

TEXTE

152/2026

Teilbericht

Umweltzeichen Blauer Engel für Server und Datenspeicherprodukte

Hintergrundbericht zur Erarbeitung der
Vergabekriterien DE-UZ 213, Ausgabe Januar 2025

von:

Felix Behrens

Öko-Institut e.V., Berlin

Herausgeber:

Umweltbundesamt

TEXTE 152/2026

REFOPLAN des Bundesministeriums für Umwelt,
Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3723 37 302 0

Teilbericht

Umweltzeichen Blauer Engel für Server und Datenspeicherprodukte

Hintergrundbericht zur Erarbeitung der Vergabekriterien
DE-UZ 213, Ausgabe Januar 2025

von

Felix Behrens
Öko-Institut e.V., Berlin

Diese Studie entstand als Teilbericht im Rahmen des
Forschungsprojektes „Weiterentwicklung des
Produktportfolios des Umweltzeichen Blauer Engel -
Rahmenvorhaben 2023-26“

Projektleitung: Tobias Sautter¹

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

¹ Geb. Schleicher

Impressum

Herausgeber

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

Durchführung der Studie:

Öko-Institut Consult gGmbH
Borkumstraße 2
13189 Berlin

Abschlussdatum:

September 2026

Redaktion:

Fachgebiet Z 2.3
Rosemarie Bähne
Fachgebiet III 1.3
Dr. Marina Proske

DOI:

<https://doi.org/10.60810/openumwelt-8836>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, September 2026

© Alle Rechte vorbehalten

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

Kurzbeschreibung: Server und Datenspeicher

Server und Datenspeicherprodukte sind für die digitale Infrastruktur essenziell, sie werden in der Regel in großer Stückzahl in Rechenzentren aufgestellt und betrieben. Sie verarbeiten und speichern große Datenmengen und sind für den größten Anteil des Energieverbrauchs der Rechenzentren verantwortlich, weshalb sie sehr effizient sein müssen. Die erforderliche elektrische Energie zum Betrieb des Servers wird fast zu 100 Prozent in Wärme umgewandelt. Die so entstandene Wärme im Rechenzentrum muss durch Kältetechnik abgeführt werden, um die Server und Datenspeicherprodukte vor Überhitzung zu schützen. Eine hohe Energieeffizienz der Server und Datenspeicherprodukte wirkt sich in Rechenzentren doppelt positiv aus. Einmal durch den geringeren Strombedarf der Geräte und durch den geringeren Energiebedarf pro Rechenleistung für die Klimatisierung.

Der Bedarf an Servern und Datenspeicherprodukten steigt auch zukünftig weiter stark an. In den letzten 10 Jahren war dieser Anstieg exponentiell, sowohl im Energieverbrauch (Hintemann 2021) als auch in der Stückzahl im Betrieb (Hintemann et al. 2024). Dies liegt an der weiterhin ungebremsten Digitalisierung aller Lebens- und Wirtschaftsbereiche und insbesondere den neuen Bedarfen an Rechenleistung für künstliche Intelligenz.

Vor diesem Hintergrund hat die Jury Umweltzeichen die Überarbeitung des bestehenden Umweltzeichens Blauer Engel für Server und Datenspeicherprodukte beauftragt, um den neuen Entwicklungen in diesem sehr wichtigen Bereich für ressourcenschonende Produkte gerecht zu werden.

Dieses Umweltzeichen gilt nicht für Netzwerkgeräte, wie Switches (engl. auch multiport network bridge) und Router, welche für den Datentransport verantwortlich sind.

Der vorliegende Hintergrundbericht dokumentiert die Überarbeitung der bestehenden Vergabekriterien des Umweltzeichens. Die einleitende Marktanalyse beleuchtet die aktuellen Trends und technischen Entwicklungen der beiden Produktgruppen. Außerdem werden aktuelle Entwicklungen im regulatorischen Umfeld und bei anderen Umweltzeichen analysiert. Diese sind insbesondere der Energy Star, EPEAT und TCO Certified.

Die wesentlichen Umweltwirkungen von Servern und Datenspeicherprodukten sind der Ressourcenverbrauch in der Herstellung und der Energieverbrauch im Betrieb. Diese werden mit Anforderungen an Energieeffizienz, Langlebigkeit, Reparierbarkeit und durch Materialanforderungen adressiert, hinzu kommen soziale Anforderungen an die Produktion. Die Messstandards haben sich nicht verändert im Vergleich zum Hintergrundbericht der Erstausgabe des Umweltzeichens für Server und Datenspeicherprodukte DE-UZ 213, veröffentlicht als UBA Texte 24/2022 (Gröger et al. 2021).

Insgesamt leiten wir Kriterien für den Blauen Engel ab, der sozialverträglich gefertigte, energieeffiziente und ressourcenschonende Produkte auszeichnet.

Zukünftige Überarbeitungen sollten Kennzahlen der Energieeffizienz von GPUs und die Vergleichbarkeit nicht-proprietärer Messverfahren der Energieeffizienz zum Messstandard SPEC SERT untersuchen. Mit einer besseren Datengrundlage können die Anforderungen an die Energieeffizienz im Leerlauf und an die sozialverträgliche Fertigung verschärft werden. Für eine künftige Überarbeitung wurde angeregt, die Qualitätsgüte der Festplatten zu untersuchen. Es besteht der Verdacht, dass diese die Energieeffizienz beeinflusst.

Abstract: Server and Data Storage Products

Servers and data storage products are essential to digital infrastructure. They are usually installed and operated in large numbers in data centres. They process and store vast amounts of

data and account for the majority of a data centre's energy consumption, which is why they must be highly efficient. Almost 100 per cent of the electrical energy required to operate a server is converted into heat. The heat generated in this way within the data centre must be dissipated using cooling technology to protect the servers and data storage products from overheating. High energy efficiency in servers and data storage products has a twofold positive effect in data centres. Firstly, due to the lower power consumption of the devices and, secondly, due to the lower energy requirement per unit of computing power for air conditioning.

The demand for servers and data storage products will continue to increase strongly in the future. Over the past 10 years this increase has been exponential both in the energy consumption (Hintemann 2021) and in the amount of devices running (Hintemann et al. 2024). This is due to the ongoing, unchecked digitalisation of all areas of life and the economy and, in particular, new demands for computing power for artificial intelligence.

Against this background, the Environmental Label Jury commissioned a revision of the existing Blue Angel ecolabel for servers and data storage products in order to take account of new developments in this very important field for resource-conserving products.

This ecolabel does not apply to network devices, such as switches (also called multiport network bridges) and routers, which are responsible for data transport.

This background report documents the revision of the existing award criteria of the ecolabel. The introductory market analysis highlights current trends and the technical developments of the two product groups. In addition, current developments in the regulatory environment and in other ecolabels are analysed. These are Energy Star, EPEAT and TCO Certified.

The main environmental impacts of servers and data storage systems are the resource use in manufacturing and the energy consumption during operation. These are addressed as requirements for energy efficiency, longevity, reparability and through material requirements; social requirements for production are added as well. The measurement standards have not changed compared with the background report of the first edition of the ecolabel for servers and data storage products DE-UZ 213, published as UBA Texte 24/2022 (Gröger et al. 2021).

Overall, we derive criteria for the Blue Angel that designate products to be energy-efficient, resource-conserving and to be manufactured socially responsible.

Future revisions shall assess indicators for the energy efficiency of GPUs and the comparability of non-proprietary measurement tools for energy efficiency to SPEC SERT. Based on better data, the requirements for idle state energy efficiency and for socially responsible manufacturing might be tightened. In a future revision, the quality of data storages might be assessed. There was a hint that it might influence the energy efficiency of data storage devices.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	10
Tabellenverzeichnis	10
Abkürzungsverzeichnis	11
Zusammenfassung.....	13
Summary	16
1 Hintergrund und Zielsetzung.....	19
2 Vorgehen und Beteiligung.....	20
3 Untersuchungsgegenstand.....	21
4 Markt- Und Umfeldanalyse	22
4.1 Technische Analyse	22
4.1.1 Rechenzentrum.....	22
4.1.2 Serverschränke	22
4.1.3 Server	23
4.1.4 Datenspeicherprodukte	24
4.2 Marktanalyse	25
4.2.1 Server	26
4.2.2 Datenspeicherprodukte	27
4.3 Messtandards.....	28
4.3.1 SPEC Server Efficiency Rating Tool 2.....	28
4.3.2 SNIA Emerald Power Efficiency Measurement.....	29
4.4 Umweltzeichen und Gütesiegel	32
4.4.1 Energy Star für Server	32
4.4.1.1 Geltungsbereich.....	32
4.4.1.2 Netzteile: Wirkungsgrad und Leistungsfaktor	32
4.4.1.3 Energiemanagement.....	34
4.4.1.4 Energieeffizienz im aktiven Betriebszustand.....	34
4.4.1.5 Leistungsaufnahme im Leerlaufzustand	35
4.4.1.6 Berichterstattung.....	35
4.4.1.7 Monitoring Daten	36
4.4.2 Energy Star für Datenspeicherprodukte in Rechenzentren.....	37
4.4.2.1 Geltungsbereich.....	37
4.4.2.2 Energieeffizienz der Netzteile.....	37
4.4.2.3 Energieeffizienz im Aktivzustand für Block I/O Systeme	37

4.4.2.4	Weitere Anforderungen an die Energieeffizienz	37
4.4.2.5	Berichterstattung	38
4.4.2.6	Monitoring Daten	38
4.4.3	Netzteile Gütezeichen „80plus power supplies“	39
4.4.4	EPEAT - Electronic Product Environmental Assessment Tool	40
4.4.5	TCO Certified Generation 9 und 10	42
4.4.6	Blauer Engel Computer	45
4.5	Regulatorisches Umfeld	46
4.5.1	Ökodesign-Verordnung für Server und Datenspeicher	46
4.5.1.1	Netzteile: Wirkungsgrad und Leistungsfaktor	46
4.5.1.2	Materialeffizienz	46
4.5.1.3	Leistung von Servern im Leerlauf	46
4.5.1.4	Effizienz von Servern im Aktivzustand	47
4.5.1.5	Informationspflichten der Hersteller	48
4.5.2	Europäische Energy Efficiency Directive (EED)	49
4.6	Studien zu den Umweltwirkungen	49
4.6.1	KPI4DCE	49
4.6.2	Ecodesign Review Study	50
4.6.2.1	Energieeffizienz im Aktivzustand	51
4.6.2.2	Energieeffizienz im Idle-Zustand	52
4.6.2.3	Leistungsmanagement	52
4.6.2.4	Materialeffizienz	52
4.6.2.5	Informationsmitteilungen	54
5	Ableitung der Vergabekriterien Blauer Engel Server und Datenspeicherprodukte	55
5.1	Geltungsbereich	55
5.2	Energieeffizienz	56
5.2.1	Anforderungen des Energy Star	56
5.2.2	Betriebsbedingungen	57
5.2.3	Server im Aktivzustand	58
5.2.4	Server im Leerlaufzustand	59
5.2.5	Datenspeicherprodukte	62
5.2.6	Netzteile (keine zusätzliche Anforderung)	63
5.2.7	Monitoring-Datenschnittstelle	63
5.3	Materialanforderungen	64

5.3.1	Primärkunststoffe der Gehäuse, Gehäuseteile und Kabel.....	64
5.3.2	Recyclingkunststoffe der Gehäuse und Gehäuseteile	66
5.3.2.1	Herkunft der Recyclingkunststoffe	66
5.3.2.2	Ausschluss bestimmter PCR-Zusatzstoffe.....	66
5.3.2.3	Deklaration zum SVHC-Gehalt des Erzeugnisses	66
5.4	Langlebigkeit	66
5.4.1	Zurücksetzbarkeit für die Wiederverwendung	67
5.4.2	Software-Updates	67
5.5	Reparierbarkeit	68
5.5.1	Ersatzteilverfügbarkeit.....	68
5.5.2	Austauschbarkeit von Ersatzteilen.....	68
5.5.3	Lieferfristen für Ersatzteile	69
5.5.4	Parts Pairing	69
5.6	Soziale Anforderungen an Produktion und Lieferkette	70
5.6.1	Sorgfaltspflichten von Unternehmen bei der Rohstoffgewinnung.....	70
5.6.2	Unterstützung von vor-Ort Initiativen zum verantwortungsvollen Bergbau.....	70
5.6.3	Soziale Nachhaltigkeit in der Fertigung	71
5.7	Produktdokumentation.....	72
6	Ausblick	73
A	Anhang	74
A.1	Zuordnung von Gefahrenkategorien und H-Sätzen	74
7	Quellenverzeichnis	75

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Warm- und Kaltgänge im Rechenzentrum.....	23
Abbildung 2: SERT Metrik Methode der Aggregation der Testergebnisse	29
Abbildung 3: Relative Verteilung der Umweltwirkungen von RZ nach Lebenszyklusphase	50
Abbildung 4: Zusammenhang von Eff_{ACTIVE} und der Leistungsaufnahme im Leerlauf	60

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Umsatz globaler Hersteller von IT-Hardware	25
Tabelle 2: Umsatz deutscher Hersteller von IT-Hardware und -Ausrüstung	26
Tabelle 3: Umsatz Produktion von Servern	26
Tabelle 4: Umsatz Produktion von Datenspeichern nach Region	27
Tabelle 5: Netzteil-Wirkungsgrad: Vergleich der Mindestanforderungen beim Energy Star und Ökodesign-Verordnung für Server und Datenspeicherprodukte	33
Tabelle 6: Netzteil-Leistungsfaktor: Vergleich der Mindestanforderungen beim Energy Star und Ökodesign-Verordnung für Server und Datenspeicherprodukte	33
Tabelle 7: Vergleich der Mindestanforderungen an die <i>Active State Efficiency</i> Eff_{ACTIVE} beim Energy Star 3.0 und 4.0 für Computer Server	35
Tabelle 8: Energieeffizienz von Block I/O Speicherprodukten im Aktivzustand	37
Tabelle 9: Anforderungen des Gütezeichens 80plus power supplies	39
Tabelle 10: Ökodesign-Anforderungen an die Leistungsaufnahme im Leerlauf.....	46
Tabelle 11: Ökodesign-Anforderungen zusätzliche Leistungstoleranzen	47
Tabelle 13: Ökodesign-Anforderungen an Eff_{ACTIVE}	47
Tabelle 14: Kategorien der Betriebsbedingungen (Tabelle 6 im Anhang II der Ökodesign- Verordnung)	48
Tabelle 15: ICF Study: Design-Option 1 für SERT Active.....	51
Tabelle 16: ICF Study: Design-Option 2 für SERT Active.....	51
Tabelle 17: ICF Study: Design-Option3 für SERT Active.....	51
Tabelle 18: Betriebsbedingungen für Server und Datenspeicherprodukte	57
Tabelle 19: Vergleich der Anforderungen an Eff_{ACTIVE} in der Ökodesign-VO, in der Review-Studie (ICF Option 1-3) und im Energy Star.....	58
Tabelle 19: Marktübliche Servermodelle und elektrische Leistung.....	59
Tabelle 20: Gefahrenkategorien und H-Sätze	74

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
3TG	tin, tantalum, tungsten, gold (Zinn, Tantal, Wolfram, Gold)
ADP	Abiotic Resource Depletion Potential (Abiotischer Rohstoffverbrauch)
APA	Auxiliary Processing Accelerator (Hilfs- oder Beschleunigerprozessor)
BE	Blauer Engel
COM	Capacity Optimizing Methods (Datenspeicheroptimierungen)
CPU	Central Processing Unit (Hauptprozessor)
DIMM	Dual Inline Memory Module (doppelreihiges Speichermodul)
DP	Dew point (Taupunkt)
EED	Energieeffizienzdirektive
Eff	Energieeffizienz
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme (Umweltmanagementsystem der Europäischen Union)
EMEA	Europe, Middle East, Africa (Europa, Mittlerer Osten und Afrika)
EP	Effizienzkennzahl des SNIA Emerald
EPA	Environmental Protection Agency (US Umweltamt)
EPR	Extended Producer Responsibility – erweiterte Herstellerverantwortung
g	Gramm
GB	Gigabyte
GPU	Graphics Processing Unit (Grafikprozessor)
GWP	Global Warming Potential (Treibhausgaspotential)
HDD	Hard Disk Drive (rotierende Festplatte)
HPC	High performance computing (Hochleistungscomputer)
ICF	Icf International Inc. (internationales Beratungsunternehmen und Autor der Ökodesign Review Studie für Server)
IO	Input-Output (Anzahl Zugriffe auf einen Speicher)
IOPS	Input Operations per Second
IT	Informationstechnologie
KI	Künstliche Intelligenz
KPI4DCE	Key Performance Indicators for Data Center Efficiency
MiB	Mebibyte (=1024 Kilobyte) pro Sekunde
NAS	Network Area Storage (dateibasiertes Speichersystem in einem Netzwerk)

Abkürzung	Erläuterung
P	Power (Leistung)
PCF	Product Carbon Footprint (Treibhausgasbilanz des Produktes)
PCRC	Post consumer recycled Content (Materialmenge, die nach vorheriger Nutzung wiederverwertet wurde)
PCRC	Postconsumer recycled content (Anteil Recyclingmaterial aus Endverbraucherabfällen)
PFC	Power Factor Correction (Leistungsfaktorkorrektur)
ppm	Parts per million (Teile pro Millionen)
PSU	Power Supply Unit (Netzteil)
RAID	Redundant Array of Independent Disks (Festplattenverbund)
SAN	Storage Area Network (Netzwerk aus blockbasierten Speichersystemen)
SERT	Server Efficiency Rating Tool
SNIA	Storage Networking Industry Association
SPEC	Standard Performance Evaluation Corporation
SSD	Solid State Disk (Halbleiterbasierte, nicht-rotierende Festplatte)
U	Unit (Höheneinheit im Serverschrank)
URL	Uniform Resource Locator (eindeutige Adresse einer Ressource im Internet)
UZ	Umweltzeichen
V	Volt
VO	Verordnung
W (kW, MW, GW)	(Kilo-, Mega-, Giga-) Watt

Zusammenfassung

Dieser Hintergrundberichtes dokumentiert die Überarbeitung der Vergabekriterien des Umweltzeichens Blauer Engel für die Produkte Server und Datenspeicher aus dem Jahr 2020. Die wissenschaftlich-technischen Untersuchungen gemäß den Anforderungen von Typ I Umweltzeichen nach EN ISO 14024:2018 beinhalten die Identifikation der wesentlichen Umweltbelastungen, eine Analyse der am Markt befindlichen Produkte und Dienstleistungen, Untersuchung des regulativen Umfelds und schließlich die Ableitung von Vergabekriterien. Im Ergebnis liegt eine überarbeitete Ausgabe des Umweltzeichens vor (DE-UZ 312, Ausgabe Januar 2025).

Der Geltungsbereich des Umweltzeichens DE-UZ 312 umfasst die Produktgruppen Server und Datenspeicherprodukte. Ein **Server** ist ein 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. Ein **Datenspeicherprodukt** ist ein Datenverarbeitungsgerät, das Datenspeicherdienste für direkt angeschlossene oder über ein Netz verbundene Clients und Geräte bereitstellt.

Server und Datenspeicherprodukte sind für die digitale Infrastruktur essenziell und für die Berechnung und Speicherung großer Datenmengen notwendig. Server und Datenspeicherprodukte werden in der Regel in großer Stückzahl in Rechenzentren aufgestellt und betrieben. Der Bedarf an Servern und Datenspeicherprodukten steigt auch zukünftig weiter stark an. Dies liegt an der weiterhin ungebremsen Digitalisierung aller Lebens- und Wirtschaftsbereiche und insbesondere den neuen Bedarfen an Leistungen von Anwendungen, die künstliche Intelligenz nutzen.

Der **Markt** für Server hat sich in den letzten Jahren leicht verändert. Der Umsatz mit Servern nimmt seit Jahren zu, obwohl die Anzahl an ausgelieferten Servern im Jahr 2023 um ca. 20% zurückgegangen ist (Knobloch 2023). Ein maßgeblicher Grund sind die höheren Verkaufspreise der Server mit KI-optimierter Hardware. Große IT-Betreiber wie AWS, Alphabet und Meta produzieren inzwischen ihre Hardware selbst und umgehen somit den Server-Markt. Über diese Hardware gibt es kaum öffentlich zugängliche Informationen. Eine sehr kleine Gegenbewegung ist das Open-Compute-Project, welches das Prinzip von offener Hardware propagiert. Der Markt der Chip-Hersteller für Server ist sehr stark konzentriert.

Neben dem Energieverbrauch im Betrieb führt der Ressourcenaufwand bei der Herstellung von Servern und Datenspeicherprodukten zu den **wesentlichen Umweltbelastungen**. Der Transport ist im Vergleich vernachlässigbar, über die Entsorgung liegen kaum Daten vor.

Die Geräte müssen mit elektrischer Energie versorgt werden, die fast zu 100 Prozent in Wärme umgewandelt wird. Die so entstandene Wärme im Rechenzentrum muss abgeführt werden, um die vorhandene Technik vor Überhitzung zu schützen. Die Stromversorgung der Geräte und die Klimatisierung erfolgt über gebäudetechnische Anlagen des Rechenzentrums. Üblicherweise bildet ein spezieller Serverschrank ein Subsystem, das den Strom weiter auf die darin enthaltenen Geräte aufteilt. Server und Datenspeicher sind für den größten Anteil des **Energieverbrauchs** der Rechenzentren verantwortlich (Hintemann 2021), weshalb sie sehr effizient sein müssen. Eine hohe Energieeffizienz der Server und Datenspeicherprodukte wirkt sich doppelt positiv aus. Einmal durch den geringeren Strombedarf der Geräte und durch den geringeren Energiebedarf für die Klimatisierung. Bisher wurde die Steigerung Energieeffizienz von Chips automatisch mit der Verkleinerung der Schaltkreise erreicht. Es ist abzusehen, dass diese Entwicklung an ihre physikalischen Grenzen stoßen wird. Es braucht also zusätzliche Anreize, die Energieeffizienz von Servern und Datenspeichern zu steigern.

Server und Speicherprodukte setzen sich aus einer Vielzahl von Komponenten zusammen, z.B. CPU, Hauptplatine, Speicherchips, Permanentspeicher und Einhausungen. Die elektronischen Bauteile, insbesondere halbleiterbasierte Chips wie SSD, RAM, CPU und GPU, werden unter hohem Einsatz von hochreinen Materialien, Chemikalien und Energie gefertigt. Die Produktion in Reinräumen verbraucht große Mengen an elektrischer Energie und Wasser und findet hauptsächlich in südöstlichen Regionen mit hohem Anteil an Kohlestrom statt (Vries et al. 2025). Die Chips bestehen z.T. aus sehr komplexen Materialzusammensetzungen. Einschlägige Lebenszyklusanalysen betrachten mehr als 43 Rohstoffe und 16 seltene Erden (Schödwel et al. 2018). Während der **Ressourcenverbrauch** nach Gewichtsanteilen von den Metallen Stahl, Aluminium, Kupfer und Zinn dominiert wird (ebd.), sind entsprechend der etablierten Kennzahl Abiotic Resource Depletion Potential (ADP) die Metalle Silber, Gold und Seltene Erden ausschlaggebend. ADP multipliziert die Menge des Materials mit ihrer Verfügbarkeit, wobei Antimon die Referenzsubstanz bildet. Neben den im Produkt verbauten Materialien werden auch alle anderen im Prozess aufgewandten Stoffströme betrachtet. Der Herstellungsaufwand ist hauptverantwortlich für den Ressourcenaufwand der Geräte. Deshalb sollen Server und Datenspeicher für eine hohe Lebensdauer ausgelegt und leicht zu reparieren sein, frei von Schadstoffen und sozial- und umweltverträglich gefertigt sein.

Die **Ökodesign-Verordnung für Server und Datenspeicherprodukte** (Ökodesign Server (EU) 2019/424) bildet den regulativen Kontext. Sie erhebt Anforderungen an energieverbrauchsrelevante Produkte, die auf den Europäischen Markt gebracht werden. Für Server und Datenspeicher reguliert sie den Wirkungsgrad und Leistungsfaktor von Netzteilen, die Materialeffizienz, die Leistung von Servern im Leerlauf, die Effizienz von Servern im Aktivzustand und Informationspflichten der Hersteller.

Die wichtigsten **Umweltzeichen** in diesem Bereich sind der Energy Star für Computer, für Server (Energy Star 2024) und für Datenspeicherprodukte (Energy Star 2022), sowie Gütezeichen 80plus (CLEAResult Plug Load Solutions 2024), EPEAT (EPEAT Registry 2019) und TCO Certified (TCO Certified 2021).

Der Energy Star wird von EPEAT und TCO Certified als Referenz und Mindestanforderung der **Energieeffizienz** genutzt. Der Energy Star hat in seiner letzten Ausgabe für Computer Server (Energy Star 2024) die Anforderungen an die Energieeffizienz deutlich erhöht. Der Energy Star verweist für die Messung der Energieeffizienz auf die Messstandards SPEC SERT2 (SPEC®) bei Servern (siehe Unterkapitel 4.3.1) und SNIA Emerald Power Efficiency Measurement (SNIA) bei Datenspeichergeräten (siehe Unterkapitel 4.3.2). Die Messgröße des SPEC SERT2 wird als Energieeffizienz des Servers im Aktivzustand (Eff_{ACTIVE}) bezeichnet und ist eine dimensionslose Zahl. Diese Standards sind weit verbreitet und letzterer ist über die Ökodesign-Verordnung rechtlich bindend anzuwenden. Sowohl die Ökodesign-Verordnung als auch der Energy Star definieren Mindestanforderungen an Eff_{ACTIVE} .

Die aus dieser Studie abgeleiteten Kriterien für die Vergabegrundlage des Blauen Engel für Server und Datenspeicherprodukte zielen auf Schadstofffreiheit, Langlebigkeit, Reparaturfähigkeit, Verantwortung in der Lieferkette und Energieeffizienz ab. Die Anforderungen an die Energieeffizienz enthalten Mindestkriterien an die Betriebsbedingungen, an die Energieeffizienz im Aktivzustand und im Leerlaufzustand und an die Möglichkeiten des Monitorings und dazu notwendige Datenschnittstellen.

Alle **abgeleiteten Kriterien** sind in Kapitel 5 ausformuliert.

Die wichtigsten Punkte der Überarbeitung des Blauen Engel für Server und Datenspeicherprodukte sind:

- ▶ Der **Geltungsbereich** wurde angepasst. Die Kriterien müssen nicht, wie bisher, für jede einzelne Produktvariante nachgewiesen werden, sondern lediglich für die Konfiguration mit der niedrigsten Energieeffizienz.
- ▶ Es gibt keine Anforderungen an **Netzteile**, da die im Jahr 2023 in Kraft getretenen verschärften Ökodesign-Anforderungen teilweise das Anforderungsniveau der vorherigen Ausgabe des Blauen Engels übertreffen und der Energy Star mit seinen Anforderungen an Netzteile ebenfalls bereits Bestandteil der Kriterien des Blauen Engels ist.
- ▶ Die **Leistung im Leerlauf** bei Servern wird auf 250 W begrenzt.
- ▶ Zusätzlich muss transparent gemacht werden, **wie viel Leistung der Server im Leerlauf im Vergleich zur vollen Auslastung** aufnimmt.
- ▶ Die Anforderungen des **Energy Star für Datenspeicherprodukte** sind ambitioniert und werden für den Blauen Engel übernommen.
- ▶ Die Server und Datenspeicherprodukte verfügen über eine öffentliche Produktwebseite, auf der alle Informationen im Rahmen der **Produktdokumentation** beschrieben sein müssen, inklusive der Effizienz- und Leistungskennzahlen der Basiskonfiguration.
- ▶ Es werden Anforderungen an die **sozialverträgliche Produktion** gestellt.

Summary

This background report documents the revision of the award criteria for the Blue Angel ecolabel for the product groups servers and data storage, dating from 2020. The scientific and technical investigations in line with the requirements for Type I environmental labels under EN ISO 14024:2018 include identifying the key environmental impacts, analysing products and services available on the market, examining the regulatory framework, and, finally, deriving award criteria. The outcome is a revised edition of the ecolabel (DE-UZ 312, edition January 2025).

The scope of the DE-UZ 312 eco-label covers the product groups ‘servers’ and ‘data storage products’. A **server** is a data processing device that provides services and manages network resources for client devices. Access to a server is mainly via network connections rather than directly via user input devices such as a keyboard or mouse. A **data storage** product is a data processing device that provides data storage services for clients and devices that are directly connected or connected via a network.

Servers and data storage products are essential to digital infrastructure and are required for the processing and storage of large volumes of data. As a rule, servers and data storage products are installed and operated in large numbers in data centres. Demand for servers and data storage products is also expected to continue to rise sharply in the future. This is due to the ongoing, unabated digitalisation of all areas of life and the economy and, in particular, new demand for the services of applications that use artificial intelligence.

The server **market** has changed slightly in recent years. Revenue from servers has been increasing for years, although the number of servers shipped fell by around 20% in 2023 (Knobloch, 2023). A key reason is the higher sales prices of servers with AI-optimised hardware. Large IT operators such as AWS, Alphabet and Meta now produce their own hardware and thus bypass the server market. There is scarcely any publicly accessible information about this hardware. A very small counter-movement is the Open Compute Project, which promotes the principle of open hardware. The market for server chip manufacturers is highly concentrated.

In addition to energy consumption during operation, the resources used in the manufacture of servers and data storage products are a major source of environmental impact. Transport has a negligible impact by comparison, whilst there is very little data available on disposal.

The devices must be supplied with electrical energy, which is almost 100% converted into heat. The resulting heat in the data centre must be removed to protect the installed technology from overheating. Power supply for the devices and air conditioning are provided via the data centre’s building services systems. Typically, a cabinet forms a subsystem that further distributes power to the devices it contains. Servers and data storage are responsible for the largest share of data centres’ **energy consumption** (Hintemann, 2021), which is why they must be highly efficient. High energy efficiency of servers and data storage products has a double positive effect: firstly through lower electricity demand of the devices, and secondly through lower energy demand for cooling. Until now, improvements in the energy efficiency of chips have been achieved automatically by shrinking circuit structures. It is foreseeable that this development will reach its physical limits. Additional incentives are therefore needed to further increase the energy efficiency of servers and data storage.

Servers and storage products consist of a wide range of components, e.g. CPU, motherboard, memory chips, persistent storage and enclosures. The electronic components, especially semiconductor-based chips such as SSDs, RAM, CPUs and GPUs, are manufactured using large amounts of highly pure materials, chemicals and energy. Production in clean rooms consumes large quantities of electricity and water and takes place mainly in south-eastern regions with a

high share of coal-fired power (Vries et al., 2025). Some chips consist of very complex material compositions. Relevant life cycle assessments consider more than 43 raw materials and 16 rare earth elements (Schödwel et al., 2018). While **resource consumption** by mass is dominated by the metals steel, aluminium, copper and tin (ibid.), under the commonly used indicator Abiotic Resource Depletion Potential (ADP) the metals silver, gold and rare earth elements are decisive. ADP multiplies the amount of material by its availability, with antimony as the reference substance. In addition to the materials incorporated in the product, all other material flows used in the process are also considered. Manufacturing effort is the main driver of the devices' resource consumption. Servers and data storage should therefore be designed for a long service life and be easy to repair, free of hazardous substances and manufactured in a socially and environmentally responsible manner.

The **Ecodesign Regulation for servers and data storage products** (Ecodesign Regulation for servers 2019/424) provides the regulatory context. It sets requirements for energy-related products placed on the European market. For servers and data storage, it regulates the efficiency and power factor of power supplies, material efficiency, server idle-state performance, server active-state efficiency, and manufacturers' information requirements.

The most important eco-labels in this sector are Energy Star for computers, for servers (Energy Star 2024) and for data storage products (Energy Star 2022), as well as the 80plus label (CLEAResult Plug Load Solutions 2024), EPEAT (EPEAT Registry 2019) and TCO Certified (TCO Certified 2021).

Energy Star is used by EPEAT and TCO Certified as a benchmark and minimum requirement for energy efficiency. In its latest version for computer servers (Energy Star 2024), Energy Star has significantly raised the energy efficiency requirements. For measuring energy efficiency, Energy Star refers to the SPEC SERT2 (SPEC®) measurement standard for servers (see sub-section 5.3.1) and the SNIA Emerald Power Efficiency Measurement (SNIA) standard for data storage devices (see sub-section 5.3.2). The metric used in SPEC SERT2 is referred to as the server's energy efficiency in active mode (Eff_{ACTIVE}) and is a dimensionless number. These standards are widely used, and the latter is legally binding under the Ecodesign Regulation. Both the Ecodesign Regulation and Energy Star define minimum requirements for Eff_{ACTIVE} .

The criteria derived from this study for the Blue Angel award scheme for servers and data storage products focus on the absence of harmful substances, durability, reparability, responsible supply chain practices and energy efficiency. The energy efficiency requirements set out minimum criteria relating to operating conditions, energy efficiency in active and idle modes, and monitoring capabilities and the necessary data interfaces.

All the derived criteria are set out in Chapter 5.

The key points of the revision to the Blue Angel scheme for servers and data storage products are:

- The **scope** has been adjusted. The criteria no longer need to be demonstrated for every single product variant, as was previously the case, but only for the configuration with the lowest energy efficiency.
- There are no requirements for **power supplies**, as the stricter ecodesign requirements that came into force in 2023 exceed, in some respects, the standards set by the previous edition of the Blue Angel, and Energy Star – with its requirements for power supplies – is already an integral part of the Blue Angel criteria.
- The **idle power consumption** of servers is limited to 250 W.

- ▶ In addition, it must be made clear **how much power the server consumes when idle compared to when operating at full capacity.**
- ▶ The **Energy Star requirements for data storage products** are ambitious and are adopted for the Blue Angel scheme.
- ▶ The servers and data storage products must have a public product website on which all information must be described as part of the **product documentation**, including key performance indicators of the efficiency and power of the basic configuration.
- ▶ Requirements are set for **socially responsible production.**

1 Hintergrund und Zielsetzung

Dieser Hintergrundberichtes dokumentiert die Überarbeitung der Vergabekriterien des Umweltzeichens Blauer Engel für die beiden Produkte Server und Datenspeicher.

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

- ▶ hohe Energieeffizienz und deren Dokumentation,
- ▶ gute Wiederverwertbarkeit der Materialien durch Ausschluss gefährlicher Stoffe und Halogene und Dokumentation der recycelten Materialien
- ▶ Langlebigkeit durch Anforderungen an die Wiederverwendbarkeit
- ▶ Reparierbarkeit durch Modularität, standardisierte und wiederverwendbare Befestigungen sowie Verfügbarkeit von Ersatzteilen und Software
- ▶ Soziale Verantwortung in der Lieferkette
- ▶ Vermeidung umweltbelastender Materialien.

2 Vorgehen und Beteiligung

Während der Überarbeitung der Vergabegrundlage waren Stakeholder aus dem Bereich der Hersteller, Verbände und Wissenschaft eingeladen Feedback und Überarbeitungsbedarf einzubringen. Zudem fanden vor der Expertenanhörung zwei offene Online-Workshops statt, in denen der jeweils aktuelle Überarbeitungsstand diskutiert wurde. Der Teilnehmerkreis setzte sich aus Herstellern von Servern und von Komponenten und Vertretern aus Wissenschaft und von Prüforganisationen zusammen.

Darüber hinaus fanden auch bilaterale Gespräche mit einem Hersteller statt.

Die Expertenanhörung der RAL gGmbH fand am 01.10.2024 statt. Das Öko-Institut hat im Auftrag des Umweltbundesamtes die überarbeiteten Vergabekriterien auf der Sitzung der Jury Umweltzeichen im Dezember 2024 präsentiert. Die neue Vergabegrundlage wurde einstimmig beschlossen.

3 Untersuchungsgegenstand

Gegenstand dieses Hintergrundberichtes sind Server und Datenspeicherprodukte, die zum Einsatz in Serverräumen oder Rechenzentren bestimmt sind. Die Definitionen gelten unverändert entsprechend der Vergabekriterien Blauer Engel 2020 Version 4 und stehen im Einklang mit der bisherigen Fassung der Ökodesign-Verordnung für Server (EU) 2019/ 424 (Ökodesign-VO Server 2019/424):

Definitionen aus der Ökodesign-Verordnung für Server

„**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: ein voll funktionsfähiges Speichersystem [als ein Gerät, Anm. d. Autors], 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.“ (Ökodesign-VO Server 2019/424)

Es handelt sich bei einem Datenspeicherprodukten um ein physisches Gerät, das als solches verkauft wird, und nicht um Cloud-Dienste, virtuelle Speicher oder Dateisysteme.

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

4 Markt- Und Umfeldanalyse

4.1 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 (Ökodesign-VO Server 2019/424).

4.1.1 Rechenzentrum

Der Hauptzweck von Rechenzentren ist Daten zu sammeln, zu verarbeiten und weiterzuleiten. Zu diesem Zweck sind sie an Stromnetz und Datennetzwerk angebunden. Die Rechenzentren unterscheiden sich hinsichtlich der Betriebsmodelle (z.B. Cloud-, Colocation oder Unternehmensrechenzentrum) und Größe. Die Größe von Rechenzentren wird üblicherweise in Anschlussleistung der Informationstechnik angegeben. In der deutschen Gesetzgebung gelten Vorschriften für Rechenzentren ab 300 kW nicht redundanter elektrischer Nennanschlussleistung des Rechenzentrums (EnEfG 2023). In der europäischen Energy Efficiency Directive (EED) werden Rechenzentren mit einem Strombedarf für die installierte IT ab 500 kW adressiert (EED (EU) 2023/1791 2026). In den USA planen einige Rechenzentren, die sogenannte Hyperscaler, ihre Anschlussleistung auf über 1 GW zu erweitern (Olsson 04.11.2025), was eine neue Größendimension bedeutet.

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 des Rechenzentrums kann grob in die folgenden Einheiten gegliedert werden: Gebäudetechnik (Kühlung, Stromversorgung) und Informationstechnik (Server, Datenspeichergeräte, Netzwerk).

Bei der Erbringung ihrer Rechenleistung setzen Server die zugeführte elektrische Energie fast vollständig in Wärmeenergie um. Das Kühlsystem muss die Wärme abtransportieren, um die optimale Betriebstemperatur zu halten, damit die Server keinen Schaden nimmt. Die ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) empfiehlt für Rechenzentren eine Zulufttemperatur für luftgekühlte Server zwischen 15-32°C (ASHRAE 2016). Prozessoren, die für HPC und KI-Anwendungen zum Einsatz kommen, werden jedoch im Normalbetrieb wesentlich heißer. Deshalb erlaubt Wasserkühlung direkt am Chip eine höhere Vorlauftemperatur (ASHRAE 2026). Server nehmen je nach Anwendung und Gerätekonfiguration pro Gerät zwischen wenigen dutzend Watt und einigen Tausend Watt Leistung auf. Das Kühlsystem des Rechenzentrums wird anhand der Abwärme der potentiell im Rechenzentrum aufgestellten Server dimensioniert und ist nach der IT der größte Energieverbraucher eines Rechenzentrums. Die Klimatisierung mit Kompressionskälteanlagen benötigt für ihren Betrieb im Durchschnitt etwa 1/4 der elektrischen Leistung des gesamten Rechenzentrums (Hintemann und Hinterholzer 2025). Eine effizientere IT-Ausstattung hat also in der Kühlung einen doppelten Einspareffekt. Einmal durch den geringeren Strombedarf der Geräte und durch den geringeren Energiebedarf für die Klimatisierung.

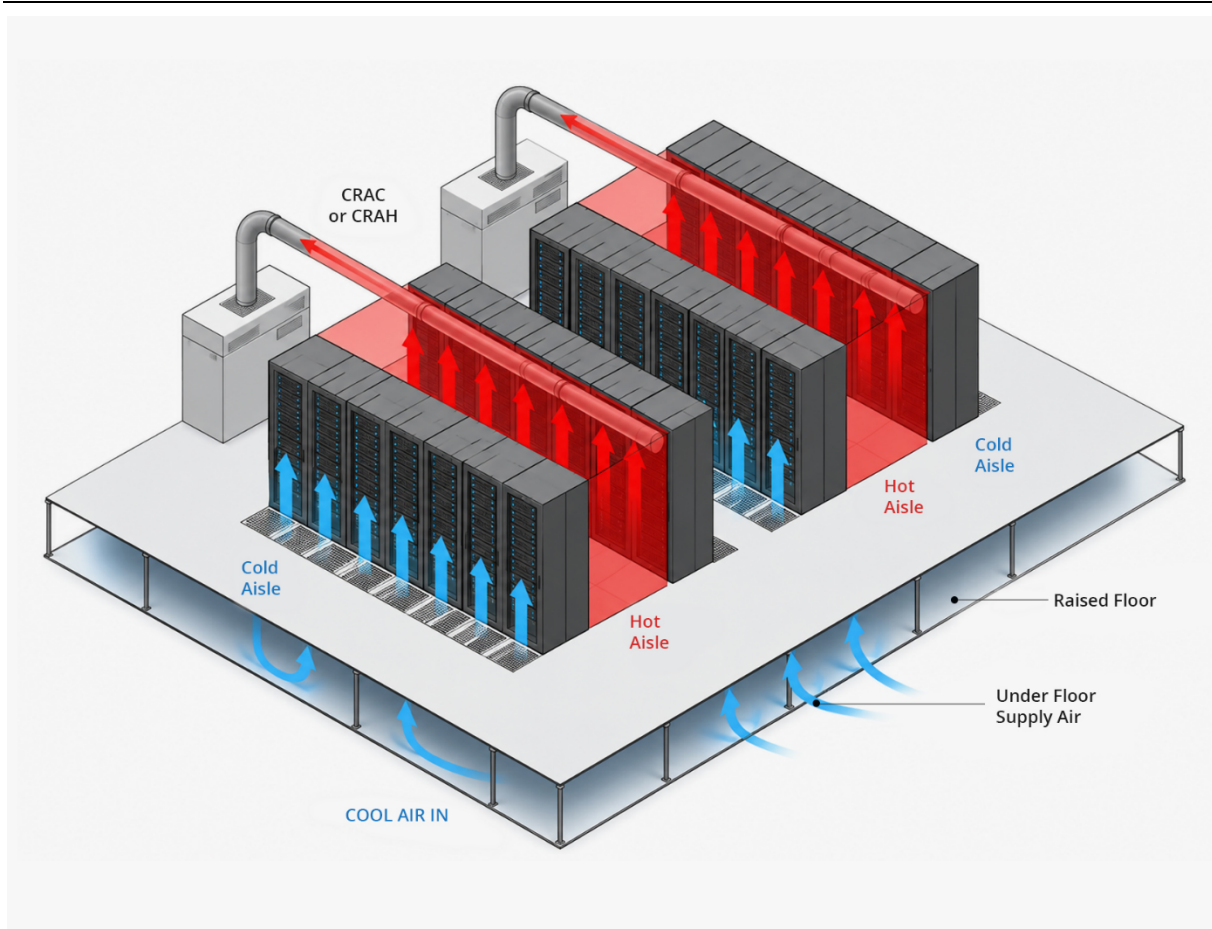
4.1.2 Serverschränke

Die Form und Funktionalitäten des Serverschranks bestimmen maßgeblich, wie Server gebaut und konfiguriert werden. Die maximale Anzahl der Server in einem Schrank hängt von der Höheneinheit des Servers ab. Weit verbreitet sind 19-Zoll-Schränke mit 42 Höheneinheiten. Je nach Bauart belegen Server meist eine oder zwei Höheneinheiten.

Zusätzlich zu den weit verbreiteten 19-Zoll Schränken sind inzwischen auch 21-Zoll Schränke des Open-Compute-Project etabliert (Open Compute Project 2026). In den Open-Rack-V2 werden die Netzteile und Batterien für den gesamten Schrank in je einer Ebene zusammengefasst, sodass sechs Netzteile (auch Rectifier oder Power Supply Unit, PSU, genannt) eine Stromschiene mit 48V Gleichspannung versorgen, an die alle Server und Datenspeichergeräte des Schrankes angeschlossen werden (Mills 2016). Dies reduziert die Anzahl an Netzteilen, reduziert Fehlerquellen, schafft mehr Platz für IT im Rack, lastet die vorhandenen Netzteiler besser aus und spart die Spannungsumwandlung zwischen Batterien und IT ein.

Serverschränke werden so aufgestellt, dass die kühlere Luft durch die Lüfter in die Server geleitet wird und die warme Abluft auf der Rückseite effizient abtransportiert werden kann (siehe Abbildung 1).

Abbildung 1: Warm- und Kaltgänge im Rechenzentrum



Quelle: Alexander (2026)

Ein gutes Luftstrommanagement beinhaltet die Separierung von kalter und warmer Luft im Rechenzentrum und nicht belegte Einheiten der Serverschränke luftdicht zu verschließen (Lejeune und Bertoldi 2024)..

4.1.3 Server

Die Ökodesign-Verordnung definiert „Server“ als ein Datenverarbeitungsgerät, das Dienste bereitstellt und Netzressourcen verwaltet. Die Abgrenzung zum Computer ist nicht technisch begründet, sondern in der Art der Interaktion und dem Einsatzbereich. Server sind während des

normalen Betriebs nicht direkt an Ein- und Ausgabegeräte wie Bildschirm und Tastatur angeschlossen, sondern werden über eine Netzwerkschnittstelle angesteuert. Die Bauform und Anordnung von Servern unterscheiden sich in Rack-, Blade- und Tower-Server. Rack-Server sind ein oder mehrere normierte Höheneinheiten hoch, 19 oder 21 Zoll breit und in einem Serverschrank (Rack) alleine voll funktionsfähig, d.h. sie enthalten ein eigenes Netzteil und Netzwerkanschluss. Blade-Server hingegen benötigen einen Baugruppenträger, der mehrere nicht-eigenständige Blade-Komponenten aufnimmt und Infrastruktur zwischen ihnen bereitstellt, z.B. gemeinsam genutzte Netzteile. Blade-Komponenten können Blade-Server, Blade-Beschleuniger oder Blade-Datenspeicher sein. Tower-Server hingegen ähneln dem Aussehen nach Desktop-Computern, der Übergang zwischen diesen beiden ist fließend.

Ein Server beinhaltet verschiedene elektronische Komponenten wie Mikrochips, eine oder mehrerer CPU (Central Processing Unit – Prozessor) und RAM (Random Access Memory - Arbeitsspeicher). Diese bestehen aus integrierten Schaltkreisen (Integrated Circuits – ICs), die aus Transistoren und Kondensatoren aufgebaut sind. Festplatten in Servern stehen meist nicht der eigentlichen Dienstleistung als Permanentspeicher zu Verfügung, sondern beinhalten in der Regel lediglich das Betriebssystem des Servers. Grafikkarten (GPUs) sind dafür ausgelegt, Rechnungen hochgradig parallel auszuführen. Dies wird zunehmend für Anwendungen Künstlicher Intelligenz (KI) verwendet. Hersteller nennen Abwandlungen von GPUs deshalb auch Beschleuniger (Schneider und Smalley 2025).

Um dennoch die Erwartungen nach höherer Rechenleistung zu erfüllen, werden Server und Grafikkarten mit gestapelten und größeren Rechenchips ausgestattet. Dadurch erhöht sich der absolute Stromverbrauch der Server und Grafikkarten bei neueren Geräten erheblich. Deshalb sollen Server und Datenspeicher eine hohe Energieeffizienz aufweisen.

4.1.4 Datenspeicherprodukte

Ein Datenspeicherprodukt ist laut der Ökodesign-Verordnung ein „voll funktionsfähiges Speichersystem, das Datenspeicherdienste für direkt angeschlossene oder über ein Netz verbundene Clients und Geräte bereitstellt.“ (Ökodesign-VO Server 2019/424)

Datenspeicherprodukte können auch als Cluster zu einer Einheit zusammengeschlossen werden. „voll funktionsfähig“ bezeichnet in diesem Kontext also die kleinste Einheit eines Clusters, die auch alleine ohne die anderen Einheiten funktioniert, als ein Datenspeicherprodukt. Geräte, die in Rechenzentren die Datenübertragung zu anderen Geräten organisieren, gehören nicht zum Datenspeicherprodukt.

Datenspeicherprodukte speichern und verwalten zentral große Datenmengen. Dafür beinhalten Datenspeicherprodukte Controller, Datenverbindungen und einen oder mehrere Datenträger. Diese werden in rotierende HDD (hard disk drive) und Festkörperspeicher SSD (solid state drive) unterschieden.

SSD und HDD können auch als Hybrid in einem Storage System kombiniert werden. SSD haben meist höhere Lese- und Schreibgeschwindigkeiten als HDD, weshalb die meisten modernen Speichersysteme mindestens teilweise SSD verwenden. 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 (Gasior 2015). SSDs verursachen in der Herstellung bei gleicher Speicherkapazität etwa die fünf- bis achtfache Menge an Treibhausgasemissionen wie HDDs (Tannu und Nair 2023).

Die Lebensdauer von HDDs wird meist durch thermische oder mechanische Einwirkung auf den Lesekopf und magnetische Einwirkung auf das Speichermedium begrenzt (Peters und Schulz

17.09.2025). Diese Einwirkungen sind in Storage Systemen in Rechenzentren sehr gut kontrollierbar.

Werden Daten von einem Speichermedium, egal ob HDD oder SSD, „einfach“ gelöscht, wird in der Regel die Indextabelle gelöscht und somit der Speicherplatz zum Beschreiben freigegeben, der physische Speicher bleibt dabei unverändert. Erst das erneute Überschreiben der gesamten Festplatte macht zuvor gespeicherte Inhalte unkenntlich.

Die Leistung von Datenspeicherprodukten misst sich insbesondere im Speichervolumen, in der Lese- und Schreibgeschwindigkeit und der Zuverlässigkeit. Für die Beschreibung der Effizienzmetrik siehe Unterkapitel 4.3.2.

Man unterscheidet zwei grundlegende Kategorien von Speichersystemen, die Daten auf unterster Ebene verarbeiten:

- ▶ **Blockspeichersysteme** (Block Access System): Das Datenspeicherprodukt stellt den physischen Speicher als logische Blöcke bereit. Der Host (bzw. der Server) verwaltet das Dateisystem. Das Datenspeicherprodukt ist über ein Storage Area Network (SAN) an den Host eingebunden und verhält sich zu diesem wie eine lokal eingebaute Festplatte. Beispielsweise bietet dieses System Vorteile für Datenbanken und virtualisierte Umgebungen. Dieses Speichersystem ist für maximalen Durchsatz optimiert, kennt aber keine Dateien. Deshalb werden die Leistungs- und Effizienzmetriken in Anzahl Ein- und Ausgabebefehle pro Sekunde (Input-output-operations per second - IOPS) und pro Watt gemessen. Für diese Speichersysteme legt der Energy Star Mindestwerte für die Energieeffizienz fest (siehe Unterkapitel 4.4.2.3).
- ▶ **Dateispeichersystem** (File Access System), auch Network Attached Storage (NAS): Das Datenspeicherprodukt verwaltet das Dateisystem und trägt dadurch Protokoll-Overhead, der die logischen Speichereinheiten miteinander verknüpft. Dieses System wird beispielsweise für gemeinsam bearbeitbare Dateien, Video-Archive und einfache Back-ups genutzt. Die Leistungstests können reale Daten und Szenarien nutzen, z.B. Video-Streaming und Datenbank-Files. Es können gelesene und geschriebene Datenmengen pro Sekunde und Watt gemessen werden (Megabyte per second and Watt – MB/s/W). Für diese Speichersysteme legt der Energy Star keine Mindestwerte für die Energieeffizienz fest.

4.2 Marktanalyse

Viele IT-Hardware-Hersteller bieten sowohl Server als auch Datenspeichergeräte an. Tabelle 1 listet die global größten Unternehmen absteigend nach ihrem jährlichen Umsatz auf.

Tabelle 1: Umsatz globaler Hersteller von IT-Hardware

Hersteller	Umsatz	Quelle
Huawei	118 Mrd. USD (FY2024)	https://www.huawei.com/en/annual-report/2024
Dell	88,4 Mrd. USD (FY2024, Jahr endet 2. Feb 2024)	https://www.dell.com/en-us/dt/corporate/newsroom/announcements/detailpage.press-releases~usa~2024~02~dell-technologies-delivers-fourth-quarter-and-full-year-fiscal-2024-financial-results.htm
Lenovo	69,1 Mrd. USD (FY2024)	https://investor.lenovo.com/en/financial/results/press_2425_q4.pdf

Hersteller	Umsatz	Quelle
IBM	62,7 Mrd. USD (FY2024)	https://www.ibm.com/downloads/documents/us-en/1227c12d3a38b173
HPE	30,1 Mrd. USD (FY2024)	https://investors.hpe.com/~media/Files/H/HP-Enterprise-IR/documents/10-K-123124.pdf

In Deutschland gibt es u.a. folgende mittelständische Unternehmen, die Server und Datenspeicherprodukte herstellen und vertreiben.

Tabelle 2: Umsatz deutscher Hersteller von IT-Hardware und -Ausrüstung

Hersteller	Umsatz	Quelle
RITTAL GmbH & Co. KG (Friedhelm Loh Group)	3,1 Mrd. €	https://www.rittal.com/de-de/Unternehmen/Portraet/Zahlen-und-Fakten
Wortmann AG (TERRA)	2,1 Mrd. € (2024)	https://www.wortmann.de/de-at/news/presse/wortmann-gruppe-steigert-umsatz-auf-%C3%BCber-2-1-milliarden-euro.aspx?id=de7e1ce1-e1e0-4330-9a7c-47357396d362
Thomas-Krenn.AG	50 Mio. € (2021)	Bundesanzeiger.de
FAST LTA AG	19,9 Mio. € (2021)	Bundesanzeiger.de

RNT Rausch GmbH (Rheinmünster), EUROstor GmbH (Filderstadt) und BDT Storage GmbH (Rottweil) sind weitere deutsche Unternehmen, welche allerdings kleine GmbHs sind und deshalb ihre Umsätze nicht veröffentlichen müssen.

4.2.1 Server

Laut den Berechnungen des Borderstep Instituts lag die globale Anzahl an Servern im Betrieb bei ca. 85,6 Millionen Stück im Jahr 2021 und 3% davon in Deutschland (etwa 2,6 Mio. Stück) (Borderstep 2023). Die Datenverfügbarkeit in diesem Bereich ist jedoch schlecht und Schätzungen gehen teilweise weit auseinander. Tabelle 3 enthält eine Übersicht der verfügbaren Daten zu den Umsätzen mit Servern. Eine Tendenz ist dennoch erkennbar, der Umsatz nimmt seit Jahren zu.

Tabelle 3: Umsatz Produktion von Servern

Region	Umsatz im Jahr 2024	Prozentuale jährliche Veränderung	Quelle
Deutschland	3,67 Mrd.€	4%	(Statista 2024d)
USA	33,59 Mrd. €	keine Angabe	ebd.
Global	87,96 Mrd. \$	8%	(Mordor Intelligence 2024a)

Region	Umsatz im Jahr 2024	Prozentuale jährliche Veränderung	Quelle
Global	138 Mrd. \$	12%	(IDC 2024)

Gleichzeitig ist die Anzahl an ausgelieferten Severn im Jahr 2023 um ca. 20% zurückgegangen (Knobloch 2023). Ein maßgeblicher Grund könnten die Nachfrage nach kostenintensiveren Server mit KI-optimierter Hardware sein. Der weltweit größte Hersteller dieser Chips, NVIDIA, hat seinen Umsatz in 2024 von 27 Mrd.\$ auf 61 Mrd.\$ gesteigert(Statista 2024c).

Die global größten Akteure des Servermarktes sind Hewlett Packard Enterprise, Dell Technologies, IBM, Cisco Systems, Lenovo, Fujitsu, Huawei, Inspur und Oracle (Mordor Intelligence 2024a). Weitere Akteure auf dem deutschen Markt sind Tarox, Wortmann und Thomas Krenn.

Große IT-Betreiber wie AWS, alphabet und Meta produzieren inzwischen ihre Hardware selbst und umgehen somit den Server-Markt. Über diese Hardware gibt es kaum öffentlich zugängliche Informationen. Aus diesen Eigenentwicklungen hervorgegangen ist das Open-Compute-Project, welches das Prinzip von offener Hardware propagiert.

Der Markt der Chip-Hersteller ist sehr stark konzentriert. Einige Unternehmen konzipieren die Chips und stellen sie her, andere lagern die Herstellung aus. Die größten Chip-Hersteller sind Samsung (200 Mrd.\$ Umsatz in 2023), TSMC und Intel (Statista 2024c). Entsprechend dieser Arbeitsteilung besitzen AMD, NVIDIA und Qualcomm gar keine Chipfabriken. Intel, Samsung und TexasInstruments hingegen betreiben Chipdesign und Produktion. TSMC (Taiwan Semiconductor Manufacturing Company) ist der weltweit größte Hersteller für Chips, ohne diese zu designen, und bedient z.B. NVIDIA, AMD, Intel, Qualcomm (TSMC 2024). TSMC dominiert mit 60% den Markt an Marken-unabhängigen Chipfabriken und produziert hauptsächlich in Taiwan und Südkorea.

4.2.2 Datenspeicherprodukte

Die größten Hersteller von Datenspeicherprodukten und Festplatten, gemessen an ihrem unternehmensweiten globalen Umsatz, sind Dell, Huawei, Lenovo und HPE.

Aufgeschlüsselt nach Region geben die Quellen widersprüchliche Aussagen - ein Hinweis darauf, dass die Datenverfügbarkeit sehr schlecht ist (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Umsatz Produktion von Datenspeichern nach Region

Region	Umsatz im Jahr 2024	Prozentuale jährliche Veränderung	Quelle
Deutschland	1,1 Mrd.€	-2%	(Statista 2024a)
China	8 Mrd.€	keine Angabe	Ebd.
Deutschland	2 Mrd.\$	3%	(Mordor Intelligence 2024b)
Global	37 Mrd.€	0,2%	(Statista 2024b)

Eigene Zusammenstellung.

4.3 Messtandards

Die beiden relevanten Messstandards SPEC SERT für Server und SNIA Emerald für Datenspeicherprodukte sind bereits ausführlich im vorherigen Hintergrundbericht zum Blauen Engel Server beschrieben worden (Gröger et al. 2021).

4.3.1 SPEC Server Efficiency Rating Tool 2

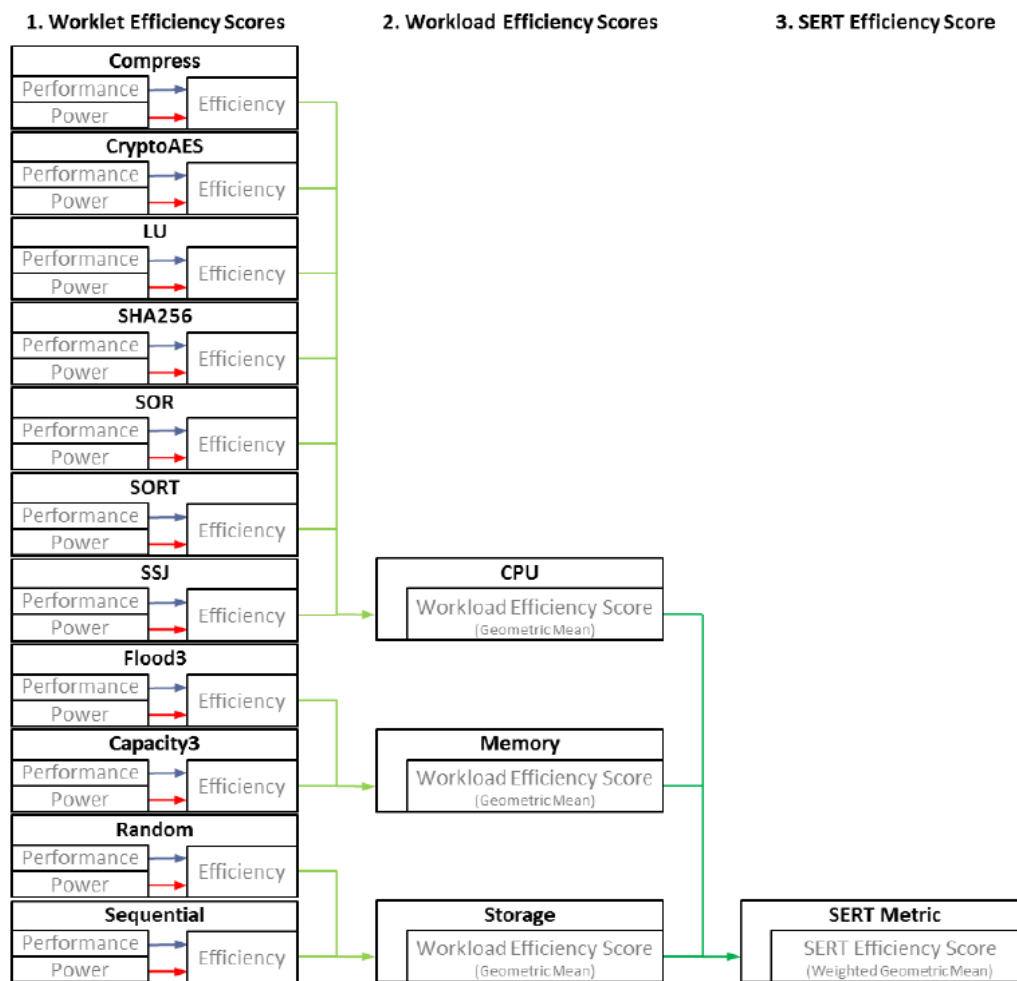
Die Standard Performance Evaluation Corporation (SPEC) ist ein Konsortium aus Herstellern und Wissenschaft, die standardisierte, herstellernerneutrale Benchmarks und Tools entwickelt. Das Server Efficiency Rating Tool (SERT) wurde erstmals 2013 veröffentlicht. Die Methodik hat in den Energy Star für Datenspeicher und die Ökodesign-Verordnung Eingang gefunden und gilt als weltweit harmonisierte Methode zur Bewertung der Server-Effizienz. Die Messgröße des SPEC SERT2 wird als Energieeffizienz des Servers im Aktivzustand (Eff_{ACTIVE}) bezeichnet und ist eine dimensionslose Zahl. Die derzeit [Februar 2026] aktuelle Version ist

- SPEC SERT Suite Version 2.0.8, veröffentlicht am 11. Juni 2024

Das SPEC Server Efficiency Rating Tool (SERT) ist ein methodischer Ansatz, mit ein dazugehöriger Lastgenerator zur Ermittlung der Energieeffizienz von Servern unter Berücksichtigung ihrer Konfiguration für unterschiedliche funktionale Arbeitsaufgaben und Leistungsintensitäten. Sowohl die Ökodesign-Verordnung als auch der Energy Star definieren für unterschiedliche Hardware-Konfigurationen jeweils unterschiedliche Mindestanforderungen an Eff_{ACTIVE} .

Einen Überblick über die Methode gibt die nachfolgende Abbildung 2. Sie zeigt, dass sich der SERT Efficiency Score aus den drei Workloads für Prozessoren (CPU), Arbeitsspeicher (Memory) und Festspeicher (Storage) zusammensetzt, welche wiederum aus kleineren Workloads (Worklets) bestehen. Jedes der Worklets wird auf mehreren Laststufen (100 %, 75 %, 50 % und 25 %) ausgeführt. Für jedes Worklet wird die funktionale Leistung und der Stromverbrauch je Laststufe gemessen und daraus die normalisierte Energieeffizienz berechnet, welche wiederum über die Workloads zum SERT Efficiency Score aggregiert werden. Die Höhe des SERT Efficiency Score Wertes drückt den Grad der Effizienz aus.

Abbildung 2: SERT Metrik Methode der Aggregation der Testergebnisse



Quelle: Kistowski et al. (2021)

Mit dieser Kennzahl kann die relative Energieeffizienz von Servern im aktiven Modus gut bewertet werden, allerdings ist SERT-2 noch nicht repräsentativ für modernere Anwendungen mit Beschleunigungskarten, spezialisierten Co-Prozessoren und Netzwerk-Controllern. Zudem bevorzugt die aggregierte Kennzahl hoch performante Systeme, die zwar energieeffizienter sind, jedoch mehr Energie verbrauchen. In der Praxis ist es möglich, dass ein effizienter hoch performanter Server nicht stark ausgelastet wird und deshalb mehr Energie verbraucht als ein kleinerer nicht ganz so effizienter Server. Der hoch performante Server hat wahrscheinlich eine höhere Leistungsaufnahme im Leerlauf und im Durchschnitt. Deshalb sollte der SERT-2-Wert von Beschaffenden immer mit einer Angabe der durchschnittlichen elektrischen Leistungsaufnahme kombiniert werden, um eine gute Kaufentscheidung zu gewährleisten. (Gröger et al. 2021)

4.3.2 SNIA Emerald Power Efficiency Measurement

Die Storage Networking Industry Association (SNIA) ist Konsortium aus Herstellern und Wissenschaft, welches die Speicherbranche bei der Entwicklung und Förderung herstellernerneutraler Architekturen, Standards und Bildungsdienste unterstützt.

Die derzeit [Februar 2026] aktuelle Version ist v4.0.0 vom 3. Juli 2020 (SNIA). Der SNIA Emerald definiert vier Kategorien von Speicherprodukten (Emerald Online, Near-Online, Removable

Media Library, Virtual Media Library), die sich insbesondere in der Zugriffszeit und der Möglichkeit des Monitorings (siehe Unterkapitel 4.4.2.5) unterscheiden.

Die Methodik hat in den Energy Star für Datenspeicherprodukte Eingang gefunden.

Die Testdefinition enthält mehrere **Lastszenarien**. Darunter die folgenden für **Blockzugriffssysteme** (siehe Unterkapitel 4.1.4):

- ▶ Hot Band: Das Testskript definierte Zonen, mit einem überproportional hohen Anteil des gesamten Datenverkehrs (I/O), um reale Zugriffsmuster in Rechenzentren zu simulieren.
- ▶ Random read: Das Testskript simuliert unvorhersehbare Datenabfragen, wie sie typischerweise in Datenbanken vorkommen. In Kombination mit Hot Band wird getestet, wie effizient ein Datenspeicherprodukt häufig abgefragte Daten in schnellere Zwischenspeicher verschiebt.
- ▶ Random write: Das Testskript schreibt an zufälligen Stellen in den Speicher. Es wird die Leistungsfähigkeit des Controllers getestet.
- ▶ Sequential read: Das Testskript simuliert eine Datenabfrage von großen zusammenhängenden Datensätzen, wie sie bei Videostreams oder Back-ups gebraucht wird.
- ▶ Sequential write: Das Testskript simuliert eine hohe Schreibgeschwindigkeit, wie sie bei Videoaufzeichnungen oder dem Schreiben großer Log-Dateien gebraucht wird.
- ▶ Ready idle: Das Datenspeicherprodukt ist ans Netzwerk angeschlossen und sofort betriebsbereit, d.h. die Elektronik ist an und die Festplatten rotieren. Dies ist ein häufiger Betriebszustand im Rechenzentrum.

Und folgende Lastszenarien für **Dateizugriffssysteme** (siehe Unterkapitel 4.1.4), basierend auf dem SPEC SFS® 2014 Standard:

- ▶ Video Data Acquisition: Der Lastgenerator simuliert das Speichern und Lesen großer zusammenhängender Daten, etwa von einer Kamera oder große Logdateien.
- ▶ Database: Der Lastgenerator simuliert das Speichern und Lesen in einer Datenbank.
- ▶ Virtual Desktop Integration: Der Lastgenerator simuliert das zufällige Lesen und Schreiben mehrerer Nutzer.
- ▶ Software Build: Der Lastgenerator simuliert das Speichern und Lesen eines Build-Prozesses oder eines Compiler-Prozesses.

Es werden Lese- und Schreibgeschwindigkeit, Antwortzeiten (response time) und der Stromverbrauch während eines mindestens 12-stündigen Testlaufs gemessen. Daraus ergeben sich die folgenden Leistungsmetriken für die beiden Dateisysteme.

Alle Effizienzkennzahlen (Nutzen pro elektrische Leistung) werden bei SNIA mit „EP“ und niedriggestellten Initialen bezeichnet. Der Nutzen wird jeweils in Zugriffen auf den Speicher pro Sekunde (IO/s), der Größe des Speichers (GB) oder in der Schreibgeschwindigkeit (MiB/s) gemessen. Der Energy Star für Datenspeicherprodukte (siehe Unterkapitel 4.4.2) setzt für einige

dieser Effizienzmetriken Mindestwerte, die bei der Ableitung der Kriterien berücksichtigt werden (Unterkapitel 5.2.5).

Für **Blockzugriffssysteme** (I/O Block Access Systems):

- ▶ Ready Idle Test
 - Average power consumption (W);
 - Raw capacity of product under test (GB);
 - EP_{RI} for Ready Idle (GB/W).
- ▶ Active Tests
 - Transaction (zufällig):
 - Hot Band: EP_{HB} (IO/s/W).
 - Random Read: EP_{RR} (IO/s/W).
 - Random Write: EP_{RW} (IO/s/W).
 - Streaming (sequenziell):
 - Sequential Read: EP_{SR} (MiB/s/W).
 - Sequential Write: EP_{SW} (MiB/s/W).

Für **Dateizugriffssysteme** (File Access Systems):

- ▶ Ready Idle Test
 - Average power consumption (W);
 - Raw capacity of product under test (GB);
 - EP_{RI} for Ready Idle (GB/W).
- ▶ Active Tests
 - Video Data Acquisition: EP_{VDA} (MiB/s/W).
 - Database: EP_{DB} (MiB/s/W).
 - Virtual Desktop Integration: EP_{VDI} (MiB/s/W).
 - Software Build: EP_{SWB} (MiB/s/W).

Darüber hinaus hat SNIA eine weitere Methodik veröffentlicht, die für Datenspeicher gilt, z.B. SSD- und HDD-Festplatten (SNIA 2025).

4.4 Umweltzeichen und Gütesiegel

Im Folgenden wird auf die Umwelt- und Gütezeichen Energy Star für Server, Energy Star für Datenspeicherprodukte, das Netzteile Gütezeichen „80plus power supplies“, EPEAT, TCO Certified und den Blauen Engel für Computer eingegangen, welche bei der Ausgestaltung der Anforderungen für den Blauen Engel für Server und Datenspeicherprodukte berücksichtigt wurden.

4.4.1 Energy Star für Server

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

Die aktuelle Version der Anforderungen und der jeweils aktuellen zugrundeliegenden Metrik des Server Energy Rating Tools SERT sind auf der Webseite des Energy Star zu finden (Energy Star 2024).

Sowohl EPEAT (siehe Unterkapitel 4.4.4) als auch TCO Certified (Siehe Unterkapitel 4.4.5) verweisen auf den jeweils aktuellen Energy Star und fordern für die Energieeffizienz die Einhaltung der Anforderungen des Energy Star.

4.4.1.1 Geltungsbereich

Der Geltungsbereich des Energy Star umfasst Computer Server, wie sie in diesem Hintergrundbericht Kapitel 4.1 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)
- ▶ High Performance Computing Systems
- ▶ Sehr große Server
- ▶ Storage Produkte
- ▶ Große Netzwerk Geräte

4.4.1.2 Netzteile: Wirkungsgrad und Leistungsfaktor

Der Wirkungsgrad und die Leistungsfaktoren der Netzteile müssen für den Energy Star mindestens die Werte in nachfolgender Tabelle 5 und Tabelle 6 erreichen. Der **Leistungsfaktor** beschreibt kapazitative und induktive Effekte. Der **Wirkungsgrad** bemisst die Wärmeverluste.

Tabelle 5: Netzteil-Wirkungsgrad: Vergleich der Mindestanforderungen beim Energy Star und Ökodesign-Verordnung für Server und Datenspeicherprodukte

Typ der Stromversorgung	Quelle	Nennausgangsleistung	10% der Nennlast	20% der Nennlast	50% der Nennlast	100% der Nennlast
Mehrere Ausgänge	Energy Star Server	≥ 750 W	-	90%	92%	89%
	Energy Star Server	< 750 W	-	87%	90%	87%
	Energy Star Datenspeicher	Alle Ausgangsleistungen	-	88%	92%	88%
	Ökodesign 2023	Alle Ausgangsleistungen	-	90%	94%	91%
Einzelausgang	Energy Star Server	≥ 750 W	90%	94%	96%	91%
	Energy Star Server	< 750 W	83%	90%	94%	91%
	Energy Star Datenspeicher	Alle Ausgangsleistungen	-	90%	94%	91%
	Ökodesign 2023	Alle Ausgangsleistungen	90%	94%	96%	91%

Quelle: Energy Star 2024; Energy Star 2022; Ökodesign Server (EU) 2019/424

Tabelle 6: Netzteil-Leistungsfaktor: Vergleich der Mindestanforderungen beim Energy Star und Ökodesign-Verordnung für Server und Datenspeicherprodukte

Typ der Stromversorgung	Quelle	Nennausgangsleistung	10% der Nennlast	20% der Nennlast	50% der Nennlast	100% der Nennlast
Mehrere Ausgänge	Energy Star Server	Alle Ausgangsleistungen	-	0,80	0,90	0,95
Einzelausgang	Energy Star Server	Ausgangsleistung ≤ 500 W	N/A	0,80	0,95	0,95
		Ausgangsleistung > 500 W und Ausgangsleistung ≤ 1.000 W	0,65	0,80	0,95	0,95
		Ausgangsleistung > 1.000 Watt	0,80	0,90	0,95	0,95
Alle Ausgänge	Energy Star Datenspeicher	Alle Ausgangsleistungen	-	0,80	0,90	0,95
	Ökodesign 2023	Alle Ausgangsleistungen	-	-	0,95	-

Quelle: Energy Star 2024; Energy Star 2022; Ökodesign Server (EU) 2019/424

Verglichen mit den Anforderungen der europäischen Ökodesign-Verordnung für Server und Datenspeicherprodukte (Ökodesign Server (EU) 2019/424) (vgl. Kapitel 4.5.1) sind die Mindestanforderungen an den **Wirkungsgrad** der Netzteile beim Energy Star gleich oder 1 bis 2 Prozentpunkte unterhalb der Mindestanforderungen für den europäischen Marktzugang.

Beim **Leistungsfaktor** fordert die Ökodesign-Verordnung ausschließlich bei dem Lastzustand von 50% der Nennlast einen Mindestwert. Dieser liegt ebenfalls höher oder gleich zu den Anforderungen des Energy Star. Für den Leistungsfaktor müssen im Energy Star für Server je nach Anzahl und Leistung der Ausgänge bis zu vier Leistungsstufen nachgewiesen werden, bei Datenspeichergeräten drei. Die Anforderung an die 50%-Laststufe erreichen Server im Europäischen Markt bereits aufgrund der Ökodesign-Verordnung. Die anderen zwei (bei Datenspeichergeräten) und drei (bei Servern) Laststufen müssen zusätzlich nachgewiesen und eingehalten werden.

Netzteile, die die Anforderungen des Energy Star erfüllen, erfüllen somit nicht automatisch die Mindestanforderungen der Ökodesign-Verordnung, was bei der Ableitung der Kriterien für den Blauen Engel für Server berücksichtigt wurde (Unterkapitel 5.3.1 und 5.5). Über die Anforderungen des Energy Star für Server / Datenspeicher hinaus sollen im Blauen Engel keine zusätzlichen Anforderungen an Netzteile gestellt werden.

4.4.1.3 Energiemanagement

Der Energy Star für Server fordert, dass Computer Server

1. 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, entweder durch dynamische Spannungs- und Frequenzanpassung (DVFS – dynamic voltage and frequency scaling) oder durch Niedrig-Energiezustände der Prozessoren oder Kerne, wenn ein Kern oder Sockel nicht beansprucht wird.
2. Falls der Server mit Betriebssystem ausgeliefert wird, muss dessen Energiemanagement standardmäßig aktiviert sein.
3. 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. Bei Blade-Komponenten, die ohne Blade-Gehäuse verkauft werden, muss dokumentiert werden, welche passenden Gehäuse die vorherige Anforderung erfüllen.

4.4.1.4 Energieeffizienz im aktiven Betriebszustand

Im aktiven Betriebszustand müssen die Effizienzkennzahlen gemäß des SPEC Server Efficiency Rating Tools (SERT) (siehe Unterkapitel 4.3.1) in der jeweils aktuellen Version bestimmt werden und sowohl die einzelnen Kennwerte des SERT inklusive der Dateien der Testergebnisse dokumentiert und dargestellt als auch der kumulierte Wert Eff_{ACTIVE} angegeben werden. Für den Wert der *Active State Efficiency* Eff_{ACTIVE} gelten die nachfolgend genannten Mindestwerte. In Unterkapitel 5.2.3 werden diese zusätzlich mit den Anforderungen aus der Ökodesign-Verordnung verglichen.

Tabelle 7: Vergleich der Mindestanforderungen an die *Active State Efficiency* Eff_{ACTIVE} beim Energy Star 3.0 und 4.0 für Computer Server

Product Type	Minimum Eff_{ACTIVE} V3.0	Minimum Eff_{ACTIVE} V4.0
One Installed Processor		
Rack	11,0	26,4
Tower	9,4	24,4
Blade or Multi-Node	9,0	-
Resilient	4,8	6,6
Two Installed Processors		
Rack	13,0	30,4
Tower	12,0	26,5
Blade or Multi-Node	14,0	29,1
Resilient	5,2	6,0
Greater Than Two Installed Processors		
Rack	16,0	31,9
Blade or Multi-Node	9,6	26,8
Resilient	4,2	-

Quelle: Energy Star 2024; 2018

Außer für Resilient Server haben sich die Mindesteffizienzwerte zwischen den beiden Versionen V3 und V4 innerhalb von knapp 6 Jahren verdoppelt. Es ist zu erwarten, dass sich die Steigerung der Energieeffizienz in Zukunft verlangsamen wird (siehe Unterkapitel 4.1.3).

4.4.1.5 Leistungsaufnahme im Leerlaufzustand

Der Energy Star fordert folgendes:

„Die Leistungsaufnahme im Leerlaufzustand (P_{IDLE} , P_{BLADE} oder P_{NODE}) ist zu messen und sowohl in den Zertifizierungsunterlagen als auch gemäß der „Berichterstattung“ für alle Typen von Computer Servern anzugeben. Zusätzlich sind bei Blade- und Multi-Node-Produkten $P_{TOT_BLADE_SYS}$ bzw. $P_{TOT_NODE_SYS}$ ebenfalls entsprechend zu berichten“ (Energy Star 2024).

Hier gelten also keine Grenzwerte, sondern nur Informationsanforderungen und die Pflicht zu messen.

4.4.1.6 Berichterstattung

Im Energy Star gilt folgendes:

„Alle erforderlichen Datenfelder müssen für jeden ENERGY STAR zertifizierten Computer-Server oder für jede Computer-Server-Produktfamilie an die EPA übermittelt werden.

- i. Partner werden ermutigt, für jede ENERGY STAR zertifizierte Produktkonfiguration einen Datensatz bereitzustellen, obwohl die EPA auch einen Datensatz für jede zertifizierte Produktfamilie akzeptiert.

- ▶ ii. Eine Produktfamilienzertifizierung muss Daten für alle definierten Testpunkte in 1.G)2) enthalten, sofern zutreffend.
- ▶ iii. Wenn möglich, müssen Partner außerdem einen Link zu einem detaillierten Power-Rechner auf ihrer Website bereitstellen, den Käufer verwenden können, um Leistungs- und Leistungsdaten für spezifische Konfigurationen innerhalb der Produktfamilie zu verstehen.

4.1.2 Die folgenden Daten werden über das Produktfinder-Tool der ENERGY STAR-Website angezeigt:

- ▶ i. Modellname und -nummer, identifizierendes SKU und/oder Konfigurations-ID;
- ▶ ii. Systemmerkmale (Formfaktor, verfügbare Steckplätze/Slots, Leistungskennwerte usw.);
- ▶ iii. Systemtyp (z. B. resilient);
- ▶ iv. Systemkonfiguration(en) (einschließlich Low-End-Performance-Konfiguration, High-End-Performance-Konfiguration und typischer Konfiguration für die Zertifizierung der Produktfamilie);
- ▶ v. Energieverbrauch und Leistungsdaten aus den erforderlichen Tests zur Aktiv- und Leerlaufleistungs-Effizienz, einschließlich results.xml, results.txt, alle Ergebnis-png-Dateien, results-details.txt;
- ▶ vi. verfügbare und aktivierte Energiesparfunktionen (z. B. Energiemanagement);
- ▶ vii. bei Zertifizierungen der Produktfamilie eine Liste der qualifizierten Konfigurationen mit qualifizierten SKUs oder Konfigurations-IDs; und
- ▶ viii. bei einem Blade-Server eine Liste kompatibler Blade-Chassis, die ENERGY STAR-Zertifizierungsanforderungen erfüllen.“ (Energy Star 2024)

Die Berichterstattung im Energy Star kann daher mit Informationen zur Produktfamilie erfüllt werden und muss somit nicht für jede Produktkonfiguration durchgeführt werden.

4.4.1.7 Monitoring Daten

Server müssen folgende Daten bereitstellen:

- ▶ Leistungsaufnahme [W];
- ▶ Eintrittstemperatur des Kühlmediums (z.B. Luft/Wasser) [°C];
- ▶ 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. Für Blade und Multi-node Server können die Daten auf Gehäuse-Ebene aggregiert werden.

4.4.2 Energy Star für Datenspeicherprodukte in Rechenzentren

Für Datenspeicherprodukte gelten seit April 2022 die Anforderungen der Version 2.1 Energy Star Program Requirements for Data Center Storage.

4.4.2.1 Geltungsbereich

Der Geltungsbereich des Energy Star und der Ökodesign-VO für Speicherprodukte ist identisch und im Kapitel 3 dargestellt.

4.4.2.2 Energieeffizienz der Netzteile

Der Energy Star für Datenspeicherprodukte fordert Mindestwerte für den Wirkungsgrad und den Leistungsfaktor von Netzteilen, die im Speicherprodukt verbaut sind. Diese sind in Tabelle 5 und Tabelle 6 zum Vergleich mit den Mindestanforderungen aus der Ökodesign-Verordnung aufgeführt. Die Anforderungen des Energy Star für Datenspeicherprodukte erfüllen nicht die Anforderung der Ökodesign-Verordnung.

4.4.2.3 Energieeffizienz im Aktivzustand für Block I/O Systeme

Speichersysteme werden in Blockzugriff und Dateizugriff unterschieden (siehe Unterkapitel 4.1.4). Der Energy Star quantifiziert Mindestanforderungen an die Energieeffizienz für Blockzugriffssysteme (Block I/O).

Unter optimaler Konfiguration des Datenspeichergerätes müssen für I/O Produkte oder Produktgruppen folgende Werte eingehalten werden (siehe Tabelle 8). Der Energy Star erlaubt, das Produkt oder die Produktgruppe für die beiden Workload Types getrennt oder zusammen auszuzeichnen, wobei für Streaming die Effizienzwerte nur entweder für „Read“ oder für „Write“ erreicht werden muss.

Tabelle 8: Energieeffizienz von Block I/O Speicherprodukten im Aktivzustand

Workload Type	Specific Workload Test	Minimum Performance/Watt Ratio	Applicable Units of Ratio
Transaction	Hot Band	28,0	IOPS/watt
Streaming	Sequential Read	2,3	MiBS/watt
Streaming	Sequential Write	1,5	MiBS/watt

Quelle: Energy Star 2022

4.4.2.4 Weitere Anforderungen an die Energieeffizienz

Enthält ein Speicherprodukt Kühltechnologie, z.B. Lüfter, müssen diese ihren Energieverbrauch an den Kühlbedarf der Speicher anpassen.

Je nach Klassifizierung müssen Speichergeräte eine Mindestanzahl folgender Methoden zur Speicherplatzoptimierung (Capacity Optimizing Methods - COMs) aufweisen:

- Thin Provisioning: Eine Technologie, die lediglich den tatsächlich beanspruchten Speicher zuweist, anstatt beim Schreiben den kompletten Speicher zuzuweisen.
- Data Deduplication: Das Entfernen von vielfachen Kopien derselben Daten mit Referenz auf eine gemeinsame Kopie.

- Compression: Prozess, Daten ohne Informationsverlust auf weniger Speicherplatz zu speichern.
- Delta Snapshots: Sicherungskopie, bei der lediglich die Änderung zur vorherigen Kopie gespeichert wird.

Von diesen COMs, müssen Online 2/3/4 Speicher mindestens eine/zwei/drei zur Verfügung stellen. Die Klassifikation in Online 2,3 und 4 entstammt SNIA und bezieht sich auf Reaktionszeiten (max time to first data) von weniger als 80ms und weiteren Kriterien. Online 2 sind Speichergeräte, die zu einem oder mehreren Hosts verbunden sind. Online 3 Speichergeräte sind zu einem Netzwerk verbunden und zusätzlich mit Integriertem Controller und Speicher-Schutzfunktionen ausgestattet. Online 4 sind Speichergeräte, die komplett redundant sind, also keinen single point of failure (SPOF) aufweisen.

4.4.2.5 Berichterstattung

Alle Ergebnisse der SNIA (active und idle state) Tests (siehe Unterkapitel 4.3.2) müssen dem Energy Star berichtet werden. Für Block I/O Konfigurationen sind dies: Hot Band, Random Read und Write, Sequential Read und Write, Ready Idle. Für File I/O Konfigurationen sind dies Database, SW Build, Video Data Acquisition, Virtual Desktop Infrastructure, Ready Idle.

Es wird vorgeschrieben, wie die optimale Konfiguration entsprechend der Gewichtung der Workloads zu bestimmen ist.

Wenn möglich, sollen Antragsteller einen Link zu einem detaillierten Leistungsrechner bereitstellen, der es ermöglicht, elektrische und Speicher-Leistung für jede spezifische Konfiguration zu berechnen, anstatt diese Werte nur für die Konfigurationen maximaler und minimaler Leistung anzugeben.

Auf der Website des Energy Star 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.

4.4.2.6 Monitoring Daten

Daten über die Leistungsaufnahme und die Ansauglufttemperatur (auch Zulufttemperatur genannt) müssen für die Managementsoftware zugänglich sein und müssen mit festgelegten Intervallen gemessen und dem Nutzer verfügbar gemacht werden, damit dieser das Produkt energieeffizient betreiben kann und ungewöhnlich hohen Energieverbrauch bemerken, einordnen und ggf. abstellen kann.

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

- Eingangsleistung in Watt. Diese muss mit einer Unsicherheit kleiner 5% für Leistungen über 200 W berichtet werden. Unter 200 W darf die Unsicherheit maximal 10 W multipliziert mit der Anzahl installierter Netzteile sein.
- Ansauglufttemperatur, in °C mit einer Unsicherheit kleiner $\pm 2^{\circ}\text{C}$

Die Daten müssen öffentlich sein oder von einer nicht-proprietären Management Software gelesen werden können. Die Daten müssen über eine Netzwerkverbindung zugänglich sein.

Speichersysteme ohne Time-Stamping müssen die Werte über 10s aggregieren, mit Time-Stamping über 30s (Energy Star 2022).

4.4.3 Netzteile Gütezeichen „80plus power supplies“

Netzteile kommen sowohl bei Servern als auch bei Datenspeicherprodukten zum Einsatz. Nachfolgende Tabelle 9 listet die Anforderungen des Gütezeichens „80plus power supplies“ (CLEAResult Plug Load Solutions 2024) an minimale Energieeffizienzgrenzwerte für Netzteile der Stromversorgung auf. Es gab keine Änderungen gegenüber dem vorherigen Hintergrundbericht. (Gröger et al. 2021)

Tabelle 9: 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%	91%	90%	94% / PFC .95	96%	91%

Quelle: CLEAResult Plug Load Solutions 2024

Ein Vergleich der Anforderungen an die Netzteile mit den Anforderungen im Energy Star und der Ökodesign-Verordnung gestaltet sich schwierig, da diese in eine oder mehrere Ausgänge unterscheiden statt wie das Gütezeichen 80plus in intern redundant und nicht-redundante Netzteile. Ein Netzteil mit einem oder mehreren Ausgängen beschreibt, ob die gesamte elektrische Leistung gebündelt (Einzelausgang) oder aufgeteilt auf unterschiedliche Bauteile (Mehrfachausgang) zur Verfügung gestellt wird. Hingegen wird bei einem redundanten oder nicht-redundanten Netzteil unterschieden, ob die Stromversorgung über mindestens zwei getrennte Netzteil-Module (redundant) oder nur über einen Strompfad (nicht-redundant) erfolgt.

Zudem verhält sich das Anforderungsniveau über die Auslastung unterschiedlich. Alle Netzteile, die von der Ökodesign-Verordnung zugelassen werden, erfüllen die Anforderungen von 80 Plus Gold. Die Umkehrung gilt nicht. Erst 80 Plus Platinum erfüllt die Ökodesign-Anforderungen für mehrere Ausgänge und erst 80 Plus Titanium erfüllt die Ökodesign-Anforderungen für einen Ausgang.

4.4.4 EPEAT - Electronic Product Environmental Assessment Tool

Das US amerikanische Umweltlabel definiert verpflichtende und freiwillige Kriterien (EPEAT Registry 2019). Es bezeichnet sich selbst als „premier global ecolabel for electronics and technology products“. Für den Blauen Engel relevant sind

- ▶ das Ambitionsniveau der Energieeffizienz
- ▶ der Ausschluss von Chlor und Brom in Plastikkomponenten
- ▶ das Anforderungsniveau an Reparaturfähigkeit und die Langlebigkeit
- ▶ das Adressieren unternehmerischer Verantwortung.

Die verpflichtenden Kriterien für Server sind die folgenden. Hinter dieses Ambitionsniveau soll der Blaue Engel für Server und Datenspeicherprodukte nicht zurückfallen (mit Ausnahme der Anforderungen an die Verpackung) (siehe Kapitel 5).

- ▶ Energieeffizienz
 - ENERGY STAR: die jeweils aktuelle Version des Energy Star muss eingehalten werden.
 - Zugelassene Temperatur- und Feuchtigkeitsspezifikationen: Klasse A2 nach ASHRAE Thermal Guidelines for Data Processing Environments, 4th Edition. Ausnahme: Das Produkt unterstützt Flüssigkühlung
- ▶ Management von Inhaltsstoffen
 - Konformität mit RoHS Directive
 - Konformität mit Battery Directive
 - Plastikteile > 25 g: Chlor und Brom < 1000ppm. Falls <25% PCRC (postconsumer recycled content), <5000ppm.
- ▶ Bevorzugte Nutzung von Materialien
 - Deklaration des PCRC (postconsumer recycled plastic content)
 - PCRC in äußerer Verkleidung > 10%. Ausnahme: Teile leichter als 100g.
- ▶ Produktverpackung
 - Ausschluss von zugesetzten Schwermetallen in der Verpackung
 - Beschränkte Nutzung von elementarem Chlor als Bleichmittel
 - Verbesserte Rezyklierbarkeit: separierbare Materialien, Markierung von Plastikkomponenten.
 - Anteil recycelter Fasern in Wellpappe > 25%
- ▶ Design für Reparatur, Nachnutzung und Recycling
 - Design für Reparatur, Nachnutzung und Recycling:

- Die äußere Verkleidung muss von Hand oder mit üblichen Werkzeugen entfernbar sein
- WEEE-Komponenten müssen gekennzeichnet und von Hand oder mit üblichen Werkzeugen entfernbar sein
- Datenträger, CPU, Memory DIMMs, Stromversorgung, Lüfter und I/O Karten müssen von Hand oder mit üblichen Werkzeugen austauschbar sein
- Drähte und Kabel, die externen Strom oder Daten anbinden, müssen von Hand oder mit üblichen Werkzeugen entfernbar sein
- Design für Plastikrecycling: Alle Plastikteile >100g
 - Klare Kennzeichnung des Materialtyps
 - Separierbar von Hand oder mit allgemein verfügbarem Werkzeug
 - Ausnahmen: Leiterplatte, Anschlüsse, Drähte und Kabel
- Berechnung der Rezyklierbarkeit des Produktes und mindestens 90% Rezyklierbarkeit nach der Methode IEC TR 62635
- Informationen und Berichterstattung über die Vorbereitung zu Nachnutzung und Recycling
- Langlebigkeit des Produktes
 - Verfügbarkeit von Ersatzteilen > 5 Jahre für: Netzteile, Lüfter, HDD, RAM, CPUs und bestückte Leiterplatten.
- Verantwortungsvolles Management am Produktlebensende
 - Regelung zur Rücknahme mit einem Dienstleister
 - Zertifizierte Entsorgung, z.B. Responsible Recycling (R2), e-Stewards Standard, EN 50625, WEEELABEX.
 - Grenzüberschreitender Warenverkehr: Einhalten aller Gesetze aller betroffener Länder
- Unternehmerische Verantwortung
 - Umweltmanagementsystem (EMS): ISO 14001 oder EMAS
 - Öffentliche Berichterstattung über den Einsatz von Konfliktrohstoffen
 - Bekanntgabe über den Einsatz und die Herkunft der Rohstoffe in Übereinstimmung mit Rule 13p-1 des US Securities Exchange Act of 1934
 - Einhaltung von Gesundheits- und Sicherheitsnormen am Arbeitsplatz in der Fertigung: ANSI/AIHA/ASSE Z10, Occupational Health and Safety Management Systems, oder

OHSAS 18001 müssen in allen Betrieben des Herstellers gepflegt und eingehalten werden.

Das jeweilige Ambitionsniveau ist identisch mit oder leicht strenger als die gesetzlichen Mindestvorgaben in der EU. Darüber hinaus werden freiwillige Kriterien definiert, deren Einhaltung bepunktet wird. Beispielsweise gibt es 2 Punkte, falls ASHRAE A4 unterstützt wird und 1/2 Punkt für Netzteile mit einem/mehreren Ausgängen, die 80 Plus Titanium erfüllen. Insgesamt können 88 Punkte gesammelt werden. Die Auszeichnung Silber erhalten Produkte, die 50% der optionalen Punkte erreichen, und Gold, die 75% der Punkte erreichen.

Von 841 Einträgen in der EPEAT Datenbank erreichen 280 Server Silber und keiner erreicht Gold. (EPEAT Registry 2024).

4.4.5 TCO Certified Generation 9 und 10

TCO Certified bezeichnet sich selbst als „weltweit führende Nachhaltigkeitszertifizierung für IT-Produkte“ (TCO Certified 2024). TCO Development entwickelt und veröffentlicht die Kriterien und ist organisatorisch mit der schwedischen Angestelltengewerkschaft (Tjänstemännens Centralorganisation, TCO) verbunden. Die Kriterien, die erstmals 1992 veröffentlicht wurden, adressieren ausschließlich IT-Produkte und haben sich vom ursprünglichen Arbeitsschutz hin zu einer thematisch umfassenden Nachhaltigkeitszertifizierung entwickelt. In der Generation 9 werden für 11 Produktgruppen Mindestanforderungen in den folgenden neun Bereichen definiert:

- ▶ Informationen zu Produkten und Nachhaltigkeit
- ▶ Sozialverträgliche Produktion
- ▶ Umweltverträgliche Herstellung
- ▶ Gesundheit und Sicherheit der Nutzer
- ▶ Leistung des Produktes
- ▶ Verlängerung der Produktlebensdauer
- ▶ Verringerung gefährlicher Stoffe
- ▶ Rückgewinnung von Material
- ▶ Allgemeine Testbedingungen (TCO Certified 2021)

Für den Blauen Engel ist ein Vergleich mit diesem Umweltzeichen relevant, da das Ambitionsniveau ähnlich sein soll. Jedoch enthält TCO Certified einige Berichtspflichten, die für relativ kleine Hersteller, wie es sie u.a. in Deutschland gibt, zu aufwendig sein können. Auch die Anforderungen an die Lieferkettenverantwortung und die Befugnisse des TCO Development zeugen davon, dass die US-amerikanischen Serverhersteller wesentlich größere Akteure sind als die deutschen. Genauso wie EPEAT verweist dieses Umweltzeichen bei der Energieeffizienz auf den Energy Star, der diesbezüglich den Standard setzt.

Zum jetzigen Stand (August 2025) gibt es zwei Server und keine Datenspeicherprodukte, die mit TCO Certified Version 9 ausgezeichnet sind (TCO Certified 2024).

Die Kriterien für Datenspeicher haben nahezu denselben Inhalt wie diejenigen für Server. Die Referenz zum Energy Star ist version 2 of the ENERGY STAR® program for data center storage (Energy Star 2022) und die kritischen austauschbaren Komponenten sind:

- ▶ System board(s), Storage (i.e. SSD, HDD), Storage controller (i.e. RAID controllers), PSU, Fan module(s), Batteries, Connectivity cables, Rack rails, Cable management arms

Für TCO in der Version 9 konnten Hersteller bis zum 3.12.2024 Anträge stellen, danach tritt Version 10 in Kraft. Anträge für Version 10 können ab dem 19.8.2024 gestellt werden. Die Anforderungen wurden in dieser Version im Vergleich zur Version 9 teilweise leicht verschärft. Im Folgenden sind inhaltliche Änderungen aufgeführt. **Ergänzungen** sind fett und ~~Streichungen~~ entsprechend markiert:

- ▶ Informationen für Endnutzer
 - Produktspezifikationen
 - Das **zertifizierte Produkt** muss in detaillierten Produktspezifikationen definiert werden
 - Das Gesamtgewicht der **schwersten Konfiguration** inklusive Netzteil muss berichtet werden.
 - Produktidentifizierung / Produktausweis
 - **Global Trade Identification Numbers** muss berichtet werden.
 - **Das Produkt muss eine einzigartige, URL-basierte Markierung der Identifizierung tragen**
 - **Beim Scannen der Markierung mit einem Smartphone muss die URL zu einer Seite führen, die GTIN, Modellbezeichnung und Seriennummer anzeigt.**
- ▶ Sozialverträgliche Produktion
 - Lieferkettenverantwortung:
 - ILO-Grundkonventionen: 29, 87, 98, 100, 105, 111, 138, 155, 182 und **187**
 - Verantwortungsvolle Ausbeutung von Rohstoffen
 - **Jährlich nachweisen, dass mindestens 70 % der Gesamtzahl der Schmelzhütten und Raffinerien für 3TG und Kobalt in der Lieferkette des zertifizierten Produkts konform (zertifiziert) sind mit einem anerkannten Sorgfaltsprüfungsprogramm eines unabhängigen Dritten.**
 - Management von Prozess-Chemikalien
 - **Es müssen Daten zum Chemikalieninventar vorgelegt werden, die mindestens Reinigungsmittel, Klebstoffe und Schmiermittel umfassen.**
- ▶ Umweltverträgliche Produktion
 - **Erneuerbare Energien**

- **Mindestens 15 % des Stroms, der in der Endmontage des zertifizierten Produkts verbraucht wird, muss aus erneuerbaren Quellen bezogen und/oder erzeugt werden. Dieser Anteil muss jährlich gemeldet werden.**
- Post-consumer recycled content:
 - Bericht über PCRC im Plastik des Produktes und PCRC im gesamten Produkt für eine **Worst-case** Konfiguration
- PCF
 - **Für das zertifizierte Produkt muss ein jährlicher PCF-Wert geschätzt werden, der auf einem Standardwert für den Scope 2 und 3 für die Produktkategorie, die unterstützte Produktlebensdauer und alle geprüften implementierten Reduzierungen des Scope 3 basiert.**
- ▶ Leistung des Produktes
 - Energieeffizienz: Die Anforderung an Energieeffizienz und Netzteile des Energy Star der **jeweils aktuellen** Version werden eingehalten.
- ▶ Verlängerung der Lebensdauer
 - Garantie
 - **Bieten Sie eine Mindestgarantie von 5 Jahren an, von denen mindestens 1 Jahr kostenlos sein muss.**
 - **Jedes Jahr Garantie, das nicht kostenlos enthalten ist, muss für maximal 15 % des UVP des Produkts angeboten werden und muss zusammen mit dem Produkt erworben werden können.**
- ▶ Austauschbare Komponenten
- ▶ Sichere Datenlöschung
- ▶ Reduktion gefährlicher Stoffe
 - Schwermetalle
 - **Das Produkt darf nicht die RoHS-Stoffe Cadmium, Quecksilber, Blei und sechswertiges Chrom enthalten. Keine Ausnahme.**
 - Halogene
 - Produktgehäuse, **Leiterplattenlamine** und **externe Kabelteile** mit einem Gewicht von mehr als 0,5 Gramm dürfen keine absichtlich zugesetzten (additiven oder reaktiven) halogenierten Flammschutzmittel, Weichmacher oder halogenierten Stoffen **Vinylpolymerstabilisatoren** enthalten. **Ausgenommen sind alle anderen Teile, wie elektronische Bauteile und Leiterplattenlamine, die in elektronischen Bauteilen versiegelt sind.**

- Nicht-Halogene:
 - Produktgehäuseteile, **Leiterplattenlamine und externe Kabelteile mit einem Gewicht von mehr als 0,5 Gramm dürfen nur absichtlich zugesetzte (additive oder reaktive) nichthalogenierte Flammenschutzmittel und Vinylpolymerstabilisatoren enthalten, die in der Liste der vom TCO zugelassenen Stoffe aufgeführt sind. Ausgenommen sind alle anderen Teile wie elektronische Komponenten und PCB-Lamine, die in elektronische Komponenten eingeschlossen sind.**

► Rückgewinnung von Materialien

- Produktverpackungen
 - ...
 - Für Produktverpackungslösungen, die zu ≥ 20 Gewichtsprozent aus Kunststoff bestehen, muss Folgendes erfüllt sein: ≥ 50 Gewichtsprozent der gesamten Kunststoffverpackungen müssen aus PCR-Kunststoffen bestehen.
- E-Waste Management
 - Der Markeninhaber muss jährlich berichterstaten und nachweisen, dass:
 - mindestens 80 % aller verkauften zertifizierten Produkte durch Produktrücknahmesysteme abgedeckt sind.
 - mindestens 40 % aller Wiederverwendungs- und Recyclingeinrichtungen des ersten Verarbeitungsschrittes, die von Nicht-EPR-Rücknahmesystemen genutzt werden, gemäß R2, e-Stewards, WEEELABEX, EN 50625 oder gleichwertig zertifiziert sind.

● ~~Markierung von Plastik~~

Weitere Änderungen sind redaktioneller Art oder beziehen sich weder auf Server noch auf Datenspeicherprodukte.

4.4.6 Blauer Engel Computer

Das Umweltzeichen gilt für Computer, Tastaturen und Mäuse (DE UZ 78). In Kapitel 3 der Vergabekriterien werden allgemeine Anforderungen gestellt, die für alle drei Produktgruppen gelten. Zusätzlich werden in den Kapiteln 4-6 jeweils spezielle Anforderungen für die drei Produktgruppen formuliert (Umweltbundesamt 2024). Grundsätzlich sind viele Anforderungen für die Übernahme in das Umweltzeichen Blauer Engel Server und Datenspeicherprodukte geeignet. Die Anforderungen an Kunststoffe, die in Kontakt mit der Haut kommen, und an die Garantie müssen nicht übernommen werden, da Server und Datenspeicherprodukte in der Regel im gewerblichen Kontext genutzt werden, im Schrank montiert und selten in Kontakt mit der Haut kommen.

4.5 Regulatorisches Umfeld

4.5.1 Ökodesign-Verordnung für Server und Datenspeicher

Die Verordnung (EU) 2009/125 der Kommission legt die Mindestanforderungen an Energieeffizienz für energierelevante Produkte fest. Mit der Verordnung (EU) 2019/424 der Kommission vom 15. März 2019 liegen Anforderungen an Server und Datenspeicherprodukte vor, die auf dem europäischen Markt angeboten werden. Die Verordnung tritt ab dem 1. März 2020 in Kraft, wobei einigen Anforderungen erst ab 1. Januar 2021 und 1. Januar 2023 erfüllt werden müssen. Weiterhin wurde die Verordnung (EU) 2019/424 durch die Verordnung (EU) 2021/341 der Kommission vom 23. Februar 2021 ergänzt. Beispielsweise dürfen seither die betroffenen Produkte nicht so gestaltet sein, dass sie erkennen, wenn sie geprüft werden.

Die Ökodesign-Verordnung für Server und Datenspeicherprodukte stellt insbesondere Anforderungen an Netzteile, Materialeffizienz, Leistung im Leerlauf und Aktivzustand sowie an Informationspflichten, die alle für die Produktgruppe Server erfüllt werden müssen. Für Datenspeicherprodukte gelten nur die Anforderung an Netzteile, Materialeffizienz und Informationspflichten.

4.5.1.1 Netzteile: Wirkungsgrad und Leistungsfaktor

Im Jahr 2023 traten verschärfte Anforderungen an die Netzteile in Kraft. Diese werden als ambitioniert wahrgenommen und übertreffen teilweise das Anforderungsniveau der vorherigen Ausgabe des Blauen Engels und des Energy Star (siehe dazu den Vergleich in Tabelle 5 und Tabelle 6 in Unterkapitel 4.4.1.2). , gelten aber nur für eine Laststufe und nicht für weitere, wie beim Energy Star.

4.5.1.2 Materialeffizienz

In der Verordnung werden folgende drei Anforderungen an die Materialeffizienz von Servern gestellt:

- ▶ Verbindungs-, Befestigungs- oder Versiegelungstechniken dürfen die Demontage nicht verhindern.
- ▶ Server und Datenspeicherprodukte müssen eine Funktion zur sicheren Datenlöschung bereitstellen
- ▶ Bereitstellung von aktueller Firmware (ab 2 Jahre nach Markteinführung des Produktes bis 8 Jahre nach Marktaustritt) und ihrer Sicherheitsupdates (bis 8 Jahre nach Marktaustritt)

4.5.1.3 Leistung von Servern im Leerlauf

Bei der Leistung im Leerlauf gelten für Server in der Ökodesign-Verordnung drei grundlegende Leistungstoleranzen (Grenzwerte) für je Server mit einem CPU-Sockel, mit zwei CPU-Sockeln und Blade-Server.

Tabelle 10: Ökodesign-Anforderungen an die Leistungsaufnahme im Leerlauf

Product Type	Maximale Leistungsaufnahme (grundlegende Leistungstoleranz) in Watt
One Installed Processor	25
Two Installed Processors	38

Product Type	Maximale Leistungsaufnahme (grundlegende Leistungstoleranz) in Watt
Blade or Multi-Node	40

Quelle: Ökodesign Server (EU) 2019/424

Neben den grundlegenden Leistungstoleranzen können je nach Konfiguration für zusätzliche Komponenten weitere Leistungstoleranzen aufaddiert werden. Zum Beispiel sind weitere 5,0 W pro zusätzlich installierter HDD erlaubt. Es gelten also je nach Konfiguration unterschiedlich ambitionierte Grenzwerte.

Tabelle 11: Ökodesign-Anforderungen zusätzliche Leistungstoleranzen

Systemmerkmale	Gilt für:	Zusätzliche Leistungstoleranz im Leerlaufzustand
CPU-Leistung	Alle Server	1-Sockel: 10 × Perf CPU W 2-Sockel: 7 × Perf CPU W
Zusätzliches Netzteil	Leerlaufzustand	10 W pro Netzteil
HDD oder SSD	Pro installierter HDD oder SSD	5,0 W pro HDD oder SSD
Zusätzlicher Speicher	mehr als 4 GB installierten Arbeitsspeicher	0,18 W pro GB
Zusätzlicher DDR-Kanal gepufferter	installierte gepufferte DDR-Kanäle ab dem 8. Kanal	4,0 Watt pro gepufferten DDR-Kanal
Zusätzliche E/A-Geräte	installierte Geräte ab dem dritten 1-Gbit-Port, integriertes Ethernet	< 1 Gb/s: keine Toleranz
		= 1 Gb/s: 2,0 Watt/aktiver Port
		> 1 Gb/s und < 10 Gb/s: 4,0 Watt/aktiver Port
		≥ 10 Gb/s und < 25 Gb/s: 15,0 Watt/aktiver Port
		≥ 25 Gb/s und < 50 Gb/s: 20,0 Watt/aktiver Port
		≥ 50 Gb/s: 26,0 W/aktiver Port

Quelle: Ökodesign Server (EU) 2019/424

4.5.1.4 Effizienz von Servern im Aktivzustand

Server mit Ausnahme von ausfallsicheren Servern, HPC-Servern und Servern mit integrierten APA müssen je nach Produkttyp folgende Effizienzwerte erreichen oder überschreiten (siehe Unterkapitel 4.3.1 für die Definition von Eff_{ACTIVE} und siehe Tabelle 18 für einen Vergleich mit einschlägigen Vergleichswerten in Tabelle 7).

Tabelle 12: Ökodesign-Anforderungen an Eff_{ACTIVE}

Product Type	Minimum Eff_{ACTIVE}
One Installed Processor	9,0
Two Installed Processors	9,5

Product Type	Minimum <i>Eff</i> _{ACTIVE}
Blade or Multi-Node	8,0

Quelle: Ökodesign Server (EU) 2019/424

4.5.1.5 Informationspflichten der Hersteller

Die Produkte müssen mit einer umfangreichen Dokumentation ausgestattet sein. Die Datenpunkte sind in Anhang 2 Kapitel 3 der Verordnung aufgelistet und enthalten z.B. Modellnummer, Herstellungsjahr, Leistung im Leerlauf in Watt (nur Server), Höchstleistung in Watt (nur Server) und Kategorie der Betriebsbedingungen (siehe Tabelle 13). Diese Informationen müssen für Produktfamilien jedoch nicht für jede Konfiguration, sondern lediglich für den unteren und oberen Leistungsbereich angegeben werden.

Die Kategorien der Betriebsbedingungen zeigen von A1 zu A4 zunehmende Toleranz gegenüber extremeren Temperaturen und Luftfeuchtigkeit an.

Tabelle 13: Kategorien der Betriebsbedingungen (Tabelle 6 im Anhang II der Ökodesign-Verordnung)

Kategorie der Betriebsbedingungen	Trockenkugeltemperatur in °C		Feuchtigkeitsbereich, keine Betauung		Maximaler Taupunkt (°C)	Maximale Änderungsrate (°C/h)
	Zulässiger Bereich	Empfohlener Bereich	Zulässiger Bereich	Empfohlener Bereich		
A1	15-32	18-27	– 12 °C Taupunkt (dew point, DP) und 8 % relative Luftfeuchtigkeit (relative humidity, RH) bis 17 °C DP und 80 % RH	– 9 °C DP bis 15 °C DP und 60 % RH	17	5/20
A2	10-35	18-27	– 12 °C Taupunkt (DP) und 8 % relative Luftfeuchtigkeit (RH) bis 21 °C DP und 80 % RH	Wie A1	21	5/20
A3	5-40	18-27	– 12 °C Taupunkt (DP) und 8 % relative Luftfeuchtigkeit (RH) bis 24 °C DP und 85 % RH	Wie A1	24	5/20
A4	5-45	18-27	– 12 °C Taupunkt (DP) und 8 % relative	Wie A1	24	5/20

Trockenkugelmperatur in °C		Feuchtigkeitsbereich, keine Betauung			
			Luftfeuchtigkeit (RH) bis 24 °C DP und 90 % RH		

Quelle: Ökodesign Server (EU) 2019/424

Außerdem müssen die Produktinformationen Auskunft über die Gewichtsspanne von Kobalt in den Batterien und Neodym in den HDD-Laufwerken geben sowie Anweisungen für die Demontage-Arbeitsgänge enthalten.

4.5.2 Europäische Energy Efficiency Directive (EED)

Die Richtlinie (EU) 2023/1791 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Energieeffizienz (EED) vom 13. September 2023 legt für Server und Datenspeichergeräte keine technischen Mindestwerte fest. Der Betrieb der Server und Datenspeicherprodukte im Rechenzentrum ist jedoch in die Berichtspflichten für Rechenzentren einbezogen. Rechenzentren mit Standort in der EU müssen ab einer bestimmten Größe jährlich Effizienz- und Leistungsdaten melden; die konkret zu meldenden Kennzahlen wurden durch die Delegierte Verordnung (EU) 2024/1364 festgelegt. Berichtspflichtige Rechenzentrums-Betreiber müssen Kapazitätsangaben zu neu installierten Server und Datenspeicher melden:

- ▶ Summe des SERT Active State Performance Rating oder eines äquivalenten Leistungswerts für alle neu installierten Server.
- ▶ Summe der Speicherkapazität aller neu installierten SSD- und HDD-Speichergeräte.

Die Pflicht zu Angaben über Server und Datenspeichergeräte betrifft laut Delegierter Verordnung nur Geräte, die nach dem Inkrafttreten der Verordnung installiert wurden; es gilt der Stichtag 7. Juni 2024 (20 Tage nach Veröffentlichung im Amtsblatt am 17.5.2024).

Da die EED für die ICT-Kapazität auf die Begriffe aus Verordnung (EU) 2019/424 verweist, müssen nur Server-Typen berichtet werden, die von der Ökodesign-Verordnung abgedeckt sind. Der Geltungsbereich ist der gleiche, wie bei diesem Umweltzeichen, beispielsweise sind vollständig fehlertolerante Server und Server mit mehr als vier Sockeln nicht betroffen.

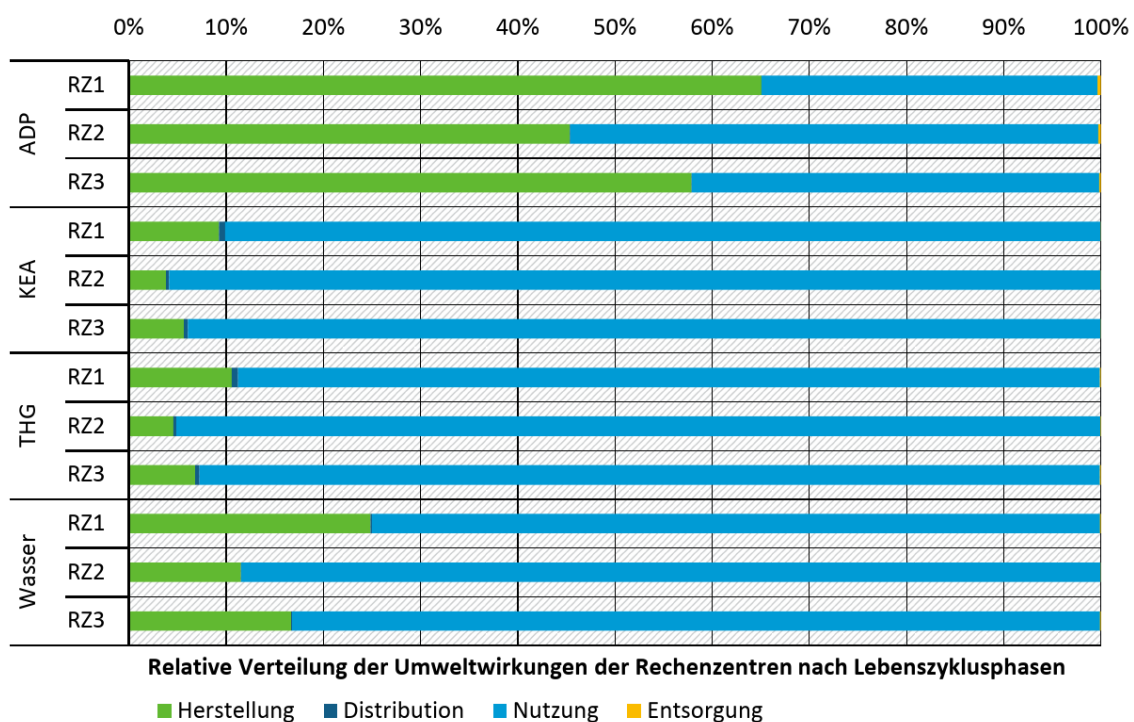
4.6 Studien zu den Umweltwirkungen

4.6.1 KPI4DCE

Schon im Jahr 2018 veröffentlichten Schödwel et. al ihre ökobilanzielle Untersuchung von Rechenzentren, in der auch der Herstellungsaufwand und die Nutzungsphase von Servern und Datenspeichergeräten untersucht wurden (Schödwel et al. 2018).

Zentrale Ergebnisse sind, dass Server und Datenspeichergeräte für 70-80% der Umweltwirkungen von RZ verantwortlich sind in den Bereichen Rohstoffeinsatz, Energieeinsatz, Treibhausgas-Emissionen und Wassereinsatz. Im Rohstoffeinsatz (Abiotic Depletion Potential - ADP) entsteht 50 % der Umweltwirkung in der Herstellung, bei den anderen drei Umweltwirkungskategorien überwiegt mit ca. 80% die Nutzungsphase.

Abbildung 3: Relative Verteilung der Umweltwirkungen von RZ nach Lebenszyklusphase



Quelle: Schödwel et al. (2018)

Auf dieser Basis, aber mit aktualisierten Daten und Berechnungsformeln, hat Jens Gröger einen Rechner erstellt, mit dem der Herstellungsaufwand eines Servers anhand seiner technischen Parameter berechnet werden kann (Gröger 2026). Die berechneten Umweltwirkungen sind kumulierter Energieaufwand (CED), Treibhausgaspotential (GWP), Abiotischer Rohstoffverbrauch (ADP), Wasserverbrauch, Schadstoffeinsatz und Menge an Elektroschrott.

4.6.2 Ecodesign Review Study

Zeitgleich [im Jahr 2024] zur Überarbeitung des Blauen Engels für Server und Speichersysteme führt das Direktorat „DG Grow“ der Europäischen Kommission eine Studie zur Überarbeitung der Ecodesign Verordnung durch. Durchführende Organisation ist die Beratungsfirma icf, die die Ergebnisse auf ihrer Webseite veröffentlicht (ICF International Inc. 2024). Es werden acht Design-Optionen vorgestellt, wie die Verordnung umgestaltet werden könnte. Die ersten drei Optionen, die eine Bestehensrate am Markt von 75% und mehr aufweisen würden, bilden drei Anforderungsniveaus an Eff_{ACTIVE} ab, die jeweils deutlich unter dem des Energy Star liegen (vgl. Tabelle 18).

Zum Abgleich des Anforderungsniveaus zur Energieeffizienz der Server liegen dem Forschungsteam der Ecodesign-Studie ein Datensatz von 2019 über SERT-Messergebnisse vor, die „The Green Grid“ den Mitarbeitenden der ICF-Studie zur Verfügung gestellt hat.

Diese Studie ist deshalb relevant, weil sie im Rahmen dieses Vorhabens die einzige Quelle neben dem Energy Star ist, die Hinweise auf repräsentative Leistungsniveaus von am Markt verfügbaren Produkten gibt.

Als Ergebnis des nicht-öffentlichen Ökodesign Konsultationsforums wird möglicherweise 2026 ein Entwurf der überarbeiteten Ökodesign-Verordnung veröffentlicht.

4.6.2.1 Energieeffizienz im Aktivzustand

Die erste Design-Option besteht aus Grenzwerten für die Kennzahl SERT Active state Efficiency (siehe Tabelle 14). Diese sollen an die EU GPP Grenzwerte angeglichen werden.

Tabelle 14: ICF Study: Design-Option 1 für SERT Active

Number of sockets	Product type	Minimum Active efficiency
1	Rack	13.0
2	Rack	18.0
2	Blade or multi-node servers	20.0
4	Rack	16.0
4	Blade or multi-node	9.6

Quelle: ICF International Inc. (2024)

Mehr als 83% der Server am Markt bestehen diese Hürde. Deshalb besteht Design-Option 2 aus ambitionierteren Grenzwerten.

Tabelle 15: ICF Study: Design-Option 2 für SERT Active

Number of sockets	Product type	Minimum Active efficiency
1	Rack	15.0
2	Rack	20.0
2	Blade or multi-node servers	20.0
4	Rack	16.0
4	Blade or multi-node	12.0

Quelle: ICF International Inc. (2024)

Diese werden immer noch von mehr als 82% aller Server am europäischen Markt eingehalten. Design-Option 3 schlägt vor, solche Grenzwerte zu setzen, dass jeweils 75% der Server diese bestehen.

Tabelle 16: ICF Study: Design-Option3 für SERT Active

Number of sockets	Product type	Minimum Active efficiency
1	Rack	15.33
2	Rack	23.36
2	Blade or multi-node servers	21.09
4	Rack	20.32
4	Blade or multi-node	22.44

Quelle: ICF International Inc. (2024)

Die Design-Option 6 bezieht sich auf Datenspeicherprodukte. Es werden dieselben Grenzwerte für die Energieeffizienz im Aktivzustand vorgeschlagen wie im Energy Star (siehe Unterkapitel 4.4.2.3) und dieselbe Anforderung an Effizienz-Features (siehe Unterkapitel 4.4.2.4).

4.6.2.2 Energieeffizienz im Idle-Zustand

Als Design-Option 4 werden Grenzwerte vorgeschlagen für das Verhältnis aus Leistungsaufnahme im Leerlauf und unter 100%-iger Last während des SSJ-Tests. Die Abkürzung „ssj“ steht für Server-Side Java. Das Ergebnis des Tests zeigt das Verhältnis von erbrachter Leistung (SSJ-Operationen) pro elektrischer Energie.

Das SSJ Worklet ist eines von 11 SERT-Worklets, die von SPEC entwickelt werden (das siebente von oben in Abbildung 2). SSJ simuliert einen online-Transaktionsprozess, die CPU und Speicher belastet, und beinhaltet 6 Transaktionen, deren Last variiert und an die Hardwarekapazitäten angepasst werden kann (SPEC® 2022). 100% SSJ entspricht also einer hardwarespezifischen Last, welche die CPU zu 100% auslastet. 100% *SSJ workload power (in Watts)* ist die dabei gemessene Leistungsaufnahme.

Idle to workload ratio = idle power (in Watt) / 100% SSJ workload power (in Watt)

Dieser Wert soll für Rack-Server kleiner als 0,38 und für Blade-Systeme kleiner als 0,16 sein.

4.6.2.3 Leistungsmanagement

Als Design-Option 5 wird vorgeschlagen, dass alle Prozessoren in der Lage sein müssen, Leistungsaufnahme abhängig von der Last zu reduzieren, und dass diese Funktion beim Verkauf angeschaltet sein muss.

4.6.2.4 Materialeffizienz

Als Design-Option 7 und 8 wird für Server und Datenspeicher vorgeschlagen, Zerlegbarkeit, Reparatur und Recycling zu verbessern.

Server und Datenspeicherprodukte „müssen von einer Person mit allgemeinen Reparaturkenntnissen in einer Werkstattumgebung und unter Verwendung von nicht herstellerspezifischen Werkzeugen zerlegt werden können. [...] Dies umfasst die folgenden Komponenten: CPU, Netzteile, Datenspeicher, Arbeitsspeicher, Hauptplatine, Grafikkarte, Gehäuse, Batterien, Lüfter, integrierte Switches, RAID-Controller und Netzwerkschnittstellenkarten. Für das Netzteil und die Speicherlaufwerke ist für den Ausbau zum Austausch/Aufrüstung nur Werkzeug der Klasse A erforderlich.“ Dabei bezieht sich die Klasse auf die Definition in EN 45554.

4.6.2.4.1 Verfügbarkeit von Informationen für Profis

Folgende Informationen müssen bereitgestellt werden:

- ▶ die eindeutige Produktidentifikation;
- ▶ ein Demontageplan oder eine Explosionszeichnung;
- ▶ Verdrahtungs- und Anschlusspläne, soweit sie für die Fehleranalyse erforderlich sind;
- ▶ elektronische Platinenpläne;
- ▶ eine Liste der erforderlichen Reparatur- und Prüfgeräte;
- ▶ ein technisches Handbuch mit Reparaturanweisungen, einschließlich der Kennzeichnung der einzelnen Schritte;

- ▶ Diagnose- und Fehlerinformationen (einschließlich herstellerspezifischer Codes, soweit zutreffend);
- ▶ Informationen über Bauteile und Diagnose (z. B. theoretische Mindest- und Höchstwerte für Messungen);
- ▶ Anleitungen für Software und Firmware (einschließlich Rücksetzsoftware);
- ▶ Informationen über den Zugang zu professioneller Reparatur, einschließlich der Internet-Seiten, Adressen und Kontaktangaben professioneller Werkstätten, die gemäß Nummer 2 Buchstaben a und b registriert sind.

4.6.2.4.2 Verfügbarkeit von Ersatzteilen

Mindestens fünf Jahre nach dem Inverkehrbringen des letzten Produktes müssen mindestens folgende Ersatzteile für Profis verfügbar sein.

- ▶ Speicherkarten - CPU - Motherboard - Grafikkarten - PSU - Gehäuse - Batterien - Lüfter - integrierte Switches - RAID-Controller - Netzwerkkarten

4.6.2.4.3 Verhindern von Parts Pairing

Parts Pairing ist eine softwarebasierte Einschränkung der Nutzung von alternativen Ersatzteilen. Dadurch sichert der Hersteller die Qualität seines Produktes ab und erhält nebenbei ein Monopol auf Ersatzteile seiner Produkte. Parts Pairing kann die Reparatur verhindern oder behindern.

Der Vorschlag des icf hat zum Ziel, dass der professionelle Reparaturbetrieb beliebig sein kann, nicht jedoch der Hersteller des Ersatzteils. Der Nutzer muss nicht befähigt werden, die Reparatur durchzuführen.

„Bei seriell identifizierbaren Teilen gewähren die Hersteller professionellen Reparaturbetrieben diskriminierungsfreien Zugang zu allen Softwaretools, Firmware oder ähnlichen Hilfsmitteln, die erforderlich sind, um die volle Funktionsfähigkeit dieser Ersatzteile und des Geräts, in das diese Ersatzteile eingebaut sind, während und nach dem Austausch zu gewährleisten;“

Dies umfasst die folgenden Komponenten:

- ▶ CPU, Netzteile, Datenspeicher, Arbeitsspeicher, Grafikkarte, Gehäuse, Batterien, Lüfter, integrierte Switches, RAID-Controller und Netzwerkschnittstellenkarten.

4.6.2.4.4 Informationen über Materialzusammensetzung

Neben den Konfliktrohstoffen 3TG enthalten Server und Datenspeicher auch Kritische und Strategische Rohstoffe. Erklärtes Ziel der EU ist es, die Abhängigkeit von Primärrohstoffen durch verbessertes Recycling zu reduzieren. Das geopolitische Ziel stimmt im Recycling mit dem ökologischen überein.

„Server sollten mit einem Ökodesign-Informationsblatt verkauft werden, in dem die folgenden Komponenten zusammen mit ihren Leistungsmerkmalen und Kompatibilitätskennzahlen (einschließlich Ausführung und Anzahl der Stifte) aufgeführt sind.

Richtwerte für die Gewichtsbereiche von Schüttgut und spezifische Zielbereiche für die folgenden kritischen Rohstoffe:

- ▶ Tantal in allen Komponenten (Gewichtsbereich: weniger als 0,01 g, zwischen 0,01 g und 0,1 g, über 0,1 g);

- ▶ Gold in allen Komponenten (Gewichtsbereich: weniger als 0,02 g, zwischen 0,02 g und 0,1 g, über 0,1 g);
- ▶ Germanium in allen Komponenten (Gewichtsbereich: weniger als 0,02 g, zwischen 0,02 g und 0,1 g, über 0,1 g);
- ▶ Dysprosium in allen Komponenten (Gewichtsbereich: weniger als 0,02 g, zwischen 0,02 g und 0,1 g, über 0,1 g);
- ▶ Silizium in allen Komponenten (Gewichtsbereich: weniger als 5 g, zwischen 5 g und 25 g, über 25 g);

Dies sollte die folgenden Komponenten umfassen: CPU, Netzteile, Datenspeicher, Speicher, Hauptplatine, Grafikkarte, Gehäuse, Batterien, Lüfter, integrierte Switches, RAID-Controller und Netzwerkschnittstellenkarten.“

4.6.2.5 Informationsmitteilungen

Die folgenden Maßnahmen wirken sich wahrscheinlich auf einen energieeffizienten Betrieb der Geräte aus.

4.6.2.5.1 Monitoring-Daten-Schnittstellen

Die Anforderungen zu Monitoring Daten sind nahezu wortgleich zu denen der Energy Stars für Server und Datenspeicher formuliert:

„Ein Computer Server muss Echtzeitdaten zur

- ▶ Leistungsaufnahme (W) und zur durchschnittlichen Auslastung aller logischen CPUs liefern.
- ▶ zur Überwachung der Lufteintrittstemperatur (°C) und zur Steuerung der Lüftergeschwindigkeit, die standardmäßig aktiviert ist.

„Datenspeicherprodukte mit einer Online-3- und Online-4-Fähigkeit müssen in der Lage sein, Folgendes zu messen und zu melden;

- ▶ Eingangsleistung in Watt
- ▶ Ansauglufttemperatur, in Grad Celsius

Die Daten (von Servern und Datenspeicherprodukten) müssen in einem veröffentlichten oder für den Benutzer zugänglichen Format zur Verfügung gestellt werden, das von herstellerunabhängiger Verwaltungssoftware über ein Standardnetz gelesen werden kann. Bei Blade- und Multi-Node-Servern und -Systemen können die Daten auf Chassis-Ebene aggregiert werden.“

4.6.2.5.2 Label für Server

Es wird vorgeschlagen, dass Server mit einem Energieetikett verkauft werden sollen, das folgende Informationen enthält:

- ▶ Formfaktor des Servers
- ▶ Aktive Effizienz des Servers
- ▶ Aktive Leistungsbewertung des Servers
- ▶ Stromverbrauch im Leerlauf (in Watt)

► ASHRAE-Temperaturbereich

Bei Servern, die zu einer Serverkonfigurationsfamilie gehören, sollten die Daten der "typischen Serverkonfiguration" angegeben werden.

5 Ableitung der Vergabekriterien Blauer Engel Server und Datenspeicherprodukte

Die vorangegangenen Kapitel geben einen Überblick über die Technik und ihre aktuelle Entwicklung (Kapitel 4.1), den Markt (Kapitel 4.2), relevante Messstandards (Kapitel 4.3), andere Umweltzeichen (Kapitel 4.4), das regulative Umfeld (Kapitel 4.5) und die Umweltwirkungen von Servern und Datenspeicherprodukten (Kapitel 4.6).

Das Ziel der Überarbeitung der Vergabekriterien des Blauen Engels ist es, die relevanten Umweltwirkungen zu adressieren, den Stand der Technik adäquat abzubilden und ein Ambitionsniveau zu formulieren, das Marktakteuren eine nützliche Orientierung bietet und eine Umweltentlastung bewirkt.

Daraus leiten sich Anforderungen an die Energieeffizienz (Unterkapitel 5.2), Materialanforderungen (Unterkapitel 5.3), Langlebigkeit (Unterkapitel 5.4), Reparierbarkeit (Unterkapitel 5.5), soziale Anforderungen (Unterkapitel 5.6) und Produktdokumentation (Unterkapitel 5.7) ab.

Änderungen gegenüber DE-UZ 213 Ausgabe 2020 werden **fett** hervorgehoben und die Kriterien der aktuellen Ausgabe Januar 2025 als Zitate markiert.

5.1 Geltungsbereich

Für den Geltungsbereich und die Umsetzung der Anforderungen muss berücksichtigt werden, dass Server und Datenspeichergeräte keine abschließend beschreibbaren Produkte sind, sondern, dass sie innerhalb einer Produktfamilie meist konfigurierbar sind, d.h. mehrere Komponenten, insbesondere CPU, RAM, GPU und Datenspeicher, können in mehreren Abstufungen vom Kunden kombiniert werden. Gäbe es für diese vier Komponenten jeweils drei Optionen, ergibt dies 81 Kombinationen innerhalb einer Produktfamilie, bei je vier Optionen 256 Modelle usw.

Der Energy Star erlaubt Antragstellern, drei repräsentative Konfigurationen frei zu definieren, Low-Performance, Typical und High-Performance Configuration. Ebenso hält es EPEAT. Im Gegensatz dazu müssen bei TCO Certified und dem bisherigen Blauen Engel die Kriterien für alle Produktvarianten einzeln nachgewiesen werden. Das führt zu einem erheblichen Aufwand für die Hersteller und könnte eine Ursache für die geringe Anzahl an mit dem Blauen Engel ausgezeichneten Produkte sein. Der Markt nimmt den Energy Star und EPEAT mit mehreren Hundert ausgezeichneten Produkten sehr gut an, während lediglich zwei Server den Blauen Engel Ausgabe 2020 tragen und gar kein Produkt das TCO-Certified Label.

Der Vorschlag für den Blauen Engel ist, die Kriterien ausschließlich von der Konfiguration mit der niedrigsten Energieeffizienz nachweisen zu lassen. Damit ist sichergestellt, dass alle davon abweichenden Konfigurationen die Anforderungen des Blauen Engels ebenfalls erfüllen oder übererfüllen.

In der Vergabegrundlage wird unter 1.4 Begriffsbestimmungen das „Basismodell (low performance configuration)“ entsprechend definiert.

Bisher enthält der Messtandard SPEC SERT keine Mess- und Berechnungsmethode für Grafik-Prozessoren (GPUs), weshalb Server, die GPUs enthalten auch aus dem Geltungsbereich des Energy Star und der Ökodesign-Verordnung fallen. GPUs werden für Anwendungen von KI verwendet. Obwohl es höchst relevant wäre, die Energieeffizienz von GPUs zu regulieren, hat sich die Industrie bisher nicht auf einen Standard zur Messung der Energieeffizienz von GPUs einigen können.

Deshalb können Hochleistungsserver und ähnliche Server bei denen die Berechnungen überwiegend von GPUs erfolgen, nicht mit diesem Umweltzeichen ausgezeichnet werden.

Der Geltungsbericht für den Blauen Engel Server und Datenspeichergeräte (DE-UZ 213) ist im Kapitel 2 der Vergabekriterien beschrieben.

5.2 Energieeffizienz

5.2.1 Anforderungen des Energy Star

Der Energy Star stellt von allen vorgestellten Bewertungskriterien und gesetzlichen Anforderungen die ambitioniertesten Anforderungen an die Energieeffizienz von Servern und Storage Systemen. Diese wurden jeweils in ihrer letzten Überarbeitung deutlich erhöht und werden auch von Herstellern als sehr anspruchsvoll bewertet.

Im Blauen Engel wird weiterhin die Einhaltung der Anforderungen des Energy Stars gefordert, wobei präzisiert wurde, dass es sich dabei um die jeweils aktuelle Version handeln muss:

„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 [Die Anforderungen an den Wirkungsgrad werden bereits aufgrund der Ökodesign-Verordnung eingehalten. Zusätzlich müssen jedoch Anforderungen an den Leistungsfaktor der Leistungsstufen 10%, 20% und 100% nachgewiesen werden, um auch alle Anforderungen des Energy Star zu erfüllen (siehe Unterkapitel 4.4.1.2).]
- ▶ Energiemanagement [Es muss ein Energiemanagement vorhanden und aktiviert sein (siehe Unterkapitel 4.4.1.3)]
- ▶ Energieeffizienz im aktiven Betriebszustand [Eff_{ACTIVE} muss die Mindestwerte für den jeweiligen Produkttyp einhalten (siehe Tabelle 7 in Unterkapitel 4.4.1.4)]
- ▶ Leistungsaufnahme im Leerlaufzustand [P_{idle} , P_{blade} , oder P_{node} müssen wie im Energy Star beschrieben gemessen und angegeben werden. Zusätzlich gilt die Anforderung in Unterkapitel 5.2.4]
- ▶ Berichterstattung: Die Vorlage des Energy Star muss ausgefüllt werden, einige Daten werden veröffentlicht, insbesondere die Effizienz- und Leistungskennzahlen (siehe Unterkapitel 4.4.1.6 und 4.4.2.5)

- **Monitoring-Daten:** Die Formulierung des vorherigen Blauen Engels wurde nahezu wörtlich in die Version 4.0 des Energy Star übernommen. Vergleiche Kriterium im Energy Star im Unterkapitel 4.4.1.7 und die entsprechende Anforderung im Blauen Engel in 5.2.7.

Die Anforderungen an die Energieeffizienzkennzeichnung sind im Kapitel 3.1.1 der Vergabekriterien für den Blauen Engel Server und Datenspeichergeräte (DE-UZ 213) beschrieben

5.2.2 Betriebsbedingungen

Um eine effiziente Luftkühlung über Außenluft zu ermöglichen, müssen Server und Datenspeicherprodukte bei höheren Temperaturen im Serverraum betriebsfähig sein. Nur so kann die sogenannten Freie Kühlung an möglichst vielen Tagen im Jahr stattfinden. Der Blaue Engel orientiert sich dabei an den Informationspflichten der Hersteller aus der Ökodesign-Verordnung (Unterkapitel 4.5.1.5) und setzt die anspruchsvolleren Kategorien der dort aufgeführten Betriebsbedingungen als Mindestanforderung:

„Der Server oder das Datenspeicherprodukt muss unter den Betriebsbedingungen A2 oder höher der Klassifikation aus Tabelle 6 "Kategorien der Betriebsbedingungen" aus der Ökodesign-Verordnung für Server und Datenspeicherprodukte (Verordnung (EU) 2019/424) (Ökodesign Server (EU) 2019/424) betrieben werden können.“ (Umweltbundesamt 2025)

Es müssen mindestens die Betriebsbedingungen zulässig sein, die in der folgenden Tabelle 17 aufgelistet sind (siehe auch Tabelle 13 in Unterkapitel 4.5.1.5).

Tabelle 17: 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: Ökodesign Server (EU) 2019/424

Die Anforderungen an die Betriebsbedingungen sind im Kapitel 3.1.2 der Vergabekriterien für den Blauen Engel Server und Datenspeichergeräte (DE-UZ 213) beschrieben.

5.2.3 Server im Aktivzustand

Sowohl die Ökodesign-Verordnung als auch der Energy Star verweisen für die Messung der Energieeffizienz auf die Messstandards SPEC SERT2 (SPEC®) bei Servern (siehe Unterkapitel 4.3.1). Die Messgröße des SPEC SERT2 wird als Energieeffizienz des Servers im Aktivzustand (Eff_{ACTIVE}) bezeichnet und ist eine dimensionslose Zahl.

Der Energy Star hat in seiner letzten Ausgabe V4.0 für Computer Server (Energy Star 2024) die Anforderungen an die Energieeffizienz im Vergleich zur vorherigen Ausgabe V3.0 deutlich erhöht (siehe Unterkapitel 4.4.1.4).

Folgende Tabelle 18 zeigt, dass von allen vorgestellten Bewertungskriterien und gesetzlichen Anforderungen der aktuell gültige Energy Star V4.0 das höchste Anforderungsniveau aufweist.

Tabelle 18: Vergleich der Anforderungen an Eff_{ACTIVE} in der Ökodesign-VO, in der Review-Studie (ICF Option 1-3) und im Energy Star

Product Type	Ökodesign -VO Eff_{ACTIVE}	ICF Eff_{ACTIVE} Option 1	ICF Eff_{ACTIVE} E Option 2	ICF Eff_{ACTIVE} Option 3	Energy Star V3.0 Eff_{ACTIVE}	Energy Star V4.0 Eff_{ACTIVE}
One Installed Processor						
Rack	9	18,0	15,0	15,33	11,0	26,4
Tower	9	-	-	-	9,4	24,4
Blade or Multi-Node	8	-	-	-	9,0	-
Resilient	-	-	-	-	4,8	6,6
Two Installed Processors						
Rack	9,5	20,0	20,0	23,36	13,0	30,4
Tower	9,5	-	-	-	12,0	26,5
Blade or Multi-Node	8	16,0	20,0	21,09	14,0	29,1
Resilient	-	-	-	-	5,2	6,0
Greater Than Two Installed Processors						
Rack	-	9,6	16,0	20,32	16,0	31,9
Blade or Multi-Node	8	-	12,0	22,44	9,6	26,8
Resilient	-	-	-	-	4,2	-

Quellen: Ökodesign Server (EU) 2019/424; ICF International Inc. 2024; Energy Star 2018; 2024

Wir kommen aufgrund der vorliegenden Daten und Äußerungen befragter Hersteller zu der übereinstimmenden Einschätzung, dass das Ambitionsniveau der Energieeffizienz Eff_{ACTIVE} des Energy Star für den Blauen Engel anspruchsvoll und angemessen ist.

Die entsprechende Anforderung im Kapitel 3.1.3 Server im Aktivzustand wird im Blauen Engel folgendermaßen formuliert:

„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 die Anforderungen des jeweils aktuellen Energy Star erfüllen [zurzeit Version 4.0 ganz rechts in der obigen Tabelle 18].

Die erreichte Effizienz ist deutlich sichtbar auf der Produktwebseite des Servers zusammen mit den technischen Daten des Netzteils, das bei der Messung verwendet wurde, darzustellen oder zu verlinken.“ (Umweltbundesamt 2025)

Mit der Ergänzung (fett markierter Teil) soll eine verbesserte Transparenz erreicht werden, da die geltenden Informationspflichten der Ökodesign-Verordnung über die Effizienz von Servern bzw. über die minimale Effizienz der Produktfamilie meist nicht auf Verkaufsplattformen und Produktwebseiten erfüllt werden, sondern auf separaten, nicht verlinkten Unterseiten der Nachhaltigkeitsberichterstattung.

Die Anforderungen an den Server im Aktivzustand sind im Kapitel 3.1.3 der Vergabekriterien für den Blauen Engel Server und Datenspeichergeräte (DE-UZ 213) beschrieben.

5.2.4 Server im Leerlaufzustand

Die folgende Tabelle 19 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** listet marktübliche Servermodelle, ihre Idle-Leistung und ihre maximale Nennleistung auf. Die Idle-Leistung kann nicht exakt angegeben werden, da sie je nach Konfiguration stark variiert. Auch die maximale Nennleistung sind nur obere Grenzen anhand der Netzteile, mit denen die Modelle verkauft werden.

Tabelle 19: Marktübliche Servermodelle und elektrische Leistung

Modell	Formfaktor	Idle-Leistung (ca.)	Max. Nennleistung (PSU)	Quelle / Datenblatt
Dell PowerEdge R650	1U Rack	~130–180 W	800 W (PSU)	Spec Sheet (PDF)
Dell PowerEdge R750	2U Rack	~150–200 W	1.400 W (PSU, redundant)	Technical Guide
Dell PowerEdge R760	2U Rack	~160–220 W	2.400 W (PSU, redundant)	Dell Konfigurator
HPE ProLiant DL360 Gen10 Plus	1U Rack	~100–160 W	800 W (PSU)	HPE Specs
HPE ProLiant DL380 Gen10	2U Rack	~130–180 W	1.600 W (PSU, redundant)	HPE Electrical Specs
HPE ProLiant DL385 Gen11	2U Rack	~130–190 W	1.600 W (PSU, redundant)	HPE Produktseite
Lenovo ThinkSystem SR630 V3	1U Rack	~120–170 W	1.800 W (PSU)	Lenovo Product Guide
Lenovo ThinkSystem SR650 V3	2U Rack	~150–210 W	2.600 W (PSU, zweifach)	Lenovo Docs – Specs

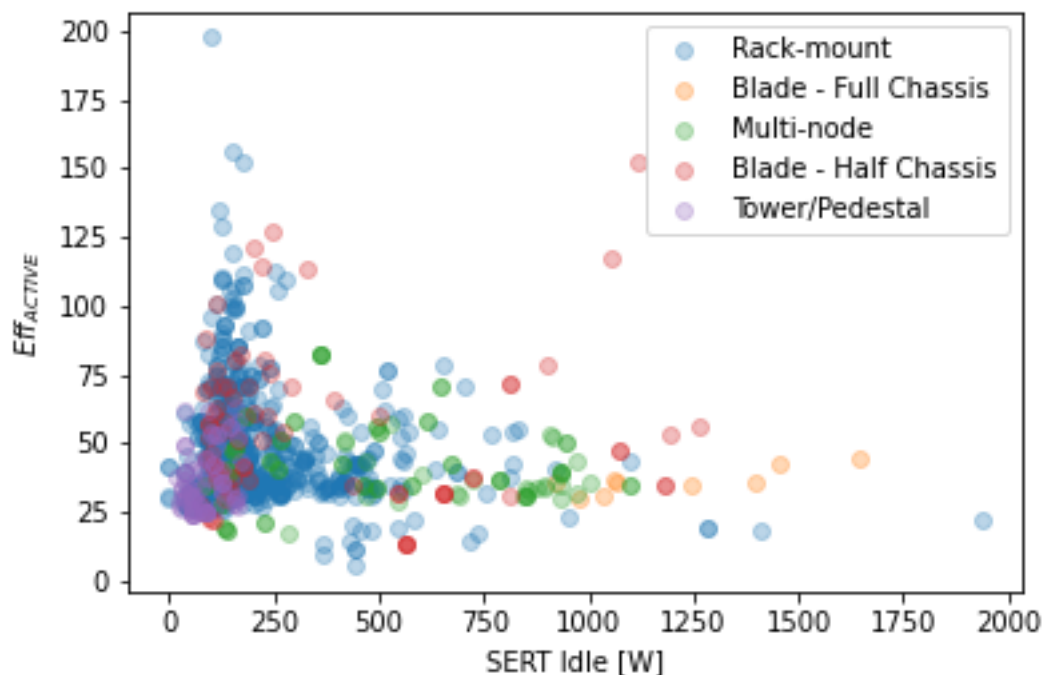
Modell	Formfaktor	Idle-Leistung (ca.)	Max. Nennleistung (PSU)	Quelle / Datenblatt
Supermicro SuperServer 1029U-TN10RT	1U Rack	~100–160 W	1.000 W (PSU, zweifach)	Supermicro Produktseite
Fujitsu PRIMERGY RX2540 M7	2U Rack	~140–200 W	1.600 W (PSU, zweifach)	Fujitsu Datenblatt

Quelle: KI Sonnet 4.6 (Prompt: „Liste mir 10 handelsübliche Servermodelle für Rechenzentren auf in ihrer Basiskonfiguration mit ihrer Idle-Leistung und der maximalen Nennleistung und einem Link zum Datenblatt oder Konfigurator“)

Es ist jedoch deutlich erkennbar, dass die Idle-Leistungen im Bereich 100W-200W, weit ab von den Basiswerten in Tabelle 10 von 25W-40W liegen. Die zusätzlichen Leistungstoleranzen für die weiteren Komponenten machen die grundlegenden Leistungstoleranzen somit unwirksam. Bei der Leistung im Leerlauf gelten im Energy Star nur Informationsanforderungen. Hier ist der Energy Star also im Gegensatz zu den Anforderungen an den Aktivzustand nicht ambitioniert genug.

In der Ökodesign-Verordnung gelten für Server im Leerlaufzustand für bestimmte Konfigurationen erhöhte Grenzwerte (siehe Unterkapitel 4.5.1).

Abbildung 4: Zusammenhang von Eff_{ACTIVE} und der Leistungsaufnahme im Leerlauf



Quelle: Eigene Darstellung nach Energy Star Datenbank Server, Zugriff am 22.05., 2024

Eine eigene Auswertung der Energy Star Datenbank deutet darauf hin, dass die Leistungsaufnahme im Leerlauf nicht mit der Leistungsfähigkeit im Aktivzustand korreliert

(siehe Abbildung 4). Dies könnte bedeuten, dass die Berechnungsformel in der Ökodesign-Verordnung, die durch Aufschläge eine höhere Leistungsaufnahme im Leerlauf für leistungsfähigere Server zulässt, ein Fehlanreiz ist. Server sollten generell eine geringe Leistungsaufnahme im Leerlauf aufweisen, um wenig Energie zu verbrauchen für Zeiträume in der der Server keine Leistung erbringt. Die Berechnungsvorschrift in der Ökodesign-Verordnung mit zusätzlichen Toleranzen für einzelne Komponenten lässt die Basiswerte irrelevant werden.

Tatsächliche Leerlaufleistungen liegen zwischen 100W und 200W statt wie in der Ökodesign-Verordnung gefordert zwischen 25W und 40W. Deshalb verzichten wir im Blauen Engel auf eine Berechnungsvorschrift und setzen stattdessen einen großzügigen oberen Wert von ≤ 250 W für die Leistungsaufnahme im Leerlauf ohne Ausnahme. Dieser Wert für die handelsüblichen Modelle in Tabelle 19 einfach zu erreichen und ist geeignet, in einer zukünftigen Überarbeitung der Vergabekriterien verschärft zu werden.

Neben der absoluten Leistungsaufnahme im Leerlauf ist für einen Server charakteristisch, wie viel Leistung er im Leerlauf im Vergleich zur vollen Auslastung aufnimmt. Wir schlagen als neuen Leistungsparameter im Blauen Engel das Verhältnis aus Leerlaufleistung und Leistung im Aktivzustand (SERT Total Server Power) vor. Beide Werte sind Teilergebnisse des SERT 2.

Die ICF-Studie schlägt stattdessen vor, SSJ(100%) in den Nenner zu schreiben (siehe Unterkapitel 4.6.2.2). Dies hat zwar den Vorteil, dass nur ein Worklet getestet werden muss. Jedoch hat diese Entscheidung zwei Nachteile: SSJ ist nicht repräsentativ für eine durchschnittliche Nutzung. Dafür wurden die elf Worklets des SERT 2 definiert. Zweitens ist die Auslastung bei 100% nicht repräsentativ für eine durchschnittliche Nutzung. Dadurch wird die Leistungsaufnahme unter Last im Vergleich zum Leerlauf künstlich vergrößert, und die Leerlaufverluste sehen viel kleiner aus, als sie im normalen Betrieb zu erwarten wären.

Die ICF-Studie setzt eine Bestehensquote von 75% und leitet daraus die Grenzwerte 0,38 für Rack-Server und 0,16 für Blade-Server ab. Daraus lässt sich jedoch nicht ableiten, wie hoch ein äquivalenter Grenzwert für Idle Power pro SERT Total Power sein sollte, weshalb Antragsteller den Wert für Idle-Active-Ratio zunächst transparent machen soll.

„Die Leistungsaufnahme im Leerlaufzustand (SERT Idle Measurement (Watts)) und unter Last (SERT Total Server Power Score (Watts)) sind so zu messen, wie im Energy Star der jeweils aktuellen Version vorgegeben.

Für die Leistungsaufnahme des Servers der Basiskonfiguration im Leerlauf muss folgende Anforderung erfüllt werden:

- **SERT Idle Measurement ≤ 250 W**

Für das Verhältnis aus Leistungsaufnahme unter Last und Leistungsaufnahme im Leerlauf des Servers der Basiskonfiguration muss zusätzlich der folgende Wert genannt werden:

- **Idle to Active Ratio = SERT Idle State Power / SERT Total Server Power”**
(Umweltbundesamt 2025).“

Die Anforderungen an den Server im Leerlaufzustand sind im Kapitel 3.1.4 der Vergabekriterien für den Blauen Engel Server und Datenspeichergeräte (DE-UZ 213) beschrieben.

5.2.5 Datenspeicherprodukte

Der Energy Star stellt Anforderungen an Datenspeicherprodukte (Unterkapitel 4.4.2), die in den Vergabekriterien des Blauen Engel im Kriterium „3.1.1 Anforderungen des Energy Star“ aufgegriffen werden:

Für **Datenspeicherprodukte** gelten die Anforderungen Program Requirements Data Center Storage [aus dem Energy Star].

Beim Energy Star für Datenspeicherprodukte werden Mindestanforderungen unter anderem in folgenden Bereichen gestellt [siehe Unterkapitel 4.4.2]:

- ▶ Energieeffizienz der Netzteile [wird über die Ökodesign-Verordnung weitgehend abgedeckt]
- ▶ Energieeffizienz im Aktivzustand [siehe Tabelle 8]
- ▶ Energieeffizienz-Features
- ▶ Leistungsdatenmessung und Leistungsanforderungen
- ▶ Berichterstattung“ (Umweltbundesamt 2025)

Im Blauen Engel Kriterium „3.1.5 Datenspeicherprodukte“ werden weitere Anforderungen an die Energieeffizienz der Speichergeräte gestellt:

„Die Energieeffizienz der Datenspeicherprodukte muss nach der Methodik SNIA Emerald Power Efficiency Measurement [siehe Unterkapitel 4.3.2] 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);
 - EP_{RI} for Ready Idle (GB/W).
- ▶ Active Tests
 - Hot Band: EP_{HB} (IO/s/W). (≥ 28 IOPS/W);*
 - Random Read: EP_{RR} (IO/s/W).
 - Random Write: EP_{RW} (IO/s/W).
 - Sequential Read: EP_{SR} (MiB/s/W). ($\geq 2,3$ MiB/s/W);*
 - Sequential Write: EP_{SW} (MiB/s/W). ($\geq 1,5$ MiB/s/W)*

*** für diese Datenpunkte gibt der Energy Star Mindestwerte vor, die Abschnitt 3.1.1 [nachzulesen in Unterkapitel 5.2.1] zufolge, eingehalten werden müssen. [Dabei gilt 1 MiB =**

1,048,576 Byte. Diese Anforderung wurde mit der Version 3.0.3 beim Energy Star eingeführt.]

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

- ▶ Ready Idle Test
 - Average power consumption (W);
 - Raw capacity of product under test (GB);
 - EP_{RI} for Ready Idle (GB/W).
- ▶ Active Tests
 - Video Data Acquisition: EP_{VDA} (MiB/s/W).
 - Database: EP_{DB} (MiB/s/W).
 - Virtual Desktop Integration: EP_{VDI} (MiB/s/W).
 - Software Build: EP_{SWB} (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. Wenn das Produkt selbst nicht im Geltungsbereich des Energy Stars liegt, müssen nur solche Informationen angegeben werden, die mit vertretbarem Aufwand zu ermitteln sind.“ (Umweltbundesamt 2025)

5.2.6 Netzteile (keine zusätzliche Anforderung)

Die seit dem Jahr 2023 geltenden Anforderungen der Ökodesign-Verordnung an den Wirkungsgrad und den Leistungsfaktor von Netzteilen werden als ambitioniert wahrgenommen und übertreffen teilweise das Anforderungsniveau der vorherigen Ausgabe des Blauen Engels und des Energy Stars, weshalb keine zusätzliche Anforderung an Netzteile formuliert wurden. Die Ökodesign-Verordnung stellt an den Leistungsfaktor von Netzteilen allerdings lediglich Anforderungen an eine Laststufe (50% der Nennlast), während der Energy Star bis zu vier Laststufen adressiert (Unterkapitel 4.4.1.2). Da der Energy Star Teil der Anforderungen im Blauen Engel ist (Unterkapitel 5.2.1, besteht für Netzteile die Pflicht, die Laststufen des Leistungsfaktors, die über die Ökodesign-Verordnung für Netzteile hinausgehen (10%, 20%, 100%), entsprechend des Energy Stars nachzuweisen.

5.2.7 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, welche aus dem Energy Star für Server entnommen und teilweise ergänzt wurden (vgl. Unterkapitel 4.4.1.7):

„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).“ (Umweltbundesamt 2025)

Die Anforderungen an die Monitoring-Datenschnittstelle im Leerlaufzustand sind im Kapitel 3.1.6 der Vergabekriterien für den Blauen Engel Server und Datenspeichergeräte (DE-UZ 213) beschrieben.

5.3 Materialanforderungen

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

Andere Umweltzeichen, insbesondere TCO Certified (Unterkapitel 4.4.5) und der Blaue Engel für Computer (Unterkapitel 4.4.6), setzen den Standard im Bereich der Vermeidung von gefährlichen Chemikalien, während das Thema in der Ökodesign-Verordnung nicht adressiert wird, wo es zwar Anforderungen an die Materialeffizienz, aber nicht an die Zusammensetzung und Eigenschaften des Material gibt (Unterkapitel 4.5.1.2).

5.3.1 Primärkunststoffe der Gehäuse, Gehäuseteile und Kabel

Die Anforderungen wurden an den aktuellen Stand des Blauen Engel für Computer angepasst.

„Die Primärkunststoffe der Gehäuse, Gehäuseteile und Kabel (externe und interne) der Server, Netzteile und Datenspeicher mit einer Masse >25g dürfen **keine** Stoffe mit folgenden Eigenschaften als konstitutionelle Bestandteile² enthalten:

- Stoffe, die unter der Chemikalienverordnung REACH (EG/1906/2006)³) (REACH (EG) Nr. 1907/2006) als besonders besorgniserregend identifiziert und in die gemäß REACH Artikel 59 Absatz 1 erstellte Liste (sogenannte „Kandidatenliste“) aufgenommen wurden.^{4, 5}

² Konstitutionelle Bestandteile sind Stoffe, die dem Produkt als solches 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.

³ Die Kandidatenliste in der jeweils aktuellen Fassung findet sich unter folgendem Link: <https://echa.europa.eu/de/candidate-list-table>

⁴ Es gilt die Fassung der Verordnung zum Zeitpunkt der Antragstellung. Der Zeichennehmer ist verpflichtet, aktuelle Entwicklungen dieser zu berücksichtigen. Wird während der Vergabelaufzeit ein Inhaltsstoff mit einer der genannten Gefahrenkategorien eingestuft, reicht der Zeichennehmer eine formlose Mitteilung unter Nennung des Stoffs mit der CAS- oder EC-Nummer und der neuen Gefahrenkategorie ein. Anschließend werden mit dem Zeichennehmer Fristen zur Substitution vereinbart.

⁵ Es gilt die Fassung der Kandidatenliste oder die Einstufung nach CLP-Verordnung zum Zeitpunkt der Antragstellung. Der Zeichennehmer ist verpflichtet, aktuelle Entwicklungen der Kandidatenliste und Einstufungen zu berücksichtigen. Wird während der Vergabelaufzeit ein Inhaltsstoff neu in die Kandidatenliste aufgenommen oder neu mit einer der genannten Gefahrenkategorien eingestuft, reicht der Zeichennehmer eine formlose Mitteilung unter Nennung des Stoffs mit der CAS- oder EC-Nummer und der

- ▶ Stoffe, die gemäß der CLP-Verordnung⁶ in die folgenden Gefahrenkategorien eingestuft sind oder die Kriterien für eine solche Einstufung erfüllen⁴:
 - 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
 - **endokriner Disruptor mit Wirkung auf die menschliche Gesundheit, Kategorie ED HH 1 und 2**
 - **endokriner Disruptor mit Wirkung auf die Umwelt, Kategorien ED ENV 1 und 2**
 - **persistente, bioakkumulierbare und toxische (PBT) oder sehr persistente, sehr bioakkumulierbare (vPvB) Eigenschaften**
 - **persistente, mobile und toxische (PMT) oder sehr persistente, sehr mobile (vPvM) Eigenschaften⁷.**
- ▶ Halogenhaltige Polymere, die Chlor, Brom oder Fluor enthalten.
- ▶ Als Flammenschutzmitteln sind
 - keine halogenorganischen Verbindungen zugelassen und auch
 - Keine Stoffe zugelassen, die nach CLP-Verordnung als krebserzeugend der Kategorie Carc. 2 oder als gewässergefährdend der Kategorie Aquatic Chronic 1 eingestuft sind.

Die Vorgabe gilt auch als erfüllt, wenn keine Stoffe vorhanden sind, die im Bewertungssystem GreenScreen⁸ mit einem Benchmark Score von 1 bewertet wurden.

Die den Gefahrenkategorien entsprechenden Gefahrenhinweise (H-Sätze) sind Tabelle 20 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

neuen Gefahrenkategorie ein. Anschließend wird, unter Rücksprache mit dem Umweltbundesamt, eine Frist zur Substitution festgelegt.

⁶ 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. \(http://echa.europa.eu/de/information-on-chemicals/cl-inventory.jsessionid=DA27CFECE7646B23BCB6C99891C18F7F.live2\)](http://echa.europa.eu/de/information-on-chemicals/cl-inventory.jsessionid=DA27CFECE7646B23BCB6C99891C18F7F.live2)

⁷ ED, PBT, vPvB, PMT, vPvM: Neue Gefahrenkategorien unter CLP-VO, rechtlich verbindlich für Stoffe spätestens ab 01. Mai 2025, für bereits in Verkehr befindliche Stoffe spätestens ab 01. Mai 2026.

⁸ <https://registry.greenscreenchemicals.org/>

0,5 Gew.-% nicht überschreiten. Wenn solche Stoffe enthalten sind, sind sie anzugeben (chemische Bezeichnungen und CAS-Nummern);

- Kunststoffteile, mit einer Masse kleiner oder gleich 25 g.“ (Umweltbundesamt 2025)

Die Anforderungen an die Primärkunststoffe der Gehäuse und Gehäuseteile sind im Kapitel 3.2.1 der Vergabekriterien für den Blauen Engel Server und Datenspeichergeräte (DE-UZ 213) beschrieben.

5.3.2 Recyclingkunststoffe der Gehäuse und Gehäuseteile

Die folgenden drei Anforderungen entsprechen etwa dem Niveau von EPEAT (siehe Unterkapitel 4.4.4) und TCO Certified (siehe Unterkapitel 4.4.5). Die Formulierung wurde an die des Blauen Engel für Computer angeglichen.

Die Anforderungen an die Recyclingkunststoffe der Gehäuse und Gehäuseteile sind in den Kapiteln 3.2.2.1 – 3.2.2.2 der Vergabekriterien für den Blauen Engel Server und Datenspeichergeräte (DE-UZ 213) beschrieben.

5.3.2.1 Herkunft der Recyclingkunststoffe

„Falls Post-Consumer-Recyclingmaterialien (PCR-Materialien) in Gehäusen oder Gehäusekomponenten mit einer Masse >25g eingesetzt werden, müssen diese aus

- **zertifizierten Quellen stammen und die Zertifikate müssen die Herkunft des Recyclingkunststoffes eindeutig belegen.**
- **dem werkstofflichen Recycling (z.B. aus dem chemischen Recycling von Kunststoffen) stammen.“** (Umweltbundesamt 2025)

5.3.2.2 Ausschluss bestimmter PCR-Zusatzstoffe

„PCR-Materialien dürfen grundsätzlich keine Stoffe zugefügt werden, die unter Absatz 5.3.1 ausgeschlossen werden.“ (Umweltbundesamt 2025)

5.3.2.3 Deklaration zum SVHC-Gehalt des Erzeugnisses

„Falls SVHC (Substances of very high concern) ⁹ der Kandidatenliste im Produkt enthalten sind, die der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA) gegenüber berichtspflichtig sind, ist der produktspezifische Link zur Angabe, die für das spezifische Produkt vom Hersteller in der SCIP-Datenbank getätigt wurde, anzugeben.“ (Umweltbundesamt 2025)

5.4 Langlebigkeit

Eine lange Nutzung des Produktes trägt zu geringer Umweltwirkung in der Gesamtbilanz des Produktes bei. Um eine lange Nutzung zu ermöglichen, stellt der Blaue Engel in den folgenden Abschnitten Anforderung an die Reparaturfähigkeit, Softwareupdates und sicheres Datenlöschen für die Wiederverwendbarkeit.

⁹ Unternehmen, die den EU-Markt mit Erzeugnissen beliefern, die besonders besorgniserregende Stoffe (Substance of Very High Concern, SVHC) in einer Konzentration von über 0,1 % Massenanteil enthalten, sind ab dem 5. Januar 2021 verpflichtet, Informationen zu den betreffenden Erzeugnissen in die SCIP-Datenbank ([SCIP - ECHA \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/scip/)) einzutragen.

5.4.1 Zurücksetzbarkeit für die Wiederverwendung

Die Ökodesign-Verordnung schreibt bereits vor, „eine Funktion zur sicheren Datenlöschung bereitzustellen“ (Ökodesign Server (EU) 2019/424). Es bleibt jedoch offen, wie lange diese verfügbar sein muss und wie sie zum Nutzer gelangt. Für die Verfügbarkeit der neuesten Firmware und ihre Sicherheitsupdates nennt die Verordnung acht Jahre, weshalb dieser Zeitraum für die erste Lebensdauer als angemessen angesehen wird.

„Server und Datenspeicherprodukte müssen eine Funktion bereithalten, die es ermöglicht, die Geräte für die Wiederverwendung zurückzusetzen. Hierzu müssen alle Daten auf den Geräten sicher löschar sein und die Systemeinstellungen (z.B. Default-Einstellungen) so zurücksetzbar sein, dass keine Daten des vorherigen Nutzers erkenntlich sind. Diese Funktion kann auch durch eine externe Software oder Dienstleistung bereitgestellt werden, die durch den Hersteller ab der Markteinführung bis mindestens **8 Jahre (statt 5 Jahre)** nach Produktionseinstellung kostenlos zur Verfügung gestellt wird.

Anmerkung:

Sicheres Löschen geht über das Löschen der Index-Tabelle hinaus, indem es beschriebene Bereiche des Speichermediums mit zufälligen Daten überschreibt oder für verschlüsselte Speichermedien den Schlüssel sicher entfernt und das Speichervolumen zum Überschreiben freigibt. Da die Firmware des Speichermediums den Zugriff auf defekte und geschützte Speicherbereiche für Anwendungssoftware in der Regel unterbindet, muss die Software zum sicheren Löschen auf dem Level der Firmware angesiedelt sein.“ (Umweltbundesamt 2025)

Die Anforderungen an das sichere Löschen sind im Kapiteln 3.3.1 der Vergabekriterien für den Blauen Engel Server und Datenspeichergeräte (DE-UZ 213) beschrieben.

5.4.2 Software-Updates

Diese Anforderungen an die Software-Updates sind dem Blauen Engel für Computer entnommen. Die Frist für die Bereitstellung des Software-Updates wird auf 8 Jahre gesetzt, um Konsistenz zur Frist in der Anforderung „Zurücksetzbarkeit für die Wiederverwendung“ herzustellen.

„Folgende Anforderungen an Software-Updates gelten ab dem Inverkehrbringen eines Produktes bis mindestens 8 Jahre nach Produktionseinstellung des Produktes:

- ▶ **Funktions- und Sicherheitsaktualisierungen müssen einfach und ohne großen zeitlichen Aufwand möglich sein.**
- ▶ **Für vorinstallierte Firmware (z.B. BIOS, SSD-Firmware) muss die letzte verfügbare Sicherheitsaktualisierung während des gesamten Zeitraums kostenlos zur Verfügung gestellt werden.**
- ▶ **Sofern ein Betriebssystem vorinstalliert ist, muss für dieses entweder die letzte verfügbare Sicherheitsaktualisierung während des gesamten Zeitraums kostenlos zur Verfügung gestellt werden oder es muss möglich sein, dieses Betriebssystem durch ein aktuelleres Betriebssystem zu ersetzen.“** (Umweltbundesamt 2025)

Die Anforderungen an Software-Updates sind im Kapiteln 3.3.2 der Vergabekriterien für den Blauen Engel Server und Datenspeichergeräte (DE-UZ 213) beschrieben.

5.5 Reparierbarkeit

5.5.1 Ersatzteilverfügbarkeit

Diese Anforderung enthält sowohl die Frist aus der vorherigen Version des Blauen Engels für Server von 5 Jahren ab Produktionseinstellung als auch die Frist aus dem aktuellen Blauen Engel für Computer von 10 Jahren ab Inverkehrbringen. Diese zweite Frist schafft schon in der Konzeptionsphase eines Produktes Klarheit für Hersteller und ihre Lieferketten unabhängig davon, wie lange das Produkt am Markt sein wird. Bei 5 Jahren Marktbestehen sind beide Fristen gleich lang, ansonsten gilt die längere. Die neu ergänzte Ersatzteilliste wurden basierend auf der Ecodesign Review Studie (siehe Unterkapitel 4.6.2.4.2) spezifiziert und um externe Anschlüsse und Festplatten (beide aus dem Blauen Engel Computer) ergänzt.

„Der Antragsteller verpflichtet sich, dafür zu sorgen, dass für die Reparatur der Geräte die Ersatzteilversorgung für mindestens 5 Jahre ab **Produktionseinstellung und mindestens 10 Jahre ab Zeitpunkt des Inverkehrbringens** 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.

Dies gilt für folgende Komponenten.

- ▶ Lüfter
- ▶ Festplatten (SSD und HDD)
- ▶ Netzteile
- ▶ Externe Anschlüsse
- ▶ Gehäuseteile
- ▶ Akkus
- ▶ CPU
- ▶ Arbeitsspeicher (RAM)
- ▶ Motherboard
- ▶ Graphikkarte
- ▶ RAID-Controller (redundant array of independent disks)
- ▶ Netzwerkkarten“ (Umweltbundesamt 2025)

Die Anforderungen an die Ersatzteilverfügbarkeit sind im Kapiteln 3.4.1 der Vergabekriterien für den Blauen Engel Server und Datenspeichergeräte (DE-UZ 213) beschrieben.

5.5.2 Austauschbarkeit von Ersatzteilen

Diese Anforderung entspricht der Anforderung an die Zerlegung aus dem Blauen Engel für Computer und wurde in dieser Version des Blauen Engel für Server und Datenspeicherprodukte neu ergänzt.

„Das Produkt muss folgende Anforderungen erfüllen:

- ▶ **Die Geräte müssen so konstruiert sein, dass eine Reparatur der in Unterkapitel 5.5.1 genannten Ersatzteile ohne Werkzeuge, mit einem Produkt oder Ersatzteil gelieferten Werkzeug oder mit grundlegenden Werkzeugen (Klasse A gemäß EN 45554 §A.4.4) unter einem angemessenen Aufwand durchgeführt werden kann, so dass nach dem Austausch dieselbe Funktionalität wie vorher erreicht wird.**
- ▶ **Befestigungselemente, die zum Austausch der Ersatzteile gelöst werden müssen, müssen abnehmbar sein. Zudem müssen sie wiederverwendbar sein oder mit dem Ersatzteil mitgeliefert werden.“** (Umweltbundesamt 2025)

Die Anforderungen an Austauschbarkeit von Ersatzteilen sind im Kapiteln 3.4.2 der Vergabekriterien für den Blauen Engel Server und Datenspeichergeräte (DE-UZ 213) beschrieben.

5.5.3 Lieferfristen für Ersatzteile

Diese Anforderung gleicht derjenigen aus dem Blauen Engel für Computer und der Ökodesign-Anforderung an Smartphones (Ökodesign Smartphones (EU) 2023/1670). Da Server und Datenspeicherprodukte meist im professionellen Kontext betrieben werden, ist davon auszugehen, dass das Anforderungsniveau der Consumer-Produkte Computer und Smartphones angelegt an Server und Datenspeicherprodukte eher niedrig ist. TCO und EPEAT stellen hingegen keine Anforderungen an Lieferfristen.

„Der Antragsteller stellt sicher, dass die in Unterkapitel 5.5.1 genannten Ersatzteile während der

- ▶ **ersten fünf Jahre innerhalb von fünf Arbeitstagen nach Eingang des Auftrags von den Herstellern ausgeliefert werden bzw.**
- ▶ **während der verbleibenden drei Jahre innerhalb von zehn Arbeitstagen**

nach Eingang des Auftrags von den Herstellern ausgeliefert werden.“ (Umweltbundesamt 2025)

Die Anforderungen an die Lieferfrist für Ersatzteile sind im Kapiteln 3.4.3 der Vergabekriterien für den Blauen Engel Server und Datenspeichergeräte (DE-UZ 213) beschrieben.

5.5.4 Parts Pairing

Parts Pairing ist eine softwarebasierte Einschränkung der Nutzung von alternativen Ersatzteilen. Dadurch sichert der Hersteller die Qualität seines Produktes ab und erhält nebenbei ein Monopol auf Ersatzteile seiner Produkte. Parts Pairing kann die Reparatur verhindern oder behindern. Die Ökodesign Review Studie schlägt vor, dass Hersteller professionellen Reparaturbetrieben alle nötigen Hilfsmittel zur Verfügung stellen müssen, um gepaarte Teile auszutauschen. Dieser Ansatz wird auch vom Blauen Engel für Computer verfolgt, greift aber im professionellen Kontext bei Servern zu kurz. Server und Datenspeicherprodukte werden entweder mit einem Service-Vertrag des Herstellers oder Dienstleisters ausgestattet oder in-house repariert. Die IT-Betreiber sollen nicht nur in der Lage sein, zum professionellen

Reparaturdienstleister ihrer Wahl zu gehen, sondern günstige Ersatzteile auch von Drittanbietern zu verwenden und selbst auszutauschen.

„Das Produkt darf keine softwarebasierten Hürden für die Nutzung von physisch und technisch kompatiblen Ersatzteilen anderer Hersteller enthalten.

Der Antragsteller verpflichtet sich, interessierte Hersteller von Ersatzteilen zu befähigen, geeignete Schnittstellen herstellen zu können. Dazu zählt eine faire Preisgestaltung für den Zugang zu notwendigen Informationen. Bestenfalls sind Schnittstellendokumentationen öffentlich zugänglich.

Ausgenommen sind Akkus, Motherboard und Netzteile wegen Brandgefahr.

Es ist angemessen, die Haftung des Herstellers bei Gebrauch von Ersatzteilen Dritter einzuschränken. Der Anwender muss in diesem Fall explizit darüber informiert werden.“ (Umweltbundesamt 2025)

Die Anforderungen an Parts Pairing sind im Kapiteln 3.4.4 der Vergabekriterien für den Blauen Engel Server und Datenspeichergeräte (DE-UZ 213) beschrieben.

5.6 Soziale Anforderungen an Produktion und Lieferkette

In Anlehnung an EPEAT und TCO-Certified wurden Kriterien zu sozialen Anforderungen in der Lieferkette ergänzt. In Abstimmung mit dem Umweltbundesamt wurden für die sozialen Anforderungen in der Lieferkette Formulierungen gewählt, die über mehrere Produktgruppen im Blauen Engel hinweg einheitlich sind.

Die sozialen Anforderungen sind im Kapiteln 3.5 der Vergabekriterien für den Blauen Engel Server und Datenspeichergeräte (DE-UZ 213) beschrieben.

5.6.1 Sorgfaltspflichten von Unternehmen bei der Rohstoffgewinnung

„Der Hersteller muss für die in den Geräten enthaltenen mineralischen Rohstoffe unternehmerische, menschenrechtliche Sorgfaltspflichten wahrnehmen, indem er den "OECD-Leitfaden für die Erfüllung der Sorgfaltspflicht zur Förderung verantwortungsvoller Lieferketten für Minerale aus Konflikt- und Hochrisikogebieten" (jeweils aktuelle Ausgabe) anwendet¹⁰.“ (Umweltbundesamt 2025)

5.6.2 Unterstützung von vor-Ort Initiativen zum verantwortungsvollen Bergbau

Der Antragsteller bestätigt, „dass der Hersteller der Geräte (oder auch der Mutterkonzern) mindestens eine der folgenden Initiativen¹¹ zum verantwortungsvollen Bergbau unterstützt:

► ITSCI Programme for Responsible Mineral Supply Chains¹²

¹⁰ OECD (2016): OECD-Leitfaden für die Erfüllung der Sorgfaltspflicht zur Förderung verantwortungsvoller Lieferketten für Minerale aus Konflikt- und Hochrisikogebiete, https://www.oecd-ilibrary.org/governance/oecd-leitfaden-fur-die-erfullung-der-sorgfaltspflicht-zur-forderung-verantwortungsvoller-lieferketten-fur-minerale-aus-konflikt-und-hochrisikogebieten_3d21faa0-de, Stand: 2024.

¹¹ Ggf. können nach Prüfung des Umweltbundesamtes weitere Initiativen aufgenommen werden. Dazu sind dem Umweltbundesamt Informationen über die Art der Initiative (Organisationsstruktur, Ziel, Land, materieller Umfang, Art der Unterstützung) vorzulegen, die beschreiben, wie das Projekt zu einer Verbesserung der Menschenrechte sowie der relevanten sozialen und ökologischen Bedingungen in und um die Bergbaustätte(n) führt).

¹² <https://www.itsci.org/>

- ▶ **Fair Trade Gold¹³**
- ▶ **Fairmined Gold¹⁴**
- ▶ **Responsible Minerals Initiative¹⁵**
- ▶ **The European Partnership for Responsible Minerals (EPRM)¹⁶**
- ▶ **JATAM Project Indonesia (Mining Advocacy Network)¹⁷** (Umweltbundesamt 2025)

5.6.3 Soziale Nachhaltigkeit in der Fertigung

„Der Antragsteller sorgt bei der Herstellung der Geräte für die Einhaltung der folgenden grundlegenden Arbeitsbedingungen:

- ▶ **Vereinigungsfreiheit und Kollektivverhandlungen (ILO C087 und C098),**
- ▶ **Nicht-Diskriminierung (ILO C100 und C111),**
- ▶ **Verbot von Zwangsarbeit (ILO C29 und C105),**
- ▶ **Verbot der schlimmsten Formen von Kinderarbeit und Mindestalter (ILO C182 und C138)**
- ▶ **Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz (ILO C155)**
- ▶ **Sicherheit bei der Verwendung chemischer Stoffe (ILO C170)**
- ▶ **Zahlung des gesetzlichen Mindestlohns (bei Standardarbeitswoche) (ILO C131)**
- ▶ **Arbeitszeiten (ILO C001)**
- ▶ **Soziale Absicherung (ILO C102).**

Die Verpflichtung zur Einhaltung der Anforderungen erstreckt sich auf die Stufen 1 und 2 der Lieferkette. Dabei sind die einzelnen Stufen der Lieferkette nach (BMI/Bitkom 2019)¹⁸ definiert:

- ▶ **Stufe 1: die Endproduktionsstätte und für den Fall, dass in der Endproduktionsstätte lediglich eine Produktveredlung stattfindet, auch auf deren direkte Zulieferbetriebe;**
- ▶ **Stufe 2: alle direkten Zulieferbetriebe der Produktionsstätten der Stufe 1;**

Der Wesensgehalt der von diesen Anforderungen umfassten Arbeits- und Sozialstandards ist auch dann einzuhalten, wenn nationales Recht eines Landes gilt, in dem eine oder

13 <https://www.fairtrade-deutschland.de/produkte/gold>

14 https://www.fairever.gold/de/shop/category/fairmined-gold-56?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwzN-vBhAkEiwAYiO7oFFedvF5avdEBPqz7MkzaqCrPEculTEir7V3hRIbHE1hBnFMh7RR6hoCPG0QAvD_BwE

15 <https://www.responsiblemineralsinitiative.org/>

16 <https://europeanpartnership-responsibleminerals.eu/>

17 <https://www.jatam.org/en/>

18 BMI/Bitkom (2019), Beschaffungsamt des Bundesministeriums des Innern & Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien, Gemeinsame Erklärung zur sozialen Nachhaltigkeit im IT Einkauf der öffentlichen Hand, https://www.nachhaltige-beschaffung.info/DE/Themen/2_2_2_VE_2019/2_2_2_VE_2019_node.html, Stand: 2024

mehrere ILO-Normen nicht ratifiziert sind oder nicht in nationales Recht umgesetzt worden sind.“ (Umweltbundesamt 2025)

5.7 Produktdokumentation

Die Ökodesign-Verordnung stellt zwar bereits Anforderungen an die Informationspflichten, jedoch werden diese meist nicht auf Verkaufsplattformen und Produktwebseiten erfüllt, sondern auf separaten, nicht verlinkten Unterseiten der Nachhaltigkeitsberichterstattung, z.B. (HPE 2026). Deshalb ist es am Point-of-sale nicht ersichtlich, welche Energieeffizienz das Produkt erreicht und welchen Energiebedarf für den Leerlauf besteht. Daraus folgt, dass im Blauen Engel die Leistungs- und Effizienzkennwerte mindestens der Basiskonfiguration auf der Produktwebseite gut sichtbar verlinkt oder direkt angezeigt werden müssen.

„Das Produkt muss über eine öffentliche Produktwebseite verfügen. Auf der Produktwebseite müssen

- ▶ alle Informationen gemäß den Informationspflichten der Ökodesign-Verordnung für Server und Datenspeicherprodukte (Ökodesign Server (EU) 2019/424) und
- ▶ **folgende Informationen deutlich sichtbar dargestellt oder verlinkt werden:**
 - **der Wert der Energieeffizienz im Aktivzustand (Eff_{ACTIVE}) und die gewählten Konfigurationsmerkmale des Servers [siehe 5.2.3]**
 - **nennt den Wert der Leistungsaufnahme im Leerlauf, unter Last und des Verhältnisses beider (Idle to Active Ratio) [siehe 5.2.6]**
 - **Die Energieeffizienz der Datenspeicherprodukte nach der Methodik SNIA Emerald™ Power Efficiency Measurement [siehe 4.3.2]**
 - **der produktspezifische Link zur Angabe, die für das spezifische Produkt vom Hersteller in der SCIP-Datenbank getätigt wurde [siehe 5.3.2.3]**
 - **der geprüfte Bericht zum "OECD-Leitfaden für die Erfüllung der Sorgfaltspflicht zur Förderung verantwortungsvoller Lieferketten für Minerale aus Konflikt- und Hochrisikogebieten (jeweils aktuellste Ausgabe)" [siehe 5.6.1]" (Umweltbundesamt 2025)**

6 Ausblick

Im nächsten Revisionsprozess sollten folgende Aspekte geprüft werden:

- ▶ Die Ökodesign-Verordnung für Server und Datenspeicherprodukte (EU) 2019/424 wird derzeit überarbeitet. Innerhalb dieses Reviews wird auch erwogen, ein Energielabel zu erstellen und in der EU-Energieverbrauchskennzeichnung zu verankern. Möglicherweise werden zukünftige horizontale Anforderungen aus der Ecodesign for Sustainable Products Regulation für Server und Datenspeicherprodukte gelten, z.B. Reparatur-Index. Die Ergebnisse dieser Gesetzgebungsprozesse sollten berücksichtigt werden.
- ▶ Die Leistungsfähigkeit von GPUs wird landläufig in Giga-Floating point operations per second (Giga-FLOPS) gemessen. Für ihre Energieeffizienz haben sich jedoch noch kein einheitliches Messverfahren und Standardlast etabliert. Zukünftige Überarbeitungen sollten Kennzahlen der Energieeffizienz von GPUs untersuchen und den aktuellen Entwicklungsstand des SPEC SERT 3 verfolgen.
- ▶ Derzeit ist SPEC SERT 2 das Verfahren, um die Energieeffizienz von Servern vergleichbar zu messen. Die Sert Suite ist jedoch eine proprietäre Software und SPEC ist in Kalifornien ansässig, unterliegt also US-amerikanischem Recht. Um die geopolitische Abhängigkeit zu mildern, sollte geprüft werden, welche nicht-proprietärer Messverfahren der Energieeffizienz angemessen und vergleichbar sind.
- ▶ Mit einer besseren Datengrundlage können die Anforderungen an die Energieeffizienz im Leerlauf und an die sozialverträgliche Fertigung nachgeschärft werden. Einerseits machen die Transparenzanforderungen sichtbar, welches Anforderungsniveau zukünftig ausgezeichnete Produkte erreichen können, andererseits bedarf es weiterer Forschung und einer systematischen Datenerhebung.
- ▶ Für eine künftige Überarbeitung wurde angeregt, die Qualitätsgüte der Festplatten zu untersuchen. Es besteht der Verdacht, dass diese die Energieeffizienz beeinflusst.

A Anhang

A.1 Zuordnung von Gefahrenkategorien und H-Sätzen

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

Tabelle 20: 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: Umweltbundesamt 2020

7 Quellenverzeichnis

- Alexander (2026): Kaltgang- und Warmgangeinhausung im Rechenzentrum | Leitfaden. FS Deutschland (Hg.), 28.08.2026. Online verfügbar unter <https://www.fs.com/de/blog/data-center-hot-and-cold-aisle-airflow-management-and-deployment-guide-b58605.html>, zuletzt geprüft am 10.09.2026.
- ASHRAE (Hg.) (2016): Data Center Power Equipment Thermal Guidelines and Best Practices, Whitepaper created by ASHRAE Technical Committee (TC) 9.9 Mission Critical Facilities, Data Centers, Technology Spaces, and Electronic Equipment, 2016. Online verfügbar unter https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/bookstore/ashrae_tc0909_power_white_paper_22_june_2016_revised.pdf.
- ASHRAE (Hg.) (2026): Energy and Thermal Efficiency | AI Data Center Energy Performance Framework, 10.09.2026. Online verfügbar unter <https://www.ashrae.org/technical-resources/ai-data-center-framework/energy-and-thermal-efficiency>, zuletzt geprüft am 10.09.2026.
- Boavizta (2026): Datavizta. Online verfügbar unter <https://dataviz.boavizta.org/serversimpact>, zuletzt aktualisiert am 29.01.2026, zuletzt geprüft am 30.06.2026.
- Borderstep (2023): Rechenzentren: Borderstep erstellt Studie für Bitkom, 25.05.2023. Online verfügbar unter <https://www.borderstep.de/2023/05/25/rechenzentren-borderstep-erstellt-studie-fuer-bitkom/>, zuletzt geprüft am 16.03.2026.
- CLEAResult Plug Load Solutions (2024): 80plus Program Details. Online verfügbar unter <https://www.clearesult.com/80plus/program-details>, zuletzt aktualisiert am 19.08.2024.
- EED (EU) 2023/1791 (2026): Europäisches Parlament und Rat. Directive (EU) 2023/1791 of the European Parliament and of the Council of 13 September 2023 on energy efficiency and amending Regulation (EU) 2023/955 (recast), EED (EU) 2023/1791. Online verfügbar unter <http://data.europa.eu/eli/dir/2023/1791/2026-08-05>, zuletzt geprüft am 10.09.2026.
- EnEfG (2023): Bundestag. Gesetz zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Änderung des Energiedienstleistungsgesetzes Vom 13. November 2023, EnEfG. Fundstelle: Bundesgesetzblatt 2023 I Nr.309. Online verfügbar unter <https://www.recht.bund.de/bgbl/1/2023/309/VO>, zuletzt geprüft am 20.02.2026.
- Energy Star (2018): Computer Servers Specification Version 3.0. United States Environmental Protection Agency (Hg.). Online verfügbar unter https://www.energystar.gov/products/spec/enterprise_servers_specification_version_3_0_pd, zuletzt geprüft am 28.05.2024.
- Energy Star (2022): Data Center Storage Requirements Version 2.1. United States Environmental Protection Agency (Hg.). Online verfügbar unter https://www.energystar.gov/sites/default/files/ENERGY%20STAR%20Data%20Center%20Storage%20Version%202.1%20Final%20Specification_0.pdf, zuletzt geprüft am 19.08.2024.
- Energy Star (2024): Computer Servers Specification Version 4.0. United States Environmental Protection Agency (Hg.). Online verfügbar unter <https://www.energystar.gov/sites/default/files/asset/document/ENERGY%20STAR%20Version%204.0%20Computer%20Servers%20Final%20Specification.pdf>, zuletzt aktualisiert am 28.05.2024, zuletzt geprüft am 28.05.2024.
- EPEAT Registry (2019): EPEAT Servers Category Criteria, NSF/ANSI 426 - 2019. EPEAT Registry (Hg.). Online verfügbar unter <https://globalelectronicscouncil.org/wp-content/uploads/NSF-426-2019.pdf>, zuletzt aktualisiert am 28.05.2024, zuletzt geprüft am 28.05.2024.

- EPEAT Registry (2024): Servers Searching | EPEAT Registry. Online verfügbar unter <https://www.epeat.net/servers-search-result/page-1/size-25?epeatRatingId=2>, zuletzt aktualisiert am 20.08.2024, zuletzt geprüft am 20.08.2024.
- Gröger, J. (2026): Susfecit Server Embedded Emissions. Online verfügbar unter <https://www.digitalcarbonfootprint.eu/server-calc.html>, zuletzt aktualisiert am 22.07.2026, zuletzt geprüft am 14.09.2026.
- Gröger, J.; Liu, R.; Behrens, F.; Stobbe, L. (2021): Umweltzeichen Blauer Engel für Server und Datenspeicherprodukte, Hintergrundbericht zur Erarbeitung der Vergabekriterien DE-UZ 213, Ausgabe Januar 2020, Umweltbundesamt (Hg.). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltzeichen-blauer-engel-fuer-server>, zuletzt aktualisiert am 16.05.2024, zuletzt geprüft am 16.05.2024.
- Hintemann, R. (2021): Rechenzentren 2020, Cloud Computing profitiert von der Krise. Energiebedarf der Rechenzentren steigt trotz Corona weiter an. Borderstep Institut (Hg.). Berlin, 2021. Online verfügbar unter https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2021/03/Borderstep_Rechenzentren2020_20210301_final.pdf.
- Hintemann, R.; Hinterholzer, S. (2025): Rechenzentren in Deutschland, Aktuelle Marktentwicklungen (Update 2025). Bitkom e.V. (Hg.), 2025. Online verfügbar unter <https://www.bitkom.org/sites/main/files/2025-11/bitkom-studie-rechenzentren-in-deutschland-2025.pdf>, zuletzt geprüft am 16.02.2026.
- ICF International Inc. (2024): Ecodesign review study website, Servers and data storage products. Online verfügbar unter <https://eco-servers-review.eu/documents/index.html>, zuletzt geprüft am 12.08.2024.
- IDC (2024): IDC - Servers Market Insights. Online verfügbar unter <https://www.idc.com/promo/servers>, zuletzt aktualisiert am 19.07.2024, zuletzt geprüft am 19.07.2024.
- Kistowski, J. von; Lange, K.-D.; Arnold, J. A.; Block, H.; Greg, D.; Beckett, J.; Tricker, M. (2021): The SERT® 2 Metric and the Impact of Server Configuration. Standard Performance Evaluation Corporation (Hg.), 2021. Online verfügbar unter <https://www.spec.org/sert2/SERT-metric.pdf>.
- Knobloch, A. (2023): Server-Marktstudie: Weniger Verkäufe, höhere Umsätze. Online verfügbar unter <https://www.heise.de/news/Server-Marktstudie-Weniger-Verkaeufe-hoehere-Umsaetze-9541649.html>, zuletzt aktualisiert am 27.11.2023, zuletzt geprüft am 10.09.2026.
- Lejeune, A.; Bertoldi, P. (2024): Code of conduct on energy consumption of broadband equipment (Version 9.0) (EUR, JRC136991). Europäische Kommission. Luxembourg, 2024. Online verfügbar unter <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/7c6ae041-e5be-11ee-8b2b-01aa75ed71a1>.
- Mills, S. (2016): Open Rack Standard V2.0. Open Compute Project (Hg.), 2016. Online verfügbar unter <https://www.opencompute.org/documents/openrack-standard-v20-overview>, zuletzt geprüft am 20.02.2026.
- Mordor Intelligence (2024a): Analyse der Marktgröße und des Marktanteils von Enterprise-Servern - Branchenforschungsbericht - Wachstumstrends. Online verfügbar unter <https://www.mordorintelligence.com/de/industry-reports/enterprise-servers-market>, zuletzt aktualisiert am 19.07.2024, zuletzt geprüft am 19.07.2024.
- Mordor Intelligence (2024b): Marktgröße und Marktanteil von Rechenzentrumsspeichern in Deutschland – Branchenforschungsbericht – Wachstumstrends. Online verfügbar unter <https://www.mordorintelligence.com/de/industry-reports/germany-data-center-storage-market>, zuletzt aktualisiert am 19.07.2024, zuletzt geprüft am 19.07.2024.
- Ökodesign Server (EU) 2019/424: Europäische Kommission. Verordnung (EU) 2019/424 der Kommission vom 15. März 2019 zur Festlegung von Ökodesign-Anforderungen an Server und Datenspeicherprodukte gemäß der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Änderung der

- Verordnung (EU) Nr. 617/2013 der Kommission, Ökodesign Server (EU) 2019/424, Fassung vom 05.01.2021. Online verfügbar unter <http://data.europa.eu/eli/reg/2019/424/2021-05-01>, zuletzt geprüft am 21.05.2024.
- Ökodesign Smartphones (EU) 2023/1670: Europäische Kommission. Verordnung (EU) 2023/1670 der Kommission vom 16. Juni 2023 zur Festlegung von Ökodesign-Anforderungen an Smartphones, Mobiltelefone, die keine Smartphones sind, schnurlose Telefone und Slate-Tablets gemäß der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Änderung der Verordnung (EU) 2023/826 der Kommission, Ökodesign Smartphones (EU) 2023/1670, Fassung vom 20.06.2025. Online verfügbar unter <http://data.europa.eu/eli/reg/2023/1670/2025-06-20>, zuletzt geprüft am 31.10.2024.
- Olsson, C. F. (04.11.2025): Five AI Data Centers Will Hit 1 GW in 2026, Independent Analysis Shows. In: *EIN Presswire*, 04.11.2025. Online verfügbar unter <https://www.einpresswire.com/article/864214321/five-ai-data-centers-will-hit-1-gw-in-2026-independent-analysis-shows>, zuletzt geprüft am 20.02.2026.
- Open Compute Project (2026): Open Compute Project, Products. Online verfügbar unter <https://www.opencompute.org/products>, zuletzt aktualisiert am 20.02.2026, zuletzt geprüft am 20.02.2026.
- REACH (EG) Nr. 1907/2006: Europäisches Parlament und Rat. Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe, REACH (EG) Nr. 1907/2006, Fassung vom 22.06.2026. Online verfügbar unter <http://data.europa.eu/eli/reg/2006/1907/2026-06-22>.
- Schneider, J.; Smalley, I. (2025): Was ist der Unterschied zwischen KI-Beschleunigern und GPUs? | IBM. Online verfügbar unter <https://www.ibm.com/de-de/think/topics/ai-accelerator-vs-gpu>, zuletzt aktualisiert am 10.09.2026, zuletzt geprüft am 10.09.2026.
- Schödtell, B.; Zarnekow, R.; Liu, R.; Gröger, J.; Wilkens, M. (2018): Kennzahlen und Indikatoren für die Beurteilung der Ressourceneffizienz von Rechenzentren und Prüfung der praktischen Anwendbarkeit. Umweltbundesamt (Hg.), 2018. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-02-23_texte_19-2018_ressourceneffizienz-rechenzentren.pdf.
- SNIA - Storage Networking Industry Association (Hg.) (2025): SNIA Emerald Power Efficiency Measurement Specification for Data Center Storage Devices V1.0, 16.09.2025. Online verfügbar unter <https://www.snia.org/sites/default/files/emerald/download/SNIAEmeraldPower.pdf>, zuletzt geprüft am 20.02.2025.
- SNIA - Storage Networking Industry Association (Hg.): SNIA Emerald Power Efficiency Measurement Specification. Online verfügbar unter https://www.snia.org/tech_activities/standards/curr_standards/emerald, zuletzt geprüft am 13.08.2024.
- SPEC® - Standard Performance Evaluation Corporation (2022): The SERT Suite Design Document 2.0.x. Online verfügbar unter <https://www.spec.org/sert2/SERT-designdocument.pdf>, zuletzt geprüft am 27.08.2025.
- SPEC® - Standard Performance Evaluation Corporation: Server Efficiency Rating Tool (SERT). Online verfügbar unter <http://www.spec.org/sert2/>, zuletzt geprüft am 22.05.2019.
- Statista (2024a): Datenspeicher - Deutschland | Statista Marktprognose. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/outlook/cmo/consumer-electronics/computer-zubehoer/datenspeicher/deutschland>, zuletzt aktualisiert am 19.07.2024, zuletzt geprüft am 19.07.2024.
- Statista (2024b): Datenspeicher - Weltweit | Statista Marktprognose. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/outlook/cmo/consumer-electronics/computer-zubehoer/datenspeicher/weltweit>, zuletzt aktualisiert am 14.08.2024, zuletzt geprüft am 14.08.2024.

- Statista (2024c): Nvidia - Umsatz weltweit bis 2024 | Statista. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/482073/umfrage/umsatz-von-nvidia-weltweit/>, zuletzt aktualisiert am 19.07.2024, zuletzt geprüft am 19.07.2024.
- Statista (2024d): Server - Deutschland | Statista Marktprognose. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/outlook/tmo/rechenzentren/server/deutschland>, zuletzt aktualisiert am 19.07.2024, zuletzt geprüft am 19.07.2024.
- TCO Certified (2021): TCO Certified - Generation 9, for servers, edition 3, 2021. Online verfügbar unter <https://tcocertified.com/files/certification/tco-certified-generation-9-for-servers-edition-3.pdf>, zuletzt geprüft am 28.05.2024.
- TCO Certified (2024): Product Finder of certified product models. Online verfügbar unter <https://tcocertified.com/product-finder/index/>, zuletzt aktualisiert am 05.12.2024, zuletzt geprüft am 27.08.2025.
- TSMC (2024): Annual Report 2023. Online verfügbar unter <https://investor.tsmc.com/sites/ir/annual-report/2023/2023%20Annual%20Report-E.pdf>, zuletzt geprüft am 14.08.2025.
- Umweltbundesamt (Hg.) (2020): Blauer Engel DE-UZ 213 - Server und Datenspeicherprodukte, Ausgabe Januar 2020 (Version 1) (DE-UZ 213). Blauer Engel DE-UZ 213. Bonn, 2020. 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.
- Umweltbundesamt (Hg.) (2024): Computer, Tastaturen und Mäuse DE-UZ 78, Vergabekriterien. Ausgabe Juli 2024, Version 1, 2024. Online verfügbar unter <https://produktinfo.blauer-engel.de/uploads/criteriafile/de/DE-UZ%20078-202411-de%20Kriterien-V1.pdf>, zuletzt geprüft am 23.02.2026.
- Umweltbundesamt (Hg.) (2025): Blauer Engel DE-UZ 213 - Server und Datenspeicherprodukte, Ausgabe Januar 2025 (Version 1) (DE-UZ 213). Bonn, 2025. Online verfügbar unter <https://produktinfo.blauer-engel.de/uploads/criteriafile/de/DE-UZ-213-202501-de%20Kriterien-V1.pdf>, zuletzt geprüft am 08.04.2025.
- Vries, A. de; W., K.; J., S.; Y., R. (2025): Chipping Point, Tracking electricity consumption and emissions from AI chip manufacturing. Greenpeace East Asia (Hg.), 2025. Online verfügbar unter https://www.greenpeace.org/static/planet4-eastasia-stateless/2025/04/5011514f-greenpeace_chipping_point.pdf, zuletzt geprüft am 16.02.2026.