Liquid Cooling:
Nachhaltige Kühlung für die exponentiell steigenden Wärmelasten, die Zukunft der IT-Kühlung

Heiko Ebermann

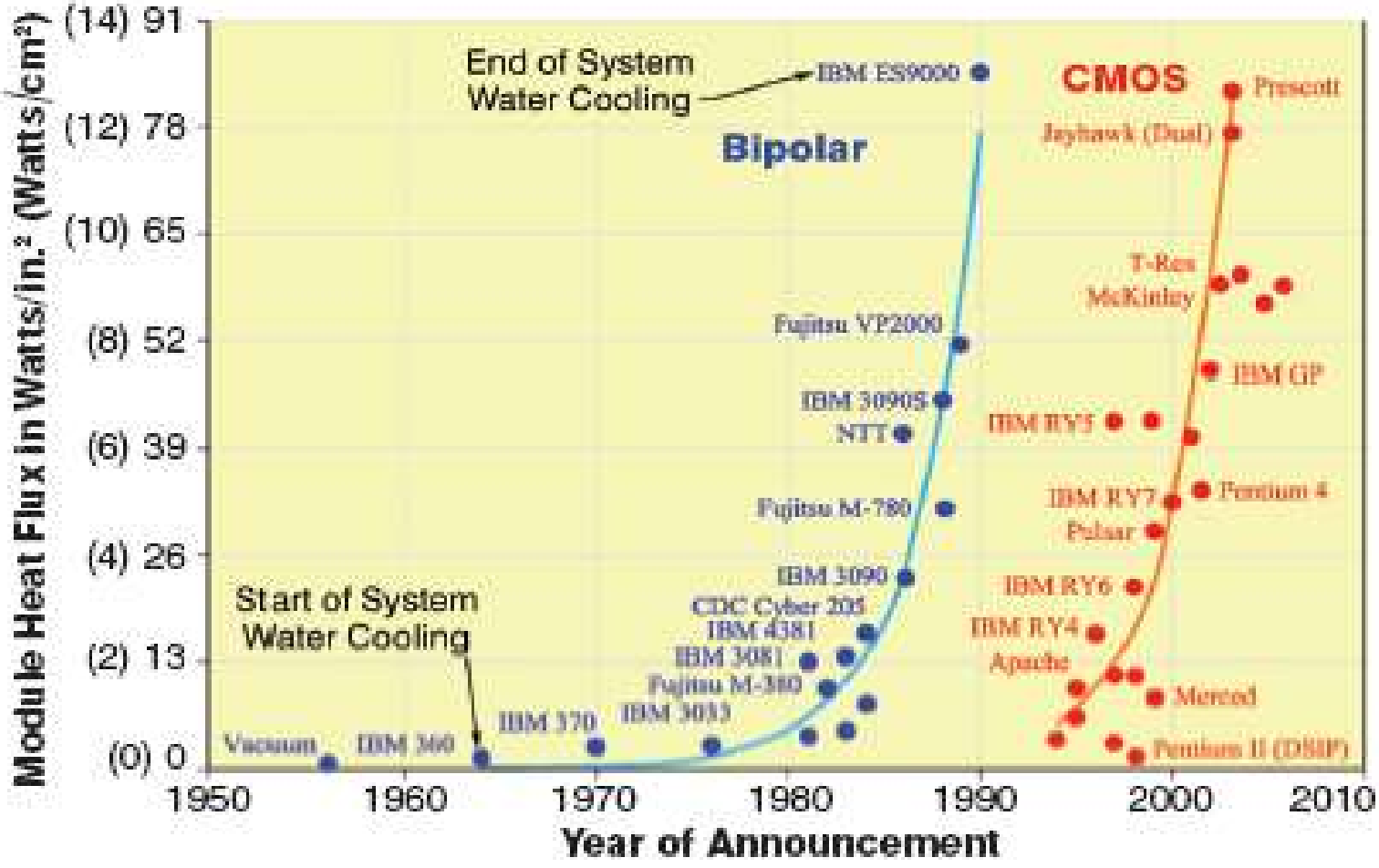
Global Offering Manager Liquid Cooling

Hannover, 10.Oktober 2023

VERTIV.

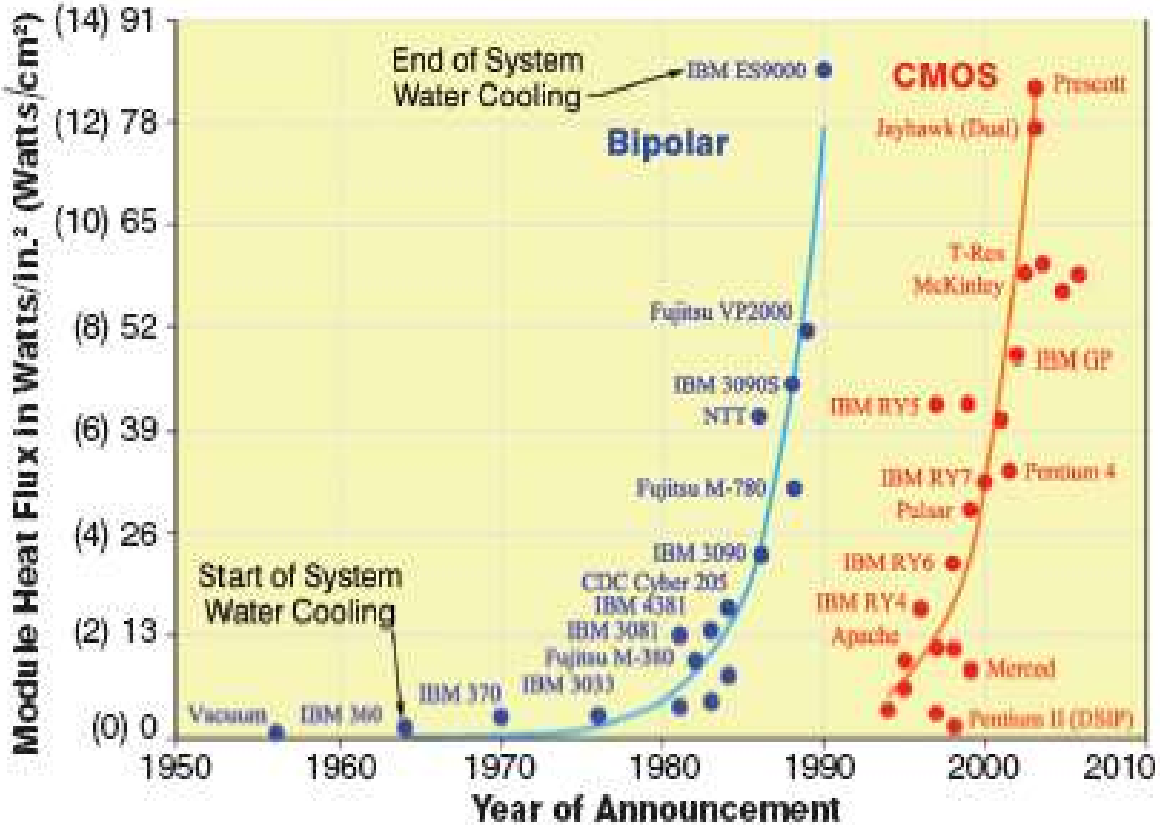
Zukunft

Geschichte wiederholt sich nicht,
aber wir können aus der Geschichte ihr lernen.



Zukunft

**Geschichte wiederholt sich nicht,
aber wir können aus ihr lernen.**



- Disruptive / neue Technologie
- Dramatischer Effizienzgewinn
- Deutlich geringerer Stromverbrauch
- Kaum noch Abwärme
- Gesamtkostensenkung
  - Beschaffung
  - Betrieb

Quantensprung in der IT

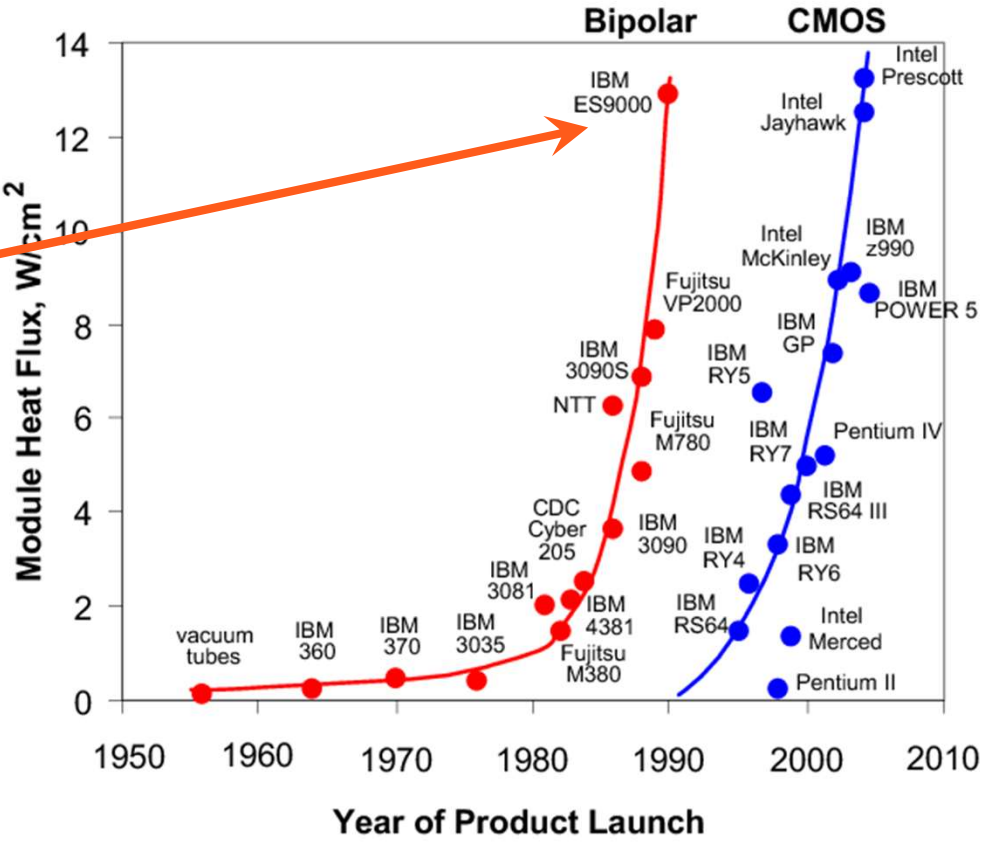
Zukunft

Geschichte wiederholt sich nicht, aber wir können aus ihr lernen.

Intensive Nutzung von Flüssigkeitskühlung

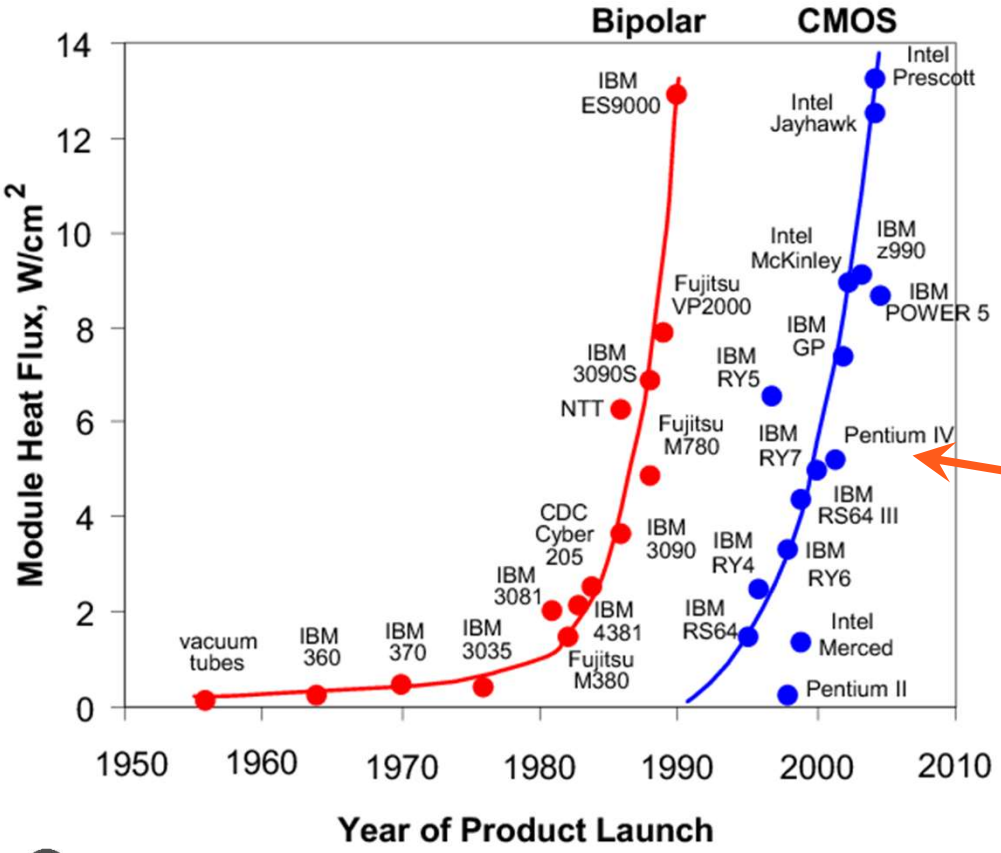


Quelle: IMB ECON brochure



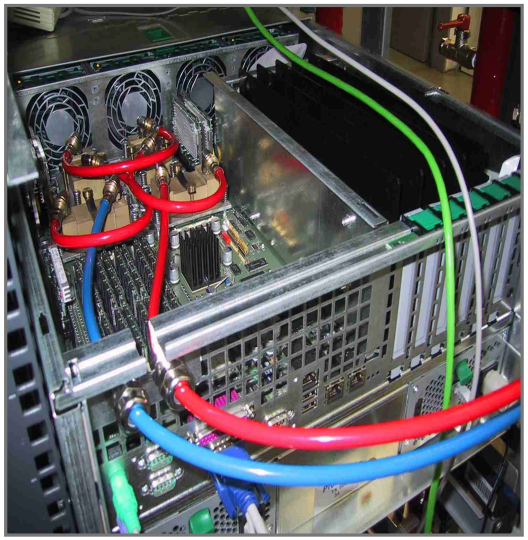
Zukunft

Geschichte wiederholt sich nicht, aber wir können aus ihr lernen.



Vor 20 Jahren einstieg in die Flüssigkeitskühlung: Entwicklungspläne der Chiphersteller prognostizierten eine Wärmestromdichte, die mit Luftkühlung nicht abgeführt werden kann

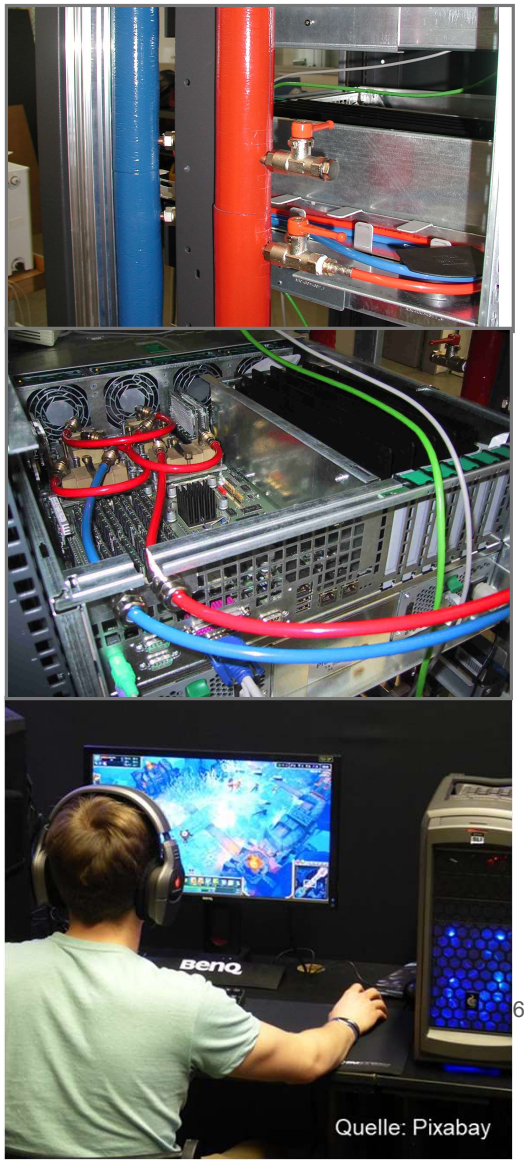




Zukunft

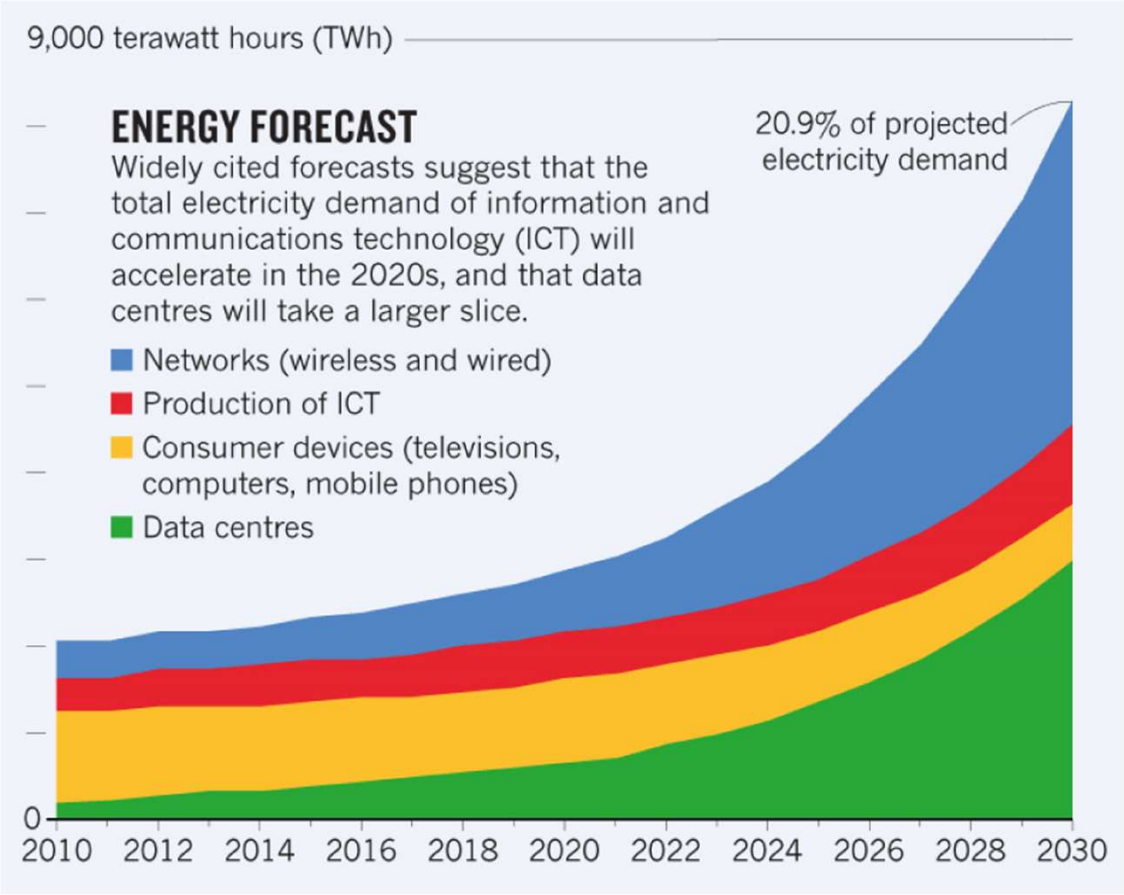




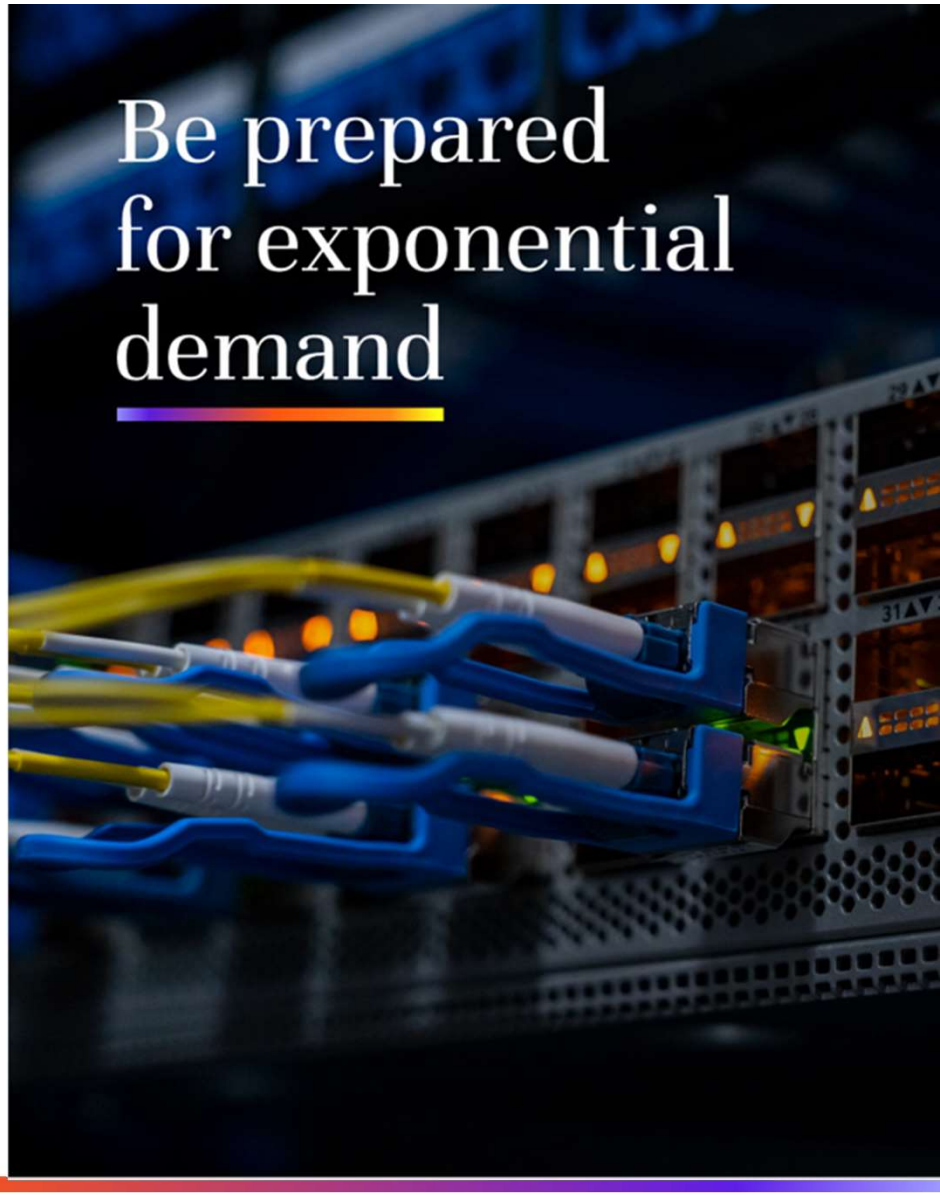


Direkte Flüssigkeitskühlung: Über 20 Jahre in der Nische verborgen

So kann es nicht weiter gehen

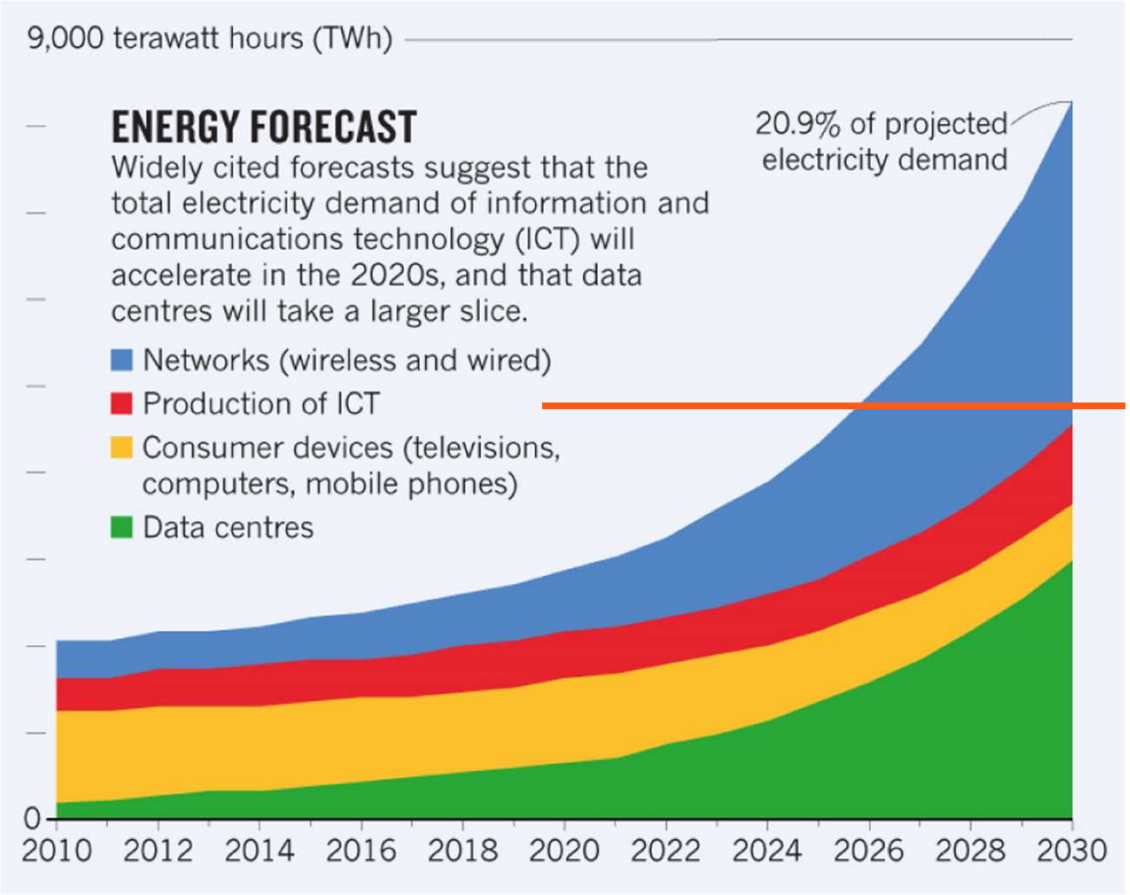


Quelle: Nautre



VERTIV.

So kann es nicht weiter gehen

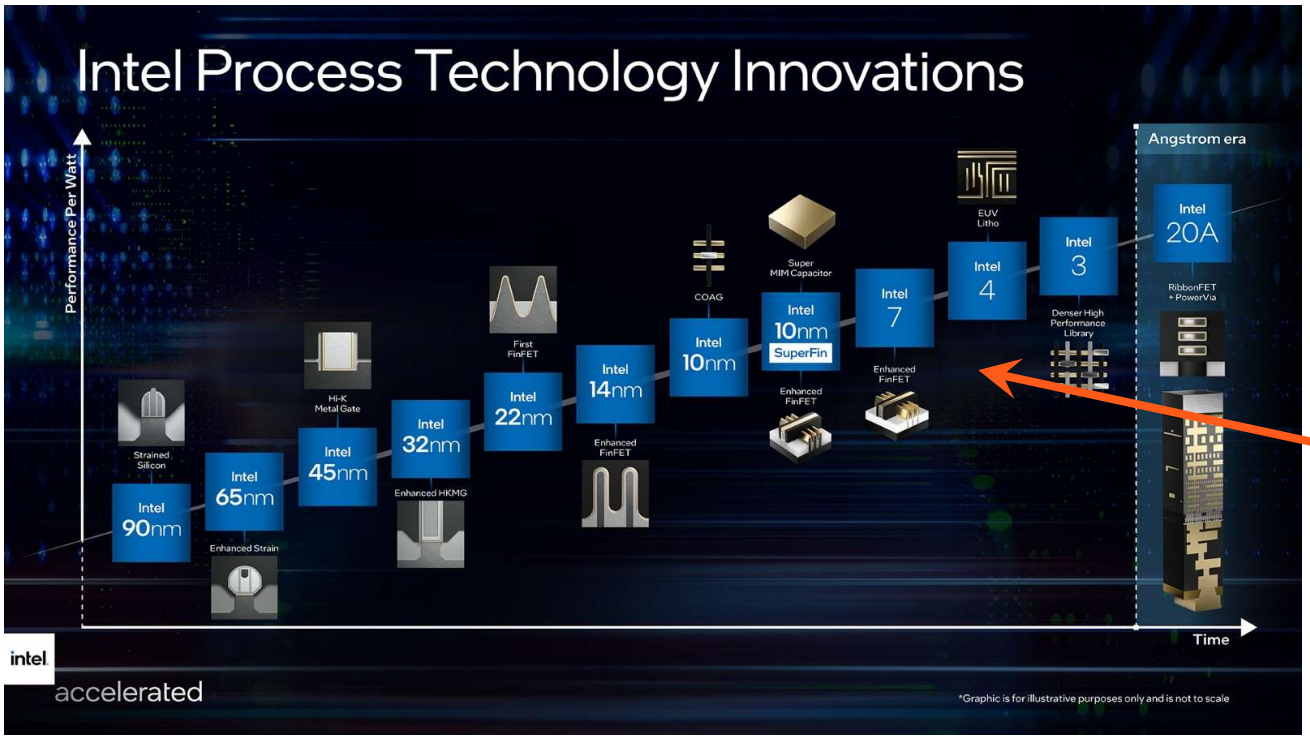


Annahme von Anders Andrae:
Selbst im besten Fall steigt der Elektroenergieverbrauch für die Informations- und Kommunikationstechnologien noch um 8 % jährlich

Immerhin noch knapp 6000 TWh pro 2030

Quelle: Nautre

Zukunft





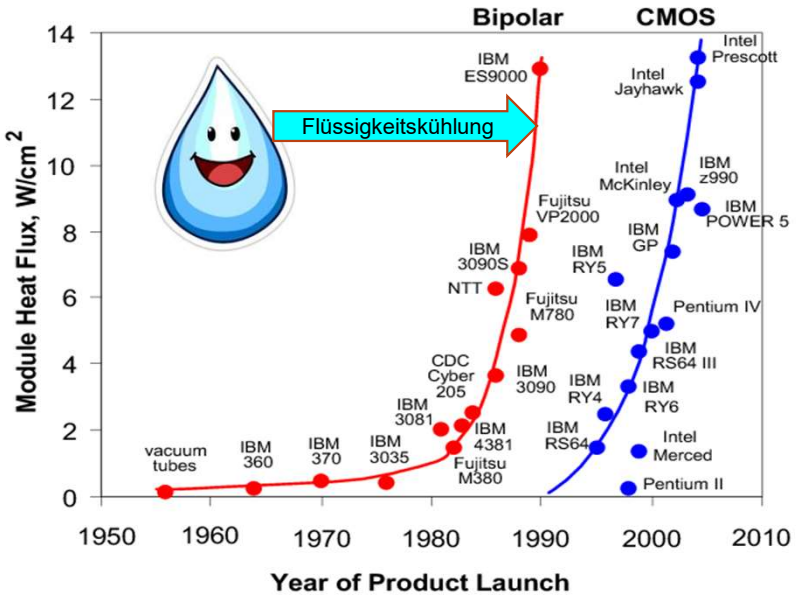


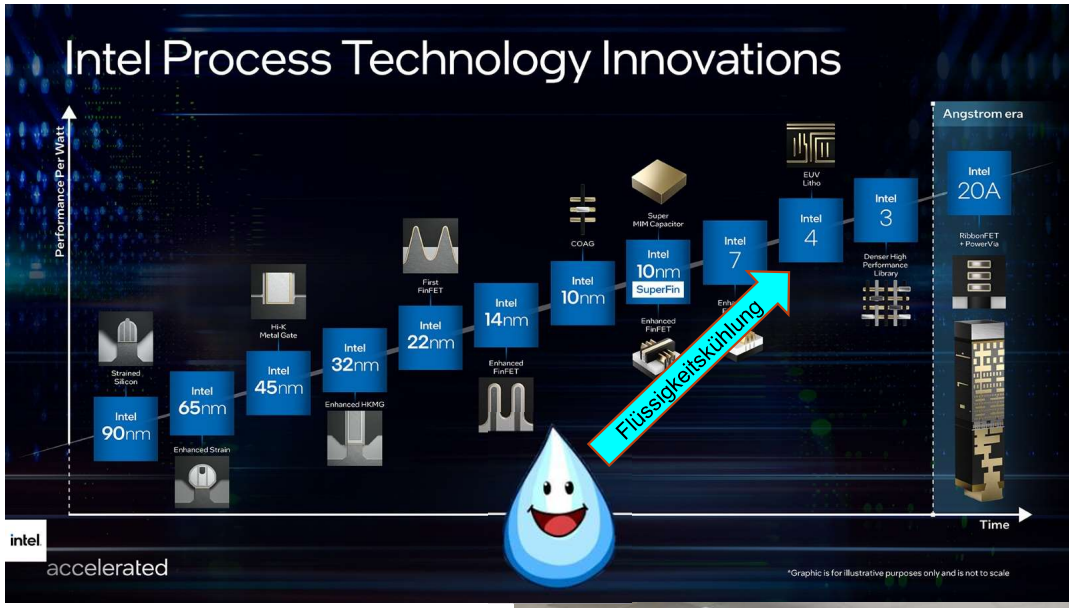


Flüssigkeitskühlung steht am Durchbruch zur breiten Nutzung in weiten Teilen der IT

Zukunft

Geschichte wiederholt sich wirklich nicht?







Quelle: IMB ECON brochure

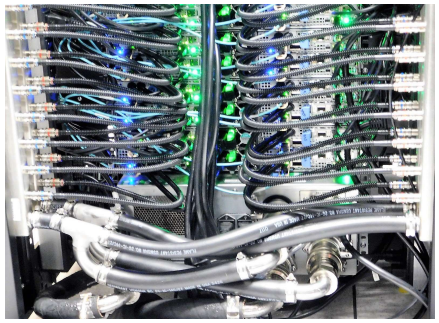
Intensive Nutzung der Flüssigkeitskühlung sind Vorboten für einen Technologiewechsel in der IT



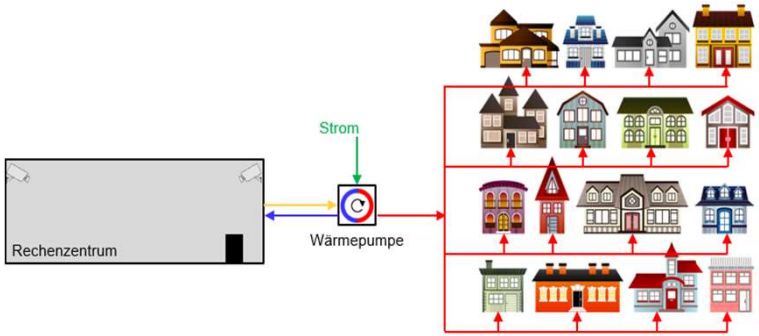
VERTIV.

Agenda

Flüssigkeitskühlung



Abwärmenutzung



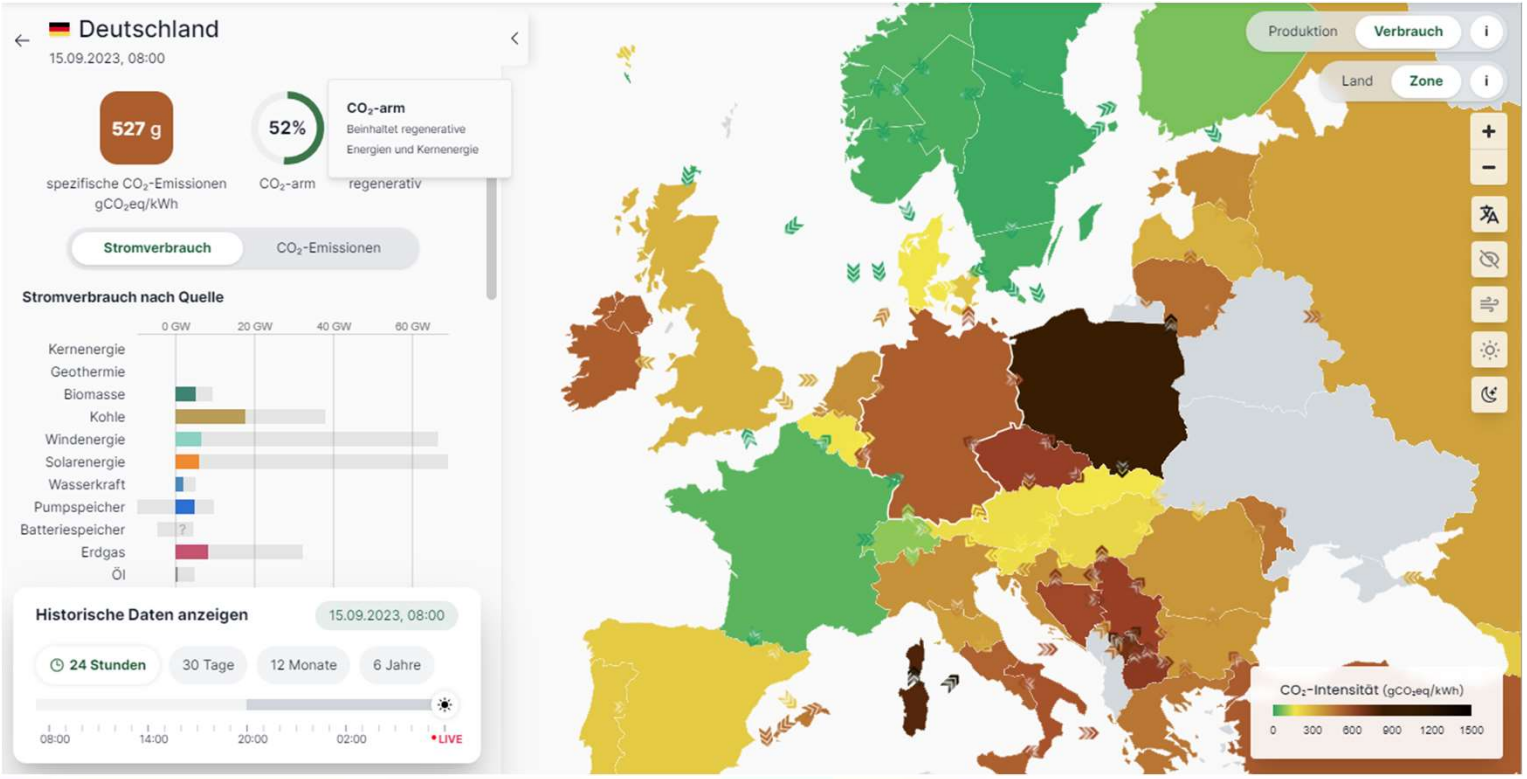
Aufspüren von Effizienzreserven



CO_2 Fußabdruck des Rechenzentrums

Rechenzentren werden mit Strom betrieben

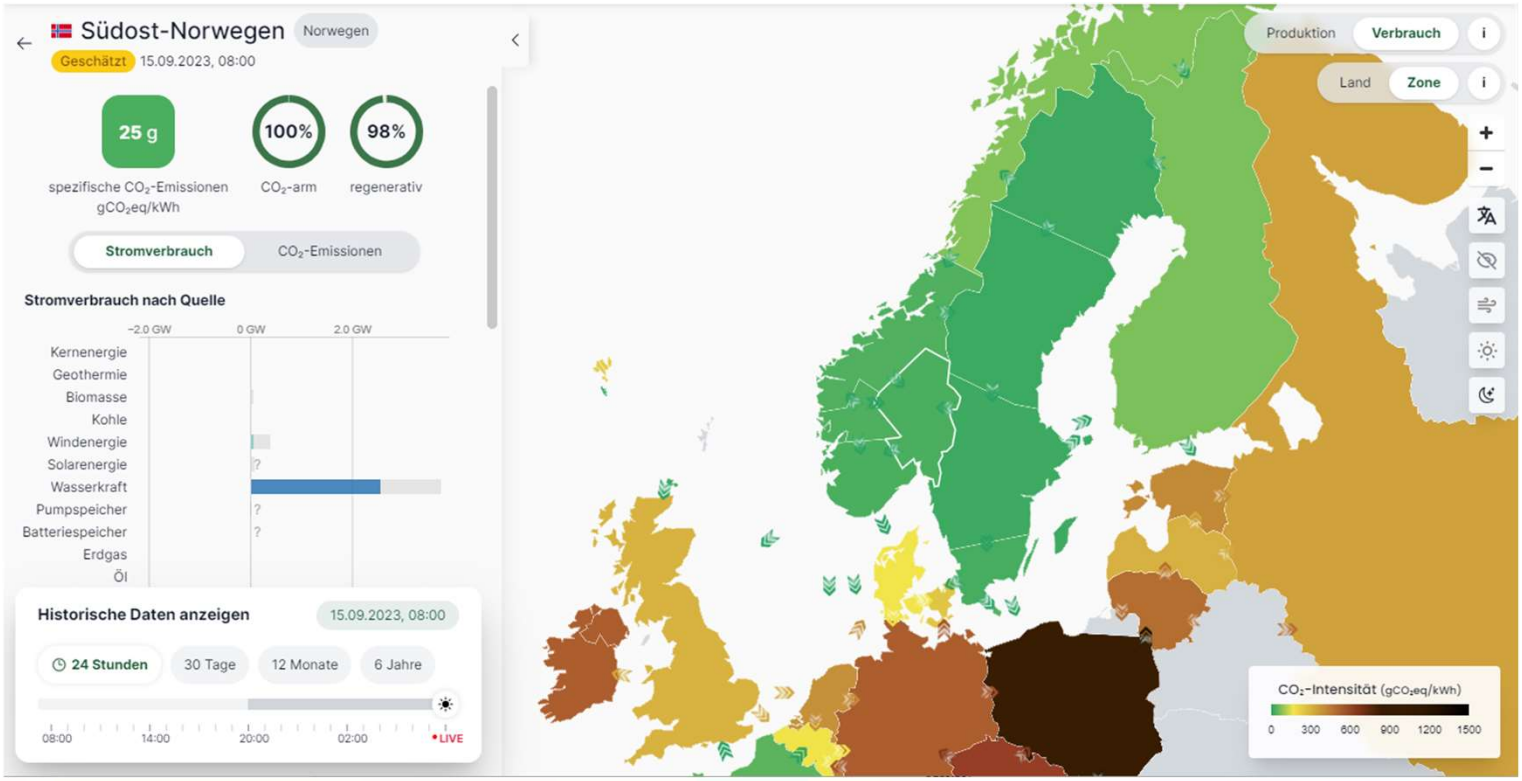
ELECTRICITY MAPS



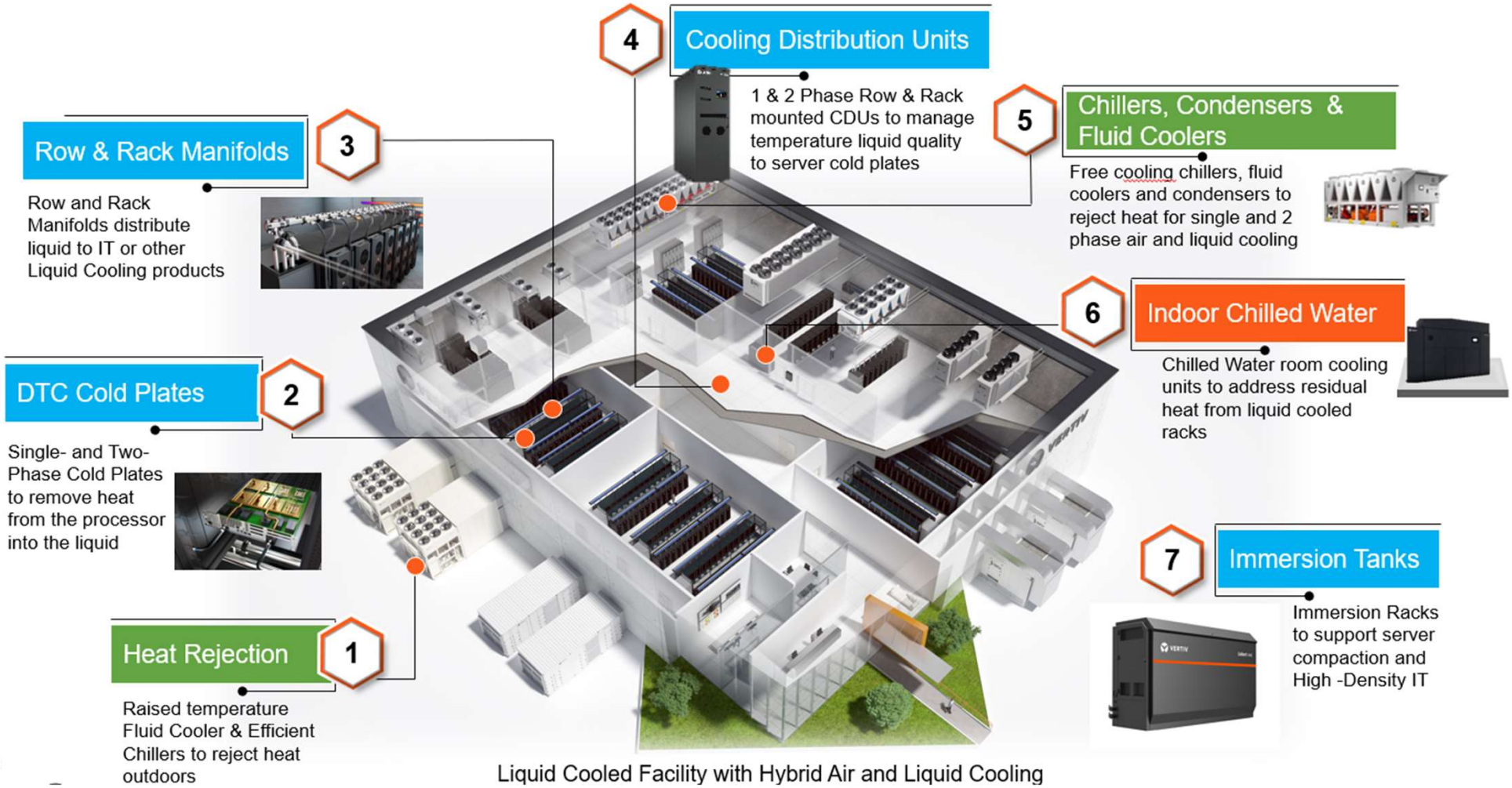
CO_2 Fußabdruck des Rechenzentrums

Wenn die Natur mitspielt sind unsere Rechenzentren grün

ELECTRICITY MAPS



Vertiv's Produkt Portfolio für Flüssigkeitskühlung



Liquid Cooled Facility with Hybrid Air and Liquid Cooling

Flüssigkeitskühlung – 2 Methoden







Prozessorkühlung

- Flüssigkeitsdurchströmter Kühlkörper auf CPU, GPU
- Weiter Wärmequellen können angeschlossen werden
- Ca. 20% der Wärmelast bleiben luftgekühlt
- Wärmeübergabestation / hydraulische Trennung
- Kühlwasserverteiler und Kühlwassersammler
- Tropffreie Kupplungen
- Hohe Kühlleistung durch erzwungene Konvektion
- Modifikation der Server, aufwendige Kühlkörper
- Kühlung mit Phasenwechsel möglich
- 100kW pro Schank und mehr

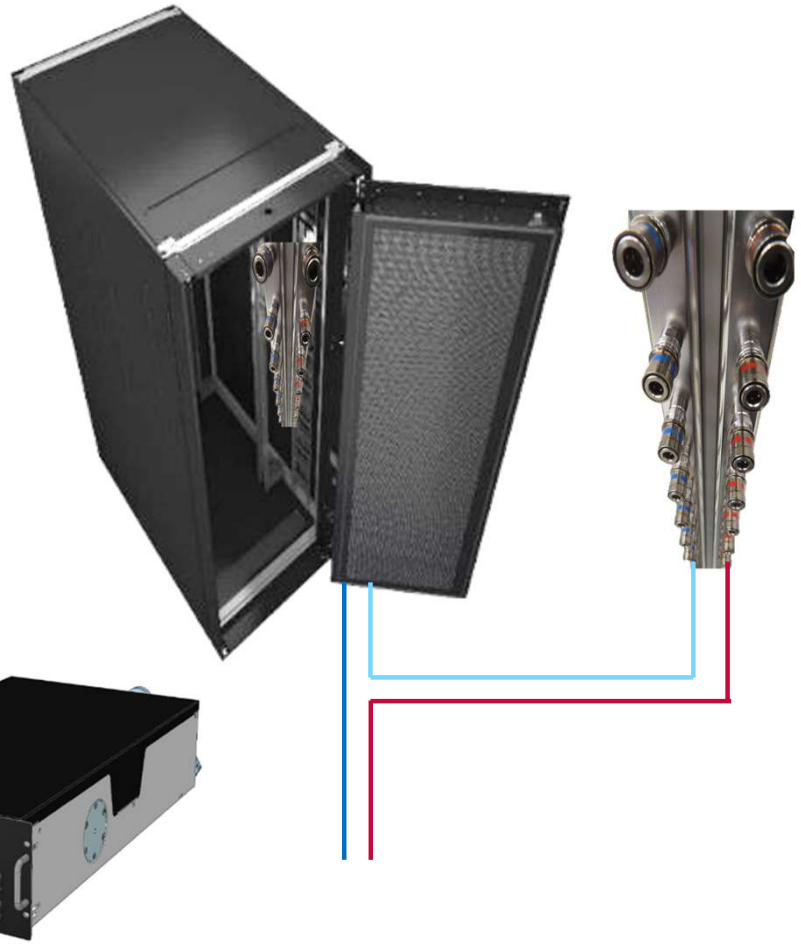
Tauchkühlung

- Server werden in Flüssigkeit getaucht
- Auch für einzelne Server möglich
- 100% der Wärme in Flüssigkeit
- Tauchbecken und Wärmeübergabestation
- Netzwerkanschluss nur Kupferkabel
- Kühlung nur durch freie Konvektion
- Modifizierte Server, einfache Kühlkörper
- Achtung Brandschutz
- Kühlung mit Phasenwechsel möglich
- Bis zu 200kW pro Tauchbecken

Rücktürwärmetauscher kombiniert mit flüssigkeitsgekühlten Servern

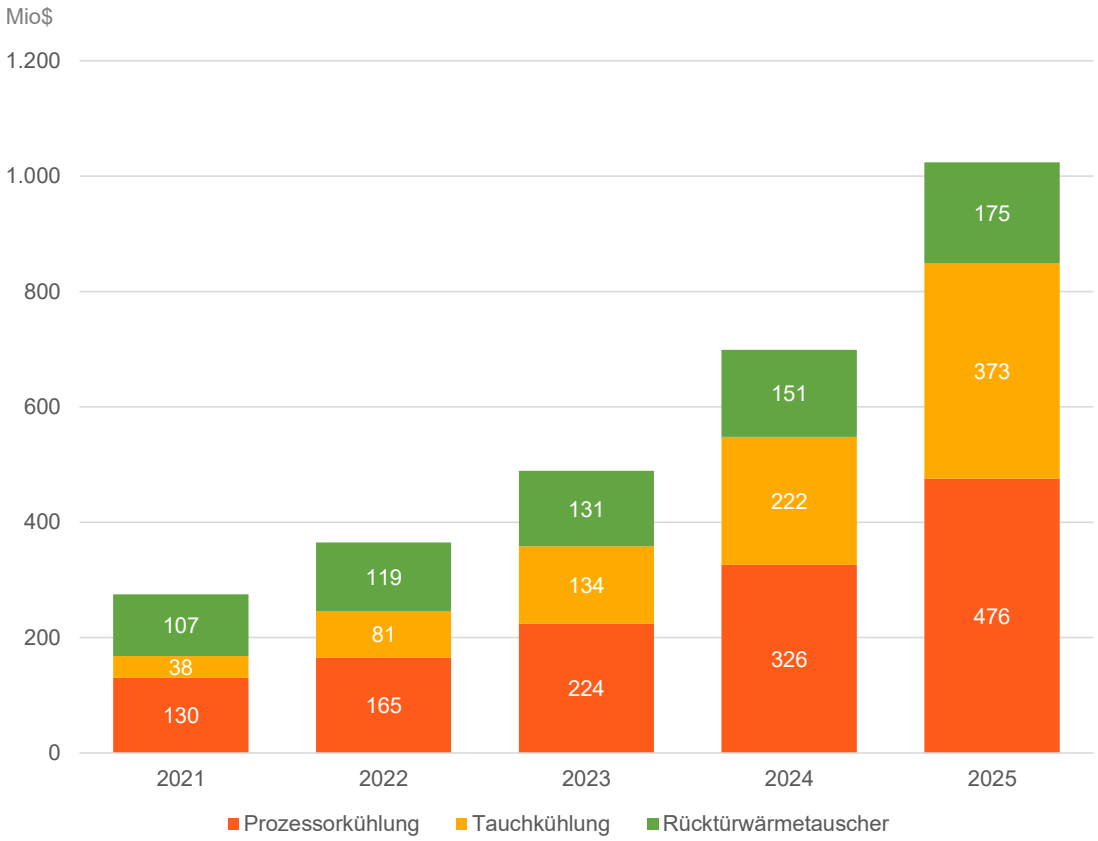
Kaskadierte Kühlung: erst Rücktür, dann Server

- Prozessorkühlung und Rücktürwärmetauscher
- Rücktürwärmetauscher mit Lüftern
- Aufnahme der Wärmelast, die nicht von der Flüssigkeit abgeführt werden kann wird von der Rücktür aufgenommen.
- 50% bis 90% flüssigkeitsgekühlt
  10% bis 50% luftgekühlt
- Kaltwasser wird zunächst in den Rücktürwärmetauscher gespeist und kühlt danach die Server
- Hydraulische Trennung der Serverkühlung
- 100 kW 19“ Wärmeübergabestation





Flüssigkeitskühlung – Markterwartungen



Quelle: Dell'Oro Group and OMDIA

Markt

- 2021-25 jährliches Umsatzwachstum ca. 30%
- Stärkeres Wachstum bei Tauchkühlung
- Prozessorkühlung Brückentechnologie
- Prozessorkühlung dominiert
- Unterstützung durch die Chipindustrie
- Kombination mit Rücktürwärmetauscher
- Edge- und Großrechenzentren

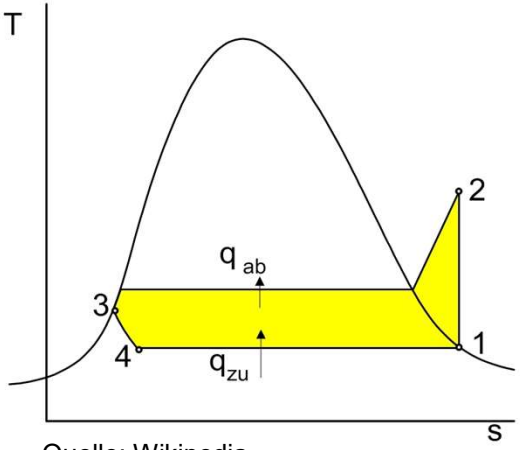
Technologie

- „Warme" Kühlwassertemperaturen
- Trockene, freie Kühlung alljährlich und 7/24
- **Abwärmenutzung möglich**

Abwärmenutzung - Wärmepumpe

- Möglichst hohe Temperatur des Abwärme-Mediums
- Flüssigkeitskühlung ist gut geeignet
- Wärmepumpe immer erforderlich
- Wärme ganzjährlich verfügbar
- Beste Leistungszahl der Wärmepumpe bei geringer Temperaturdifferenz zwischen Verdampfer (Wärmezuführung durch das RZ) und Verflüssiger (Nutzer der Wärme)
- Möglichst niedriges Temperaturniveau beim Nutzer
  - Flächenheizung
  - Prozesswärme in Industrie und Landwirtschaft
  - Nahwärmenetze
- Leistungszahl = Nutzwärme / elektrische Leistung

Verdampfertemp. [°C]	Verflüssigertemp. [°C]	Leistungszahl
10	80	2,5
5	35	5,1
0	60	2,8



Quelle: Wikipedia



Quelle: Lars Rønbøg

Abwärmenutzung - Norm

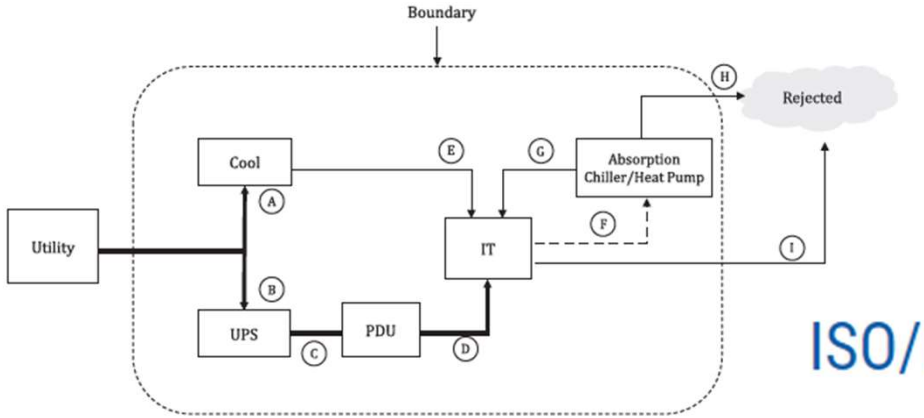
$$ERF = \frac{E_{Reuse}}{E_{DC}}$$

E_{DC} = Gesamtenergieaufnahme des Rechenzentrums [kWh]

E_{Reuse} = Abwärmenutzung [kWh]

ERF = 0 ➔ Keine Abwärmenutzung

EFR = 1 ➔ theoretisch vollständige Abwärmenutzung



INTERNATIONAL STANDARD

ISO/IEC 30134-6

First edition
2021-08-11

Information technology — Data centres key performance indicators —

Part 6:
Energy Reuse Factor (ERF)

Aktueller Status: zurückgezogen

ISO/IEC JTC 1/SC 39 Sustainability, IT & Data Centres

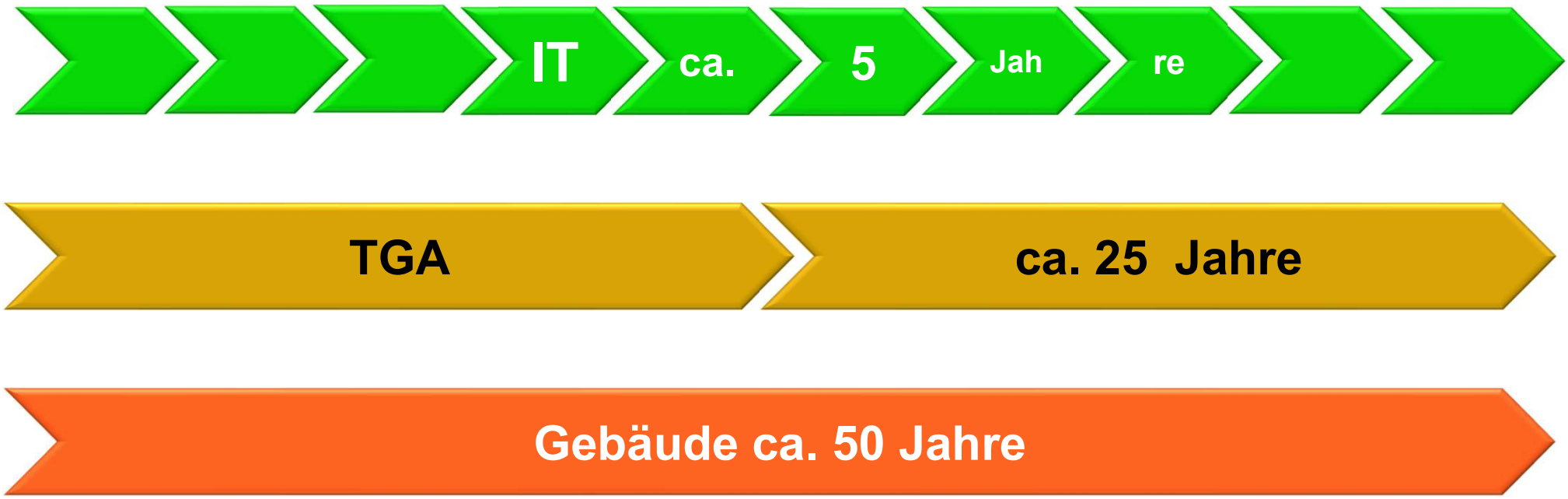
VERTIV.

Wie lang sind 30 Jahre?



Rechenzentrum des Sachsenwerks Dresden vor dem Abbau 1995 (Quelle: Heinz Nixdorf MuseumsForum)

Die Zeithorizonte sind sehr unterschiedlich



EPFL – Beispiel aus der Praxis





Quelle: EPFL



Fallbeispiel aus der Praxis

EPFL – Rechenzentrum mit Wärmerückgewinnung

EPFL – Wissenschaftliches Rechenzentrum

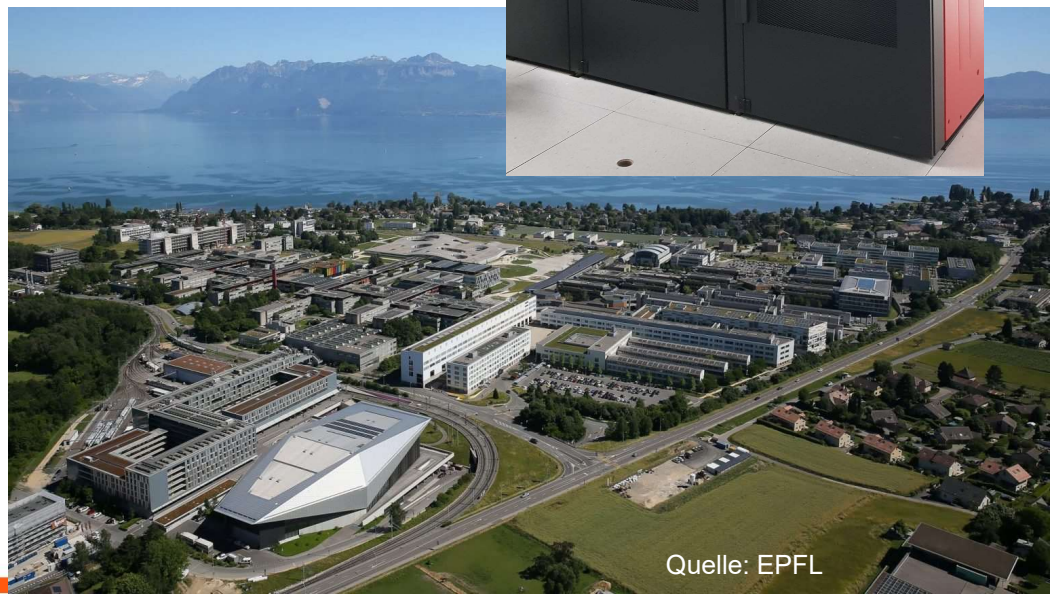
École Polytechnique Fédérale de Lausanne

- Eine der größten Universitäten in der Schweiz
- Mehr als 11.000 Studenten incl. 1.800 Doktoranten
- 5.700 Beschäftigte

Rechenzentrum im Detail

- 200 Schränke mit passiver Wärmetauscher-Rücktür
- Elektrische Leistungsaufnahme 4 MW
- Max. Kühlleistung 50 kW/Schrank
- Durchschnittliche Kühlleistung 20 kW/Schank
- Schrankgröße: 56U, T 1500mm B 800 mm
- 1800mm Gangbreite



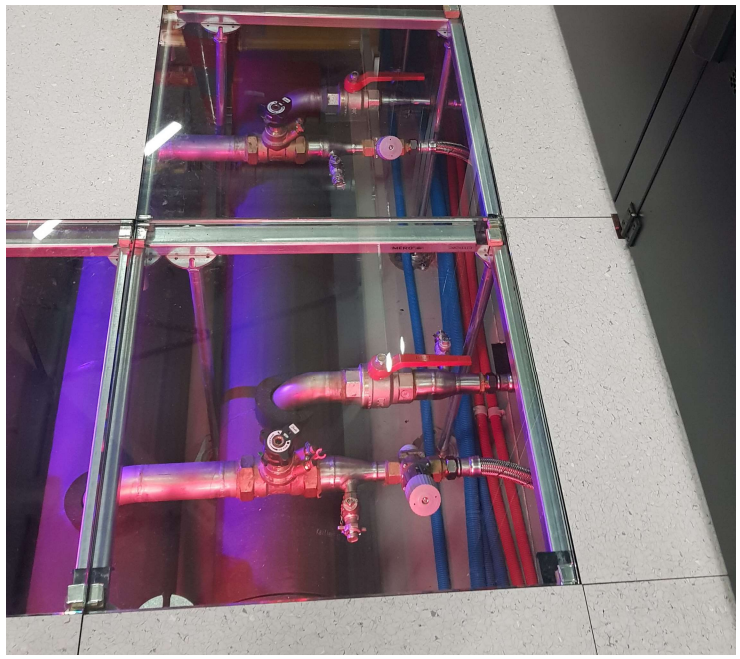


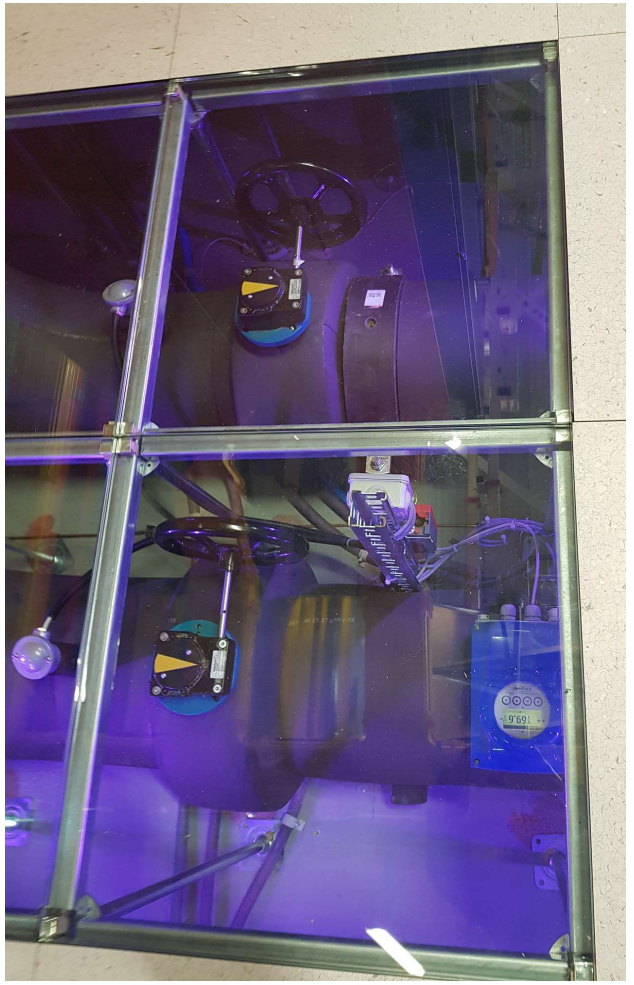
Quelle: EPFL

EPFL – Hydraulischer Anschluss der Schränke

- 4 MW Wärmetauscher
- Kühlwassertemperatur Vorlauf 14°C, Rücklauf 22°C
- Systemdruck 2,5 bar, 1 bar Differenzdruck
- Haupteinspeisung ø400mm , Reihenverteilung ø200mm
- Schrankanschluss ø50mm, Anschlussset 1”



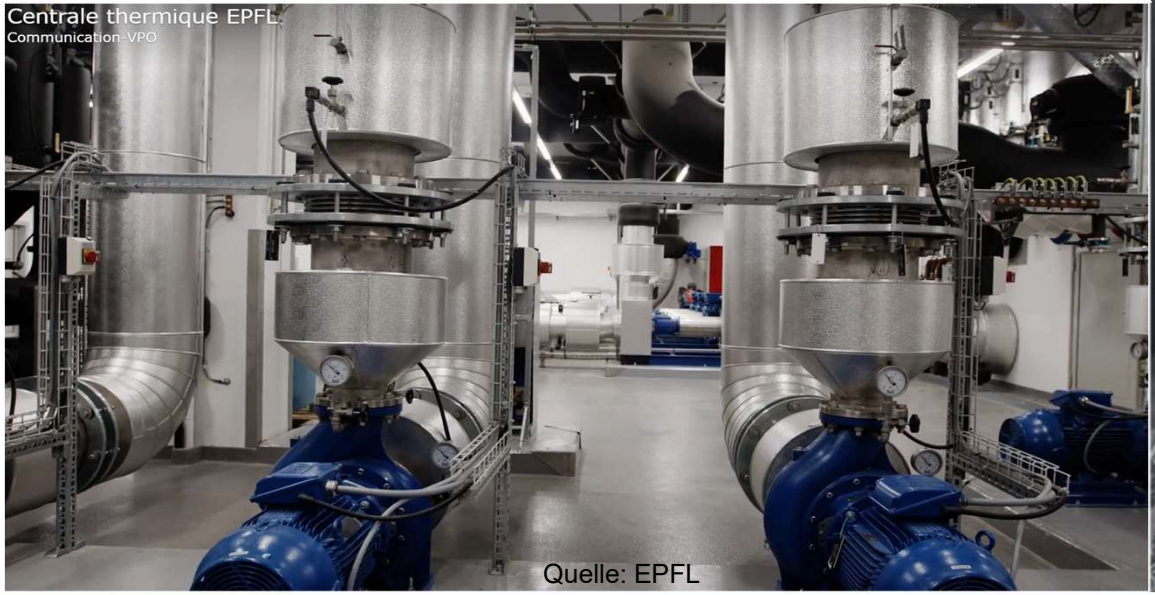




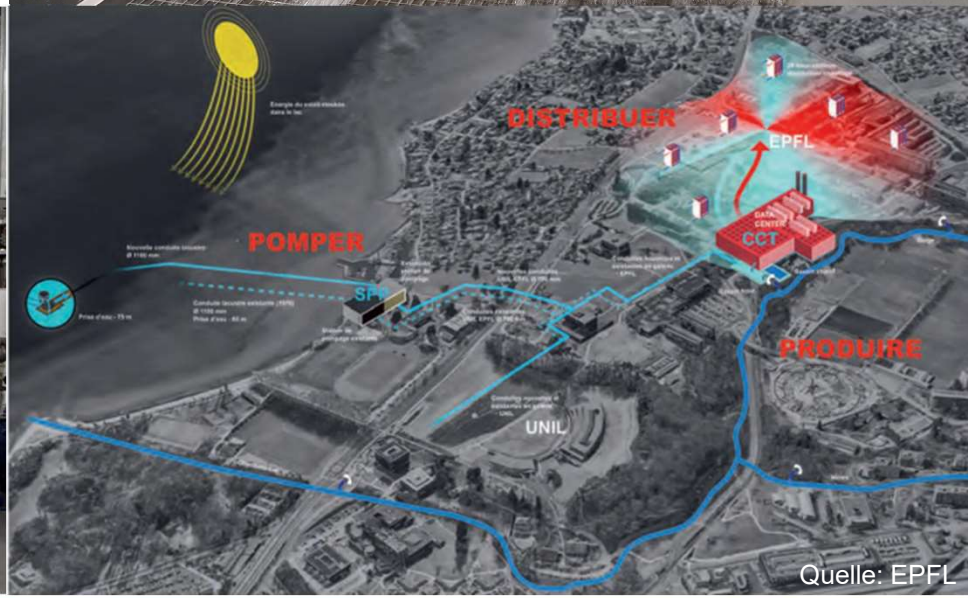
Nahwärmenetz mit RZ Unterstützung

- Wärmequelle und Wärmesenke
  ➔ Genfer See
- Entnahmestelle 75 m unterhalb der Wasseroberfläche
- Abwärme des Rechenzentrums unterstützt die Wärmepumpe für die Campusheizung
- 24MW Campusheizung





Quelle: EPFL



Quelle: EPFL

Die Suche nach Reserven

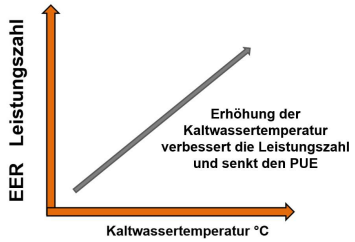


Quelle: Sherlock Holmes Museum

- **Große Wärmeübertrageroberflächen**
- **Ventilatoren bei reduzierter Drehzahl**
- **Kühltemperatur optimieren**
- **Warm/Kalt-Trennung der Kühlluft**







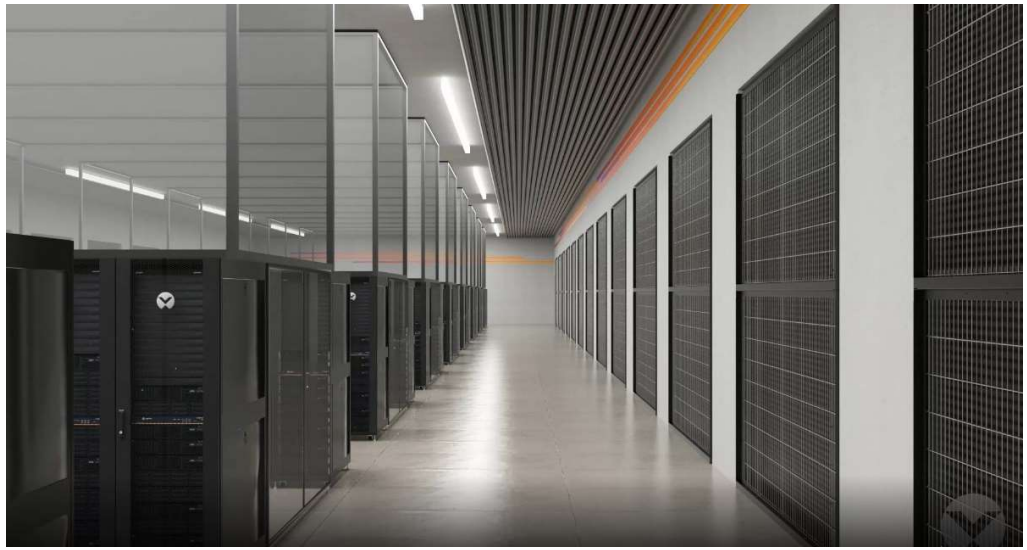


Große Wärmetauscheroberflächen

- Geringerer Temperaturunterschied zwischen Kaltwasser und Kühlluft
- Höhere Kaltwassertemperaturen ➔ Verbesserte Energieeffizienz
- Geringerer Strömungswiderstand ➔ Weniger Ventilatorleistung



Schrank mit Rücktürwärmetauscher
Liebert DCD



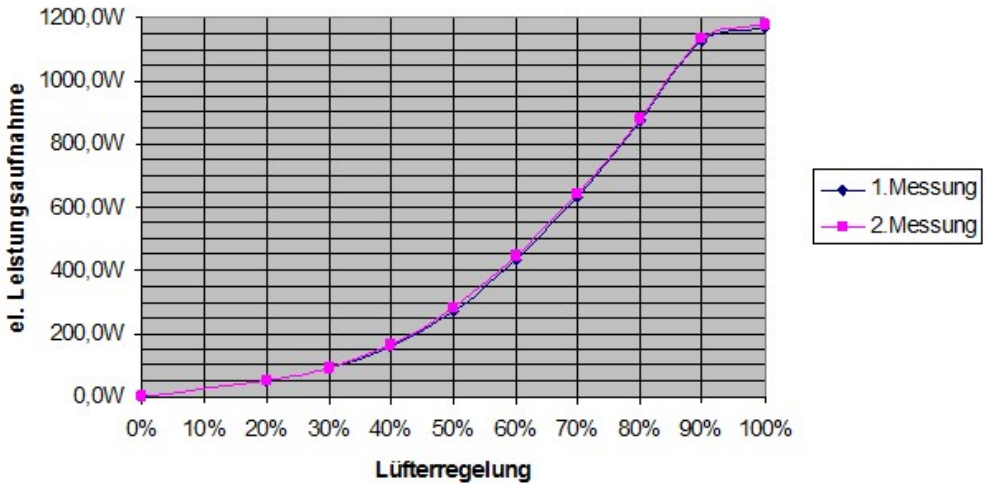
RZ mit Wandwärmetauscher
Liebert Thermal Wall

Lüfter bei reduzierter Drehzahl betreiben

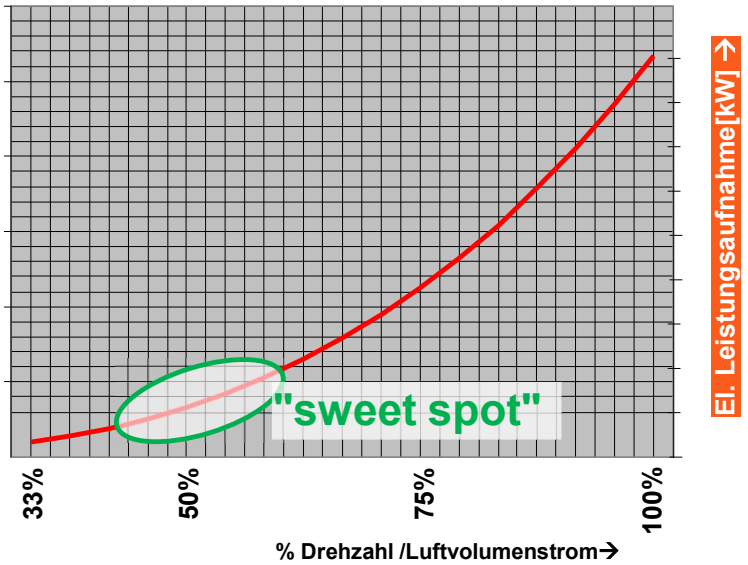


Betriebsverhalten von Ventilatoren

- Luftvolumenstrom proportional Drehzahl: $\dot{V}$ ~ n
- Leistungsaufnahme proportional zur 3. Potenz der Drehzahl (theoretisch)
- Realer Exponent 2,5
- Halbierung der Drehzahl ⇨ Absenkung der Leistungsaufnahme > 80%



EC Lüfter -

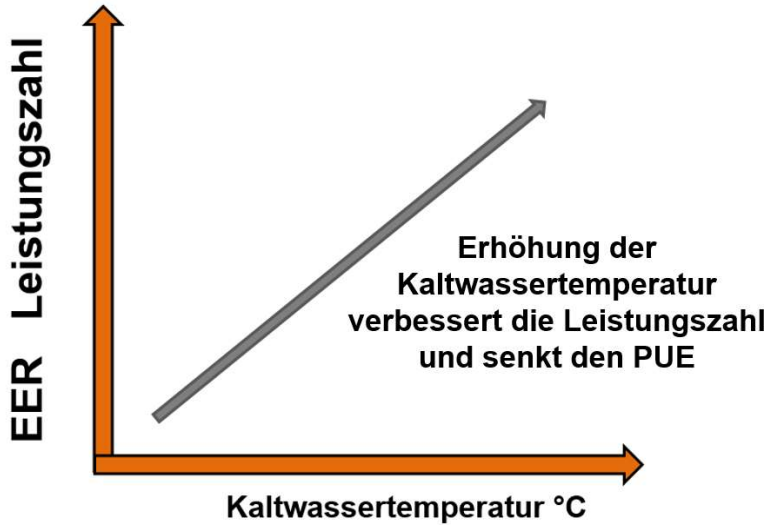


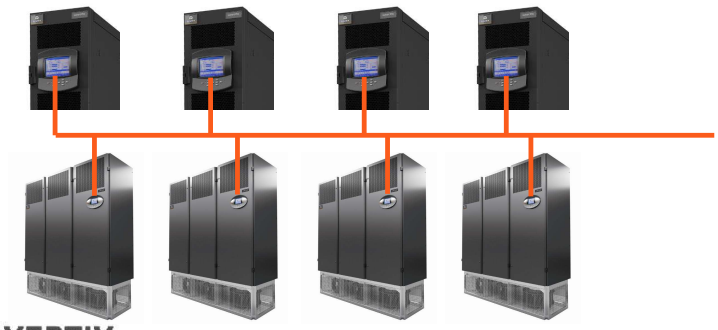
Reserven bei der Kälteerzeugung

Kaltwassersätze - Chiller

Erhöhung der Kaltwassertemperatur durch höhere Lufttemperaturen am Wärmeübertrager

- Größerer Anteil der Freien Kühlung
- Kommunikation mit ULK/Reihenkühlgerät
- Bessere Nutzung von Adiabater Kühlung
- Konkrete Berechnung erforderlich
  pro 1K ca. 6 bis 9% Einsparung der el. Leistung
- Erhöhung der Leistungszahl (EER)







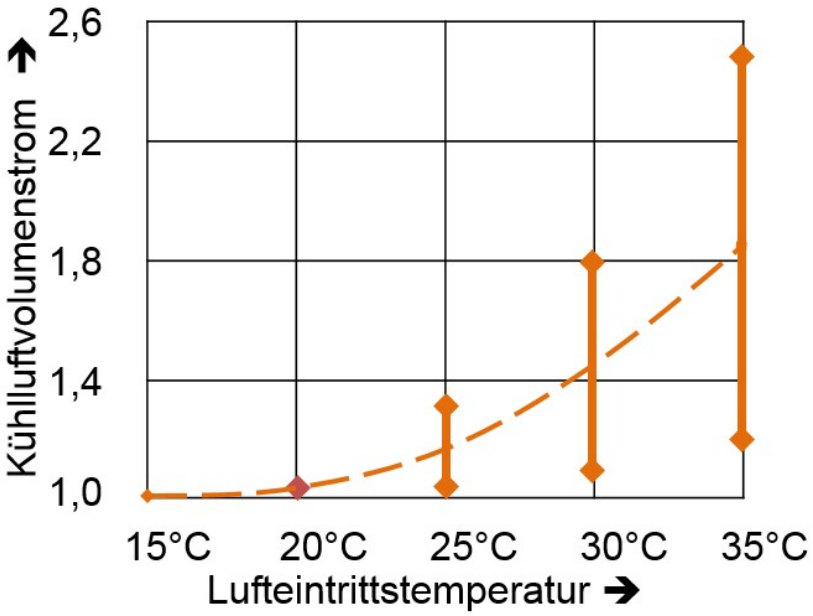


VERTIV.

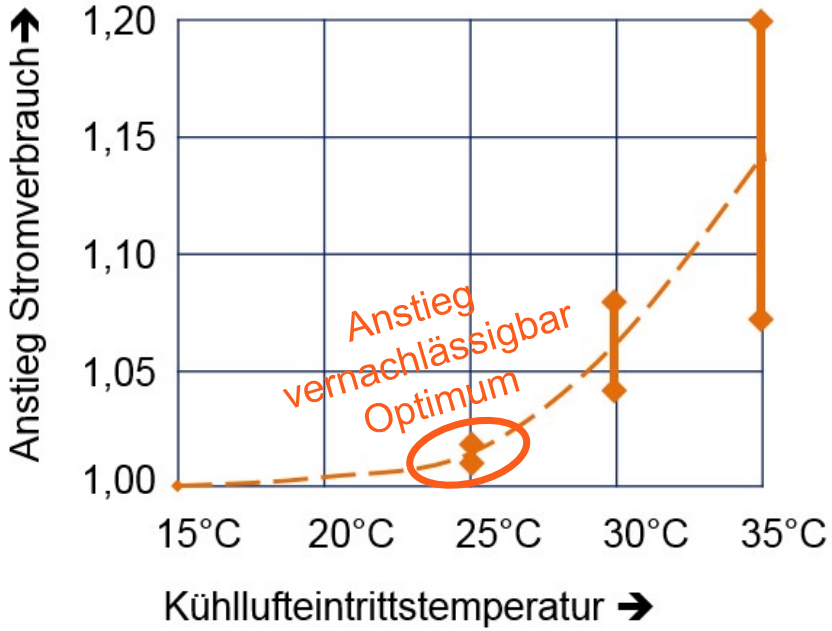
Optimale Raumtemperatur



Volumenstrom der Server,
abhängig von der Kühllufttemperatur



Stromverbrauch der Server,
abhängig von der Kühllufttemperatur



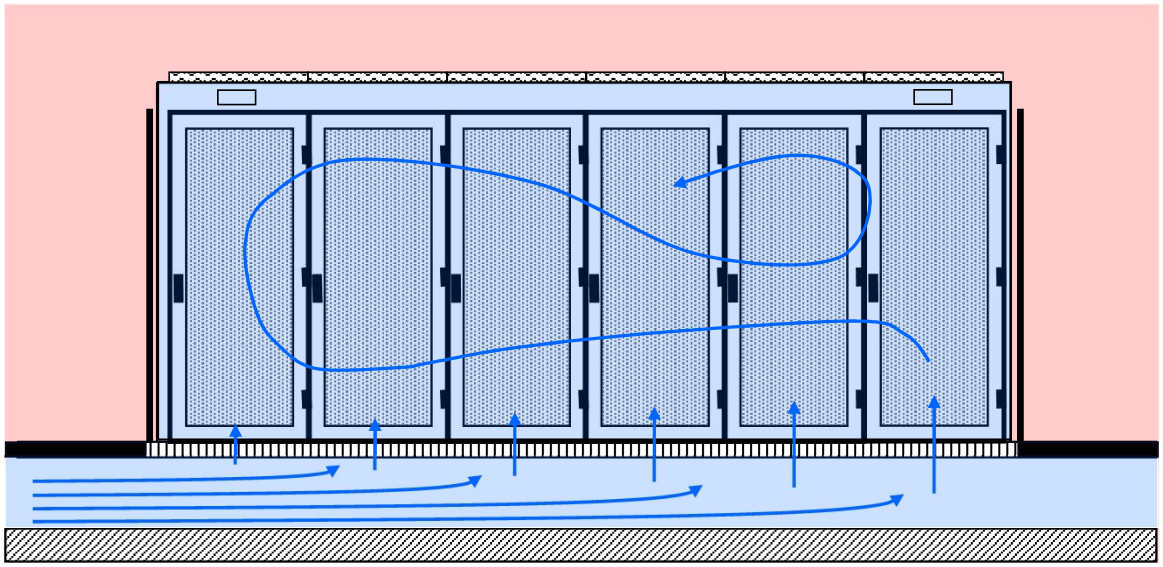
So warm wie möglich, so kalt wie nötig: optimale Zulufttemperatur zwischen 23°C und 26°C

Source: 2011 Thermal Guidelines for Data Center Processing Environments - Expanded Data Center Classes and Usage Guidance (ASHRAE Whitepaper)

Warm/Kaltlufttrennung

Die Mutter der IT-Kühlung ist die **Trennung von warmer und kalter** Zone der Kühlluft





Lufttechnische Abdichtung

- Innerhalb des Racks
  - Blindplatten
- Doppelboden
- Türen am Gangende
- Abdeckung des Ganges
- Lufttrennung an Gebäudeelementen
  - Säulen
  - Unterzüge
  - Wände

Fragen und Antworten

Vielen Dank



Guten Appetit - Lunch