekriterien DE-UZ 213, Ausgabe Januar 2020

Für Mensch & Umwelt

Umwelt Bundesamt

TEXTE 24/2022

Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für
Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und
Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3718373160
FB000797

Umweltzeichen Blauer Engel für Server und Datenspeicherprodukte

Hintergrundbericht zur Erarbeitung der Vergabekriterien
DE-UZ 213, Ausgabe Januar 2020

von

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

Dr. Lutz Stobbe
Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration
(IZM), Berlin

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

/umweltbundesamt.de
/umweltbundesamt

Durchführung der Studie:
Öko-Institut e.V.
Merzhauser Str. 173
79100 Freiburg

Abschlussdatum:
September 2021

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

Publikationen als pdf:
http://www.umweltbundesamt.de/publikationen

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, März 2022

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

Kurzbeschreibung: Server und Datenspeicher

Server und Datenspeicherprodukte stellen die zentralen IKT-Komponenten in Rechenzentren dar. Ihr Bedarf steigt auf unabsehbare Zeit weiterhin stark an. Damit sind auch zunehmende Umweltbelastungen verbunden. Vor diesem Hintergrund hat die Jury Umweltzeichen die Entwicklung eines neuen Umweltzeichens Blauer Engel für Server und Datenspeicherprodukte beauftragt, um auch in diesem Bereich ein Standard für ökologische und energieeffiziente Spitzenprodukte zu schaffen.

Der vorliegende Hintergrundbericht dokumentiert die Erarbeitung der Vergabekriterien des Umweltzeichens und erklärt die den Kriterien zugrunde liegenden Messstandards und deren technische Details. Die einleitende Umfeldanalyse beleuchtet die aktuellen Markttrends, die technische Entwicklung und Umweltaspekte der beiden Produktgruppen. Außerdem werden aktuelle Entwicklungen im regulatorischen Umfeld und bei anderen Umweltzeichen analysiert. Diese sind insbesondere der Energy Star, 80plus und die Ökodesign Verordnung. Die abgeleiteten Anforderungen adressieren die wesentlichen Umweltwirkungen der Produkte. Diese sind der Ressourcenverbrauch in der Produktion sowie der Energieverbrauch im Betrieb. Daraus leiten sich Kriterien eines ambitionierten Blauen Engels ab, der energieeffiziente und ressourcenschonende Produkte auszeichnet. Die Anforderungen adressieren die Schadstoffvermeidung, die Langlebigkeit, die Energieeffizienz und dessen Monitoring. Zusätzlich werden die Ökodesign-Anforderungen für Server und Datenspeicherprodukte mit den darin enthaltenen Vorgaben zu Energie- und Materialeffizienz vorgezogen und die Energieeffizienzkriterien und Dokumentationspflichten der Kennzeichnung Energy Stars eingefordert.

Abstract: Server and Data Storage Products

Servers and data storage products are the central ICT components in data centres. Their demand will continue to rise sharply for the foreseeable future. This is also associated with increasing environmental impacts. Against this background, the Environmental Label Jury has commissioned the development of a new Blue Angel eco-label for servers and data storage products in order to create a standard for ecological and energy-efficient top products in this area as well.

This background report documents the development of the eco-label award criteria and explains the measurement standards on which the criteria are based and their technical details. The introductory environment analysis highlights current market trends, technical development and environmental aspects of the two product groups. It also analyses current developments in the regulatory context and in other eco-labels. These are, in particular, Energy Star, 80plus and the Ecodesign Regulation. The derived requirements address the main environmental impacts of the products. These are resource consumption in production and energy consumption in operation. The criteria of an ambitious Blue Angel are derived from this, which distinguishes energy-efficient and resource-saving products. The requirements address the avoidance of pollutants, durability, energy efficiency and its monitoring. In addition, the ecodesign requirements for servers and data storage products with their specifications on energy and material efficiency are anticipated and the energy efficiency criteria and documentation requirements of the Energy Stars label are requested.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis 8
Tabellenverzeichnis 8
Formelverzeichnis 9
Abkürzungsverzeichnis 10
Zusammenfassung 11
Summary 13
1 Hintergrund und Zielsetzung 15
2 Untersuchungsgegenstand 15
3 Technische Analyse 16
3.1 Rechenzentren 16
3.2 Server 16
3.3 Storage Systeme 18
4 Markt- und Umfeldanalyse 18
4.1 Marktanalyse 18
4.1.1 Server 18
4.1.2 Datenspeichersysteme 21
4.2 Regulatives Umfeld 21
4.2.1 Ökodesign 22
4.2.1.1 Gegenstand und Anwendungsbereich 22
4.2.1.2 Netzteile 22
4.2.1.3 Materialeffizienz 23
4.2.1.4 Energieeffizienz 23
4.2.2 Messstandards 24
4.2.2.1 SPEC SERT 2 24
4.2.2.2 SNIA Emerald Power Efficiency Measurement 34
4.2.3 Umwelt- und Gütezeichen 44
4.2.3.1 Energy Star für Computer Servers 44
4.2.3.2 Energy Star für Datenspeicherprodukte in Rechenzentren 48
4.2.3.3 Gütezeichen „80plus power supplies“ 50
5 Umweltwirkungen 51
6 Beste verfügbare Technik 54
6.1 Energieeffizienz im Aktivzustand 54
7 Ableitung der Vergabekriterien für ein Umweltzeichen 56

7.1 Grundanforderungen 56
7.1.1 Ökodesign Verordnung 56
7.1.2 Anforderungen des Energy Star 56
7.1.3 Betriebsbedingungen 57
7.2 Energieeffizienz 58
7.2.1 Server im Aktivzustand 58
7.2.2 Netzteile 58
7.2.3 Datenspeicherprodukte 58
7.2.4 Monitoring-Datenschnittstelle 59
7.3 Materialanforderungen 60
7.4 Langlebigkeit 61
7.4.1 Ersatzteilverfügbarkeit 61
7.4.2 Zurücksetzbarkeit für die Wiederverwendung 61
7.4.3 Produktdokumentation 61
8 Quellenverzeichnis 62
A.1 Zuordnung von Gefahrenkategorien und H-Sätzen 65

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entwicklung des Energieverbrauchs von Rechenzentren in der EU28 in den Jahren 2010 - 2020 20
Abbildung 2: Server-Weltmarkt-Anteil im 2. Quartal 2018 nach Umsatz 20
Abbildung 3: EMEA Top 5 Anbieter auf der Speicher-Markt 21
Abbildung 4: SERT Metrik Methode der Aggregation der Testergebnisse 28
Abbildung 5: Verteilung des Treibhausgaspotenzials (GWP) auf die unterschiedlichen Teilsysteme von vier verschiedenen Rechenzentren (RZ01 – RZ04) 51
Abbildung 6: Gegenüberstellung der Herstellungs- und Nutzungsphase hinsichtlich ADP und GWP von Rack-Servern 53
Abbildung 7: Energieeffizienz von Servern mit 1 Sockel bester verfügbarer Technik 54
Abbildung 8: Energieeffizienz von Servern mit 2 Sockeln bester verfügbarer Technik 55
Abbildung 9: Energieeffizienz von Servern mit 4 Sockeln bester verfügbarer Technik 55

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Servers (stock) in der EU28 in tausend Servern (2020, 2025: Hochrechnung) 19
Tabelle 2: Mindestanforderungen der Ökodesign VO an den Netzteil-Wirkungsgrad und den Leistungsfaktor ab dem 1. März 2020 22
Tabelle 3: Mindestanforderungen der Ökodesign VO an den Netzteil-Wirkungsgrad und den Leistungsfaktor ab dem 1. Januar 2023 22
Tabelle 4: Zuordnung der Ökodesign-Anforderungen zur Klassifikation „80plus power supplies“ in der Gerätekategorie „230 V Internal Redundant“ 23
Tabelle 5: Ökodesign-Anforderungen für Server an die Effizienz im Aktivzustand (Eff_{Server}) 24
Tabelle 6: Beispiel für CryptoAES Worklet Effizienzwerte 29
Tabelle 7: Beispiele für SERT 2 Effizienzwerte für unterschiedliche CPU Modelle .31
Tabelle 8: Referenzwerte zur Umrechnung in SERT-2 32
Tabelle 9: Beispiel für die Umrechnung eines Compress Worklets 33
Tabelle 10: SNIA Taxonomie Kategorien 36
Tabelle 11: Funktionale Attribute zur Unterscheidung der Taxonomie-Kategorien 37
Tabelle 12: Klassifikation nach Attributen für Online Produktkategorie 37

Tabelle 13: Vergleich der Mindestanforderungen an den Netzteil-Wirkungsgrad beim Energy Star 3.0 für Computer Server und Ökodesign-Verordnung für Server und Datenspeicherprodukte 45
Tabelle 14: Vergleich der Mindestanforderungen an den Netzteil-Leistungsfaktor beim Energy Star 3.0 für Computer Server und Ökodesign-Verordnung für Server und Datenspeicherprodukte 45
Tabelle 15: Mindestanforderungen an die *Active State Efficiency* Eff_{ACTIVE} beim Energy Star 3.0 für Computer Server.....46
Tabelle 16: Vergleich der Energieeffizienz beim Energy Star (ES) für Computer Server, ES qualifizierte Produkte und Ökodesign.....47
Tabelle 17: Mindestanforderungen an Netzteil-Wirkungsgrad und Leistungsfaktor beim Energy Star Version 1.1 für Datenspeicherprodukte 49
Tabelle 18: Anforderungen des Gütezeichens 80plus power supplies 50
Tabelle 19: Abiotischer Rohstoffverbrauch und Treibhauseffekt pro Rack-Server in der Herstellungs- und Nutzungsphase 52
Tabelle 20: Abiotischer Rohstoffverbrauch und Treibhauseffekt pro Speichersystem in der Herstellungs- und Nutzungsphase 53
Tabelle 21: Erfüllungsgrad der Mindestanforderungen der ausgewerteten Server-Modelle.....55
Tabelle 22: Betriebsbedingungen für Server und Datenspeicherprodukte 57
Tabelle 23: Mindestwerte für Netzteil-Wirkungsgrade und Leistungsfaktoren 58
Tabelle 24: Gefahrenkategorien und H-Sätze 65

Formelverzeichnis

Formel 1: Berechnung der aggregierten Worklet Effizienz.....29
Formel 2: Beispiel für die Berechnung der aggregierten Worklet Effizienz.....29
Formel 3: Berechnung der aggregierten Workload Effizienz.....30
Formel 4: Beispiel für die Berechnung einer aggregierten Workload Effizienz 30
Formel 5: Beispiel für die Berechnung einer aggregierte SERT 2.....30
Formel 6: Power Efficiency, Ready Idle.....42
Formel 7: Power Efficiency, Active (Block Access) 42
Formel 8: Power Efficiency, Active (File Access) 43

Abkürzungsverzeichnis

ADP	Abiotic Resource Depletion Potential
APA	Auxiliary Processing Accelerator
CPU	Central Processing Unit
Eff	Energieeffizienz
EMEA	Wirtschaftsraum Europa (Europe), Naher Osten (Middle East) und Afrika (Africa)
EPA	Environmental Protection Agency
GPU	Graphics Processing Unit
GWP	Global Warming Potential
HDD	Hard Disk Drive
HPC	Hochleistungscomputer
IOPS	Input Operations per Second
IT	Informationstechnologie
KI	Künstliche Intelligenz
KPI4DCE	Key Performance Indicators for Data Center Efficiency
MS	Microsoft
NAS	Network Area Storage
RAM	Random Access Memory
s	Sekunden
SAN	Storage Area Network
SERT	Server Efficiency Rating Tool
SHA256	Algorithmus zur Komprimierung und Verschlüsselung
SNIA	Storage Networking Industry Association
SORT	Algorithmus zum Sortieren von Daten
SPEC	Standard Performance Evaluation Corporation
SSD	Solid State Drive
USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung
VO	Verordnung
W	Watt

Zusammenfassung

Ziel dieses Hintergrundberichtes ist die Herleitung und Begründung der Vergabekriterien des Umweltzeichens Blauer Engel für die Produkte Server und Datenspeicher. Dazu werden gemäß den Anforderungen von Typ I Umweltzeichen nach EN ISO 14024:2018 wissenschaftlich-technische Untersuchungen durchgeführt, die eine Identifikation der wesentlichen Umweltbelastungen durch eine Produktgruppe beinhaltet, eine Analyse der am Markt befindlichen Produkte und Dienstleistungen, Untersuchung des regulativen Umfelds und schließlich die Ableitung von ambitionierten Vergabekriterien.

Der Bedarf an zentraler Verarbeitung und Speicherung von Daten steigt seit Jahren kontinuierlich und wird durch neue Geschäftsprozesse der Digitalisierung und der zunehmenden Vernetzung von Produkten verstärkt. Dieser Trend spiegelt sich auch in den Verkaufszahlen wider. Laut den Daten des Marktforschungsinstitutes IDC hat sich der weltweite Umsatz durch den Verkauf von Servern im Zeitraum 2009 bis 2019 von 10 Milliarden auf 20 Milliarden US-Dollar pro Quartal verdoppelt (zitiert nach Blauer Engel DE-UZ 213 2020). Der Energieverbrauch von Rechenzentren in Europa ist in den Jahren 2010 bis 2018 kontinuierlich gestiegen. Server und Storage Systeme tragen etwa zur Hälfte dazu bei. Laut Hintemann (2019) ist der durchschnittliche PUE-Wert (Power Usage Effectiveness) von Rechenzentren in diesem Zeitraum von 1,98 auf 1,70 gefallen, während der Gesamtstromverbrauch um ca. 40 % zugenommen hat. Das Marktforschungsinstitut IDC prognostiziert im Wirtschaftsraum Westeuropa einen Anstieg von Speicherkapazität in Cloud-Rechenzentren von jährlich 29 Prozent für den Zeitraum 2018 bis 2023 (Hülskötter 2019). Es ist anzunehmen, dass die Bedeutung von Servern und Datenspeichergeräten für die Informationstechnik-Infrastruktur in den nächsten Jahren weiter stark zunehmen wird. Der Markt wird durch eine Vielzahl von kleinen Herstellern und zwei Marktführern (Dell 19 %, HP 17 %) geprägt und ist vergleichsweise divers.

Im regulativen Umfeld sind die Ökodesign Verordnung (Verordnung (EU) 424/2019), sowie jeweils ein Energy Star für Computer Server (Energy Star for Computer Servers 2018) und für Datenspeicherprodukte (Energy Star for Data Center Storage) zu nennen. Die beiden Messstandards SPEC SERT2 (Standard Performance Evaluation Corporation (SPEC)) und SNIA Emerald Power Efficiency Measurement (Storage Networking Industry Association (SNIA)) bilden jeweils die Basis für Energieeffizienzmessungen an Servern und Datenspeicherprodukten.

Die Messgröße des SPEC SERT2 wird als Energieeffizienz des Servers im Aktivzustand (Eff_{active}) bezeichnet und ist eine dimensionslose Zahl. Die typische Größenordnung liegt zwischen 5 und 20, ein größerer Wert kennzeichnet eine höhere Energieeffizienz. Sie berechnet sich durch eine festgelegte Aggregation mithilfe von (gewichteten) geometrischen Mittelwerten aus verschiedenen Worklet Effizienzkennzahlen. Letztere ergeben sich aus Messungen der Energieaufnahme und Rechenleistung von 11 verschiedenen Testalgorithmen bei jeweils vier Laststufen. Der Energy Star und die Ökodesign Verordnung setzen für verschiedene Produktklassen vergleichbare Mindeststandards, wobei der Energy Star differenzierter und ambitionierter ist.

Der SNIA Emerald definiert vier Kategorien von Speicherprodukten (Emerald Online, Near-Online, Removable Media Library, Virtual Media Library), die sich insbesondere in der Zugriffszeit unterscheiden, welche maßgeblich für den Energieverbrauch ist. Je nach Zugriffsart (Block- oder Dateizugriff) werden mehrere Effizienzkennzahlen, deren Testdefinition und Ausführungsregeln definiert.

Die detaillierte Auseinandersetzung mit den technischen Details der Messstandards zeigt, dass sich die Methoden von SPEC SERT 2 und SNIA Emerald Power Efficiency sehr gut eignen, um jeweilige Effizienzkennzahlen für Server und Datenspeicher differenziert und vergleichbar festzustellen.

Entlang des Produktlebenswegs von Servern und Datenspeicherprodukten werden Nachhaltigkeitsaspekte untersucht und besondere Hot-Spots identifiziert, die ein nachhaltiges Produkt von einem durchschnittlichen Produkt unterscheiden. Bei der Analyse der Umweltwirkungen sind die folgenden beiden Aspekte besonders wesentlich: der Ressourcenverbrauch der Herstellung und der Energieverbrauch im Betrieb. Die anderen Umweltwirkungen in den anderen Lebensphasen der Produkte sind vernachlässigbar klein. Server und Speicherprodukte setzen sich aus einer Vielzahl von Komponenten, z.B. CPU, Hauptplatine, Speicherchips, Permanentspeicher und Einhausungen zusammen. Diese bestehen z.T. aus sehr komplexen Materialzusammensetzungen. Einschlägige Lebenszyklusanalysen betrachten mehr als 43 Rohstoffe und 16 Seltene Erden (Schödwell et al. 2018). Während der Ressourcenverbrauch nach Gewichtsanteilen von den Metallen Stahl, Aluminium, Kupfer und Zinn dominiert wird (ebd.), multipliziert das Abiotic Deplition Potential (ADP) die Menge mit der Verfügbarkeit des Materials in Antimonäquivalenten. Neben den im Produkt verbauten Materialien werden auch alle anderen im Prozess aufgewandten Stoffströme betrachtet. Nach dieser Kennzahl sind von den verbauten Materialien insbesondere die Metalle Silber und Gold und Seltene Erden ausschlaggebend (ebd.).

Die Kriterien an die Energieeffizienz im Aktivzustand werden mit der besten verfügbaren Technik verglichen. Der Anspruch dieses Umweltzeichens ist, dass maximal die effizientere Hälfte aller Server, die den Anforderungen des Energy Star genügen, auch die hier ausgearbeiteten Kriterien erfüllen können. SNIA Emerald gibt keine Standard- oder Mindestwerte vor, auch aus der anderen Literatur waren keine quantitativen Mindesteffizienzwerte abzuleiten, weshalb die Effizienz der Speicherprodukte zunächst eine Transparenzanforderung bleibt.

Die abgeleiteten Kriterien zielen auf die Schadstofffreiheit, die Langlebigkeit, und die Energieeffizienz ab. Langlebigkeit beinhaltet Reparaturfähigkeit, Produktdokumentation und Wiederverwendbarkeit. Die Anforderungen an die Energieeffizienz enthalten Mindestkriterien an Betriebsbedingungen, an die Effizienz im Aktivzustand, Netzteile, Effizienz der Datenspeicherprodukte und an das Monitoring und dazu notwendige Datenschnittstellen.

Summary

The aim of this background report is to derive and justify the award criteria of the Blue Angel eco-label for the products servers and data storage. For this purpose, scientific-technical investigations are carried out in accordance with the requirements of Type I ecolabels according to EN ISO 14024:2018, which includes an identification of the main environmental impacts caused by a product group, an analysis of the products and services available on the market, investigation of the regulatory environment and finally the derivation of ambitious award criteria.

The need for centralised processing and storage of data has been growing continuously for years and is reinforced by new business processes of digitalisation and the increasing networking of products. This trend is also reflected in the sales figures. According to data from the market research institute IDC, global revenue from the sale of servers doubled from 10 billion to 20 billion US dollars per quarter in the period from 2009 to 2019 (cited in Blauer Engel DE-UZ 213 2020). The energy consumption of data centres in Europe has risen steadily from 2010 to 2018. Servers and storage systems contribute about half of this. According to Hintemann (2019), the average PUE (Power Usage Effectiveness) value of data centres has fallen from 1.98 to 1.70 during this period, while total power consumption has increased by about 40 %. The market research institute IDC forecasts an increase in storage capacity in cloud data centres in the economic area of Western Europe of 29 % annually for the period 2018 to 2023 (Hülskötter 2019). It can be assumed that the importance of servers and data storage devices for the information technology infrastructure will continue to grow strongly in the coming years. The market is characterised by many small manufacturers and two market leaders (Dell 19 %, HP 17 %) and is comparatively diverse.

In the regulatory environment, the Ecodesign Regulation (Regulation (EU) 424/2019), as well as an Energy Star for computer servers (Energy Star for Computer Servers 2018) and for data storage products (Energy Star for Data Center Storage) should be mentioned. The two measurement standards SPEC SERT2 (Standard Performance Evaluation Corporation (SPEC)) and SNIA Emerald Power Efficiency Measurement (Storage Networking Industry Association (SNIA)) respectively form the basis for energy efficiency measurements on servers and data storage products.

The SPEC SERT2 metric is referred to as the server's active state energy efficiency (Eff_{active}) and is a dimensionless number. The typical magnitude is between 5 and 20; a larger value indicates higher energy efficiency. It is calculated by a fixed aggregation using (weighted) geometric mean values from various worklet efficiency metrics. The latter result from measurements of the energy consumption and computing power of 11 different test algorithms at four load levels each. The Energy Star and the Eco-design Regulation set comparable minimum standards for different product classes, whereby the Energy Star is more differentiated and ambitious.

The SNIA Emerald defines four categories of storage products (Emerald Online, Near-Online, Removable Media Library, Virtual Media Library), which differ in particular in the access time, which is decisive for the energy consumption. Depending on the type of access (block or file access), several efficiency indicators, their test definition and execution rules are defined.

The detailed examination of the technical details of the measurement standards shows that the methods of SPEC SERT 2 and SNIA Emerald Power Efficiency are very well suited for

determining the respective efficiency indicators for servers and data storage in a differentiated and comparable manner.

Along the product life cycle of servers and data storage products, sustainability aspects are examined, and special hot spots are identified that distinguish a sustainable product from an average product. In the analysis of environmental impacts, the following two aspects are particularly significant: resource consumption in manufacturing and energy consumption in operation. The other environmental impacts in the other life phases of the products are negligible. Server and storage products are made up of a large number of components, e.g. CPU, motherboard, memory chips, permanent memory and enclosures. Some of these consist of very complex material compositions. Relevant life cycle analyses consider more than 43 raw materials and 16 rare earths (Schödwell et al. 2018). While resource consumption by weight is dominated by the metals steel, aluminium, copper and tin (ibid.), the Abiotic Depletion Potential (ADP) multiplies the quantity by the availability of the material in antimony equivalents. In addition to the materials used in the product, all other material flows used in the process are also considered. According to this indicator, of the materials used, the metals silver and gold and rare earths are particularly decisive (ibid.).

The criteria for energy efficiency in the active state are compared with the best available technology. The claim of this eco-label is that at most the more efficient half of all servers that meet the requirements of Energy Star can also meet the criteria elaborated here. SNIA Emerald does not specify any standard or minimum values, and no quantitative minimum efficiency values could be derived from the other literature either, which is why the efficiency of the storage products remains a transparency requirement for the time being.

The derived criteria are aimed at the absence of harmful substances, durability and energy efficiency. Durability includes repairability, product documentation and reusability. The requirements for energy efficiency include minimum criteria for operating conditions, efficiency in the active state, power supply units, efficiency of data storage products and monitoring and the necessary data interfaces.

1 Hintergrund und Zielsetzung

Ziel dieses Hintergrundberichtes ist die Herleitung und Begründung der Vergabekriterien des Umweltzeichens Blauer Engel für die beiden Produkte Server und Storage Systeme und die Darstellung der international anerkannten Messstandards der Energieeffizienz.

„Der Klimaschutz, die Senkung des Energieverbrauchs, die Schonung von Ressourcen und die Vermeidung von Schadstoffen sind wichtige Ziele des Umweltschutzes. Das Umweltzeichen Blauer Engel für Server und Datenspeicherprodukte trägt zu diesen Zielen bei, indem es hohe Mindestanforderungen an die Energieeffizienz von Servern, Datenspeicherprodukten und Netzteilen sowie Schadstofffreiheit von Kunststoffmaterialien stellt. Zusätzlich werden die Ökodesign-Anforderungen für Server und Datenspeicherprodukte mit den darin enthaltenen Vorgaben zu Energie- und Materialeffizienz vorgezogen und die Energieeffizienzkriterien und Dokumentationspflichten der Kennzeichnung Energy Stars eingefordert.“ (Blauer Engel DE-UZ 213)

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

- hohe Energieeffizienz und deren Dokumentation,
- Langlebigkeit durch Reparierbarkeit,
- Vermeidung umweltbelastender Materialien.

2 Untersuchungsgegenstand

Der Untersuchungsgegenstand sind Server und Datenspeicherprodukte, die zum Einsatz in Serverräumen oder Rechenzentren bestimmt sind. Für das Umweltzeichen wurden dafür folgende Begriffsbestimmungen festgelegt:

- Server: Datenverarbeitungsgerät, das Dienste bereitstellt und Netzressourcen für Client-Geräte verwaltet. Der Zugang zu einem Server erfolgt hauptsächlich über Netzverbindungen und nicht direkt über Benutzereingabegeräte wie Tastatur oder Maus.
- Datenspeicherprodukt: voll funktionsfähiges Speichersystem, das Datenspeicherdienste für direkt angeschlossene oder über ein Netz verbundene Clients und Geräte bereitstellt. Komponenten und Teilsysteme, die fester Bestandteil der Architektur des Datenspeicherprodukts sind (die beispielsweise die interne Kommunikation zwischen Controllern und Festplatten abwickeln), werden als Teil des Datenspeicherprodukts betrachtet. Komponenten, die normalerweise einer Speicherumgebung auf der Ebene des Rechenzentrums zugeordnet werden (z. B. Geräte, die für den Betrieb eines externen SAN (Speichernetz — Storage Area Network) erforderlich sind), werden nicht als Teil des Datenspeicherprodukts betrachtet. Ein Datenspeicherprodukt kann sich aus integrierten Speichercontrollern, Datenspeichergeräten, eingebetteten Netzelementen, Software und anderen Geräten zusammensetzen.

Vom Geltungsbereich des Umweltzeichens (Blauer Engel DE-UZ 213) ausgeschlossen wurden solche Produkte, die unter den Geltungsbereich des Umweltzeichens Blauer Engel DE-UZ 78a Computer und Tastaturen fallen.

3 Technische Analyse

In diesem Hintergrundbericht werden dieselbe Nomenklatur und Begriffsdefinitionen verwendet wie in der Ökodesign Verordnung für Server und Datenspeicherprodukte (EU) 2019/424 vom 15. März 2019 (Verordnung (EU) 424/2019). Im Folgenden werden die beiden Produkte und ihre Nutzungsanforderungen in einer technischen Analyse genauer definiert.

3.1 Rechenzentren

In Rechenzentren werden Daten gesammelt, verarbeitet und weitergeleitet. Dazu sind sie an ein Datennetzwerk angeschlossen. Die Anforderungen an Rechenzentren variieren je nach Anwendungsfall, ebenso wie ihre technische Dimensionierung und Ausstattung mit Servern und Datenspeichern. Rechenzentren decken ein Spektrum der Leistungsanforderungen (z.B. Rechenleistung) von ungefähr einem Faktor 1000 ab. Rechenzentren sind darauf ausgelegt, rund um die Uhr in Betrieb zu sein. Sie werden von unterschiedlichen Organisationen verschiedener Größe, z.B. Universitäten, Behörden, und Unternehmen, betrieben. Der funktionale Aufbau kann in die folgenden Einheiten gegliedert werden: Server, Storage, Netzwerk, Gebäudetechnik.

Server und Storage System in Rechenzentren ähneln in ihrer Funktionalität einem Desktopcomputer ohne Bildschirm, Maus und Tastatur. Sie werden über ein Netzwerk konfiguriert, verwaltet und genutzt. Wie auch im Desktopcomputer gibt es verschiedene Einheiten, die entweder für das Verarbeiten oder das Speichern von Daten zuständig sind.

Bei der Erbringung ihrer Rechenleistung setzen Server die zugeführte elektrische Energie vollständig in Wärmeenergie um. Das Kühlsystemen muss diese abtransportieren, um die optimale Betriebstemperatur unter 45°C zu halten, damit die Hardware keinen Schaden nimmt (Dell 2021b). Server nehmen je nach Anwendung und Gerätekonfiguration pro Gerät zwischen wenigen dutzend Watt und einigen Tausend Watt Leistung auf. Das Kühlsystem wird anhand der Abwärme der Server dimensioniert und ist nach den Servern der größte Energieverbraucher eines Rechenzentrums. Eine effizientere IT-Ausstattung hat also in der Kühlung einen doppelten Einspareffekt.

3.2 Server

Ein Server ist ein leistungsstarker Computer, der seine Rechen- und Speicherleistung über ein Netzwerk zur Verfügung stellt. Ein Server kann in einem Unternehmen über das interne Netzwerk angeschlossen oder über das Internet erreichbar sein. Die Hauptfunktionalität eines Servers ist die Datenverarbeitung. Diese kann die Weitergabe von Daten (an einen Client[1] z.B. Webserver) oder deren Modifikation und Speicherung beinhalten. Modifikationen können klassische Rechenoperationen, Kompressionen oder Verschlüsselung/Entschlüsselung sein. Um diese Aufgaben zu bewältigen, besteht ein Server aus verscheiden elektronischen Komponenten wie bspw. den Netzwerk- und Grafikadaptern, Mikrochips, insbesondere einer oder mehrerer CPU (Central Processing Unit – Prozessor) und RAM (Random Access Memory - Arbeitsspeicher). Diese werden durch integrierte Schaltkreise aufgebaut, die aus Transistoren und Kondensatoren bestehen. Nach dem Moor'schen Gesetz verdoppelt sich die Dichte und damit die Anzahl der Transistoren auf einem Chip etwa alle 24 Monate. Prozessoren werden auf einem Siliziumkristall aufgebaut (Intel Newsroom 2016). Dabei kommen chemische Verfahren und seltene Metalle zum Einsatz. Siliziumdioxid bildet sowohl den Isolator als auch das Dielektrikum für die Kondensatoren der integrierten Schaltung (ebd.). Zu den Dotierstoffen

[1] Client: Endgerät oder dessen Software, das einen Dienst über ein Netzwerk vom Server anfordert.

gehören Phosphor, Arsen, Gallium und Bor. Dünne Aluminium- oder Golddrähte verbinden den integrierten Schaltkreis-Chip mit seinem Gehäuse, das aus verschiedenen Materialien wie Keramik oder Kunststoff besteht (ebd.).

Enthält der Server einen Datenspeicher in Form einer im Gehäuse verbauten Festplatte, dient diese meist nur als Speicherort des servereigenen Betriebssystems und wird allgemein nicht dem Speichersystem zugerechnet. In Rechenzentren werden oft mehrere Server zusammengeschaltet und in Racks (dt. Schränken) kompakt zusammen aufgestellt. Diese Racks erzeugen durchschnittlich einen Energiebedarf von 3 bis 5 kW pro Quadratmeter Rechenzentrum (Bitkom e.V. 2015). Diese Kennzahl wird auch Leistungsdichte genannt.

Traditionell geben Server keine oder nur selten direkt graphische Inhalte aus. Deshalb sind solche Server nicht mit leistungsstarken Grafikkarten (GPU – graphics processing unit) ausgestattet. Grafikkarten sind in ihrer Funktion einer CPU ähnlich, allerdings sind erstere speziell dafür ausgelegt, einfache Rechnungen hochgradig parallel auszuführen. Diese Fähigkeit wird besonders bei der Kryptografie und der Datenauswertung mithilfe von Maschinellem Lernen und Künstlicher Intelligenz (KI) benötigt und von Serverherstellern unter dem Namen „Beschleuniger“ verkauft (Dell 2021a).

Servertypen unterscheiden sich in ihrer Bauform, Systemarchitektur und Leistungsfähigkeit. „Nachfolgend sind solche Servertypen und Server-Gehäuse definiert, die in den Vergabekriterien genannt werden:

- **Blade-Server**: Server, der für den Einsatz in einem Blade-Gehäuse ausgelegt ist. Ein Blade-Server ist ein Gerät mit hoher Packungsdichte, der als unabhängiger Server dient und mit mindestens einem Prozessor und Systemspeicher ausgestattet ist, im Betrieb aber von gemeinsam genutzten Ressourcen im Blade-Gehäuse abhängt (z. B. Netzteile, Kühlung).
- **Multi-Node-Server**: Server mit zwei oder mehreren voneinander unabhängigen Server-Nodes (Serverknoten), die sich in einem einzigen Gehäuse befinden und ein oder mehrere Netzteile gemeinsam nutzen. In einem Multi-Node-Server erfolgt die Stromzufuhr zu allen Server-Nodes mittels gemeinsam genutzter Netzteile.
- **Ausfallsicherer Server**: Server, bei dem umfangreiche Funktionsmerkmale für hohe Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Wartbarkeit sowie für Skalierbarkeit vorgesehen und in die Mikroarchitektur von System, Prozessor (CPU) und Chipsatz integriert sind.
- **Hochleistungs-Computing (HPC)-System**: Ein Computersystem, das entwickelt und optimiert wurde, um hochparallele Anwendungen für Hochleistungs-, Deep-Learning- oder künstliche Intelligenzanwendungen auszuführen. HPC-Systeme verfügen über Clusterknoten, die oft mit Hochgeschwindigkeits-Interprozessverbindungen sowie hoher Speicherfähigkeit und Bandbreite ausgestattet sind. In einem HPC-Cluster werden die Rechenoperationen in kleinere Teile zerlegt und dann auf die Knoten verteilt, um die Ausführungsgeschwindigkeit zu erhöhen.
- **Server mit integriertem APA**: Server, die einen „Hilfs-Verarbeitungsbeschleuniger“ (APA — Auxiliary Processing Accelerator) in die Hauptplatine oder in das Prozessormodul fest integriert haben. Ein APA ist dabei ein spezieller Prozessor und das dazugehörige Teilsystem zur Steigerung der Rechenkapazität, beispielsweise Grafikverarbeitungseinheiten, FPGAs (Field Programmable Gate Arrays) oder ASICs (applikationsspezifische integrierte

Schaltkreise). Ein APA kann nicht auf einem Server ohne CPU ausgeführt werden.“ (Blauer Engel DE-UZ 213 2020)

In der statistischen Datenauswertung gewinnt KI zunehmend an Bedeutung und ist bereits als Paradigma der Datenanalyse weit verbreitet (Fortune Business Insights 2021). KI Methoden sind im Vergleich zu klassischer Datenauswertung rechen- und ressourcenintensiv (García-Martín et al. 2019). Sie finden erst aufgrund von Effizienzsteigerungen und verfügbarer Rechenleistung zunehmende Verbreitung und steigern somit auf unabsehbare Zeit den Bedarf an leistungsfähigen Rechenzentren (Rüdiger 2019). Um die resultierenden Umweltauswirkungen zu verringern, ist ein effizienter Betrieb von Servern unerlässlich.

Für viele Server Produkte sagen Hersteller drei Jahre vor-Ort Service zu. Die typische Nutzungszeit liegt zwischen drei und acht Jahren (ASHRAE 2016). Vermutlich entspricht dies der mindestens anzunehmenden Lebenserwartung von Servern. Wie lange Server tatsächlich darüber hinaus für ihren Verwendungszweck genutzt werden und wie viele Server im Sekundärmarkt weitergegeben werden, lässt sich an dieser Stelle nicht beziffern.

3.3 Storage Systeme

Große Datenmengen werden in eigens dafür vorgesehenen Storage Systemen abgelegt. Storage Systeme beinhalten neben dazugehörigen Controllern und Datenverbindungen einen oder mehrere Datenträger. Diese werden in drehende HDD (hard disk drive) und nicht drehende SSD (solid state drive) unterschieden. SSD sind leistungsfähiger als HDD, weshalb die meisten modernen Speichersysteme SSD verwenden. Diese verursachen in der Herstellung jedoch bei gleicher Größe etwa zehnfache Treibhausgasemissionen (Köhler und Gröger 2021). SSD und HDD können auch als Hybrid in einem Storage System kombiniert werden. SSDs haben im Gegensatz zu HDDs keine beweglichen Teile und sind dadurch leiser, kleiner, benötigen weniger elektrische Energie und weisen geringere Schreib- und Zugriffszeiten auf. Allerdings ist die Anzahl an Schreibzyklen ihrer Speicherzellen beschränkt (G. Gasior 2015). Die Lebensdauer von HDDs wird meist durch thermische oder mechanische Einwirkung auf die Mechanik des Lesekopfes und magnetische Einwirkung auf das Speichermedium begrenzt. Diese Einwirkungen sind in Storage Systemen in Rechenzentren sehr gut kontrollierbar. Werden Daten von einer Festplatte gelöscht, wird der Speicherplatz zum Beschreiben freigegeben, der physische Speicher bleibt dabei unverändert. Erst das erneute Überschreiben der gesamten Festplatte macht zuvor gespeicherte Inhalte endgültig unkenntlich. Dies ist für den Datenschutz erforderlich, sollten ausrangierte Festplatten auf den Sekundärmarkt gebracht werden. Ist das komplette Überschreiben wegen eines Defektes nicht möglich, wird die Festplatte in der Regel mechanisch zerstört und kann in diesem Fall nicht recycelt werden (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik 2021).

4 Markt- und Umfeldanalyse

4.1 Marktanalyse

4.1.1 Server

Der Bedarf an zentraler Verarbeitung und Speicherung von Daten steigt seit Jahren kontinuierlich und wird durch neue Geschäftsprozesse der Digitalisierung und der zunehmenden Vernetzung von Produkten verstärkt. Dieser Trend spiegelt sich auch in den Verkaufszahlen wider. Laut den Daten des Marktforschungsinstitutes IDC hat sich der weltweite

Umsatz durch den Verkauf von Servern im Zeitraum 2009 bis 2019 von 10 Milliarden auf 20 Milliarden US-Dollar pro Quartal verdoppelt. Waren es im Jahr 2009 weltweit noch 7 Millionen Server, so sind es heute rund 12 Millionen Server, die weltweit jährlich verkauft werden (IDC 2021). Laut den Berechnungen des Borderstep Instituts hat sich die Anzahl von Servern in deutschen Rechenzentren zwischen 2013 und 2016 um 18 % auf ca. 1,9 Millionen erhöht. Zusammen mit den Servern, die außerhalb von Rechenzentren betrieben werden, stieg die Anzahl an Servern in Deutschland im Jahr 2016 auf ca. 2,3 Millionen Stück (Hintemann 2019). Bei den in Rechenzentren eingesetzten Datenspeicherprodukten findet ebenfalls ein starkes Wachstum statt (Ausschnitt zitiert nach Blauer Engel DE-UZ 213 2020).

In Abbildung 1 ist zu sehen, dass der Energieverbrauch von Rechenzentren in den Jahren 2010 bis 2018 kontinuierlich gestiegen ist. Die Server und Storage Systeme der Rechenzentren tragen etwa zur Hälfte dazu bei. Laut Hintemann (2019) ist der durchschnittliche PUE-Wert (Power Usage Effectiveness) von Rechenzentren in diesem Zeitraum von 1,98 auf 1,70 gefallen, während der Gesamtstromverbrauch um ca. 40 % zugenommen hat. Die Zunahme der Gesamtzahl aller Server in Tabelle 1 liegt bei etwa 20 % zwischen 2010 und 2020. Die Zunahme der Gesamtzahl aller Server erklärt also höchstens die Hälfte des gestiegenen Energieverbrauchs von Rechenzentren, deren Gebäudeeffizienz sogar gestiegen ist. Dies deutet darauf hin, dass die Effizienz pro Server langsamer zunimmt als die verbaute Rechenleistung pro Server. Trotz steigender Effizienz, d.h. Energieeinsatz pro Rechenleistung pro Server, nimmt also der absolute Stromverbrauch pro Server zu. Gleichzeitig nimmt auch die Anzahl aller Server zu. Ein Umweltzeichen, das die Effizienz von Servern adressiert, sollte deshalb auch den absoluten Strombedarf von Servern berücksichtigen.

Tabelle 1: Servers (stock) in der EU28 in tausend Servern (2020, 2025: Hochrechnung)

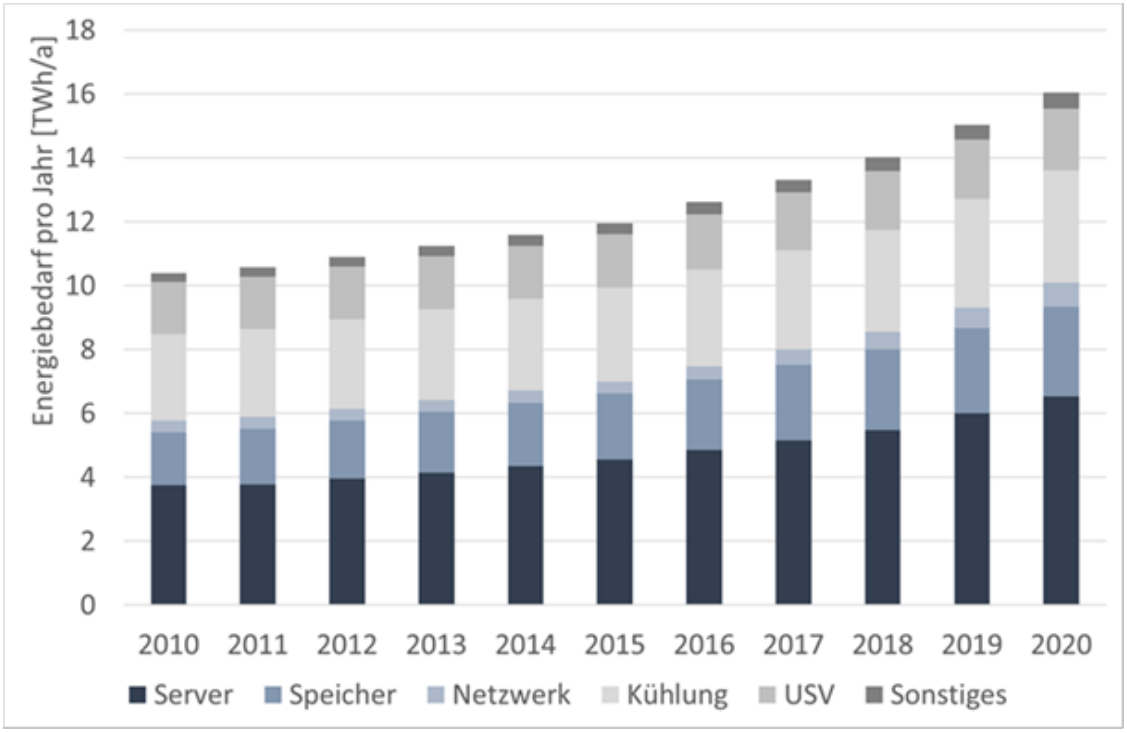
2010	2015	2018	2020	2025
9,538	11,030	11,219	11,316	13,054

Quelle: Montevecchi et al. (2020)

Das Marktforschungsinstitut IDC prognostiziert im Wirtschaftsraum Westeuropa einen Anstieg von Speicherkapazität in Cloud-Rechenzentren von jährlich 29 Prozent für den Zeitraum 2018 bis 2023 (Hülskötter 2019). Es ist anzunehmen, dass die Bedeutung von Servern und Datenspeichergeräten für die Informationstechnik-Infrastruktur in den nächsten Jahren weiter stark zunehmen wird (ebd.).

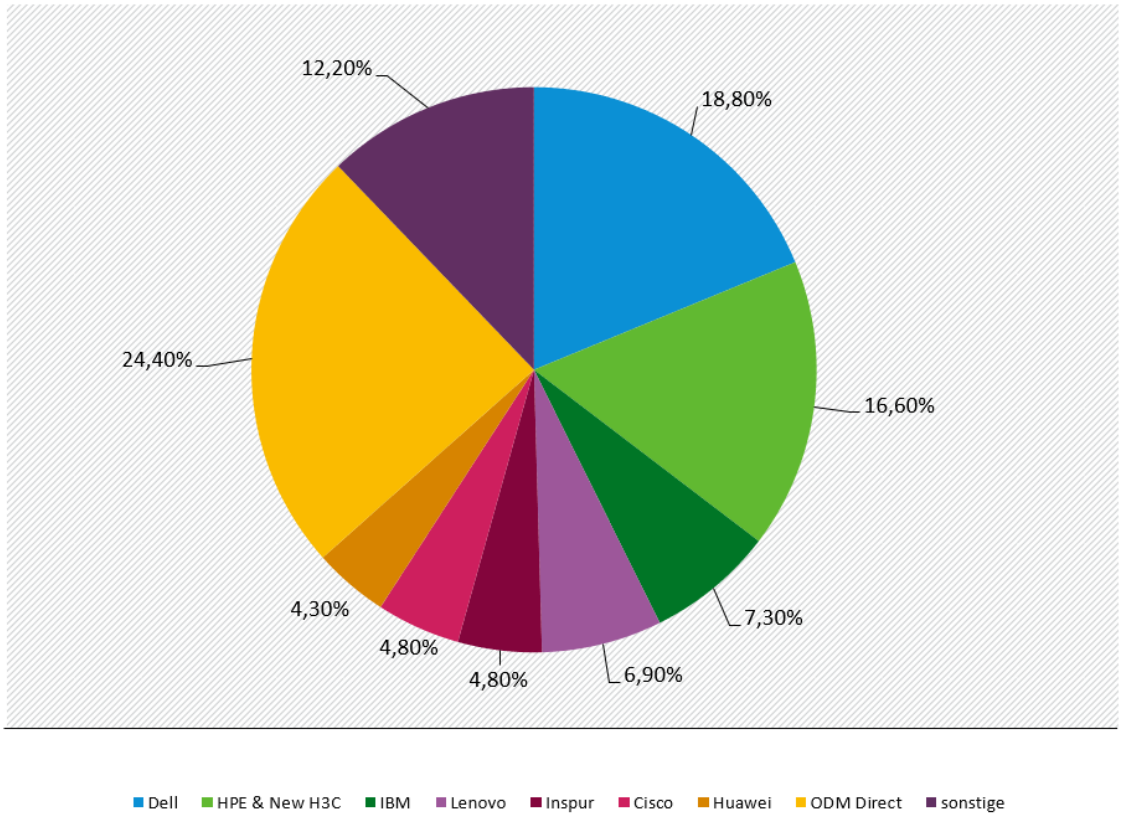
Der Markt wird durch eine Vielzahl von Herstellern und zwei Marktführern (Dell und HPE) geprägt (Windeck 2018). Abbildung 2 zeigt, dass Dell mit einem Marktanteil von knapp 19 Prozent im Jahr 2018 eine marktführende Position hat. Die ODM-Hersteller Quanta QCT, die Wistron-Sparte Wiwynn und Foxconn mit der tschechischen Tochterfirma TradeDX halten zusammengenommen ein knappes Viertel des weltweiten Servermarkts. ODM (Original Design Manufacturer) bezeichnet Unternehmen, die im Namen anderer Unternehmen große Stückzahlen der Auftragsfertigung übernehmen. Die Marktverteilung zeigt keine produktspezifischen Auffälligkeiten.

Abbildung 1: Entwicklung des Energieverbrauchs von Rechenzentren in der EU28 in den Jahren 2010 - 2020



Quelle: Borderstep Institut Hintemann (2019)

Abbildung 2: Server-Weltmarkt-Anteil im 2. Quartal 2018 nach Umsatz



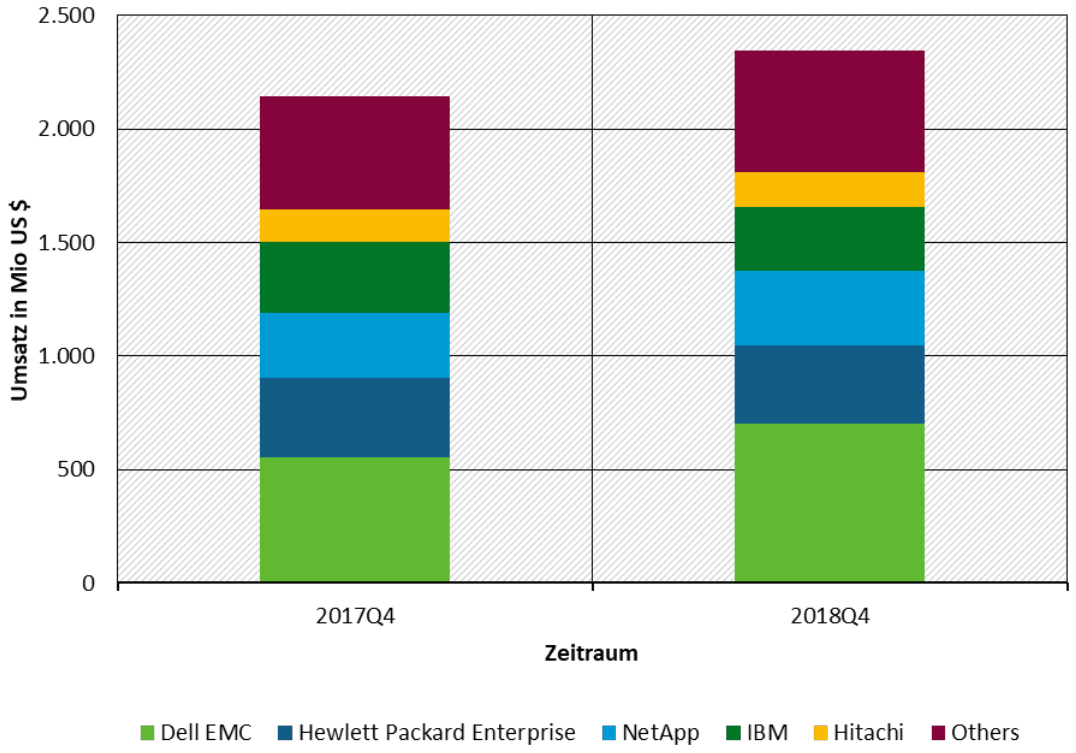
Quelle: Eigene Darstellung nach IDC Windeck (2018)

4.1.2 Datenspeichersysteme

Die durchschnittliche Wachstumsrate des Datenvolumens wird jährlich im Schnitt um 27,2 Prozent bzw. 29 Prozent eingeschätzt (Hülskötter 2019; Rüdiger 2019). Im Wirtschaftsraum EMEA beträgt das Wachstum 26,1 Prozent pro Jahr. Das weltweite Datenvolumen soll zwischen 2018 und 2025 von 33 auf 175 Zettabyte[2] (ZB) zulegen. Laut IDC soll sich das Datenvolumen in der EMEA-Region von 9,5 ZB (2018) auf 43,8 ZB (2025) vergrößern (Rüdiger 2019) . Das Wachstum von All-Flasch-Arrays soll im gleichen Zeitraum bei ca. 10 Prozent liegen (Dubsky 2019).

Abbildung 3 zeigt die Aufteilung des Speicher-Marktes nach Anbietern im Quartal 4 im Jahr 2018 und einen Vergleich mit Quartal 4 im Jahr 2017. Der gesamte Umsatz im Wirtschaftsraum EMEA lag im Jahr 2017Q4 bei 2,14 Milliarden US-Dollar und in 2018Q4 bei 2,35 Milliarden US-Dollar. Die Wachstumsrate liegt damit bei 9,38 %. Die Top-Fünf nach Umsatz auf dem Speicher-Markt sind Dell EMC (ca. 30 %), HPE (ca. 14,6 %), NetApp (ca. 14 %), IBM (ca. 12 %) und Hitachi (ca. 7 %) in der EMEA-Region laut IDC (2019) .

Abbildung 3: EMEA Top 5 Anbieter auf der Speicher-Markt



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von IDC (2019)

4.2 Regulatives Umfeld

Identifikation der vom Produkt zu erfüllende Gesetze, Ökodesign-Anforderungen, Energieverbrauchskennzeichnung oder andere Umwelt- oder Energieeffizienzzeichen.

[2] 1 ZB= 1024 EB (Exabyte); 1 EB = 1024 PB (Petabyte); 1 PB = 1024 TB (Terabyte); 1 TB = 1024 GB (Gigabyte)

4.2.1 Ökodesign

Auf europäischer Ebene gelten ab dem 01.03.2020 die Anforderungen der Ökodesign-Verordnung für Server und Datenspeicherprodukte (Verordnung (EU) 424/2019). Nachfolgend werden die wichtigsten dieser Ökodesign-Anforderungen dargestellt, die ab dem 01.03.2020 für alle Server und Datenspeicherprodukte, die auf dem Europäischen Markt verkauft werden, verpflichtend sind. Ab dem 01.01.2023 werden diese Anforderungen teilweise verschärft.

4.2.1.1 Gegenstand und Anwendungsbereich

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.

4.2.1.2 Netzteile

Der Wirkungsgrad der Netzteile für Server und Datenspeicherprodukte sowie der Leistungsfaktor darf am dem 01.03.2020 nicht unter den in Tabelle 2 angegebenen Werten liegen, ab dem 01.01.2023 nicht unter den in Tabelle 3 angegebenen Werten.

Tabelle 2: Mindestanforderungen der Ökodesign VO an den Netzteil-Wirkungsgrad und den Leistungsfaktor ab dem 1. März 2020

	Mindestwert für den Netzteil-Wirkungsgrad				Mindestwert für den Leistungsfaktor
% der Nennlast	10 %	20 %	50 %	100 %	50 %
Mehrere Ausgänge	-	88 %	92 %	88 %	0,90
Einzelausgang	-	90 %	94 %	91 %	0,95

Quelle: Verordnung (EU) 424/2019

Tabelle 3: Mindestanforderungen der Ökodesign VO an den Netzteil-Wirkungsgrad und den Leistungsfaktor ab dem 1. Januar 2023

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

Quelle: Verordnung (EU) 424/2019

In den Anforderungen wird unterschieden in Netzteile mit mehreren Ausgängen und in Netzteile mit Einzelausgang. Nach den Begriffsbestimmungen der Ökodesign-Verordnung (Verordnung (EU) 424/2019) ist ein „Netzteil mit mehreren Ausgängen“ dabei ein Netzteil, das dafür ausgelegt ist, den Hauptteil seiner Nennausgangsleistung *an mehr als einen* primären Gleichstromausgang zur Stromversorgung eines Servers oder Datenspeicherprodukts

abzugeben. Beispielsweise kann solch ein Netzteil sowohl 5 Volt, als auch -12 und +12 Volt bereitstellen (3 Ausgänge). Ein „Netzteil mit Einzelausgang“ ist dagegen dafür ausgelegt, den Hauptteil seiner Nennausgangsleistung *an einen* primären Gleichstromausgang abzugeben. Solche Netzteile mit Einzelausgang können auch redundant ausgelegt sein, d.h. die gleiche Spannung kann aus Gründen der Ausfallsicherheit mehrfach zur Verfügung gestellt werden, ohne dass solche Netzteile als Netzteil mit mehreren Ausgängen bezeichnet werden.

Die Ökodesign-Mindestanforderungen können in die Klassifikation des Gütezeichens „80plus power supplies“ eingeordnet werden (vgl. Abschnitt 4.2.3.1.2). Dabei entspricht die Anforderung für Netzteile mit mehreren Ausgängen denen von 80plus power supplies in der Gerätekategorie „230 V Internal Redundant“ der Güteklasse „80 PLUS Gold“ und die der Netzteile mit Einzelausgang der Güteklasse „80 PLUS Platinum“. Die Anforderungen, die ab dem 01.01.2023 gelten, liegen eine Güteklasse höher (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4: Zuordnung der Ökodesign-Anforderungen zur Klassifikation „80plus power supplies“ in der Gerätekategorie „230 V Internal Redundant“

Ökodesign-Anforderungen	ab 01.03.2020	ab 01.01.2023
Mehrere Ausgänge	80 PLUS Gold	80 PLUS Platinum
Einzelausgang	80 PLUS Platinum	80 PLUS Titanium

Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut

4.2.1.3 Materialeffizienz

De 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 bereitzustellen. 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.

4.2.1.4 Energieeffizienz

Server mit einem oder zwei Prozessorsockeln müssen ab dem 01. März 2020 Anforderungen an die maximal zulässige Leistungsaufnahme im Leerlaufzustand (P_{idle}) und die Mindesteffizienz im Aktivzustand (Eff_{Server}) einhalten. Von den Effizienzanforderungen ausgenommen sind:

- Ausfallsichere Server („resilient server“), d.h. Server mit umfangreichen Funktionsmerkmalen für hohe Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Wartbarkeit sowie Skalierbarkeit,
- High-Performance-Computing-Server (HPC), definiert als Server, die für die Ausführung hochgradig paralleler Anwendungen, für Hochleistungsrechnen oder für künstliche Intelligenzanwendungen mit Deep Learning konzipiert und optimiert wurden, und

- Server mit „Hilfs-Verarbeitungsbeschleuniger“ (APA = Auxiliary Processing Accelerator), die in die Hauptplatine oder in das Prozessormodul integriert sind.

Die maximal zulässige Leistungsaufnahme im Leerlaufzustand (P_{idle}) berechnet sich jeweils aus einer zulässigen Leistungsaufnahme der Basiseinheit (P_{base}), die nach 1-Sockel-, 2-Sockel-, Blade- oder Multi-Node-Server differenziert wird, sowie zusätzlichen Leistungsaufnahmen (P_{add_i}), die für alle verbauten CPUs, zusätzliche (redundante) Netzteile, Festplatten, Arbeitsspeicher sowie weitere Komponenten vergeben werden.

Die Berechnung der Mindesteffizienz im Aktivzustand (Eff_{Server}) berechnet sich dabei nach dem neuen SERT-2 Messverfahren (vgl. Absatz 4.2.2.1). Als Mindesteffizienz im Aktivzustand (Eff_{Server}) werden für Server die in Tabelle 5 genannten Werte gefordert.

Tabelle 5: 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: Verordnung (EU) 424/2019

Zum Vergleich bzw. zur Verortung des umweltbezogenen Anspruchs dieser Anforderungswerte siehe Abschnitt 4.2.3.1.4 Die Anforderungen der neuen Version 3 des Energy Star Computer Server sind dort in Tabelle 15 aufgelistet. Grundsätzlich ist festzustellen, dass die Anforderungen des Energy Star Programms sowohl, was die Produktunterscheidung angeht, stärker ausdifferenziert sind, als auch vom individuellen Wert anspruchsvoller sind. Insbesondere die am häufigsten verkauften Server-Produkte am Markt (2-Sockel/2-CPU) werden bei der Mindestanforderung der Europäischen Ökodesign Richtlinie unterfordert.

Aufgrund fehlender Messdaten kann der Anspruch zur Einhaltung des Grenzwertes (Maß der Anforderung) nicht fundiert beurteilt werden.

4.2.2 Messstandards

Im Folgenden wird für Server und Speicherprodukte jeweils ein international anerkannter Standard vorgestellt. SPEC SERT 2 gilt für Server, SNIA Emerald für Speicherprodukte.

4.2.2.1 SPEC SERT 2

Das SPEC Server Efficiency Rating Tool (SERT) ist ein methodischer Ansatz zur Ermittlung der Energieeffizienz von Servern unter Berücksichtigung deren Konfiguration für unterschiedliche funktionale Arbeitsaufgaben und Leistungsintensitäten.

SERT wurde im Kontext des Energy Star Programms für Computer Server in Kollaboration mit der US-amerikanischen Umweltbehörde EPA (Environmental Protection Agency) durch SPEC (Standard Performance Evaluation Corporation) entwickelt. Am 17.09.2018 hat die Behörde den SPEC SERT in der Version 2.0.1 für den Konformitätsnachweis der überarbeiteten Version 3.0 Energy Star für Computer Server verpflichtend gemacht. Damit wurden auch Grenzwerte für den aktiven Zustand definiert, die mit Wirkung zum 17.06.2019 verbindlich werden. Diese neuen Grenzwerte wurden bereits mit dem neuen SERT gesammelten Daten ermittelt.

Aktuell liegt für den Gebrauch die folgende Version vor:

- SPEC SERT 2.0.2
  Veröffentlicht am 18. März 2019, diese Version enthält die PT Daemon-Toolversion 1.9.0 und ein Update für große AIX-Speicherkonfigurationen.

Das Kennzahlensystem bzw. das Testverfahren von SERT 2 wurde durch eine Arbeitsgruppe innerhalb des Standard Performance Evaluation Corporation (SPEC) erarbeitet. Zu dieser Arbeitsgruppe gehören neben führenden amerikanischen Unternehmen wie Intel, HPE, Dell und IBM auch die Universität Würzburg.

4.2.2.1.1 Benchmarks und Messgrößen

Im Dokument „The SERT 2 Metric and the Impact of Server Configuration“ (Kistowski et al. 2021) wird der prinzipielle Ansatz von SERT bestehend aus Workloads und Worklets erläutert.

SERT unterscheidet drei separate Workloads für Prozessoren (CPU), Arbeitsspeicher (Memory) und Festspeicher (Storage). Jeder dieser Workloads besteht aus einer Reihe von separaten Mini-Workloads, die als Worklets bezeichnet werden. Jedes der Worklets wird auf mehreren Laststufen (100 %, 75 %, 50 % und 25 %) ausgeführt. Diese Auslastungsgrade werden anhand der Transaktionsrate definiert, mit der das Worklet ausgeführt wird. Jedes Worklet verfügt über Transaktionen, die die grundlegenden Arbeitseinheiten sind, die von dem Worklet ausgeführt werden (z. B. ist ein Array, das komprimiert wird, eine Transaktion für das Compress-Worklet).

Der Durchsatz (Anzahl der pro Sekunde ausgeführten Transaktionen) ist die Hauptkennzahl für jedes Worklet. Das maximale Lastniveau (100 %) wird dann als das Lastniveau definiert, bei dem so viele Transaktionen wie möglich pro Sekunde ausgeführt werden. Ein niedrigeres Lastniveau wird erreicht, indem bewusst zwischen separaten Transaktionen gewartet wird, um eine geringere Leistung und eine geringere Systemauslastung zu erreichen. Zum Beispiel werden bei einer Auslastung von 75 % pro Sekunde nur 75 % der maximal möglichen Anzahl von Transaktionen ausgeführt.

Es ist wichtig zu verstehen, dass die Laststufen bzw. das Lastniveau nicht der CPU-Auslastung entsprechen. Ein Auslastungsgrad von 50 % bedeutet nur, dass ein Worklet im Vergleich zur Volllast nur 50 % der möglichen Transaktionen ausführt. Dies bedeutet nicht, dass die CPU zu 50 % ausgelastet ist. Es ist auch notwendig zu verstehen, dass einige Worklets, z. B. die Storage-Worklets, die CPU nicht vollständig auslasten können und dennoch einen Auslastungsgrad (der Speicher) von 100 % widerspiegeln.

Die funktionale Leistung und der Stromverbrauch werden für jedes Worklet und für jede Laststufe einzeln gemessen. Die normalisierte Energieeffizienz wird aus diesen Messergebnissen berechnet. Die Workload-Bewertung ist eine Zusammenfassung aller Worklet-Bewertungen und stellt eine Workload-Effizienz-Bewertung dar, wie gut das getestete System für alle Worklets in der angegebenen Kategorie funktioniert.

4.2.2.1.1.1 Workload CPU

Die SERT-Suite umfasst insgesamt sieben verschiedene CPU-Worklets. Die für jedes dieser Worklets verwendete Leistungskennzahl (Metric) ist der in Transaktionen pro Sekunde gemessene Durchsatz. Jedes CPU-Worklet mit Ausnahme des hybride SSJ-Worklets wird standardmäßig mit Ziellasten von 100 %, 75 %, 50 % und 25 % ausgeführt.

Prozessor / CPU Worklets:

- **1. Compress:** Dieses Worklet implementiert eine Transaktion, die Daten unter Verwendung einer modifizierten Lempel-Ziv-Welch-Methode (LZW)[3] komprimiert und dekomprimiert.[4]
- **2. CryptoAES**: Implementiert eine Transaktion, die Daten mithilfe der AES-Blockchiffrieralgorithmen unter Verwendung des Java Cryptographic Extension-Frameworks (JCE) verschlüsselt und entschlüsselt. Folglich kann CryptoAES die speziellen AES-Anweisungen moderner CPUs verwenden.
- **3. LU:** Implementiert eine Transaktion, die die LU-Faktorisierung (Zerlegung) einer dichten Matrix durch partielles Pivoting (Multiplikation mit einer Permutationsmatrix) berechnet. Es übt lineare Algebra-Kernel (BLAS) und dichte Matrixoperationen aus.
- **4. SHA256:** Verwendet Java-Standardfunktionen zum Durchführen von SHA-256-Hash-Transformationen in einem Byte-Array. Dieses Byte-Array wird für jede Transaktion um ein Byte gestört, so dass jede Transaktion mit anderen Eingabedaten arbeitet und einen anderen Hash-Wert generiert.
- **5. SOR** (Jacobi Successive Over-Relaxation): Implementiert eine Transaktion, die typische Zugriffsmuster in Anwendungen mit endlichen Unterschieden ausführt, z. B. das Lösen der Laplace-Gleichung in 2D mit Dirichlet-Randbedingungen. Der Algorithmus führt grundlegende "Rastermittlungs" -Speichermuster aus, wobei jedem A (i, j) eine durchschnittliche Gewichtung seiner vier nächsten Nachbarn zugewiesen wird.
- **6. SORT**: Implementiert einen Sortieralgorithmus, der bei jeder Transaktion ein randomisiertes 64-Bit-Integer-Array sortiert.
- **7. Hybrid / SSJ**: Das hybride SSJ-Worklet beansprucht sowohl die CPU als auch den Arbeitsspeicher, wobei je nach Systemkonfiguration entweder die CPU oder RAM einen Engpass bildet. Es wird bei acht Laststufen gemessen; 12,5; 25; 37,5; 50; 62,5; 75; 87,5 und 100 %. SSJ führt mehrere verschiedene Transaktionen gleichzeitig aus, die eine Unternehmensanwendung simulieren. Ihre Leistungsmetrik ist Transaktionen pro Sekunde (Durchsatz).

Wie diese sieben Benchmarks verdeutlichen, orientiert man sich bei der Beurteilung der Leistungscharakteristik der CPU an unterschiedlichen Algorithmen und nicht an konkreten Anwendungsaufgaben. Obwohl bestimmte Anwendungen wie Kompression, Verschlüsselung, Transaktionsrate, etc. durch SERT adressiert werden, bestehen heutzutage die meisten Anwendungen (Dienste) aus mehreren Funktionalitäten bzw. Kombinationen von Algorithmen. Compress, CryptoAES, SHA256 und SORT Funktionalitäten sind heute Bestandteil fast jeder Anwendung. Datenbankanwendungen werden verstärkt SORT und SHA256 Effizienz benötigen, aber nicht ausschließlich. Das Prinzip der SERT Bewertung ist daher auf eine komplexere Einzeldatenerhebung und Ergebnisaggregation ausgelegt. Die Nutzer*in erhält zur Interpretation der funktionalen Leistungsfähigkeit (und Energieeffizienz) mit den unterschiedlichen Worklets eine deutlich breitere Datenbase. Prinzipiell kommt es heute bei fast

[3] Lempel-Ziv-Welch ist eine Methode zur Komprimierung von Daten
[4] Die Methode findet gemeinsame Substrings und ersetzt diese mit Code variabler Länge. Dies ist deterministisch und wird on-the-fly ausgeführt. Deshalb benötigt dieses Verfahren keine Eingangstabelle, aber es verfolgt, wie die anfängliche Tabelle erstellt wurde.

allen Anwendungen auf eine hohe Parallelität, IO Bandbreite und Festplattenkonfiguration an (siehe hierzu mehr Informationen weiter unten).

4.2.2.1.1.2 Workload Memory

Die Arbeitsspeicherauslastung Workload besteht aus zwei Worklets, die mit dem installierten Arbeitsspeicher skalieren. Die primären getesteten Speichereigenschaften sind Bandbreite und Kapazität. Dies bedeutet insbesondere, dass die Worklets so ausgelegt sind, dass sie einen höheren (besseren) Leistungswert mit verbesserten Speichereigenschaften (z. B. höhere Bandbreite, geringere Latenz, Gesamtspeichergröße) messen.

Arbeitsspeicher / Memory Worklets:

- **1. Flood:** Ein sequenzieller Speicher-Bandbreitentest, bei dem Speicher mithilfe von Rechenoperationen und Kopieranweisungen belastet werden. Bei Flood handelt es sich um Multithreading-Server, die Server mit mehreren CPUs und DIMMs belegen können. Es passt sich automatisch an, um den gesamten verfügbaren RAM des Systems zu nutzen. Es läuft auf zwei Laststufen, die als "Full" und "Half" bezeichnet werden, und beansprucht den gesamten bzw. die Hälfte des Systemspeichers. Die Leistungsbewertung von Flood ist eine Funktion der während des Tests gemessenen Bandbreite.
- **2. Capacity:** Ein Speicherkapazitätstest, der XML-Vorgänge für einen minimalen und maximalen Datensatz ausführt. Capacity ist das einzige Worklet, das mit Speicherkapazität anstelle von Transaktionsrate oder Benutzeranzahl skaliert werden kann. Das Capacity-Worklet speichert Überprüfungsergebnisse im Arbeitsspeicher. Die Überprüfung von Eingabedaten, die sich nicht bereits im Cache befinden, führt zu einer Leistungsbeeinträchtigung, da die Eingabedaten geprüft werden. Systeme mit größeren Speichermengen können mehr Ergebnisse zwischenspeichern und unterstützen daher einen größeren Datensatz. SERT v2.x berechnet den größten Datensatz, den das System mit minimalen Performanceeinbußen speichern kann. Die endgültige Metrik ist eine Funktion der Datensatzgröße und der Transaktionsrate, die die Leistungsstrafen einschließt.

4.2.2.1.1.3 Workload Storage

SERT umfasst eine Workload zum Testen des Festspeichers, um einen abgerundeten Systemtest zu ermöglichen. Diese Speicher-Worklets testen nur die internen Festspeicher des Servers und nicht den externen Speicher (z.B. SAN oder NAS, die Gegenstand der SNIA Emerald Energieeffizienz-Spezifikation sind). Speichertests werden auf nur zwei Laststufen 100 % und 50 % ausgeführt, wobei Transaktionen pro Sekunde (Durchsatz) als Leistungsmetrik dienen. Die Speicher-Worklets dienen in erster Linie dazu, die Festplatten IO eines Servers zu testen, nicht das gesamte Speichersubsystem. Daher müssen Datenträger-Caches während des Speichertests deaktiviert werden.

Die Workload für Festspeicher umfasst zwei Worklets mit Lese- und Schreibtransaktionen:

- Random: Liest und schreibt Daten in zufällige Dateispeicherorte.
- Sequenziell: Liest und schreibt Daten in den und vom Dateispeicherort, die nacheinander ausgewählt werden

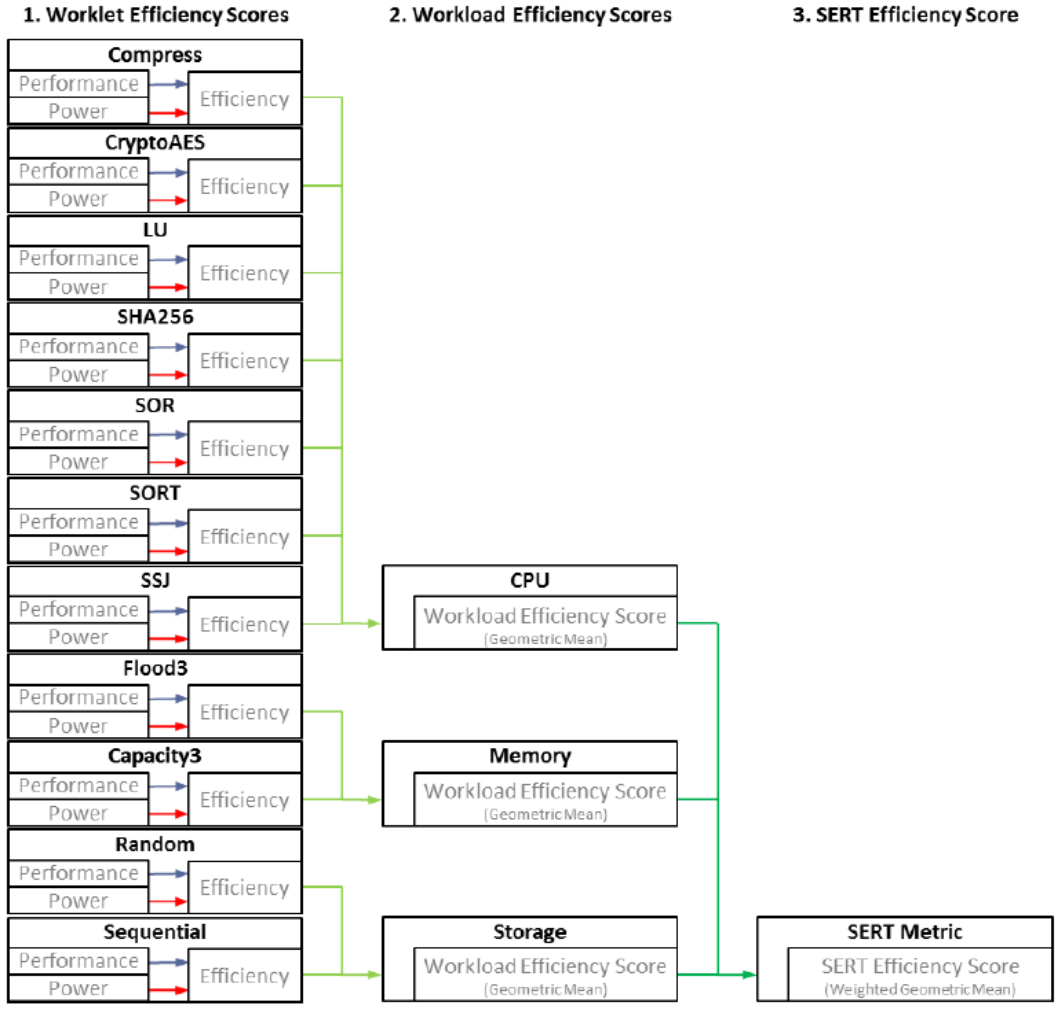
4.2.2.1.1.4 Worklaod Idle

Der Leerlauf (Idle) ist die einzige „Workload“, für die es keine Leistungskennzahl gibt, da auf dem getesteten System keine (aktiven) Aktionen ausgeführt werden. Es wird bei dieser „Pseudo Workload“ lediglich der Energieverbrauch im Leerlauf gemessen. Die Idle Leistungskennzahl findet keinen Eingang in die SERT Metrik und wird lediglich als zusätzliche Information gemessen und angegeben.

4.2.2.1.2 Methodischer Ansatz des Kennzahlensystems

Die SERT-2-Metrik wird in drei Schritten berechnet, wobei jeder dieser Schritte eine weitere Aggregation darstellt und final den SERT Efficiency Score ergibt (vgl.: Abbildung 4)

Abbildung 4: SERT Metrik Methode der Aggregation der Testergebnisse



Quelle: Kistowski et al. (2021)

4.2.2.1.2.1 Berechnung der Worklet Effizienzkennzahl

Für die Berechnung der einzelnen Worklet-Effizienzwerte *Eff Load* werden für alle SERT-Worklets (mit Ausnahme von Idle) die pro Laststufe gemessen normierten Transaktionen (Performance) durch die entsprechend gemessene, durchschnittliche elektrische Leistungsaufnahme (Power) geteilt. Tabelle 6 zeigt am Beispiel eines CryptoAES Worklets

sowohl die leistungs- und energiebezogenen Messwerte als auch die berechneten Effizienzkennzahlen für die einzelnen Lastbereiche.

Tabelle 6: Beispiel für CryptoAES Worklet Effizienzwerte

Laststufe	Normierte Performanz	Leistung	Effizienz
25 %	49,616	176,583 W	0,281
50 %	99,221	294,086 W	0,337
75 %	148,823	407,581 W	0,365
100 %	199,476	469,005 W	0,425

Quelle: Kistowski et al. 2021

Im zweiten Schritt erfolgt die aggregierte Worklet-Effizienzwertbildung *Eff Worklet, die* unter Verwendung des geometrischen Mittelwerts der einzelnen Laststufenwerte 25 %, 50 %, 75 % und 100 % berechnet wird (vgl.: Formel 1).

Formel 1: Berechnung der aggregierten Worklet Effizienz

$$Eff_{worklet} = \exp\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \ln\left(Eff_{load_i}\right)\right) \cdot 1000$$

Das geometrische Mittel dient im Gegensatz zum arithmetischen Mittel zur Messung des Durchschnitts einer prozentualen Veränderung, also der durchschnittlichen Veränderungsrate. Dies hat den Vorteil, dass die durch ein arithmetisches Mittel normalerweise begünstigten Messwerte in den höheren Lastniveaus bzw. auch bei „Ausreißern“ nicht überbewertet werden. Des Weiteren wird damit der realen Performanz der Serversysteme mehr Rechnung getragen, da diese in der Praxis häufig nur gering ausgelastet sind. Das geometrische Mittel behandelt also relative Wirkungsgradänderungen bei jedem Lastniveau gleich. Schließlich wird das resultierende geometrische Mittel mit einem Faktor 1000 multipliziert. Dies ist ein kosmetischer Faktor, der gewählt wurde, um den resultierenden Zahlenwert in einen leichter lesbaren Bereich zu verschieben. Die nachstehende Formel 2 zeigt die Berechnung der aggregierten Worklet Effizienz anhand des oben gezeigten CryptoAES Beispiels.

Formel 2: Beispiel für die Berechnung der aggregierten Worklet Effizienz

$$Eff_{worklet} = \exp\left(\frac{1}{4} \cdot (\ln(0{,}281) + \ln(0{,}337) + \ln(0{,}365) + \ln(0{,}425))\right) \cdot 1000 = 348{,}33$$

Die aggregierte Workload-Effizienz *Eff workload* wird berechnet, indem die Effizienzwerte aller Worklets innerhalb der Workload (z.B. CPU) ebenfalls mit dem geometrischen Mittelwert zusammengefasst werden (vgl.: Formel 3). Im Ergebnis ergeben sich je ein Mittelwert (Workload Effizienzkennzahl) für CPU, Memory und Storage.

Formel 3: Berechnung der aggregierten Workload Effizienz

$$Eff_{workload} = \exp\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} ln\left(Eff_{worklet_i}\right)\right)$$

Die nachstehende Formel 4 zeigt ein Berechnungsbeispiel für einen Festspeicher Workload, welches aus einem Random Worklet mit dem Wert 14,36 und einem Sequential Worklet mit dem Wert 33,86 gebildet wird.

Formel 4: Beispiel für die Berechnung einer aggregierten Workload Effizienz

$$Eff_{workload} = \exp\left(\frac{1}{2}(\ln(14{,}36) + \ln(33{,}86)\right) = 22{,}05$$

4.2.2.1.2.2 Berechnung der finalen SERT-2 Effizienzkennzahl

Die sogenannte SERT-2-Metrik kombiniert alle drei Workload-Effizienzwerte zu einer finalen Kennzahl. Im Gegensatz zu den vorangegangenen Schritten zur Aggregation der Effizienzkennzahlen für die einzelnen Worklets und Workloads wird im letzten Schritt nun ein gewichtetes geometrisches Mittel gebildet. Die Gewichtung der einzelnen Workloads ist wie folgt:

- Prozessor / CPU: 65 % (Hoch)
- Arbeitsspeicher / Memory: 30 % (Mittel)
- Festspeicher / Storage: 5 % (Niedrig)

Laut SPEC wurde diese Gewichtung von Experten festgelegt. Die Gewichtung repräsentiert demnach die reale Verteilung von Workloads in der Praxis von Rechenzentren. Es wird von SPEC betont, dass beispielsweise der hohe CPU-Anteil von 65 Prozent nicht ausschließlich Prozessorleistung bedeutet, da der Prozessor ja immer in Wechselwirkung zum Arbeitsspeicher steht. Entsprechend sind alle Systemelemente bei allen Tests in irgendeiner Weise vertreten.

Die nachstehende Formel 5 zeigt die beispielhafte Berechnung der SERT-2-Effizienzkennzahl aus drei Workload Effizienzwerten (CPU 85,75; Memory 36,50; Storage 22,05). Die Höhe des Wertes drückt den Grad der Effizienz aus.

Formel 5: Beispiel für die Berechnung einer aggregierte SERT 2

$$\text{SERT 2 Efficiency Score} = \exp\left(0{,}65 \cdot \ln(88{,}75) + 0{,}3 \cdot \ln(106{,}76) + 0{,}05 \cdot \ln(22.05)\right) = 62{,}01$$

4.2.2.1.3 Einflüsse auf die Effizienzkennzahl

Grundsätzlich wirken sich auf den Energieeffizienzwert die Anzahl der Komponenten (CPU, RAM, Festplatten, etc.) aus. Mehr Komponenten bewirken eine höhere elektrische Leistungsaufnahme. Allerdings können mit diesem „mehr“ an Hardware auch die funktionalen Aufgaben oftmals schneller – und damit effizienter – abgearbeitet werden. Im Folgenden werden hierzu einige prinzipielle Beispiele dargelegt.

4.2.2.1.3.1 Prozessoroptimierung

Die SERT 2 Effizienzkennzahl wird maßgeblich durch die aggregierten Worklet Effizienzwerte beeinflusst, wobei die CPU Worklets bzw. die aggregierten CPU Workloads den stärksten Einfluss haben. Änderungen in der Systemkonfiguration wie beispielsweise höher taktende Prozessoren, mehr RAM, oder andere Netzteile wirken sich auf die Worklet Werte aus. Die Wahl der CPU scheint aber den primären Einflussfaktor darzustellen. Ein Grund hierfür ist neben der hohen Gewichtung der CPU Workload auch die Art und Weise wie die sieben CPU Worklets konzipiert sind. Diese sollen die CPU maximal auslasten. Ein Leistungskriterium ist dabei, dass die CPU ein hohes Niveau an Parallelität in allen Lastbereichen erzielt. Dadurch wird mit vergleichbarer elektrischer Leistungsaufnahme eine hohe Arbeitslast bewältigt. Die Entwickler der SERT-2-Metrik geben hierfür ein Beispiel an (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7: Beispiele für SERT 2 Effizienzwerte für unterschiedliche CPU Modelle

Prozessor	CPU-Effizienz	Memory-Effizienz (Arbeitsspeicher)	Storage-Effizienz (Speicher)	SERT 2 Effizienz Punktzahl
E5-2699 v3 – 2,3 GHz – 18 Kerne	85,75	36,50	22,05	62,01
E5-2660 v3 – 2,6 GHz – 10 Kerne	75,75	41,92	16,69	59,30
E5-2603 v3 – 1,6 GHz – 6 Kerne	41,69	39,80	23,94	39,99

Quelle: Kistowski et al. 2021

Die Werte zeigen, dass die CPU mit der höchsten Anzahl an Kernen trotz geringerer Prozessortaktung und schlechteren Speicherwerten den besten Gesamtwert (Score) aufweist. Auch wirkt sich der Umstand positiv aus, dass die einzelnen Worklet Werte geometrisch gemittelt wurden und damit die vergleichsweise gute Performance in den niederen Lastbereichen (mit geringerer Taktung aber hoher Parallelität) insgesamt zum Tragen kommt.

4.2.2.1.3.2 Arbeitsspeicheroptimierung

Ein zweiter Haupteinflussfaktor für gute Energieeffizienz besteht in der Konfiguration des Arbeitsspeichers. Positiv wirkt sich eine Verteilung der Speicherkapazität auf eine höhere Anzahl an DIMMs aus. In diesem Fall steht mehr IO Bandbreite (Kanäle) zur Verfügung, die effektiv für die Parallelisierung genutzt werden kann. Hohe Arbeitsspeicherbandbreite wirkt sich sowohl positiv auf den Memory Effizienzwert als auch auf den CPU Effizienzwert aus. Eine Verdoppelung der Bandbreite (z.B. von vier auf acht Kanäle) kann je nach Anzahl der Prozessorkerne die Energieeffizienz um bis zu 20 Prozent verbessern.

Weniger stark aber noch immer deutlich wirkt sich auch die Erhöhung der Arbeitsspeicherkapazität aus. Eine Verdoppelung des Arbeitsspeichers von 64 GB auf 128 GB beispielsweise verbessert sowohl den Memory Effizienzwert als auch den Storage Effizienzwert und verschlechtert aufgrund der leicht erhöhten elektrischen Gesamtleistungsaufnahme nur unwesentlich den CPU Score. Gleichzeitig wirken sich bei hoher RAM Kapazität schnell taktende Prozessoren positiv auf die Systemeffizienz aus.

4.2.2.1.3.3 Festplattenspeicheroptimierung

Eine hohe Anzahl von Festplatten wirkt sich negativ auf die CPU und Arbeitsspeichereffizienz aus, da sie eine zusätzliche Leistungsaufnahme ohne funktionalen Nutzen in diesen beiden Workloads erzeugen. Vor diesem Hintergrund sind Festplattenspeicher mit geringer Leistungsaufnahme im Leerlauf wie beispielsweise SSDs (die keinen mechanischen Antrieb haben wie HDDs) für die Systemenergieeffizienz besser. Bei Servern, die auf eine hohe Kapazität

von Festplattenspeicher ausgelegt sind, sind CPU und RAM angemessen zu konfigurieren, weil eine hohe Prozessorperformanz für diese Anwendung nicht benötigt wird.

4.2.2.1.3.4 Netzteiloptimierung

Ein weiteres Konfigurationsmerkmal mit positiver Wirkung ist die Netzteilauslegung. Netzteile mit einem besonders guten Wirkungsgrad in allen Teillastbereichen verbessern die Energieeffizienzwerte in allen Worklet Tests. Da fast alle Server mit redundanten Netzteilen ausgelegt sind und zur Ausfallsicherung im aktiven Betrieb stehen, sollten beide Netzteile entsprechend hohe Wirkungsgrade aufweisen.

4.2.2.1.4 Annäherungswerte für SERT 2 abgeleitet aus SERT 1

Das SERT Entwicklerteam liefert im Anhang A des SERT-2 Begleitdokuments methodische Hinweise zur Umrechnung von Effizienzkennzahlwerten des SERT 1.1.1 in einen Sert-2 Wert. Dabei wird betont, dass man nur Ergebnisse konvertierten kann, wenn alle Intervalldetails (alle Einzellastwerte der Worklet-Tests) verfügbar sind. In Fällen, in denen nur die aggregierten Effizienzwerte (Workload) verfügbar sind, können SERT 2 nicht genau abgeleitet werden.

Um SERT 1.1.1 Werte umzuwandeln, werden die Rohdaten aus der Messergebnisdatei benötigt[5]. Für jedes Messintervall (100 %, 75 %, 50 %, 25 %) müssen die individuellen Messwerte (Scores) durch den workletspezifischen Referenzwert der nachstehenden Tabelle (Tabelle 8) geteilt werden, um den SERT-2-Wert Normalized Performance zu berechnen.

Tabelle 8: Referenzwerte zur Umrechnung in SERT-2

Worklet	Referenzpunktzahl
CPU Compress	6924,40
CPU CryptoAES	59008,11
CPU LU	19546,51
CPU SOR	15056,53
CPU XMLvalidate	Nicht enthalten in SERT 2
CPU Sort	20887,07
CPU SHA256	976,85
Storage Sequential	338,46
Storage Random	136,59
Hybrid SSJ	354112,34

Quelle: Kistowski et al. 2021

Im nächsten Schritt muss für jedes Lastniveau der SERT-2-Effizienzwert neu berechnet werden, indem der im ersten Schritt umgerechnete, normalisierte SERT 2-Leistungswert mit 1000 multipliziert und dann durch die durchschnittlich gemessene elektrische Leistungsaufnahme im aktiven Betriebszustand dividiert wird. Im Anschluss ist das geometrische Mittel der einzelnen Laststufenwerte zu berechnen, um den SERT-2 Worklet-Effizienzwerte zu bekommen.

[5] Siehe: results-details.html in der Tabelle "Leistungsdaten" (Spalte "Bewertung") und in der Tabelle "Leistungsdaten" (Spalte "Durchschnittliche aktive Leistung (W)") für jedes Worklet. In der Ausgabe des SERT-2-Metrikberichts (reporter.sh -r results / sert-xxxx / results.xml -c -x results / XSL-File / csv-metrics.xsl) befinden sich die Werte in Spalten mit Namen wie "Komprimiere 100 % Perf" und "Komprimiere 100 % Watt". Die Werte "Normalized Perf" dürfen nicht verwendet werden.

Die nachstehende Tabelle 9 zeigt die prinzipielle Umrechnung am Beispiel eines Compress Worklets. Auf Basis SERT 2-Worklet-Effizienzfaktor (Load Level Efficiency Score) wird für den aggregierten Workload Effizienzwert das geometrische Mittel gebildet, sodass sich der Wert 5,742909 ergibt.

Tabelle 9: Beispiel für die Umrechnung eines Compress Worklets

Laststufe	SERT 1.1.1 Score	SERT 1.1.1 Mittlere Leistung (active power)	SERT 2 Referenzpunktzahl	SERT 2 Normierte Performanz	SERT 2 Laststufen Effizienzpunkzahl
100 %	7053.604377	151.407107	6924.40	1.01866	6.727949
75 %	5398.947832	139.427934	6924.40	0.779699	5.592129
50 %	3591.575764	74.890165	6924.40	0.518684	6.925930
25 %	1800.210682	62.280413	6924.40	0.259981	4.174358

Quelle: Kistowski et al. 2021

Das oben beschriebene Vorgehen ist für alle Worklets gleich. Lediglich für die Memory Worklets (Flood 2 zu Flood 3 und Capacity 2 zu Capacity 3) werden andere Referenzwerte benötigt. Diese recht komplizierte Umrechnung wird im Erläuterungsdokument SERT 2 Metrik (Seite 16 bis 18) detailliert ausgeführt[6].

4.2.2.1.5 Mindestanforderung des neuen Energy Star V3.0 an die Energieeffizienzkennzahl

In der aktuellen Energie Star Version 3.0 für Computer Server werden auf Basis des SERT-2 die in Tabelle 15 aufgelisteten Grenzwerte für die aggregierte Energieeffizienz im aktiven Zustand festgelegt (siehe Abschnitt 4.2.3.1.4).

4.2.2.1.6 Einschätzung des SERT-2:

Mit der SERT-2 Energieeffizienzkennzahl kann die relative Energieeffizienz von Serversystemen im aktiven Modus gut bewertet werden. Die verfügbaren Informationen aus den Benchmark-Tests der einzelnen Worklets und aggregierten Workloads sind sehr umfänglich und bilden ein breites Nutzungsszenario mit schwankenden Auslastungen ab. Dies ist repräsentativ für die meisten Anwendungen von Servern in Rechenzentren.

Allerdings werden Beschleunigungskarten, spezialisierte Co-Prozessoren mit entsprechend neuen Arbeitsspeicherkonzepten, Netzwerk-Controller und andere Funktionalitäten, wie sie vermehrt in aktuellen Systemen zum Einsatz kommen, noch nicht adäquat getestet. Dies ist jedoch nur eine marginale Schwäche von SERT-2.

Für einen Beschaffer ist die SERT-2 Kennzahl bei vergleichbaren Systemkonfigurationen prinzipiell ein gutes Hilfsmittel. Jedoch ist sie alleinstehend nicht ganzheitlich aussagekräftig. Die aggregierte SERT-2 Kennzahl bewertet hoch performante Systeme etwas besser, da diese (relativ gesehen) auch wirklich effizienter sind. Absolut betrachtet, benötigen aber diese Serversysteme häufig auch mehr elektrische Energie. Wird ein solches Serversystem nur gering ausgelastet, kann die potenzielle (relative) Energieeffizienz keinen wirklichen Effekt erzielen, da der kumulierte Energiebedarf immer noch recht hoch ist. In diesem Fall könnte ein weniger performantes Serversystem energetisch ggf. besser abschneiden, da die absolute

[6] https://www.spec.org/sert2/SERT-metric.pdf

Leistungsaufnahme z.B. aufgrund der geringeren CPU-Taktung oder RAM Kapazität real geringer ist.

Vor diesem Hintergrund sollte die Angabe des SERT-2 Wertes immer auch mit einer Angabe der durchschnittlichen elektrischen Leistungsaufnahme kombiniert werden. Erst im Fall, dass beide Werte - relative Effizienz und absolute Leistungsaufnahme – ausgewiesen werden, kann ein*e Beschaffer*in eine gute Kaufentscheidung treffen.

Zusätzlich sollte der Energieverbrauch im Leerlauf betrachtet werden. Im Gegensatz zu SERT-2 definiert Ökodesign Grenzwerte für die Leistungsaufnahme im Leerlaufzustand (P_{idle}) (siehe Abschnitt 4.2.1.4).

4.2.2.2 SNIA Emerald Power Efficiency Measurement

Die Storage Networking Industry Association (SNIA) ist eine gemeinnützige Industrieorganisation, welche die Speicherbranche bei der Entwicklung und Förderung herstellerneutraler Architekturen, Standards und Bildungsdienste unterstützt.

SNIA kooperiert seit Jahren mit der US-amerikanischen Umweltbehörde EPA bei der Entwicklung von Energieeffizienzkennzahlen und entsprechender Messvorschriften für das Energy Star Programm. In diesem Zusammenhang wurde am 11. Oktober 2018 das technische Positionspapier **SNIA Emerald Power Efficiency Measurement Specification V3.0.3** veröffentlicht **[**https://www.snia.org/tech_activities/standards/curr_standards/emerald].

Dieses Dokument beschreibt eine standardisierte Methode (SNIA Emerald Power Efficiency Measurement) zur **Bewertung der Energieeffizienz von kommerziellen Speicherprodukten sowohl im aktiven als auch im Leerlaufzustand**. SNIA Emerald Power Efficiency Measurement ermöglicht eine reproduzierbare und standardisierte Bewertung der Energieeffizienz von kommerziellen Speicherprodukten, wie sie in Rechenzentren zum Einsatz kommen. Die SNIA Emerald Spezifikation ist nach internationalen Standardisierungsregeln erstellt, ISO/IEC konform und damit für Unternehmen gut zu implementieren.

Die aktuelle SNIA Emerald Spezifikation V3.0.3 beinhaltet:

- Relevante Begriffsdefinitionen zu Komponenten, Produktzuständen und Messregeln (Abschnitt 4);
- Eine allgemeine Taxonomie, die Speicherprodukte anhand von Betriebsprofilen und unterstützten Funktionen klassifiziert (Abschnitt 5);
- Methoden zur Optimierung von Speicherkapazität (Capacity Optimization Method, COM) sowie ein Bewertungsmechanismus für softwarebasierte Methoden zur Kapazitätsoptimierung (Abschnitt 6);
- Testdefinition, Mess- und Datenerfassungsregeln zur Bewertung der Energieeffizienz von block- und dateibasierten Speicherprodukten sowohl im Aktiven Zustand als auch im Leerlauf-Zustand (Abschnitt 7);
- Metriken zur Beschreibung der Energieeffizienz von Speicherprodukten (Abschnitt 8);
- Erforderliche Angaben für ein Testergebnis, das als Testergebnis von SNIA Emerald Power Efficiency Measurement veröffentlicht wurde (Abschnitt 9).

4.2.2.2.1 Begriffsdefinition (Abschnitt 4)

Im Abschnitt 4 werden lediglich neue und ergänzende Begriffe definiert, welche noch nicht im SNIA-Wörterbuch [https://www.snia.org/education/dictionary] bzw. in den Glossaren von ISO [https://www.iso.org/obp] und IEC [http://www.electropedia.org/] enthalten sind.

An dieser Stelle werden nur einige Definitionen zum weiteren Verständnis aufgeführt:

- Aktiver Zustand (Active Mode): Speicherprodukte befinden sich in einem "aktiven" Zustand, wenn sie extern initiierte Anforderungen auf Anwendungsebene für die Datenübertragung zwischen Host und Speicherprodukt verarbeiten.
- Leerlauf Zustand (Ready Idle Mode): Leerlauf wird als „Bereitschaftszustand“ definiert, in dem Speichersysteme und Komponenten konfiguriert, eingeschaltet, mit einem oder mehreren Hosts verbunden sind und extern initiierte IO-Anforderungen auf Anwendungsebene innerhalb der normalen Antwortzeit (MaxTTFD-Beschränkungen) erfüllen können. Im Bereitschaftszustand können Hintergrundaktivitäten stattfinden, die von der getesteten Lösung autonom initiiert wird.
- Maximum Time To First Data (MaxTTFD): maximale Zeit, die erforderlich ist, um Daten von einem Speichersystem zu empfangen, um eine Leseanforderung für beliebige Daten zu erfüllen.
- IO-Intensität: Maß für die Anzahl der von einem Lastgenerator angeforderten IOPS. Die IO-Intensität wird als Prozentangabe der ausgewählten maximalen IOPS-Stufe angegeben, die die zeitlichen Anforderungen für eine Produktkategorie erfüllt.
- Kapazitätsoptimierungsmethode (COM): Subsystem, ob in Hardware oder Software implementiert, wodurch der Speicherplatzbedarf für das Speichern eines Datensatzes reduziert wird

4.2.2.2.2 Taxonomie (Abschnitt 5)

SNIA Emerald bezieht sich auf kommerzielle Speicherprodukte, die den Zugriff auf Block- oder Dateidaten (block or file data access) unterstützen. Diese Funktionalität wird typischerweise von SAN-Systemen (Storage Area Network) und NAS-Systemen (Network Attached Storage) bereitgestellt. In diesem Zusammenhang werden verschiedene Produktkategorien definiert, welche unterschiedliche Funktions- und Leistungsmerkmale aufweisen.

Haupt- und Unterkategorien (Taxonomie):

- Online (mit Unterkategorien Online 1 bis 6);
- Near-Online (mit Unterkategorien Near-Online 1 bis 3 sowie 5 und 6);
- Removable Media Libary (mit Unterkategorien Removable 1 bis 3 sowie 5 und 6);
- Virtual Media Library (mit Unterkategorien Virtual 1 bis 3 sowie 5 und 6).

Die sogenannten Taxonomie-Kategorien definieren prinzipielle Marktsegmente, in denen individuelle Produkte eingruppiert werden können. Diese Kategorien bzw. Produktgruppen weisen ein gemeinsames Funktions- oder Leistungsspektrum auf. Entsprechend können für einzelne Kategorien sinnvolle (meaningful) Produktvergleiche durchgeführt werden.

SNIA Emerald definiert vier prinzipielle Taxonomie-Kategorien (vgl.: Tabelle 10). Diese können als funktionale Marktsegmente verstanden werden und sind in der Darstellung horizontal angeordnet. Des Weiteren werden innerhalb dieser funktionalen Hauptkategorien (in der Darstellung vertikal) nochmals Unterkategorien unterschieden. Diese Unterkategorien können als qualitative Marktsegmente (Level) verstanden werden, da sie abgestuft Leistungsmerkmale ausweisen.

Tabelle 10: SNIA Taxonomie Kategorien

Level	Category			
	Online (see 5.5)	**Near-Online (see 5.6)**	**Removable Media Library (see 5.7)**	**Virtual Media Library (see 5.8)**
Consumer/ Component[a]	Online 1	Near-Online 1	Removable 1	Virtual 1
Low-end	Online 2	Near-Online 2	Removable 2	Virtual 2
	Online 3	Near-Online 3	Removable 3	Virtual 3
Mid-range	Online 4			
High-end	Online 5	Near-Online 5	Removable 5	Virtual 5
Mainframe	Online 6	Near-Online 6	Removable 6	Virtual 6

a Entries in this level of taxonomy include both consumer products and data-center components (e.g., stand-alone tape drives)

Quelle: Storage Networking Industry Association (SNIA)

Produktzuordnung: Innerhalb einer Kategorie unterstützt ein bestimmtes Modell oder eine bestimmte Version eines Produkts verschiedene Feature-Sets, die sich auf Kapazität, Zuverlässigkeit, Leistung, Funktionalität oder andere Unterscheidungsmerkmale konzentrieren. Funktionen und Funktionsunterschiede innerhalb einer Kategorie werden mit sogenannten Attributen ausgewiesen.

Jede Hauptkategorie wird durch zwei Hauptattribute (Common Attributes) sowie weiteren spezifischen Attributen unterschieden. Die Hauptattribute sind (vgl.: Tabelle 11):

- Zugriffsmuster (Access Pattern)
- Zugriffszeit (MaxTTFD)

Tabelle 11: Funktionale Attribute zur Unterscheidung der Taxonomie-Kategorien

Attribute	Category			
	Online	Near- Online	Removable Media Library	Virtual Media Library
Access Pattern	Random/ Sequential	Random/ Sequential	Sequential	Sequential
MaxTTFD (t)	t < 80 ms	t > 80 ms	t > 80 ms t < 5 min	t < 80 ms

Quelle: Storage Networking Industry Association (SNIA)

Die spezifischen Attribute definieren sowohl funktionale als auch leistungsspezifische Produktmerkmale. Nachstehende Tabelle 12 zeigt beispielhaft alle Attribute für die Online Produktkategorie.

Tabelle 12: Klassifikation nach Attributen für Online Produktkategorie

Attribute	Classification					
	Online 1	Online 2	Online 3	Online 4	Online 5	Online 6
Access Pattern	Random/ Sequential	Random/ Sequential	Random/ Sequential	Random/ Sequential	Random/ Sequential	Random/ Sequential
MaxTTFD (t)	t < 80 ms	t < 80 ms	t < 80 ms	t < 80 ms	t < 80 ms	t < 80 ms
Connectivity	Not Specified	Direct-connected to single or multiple hosts	Network-connected	Network-connected	Network-connected	Network-connected
Consumer/ Component	Yes	No	No	No	No	No
Integrated Storage Controller	Optional	Optional	Required	Required	Required	Required
Storage Protection	Optional	Optional	Required	Required	Required	Required
No SPOF	Optional	Optional	Optional	Required	Required	Required
Stable storage support	Optional, unless Required by protocol	Optional, unless Required by protocol	Required	Required	Required	Required
Non-Disruptive Serviceability	Optional	Optional	Optional	Optional	Required	Required
FBA/CKD Support	Optional	Optional	Optional	Optional	Optional	Required

Maximum Supported Configuration[a]	≥ 1	≥ 4	≥ 12	> 100	> 400	> 400

a Maximum Supported Configuration does not apply to an all solid-state system that is not based on replaceable storage devices.

Quelle: Storage Networking Industry Association (SNIA)

Definition der Hauptkategorien:

- **Online** definiert Speicherprodukte mit wahlfreiem oder sequenziellem Zugriff mit einer geringen Latenz von unter 80 Millisekunden. Produkte mit diesem Profil können eine beliebige Kombination aus Block-, Datei- oder Objektschnittstellen bereitstellen. Die Marktsegmente (Level) definieren insbesondere maximale Konfigurationen mit austauschbaren Speichermodulen. Ab dem Marktsegment Online 3 sind integrierte Storage Controller vorgeschrieben
- **Near-Online** definiert Speicherprodukte mit wahlfreiem oder sequenziellem Zugriff und einer Latenz größer 80 Millisekunden. Produkte in diesem Profil verwenden MAID- oder FCAS-Architekturen sowie eine beliebige Kombination von Block-, Datei- oder Objektschnittstellen.
- **Removable Media Libary** definiert Speicherprodukte mit sequenziellem Zugriff und einer Latenz größer 80 Millisekunden jedoch unter 5 Minuten, die unterschiedliche Speichermedien (z. B. Band- oder optischen Laufwerke) automatisch oder manuell laden können.
- **Virtual Media Library** definiert Speicherprodukte mit sequenziellem Zugriff und einer geringen Latenz kleiner 80 Millisekunden, die Inhalte auf Wechselmedien vorhalten.

Kommentar: Einschätzung der Anwendbarkeit des SNIA Taxonomie-Ansatzes

Die SNIA Taxonomie erlaubt aufgrund der funktionalen und leistungsbezogenen Attribute eine praktikable Produktzuordnung. Das Hauptunterscheidungsmerkmal ist die Zugriffszeit. Die Wahl dieses Merkmals ist im Kontext einer Energieeffizienzkennzeichnung sinnvoll. Sie adressiert die Reaktions- bzw. Reaktivierungszeit (Latenz) und damit den Übergang vom Leerlaufzustand (Bereitschaft) in den aktiven Betriebszustand. Diese Latenz ist sowohl funktional als auch energetisch richtungsweisend. Eine kurze Reaktionszeit bedeutet, dass einzelne Systemkomponenten (Hardware Devices) schnell eingeschaltet und synchronisiert werden. Bei komplexen Systemen (mit vielen funktionalen Komponenten) ist dies aufgrund notwendiger sequenzieller Abläufe in kurzer Zeit nicht möglich bzw. nur, wenn bestimmt Systemkomponenten bereits eingeschaltet sind. Die Reaktivierungslatenz bzw. Zugriffzeit steht somit in enger Wechselwirkung mit der elektrischen Leistungsaufnahme (Höhe des Stromverbrauchs) im Bereitschaftszustand.

4.2.2.2.3 Methoden zur Optimierung von Speicherkapazität (Abschnitt 6)

Im SNIA Emerald werden Tests auf das Vorhandensein der folgenden COMs definiert:

- **Delta-Snapshots**: Diese sind anwendbar für Backup, Verfügbarkeit von PIT-Kopien und Notfallwiederherstellung. Sowohl schreibgeschützte als auch beschreibbare Delta-Snapshots sind im Auslieferungszustand enthalten. Es gibt jedoch grundlegende technische Unterschiede zwischen ihnen. Einige Systeme implementieren nur die schreibgeschützte Version.
- **Thin Provisioning**: Eine Technologie, bei der die physische Kapazität beim Schreiben von Daten durch Anwendungen zugewiesen wird, anstatt alle physischen Kapazitäten zum Zeitpunkt der Bereitstellung vorzuordnen.
- **Datendeduplizierung**: Behebt Probleme, die durch mehrere Sicherungen derselben Datensätze verursacht werden. Dies adressiert ein suboptimales Benutzerverhalten, bei dem viele Kopien derselben Daten gespeichert werden.
- **Komprimierung**: Nutzt die inhärente Komprimierbarkeit vieler Datensätze.
- **Parity-RAID:** Bedeutet die Notwendigkeit von Festplatten-Redundanz (wird im SNIA Emerald Test nicht abgeprüft).

4.2.2.2.4 Testdefinition und Ausführungsregeln (Abschnitt 7)

Dieser Abschnitt definiert die Datenerhebungs- und Testmethodik, die beim SNIA Emerald verwendet wird. Die so ermittelten Messdaten bilden die Grundlage für die Bewertung der Energieeffizienz (Abschnitt 8). Die Testdefinition und Ausführungsregeln zur Messung der Energieeffizienz (Metrik) jeder dieser Produktkategorien beinhalten Testsequenzen, Testkonfigurationen, Instrumentierung, Benchmark-Treiber, IO-Profile, Messintervall sowie Bewertung der Messergebnisstabilität.

Grundprinzipen mit Zuordnung zu Produktkategorien:

- Produkte der Kategorien Online und Near-Online werden entweder als Blockzugriffssystem oder als Dateizugriffssystem getestet.
- Produkte für austauschbare Medienbibliotheken und virtuelle Medienbibliotheken werden als Blockzugangssysteme getestet.

4.2.2.2.4.1 Ausführungsregeln für den Blockzugriff (Block Access Execution)

Folgende Tests werden für den Blockzugriff angewandt:

- **Pre-fill-Test**, bei dem Daten auf das zu testende Produkt geladen werden;
- **Conditioning Test**, durch den genaue und reproduzierbare Messungen gewährleistet werden;
- **Active Test**, der die Datenbasis für die Energieeffizienzbewertung im aktiven Zustand liefert;
- **Ready Idle Test**, der die Datenbasis für die Energieeffizienzbewertung im Leerlaufzustand liefert;

- **Capacity Optimization Test** (falls definiert), Grundlage der sekundären Kapazitätsoptimierungsmetrik.

Als Arbeitslastgenerator für Blockzugriffstests ist **Vdbench** zu verwenden. Das Skript enthält vom Benutzer einstellbare Parameter. Details zum Lastgenerator werden in Anhang D ausgeführt.

Vdbench ermittelt:

- IO-Raten in IO/sec
- Durchsatzdaten in MiB/s.

Im Test müssen folgende Daten alle 60 Sekunden erfasst werden:

- Average response time to complete an IO, RTAi(60);
- Average power, PAi (60);
- Operations rate, Oi (60).

4.2.2.2.4.2 Ausführungsregeln für den Dateizugriff (File Access Execution)

Folgende Tests werden für den Dateizugriff angewandt:

- **Active Test**, Ausführung von vier (4) Workloads als Datenbasis für die Energieeffizienzbewertung im aktiven Zustand
- **Ready Idle Test,** der die Datenbasis für die Energieeffizienzbewertung im Leerlaufzustand liefert
- **Capacity Optimization Test** (falls definiert), Grundlage der sekundären Kapazitätsoptimierungsmetrik.

Als Arbeitslastgenerator für Dateizugriff wird der File Access Workload Generator SPEC SFS® 2014 vorgeschrieben. Dieser muss während aller Testphasen der aktiven Metriken aktiv sein und erfasst die Workload Transition Events in der Protokolldatei (log file).

SPEC SFS® 2014 wird in Anhang F detailliert. Tester müssen eine bereitgestellte Konfigurationsdatei für den File Access IO Load Driver verwenden (siehe Anhang G). Eine Konfigurationsdatei enthält vom Benutzer einstellbare Parameter.

sFlow®-Agenten und ein sFlow®-Collector müssen während aller Testphasen der aktiven Metriken aktiv sein und Daten aufzeichnen und Folgendes aufzeichnen:

- IO-Durchsatz in MiB/s zu / vom getesteten Produkt

4.2.2.2.4.3 Business Metrics for Workload Type

Minimale Speicherkapazität pro Business Metric Load Unit:

- DATABASE: 24 GB per DATABASE

- SWBUILD: 5 GB per BUILD
- VDA: 24 GB per STREAM
- VDI: 12 GB per DESKTOP

Minimale Lastgeneration RAM, welche pro Business Metric Load Unit benötigt wird:

- DATABASE: 55 MiB per LOAD increment
- SWBUILD: 400 MiB per LOAD increment
- VDA: 10 MiB per LOAD increment
- VDI: 8 MiB per LOAD increment

4.2.2.2.5 Energieeffizienz-Kennzahl / Metrik (Abschnitt 8)

4.2.2.2.5.1 Energieeffizienzkennzahlen für Blockzugriff

Für den **Blockzugriff** (Block Access) werden folgende Energieeffizienzkennzahlen (Primary Metrics) definiert.

Online und Near-Online Produkte:

- EP_{HP} for Hot band (IO/s/W)
- EP_{PR} for Random Read (IO/s/W)
- EP_{RW} for Random Write (IO/s/W)
- EP_{SR} for Sequential Read (MiB/s/W)
- EP_{SW} for Sequential Write (MiB/s/W)
- EP_{RI} for Ready Idle (GB/W)

Removable Media Library:

- EP_{SW} for Sequential Write (MiB/s/W)
- EP_{SR} for Sequential Read (MiB/s/W)
- EP_{RI} for Ready Idle (GB/W)

Virtual Media Library:

- EP_{SW} for Sequential Write (MiB/s/W)
- EP_{SR} for Sequential Read (MiB/s/W)
- EP_{RI} for Ready Idle (GB/W)

4.2.2.2.5.2 Energieeffizienzkennzahlen für Dateizugriff

Für den **Dateizugriff** (File Access) werden folgende Energieeffizienzkennzahlen (Primary Metrics) definiert.

Online Systeme:

- EP_{VDA} for Video Data Acquisition (MiB/s/W)
- EP_{DB} for Database (MiB/s/W)
- EP_{VDI} for Virtual Desktop Integration (MiB/s/W)
- EP_{SWB} for Software Build (MiB/s/W)
- EP_{RI} for Ready Idle (GB/W)

4.2.2.2.5.3 Energieeffizienzkennzahl Bereitschafts-/Leerlauf-Zustand (ready idle)

Die Energieeffizienzkennzahl EPRI (efficiency metric for the ready idle test) setzt die theoretisch verfügbare Speicherkapazität CR (capacity raw) gemessen in GB ins Verhältnis zur durchschnittlichen über zwei Stunden gemessenen elektrischen Leistungsaufnahme im Bereitschafts-/Leerlauf-Zustand PARI (power average ready idle test).

Formel 6: Power Efficiency, Ready Idle

$$EP_{RI} = \frac{C_R}{PA_{RI}(7200)}$$

Where:

- EP_{RI} is the power efficiency metric for the ready idle test;
- C_R is the raw capacity of the product under test
- $PA_{RI}(7200)$ is the average power over the 2h measurement interval for the ready idle test

Quelle: (Storage Networking Industry Association (SNIA))

4.2.2.2.5.4 Energieeffizienzkennzahl Aktiver Zustand beim Blockzugriffsverfahren

Die Energieeffizienzkennzahl EPi beim Blockzugriffverfahren (block access test) berechnet sich aus der im aktiven Testzustand gemessenen Betriebs- oder Durchsatzrate in IO pro Sekunde oder MiB pro Sekunde dividiert durch die durchschnittliche elektrische Leistungsaufnahme während des Messintervalls des aktiven Tests in Watt. Dabei ist PAi (1 800) die durchschnittliche Leistung über das 30-minütige Messintervall für die Testphase des aktiven Tests i und Oi (1 800) ist die Betriebsrate über das 30-minütige Messintervall für die Testphase des aktiven Tests i.

Formel 7: Power Efficiency, Active (Block Access)

$$EP_i = \frac{O_i(1800)}{PA_i(1800)}$$

Where:

- EP_i is the power efficiency metric for Active Test test phase i (i stands for SW, SR etc.);
- $O_i(1800)$ is the average power over the 30min measurement interval for Active Test test phase i;
- $PA_i(1800)$ is the operations rate over the 30min interval for Active Test test phase i

Quelle: Storage Networking Industry Association (SNIA)

4.2.2.2.5.5 Energieeffizienzkennzahl Aktiver Zustand beim Dateizugriffsverfahren

Die Energieeffizienzkennzahl EPi beim Blockzugriffverfahren (file access test) berechnet sich aus der im aktiven Testzustand gemessenen Durchsatzrate in MiB pro Sekunde dividiert durch die durchschnittliche elektrische Leistungsaufnahme während des Messintervalls des aktiven Tests in Watt. Dabei ist PAi (300) die durchschnittliche Leistung über das 5-minütige Messintervall für die Testphase des aktiven Tests i und Oi (300) die Durchsatzrate über das 5-minütige Messintervall für die Testphase des aktiven Tests i.

Formel 8: Power Efficiency, Active (File Access)

$$EP_i = \frac{O_i(300)}{PA_i(300)}$$

Where

- EP_i is the power efficiency metric for Active Test test phase i;
- $PA_i(300)$ is the average power over 5min measurement interval for Active Test test phase i
- $O_i(300)$ is the operations rate over the 5min measurement interval for the Active Test test phase i

Quelle: Storage Networking Industry Association (SNIA)

4.2.2.2.5.6 Effizienzkennzahlen für Kapazitätsoptimierung (Capacity Optimization Metrics)

Kapazitätsoptimierungstests werden für die Kategorien Online und Near-Online angewendet. Die Tests führen zu fünf binären (Ja/Nein) Kennzahlen, wobei dem Wert 1 (Ja) zugewiesen wird, wenn das zu testende Produkt die genannte COM-Heuristik erfüllt, und 0 (Nein), falls dies nicht der Fall ist. Diese sekundären Kennzahlen sind:

- COM(RD) read basierend auf der Delta-Snapshots-Heuristik;
- COM(WD) write basierend auf der Delta-Snapshots-Heuristik;
- COM(TP) provisioning basierend auf der Bereitstellungsheuristik;
- COM(DD) deduplication basierend auf der Heuristik der Datendeduplizierung;
- COM[C] compression basierend auf der Kompressionsheuristik.

4.2.2.2.5.7 Einschätzung der Anwendbarkeit des SNIA Energieeffizienzkennzahlen Ansatzes

Die in der SNIA Emerald Spezifikation definierten Kennzahlen und Messverfahren unterstützen eine funktions- und nutzenorientierte Energieeffizienzbewertung. Die Nutzung verschiedener Kennzahlen (u. A. für den Bereitschafts-/Leerlauf-Zustand, den aktiven Zustand sowie für sekundäre Effizienzmaßnahmen wie der Kapazitätsoptimierung) zeigt, dass SNIA unterschiedlichen Anwendungen und Intensitäten Rechnung trägt. Damit reflektiert SNIA Emerald auch unterschiedliche Konfiguration von Speicherprodukten (Produktkategorien).

Da Speichersysteme schnell arbeiten sollen und während der aktiven Phase die höchste Schreib- und Lesegeschwindigkeit nutzen, ist eine Unterscheidung verschiedener Lastniveaus (wie bei SERT) nicht notwendig. Umso wichtiger ist die Leistungsaufnahme im Leerlauf, die bei SNIA erfasst wird. Hinsichtlich des Tests der aktiven Leistung wird auf existierende (SPEC SFS) Lastgeneratoren aufgesetzt. Dieser methodische Ansatz lässt auch die Nutzung anderer Benchmark/Lastgeneratoren zu. Referenzwerte bzw. Zielwerte für gute Performanz werden durch SNIA nicht definiert. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass SNIA Emerald eine komplexe aber durchaus ausgereifte Methode ist, um die Energieeffizienz unterschiedlicher Speicherprodukte mittels Kennzahlen zu bewerten.

4.2.3 Umwelt- und Gütezeichen

4.2.3.1 Energy Star für Computer Servers

Die von der US-amerikanischen Umweltbehörde Environmental Protection Agency (EPA) entwickelte Energieeffizienzkennzeichnung Energy Star wird auch für Computer Server und Datenspeicherprodukte vergeben.

Für Computer Server treten am 17. Juni 2019 die Anforderungen der Version 3.0 Energy Star Program Requirements for Computer Servers in Kraft.

4.2.3.1.1 Geltungsbereich

Eingeschlossen sind Computerserver, wie sie in diesem Hintergrundbericht Abschnitt 3 beschrieben sind. Ausgeschlossen sind folgende Geräte:

- Server mit mehr als vier Prozessorsockeln
- Server mit eingebauter Auxiliary Processing Accelerator (APA)
- Vollständig fehlertolerante Server
- Server Appliances (unterstützende Geräte)
- Sehr große Server
- Storage Produkte
- Große Netzwerk Geräte

4.2.3.1.2 Energieeffizienz der Netzteile

Der Energy Star nennt Mindestanforderungen an den Wirkungsgrad der Netzteile sowie an deren mindestens zu erreichenden Leistungsfaktor.

Tabelle 13: Vergleich der Mindestanforderungen an den Netzteil-Wirkungsgrad beim Energy Star 3.0 für Computer Server und Ökodesign-Verordnung für Server und Datenspeicherprodukte

Typ der Stromversorgung	Nennausgangsleistung	10 % der Nennlast	20 % der Nennlast	50 % der Nennlast	100 % der Nennlast
Mehrere Ausgänge	Alle Ausgangsleistungen	-	90 %	92 %	89 %
(Ökodesign 2020)		(-)	(88 %)	(92 %)	(88 %)
(Ökodesign 2023)		(-)	(90 %)	(94 %)	(91 %)
Einzelausgang	Alle Ausgangsleistungen	83 %	90 %	94 %	91 %
(Ökodesign 2020)		(-)	(90 %)	(94 %)	(91 %)
(Ökodesign 2023)		(90 %)	(94 %)	(96 %)	(91 %)

Quelle: Energy Star for Computer Servers 2018, Tabelle 1

Tabelle 14: Vergleich der Mindestanforderungen an den Netzteil-Leistungsfaktor beim Energy Star 3.0 für Computer Server und Ökodesign-Verordnung für Server und Datenspeicherprodukte

Typ der Stromversorgung	Nennausgangsleistung	10 % der Nennlast	20 % der Nennlast	50 % der Nennlast	100 % der Nennlast
Mehrere Ausgänge (Ökodesign 2020) (Ökodesign 2023)	Alle Ausgangsleistungen	N/A	0.80	0.90 (0,90) (0,95)	0.95
Einzelausgang (Ökodesign 2020) (Ökodesign 2023)	Ausgangsleistung ≤ 500 W	N/A	0.80	0.95 (0,95) (0,95)	0.95
	Ausgangsleistung > 500 W und Ausgangsleistung ≤ 1.000 W	0.65	0.80	0.95 (0,95) (0,95)	0.95
	Ausgangsleistung > 1.000 Watt	0.80	0.90	0.95 (0,95) (0,95)	0.95

Quelle: Energy Star for Computer Servers 2018, Tabelle 2

Verglichen mit den Anforderungen der europäischen Ökodesign-Verordnung für Server und Datenspeicherprodukte (Verordnung (EU) 424/2019) (vgl. Kapitel 4.2.1.2) sind die Mindestanforderungen an den Wirkungsgrad der Netzteile beim Energy Star gleich oder 1 bis 2 Prozentpunkte oberhalb der Mindestanforderungen für den europäischen Marktzugang, die ab 1. März 2020 verbindlich werden. Beim Leistungsfaktor fordert Ökodesign nur bei dem Lastzustand 50 % der Nennlast einen Mindestwert. Diese sind (fast alle) identisch mit den Anforderungen des Energy Star. Netzteile, die die Anforderungen des Energy Star erfüllen, erfüllen damit auch gleichzeitig die bei Ökodesign geforderten Mindestanforderungen.

In der zweiten Stufe der Ökodesign-Anforderungen, die ab 1. Januar 2023 in Kraft treten, liegen die Anforderungen für den Wirkungsgrad und den Leistungsfaktor entweder gleichauf oder teilweise oberhalb der Anforderungen des Energy Star. Ab dem Jahr 2023 erfüllen damit die

Energy Stars Produkte nicht mehr automatisch die Anforderungen von Ökodesign, da die Ökodesign-Mindestanforderungen teilweise strenger sind.

4.2.3.1.3 Energiemanagement

Der Energy Star für Server fordert, dass Computerserver ein Energiemanagement anbieten, das standardmäßig im BIOS und/oder über einen Management Controller bei der Auslieferung des Gerätes aktiviert ist. Alle Prozessoren müssen in der Lage sein, den Stromverbrauch in Zeiten geringer Auslastung zu reduzieren. Die Eigenschaften des Energiemanagements müssen bei der Antragstellung zur Zertifizierung beschrieben werden.

Blade- und Multi-Node-Systeme müssen darüber hinaus ein Monitoring der Einlasslufttemperatur in Echtzeit und ein standardmäßig aktiviertes Lüfterdrehzahl-Management bereitstellen. Diese Eigenschaften müssen in der Dokumentation beschrieben werden.

4.2.3.1.4 Energieeffizienz im aktiven Betriebszustand

Beim Energy Star werden Effizienzanforderungen an aktiven Betriebszustand gestellt. Hierfür müssen die Effizienzkennzahlen gemäß des SPEC Server Efficiency Rating Tools (SERT) in der Version 2.0.1 bestimmt werden und sowohl die einzelnen Kennwerte dokumentiert und dargestellt als auch der kumulierte Wert Eff_{ACTIVE} angegeben werden (vgl. Kapitel 4.2.2.1). Für den Wert der *Active State Efficiency* Eff_{ACTIVE} gelten die nachfolgend genannten Mindestwerte.

Tabelle 15: Mindestanforderungen an die *Active State Efficiency* Eff_{ACTIVE} beim Energy Star 3.0 für Computer Server

Product Type	Minimum Eff_{ACTIVE}
One Installed Processor	
Rack	11,0
Tower	9,4
Blade or Multi-Node	9,0
Resilient	4,8
Two Installed Processors	
Rack	13,0
Tower	12,0
Blade or Multi-Node	14,0
Resilient	5,2
Greater Than Two Installed Processors	
Rack	16,0
Blade or Multi-Node	9,6
Resilient	4,2

Quelle: Energy Star for Computer Servers 2018, Tabelle 3

Insgesamt bietet SERT-2 einen komplexen und, man kann sagen, methodisch ausgereiften Ansatz zur orientierenden Bewertung der Energieeffizienz von modernen Serversystemen. Mit

Blick auf eine potenzielle Anwendung der Grenzwerte für einen Blauen Engel sind die Grenzwerte des Energy Star Programms gegenüber denen der Ökodesign VO zu präferieren, da diese im Wert sowohl anspruchsvoller als auch für die Vielzahl der Produktvarianten ausdifferenzierter sind. Nachfolgende Tabelle 16 verdeutlicht, dass die Anforderungen der Ökodesign VO an die Energieeffizienz der Server im aktiven Modus (Eff_{Server}) teils weit zurückgelassen werden von Produkten, die den Energy Star tragen. Die teilweise große Spreizung in den Effizienzkennzahlen der Produkte, die vom Energy Star zertifiziert sind, zeigt die technische Machbarkeit ambitionierter Mindestanforderungen.

Tabelle 16: Vergleich der Energieeffizienz beim Energy Star (ES) für Computer Server, ES qualifizierte Produkte und Ökodesign

Product Type	Energy Star Minimum Eff_{ACTIVE}	Anzahl ES qualifizierter Produkte	Eff_{ACTIVE} kleinster Wert qualifizierter Produkte	Eff_{ACTIVE} größter Wert qualifizierter Produkte	Ecodesign Minimum Eff_{Server}
One Installed Processor					
Rack	11,0	2	15	15,85	9,0
Tower	9,4	1	21	21	9,0
Blade or Multi-Node	9,0	0	-	-	8,0
Resilient	4,8				-
Two Installed Processors					
Rack	13,0	18	13,1	34,5	9,5
Tower	12,0	3	12,8	30,1	9,5
Blade or Multi-Node	14,0	4	20,76	36,6	8,0
Resilient	5,2	0	-	-	-
Greater Than Two Installed Processors					
Rack	16,0	1	20,02	20,02	9,5
Tower	(12)	1	13,14	13,14	9,5
Blade or Multi-Node	9,6	3	20,22	26,4	8,0
Resilient	4,2	0	-	-	-

Quelle: eigene Darstellung auf Basis vorhandener Daten, Öko-Institut

4.2.3.1.5 Leistungsaufnahme im Leerlaufzustand

Das Kriteriendokument des Energy Star legt eine Berechnungsvorschrift für die Berechnung Leistungsaufnahme im Leerlaufzustand pro Servereinheit (Rack, Blade, Node) vor und fordert, dass diese Leistungsaufnahme gemessen und berichtet wird. Es werden keine maximal zulässigen Werte für die Leistungsaufnahme im Leerlauf vorgegeben.

4.2.3.1.6 Berichterstattung

Für die Berichterstattung gegenüber der Zertifizierungsstelle (EPA) muss das mit dem Energy Star gekennzeichnete Produkt ein Formblatt mit allen in den Anforderungen genannten Daten übermitteln. Davon werden folgende Daten auf der Energy Star-Website über ein Produktfinder-Tool angezeigt:

a) Modellname und -nummer, Identifizierung der SKU und/oder Konfigurations-ID;

b) Systemeigenschaften (Formfaktor, verfügbare Steckdosen/Steckplätze, Leistungsangaben, etc.);

c) Systemtyp (z.B. Rack, Tower, Blade, Multi-Node, Resilient);

d) Systemkonfiguration(en) (einschließlich Low-End-Performance-Konfiguration, High-End-Performance-Konfiguration und typische Konfiguration für die Zertifizierung der Produktfamilie);

e) Stromverbrauchs- und Leistungsdaten aus den erforderlichen Tests der Effizienzkriterien für Aktiv- und Leerlaufzustände, einschließlich der bei den Tests erzeugten Dateien mit Ergebnisdetails (results.xml, Ergebnisdiagramme usw.);

f) verfügbare und aktivierte Energiesparfunktionen (z.B. Energiemanagement);

g) für Produktfamilienzertifizierungen eine Liste qualifizierter Konfigurationen und

h) für Blade-Server eine Liste der kompatiblen Blade Chassis, die die Energy Star-Zertifizierungskriterien erfüllen.

4.2.3.2 Energy Star für Datenspeicherprodukte in Rechenzentren

Für Datenspeicherprodukte gelten seit April 2019 die Anforderungen der Version 1.1 Energy Star Program Requirements for Data Center Storage.

4.2.3.2.1 Geltungsbereich

Speicherprodukt: Ein voll funktionsfähiges Speichersystem, das Datenspeicherdienste für Clients und Geräte bereitstellt, die direkt oder über ein Netzwerk angeschlossen sind. Komponenten und Subsysteme, die integraler Bestandteil der Speicherproduktarchitektur sind (z.B. zur internen Kommunikation zwischen Controllern und Festplatten), gelten als Teil des Speicherprodukts. Im Gegensatz dazu werden Komponenten, die normalerweise einer Speicherumgebung auf Rechenzentrumsebene zugeordnet sind (z.B. Geräte, die für den Betrieb eines externen SAN erforderlich sind), nicht als Teil des Speicherprodukts betrachtet. Ein Speicherprodukt kann aus integrierten Speichercontrollern, Speichergeräten, eingebetteten Netzwerkelementen, Software und anderen Geräten bestehen. Im Sinne dieser Spezifikation ist ein Speicherprodukt eine einzigartige Konfiguration, die als Speicherprodukt an den Endverbraucher verkauft und vermarktet werden.

Die folgenden Produkte sind ausdrücklich von der Zertifizierung nach dieser Spezifikation ausgeschlossen:

a) Tragbare Datenspeicher;

b) Computerserver;

c) Blade Datenspeicherprodukte;

d) Direkt verbundene Datenspeicher-Produkte

e) Speicherprodukte, die nur objektbasierte Speicherung ermöglichen;

f) Speichergeräte in den folgenden Kategorien der Taxonomie: Near-Online, Wechselmedienbibliothek, virtuelle Medienbibliothek, Zusatzspeicherprodukte und Verbindungselemente;

4.2.3.2.2 Energieeffizienz der Netzteile

Der Energy Star für Datenspeicherproduke fordert Mindestwerte für den Wirkungsgrad und den Leistungsfaktor von Netzteilen, die im Speicherprodukt verbaut sind.

Tabelle 17: Mindestanforderungen an Netzteil-Wirkungsgrad und Leistungsfaktor beim Energy Star Version 1.1 für Datenspeicherprodukte

Typ der Stromversorgung	Effizienzanforderung	20 % der Nennlast	50 % der Nennlast	100 % der Nennlast
Redundant und nicht redundant	Mindestwirkungsgrad für alle Ausgangsleistungen	85 %	89 %	85 %
Redundant und nicht redundant	Mindestleistungsfaktor für alle Ausgangsleistungen	0,80	0,90	0,95

Quelle: Energy Star for Data Center Storage 2018, Tabellen 1 und 2

Die Anforderungen an den Wirkungsgrad bei allen Nennlasten und der Leistungsfaktor bei 50 % der Nennlast entsprechen denen des Gütezeichens „80plus power supplies“ in der Effizienzklasse „80 PLUS Silver“ für interne redundante Netzteile (siehe Kapitel 4.2.3.3). Verglichen mit den Netzteilanforderungen des Energy Star für Server (siehe Kapitel 4.2.3.1.2) sind die geforderten Mindestwirkungsgrade des Energy Star für Datenspeicherprodukte weniger ambitioniert.

4.2.3.2.3 Power Modeling Tool

3.3 Power Modeling Requirements

„Für Systeme, die anhand von modellierten Daten zertifiziert werden, erwartet EPA, dass ein Leistungsmodellierungstool, das das Speicherprodukt charakterisiert, den vom Hersteller zertifizierten Käufern des Produkts zur Verfügung gestellt wird. Das Leistungsmodellierungstool muss eine geschätzte Energieeffizienzleistung einer eingesetzten Konfiguration auf der Grundlage der vom Benutzer ausgewählten Konfigurationsmerkmale liefern. Von Systemen, die unter Verwendung modellierter Daten zertifiziert werden, wird erwartet, dass sie den vom Hersteller zertifizierten Käufern des Produkts Leistungs-/Wattdaten zur Verfügung stellen.“ (Energy Star for Data Center Storage 2018)

4.2.3.2.4 Energieeffizienz-Features

Online 2 Data Center Storage Produkte müssen ein RIAD kompatibles Kontrollsystem für alle Tests beinhalten.

Online 3 and *Online 4* Storage Produkte müssen es ermöglichen, die folgenden Daten am Speichersystem zu messen und berichten:

- Eingangsleistung in Watt. Diese muss mit einer Unsicherheit kleiner 5 % für Leistungen über 200W berichtet werden. Unter 200W darf die Unsicherheit maximal 10W multipliziert mit der Anzahl installierter Speichereinheiten sein.
- Ansauglufttemperatur (optional), in °C mit einer Unsicherheit kleiner ± 2°C

Ein Online 2 Speichersystem muss keine zusätzliche Bedingung erfüllen. Online 2 und 3 müssen mindestens eine der folgenden Bedingungen erfüllen: Thin Provisione, Data Duplication, Compression, Delta Snapshots. Diese müssen mit SNIA nachgewiesen werden.

4.2.3.2.5 Berichterstattung

Alle Ergebnisse der (active und idle state) Tests müssen dem Energy Star berichtet werden. Auf dessen Website werden Produktname und -nummer veröffentlicht sowie umfangreiche Informationen über die Konfiguration der Tests. Reaktionszeitmessungen und diskrete Leitungsmessungen werden nicht veröffentlicht. Unter Wahrung einer Toleranzgrenze sind Energy Star Zertifikate übertragbar auf ähnliche Produkte und bei Änderungen am Produkt.

4.2.3.2.6 Standard-Leistungsdatenmessung und Leistungsanforderungen

Daten über die Leistungsaufnahme und die Ansaugtemperatur müssen für Managementsoftware zugänglich sein und müssen mit festgelegten Intervallen gemessen und verfügbar gemacht werden.

4.2.3.3 Gütezeichen „80plus power supplies“

Nachfolgende Tabelle 18 listet die Anforderungen des Gütezeichens „80plus power supplies“ (CLEAResult Plug Load Solutions 2021) an minimale Energieeffizienzgrenzwerte für Netzteile der Stromversorgung auf. Dabei fällt auf, dass die farblich markierten Werte dieselben sind, wie in den Anforderungen von Ökodesign für Mehrere Ausgänge (blau) und Ökodesign Einzelausgang (grün).

Tabelle 18: Anforderungen des Gütezeichens 80plus power supplies

80 PLUS Certification	230V EU Internal Non-Redundant				230V Internal Redundant			
% of Rated Load	10 %	20 %	50 %	100 %	10 %	20 %	50 %	100 %
80 PLUS	-	82 %	85 % / PFC .90	82 %	-	-	-	-
80 PLUS Bronze	-	85 %	88 % / PFC .90	85 %	-	81 %	85 % / PFC .90	81 %
80 PLUS Silver	-	87 %	90 % / PFC .90	87 %	-	85 %	89 % / PFC .90	85 %
80 PLUS Gold	-	90 %	92 % / PFC .90	89 %	-	88 %	92 % / PFC .90	88 %
80 PLUS Platinum	-	92 %	94 % / PFC .90	90 %	-	90 %	94 % / PFC .95	91 %
80 PLUS Titanium	90 %	94 % / PFC .95	96 %	94 %	90 %	94 % / PFC .95	96 %	91 %

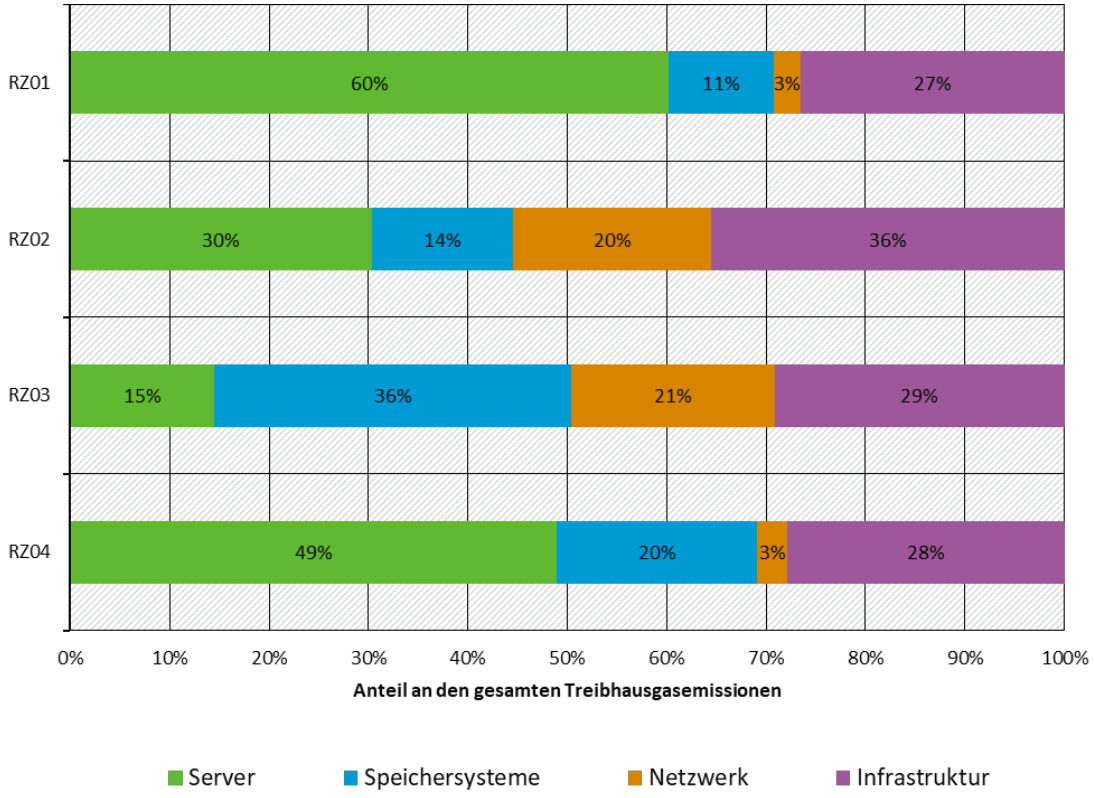
Quelle: CLEAResult Plug Load Solutions 2021

5 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.

Bei Rechenzentren insgesamt und Servern und Datenspeichern im Besonderen liegt ein Schwerpunkt der Umweltwirkungen bei den Treibhausgasemissionen. Bezogen auf die Gesamtemissionen eines Rechenzentrums haben die beiden Produktgruppen gemeinsam einen Anteil von 44 bis 69 Prozent der Gesamtemissionen. Dies zeigt die Auswertung von vier beispielhaften Rechenzentren (siehe Abbildung 5), die innerhalb eines parallel durchgeführten Forschungsprojektes zu den Umweltwirkungen von Cloud-Computing untersucht wurden (Gröger und Liu 2021).

Abbildung 5: Verteilung des Treibhausgaspotenzials (GWP) auf die unterschiedlichen Teilsysteme von vier verschiedenen Rechenzentren (RZ01 – RZ04)



Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut auf der Grundlage von Daten aus Gröger und Liu (2021)

Für ein Umweltzeichen bedeutet die Relevanz der Treibhausgasemissionen, dass die Verringerung des Energiebedarfs und damit die Energieeffizienz von Servern und Datenspeichern wichtige Vergabekriterien sind.

Schödwell et al. (2018) haben im Rahmen des KPI4DCE-Projekts[7] 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 19 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-Servers aus dem KPI4DCE-Projekt. In der Berechnung angenommene Nutzungsdauer ist 4 Jahre.

Tabelle 19: Abiotischer Rohstoffverbrauch und Treibhauseffekt pro Rack-Server in der Herstellungs- und Nutzungsphase

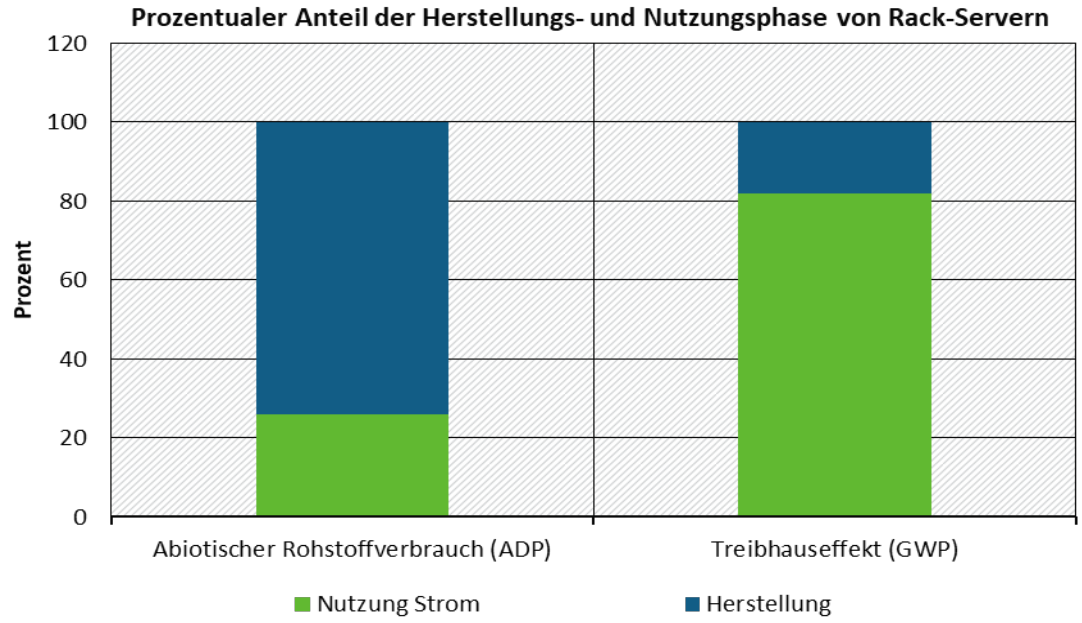
Umweltwirkungen	Abiotischer Rohstoffverbrauch (ADP)	Treibhauseffekt (GWP)
Bezogen auf: pro Rack-Server	kg Sb-eq. / Jahr (Sb: Antimon)	kg CO_2e /Jahr
Herstellung	0,15	141,47
Nutzung	0,05	629,34

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

Abbildung 6 zeigt, dass die Herstellungsphase 74 Prozent für den abiotischen Rohstoffverbrauch verantwortlich ist. In der Nutzungsphase spielt im Gegensatz zum Treibhauseffekt der Stromverbrauch eine wesentliche Rolle. Für die Ableitung der Blauer Engel Vergabekriterien sollen deshalb die Langlebigkeit der Geräte und der Energieverbrauch in der Nutzungsphase berücksichtigt werden.

[7] KPI4DCE: Key Performance Indicators for Data Center Efficiency

Abbildung 6: Gegenüberstellung der Herstellungs- und Nutzungsphase hinsichtlich ADP und GWP von Rack-Servern



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

Tabelle 20 zeigt die ADP und GWP-Ergebnisse pro Speichersystem auf Basis von Schödwell et al. (2018). Das exemplarische Rechenzentrum in der Berechnung hat 19 Datenspeichersysteme, die eine durchschnittliche Nutzungsdauer von 5,7 Jahren haben. Die gesamte Anzahl der Speicherlaufwerke in diesem Rechenzentrum sind 330 Stück, davon sind 148 Stück 3,5“-HDD, 180 Stück 2,5“-HDD und 2 Stück SSD. Die Speicherkapazität pro Speicherlaufwerk der Datenspeichersysteme liegt bei 1196 GB pro Stück Laufwerk. Das heißt, jedes Datenspeichersystem beinhaltet durchschnittlich 17,4 Laufwerke und 20 TB.

Tabelle 20: Abiotischer Rohstoffverbrauch und Treibhauseffekt pro Speichersystem in der Herstellungs- und Nutzungsphase

Umweltwirkungen	Abiotischer Rohstoffverbrauch (ADP)	Treibhauseffekt (GWP)
Bezogen auf 1 Datenspeichersystem	kg Sb-eq./ Jahr (Sb: Antimon)	kg CO_2e / Jahr
Herstellung	0,33	180,68
Nutzung Strom	0,21	2.545,06

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Schödwell et al. 2018

Tabelle 20 zeigt, dass der Stromverbrauch in der Nutzungsphase eine signifikante Umweltbelastung darstellt. Dabei entstehen ca. 80 % der Treibhausgase, denn Transport und Entsorgung tragen <10 % zum GWP bei Schödwell et al. (2018). Der Rohrstoffverbrauch ist in der Herstellung am größten. Für die Ableitung der Blauer Engel Vergabekriterien sollen deshalb die Langlebigkeit der Geräte und insbesondere der Energieverbrauch in der Nutzungsphase berücksichtigt werden.

6 Beste verfügbare Technik

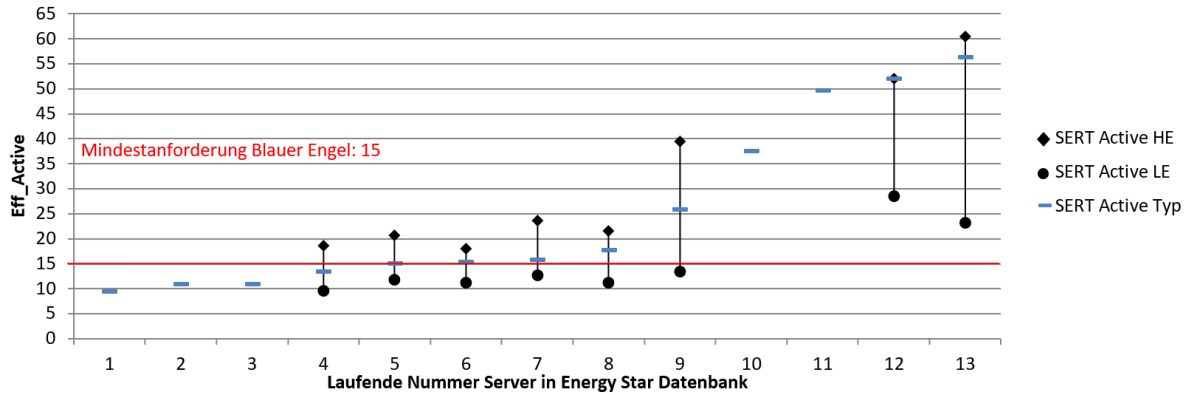
6.1 Energieeffizienz im Aktivzustand

Zur Messung der Energieeffizienz der Server im Aktivzustand wird die oben beschriebene Methodik SPEC SERT 2 (siehe Kapitel 4.2.2.1) verwendet. Der Energy Star für Server (siehe Kapitel 4.2.3.1) nutzt diese Metrik und hat die Werte aller mit dem Energiekennzeichen zertifizierten Server in einer öffentlich zugänglichen Datenbank[8] erfasst. Aus dieser Datenbank, die zum Zeitpunkt der Auswertung (November 2019) insgesamt 101 Server-Modelle umfasste, wurden die 74 Modelle ausgewählt, die sich im Jahr 2019 für den Energy Star (Computer Servers Version 3.0 Program Requirements) qualifiziert haben. Davon sind 13 Modelle mit einem einzelnen Prozessor-Sockel ausgestattet, 48 Modelle mit zwei Prozessor-Sockeln und 13 Modelle mit 4 Prozessor-Sockeln.

Die nachfolgenden drei Abbildungen geben einen Überblick über die Höhe der SERT Active State Efficiency (Eff_{ACTIVE}) der unterschiedlichen Modelle. Pro Server wird die Bandbreite zwischen „Low-end Performance Configuration“ (SERT Active LE), „Typical or Single Configuration“ (SERT Active Typ) und „High-end Performance Configuration“ (SERT Active HE) angegeben.

Abbildung 7: Energieeffizienz von Servern mit 1 Sockel bester verfügbarer Technik

SERT Active State Efficiency (Eff_{ACTIVE}) 2019 für den Energy Star qualifizierte Server-Modelle

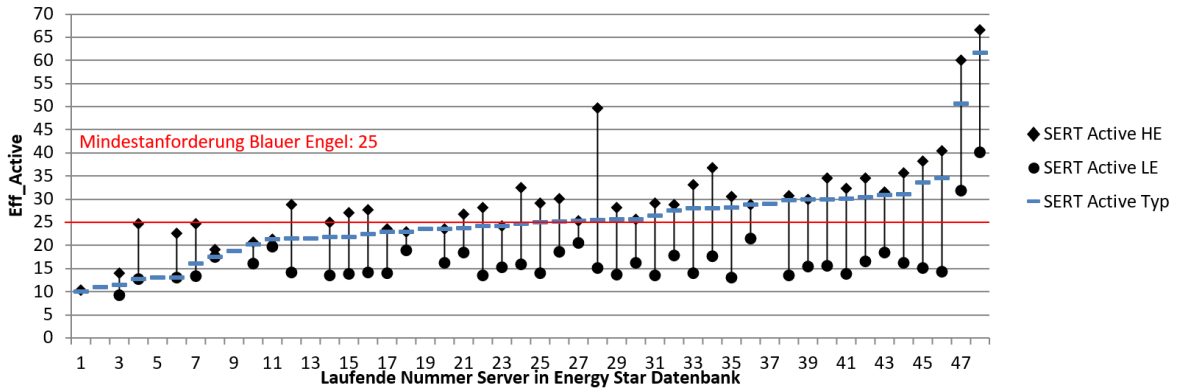


Quelle: Eigene Darstellung nach Energy Star Datenbank Server, Zugriff am 6.11.2019

[8] https://www.energystar.gov/productfinder/product/certified-enterprise-servers/

Abbildung 8: Energieeffizienz von Servern mit 2 Sockeln bester verfügbarer Technik

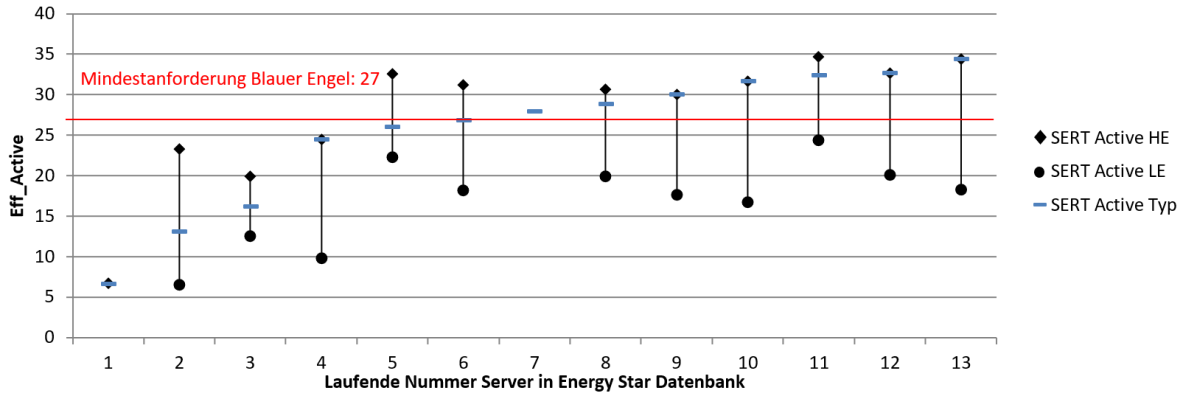
SERT Active State Efficiency (Eff_{ACTIVE}) 2019 für den Energy Star qualifizierte Server-Modelle



Quelle: Eigene Darstellung nach Energy Star Datenbank Server, Zugriff am 6.11.2019

Abbildung 9: Energieeffizienz von Servern mit 4 Sockeln bester verfügbarer Technik

SERT Active State Efficiency (Eff_{ACTIVE}) 2019 für den Energy Star qualifizierte Server-Modelle



Quelle: Eigene Darstellung nach Energy Star Datenbank Server, Zugriff am 6.11.2019

Ausgehend von den Datenbankwerten für Eff_{active} wurden Mindestanforderungen für das Umweltzeichen Blauer Engel festgelegt (eingezeichnet als rote Line). Die Mindestanforderungen wurden so gewählt, dass in der typischen Konfiguration der Server („Typical or Single Configuration“) mindestens 50 Prozent der im Jahr 2019 für den Energy Star für Server qualifizierten Produkte diesen Wert erreichen können. In Tabelle 21 wird der Erfüllungsgrad der ausgewerteten Server-Modelle bei den festgelegten Mindestanforderungen des Umweltzeichens Blauer Engel dargestellt.

Tabelle 21: Erfüllungsgrad der Mindestanforderungen der ausgewerteten Server-Modelle

Anzahl CPU-Sockel	**1**	**2**	**4**
Anforderung Blauer Engel	**Eff_{ACTIVE} ≥ 15**	**Eff_{ACTIVE} ≥ 25**	**Eff_{ACTIVE} ≥ 27**
Low-end Performance Configuration	15 %	4 %	0 %
Typical or Single Configuration	69 %	50 %	54 %
High-end Performance Configuration	62 %	58 %	54 %

Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut

7 Ableitung der Vergabekriterien für ein Umweltzeichen

Die größte Umweltwirkung (Abschnitt 5) haben Server und Storage Systeme in den Bereichen des Materialverbrauchs in der Produktion sowie im Energieverbrauch im Betrieb. Daraus leiten sich Maßnahmen für die Langlebigkeit, Wiederverwendbarkeit, Reparaturfähigkeit, Schadstofffreiheit, die Energieeffizienz und dessen Monitoring ab. Das Kapitel „regulatives Umfeld“ (Abschnitt 4.2) legt die Grundanforderungen in diesen Bereichen. Die Energy Star Anforderungen bilden die Grundlage für die Anforderungen an die Energieeffizienz von Servern und Storage Systemen. Eine Betrachtung der besten verfügbaren Technik (Abschnitt 6) ergibt machbare Anforderungen für ein ambitioniertes Umweltzeichen. Dieses Umweltzeichen setzt bereits ein Jahr vor Inkrafttreten der Ökodesign Verordnung dessen Anforderungen durch und weitet zum Teil dessen Geltungsbereich aus.

Die in diesem Kapitel aufgelisteten Vergabekriterien sind mit den bereits veröffentlichten Vergabekriterien identisch und werden wörtlich zitiert, sofern nicht anders gekennzeichnet.

7.1 Grundanforderungen

7.1.1 Ökodesign Verordnung

Die Server und Datenspeicherprodukte müssen bereits zum Zeitpunkt der Antragstellung alle Anforderungen der zum 1. März 2020 gültigen Ökodesign-Verordnung für Server und Datenspeicherprodukte (Verordnung (EU) 2019/424, siehe Anhang A [1]) erfüllen. Dies gilt auch dann, wenn die Produkte nicht unter den Geltungsbereich der Ökodesign-Verordnung fallen. Durch die Ökodesign-Verordnung werden Mindestanforderungen in folgenden Bereichen gestellt:

- Anforderungen in Bezug auf den Netzteil-Wirkungsgrad und den Leistungsfaktor
- Anforderungen an die Materialeffizienz
- Leistung im Leerlaufzustand
- Effizienz im Aktivzustand
- Informationspflichten der Hersteller

7.1.2 Anforderungen des Energy Star

Die Server und Datenspeicherprodukte müssen die Anforderungen der Energieeffizienz-Kennzeichnung **„Energy Star“** des für die jeweilige Produktgruppe in der zum Zeitpunkt der Antragstellung gültigen Version erfüllen.

Für **Server** gelten die Energy Star Anforderungen Program Requirements Computer Servers.

Beim Energy Star für Computer Server werden Mindestanforderungen unter anderem in folgenden Bereichen gestellt:

- Energieeffizienz der Netzteile
- Energiemanagement
- Energieeffizienz im aktiven Betriebszustand

- Leistungsaufnahme im Leerlaufzustand
- Berichterstattung

Für **Datenspeicherprodukte** gelten die Anforderungen Program Requirements Data Center Storage.

Beim Energy Star für Datenspeicherprodukte werden Mindestanforderungen unter anderem in folgenden Bereichen gestellt:

- Energieeffizienz der Netzteile
- Power Modeling Tool
- Energieeffizienz-Features
- Leistungsdatenmessung und Leistungsanforderungen
- Berichterstattung

7.1.3 Betriebsbedingungen

Um eine effiziente Luftkühlung mit Frischluft zu ermöglichen, müssen Server und Datenspeicherprodukte bei entsprechenden Temperaturen betriebsfähig sein.

Der Server oder das Datenspeicherprodukt muss unter den Betriebsbedingungen A2 oder höher der Klassifikation aus Tabelle 6 "Kategorien der Betriebsbedingungen" aus der Verordnung (EU) 2019/424, (siehe Verordnung (EU) 424/2019) betrieben werden können.

Es müssen mindestens die Betriebsbedingungen zulässig sein, die in der folgenden Tabelle 22 aufgelistet sind.

Tabelle 22: Betriebsbedingungen für Server und Datenspeicherprodukte

Kategorie der Betriebsbedingungen	A2
Trockenkugeltemperatur	
Zulässiger Bereich	10 – 35 °C
Empfohlener Bereich	18 – 27 °C
Feuchtigkeitsbereich, keine Betauung	
Zulässiger Bereich	– 12 °C Taupunkt (DP) und 8 % relative Luftfeuchtigkeit (RH) bis 21 °C DP und 80 % RH
Empfohlener Bereich	– 9 °C DP bis 15 °C DP und 60 % RH
Maximaler Taupunkt	21 °C
Maximale Temperaturänderung	5 °C in 15 Minuten und 20 °C in 1 Stunde

Quelle: Verordnung (EU) 424/2019

7.2 Energieeffizienz

7.2.1 Server im Aktivzustand

Die Energieeffizienz des Servers im Aktivzustand (Eff_{ACTIVE}) muss nach der Methodik Server Efficiency Rating Tool (SERT) in der jeweils zum Zeitpunkt der Antragstellung aktuellen Version (derzeit SPEC SERT 2.0.2) bestimmt werden.

Die Energieeffizienz des Servers im Aktivzustand (Eff_{ACTIVE}) muss abhängig von der Anzahl der CPU-Sockel folgende Anforderungen erfüllen:

- 1-Sockel-Server: $Eff_{ACTIVE} \geq 15$
- 2-Sockel-Server: $Eff_{ACTIVE} \geq 25$
- 4-Sockel-Server oder mehr: $Eff_{ACTIVE} \geq 27$

Erreichen einzelne Konfigurationen des Servers diesen Wert nicht, so darf der Server nicht insgesamt mit dem Umweltzeichen gekennzeichnet werden, sondern nur der Server in jenen Konfigurationen, die diese Anforderungen erfüllen. Die Kennzeichnung und der Hinweis zur Erfüllung dieser Anforderung können auch auf elektronischem Wege (z.B. in einem Online-Produkt-Konfigurator) erfolgen.

7.2.2 Netzteile

Für alle internen und externen Netzteile der Server und Datenspeicherprodukte, die der Umwandlung von Wechselstrom (AC) aus dem Stromnetz in Gleichstrom (DC) für die Stromversorgung der Geräte dienen, müssen die Wirkungsgrade und Leistungsfaktoren gemäß den Festlegungen der Ökodesign-Verordnung für Server und Datenspeicherprodukte (Verordnung (EU) 2019/424, siehe (Verordnung (EU) 424/2019)) gemessen werden und mindestens die in der nachfolgenden Tabelle 23 genannten Werte erreichen. Dies gilt auch für Netzteile, die in Gehäusen untergebracht sind, die zur Stromversorgung mehrerer Server und Datenspeicherprodukte vorgesehen sind, wie z.B. Netzteile in Blade- oder Multi-Node Gehäusen.

Tabelle 23: Mindestwerte für Netzteil-Wirkungsgrade und Leistungsfaktoren

	Mindestwert für Netzteil-Wirkungsgrad bei 230 V Wechselspannung			Mindestwert für Leistungsfaktor
Lastzustand prozentual zur Nennlast	20 %	50 %	100 %	50 %
Nicht-redundantes Netzteil	92 %	94 %	90 %	0,90
Redundantes Netzteil	90 %	94 %	91 %	0,95

Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut

7.2.3 Datenspeicherprodukte

Die Energieeffizienz der Datenspeicherprodukte muss nach der Methodik SNIA Emerald Power Efficiency Measurement (siehe Abschnitt 4.2.2.2) in der jeweils zum Zeitpunkt der Antragstellung aktuellen Version (derzeit V3.0.3) bestimmt und angegeben werden.

Für Blockzugriffssysteme (Block Access Systems) müssen folgende Werte bestimmt werden (nachfolgend werden zur eindeutigen Benennung die englischen Originalbezeichnungen der SNIA Emerald-Messmethode verwendet):

- Ready Idle Test
  - Average power consumption (W);
  - Raw capacity of product under test (GB);
  - EPRI for Ready Idle (GB/W).
- Active Tests
  - Video Data Acquisition: EPVDA (MiB/s/W).
  - Database: EPDB (MiB/s/W).
  - Virtual Desktop Integration: EPVDI (MiB/s/W).
  - Software Build: EPSWB (MiB/s/W).

Für Dateizugriffssysteme (File Access Systems) müssen folgende Werte bestimmt werden:

- Ready Idle Test
  - Average power consumption (W);
  - Raw capacity of product under test (GB);
  - EPRI for Ready Idle (GB/W).
- Active Tests
  - Video Data Acquisition: EPVDA (MiB/s/W).
  - Database: EPDB (MiB/s/W).
  - Virtual Desktop Integration: EPVDI (MiB/s/W).
  - Software Build: EPSWB (MiB/s/W).

Die Ergebnisse der Messungen müssen in der Produktdokumentation angegeben werden. Dabei müssen die Berichtsanforderungen („Information Reporting Requirements“) des Energy Star gemäß den Anforderungen in der jeweils gültigen Fassung der Program Requirements Data Center Storage erfüllt werden. Diese Informationen müssen auch dann angegeben werden, wenn das Produkt selbst nicht im Geltungsbereich des Energy Stars liegt.

7.2.4 Monitoring-Datenschnittstelle

Zum effizienten Betrieb von Servern und Datenspeicherprodukten gehört die Verwendung einer Energiemanagement Software. Um das bestmögliche System implementieren zu können, werden folgende Anforderungen gestellt. Die Server und Datenspeicherprodukte müssen folgende Daten in Echtzeit bereitstellen:

- Leistungsaufnahme [W];
- Eintrittstemperatur des Kühlmediums (z.B. Luft/Wasser) [°C];
- Datenübertragung über die Netzwerkschnittstelle [Mbit/s];
- im Fall von Servern: Lastzustand für jede logische CPU [%].

Diese Daten müssen in einem veröffentlichten oder benutzerzugänglichen Format zur Verfügung gestellt werden, das von einer herstellerunabhängigen Managementsoftware Dritter über ein Standardnetzwerk lesbar ist. Als Datenformate kommen beispielsweise in Frage: SNMP (simple network management protocol), IPMI (intelligent platform management interface) oder XML (extensible markup language).

7.3 Materialanforderungen

Schadstofffreiheit verringert die Umweltwirkung und trägt dazu bei, dass das Produkt am Ende seines Lebens leichter recycelt werden kann. Deshalb müssen Produkte, die dieses Umwelteichen tragen sollen, folgenden Materialanforderungen genügen.

Es müssen die Anforderungen an die Materialeffizienz der Ökodesign Verordnung erfüllt werden.

Die Kunststoffe der Gehäuse und Gehäuseteile dürfen keine Stoffe mit folgenden Eigenschaften als konstitutionelle Bestandteile[9] enthalten:

Stoffe, die unter der Chemikalienverordnung REACH (EG/1907/2006) (Verordnung (EG) Nr. 1907/2006) als besonders besorgniserregend identifiziert und in die gemäß REACH Artikel 59 Absatz 1 erstellte Liste (sogenannte „Kandidatenliste“) aufgenommen wurden. [10]

Stoffe, die gemäß der CLP-Verordnung (siehe (Verordnung (EG) Nr. 1272/2008)) in die folgenden Gefahrenkategorien eingestuft sind oder die Kriterien für eine solche Einstufung erfüllen[11]:

- karzinogen (krebserzeugend) der Kategorie Carc. 1A oder Carc. 1B
- keimzellmutagen (erbgutverändernd) der Kategorie Muta. 1A oder Muta. 1B
- reproduktionstoxisch (fortpflanzungsgefährdend) der Kategorie Repr. 1A oder Repr. 1B

Halogenhaltige Polymere sind in Gehäusen und Gehäuseteilen nicht zulässig. Ebenso dürfen halogenorganische Verbindungen nicht als Flammschutzmittel zugesetzt werden. Zudem sind keine Flammschutzmittel zulässig, die nach CLP-Verordnung als krebserzeugend der Kategorie Carc. 2 oder als gewässergefährdend der Kategorie Aquatic Chronic 1 eingestuft sind.

[9] Konstitutionelle Bestandteile sind Stoffe, die dem Produkt als solche oder als Bestandteil von Gemischen zugegeben werden und dort unverändert verbleiben, um bestimmte Produkteigenschaften zu erreichen oder zu beeinflussen. Auf ein Minimum reduzierte Restmonomere fallen beispielsweise nicht darunter.

[10] Es gilt die Fassung der Kandidatenliste zum Zeitpunkt der Antragsstellung. Die Kandidatenliste in der jeweils aktuellen Fassung findet sich unter folgendem Link: https://echa.europa.eu/candidate-list-table.

[11] Die harmonisierten Einstufungen und Kennzeichnungen gefährlicher Stoffe finden sich in Anhang VI, Teil 3 der CLP-Verordnung. Weiterhin ist auf der Internetseite der Europäischen Chemikalienagentur ECHA ein umfassendes Einstufungs- und Kennzeichnungsverzeichnis öffentlich zugänglich, das darüber hinaus alle Selbsteinstufungen von gefährlichen Stoffen durch die Hersteller enthält: ECHA Einstufungs- und Kennzeichnungsverzeichnis

Die den Gefahrenkategorien entsprechenden Gefahrenhinweise (H-Sätze) sind der Tabelle 24 in Anhang A.1 zu entnehmen.

Von dieser Regelung ausgenommen sind:

- fluororganische Additive (wie z.B. Anti-Dripping-Reagenzien), die zur Verbesserung der physikalischen Eigenschaften der Kunststoffe eingesetzt werden, sofern sie einen Gehalt von 0,5 Gew.- % nicht überschreiten;
- Kunststoffteile, mit einer Masse kleiner oder gleich 25 g.

7.4 Langlebigkeit

Eine lange Nutzung des Produktes trägt zu geringer Umweltwirkung der Ressourcennutzung der Produktion bei. Um eine lange Nutzung zu ermöglichen, stellt dieser Blaue Engel folgende Anforderung an die Reparaturfähigkeit, Produktdokumentation und Wiederverwendbarkeit.

7.4.1 Ersatzteilverfügbarkeit

Der Antragsteller verpflichtet sich, dafür zu sorgen, dass für die Reparatur der Geräte die Ersatzteilversorgung für mindestens 5 Jahre ab Produktionseinstellung sichergestellt ist. Die Ersatzteile müssen zu angemessenen Preisen vom Hersteller selbst oder von einem Dritten angeboten werden. Ersatzteile sind funktionsgleiche oder kompatible und in ihrer Funktion verbesserte Komponenten oder Baugruppen, die im Laufe der Nutzungsphase eines Servers oder eines Datenspeichergerätes bei der Reparatur als Ersatz für defekte Teile eingewechselt werden.

7.4.2 Zurücksetzbarkeit für die Wiederverwendung

Server und Datenspeicherprodukte müssen eine Funktion bereithalten, die es ermöglicht, die Geräte für die Wiederverwendung zurück zu setzen. Hierzu müssen alle Daten auf den Geräten sicher löschbar sein und die Systemeinstellungen (z.B. BIOS) auf den Auslieferungszustand rücksetzbar sein. Diese Funktion kann auch durch eine externe Software bereitgestellt werden, die durch den Hersteller ab der Markteinführung bis mindestens 5 Jahre nach Produktionseinstellung kostenlos zur Verfügung gestellt wird.

7.4.3 Produktdokumentation

Die Produktunterlagen müssen Informationen über die Bereitstellung von Ersatzteilen enthalten. Das Produkt muss über eine Produktdokumentation verfügen, in der alle Informationen gemäß den Informationspflichten der Ökodesign-Verordnung für Server und Datenspeicherprodukte (Verordnung (EU) 424/2019) angegeben werden. Darüber hinaus müssen für Server die Produktinformationen („Reporting Requirements“) des Energy Star gemäß den Anforderungen Program Requirements Computer Servers (Energy Star for Computer Servers 2018) und für Datenspeicherprodukte die Produktinformationen gemäß den Anforderungen Program Requirements Data Center Storage (Energy Star for Data Center Storage 2018) gegeben werden. Diese Informationen müssen auch dann angegeben werden, wenn das Produkt selbst nicht im Geltungsbereich der Ökodesign-Verordnung oder des Energy Stars liegt.

8 Quellenverzeichnis

ASHRAE (2016): ASHRAE TC9.9. Data Center Power Equipment Thermal Guidelines and Best Practices. Whitepaper createdby ASHRAE Technical Committee (TC) 9.9Mission Critical Facilities, Data Centers, Technology Spaces, and Electronic Equipment. Online verfügbar unter https://tc0909.ashraetcs.org/documents/ASHRAE_TC0909_Power_White_Paper_22_June_2016_REVISED.pdf.

Bitkom e.V. (2015): Energieeffizienz in Rechenzentren. Leitfaden. Hg. v. Bitkom e.V. Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. Albrechtstraße 10 | 10117 Berlin. Online verfügbar unter https://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Leitfaden-Energieeffizienz-in-Rechenzentren.html.

Blauer Engel DE-UZ 213 (2020): Blauer Engel DE-UZ 213 - Server und Datenspeicherprodukte. Ausgabe Januar 2020. Version 1. Hg. v. Umweltbundsamt. Blauer Engel DE-UZ 213. Bonn (DE-UZ 213). Online verfügbar unter https://produktinfo.blauer-engel.de/uploads/criteriafile/de/DE-UZ %20213-202001-de %20Kriterien-2020-08-13.pdf, zuletzt geprüft am 03.09.2021.

Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (2021): Daten endgültig löschen. Online verfügbar unter https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Verbraucherinnen-und-Verbraucher/Informationen-und-Empfehlungen/Cyber-Sicherheitsempfehlungen/Daten-sichern-verschluesseln-und-loeschen/Daten-endgueltig-loeschen/daten-endgueltig-loeschen_node.html, zuletzt aktualisiert am 27.01.2021, zuletzt geprüft am 11.06.2021.

CLEAResult Plug Load Solutions (2021): 80plus Program Details. Online verfügbar unter https://www.plugloadsolutions.com/80PlusPowerSupplies.aspx, zuletzt aktualisiert am 2021.

Dell (2021a): Accelerators für Dell EMC PowerEdge Server. Online verfügbar unter https://www.delltechnologies.com/de-de/servers/server-accelerators.htm#, zuletzt aktualisiert am 10.06.2021, zuletzt geprüft am 10.06.2021.

Dell (2021b): Dell Fresh Air. Online verfügbar unter https://www.dell.com/learn/us/en/555/power-and-cooling-technologies-best-practices, zuletzt aktualisiert am 10.06.2021, zuletzt geprüft am 10.06.2021.

Dubsky, Daniel (2019): Rekordjahr für den Storage-Markt in EMEA. Hg. v. CRN. Online verfügbar unter https://www.crn.de/netzwerke-storage/artikel-119476-2.html, zuletzt aktualisiert am 03.06.2019.

Energy Star for Computer Servers (2018): ENERGY STAR Program Requirements - Product Specification for Computer Servers - Eligibility Criteria Version 3.0. EPA. Online verfügbar unter https://www.energystar.gov/sites/default/files/ENERGY %20STAR %20Version %203.0 %20Computer %20Servers %20Program %20Requirements.pdf, zuletzt geprüft am 14.03.2019.

Energy Star for Data Center Storage (2018): ENERGY STAR Program Requirements - Product Specification for Data Center Storage - Eligibility Criteria Version 1.1. EPA. Online verfügbar unter https://www.energystar.gov/sites/default/files/ENERGY %20STAR %20Storage %20Final %20Version %201.1 %20Specification_0.pdf, zuletzt geprüft am 14.03.2019.

EN ISO 14024:2018: Environmental labels and declarations - Type I environmental labelling - Principles and procedures (ISO 14024:2018).

Fortune Business Insights (Hg.) (2021): Machine Learning Market Size, Share, Growth & Trends [2028]. Online verfügbar unter https://www.fortunebusinessinsights.com/machine-learning-market-102226, zuletzt geprüft am 10.06.2021.

G. Gasior (2015): The SSD Endurance Experiment: They’re all dead – The Tech Report. Online verfügbar unter https://techreport.com/review/27909/the-ssd-endurance-experiment-theyre-all-dead/, zuletzt aktualisiert am 10.06.2021, zuletzt geprüft am 10.06.2021.

García-Martín, Eva; Rodrigues, Crefeda Faviola; Riley, Graham; Grahn, Håkan (2019): Estimation of energy consumption in machine learning. In: *Journal of Parallel and Distributed Computing* 134, S. 75–88. DOI: 10.1016/j.jpdc.2019.07.007.

Gröger, Jens; Liu, Ran (2021): Green Cloud Computing. Lebenszyklusbasierte Datenerhebung zu Umweltwirkungen des Cloud Computing. Unter Mitarbeit von Lutz Stobbe, Jan Druschke und Nikolai Richter. 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.

Hintemann, Ralph (2019): Rechenzentren 2018. Wachstumsschub durch Cloud Computing. Effizienzgewinne reichen nicht aus: Energiebe-darf der Rechenzentren steigt weiter deutlich an. Hg. v. Borderstep Institut. Berlin. Online verfügbar unter https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2020/03/Borderstep-Rechenzentren-2018-20200511.pdf, zuletzt geprüft am 10.12.2021.

Hülskötter, Michael (2019): Multi-Cloud-Bewegung wird den Storage-Markt verändern. Hg. v. Speicherguide. Online verfügbar unter https://www.speicherguide.de/cloud/multi-cloud-bewegung-wird-den-storage-markt-veraendern-24337.aspx, zuletzt aktualisiert am 03.06.2019.

IDC (Hg.) (2019): EMEA External Storage Market Closed 2018 with Record Growth, Says IDC. Online verfügbar unter https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prEMEA44919219.

IDC (Hg.) (2021): Worldwide Quarterly Server Tracker. Online verfügbar unter https://www.idc.com/tracker/showproductinfo.jsp?prod_id=7, zuletzt geprüft am 10.12.2021.

Intel Newsroom (2016): From Sand to Silicon - the Making of a Chip | Intel Newsroom. Online verfügbar unter https://newsroom.intel.com/press-kits/from-sand-to-silicon-the-making-of-a-chip/, zuletzt aktualisiert am 23.09.2016, zuletzt geprüft am 11.06.2021.

Kistowski, Jóakim von; Lange, Klaus-Dieter; Arnold, Jeremy A.; Block, Hansfried; Greg, Darnel; Beckett, John; Tricker, Mike (2021): The SERT® 2 Metric and the Impact of Server Configuration. Hg. v. Standard Performance Evaluation Corporation (SPEC®). Online verfügbar unter https://www.spec.org/sert2/SERT-metric.pdf.

Köhler, Andreas; Gröger, Jens (2021): Umweltzeichen Blauer Engel für Computer. Hintergrundbericht zur Überarbeitung der Vergabekriterien DE-UZ 78a, Ausgabe Januar 2017. Hg. v. Umweltbundsamt. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-04-26_texte_65-2021_blauer_engel_computer_0.pdf.

Montevecchi, F.; Stickler, T.; Hintemann, R.; Hinterholzer, S. (2020): Energy-efficient Cloud Computing Technologies and Policies for an Eco-friendly Cloud Market. Final Study Report. Hg. v. Europäische Kommission. Umweltbundesamt Österreich. Wien. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=71330, zuletzt geprüft am 03.06.2021.

Rüdiger, Ariane (2019): IDC: Datenwachstum in EMEA setzt sich ungebremst fort. Online verfügbar unter https://www.storage-insider.de/idc-datenwachstum-in-emea-setzt-sich-ungebremst-fort-a-802822/.

Schödwell, Björn; Zarnekow, Rüdiger; Liu, Ran; Gröger, Jens; Wilkens, Marc (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.

Standard Performance Evaluation Corporation (SPEC): Server Efficiency Rating Tool (SERT). Online verfügbar unter http://www.spec.org/sert2/, zuletzt geprüft am 22.05.2019.

Storage Networking Industry Association (SNIA): SNIA Emerald Power Efficiency Measurement Specification V3.0.3. Online verfügbar unter https://www.snia.org/tech_activities/standards/curr_standards/emerald, zuletzt geprüft am 22.05.2019.

Verordnung (EG) Nr. 1272/2008: Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen. CLP (Classification, Labelling and Packaging).

Verordnung (EG) Nr. 1907/2006: Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe;. REACH-Verordnung. Online verfügbar unter https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1907.

Verordnung (EU) 424/2019: 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. Online verfügbar unter https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0424&from=EN, zuletzt geprüft am 22.05.2019.

Windeck, Christof (2018): Server-Markt legt kräftig zu: 44 Prozent Plus. Hg. v. Heise. Online verfügbar unter https://www.heise.de/newsticker/meldung/Server-Markt-legt-kraeftig-zu-44-Prozent-Plus-4156845.html, zuletzt aktualisiert am 03.06.2019.

A.1 Zuordnung von Gefahrenkategorien und H-Sätzen

Folgende Tabelle ordnet den Gefahrenkategorien der generell ausgeschlossen Stoffe die entsprechenden Gefahrenhinweise (H-Sätze) zu.

Tabelle 24: Gefahrenkategorien und H-Sätze

CLP-Verordnung (EG) Nr. 1272/2008		
Gefahrenkategorie	**Gefahrenhinweise**	
	H-Satz	**Wortlaut**
karzinogene Stoffe		
Carc. 1A Carc. 1B	H350	Kann Krebs erzeugen.
Carc. 1A Carc. 1B	H350i	Kann beim Einatmen Krebs erzeugen.
Carc. 2	H351	Kann vermutlich Krebs erzeugen.
keimzellmutagene Stoffe		
Muta. 1A Muta. 1B	H340	Kann genetische Defekte verursachen.
reproduktionstoxische Stoffe		
Repr. 1A Repr. 1B	H360D	Kann das Kind im Mutterleib schädigen.
Repr. 1A Repr. 1B	H360F	Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen.
Repr. 1A Repr. 1B	H360FD	Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen. Kann das Kind im Mutterleib schädigen.
Repr. 1A Repr. 1B	H360Df	Kann das Kind im Mutterleib schädigen. Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen.
Repr. 1A Repr. 1B	H360Fd	Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen. Kann vermutlich das Kind im Mutterleib schädigen.
umweltgefährdende Stoffe		
Aquatic Chronic 1	H410	Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.

Quelle: Blauer Engel DE-UZ 213 2020