Im Auftrag von

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

BUNDESSTELLE FÜR ENERGIE EFFIZIENZ

2. Sitzung AG Digitalisierung

AG-Leitung: Thomas Hinsch & David Lerch, BMWi

Im Auftrag von

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

BUNDESSTELLE FÜR ENERGIE EFFIZIENZ

Roadmap Energieeffizienz 2050

Tagesordnung für die 2. Sitzung

- **Begrüßung** der Teilnehmenden
- Diskussion über die freiwillige Einrichtung eines **Registers und einer Effizienzkennzeichnung für Rechenzentren**
- Vorstellung der **Design-Thinking-Challenges** für Gebäude und Industrie
- Impulsvortrag: **Energiebedarf digitaler Zukunftstechnologien**
  - Leitfragen für Studie des BMWi
- Zusammenfassung und Ausblick

Im Auftrag von

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

BUNDESSTELLE FÜR ENERGIE EFFIZIENZ

Roadmap Energieeffizienz 2050

Ablauf der AG-Sitzungen

Juni 2020	Okt 2020	April 2021	Okt 2021	April 2022
GreenIKT und Digitalisierung als Enabler der Energiewende	Bestimmung und Konkretisierung der Handlungsansätze für die GreenIKT	Potentiale der Digitalisierung in Gebäude und der Industrie Update zur GreenIKT	Was heißt das in der Praxis? Von Handlungsan-sätzen zu Maßnahmen	Konsolidierung des Maßnahmenplans Roadmap 2030/2050

Design-Thinking Prozess: Digitalisierung als Enabler für die Energiewende in Gebäuden

Design-Thinking Prozess: Digitalisierung als Enabler für die Energiewende in der Industrie

Im Auftrag von

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

BUNDESSTELLE FÜR ENERGIE EFFIZIENZ

Roadmap Energieeffizienz 2050

Diskussion über die freiwillige Einrichtung eines Registers und einer Effizienzkennzeichnung für Rechenzentren

1. Stand der gemeinsamen **Studie zu RZ** von UBA und BMWi

2. Bedarf **zur Einrichtung eines Registers für RZ**

3. Möglichkeit zur **Kennzeichnung von energieeffizienten RZ**

Bedarf zur Einrichtung eines Registers für RZ

<u>These 1:</u>

Um den Energieverbrauch digitaler Infrastrukturen wirksam begrenzen zu können, bedarf es genaue Kenntnis über den Bestand der RZ (z.B. über Größe, Energieverbrauch, Energieeffizienz, räumliche Verteilung).

<u>These 2:</u>

Die Klimaziele sind nur erreichbar, wenn die digitale Infrastruktur und hier insbesondere die RZ ihre Dienstleistungen hochgradig energieeffizient anbieten.

Möglichkeit zur Bewertung energieeffizienter RZ

<u>These 3:</u>

Ein RZ ist nur dann energieeffizient, wenn neben der effizienten Ausstattung und der effizienten Verbindung der Anlagenteile auch ein energieeffizienter Betrieb der Rechenkapazität erreicht wird.

<u>These 4:</u>

Eine breite Anwendung einer Kennzeichnung für energieeffizienter RZ kann Zugeffekte zu höherer Energieeffizienz bei den Betreibern von RZ auslösen.

Im Auftrag von

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

BUNDESSTELLE FÜR ENERGIE EFFIZIENZ

Roadmap Energieeffizienz 2050

Gebäude-Challenge

Wie können wir neue Dienstleister von Gebäudeautomation für Heizungsanlagen in Mehrgeschosswohngebäuden anreizen, hochwertige Anlagenoptimierungen anzubieten und gleichzeitig von Seiten der Wohnungswirtschaft eine ausreichende Nachfrage nach dieser Dienstleistung erzeugen?

Gebäudeautomation / Anlagenoptimierung

Wichtige Aspekte:

- für Heizungsanlagen in großen Mehrgeschosswohngebäuden
- Angebot und Nachfrage müssen adressiert werden
- Bestehendes Know-How für Software und Hardware muss für neue Anbieter nutzbar gemacht werden
- Wohnungswirtschaft muss seinen Bestand schrittweise optimieren
- Nationale Datenbank mit Referenzobjekten / Entwicklung von KI

Im Auftrag von

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

BUNDESSTELLE FÜR ENERGIE EFFIZIENZ

Roadmap Energieeffizienz 2050

Design Thinking: Gebäudeautomation

Verfahren des Design-Thinking: 3 Workshops im Okt-Nov. 2020

1. Software- und Hardwarelösung für Anlagenoptimierung
2. Nachfrage nach Gebäudeautomation in der Wohnungswirtschaft
3. Neue Anbieter von Gebäudeautomationslösungen

Im Auftrag von

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

BUNDESSTELLE FÜR ENERGIE EFFIZIENZ

Roadmap Energieeffizienz 2050

Industrie-Challenge

„Wie können technische Leiter/innen in KMUs Zukunftstechnologien (KI, Data Science, Edge & Cloud Computing etc.) einsetzen, um die traditionelle Produktions-Leittechnik um eine energieeffizientere Steuerung zu ergänzen?“

Industrie-Challenge - Problemstellung

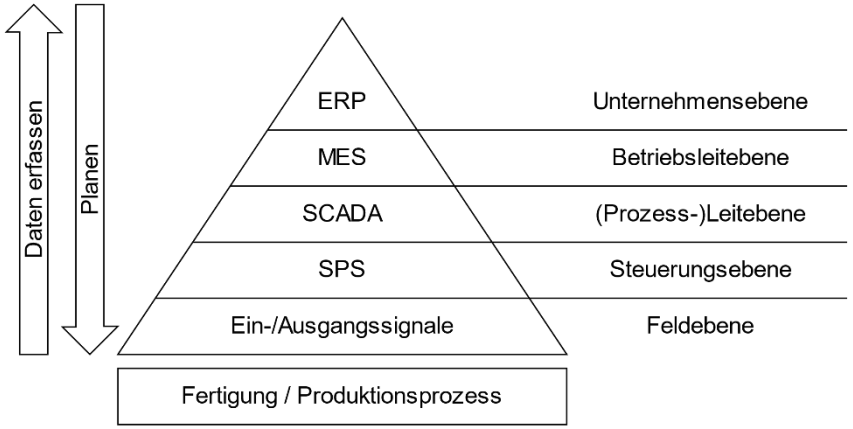
Technik:

- Leittechnik oftmals veraltet
- Interoperabilität von IoT-Devices oft nicht gegeben

Mensch:

- Fehlendes Personal, um Datennutzung voranzutreiben (Datenfriedhöfe)
- Fehlende Akzeptanz digitaler Geschäftsmodelle (Datennutzung durch Externe)
- Fehlende digitale Werkzeuge für Entscheider (C-Level, technische Leiter)

Industrie-Challenge - Thesen



- **Zusammenspiel von Messtechnik, IoT-Plattform und intelligenter Analysesoftware** (Algorithmen-basiert) ermöglicht Identifizierung von Effizienzoptionen im Produktionsprozess
- Implementierung auf Ebene **Manufacturing Execution System**
- System muss durch **technischen Leiter** im Produktionsalltag nutzbar sein, soll aber auch Informationen für **weitere Entscheider** im Unternehmen liefern
- KMU benötigen **einfach zu bedienende Systeme** (Idee: Standardkomponenten kombinieren)

Industrie-Challenge - Lösungsansätze

- Förderung einer Open-Source-Analysesoftware (Aufgabe des Staates?)
- Förderprogramm für Softwareeinsatz
- Sensibilisierungsmaßnahmen, z.B. Initiative Energieeffizienz-Netzwerke
- Anreizebene: Weiterentwicklung ISO 50.001

Im Auftrag von

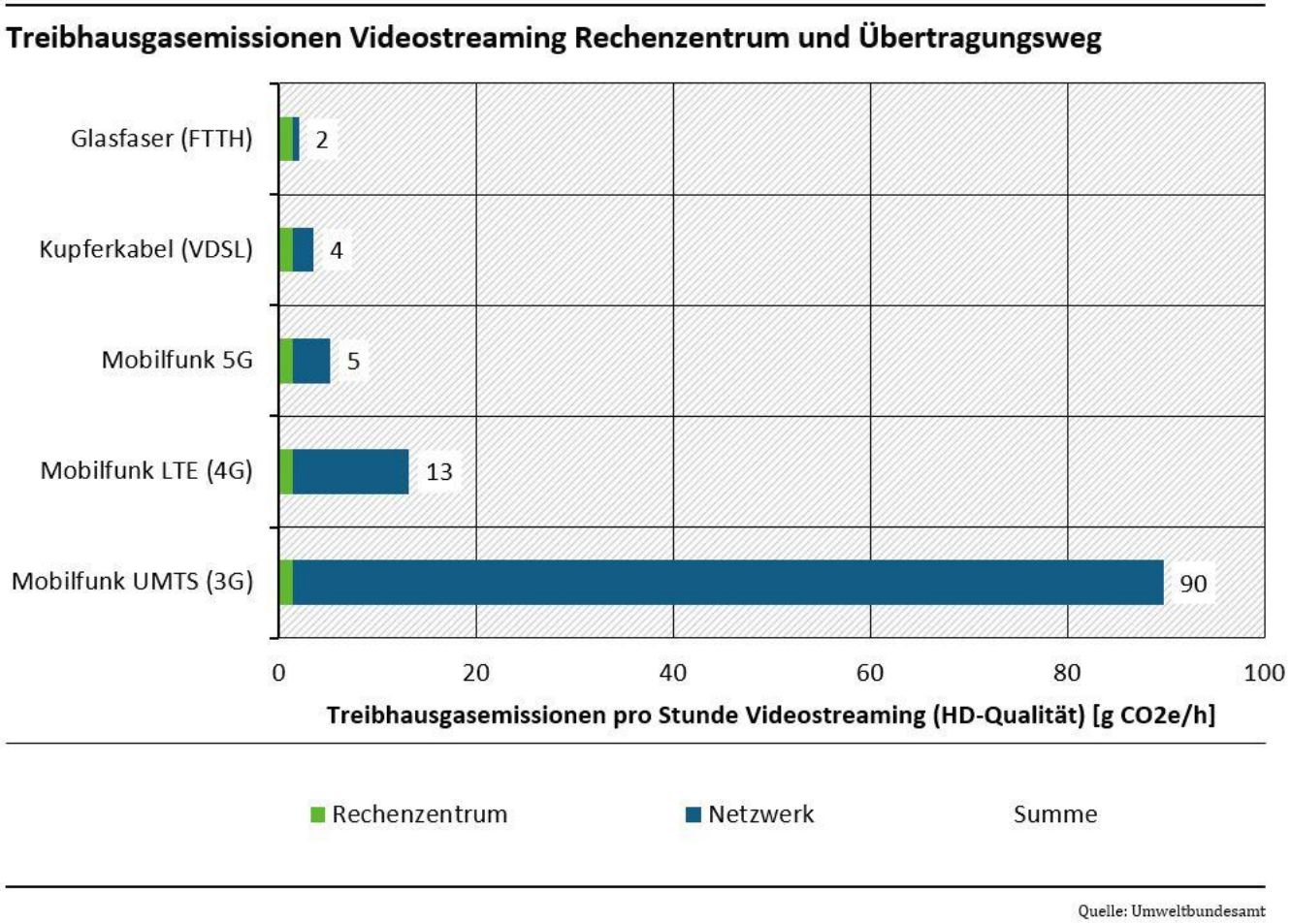
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

BUNDESSTELLE FÜR ENERGIE EFFIZIENZ

Roadmap Energieeffizienz 2050

BMU-Studie „Green-Cloud“

- 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 deutlich CO2-intensiver im Vgl. zu HD)



DEMONSTRATION UND PILOTIERUNG

FUTURE ENERGY LAB

← Nationale und Internationale Sichtbarkeit unter einem Dach

PRAXIS

Die Piloten entwickeln Infrastruktur, untersuchen den Umgang mit Daten und prüfen die Vorteile der Digitalisierung für die Energiewirtschaft.

THEORIE

Das Lab bietet eine wissenschaftliche Begleitung innerhalb der Piloten und für grundlegende Untersuchungen.

PLATTFORM

Das Lab bietet eine (virtuelle) Plattform für Vernetzung, Austausch und gemeinsame Pilotierung.

← Praxis, Theorie und Vernetzung aus einer Hand

Blockchain Machine Identity Ledger

CO_2-Datendemonstrator

Smart Contract Register

\+ Ihre Ideen!

← Erprobung und Pilotierung als offener Ideenraum für Energie- und Digitalwirtschaft

dena Deutsche Energie-Agentur

Im Auftrag von

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

BUNDESSTELLE FÜR ENERGIE EFFIZIENZ

Roadmap Energieeffizienz 2050

Energiebedarf digitaler Zukunftstechnologien

Dr. Heike Brugger, Fraunhofer ISI

Wissenschaftiche Begleitung durch

Fraunhofer ISI

Wuppertal Institut

ifeu INSTITUT FÜR ENERGIE- UND UMWELTFORSCHUNG HEIDELBERG

prognos

Geschäftsstelle

dena Deutsche Energie-Agentur

Im Auftrag von

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

BUNDESSTELLE FÜR ENERGIE EFFIZIENZ

Roadmap Energieeffizienz 2050

Datenverarbeitungskette

Datenspeicherung

Datenübertragung

Datenerfassung

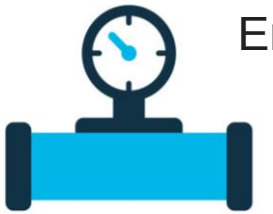
Cloud

Rechenzentren

Netzwerke

Edge-Knoten

Endgeräte



Sensoren

Antriebe

Datenverarbeitung

Datenübertragung

Datenausführung

Im Auftrag von

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

BUNDESSTELLE FÜR ENERGIE EFFIZIENZ

Roadmap Energieeffizienz 2050

Energiebedarfe der zentralen Zukunftstechnologien

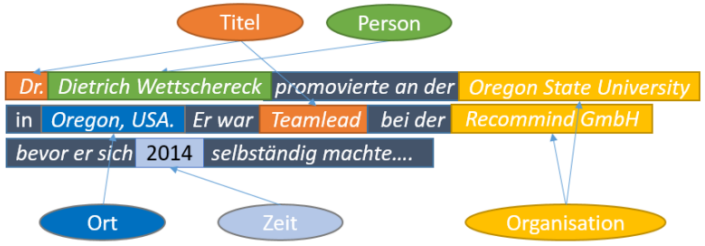
Künstliche Intelligenz (KI)

Rechenzentren

Antriebe

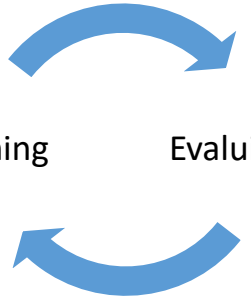
Daten-Vorverarbeitung → **Modell-Training** → **Modell-Anwendung**

×4



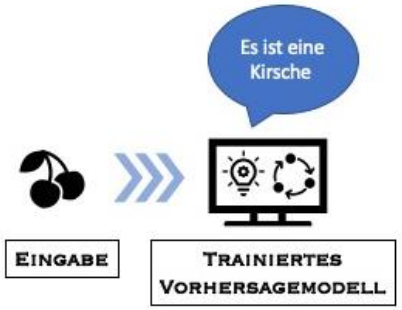
Quelle: NDR

Quelle: data-science-blog.com



Training

Evaluierung



Quelle: kitrends.de

Im Auftrag von

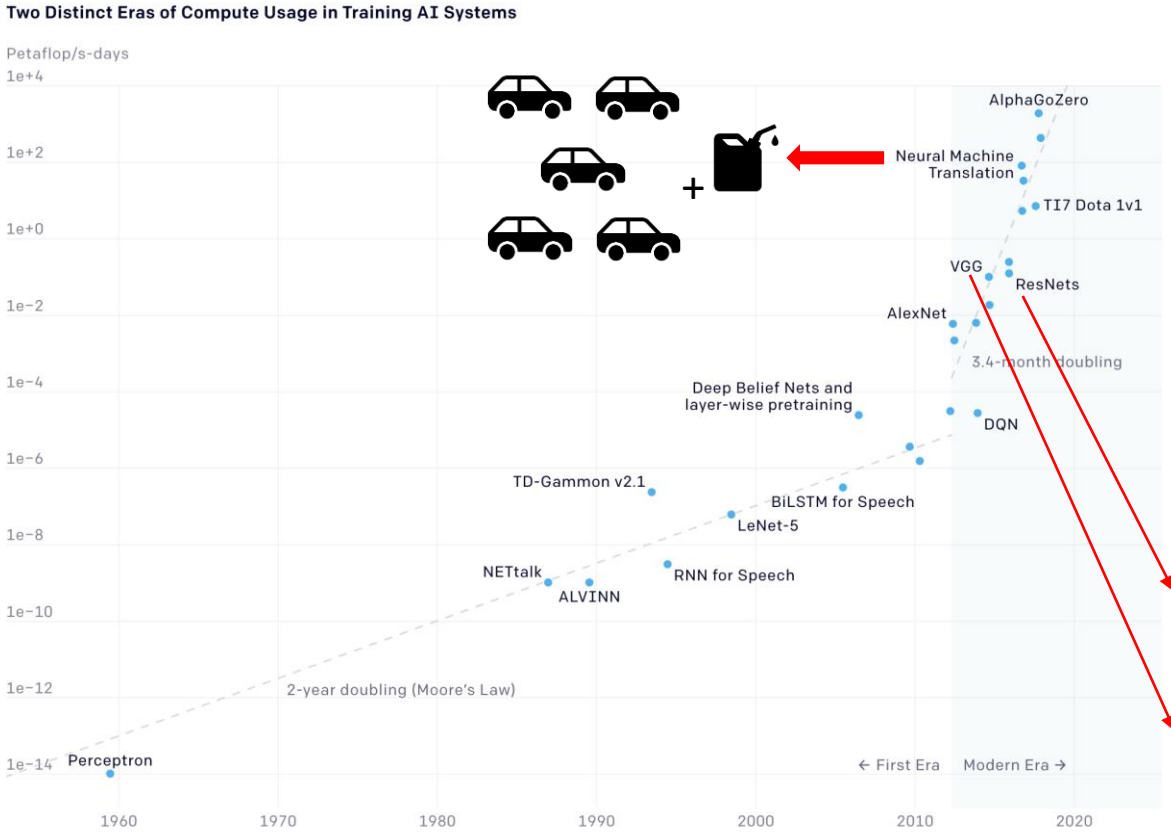
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

BUNDESSTELLE FÜR ENERGIE EFFIZIENZ

Roadmap Energieeffizienz 2050

Energiebedarf der zentralen Zukunftstechnologien

Modell-Training der KI



Quelle: OpenAI (2018)

Anwendungen	Beispiel-Modelle	Energie-bedarf pro Probe (J)	Energiebedarf für typische Datasets (kWh)
Maschinelle Übersetzung	Transformer	0,0098	0,098
Spracherkennung	Deep Speech 2	2,33	0,00061
Sprachmodellierung	Long Short-Term Memory	0,21	0,00245
Bilderkennung	ResNet 50	0,29	0,09667
Bilderkennung	Inception V3	0,45	0,15
Bilderkennung	VGG 16	0,48	0,16

Quelle: Wang (2017)

Im Auftrag von

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

BUNDESSTELLE FÜR ENERGIE EFFIZIENZ

Roadmap Energieeffizienz 2050

Energiebedarfe der zentralen Zukunftstechnologien

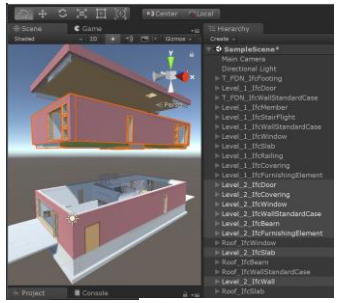
Virtuelle Realität (VR)

Rechenzentren

Netzwerke

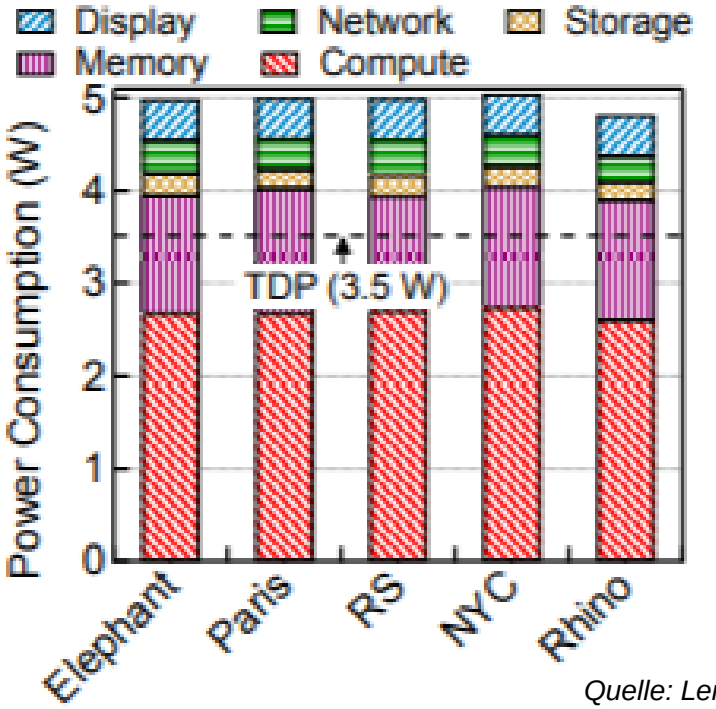
Antriebe

3D Modellierung → **Datenübertragung** → **Modell-Rendering**



Quelle: Unity3D

Quelle: stambol



Quelle: Leng et al. (2019)

Energiebedarfsverteilung über die Hauptkomponenten in einem VR-Gerät

Im Auftrag von

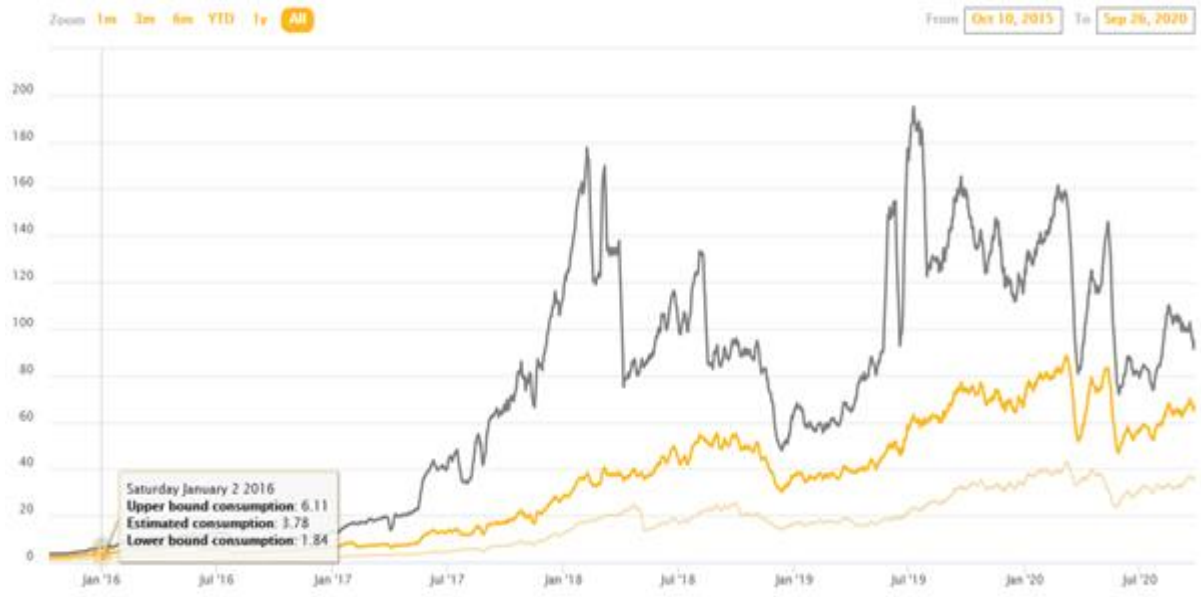
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

BUNDESSTELLE FÜR ENERGIE EFFIZIENZ

Roadmap Energieeffizienz 2050

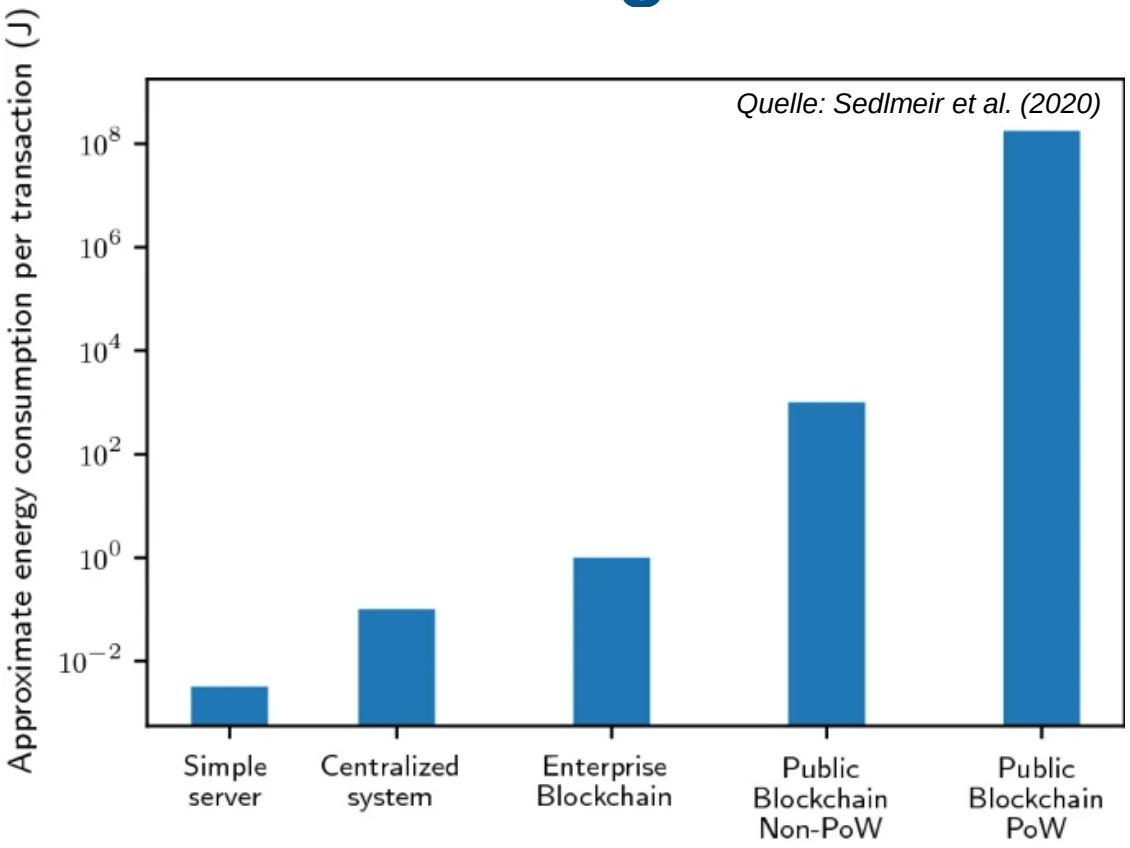
Energiebedarf der zentralen Zukunftstechnologien

Blockchain



Quelle: Cambridge Centre for Alternative Finance (2020)

Jährlicher Strombedarf von Bitcoin (in TWh)



Energiebedarf pro Transaktion für verschiedene Architekturen

Im Auftrag von

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

BUNDESSTELLE FÜR ENERGIE EFFIZIENZ

Roadmap Energieeffizienz 2050

Nachhaltigere Lösungsansätze

Hardware

- Minimierung der Verarbeitungstätigkeiten und Datenübertragungsmenge von **Sensoren**
- Effizienterer Speichertransfer in **KI-Hardware**

Protokolle

- Verbesserung der Wiederverwendung von Frequenzen und der spektralen Effizienz in **5G**
- Vertrauenswürdige Zufallszahlengeneratoren in **Blockchain**

Algorithmen

- Reduktion von Lernparametern in **KI-Algorithmen**
- Intelligente Trainingsstrategien für **KI-Algorithmen**
- KI-Methoden zur Optimierung des Berechnungsprozesses und des Kühlplans von **Rechenzentren**

Zentrale Herausforderungen

- Mangelnde Datenverfügbarkeit (Konzentration auf wenige Quellen)

- Standard zur Messung des Energiebedarfs von Algorithmen nicht vorhanden
  - Effizienz von Algorithmen bereits gut erfassbar (inhärent in der Programmierung)
  - Aber: für optimale Samplegrößen, optimale Anzahl an Trainingsrunde, etc. noch kein Standard vorhanden

- Schwerpunkt deutscher Forschung und deutscher Unternehmen in der KI: anschließen an weltweitführende Leistungen
  - ➢ Energiebedarf der Algorithmen derzeit zweitrangig

Im Auftrag von

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

BUNDESSTELLE FÜR ENERGIE EFFIZIENZ

Roadmap Energieeffizienz 2050

Handlungsansätze für die Energieeffizienzpolitik

- **Verankerung energieeffizienter KI** in der deutschen KI-Strategie und in der KI-Strategie der EU

- **Verbesserung der wissenschaftlichen Grundlage und Datenlage**
  - Kontinuierliche Erhebung eines über Technologien und Infrastrukturen übergreifenden **Lagebildes**
  - Studie zur sektorübergreifende **Nettobetrachtung**
  - Schaffung eines **Standards zur Messung der Energieeffizienz von Algorithmen**

- **Erhöhung der Aufmerksamkeit** in der akademischen Welt und in der Industrie (Sensibilisierung & Wissensaufbau)

- **Zusammenbringen** der KI-Community mit dem Energiesektor (*siehe z.B. Future Energy Lab*)

Im Auftrag von

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

BUNDESSTELLE FÜR ENERGIE EFFIZIENZ

Roadmap Energieeffizienz 2050

Vielen Dank!

Kontakte:

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

Jiao Jiao – Fraunhofer ISI – jiao.jiao@isi.fraunhofer.de

Wissenschaftiche Begleitung durch:

Fraunhofer ISI

Wuppertal Institut

ifeu INSTITUT FÜR ENERGIE- UND UMWELTFORSCHUNG HEIDELBERG

prognos

Geschäftsstelle

dena Deutsche Energie-Agentur

Leitfragen

- *Teilen Sie die **Darstellungen in diesem Inputpapier** zum Energiebedarf einzelner Technologien/Anwendungen?*

- *Welche digitalen Technologien und deren Anwendungsfälle sollte das BMWi im Rahmen einer **Studie zur Energieeffizienz von Zukunftstechnologien** in den Blick nehmen?*

- *Kann eine **Nettobetrachtung** einzelner Technologien und Anwendungsfällen sinnvoll sein, oder sind die daraus resultierenden Bandbreiten zu groß?*

Leitfragen

- *Sind Ihnen Ansätze zur **energieeffizienten Ausgestaltung** digitaler Zukunftstechnologien bekannt (national oder international), die das BMWi **pilotieren** sollte? Welche Ansätze, die nicht verfolgt werden sollten?*

- *Welche Argumente sprechen für und welche gegen **Ökodesign- und Energiebedarfskennzeichnungs- Ansätze** für Hardware- und Softwarelösungen sowie digitale Dienstleistungen?*

Leitfragen

- *Könnte eine energieeffiziente KI ein **Qualitätsmerkmal für KI Made in Germany** werden? Was bedeutet für Sie energieeffiziente KI, welche **Kriterien** muss eine KI-Anwendung erfüllen um energieeffizient zu sein?*

- *Kann eine Einordnung von **KI-Anwendungen** hinsichtlich ihrer **Kritikalität** sinnvoll sein, um zu analysieren, für welche Anwendungen ein erhöhter Energiebedarf gerechtfertigt sein kann?*

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.
- 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, June). Energy-efficient video processing for virtual reality. In Proceedings of the 46th International Symposium on Computer Architecture (pp. 91-103).

Literatur

- OpenAI. 2018. AI and Compute. Retrieved from: https://openai.com/blog/ai-and-compute/ [accessed on September 21st 2020]
- Sedlmeir, J., Buhl, H. U., Fridgen, G., & Keller, R. (2020). The energy consumption of blockchain technology: beyond myth. Business & Information Systems Engineering, 1-10.
- Strubell, E., Ganesh, A., & McCallum, A. (2019). Energy and policy considerations for deep learning in NLP. arXiv preprint arXiv:1906.02243.
- Wang, J., Lin, J., & Wang, Z. (2017). Efficient hardware architectures for deep convolutional neural network. *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, *65*(6), 1941-1953.
- Wang, Y., Wang, Q., Shi, S., He, X., Tang, Z., Zhao, K., & Chu, X. (2020, May). Benchmarking the Performance and Energy Efficiency of AI Accelerators for AI Training. In 2020 20th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Internet Computing (CCGRID) (pp. 744-751). IEEE.
- Wu, Q., Li, G. Y., Chen, W., Ng, D. W. K., & Schober, R. (2017). An overview of sustainable green 5G networks. IEEE Wireless Communications, 24(4), 72-80.
- Xu, C., Wang, X., Yang, H. H., Sun, H., & Quek, T. Q. (2020). AoI and Energy Consumption Oriented Dynamic Status Updating in Caching Enabled IoT Networks. *arXiv preprint arXiv:2003.00383*.

Im Auftrag von

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

BUNDESSTELLE FÜR ENERGIE EFFIZIENZ

Roadmap Energieeffizienz 2050

Energiebedarf der zentralen Anwendungen

Autonomes Fahren

Datenerfassung	Datenübertragung	Datenverarbeitung und Datenspeicherung
Perceptron	V2V, V2X Sensordaten-übertragung zum Edge-Rechner	KI: Bilderkennung Videotracking Routenplanung Bewegungssteuerung Spracherkennung

Im Auftrag von

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

BUNDESSTELLE FÜR ENERGIE EFFIZIENZ

Roadmap Energieeffizienz 2050

Energiebedarf der zentralen Anwendungen

Digitaler Zwilling

Datenerfassung und Datenausführung	Datenübertragung	Datenverarbeitung und Datenspeicherung
IoT Sensoren	5G	KI VR