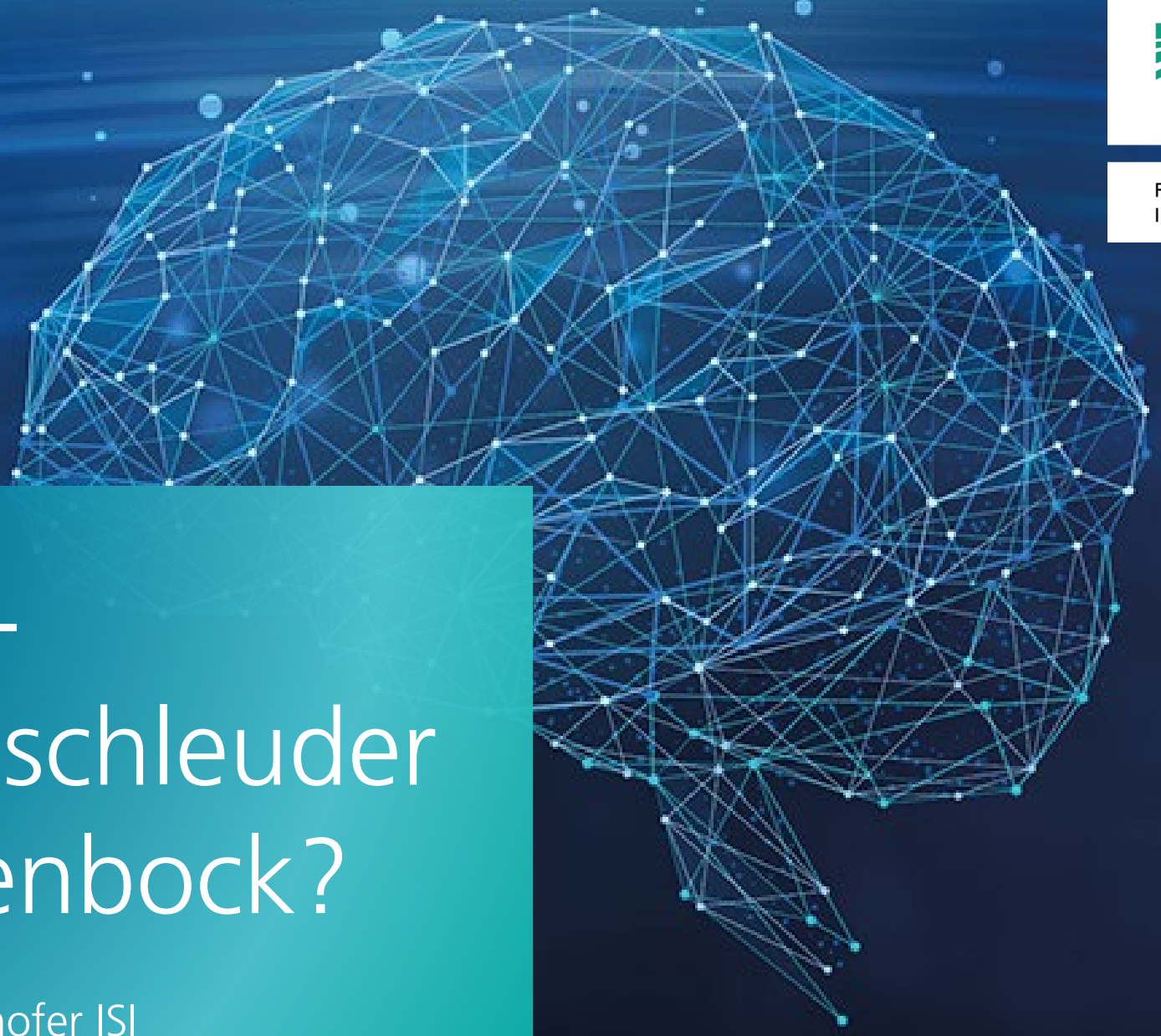


Fraunhofer ISI

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Streaming - Ressourcenschleuder oder Sündenbock?

Dr. Heike Brugger – Fraunhofer ISI

© shutterstock.com/anttoniart, shutterstock.com/fractal-an

AGENDA

- Welche Energieverbräuche entstehen durch Streaming?
- Einflussfaktoren auf den Energieverbrauch
- Reboundeffekte
- Wo entsteht der Energiebedarf?
- Verbrauchstrends
- Energiewirtschaftliche Einordnung
- Politischer Rahmen
- Praktische Implikationen

Wie klimaschädlich ist Videostreaming?

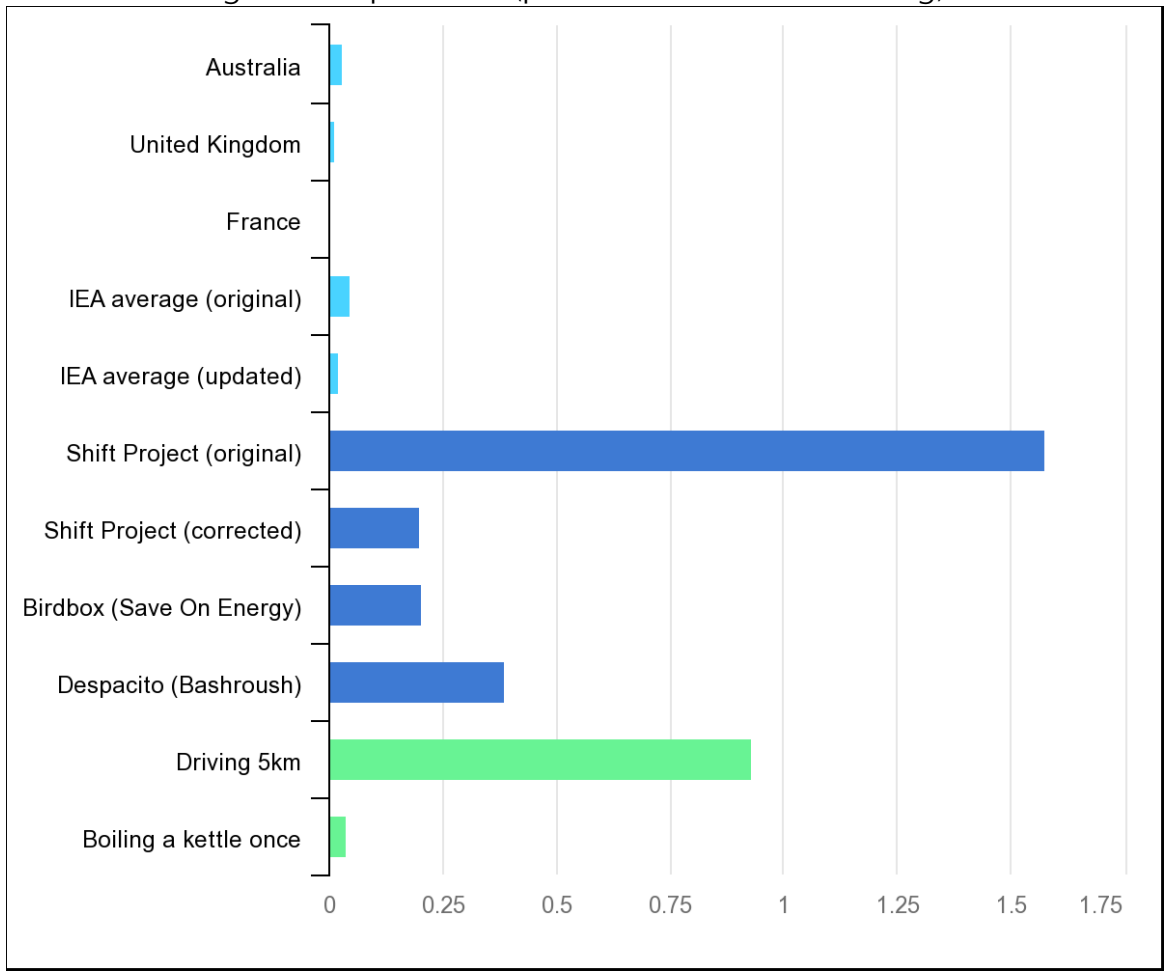
Verursacht eine halbe Stunde Streaming so viele CO2-Emissionen wie eine Autofahrt von 6,3 Kilometer?

The Shift Project

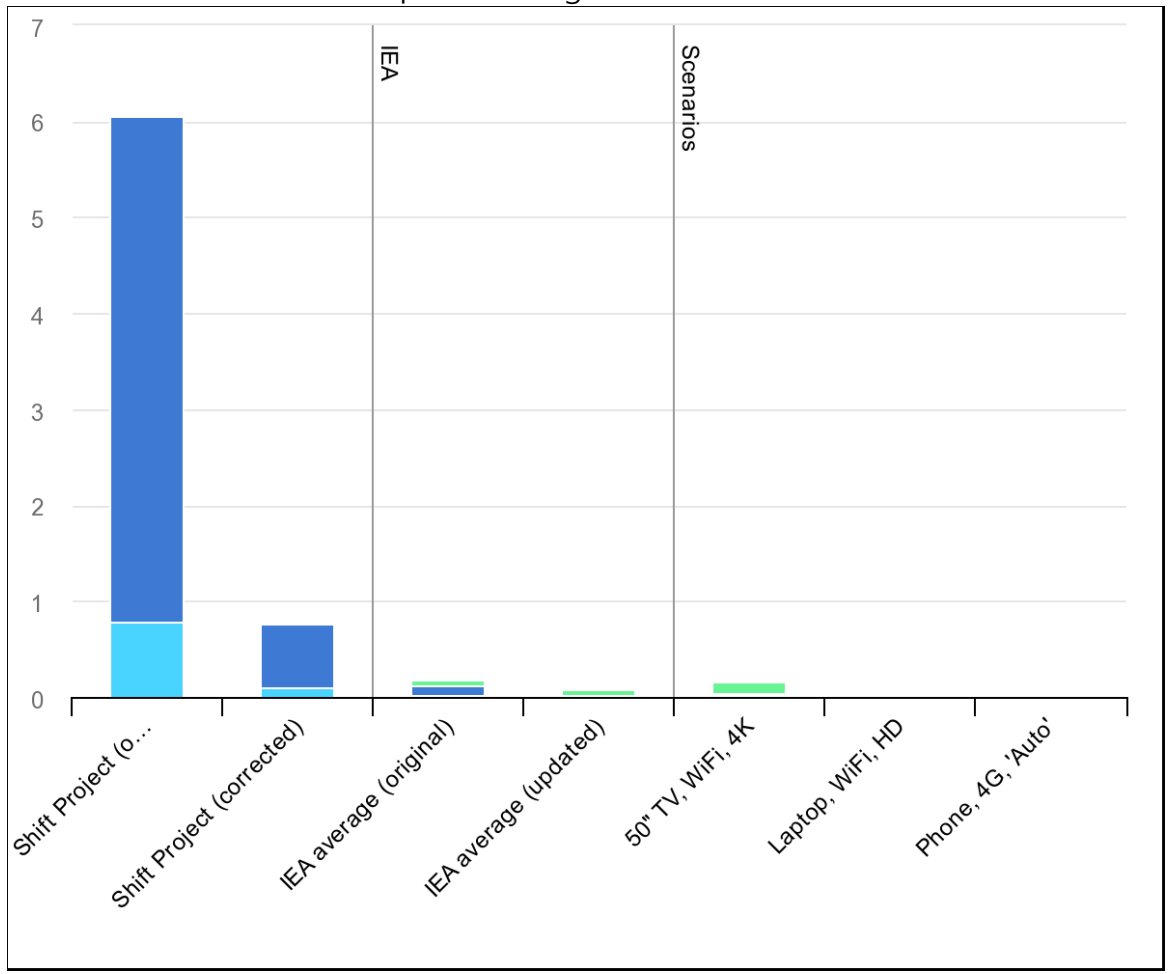
Fraunhofer ISI

The Shift Project – Faktencheck

kg CO2-äquivalent (pro 1/2h Netflix streaming)

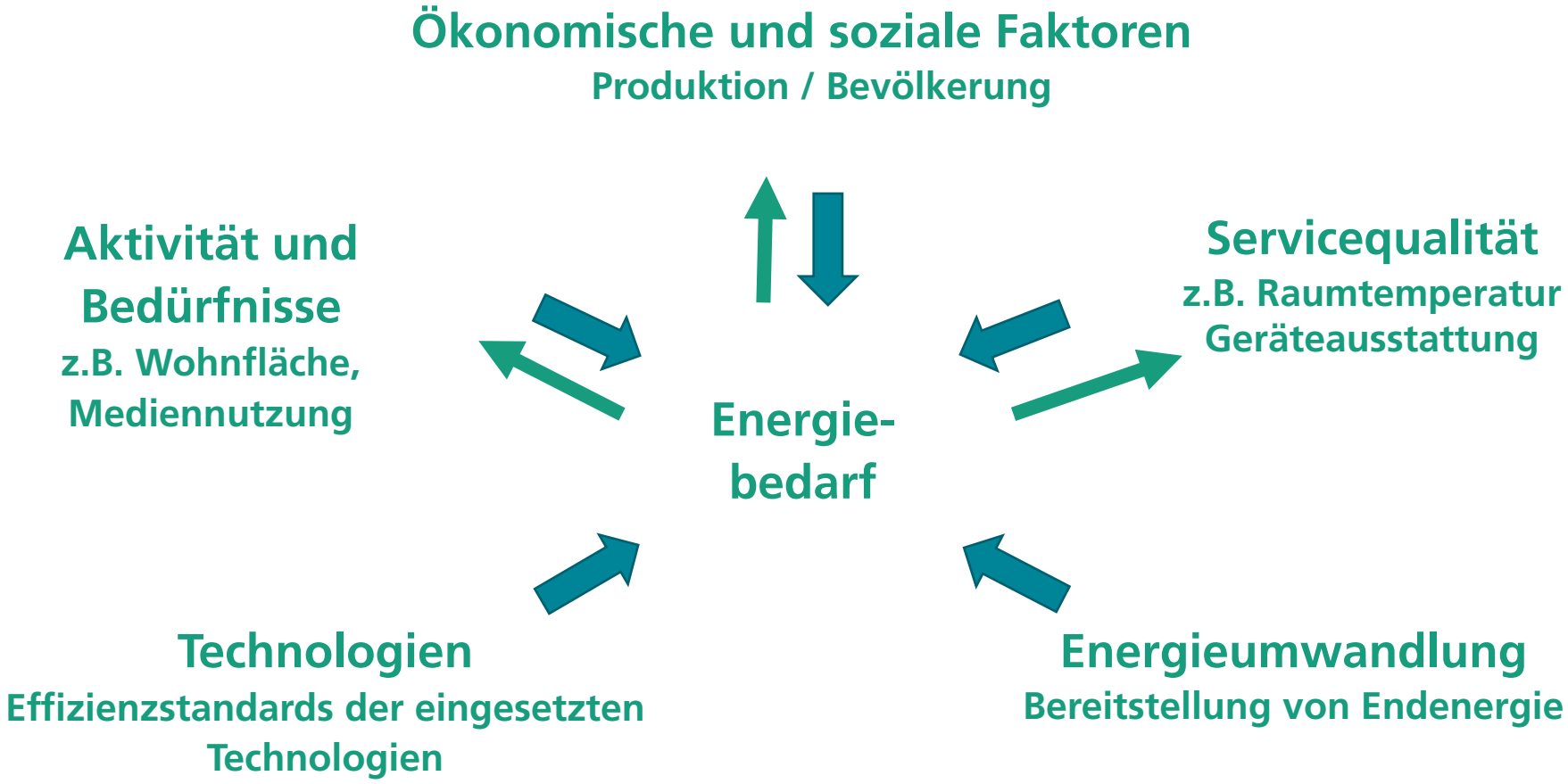


kWh per viewing hour



Fraunhofer ISI

Einflussfaktoren auf den Energiebedarf



Fraunhofer ISI

Reboundeffekte

Systematisierung 13 möglicher Rebound-Effekte

Finanzielle Rebound-Effekte
Einkommens-Effekt
Re-Investitions-Effekt
Marktpreis-Effekt

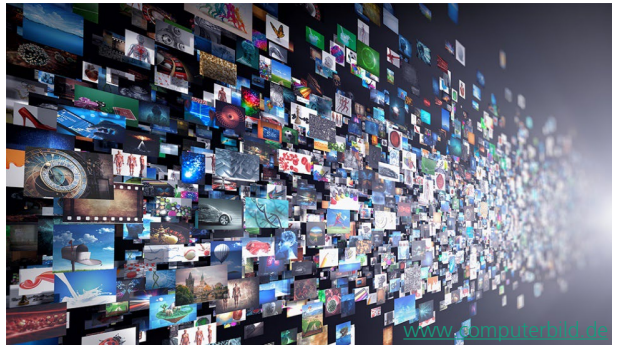
Psychologische Rebound-Effekte
Moral-Hazard-Effekt
Moral-Leaking-Effekt
Moral-Licensing-Effekt

Materielle Rebound-Effekte
Embodied-Energy-Effekt
Neue-Märkte-Effekt
Konsum-Akkumulations-Effekt

Cross-Factor-Rebound-Effekte
Cross-Factor-Rebound-Effekt
Materieller Cross-Factor-Effekt
Multiple Cross-Factor-Effekte
Konsum-Rationalisierungs-Effekt

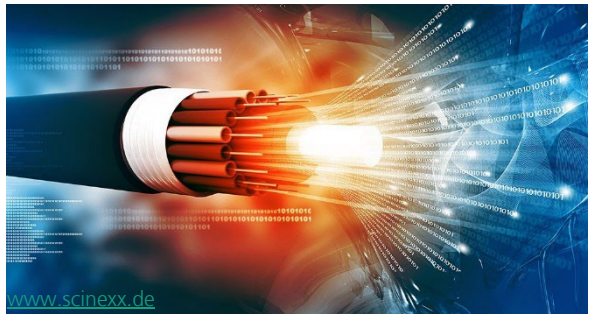
Santarius 2012

Energieverbrauchskomponenten



Zentrale Anwendungen

Endgeräte

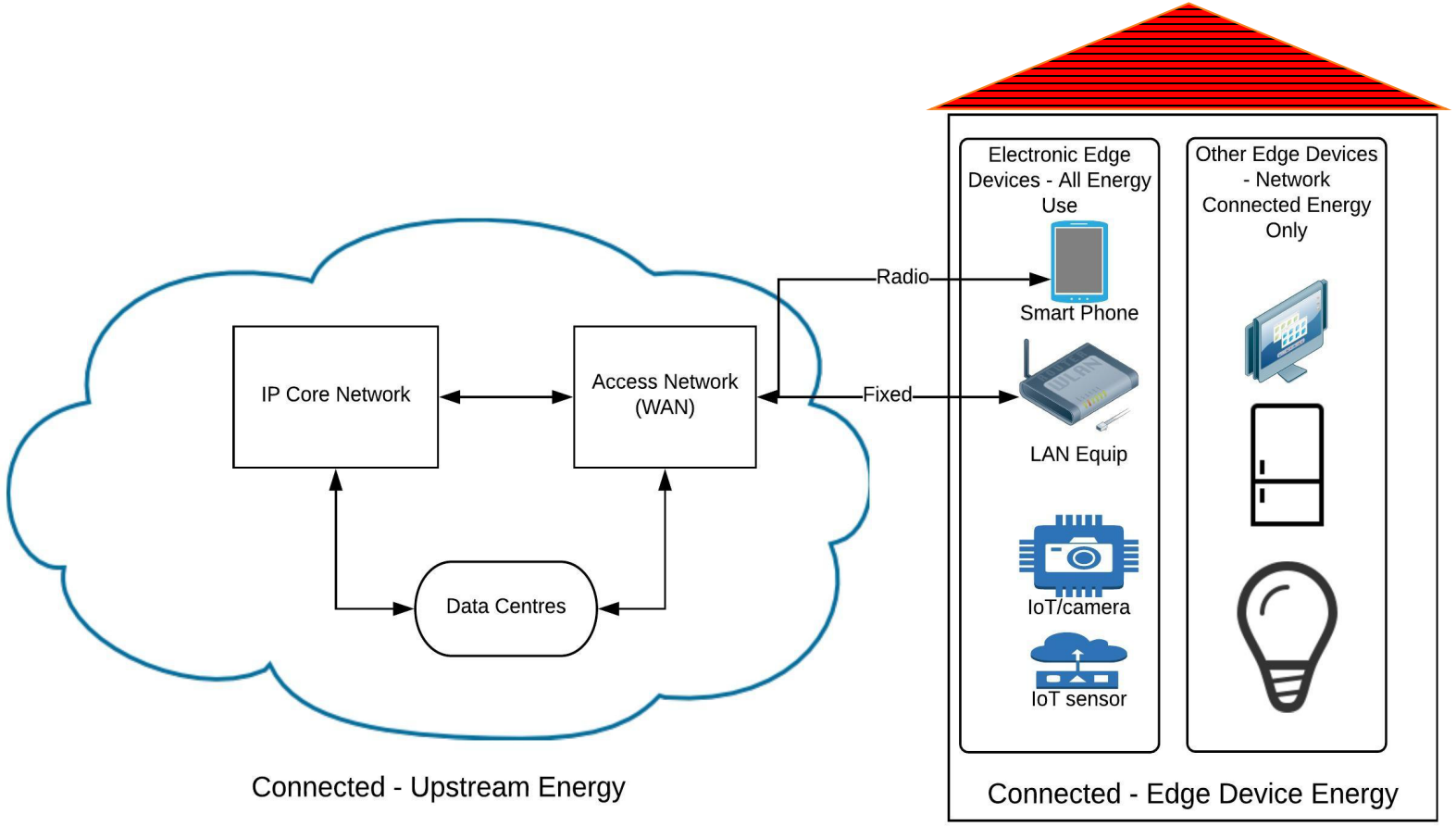


Übertragungsnetze

Rechenzentren

Fraunhofer ISI

Digitalisierung: Wo entsteht Strombedarf?



Connected - Upstream Energy

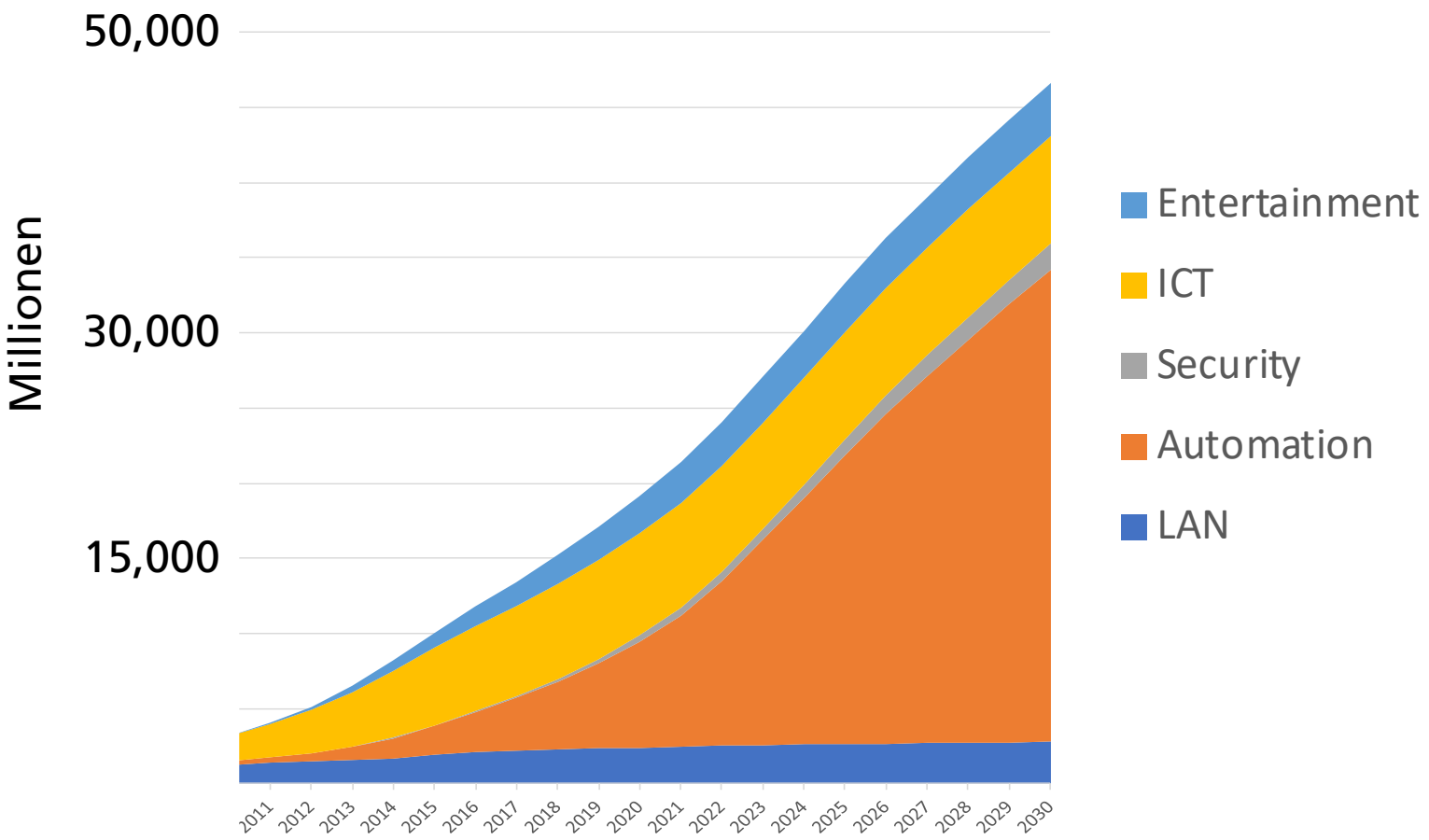
Energieverbrauch für die Endkunden nicht messbar

Energieverbrauch für die Endkunden messbar

Quelle: IEA 4E EDNA (2019)

Fraunhofer ISI

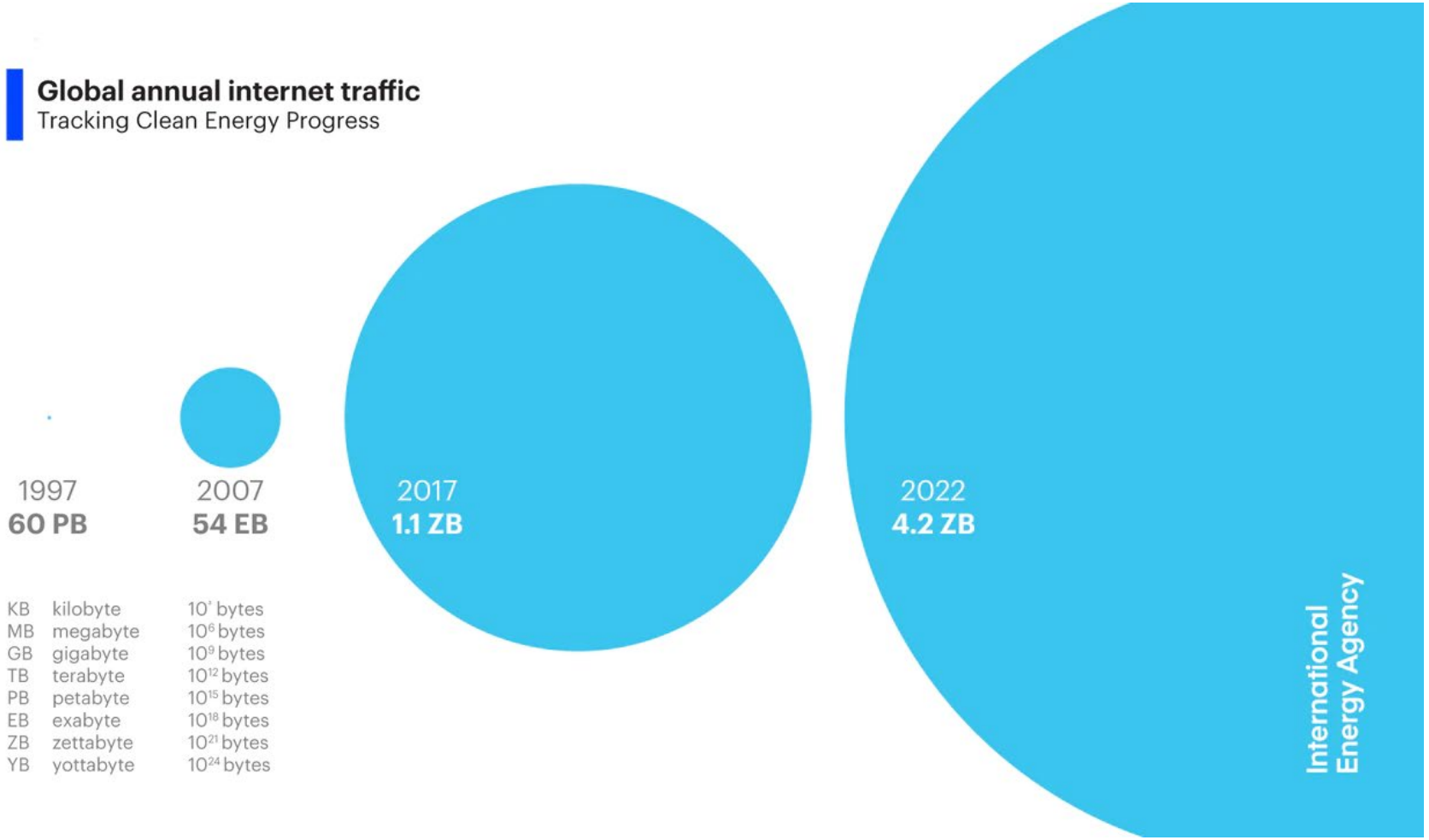
Bestand netzangebundener Endgeräte (global)



Quelle: IEA 4E EDNA (2019)

Fraunhofer ISI

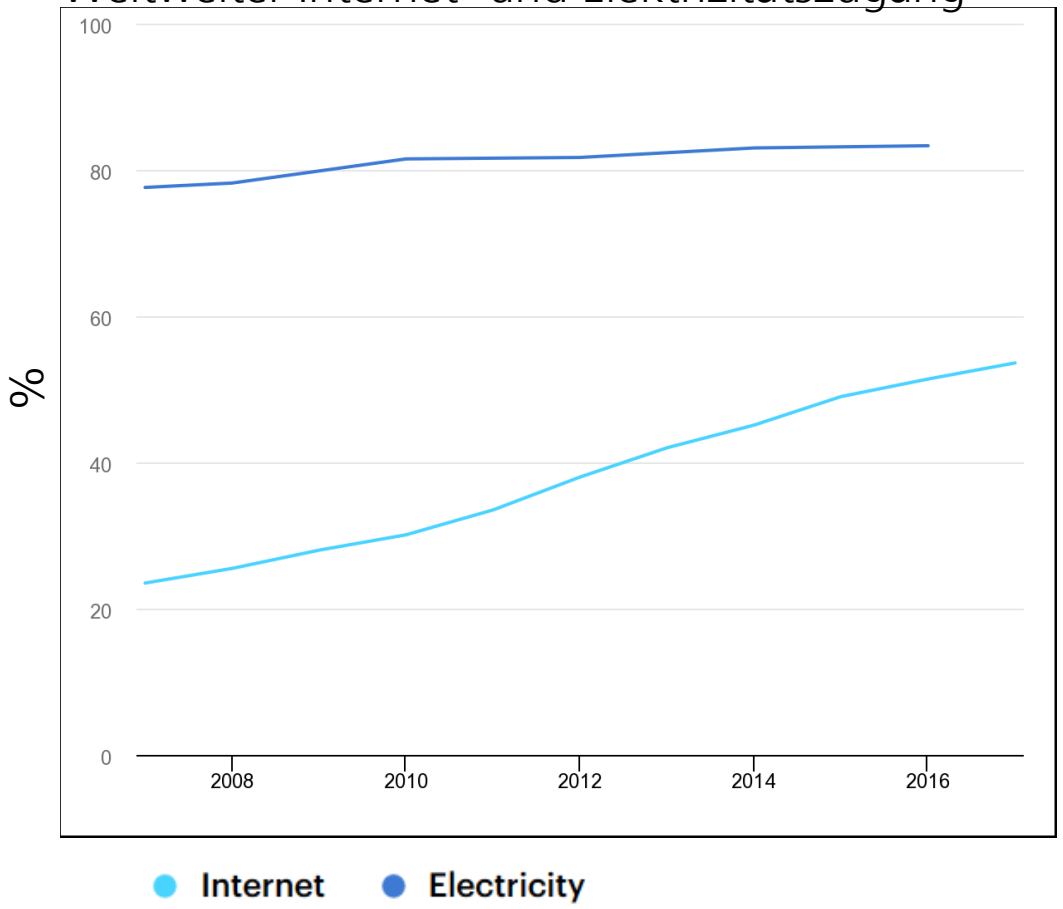
Wichtigster steigender Trend: Zunahme des Datenverkehr



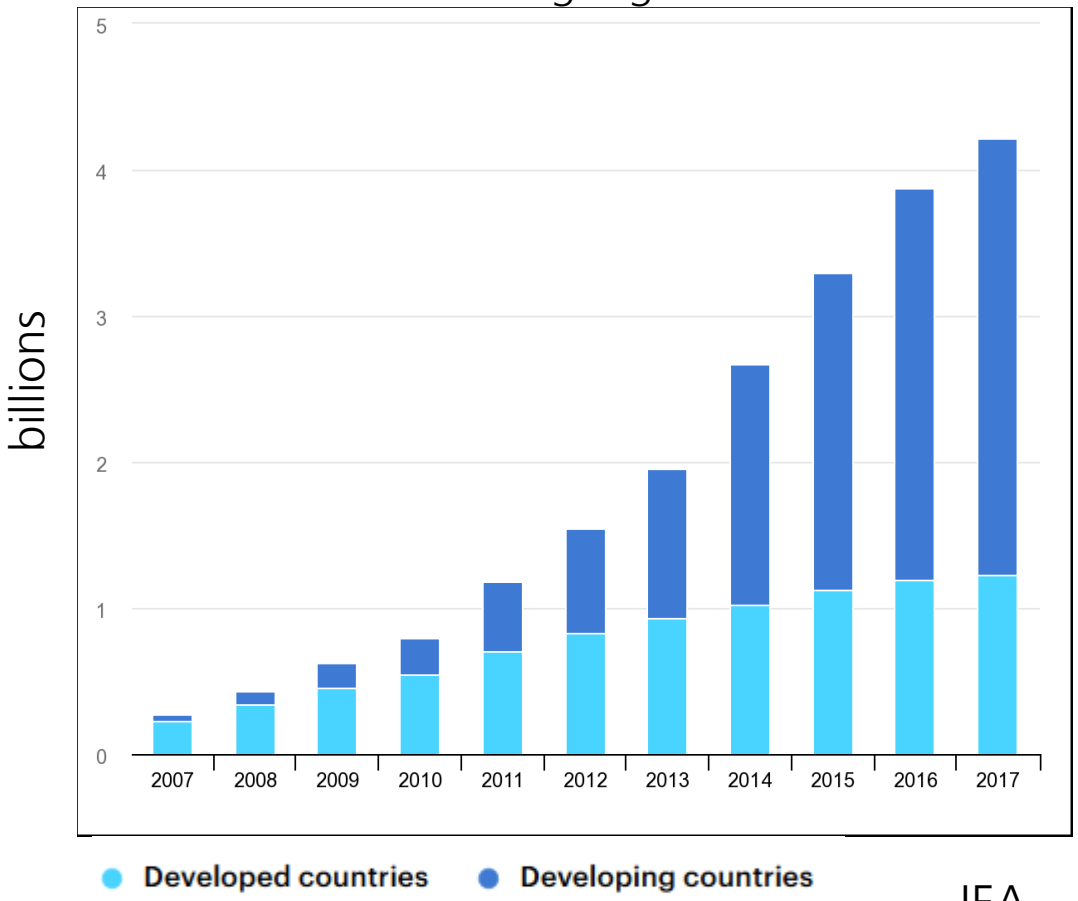
Fraunhofer ISI

Wichtiger steigender Trend: Zunahme des Internetzugangs

Weltweiter Internet- und Elektrizitätszugang



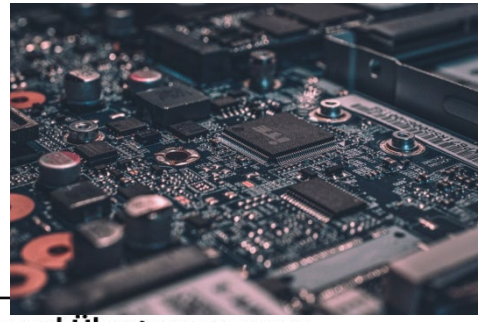
Weltweite Breitbandzugänge



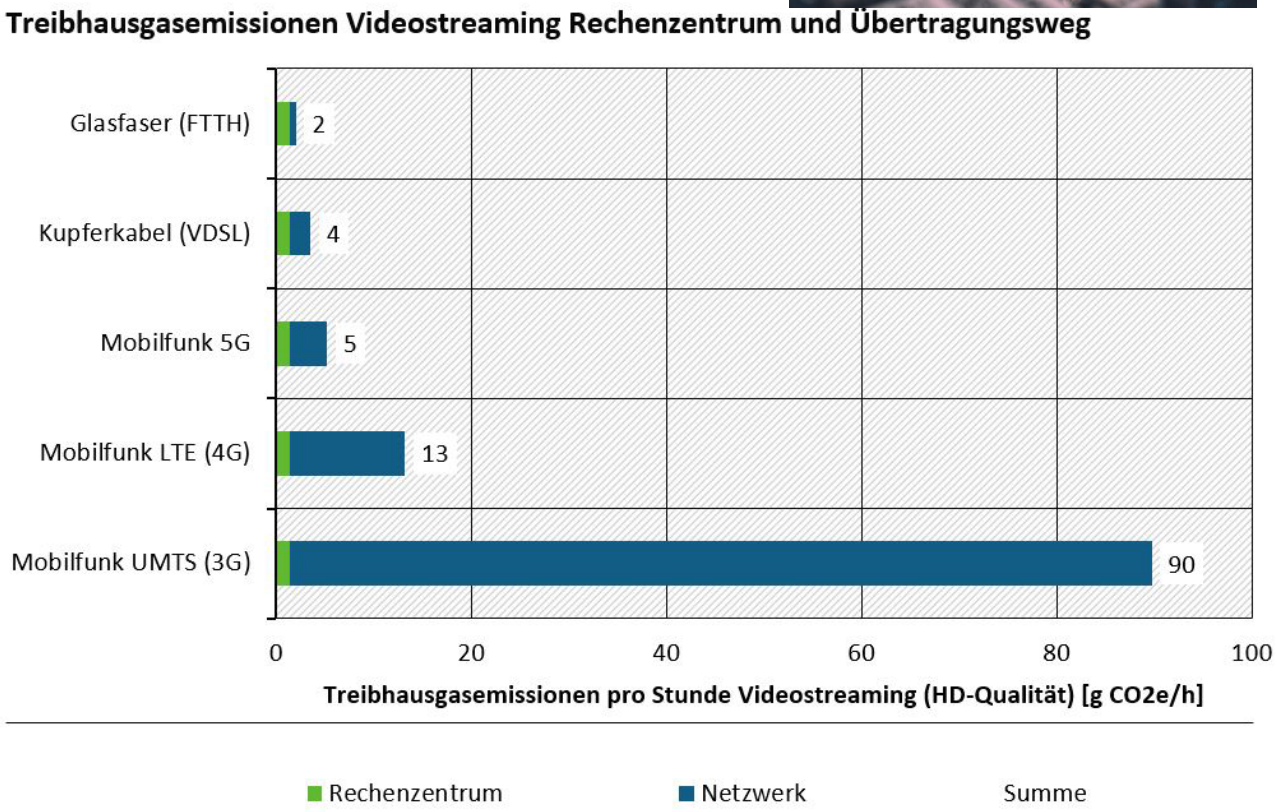
IEA

Fraunhofer ISI

Übertragungswege bieten enormes Einsparpotential dar

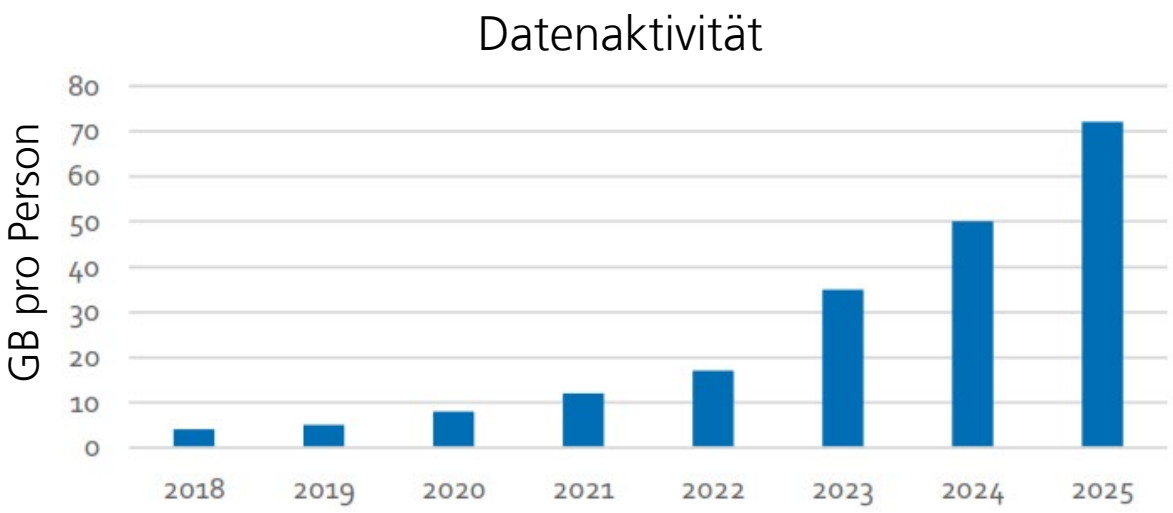


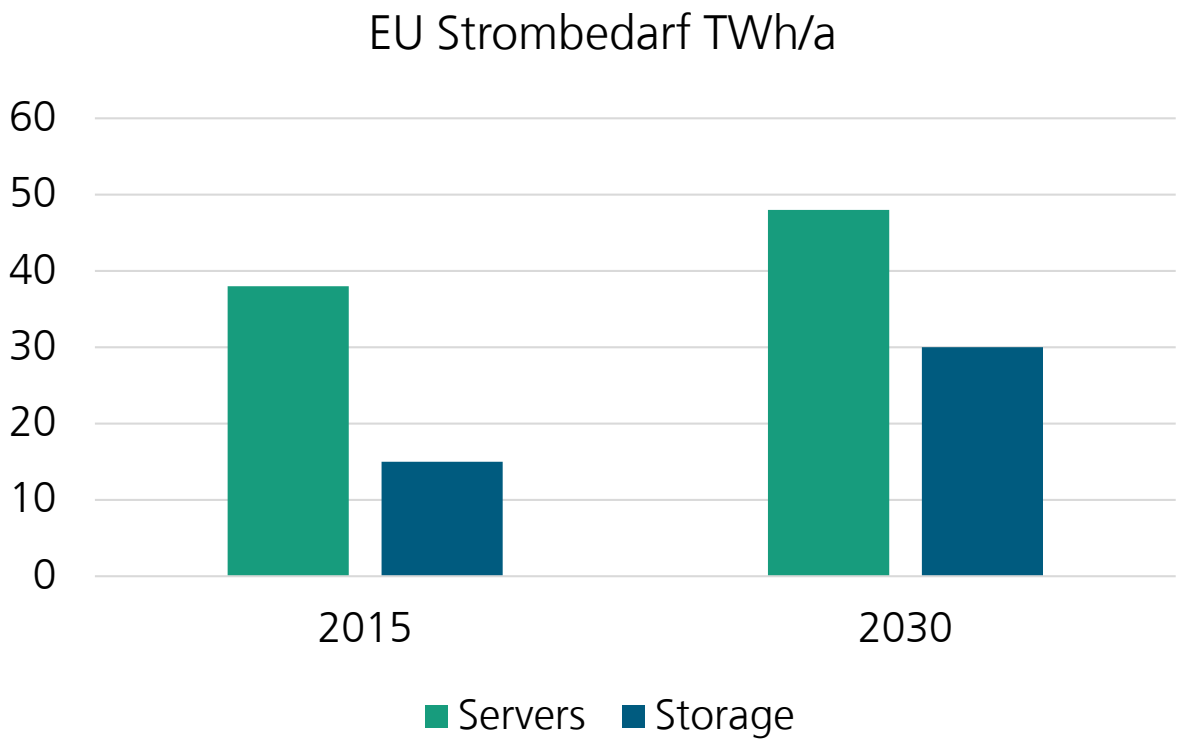
- Entscheidend für CO2-Intensität von Video-Streaming ist die Übertragungstechnik
- Datenverarbeitung in RZ mit 1,5 g/h untergeordneter Faktor
- Empfehlung: Ausbau der Glasfasernetze und W-Lan-Hotspots
- Weiterer Stellhebel: Auflösung (Ultra-HD zehnfach im Vgl. zu HD)



Quelle: Umweltbundesamt

Rechenzentren – Volumen der Datenaktivität und des Strombedarfs

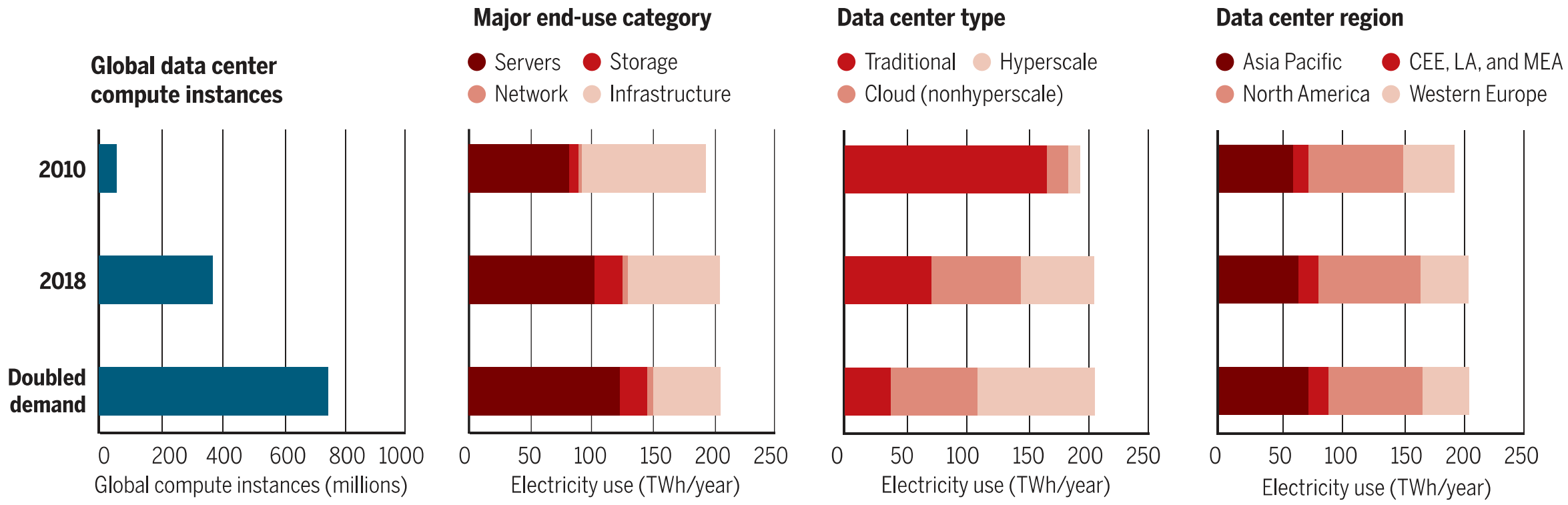




Quelle: Viegand Maagøe und Operational Intelligence (2019)

Fraunhofer ISI

Steigende Energieeffizienz in Rechenzentren gleicht global steigende Verarbeitungsmengen aus

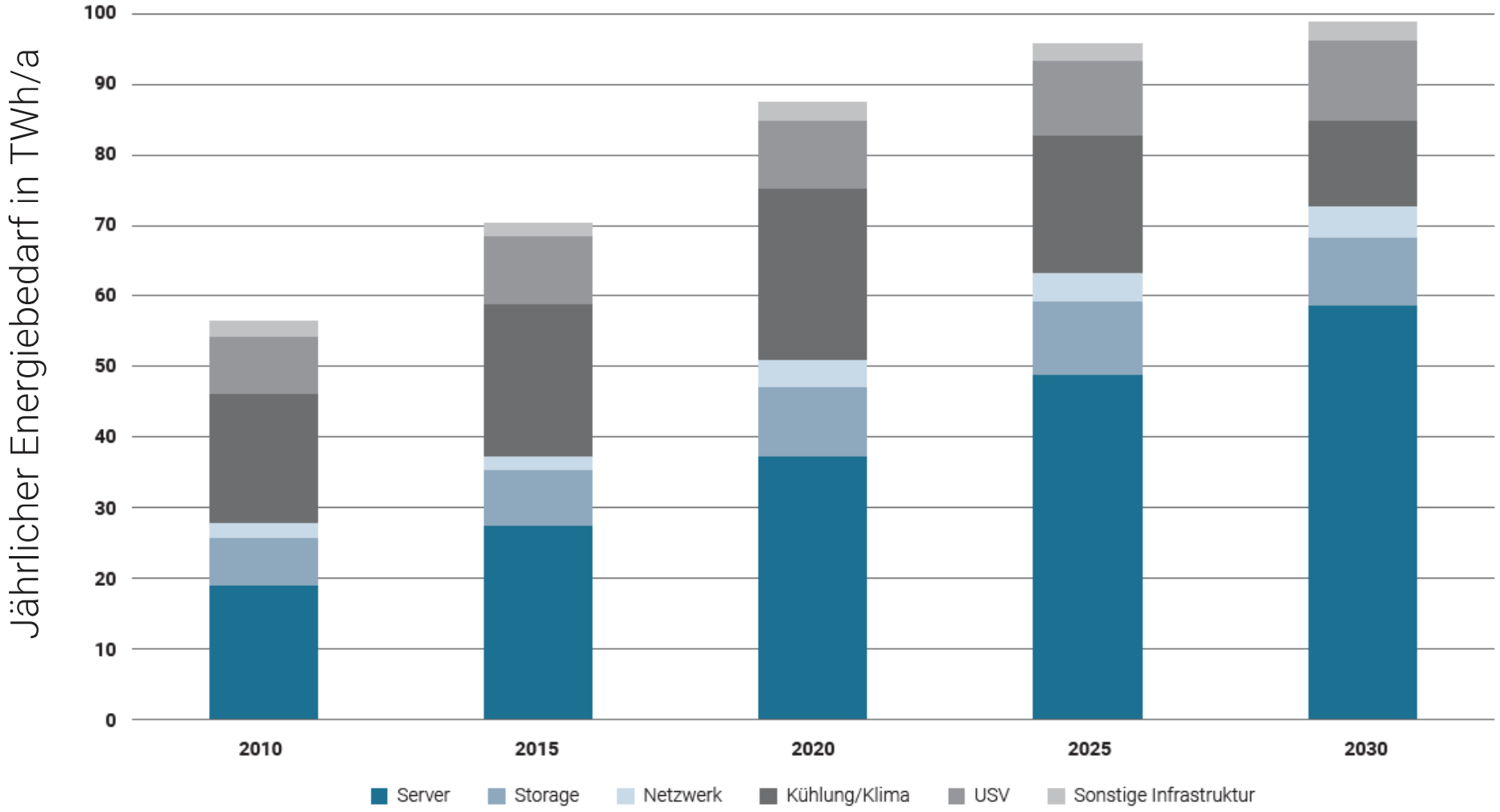


CEE, LA, and MEA, Central and Eastern Europe, Latin America, and Middle East and Africa; TWh, terrawatt-hour.

Quelle: Masanet et al (2020)

Fraunhofer ISI

Energiebedarf in Rechenzentren (Europa)

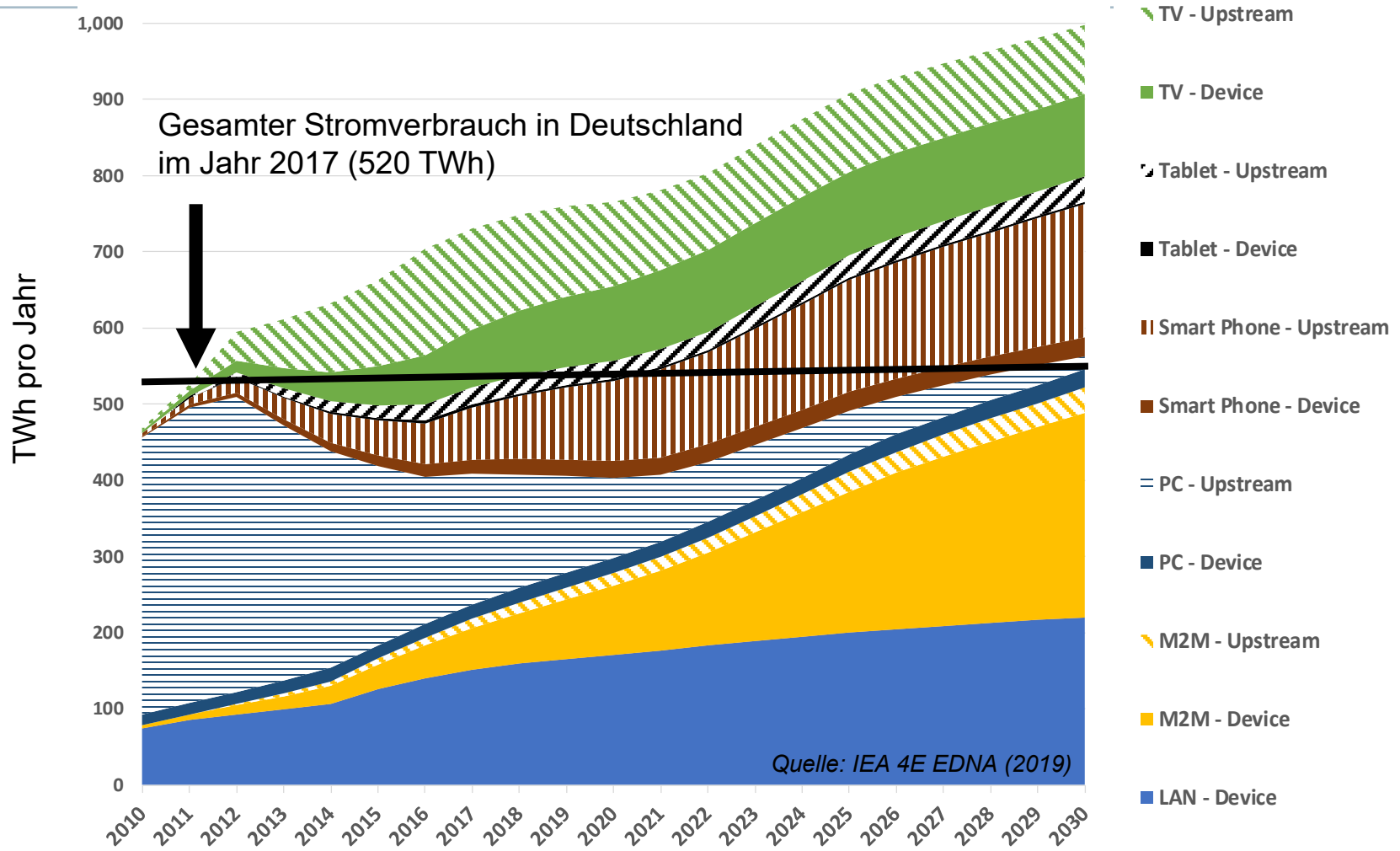


Borderstep
Hintemann, Hierholzer (Mai 2020)

Fraunhofer ISI

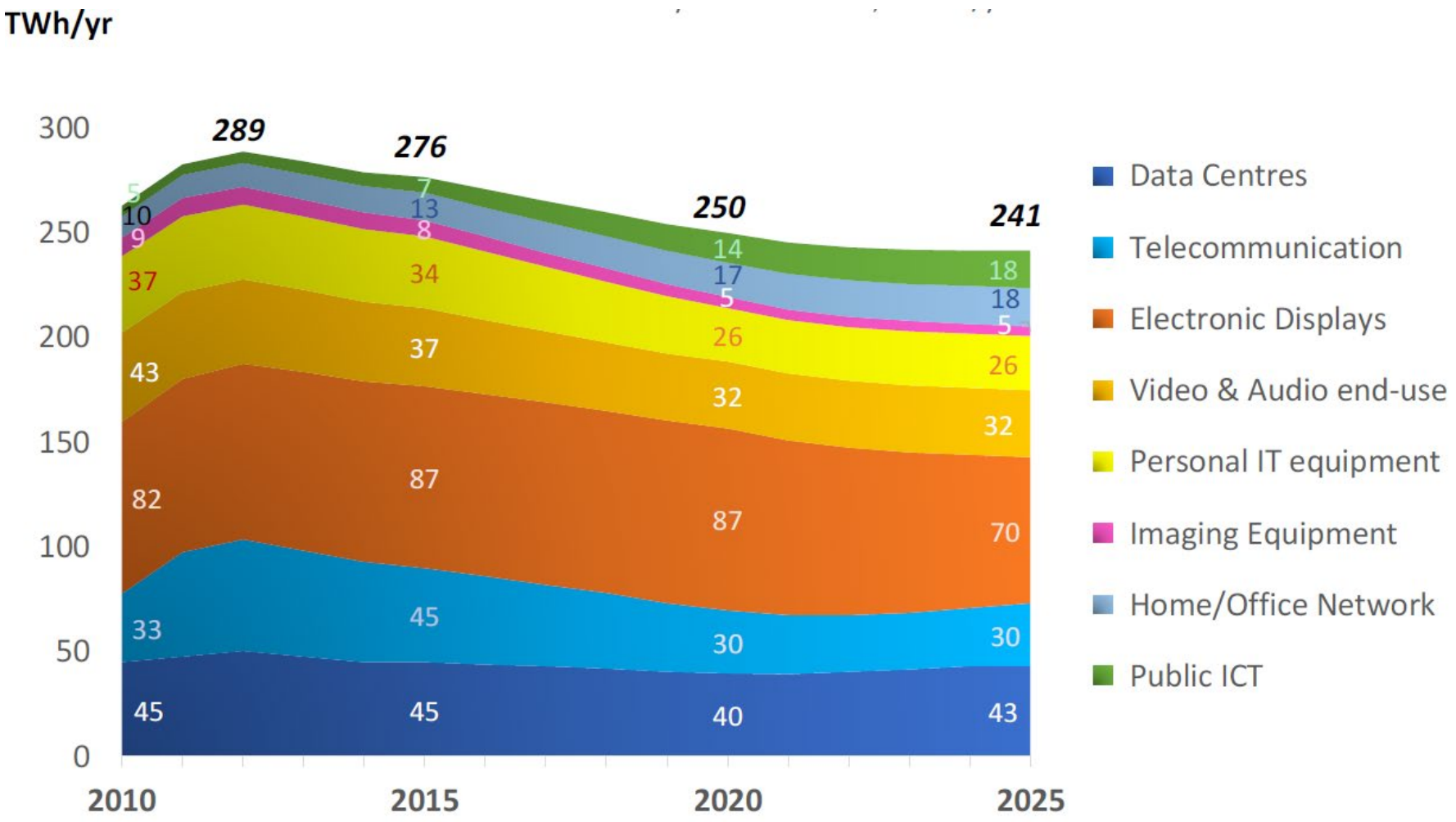
Energieverbrauch der Endgeräte und ihres Upstreams

Geräteverbräuche und Upstream-Energie (global)



Fraunhofer ISI

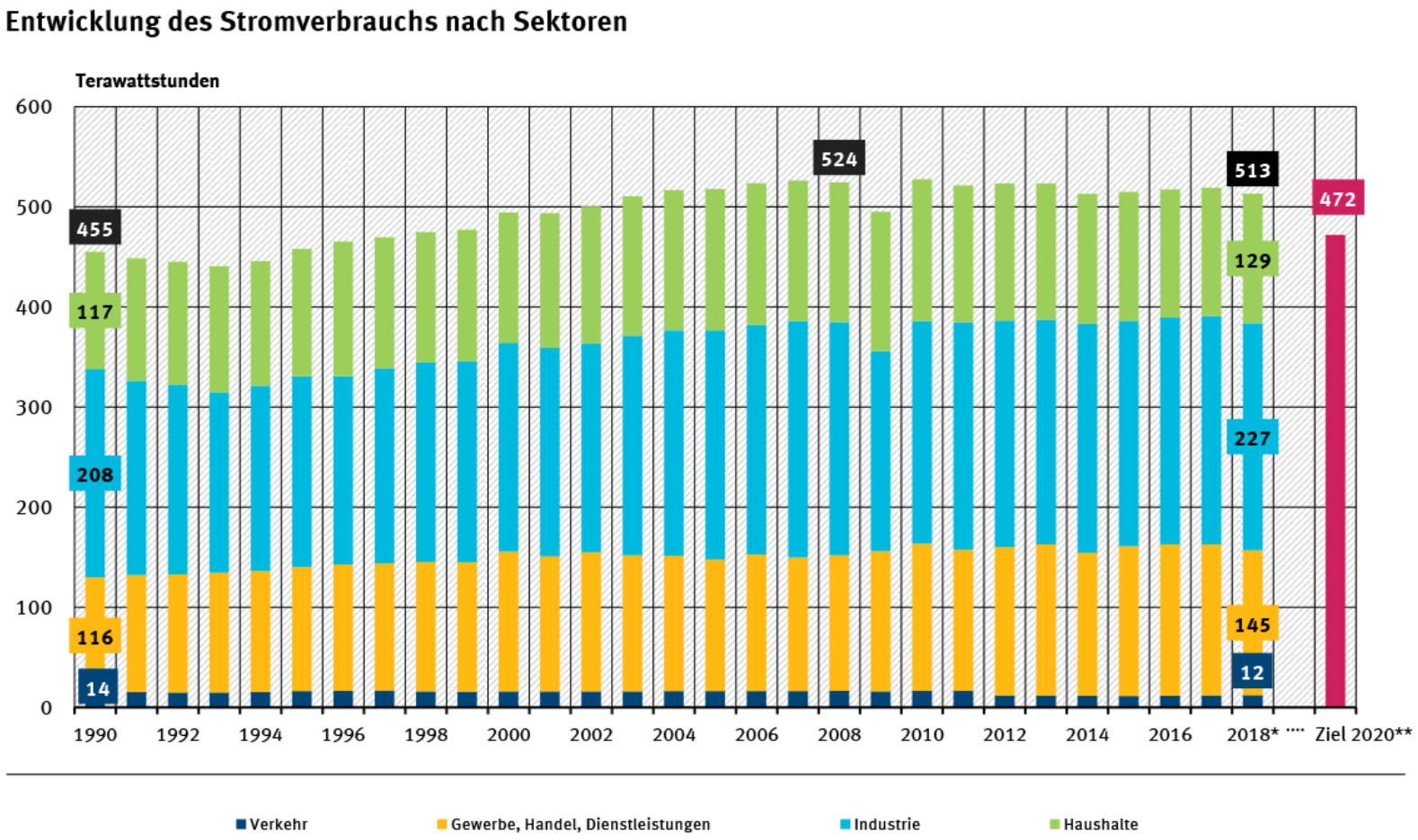
Erwartete Entwicklung des Stromverbrauchs für IKT (in EU27)



European Commission (2020) ICT Impact Study

Fraunhofer ISI

Knapp 12% des deutschen Strombedarfs durch IKT...



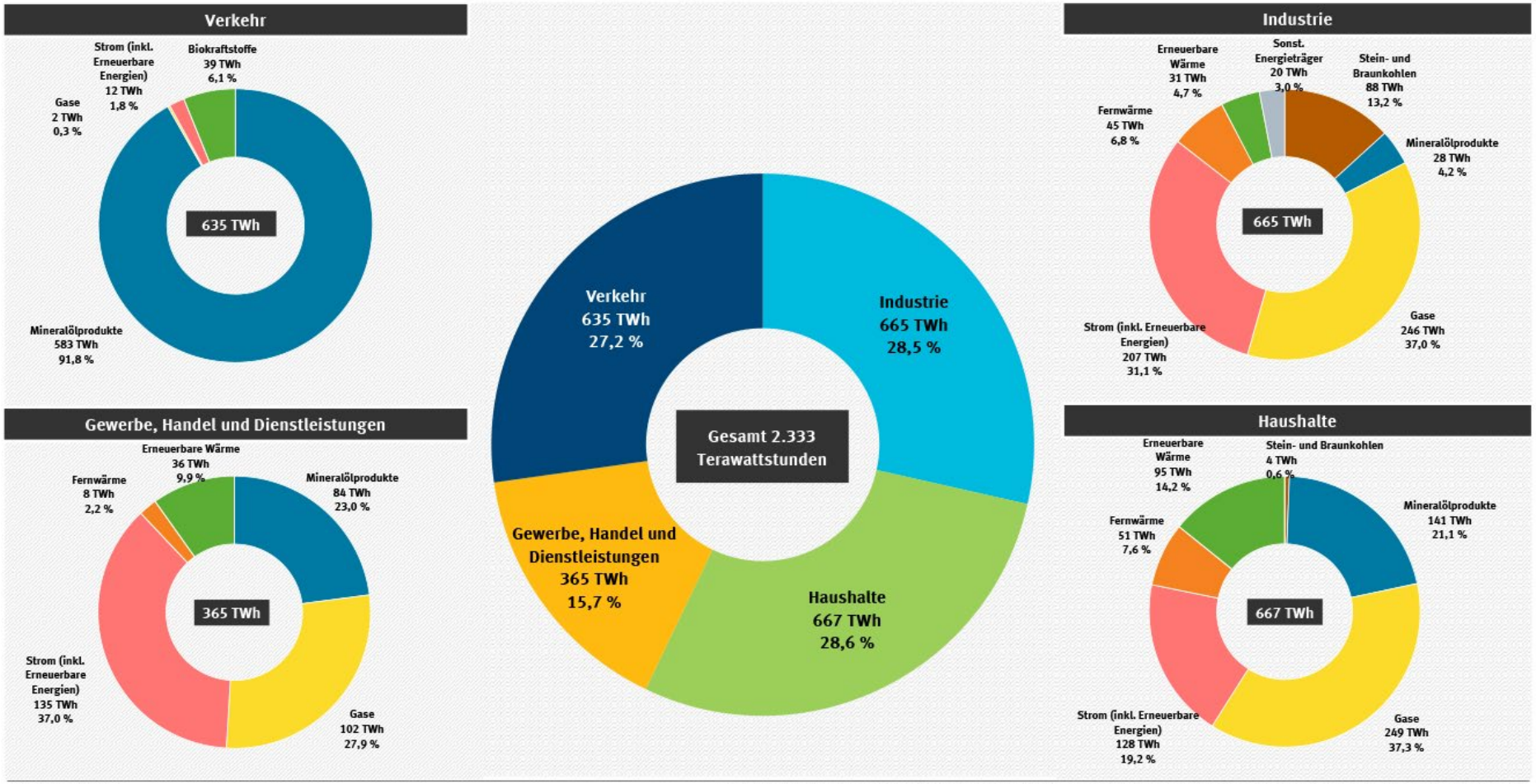
* vorläufige Angaben; Angaben inklusive Export
** Energiekonzept der Bundesregierung 2010: Senkung des Stromverbrauchs um 10 % gegenüber 2008

Quelle: Umweltbundesamt auf Basis AG Energiebilanzen: Auswertungstabellen zur Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2018, Stand 10/2019

Davon IKT-bedingt:
ca. 60 TWh
= 11,7%

Fraunhofer ISI

… aber nur 2,5% des gesamten Endenergiebedarfs



* vorläufige Angaben

Quelle: Umweltbundesamt auf Basis AG Energiebilanzen, Auswertungstabellen zur Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland, Stand 09/2021

Davon IKT-bedingt:
ca. 60 TWh
= 2,5%

Fraunhofer ISI

Digitalisierung als Hoffnungsträgerin und „Enabler für die Energiewende“

Klimaschutzplan 2050:
"Neue Technologien und die Digitalisierung ermöglichen es teilweise schon heute, quer über die klassischen Sektoren hinweg, treibhausgasneutral Strom zu erzeugen, komfortabel zu wohnen, Mobilität sicherzustellen und moderne Dienstleistungen in Haushalten und im Gewerbe bereitzustellen. [...]“

Effizienzstrategie 2050:
- **Digitalisierung spielt eine tragende Rolle für die Treibhausgasneutralität**

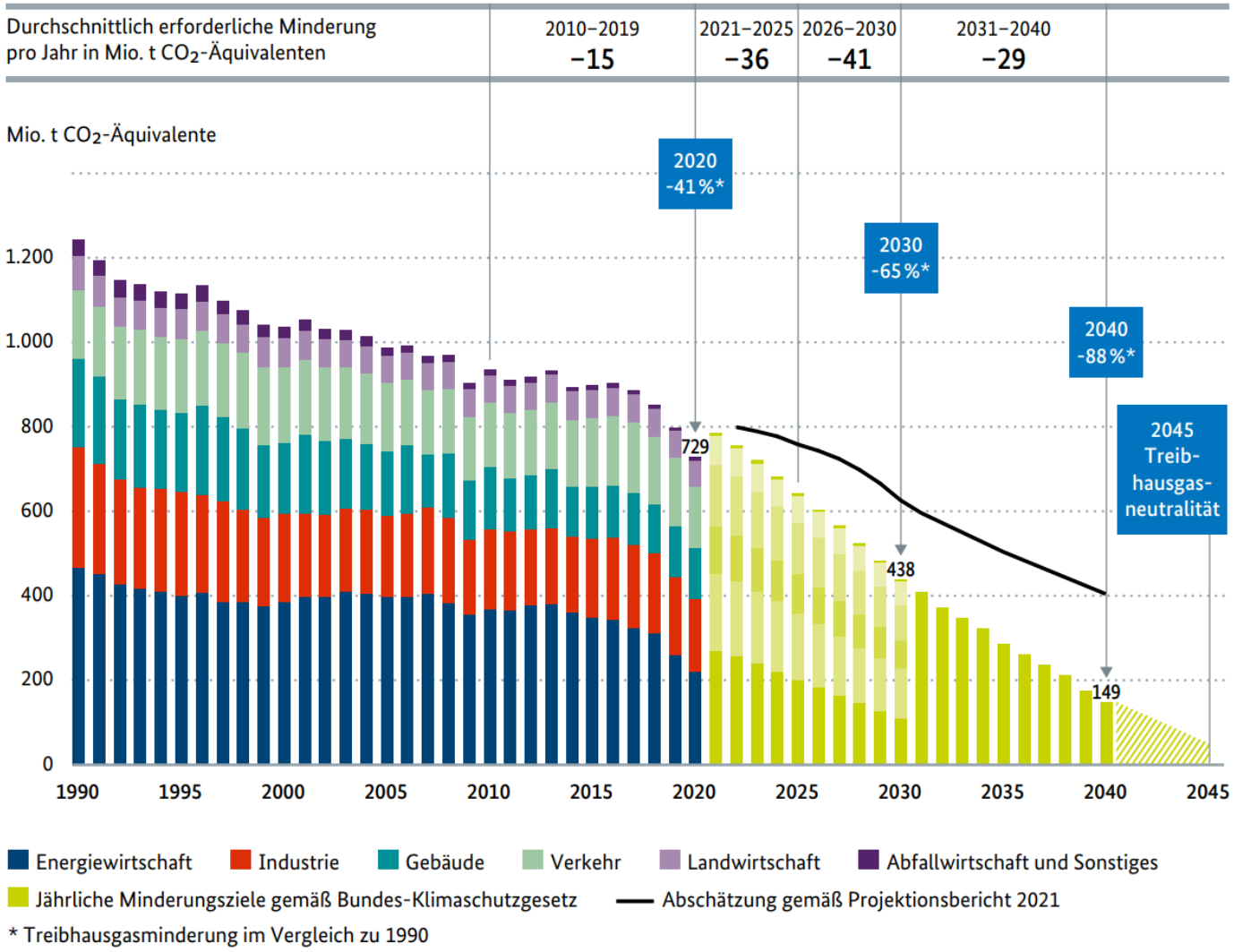
Koalitionsvertrag 2021:
- **sieht viele Digitalisierungsaspekte in allen Bereichen der Gesellschaft vor**
- **Rechenzentren:**
  - Wir werden Rechenzentren in Deutschland auf ökologische Nachhaltigkeit und Klimaschutz ausrichten
  - Neue Rechenzentren sind ab 2027 klimaneutral zu betreiben
  - Öffentliche Rechenzentren führen bis 2025 ein Umweltmanagementsystem nach EMAS

Klimaschutzgesetz

In seinem Klimaschutzgesetz hat sich Deutschland verbindliche Energie- und Klimaziele für gesetzt:

- **Treibhausgas(THG)-Emissionen:**
  - **Rückgang um 41% bis 2020 und 65% bis 2030 (gegenüber 1990)**
  - **THG-Neutralität bis 2045 angestrebt**
- **Erneuerbare Energienanteil am Bruttostrombedarf: 80% bis 2030**
- **Primärenergiebedarf: Rückgang um 30% bis 2030 und um 50% bis 2050 (geg. 2008)**

Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland



Quellen: Umweltbundesamt, Bundes-Klimaschutzgesetz

Fraunhofer ISI

Mindeststandards für IKT-Produkte unter der EU Ökodesign-Richtlinie

Seit 2009 bereits beschlossene Mindeststandards:

- PCs, Monitore
- Fernseher, Set-Top-Boxen
- Drucker, Kopierer
- Standby und Netzwerk-Standby, externe Netzteile,

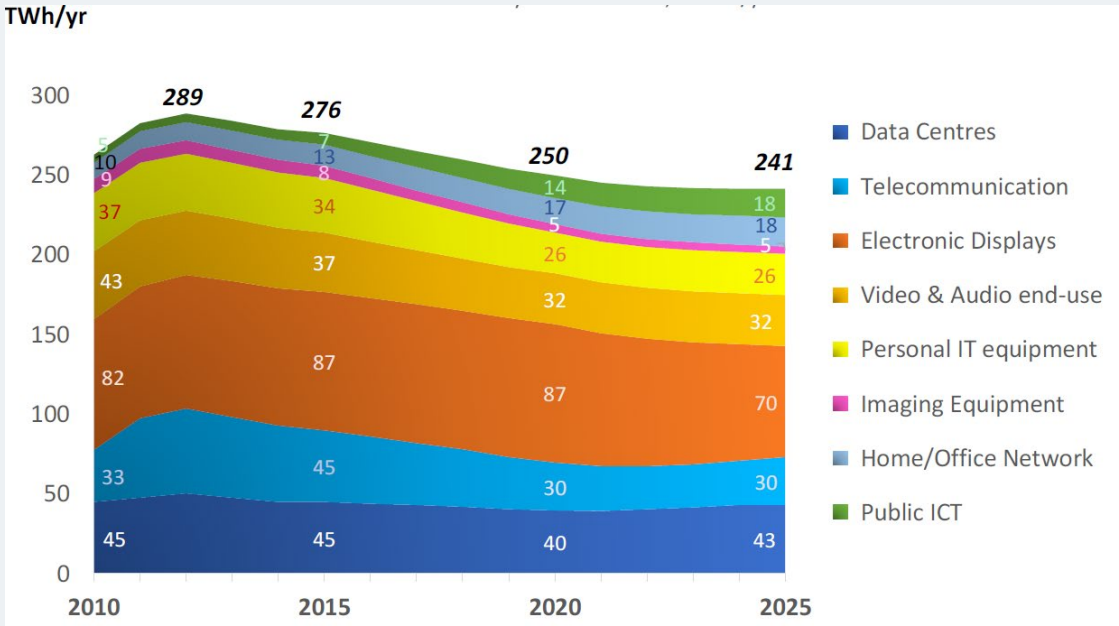
- Seit 2013: Computer und Small Server
- Seit 2019: Enterprise Server und Data Storage Systeme

Freiwillige Vereinbarungen:

- Imaging Equipment
- Spielekonsolen

Vorstudien in Bearbeitung:

- Gebäudeautomation und Kontrollsysteme



European Commission (2020) ICT Impact Study

Gegenläufige Trends erschweren eine zuverlässige Prognose des IKT-bedingten Energiebedarfs

Verbrauchssenkende Trends

Politische Maßnahmen:

- EU Ökodesign-Richtlinie, Labelling-Richtlinie
- Sustainable Product Initiative
- Code of Conducts (Broadband Equipment, Data Centre Energy Efficiency)
- U.S. Energy Star und weitere EU- und nationale Umweltlabel

Technische Verbesserungen:

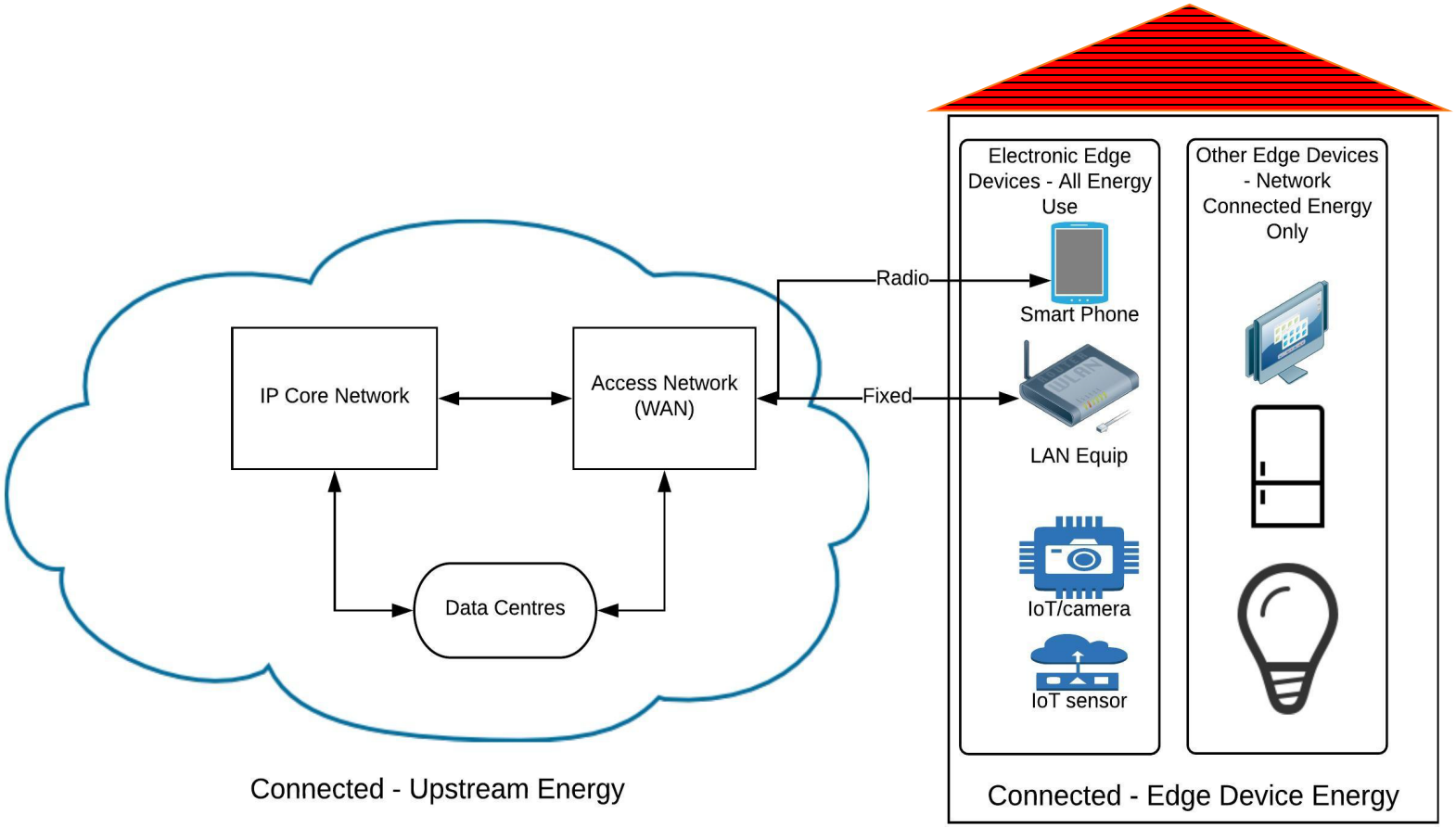
- Kontinuierliche Minituarisierung elektrischer Schaltkreise („Beyond Moore's Law")
- Optical Computing
- Display-Technologie (LED, OLED)
- Breitbandtelekommunikation
- Videokompression

Verbrauchssteigernde Trends

Weiter anhaltender Trend zu steigendem Datenverkehr im privaten und geschäftlichen Bereich

- Im Zuge der Digitalisierung weiter steigende Anzahl der IKT-Geräte pro Kopf und steigender Anteil der IKT in anderen Geräten und Anlagen (z.B. Haushaltsgeräte, PKW, Fertigungsmaschinen)
- Neue Gerätetypen (Tablets, Smartphones…)
- Weiter steigende Nutzungsdauern („always online")
- Rebound-Effekte (steigender Verbrauch aufgrund der erzielten Effizienzsteigerung)
- Cloud / Externe Dienste

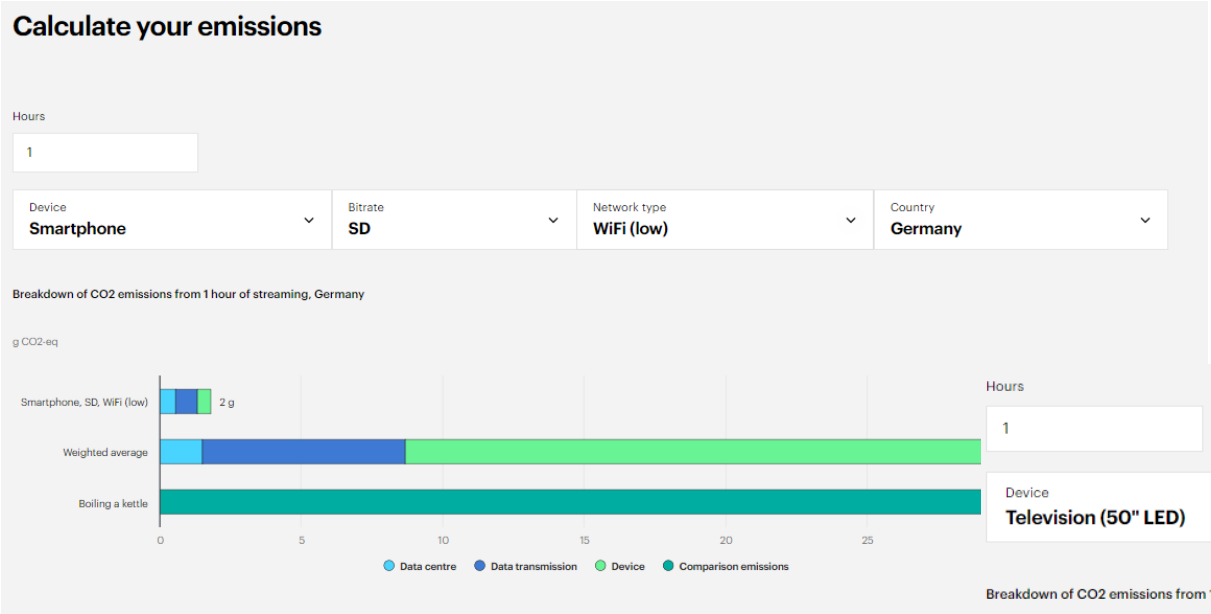
Welche Hebel haben wir als Verbraucher:innen?



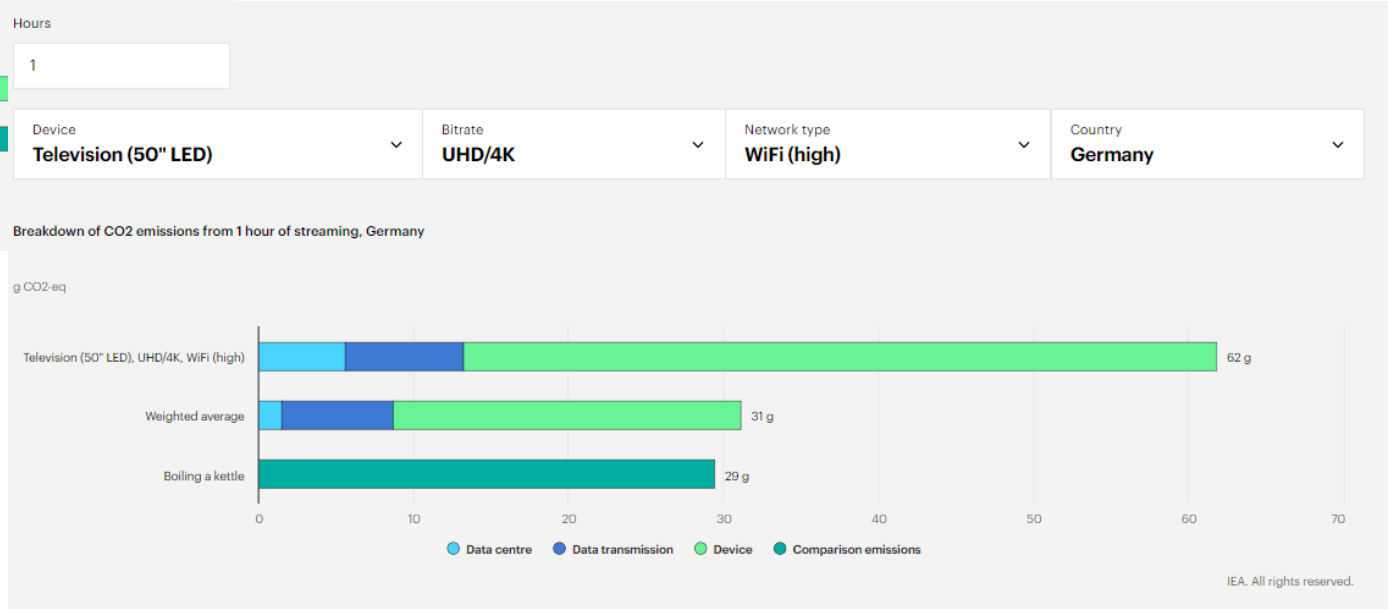
Quelle: IEA 4E EDNA (2019)

Fraunhofer ISI

Welche Hebel haben wir als Verbraucher:innen?

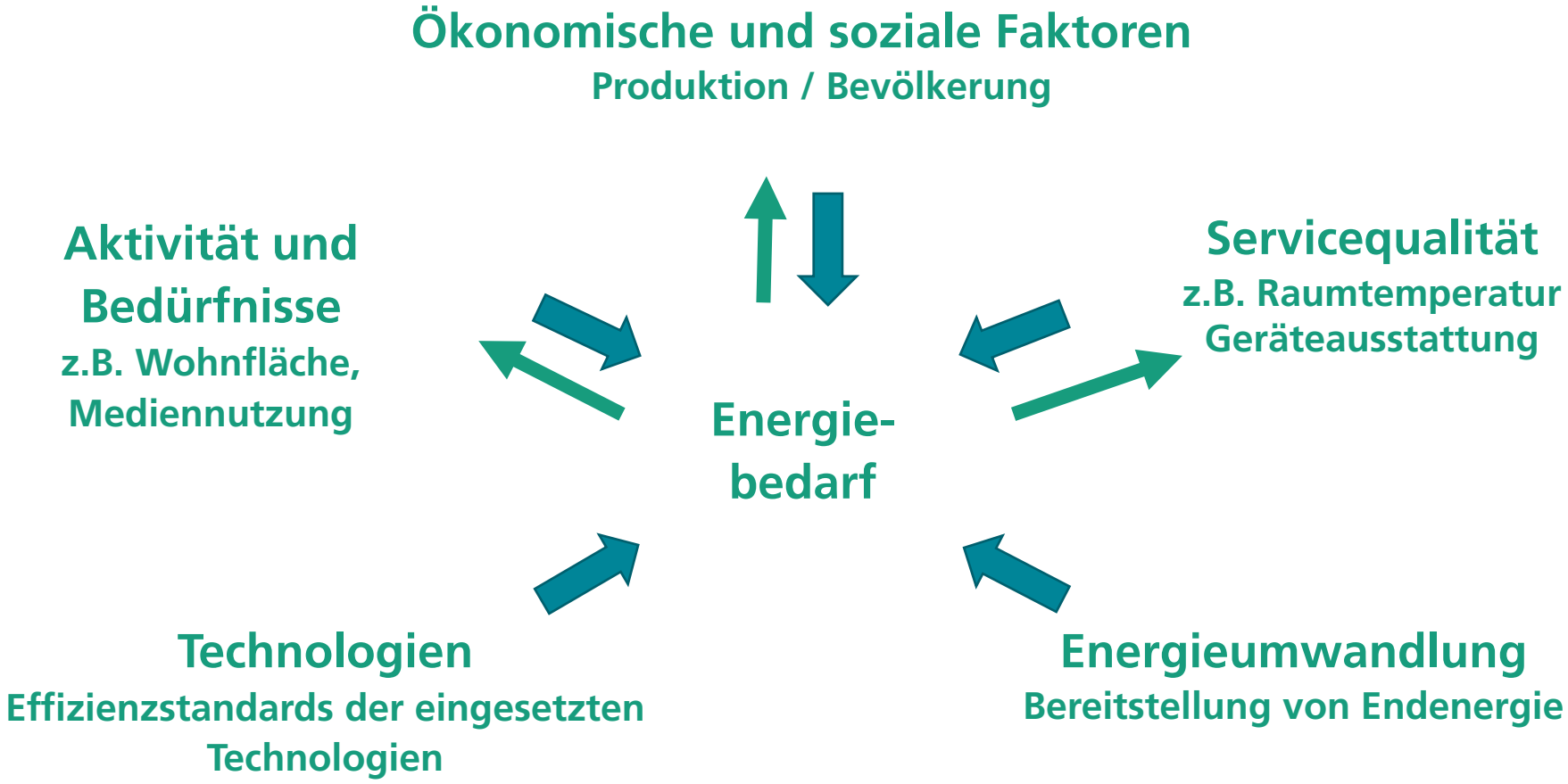


- **Endgeräte**
- **Übertragungswege**
- **Auflösung**



Fraunhofer ISI

Einflussfaktoren auf den Energiebedarf



Fraunhofer ISI

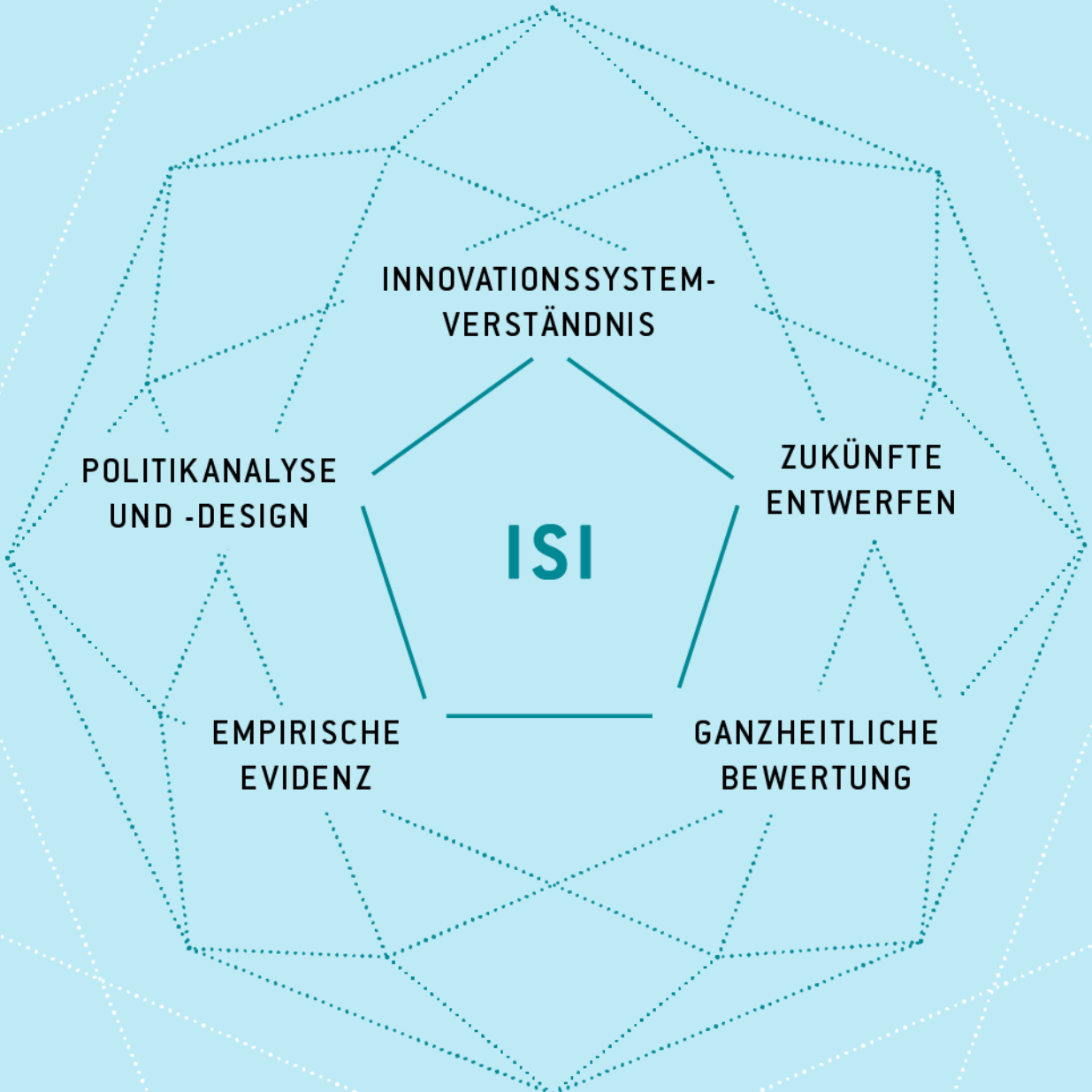
Dr. Heike Brugger
Fraunhofer ISI
heike.brugger@isi.fraunhofer.de

www.isi.fraunhofer.de

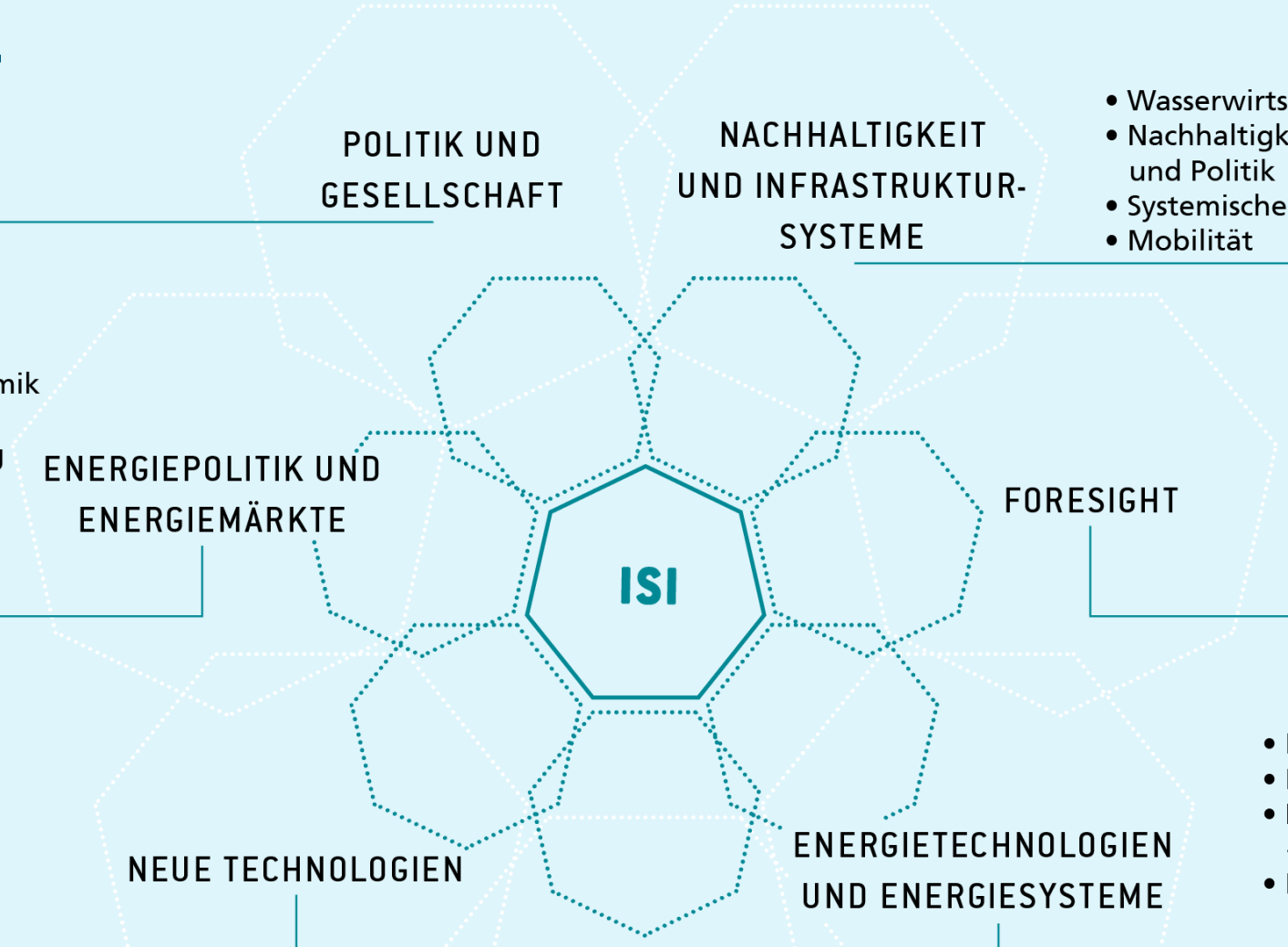
Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung

Karlsruhe

Kernkompetenzen: Exzellente Basis für ein breites Themenspektrum



Geschäftsfelder



POLITIK UND GESELLSCHAFT

- Politik für Innovation und Transformation
- Gesellschaftlicher Wandel und Innovation
- Regionale Innovationsdynamik und Wissensaustausch
- Innovation und Regulierung

NACHHALTIGKEIT UND INFRASTRUKTUR-SYSTEME

- Wasserwirtschaft
- Nachhaltigkeitsinnovationen und Politik
- Systemische Risiken
- Mobilität

ENERGIEPOLITIK UND ENERGIEMÄRKTE

- Erneuerbare Energien
- Energiepolitik
- Klimapolitik
- Strommärkte und -infrastrukturen
- Globale Energiewende und nachhaltige Entwicklung

FORESIGHT

- Zukünfte und Gesellschaft
- Zukunftsdialoge
- Foresight zur Strategie-entwicklung

NEUE TECHNOLOGIEN

- Bioökonomie und Lebens-wissenschaften
- Innovationen im Gesund-heitssystem
- Informations- und Kommunikationstechniken
- Industrielle Technologien

ENERGIETECHNOLOGIEN UND ENERGIESYSTEME

- Energieeffizienz
- Energiewirtschaft
- Nachfrageanalysen und -projektionen
- Energiemanagement und Intelligente Netze
- Akteure und Akzeptanz in der Transformation des Energiesystems

INNOVATIONS- UND WISSENSÖKONOMIE

- Industrieller Wandel und neue Geschäftsmodelle
- Innovationstrends und Wissensdynamik

Grundlegende Literatur zum Einlesen

- IEA. 2017. Digitalization & Energy. www.iea.org/digital
  - https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/cumulative-energy-savings-in-buildings-from-widespread-digitalisation-in-selected-countries-2017-2040
- IEA 4E EDNA. 2019. Intelligent Efficiency for Data Centres and Wide Area Network. Report.
- Hintemann, Ralph & Simon Hinterholzer. 2020. Rechenzentren in Europa - Chancen für eine nachhaltige Digitalisierung. Teil 1. Berlin: Borderstep Institut
- Hintemann, Ralph & Simon Hinterholzer. 2020. Rechenzentren in Europa - Chancen für eine nachhaltige Digitalisierung. Teil 2. Berlin: Borderstep Institut
- Masanet, E., Shehabi, A., Lei, N., Smith, S., Koomey, J. 2020. Recalibrating global data center energy-use estimates. Science 367, 984–986
- Umweltbundesamt. 2020. https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie
- Wu, Anson, Terence Smith and Paul Ryan. 2019. Worldwide energy use and savings potential of networked devices. Eceee Summer Study Proceedings.
- Ryan, Paul, Terence Smith and Anson Wu. 2019. Total Energy Model for Connected Devices. Eceee Summer Study Proceedings
- Energieverbrauch nach Energieträgern und Sektoren | Umweltbundesamt
- Radgen, P., Turek, D. Effekte der Coronapandemieauf die Rechenzentrumsbranche. Universität Stuttgart, (2021)

Fraunhofer ISI

Weiterführende Literatur

- Al-Jarrah, O. Y., Yoo, P. D., Muhaidat, S., Karagiannidis, G. K., & Taha, K. 2015. Efficient machine learning for big data: A review. Big Data Research, 2(3), 87-93.
- Arshad, R., Zahoor, S., Shah, M. A., Wahid, A., & Yu, H. 2017. Green IoT: An investigation on energy saving practices for 2020 and beyond. IEEE Access, 5, 15667-15681.
- Cambridge Centre for Alternative Finance. 2020. Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index. www.cbeci.org Zuletzt abgerufen am 27.9.2020
- Capra, M., Bussolino, B., Marchisio, A., Shafique, M., Masera, G., & Martina, M. 2020. An updated survey of efficient hardware architectures for accelerating deep convolutional neural networks. Future Internet, 12(7), 113.

Fraunhofer ISI

Weiterführende Literatur

- Deutsche Energie-Agentur (dena). 2019. Künstliche Intelligenz für die integrierte Energiewende
- European Union. 2020. ICT Impact Study. Technical Assistance. Final Report
- Hernandez, D., & Brown, T. B. 2020. Measuring the Algorithmic Efficiency of Neural Networks. arXiv preprint arXiv:2005.04305.
- Leng, Y., Chen, C. C., Sun, Q., Huang, J., & Zhu, Y.. 2019. Energy-efficient video processing for virtual reality. In Proceedings of the 46th International Symposium on Computer Architecture (pp. 91-103).
- Umweltbundesamt. 2020. Energie- und Ressourceneffizienz digitaler Infrastrukturen: Ergebnisse des Forschungsprojektes „Green Cloud-Computing“. https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/energie-ressourceneffizienz-digitaler

Fraunhofer ISI