

IEA Energieeffiziente Endver- brauchsgeräte (4E): Effiziente bedarfsgesteuerte Netze und elektronische Geräte (EDNA)

Arbeitsperiode 2022 - 2024

A. Díaz Triana, W. Wimmer,
R. Pamminer, S. Glaser, B. Auer

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

13/2025

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:

Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM

Autorinnen und Autoren: A. Díaz Triana, W. Wimmer, R. Pamminer, S. Glaser, B. Auer
Wien, 2024

Effiziente bedarfsgesteuerte Netze und elektronische Geräte

IEa – 4E Efficient Demand Flexible Networked Appliances Platform – EDNA.

Dr. Adriana Díaz Triana

ECODESIGN company engineering & management consultancy GmbH

Dr. Wolfgang Wimmer

Dr. Rainer Pamminer

DI. Sebastian Glaser

Brigitte Auer, B.A.

Wien, September 2024

Ein Projektbericht gefördert im Rahmen von



Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Programm FORSCHUNGSKOOPERATION INTERNATIONALE ENERGIEAGENTUR. Es wurde vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) initiiert, um österreichische Forschungsbeiträge zu den Projekten der Internationalen Energieagentur (IEA) zu finanzieren.

Seit dem Beitritt Österreichs zur IEA im Jahre 1975 beteiligt sich Österreich aktiv mit Forschungsbeiträgen zu verschiedenen Themen in den Bereichen erneuerbare Energieträger, Endverbrauchstechnologien und fossile Energieträger. Für die österreichische Energieforschung ergeben sich durch die Beteiligung an den Forschungsaktivitäten der IEA viele Vorteile: Viele Entwicklungen können durch internationale Kooperationen effizienter bearbeitet werden, neue Arbeitsbereiche können mit internationaler Unterstützung aufgebaut sowie internationale Entwicklungen rascher und besser wahrgenommen werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements der beteiligten Forschungseinrichtungen ist Österreich erfolgreich in der IEA verankert. Durch viele IEA-Projekte entstanden bereits wertvolle Inputs für europäische und nationale Energieinnovationen und auch in der Marktumsetzung konnten bereits richtungsweisende Ergebnisse erzielt werden.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist es, die Projektergebnisse einer interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, was durch die Publikationsreihe und die entsprechende Homepage www.nachhaltigwirtschaften.at gewährleistet wird.

DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM

Leiter der Abt. Energie und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK).

Inhalt

1 Kurzfassung	9
2 Abstract	11
3 Ausgangslage	12
4 Projektinhalt	15
4.1 Energieeffizienz von Rechenzentren.....	17
4.2 Aktivitäten zur Energieeffizienz von Rechenzentren	21
4.2.1 Definition des Anwendungsbereichs, Trends und Datenverfügbarkeit.....	22
4.2.2 Quantifizierung von Funktionalität und Metriken (Task 23).....	23
4.2.3 Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz von Rechenzentren.....	23
4.3 Energieeffizienz vernetzter Geräte	23
4.3.1 Effizienz mobiler Geräte (Task 24)	24
4.3.2 Batterie-Technologien (Task 25)	24
4.3.3 Interoperabilität (Task 26).....	24
4.3.4 Normung (Task 27).....	25
5 Ergebnisse	26
5.1 Ergebnisse der Aktivitäten zur Energieeffizienz von Rechenzentren.	26
5.1.1 Definition des Anwendungsbereichs, Trends und Verfügbarkeit von Daten.....	26
5.1.2 Quantifizierung der Funktionalität und Metriken (Task 23)	28
5.1.3 Maßnahmen für die Energieeffizienz von Rechenzentren.....	33
5.2 Ergebnisse zu den Fragestellungen zur Energieeffizienz von vernetzten Geräten.....	37
5.2.1 Effizienz mobiler Geräte (Task 24)	37
5.2.2 Batterietechnologien (Task 25)	39
5.2.3 Interoperability (Task 26)	40
5.2.4 Normung (Task 27).....	41
6 Vernetzung und Ergebnistransfer	43
6.1 EDNA online Kanäle.....	43
6.2 EDNA Publikationen	46
6.3 EDNA Webinars	48
6.4 Beteiligung der EDNA an anderen Initiativen	50
6.5 Nationale Kommunikation und Verbreitung.....	51
6.5.1 Online Kanäle	51
6.5.2 Vernetzung	52
6.5.3 Veranstaltungen	54
6.6 Berichtslegung.....	55
7 Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen	56
7.1 Zusammenfassung	56
7.2 Erkenntnisse und Ausblick	56
Tabellenverzeichnis	60
Abbildungsverzeichnis	61

Literaturverzeichnis.....	62
Abkürzungen.....	67

1 Kurzfassung

Die IEA 4E Elektronische Geräte und Netzwerke Annex (EDNA) ist eine Initiative des IEA Technology Collaboration Program 4E - Energy Efficient End-Use Equipment. Sie konzentriert sich darauf, die Energieeffizienz und die Nachfrageflexibilität von vernetzten Geräten und Netzwerken zu verbessern.

Im Jahr 2024 änderte EDNA ihren Namen. Die neue **EDNA-Plattform** steht für **Effiziente bedarfsgesteuerte Netze und elektronische Geräte** (Efficient, Demand-Flexible Networked Appliances) und konzentriert sich auf die Verbesserung der Energieeffizienz und der Bedarfsflexibilität von vernetzten Geräten und Netzwerken. Im Zeitraum 2022 bis 2024 hat sich EDNA in drei Arbeitsbereiche (Workstreams) konsolidiert, die eine große Anzahl von Tasks und Arbeitspaketen umfassen. Diese sind:

- Energieeffizienz von Rechenzentren
- Bedarfsflexible, vernetzte Geräte
- Energieeffizienz von vernetzten Geräten

Die EDNA-Plattform konzentriert sich auf Energieeffizienz und Nachfrageflexibilität. Sie untersucht das Potenzial, positive Auswirkungen zu erzielen, indem sie vernetzte Geräte in die Lage versetzt, auf Anforderungen des Stromnetzes zu reagieren und sich an die Muster erneuerbarer Energien anzupassen. EDNA untersucht auch wichtige Themen wie die Energieeffizienz von Rechenzentren, die eine entscheidende Infrastruktur für die Digitalisierung sowie für intelligente, vernetzte Energie-, Industrie- und Mobilitätssysteme darstellen. Mit dem Gesamtenergiemodell (Total Energy Model - TEM) bewertet EDNA die Auswirkungen des Energieverbrauchs von vernetzten Geräten und Netzen in verschiedenen Weltregionen im Laufe der Zeit und evaluiert mögliche Regulierungsszenarien.

Die **EDNA-Plattform** bietet mehrere Hauptvorteile:

- **Energie-Effizienz:** EDNA konzentriert sich auf die Verbesserung der Energieeffizienz der netzwerkverbundenen Geräte und Netzwerke, um den Gesamtstromverbrauch zu senken.
- **Nachfrageflexibilität:** Koordinierung von Richtlinien für netzwerkverbundene Geräte, um besser auf die Netzanforderungen reagieren zu können, indem sie ihren Stromverbrauch auf der Grundlage der Verfügbarkeit erneuerbarer Energien und lokaler Stromnetzbeschränkungen anpassen.
- **Beratung für politische Entscheidungsträger:innen:** EDNA bietet politische Analysen und Beratung für Regierungen und Mitglieder, um nachhaltige Energiepraktiken zu fördern. EDNA veröffentlicht regelmäßig eine Reihe von Berichten und Kurzdarstellungen (Policy-Briefs) auf der offiziellen Website. Zwischen **Januar 2022 und Februar 2024** hat EDNA 20 Veröffentlichungen die für Forschungsexpert:innen, politische Entscheidungsträger:innen, Vertreter:innen der Industrie und der breiten Öffentlichkeit herausgegeben.

- **Befähigung der Verbraucher:innen:** Der Nutzen der EDNA-Initiative liegt auch in der Befähigung der Verbraucher:innen, indem große Haushaltsgeräte in die Lage versetzt werden, auf die Anforderungen des Netzes in einer Weise zu reagieren, die sowohl effizient ist als auch auf die Bedürfnisse des Netzes eingeht. Solche Geräte sind in der Lage, ihren Stromverbrauch an externe Faktoren anzupassen, einschließlich Schwankungen bei der Erzeugung erneuerbarer Energien und Einschränkungen innerhalb des lokalen Stromnetzes. Daher spielen sie eine zentrale Rolle bei der Verringerung des Bedarfs an kostspieligen Energiespeichern.

2 Abstract

The IEA 4E Electronic Devices and Networks Annex (EDNA) is an initiative of the IEA Technology Collaboration Program 4E - Energy Efficient End-Use Equipment. It focuses on improving energy efficiency and demand flexibility of connected devices and networks.

EDNA changed its name in 2024. The new EDNA platform stands for **Efficient, Demand-Flexible Networked Appliances** and focuses on improving the energy efficiency and demand flexibility of networked appliances and networks. In the period 2022 to 2024, EDNA has consolidated into three workstreams, which comprise a large number of tasks and work packages. These are:

- Energy efficiency of data centers
- Demand-flexible, networked devices
- Energy efficiency of networked devices

The EDNA platform focuses on energy efficiency and demand flexibility. It explores the potential to make a positive impact by enabling connected devices to respond to grid demands and adapt to renewable energy patterns. EDNA also investigates important topics such as the energy efficiency of data centers, which are a critical infrastructure for digitalization and smart, connected energy, industrial and mobility systems. With the Total Energy Model (TEM), EDNA assesses the impact of energy consumption of networked devices and grids in different regions of the world over time and evaluates possible regulatory scenarios.

The EDNA platform offers several key benefits:

- **Energy efficiency:** EDNA focuses on improving the energy efficiency of network-connected devices and networks to reduce overall power consumption.
- **Demand flexibility:** Coordinating policies for network-connected devices to better respond to grid demands by adjusting their power consumption based on the availability of renewable energy and local power grid constraints.
- **Advice for policy makers:** EDNA provides policy analysis and advice to governments and members to promote sustainable energy practices. EDNA regularly publishes a series of reports and policy briefs on the official website. Between January 2022 and February 2024, EDNA published 20 policy briefs for research experts, policy makers, industry representatives and the general public.
- **Empowering consumers:** The benefit of the EDNA initiative also lies in empowering consumers by enabling large domestic appliances to respond to the demands of the grid in a way that is both efficient and responsive to the needs of the grid. Such appliances are able to adapt their power consumption to external factors, including fluctuations in renewable energy generation and constraints within the local grid. They therefore play a central role in reducing the need for costly energy storage.

3 Ausgangslage

Im Jahr 2023 gab es weltweit etwa 15,9 Milliarden Geräte des Internets der Dinge (IoT) geben. IoT-Geräte sind mit dem Internet verbunden und für ihre Funktionalität auf eine Netzwerkverbindung angewiesen. Intelligente Haushaltsgeräte wie Kühlschränke, Waschmaschinen, Thermostate und Sicherheitskameras fallen in diese Kategorie. Diese Geräte können Daten mit anderen Geräten oder Cloud-Diensten austauschen und so eine Fernsteuerung und Automatisierung ermöglichen. Es wird prognostiziert, dass sich die Zahl der IoT-Geräte bis 2030 fast verdoppeln und weltweit über 32,1 Milliarden IoT-Geräte erreichen wird. Diese vernetzten Geräte umfassen verschiedene Branchen und Verbrauchermärkte, wobei das Verbrauchersegment im Jahr 2023 etwa 60 % aller IoT-Geräte ausmachen wird. Zu den wichtigsten Anwendungsfällen gehören Internet- und Mediengeräte für Verbraucher (z. B. Smartphones), vernetzte Fahrzeuge, IT-Infrastruktur, Anlagenverfolgung und intelligente Stromnetze (statista 2024a). Darüber hinaus wird prognostiziert, dass die gesamte installierte Basis von IoT-verbundenen Geräten bis 2025 30,9 Milliarden Einheiten erreichen wird (statista 2024b).

Die Ergebnisse einer von der Statistik Austria zwischen April und Juli 2022 durchgeführten Erhebung zur Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) in privaten Haushalten zeigen, dass etwas mehr als drei Viertel von Personen zwischen 16 und 74 Jahren in Österreich mehrmals täglich das Internet nutzen (siehe Abbildung 1). Gleichzeitig halten immer mehr intelligente Geräte und Systeme Einzug in die Haushalte. Smart-Home-Lösungen, die es den Haushalten ermöglichen, ihr Energiemanagement, ihre Sicherheitssysteme oder Haushaltsgeräte über das Internet zu steuern, haben in den letzten zwei Jahren an Beliebtheit gewonnen. Der Anteil der Menschen, die Smart-Home-Lösungen nutzen, hat sich von 12 % im Jahr 2020 auf 21 % im Jahr 2022 fast verdoppelt. Insbesondere intelligente Energiemanagementsysteme wie internetfähige Thermostate oder Beleuchtung werden immer beliebter und werden inzwischen von 15 % der 16- bis 74-Jährigen genutzt. Auch Wearables wie intelligente Uhren, Sicherheitstracker, intelligente Kopfhörer oder andere mit dem Internet verbundene Accessoires werden häufiger genutzt als noch vor zwei Jahren. Diese kleinen Geräte werden bereits von mehr als einem Viertel der Befragten (27 %) genutzt. Im Vergleich zu 2020 entspricht dies einem Anstieg von etwa 10 Prozentpunkten. Intelligente Geräte zur Erfassung von Gesundheitsdaten oder zur Gesundheits- und Körperpflege, wie z. B. intelligente Waagen, intelligente Blutdruckmesssysteme oder intelligente Zahnbürsten, sind noch relativ selten. Doch auch bei diesen Geräten stieg die Nutzung von 8% im Jahr 2020 auf 12% im Jahr 2022 (Statistik Austria 2022).

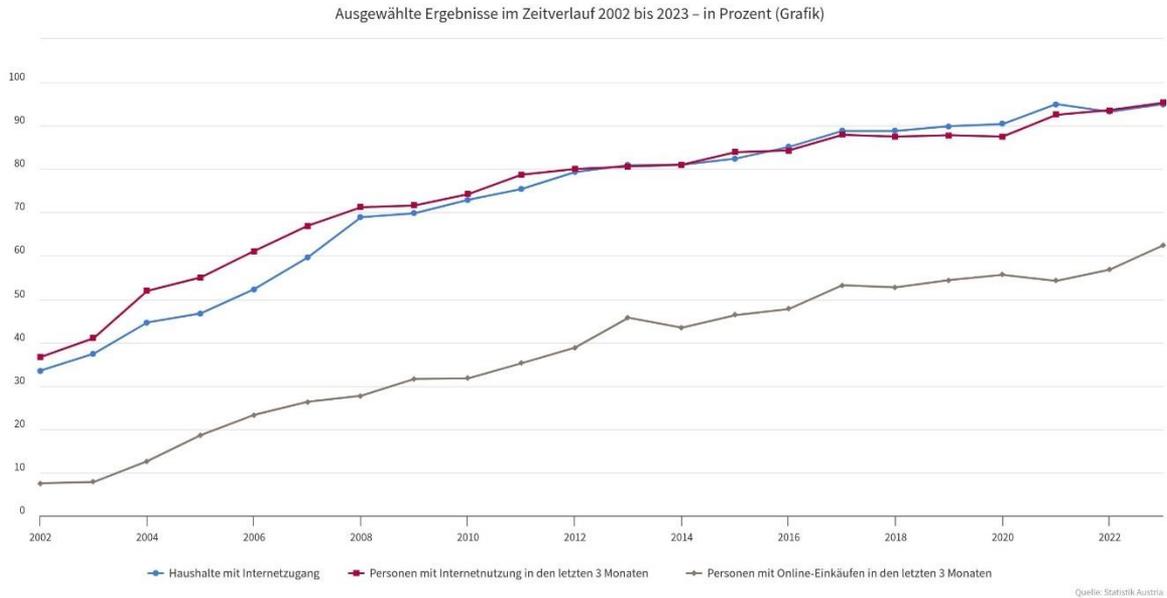


Abbildung 1: Ergebnisse der (europäischen) Erhebung über die Nutzung von IKT in Haushalten und durch Einzelpersonen in Österreich zwischen 2002 und 2023 (Statistik Austria 2023a).

Es wird erwartet, dass das Wachstum der IoT-Geräte in den kommenden Jahren anhalten wird¹. Die Statistik Austria berichtet auf ihrer Website über die IKT-Nutzung in Bezug auf das Jahr 2022, wobei alle Zahlen im Steigen begriffen sind (siehe Abbildung 2). Der Energieverbrauch von vernetzten Geräten ist mit der fortschreitenden Digitalisierung zu einem wichtigen Thema geworden. Untersuchungen gehen davon aus, dass die IT-Branche bis 2025 20 % der gesamten Stromerzeugung verbrauchen und bis zu 5,5 % der weltweiten Treibhausgasemissionen verursachen könnte (theconversation.com 2021). Ein wachsender Anteil des IT-Energieverbrauchs entfällt auf Rechenzentren, die eine wichtige Rolle bei der Unterstützung vernetzter Dienste und Anwendungen spielen.

Politische Entscheidungsträger:innen sollten sich der Möglichkeit bewusst sein, dass neue digitale Geräte und Dienste das Potenzial haben, den Energieverbrauch zu erhöhen, z. B. durch die wachsende Anzahl intelligenter Haushalts- und Unterhaltungselektronik.

¹ Zahl der angeschlossenen IoT-Geräte wächst weltweit um 16 % auf 16,7 Milliarden. <https://iot-analytics.com/number-connected-iot-devices/>, Zugriff am 27.07.2024.

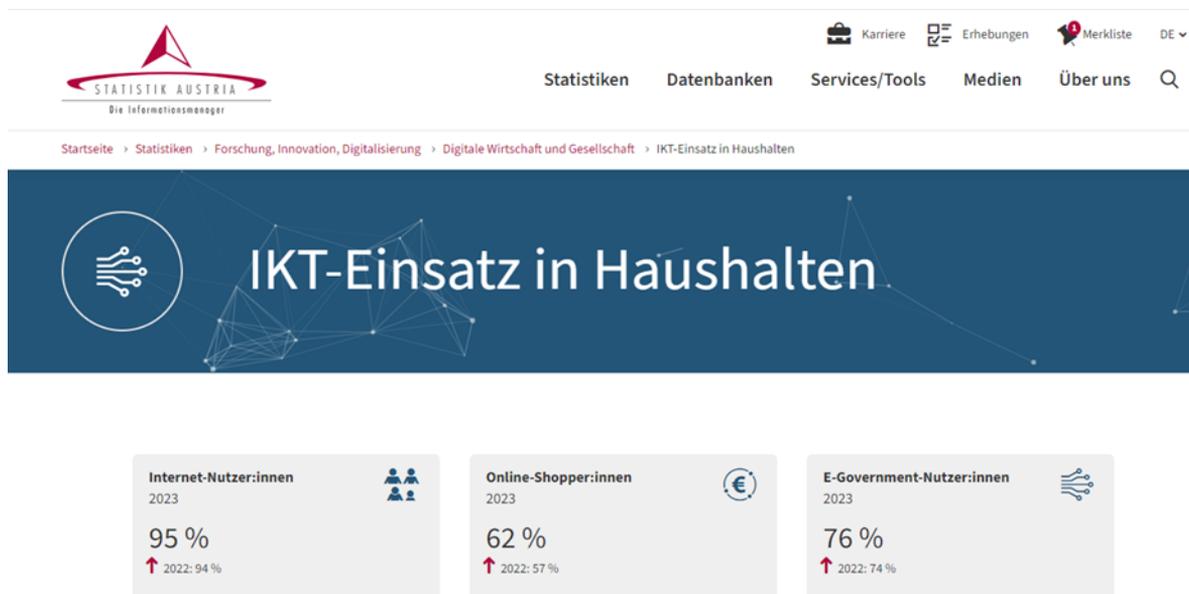


Abbildung 2: Screenshot des Portals der Statistik Austria zur IKT-Nutzung in Haushalten (Statistik Austria 2023b).

Der Gesamtenergieverbrauch, der durch den Anschluss von Geräten an das Netz entsteht, umfasst drei Hauptkomponenten:

- Standby-Strom: Wenn Geräte nicht aktiv genutzt werden, verbrauchen sie im Standby-Modus trotzdem Energie.
- Datenübertragung: Die angeschlossenen Geräte tauschen ständig Daten aus, was zum Energieverbrauch beiträgt.
- Verarbeitung und Berechnung: Die von den angeschlossenen Geräten ausgeführten Rechenaufgaben erfordern ebenfalls Energie.

Die große Menge an Daten, Konnektivität und Geräten verdeutlicht den Bedarf an energieeffizienten Lösungen. Das Verständnis des Verbraucherverhaltens und die Überwachung der Energieeffizienz neuer energiebetriebener Geräte auf dem neuesten Stand werden immer wichtiger (IEA 2017). Genau dies ist die Motivation für die Arbeit des Energy Efficient End-Use Equipment Program der Internationalen Energieagentur (IEA- 4E)² und insbesondere des 4E Electronic Devices and Networks Annex - EDNA.

Die Arbeit und die Ergebnisse des EDNA die in diesem Bericht beschrieben werden, beziehen sich auf die Aktivitäten im Zeitraum Januar 2022 bis Februar 2024 bezieht.

² <https://www.iea-4e.org/about-4e/>, Zugriff am 01.08.2024.

4 Projektinhalt

Seit 2014 hat EDNA seine 14 Mitgliedsländer dabei unterstützt, digitale Technologien besser zu verstehen, mit einem spezifischen und ultimativen Forschungsschwerpunkt auf Handlungsweisen zur Förderung der Entwicklung und Nutzung „energieeffizienter digitaler Geräte“ sowie zur Minimierung des zusätzlichen Energieverbrauchs bei der Verbindung von Geräten mit dem Internet. Diese Arbeit resultierte in über 60 Veröffentlichungen, die sich hauptsächlich mit drei großen Bereichen befassen: Energieverschwendung, Digitalisierung und Upstream (siehe Abbildung 3).

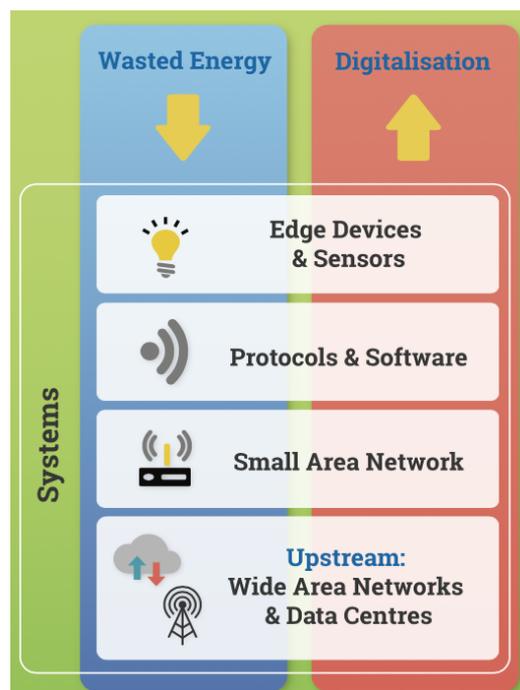


Abbildung 3: Schema der Arbeitsbereiche von EDNA (EDNA 2023).

Energieverschwendung liegt vor, wenn ein vernetztes Gerät nicht seine Hauptfunktion erfüllt, sondern Energie für die Stromversorgung und die Aufrechterhaltung einer Netzverbindung benötigt. EDNA-Expert:innen haben das Total Energy Model -TEM³ als globales, quantitatives, webbasiertes interaktives Modell des Gesamtenergieverbrauchs vernetzter Geräte entwickelt, um auch die Auswirkungen politischer Maßnahmen in verschiedenen Weltregionen abzuschätzen (Ryan et al. 2019; Ryan et al. 2021). Dieses Modell erstellt seine Berechnungen für fünf breite Kategorien vernetzter Produkte (Automatisierung, Unterhaltung, IKT, lokale Netzwerke (LAN) und Sicherheit) und berücksichtigt den Energieverbrauch im (Netzwerk-)Standby-Modus. Dieses Modell berücksichtigt auch

³ <https://www.iea-4e.org/edna/tem/>, Zugriff am 02.08.2024.

den Energieverbrauch für Streaming und Non-Streaming. Ein Auszug aus dem TEM ist in Abbildung 4 dargestellt.

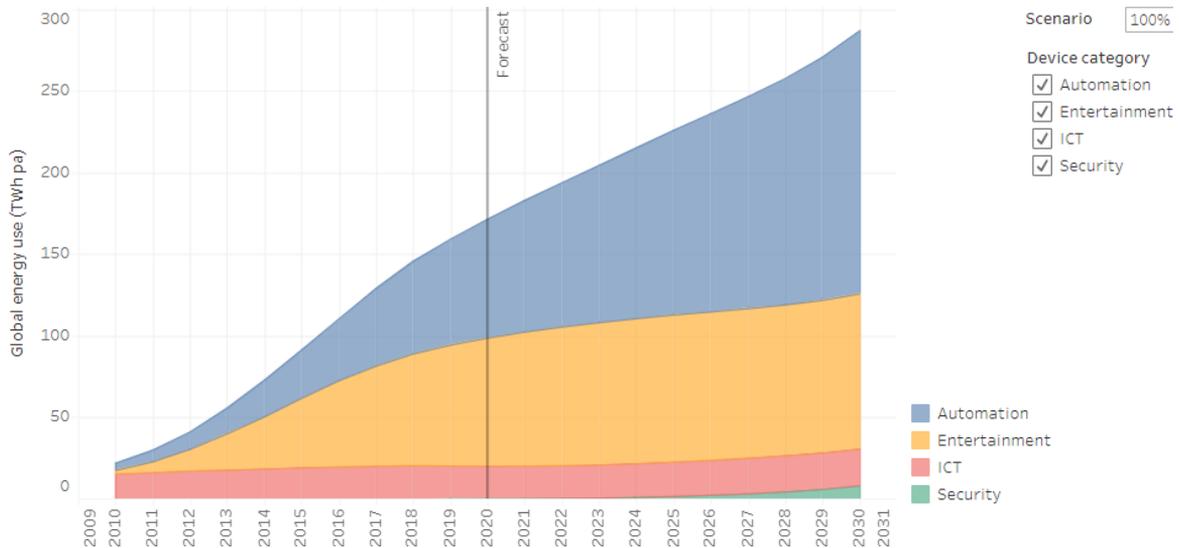


Abbildung 4: Auszug aus dem Gesamtenergiemodell für die wichtigsten verbundenen Produktkategorien⁴.

Die Digitalisierung bezieht sich auf intelligente, energiesparende Geräte, die effizienter arbeiten können, indem sie auf sich ändernde Umweltbedingungen reagieren, z. B. indem sie auf Signale aus dem Stromnetz reagieren, um die Aktivität zu erhöhen oder zu verringern, und so für "Nachfrageflexibilität" sorgen. Upstream" bezieht sich auf die Auswirkungen vernetzter Geräte in Form von erhöhtem Datenverkehr und erhöhtem Energieverbrauch im Datennetz und in Rechenzentren.⁵

Der EDNA-Arbeitsplan ist nach Aufgaben und in einigen Fällen nach Aufgabenpaketen gegliedert, in denen Aufgaben mit ähnlichem Umfang zusammengefasst sind, um die Ergebnisse der Forschung und Massnahmen zu optimieren. Im nationalen EDNA-Projekt wurden die Aktivitäten in fünf Hauptbereichen zusammengefasst und abgeschlossen:

- Policy Empfehlungen für netzwerkverbundene Geräte (einschließend Task Package G: Task 23 - Data center efficiency, Task Package H: Task 24 - Mobile Devices und Task 25 - Battery Technologies, und Task Package I: Task 26 - Interoperabilität und Task 27 - Standardisierung). Diese abgeschlossenen Aufgaben werden im Gesamtzusammenhang mit den Erkenntnissen und Auswirkungen von EDNA erläutert⁶.

⁴ <https://www.iea-4e.org/edna/tem/>, Zugriff am 02.08.2024.

⁵ <https://www.iea-4e.org/edna/about-edna/learnings/>, Zugriff am 02.08.2024.

⁶ <https://www.iea-4e.org/edna/tasks/energy-efficiency-of-connected-devices/>, Zugriff am 01.08.2024.

- Erweiterung des Arbeitsplans von EDNA (insbesondere die Arbeitsgruppe über Datenzentren und bedarfsflexible Geräte).
- Kommunikation und Vernetzung (national und international)
- Projektmanagement.

Während des Berichtszeitraums von Januar 2022 bis Februar 2024 konzentrierte sich die Arbeit von EDNA stark auf die Aktivitäten im Bereich der Energieeffizienz von Rechenzentren sowie auf die Aufgabengruppe, die die Energieeffizienz von vernetzten Geräten untersuchte. Diese Aktivitäten und ihre Ergebnisse werden in den Kapiteln 4 bzw. 5 vorgestellt. Kapitel 6 befasst sich mit den Verbreitungs- und Kommunikationsaktivitäten. Kapitel 7 enthält die Schlussfolgerung, eine Zusammenfassung und einen Ausblick auf EDNA für die nächsten 5 Jahre.

4.1 Energieeffizienz von Rechenzentren

Rechenzentren (DC) und Weitverkehrsnetze (WAN) sind komplexe Systeme, die Computer und andere Geräte über das Internet miteinander verbinden. Ein Rechenzentrum verfügt über eine oder mehrere Strukturen zur zentralen Unterbringung, Verbindung und zum Betrieb von IT- und Netzwerk-Telekommunikationsgeräten, die ihrerseits Datenspeicherungs-, -verarbeitungs- und -transportdienste anbieten (OVE 2022). Zur DC-Infrastruktur gehören auch die Gebäudehülle, die Stromversorgung und die Umweltkontrollen, die die Geräte sicher unterbringen, eine zuverlässige Stromversorgung gewährleisten und eine geeignete Betriebsumgebung sicherstellen, wie in Abbildung 4

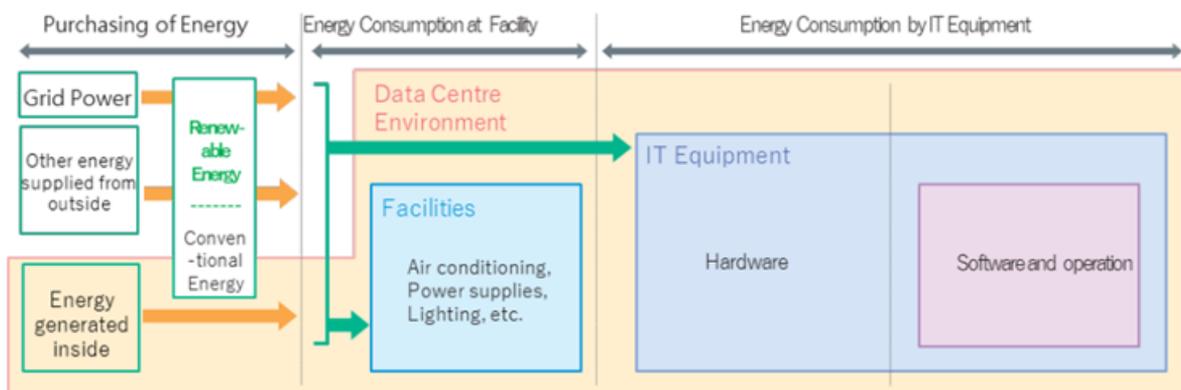


Abbildung 5: Schema der Rechenzentrums Umgebung, einschließlich des Energieeinsatzes (Wu et al. 2019).

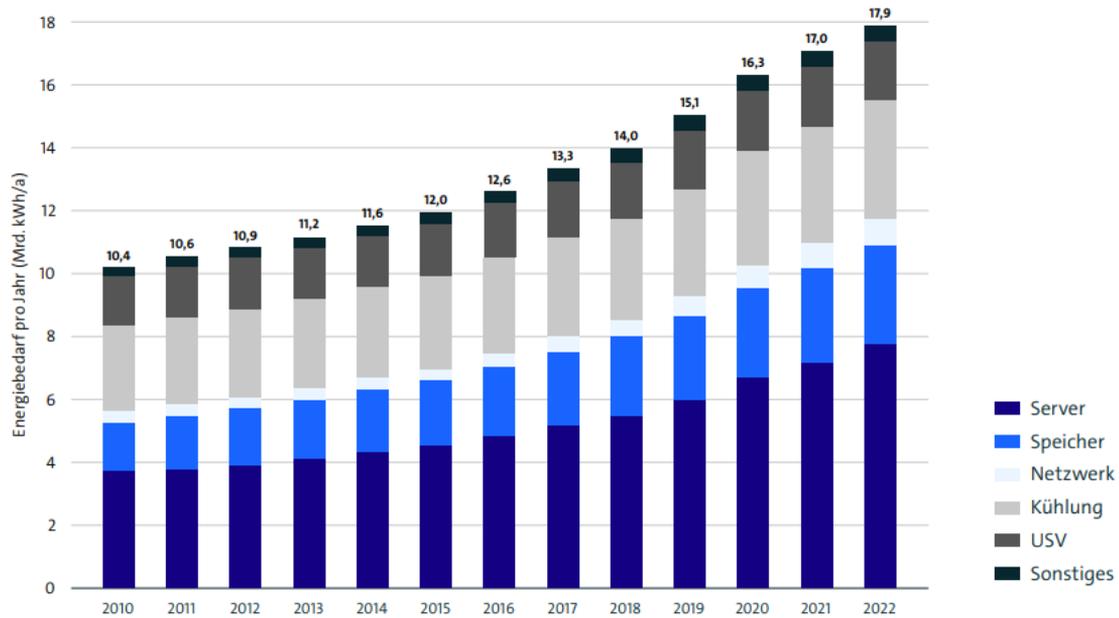
Der Energieverbrauch eines Rechenzentrums wird durch den Energieverbrauch der IT-Hardware und der unterstützenden Infrastruktur bestimmt, aber auch dadurch, wie die Geräte interagieren und gesteuert werden (Wu et al. 2019). Obwohl die Nachfrage nach digitalen Diensten, die von Rechenzentren erbracht werden, rapide ansteigt, haben die Verbesserung der Energieeffizienz, der Kauf und die Nutzung erneuerbarer Energien und die allgemeine Dekarbonisierung der Stromnetze

in vielen Regionen dazu beigetragen, dass der Stromverbrauch von Rechenzentren moderat bleibt und etwa 1 % bis 1,5 % des weltweiten Stromverbrauchs ausmacht (Kamiya 2021; IEA 2022). In Masanet et al. (2020) werden verschiedene Szenarien des globalen Stromverbrauchs von DCs erörtert, die Unterschiede im prognostizierten Energieverbrauch bis zum Jahr 2030 zeigen.

Es gibt nur wenige Informationen über den Energieverbrauch von EZG in **Österreich**, und die Schätzungen stammen beispielsweise aus Studien, die sich mit den Auswirkungen der Digitalisierung in verschiedenen Sektoren befassen und von der Österreichischen Energieagentur (AEA 2022) durchgeführt wurden. Die Analyse zeigt Schätzungen des Energieverbrauchs der IKT auf der Grundlage einer anderen Studie über DCs (durchgeführt in Deutschland vom Fraunhofer IZM im Jahr 2015), wobei die Trends bis 2040 extrapoliert werden. Im Referenzszenario liegt der Endenergieverbrauch bei rund 292 TWh; und rund 4 % bis 10 % des Energieverbrauchs könnten 2040 durch die Digitalisierung eingespart werden. Allerdings weisen die Autoren darauf hin, dass die verstärkte Nutzung von IKT, Rechenzentren und Telekommunikationsinfrastrukturen zu einem zusätzlichen Energieverbrauch von bis zu 2,3 TWh führen kann (Baumann et al. 2022a, Baumann et al. 2022b).

Andere Studien in Nachbarländern deuten darauf hin, dass das in Rechenzentren verarbeitete und gespeicherte Datenvolumen weiter zunehmen wird. Der Stromverbrauch von Rechenzentren und Serverräumen in der **Schweiz** machte 2019 zwischen 3,3 und 4,1 % des gesamten Stromverbrauchs aus. Das verbleibende Energieeffizienzpotenzial von rund 46% des aktuellen Stromverbrauchs sollte ausgeschöpft werden, insbesondere um den erwarteten starken Anstieg der Nachfrage nach Rechenzentrumsdienstleistungen (zumindest teilweise) auszugleichen. Dies könnte zu einem Anstieg des Stromverbrauchs von derzeit 2,1 TWh auf grob geschätzte 2,7 bis 3,5 TWh führen, je nach Umsetzungsgrad von Effizienzmaßnahmen und weiteren Verlagerungen von internen Rechenzentren zu Dienstleistern, je nach Anstieg der Daten- und Rechennachfrage und dem Verhalten der großen Anbieter. Durch geeignete Massnahmen können die (Schweizer) Bundesbehörden in Zusammenarbeit mit den Kantonen, Gemeinden und der Wirtschaft die Effizienzentwicklung positiv beeinflussen und den Nachfrageanstieg abschwächen. Ein nationales Förder- und Beratungsprogramm wurde eigens eingerichtet, um die Umsetzung von Energiesparmassnahmen in Rechenzentren zu erhöhen (Jakob et al. 2021).

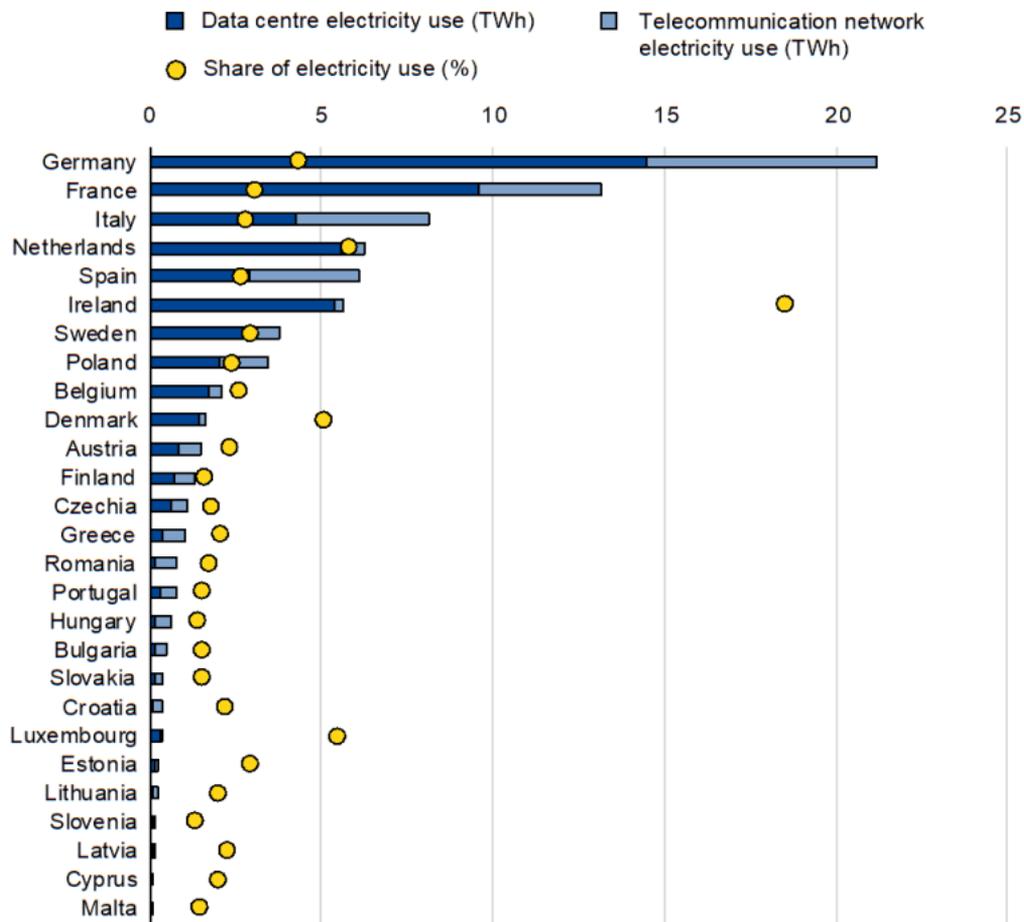
Der Energiebedarf der Rechenzentren (RZ) und kleineren IT-Installationen in **Deutschland** ist in der Vergangenheit deutlich angestiegen – zwischen 2010 und 2022 stieg er um 70% auf 17,9 Mrd. kWh/a (see Abbildung 6). Durch die zunehmende Digitalisierung war der Anstieg des Bedarfs an RZ-Leistung so hoch, dass die sehr deutlichen Effizienzgewinne in der IT-Bereitstellung und beim Betrieb von Rechenzentren kompensiert wurden (Hintermann et al. 2023).



Quelle: Borderstep 2023

Abbildung 6: Energiebedarf von Rechenzentren in Deutschland (Hintermann et al. 2023).

Auf **europäischer Ebene** wurde der Stromverbrauch von Verteilerzentren im Jahr 2015 auf 2,25 % des gesamten EU-Stromverbrauchs geschätzt (Dodd et al. 2020). Aus einer aktuellen Studie geht hervor, dass die Stromnetze in der EU im Jahr 2022 schätzungsweise 45 bis 65 TWh Strom verbrauchen werden, was 1,8 bis 2,6 % des gesamten Stromverbrauchs entspricht. Die Telekommunikationsnetze verbrauchten im Jahr 2022 schätzungsweise 25 bis 30 TWh Strom, was 1,0 bis 1,2 % des Stromverbrauchs entspricht. Die relativ große Spanne ist ein Hinweis auf die beträchtliche Unsicherheit bei den DC-Energieschätzungen, die auf den Mangel an verfügbaren Daten zurückzuführen ist. DCs und Netze zusammen (d.h. die digitale Infrastruktur) verbrauchten in der EU27 schätzungsweise 70 bis 95 TWh, was 2,8 bis 3,8% des gesamten regionalen Stromverbrauchs entspricht. Auf die vier nach Bevölkerung und BIP größten Mitgliedstaaten - Deutschland, Frankreich, Italien und Spanien - entfallen etwa 60% des gesamten Energieverbrauchs der digitalen Infrastruktur in der Region (Abbildung 7). In fünf Ländern entfallen auf die digitale Infrastruktur mehr als 5 % des nationalen Stromverbrauchs: Irland (19%), die Niederlande (6%), Luxemburg (5,5%) und Dänemark (5%) (EC 2024).



Source: JRC

Abbildung 7: Geschätzter Energieverbrauch der digitalen Infrastruktur nach Ländern (2022) (EG 2024).

Um die Ziele für die Reduzierung der Treibhausgasemissionen bis 2030 und 2050 zu erreichen, suchen die politischen Entscheidungsträger:innen nach geeigneten Strategien und Ansätzen zur Steigerung der Energieeffizienz von Rechenzentren. Eines der wichtigsten Ziele von EDNA ist die Unterstützung von politischen Entscheidungsträger:innen bei der Entwicklung und Verbesserung von Energieeffizienzstrategien, die speziell auf Rechenzentren zugeschnitten sind.

4.2 Aktivitäten zur Energieeffizienz von Rechenzentren

EDNA hat eine Reihe von Schritten zur Durchführung von Aktivitäten im Zusammenhang mit dem Thema Energieeffizienz von Rechenzentren in Form eines Workstreams vorgeschlagen, wie in Abbildung 8 dargestellt. Das bedeutet, dass es sich bei dem Workstream nicht um eine punktuelle Untersuchung oder ein einzelnes Projekt handelt, sondern um eine Kombination von Projekten, die den politischen Entscheidungsträger:innen Schritt für Schritt Erkenntnisse liefern, die zur Steigerung der Energieeffizienz von Rechenzentren beitragen.

Die Abfolge der Aktivitäten wurde in drei Schritten geplant: aktueller Stand, Maßnahmen und Wirkungsprognosen. In Abbildung 9, wurde ein ausführlicherer Rahmen entwickelt, der die erforderlichen Informationen und Einblicke in die verschiedenen Energieeffizienz- und Energieverbrauchsaspekte von Rechenzentren zeigt. Die Modellierung zur Berechnung des Gesamtenergieverbrauchs (TEC) von Rechenzentren ist das Herzstück dieses Rahmens als Teil der Aktivitäten Maßnahmen und Auswirkungen/Projektionen, die im Jahr 2024 beginnen. Sie sollen zur Aktualisierung der Energieeffizienzkennzahlen für Rechenzentren und zur Bewertung möglicher Strategien durch die Modellierung mit dem Gesamtenergiemodell (TEM) von EDNA führen, indem das bestehende Modell (TEM V2.0) um weitere Kennzahlen und Daten für Rechenzentren erweitert wird.

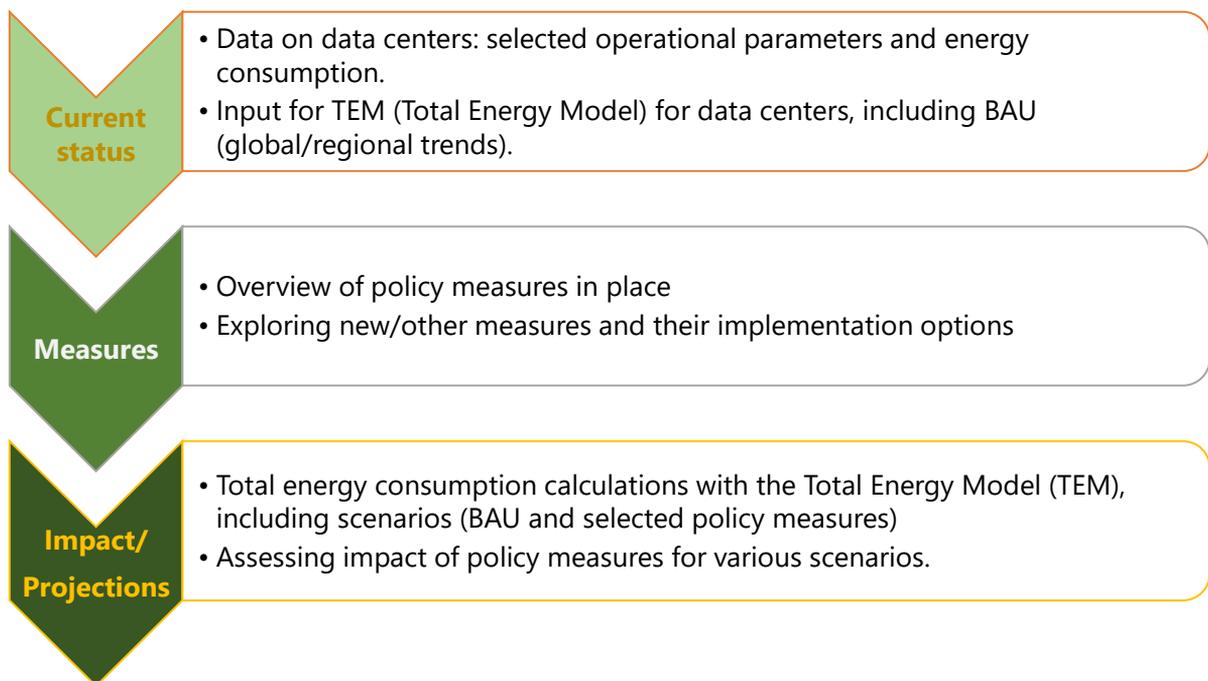


Abbildung 8: Geplante Schritte für den Workstream zur Energieeffizienz von DCs (EDNA 2022).

Es muss ein Gleichgewicht zwischen dem gewünschten Detaillierungsgrad, beispielsweise bei der Berücksichtigung von Merkmalen politischer Maßnahmen zur Berechnung ihrer Auswirkungen, und der Verfügbarkeit sowie Qualität der Daten gefunden werden. Nichtsdestotrotz ist dies nicht die

erste Aufgabe, die abgeschlossen werden muss, da sie auf den Beiträgen vorheriger Aufgaben beruht, welche die erforderlichen Daten und Informationen zur Erweiterung des Gesamtenergieverbrauchsprofils der Entwicklungszentren liefern. Neben den in den Kreisen des Rahmens dargestellten Aktivitäten (siehe Abbildung 9) gibt es zudem eine übergeordnete Aufgabe: die Verbreitung der Ergebnisse in einer für politische Entscheidungsträger:innen und Vertreter:innen der Industrie effektiven Weise.

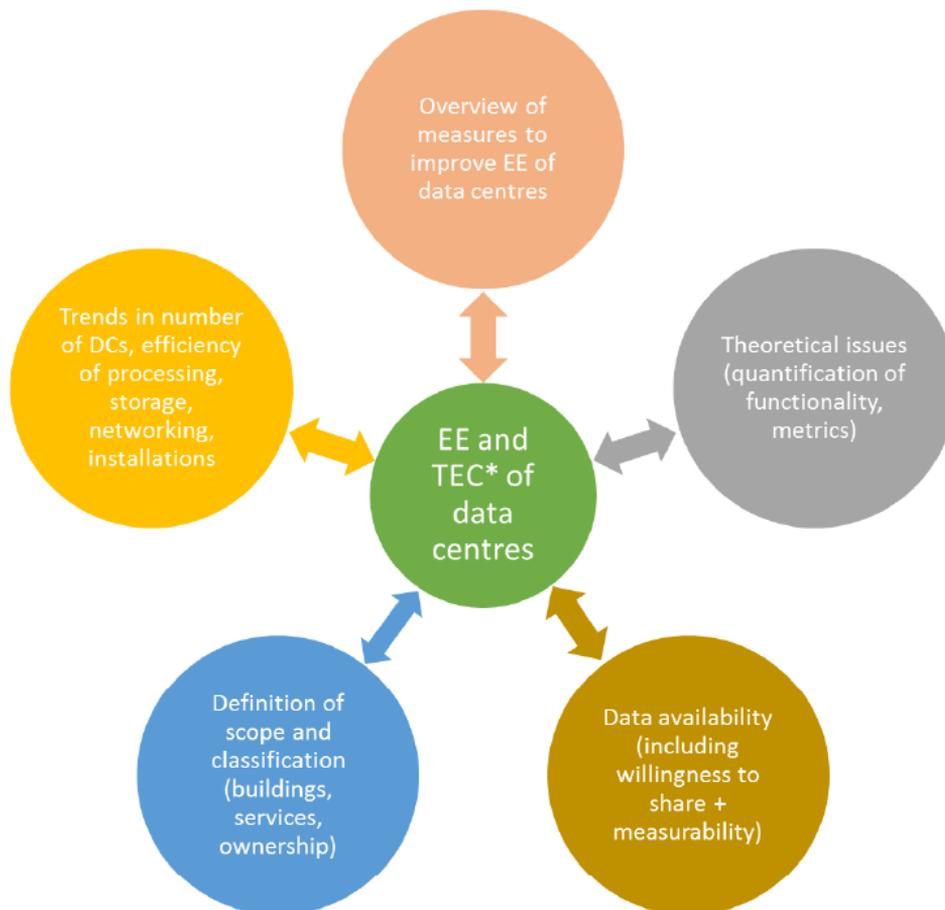


Abbildung 9: Handlungsrahmen mit Aktivitäten für den Workstream Energieeffizienz von DCs (EDNA 2023).

4.2.1 Definition des Anwendungsbereichs, Trends und Datenverfügbarkeit

Erkenntnisse und Trends in Bezug auf Rechenzentren sind in mehrfacher Hinsicht wichtig. Erstens werden Trends benötigt, um ein Basisszenario zu erstellen, das zur Berechnung der Auswirkungen herangezogen wird. Zweitens könnten einige Trends stärker ausgeprägt sein als andere; dies könnte ein Hinweis darauf sein, auf welche Trends man mit Maßnahmen eher abzielen sollte, da einige Trends möglicherweise leichter zu ändern sind als andere. Diese Aktivität zu Trends umfasst eine

Definition des Geltungsbereichs und die Überprüfung der Arten und der Klassifizierung von Entwicklungsländern sowie die Untersuchung der Datenverfügbarkeit und -qualität, da Daten der Schlüssel zur Bewertung von Trends im Zeitverlauf sind.

4.2.2 Quantifizierung von Funktionalität und Metriken (Task 23)

Der EDNA [Task 23: Energieeffizienzmetriken für Rechenzentren](#) untersuchte die Metriken für Rechenzentren auf globaler Ebene und schloss die erste Studie über Leerlaufmetriken für Server und Rechenzentren ab (Harryvan 2021). Diese Ergebnisse tragen zur Auswahl möglicher Messgrößen bei, die in (Teile) der Effizienzmodellierung von Rechenzentren im EDNA-Gesamtenergiemodell (TEM) integriert werden können.

4.2.3 Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz von Rechenzentren

Einige der politischen Initiativen zur Verbesserung der Energieeffizienz von Rechenzentren, z. B. der EU-Verhaltenskodex für Energieeffizienz in Rechenzentren ⁷ enthalten konkrete Maßnahmen. Das Ziel von EDNA mit dieser Aktivität ist es, einen systematischen Überblick über die Maßnahmen weltweit und in den 4E-Mitgliedsländern und -regionen zu geben. Diese Aktivität steht in engem Zusammenhang mit dem Umfang der Maßnahmen, der Datenverfügbarkeit und -qualität sowie der Überwachung und Wirkung dieser Maßnahmen. Die Art der Entwicklungsländer, die angewandten Maßnahmen und die Art der Maßnahmen sind von Interesse. Der Umfang der Maßnahmen, die von Interesse sind, umfasst nicht die Integration erneuerbarer Energien in DCs oder die Wiederverwendung von Abwärme aus DCs, sondern konzentriert sich eher auf die technischen (und konstruktiven) und betrieblichen Aspekte von DCs.

4.3 Energieeffizienz vernetzter Geräte

Bisher lag der Schwerpunkt des EDNA auf der Untersuchung der Standby-Energie von Geräten im Netz. Dabei handelt es sich um die Energie, die ein angeschlossenes Gerät verbraucht, wenn es seine Hauptfunktion nicht ausführt, aber zur Aufrechterhaltung einer Netzverbindung benötigt wird. Die bisherigen Forschungsarbeiten führten unter anderem zum EDNA-Gesamtenergiemodell (TEM), das den Energieverbrauch angeschlossener Geräte schätzt (Ryan et al. 2019; Ryan et al. 2021). Es wird geschätzt, dass bis 2030 weltweit 300 TWh pro Jahr durch Standby-Energie im Netz verschwendet werden könnten.

Der Schwerpunkt der EDNA für vernetzte Geräte im Arbeitszeitraum 2022 bis 2024 lag auf einem genaueren Verständnis der technischen Aspekte des Designs, der Funktionen und der Energieeffizi-

⁷ <https://e3p.jrc.ec.europa.eu/communities/data-centres-code-conduct>, last access August 02, 2024.

enz ausgewählter Produktgruppen, wie etwa mobiler Geräte und der Batterien, die zur Stromversorgung dieser Verbrauchergeräte verwendet werden. Ein mobiles Gerät ist ein tragbares Gerät, das über einen längeren Zeitraum ohne Anschluss an das Stromnetz mit einer eingebauten Batterie oder einer anderen Energiequelle betrieben werden kann. Zwei weitere Bereiche, die mit der Interoperabilität und den Normen für den Betrieb vernetzter Geräte zusammenhängen, wurden untersucht.

4.3.1 Effizienz mobiler Geräte (Task 24)

Der Energieverbrauch und die Energieeffizienz mobiler Geräte waren die Themen von Task 24. Gefolgt von einem vergleichenden Überblick über bestehende Richtlinien zur Energieeffizienz verschiedener mobiler Geräte wie Laptops, Tablets, Notebooks, intelligente/mobilfunk-/schnurlose Telefone, Staubsauger und Komponenten für mobile Geräte (z. B. Lautsprecher, Chips, Displays, Sensoren, Dioden, Lüfter und Motoren) sowie externe Netzteile und Batterieladegeräte (einschließlich drahtloser Ladegeräte). Sind die aktuellen Richtlinien zu Standby und Netzwerk-Standby geeignet, um die Batterielaufzeit zu maximieren. Der Energieverbrauch im Standby-Modus und im Netzwerk-Standby-Modus ist bei den meisten mobilen Geräten zwar gering, dennoch wurden die Richtlinien zu diesen Modi überprüft, da eine lange Batterielaufzeit (bevor das Gerät wieder aufgeladen werden muss) gewünscht ist.

4.3.2 Batterie-Technologien (Task 25)

Die Nachfrage nach Batterien wächst schnell, und im Hinblick auf die Elektrifizierung des Verkehrssektors wird erwartet, dass diese Nachfrage in den nächsten zehn Jahren um etwa das Zehnfache ansteigen wird. Für die Unterhaltungselektronik, einschließlich mobiler Geräte, wird in den nächsten zehn Jahren ein Anstieg der Energiespeicherkapazität um 60 % prognostiziert. Aus diesen Gründen müssen neue Technologien erfunden und/oder entwickelt werden, um die wachsende Nachfrage effizienter zu decken, als mit den derzeitigen Technologien. Ziel von Task 25 war es, wiederaufladbare Batterietechnologien (Sekundärbatterien) zu untersuchen, die sich für den Betrieb mobiler Unterhaltungselektronik eignen, wie Mobiltelefone, Smartphones, Tablets, tragbare Spielgeräte, Laptops, Elektrowerkzeuge, intelligente Uhren, intelligente Lautsprecher, IoT-Geräte, E-Scooter und E-Bikes.

4.3.3 Interoperabilität (Task 26)

Die Effizienz des Stromsystems kann durch den Einsatz intelligenter und bedarfsflexibler Geräte erheblich gesteigert werden. Wenn beispielsweise Geräte durch Sensoren und intelligente Algorithmen gesteuert werden, kann der Energieverbrauch in Gebäuden gesenkt werden. Diese bedarfsflexiblen Geräte können sich auch an Schwankungen im Stromangebot aus erneuerbaren Quellen anpassen. Eine große Herausforderung liegt jedoch in der Interoperabilität der Geräte, d. h. in ihrer Fähigkeit, effektiv miteinander und mit Dritten zu kommunizieren. Task 26 untersuchte die Ursa-

chen und Auswirkungen der (mangelnden) Interoperabilität, da diese für die Verbesserung der Effizienz und der Nachfrageflexibilität von entscheidender Bedeutung ist. Politische Leitlinien zur Förderung der Interoperabilität (und nicht nur der Konnektivität an sich) wurden in den Aufgabenbereich aufgenommen.

4.3.4 Normung (Task 27)

Ziel von Task 27 war es, den aktuellen Stand der Normungs- und Standardisierungsbemühungen (z. B. Ermittlung der Ausschüsse, Arbeitsgruppen und ihrer Zusammensetzung) in Bezug auf die Arbeitsthemen des EDNA zu skizzieren und zu bewerten, in welchen dieser Bereiche die EDNA-Expert:innen tätig werden könnten. Zu den Interessensgebieten gehören Normen für die Messung und Schätzung des Energieverbrauchs und der Energieeffizienz sowie für Kommunikationsprotokolle für Rechenzentren, Edge-Geräte, Netzwerke und vernetzte Geräte, Batterien, Smart Homes und IoT. Viele Organisationen in verschiedenen Regionen und mit unterschiedlichem Grad an Offenheit und Engagement anderer Gruppen arbeiten an Normen für diese Produkte. Dieser komplexe und umfangreiche Task hatte das Ziel, die Informationen in einer strukturierten Liste oder Datenbank zu organisieren, um den EDNA-Delegierten und politischen Entscheidungsträger:innen zu helfen, die Eignung der Standardisierungsbemühungen für ihre eigenen Arbeitsbereiche zu bewerten.

5 Ergebnisse

Der Abschluss der umfangreichen Tasks, die in Kapitel 4 vorgestellt werden, hilft bei der Erstellung der Inhalte für die beiden neuen Arbeitsbereiche in ENDA für die nächste fünfjährige Amtszeit von 2024 bis 2029. Die Ergebnisse der Aufgaben bilden die Grundlage für die Veröffentlichungen und Verbreitungsbemühungen sowie für den internen Austausch zwischen EDNA-Delegierten und Expert:innen. Da zu jeder der behandelten EDNA-Aufgaben umfassende Berichte vorliegen, sind die wichtigsten Ergebnisse in diesem Kapitel in einer komprimierten Form dargestellt, wobei der Schwerpunkt auf deren politischer Relevanz liegt.

5.1 Ergebnisse der Aktivitäten zur Energieeffizienz von Rechenzentren.

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der drei aufeinander folgenden Aktivitäten beschrieben, die in den Rahmen des Workstreams Energieeffizienz von Rechenzentren passen.

5.1.1 Definition des Anwendungsbereichs, Trends und Verfügbarkeit von Daten

Bei der Untersuchung wurden zunächst die verschiedenen Definitionen und Klassifizierungen von Rechenzentren untersucht. Anschließend wurden die Trends beim Energieverbrauch, die Datenverfügbarkeit sowie die Qualität der Messgrößen und Informationen bewertet. Bei der Entwicklung politischer Maßnahmen zur Energieeffizienz müssen die politischen Entscheidungsträger:innen einen geeigneten Anwendungsbereich, die Systemgrenzen, die Komponenten sowie die relevanten Energie- und Materialflüsse eines Rechenzentrums berücksichtigen. Die in diesem Workstream vorgeschlagene Definition lautet: *“A Data centre is a structure, or group of structures, dedicated to the centralized accommodation, interconnection and operation of, and including, information technology (IT) and network telecommunications equipment providing data storage, processing and transport services together with all the facilities and infrastructures for power distribution and environmental control together with the necessary levels of resilience and security required to provide the desired service availability”* (Harryvan 2023).

Es gibt verschiedene Klassifizierungen von Rechenzentren nach ihrem Zweck, ihrem Sicherheitsniveau, ihrer physischen Größe, ihrer Unterbringung, der Verfügbarkeit von Dienstleistungen, der Bereitstellung von Sicherheit und den Zielen der Energieeffizienz. Die von der Industrie am häufigsten verwendeten Aspekte zur Klassifizierung von Rechenzentren sind Zweck, Verfügbarkeit von Diensten und Größe. Eine für politische Entscheidungen geeignete Klassifizierung von Rechenzentren muss den größten Teil des gesamten Marktes abdecken und ausreichend spezifische Kategorien

umfassen, damit die Maßnahmen wirksam sind. Die im Rahmen des Workstreams entwickelte Klassifizierung, die in Tabelle 1 dargestellt ist, basiert auf dem Eigentum und dem Betrieb der gesamten Rechenzentrums-Komponenten: Gebäudeinfrastruktur, Hardware und Software (Harryvan 2023). Die dedizierten Unternehmens-Rechenzentren werden mit dem alleinigen Ziel betrieben, Dienste für Mitarbeiter:innen und Kund:innen oder eine Organisation zu erbringen und zu verwalten. Die Co-Hosting-Rechenzentren umfassen mehrere (Co-Hosting-)Kunden, die ihre eigene Software und Dienste über den Zugang zu den Netzwerken, Servern und Speichergeräten im Rechenzentrum betreiben. Die Co-Location-Rechenzentren schließlich bieten die unterstützende Infrastruktur als Dienstleistung an (durch den Co-Location-Anbieter), und das Rechenzentrum hostet die Netzwerke, Server und Speichergeräte vieler Kunden.

Tabelle 1: Klassifizierung von DCs für den EDNA Workstream (angepasst von Harryvan 2023).

Verantwortliche Person für Eigentum und Betrieb			
DC Kategorie	Aufbau einer unterstützenden Infrastruktur	IT Equipment	Software
Unternehmen	DC Eigentümer	DC Eigentümer	DC Eigentümer
Co-Hosting	Co-hosting Anbieter	Co-hosting Anbieter	Co-hosting Kunden
Co-Location	Co-location Anbieter	Co-location Kunden	Co-location Kunden

Trends des Energieverbrauchs von Rechenzentren wurden bereits kurz diskutiert, z.B. von Masanet et al. (2020), Kamiya (2021) und der IEA (2022); und werden weiterhin in EDNA verfolgt, da das Bewusstsein besteht, dass die Digitalisierung das Wachstum der Rechenzentrumsdienste vorantreibt. Tabelle 2 zeigt den Energieverbrauch der vier Hauptelemente innerhalb eines Rechenzentrums (IEA 2022).

Tabelle 2: Energieverbrauch von Gleichstromkomponenten (angepasst von Harryvan, 2023).

Elemente innerhalb von DC	Geschätzter Energieverbrauch im Jahr 2021 (TWh)
DC Standort Infrastruktur	59,0
Servers	109,0
Lagerung	19,0
Netzwerk	4,0

Der Energieverbrauch der Rechenzentrumsinfrastruktur (DC) ist hauptsächlich auf den Energiebedarf der Kühlung zurückzuführen, und diese Kühlung ist erforderlich, um die Wärmeverluste der IT-Geräte abzuleiten und einen geeigneten Betriebsbereich für empfindliche IT-Geräte zu gewährleisten. Harryvan (2023) weist darauf hin, dass die Server für über 80 % des gesamten Energieverbrauchs eines Rechenzentrums verantwortlich sind und dass ihre Auslastung und Effizienz von großer Bedeutung für die gesamte Energieeffizienz des Rechenzentrums sind.

5.1.2 Quantifizierung der Funktionalität und Metriken (Task 23)

Branchenspezialisten haben verschiedene Messgrößen entwickelt, um den Betrieb und die Kosten von Rechenzentren unter Berücksichtigung von Aspekten im Zusammenhang mit der Konstruktion und dem Betrieb zu optimieren, wie z. B. Gebäudekonstruktion, Stromverteilung, Umweltkontrolle, Telekommunikationsverkabelung und physische Sicherheit. Metriken wie die Stromverbrauchseffektivität (PUE), die Energieeffizienz von IT-Geräten für Server (ITEEsv) und die Auslastung von IT-Geräten für Server (ITEUsv) sind verfügbar und in der Normenreihe ISO/IEC 30134 Information technology - Data centres - Key performance indicators (Parts 1 to 9) definiert.

Die Stromverbrauchseffektivität (Power Usage Effectiveness, PUE) ist die gebräuchlichste Kennzahl für die Berichterstattung und das Benchmarking der Energieleistung von Rechenzentren und wird häufig auch für das Marketing verwendet. Der PUE-Wert ist ein Verhältnis zwischen dem Gesamtenergieverbrauch eines Rechenzentrums und dem Energieverbrauch der gesamten IT-Ausrüstung. PUE drückt nur den „Overhead“-Energieverbrauch für Hilfsgeräte im Vergleich zum IT-Verbrauch aus (siehe Gleichung 1). Kleinere PUE-Werte in Richtung 1,0 zeigen ein besseres Management der gesamten DC-Infrastruktur, geben aber keinen Aufschluss über die Leistung der IT-Ausrüstung.

$$\text{PUE} = \frac{\text{Gesamtenergieverbrauch von DC [kWh]}}{\text{Gesamtenergieverbrauch von IT-Geräten [kWh]}} \quad (1)$$

Weltweit verlangsamten sich die PUE-Verbesserungen für große DCs seit 2014 und stagnieren bei etwa 1,58 im Jahr 2023 (Uptime Institute 2024). Die Expert:innen des EDNA-Workstreams analysierten und bewerteten eine Reihe von DC-Metriken aus Normen wie CEN, CENELEC und ETSI in Europa und IEC/ISO auf internationaler Ebene sowie Metriken von DC-Verbänden und Unternehmen und aus Regulierungsprogrammen in verschiedenen (EDNA-)Ländern.

In einer von EDNA in Auftrag gegebenen umfassenden Studie (Viegand Maagøe 2022) wurden zwei Arten von Metriken - Energie- und Funktionsmetriken - ermittelt und beschrieben. Die Energiemetriken geben Aufschluss darüber, wie viel Energie von bestimmten Geräten und Systemen verbraucht wird, ohne den Output oder die Arbeit zu berücksichtigen, die von den Geräten/Systemen oder dem gesamten DC geliefert wird. Die funktionalen Metriken berücksichtigen die vom Rechenzentrum erbrachten Datenverarbeitungs-, Speicher- und Transport- (Netzwerk-) Dienste. Einerseits sind Metriken zur Bewertung der Leistung einzelner IT-Geräte in Rechenzentren bereits in die europäische Verordnung aufgenommen worden, zum Beispiel für Unternehmensserver und Datenspeicherprodukte (OJEU, 2019). Die Messung der Servereffizienz in dieser Verordnung folgt der Norm EN 303 470: 2018-Environmental Engineering (EE); Energy Efficiency measurement methodology and metrics for servers. Andererseits wurden nur zwei Fälle von Einzelkennzahlen für alle DC-Funktionen identifiziert - die Rechenzentrumsleistung pro Energie, vom Japanese Green IT Promotion Council (JGITPC 2012), und die IKT-Kapazität und -Nutzung, von The Green Grid (The Green Grid 2017).

Neue funktionale DC Metriken

EDNA hat zwei neue funktionale Messgrößen für politische Entscheidungsträger:innen vorgeschlagen (Viegand Maagøe 2022). Die erste Kennzahl ist der durchschnittliche Effizienzindex für IT-Geräte ITAEI (engl.: IT equipment average efficiency index), definiert als die durchschnittlich genutzte Kapazität geteilt durch die durchschnittlich genutzte IT-Leistung. Hierbei handelt es sich um eine Abwandlung der ITEE-Kennzahl (engl.: IT equipment energy efficiency) also der Energieeffizienz von IT-Geräten, die die genutzte Kapazität für die geleistete Nutzarbeit als Durchschnitt über einen Messzeitraum berücksichtigt. Diese neue Kennzahl würde die Bewertung der IT-Funktionen ermöglichen, die bei verschiedenen Lasten pro durchschnittlicher von der IT-Ausrüstung verbrauchter Leistung erbracht werden (die ITEE-Kennzahl allein misst nur die *Nenn-* oder *Auslegungseffizienz* der Rechenzentren). Es wäre also eine Möglichkeit, die Effizienz der IT-Ausrüstung in Bezug auf die bereitgestellten Funktionen pro tatsächlich von der IT-Ausrüstung verbrauchter Leistung zu bewerten.

Die zweite Kennzahl ist die funktionale Effizienz des Rechenzentrums DCFE (engl.: Data Centre Functional Efficiency), die die Gesamtleistung und den Gesamtenergieverbrauch des Rechenzentrums während eines Berichtszeitraums bewertet. Diese Kennzahl konzentriert sich auf den Betrieb des Rechenzentrums und die gesamte verbrauchte Energie. Diese beiden vorgeschlagenen Metriken erfordern Daten über die genutzten Kapazitäten und die verbrauchte Leistung von Servern, Speicher

und Netzwerk sowie die von Servern, kumuliertem Speicher und Netzwerk in einem Berichtszeitraum geleistete Arbeit. (Viegand Maagøe 2022). Die Autoren weisen darauf hin, dass diese beiden vorgeschlagenen funktionalen Metriken die folgenden Daten erfordern (Viegand Maagøe 2022):

- Genutzte Kapazitäten von Servern, Speicher und Netzwerk
- Verbrauchte Leistung von Servern, Speicher und Netzwerk
- Arbeit, die von Servern, kumulativem Speicher und Netzwerk in einem Berichtszeitraum geleistet wird.

Es wird vorgeschlagen, dass die Mess- und Berichterstattungsmethoden mit den Standards für DC-Managementsysteme übereinstimmen, z. B. mit der Empfehlung ITU-T L.1303 Functional requirements and frame-work of green data centre energy saving management system (ITU 2018).

Alternative DC-Energiemetriken

Neben der PUE wurde in EDNA eine Auswahl von 9 Metriken weiter analysiert. Diese Metriken waren die *Rechenzentrumseffizienz DCcE (Data center compute efficiency)*, die *Leistungsdichte des Rechenzentrums DCPD (Data center power density)*, die *Leistungsdichte-Effizienz PDE (Power density efficiency)*, die *Auslastungseffizienz der eingesetzten Hardware DP-UE (Deployed hardware utilization efficiency)*, das *Auslastungsverhältnis der eingesetzten Hardware DP-UR (Deployed hardware utilization ratio)*, die *Workload-Energieeffizienz des Rechenzentrums DWPE (Data center workload power efficiency)*, der *IT-Hardware-Strom-Overhead-Multiplikator H-POM (IT hardware power overhead multiplier)*, die *Leistung des Rechenzentrums pro Energie DPPE (Data center Performance Per Energy)*, und der *Raum-, Watt- und Leistungsbedarf SWaP Space, Watts and performance*).

Während diese Metriken für DC-Betreiber von Vorteil sind, eignen sie sich weniger für die Gestaltung der Energieeffizienzpolitik. DWPE⁸ und SWaP⁹ könnten verwendet werden, da sie Effizienz als Leistung in Verbindung mit dem Stromverbrauch definieren. Die Herausforderung besteht darin, die Leistung für alle DCs einheitlich zu definieren und zu messen. Diese Kennzahlen beziehen sich nicht auf die Dienste, die ein Rechenzentrum anbietet, oder auf den Strom- oder Energieverbrauch der installierten IKT-Ausrüstung, oder sie berücksichtigen nicht die Nutzung der IKT-Ausrüstung im Rechenzentrum (Siderius et al. 2024).

Alternative Energiemetriken für Rechenzentren zur Bewertung der Energieverschwendung in Servern und Rechenzentren wurden ebenfalls von den EDNA-Expert:innen definiert. Die Idee dieser

⁸ *Data center workload power efficiency (DWPE)* ist der *Wirkungsgrad der Arbeitslast (WPE, in MFlops/W)* geteilt durch das System PUE (sPUE). Der WPE ist die durchschnittliche Leistung geteilt durch die durchschnittlich verwendete Leistung der IT-Ausrüstung.

⁹ *Space, Watts and performance (SWaP)* für einen Server ist Leistung geteilt durch Platz mal Strom.

Metriken basiert auf der Bewertung der Energieverluste, d. h. der Energie, die nicht für die Erbringung der Leistung aufgewendet wird (Siderius et al. 2024). Die Formel für die Energieeffizienz lautet demnach:

$$\text{Energieeffizienz} = \frac{\text{Leistung}}{\text{Nutzenergieverbrauch} + \text{Energieverluste}} \quad (2)$$

Formel 2 zeigt, dass die Energieeffizienz verbessert werden kann, indem die Energieverluste gegen Null reduziert werden, was unabhängig von der Funktion des Rechenzentrums ein klares Ziel ist. Der bereits erwähnte PUE-Wert könnte als Beispiel für eine solche Kennzahl angesehen werden, da die Infrastruktur des Rechenzentrums für Kühlung, Beleuchtung, Stromversorgung und -verteilung als solche nicht die IT-Dienste erbringt, weshalb der Energieverbrauch dieser Hilfsdienste so gering wie möglich gehalten werden sollte. Der auf den Energieverbrauch der IT-Ausrüstung angewandte Ansatz, sich auf die Energieverluste zu konzentrieren, lenkt die Aufmerksamkeit auf den Energieverbrauch der Hauptkomponente, d. h. der Server im Rechenzentrum. Konkret ist die erste Metrik der Server-**Energieverlustkoeffizient SELC** (Server energy loss coefficient). Der Energieverbrauch von Servern ist die Summe des Energieverbrauchs im aktiven Modus (Bereitstellung von Leistung) und des Energieverbrauchs im Ruhezustand (Siderius et al. 2024):

$$E_{\text{servers}} = E_{\text{server_act}} + E_{\text{serv_loss}} \quad (3)$$

Wo:

E_{servers} ist der Gesamtenergieverbrauch der Server

$E_{\text{serv_act}}$ ist der Energieverbrauch der Server im aktiven Modus

$E_{\text{serv_loss}}$ ist der Energieverbrauch von Servern, die nicht die (volle) Leistung erbringen

Im Idealfall ist $E_{\text{serv_loss}}$ gleich Null, was bedeutet, dass der gesamte Energieverbrauch der Server im aktiven Modus stattfindet. Für Werte $E_{\text{serv_loss}}$, größer als Null, kann der Energieverlustkoeffizient des Servers (SELC) wie folgt definiert:

$$\text{SELC} = \frac{E_{\text{serv_loss}}}{E_{\text{servers}}} \quad (4)$$

SELC ist der Teil des Gesamtenergieverbrauchs von Servern, der nicht für die Erbringung der (vollen) Leistung aufgewendet wird; analog zum Leerlaufkoeffizienten für Rechenzentren (DCIC), wie er von Harryvan (2021) vorgeschlagen wurde. Sowohl der Gesamtenergieverbrauch der Server E_{servers} als auch der Gesamtenergieverbrauch durch Serververluste $E_{\text{serv_loss}}$ können an den Geräten gemessen oder anhand von an den Geräten gemessenen Daten berechnet werden, wie in einem Beispiel in (Siderius et al. 2024) gezeigt.

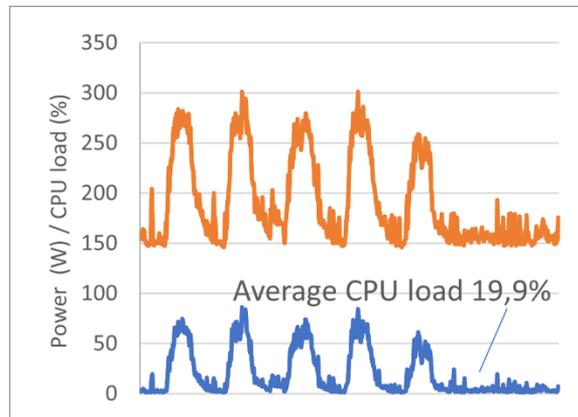


Abbildung 10: Messung von Leistung und CPU-Last (Harryvan 2023).

Genauer gesagt kann E_{serv_loss} für einen einzelnen Server wie folgt geschätzt werden:

$$E_{serv_loss} = (1 - CPU\ load) \times P_{serv_idle} \times t_m \quad (5)$$

wo:

CPU-Last ist die auf dem Server gemessene CPU-Last

P_{serv_idle} ist die Leistungsaufnahme des Servers im Leerlauf (in W)

t_m ist die Dauer des Messintervalls (in Stunden).

E_{serv_loss} ist gleich Null, wenn P_{serv_idle} gleich Null ist (d. h., es gibt keine Verluste, weil der Stromverbrauch des Servers nicht durch einen Leerlaufmodus verursacht wird) oder wenn die CPU-Last gleich 1 ist (d. h., die CPU wird ständig zu 100 % genutzt). Die CPU-Auslastung wird von der Infrastrukturmanagement-Software (DCIM) des Rechenzentrums überwacht und kann über alle Server desselben Modells gemittelt werden. P_{serv_idle} kann nicht direkt gemessen, sondern nur geschätzt werden, je nachdem, ob das Server-Energiemanagement für ein bestimmtes Servermodell aktiviert ist (oder nicht), und müsste nur einmal bewertet werden (Siderius et al. 2024). Gröger & Behrens (2023) kombinieren die CPU-Auslastung und die Fähigkeit zur Leistungsskalierung zu einer Metrik namens Load Correlation (LC) der Server, die wie folgt definiert ist:

$$LC_{servers} = \frac{ITEU_{sv}}{\left(\frac{E_{servers}}{P_{server_max} \times t}\right)} \quad (6)$$

wo:

$ITEU_{sv}$ ist die durchschnittliche (jährliche) CPU-Auslastung der Server im DC;

$E_{servers}$ ist der Stromverbrauch der Server (in kWh);

P_{server_max} ist die Summe der maximalen Leistungsaufnahme der Server bei Vollast (in kW), und t ist der Messzeitraum in Stunden (8760 Stunden in einem Jahr).

P_{server_max} könnte aus den Datenblättern und Spezifikationen der Server berechnet werden. Die Messung von $E_{servers}$ wird seltener durchgeführt, da sie einen vielschichtigen Ansatz erfordert. Sie kann durch die Verwendung interner Sensoren oder Leistungszähler erfolgen, um Informationen zu gewinnen, oder alternativ könnten Energiezähler und Software eingesetzt werden. Ein vorgeschlagener Proxy $LC_{servers}$ ist definiert als:

$$LC_{servers} = \frac{ITEU_{sv}}{\left(\frac{ICT\ equipment\ energy\ consumption}{\Sigma(ICT\ equipment\ rated\ power \times t)}\right)} \quad (7)$$

Wo:

Der Energieverbrauch der IKT-Geräte ist der jährliche Energieverbrauch aller installierten IKT-Geräte (in kWh);

IKT-Gerätenennleistung ist die Nennleistung der installierten IKT-Geräte (in kW), und

t ist der Messzeitraum in Stunden (8760 Stunden in einem Jahr oder die verbleibenden Stunden in dem Jahr, in dem die IKT-Ausrüstung installiert wurde).

Die Server sollten außerdem eine ideale Lastkorrelation von 100 % aufweisen. Da der *Energieverbrauch der IKT-Ausrüstung* mehr als nur den Verbrauch der Server umfassen könnte, ist dies möglicherweise nicht möglich. Die Messungen und Informationen, die zur Bewertung der vorgeschlagenen Verlustmetriken - SECL und $LC_{servers}$ - erforderlich sind, sind spezifisch für die Server und/oder können aus der DCIM-Software extrahiert werden (Siderius et al. 2024).

Die zweite Metrik, eine SELC für das Rechenzentrum, ist die Summe des Verlustenergieverbrauchs für die Server im DC geteilt durch den Gesamtenergieverbrauch der Server im Rechenzentrum. Wie bereits erwähnt, wird die CPU-Last von der Überwachungssoftware bereitgestellt und kann von der DC-(Energie-)Management-Software über alle Server desselben Modells gemittelt werden, während P_{serv_idle} ein Merkmal eines bestimmten Servermodells ist, das nur einmal für jedes Modell bewertet werden müsste.

5.1.3 Maßnahmen für die Energieeffizienz von Rechenzentren

Die EDNA-Expert:innen sind sich bewusst, dass ein Rechenzentrum ein komplexes System mit vielen verschiedenen (Infrastruktur- und IT-) Teilsystemen und Komponenten ist, bei dem auch der Aufbau eine Rolle für die Energieeffizienz des Systems/der Systeme spielt. Bei den möglichen politischen Maßnahmen müssen der Anwendungsbereich, die Adressaten der Regelung, die Energieeffizienzkennzahl(en) und -anforderungen sowie die Methoden zur Leistungsbewertung einschließlich Tests oder anderer Alternativen berücksichtigt werden. Die Entwicklung von Regelungen muss mit geeigneten Ansätzen für die Überprüfung und Durchsetzung einhergehen (IEA 4E 2022).

Brocklehurst (2021, 2024) vervollständigte globale Übersichten über Strategien für Rechenzentren und berichtete, dass für DCs als komplette Betriebseinheit keine direkten Energieeffizienzvorschriften existieren. Verschiedene Organisationen haben freiwillige Labels, Bewertungs- und Zertifizierungssysteme für Rechenzentren entwickelt, von denen einige die Energieeffizienz als Kriterium beinhalten. Auch andere Initiativen wie Kriterien für das öffentliche Beschaffungswesen wurden ergriffen. Vor der Entwicklung jeglicher politischer Optionen für Entwicklungsländer müssen die politischen Entscheidungsträger:innen einen harmonisierten (politischen) Rahmen für die Bereitstellung von Informationen in Betracht ziehen, der den Zugang zu Daten für statistische und technische Analysen von Entwicklungsländern ermöglicht. Dies bedeutet auch, dass die Parameter, die Prüfmethoden, die Stichprobenzeiträume und/oder die Berichtszeiträume für die Datenerhebung für die verschiedenen EZ-Kategorien festgelegt werden müssen (Viegand Maagøe 2022). EDNA nimmt spezielle Fälle aus, z. B. Colocation-Rechenzentren, da die Colocation-Anbieter zwar in der Lage sind, einige Anforderungen an die IT-Hardware zu stellen, aber die Energieeffizienz und die Betriebsbedingungen der Hardware im Rechenzentrum nicht kennen (siehe Tabelle 1). Außerdem möchten die Colocation-Kunden möglicherweise nicht, dass der Anbieter Informationen über die Energieeffizienz erhält (Harryvan 2023). Vor diesem Hintergrund ist die Berichterstattung über Rechenzentren im Rahmen der neuen EU-Energieeffizienzrichtlinie^{10,11} ein positiver Schritt, da es sich dabei wahrscheinlich um die erste umgesetzte Regelung handelt, die Eigentümer und Betreiber von Rechenzentren zur Veröffentlichung von Daten verpflichtet, die wiederum zur Bewertung von Metriken verwendet werden können (Viegand Maagøe 2022).

Die in EDNA für Rechenzentren erfassten Arten von Maßnahmen lassen sich in 8 Kategorien einteilen (Brocklehurst 2024):

- Staatliche Genehmigungen
- Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz (MEPS)
- Andere Verpflichtungen
- „Cloud first“¹² und Konsolidierung von Rechenzentren.
- Öffentliches Auftragswesen
- Anreize
- Freiwillige Vereinbarungen
- Labels und Zertifikate (als unterstützende Maßnahmen)

¹⁰ https://energy.ec.europa.eu/news/commission-adopts-eu-wide-scheme-rating-sustainability-data-centres-2024-03-15_en

¹¹ https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ%3AJOL_2023_231_R_0001&qid=1695186598766

¹² “Cloud first” refers to migrating IT services and applications to cloud computing resources instead of hosting these in an own enterprise Data centre e.g., in the organization’s own premises.

Diese verschiedenen Kategorien politischer Maßnahmen wurden für die Sammlung von Informationen aus verschiedenen Ländern und Regionen eingerichtet, um eine Art „politische Beobachtungsstelle“ für die Energieeffizienz von Rechenzentren aufzubauen. Diese Tätigkeit umfasste auch die Verfeinerung der technischen Modellierung für Rechenzentren im TEM, um zu bewerten, wie sich spezifische Maßnahmen auf die Verbesserung der Energienutzung von Rechenzentren weltweit auswirken könnten, wobei drei Arten von Rechenzentren berücksichtigt wurden: Unternehmens-, Cloud- und Next Generation (NXG)-Rechenzentren sowie die Datenströme für Streaming und Non-Streaming.

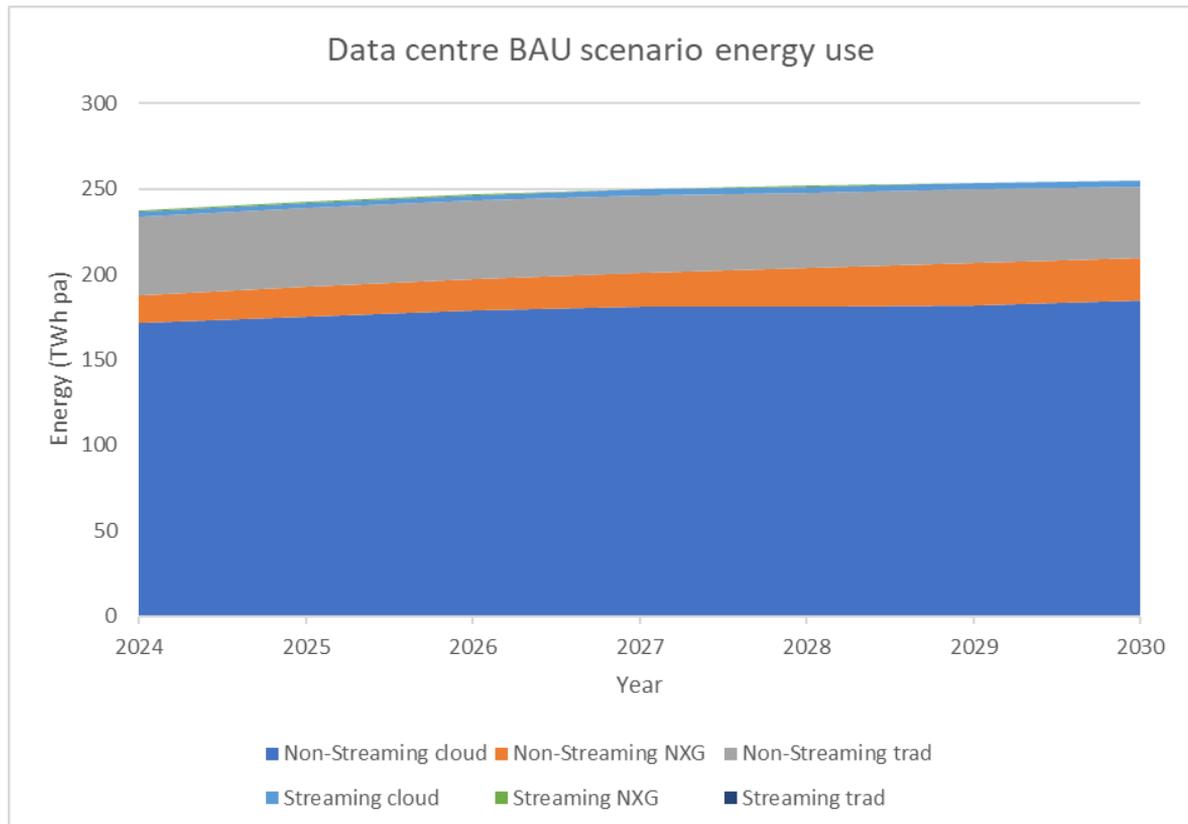


Abbildung 11: Business-as-Usual-Szenario (BAU) für den weltweiten Energieverbrauch von Data-centern bis 2030.

Die Ergebnisse des Szenarios „Business as Usual“ (BAU) sind in Abbildung 11 dargestellt und bilden den Ausgangspunkt der Analyse. Die Modellierung geht von einem beträchtlichen globalen Energieverbrauch in den Rechenzentren von etwa 230 TWh im Jahr 2024 aus, der leicht auf etwa 250 TWh im Jahr 2030 ansteigt. Es wird davon ausgegangen, dass die Datenströme erheblich zunehmen werden, was jedoch durch eine steigende Energieeffizienz weitgehend ausgeglichen werden dürfte. Die BAU ist recht optimistisch, was die Einführung von Geräten und Verfahren mit höherer Effizienz angeht, insbesondere bei den Servern (Brocklehurst 2024). Es wurden sechs mögliche Szenarien modelliert, um die Energieeinsparungen durch verschiedene politische Maßnahmen für Verteilerzentren vom 1. Januar 2025 bis zum Jahr 2030 zu bewerten. Einzelheiten zu den Daten und den

Modellierungsannahmen für jedes Szenario sind in Brocklehurst (2024) enthalten. Diese Szenarien sind:

- Szenario 1: Verlagerung des Datenflusses von den Unternehmens-DCs in die Cloud. Diese „Cloud first“-Maßnahme könnte aufgrund von Anforderungen des öffentlichen Beschaffungswesens ergriffen werden (Shift to cloud).
- Szenario 2: Senkung der PUE aufgrund verbindlicher Energieeffizienzanforderungen (z. B. auf eine maximale PUE von 1,2). Dies könnte aufgrund von Anforderungen an das Energiemanagement oder aus dem öffentlichen Beschaffungswesen übernommen werden.
- Szenario 3: Erhöhung der Auslastung, könnte das Ergebnis von Anreizen oder öffentlichen Beschaffungs- und Berichtsanforderungen sein (Utilisation).
- Szenario 4: Erhöhung der Server-Effizienz, z. B. aufgrund von Mindestanforderungen an die Effizienz von Servern (Server Efficiency).
- Szenario 5: Verstärkte Abschaltung von Geräten mit geringer Auslastung, z. B. durch Anreize oder Meldepflichten (Low utilisation equipment shutdown).
- Szenario 6: Alle Maßnahmen zusammen.

Abbildung 12 zeigt die Ergebnisse für die 6 Szenarien. Die globalen Energieeinsparungen aller Maßnahmen erreichen im Jahr 2027 einen Höchststand von 69 TWh und fallen leicht auf 64 TWh/Jahr im Jahr 2030.

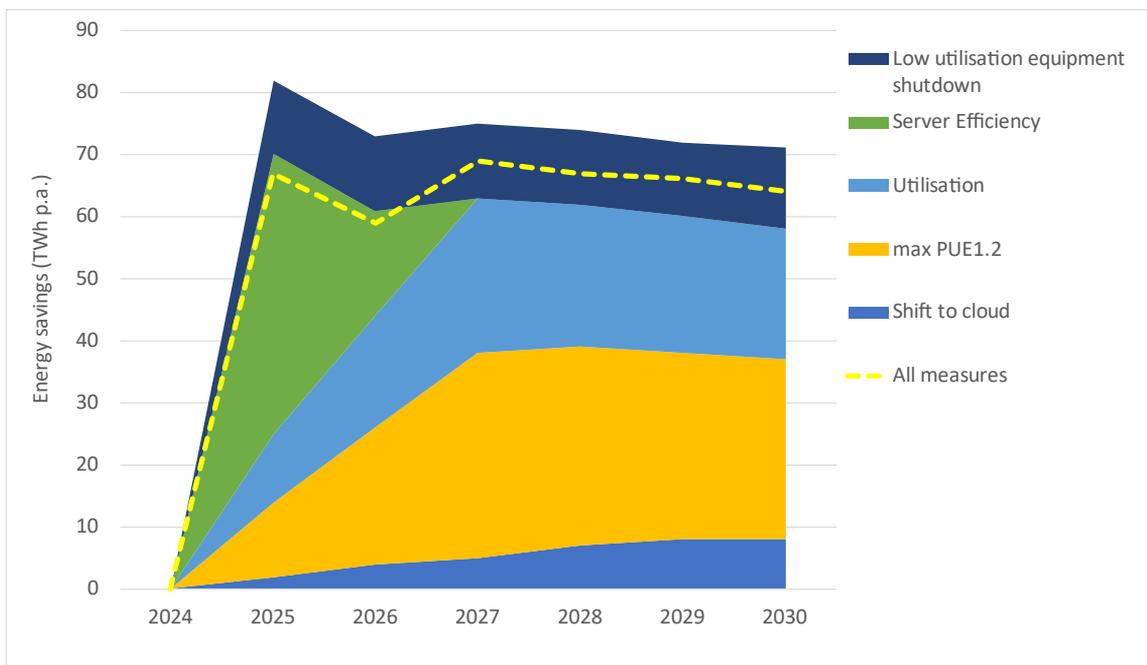


Abbildung 12: Global energy savings potential of DCs for six policy scenarios (Brocklehurst 2024).

Etwa die Hälfte der Energieeinsparungen ist auf die Senkung der PUE auf 1,20 zurückzuführen, ein Viertel auf die zunehmende Nutzung der Cloud und der DCs der nächsten Generation und der Rest auf die Verlagerung in die Cloud und die zunehmende Abschaltung von Geräten.

Das Energieeinsparungspotenzial aller Maßnahmen ist beträchtlich, aber ihre Wirkung nimmt im Laufe der Zeit ab, da sie von den Effizienzverbesserungen überholt werden, vor allem bei der Servereffizienz, und in geringerem Maße von der Verringerung des Energieverbrauchs der Infrastruktur, der zunehmenden Nutzung und dem zunehmenden Datenfluss von den herkömmlichen Rechenzentren in die Cloud. Die Einsparungen durch die Kombination aller Maßnahmen sind geringer als die Summe der einzelnen Maßnahmen. Es gibt Überschneidungen bei den Mechanismen für Energieeinsparungen, z. B. bei der Steigerung der Servereffizienz und der Verringerung der PUE - wenn der IKT-Energieverbrauch niedriger ist, dann wird bei gleicher PUE auch der Energieverbrauch der Infrastruktur niedriger sein (Brocklehurst, 2024).

5.2 Ergebnisse zu den Fragestellungen zur Energieeffizienz von vernetzten Geräten

Die Ergebnisse dieser verschiedenen Tasks werden unter Berücksichtigung der politischen Empfehlungen, die aus den Tasks ergangen sind und im Hinblick auf die Gestaltung des neuen EDNA-Arbeitsbereichs für bedarfsflexible Geräte diskutiert.

5.2.1 Effizienz mobiler Geräte (Task 24)

In diesem Task wurde ein umfassender Überblick über die Politik erstellt, der dazu beitrug, die Lücken bei den verschiedenen untersuchten mobilen Geräten zu ermitteln und Empfehlungen zur Schließung dieser Lücken zu geben. Dieser Task untersuchte auch den Energieverbrauch einzelner Produkttypen (z. B. Smartphones, Tablets), den Bestand an Produkten und die Schätzungen des jährlichen Gesamtenergieverbrauchs. Einschlägige politische Programme auf der ganzen Welt wurden geprüft, insbesondere die EU-Ökodesign-Richtlinie und ihre Verordnungen, die Normen des US-Energieministeriums (DoE) und die Zertifizierungssysteme TCO Certified, ENERGY STAR und EPEAT/ecolabel.

Zu den wichtigsten Empfehlungen dieses Tasks gehören:

- Harmonisierung der Energieeffizienz-Metriken, da es keine konsistenten Metriken für die Messung der Energieeffizienz verschiedener mobiler Gerätetypen gibt, und Ermutigung der Hersteller, Energieverbrauchsdaten für Geräte auf transparente Weise zu melden.
- Die Festlegung ehrgeiziger Energieeffizienzziele für die Energieeffizienz mobiler Geräte, nicht nur als Priorität der Regierungen, sondern auch der Interessengruppen der Branche, da diese Ziele Innovationen und effizientere Designs fördern können.
- Entwicklung effizienter Designs durch Vermeidung von Ineffizienzen bei der Leistung, dem Energieverbrauch und der allgemeinen Benutzerfreundlichkeit.

- Umsetzung strenger Ökodesign-Standards durch Verschärfung der bestehenden Ökodesign-Vorschriften für Mobilgeräte und Berücksichtigung von Faktoren, die über die Energieeffizienz hinausgehen, wie z. B. Reparierbarkeit und Wiederverwertbarkeit.
- Förderung von Praktiken der Kreislaufwirtschaft, die eine längere Produktlebensdauer durch Reparierbarkeit und Aufrüstbarkeit ermöglichen und das Recycling und die verantwortungsvolle Entsorgung von Mobilgeräten erleichtern.
- Schärfung des Bewusstseins der Verbraucher für die Energieauswirkungen ihrer mobilen Geräte und Förderung energieeffizienter Entscheidungen durch Kennzeichnung und Informationskampagnen.

Zu den spezifischen Strategien zur Verbesserung der Energieeffizienz und des Designs mobiler Geräte könnte die Behebung des Stromverbrauchs im Standby-Modus gehören, ein Kernthema der EDNA seit ihrer Gründung. Wie bereits erwähnt, verbrauchen Geräte auch dann Strom, wenn sie ihre Hauptfunktionen nicht ausführen, was dazu führt, dass sich der Energieverbrauch mit der Zeit summiert. Die Beseitigung ineffektiver Ruhezustände ist ebenfalls von zentraler Bedeutung, da angeschlossene Geräte oft nicht effizient in den Energiesparmodus wechseln, was zu unnötigem Stromverbrauch während der Leerlaufzeiten führt.

Die Umstellung auf effizientere Netzteile kann auch dazu beitragen, die Energieverschwendung bei mobilen Geräten zu verringern. Ineffiziente Stromversorgungen sind ein Forschungsgebiet von EDNA, das in Task 24 enthalten ist, weil schlecht konzipierte Stromversorgungen zu Energieverlusten bei der Umwandlung von Wechselstrom in Gleichstrom führen können.

Effizientes Laden ist ebenfalls ein Forschungsthema der EDNA (z. B. in den Tasks 24 und 25), da ineffiziente Ladeschaltungen oder die Verwendung falscher Ladegeräte zu Energieverlusten beim Laden der Batterien führen können. Außerdem können Geräte mit externen Stromadaptern (Ladegeräte, Adapter) auch dann Strom verbrauchen, wenn sie nicht an das Gerät angeschlossen sind.

Wärmeabgabe ist ein Anzeichen für Energieverluste, die die Leistung und Lebensdauer eines Geräts beeinträchtigen können. Ineffiziente Kühlsysteme oder unzureichende Kühlkörper können zu einer geringeren Energieeffizienz führen. Ebenso können ineffiziente Komponenten wie elektronische Widerstände und Kondensatoren aufgrund ihrer Materialeigenschaften oder ihres Designs zu höheren Verlusten führen. Die Verwendung hochwertigerer Komponenten kann dies abmildern. Ineffiziente Algorithmen aufgrund der auf den Geräten ausgeführten Software können sich ebenfalls auf deren Energieeffizienz auswirken. Unzureichend optimierte Algorithmen oder unnötige Hintergrundprozesse können Energie verschwenden. Die Optimierung der Netznutzung und die Reduzierung überflüssiger Datenübertragungen können die Effizienz verbessern.

Die Verbesserung der Energieeffizienz mobiler Geräte würde eine Kombination aus Hardwareverbesserungen, Softwareoptimierungen und Anpassungen des Nutzerverhaltens erfordern, die von den politischen Entscheidungsträger:innen bei der Auswahl der Strategien und Maßnahmen zur Nutzung dieser Strategien berücksichtigt werden sollten.

5.2.2 Batterietechnologien (Task 25)

Das Ergebnis dieses Tasks ist ein sehr umfassender Bericht, der den Stand der Technik bei wieder-aufladbaren Batterien für Verbraucherprodukte beleuchtet und die Segmente aufzeigt, in denen diese am häufigsten verwendet werden. Aus dem Bericht geht hervor, dass Lithium-Ionen-Batterien nach wie vor die vorherrschende Technologie sind, angefangen bei der frühen Generation der Lithium-Kobalt-Oxid (LCO)-Batterie für tragbare Geräte bis hin zu den neueren Lithium-Nickel-Kobalt-Aluminiumoxid (NCA)- und Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt (NMC)-Batterien, die die Leistung von LCO übertroffen haben. Die neuen Batterietechnologien umfassen eine breite Palette neuer chemischer Systeme, insbesondere Variationen der Lithiumchemie: Lithium-Metall-Anode, Lithium-Schwefel, Lithium-Festkörperelektrode und Lithium-Natrium werden untersucht. Auch Nicht-Lithium-Batterien (z. B. Silber-Zink), neue Superkondensatoren und Batterien mit Kohlenstoff-Nanoröhrchen zur Erhöhung der Leistungsdichte werden entwickelt (siehe Abbildung 13).

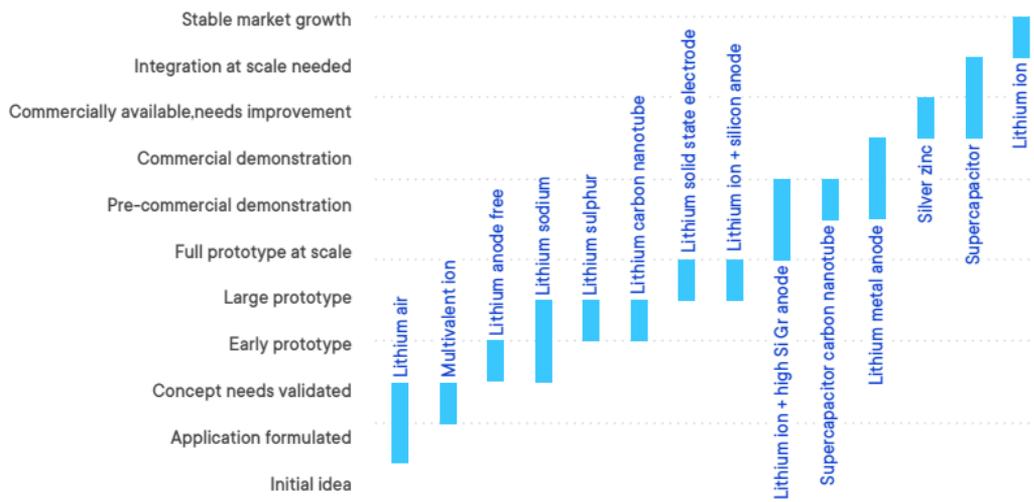


Abbildung 13: Stand der Technik bei verschiedenen Batterietechnologien.

Wie das Schaubild zeigt, fallen 8 der 14 beschriebenen Technologien, die auf Lithiumchemie basieren, unter die Bereitschaftsstufe „Vollständiger Prototyp im Maßstab“, und die anderen 6 verbleibenden Technologien sind reifer. Da es etwa 20 Jahre dauert, bis neue oder verbesserte Batterietechnologien auf den Markt kommen, sollten die politischen Entscheidungsträger:innen einen technologie-neutralen Ansatz in Erwägung ziehen, bei dem auch künftige Chemien berücksichtigt werden können. Die Auswirkungen von Batterietechnologien auf den Lebenszyklus sollten besser verstanden werden, von der Beschaffung der Rohstoffe bis hin zum Recycling und zu Konzepten der Kreislaufwirtschaft. Bei der Förderung der Forschung könnte die Entwicklung von Batterien in Betracht gezogen werden, die skalierbare Rohstoffe verwenden oder nur geringe Mengen an kritischen Rohstoffen einsetzen. Die Verlängerung der Batterielebensdauer durch verbesserte Batteriemanagementsysteme ist eine weitere Möglichkeit zur Verringerung der Umweltauswirkungen, ebenso wie die Einbeziehung ethischer Grundsätze bei der Beschaffung von Ressourcen wie seltenen Erden.

5.2.3 Interoperability (Task 26)

Die vorgeschlagenen Definitionen basieren auf der Fachliteratur über die verschiedenen Ebenen der Interoperabilität:

- grundlegende Konnektivität,
- Netzwerkinteroperabilität,
- syntaktische Interoperabilität,
- semantische Interoperabilität und
- Geschäftskontext.

Geräteinteroperabilität, die den Informationsaustausch zwischen heterogenen Geräten und heterogenen Kommunikationsprotokollen sowie die Fähigkeit zur Integration neuer Geräte in jede IoT-Plattform umfasst. Die Netzinteroperabilität befasst sich mit Mechanismen, die einen nahtlosen Nachrichtenaustausch zwischen Systemen über verschiedene Netze (Netze von Netzen) für eine durchgängige Kommunikation ermöglichen. Syntaktische Interoperabilität bezieht sich auf die Interoperabilität des Formats und der Datenstruktur, die beim Austausch von Informationen oder Diensten zwischen heterogenen IoT-Systemeinheiten verwendet werden. Semantische Interoperabilität: ermöglicht es verschiedenen Agenten, Diensten und Anwendungen, Informationen, Daten und Wissen auf sinnvolle Weise im und außerhalb des Internets auszutauschen. Plattforminteroperabilität: Die plattformübergreifende Interoperabilität zwischen Dingen und Daten ermöglicht die Interoperabilität zwischen verschiedenen IoT-Plattformen, die für einen vertikalen Bereich wie Smart Home, Smart Healthcare usw. spezifisch sind.

Zur Definition für Interoperabilität wurde von den EDNA Expert:innen vorgeschlagen: *die Fähigkeit eines Produkts oder Systems innerhalb der Smart-Home-Landschaft, mit anderen Produkten oder Systemen zu interagieren, und zwar durch den Austausch der erforderlichen Informationen und deren gemeinsames Verständnis, um die Energieeinsparungen zu maximieren und das Elektrizitätssystem in die Lage zu versetzen, auf kosteneffiziente Weise auf Veränderungen des Gleichgewichts zwischen Angebot und Nachfrage zu reagieren, die nach oben oder unten gerichtet sind.*

Die Studie beleuchtet auch Lücken in der Standardisierung und gibt Empfehlungen, wie die Interoperabilität verbessert werden kann. Dazu gehören Maßnahmen wie die Unterstützung offener Plattformen und Standards, die Förderung der Akzeptanz am Markt, die Aufklärung der Endnutzer:innen bei ihren Kaufentscheidungen sowie die Förderung der Standardisierung und der Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Organisationen.

Ein Ausgangspunkt für die Festlegung von Prioritäten kann darin bestehen, sich auf die Bereiche zu konzentrieren, die durch politische Maßnahmen beeinflusst werden können, wie Tabelle 3 zeigt. Der Einfluss verpflichtender Informationen für Verbraucher:innen und freiwilliger Kennzeichnung kann den Markt vorantreiben und Normung, Offenheit und die Beteiligung der Interessengruppen

fördern. Während verbindliche Anforderungen einige Marktteilnehmer:innen zunächst ausschließen können, bieten sie den Vorteil der „Wirkungssicherheit“. Darüber hinaus können Anreizprogramme, Standardisierungsunterstützung und Selbstregulierung die organisatorische Interoperabilität verbessern, was Bereichen wie Industrietechnik, Datenfusion und intelligenten Netzen zugutekommt.

Tabelle 3: Mögliche politische Optionen für die Interoperabilität und die Bereiche, für die sie gelten.

	Unterstützung von offenen Plattformen und Standards	Stimulierung der Marktakzeptanz	Information der Endverbraucher zur Unterstützung ihrer Kaufentscheidung	Unterstützung der Standardisierung für Interoperabilität	Erreichen einer interorganisatorischen Interoperabilität
verbindliche Mindestanforderungen	x	x		x	
Pflichtangaben für Verbraucher	x	x	x	x	
Freiwillige Initiativen	x	x	x	x	
Anreizprogramme	x			x	x
Standardisierungsunterstützung	x			x	x
Selbstregulierung	x			x	x

5.2.4 Normung (Task 27)

Viele Aktivitäten im EDNA gipfeln in der Empfehlung zur Unterstützung der Entwicklung von Normen und Prüfverfahren als wichtige Säule der Marktüberwachung sowie Durchsetzung produktbezogener Vorschriften. Zu verstehen, welche Normungsorganisationen welche Aufgabenbereiche haben, erleichtert den EDNA-Expert:innen die Interaktion und/oder Teilnahme. Diese Überprüfung wurde

im Rahmen von Task 27 abgeschlossen, und das praktische Ergebnis ist eine durchsuchbare Online-Datenbank¹³, die auf der EDNA-Website öffentlich zugänglich ist und eine umfassende Liste der wichtigsten Normen und Kommunikationsprotokolle im Zusammenhang mit intelligenten Geräten und verbundenen Geräten enthält. Die Datenbank enthält 50 Datensätze, die nach der Normungsorganisation, der zuständigen Arbeitsgruppe oder dem technischen Ausschuss, der Nummer und dem Titel der Norm, dem Status, einer kurzen Beschreibung und dem technischen Bereich der Norm sowie nach der Aktualität der Norm gefiltert werden können. Die Normen sind in die Kategorien Energie (z.B. Energieleistung/Messung) und/oder Interoperabilität (z.B. Kommunikationsprotokolle) eingeteilt. Abbildung 14 zeigt einen Überblick über die Datenbank. Die Informationen stehen auch zum Herunterladen zur Verfügung (in den Formaten CSV und Excel).

SDO	WG/TC	Standard	Title	Status	Description	Category	Area	Recent
ETSI	Environmental Engineering	ETSI ES 203 682 V1.1.1 (2020-02)	Environmental Engineering (EE); Green Abstraction Layer (GAL); Power management capabilities of the future energy telecommunic... fixed network nodes; Enhanced Interface for power management in Network Function Virtualisation (NFV) environments	Published	The strong role that we can foreseen for the Network Function Virtualization (NFV) technology will play a relevant role in the future telecommunic... networks and will change substantially the current network architectures by introducing, among others,	ICT energy efficiency	Energy+Intero...	Recent
ETSI	Environmental Engineering	ETSI ES 203 539 V1.1.1 (2019-06)	Environmental Engineering (EE); Measurement	Published	to establish a new energy efficiency	ICT energy efficiency	Energy+Intero...	Recent

Abbildung 14: Auszug aus der Datenbank über Normen als Ergebnis von EDNA's Task 27¹⁴.

¹³ <https://www.iea-4e.org/edna/edna-studies-list-of-standards/>

¹⁴ Ibid.

6 Vernetzung und Ergebnistransfer

Da das Thema Energieeffizienz von Rechenzentren für politische Entscheidungsträger:innen immer relevanter wird, ist die Kommunikation innerhalb von EDNA, um strategische Erkenntnisse zu gewinnen, eine wichtige Aktivität, die in Form von regelmäßigen Treffen und technischen Workshops organisiert wird. Zu den Kommunikations- und Verbreitungsaktivitäten gehört auch der Austausch mit anderen 4E-Aktivitäten, z.B. mit 4E PECTA über die Energieumwandlung mit WBG-Halbleitern. Über 4E hinaus ist eine weitere Verbreitung der Ergebnisse und eine Diskussion mit externen Interessengruppen ebenfalls wichtig, da EDNA eine einzigartige Plattform mit einer globalen Perspektive ist, die sich mit der Energieeffizienz von Rechenzentren, Netzwerken und angeschlossenen Geräten befasst.

Während der Durchführung des Workstreams werden Webinare organisiert, z.B. zusammen mit dem IEA-Sekretariat und gefördert durch den Energy Efficiency Hub¹⁵ und Leonardo Energy¹⁶. Darüber hinaus leistet EDNA regelmäßig Beiträge zu bestimmten Arbeitsbereichen innerhalb der IEA, insbesondere zur Digitalisierung, und nimmt an ausgewählten TCP-Koordinierungsgruppen teil, z. B. an der neu geschaffenen Koordinierungsgruppe der TCPs zur Flexibilität. Die Verbreitungsaktivitäten des EDNA über seine Online-Kanäle, Publikationen und Webinare sowie die Verbreitung auf nationaler Ebene in Österreich werden im Folgenden diskutiert.

6.1 EDNA online Kanäle

EDNA hat eine eigene Website¹⁷, in englischer Sprache, die Teil der Website des 4E TCP (Abbildung 15) ist und umfangreiche Informationen, Veröffentlichungen, Präsentationen und Hilfsmittel enthält.

¹⁵ The Energy Efficiency Hub (<https://energyefficiencyhub.org>) ist eine globale Plattform, die die Zusammenarbeit zur Verbesserung der Energieeffizienz weltweit fördert. Ziel des Hubs ist es, Informationen und Best Practices zwischen Ländern, internationalen Organisationen und dem Privatsektor auszutauschen. Der Hub konzentriert sich auf Themen wie Digitalisierung, Energieeffizienz, Ressourceneffizienz, Finanzen sowie Geräte und Ausrüstungen. Das Sekretariat des Energieeffizienz-Hubs ist bei der IEA angesiedelt und nutzt Synergien mit der Arbeit der Agentur.

¹⁶ Leonardo ENERGY (<http://www.leonardo-energy.com>) ist eine globale Initiative, die Expert:innen Wissen zur Bewältigung der Energiewende vermittelt. Es dient als Plattform für effektive Zusammenarbeit, Koordination und Kommunikation und befasst sich mit Themen rund um die Energiewende, darunter Elektromotoren, Wärmepumpen, Transformatoren und mehr.

¹⁷ <https://www.iea-4e.org/edna/>



Abbildung 15: Ansicht der Landingpage von EDNA.

Die Statistiken der 4E-Website zeigen eine große Anzahl von Besuchern auf den 4E-Websites, die im Zeitraum von Januar 2022 bis Februar 2024 fast 17 Tausend erreichte, wie in Abbildung 16 mit einem Auszug aus den Statistiken der 4E-Website zu sehen ist. Die EDNA-Seiten kamen in diesem Zeitraum auf etwa 3800 Besuche. Die Zugriffe auf die Unterseiten der EDNA-Website sind in Tabelle 4 dargestellt.

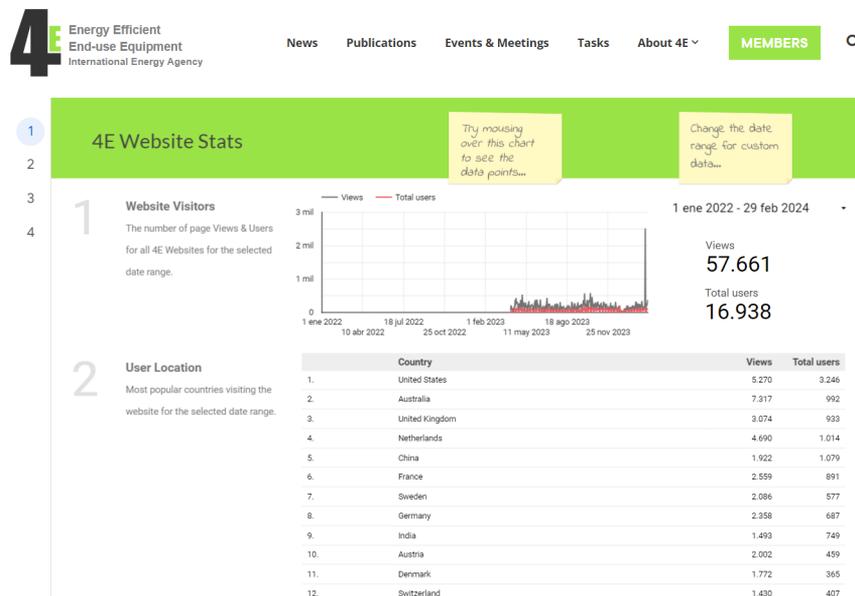


Abbildung 16: Ausgewählte Statistiken der 4E-Website zwischen 2022 und 2024.

Tabelle 4: Statistik ausgewählter Bereiche der EDNA-Website von Januar 2022 bis Februar 2024.

EDNA Webseitenabschnitt	Aufrufe von Januar 2022 bis Februar 2024
EDNA main page	3033
EDNA publications	790
About EDNA	279
About EDNA - Learnings	111
Demand-Flexible networked appliances	290
Energy efficiency of Data centres	124

In den sozialen Medien veröffentlicht EDNA auch Informationen, z. B. auf der **LinkedIn**-Seite des 4E TCP¹⁸ (siehe Abbildung 17).

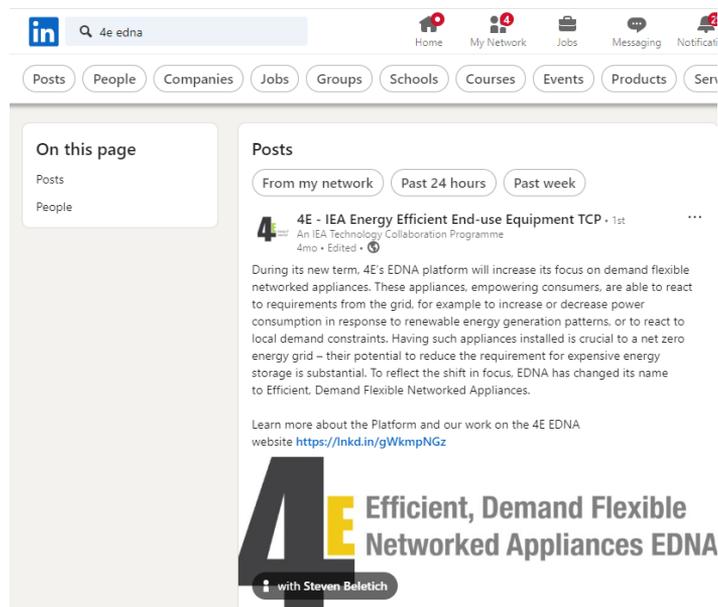


Abbildung 17: Eintrag von EDNA in LinkedIn, unter dem Profil 4E TCP.

¹⁸ <https://www.linkedin.com/in/4e-ia-energy-efficient-end-use-equipment-tcp-a35185247/>

6.2 EDNA Publikationen

EDNA veröffentlicht zahlreiche Berichte und Kurzdarstellungen (die öffentlich zum Herunterladen¹⁹ zur Verfügung stehen), die sich mit verschiedenen Themen wie vernetzten Geräten, Rechenzentren und deren Energieeffizienz sowie mit der Flexibilität der Entflechtung befassen. Außerdem wird eine große Anzahl früherer Berichte über abgeschlossene Arbeiten aufbewahrt. Zwischen 2022 und 2024 wird eine Reihe von **Veröffentlichungen erscheinen, die speziell Aspekte der Forschung zur Energieeffizienz von Data centers behandeln**. Die unten aufgeführten Berichte sind die wichtigsten Ergebnisse des Tasks 23 Data Center Efficiency (Focusing on metrics):

- Energieeffizienz-Metriken für Rechenzentren (25. Oktober 2022): Dieser Bericht untersucht die bestehenden Metriken für die Effizienz von Data centers und zeigt auf, welche Metrik(en) sich für die Verwendung durch politische Entscheidungsträger:innen eignen könnten.
- Politische Maßnahmen für die Energieeffizienz von Rechenzentren: Umfang, Trends und Verfügbarkeit von Daten (6. Februar 2023): Dieser Bericht von Task 23 schlägt eine Definition und Charakterisierung von Rechenzentren vor, zeigt Trends in ihrem Energieverbrauch auf und analysiert die Verfügbarkeit von Daten, die als Input für Energieeffizienzmetriken verwendet werden könnten.
- Politikentwicklung zur Energieeffizienz von Rechenzentren (14. Februar 2024): Dieser Bericht bietet einen Überblick über Datenerhebungs- und Registrierungsprojekte, einen Überblick über aktuelle/geplante staatliche Maßnahmen, quantitative Schätzungen der Einsparungen durch mögliche Maßnahmen und Fragen, die politische Entscheidungsträger:innen berücksichtigen sollten.

Fünf weitere **aktuelle EDNA-Veröffentlichungen** aus den Jahren 2022 bis 2024 (in chronologischer Reihenfolge), deren gemeinsamer Schwerpunkt auf der Effizienz energiebezogener Technologien liegt, sind ebenfalls öffentlich zugänglich und können heruntergeladen²⁰ werden. Bei diesen Veröffentlichungen handelt es sich um die wichtigsten zugehörigen Ergebnisse der in den Kapiteln 4 und 4 beschriebenen abgeschlossenen EDNA-Tasks.

- Interoperabilität (Task 26, Oktober 25, 2022): Dieser Bericht befasst sich mit der Interoperabilität von Geräten und untersucht deren Auswirkungen auf die intelligente Effizienz und die Flexibilität der Nachfrage. Es wird erörtert, wie verschiedene Geräte nahtlos zusammenarbeiten können.

¹⁹ <https://www.iea-4e.org/edna/publications/>

²⁰ <https://www.iea-4e.org/edna/publications/>

- Normung für intelligente Geräte (Task 27, 25. Oktober 2022): Dieser Bericht beleuchtet relevante Normen im Zusammenhang mit der Energieverbrauchsmessung und Kommunikationsprotokollen für intelligente Geräte. Er zielt darauf ab, die Interoperabilität und Effizienz zu verbessern.
- Leitfaden zu Energiemanagementprotokollen (14. November 2022): Dieser Bericht befasst sich mit Kommunikationsprotokollen, die für das Energiemanagement verwendet werden. Er behandelt Themen wie intelligente Effizienz, Bedarfsflexibilität und Protokolle der Anwendungsebene.
- Effizienz von Mobilgeräten (Task 24, 14. November 2022): Dieser Bericht analysiert die Energienutzung in mobilen Geräten, vergleicht Strategien und zeigt Lücken auf. Er befasst sich mit Batterieeffizienz und Optimierungsstrategien.
- Aufkommende Batterietechnologien (Task 25, 13. Dezember 2022): Dieser Bericht beschreibt die neuen Batterietechnologien, die für kleine Geräte, IoT und tragbare Geräte geeignet sind. Er erörtert Fortschritte wie Festkörperbatterien, alternative chemische Verfahren und Nachhaltigkeitsaspekte.

Diese Tasks tragen zu wertvollen Erkenntnissen über verschiedene Energietechnologien und die Faktoren bei, die ihren Energieverbrauch und ihre Energieeffizienz beeinflussen, und liefern Empfehlungen für die Entwicklung politischer Strategien auf der Grundlage international vereinbarter Normen und Prüfverfahren.

Ebenso wurden zwischen 2022 und 2024 sieben Zusammenfassungen dieser jüngsten EDNA-Berichte in Form von zweiseitigen Kurzberichten veröffentlicht, die die wichtigsten Erkenntnisse und Empfehlungen enthalten (öffentlich zum Download verfügbar²¹):

- Kleine Netzwerkgeräte (31. Januar 2022): Enthält politische Überlegungen zur Verbesserung der Energieeffizienz von kleinen Netzwerkgeräten wie Modems, Routern, Netzwerk-Extendern usw.
- Blockchain-Energieverbrauch (1. März 2022): Dieser Leitfaden erläutert die Funktionsweise von Blockchains, ihre Verwendung für Kryptowährungen und den daraus resultierenden Energieverbrauch.
- Aufstrebende Batterietechnologien (21. Juli 2023): Dieses Kurzdossier fasst den EDNA-Bericht zusammen, in dem Batterietechnologien für Unterhaltungselektronik unter Berücksichtigung ihrer Leistung, Umweltauswirkungen, Kosten und Marktreife untersucht wurden.
- Energiemanagementprotokolle (14. März 2024): Dieses Kurzdossier fasst den EDNA-Leitfaden zu Energiemanagementprotokollen zusammen, der eine Ressource für politische Entscheidungsträger:innen ist. Er bietet einen Überblick, eine Beschreibung und Kategorisierung der Protokolle, ihre Relevanz für das Energiemanagement und Einzelheiten zur Marktakzeptanz.

²¹ <https://www.iea-4e.org/edna/publications/>

- Policy Development on Energy Efficiency of Data Centres (20. Mai 2024): Dieses Kurzdossier gibt einen Überblick über Initiativen für Rechenzentren, fasst die Energieeinsparungen durch potenzielle Maßnahmen zusammen und stellt eine Reihe von Themen vor, die politische Entscheidungsträger:innen berücksichtigen sollten.
- Nutzbarmachung intelligenter und dummer Geräte (20. Mai 2024): Dieses Kurzdossier befasst sich mit der Nutzbarmachung der Energievorteile des Internets der Dinge „und mit der Frage, wie bestehende dumme“ Geräte durch Nachrüstungs-lösungen in intelligente Geräte umgewandelt werden können.
- Interoperabilität (20. Mai 2024): Das Kurzdossier befasst sich mit der Frage der „Interoperabilität“ von Geräten und deren Auswirkungen auf die Nachfrageflexibilität.

6.3 EDNA Webinars

EDNA bietet Webinare zu bestimmten Themen an, die für ein breiteres internationales Publikum von Interesse sind, um die Ergebnisse seiner Forschung zu präsentieren. Diese werden häufig gemeinsam mit dem IEA-Sekretariat, mit anderen TCPs oder externen Organisationen organisiert. Im Zeitraum 2022 bis 2024 fanden drei EDNA-Webinare statt, wie folgt:

- ➔ Am 12. April 2022 fand ein Webinar zum Thema „**Blockchain applications - an energy perspective**“ statt, das gemeinsam von EDNA und dem IEA-Sekretariat²² organisiert wurde (siehe Abbildung 18).

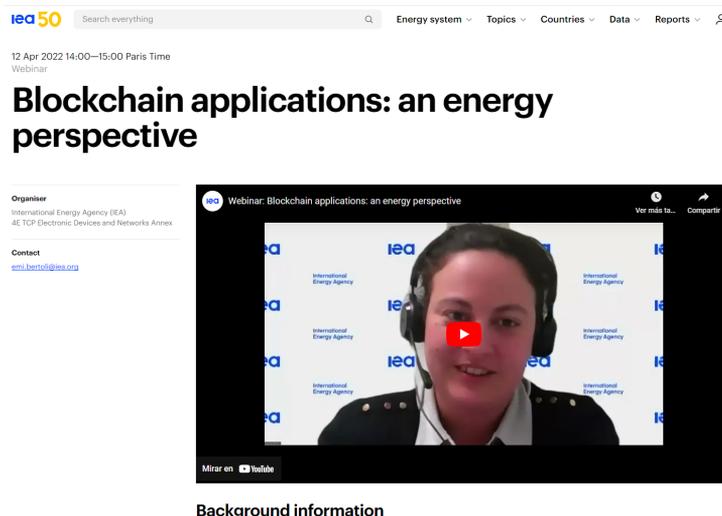


Abbildung 18: Informationen zum EDNA-Webinar „Blockchain-Anwendungen - eine Energieperspektive“.

²² <https://www.iea.org/events/blockchain-applications-an-energy-perspective>

- EDNA veranstaltete am 22. November 2022 ein zweites Webinar zum Thema „**Interoperabilität: Vernetzung der Punkte in einer fragmentierten digitalen Energielandschaft**“²³ (siehe Abbildung 19). Das Webinar befasste sich mit den wichtigsten Ergebnissen des EDNA-Berichts über Interoperabilität und erläuterte die Probleme im Zusammenhang mit der (mangelnden) Interoperabilität von Geräten und den Auswirkungen auf Energieeffizienz und Nachfrageflexibilität.

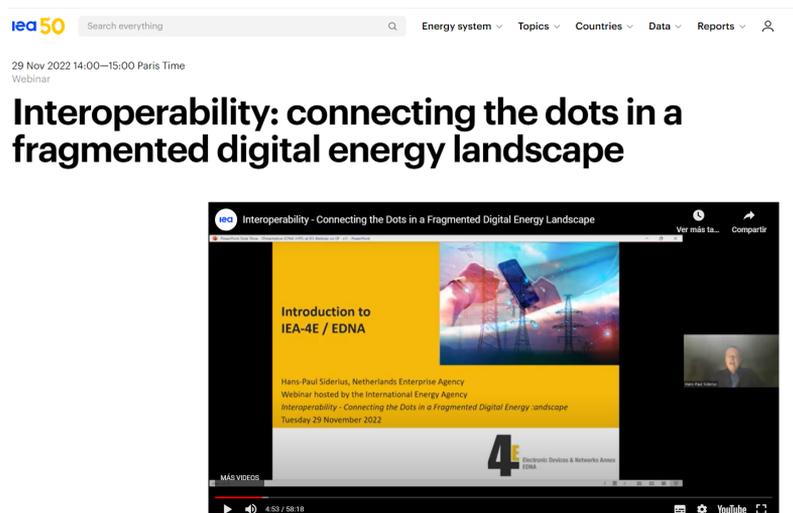


Abbildung 19: Informationen über das EDNA-Webinar „Interoperabilität: Verbindung der Punkte in einer fragmentierten digitalen Energielandschaft“.

- Am 15. Februar 2024 fand ein drittes Webinar mit dem Titel „**Empowering efficiency: a Policy perspective on Data Centres**“ statt, das gemeinsam vom IEA-Sekretariat und EDNA^{24,25} organisiert wurde (siehe Abbildung 20). Das Webinar bot politischen Entscheidungsträger:innen Informationen und evidenzbasierte Empfehlungen für politische Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von Rechenzentren.

²³ <https://www.iea.org/events/interoperability-connecting-the-dots-in-a-fragmented-digital-energy-landscape>

²⁴ <https://www.iea-4e.org/edna/news/webinar-policy-development-on-energy-efficiency-of-data-centres/>

²⁵ <https://www.iea.org/events/empowering-efficiency-a-policy-perspective-on-data-centres>.

15 Feb 2024 10:00–11:30 Paris Time
Webinar — Online, Zoom

Empowering Efficiency: A Policy Perspective on Data Centres

Contact

Brendan.REIDENBACH@iea.org

Background information

The International Energy Agency (IEA) and the Efficient Demand Flexible Networks Annex (EDNA) of the IEA's Technology Collaboration Programme on [energy efficient end-use equipment](#) will host a joint webinar on 15 February. The event, which will follow the launch of the new report Policy Development on Energy Efficiency of Data Centres ([available for download 14 February](#)), aims to share information and evidence-based recommendations for policies to improve the energy efficiency of data centres, including the impact of these measures and suggestions for implementation.

Abbildung 20: Informationen über das EDNA-Webinar zum Thema „Empowering Efficiency: Eine politische Perspektive auf Datenzentren“.

6.4 Beteiligung der EDNA an anderen Initiativen

Das IEA-Sekretariat richtet verschiedene TCP-Koordinierungsgruppen (CG)²⁶ ein, um den Informationsaustausch zu verbessern und gemeinsame Projekte zwischen den IEA-Programmen für technologische Zusammenarbeit (TCPs) zu fördern. Das erste persönliche Treffen der thematischen Koordinationsgruppe (CG) zur Flexibilität des Energiesystems fand in Rom statt, wo 12 TCPs vertreten waren, einschließlich IEA 4E EDNA. Das Treffen behandelte die Arbeit der verschiedenen TCPs zum Thema Flexibilität, einschließlich ihrer Definition(en), der vergangenen, laufenden und/oder geplanten Arbeiten, der in Betracht gezogenen Flexibilitätsarten und -lösungen, der erwarteten Leistungen, der Identifizierung des Flexibilitätsbedarfs und der Bereitstellung im Kontext der TCPs, der Metriken und anderer relevanter Referenzen. Diese Beiträge tragen zu einer vorgeschlagenen Rahmenstruktur für die Flexibilität im Energiesystem bei, die noch in der Entwicklung ist. Mit offenen Diskussionen über die Weiterentwicklung eines gemeinsamen Verständnisses plant und entscheidet die CG über die nächste Arbeitsphase, und EDNA wird weiterhin beteiligt sein.

Die Arbeit von EDNA ist auch für die IEA-Initiative Digital Demand-Driven Electricity Networks - 3DEN relevant und wird in diese einbezogen, die darauf abzielt, die Modernisierung des Energiesystems und die effiziente Nutzung dezentraler Energiequellen zu beschleunigen. Der Schwerpunkt von

²⁶ IEA TCP Coordination Groups: https://iea.blob.core.windows.net/assets/d2f65928-be82-48ca-83c1-9f16307be0ff/PromotingcollaborativeeffortscrosstheTCPnetwork_arenewedTCPCoordinationGroupfunction.pdf.

3DEN²⁷, liegt auf Politik, Regulierung, Technologie und Investitionsberatung, um die Herausforderungen beim Aufbau widerstandsfähiger, flexibler und nachhaltiger Stromsysteme zu bewältigen. In diesem Zusammenhang können digitale, bedarfsgesteuerte Lösungen wie intelligente Nachfragesteuerung und dezentrale Energieressourcen die Energieeffizienz, die Kosten und die Treibhausgasemissionen in den Stromsystemen weltweit senken. Wie in der Einleitung erwähnt, arbeitet EDNA auch mit dem Energy Efficiency Hub zusammen, der bei der IEA angesiedelt ist.

6.5 Nationale Kommunikation und Verbreitung

In diesem Abschnitt werden die Aktivitäten in der Gesamtstruktur der nationalen Kommunikation und Verbreitung gemäß in der Abbildung 21 dargestellten Struktur erörtert.



Abbildung 21: Die nationale Kommunikationsstrategie besteht aus 4 Säulen: Online Kanäle, Vernetzung, Veranstaltungen und Berichtslegung.

6.5.1 Online Kanäle

Die Kommunikationsstrategie wird entwickelt, um das Hauptziel von EDNA zu unterstützen, nämlich Richtlinien zu erstellen, die energieeffiziente elektrische und elektronische Geräte fördern. Die Kommunikation und der strategische Austausch finden in erster Linie mit dem Technologieministerium statt, das die IEA TCPs, darunter 4E und EDNA, koordiniert und offiziell daran teilnimmt. Der regelmäßige Beitrag von EDNA erfolgt in Form von Inputs für die vom BMK betriebene IEA Webseite www.nachhaltigwirtschaften.at/iea. Das Portal veröffentlicht deutschsprachige Informationen und richtet sich damit eher an nationale Zielgruppen. Die Liste der Veröffentlichungen von EDNA ist auf

²⁷ IEA Digital Demand-Driven Electricity Networks Initiative. <https://www.iea.org/programmes/digital-demand-driven-electricity-networks-initiative>.

dieser Website zu finden, mit Zusammenfassungen von Berichten und Policy Briefs in deutscher Sprache.

OPENINNOVATION | IEA Forschungskooperation

VISUALISIERUNGEN | ZEITREISE | BILDERPOOL | NEWSLETTER | KONTAKT | ENGLISH

IEA Forschungskooperation
im Rahmen von openinnovation

MISSION | TECHNOLOGIEPROGRAMME | PROJEKTE | NEWS | AUSSCHREIBUNGEN | TERMINE | PUBLIKATIONEN

IEA 4E Annex EDNA: Elektronische Geräte und Netzwerke Annex (Arbeitsperiode 2022 - 2024)

Bis 2030 soll die Zahl netzwerkverbundener elektronischer Geräte weltweit auf über 100 Milliarden steigen, mit erheblichen Konsequenzen auf globale Energieverbräuche. Der IEA 4E Electronic Devices and Networks Annex (EDNA) hat daher zum Ziel, Maßnahmen zur Förderung der Energieeffizienz netzwerkverbundener Geräte zu empfehlen und wichtigen Stakeholdern wie politische Entscheidungsträger:innen und Produktentwickler:innen in Form von Berichten, Policy Briefs und Tools zur Verfügung zu stellen.

Kurzbeschreibung

Ziel von EDNA ist, politische Entscheidungsträger:innen bei der Gestaltung von Regulierungen für netzwerkverbundene Geräte zu unterstützen und somit zur Energieeffizienz dieser Geräte und Systeme beizutragen.

Die ECODESIGN company GmbH (ECO) vertritt das Österreichische Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) in diesem Annex, um österreichische Interessen in dieser internationalen Forschungskollaboration zu positionieren.

In verschiedenen Tasks und Projekten werden Möglichkeiten und Barrieren für die Förderung energieeffizienter Maßnahmen erforscht und analysiert, und auf dieser Grundlage Empfehlungen ausgesprochen. Während des kommenden Zeitraums wird der Annex seine Arbeit auf folgende Produktgruppen konzentrieren:

Inhaltsverzeichnis

- Kurzbeschreibung
- Publikationen
- Teilnehmende Staaten
- Kontaktadresse

Projektinfo

Status: laufend
Start: Februar 2022
Ende: Februar 2024

Links

- [IEA 4E EDNA Website](#)
- [IEA 4E Annex EDNA \(2019 - 2021\): Elektronische Geräte und Netzwerke Annex](#)

Abbildung 22: Ausschnitt des vom BMK betriebenen Portals: <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/iea/technologieprogramme/4e/iea-4e-annex-edna-arbeitsperiode-2022-2024.php>.

ECODESIGN Company GmbH hat auf der **eigenen Website**²⁸ die aktuellen EDNA-Aktivitäten veröffentlicht und diese mit den Websites von 4E und EDNA verlinkt, um weitere Informationen bereitzustellen. Außerdem nutzt ECODESIGN Company GmbH das LinkedIn-Firmenprofil²⁹, um dort ebenfalls Informationen und Neuigkeiten zu verbreiten.

6.5.2 Vernetzung

Innerhalb der nationalen Kommunikationsstrategie ist der Austausch mit anderen TCPs sowie 4E-Annexen, an denen Österreich beteiligt ist, geplant. Dies soll im Rahmen des nationalen IEA-Vernetzungstreffens geschehen. Das **IEA-Vernetzungstreffen** wird seit 2013 veranstaltet und stellt somit eine wichtige Gelegenheit dar, die Synergien im Rahmen der österreichischen Beteiligung an verschiedenen IEA-TCPs zu stärken.

Am 27. September 2022 fand das vom BMK³⁰, gemeinsam mit der FFG und der Österreichischen Gesellschaft für Umwelt und Technik – ÖGUT organisierte IEA-Networking-Event statt. Eingeladene

²⁸ <https://ecodesign-company.com/reference/internationale-energie-agentur-elektronische-geraete-und-netzwerke-annex/>

²⁹ <https://www.linkedin.com/company/ecodesign-company/?viewAsMember=true>

³⁰ <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/iea/veranstaltungen/2022/20220927-iea-vernetzungstreffen.php>

Delegierte der TPCs stellten den Teilnehmer:innen ihre Arbeit vor. Adriana Díaz Triana, ECODESIGN company GmbH, hielt beim IEA Vernetzungstreffen am 27. September 2022 einen kurzen Elevator Pitch zum IEA 4E Annex EDNA: Elektronische Geräte und Netzwerke Annex³¹. Ein Blick auf ihre Präsentation ist Abbildung 23 zu sehen.



Abbildung 23: Adriana Díaz präsentiert EDNA bei der IEA Networking Veranstaltung 2022 des BMK (© Blauensteiner, ÖGUT)

Dr. Díaz nahm am 23. Oktober 2023 am Strategieworkshop des BMK zu den „Innovationszielen Energiewende“ teil, in Vorbereitung des „Umsetzungsplans zur Forschungsmission Energiewende im NEKP (Nationalen Energie- und Klimaplan)“. Die Digitalisierung des Energiesystems, die digitale Energiewende, die effiziente Energieumwandlung und Energienutzung sind in diesem Strategieworkshop und im Umsetzungsplan relevant. Dies sind wichtige Themen unter dem Schwerpunkt EDNA.

Darüber hinaus organisiert Dr. Díaz auch regelmäßige Austauschtreffen mit den Vertreter:innen aus Österreich zur 4E EMSA Plattform³², DI Konstantin Kulterer (Österreichische Energieagentur), und zur 4E PECTA Plattform³³, Dr. Markus Makoschitz (Austrian Institute of Technology / Montanuniversität Leoben). Während des Berichtszeitraums hat Dr. Díaz vier nationale Treffen mit diesen Delegierten organisiert und durchgeführt, und zwar am 13.05.2022; 11.11.2022; 27.04.2023 und 23.10.2023. Insbesondere der Austausch mit der 4E EMSA ist sehr produktiv, da die EMSA in letzter Zeit die Entwicklungen im Bereich der industriellen Digitalisierung bewertet.

³¹ <https://www.youtube.com/watch?v=Ot2IQvXBx80>

³² <https://www.iea-4e.org/emsa/>

³³ <https://www.iea-4e.org/pecta/>

Auf Elektromotoren und Antriebssysteme entfallen derzeit etwa 53 % des weltweiten Stromverbrauchs und rund 70 % des industriellen Stromverbrauchs. Die Optimierung dieser Systeme ist entscheidend für die Energieeffizienz. Durch die Kombination digitaler Technologien mit Motorsystemkomponenten (Motorsteuerung, mechanische Ausrüstung und Anwendung) können erhebliche Energieeinsparungen erzielt werden. Diese Technologien verbessern die Betriebskosteneffizienz, die Flexibilität, die Beschaffung, die Kreislaufwirtschaft und die Emissionsreduzierung (van Werkhoven et al. 2021). Intelligente Sensoren, Steuerung und kontinuierliche Überwachung sind häufig verwendete digitale Technologien in Verbindung mit motorbetriebenen Systemen. Allerdings gibt es immer noch Barrieren wie den Mangel an qualifiziertem Personal und hohe Investitionskosten⁷. Erste Einschätzungen deuten darauf hin, dass die Digitalisierung die Energieeffizienz um 20 bis 25 % und die Betriebseffizienz um 25 % steigern kann. In diesem Bereich sind auch politische Maßnahmen wichtig, um die Einführung digitaler Lösungen in der Industrie zu fördern⁵. Der jüngste Bericht der EMSA zur Digitalisierung ist öffentlich zugänglich³⁴.

Eine andere wichtige Form des Austauschs fand statt, als Dr. Díaz am 2. Geschäftstreffen des Österreichischen Verbandes der Rechenzentren teilnahm, da dieser neu gegründete Verband mit mehr Mitgliedern aus Rechenzentren in Österreich an Dynamik gewinnt und auch Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz ihres Betriebs erkundet.

6.5.3 Veranstaltungen

Neben der Nutzung von Onlinekanälen zur Kommunikation der Projektergebnisse und die Vernetzung trägt auch die Teilnahme an Veranstaltungen zu einer erhöhten Sichtbarkeit des Projektes bei. Die Vernetzung mit weiteren Stakeholdern aus Wissenschaft, F&E sowie der Industrie ist unter anderem durch die Erarbeitung eines wissenschaftlichen Beitrags zur e-nova Konferenz 2023, die von der FH Burgenland veranstaltet wurde, erfolgt. In dem Beitrag wurden EDNA Ergebnisse einem größeren Publikum präsentiert; sowohl durch die Präsentation der Ergebnisse an der Veranstaltung, als auch langfristig durch den Abdruck des Beitrags im zugehörigen Konferenzband:

Dr. Díaz erstellte eine wissenschaftliche Arbeit und reichte diese ein. Zudem hielt sie einen Vortrag auf der 2023 e.nova-Konferenz „Technologie- und Klimawandel, Energie – Gebäude – Umwelt“ (siehe Abbildung 24), die von der Fachhochschule Burgenland organisiert und vom BMK unterstützt wurde.

Diese wissenschaftliche Arbeit trägt den Titel „**An international policy workstream on energy efficiency of data centres**“ und enthält eine Präsentation und erste Ergebnisse des EDNA Workstream

³⁴ Digitalisierung in Motorsystemen: neue Erkenntnisse. <https://www.iea-4e.org/emsa/news/digitalisation-in-motor-systems-new-insights/>

on Data centres. Es wurde bereits in den Proceedings der e.nova-Konferenz 2023 veröffentlicht (Creative Commons (CC) BY 4.0). Dieser Tagungsband wurde über 515 Mal heruntergeladen und ist online unter der DOI 10.57739/978-3-903207-79-0 verfügbar.



Abbildung 24: Präsentation von Dr. Díaz auf der e.nova 2023 (©FH Burgenland).

6.6 Berichtslegung

Neben den oben genannten Kommunikations- und Disseminationstätigkeiten, die sich vor allem auf externe Zielgruppen bezieht, erfolgte die Berichtslegung bei der FFG in Form dieses Reports und allen weiteren Zwischenberichten im Laufe des Projektes. Der Bericht ist öffentlich zugänglich.

7 Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen

7.1 Zusammenfassung

In diesem Bericht werden die Aktivitäten der EDNA-Plattform für den Zeitraum 2022-2024 vorgestellt und erörtert, insbesondere der neue internationale, politikorientierte Workstream, der sich auf die Energieeffizienz von Rechenzentren konzentriert. Rechenzentren (DC) sind eine wichtige Infrastruktur in einer immer stärker digitalisierten Welt. Die steigende Nachfrage nach digitalen Dienstleistungen für intelligente Energiesysteme, automatisierte Produktionssysteme, autonomen Transport, Blockchain und künstliche Intelligenz wird sich auf die Größe, die Anzahl und den Energiebedarf von Rechenzentren weltweit auswirken. Der Energieverbrauch von Rechenzentren macht schätzungsweise 1 bis 1,5 % des weltweiten Stromverbrauchs aus (IEA 2022). Ihre Ziele waren die Bewertung der verschiedenen Aspekte der Energieeffizienz, die Entwicklung harmonisierter Effizienzmetriken und Strategien zur Förderung einer besseren Überwachung, Berichterstattung und Verwaltung des Energieverbrauchs von Rechenzentren.

Die anderen Aktivitäten von EDNA beziehen sich auf die Energieeffizienz von vernetzten Geräten und die Entwicklung von Richtlinien für diese vernetzten Geräte. Die spezifischen Empfehlungen können je nach regionalem Kontext und politischen Prioritäten variieren. Sie beruhen beispielsweise auf der Umsetzung und Durchsetzung von Energieeffizienzstandards für Geräte, der Verwendung klarer Kennzeichnungen, um die Verbraucher über die Energieeffizienz verschiedener Geräte zu informieren, und der Bewertung von Anreizen für die Verbraucher, energieeffiziente Geräte anzunehmen, wie z. B. Steuervergünstigungen oder Rabatte. Die Einführung intelligenter Geräte, die auf Netzsignale reagieren, ist ein weiterer Forschungsbereich des EDNA, um den Energieverbrauch außerhalb der Spitzenzeiten zu verlagern. Ein neuer Workstream zu bedarfsflexiblen Geräten wird ebenfalls entwickelt, der sich auf die Nachfrageflexibilität und die Integration intelligenter Netze zur Verbesserung der Geräteeffizienz konzentriert.

7.2 Erkenntnisse und Ausblick

Die Expert:innen im Arbeitsbereich Energieeffizienz von Rechenzentren erkannten, dass die Prognose für den Energieverbrauch von Rechenzentren stark von den Modellszenarien abhängt, wobei ein enger Zusammenhang zwischen dem Wachstum des Energiebedarfs und den Effizienzgewinnen besteht. Es gibt verschiedene Schätzungen und Studien zu zukünftigen Entwicklungen, die große Unterschiede in den Prognosen der Auswirkungen auf den Energieverbrauch aufweisen, insbeson-

dere aufgrund der Verlagerung der Rechenkapazität von Unternehmens- zu Colocation-Rechenzentren, der schnelleren Einführung effizienterer IT-Geräte (sowie neuer Technologien zur Kühlung), des Einsatzes von IT-Geräten und Resilienzlevels für spezifische Geschäftsfälle sowie der Ausrichtung auf die richtigen Auslastungsgrade der Server, Netzwerke und Speicher.

Kurzfristig werden IT-Systeme weiterhin in ihrer Kapazität und Effizienz verbessert, jedoch werden diese Verbesserungen langsamer voranschreiten als in den vergangenen Jahrzehnten. Die neueren Systeme werden höchstwahrscheinlich einen höheren Energiebedarf haben, wodurch in einem kleineren Raum mehr Wärme erzeugt wird als bei aktuellen Systemen, was eine effektive Kühlung erfordert. Es könnten jedoch auch mehr Möglichkeiten entstehen, die Abwärme der Rechenzentren zu nutzen, da Flüssigkeitskühlung Abwärme mit einer höheren Temperatur erzeugen würde. Aus diesem Grund unternimmt EDNA neue Forschungen zu den verschiedenen Modellen und Methoden zur Schätzung des Energieverbrauchs von Rechenzentren. Darüber hinaus investiert EDNA verstärkt in die Untersuchung von Trends in der Technologie und spezifischen Aspekten der Energieeffizienz von Servern, da diese das Herzstück der Betriebsabläufe in einem Rechenzentrum darstellen. Die EDNA-Politikmacher werden weiterhin Energieeffizienzrichtlinien für Rechenzentren fördern, indem geeignete Kennzahlen zur Energieeffizienz verwendet werden, um bestehende und zukünftige Rechenzentren zu bewerten und die technischen, datenschutzrechtlichen, organisatorischen oder anderen Probleme anzugehen, die die Verfügbarkeit von Daten einschränken.

Die Arbeit der EDNA-Expert wird fortgesetzt, um weitere politische Szenarien und deren Auswirkungen quantitativ zu modellieren. Die EDNA-Expert werden daran arbeiten, das TEM wie folgt zu erweitern:

- Den Zeithorizont über das Jahr 2030 hinaus erweitern.
- Den Dateninhalt des TEM granularer gestalten und neue Technologie- und Politiksznarien einbeziehen.
- Ausgewählte Szenarien von Interesse für die EDNA-Politikmacher entwickeln und quantifizieren, z. B. für Rechenzentren und bedarfsflexible Geräte.
- Das TEM modular gestalten, damit es in Zukunft leichter für verschiedene Zwecke erweitert werden kann.
- Das TEM für die interaktive Online-Nutzung anpassen und aktualisieren.

Die EDNA-Mitglieder haben großes Interesse an Leitlinien geäußert, die ihnen helfen sollen, Richtlinien für bedarfsflexible Geräte zu entwickeln, und zwar aus zwei Perspektiven: a) die Bedarfsflexibilität der Geräte und deren Fähigkeit, auf Anforderungen aus dem Stromnetz oder auf lokale Nachfragebeschränkungen zu reagieren, und b) aus der Perspektive der Energieeffizienz (siehe Abbildung 25). Die Bedarfsflexibilität eines Geräts bezieht sich auf die Menge und Art der Bedarfsflexibilität, die das Gerät liefern kann, und ist somit mit verschiedenen Anwendungsfällen verknüpft. Diese Fähigkeit besteht grundsätzlich aus drei Parametern: der Leistung, also der maximalen Leistungsänderung (Erhöhung oder Verringerung), die das Gerät beispielsweise als Reaktion auf Muster der erneuerbaren Energieerzeugung liefern kann; der Dauer, also der Zeitspanne, über die das Gerät die Leistungsänderung liefern kann; und der Reaktionszeit, also der Geschwindigkeit, mit der das Gerät die

Leistungsänderung liefern kann. Der Einbau von bedarfsflexiblen Geräten, die ordnungsgemäß funktionieren, ist entscheidend für ein Stromnetz mit Netto-Null-Emissionen, da ihr Potenzial zur Reduzierung des Bedarfs an Energiespeicherung und Netzausbau erheblich ist.

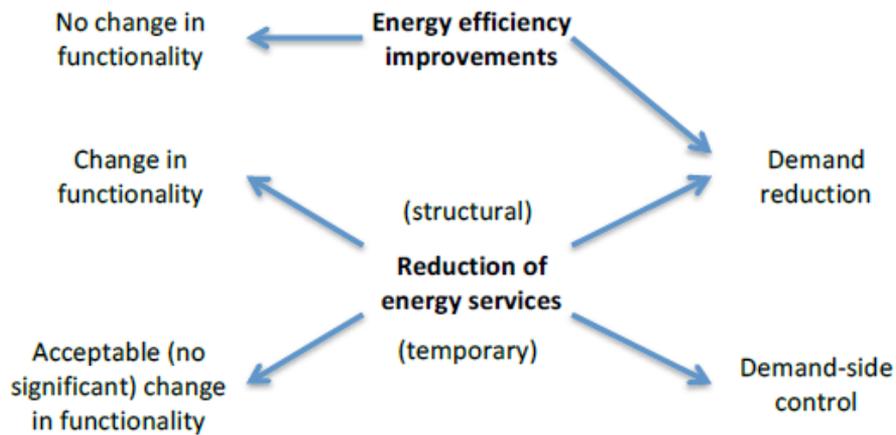


Abbildung 25: Beziehung zwischen Nachfrageflexibilität und Energieeffizienz (EDNA 2023).

Die Entwicklung von Richtlinien in diesem Bereich ist jedoch aus mehreren Gründen eine Herausforderung. Das Thema ist sehr neu, und es gibt noch keine Rechtsvorschriften in irgendeiner Rechtsordnung, sodass es kein vorhandenes Muster gibt, dem man folgen könnte. Wie bereits besprochen, gibt es auch Herausforderungen im Zusammenhang mit der Interoperabilität der Geräte. Damit alle Arten von Geräten bereit sind, von Dritten gesteuert zu werden, müssen komplexe technische und kommerzielle Herausforderungen überwunden werden.

Während seiner neuen fünfjährigen Laufzeit (2024 bis 2029) wird EDNA an bedarfsflexiblen vernetzten Geräten arbeiten und hat dafür einen speziellen Arbeitsbereich eingerichtet.

Die in Tabelle 5 aufgeführten Themen sind für die Forschung geplant, und die daraus resultierenden Berichte und politischen Handlungsempfehlungen werden auf der EDNA-Website veröffentlicht, sobald sie verfügbar sind.

Tabelle 5: Themen und wichtige Fragen im Rahmen des Workstreams „Nachfrageflexible Geräte“.

Thema	wichtige Fragen
Systemarchitektur und bedarfsflexible Plattformen	Welche Systemarchitekturen und bedarfsflexible Plattformen sind verfügbar?
Kommunikationswege	Welche Kommunikationswege werden bevorzugt? (z.B. Server und APIs von Geräteherstellern, Internet/WLAN)
Cybersicherheit und Datenschutz	Welche Ansätze werden für die Cybersicherheit von bedarfsflexiblen Geräten bevorzugt?
Standards, Normen und Protokolle	Was decken Standards und Normen derzeit ab? Ist Standardisierung der beste Ansatz? Ein oder mehrere Standards für nachfrageflexible Geräte?
Interoperabilitätslösungen	Ist eine Marktintervention erforderlich?
Testmethoden für Geräte	Welche Produkttests müssen entwickelt werden?
Heimenergiemanagementsysteme – HEMs	Aktueller Stand des Marktes für Heimenergiemanagementsysteme (HEMs)
Richtlinien und Maßnahmen	Wo wurden Richtlinien erlassen oder vorgeschlagen? Ist es zu früh, um zu regulieren? Bevorzugte Ansätze? Globale Empfehlungen?

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klassifizierung von DCs für den EDNA Workstream (angepasst von Harryvan 2023). 27

Tabelle 2: Energieverbrauch von Gleichstromkomponenten (angepasst von Harryvan, 2023). 28

Tabelle 3: Mögliche politische Optionen für die Interoperabilität und die Bereiche, für die sie gelten.
..... 41

Tabelle 4: Statistik ausgewählter Bereiche der EDNA-Website von Januar 2022 bis Februar 2024. 45

Tabelle 5: Themen und wichtige Fragen im Rahmen des Workstreams „Nachfrageflexible Geräte“.
..... 59

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ergebnisse der (europäischen) Erhebung über die Nutzung von IKT in Haushalten und durch Einzelpersonen in Österreich zwischen 2002 und 2023 (Statistik Austria 2023a).....	13
Abbildung 2: Screenshot des Portals der Statistik Austria zur IKT-Nutzung in Haushalten (Statistik Austria 2023b).....	14
Abbildung 3: Schema der Arbeitsbereiche von EDNA (EDNA 2023).....	15
Abbildung 4: Auszug aus dem Gesamtenergiemodell für die wichtigsten verbundenen Produktkategorien.	16
Abbildung 5: Schema der Rechenzentrums Umgebung, einschließlich des Energieeinsatzes (Wu et al. 2019).....	17
Abbildung 6: Energiebedarf von Rechenzentren in Deutschland (Hintermann et al. 2023).	19
Abbildung 7: Geschätzter Energieverbrauch der digitalen Infrastruktur nach Ländern (2022) (EG 2024).	20
Abbildung 8: Geplante Schritte für den Workstream zur Energieeffizienz von DCs (EDNA 2022). ..	21
Abbildung 9: Handlungsrahmen mit Aktivitäten für den Workstream Energieeffizienz von DCs (EDNA 2023).	22
Abbildung 10: Messung von Leistung und CPU-Last (Harryvan 2023).....	32
Abbildung 11: Business-as-Usual-Szenario (BAU) für den weltweiten Energieverbrauch von Datacentern bis 2030.	35
Abbildung 12: Global energy savings potential of DCs for six policy scenarios (Brocklehurst 2024).	36
Abbildung 13: Stand der Technik bei verschiedenen Batterietechnologien.....	39
Abbildung 14: Auszug aus der Datenbank über Normen als Ergebnis von EDNA's Task 27.	42
Abbildung 15: Ansicht der Landingpage von EDNA.....	44
Abbildung 16: Ausgewählte Statistiken der 4E-Website zwischen 2022 und 2024.	44
Abbildung 17: Eintrag von EDNA in LinkedIn, unter dem Profil 4E TCP.	45
Abbildung 18: Informationen zum EDNA-Webinar „Blockchain-Anwendungen - eine Energieperspektive“.....	48
Abbildung 19: Informationen über das EDNA-Webinar „Interoperabilität: Verbindung der Punkte in einer fragmentierten digitalen Energielandschaft“.....	49
Abbildung 20: Informationen über das EDNA-Webinar zum Thema „Empowering Efficiency: Eine politische Perspektive auf Datenzentren“.....	50
Abbildung 21: Die nationale Kommunikationsstrategie besteht aus 4 Säulen: Online Kanäle, Vernetzung, Veranstaltungen und Berichtslegung.	51
Abbildung 22: Ausschnitt des vom BMK betriebenen Portals: https://nachhaltigwirtschaften.at/de/iea/technologieprogramme/4e/iea-4e-annex-edna-arbeitsperiode-2022-2024.php	52
Abbildung 23: Adriana Díaz präsentiert EDNA bei der IEA Networking Veranstaltung 2022 des BMK (© Blauensteiner, ÖGUT).....	53
Abbildung 24: Präsentation von Dr. Díaz auf der e.nova 2023 (©FH Burgenland).....	55
Abbildung 25: Beziehung zwischen Nachfrageflexibilität und Energieeffizienz (EDNA 2023).....	58

Literaturverzeichnis

OVE – Österreichischer Verband für Elektrotechnik (2022). OVE CLC TR 50600-99-1. Information technology – Data centre facilities and infrastructures. Part 99-1: Recommended practices for energy management. Edition: 01.01.2022.

AEA – Austrian Energy Agency (2022). DigAT-2040 – Auswirkungen der Digitalisierung auf Energieverbrauch und Klima in Österreich. Österreichische Energieagentur, Wien. <https://www.energyagency.at/digat-2040>. Last access 29.07.2024

Baumann, M., Eggler, L., Pauritsch, G., and Rohrer, M. (2022a). Auswirkungen der Digitalisierung auf Energieverbrauch und Klima in Österreich. D3.1- Kurzpapier Szenarien., Österreichische Energieagentur, Wien. https://www.energyagency.at/fileadmin/1_energyagency/projekte/digitalisierung/digat/digat2040_d3.1_szenarien_final.pdf. Last access 29.07.2024.

Baumann, M., Eggler, L., Pauritsch, G., and Rohrer, M. (2022b). Auswirkungen der Digitalisierung auf Energieverbrauch und Klima in Österreich. D4.1-Quantifizierung der Szenarien. Österreichische Energieagentur, Wien. https://www.energyagency.at/fileadmin/1_energyagency/projekte/digitalisierung/digat/digat2040_d4.1_modelergebnisse_final.pdf. Last access 29.07.2024.

Brocklehurst F. (2021). International Review of Energy Efficiency in Data Centres for the Australian Department of Industry, Science, Energy and Resources. Ballarat Consulting. <https://www.dcceew.gov.au/sites/default/files/documents/international-review-energy-efficiency-data-centres.pdf>. Last access 29.07.2024.

Brocklehurst, F. (2024) Policy development on energy efficiency of data centres. Ballarat Consulting. <https://www.iea-4e.org/wp-content/uploads/2024/02/Policy-development-on-energy-efficiency-of-data-centres-draft-final-report-v1.05.pdf>. Last access 24.07.2024.

ACEF – Austrian Climate and Energy Funds (2022) (Klima- und Energiefonds). 5th Call Energy Transition 2050 – Guidelines. Vienna, Austria. https://www.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/sites/16/Leitfaden_ET-2022_final.pdf#page=12. Last access 29.07.2024

DB – Deutscher Bundestag (2021). Sachstand Energieverbrauch von Rechenzentren. WD 8 – 3000 – 070/21. Fachbereich: WD 8: Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit, Bildung und Forschung.

Díaz A. (2020). The Total Energy Model for Connected Devices. Proceedings of the e.nova International Congress 2020. Fachhochschule Burgenland GmbH. Pinkafeld, Austria. Band 24, 297-303.

Díaz A. (2023). An international policy-oriented workstream for energy efficiency of Data centres. Proceedings of the e.nova International Congress 2023. Fachhochschule Burgenland GmbH. Pinkafeld, Austria. DOI: 10.57739/978-3-903207-79-0. Last access 29.07.2024.

Dodd, N., Alfieri, F., Maya-Drysdale, L., Viegand, J., Flucker, S., Tozer, R., Whitehead, B., Wu, A. and Brocklehurst, F. (2020). Development of the EU Green Public Procurement (GPP) Criteria for Data Centres, Server Rooms and Cloud Services. Final Technical Report, EUR 30251 EN, Publications Office of the EU, Luxembourg, 2020, ISBN 978-92-76-19447-7, doi:10.2760/964841, JRC118558. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/89971797-a9fa-11ea-bb7a-01aa75ed71a1/language-en>. Last access 29.07.2024.

EC – European Commission (2023). Server and data storage products. Ecodesign requirements. https://energy-efficient-products.ec.europa.eu/ecodesign-and-energy-label/product-list/servers-and-data-storage-products_en. Last access 29.07.2024.

EC – European Commission (2024). Joint Research Centre, Kamiya, G. and Bertoldi, P., Energy Consumption in Data Centres and Broadband Communication Networks in the EU, Publications European Union, Luxembourg, 2024, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/706491>, JRC135926. Last access 29.07.2024.

EDNA – Electronic Devices and Networks Annex (2020). [EDNA Total Energy Model 2.0](#).

EDNA – Electronic Devices and Networks Annex (2022). [Data Centres Workstream Activity #1 – Scope, Trends and Data Availability](#). Last access 02.08.2024.

EDNA – Efficient demand flexible networked appliances (2023). Proposal 4th term. Internal document, May 2023.

EDNA – Efficient demand flexible networked appliances (2024). Policy framework for Demand Flexibility (DF) in consumer products. Draft internal document, February 2024.

The Green Grid (2017). ICT Capacity and Utilization Metrics. <https://www.thegreengrid.org/en/resources/library-and-tools/436-WP#72---ICT-Capacity-and-Utilization-Metrics>. Last access 29.07.2024.

Harryvan D.H. (2023). Policies for Data Centre Energy Efficiency: Scope, Trends and Availability of Data. Report Prepared for IEA – 4E EDNA. [iea-4e.org/wp-content/uploads/publications/2023/02/DC-Workstream-activity-1-publication-version.pdf](https://www.iea-4e.org/wp-content/uploads/publications/2023/02/DC-Workstream-activity-1-publication-version.pdf). Last access 29.07.2024.

Harryvan D.H. (2021). The Idle Coefficients – KPIs to assess energy wasted in servers and data centres. Report Prepared for IEA – 4E EDNA. <https://www.iea-4e.org/wp-content/uploads/2021/10/Server-Idle-Coefficients-FINAL-1.pdf>. Last access 29.07.2024.

Hintermann, R., Hinterholzer, S. and Seibel, H. (2023). Rechenzentren in Deutschland. Aktuelle Marktentwicklungen – Update 2023. Berlin: Borderstep Institut. <https://www.bitkom.org/sites/main/files/2023-05/BitkomStudieRechenzentreninDeutschland2023.pdf>. Last access 29.07.2024.

IEA - International Energy Agency (2017) Digitalization and Energy. License CC BY 4.0 <https://www.iea.org/reports/digitalisation-and-energy>. Last access 29.07.2024.

IEA - International Energy Agency (2022). Data Centres and Data Transmission Networks. License: CC BY 4.0. <https://www.iea.org/energy-system/buildings/data-centres-and-data-transmission-networks>. Last access 29.07.2024.

IEA - 4E - International Energy Agency, Energy Efficient End-use Equipment TCP (2022). Progressing energy efficiency policy for systems. <https://www.iea-4e.org/wp-content/uploads/publications/2022/07/4E-Progressing-Energy-Efficiency-Policies-for-Systems-v2.pdf>. Last access 29.07.2024.

ITU - International Telecommunication Union (2018). Functional requirements and framework of green data centre energy-saving management system. Recommendation ITU-T L.1303 (11/2018). https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-L.1303-201811-I!!PDF-E&type=items. Last access 29.07.2024.

Jakob, M., Müller, J. and Altenburger, A. (2021). Rechenzentren in der Schweiz – Stromverbrauch und Effizienzpotential. EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie. Bern, Switzerland. <https://www.newsd.admin.ch/newsd/message/attachments/66075.pdf>. Last access 29.07.2024.

JGITPC - Japanese Green IT Promotion Council (2012). New Data Center Energy Efficiency Evaluation Index DPPE (Datacenter Performance per Energy) Measurement Guidelines (Ver 2.05, March 2012). https://home.jeita.or.jp/greenit-pc/topics/release/pdf/dppe_e_DPPE_Measurement_Guidelines.pdf. Last access 29.07.2024.

Kamiya, G. (2021). Total Energy Model for Connected Devices. Webinar series. 28 April, 2021. International Energy Agency. Paris, France. <https://www.iea.org/events/modernising-energy-efficiency-through-digitalisation-webinar-series-total-energy-model-for-connected-devices>. Last access 29.07.2024.

theconversation.com (2021). The internet consumes extraordinary amounts of energy. Here's how we can make it more sustainable. <https://theconversation.com/the-internet-consumes-extraordinary-amounts-of-energy-heres-how-we-can-make-it-more-sustainable-160639/>. Last access 29.07.2024.

Masanet, E., Shehabi, A., Lei, N., Smith, S. and Koomey, J. (2020). Recalibrating Global Data Center Energy-Use Estimates. *Science* 367, No. 6481 (2020): 984-986. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aba3758>. Last access 29.07.2024.

OJEU – Official Journal of the European Union (2019). Commission Regulation (EU) 2019/424. Document 32019R0424. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019R0424>. Last access 29.07.2024.

Ryan, P., Smith, T. and Wu, A. (2019). Total Energy Model for Connected Devices. Report Prepared for IEA – 4E EDNA. https://www.iea-4e.org/wp-content/uploads/publications/2019/06/A2b_-_EDNA_TEM_Report_V1.0.pdf. Last access 29.07.2024.

Ryan, P., Smith, T. and Wu, A. (2021) Total Energy Model V2.0 for Connected Devices. Report Prepared for IEA – 4E EDNA. <https://www.iea-4e.org/wp-content/uploads/publications/2021/02/EDNA-TEM2.0-Report-V1.0-Final.pdf>. Last Access 31.07.2024.

Siderius, H.P., Brocklehurst, F. and Díaz, A. (2024). Policy measures for energy efficiency of data centres. European Council for an Energy Efficient Economy -ECEEE Summer Study Proceedings. https://www.eceee.org/library/conference_proceedings/eceee_Summer_Studies/2024/8-products-systems-and-technologies-to-decarbonise-buildings/policy-measures-for-energy-efficiency-of-data-centres/. Last access 29.07.2024.

Statista (2024a). IoT connections worldwide 2022-2033. <https://www.statista.com/statistics/1183457/iot-connected-devices-worldwide/>. Last access 29.07.2024.

Statista (2024b). Global IoT and non-IoT connections 2010-2025. <https://www.statista.com/statistics/1101442/iot-number-of-connected-devices-worldwide/>. Last access 29.07.2024.

Statistik Austria (2022). Press release 12 919-217/22. Smart devices and systems more and more popular: <https://www.statistik.at/fileadmin/announcement/2022/10/20221019IKTHaushalte2022EN.pdf>. Last access 29.07.2024.

Statistik Austria (2022). Pressemitteilung: 12 919-217/22. Smarte Geräte und Systeme immer beliebter. <https://www.statistik.at/fileadmin/announcement/2022/10/20221019IKTHaushalte2022.pdf>. Last access 29.07.2024.

Statistik Austria (2023a). IKT-Einsatz in Haushalten. Highlights: Ausgewählte Ergebnisse im Zeitverlauf 2002 bis 2023 – in Prozent. <https://www.statistik.at/statistiken/forschung-innovation-digitalisierung/digitale-wirtschaft-und-gesellschaft/ikt-einsatz-in-haushalten>. Last access 29.07.2024.

Statistik Austria (2023b). IKT-Einsatz in Haushalten. <https://www.statistik.at/statistiken/forschung-innovation-digitalisierung/digitale-wirtschaft-und-gesellschaft/ikt-einsatz-in-haushalten>. Last access 29.07.2024.

Uptime Institute (2024). Large data centers are mostly more efficient, analysis confirms. Uptime Institute, New York, USA. <https://journal.uptimeinstitute.com/large-data-centers-are-mostly-more-efficient-analysis-confirms>. Last access 29.07.2024.

van Werkhoven, M. and Kulterer, K. (2021). Digitalization in Electric Motor-Driven Systems. Proceedings of the 11th International EEMODS'19 Conferencer. Springer Proceedings in Energy. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-69799-0_41. Last access 30.07.2024.

Viegand Maagøe - Viegand Maagøe Consultants (2022). Energy Efficiency Metrics for Data Centres. Report prepared for IEA – 4E EDNA. <https://www.iea-4e.org/wp-content/uploads/2022/10/EDNA-Studies-Metrics-for-data-centre-efficiency-Final.pdf>. Last access 29.07.2024.

Wu, A., Ryan, P., Smith, T., and Wong, H. (2019). Intelligent efficiency for data centres and wide area networks. Report prepared for IEA – 4E EDNA. <https://www.iea-4e.org/wp-content/uploads/2021/01/A1b - DC WAN V1.0.pdf>. Last access 29.07.2024.

Abkürzungen

4E: Energieeffiziente Endverbrauchsgeräte TCP (Energy Efficient End-Use Equipment TCP)

BMK: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie

DC: Rechenzentrum (Data centre)

DCcE: Leistungsdichte des Rechenzentrums (Data center compute Efficiency)

DCIM: Software für das Infrastrukturmanagement der Rechenzentren (Data Center Infrastructure Management Software)

DCPD: Leistungsdichte-Effizienz (Data center power density)

DF: Bedarfsflexible Geräte (Demand-flexible devices also, Demand-flexibility)

DP-UE: Auslastungsverhältnis der eingesetzten Hardware (Deployed hardware utilization efficiency)

DP-UR: Workload-Energieeffizienz des Rechenzentrums (Deployed hardware utilization ratio)

DPPE: Leistung des Rechenzentrums pro Energie (Data center Performance Per Energy)

DWPE: IT-Hardware-Strom-Overhead-Multiplikator (Data center workload power efficiency)

EC: Europäische Kommission (European Commission)

EDNA: Ehemals: Elektronische Geräte und Networks Annex, derzeit: Effiziente bedarfsgesteuerte Netze und elektronische Geräte (Formerly: Electronic Devices and Networks Annex, currently: Efficient Demand Flexible Networked Appliances Platform)

EMSA: Annex Elektromotorensysteme, derzeit Plattform Elektromotorensysteme (Electric Motor Systems Annex, currently Electric Motor Systems Platform)

EU: Europäische Union (European Union)

FFG: Forschungsförderungsgesellschaft

HEM: Energiemanagementsystem für Haushalte (Home energy management system)

H-POM: Leistung des Rechenzentrums pro Energie (IT hardware power overhead multiplier)

IEA: Internationale Energieagentur (International Energy Agency)

IT, ICT: Informationstechnologien, Informations- und Kommunikationstechnologien (Information technologies, information and communication technologies)

PDE: Auslastungseffizienz der eingesetzten Hardware (Power density efficiency)

SWaP: Raum-, Watt- und Leistungsbedarf (Space, Watts and Performance)

TEM: Gesamtenergiemodell (EDNA's Total Energy Model)

TCP: IEA-Programm zur Technologiezusammenarbeit (IEA Technology Collaboration Program)

usw.: und so weiter

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

+43 800 21 53 59

servicebuero@bmk.gv.at

bmk.gv.at