



# Digitalisierung und Klimaschutz

Ein Überblick über Chancen und Risiken

Prof. Dr. Lorenz Hilty

Institut für Informatik

Universität Zürich



# Digitalisierung als Konvergenz dreier technischer Entwicklungslinien

## transmitting information ...



optical

...



electrical

...



electrical

...



electro-magnetical (wireless)

...



digital-electronic/opto-electronic (wired)



## storing information ...



manual in clay/stone

...



manual on parchment/paper



typographic on paper



optical-chemical



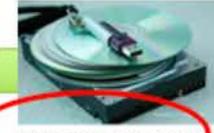
electronic-magnetical



acoustic-mechanical



electronic-magnetical



digital-electronic/opto-electronic



## processing information ...



digital-manual



digital-manual



digital-mechanical



digital-electromechanical



analog-manual



analog-electronic



digital-electronic

Lorenz Hilty, DSI, 2021



# Anzahl Rechenoperationen pro kWh

Billiarde

Billion

Milliarde

Million

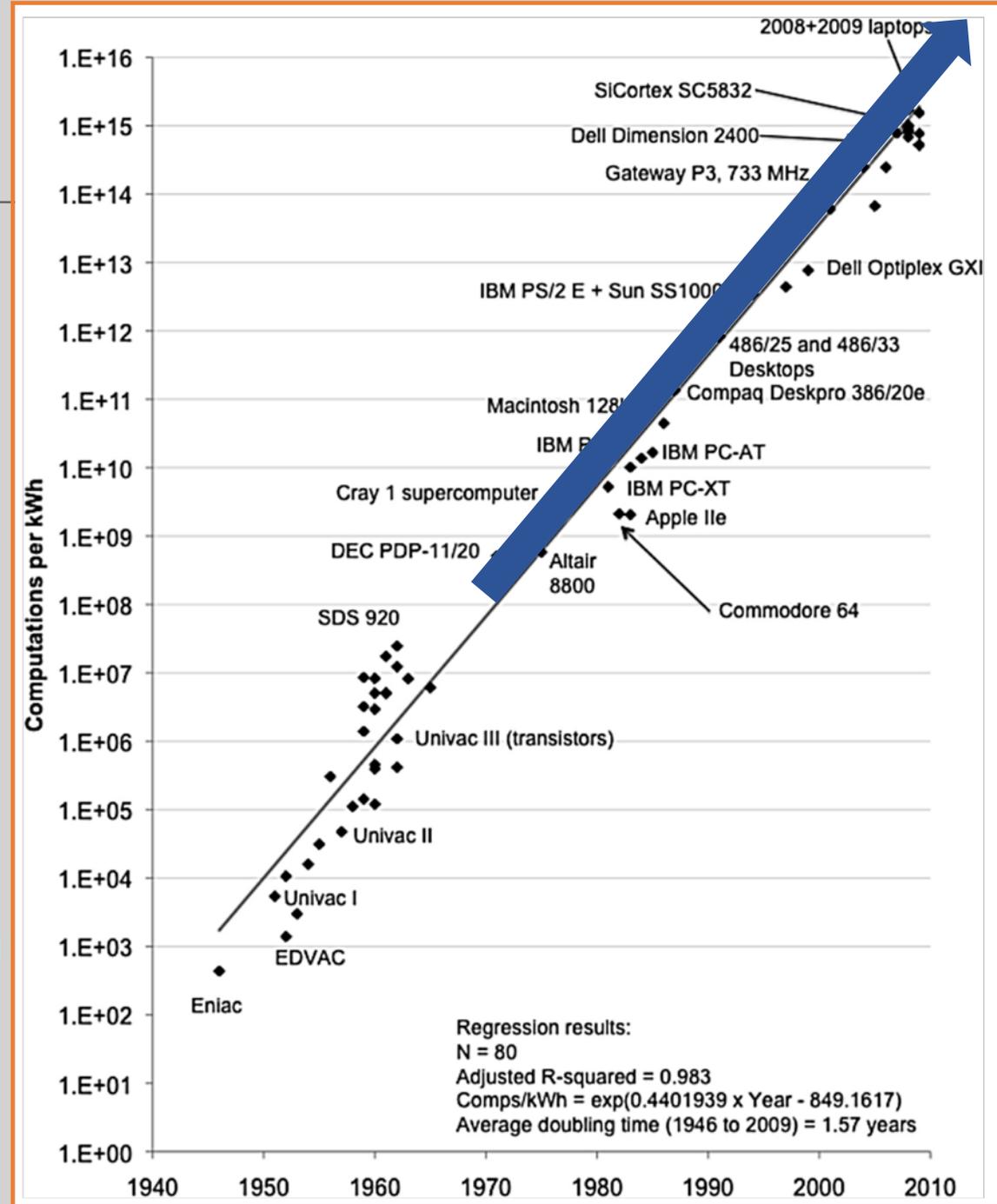
Tausend

Die Energieeffizienz hat allein seit 1970 um einen Faktor von > 100 Millionen zugenommen



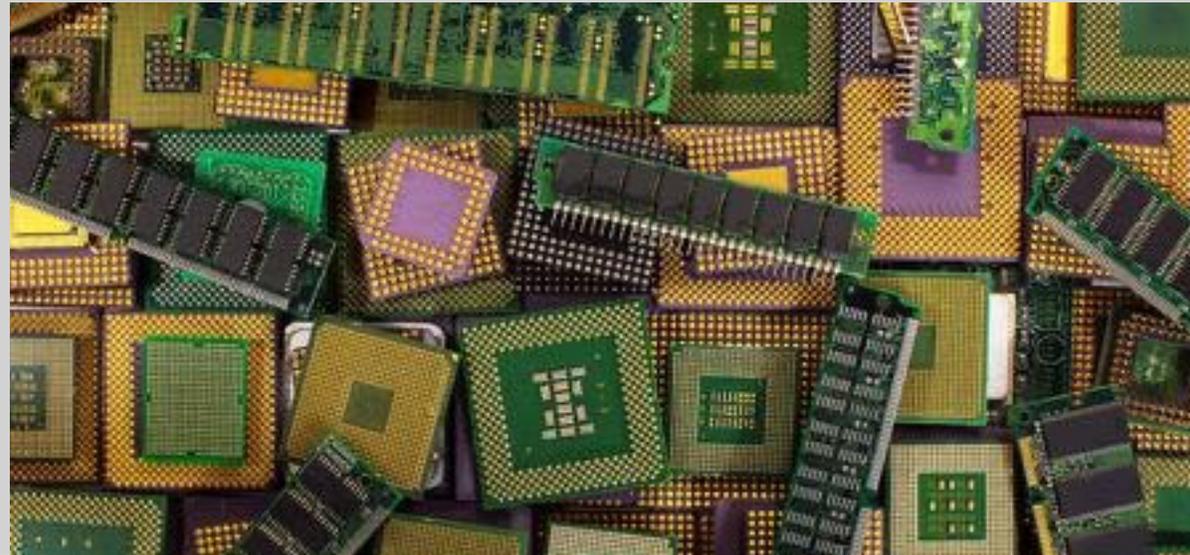
**Klimaschädliche Kryptowährung**  
**Bitcoin verbraucht jetzt mehr Strom als die Schweiz und Österreich zusammen**  
Der Hype um Bitcoin ist schlecht für die Umwelt – denn zur Herstellung braucht es eine schier unvorstellbare Menge Energie, wie verschiedene Vergleiche zeigen.

16.04.21





1970



2020

Rechenleistung pro kg Mikrochips hat um Faktor ca. 100 Millionen zugenommen





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



**5 Tonnen**

würde bei gleicher Leistung heute wiegen

**50 mg**

**Cray 1 Supercomputer, 115 kW,  
160 Mio. Instruktionen/Sekunde**



## «E-Waste» nimmt weltweit zu



Quelle: UN/Global E-Waste Monitor



## Eckpfeiler der digitalen Transformation

- Mehr digitale Endgeräte als Menschen.
- Knapp 5 Milliarden Menschen haben heute Zugang zum Internet (63%).
- Riesige Datenmengen werden gesammelt und verarbeitet (Big Data), was in Verbindung mit maschinellem Lernen zu neuen Erkenntnissen führt.





## Ergebnisse einer Metastudie zu Digitalisierung und CO<sub>2</sub>

Kürzel	Betrachtungsjahr	THG-Fußabdruck IKT-Sektor [Mt CO <sub>2e</sub> ]		THG-Reduktionspotenzial [Mt CO <sub>2e</sub> ]		Resultierender Enablement-Faktor	
		min	max	min	max	min	max
WWF2030	2030	741	2'620	1'168	8'711	0,4	11,8
Ericsson2030				4'699	9'716	1,8	13,1
SMARTer2030				12'080	12'080	4,6	16,3
SMARTer2030+				668	3'496	0,3	4,7

Grundlage: 4 Studien mit Zeithorizont 2030

zum Vergleich:  
Globale THG-Emissionen 2017  
– nur CO<sub>2</sub> ca. 37'000 Mt CO<sub>2</sub>  
– alle THG ca. 45'000 Mt CO<sub>2e</sub>



Bieser, Jan; Hintemann, Ralph; Beucker, Severin; Schramm, Stefanie; Hilty, Lorenz (2020): Klimaschutz durch digitale Technologien – Chancen und Risiken. Bitkom e.V., Berlin

[tiny.uzh.ch/145](https://tiny.uzh.ch/145)



## Wozu nutzen wir diesen Fortschritt?

### Haupttrends:

- Das Verhalten von Menschen wird immer feiner beobachtet, hauptsächlich um den Konsum zu beeinflussen.
- Netzwerk-Effekte und Lock-In-Effekte führen zur Konzentration wirtschaftlicher Macht – also zu Marktversagen.
- Die Gesellschaft wird abhängig von Infrastrukturen, die inhärent unsicher und angreifbar sind.





## Die Herausforderung: UN Sustainable Development Goals (SDGs)

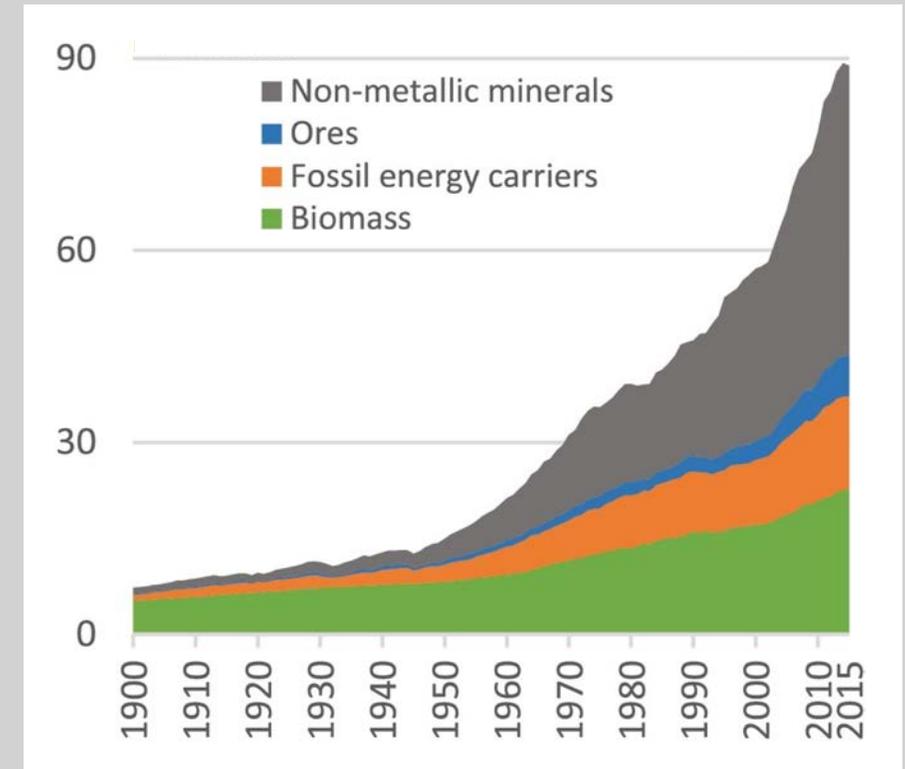




## Die dringendsten Probleme

1. Die Menschheit muss rasch lernen, ohne fossile Energieträger auszukommen.
2. Die Nahrungsmittelproduktion muss sich wandeln, denn die heutige Form von Landwirtschaft schädigt Biodiversität und Ökosysteme.
3. Wir müssen von einer Durchflusswirtschaft zu einer Kreislaufwirtschaft übergehen, um wichtige Rohstoffe für die Zukunft zu bewahren.

## Wie kann die Digitalisierung helfen?



Direkte Extraktion von Ressourcen weltweit  
in Milliarden Tonnen / Jahr

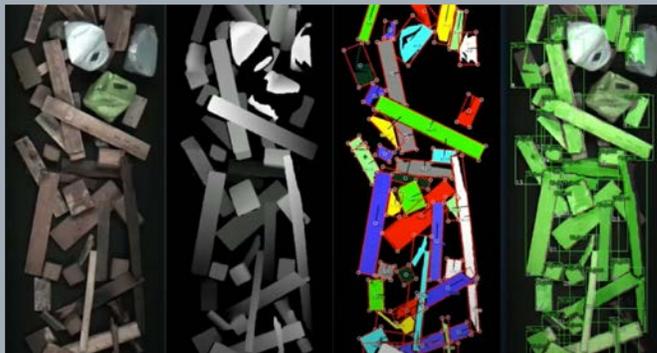


# Drei Handlungsfelder für nachhaltige Digitalisierung



## 1. Virtuelle Präsenz

## 2. Präzisions-Landwirtschaft



## 3. Digitale Kreislaufwirtschaft



## Virtuelle Präsenz (1/2)

Zentrale Anforderungen, die heute noch ungenügend erfüllt sind:

- Perfektes Videoconferencing muss einfacher sein, als ein Flugticket zu kaufen.
- Blickkontakt muss funktionieren.
- Zeige-Gesten müssen funktionieren.



Coroama, Hilty, Birtel 2012



CISCO

## Virtuelle Präsenz (2/2)

- Virtuelle Kollaborationsräume (AR/VR)
- Bieten mehr Möglichkeiten als physische Präsenz





## Präzisions-Landwirtschaft

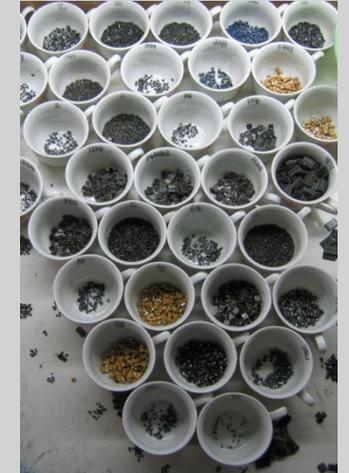
- Beispiel: Solarbetriebene Unkrautroboter sparen 90% der Herbizide.
- Ziel: Nicht mehr die Chemie, die Robotik wird in Zukunft die Felder ertragreicher machen.





## Digitale Kreislaufwirtschaft (1/2)

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

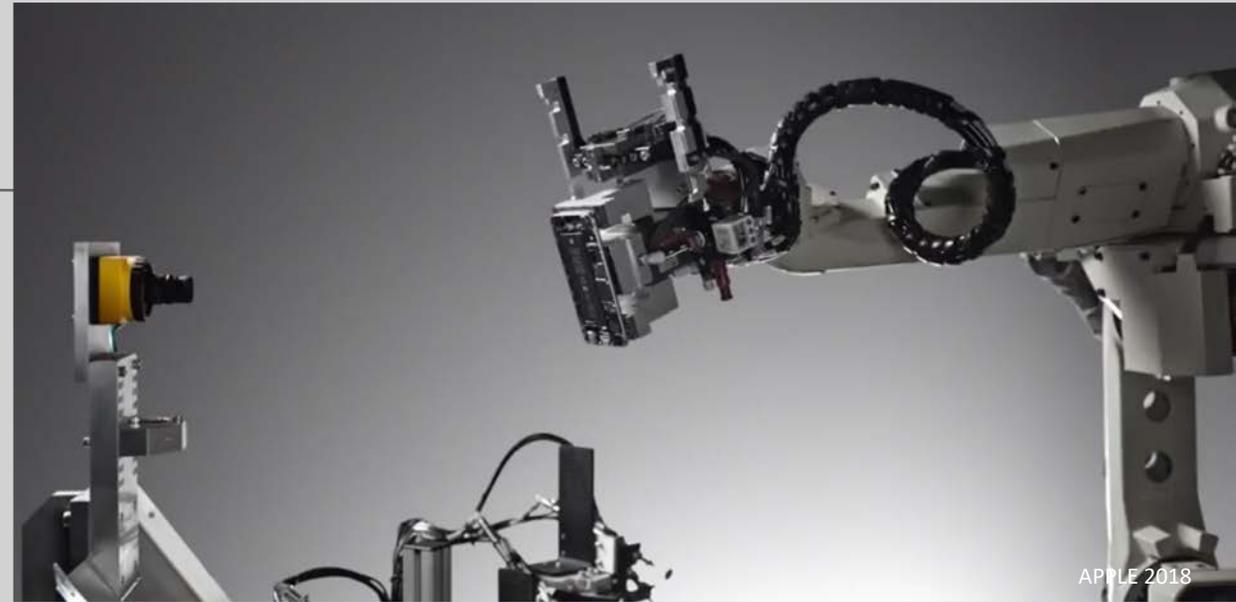


Quelle: Empa



## Digitale Kreislaufwirtschaft (2/2)

Einsatz von Künstlicher Intelligenz für das Recycling von Bauschutt, Siedlungsabfall und Geräten ist vielversprechend.





## Fazit

Digitalisierung könnte zu Klimaschutz beitragen, wenn wir sie gezielter zur Vermeidung von Verkehr, für eine nachhaltige Landwirtschaft und als Basis einer effektiven Kreislaufwirtschaft nutzen würden:

- Um auf Dauer Verkehr zu reduzieren, müssen Technologien für virtuelle Präsenz über «Videoconferencing» hinausgehen und die **Kollaboration** in virtuellen Welten unterstützen.
- Die digitale Präzisions-Landwirtschaft («Smart Agriculture») könnte als Türöffner für die **Agrarökologie** genutzt werden.
- Künstliche Intelligenz sollte nicht das Verhalten von Menschen, sondern Materialflüsse überwachen und optimieren, um das Recycling zu verbessern – in Verbindung mit erneuerbare Energie lässt sich so eine **intelligente Kreislaufwirtschaft** realisieren.



# Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Lorenz Hilty  
[hilty@ifi.uzh.ch](mailto:hilty@ifi.uzh.ch)

[www.ifi.uzh.ch/isr](http://www.ifi.uzh.ch/isr)