



# Wie nachhaltig ist die Digitalisierung?

Prof. Dr. Lorenz Hilty

Forschungsgruppe Informatik und Nachhaltigkeit

Universität Zürich





## UN Sustainable Development Goals (SDGs): 2015–2030



Teil der UN-Agenda 2030, unterzeichnet von den 193 Mitgliedstaaten der Vereinten Nationen



## Fußabdruck und Handabdruck der digitalen Technologien



**Verursachte Emissionen** als Folge der

- Produktion der Hardware
- Nutzung der Hardware (Stromverbrauch)
- Entsorgung der Hardware



**Vermiedene Emissionen** als Folge der

- Optimierung von Prozessen
- Substitution von Medien oder Transporten
- verbessertem Zugang zu Wissen
- ...



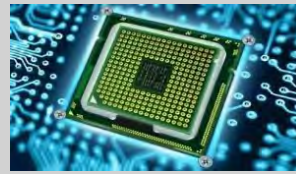
## **Digitale Technologien vs. herkömmliche Medien und Transportmittel: Wo liegt die Relevanz für das Klima?**

**Auf welchen Gebieten bestehen die größten ungenutzten Chancen  
für den Einsatz digitaler Technologien für Nachhaltigkeit?**



## **Digitale Technologien vs. herkömmliche Medien und Transportmittel: Wo liegt die Relevanz für das Klima?**

**Auf welchen Gebieten bestehen die größten ungenutzten Chancen  
für den Einsatz digitaler Technologien für Nachhaltigkeit?**



Billiarde

# Ein Maß für die Energieeffizienz der digitalen Technologie: Anzahl Rechenoperationen pro Kilowattstunde

Billion

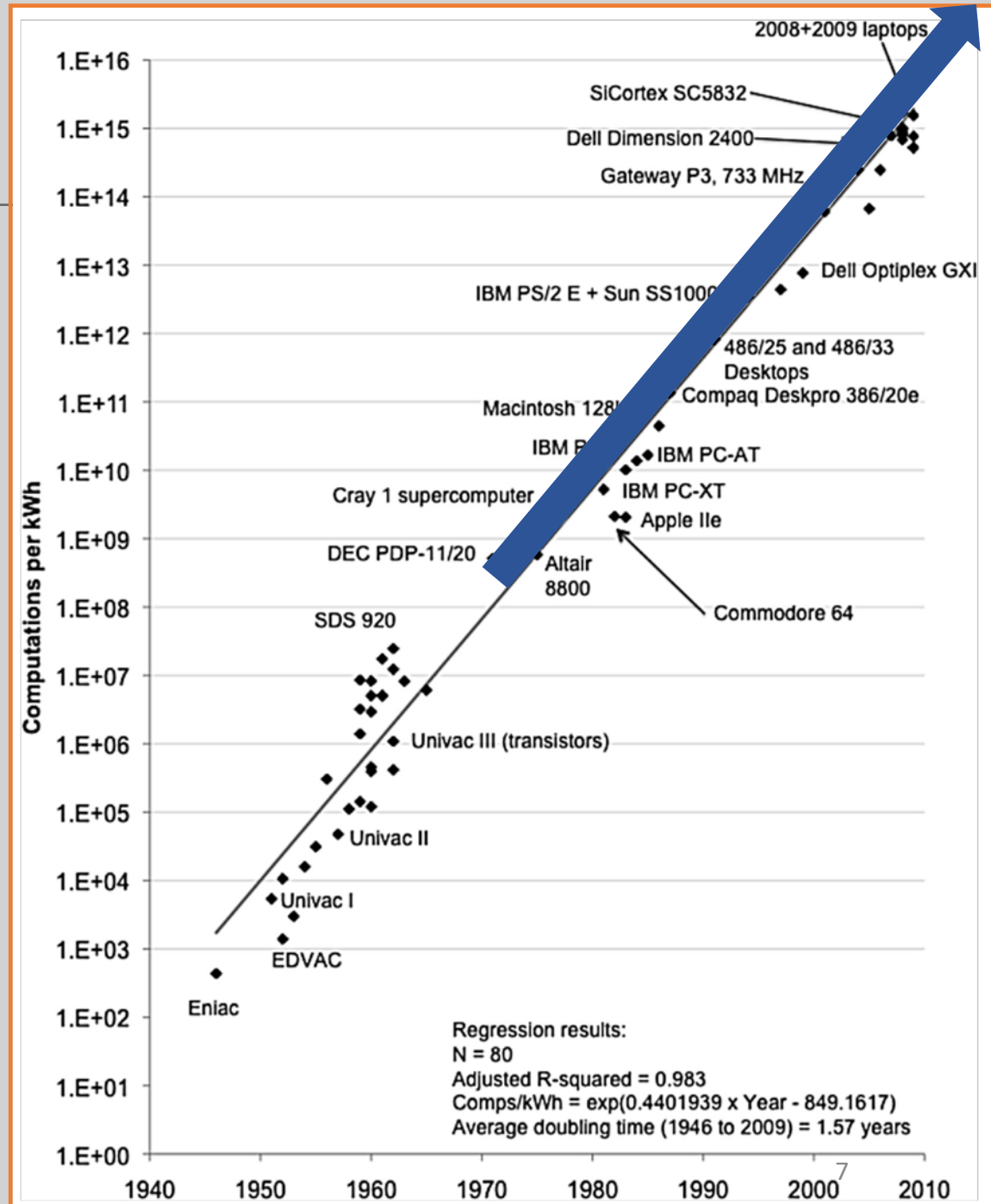


Milliarde

Million



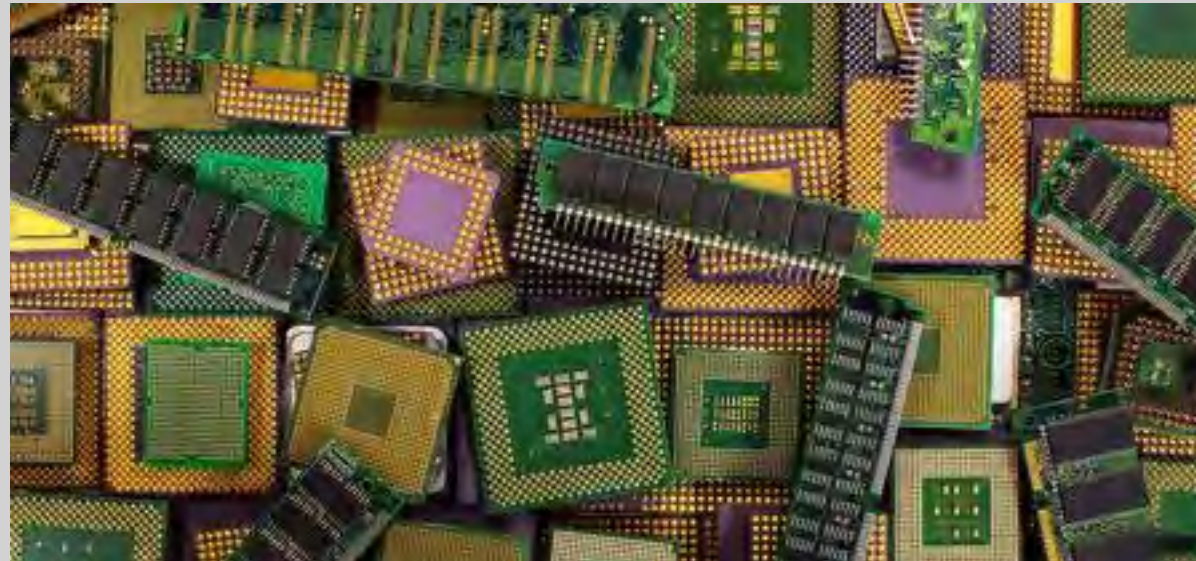
Tausend



Quelle: Koomey, J., Berard, S., Sanchez, M. & Wong, H. (2011): Implications of Historical Trends in the Electrical Efficiency of Computing. *Annals of the History of Computing, IEEE*, 33 (3): 46-54



1970



2020

Rechenleistung von Mikroprozessoren hat um Faktor von ca. 100 Millionen zugenommen







## Beispiel: Supercomputer Cray 1 aus den 1970er Jahren



würde heute wiegen



**50 mg**

**5 Tonnen**



## Was ist klimaschonender, ein gedrucktes Buch oder ein E-Book?



360 Seiten



- gedruckt auf Papier mit FSC-Siegel
- hergestellt in Europa
- Beleuchtung beim Lesen nicht berücksichtigt

- E-Book Reader als Lesegerät
- einmaliger Download des E-Books über WLAN
- 18 h Lesezeit (20 Seiten/h)
- Display nicht beleuchtet



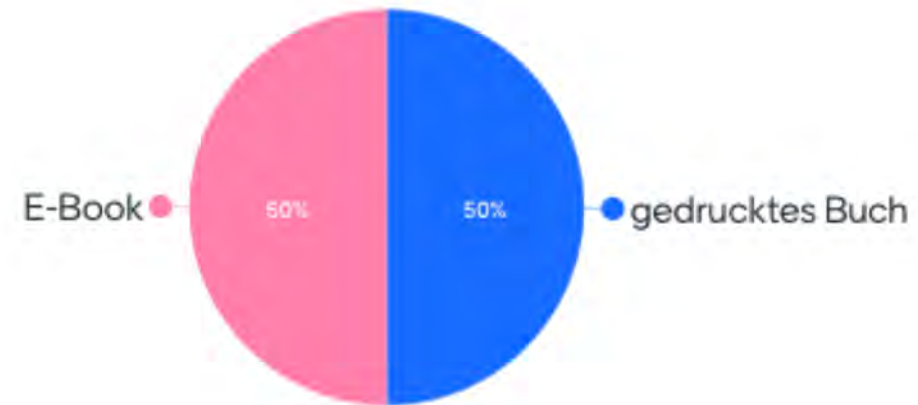
## Was ist klimaschonender, ein gedrucktes Buch oder ein E-Book?



Go to [www.menti.com](https://www.menti.com) and use the code 9027 1234

Was ist klimaschonender, ein gedrucktes Buch oder ein E-Book?

Mentimeter



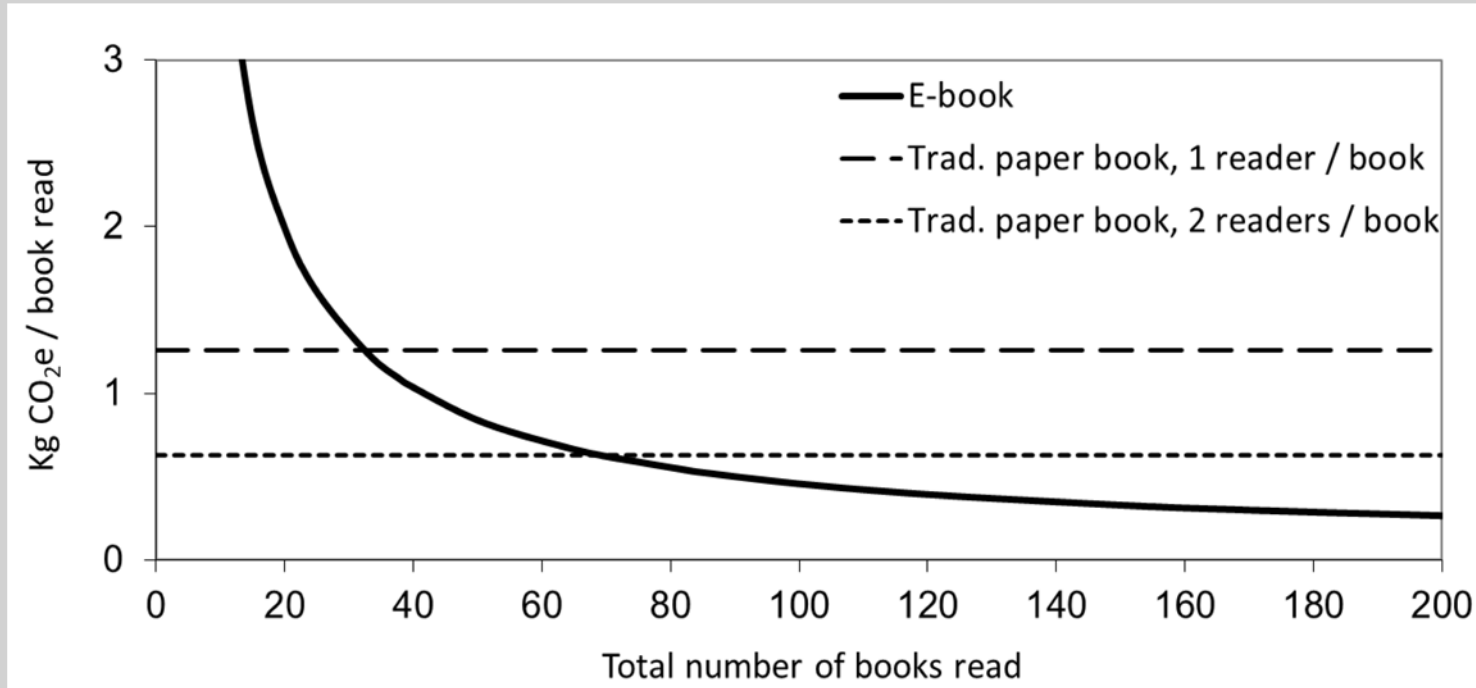


## Es kommt drauf an: ab 33. Buch ist der E-Book-Reader klimafreundlicher



**1,3 kg CO<sub>2</sub>**

Produktion und  
Transport Buch



**42 kg CO<sub>2</sub>**

Produktion und  
Transport E-Book-  
Reader

+ Datenübertragung  
zum Reader:

**½ Gramm CO<sub>2</sub>**

+Stromverbrauch  
während Lesen

0.0025 kWh

**< 1 Gramm CO<sub>2</sub>**

Quelle: Coroama, V.C., Moberg, Å., Hilty, L.M.: Dematerialization through electronic media? ICT Innovations for Sustainability. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 310, pp. 405–421. Springer (2015), DOI: 10.1007/978-3-319-09228-7\_24

Neue Zürcher Zeitung

# Streaming ist das neue Fliegen

*Unterschätzte Klimafolgen des digitalen Konsums*

Thomas Fuster  
16.4.2019, 06:30 Uhr

Neue Zürcher Zeitung

GASTKOMMENTAR

## Video-Streaming ist weit weniger klimabelastend als Fliegen

Es ist verlockend, «Klimasünden» gegeneinander auszuspielen, doch sollte man achtgeben, dass man nicht Äpfel mit Birnen vergleicht. Dass immer mehr Videos gestreamt werden, ist für die Reduktion des Energieverbrauchs sicher nicht günstig, mit den Umweltkosten der Fliegerei lässt sich dies aber nicht vergleichen.

---

Lorenz M. Hilty  
14.6.2019, 05:30 Uhr



## Was verursacht mehr CO<sub>2</sub>-Emissionen als die Herstellung eines Buches? (Mehrfachauswahl möglich)

### 1 Stunde Videocall am Handy



- 2 Teilnehmende
- auf durchschnittlichem Smartphone
- 4G Mobilfunknetz

### 1 Stunde Autofahrt



- 100 km Strecke
- durchschnittlicher PKW mit Benzinmotor

### 1 Stunde Flug (pro Person)



- 700 km Strecke
- durchschnittliche Auslastung des Flugzeugs



## Was verursacht mehr CO<sub>2</sub>-Emissionen als die Herstellung eines Buches? (Mehrfachauswahl möglich)

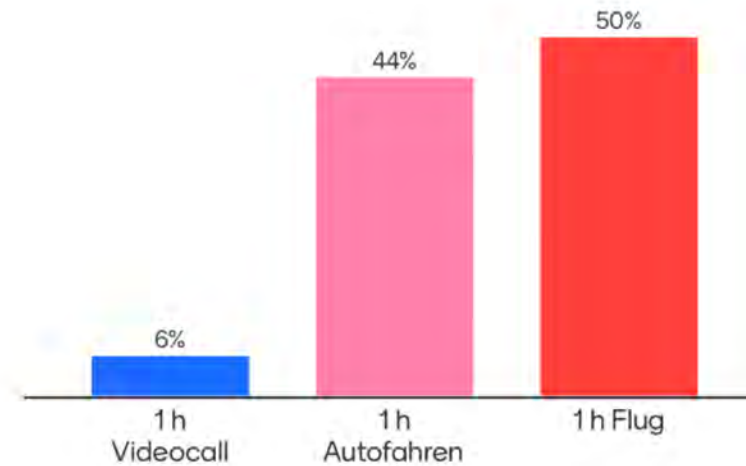


- 2 Teilnehmende
- auf durchschnittli  
Smartphone
- 4G Mobilfunknetz

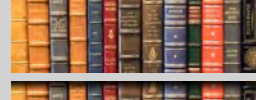
Go to [www.menti.com](https://www.menti.com) and use the code 9027 1234

Was verursacht mehr CO<sub>2</sub> als die Produktion eines  
Buches?

Mentimeter



23



## 0,04 Bücher

1 Stunde  
Videocall am Handy



0,003 kg Stromverbrauch Endgeräte  
0,024 kg Datenübertragung  
0,027 kg Anteil an Herstellung  
**0,054 kg**

## 26 Bücher

1 Stunde  
Autofahrt



21,7 kg direkte Emission  
6,3 kg Herstellung Benzin  
5,3 kg Anteil Herstellung PkW  
**33,3 kg**

## 141 Bücher

1 Stunde  
Flug (pro Person)



155,8 kg direkte Emission (pro Person)  
27,2 kg Herstellung Kerosin  
0,3 kg Anteil Herstellung Flugzeug  
**183,3 kg**



05-09-19

## The internet's YouTube habit has the carbon footprint of a small city

A new study quantifies the environmental footprint of wasteful UI design by tech companies—and proposes a new way of measuring the sustainability of digital interfaces.

Klimaschädliche Kryptowährung

## Bitcoin verbraucht jetzt mehr Strom als die Schweiz und Österreich zusammen

Der Hype um Bitcoin ist schlecht für die Umwelt – denn zur Herstellung braucht es eine schier unvorstellbare Menge Energie, wie verschiedene Vergleiche zeigen.

## Training a single AI model can emit as much carbon as five cars in their lifetimes

Deep learning has a terrible carbon footprint.



## **Digitale Technologien vs. herkömmliche Medien und Transportmittel: Wo liegt die Relevanz für das Klima?**

**Auf welchen Gebieten bestehen die größten ungenutzten Chancen  
für den Einsatz digitaler Technologien für Nachhaltigkeit?**

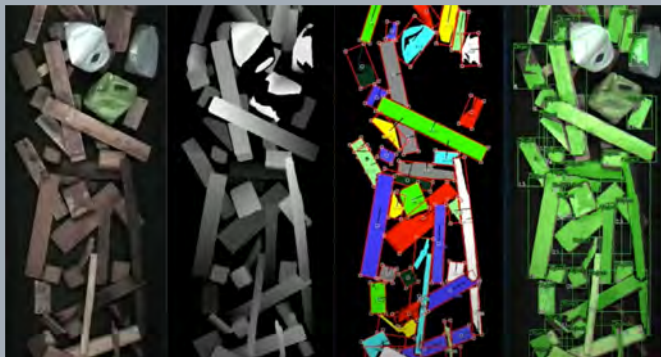


# Drei Handlungsfelder für nachhaltige Digitalisierung



## 1. Virtuelle Präsenz

## 2. Präzisions-Landwirtschaft



## 3. Digitale Kreislaufwirtschaft



## Virtuelle Präsenz (1/2)



Coroama, Hilty, Birtel 2012



CISCO



## Virtuelle Präsenz (2/2)

### Virtuelle Kollaborationsräume (AR/VR)



SPACIAL 2020



PROTON CREATIVE 2011



## Präzisions-Landwirtschaft

- Autonome Roboter verringern Dünger- und Pestizideinsatz und Bodenverdichtung
- Ziel müsste sein: Agrarökologische Landwirtschaft ermöglichen.



Projekt MARS, Mobile Agricultural Robot Swarms (2017)

07.10.21



Unkrautroboter spart bis zu 90 % Herbizide (Eurobotics, 2020)



## Digitale Kreislaufwirtschaft (1/3)

- 56% aller industriell genutzten Metalle haben heute eine **Recyclingquote von unter 1%**.
- Einige wenige Metalle und Kunststoffe werden industriell – in ärmeren Weltregionen in Handarbeit – zurückgewonnen.



## Digitale Kreislaufwirtschaft (2/3)

Die automatische Zerlegung technischer Produkte (hier iPhones) könnte helfen, Stoffkreisläufe wirkungsvoller zu schließen.



Apple (2018)



## Digitale Kreislaufwirtschaft (3/3)

Einsatz von Robotern für das Recycling von Bauschutt und anderen Abfällen im grossen Stil ist eine sinnvolle Anwendung Künstlicher Intelligenz.



Alphabet X 2019  
07.10.21



Zenrobotix (2016)



## Schlussfolgerungen

- Der Fußabdruck der digitalen Technologie erfordert eine differenzierte Betrachtung. Wenn physische Transporte substituiert werden können, lohnt sich der Einsatz virtueller Alternativen im Allgemeinen.
- Bei Endgeräten überwiegen die Belastungen durch die Produktion in der Regel die Belastungen durch den Energieverbrauch in der Nutzung.
- Große Chancen der Digitalisierung für Nachhaltigkeit bestehen in diesen Bereichen:
  - zukünftige immersive Formen der Kollaboration in virtuellen Räumen
  - eine Landwirtschaft mit mehr Differenzierung und weniger Pestizien und Düngemitteln
  - eine Kreislaufwirtschaft, die ebenfalls auf Differenzierung durch Digitalisierung setzt.