TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

DRESDEN concept

Oliver Knodel
Institut für Technische Informatik

Wieviel Energie braucht die Cloud?

Lange Nacht der Wissenschaften // Dresden // 15. Juni 2018

Gliederung

Was ist eigentlich die Cloud?

— Der traditionelle Umgang mit den Daten

— Daten sind von überall zugänglich…

Was steckt hinter der Cloud?

— Aber wo sind die Daten am Ende eigentlich wirklich?

— Definition des Cloud-Begriffes

— Die Daten sind überall und von überall zugänglich…

Wie kann der Energiebedarf von Rechenzentren reduziert werden?

— Durch den Einsatz von Spezialhardware

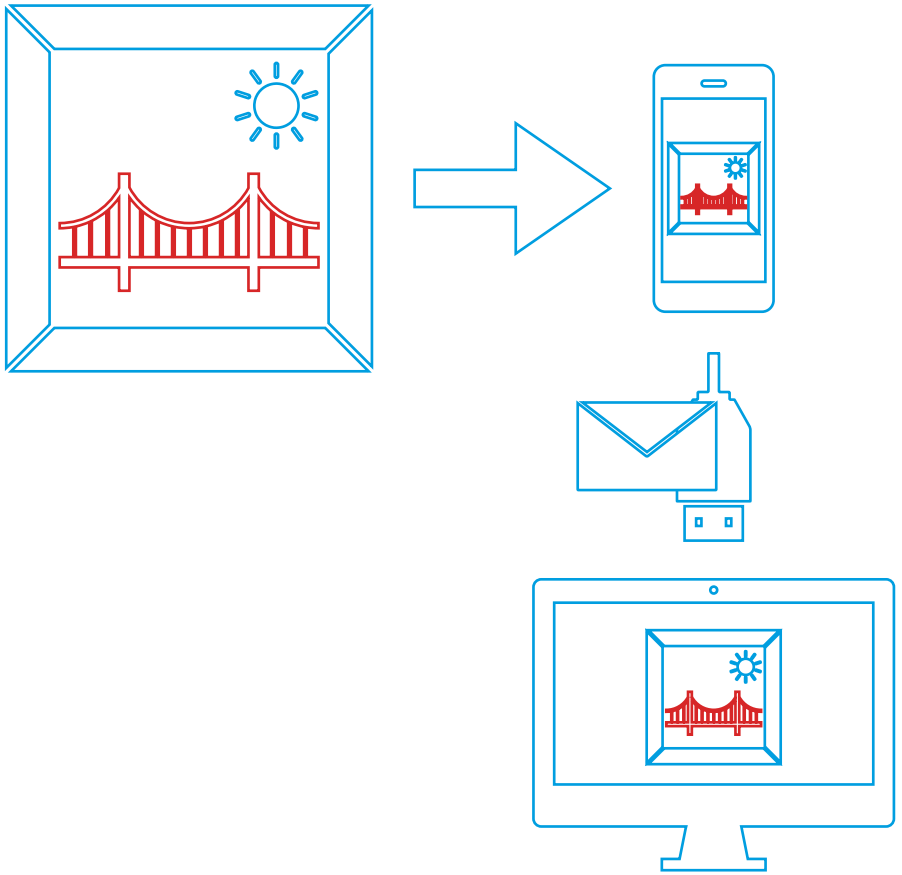
— Weitere Möglichkeiten den Energieverbrauch zu reduzieren

Zusammenfassung

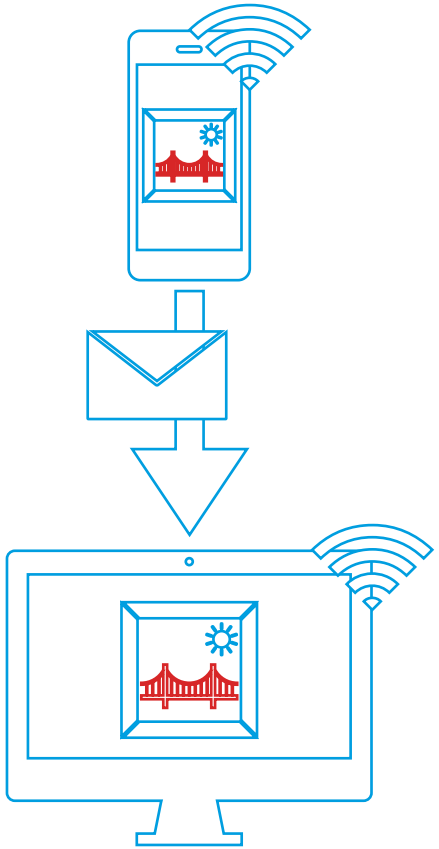
Was ist eigentlich die Cloud?

Was ist eigentlich die Cloud?
Der traditionelle Umgang mit den Daten

Der traditionelle Weg vom Foto zum Computer

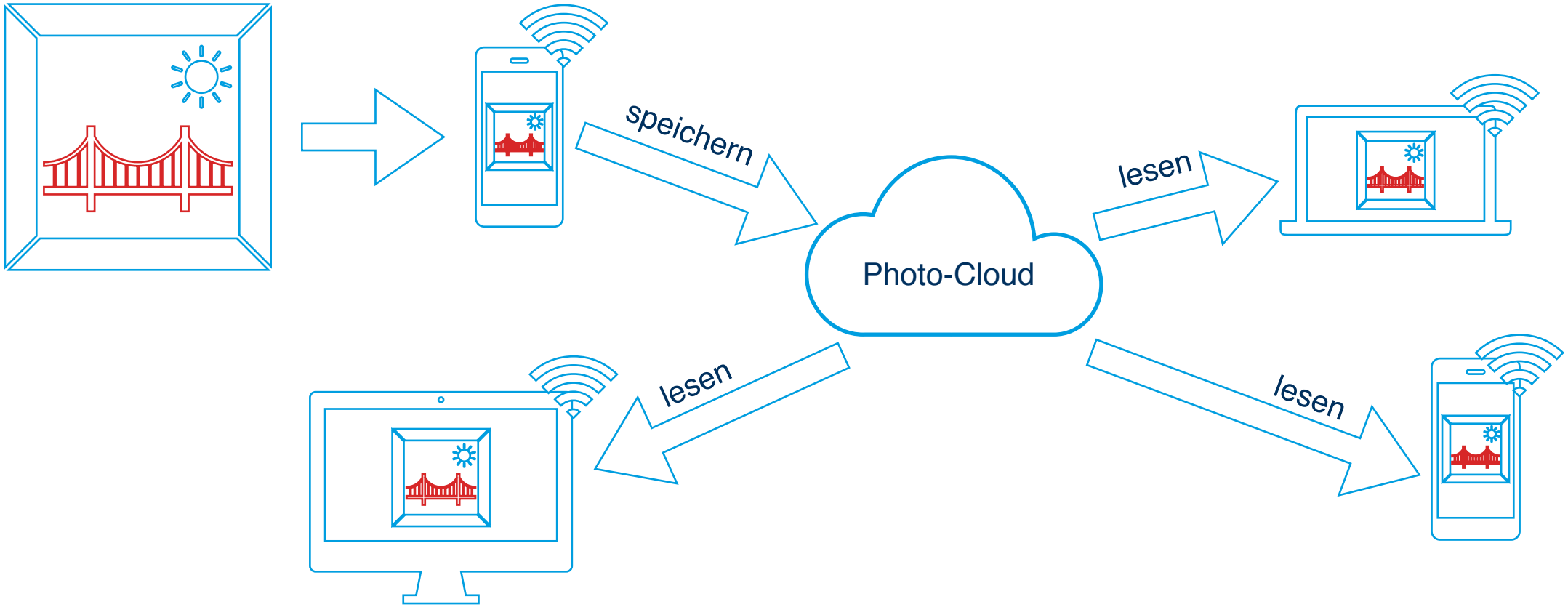


…oder ohne Kabel…



Was ist eigentlich die Cloud?
Daten sind von überall zugänglich…

Aber das Bild kann doch auch einfach auf jedem Gerät sein sein!

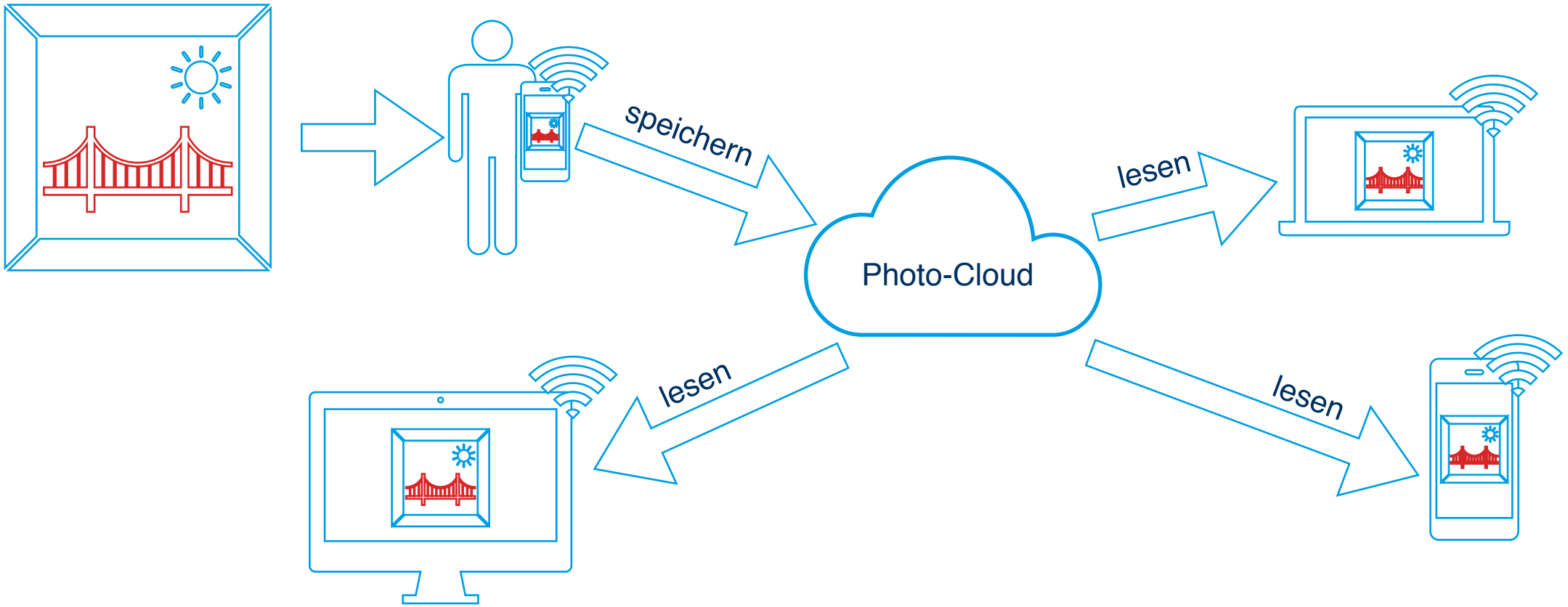


Bei iCloud anmelden
Apple-ID
Passwort
Angemeldet bleiben

Was steckt hinter der Cloud?

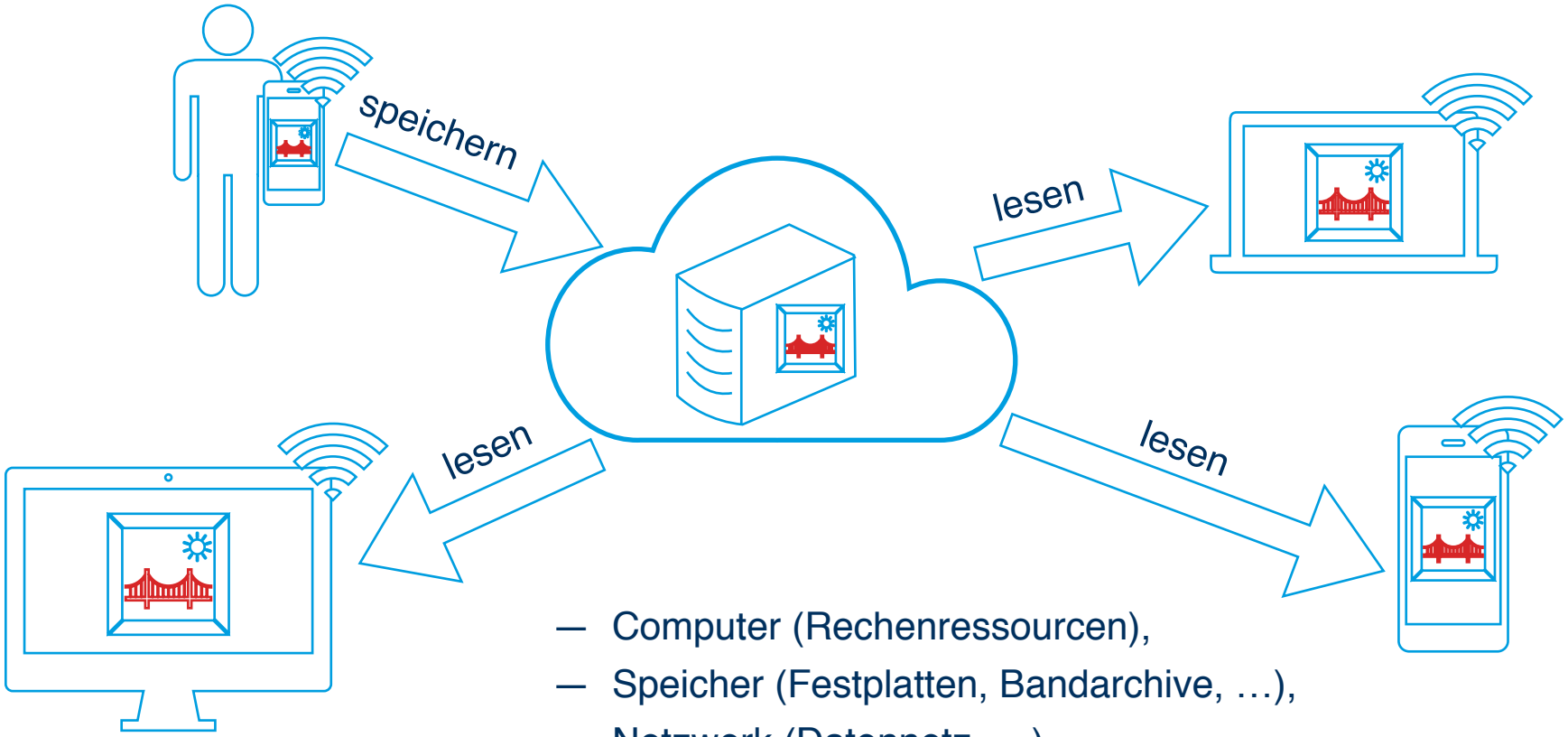
Was steckt hinter der Cloud?

Aber wo sind die Daten am Ende eigentlich wirklich?



Was steckt hinter der Cloud?

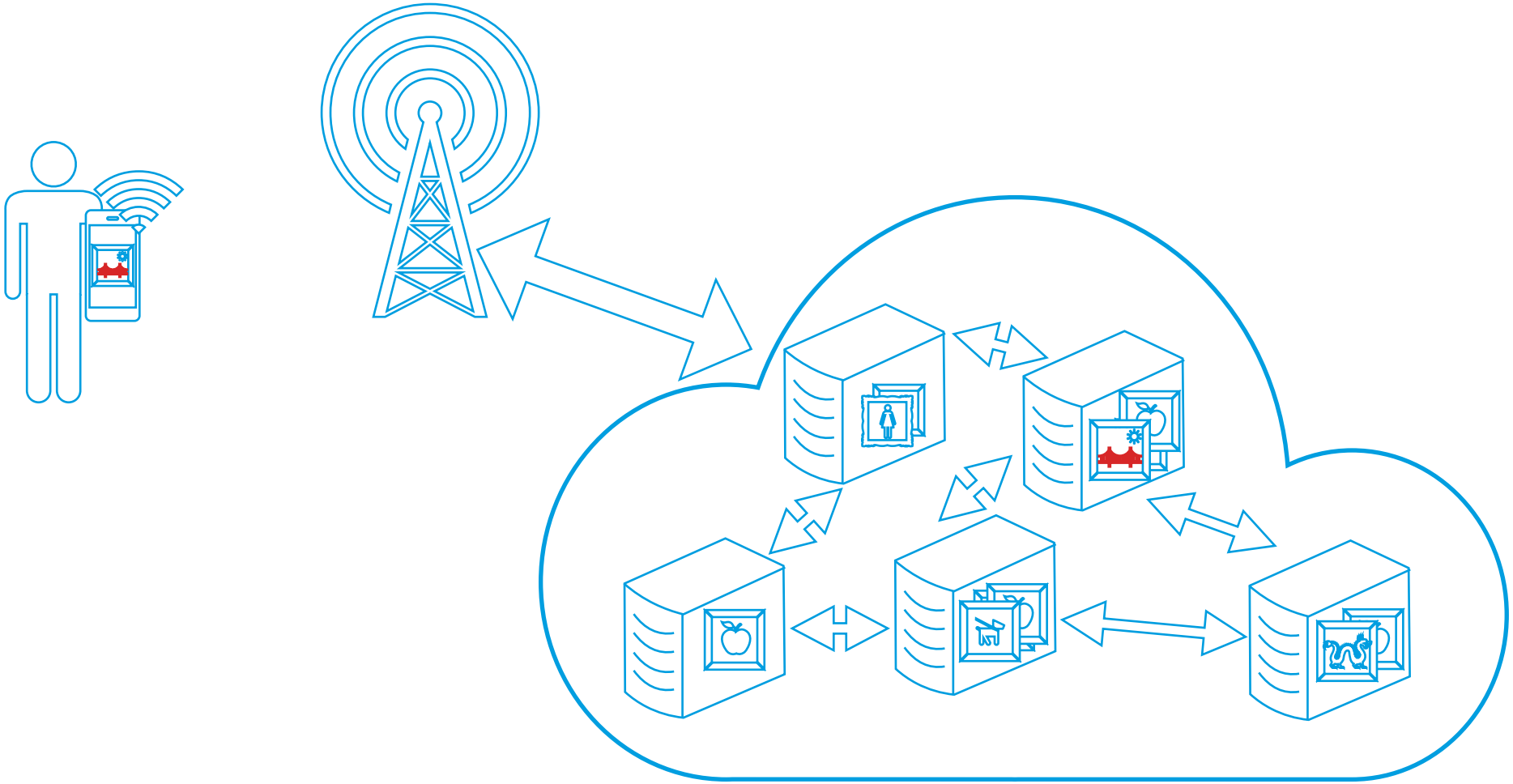
…Ressourcen wie Computer und Speicher



- Computer (Rechenressourcen),
- Speicher (Festplatten, Bandarchive, …),
- Netzwerk (Datennetz, …)
- Anwendungen (Mail, Office, Bildbearbeitung, …)

Was steckt hinter der Cloud?

…sehr viele Computer und noch mehr Speicher…



Was steckt hinter der Cloud?
Definition des Cloud-Begriffes

Besonderheiten

- Ein Modell mit ubiquitärem, einfachem, on-demand Zugang zu einem Pool von Rechenressourcen wie Server, Netzwerk, Speicher, Anwendungen und Dienste.
- Einfache und schnelle Bereitstellung und Freigabe von Ressourcen durch minimaler Interaktion mit einem Anbieter eines Dienstes.
- Die Auslastung der Ressourcen in einer Cloud sollte möglichst hoch sein um ungenutzte Ressourcen abschalten zu können und somit die Betriebskosten zu reduzieren [BAB12].

Wesentliche Kriterien für eine Cloud [MG11]

- Selbstständige Nutzung nach Bedarf,
- Breitband-Internetzugang,
- Bündeln von Ressourcen,
- Elastizität und
- Beobachten der Nutzung der Ressourcen.

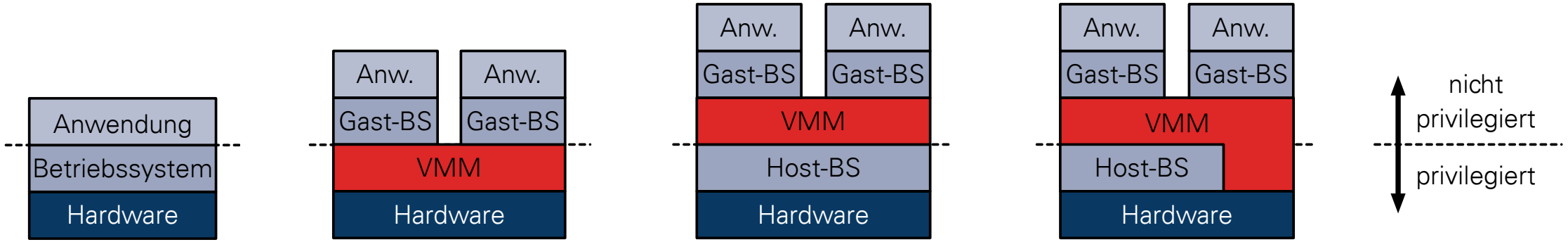
Wichtige Schlüsseltechnologien

- Leistungsfähige und energieeffiziente Prozessoren,
- Effiziente Virtualisierungstechniken,
- Großer verteilter Speicher,
- Automatisiertes Management,
- Breitband-Internetzugang.

Was steckt hinter der Cloud?
Schlüsseltechnologie Virtualisierung

Definition

Virtualisierung bietet eine Möglichkeit, Einschränkungen aufzuheben und die Flexibilität zu erhöhen. Wenn ein System (...) virtualisiert wird, werden die Schnittstellen und alle Ressourcen, die durch die Schnittstelle sichtbar sind, auf die Schnittstelle und Ressourcen eines realen Systems abgebildet, welches sie tatsächlich implementiert.



Was steckt hinter der Cloud?
Entwicklung des Cloud Computing

1990 — 1996 — 1997 — 2001 — 2006

Grid Computing

- Lösung komplexer Probleme im HPC-Bereich.
- Verteiltes System mit Batchverarbeitung von Jobs.

Erste Erwähnung des **Cloud Computing** in einem Dokument von Compaq [Cor96].

Utility Computing

- Bereitstellen von unbegrenzten Rechenressourcen.
- Abrechnung nur von tatsächlich genutzten Ressourcen.

SaaS Computing

- Internet-basierte Nutzung von Software.
- Auslagern der kompletten Wartung und weiterer Dienst-leistungen.

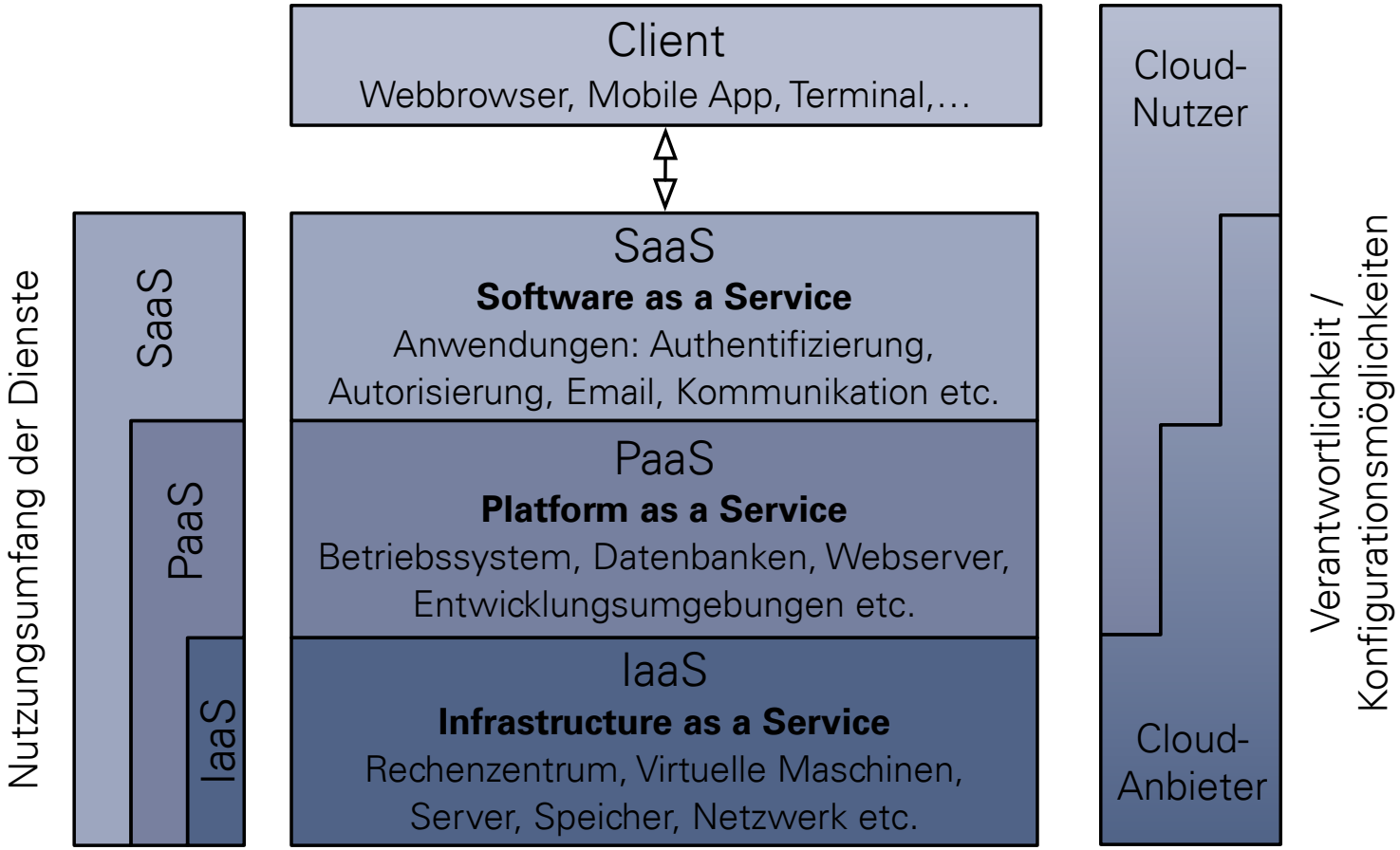
1999 - salesforce.com

Cloud Computing

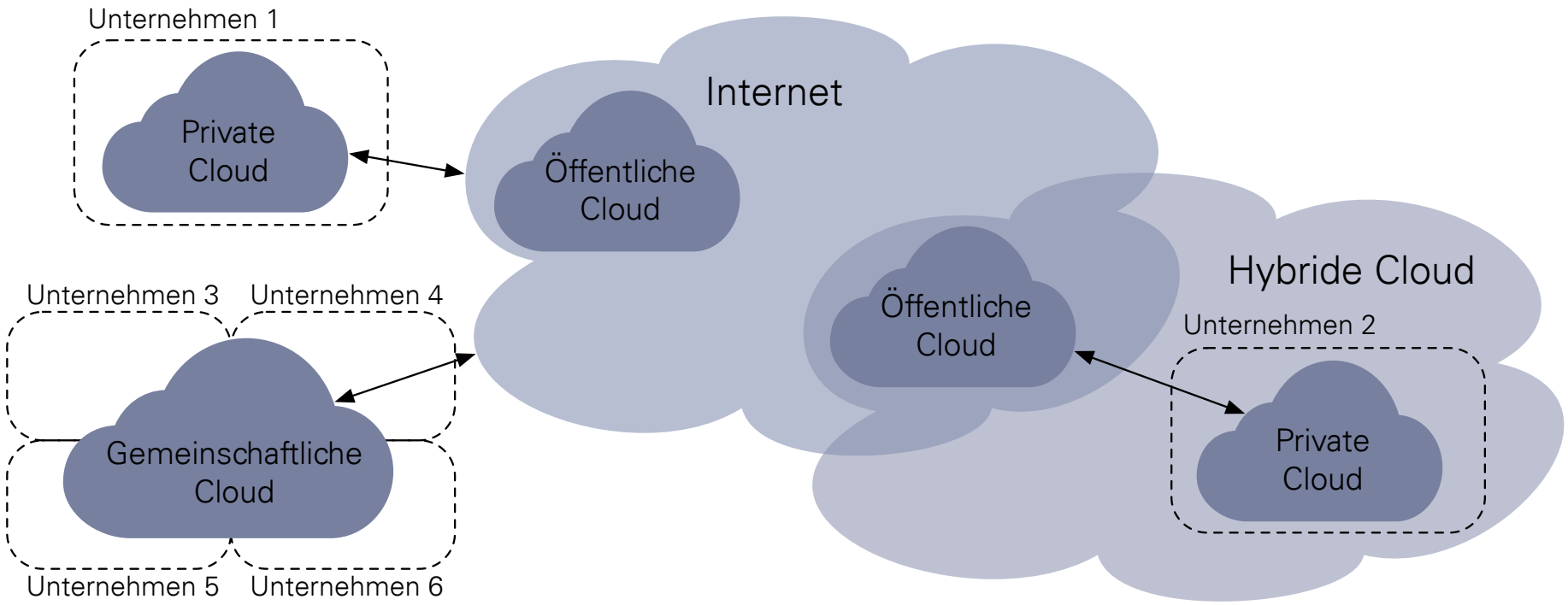
- Auslagerung von Diensten, Daten und Berechnungen.
- Neue Anforderungen an Rechenzentren durch Elastizität.

2002 - Amazon Web Services (AWS)
2008 - Microsoft Azure
2010 - OpenStack
2011 - IBM Smart Cloud
2012 - Google Compute
2006 - Amazon Cloud (EC2)
2014 - Microsoft Catapult
2017 - Amazon EC2 F1

Was steckt hinter der Cloud?
Servicemodelle und Dienste in der Cloud

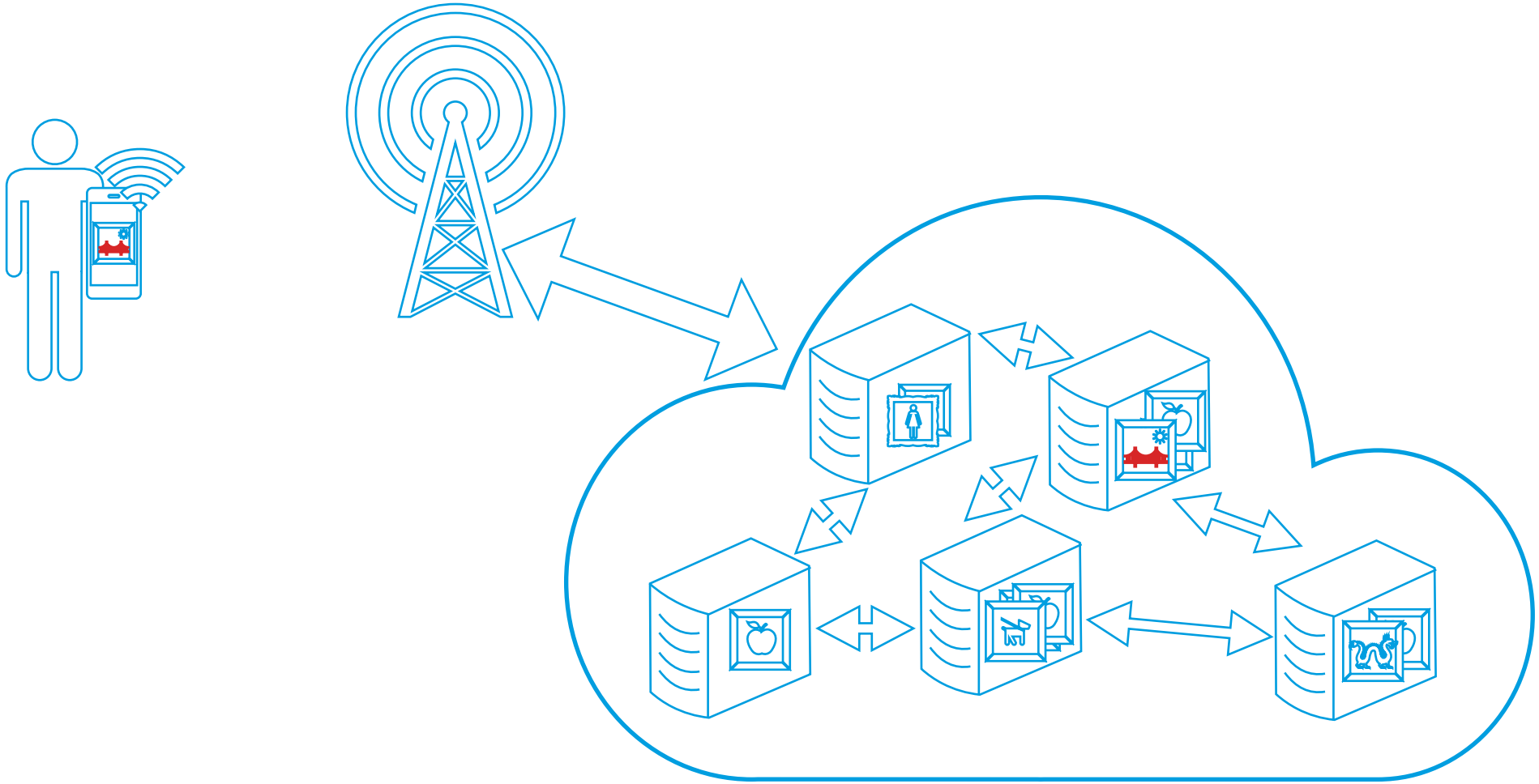


Was steckt hinter der Cloud?
Private oder Public



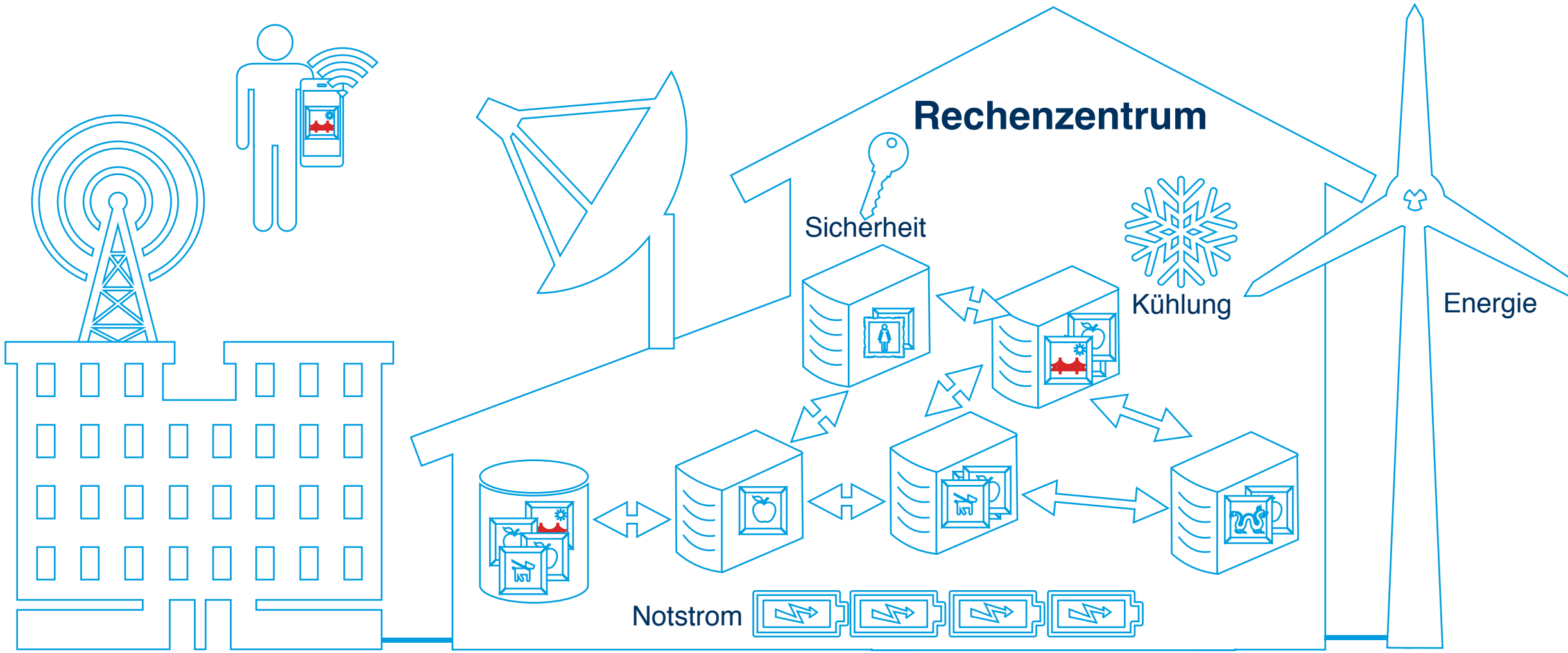
Was steckt hinter der Cloud?

Sehr viele Computer und noch mehr Speicher… in einem Rechenzentrum

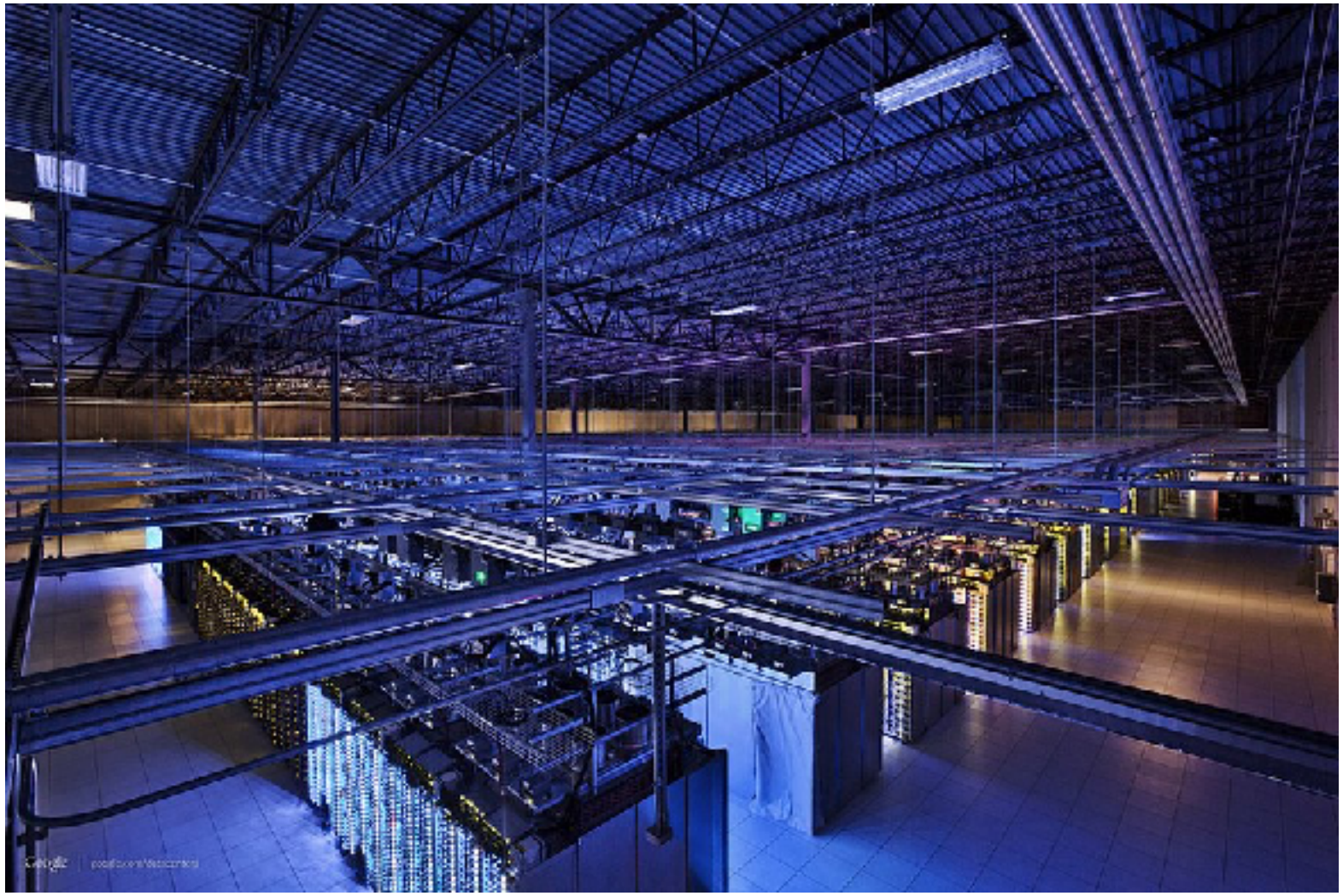


Was steckt hinter der Cloud?

Sehr viele Computer und noch mehr Speicher… in einem **physischen** Rechenzentrum



Was steckt hinter der Cloud?
Google Rechenzentrum



Was steckt hinter der Cloud?
Leibniz-Rechenzentrum in Garching

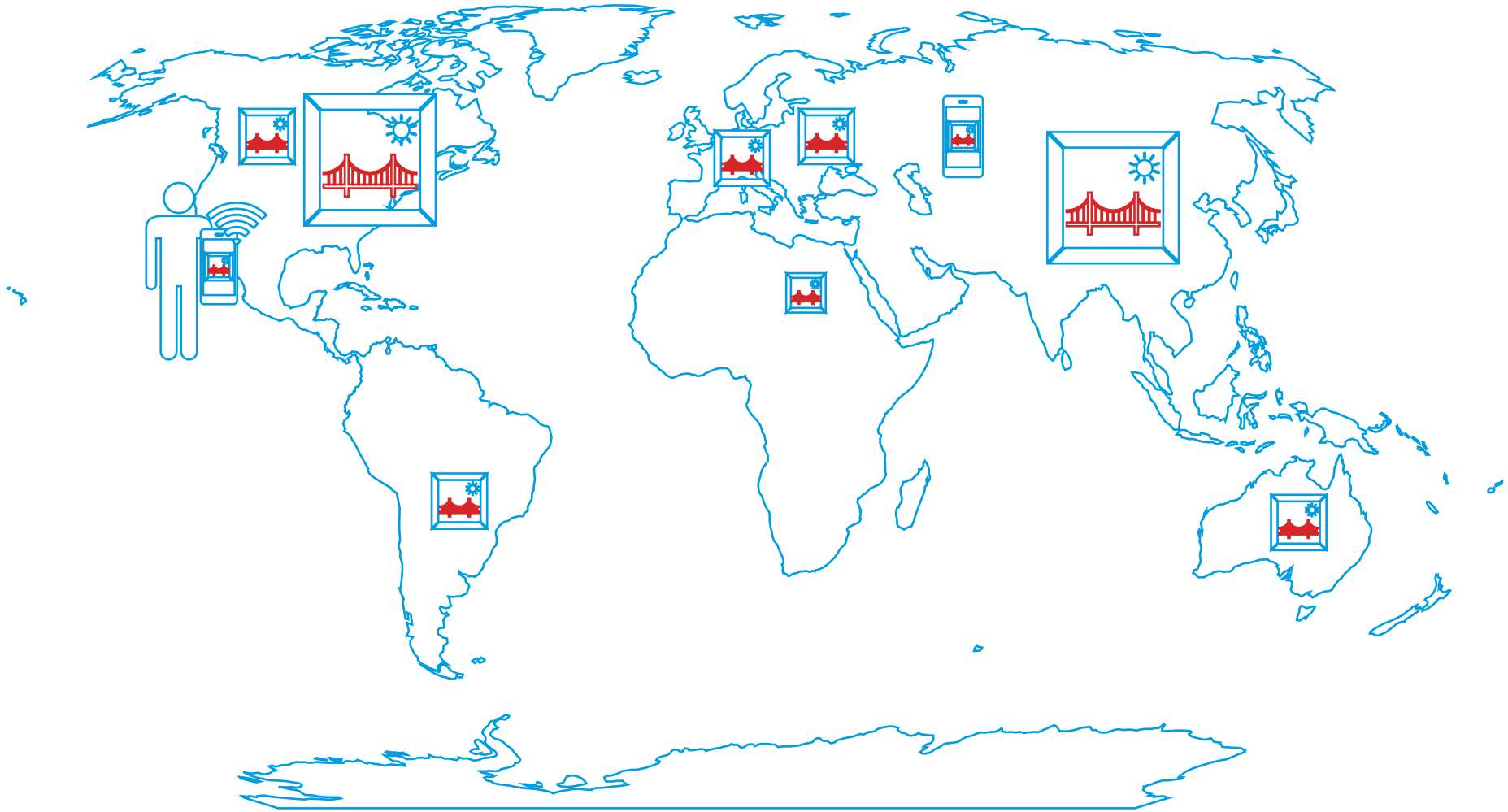
Was steckt hinter der Cloud?
Amazon Rechenzentrum in der nähe von Washington DC

Amazon Rechenzentrum, Dulles International Airport in Nord Virginia. (CJ photo by Don Carrington)

Was steckt hinter der Cloud?
Rechenzentrum in Frankfurt

Was steckt hinter der Cloud?

Die Daten sind überall und von überall zugänglich…

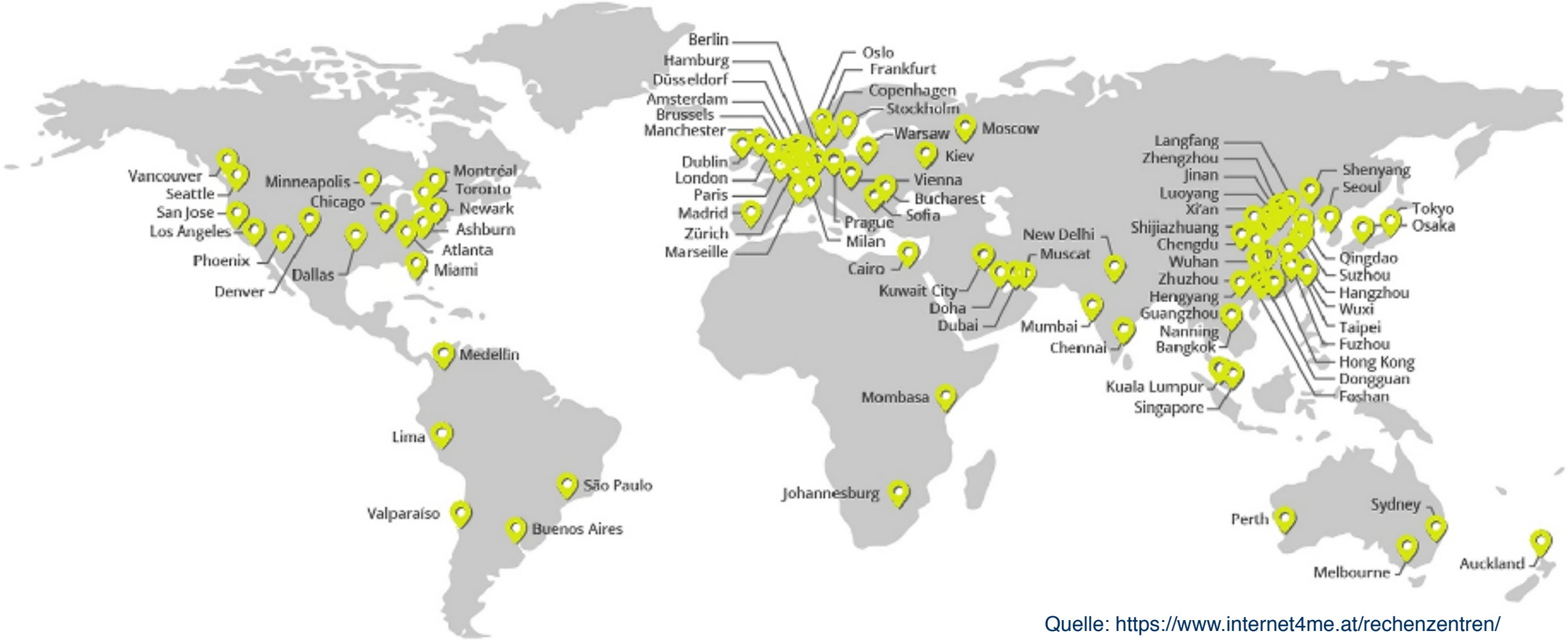


Was steckt hinter der Cloud?
Übersicht über Rechenzentren (am Beispiel von Microsoft)

Quelle: https://www.onmsft.com/news/microsoft-jointly-invest-in-new-cloud-security-service-cloudflare

Was steckt hinter der Cloud?

Übersicht über Rechenzentren (am Beispiel von internet4me.at)



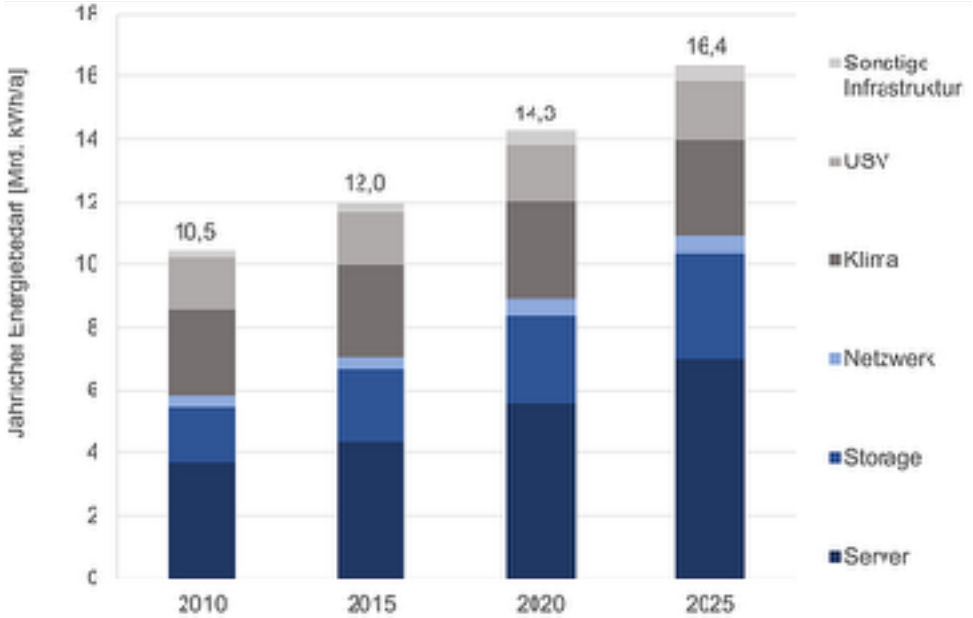
Quelle: https://www.internet4me.at/rechenzentren/

Was steckt hinter der Cloud?
Eine enorme Stromrechnung…

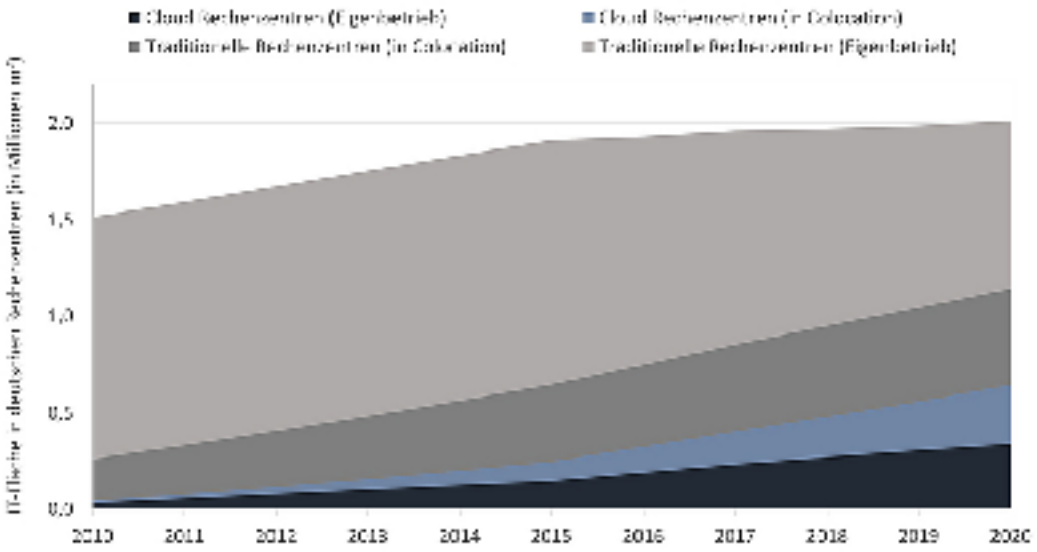
Weltweit

— Der weltweite Anteil am Energieverbrauch von Rechenzentren liegt bei **1,1 - 1,5%**.

— In den USA liegt der Anteil bei **2,2%**.



https://www.informatik-aktuell.de/betrieb/server/rechenzentren-energiefresser-oder-effizienzwunder.html



Deutschland

— Seit dem Jahr 2010 stieg der Energiebedarf der Rechenzentren in Deutschland um **15 %** auf **12 Milliarden kWh**.

— Bis zum Jahr 2025 wird der Energiebedarf der Rechenzentren in Deutschland voraussichtlich auf **16,4 Milliarden kWh** ansteigen. Ein weiteres mittleres Kohlekraftwerk wäre dafür notwendig.

Wie kann der Energiebedarf von Rechenzentren reduziert werden?

Wie kann der Energiebedarf von Rechenzentren reduziert werden?

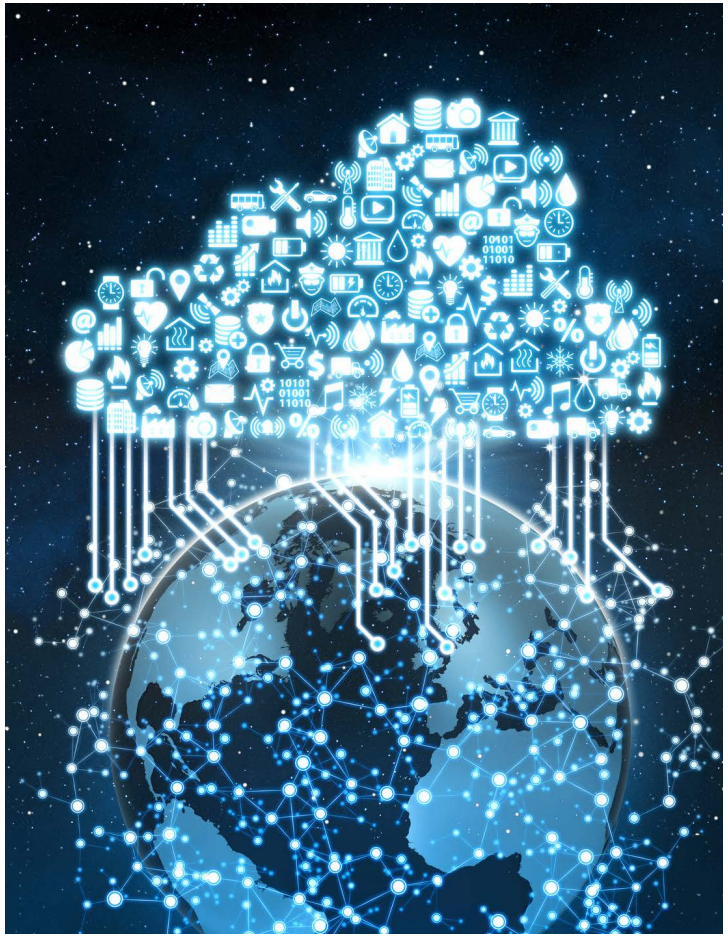
The Coming Data Avalanche — And How we'll Handle it [Rog16]

Potentiale und Probleme des Cloud-Computings

- Bis zum Jahr 2020 werden Cloud-Provider mehr Rechenleistung verkaufen als Hersteller für unternehmensinterne Rechenzentren — Gartner 2018 [Man18].
- Wachstumsraten im Cloud-Computings von bis zu **30% weltweit 2016** führen zu einer stetigen Konzentration an Rechenressourcen — IDC [IDC16].
- Der Energiebedarf von US-Rechenzentren ist zwischen 2010 und 2014 um **24%** gewachsen — DoE [DoE16].

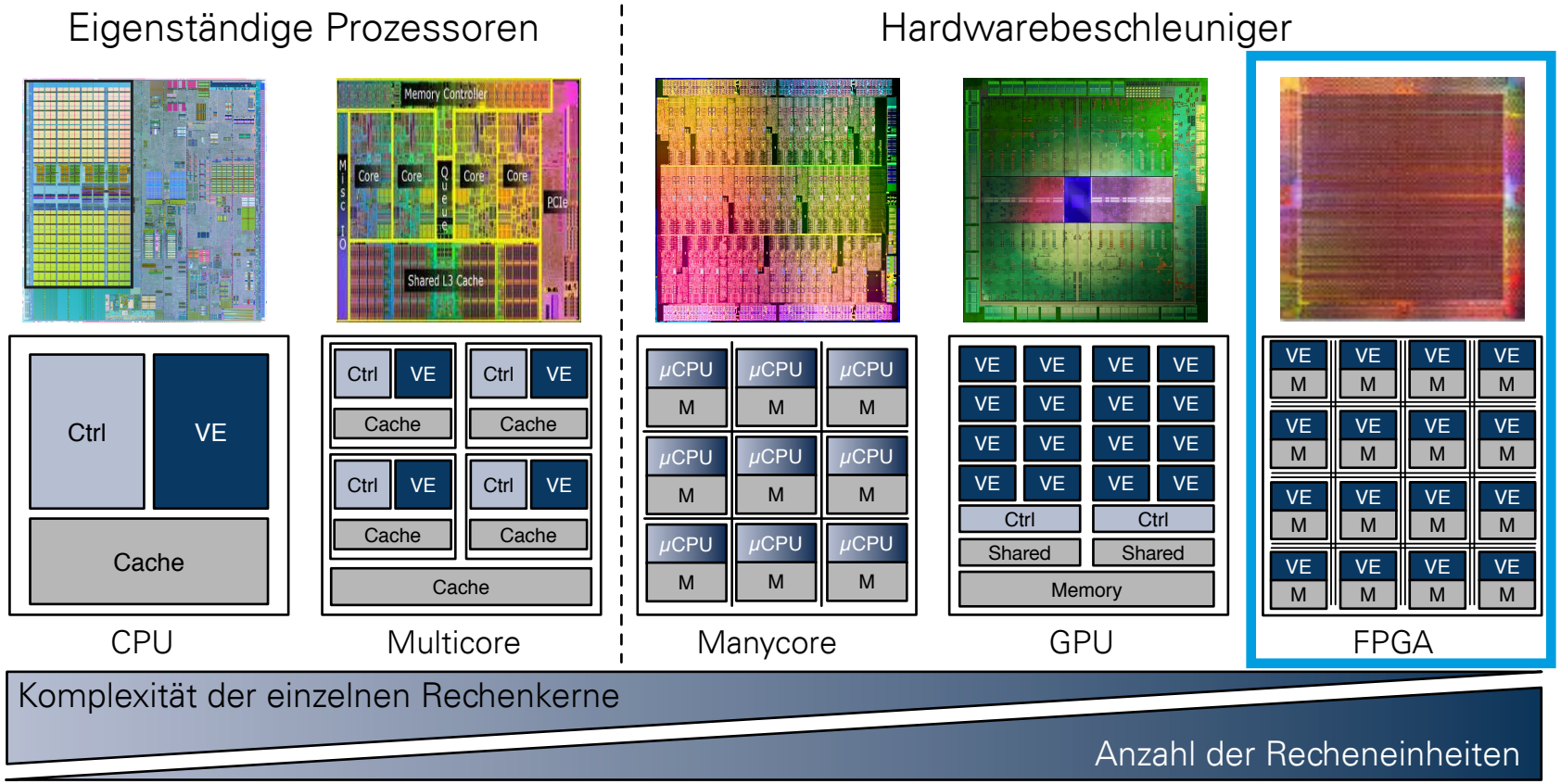
Ein möglicher Ansatz zur Reduzierung des Energiebedarfes

- Amazon [Ama17a], IBM [IBM15a] und Microsoft [Put+14] setzten als weltweit führende Betreiber von Rechenzentren und Anbieter von Cloud-Diensten **Spezialhardware** auf der Anwendungsebene ein.



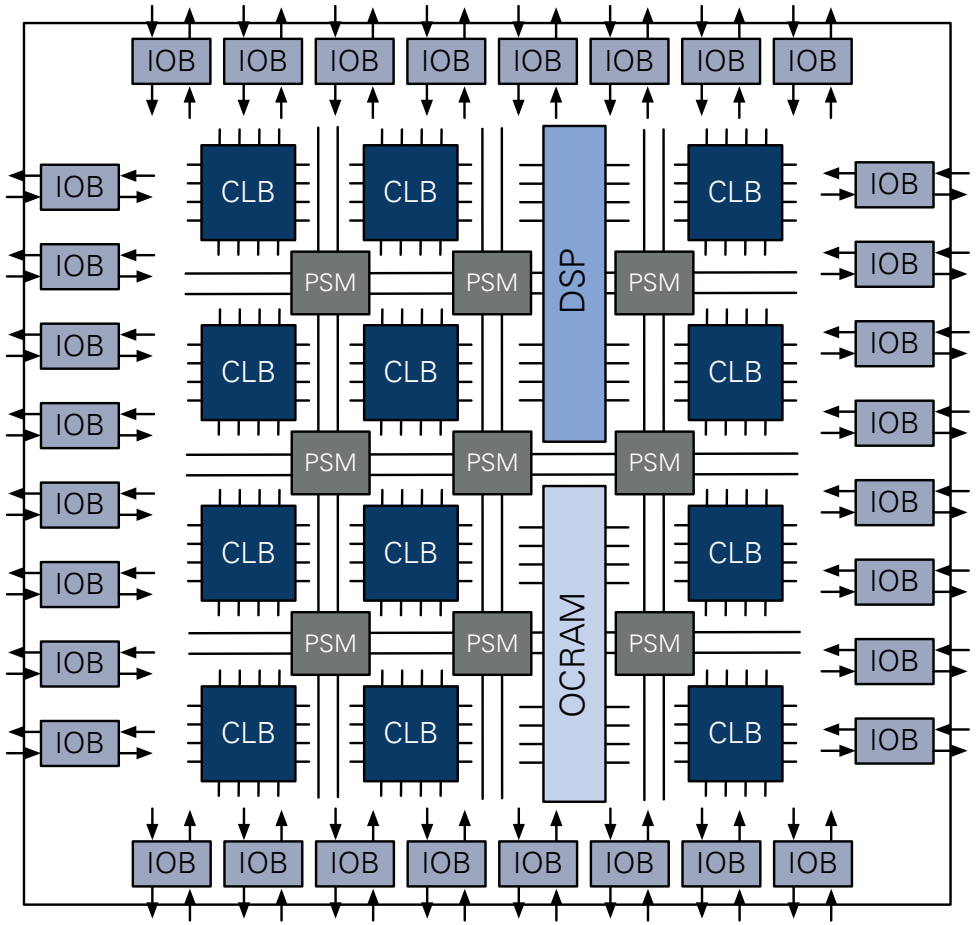
[Rog16] **Bruce Rogers**. „The Coming Data Avalanche – And how we'll handle it". In: *Forbes Insights*. 2016.

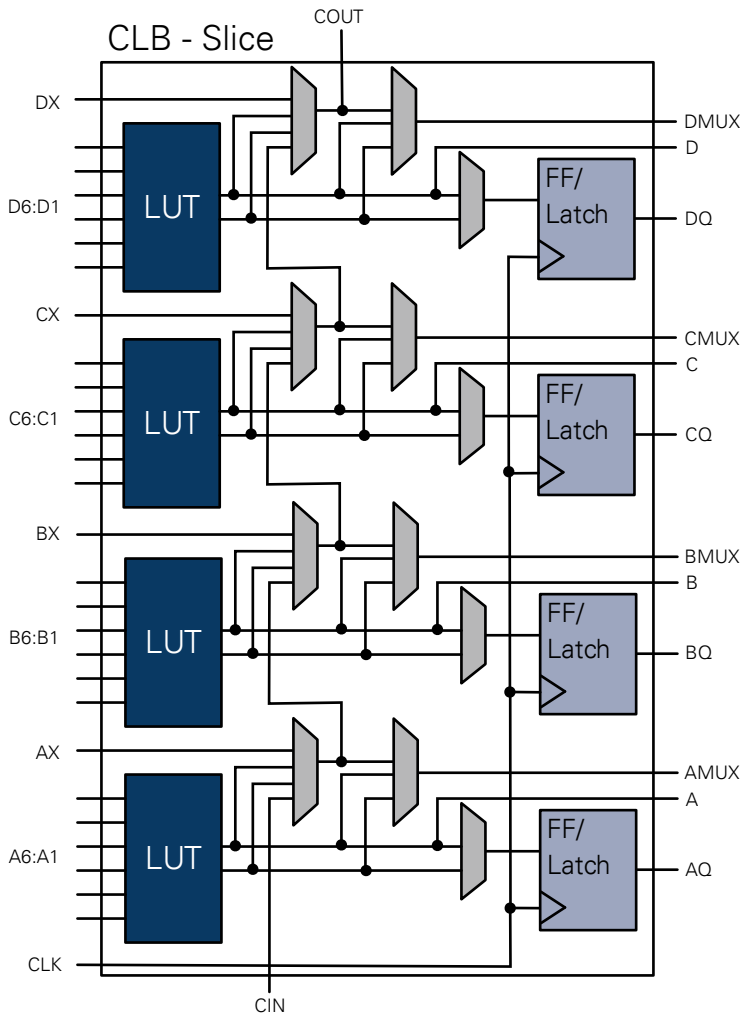
Wie kann der Energiebedarf von Rechenzentren reduziert werden?
Durch den Einsatz von Spezialhardware



Wie kann der Energiebedarf von Rechenzentren reduziert werden?

Field Programmable Gate Arrays

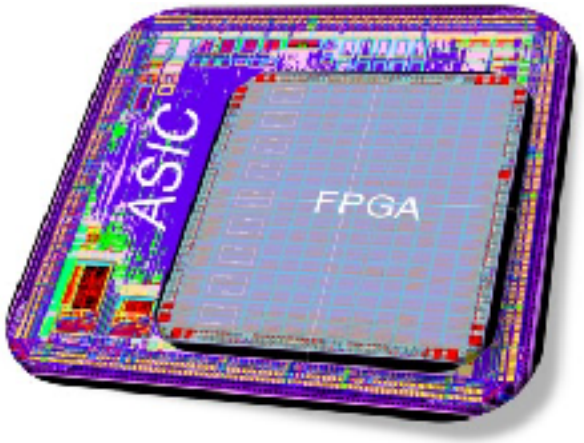




Wie kann der Energiebedarf von Rechenzentren reduziert werden?
Warum FPGAs in der Cloud?

Vorteile des Einsatzes von FPGAs

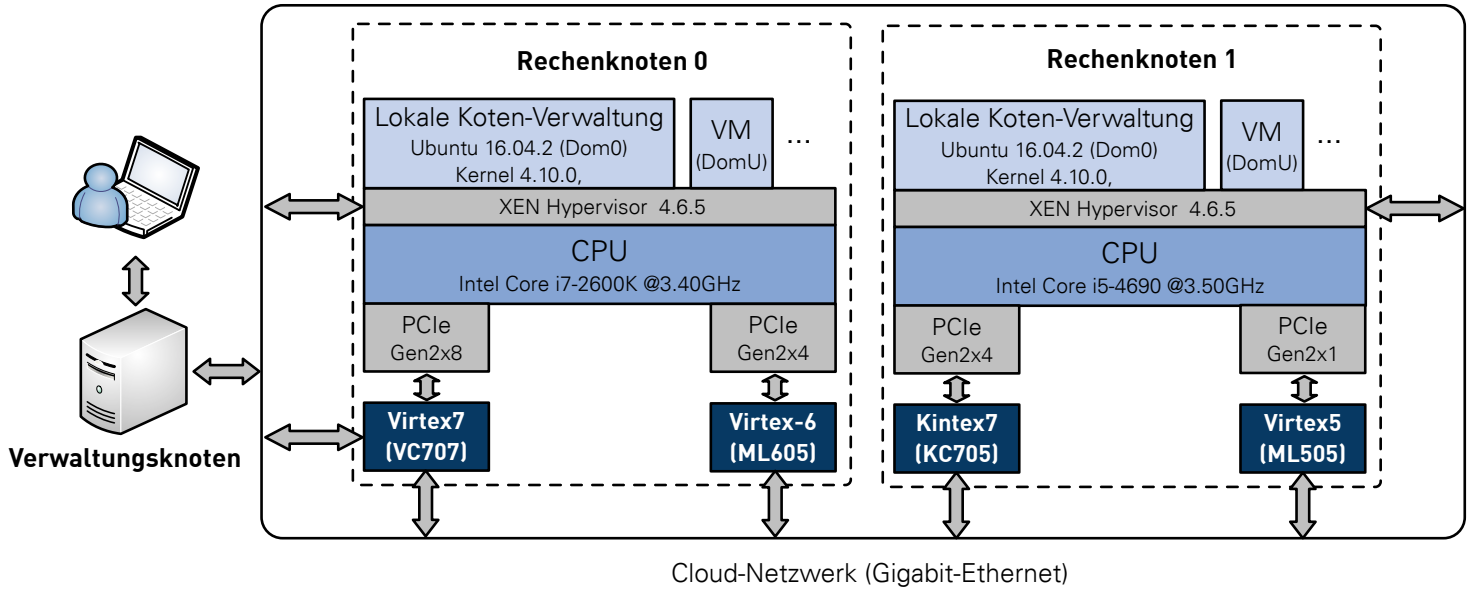
- Verringerung des **Energieverbrauches** eines Rechenzentrums und dadurch senken der Betriebskosten durch Auslagerung von Berechnungen auf energieeffiziente Hardware.
- **Beschleunigung** von rechenintensiven Diensten durch spezielle Hardware mit geringer Latenz und hohen Bandbreiten.
- Erhöhung der **Sicherheit** (Verschlüsselung, Authentifizierung, …) durch Verarbeitung oder Anonymisierung auf einfacher zu schützender Spezialhardware.

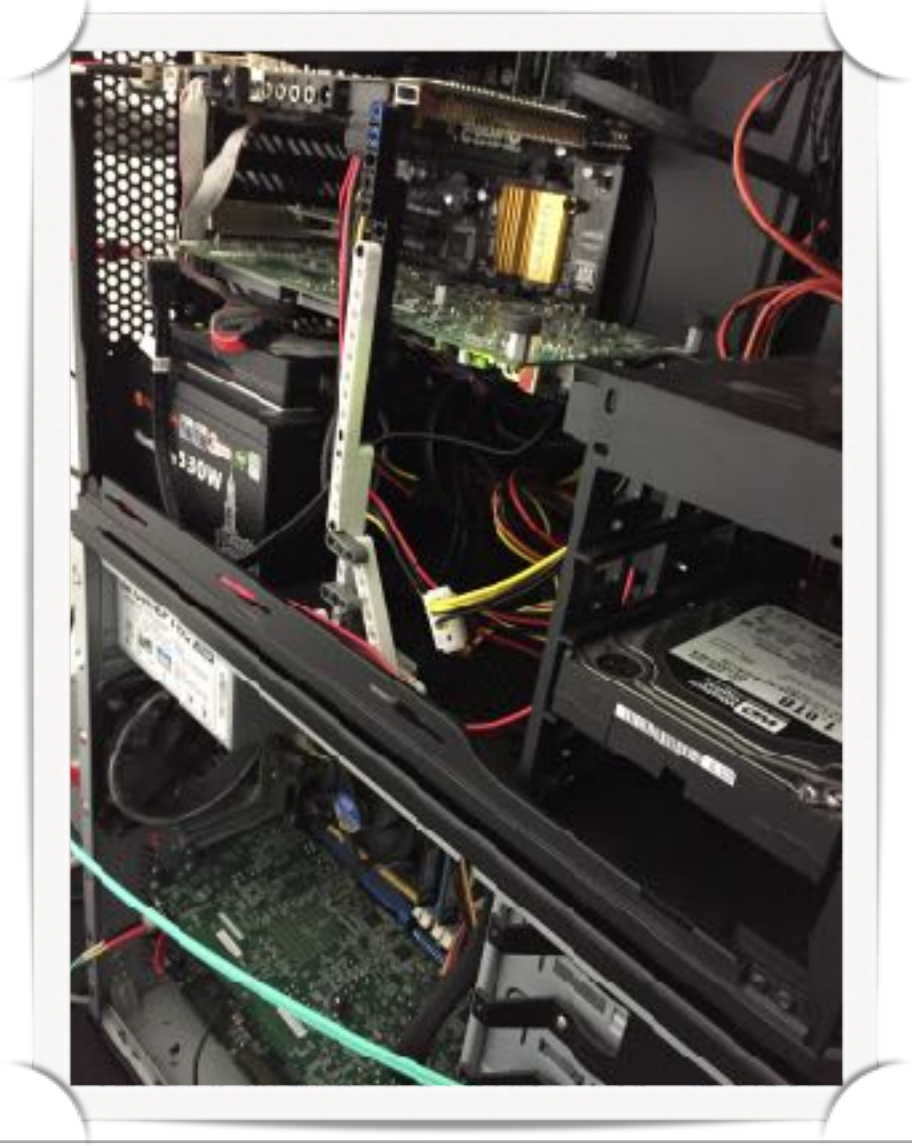


Amazon Web Services, Inc. [Ama18]

Wie kann der Energiebedarf von Rechenzentren reduziert werden?

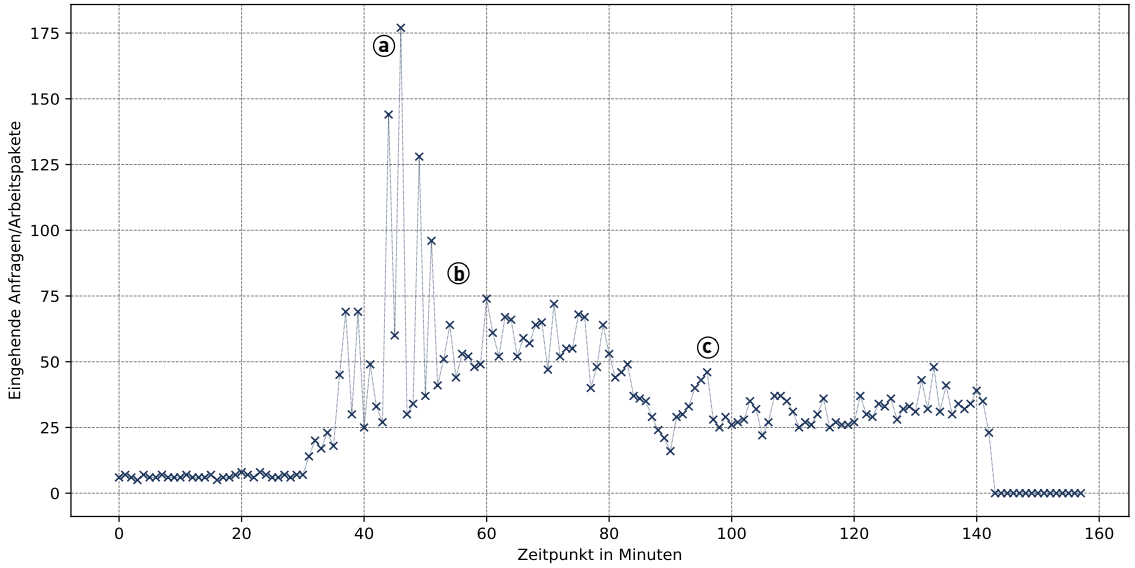
Hardwareaufbau des Cloud-Prototypen mit FPGAs



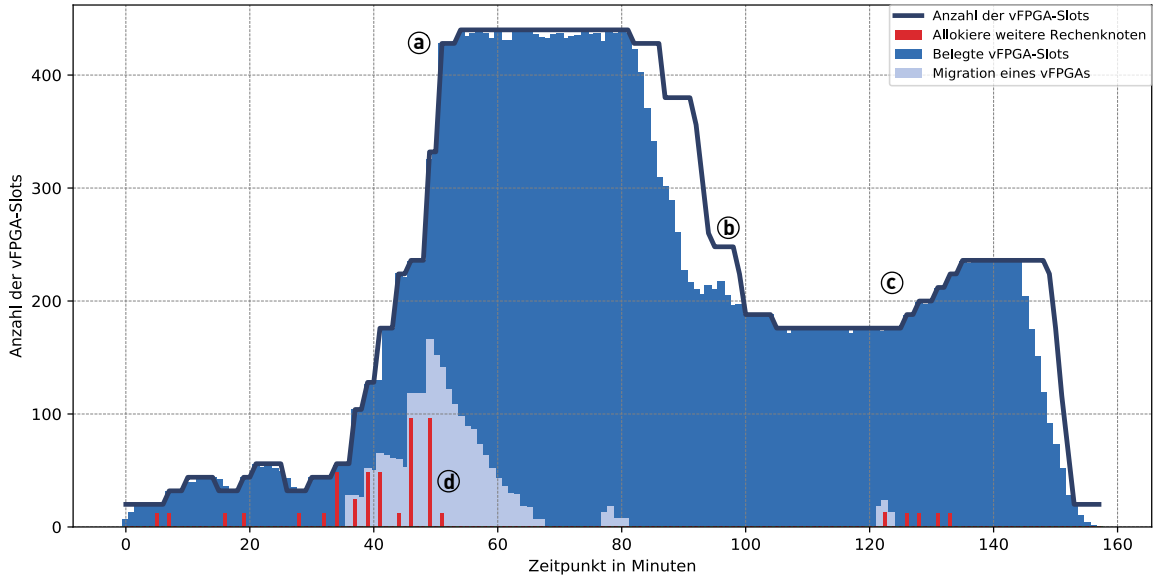


- Aufbau des Cloud Prototypen beinhaltet unterschiedliche FPGAs.
- Einsatz als System für Entwicklung (RSaaS) und in der Lehre (RAaaS).
- Zur Evaluation eines größeren Systems (BAaaS) wurde die RC3E-Simulation, realisiert.

Wie kann der Energiebedarf von Rechenzentren reduziert werden?
Ergebnisse der RC3E-Simulation



Synthetische Arbeitslast mit 4981 Arbeitspaketen über 150 Minuten.

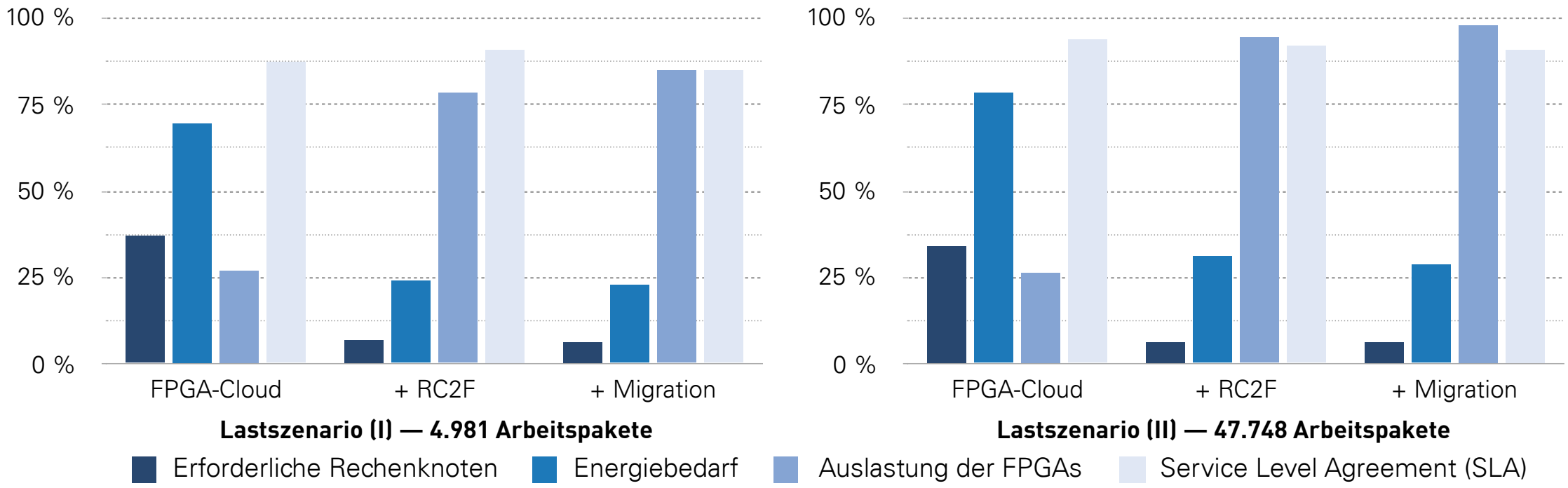


Belegung der vFPGA-Slots und Migration zur Reduzierung der Defragmentierung (+FPGAs + RC2F + Migration).

Wie kann der Energiebedarf von Rechenzentren reduziert werden?
Simulation einer FPGA-Cloud mit Virtualisierung

	Lastszenario I (synthetisch) — 4.981 Arbeitspakete			
	Basis (ohne FPGAs)	+FPGAs	+Virtualisierung	+Migration
Rechenknoten	357	132	26	24
Auslastung der FPGAs	—	27,34 %	78,14 %	85,07 %
Energiebedarf (kWh)	35,37 kWh	24,53 kWh	8,64 kWh	8,13 kWh
Energiebedarf (%)	100 %	69,35 %	24,43 %	22,9 %

Wie kann der Energiebedarf von Rechenzentren reduziert werden?
Simulation einer FPGA-Cloud mit Virtualisierung



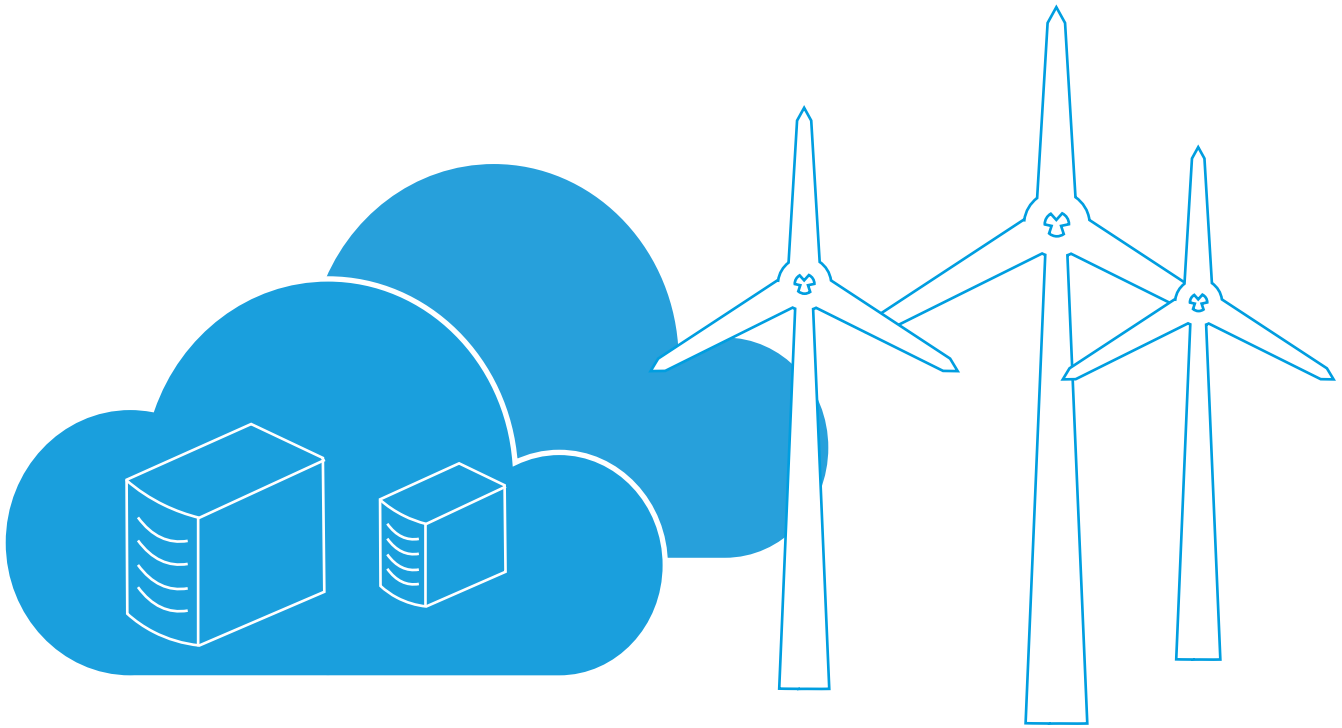
Wie kann der Energiebedarf von Rechenzentren reduziert werden?
Weitere Möglichkeiten den Energieverbrauch zu reduzieren oder nach zu nutzen

- Effizientere Kühlung (Fern- und Absorptionskälte generieren Einsparungen von **4 bis 15%**)
- Auslastung der Ressourcen durch Virtualierierung maximieren (Reduzierung der Energiekosten um **10 bis 50 %**)
- Mit Hilfe der Abwärme eines Rechenzentrums können benachbarte Gebäude geheizt werden.

Zusammenfassung

Zusammenfassung und Ausblick

- In der Cloud befinden sich physische Computer und Ressourcen.
- Die Rechenzentren welche Cloud-Dienste anbieten benötigen immer mehr Energie.
- Möglichkeiten den Energiebedarf zu reduzieren reichen von spezieller Hardware bis zu eine Nachnutzung der Abwärme.



CLOUD

Alibaba gets Xilinx FPGA for its F3 cloud

https://fudzilla.com/news/memory-and-storage/46283-alibaba-gets-xilinx-fpga-for-its-f3-cloud

Microsoft takes step towards delivering FPGAs as a service

2018

Launches preview of FPGA-powered Project Brainwave

https://www.computerworld.com.au/article/640970/microsoft-takes-step-towards-delivering-fpgas

WIRED

CADE METZ BUSINESS 03.25.16 07:00 PM

MICROSOFT BETS ITS FUTURE ON A REPROGRAMMABLE COMPUTER CHIP

https://www.wired.com/2016/09/microsoft-bets-future-chip-reprogram-fly/

SEP 27, 2017 @ 08:48 AM 3,423

Amazon And Xilinx Deliver New FPGA Solutions

Forbes

https://www.forbes.com/sites/moorinsights/2017/09/27/amazon-and-xilinx-deliver-new-fpga-solutions/#3f880862370a

Facebook has a new job posting calling for chip designers

Matthew Lynley @mattlynley / Apr 19, 2018

https://techcrunch.com/2018/04/18/facebook-has-a-new-job-posting-calling-for-chip-designers/

FPGAs and the New Era of Cloud-based 'Hardware Microservices'

8 Jun 2017 6:00am, by Mary Branscombe

https://thenewstack.io/developers-fpgas-cloud/