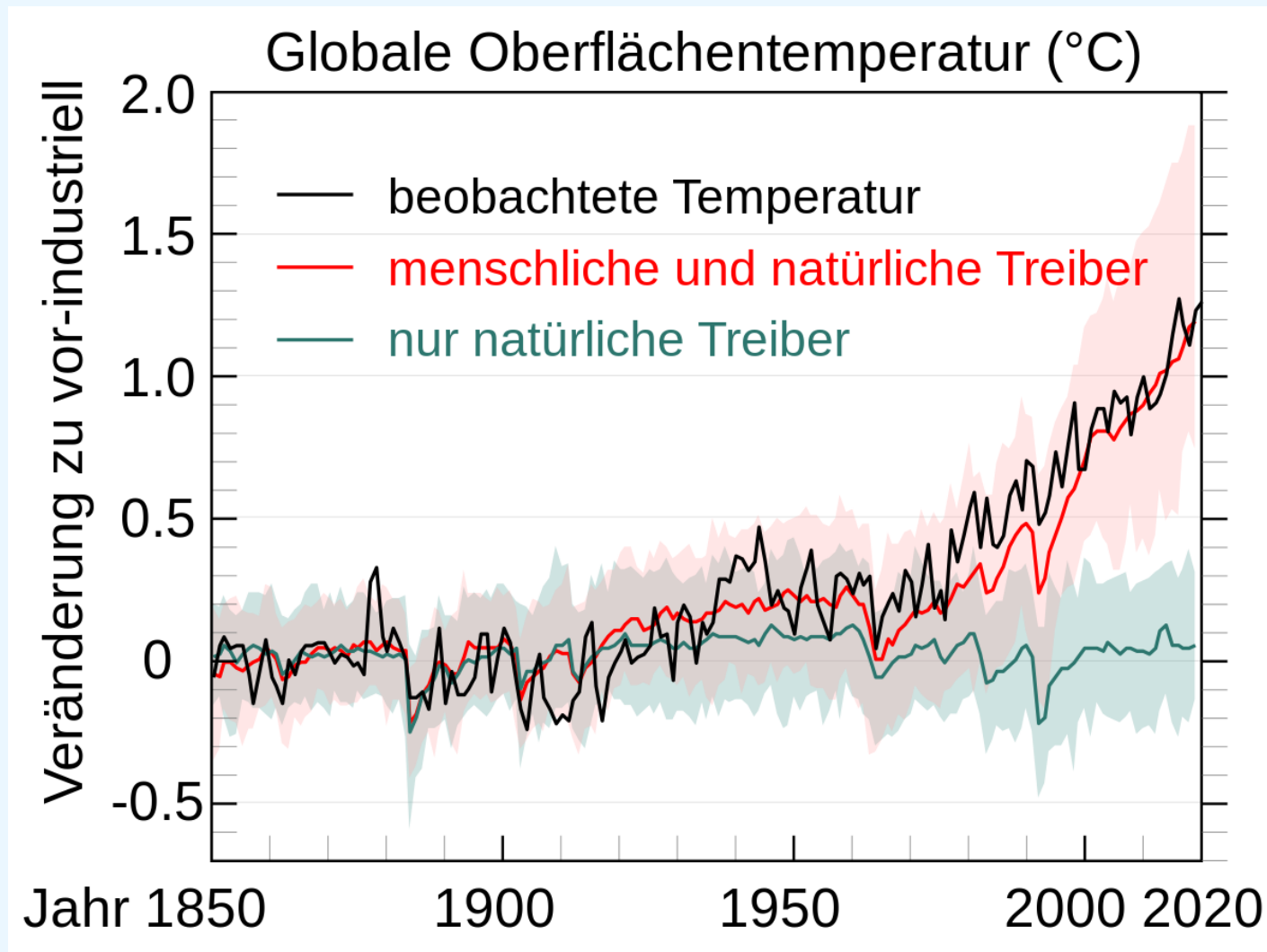


d:f-Webinar Nr. 28
02. Juni 2023

Digitalisierung – Klimakiller oder Klimaretter? Welche Rolle spielt der Mobilfunk?

Prof. Dr.-Ing. habil. Wilfried Kühling

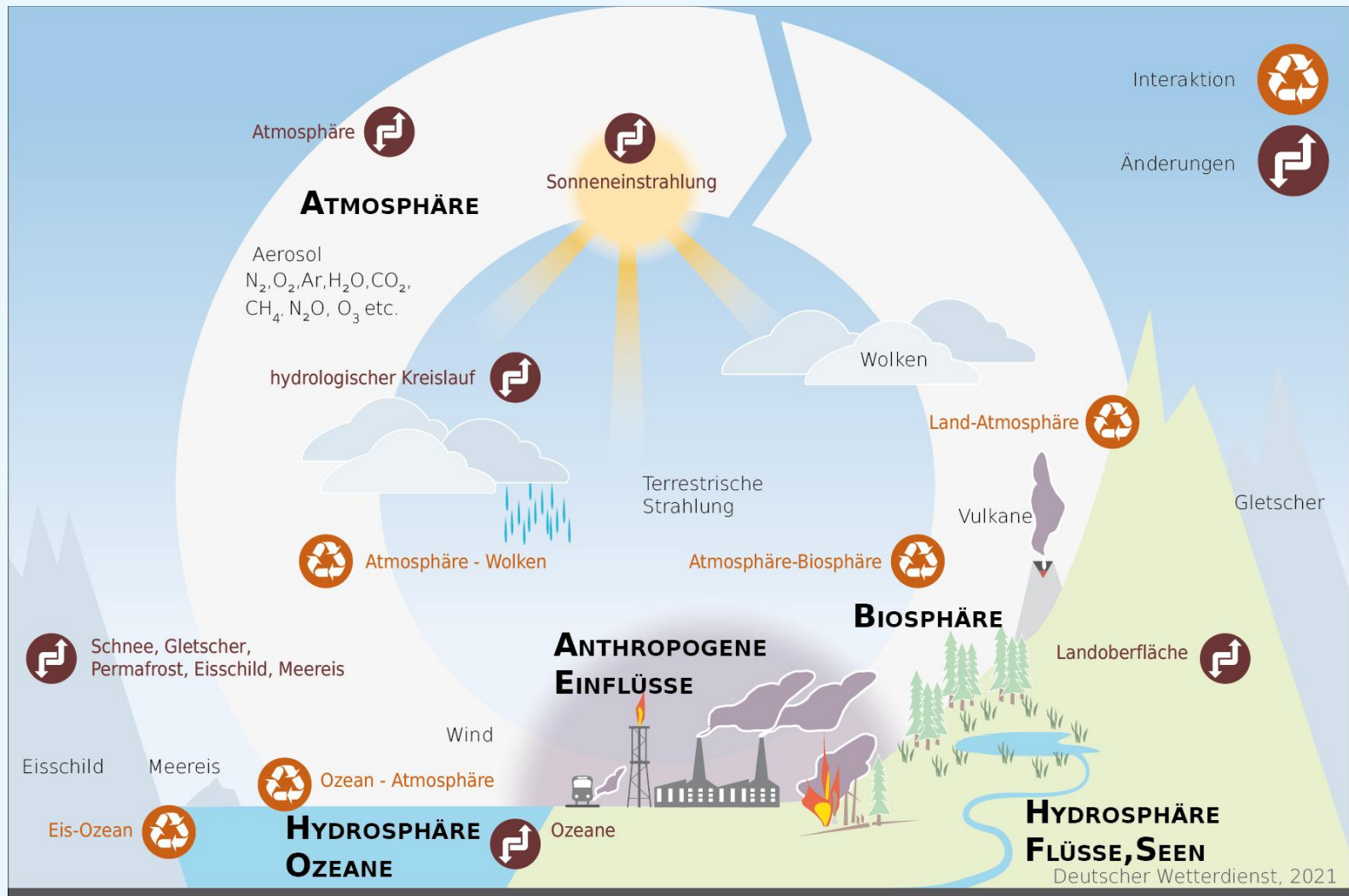
Anstieg der globalen Oberflächentemperaturen im Zeitraum 1850 bis 2020 im Vergleich zu 1850–1900



(Wikimedia Commons

[https://de.wikipedia.org/w/index.php?lang=de&title=Datei%3AGlobal_Temperature_And_Forces.svg]

Komponenten des Klimasystems



Deutscher Wetterdienst: https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimawandel/klimawandel_node.html

Übersicht

1. Klimafragen (generelle Problemsicht)
2. Digitalisierung (Problemsicht)
3. „Effizienzpotenziale“ Mobilfunk/5G
4. Konzept Funkwende (energetische Sicht)
5. Fazit/Ausblick

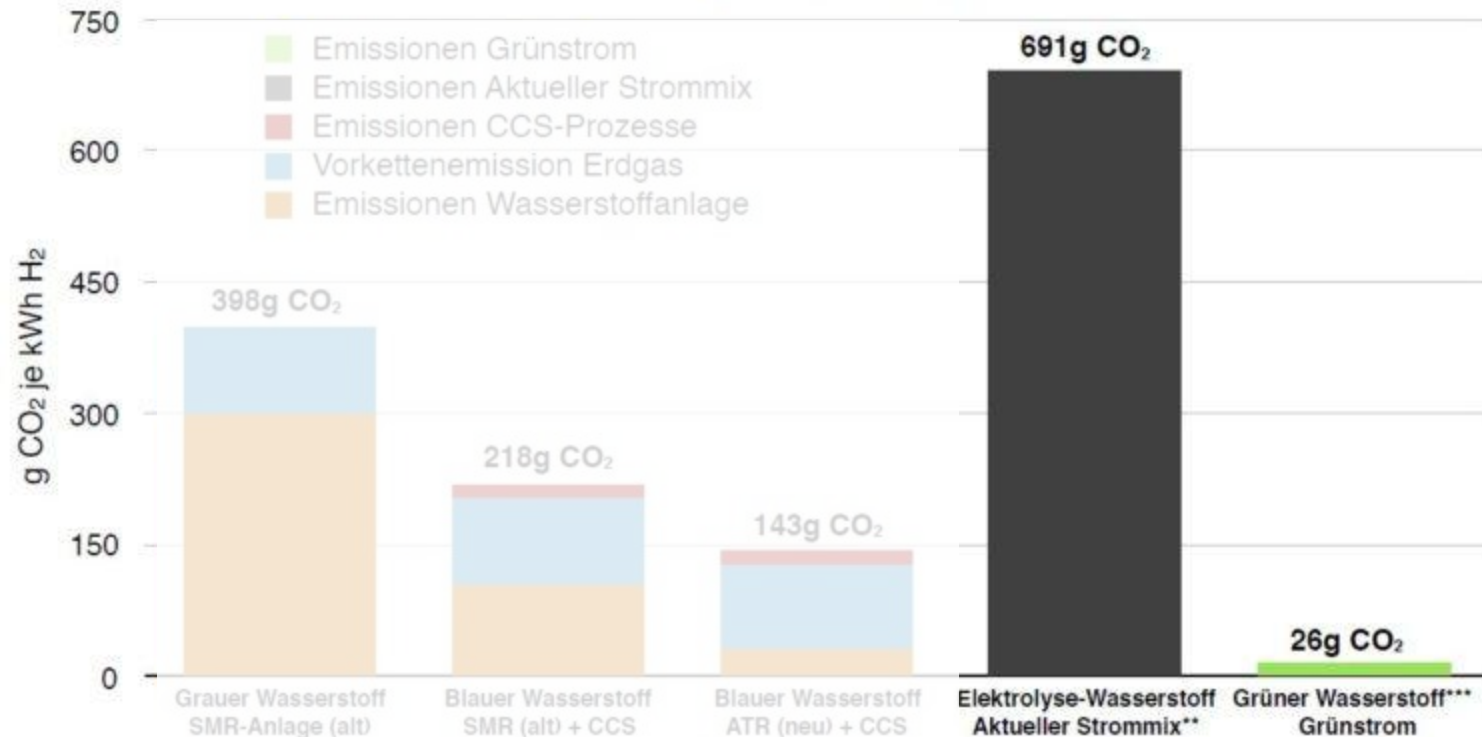
Grundlegende Studien



1. Klimafragen I (generelle Problemsicht)

- Klima *wirksamkeit* von Technologien, Anwendungen, Verhaltensweisen etc.

Emissionen der Wasserstoffproduktion in g CO₂ je kWh H₂*



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Fachliteratur in Kap.3

* Zur Umrechnung: 1 kg H₂ = 33,3 kWh (H₂)

** Deutscher Strommix 2018 mit durchschnittlich 474 gCO₂/kWh

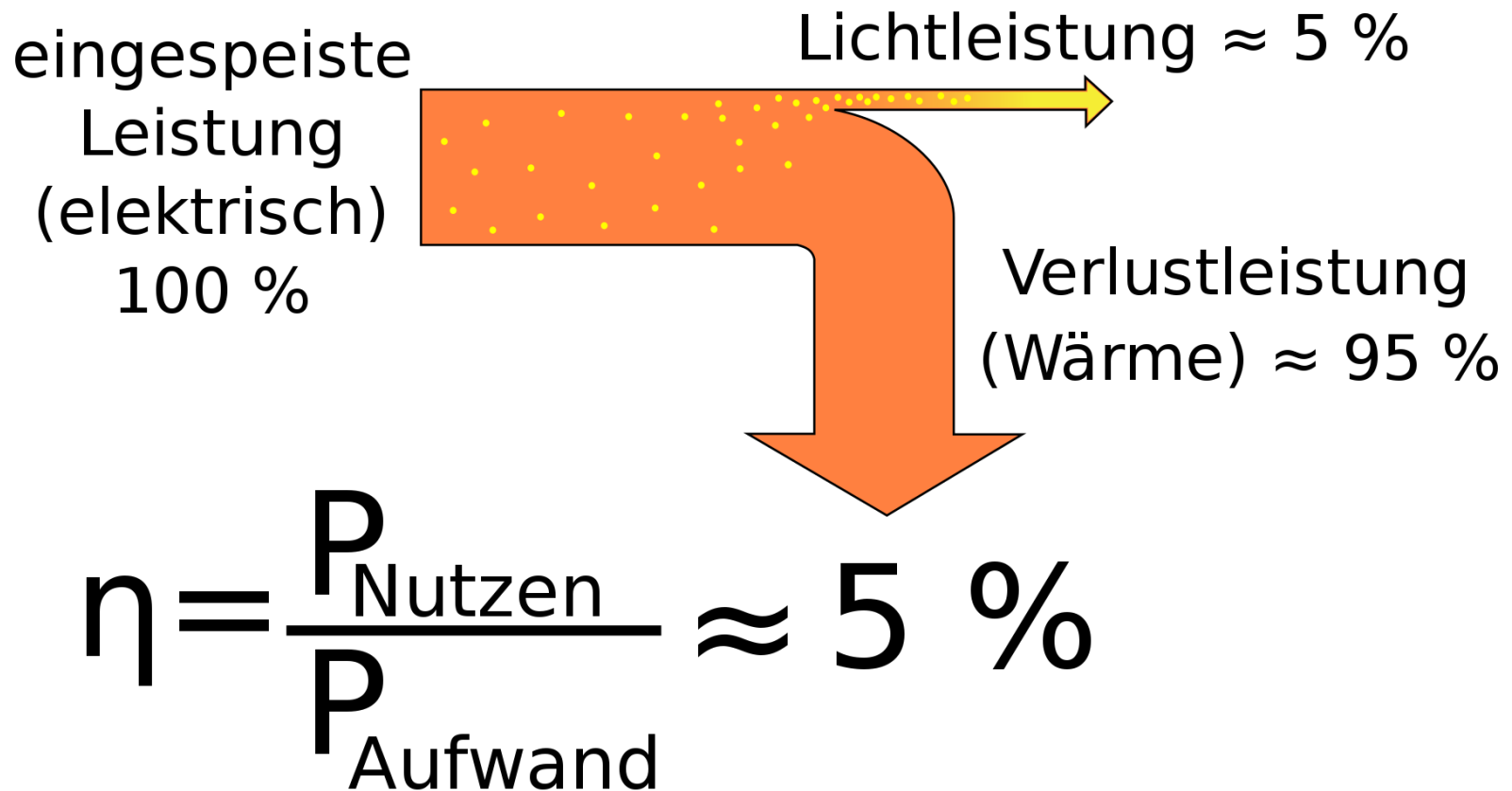
*** Emissionswerte für Grünen Wasserstoff inklusive Bau und Installation der Wind-/Solarstrom-Anlagen

Bukold S. (2020): Wasserstoff – Perspektiven und Grenzen eines neuen Technologiepfades. Greenpeace energy.

Klimafragen I

- Klimawirksamkeit von Technologien, Anwendungen, Verhaltensweisen etc.
- Mit welcher Effizienz (Energiebilanz/**Wirkungsgrad**) werden erneuerbare Quellen genutzt?

Energieeffizienz/Wirkungsgrad (Glühlampe)

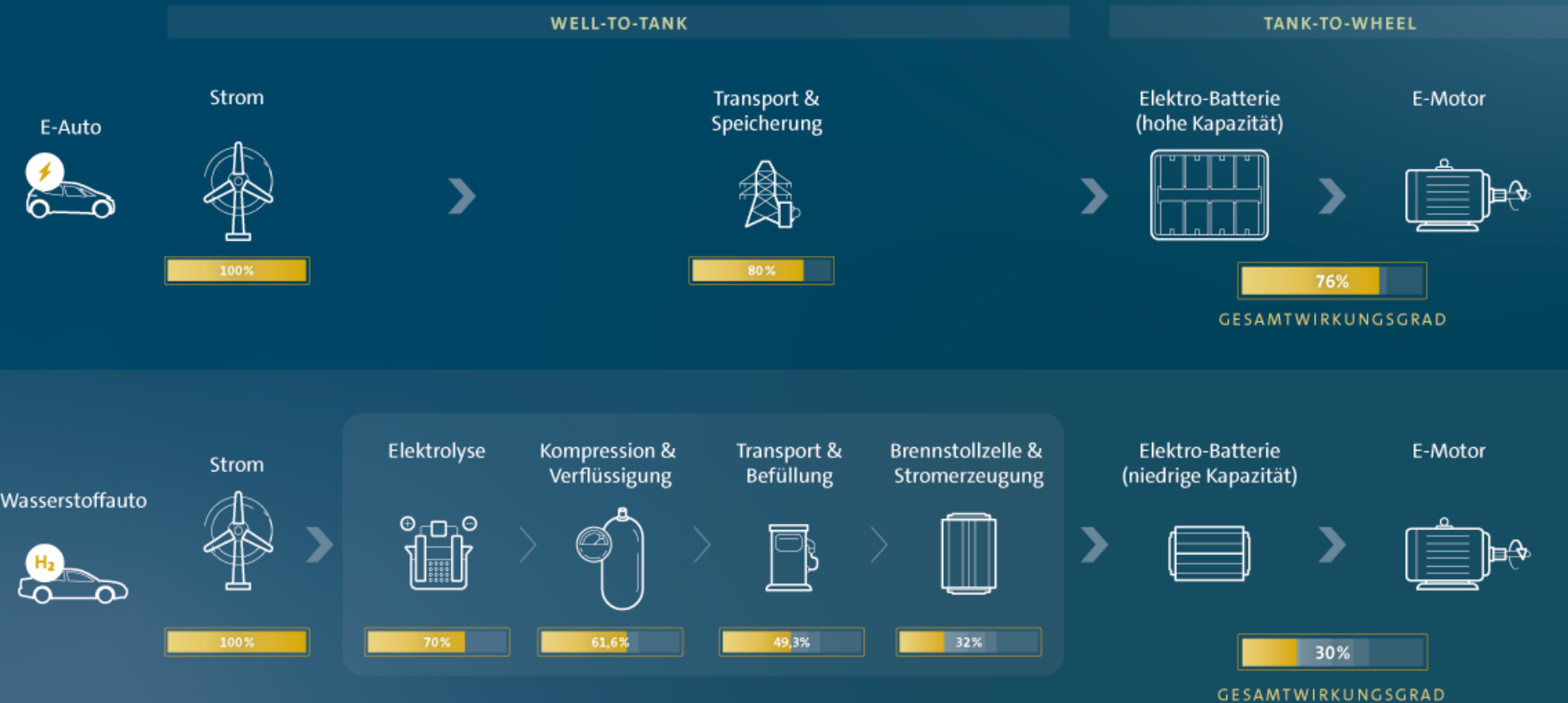


Wikimedia Commons: Wirkungsgrad gluehlampe.svg

Wirkungsgrade

WASSERSTOFF UND E-ANTRIEB

Die Wirkungsgrade im Vergleich bei Nutzung von Öko-Strom



Quelle: C3

<https://www.volkswagenag.com/de/news/stories/2019/08/hydrogen-or-battery--that-is-the-question.html#:~:text=Von%20diesen%20C3%BCbrig%20gebliebenen%2055,von%2025%20bis%2035%20Prozent.>

Wilfried Kühling: Digitalisierung – Klimakiller oder Klimaretter? d:f-Webinar Nr. 28. am 02. Juni 2023

e-fuels: 10-15 %...

Klimafragen I

- Klimawirksamkeit von Technologien, Anwendungen, Verhaltensweisen etc.
- Mit welcher Effizienz (Energiebilanz/Wirkungsgrad) werden erneuerbare Quellen genutzt?
- Wie ist die **Ökobilanz** (Materialflüsse/ Ressourcen-/Flächenverbrauch: ökologischer Rucksack, ökologischer Fußabdruck)?
- Zeitliche und räumliche **Verfügbarkeit**?
- **Rebound-Effekte.**

Klimafragen II

- **Problemauslagerung**: Importe von Gütern, die unter hohen Belastungen und geringen Sozialstandards fernab produziert wurden.
- **Klimagerechtigkeit?**
- → Politik: **einfache** Forderungen/Lösungen?

- **Zwischenfazit: Zentrale Größen:**
 - Klimawirksamkeit
 - Energieeffizienz/Wirkungsgrad
 - Ökobilanz (auch soziale Auswirkungen)

Übersicht

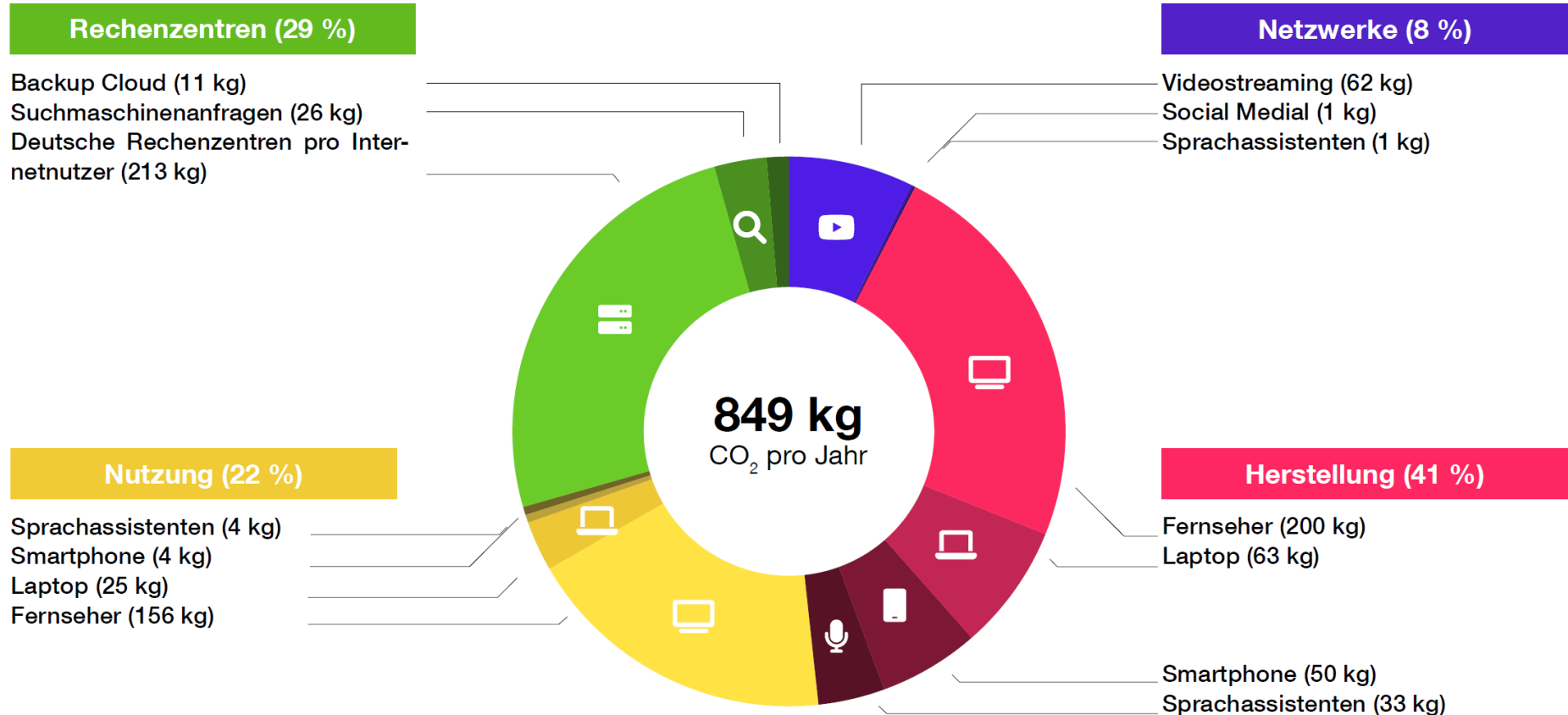
1. Klimafragen (generelle Problemsicht)
2. Digitalisierung (Problemsicht)
3. „Effizienzpotenziale“ Mobilfunk/5G
4. Konzept Funkwende (energetische Sicht)
5. Fazit/Ausblick

2 Digitalisierung (Problemsicht)

- Ökonomische/gesellschaftliche Diskussion versus erhebliche **ökologische** Wirkungen: Digitale Infrastrukturen (Endgeräte, Rechenzentren und Telekommunikationsnetze) verbrauchen große Mengen an **Energie** und **Rohstoffen**
- Effizienzgewinne (z. B. in Computerprozessoren) werden durch enormen **Anstieg** der Nutzung konterkariert.

CO2-Emissionen durch digitale Aktivitäten

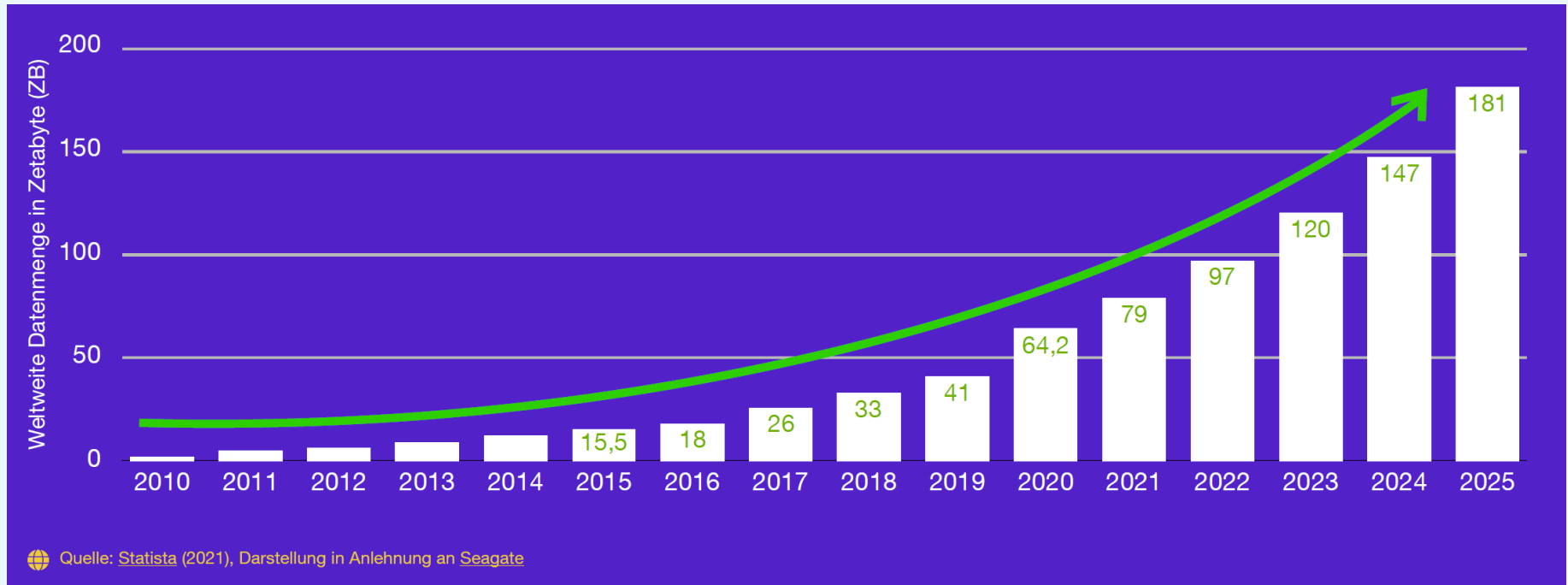
(Angaben in kg CO2/Pers./a)



Quelle: Öko-Institut e.V. (2021), CC BY-SA 2.0 Aus: Greenpeace e. V. (2022): Datenmenge - Digitalisierung und Nachhaltigkeit: Ein Widerspruch?

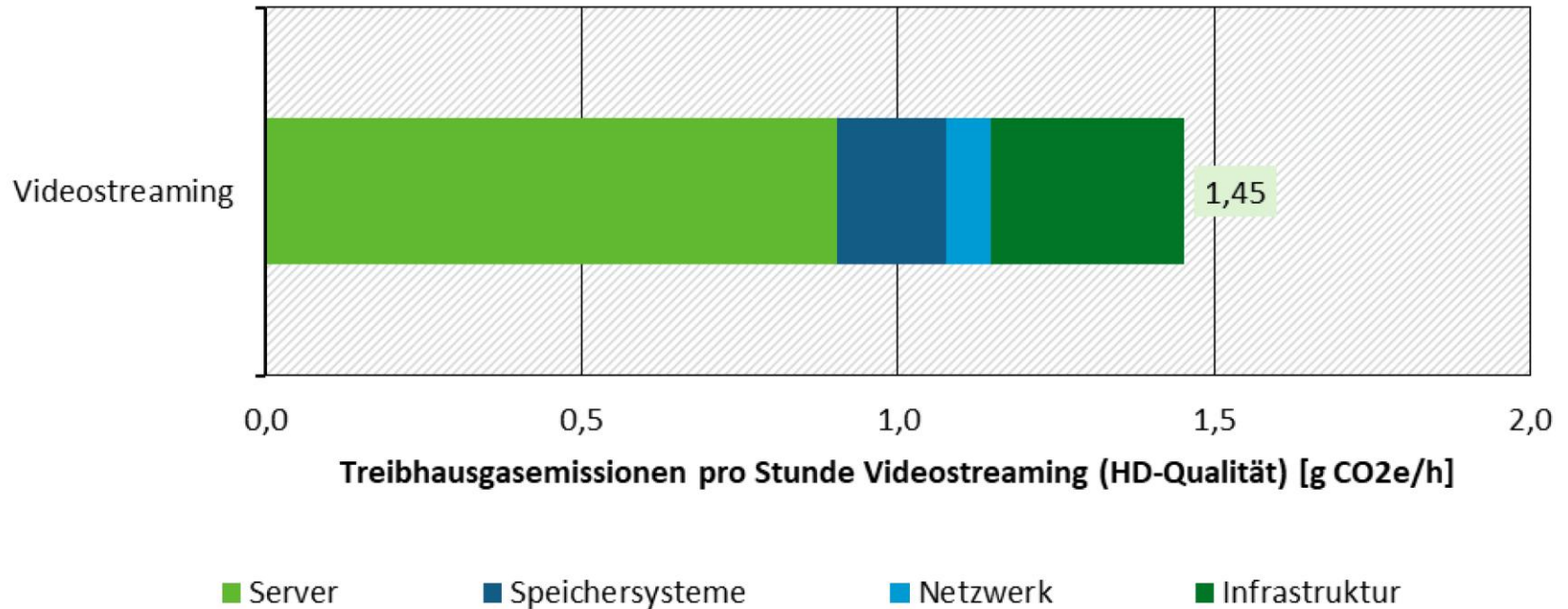
Anstieg der weltweiten Datenmenge

- Pro Minute werden 167 Mio. Videos bei Tik Tok angesehen, finden 5,7 Mio. Google-Suchen statt.
- UBA: Anstieg Datenvolumen von 2019 bis 2030 um etwa $f=45$. Ursache: **Mobiles** Videostreaming.



Aus: Greenpeace e. V. (2022): Datenmenge - Digitalisierung und Nachhaltigkeit: Ein Widerspruch?

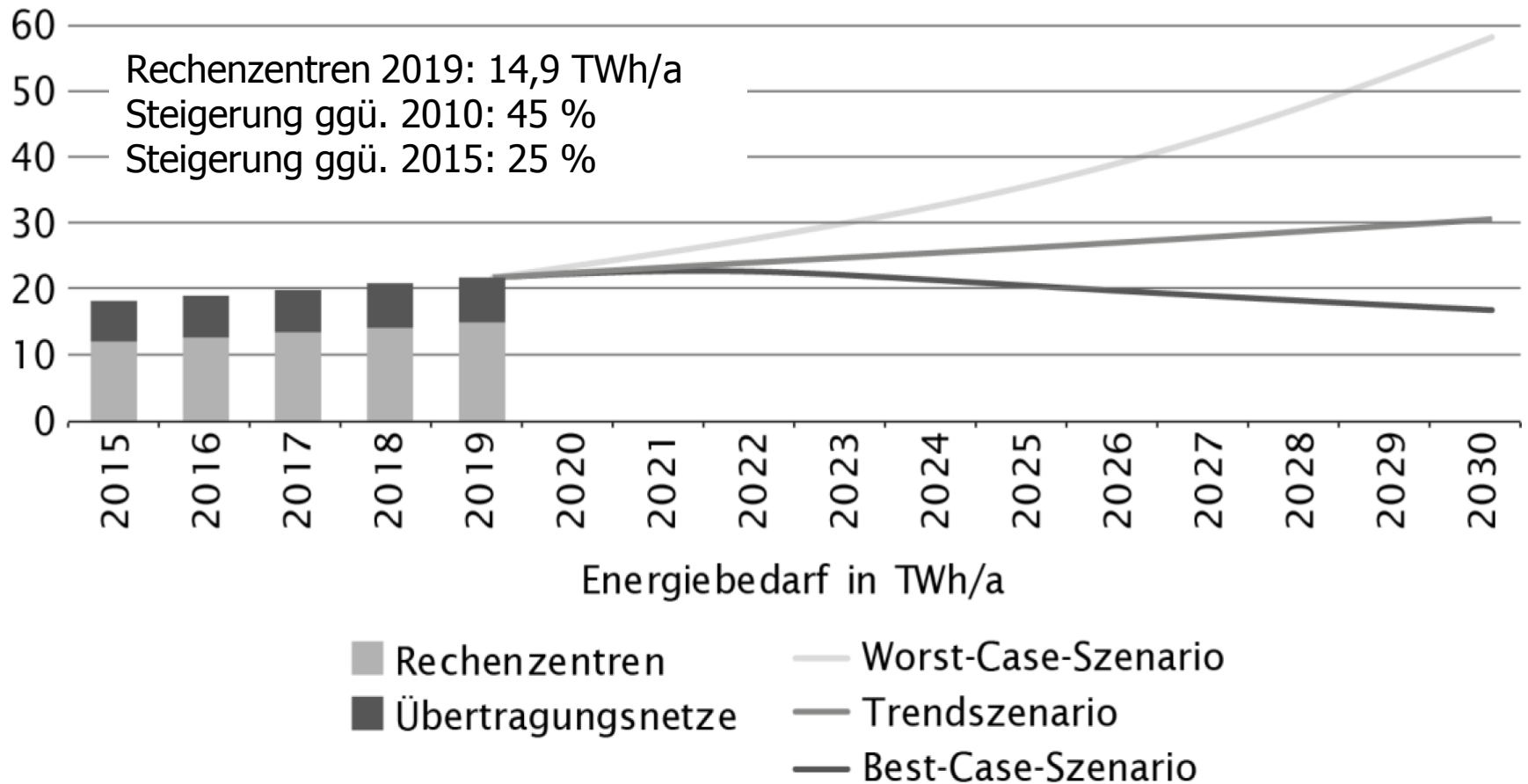
Videostreaming



Quelle: Forschungsprojekt „Green Cloud-Computing“ (2020)

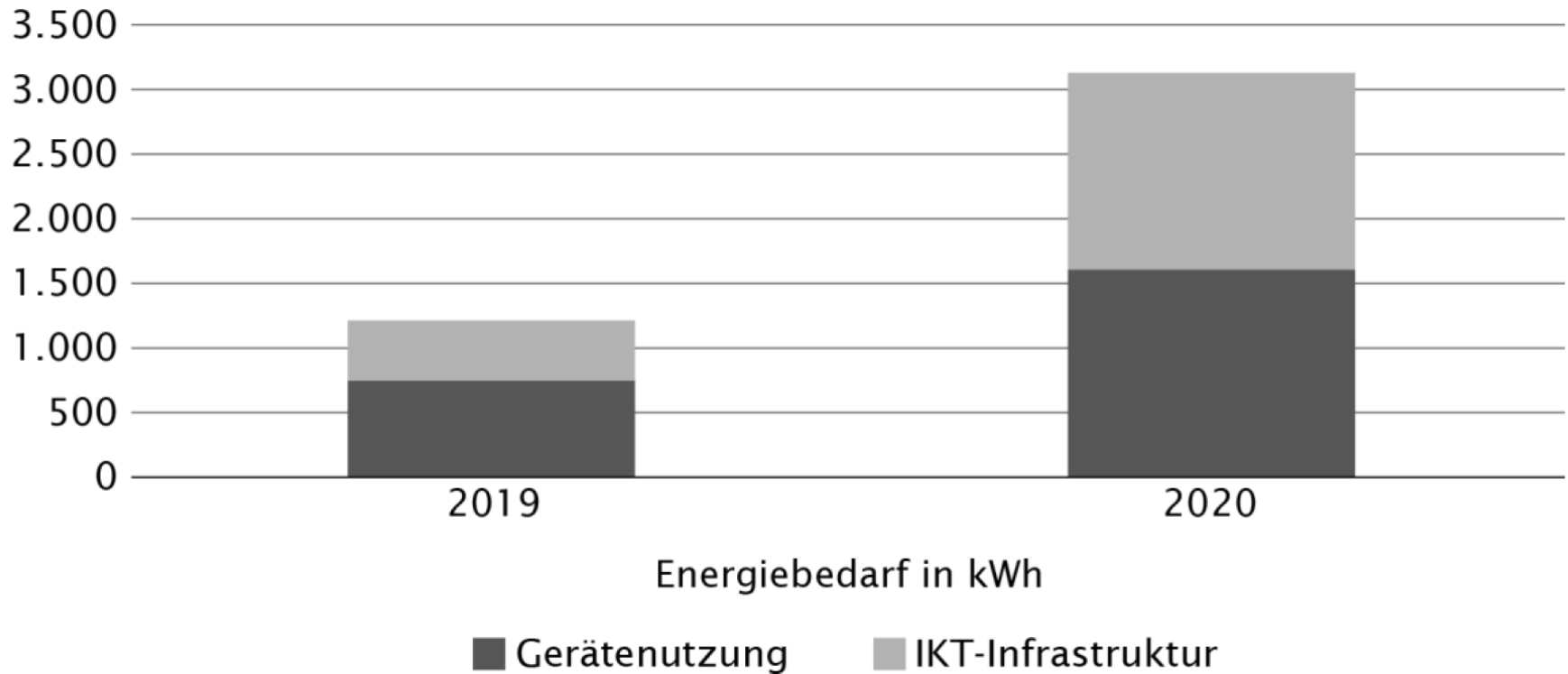
Szenarien Energiebedarf IKT-IS in D bis 2030

(+ ~10 % im Ausland)



Quelle: Borderstep Institut 2019, S. 61 (TAB 2022: 7f)

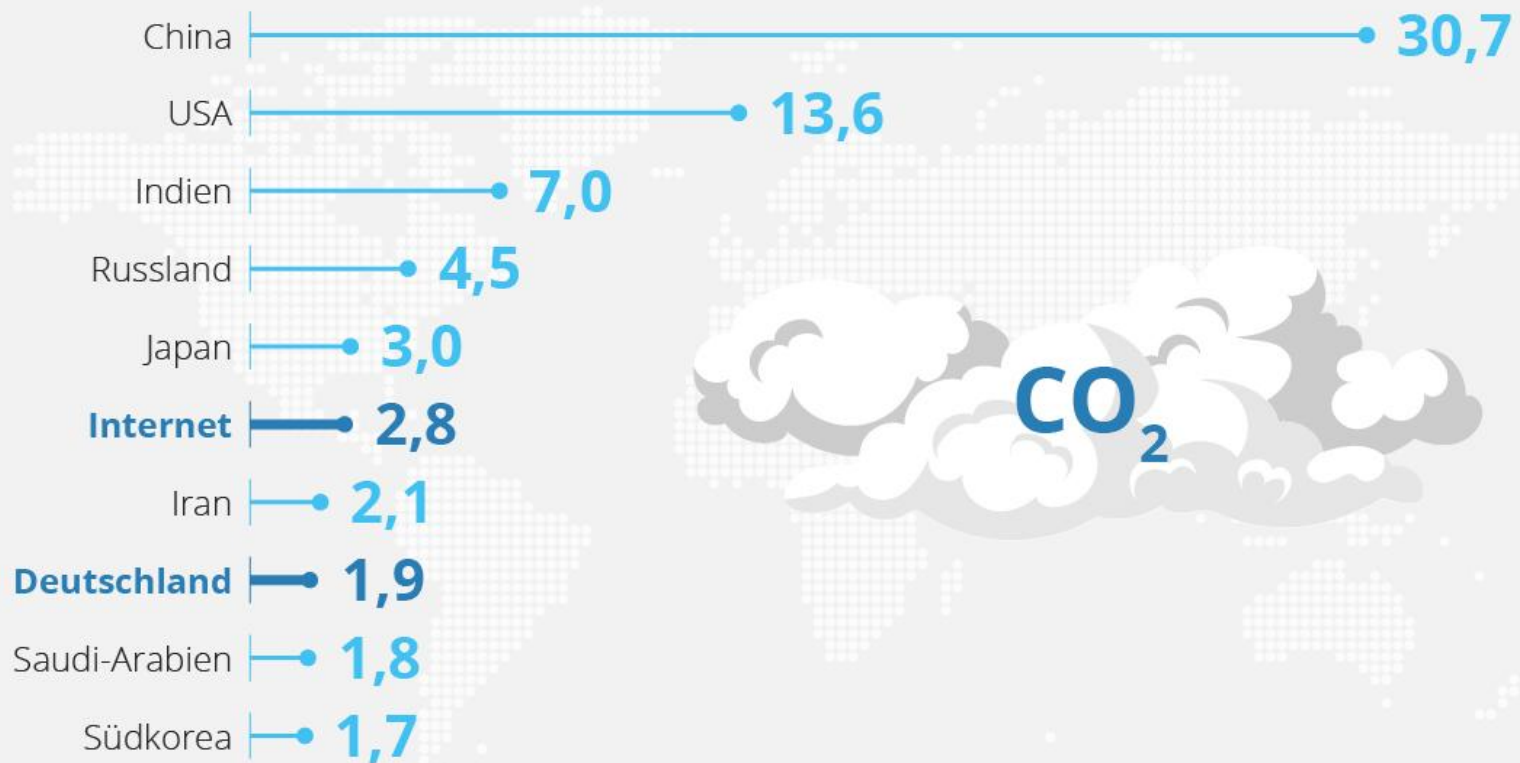
COVID-19: Veränderungen des Energiebedarfes eines Beispielhaushalts mit intensiver Mediennutzung



(TAB 2022: 40)

Wäre das Internet ein Land, läge es weltweit beim CO₂-Ausstoß auf Platz 6

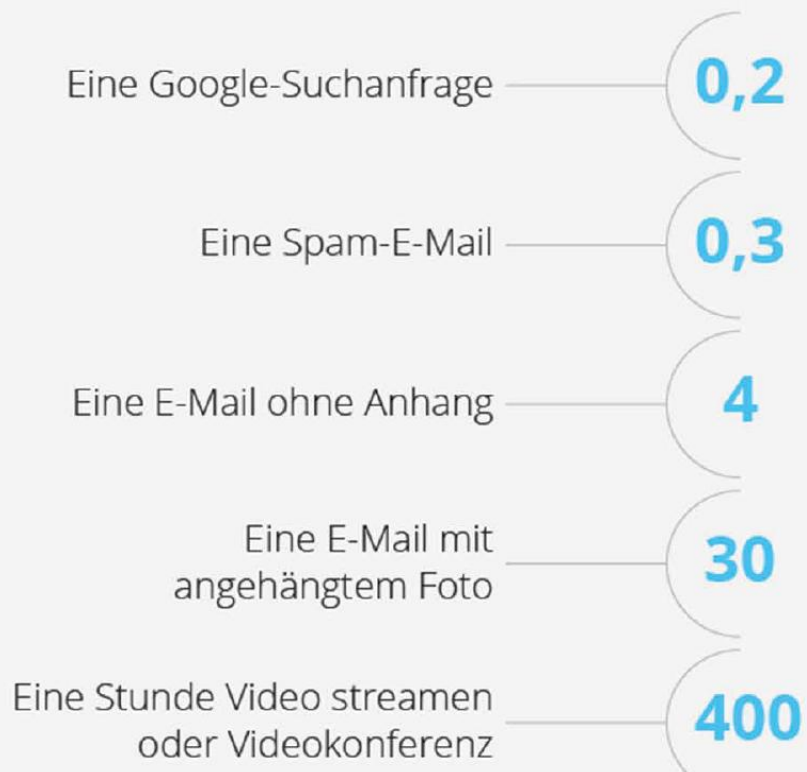
Top 10: Anteil am weltweiten CO₂-Ausstoß 2020 in %



Quelle: Schmidt-Feneberg P. (2023): So viel Energie verbraucht das Internet. [<https://de.statista.com/infografik/26873/co2-vergleich-dsl-und-glasfasernetz/>].

- **(End-)Geräteherstellung**: etwa 10-mal so viel Energieverbrauch wie bei der Nutzung (bei deutlichem Anstieg)

So hohe CO₂-Emissionen (in g) verursachen Internetprozesse im Durchschnitt



Quelle: Schmidt-Feneberg P. (2023): So viel Energie verbraucht das Internet. [<https://de.statista.com/infografik/26873/co2-vergleich-dsl-und-glasfasernetz/>].

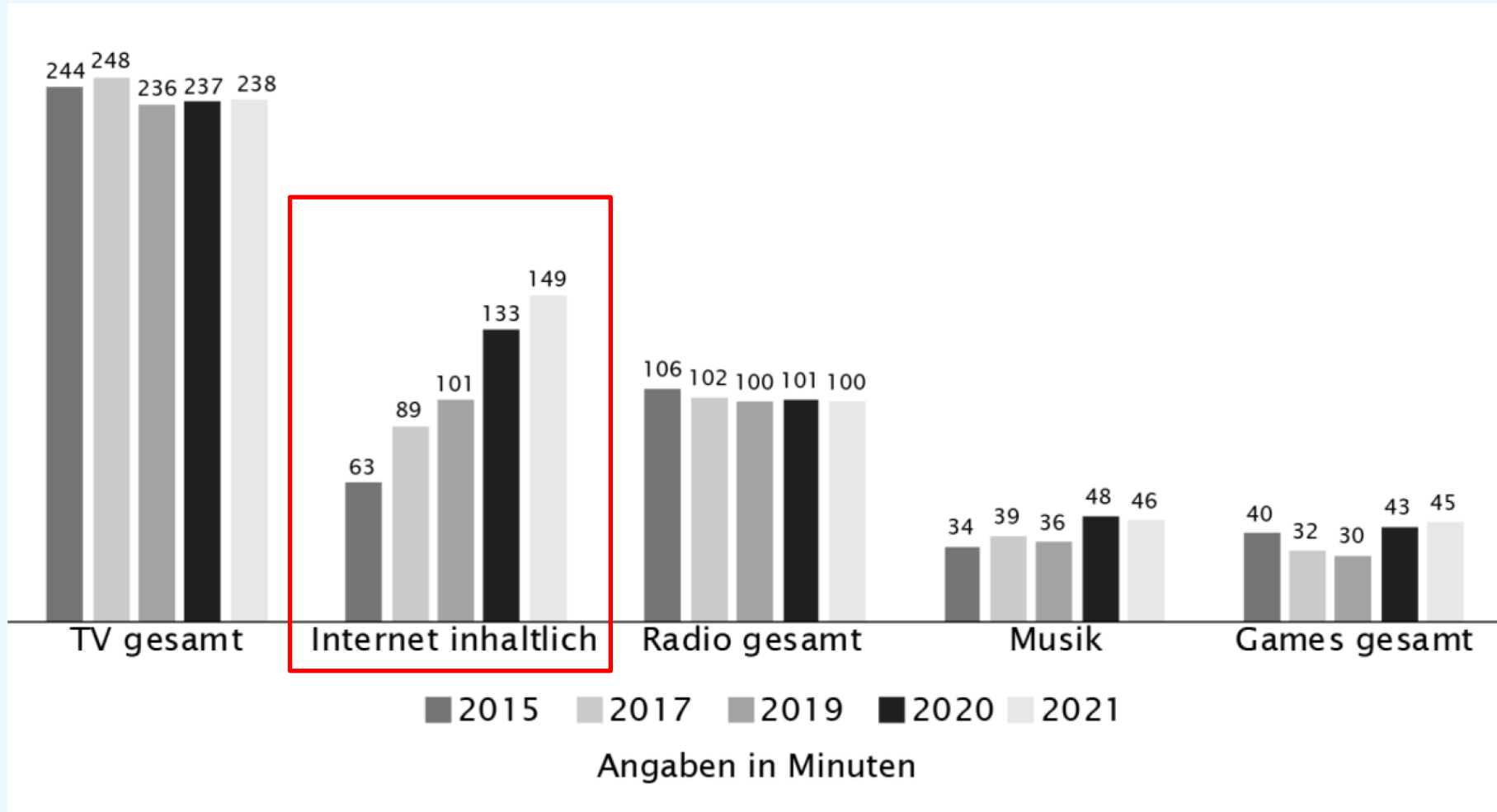
Beispiel: Blockchain-Architektur

Das ‚Schürfen‘ von **Bitcoins**:

- verbraucht 10-20 % des Stroms in Rechenzentren,
- bei einer (!) Transaktion werden zwischen **340 bis 530 kWh** Strom benötigt (Stromverbrauch 2-Personenhaushalt bis zu zwei Monate)!
- Spezielle Elektronikkomponenten (Hardware) müssen aufgrund des starken Wettbewerbs oft erneuert werden.

(TAB 2022: 14ff)

Durchschnittliche tägliche Nutzungsdauer/ Konsum Medienangebote



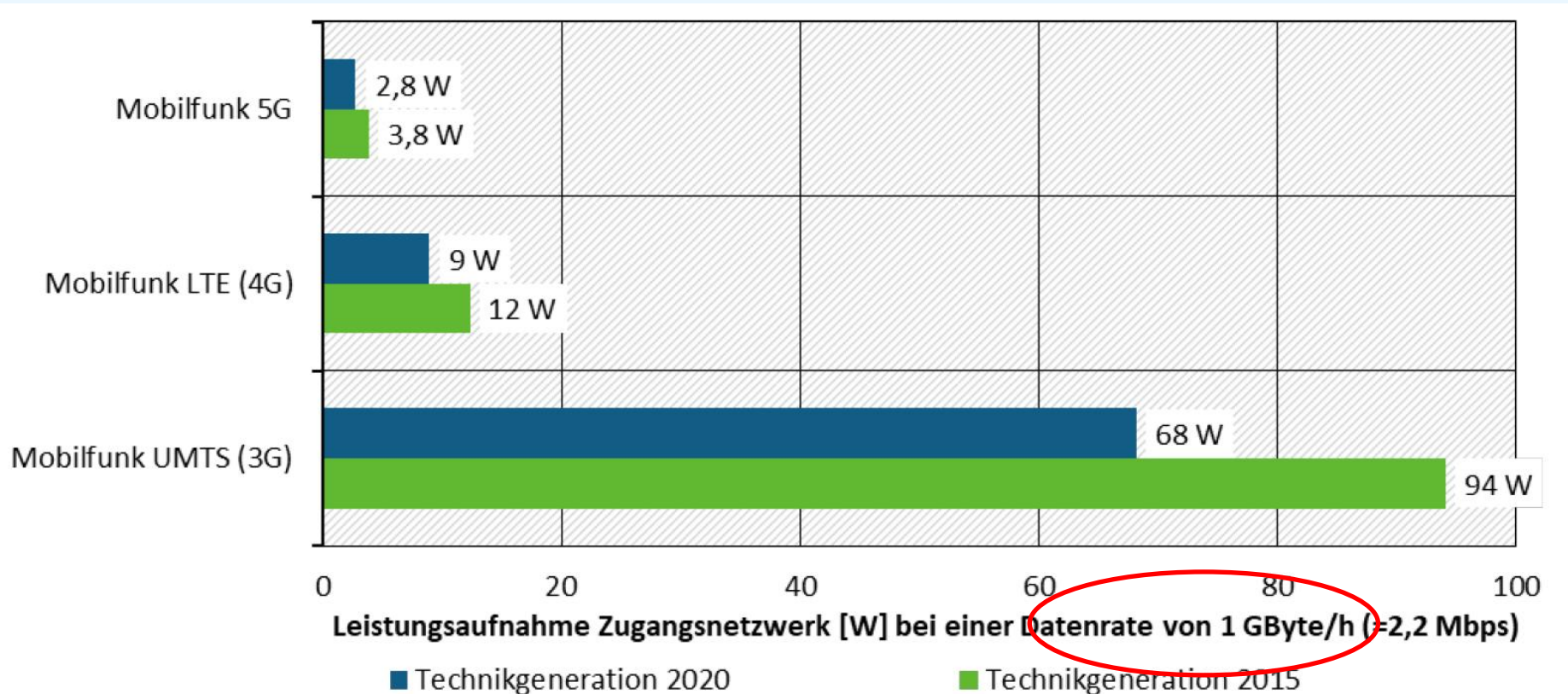
(TAB 2022: 38)

Übersicht

1. Klimafragen (generelle Problemsicht)
2. Digitalisierung (Problemsicht)
3. „Effizienzpotenziale“ Mobilfunk/5G
4. Konzept Funkwende (energetische Sicht)
5. Fazit/Ausblick

3. „Effizienzpotenziale“ 5G

- Reduktion Klimawirksamkeit pro GB um 85 %
- Leistungsaufnahme Zugangnetz für Mobilfunknetzwerke:

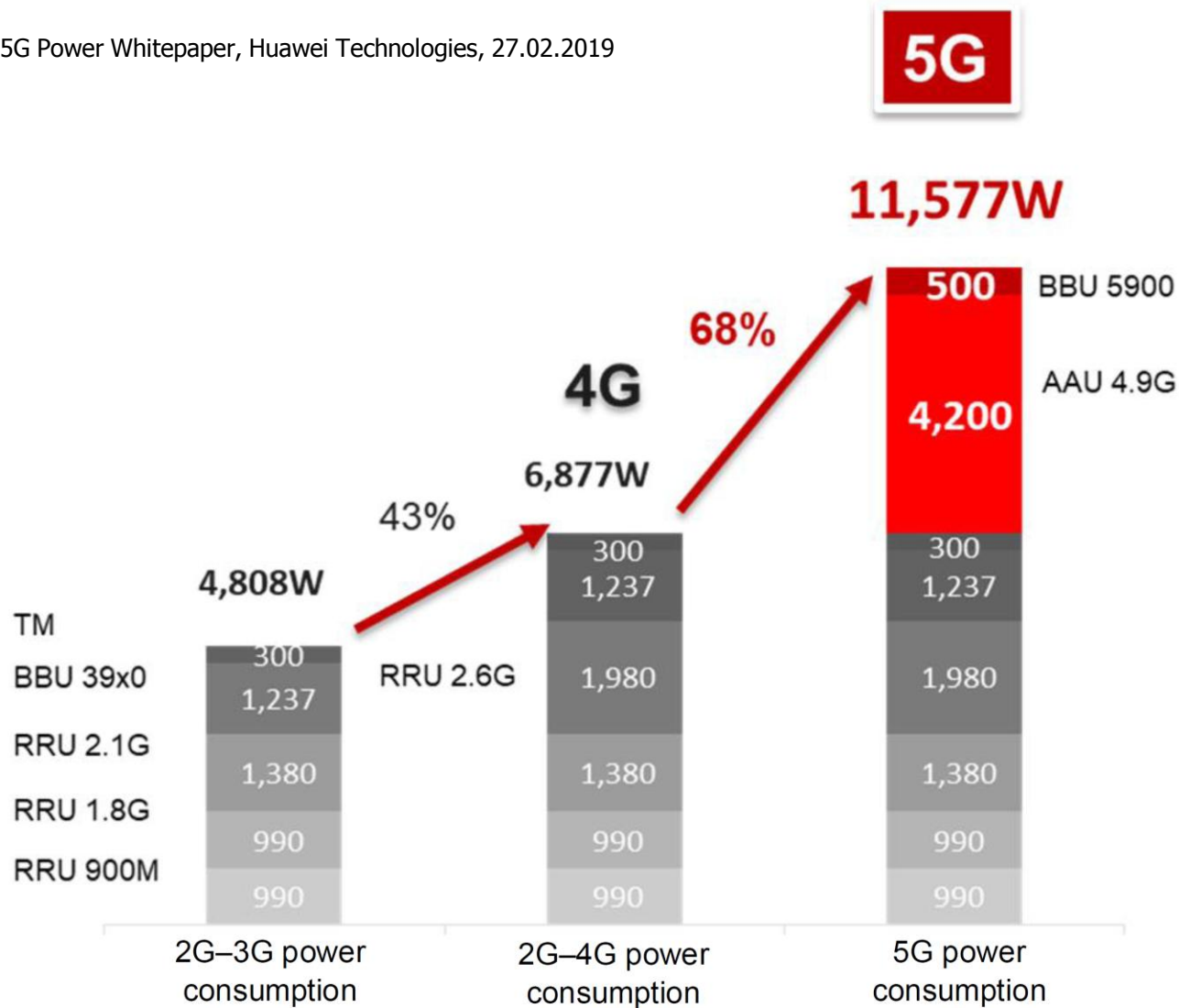


3. „Effizienzpotenziale“ 5G

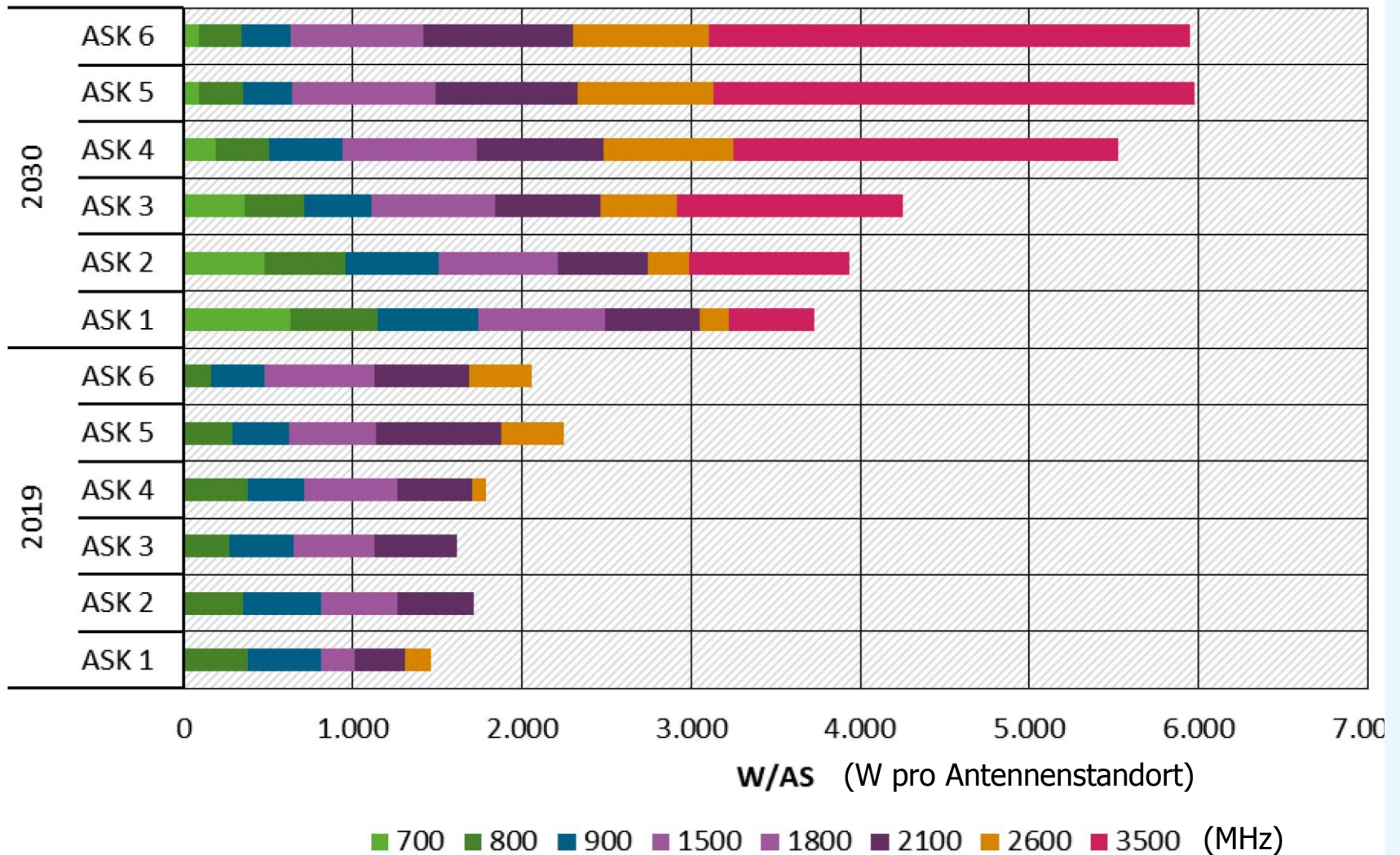
- Aber: übertragene **Datenmenge**, mehr Antennen/Basisstationen, **Anstieg Energiebedarf** pro Basisstation macht höheren Energiebedarf im Mobilfunknetz wahrscheinlich (TAB 2022: 30).
- 4G-Netz → 5G: wird mehr als **dreieinhalb** Mal so viel Strom verbrauchen. (Inside Telecom Staff 2020)

Typischer maximaler Stromverbrauch eines 5G-Standorts

5G Power Whitepaper, Huawei Technologies, 27.02.2019



Leistungsaufnahme Funkmodule in Abh. der Frequenz und Standortkategorie (Szenario 2019 und 2030)



Quelle: eigene Darstellung, Fraunhofer IZM (UBA 2022)

Mobilfunk/5G neu Denken und Handeln!

- UBA 2020^{*)}: „Mobilfunk für *Hausanschluss* ungeeignet und aus Sicht des Umwelt- und Klimaschutzes *nicht tragfähig*.“
- WBGU 2019^{**)}: „Digitalisierung entfaltet ihre zerstörerische Kraft mit großer Geschwindigkeit, während ihre *Regulierung* größtenteils *nacheilend* erfolgt.“
- Rasante Entwicklung und Fortschrittsgläubigkeit meist **ohne** ausreichende Risikobetrachtung/TFA.
- Daher: „**Funkwende**“ nötig und möglich!

^{*)} Umweltbundesamt (2020): Energie- und Ressourceneffizienz digitaler Infrastrukturen.

^{**)} Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2019): Unsere gemeinsame digitale Zukunft. Berlin.

Übersicht

1. Klimafragen (generelle Problemsicht)
2. Digitalisierung (Problemsicht)
3. „Effizienzpotenziale“ Mobilfunk/5G
4. Konzept Funkwende (energetische Sicht)
5. Fazit/Ausblick

4. Konzept Funkwende^{*)}: Näherungen

- a) Schutzsystem bei schädlichen Umwelteinwirkungen (BImSchG) einhalten
- b) Unverletzlichkeit der Wohnung (EMRK).
- c) Rechtlich unzureichende Bewertung („Schutz“, „Vorsorge“) wissenschaftlicher Erkenntnisse
- d) Enormes Verringerungs- und Steuerungspotenzial bei EMF durch „Netzoptimierung“.
- e) Berücksichtigung der **Klimawirkungen/** Energieverbrauch

^{*)} <https://kompetenzinitiative.com/funkwende-fuer-gesundheit-klima-umwelt-dringend-erforderlich-und-intelligent-gestaltbar/>

→ „Bewirtschaftung“ der HF-EMF im öffentlichen Raum nötig (hoheitliches Schutz-/Vorsorgekonzept, analog Wasser u.a. Ressourcen)

Videos etc.:

- Funkwende – Eine Denkschrift. In: umg 4/2022 (<https://www.diagnose-funk.org/1914>)
- KI-Tagung Düsseldorf 15.10.22: Funkwende (<https://www.youtube.com/watch?v=pED9Sj2p-TU>)
- Kommunale Mobilfunkvorsorgekonzepte (<https://www.diagnose-funk.org/1753>)
- Li-Fi innen: Webinar 25 (<https://www.diagnose-funk.org/1875>)

Richtwerte für ausgewählte HF-Quellen (EUROPAEM* EMF-Leitlinie 2016)

Tabelle 3: Richtwerte für hochfrequente elektromagnetische Strahlung (HF)

HF-Quelle MAX PEAK / PEAK HOLD	Exposition am Tag	Exposition in der Nacht	empfindliche Personengruppen ¹⁾
Rundfunk (FM, UKW)	10.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	1.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	100 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
TETRA	1.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	100 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	10 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
DVB-T	1.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	100 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	10 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
GSM (2G) 900/1800 MHz	100 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	10 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
DECT	100 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	10 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
UMTS (3 G)	100 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	10 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
LTE (4G)	100 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	10 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
GPRS (2,5 G) mit PTCCH* (8,33 Hz Puls)	10 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	0,1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
DAB+ (10,4 Hz Puls)	10 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	0,1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
WLAN 2,4/5,6 GHz (10 Hz Puls)	10 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	0,1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$

*PTCCH = Packet Timing Advance Control Channel

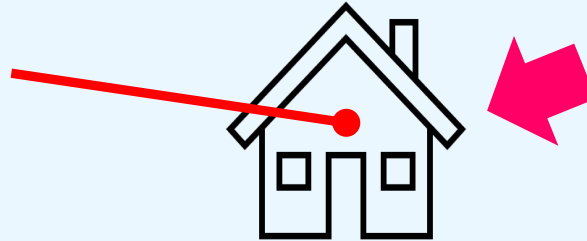
Auf der Grundlage von: BioInitiative (9, 10); Kundi and Hutter (260); Leitfaden Senderbau (221); PACE (42); Seletun Statement (40). ¹⁾ Vorsorgeansatz beruht auf einem Faktor 3 (Feldstärke) = ein Faktor 10 (Leistungsflussdichte). Siehe auch IARC 2013 (24) und Margaritis et al. (267).

* Europäische Akademie für Umweltmedizin (EUROPAEM) – Arbeitsgruppe EMF

Prinzip Schutzsystem BImSchG (Bsp. Lärm)

Indoor <30 dB(A)

- Erholsamer Schlaf nachts (WHO)
- Zur Lüftung geöffnetes Fenster
- Mittelungspegel (...)



Dämpfung Gebäude:
10-15 dB(A)

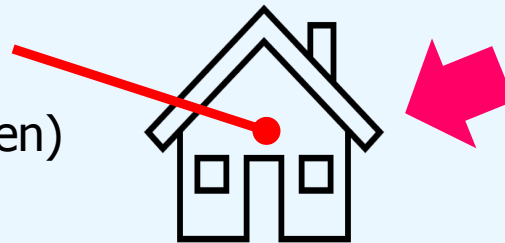
Outdoor 40 dB(A)

- WR nachts gemäß DIN 18005 (Straßenverkehr)
- WR/WA nachts gemäß TA Lärm (35/40 dB(A))
- Mittelungspegel

Nicht ionisierende Strahlen (NIS)

Indoor 1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$

- Weitgehender Schutz/Vorsorge möglich (auch durch weitere Maßnahmen)
- Maximalpegel



Dämpfung Gebäude:
~20 dB

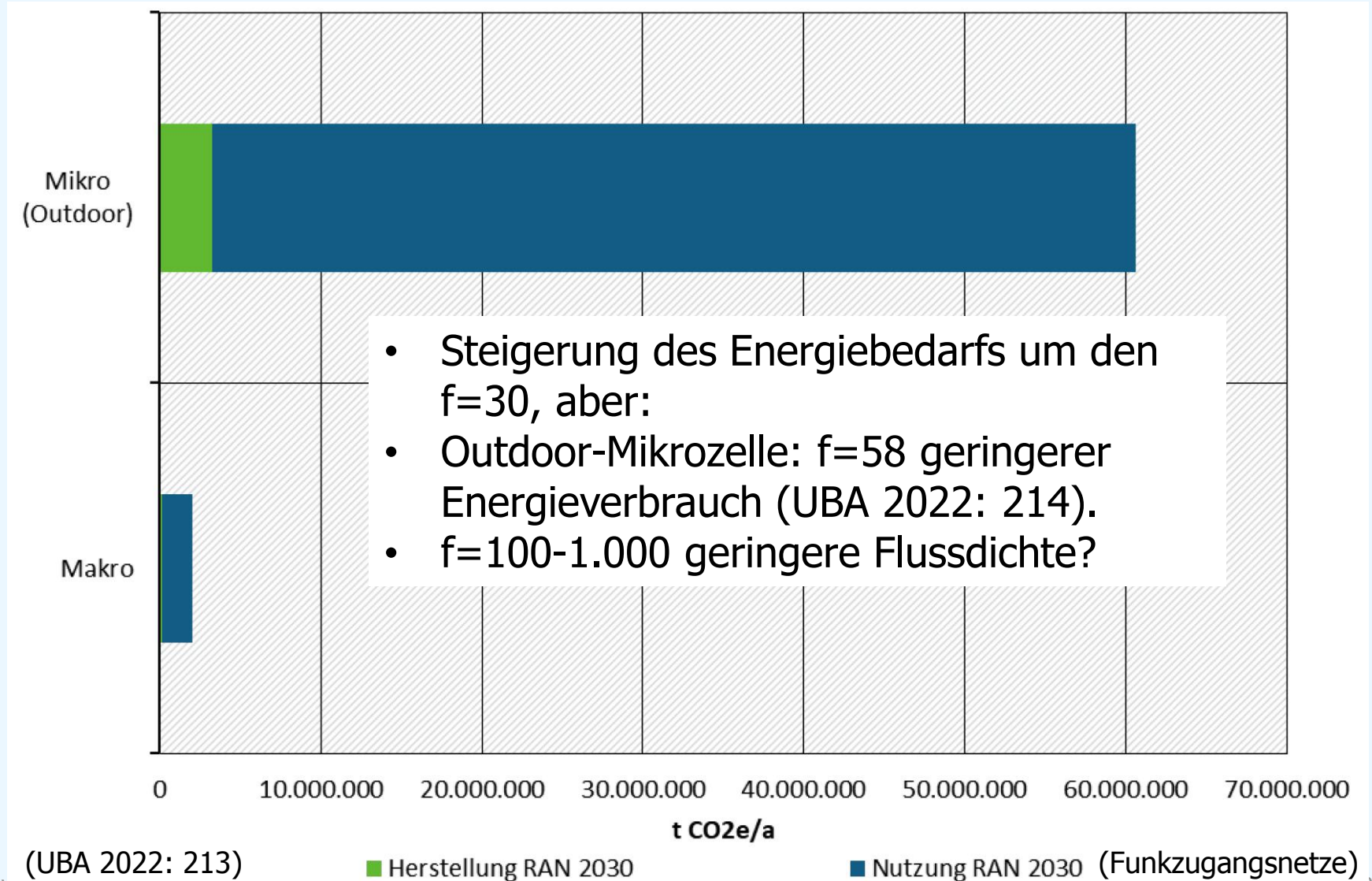
Outdoor 100 $\mu\text{W}/\text{m}^2$

- Einzuführender Richtwert für Sendeanlagen
- Maximalpegel

Intelligente Netzstruktur

- **Optimierung** von Outdoor-Mikro- und -Makrozellen je nach Siedlungsbereich und großräumiger Versorgung.
- **Abschätzung** der Einsparungen durch reduzierte Feldstärken/Flussdichten ($f=100 \rightarrow 1.000$) **nötig**.
- Lokales Roaming.
- 26. BImSchV gemäß § 22 Abs. 1 Satz 1 BImSchG: „Schädliche Einwirkungen sind zu verhindern bzw. auf ein **Mindestmaß** zu beschränken.“

100 % Flächenabdeckung mit Makro- vs. Outdoor-Mikrozellen (Basisszenario, 2030)



Übersicht

1. Klimafragen (generelle Problemsicht)
2. Digitalisierung (Problemsicht)
3. „Effizienzpotenziale“ Mobilfunk/5G
4. Konzept Funkwende
5. Fazit/Ausblick

5 Fazit/Ausblick

- Zunahme Datenverkehr = Klimakiller
- Meist einseitige Sicht auf **Einsparung fossiler Energie** und **Ausbau der Erneuerbaren** blendet weitgehend aus, welche endlichen Rohstoffe eines endlichen Planeten bestehen (→ Erd-Erschöpfungstag, D: 4. Mai).
- Stoffliche Durchsatzmenge erschöpft die „**Senken**“ durch Abfälle und Verschmutzungen.

Durchsatzmenge als Grenze im globalen Ökosystem

a) Quellen

Sich regenerierende Ressourcen

Sich nicht regenerierende Ressourcen



b) Senken

Abfälle und Verschmutzung

Wachstumsgrenzen:

- a) Leistungsfähigkeit der Quellen
- b) Aufnahmefähigkeit der Senken

nach: Meadows et al. 1992

Wachstum der Weltbevölkerung

„Wohlstand“ erhalten?

- Wuppertal Institut: Faktor „Zehn“...
- „Gürtel enger schnallen“, sparsamer sein, erst denken, dann handeln...



Quellen

- UBA = Umweltbundesamt (2020): Energie- und Ressourceneffizienz digitaler Infrastrukturen.
[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/politische-handlungsempfehlungen-green-cloud-computing_2020_09_07.pdf].
- UBA = Umweltbundesamt (Hrsg.) (2022): Umweltbezogene Technikfolgenabschätzung Mobilfunk in Deutschland - Projekt UTAMO. TEXTE 11/2022. Berlin.
[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_26-2023_umweltbezogene_technikfolgenabschaetzung_mobilfunk_in_deutschland.pdf].
- TAB = Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (2022a): Energieverbrauch der IKT-Infrastruktur. Grünwald, R. & Caviezel, C. Endbericht zum TA-Projekt, Arbeitsbericht Nr. 198, Berlin.
[<https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000151164/149393331>].



statt



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Umfassende weitere Info: <https://kompetenzinitiative.com/>
<https://www.diagnose-funk.org/>

Was kann ich persönlich tun?

Z. B. Datenvolumen im Internet reduzieren:

- Leitungsgebunden arbeiten (nicht über Mobilfunk).
- Suchanfragen (Google etc.) reduzieren, Seiten direkt ansteuern.
- Wiedergabequalität von Videos reduzieren (HD-Qualität notwendig?)/dem Endgerät anpassen.
- Datenvolumen (Auflösung) von Dokumenten, Bildern reduzieren (beim Versand), weniger Bilder versenden.
- Häufig anzusehende Videos herunterladen, speichern.
- (...)

Sonnenstrom selbst nutzen, Ökostrom beziehen...