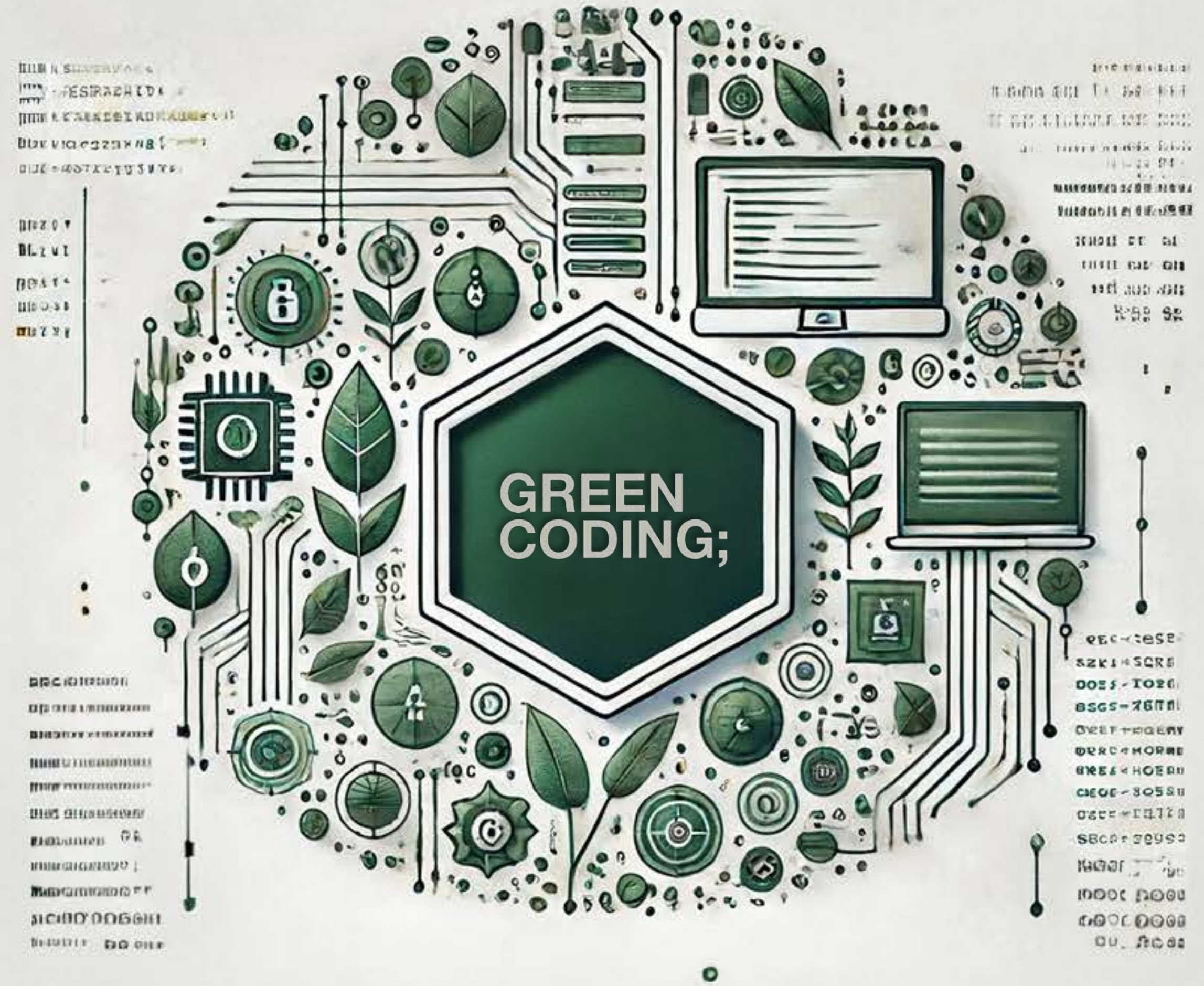




Green Coding Solutions GmbH



Grants and Awards



Green Screen Coalition



Nachhaltige Software und KI

9. April 2026 - GI Online Veranstaltung

 **GREEN** CODING;

Who am I

Arne Tarara - Green Coding Solutions GmbH (Germany)

- CEO & Gründer of Green Coding Solutions
- Bereiche: Spezialisiert auf Reduzierung von CO₂-Emissionen in der Softwareentwicklung.
- Bereiche: Forschung, Messung, Tools, Infrastruktur, Beratung
- Open Source: Alle unsere Tools sind FOSS und frei Verfügbar



**Lufthansa
Industry Solutions**



**Green
Software
Foundation**



ecoCompute



wagtail



GREEN CODING;

Agenda

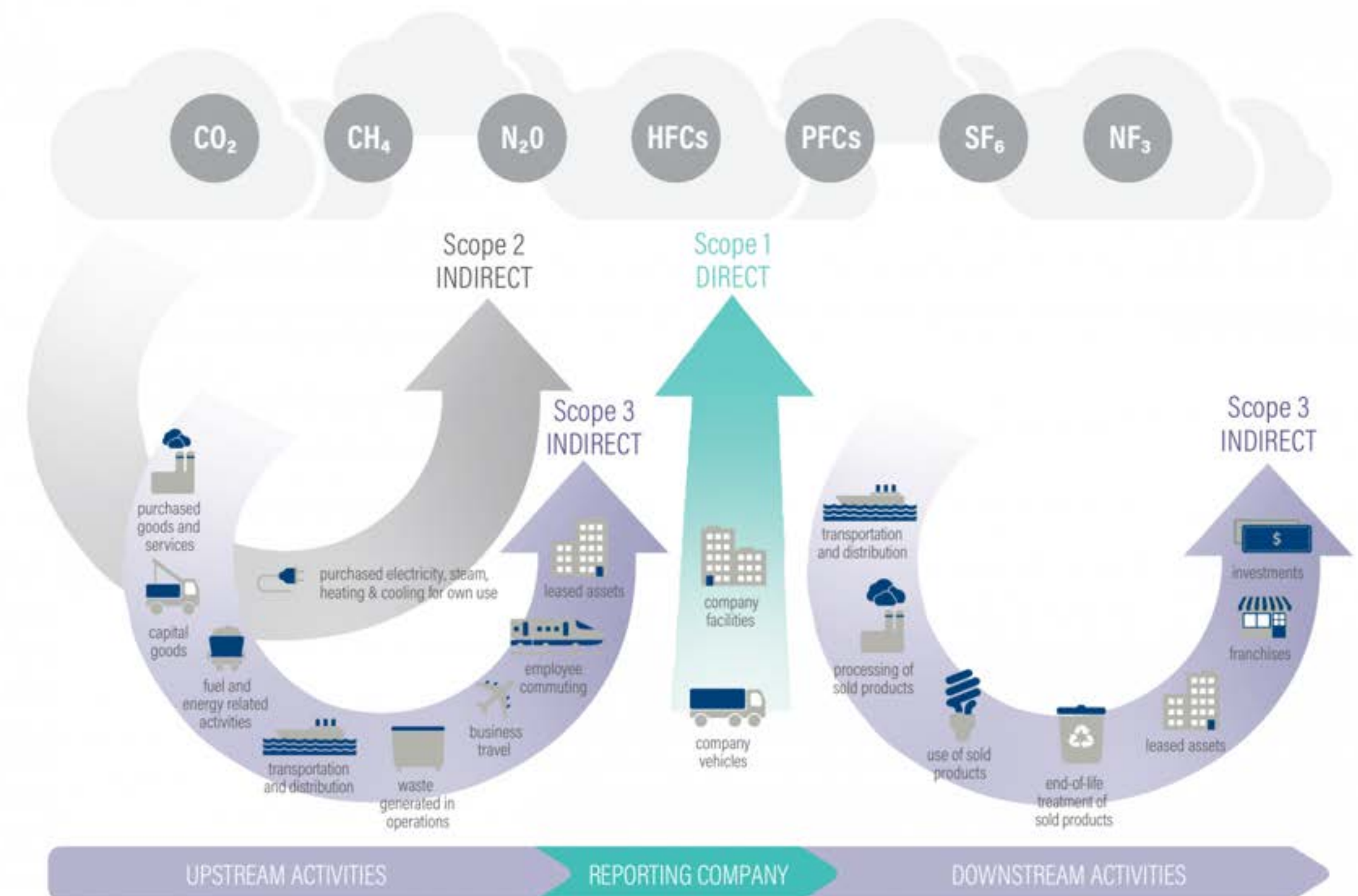
Worüber werden wir reden

- Was ist eigentlich Green Coding?
 - Hintergrundwissen zum Energie- und CO2-Verbrauch von Software
 - Wie quantifizieren wir den CO2-Ausstoß einer Software-, Energie-/Strommix-/Hardware-Produktion?
- Warum ist Green Coding aktuell weniger präsent in den Medien?
- Wie wandelt sich Green Coding aktuell?
- Was Green Coding leisten kann (Success Stories)
- Wie man sich hervorragend in die Nessel setzt (Fail Stories)
- Wie und wo kann ich selber aktiv werden
- Fragen/ Diskussion (Block am Ende)

Hintergrund - GHG scope model

Wie sprechen wir über CO₂ (Kategorien)

- Die Emissionen von Software entstehen in den Bereichen „Scope 2“ und „Scope 3“.
- **Scope 2:** Energieverbrauch der zugrunde liegenden Hardware
- **Scope 3 (vorgelagert):** Miete oder Kauf von Hardware
- **Scope 3 (nachgelagert):** Nutzung durch den Kunden
- Beispiel (nachgelagert): WordPress (50 MB Software mit über 474 Millionen Nutzern) verursacht 226.268,64 kg CO₂



Background - IKT Energie Verbrauch

Wir haben nicht genug grüne Energie - Und das ist Prä-KI (2020)

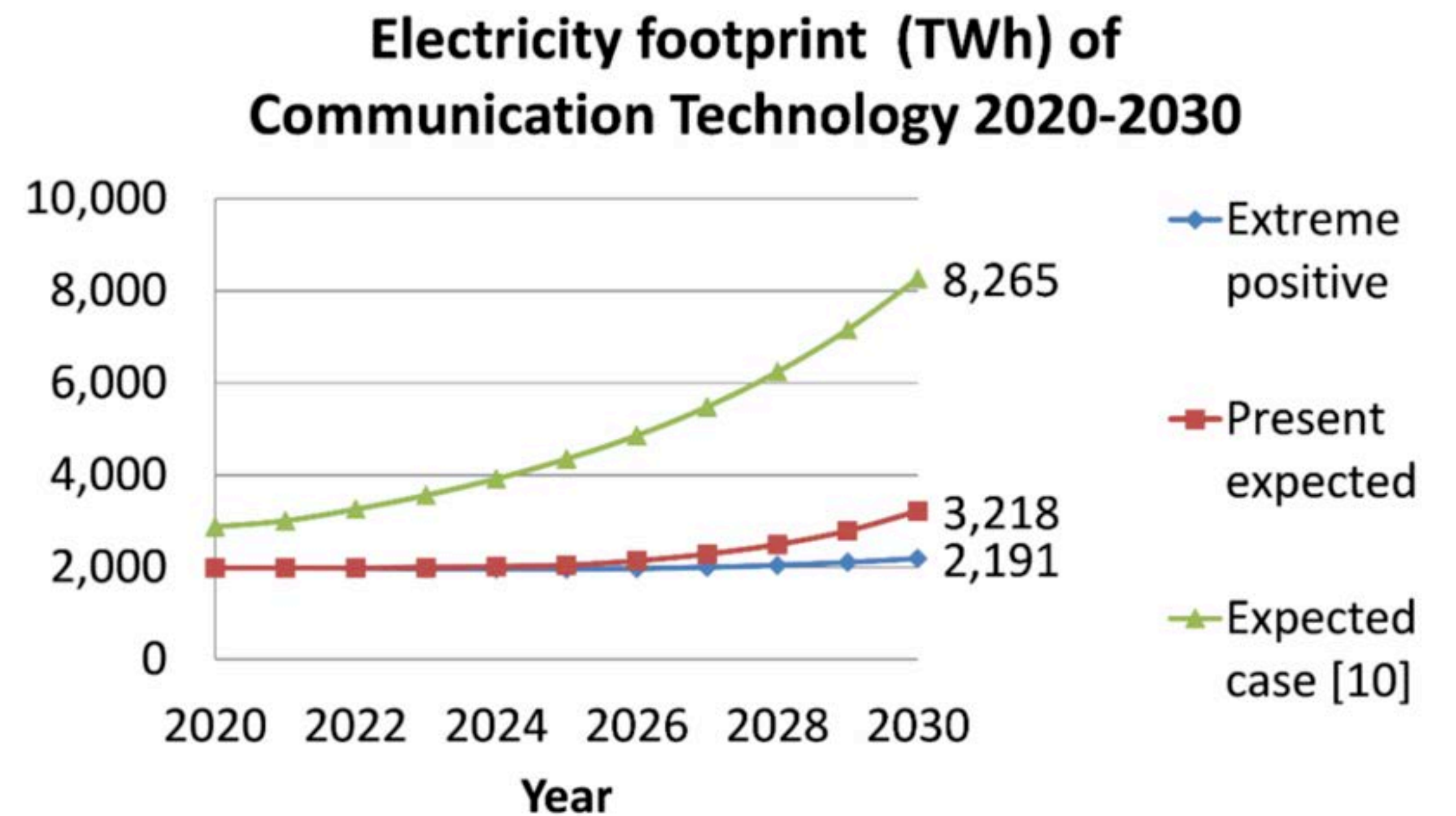
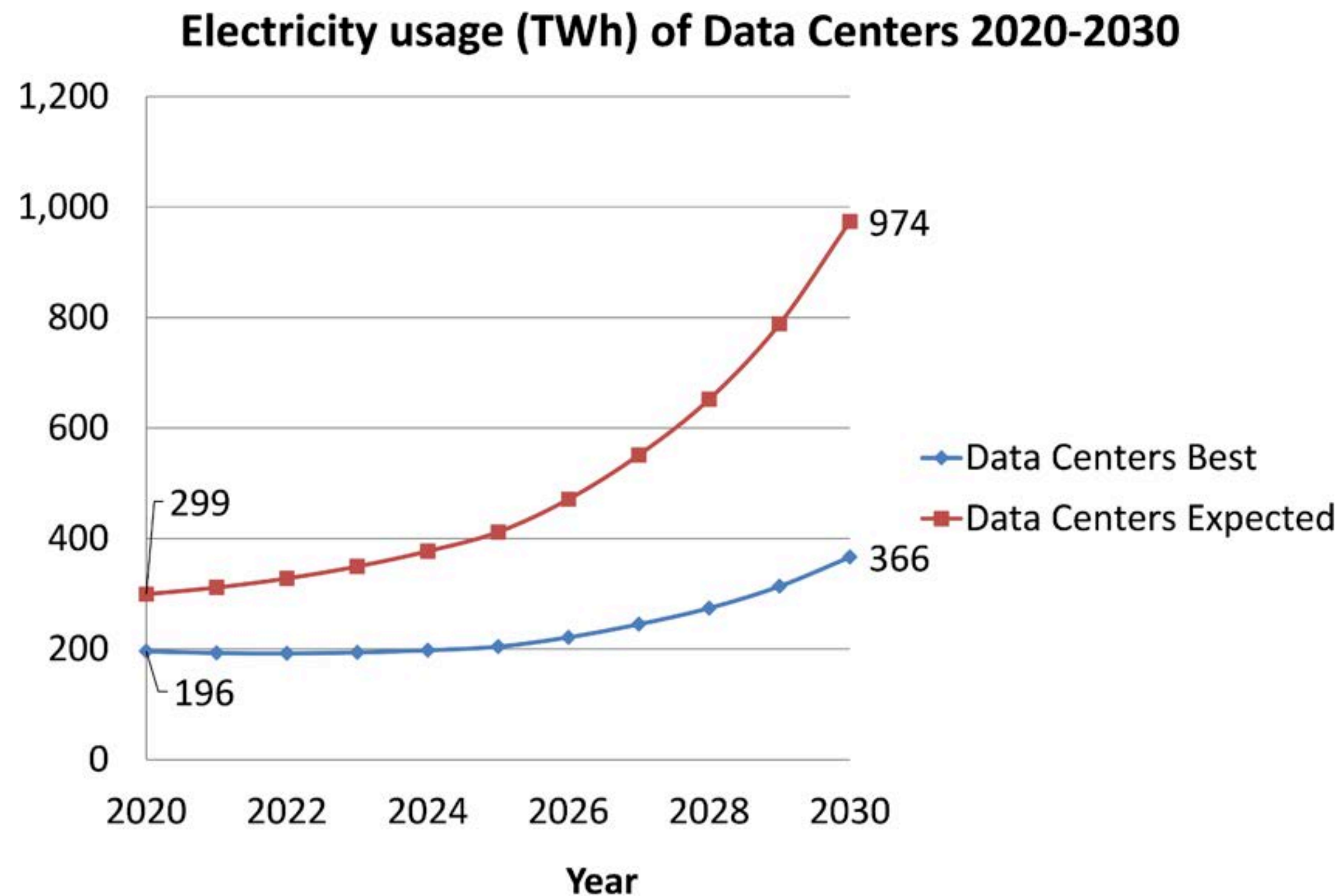
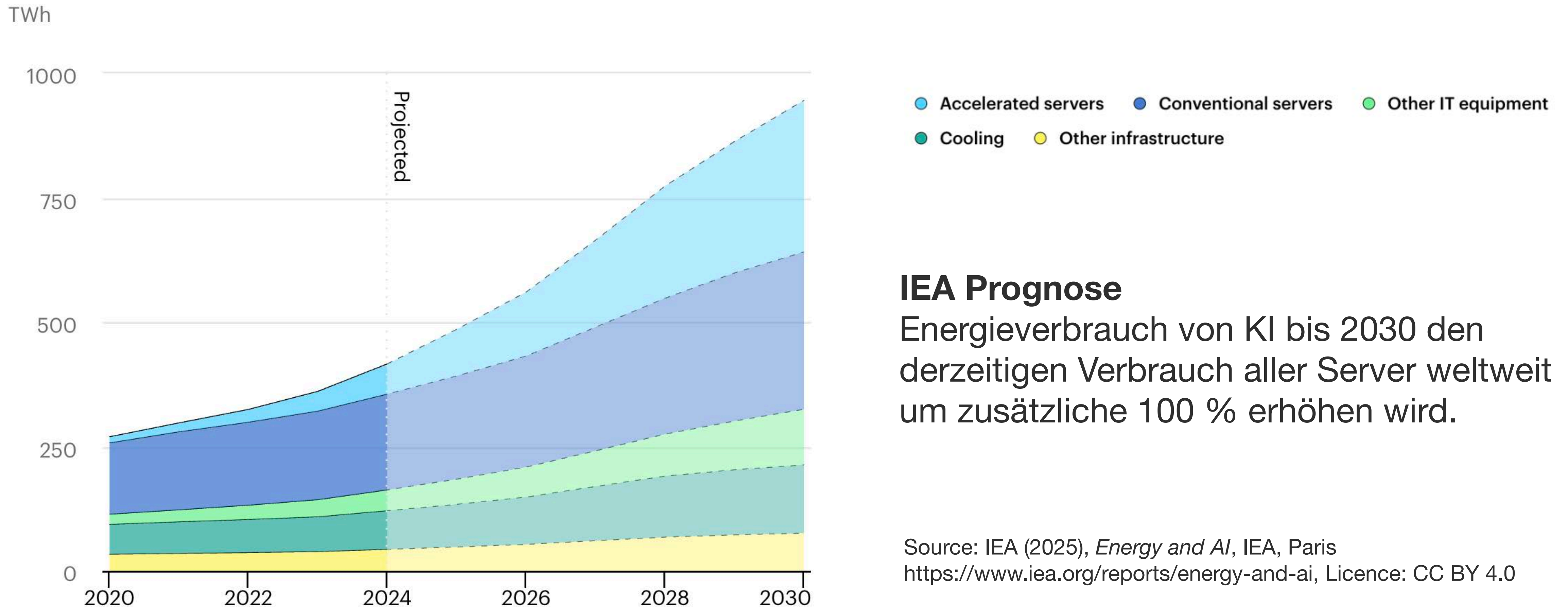


Figure 7. Trends for ICT electric power use 2020 to 2030.

Andrae, A. , <https://pisrt.org/psr-press/journals/easl-vol-3-issue-2-2020/new-perspectives-on-internet-electricity-use-in-2030/>

Background - ICT energy consumption

AI makes it worse. So far we have seen no net savings through usage of AI



IEA Prognose

Energieverbrauch von KI bis 2030 den derzeitigen Verbrauch aller Server weltweit um zusätzliche 100 % erhöhen wird.

Source: IEA (2025), *Energy and AI*, IEA, Paris
<https://www.iea.org/reports/energy-and-ai>, Licence: CC BY 4.0

Software und CO₂

Woher kommen die Emissionen - Verursacherprinzip

 **GREEN** CODING;

Woher kommen die Software Emissionen?

Von der Infrastruktur auf der Software läuft und mehr der sie kommuniziert

- **Component drilldown (What component)**

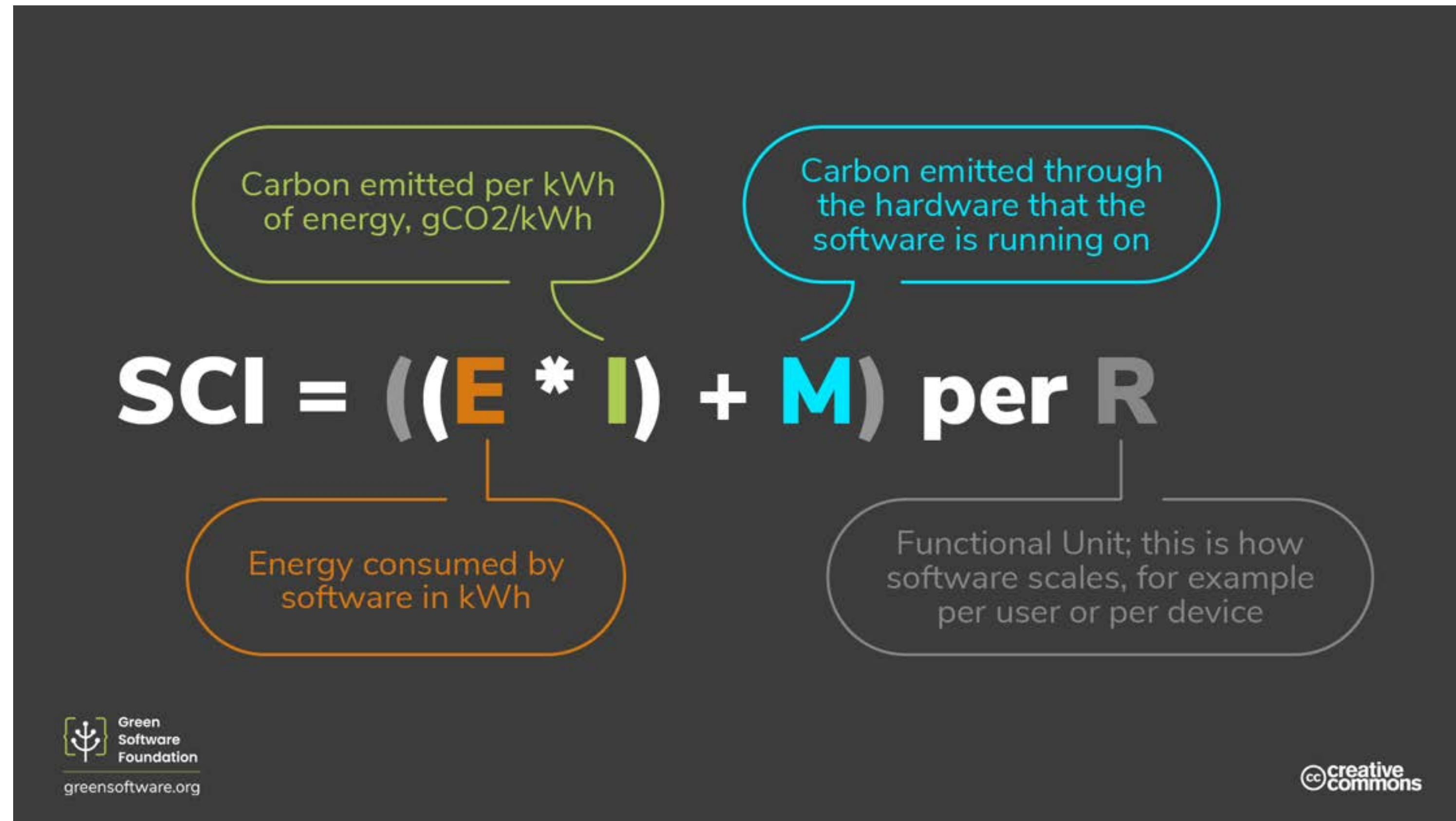
- Servers
- End-User-Devices
 - Computers
 - Mobile
 - Screens
 - ...
- Datacenters
- Network infrastructure

- **Domain drilldown (Which phase of the lifecycle)**

- Energy consumption (Usage phase)
 - and thus CO2 emissions through energy generation
- Embodied Emissions
 - CO2
 - Water use
 - Land use
 - Toxic metals
 - ... (next slide - carbon tunnel vision)
- End-of-Life - Recycling / Electronic waste

SCI by the Green Software Foundation

ISO/IEC 21031:2024 - Standard Publication - Weit verbreitetste Methodologie



Wie messen wir Energie?

Natürlich direkt an der Steckdose, ist doch klar! :)



Amazon Version



Industry Version (light)

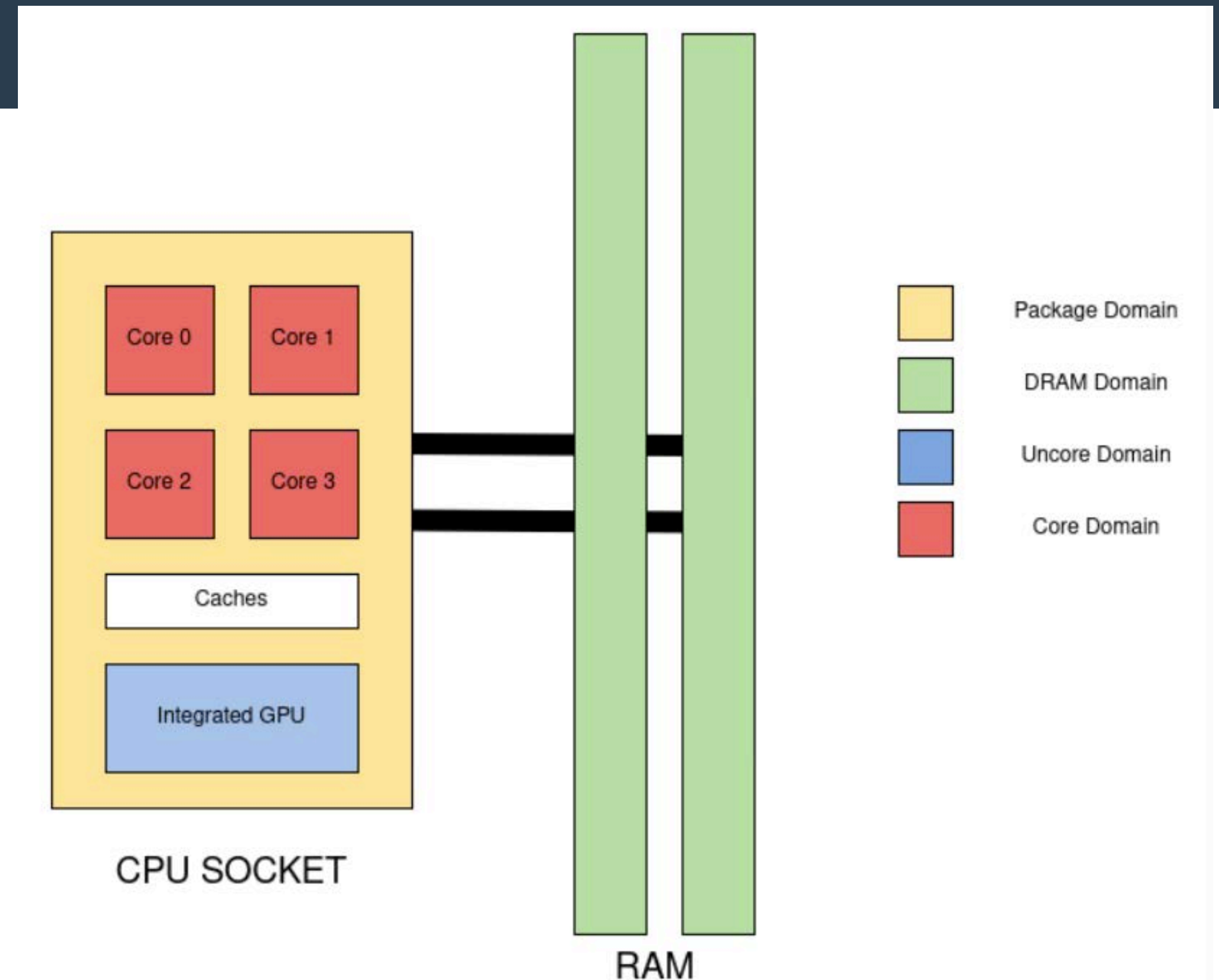


Labor Version

Measurement on-chip: RAPL

Meistgenutzte Technologie aktuell

- Energieregister auf modernen Intel/AMD CPUs
- Domänen:
 - CPU-Energie Package / Kern (AMD)
 - DRAM
 - GPU (integrated)
 - PSYS
- Softwaremodell basierend auf Spannungsregler etc.
 - Auflösung 1 ms/15,3 Mikrojoule
 - Auslesbar als PMU/PMC

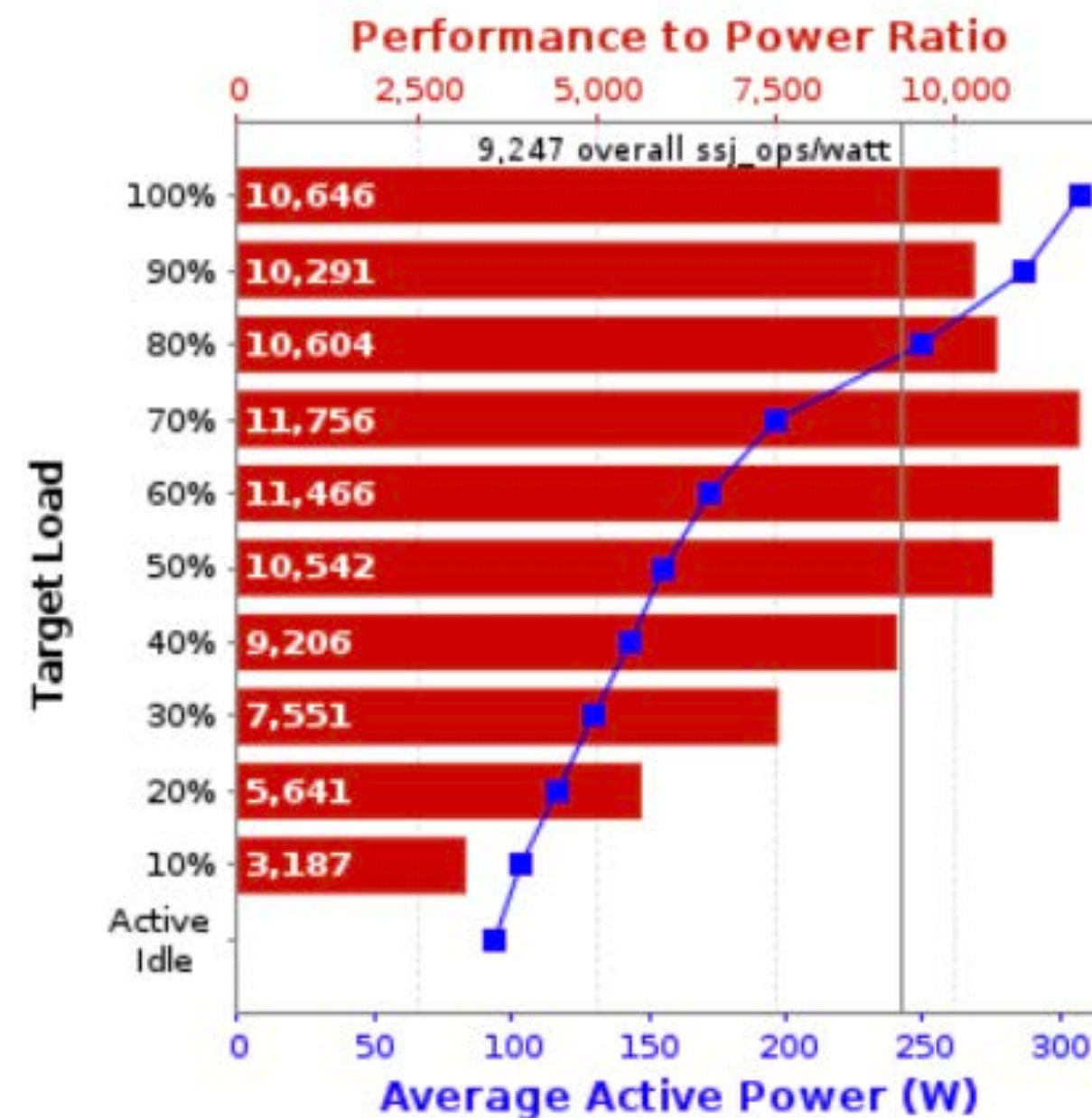


Machine Learning Modell für Energieverbrauch

Basierend auf standardisierten Energiekurven



ASUSTeK Computer Inc. RS720Q-E9-RS8
(2019)



Hewlett Packard Enterprise ProLiant DL110
Gen10 Plus

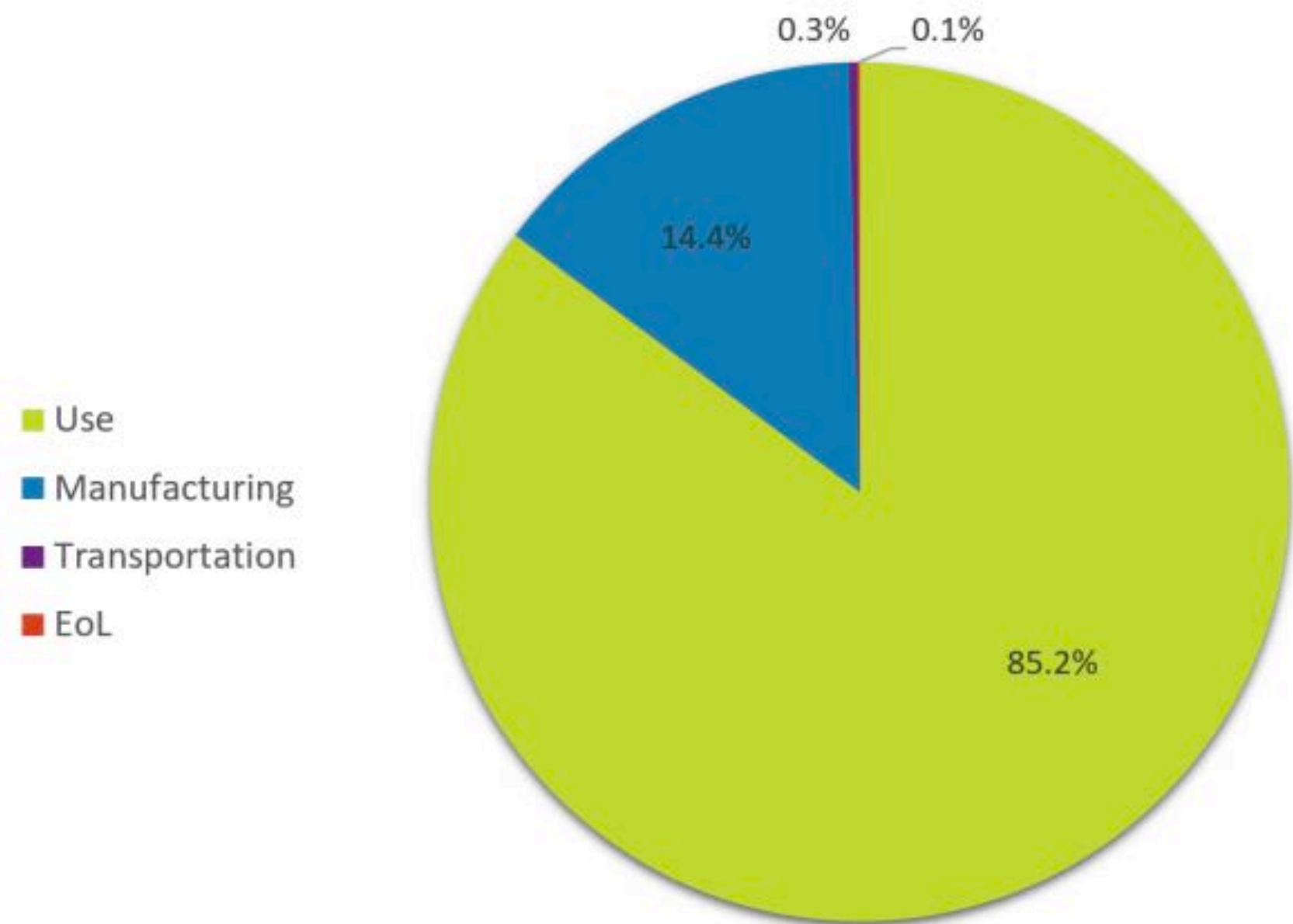


QuantaGrid D43K-1U (2022)

Embodied Emissions (Gebundene Emissionen)

Vergleich von Server- und Anwender-Geräten

Server Side [2]

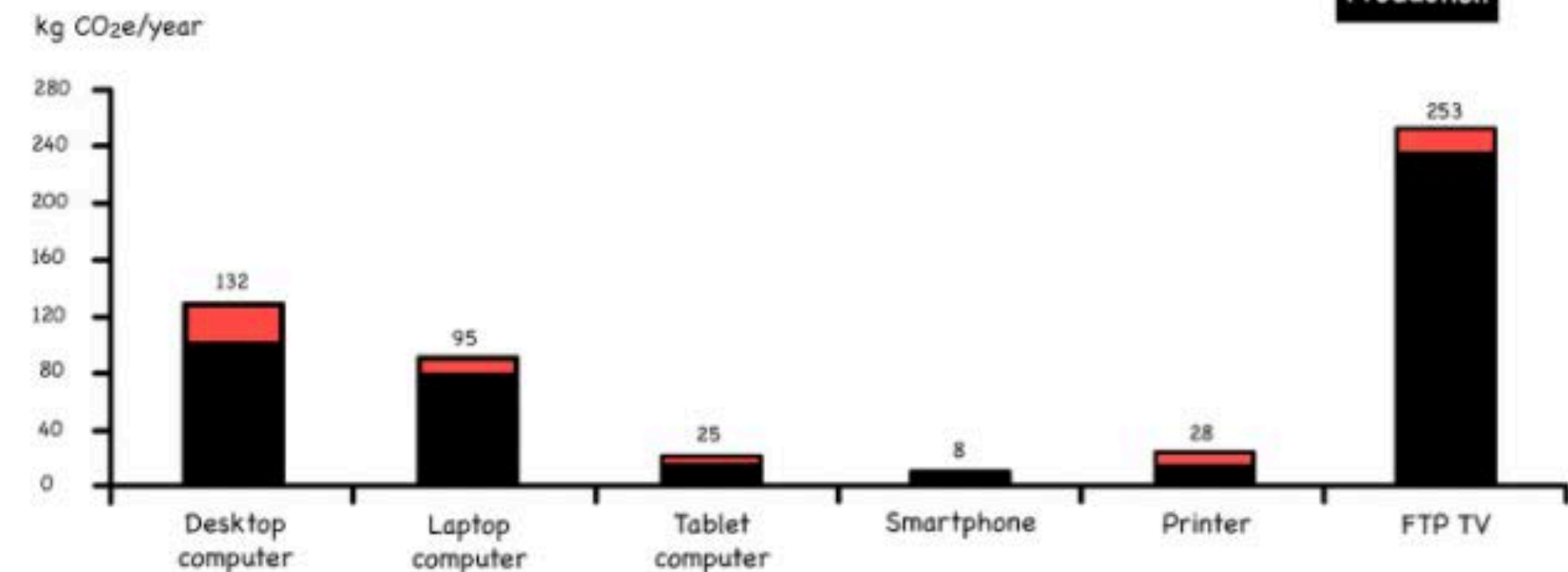


Est. product carbon footprint, page 1

Client Side [1]

Direct effects

CO₂e emissions per ICT end user device



Reduction of environmental impact from production by

- Reduction of the number of devices (e.g., through lifetime extension, fewer devices per person)
- Increase in energy and material efficiency in production

Emissionen aus der Stromerzeugung

Grid Intensity - Using open data sources via API

- **Electricitymaps**
<https://www.electricitymaps.com/>
- **Carbon-Aware-SDK**
<https://github.com/Green-Software-Foundation/carbon-aware-sdk>
- **Bundesnetzagentur (DE)**
<https://www.smard.de/home>
- **Watttime** <https://www.watttime.org/>
- ... viele weitere

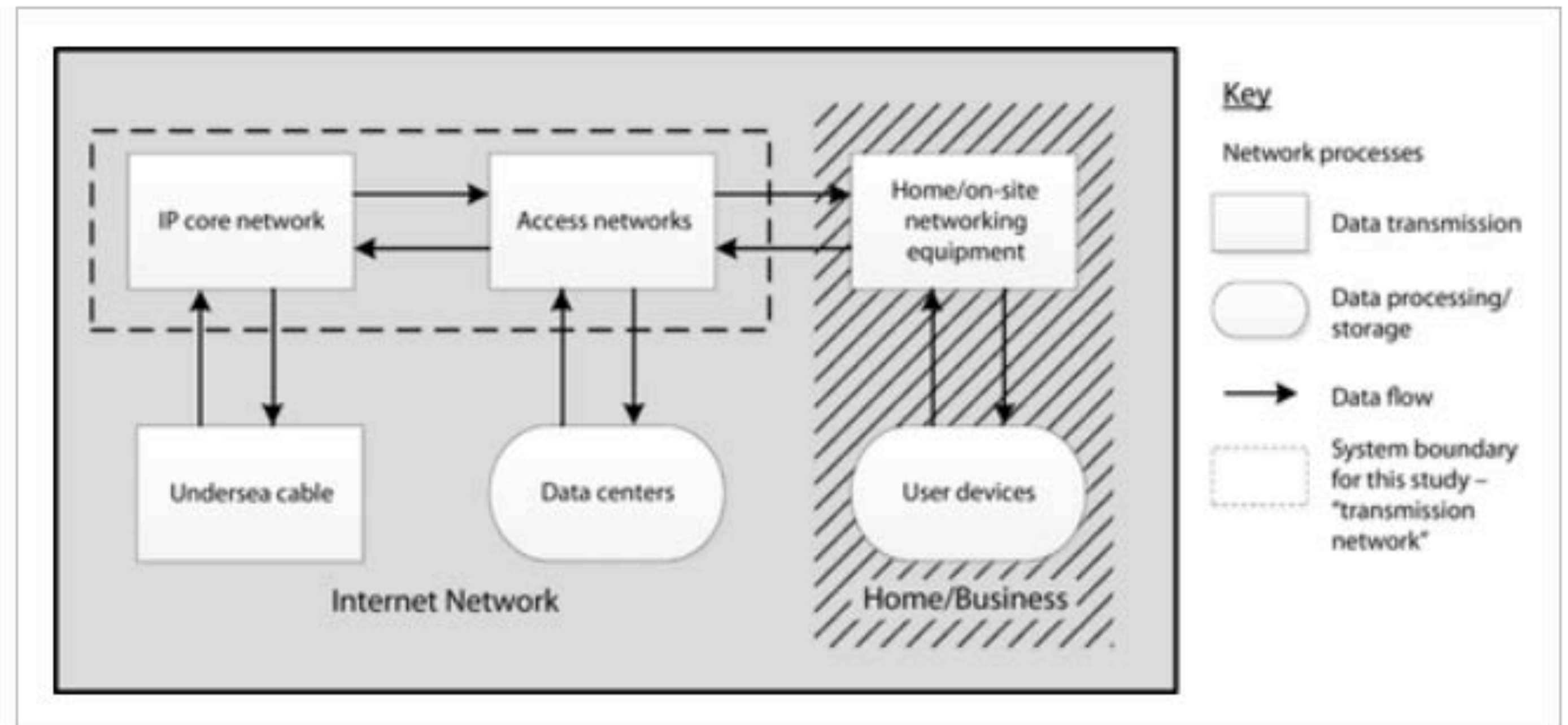


Netzwerk Energie Verbrauch

In SCI nicht per Definiton enthalten

- Estimates energy of network usage through transmitted data or time of use
- 0.002652 kWh / GB [1]
- Scoping is very important and can result in 10x difference
- Bad for accounting, but very good for optimizations, because of proportionality consideration
- No embodied carbon due to GHG when looking at downstream

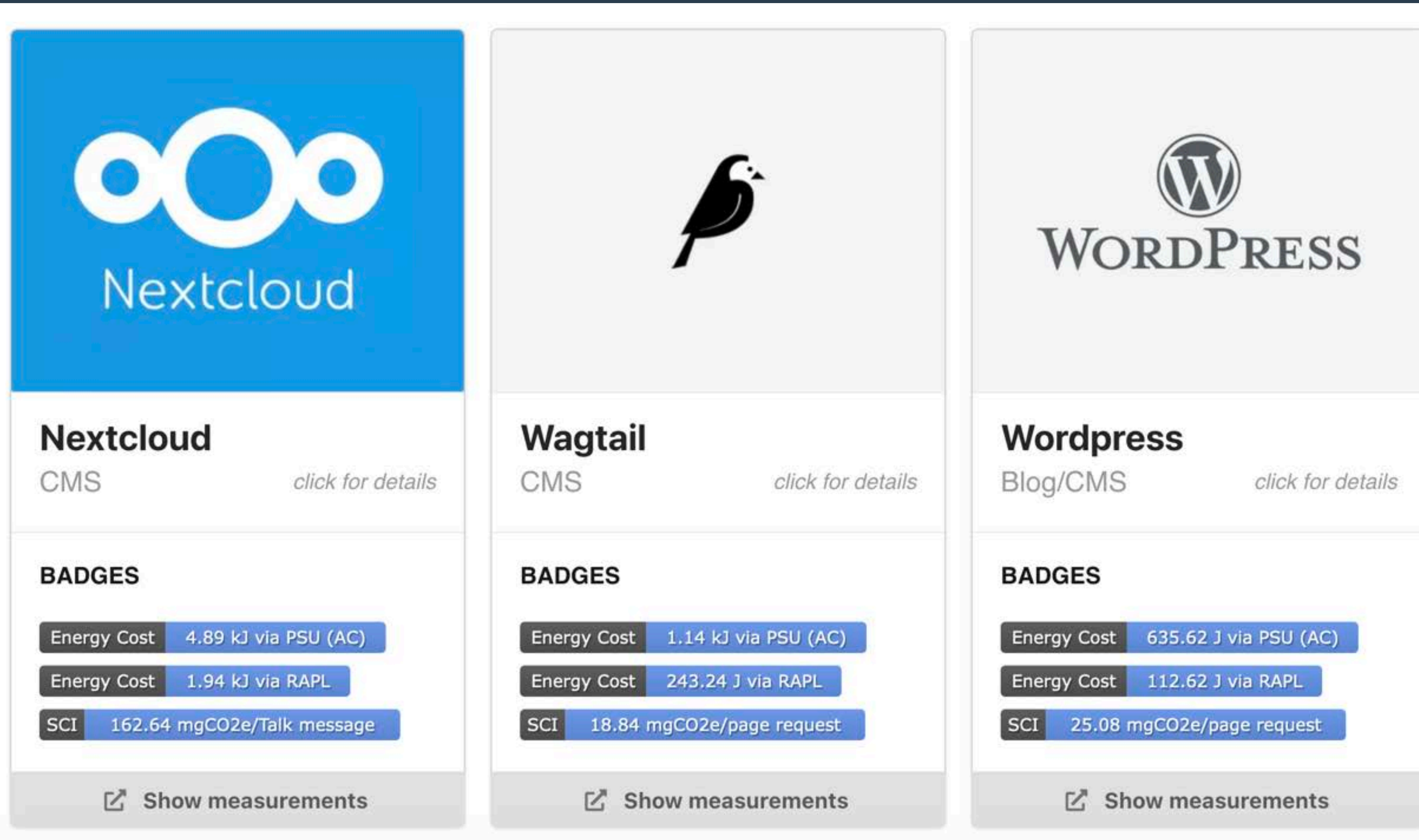
[1] <https://www.green-coding.io/co2-formulas/>



Global data-transmission networks used \approx 260–360 TWh in 2022, around 1-1.5 % of the world's electricity — virtually the same as all data-centres combined.

Beispiele von SCI Werten













Für bekannte Software Produkte



Green Coding in den Medien

Was ist mit dem Hype passiert?

 **GREEN** CODING;

-  **2019:** Fridays for Future Peak / Greta Thunberg Speech UN
-  **2020:** Microsoft, AWS, Google and other big players pledge to be Carbon Neutral by 2030
-  **2020-2022:** COVID-19 / Reduced Flights and Travel - Emission reduction seemed possible
-  **2021:** - Ampelkoalition in Deutschland - Nachhaltigkeit im Regierungsprogramm
-  **2022:** Ukrainekrieg - Energiekrise
-  **2022:** ChatGPT wird veröffentlicht - KI Hype
-  **2024:** KI Infrastruktur Boom beginnt
-  **2025:** Trump Präsident in den USA - Investitionen in fossile Energie. Stopp von Wind / Solarprojekten
-  **2025:** CSRD "verwässert" - Omnibus Initiative. Weniger Transparenz & Reportingpflicht für Unternehmen
-  **2025:** Google entfernt Carbon Neutral Ziele für 2030 aus Kommunikation. Microsoft, AWS und Google verfehlen alle Ziele für 2025 wg. KI Ausbau.
- / **2026:** Iran-Krieg - Energiekrise
-  **2026:** OECD Studie - Responsible Software (incl. Green) [1]

Green Coding Timeline

Green Coding 2.0

Welchen Fokus setzt die Community in der Kommunikation jetzt

 **GREEN** CODING;

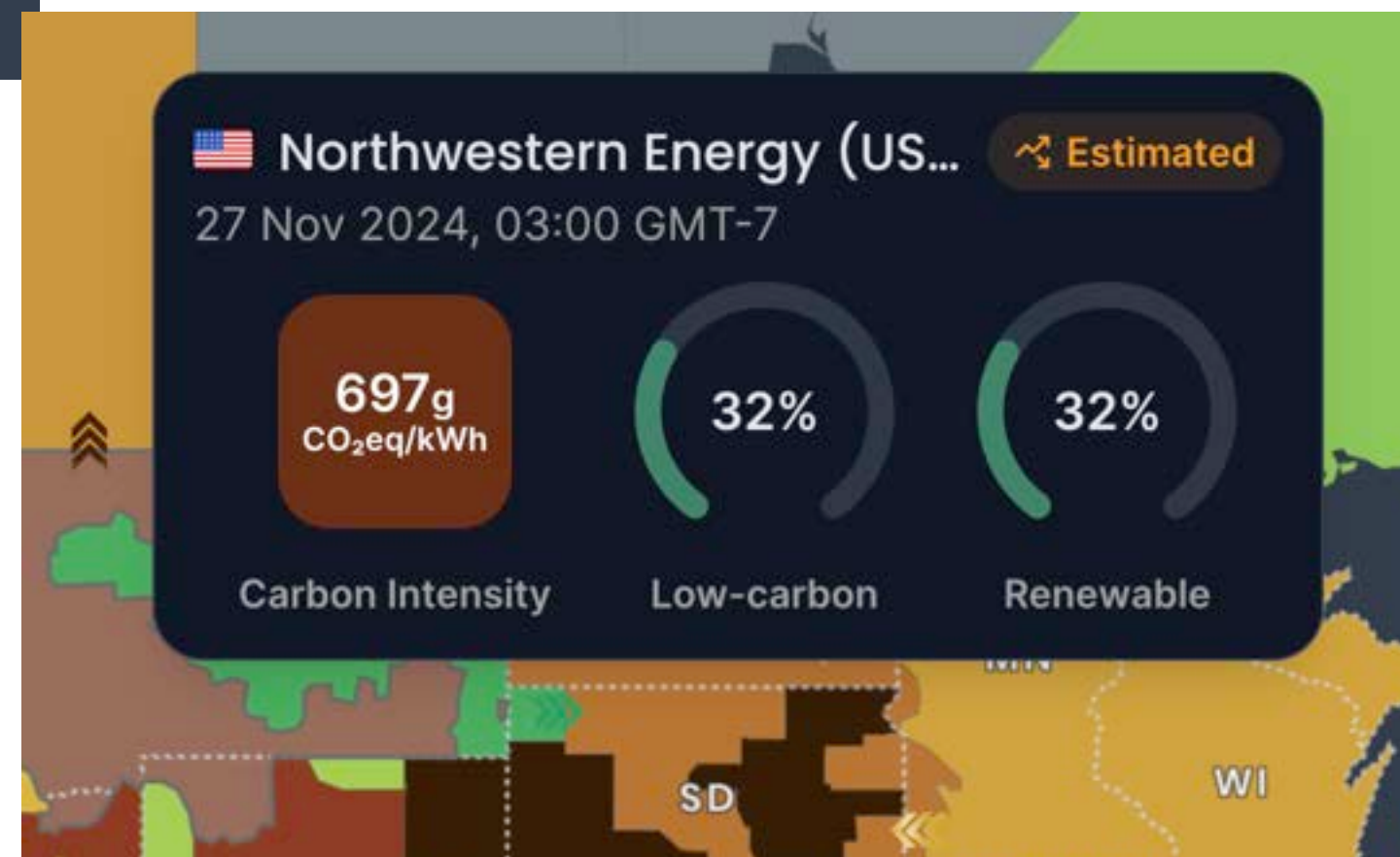
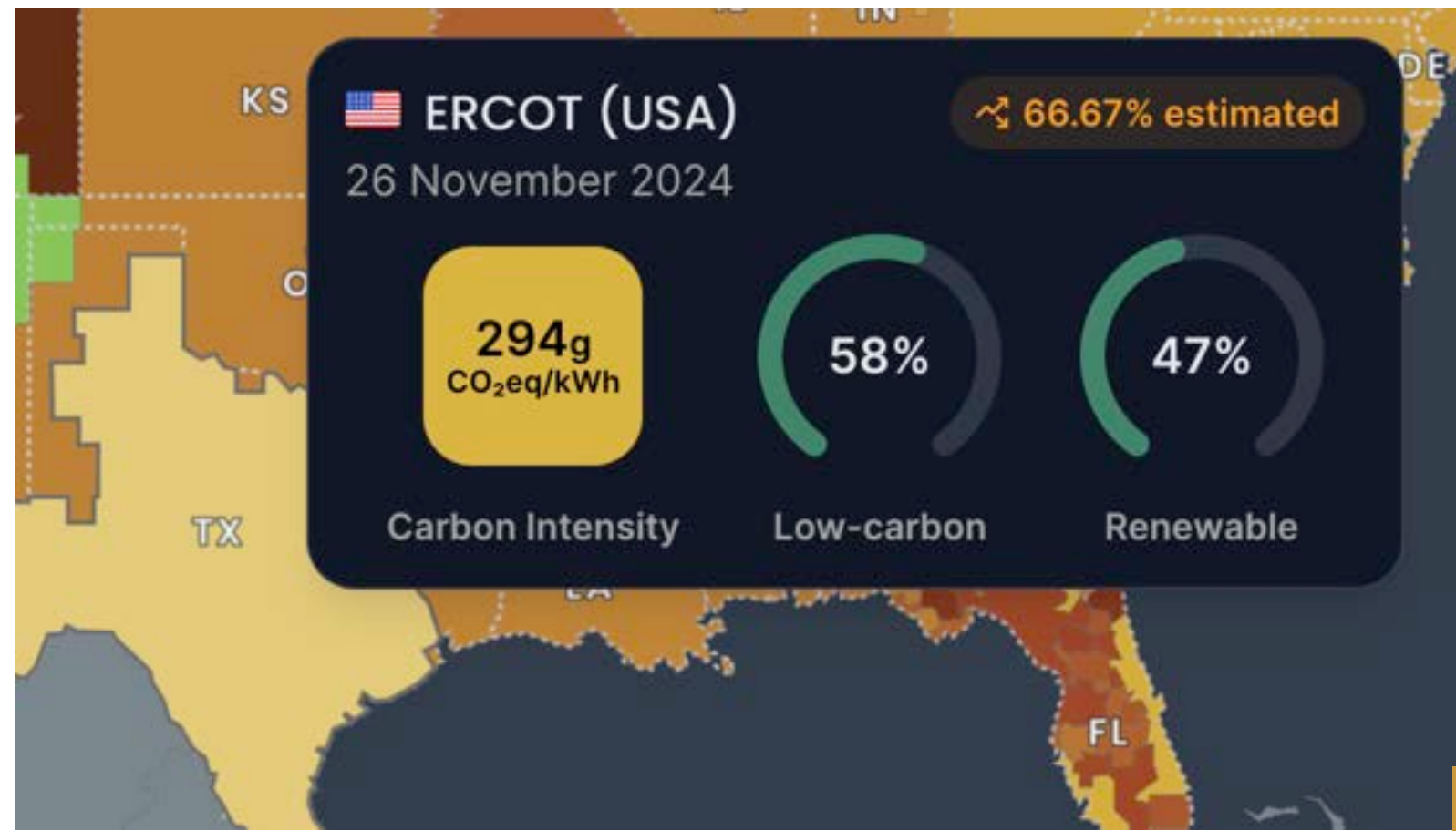
Green Coding - Kommunikation

Von ökologischen Vorteilen zu unternehmerischen Vorteilen

- Statt reiner CO2 Einsparung wird Nachhaltigkeit mehrdimensional
 - Kostenersparnis durch weniger Ressourcennutzung
 - Resilienz durch schlankere und schnellere Deployments
 - Resilienz durch besseres Verständnis des Code - Effizienz via Refactoring statt Wachstum
- AI Enabler
 - Wir haben nicht genug Energie - Green Coding ermöglicht schlankere Modelle mit geringeren Anforderungen
 - Schnellere Inferenz

Potential: Carbon Shifting

Compute in Ort und Zeit an Orte mit grünem Strom verlagern

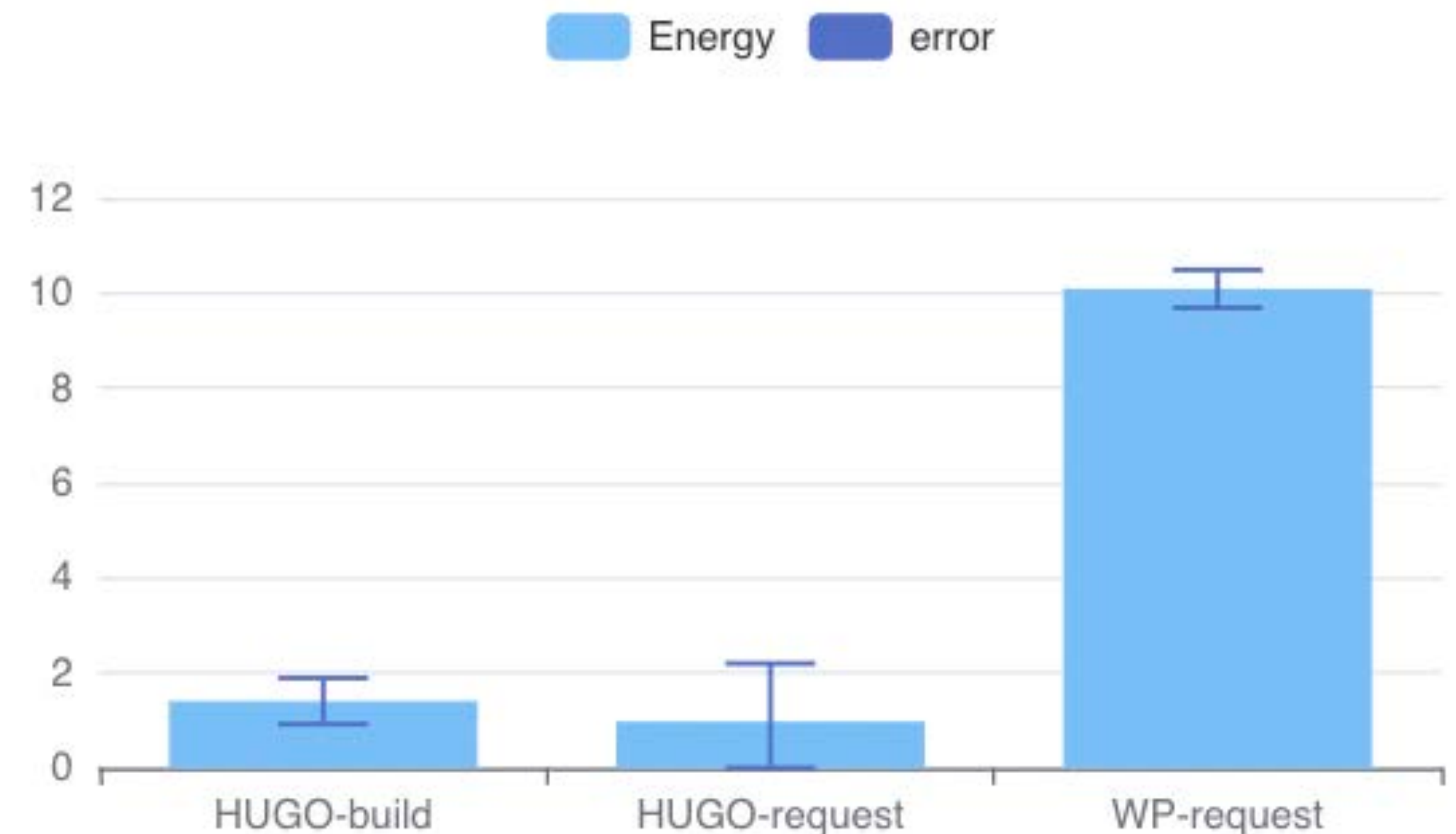


Potentials in Architekturen

Dynamisch vs Statisch

Fallstudie: Wordpress vs. HUGO

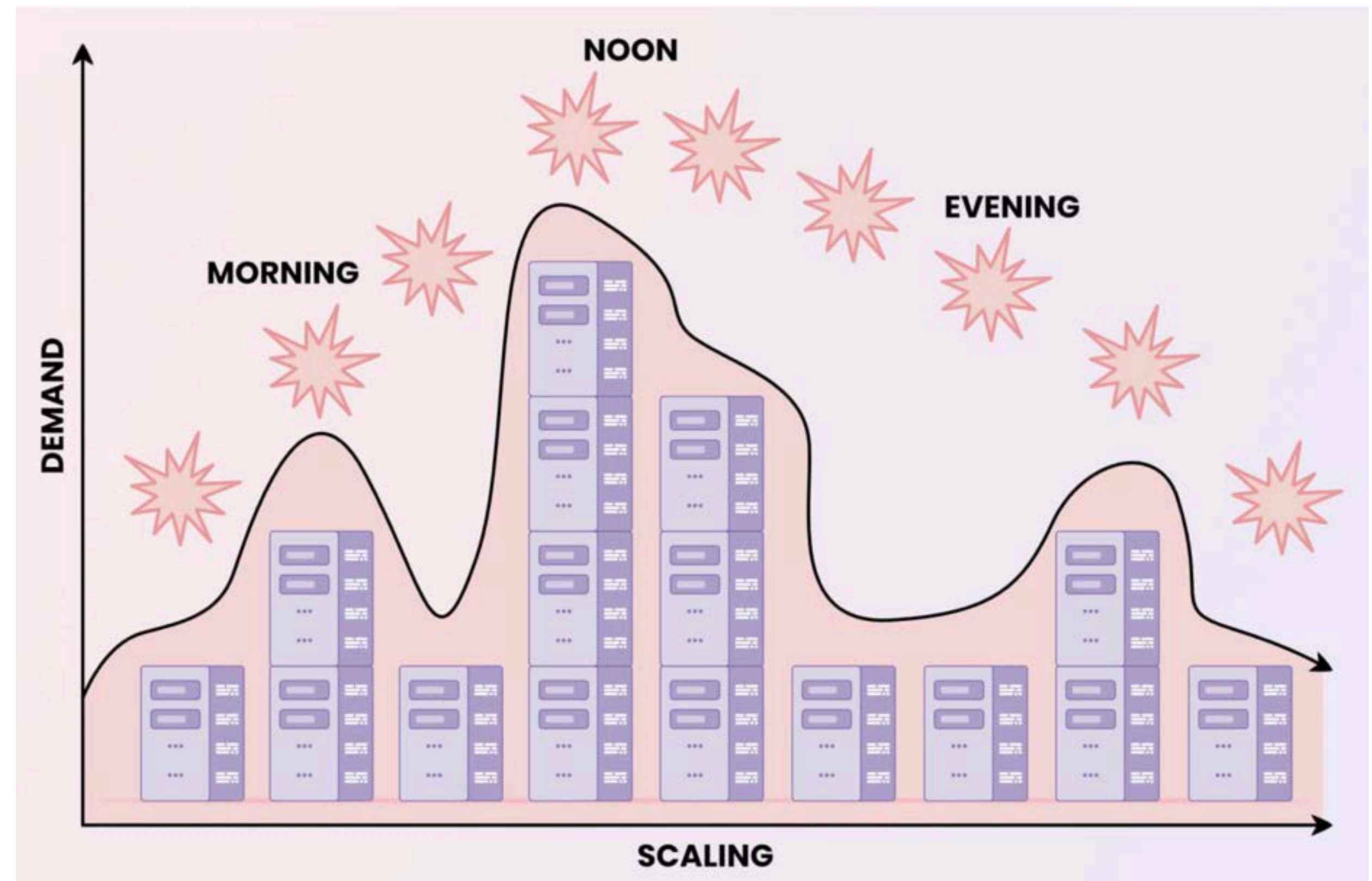
- Dynamisches System vs. Statisches System für Webseiten
- Die Einsparung beträgt das 5-Fache **pro Anfrage**
- Für JEDEN BESUCHER könnte man 5-x alle Seiten neu rendern und würden trotzdem noch sparsamer sein.
- **Take away:** Design Entscheidungen prägen Energieprofil über gesamte Lebensdauer der Anwendung



Potentiale in Architekturen

Dynamic scaling VMs - Kubernetes / Docker Swarm etc.

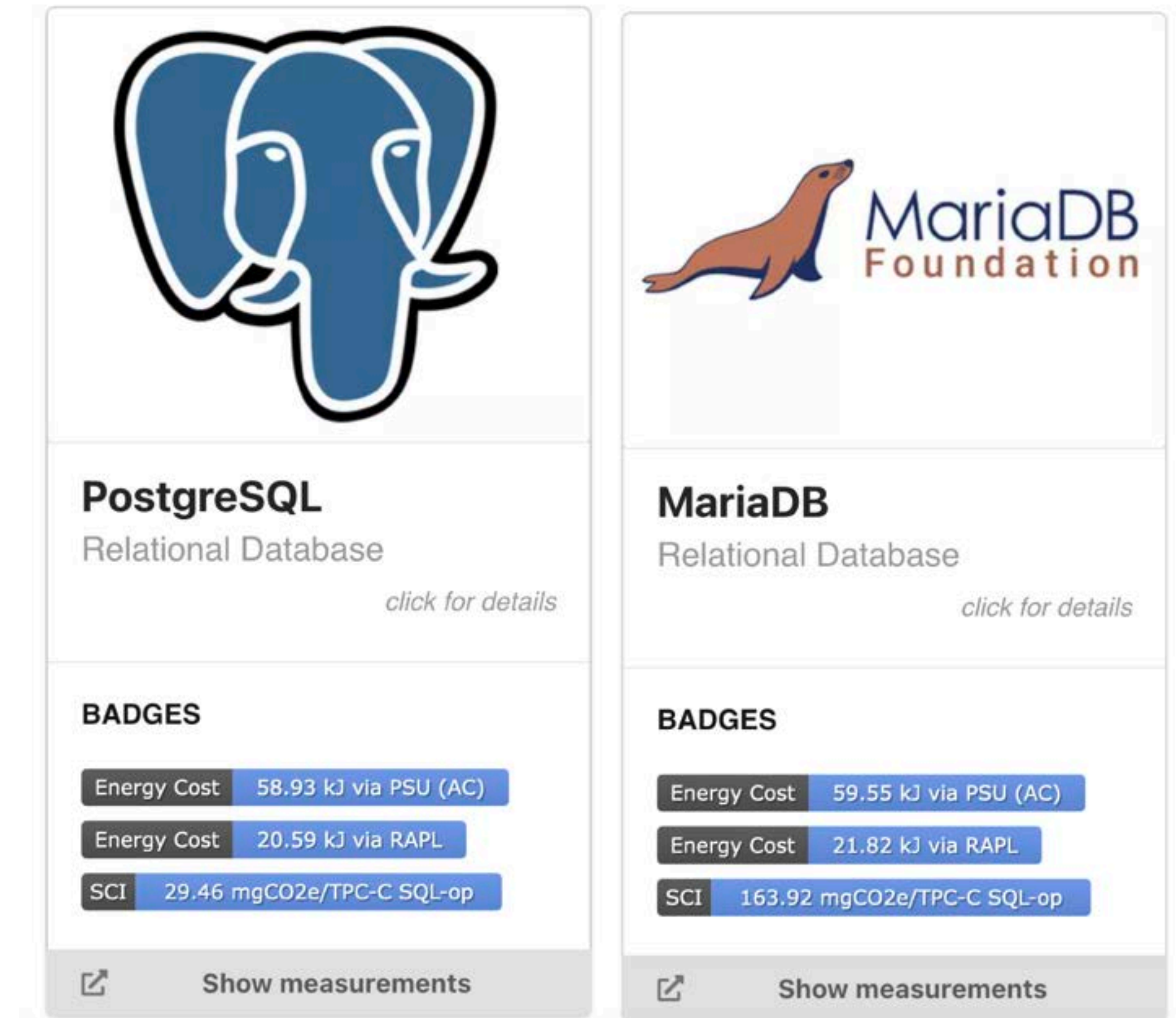
- Server ausschalten wenn keine Last
- Server hochfahren wenn Anfragen reinkommen
- Scale-to-zero Architektur kann bis zu 100% Emissionen reduzieren
- Overhead kann oft umgelagert werden auf bestehende Load Balancer
- => In Produktion oft schon umgesetzt
Aber dort wo meist mehr verbraucht wird (Dev Umgebungen) immernoch Baustellen!



Potentiale in Dependencies / Bibliotheken

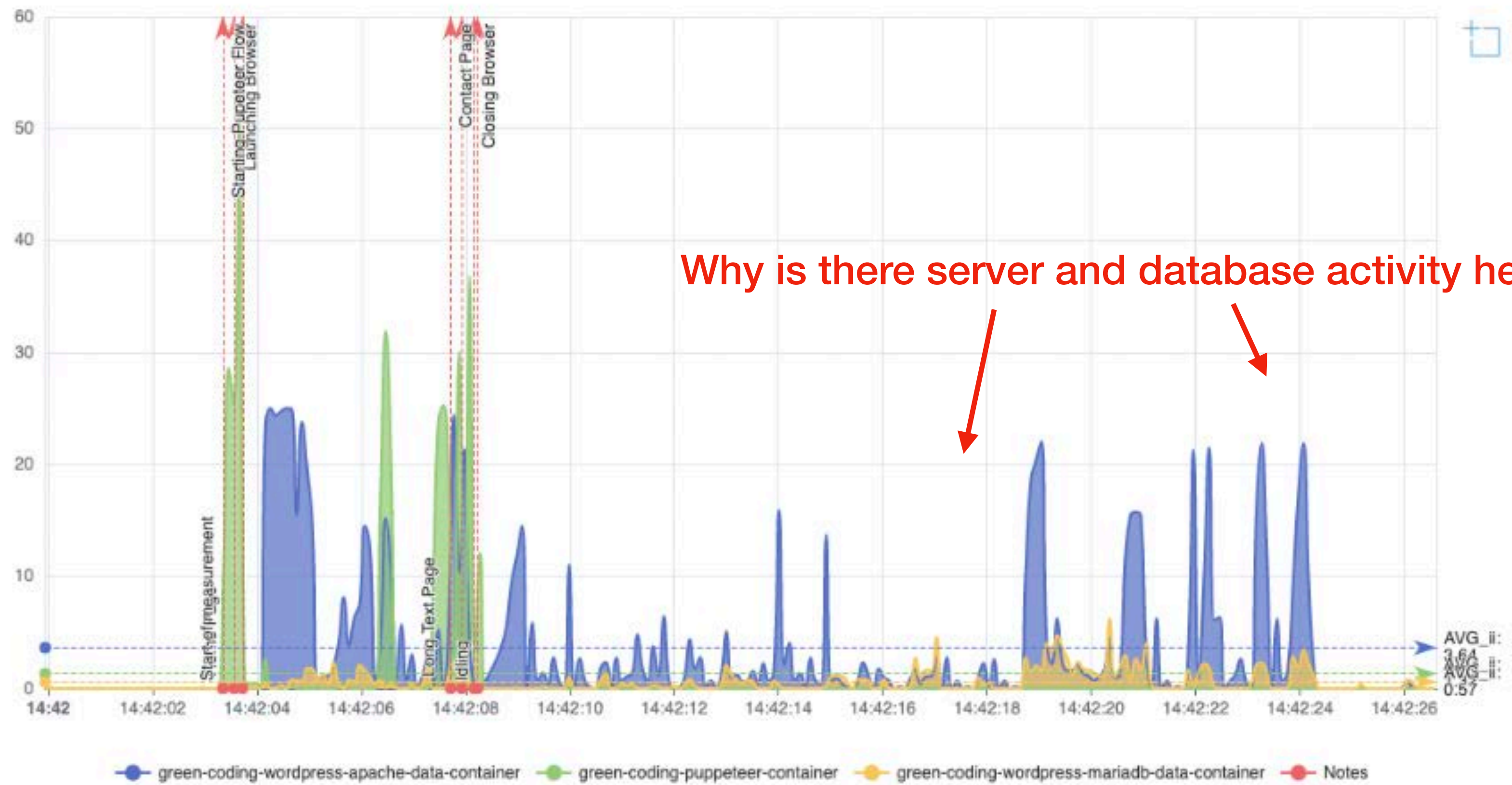
Quantifizierung von Abhängigkeiten und Werkzeugketten in Bezug auf CO₂

- Transparenz von Software hinsichtlich CO₂-Emissionen und Energieverbrauch
- Unterschiedliche Softwareprodukte für denselben Anwendungsfall können sehr unterschiedliche Energie- und CO₂-Profile aufweisen.
- Anpassungsmöglichkeiten:
 - Bibliotheks-/Abhängigkeitsauswahl
 - Standard-Software-Empfehlungen



Energiesparmodi ermöglichen Ohne Wakeups durch die Software

cpu_utilization_cgroup_container [%]



Kleine Änderungen - Großer Effekt

"Making meaningful changes takes also a lot of effort. We have not time"

- Zoom bietet auf der Startseite seiner Konferenzlösung einen automatischen Download an.
- Browser-Teilnahme geht allerdings auch ohne Download
- Änderung in 5 Min möglich
- Durch die Änderung des Standardverhaltens könnten jährlich bis zu 13 Tonnen CO₂ eingespart werden.

Take away: Das Standardverhalten ist wichtig!

Kleine Änderungen können in der Softwareentwicklung große Auswirkungen haben.



Click **Open zoom.us** on the dialog shown by your browser

If you don't see a dialog, click **Launch Meeting** below

By joining a meeting, you agree to our [Terms of Service](#) and [Privacy Statement](#)

Launch Meeting

Don't have Zoom Client installed? [Download Now](#)

Having issues with Zoom Client? [Join from Your Browser](#)

Einsparungen an unerwarteten Orten

„Unsere App läuft auf Hochtouren, wenn sie aktiv genutzt wird“ – Aber was passiert in Leerlaufzeiten?

- Microsoft Xbox-Team untersucht Potential bei Spielen wie **Call of Duty, Halo** und **Fortnite**
- Die Entwickler hatten nicht damit gerechnet, dass sich Nutzer **oft länger im Menü aufhalten** als im Spiel selbst (verborgenes Potenzial).
- Der **Pausenbildschirm** wurde weiterhin mit **voller Bildrate** und **Full-HD**-Auflösung dargestellt – und das, obwohl er statisch war!
- **15 % Energieeinsparung** ohne Auswirkungen auf die Nutzer. Durchschnittliche CO₂-Einsparung pro Nutzer und Jahr: **5,4 kg**. Über 100.000 aktive Spieler → Einsparungen in Kilotonnen.
- Fazit: Optimierungen auch dort wo nicht High Performance ist sondern auch dort wo größte Verweildauer ist.



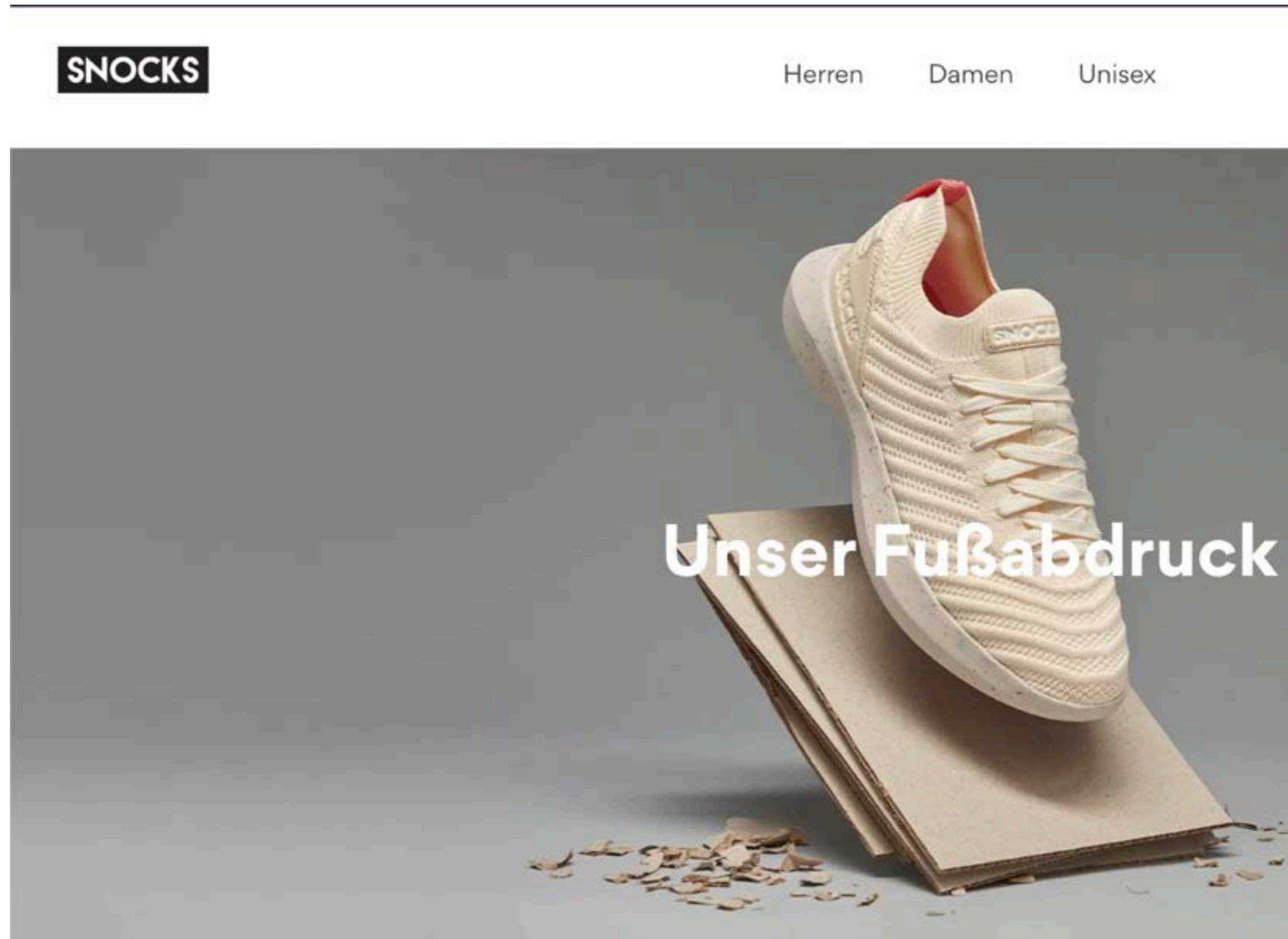
Wie sollte man es nicht machen

Fail Story die vermeidbar gewesen wäre

 **GREEN** CODING;

Snocks - Neue Nachhaltigkeits-Seite

Test mit [websitecarbon.com](https://www.websitecarbon.com)



Website carbon results for: snocks.com/pages/sustainability

F

Oh no! This web page achieves a carbon rating of **F**

This is dirtier than **79%** of all web pages globally

Global average

A+ A B C D E F

Learn about our [rating system](#)

This page was last tested on 15 Jan, 2024.

Wie kann ich aktiv werden?

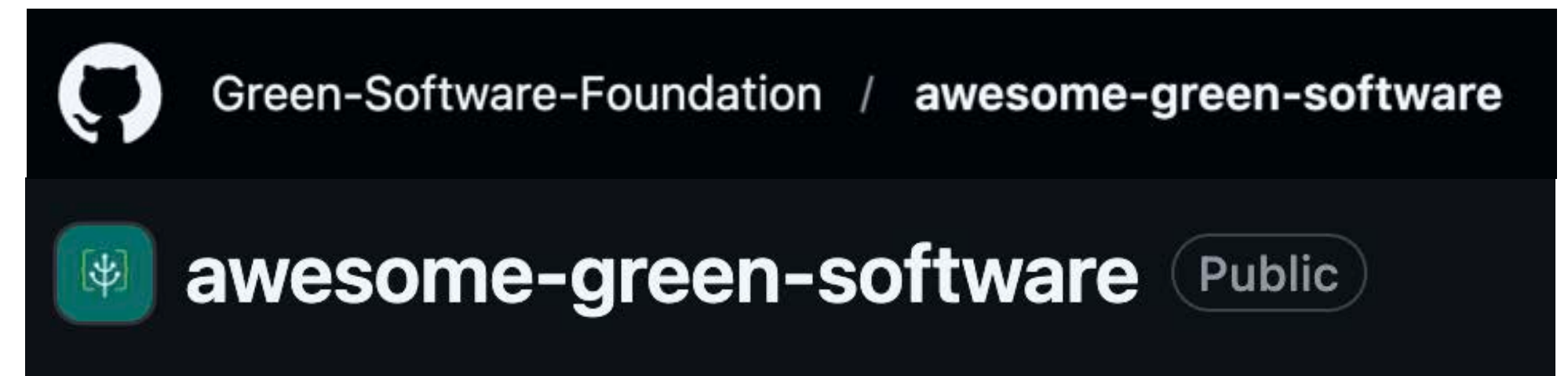
Tools und Communities

 **GREEN** CODING;

Awesome Software List GSF

Tools für alle Anwendungsfälle - Messen, AI, Design, Architektur ...

- Messen
 - Scaphandre
 - Green Metrics Tool
 - codeCarbon ...
- Webseiten - Private / Firmenwebseite angucken
 - [websitecarbon.com](https://www.websitecarbon.com)
 - webNRG ⚡ - <https://website-tester.green-coding.io>
- AI
 - EcoLogits / green-coding.ai / Hugging Face AI Labels
- Best Practices - AI Modelle / Training&Inference, Software-Entwicklung usw.



Blauer Engel - Für Software

Ressource- and energy-efficient software products (DE-UZ 215)

- Softwarezertifikat des renommierten deutschen Umweltzeichens
- Entwickelt in Zusammenarbeit mit Hochschulen und Forschungseinrichtungen in Deutschland
- Nachhaltigkeitsmerkmale:
 - Erfordert den Betrieb auf älterer Hardware.
 - Die Anwendung muss entweder Open Source sein oder nach Beendigung des Supports weiterhin verfügbar bleiben.
 - Verhindert, dass die Anwendung bei Aktualisierungen 10 % mehr Energie verbraucht.
 - Viele weitere Kriterien ...



**Good for me.
Good for the environment.**



Zertifizierungen Blauer Engel

Was haben wir begleitet



Nextcloud Server



KADAI Open Source
Software for Task
Management



Green Metrics Tool

HOLMES

HOLMES



OpenCloud

ecoCompute / Green IO Konferenzen

Community Kennenlernen

April 2026 - Singapur

May 2026 - New York

Juni 2026 Amsterdam

July 2026 - München

September 2026 - London

Dezember 2026 - Paris



ecoCompute

Q2 2027 - Berlin/Frankfurt

 **GREEN CODING;**

Green Software Foundation

Standards, Newsletter, Tools



- NGO gegründet in UK
 - Ziel: Reduzierung der CO₂ Emissionen von Software
- Hauptarbeitsgebiet besteht in der Standardisierung und Referenz-Tools.
 - Software Carbon Intensity (ISO Standard)
 - Carbon Aware SDK
 - SCER - Software Carbon Efficiency Rating
- Newsletter - Green Software News / Tools / Standards / Regulierung
- Meetups

Bundesverband Green Software

Unternehmens-Verband



- Verband aus und für Unternehmen um Green Software in die Praxis zu bringen
- Hilfestellung und Support durch Wissens-Austausch und Online-Webinare
- Messe-Arbeit & Konferenz Sponsoring
- Online Community Meetups
- White-Paper und Arbeitskreise mit Output für Unternehmen

Climate Action Tech

Slack Community für Fragen und Hilfe



Climate
Action
.tech

- Slack Community mit vielen "Green Tech" Themen
 - Green Web
 - Green Software Development
 - Green Design
 - Community Building
- Online Workshops
- CAT Talks Vortragsreihe
- Newsletter - Nachrichten, Podcasts, Jobs, Community News

Vielen Dank

Want to know more?

- Website / Blog / Newsletter: <https://www.green-coding.io>
- Demo Open Data Repository: <https://metrics.green-coding.io>
- Our tools: <https://www.green-coding.io/#products>
- Our case studies: <https://www.green-coding.io/case-studies>
- Meetup group (Berlin / Remote): <https://www.meetup.com/green-coding>

- info@green-coding.io

Quellen

- [1] https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2025/07/responsible-business-conduct-spotlights_f7f722d0/due-diligence-essentials-for-responsible-software_ccf3dbbb/75b921f0-en.pdf