

Energieeffizienz im digitalen Alltag und beim Coding

Julia Padberg

mit Unterstützung von

Nina Godenrath, Haron Nazari, Aaron Sielaff und Emirhan

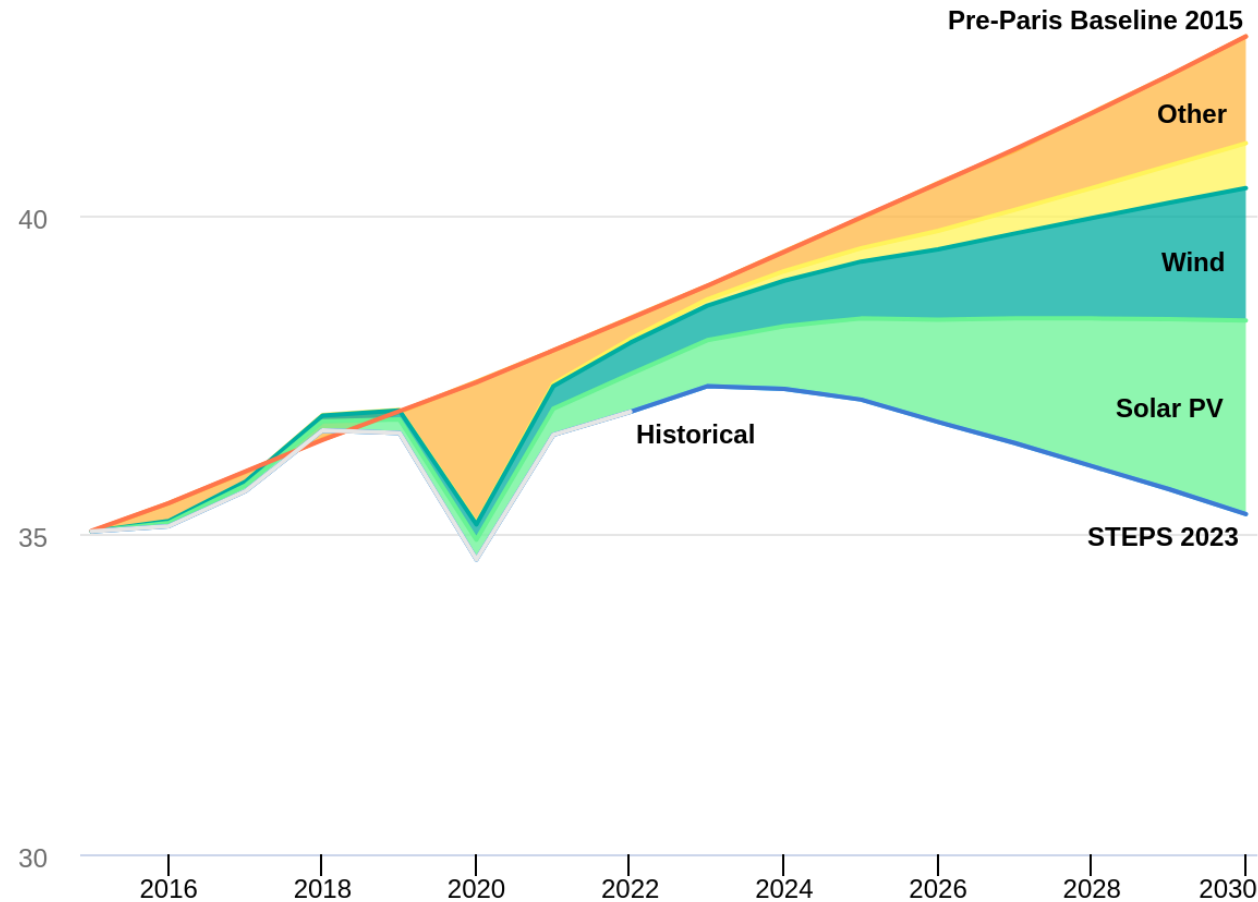
Computer Science for Future

Gliederung

- Stand der globalen Energietransformation
- Rolle der digitalen Techniken
- Digitaler CO₂-Fußabdruck im Alltag
- CO₂-effiziente Software
- Experiment
- Computer Science for Future
- Fazit



Stand der Energietransformation International Energy Agency Net Zero Roadmap

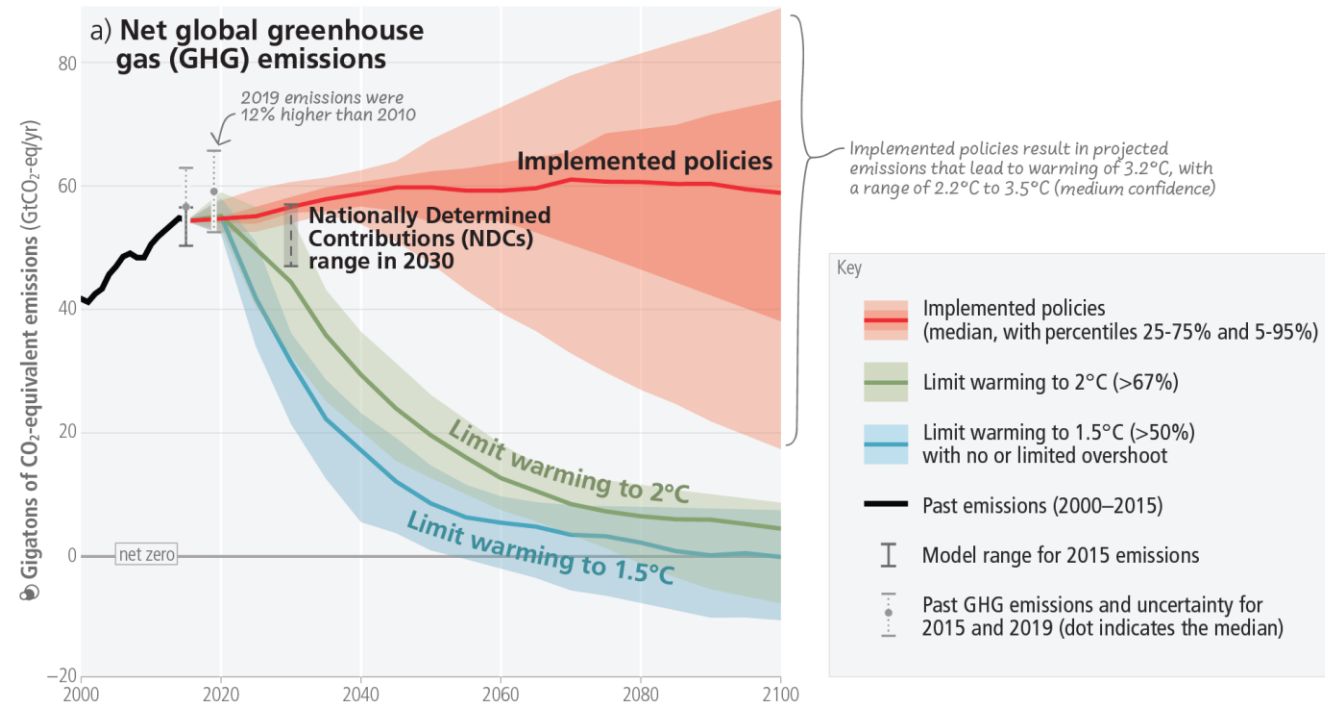


Bericht des IPCC

AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023

Limiting warming to 1.5°C and 2°C involves rapid, deep and in most cases immediate greenhouse gas emission reductions

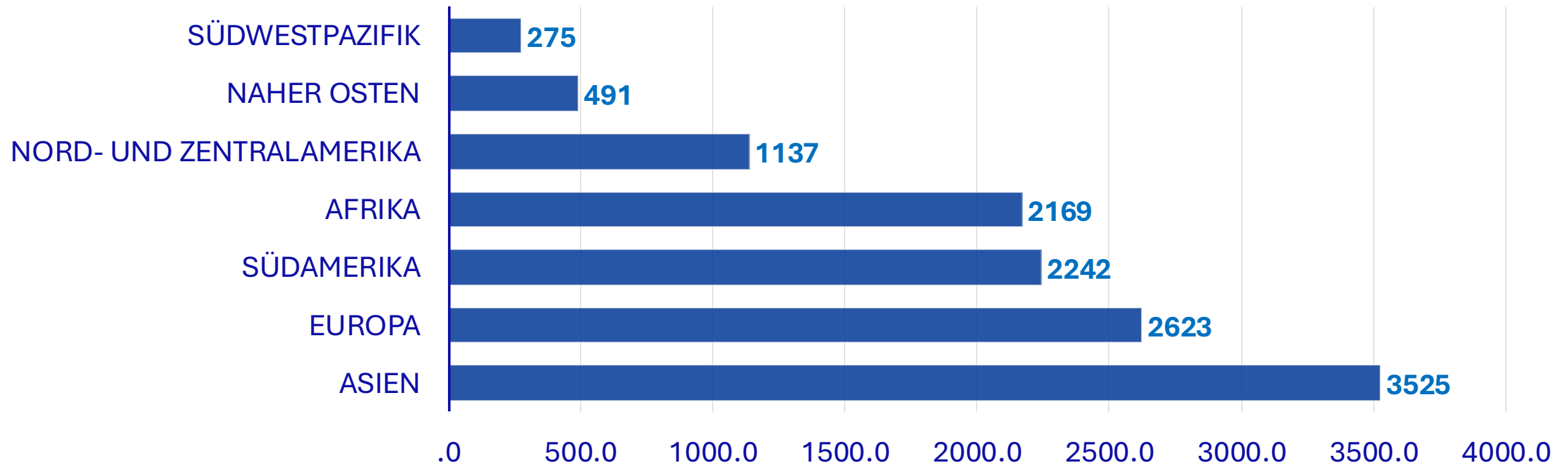
Net zero CO₂ and net zero GHG emissions can be achieved through strong reductions across all sectors



Volkswirtschaftliche Kosten aufgrund des Klimawandels nach Weltregion 2050

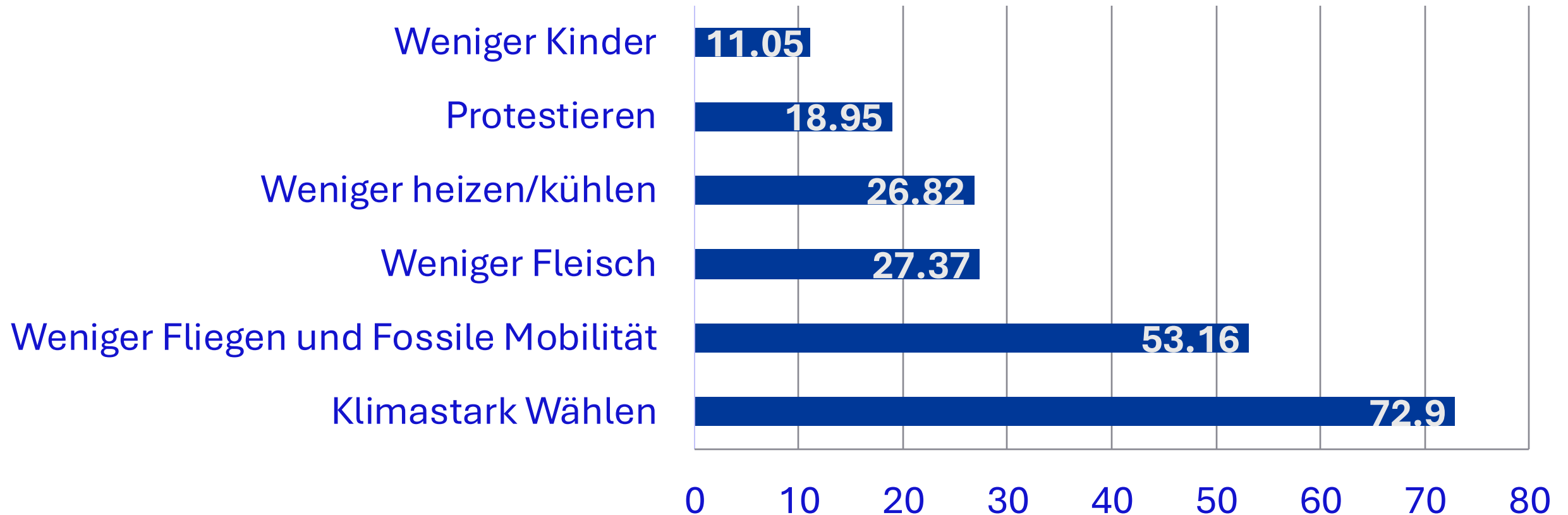
World Economic Forum, 1/ 2024

(in Milliarden US-Dollar)



Brauchbare individuelle Strategien laut der 380 befragten Experten in Prozent

Guardian vom 9.5.2024



Gliederung

- Stand der globalen Energietransformation
- Rolle der digitalen Techniken
- Digitaler CO₂-Fußabdruck im Alltag
- CO₂-effiziente Software
- Experiment
- Computer Science for Future
- Fazit



Digitale Techniken Problem oder Lösung

Christoph Meinel (HPI) – Environmental Impact of Digitalization



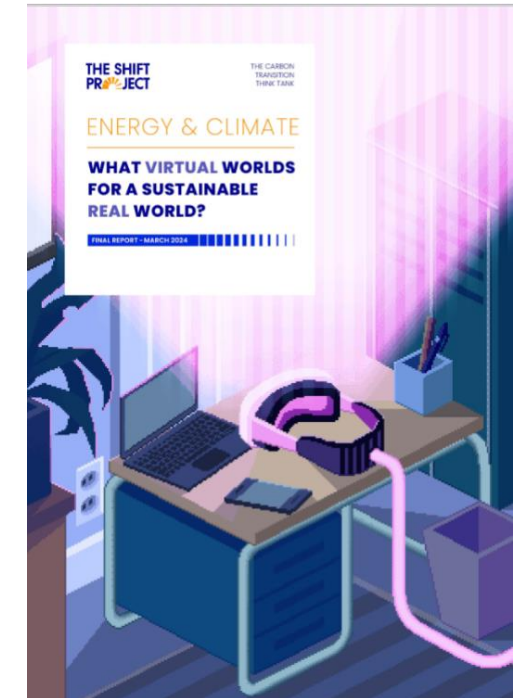
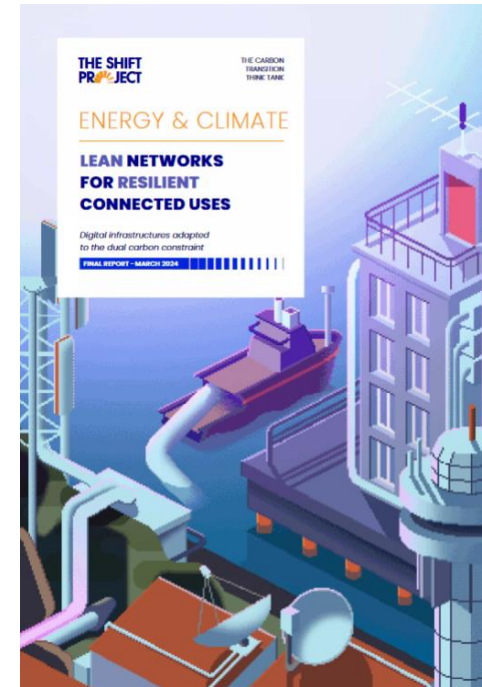
Digitale Techniken tragen erheblich zur weltweiten CO_{2eq}-Emission bei



Digitale Techniken verringern die weltweiten CO_{2eq}-Emissionen
zB durch Datenanalyse und KI



ABER Reduktion der CO_{2eq}-Emissionen
DRINGEND NOTWENDIG



<https://theshiftproject.org/en/article/virtual-worlds-and-networks-new-reports-release/>

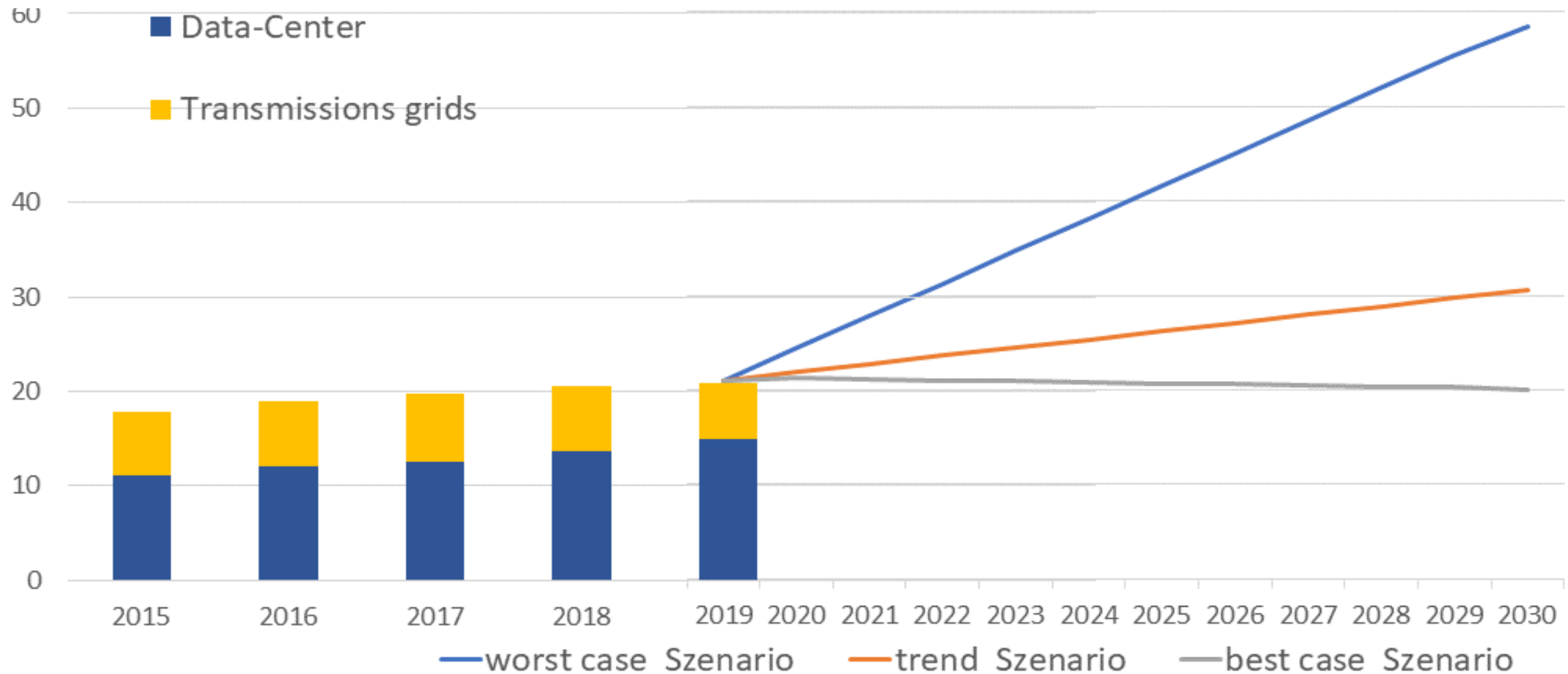
Digitalisierung & CO_{2eq}-Emissionen (iea tracking)

Digitale Technologien
2% der energiebezogenen Treibhausgasemissionen

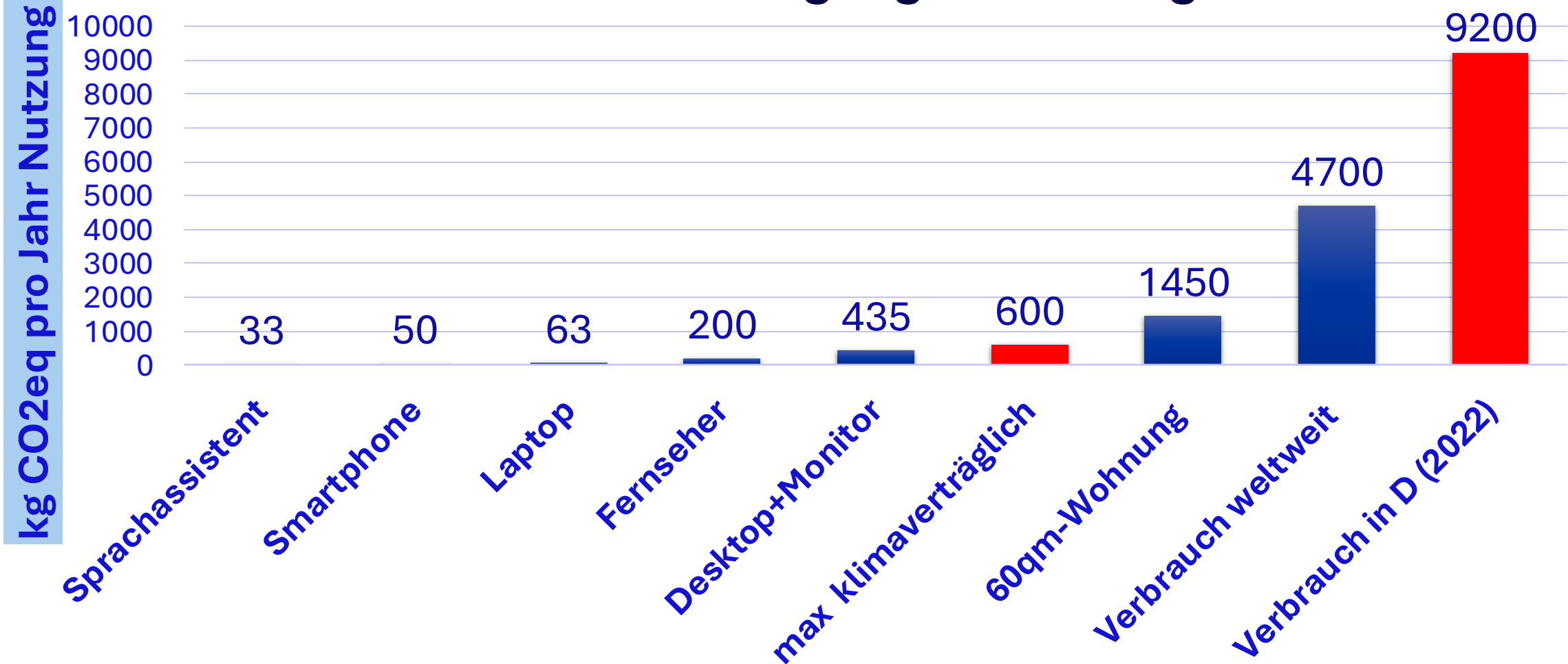
Geringe Steigerung der Emissionen seit 2010

Dennoch Halbierung der Emissionen bis 2030

Energieverbrauch der IT in Deutschland nach [Grünwald, Caviezel] S.2



CO_{2eq}-Emissionen für Herstellung digitaler Endgeräte



CO₂eq-Emission für digitale Aktionen

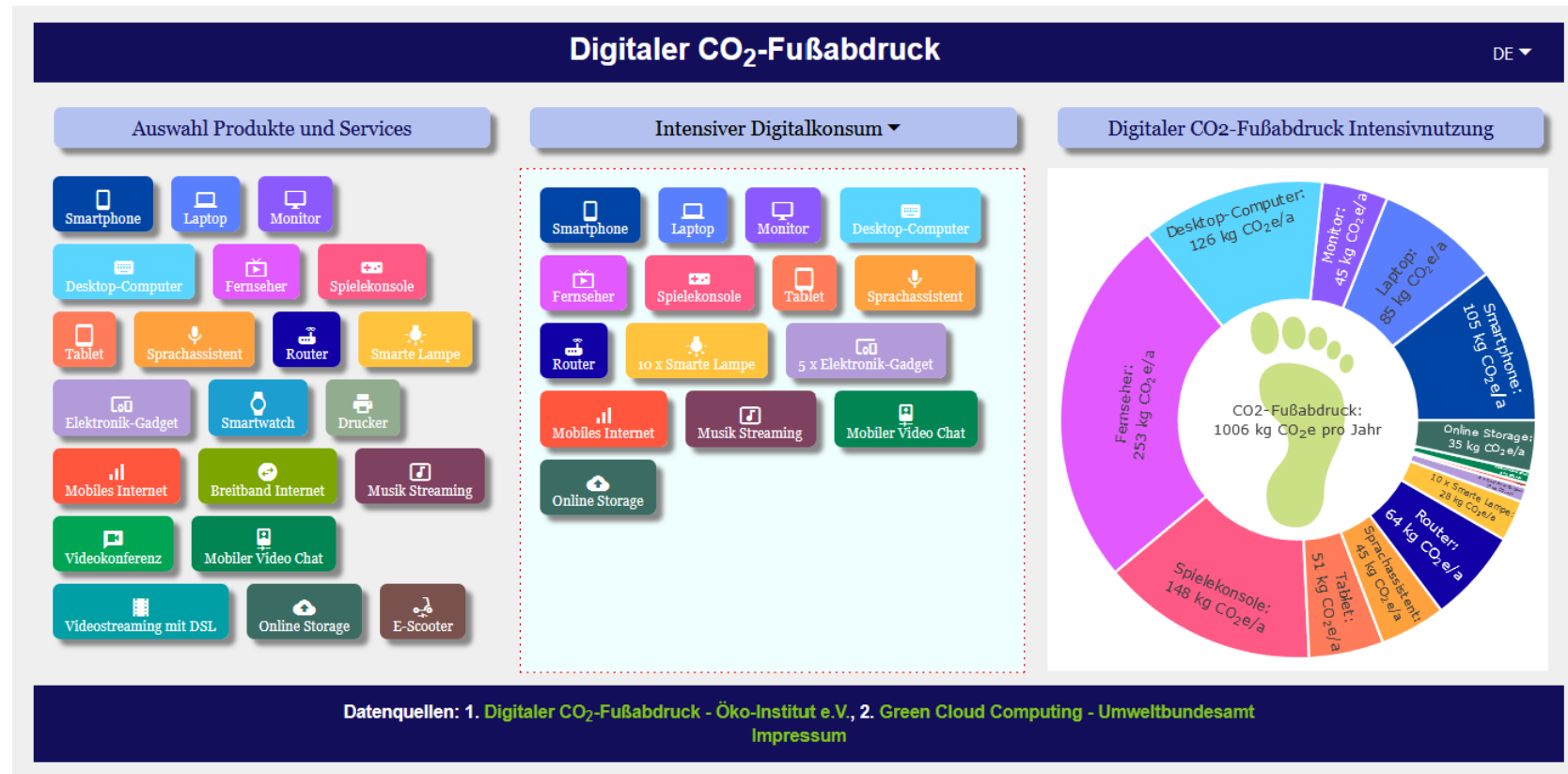


Gliederung

- Stand der globalen Energietransformation
- Rolle der digitalen Techniken
- **Digitaler CO₂-Fußabdruck im Alltag**
- CO₂ - effiziente Software
- Experiment
- Computer Science for Future
- Fazit

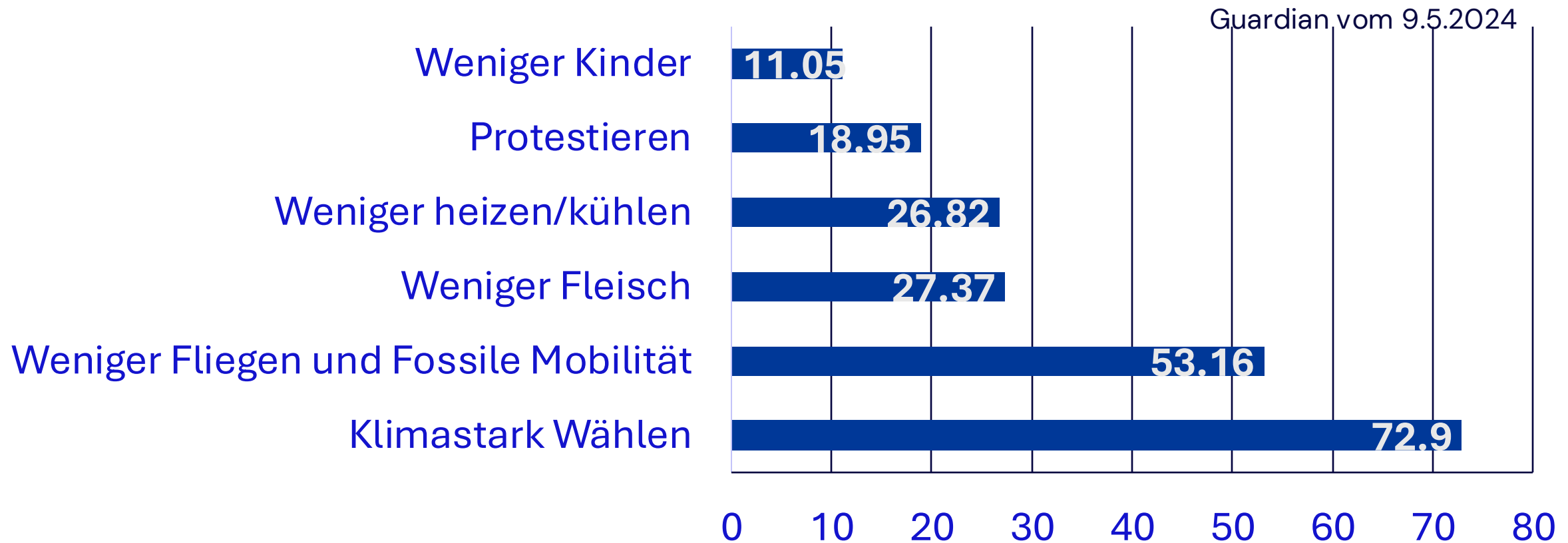


Wie sieht mein digitaler CO₂-Fußabdruck aus?



Jeder für sich selbst hier: <https://www.digitalcarbonfootprint.eu/>

Brauchbare individuelle Strategien laut der 380 befragten Experten in Prozent



Gliederung

- Stand der globalen Energietransformation
- Rolle der digitalen Techniken
- Digitaler CO₂-Fußabdruck im Alltag
- **CO₂ - Effiziente Software**
- Experiment
- Computer Science for Future
- Ausblick



Digitale Suffizienz

([Santarius et al, 2022](#))

Hardware-suffizienz

Software-suffizienz

Nutzer-suffizienz

Ökonomische Suffizienz

CO₂-effiziente Softwareentwicklung

Softwareprodukte

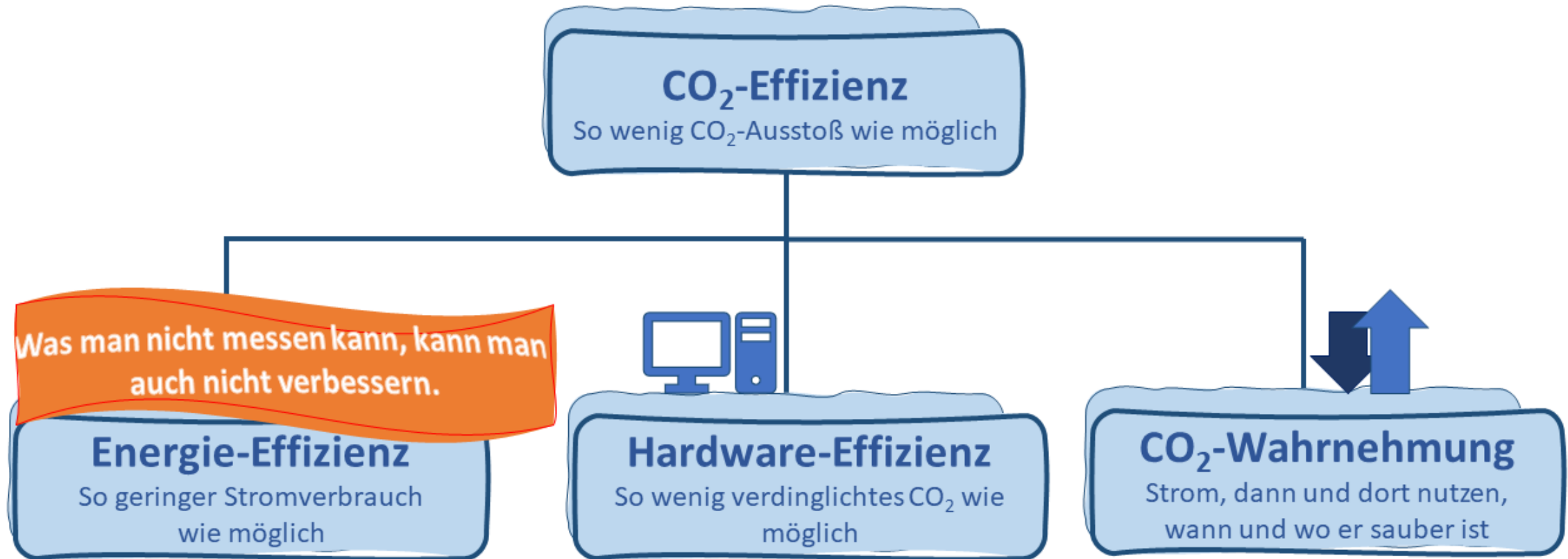
- ressourcenschonend
- energie-effizient

Auf älterer Hardware

- laufend
- zu aktualisieren

Hohes Maß an Transparenz & Autonomie

CO₂-effiziente Software



Gliederung

- Stand der globalen Energietransformation
- Rolle der digitalen Techniken
- Digitaler CO₂-Fußabdruck im Alltag
- CO₂-effiziente Software
- **Experiment**
- Computer Science for Future
- Fazit



Startpunkt: Messung des Energieverbrauchs

<https://learn.greensoftware.foundation/measurement>

What you can't measure, you can't improve.

Wie viel wird Energie verbraucht?

- Messungen durch spezifische Werkzeuge
- wie JoularJX, turbostat etc

Wie ist der Energie-Mix (erneuerbar, fossil)

Wie viel Hardware wird benötigt?

Laufzeit- und Energieeffizienz

Laufzeiteffizienz:

- Geschwindigkeit und Leistung von Computersystemen
- Komplexität von Algorithmen & Qualität der Implementierung

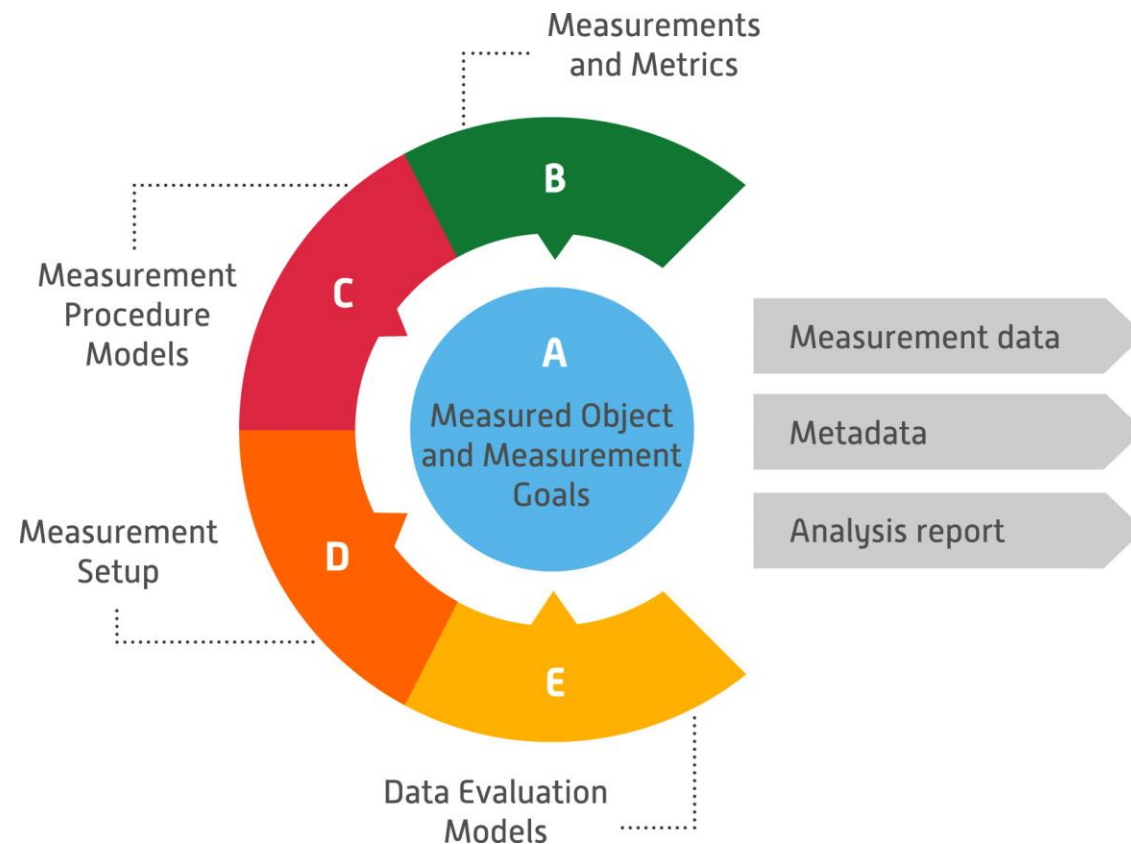
Energieeffizienz:

- Verbrauchte Energie eines Systems

Proportionalität?

- Laufzeiteffizienz korreliert mit Energieeffizienz
- Unentschiedene wissenschaftliche Einschätzung

Green Software Measurement Model (GSMR) [Guldner]



Experiment:

Erster Schritt zur energie-effizienten Softwareentwicklung

Mögliche Aufgaben

- Vergleich Laufzeit vs. Energieeffizienz

JUNIT-Tests für die Messung

- des Energieverbrauchs und der Laufzeit

Erstellung einer Tabelle

- Korrelationstest

Energiemessung von Software als Experiment

Vorteile der Software-Tools

- niedriger Kosten
- geringerer Aufwand
- detailliertere Informationen auf Prozessebene
- mehr Flexibilität und leichter skalierbar

Mögliche Tools:

- JoularJX, PowerJoular, Softwarefootprint.py, turbostat

Gliederung

- Stand der globalen Energietransformation
- Rolle der digitalen Techniken
- Digitaler CO₂-Fußabdruck im Alltag
- CO₂-effiziente Software
- Experiment
- **Computer Science for Future**
- Fazit



CS4F Computer Science for Future

Initiative um Klimaschutz und Nachhaltigkeit
(im Dep Informatik)

Getragen von allen
Student*innen, Mitarbeiter*innen und Prof

Veränderungsprozess in unterschiedlicher



Chat **le Teams**



CS4F

▼ Hauptkanäle

Allgemein

Board

ChatGTPInDerLehre

Drittmittel

FAQ

Jugendhilfe

Landing Page

Lehre

Lektüre

Nachhaltigkeitslabor

P3.1-Podcast

Planung

Podcast-Diskussion

PublicRelations

Gliederung

- Stand der globalen Energietransformation
- Rolle der digitalen Techniken
- Digitaler CO₂-Fußabdruck im Alltag
- CO₂-effiziente Software
- Experiment
- Computer Science for Future
- **Fazit**



Fazit

Energieverbrauch durch IT ist erheblich

CO₂-effiziente Software nötig

Neues Forschungsgebiet:
Messungen der Energieeffizienz von Software

Eigene Messungen als Experiment möglich

Quellen

- Approved Summary for Policymakers IPCC AR6 SYR
https://report.ipcc.ch/ar6syr/pdf/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf
- Oliver Wyman; World Economic Forum, Quantifying the Impact of Climate Change on Human Health, Seite 17, Januar 2024
- Guardian vom 9.5.2024,
https://www.theguardian.com/environment/article/2024/may/09/what-are-the-most-powerful-climate-actions-you-can-take?CMP=Share_AndroidApp_Other
- Shift report <https://theshiftproject.org/en/article/virtual-worlds-and-networks-new-reports-release/>
- Grünwald, Caviezel, Energy consumption of ICT infrastructure1 Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), 2022, <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000152733>
- Jens Gröger, [Digitaler CO2-Fußabdruck](#), Öko-Institut e.V. 2020
- A. Guldner, et al. [Development and evaluation of a reference measurement model for assessing the resource and energy efficiency of software products and components—Green Software Measurement Model \(GSMM\)](#). In: *Future Generation Computer Systems* 155 (June 2024)

Abbildungsnachweise (alle CC BY 4.0)

Folie 1: generiert mit Adobe-FireFly

Folie 3: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-energy-sector-co2-emissions-in-the-pre-paris-baseline-and-stated-policies-scenarios-2015-2030>,

Folie 4: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/figures/figure-spm-5>

Folie 5: Eigenes Diagramm, daten aus Statista nach Wyman, 2024

Folie 6: Eigenes Diagramm nach Daten aus Guardian vom 9.5.2024

Folie 8: <https://theshiftproject.org/en/article/virtual-worlds-and-networks-new-reports-release/>

Folie 10: Eigenes Diagramm nach [Grünwald] S.2

Folie 11: Eigenes Diagramm, Daten s. letzte Folie

Folie 12: Eigene Illustration, Daten anbei, s letzte Folie

Folie 14: Erstellt mit Webseite <https://www.digitalcarbonfootprint.eu/>

Folie 15: eigenes Diagramm, Daten aus dem [Guardian vom 9.5.2024](#)

Folie 19: Eigene Illustration nach <https://learn.greensoftware.foundation/measurement>

Folie 23: A. Guldner, et al. , aus [Guldner] Fig. 1, p. 405

Folie 27: Eigener Screenshot

Daten

Aktion	g CO ₂ e	Intervall (falls angegeben)	Quellen
Eine Visa Transaktion	0,45		https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption
Eine Google-Anfrage	5	0.1 - 10	https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption
Eine Stunde Video-Streaming	135	100-175	https://www.oeko.de/blog/der-co2-fussabdruck-unseres-digitalen-lebensstils/
Eine Bitcoin Transaktion	479.760	369490- 479760	https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2020/06/Videostreaming-2020.pdf
Vergleich 100km im Auto	17.000	14 bis 20 kg CO ₂ pro 100km	https://www.worms.de/neu-de/zukunft-gestalten/klima-und-umwelt/Klimaschutz/CO2-Berechnung-fuer-KFZ.php
Vergleich Flug M-HH	78.200	66kg bis 198 kg pro 1000km	https://www.icao.int/environmental-protection/CarbonOffset/Pages/default.aspx

Herstellung	kg CO ₂ e pro Jahr	Quellen
Sprachassistent	33	https://www.oeko.de/blog/der-co2-fussabdruck-unseres-digitalen-lebensstils/
Smartphone	50	
Laptop	63	
Fernseher	200	
Desktop+Monitor	435	
max Verbrauch (klimaverträglich)	600	https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-der-europaeischen-union#hauptverursacher
60qm-Wohnung pro Jahr	1450	https://www.nachhaltiges-zuhause.de/co2-aussto%C3%9F-geb%C3%A4ude Veröffentlicht von Statista Research Department, 07.02.2024
Verbrauch weltweit	4700	https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1273207/umfrage/pro-kopf-co2-
Verbrauch in D (2022)	9200	https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer