



=====
H L R I S

Nachhaltigkeit im Rechenzentrum

Dr. Norbert Conrad
HLRS der Universität Stuttgart



⋮ Nachhaltigkeit in Rechenzentren ⋮ ⋮



=====
H L R I S

Überblick

- Vorstellung
- Begriffe
- Ansatzpunkte für Nachhaltigkeit in RZ
- Zertifizierungen zur Nachhaltigkeit
- Technik und Nachhaltigkeit am HLRS

⋮ Nachhaltigkeit in Rechenzentren ⋮ ⋮ 2

H L R I S 

Zu meiner Person

- Dr. Norbert Conrad
- Diplom-Physiker (exp. Laser- und Molekülphysik)
- Deputy Director des HLRS
- Langjährige RZ-Erfahrung (Hardware, Infrastruktur, RZ-Bau)



:: Nachhaltigkeit in Rechenzentren :: :: 3

H L R I S 

Das HLRS

- Zentrale Betriebseinheit der Uni Stuttgart
- Bundeshöchstleistungsrechenzentrum
- Mitglied des Gauss Centre for Supercomputing GCS
- Personal
 - 1 Professor
 - 27 Dauerstellen
 - Ca. 90+ Projektmitarbeiter
 - Ca. 20 Wiss. Hilfskräfte
- Finanzierung
 - Uni-Budget
 - Bund, Land
 - Drittmittel



:: Nachhaltigkeit in Rechenzentren :: :: 4

.....

H L R I S 

Nutzer des HLRS

- Wissenschaftliche Nutzer
 - Universität Stuttgart
 - Deutsche Universitäten und Forschungsinstitute
 - Europäische Nutzer (PRACE)
- Industrielle Nutzer
 - Forschung
 - Vorwettbewerbliche Entwicklung
 - Produktion
- *Verkauf* von Rechenzeit ist eine Herausforderung für eine “Nachgeordnete Landesbehörde”

⋮ Nachhaltigkeit in Rechenzentren ⋮ ⋮ 5

.....

H L R I S 

Eigene Forschung am HLRS

- Themen
 - Energie
 - Klimawandel und Umwelt
 - Gesundheit
 - Mobilität
- Technologien
 - High Performance Computing
 - Machine Learning/Deep Learning
 - Big Data
 - Cyber Sicherheit
 - Green-IT

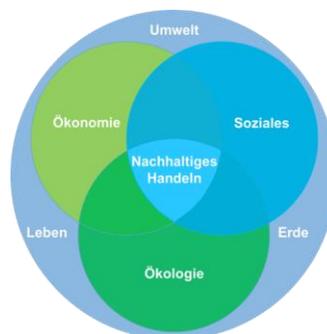
⋮ Nachhaltigkeit in Rechenzentren ⋮ ⋮ 6

Was ist Green-IT

- Green in der IT :
Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnik umwelt- und ressourcenschonend gestalten.
- Green durch IT :
Ressourceneinsparung durch den Einsatz von Informationstechnik

Was ist Nachhaltigkeit

„Nachhaltige Entwicklung befriedigt die Bedürfnisse der Gegenwart ohne die Möglichkeit zukünftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen.“
(Weltkommission für Umwelt und Entwicklung, 1987)



Nachhaltigkeit in Rechenzentren ist mehr als „Green IT“

Was ist ein Rechenzentrum

Zwei Bedeutungen:

- Serverraum
- Organisationseinheit, die IT-Dienste erbringt
 - Hardware: Rechner, Storage, Netz
 - Gebäude
 - Stromversorgung & Kühlung
 - Software
 - Mitarbeiter
 - Geldgeber
 - Kunden

Ansatzpunkt: Energie-Einsatz

- „Grüner“ Strom
 - Beispiel HLRS:
 - Blockheizkraftwerk
 - Zugekaufter Ökostrom
- Strom-Speicher
 - Peak shaving
 - Peak shifting

Ansatzpunkt: Energie-Nutzung

- Effiziente, moderne Hardware
 - Technischer Fortschritt macht Hardware schnell unökonomisch
- Intelligente Wahl der Taktraten
 - Höherer Takt heißt mehr Stromverbrauch, aber nicht unbedingt höhere Rechenleistung
 - Optimierungsziele Durchsatz oder Energiebedarf
- (Herstellung der Hardware)
- Blauer Engel für energieeffizienten Rechenzentrumsbetrieb
 - Seit 2011: drei Rechenzentren

Ansatzpunkt: Kühlung

Jeder Rechner muss gekühlt werden

- Kompressionskälte („Kühlschrank“)
 - Jahresarbeitszahl JAZ 3 - 4
- Freie Kühlung (direkte Wärmeabgabe an die Umgebung)
 - Temperaturniveau muss höher als Außentemperatur sein
 - Trockenkühler
 - Nasskühler: zusätzliche Nutzung der Verdunstungskälte
- Abwärmenutzung (Heizung)
 - Temperaturniveau
 - Nutzung im Sommer
 - Kosten für Wärmeverteilung

Ansatzpunkt: Klima-Gase

- CO₂: Grüner Strom
 - Buchhalterischer grüner Strom
 - Echter grüner Strom
- FCKW: Kältemittel in Kühlanlagen
- (Herstellung der Hardware)

Ansatzpunkt: Chemikalien

- Kühlwasser:
 - Korrosionsschutz, Härtestabilisator
 - Biozide
- Hardware:
 - Konfliktminerale vermeiden: Firmenangaben genau lesen
 - Blauer Engel für Server- und Datenspeicherprodukte:
Zur Zeit verfügbar: *keine*

Ansatzpunkt: Software

Effiziente Software:

- Optimieren der Performance
 - Energie = Leistung * Zeit
- Optimieren des Energieverbrauchs
- Kommerzielle Software
 - Blauer Engel für Ressourcen- und energieeffiziente Software
 - Zur Zeit verfügbare Produkte: *keine*
- Selbstgeschriebene Software
 - Eigene Initiative
 - Technische Voraussetzungen für Energie-Messungen

Ansatzpunkt: Mitarbeitende

- Information
 - Nur informierte Mitarbeitende können sich nachhaltig verhalten
- Motivation
 - Nur motivierte Mitarbeitende wollen sich nachhaltig verhalten

Ansatzpunkt: Organisation

Managementsysteme

Aufgabe von Managementsystemen ist es, Ziele einer Organisation durch daraus abgeleitete Maßnahmen, Organisationsstrukturen und Prozessabläufe in einem kontinuierlichen Verbesserungsprozess (KVP) zu erreichen.

Beispiele:

- Qualität ISO 9001
- Energie und Umwelt ISO 50001, ISO 14001, EMAS
- IT-Sicherheit ISO 27001

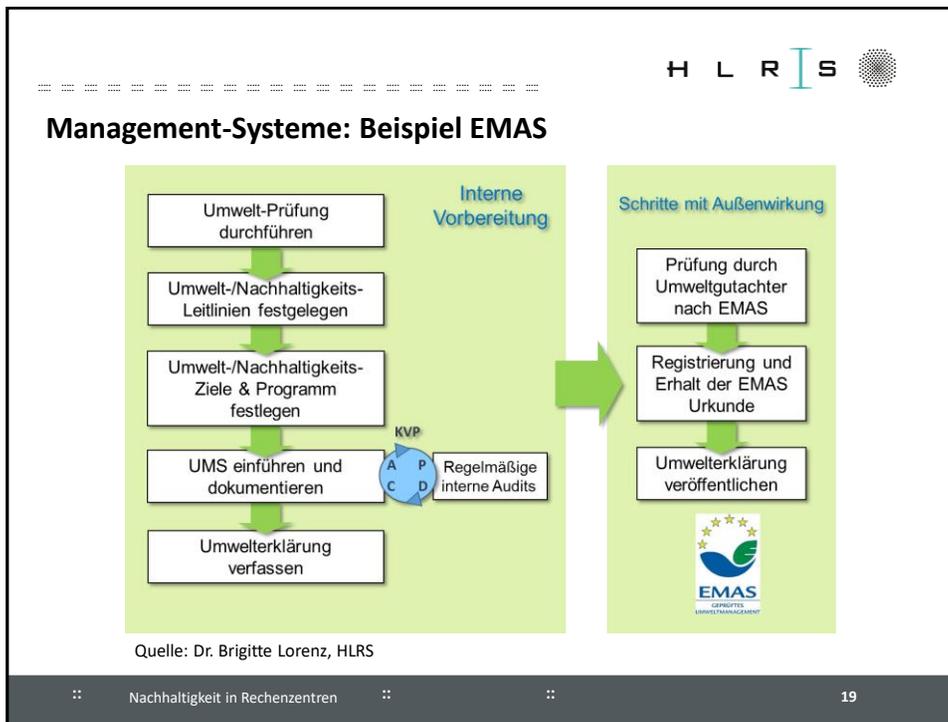
ISO-Managementsysteme haben die gleiche Struktur:
High Level Structure HLS

Management-Systeme: Beispiel ISO 50 001

- Erfassung der Energieflüsse (Energiequellen, Energieeinsatz, Energieverbraucher)
- Bewertung des Standes der Energieeffizienz
- Setzen von quantitativen Zielen
- Umsetzung von Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz
- Kontinuierlicher Verbesserungsprozess: PDCA-Zyklus
- Zertifizierung



Quelle Wikimedia, Lizenz [CC BY-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)



H L R I S 

Der Blaue Engel

- Erstes umweltschutzbezogenes Kennzeichen der Welt (1978)
- Sehr hohe Glaubwürdigkeit und *Neutralität*
- Umfrage: Der Blaue Engel hat eine *Bekanntheit* von 76% und bei 39% ist er kaufentscheidend
- Kein Managementsystem, reine Zertifizierung

Mit dem Blauen Engel ausgezeichnete Produkte und Dienstleistungen sind umweltfreundlicher als vergleichbare konventionelle Produkte und Dienstleistungen.

:: Nachhaltigkeit in Rechenzentren :: :: 20

Wer steckt dahinter

Der Blaue Engel wird durch vier Institutionen getragen:

- Rechte-Inhaber: Bundesumweltministerium
- Fachliche Expertise: Das Umweltbundesamt
- Unabhängige Entscheider: Jury Umweltzeichen
- Prüfer: RAL gGmbH



Blauer Engel für energieeffizienten Rechenzentrumsbetrieb

- Eingeführt 2011, aktuelle Version Januar 2019
- Anwendbar für kleine Serverräume bis große Rechenzentren
- Zertifizierung einer komplexen Dienstleistung
- Ganzheitliche Betrachtung des Rechenzentrums
- Spezifischer als EMAS und ISO 50 001
- Anspruchsvoller als nur Energieeffizienz
 - Grüner Strom
 - Treibhausgase (Klimaanlagen)
 - Mindestauslastung der Server
 -



Zertifizierungen

Bescheinigen durch neutralen Gutachter, dass Regeln der Managementsysteme eingehalten werden. Am HLRS:

- ISO 14 001, 50 001
- EMAS
- Blauer Engel für energieeffizienten Rechenzentrumsbetrieb

Zertifizierungen sind aufwändig, aber lohnen sich:

- Bestätigung
- Motivation
- Reputation



Nachhaltigkeit am HLRS

- Höchstleistungsrechnen ist Hochleistungsrechnen am oberen Ende des technisch und ökonomisch Machbaren
- „Höchst...“ ist unsere Existenzberechtigung
- Doppelt so große /schnelle Rechner benötigen doppelt so viel Energie
- Das HLRS hat sich Nachhaltigkeit auf die Fahnen geschrieben
- Erfolgreiche Zertifizierungen
 - EMAS + ISO 14001
 - ISO 50001
 - Blauer Engel für energieeffizienten Rechenzentrumsbetrieb

Der Höchstleistungsrechner Hawk



HPE Apollo System

- Start Installation 4Q19 – Start Produktion 3Q20 (<-Corona)
- 44 Serverschränke
- 5.632 Rechenknoten mit je 2 Prozessoren
- 720.896 cores AMD Rome 64 mit 2,25 GHz
- 26 PetaFlops max. Rechenleistung (2.6e16 double precision ops)
- 1,44 PB Hauptspeicher
- 26 PB Platten/SSD-Speicher, 250 GB/s
- 3.5 MW Leistungsaufnahme (4 MW max.)

Energie am HLRS: Zahlen

- **Leistungsbedarf** Hawk: 3.500 kW (max 4.000 kW)
3.500 kW entspricht 4.759 PS
- **Energiebedarf** eines Jahres:
 $3.500 \text{ kW} * 365 * 24 \text{ h} = 30.660.000 \text{ kWh} = 31 \text{ GWh}$

Energie am HLRS: Anschaulich 1

- Ein Haushalts-Elektrobackofen hat eine Heizleistung von ca. 3 kW
- Rechner Hawk heizt wie 1200 Backöfen 7 x 24 h
- Backofen Grundfläche + offene Tür: $0,6 * 1,2 \text{ m}^2 = 0,72 \text{ m}^2$
- Grundfläche Serverraum: 760 m^2

Energie am HLRS: Anschaulich 2

- So viel Strom wie eine Kleinstadt
- Stromverbrauch eines 3-Familienhaushalts im Mehrfamilienhaus ohne elektr. Warmwasserbereitung: 3000 kWh/a
- 30 GWh/a -> 10.000 Haushalte -> 30.000 Personen

Strom für Hawk

- „Grüner“ Strom
 - KWK-Strom vom Blockheizkraftwerk der Uni
 - zugekaufter Strom aus Wasserkraft
- Kosten
 - Hawk: 31 GWh = 31.000.000 kWh
 - 5,5 Mio € ohne Kühlung

Vision: HLRS mit Strom aus Sonnenenergie (PV)

- Maximal erreichbare **Leistung** in BW: 600 kW_p/ha
- 3,5 MW -> 5,8 ha Flächenbedarf
- Erzielbare **Jahresarbeit** in BW: 900 kWh/kW_p
- 30 GWh -> 56 ha
- FIFA-Fußballfeld 105 m x 68 m -> 78 Fußballfelder
- Problem: Energiespeicher

Was passiert mit der „verbrauchten“ Energie

- Energieerhaltung: die elektrische Energie wird *komplett* in Wärme umgewandelt
- Wasserkühlung
 - Wasser wird auf dem Chip von 25 °C auf 35 °C erwärmt
 - 3,5 MW -> 300 m³/h
 - Badewanne füllen (150 l) -> 2 Sekunden
- Das erwärmte Kühlwasser muss rückgekühlt werden
- Ideal: Gebäudeheizung mit Rechner-Abwärme
 - Mittlere Heizleistung für HLRS-Gebäude ca. 30 kW
 - Bei Spitzenheizlast: 20 Gebäude *könnten* geheizt werden

Kühltechnik

- Klassisch: Kompressionskälte
 - Technik: Kompressor wie im Kühlschrank, nur in groß (Uni Stuttgart: 5 MW)
 - Vorteil: funktioniert bei allen Außentemperaturen
 - Nachteil: energetisch aufwändig, JAZ ca. 3 – 4
- Vergleich mit Haushaltskühlschrank
 - 100 W Standard-Kompressor
 - Leistungszahl 3
 - Kälteleistung 300 W
 - 3,5 MW -> 11.667 Kühlschränke



H L R I S 

Kühltechnik

- Modern: Freie Kühlung
 - Technik: die Abwärme wird direkt an die Umwelt abgegeben, Kühlwasser wird verrieselt: Strahlungs- und Verdunstungskälte
 - Vorteil: energieeffizient, JAZ 20 und mehr
 - Nachteil: Kühlgrenztemperatur ~ Außentemperatur
 - Wasserverbrauch
 - Wasseraufbereitung ist nötig (Biozid, NaCl zum Ionentauscher regenerieren)

⋮ Nachhaltigkeit in Rechenzentren ⋮ ⋮ 34

Kosten für Kühlung

- Fernkälte
 - Kompressionskälte vom Uni-BHKW
- Freie Kühlung
 - 30.000 m³ verdunstetes Kühlwasser p.a.
 - 11 t NaCl Regeneriersalz p.a,
- Mischbetrieb
 - 82 % Freie Kühlung
 - 31 GWh/a -> ca. 1 Mio € Kühlkosten

Kältezentrale 2 des HLRS





.....

HLRS 

Energie am HLRS: Zusammenfassung

- Leistung: 3,5 MW
- Energie: 31 GWh p.a.
- 6,5 Mio € Energiekosten p.a. (ca. 12 € pro Min.)
- Auch kleine relative Einsparungen sind absolut gesehen von Bedeutung:

ökologisch und ökonomisch

⋮ Nachhaltigkeit in Rechenzentren ⋮ ⋮ 38

=====

H L R I S 

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Fragen ?

⋮ Nachhaltigkeit in Rechenzentren ⋮ ⋮ 39