

Entwurf umweltfreundlicher Rechenzentren

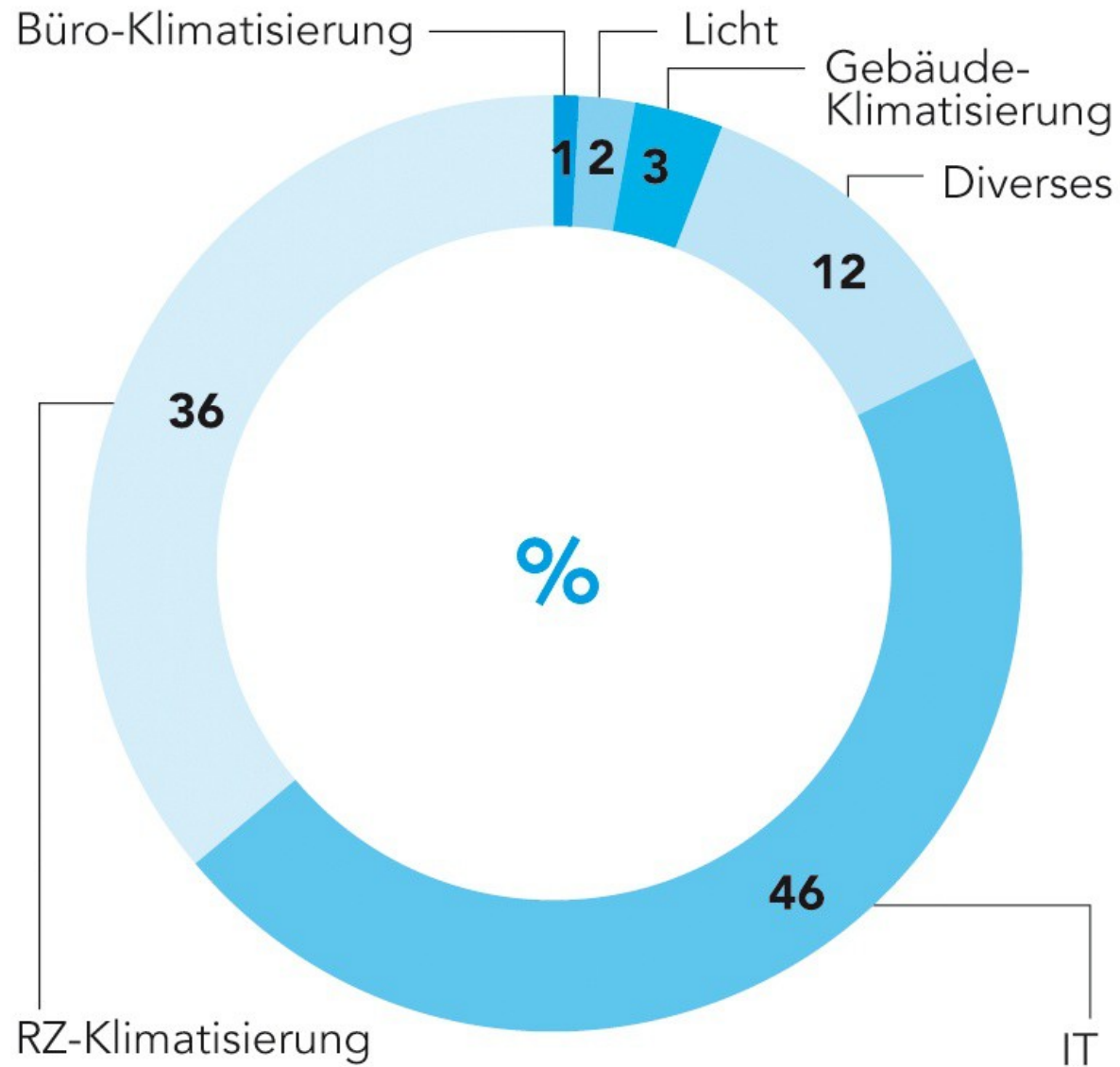
Seminar „Ausgewählte Kapitel der Systemsoftware:
Energiegewahre Systemsoftware“

Wolfgang Rödle

4. Juli 2013



Motivation



Gesamter Energieverbrauch eines Rechenzentrums



- Yahoo!-Compute-Coop-Rechenzentrum (YCC)
 - Allgemeines
 - Kühlmethoden
 - Vergleich zu konventionellen Rechenzentren
- GREEN-NET-Framework
 - Allgemeines
 - 3-stufiger Ansatz
- Zusammenfassung



- Yahoo!-Compute-Coop-Rechenzentrum (YCC)
 - Allgemeines
 - Kühlmethoden
 - Vergleich zu konventionellen Rechenzentren
- GREEN-NET-Framework
 - Allgemeines
 - 3-stufiger Ansatz
- Zusammenfassung



Allgemein

- Gebäudedesign für Rechenzentren
- Steigerung der Energieeffizienz
- Reduzierung des Wasserverbrauchs
- Geringere CO₂-Emission
- Kürzere Bauzeiten
- Kostenloses Kühlsystem durch Außenluftnutzung
- Standort: Lockport, NY (kühles, windiges Klima)
- Baubeginn: Mai 2009



Yahoo!-Compute-Coop-Rechenzentrum (2)



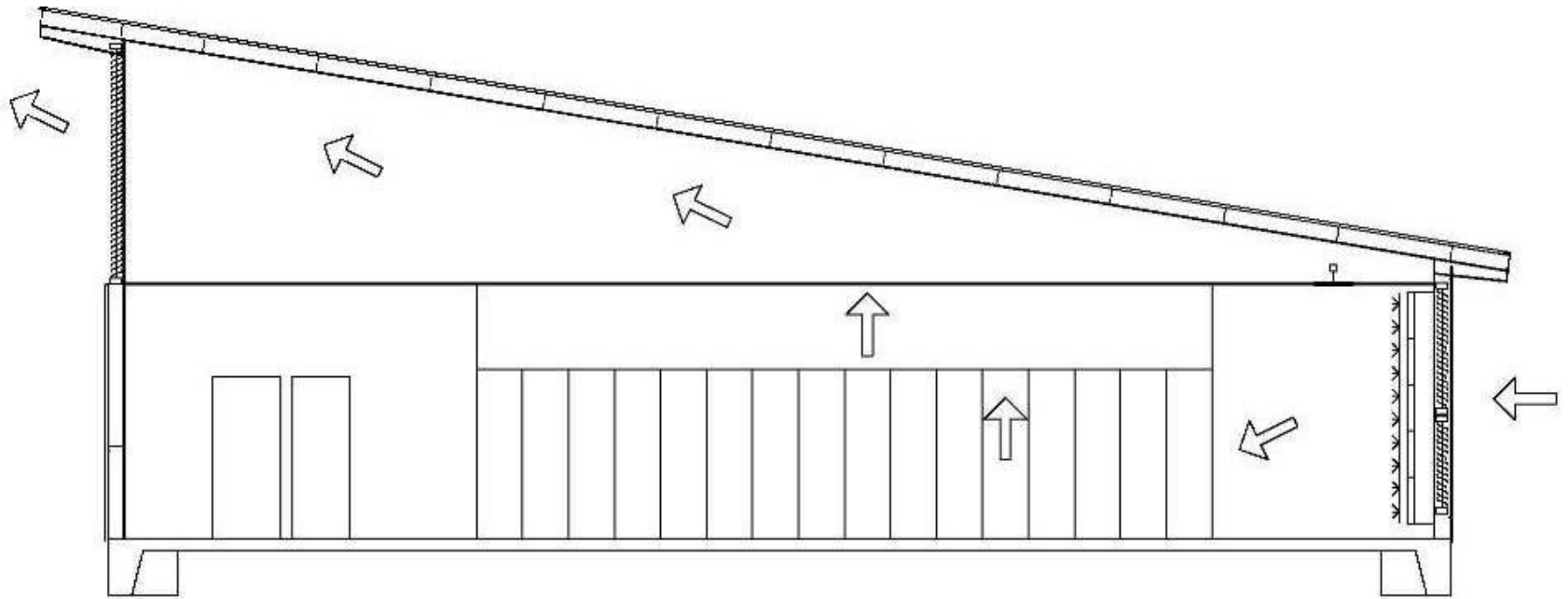
Yahoo!-Compute-Coop-Rechenzentrum – Lockport, NY



- Yahoo!-Compute-Coop-Rechenzentrum (YCC)
 - Allgemeines
 - Kühlmethoden
 - Vergleich zu konventionellen Rechenzentren
- GREEN-NET-Framework
 - Allgemeines
 - Drei stufiger Ansatz
- Zusammenfassung

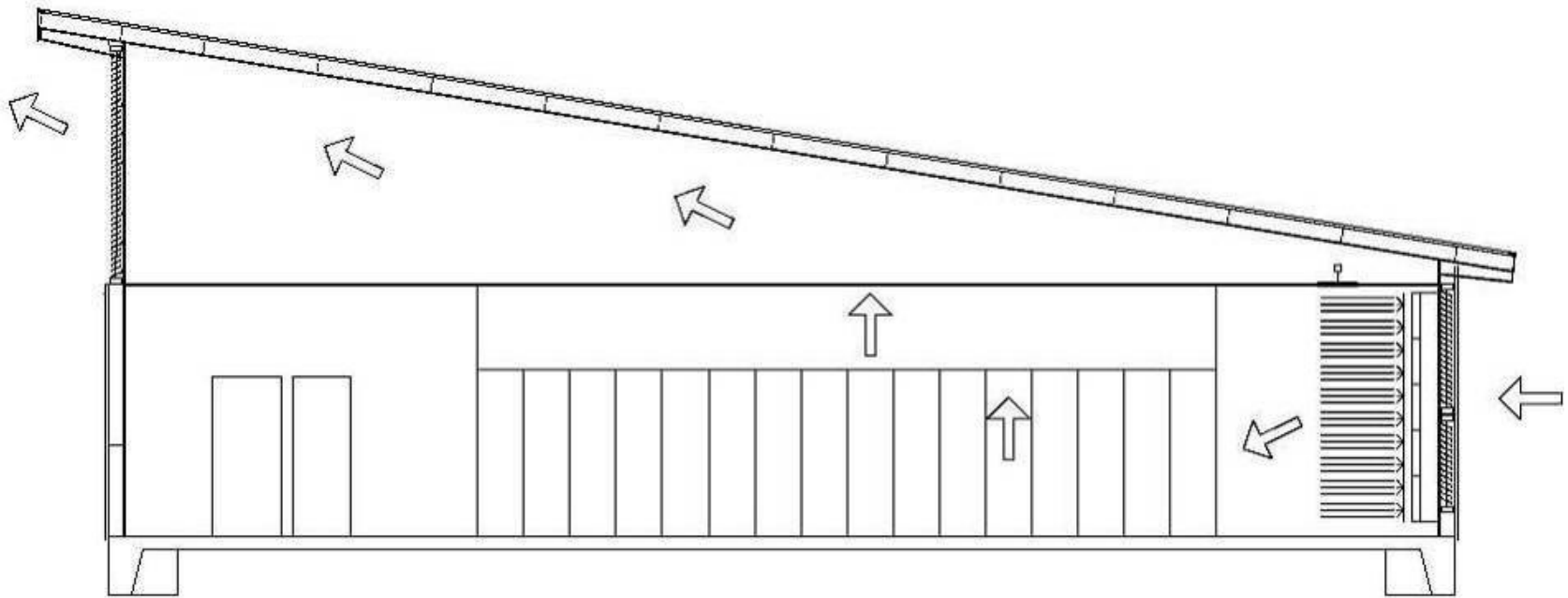


Vollständig unklimateisierte Außenluftkühlung



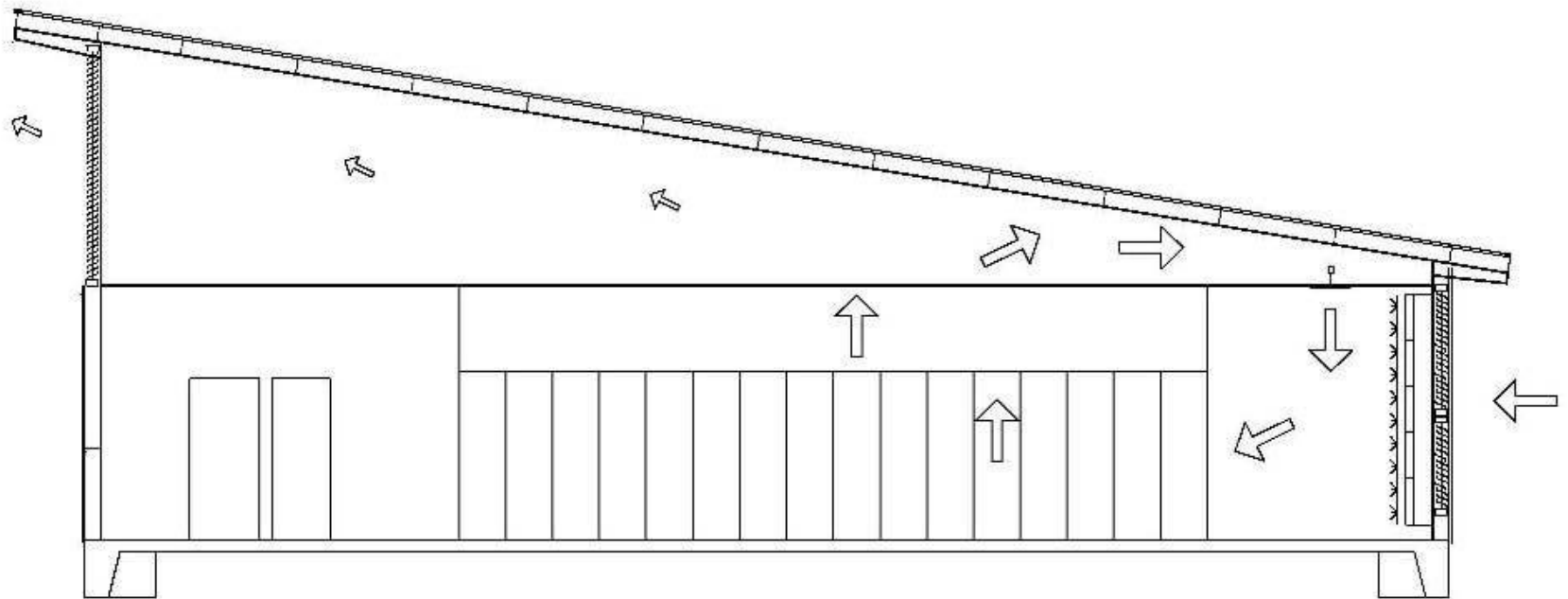
Außenlufttemperatur: 21 °C – 29,5 °C

Vollständig klimatisierte Außenluftkühlung



Außenlufttemperatur: 29,5 °C – 43,5 °C
Knapp neun Tage im Jahr aktiv

Gemischte Außenluftkühlung



Außenlufttemperatur: Unterhalb von 21 °C

- Yahoo!-Compute-Coop-Rechenzentrum (YCC)
 - Allgemeines
 - Kühlmethoden
 - Vergleich zu konventionellen Rechenzentren
- GREEN-NET-Framework
 - Allgemeines
 - Drei stufiger Ansatz
- Zusammenfassung



Vergleich zu konventionellen Rechenzentren (1)

	Santa Clara, CA (2006)	Quincy, WA (2007)	Lockport, NY (2010)
Gesamtleistung pro Server (W)	257	101	99
Leistung für 25000 Server ohne Kühlung (kW)	6438	2529	2489
Leistung für die Kühlung der Server (kW)	2285	434	46
Gesamte Leistung für 25000 Server (kW)	8723	2963	2535



PUE – Power usage effectiveness

$$\text{PUE} = \frac{\text{Gesamter Energieverbrauch der Anlage}}{\text{Energieverbrauch für die IT}}$$

- Gesamter Energieverbrauch der Anlage:
Kühlsysteme, Kraftstoffnutzung, Stromverluste, IT-Ausrüstung und sonstiger Energieverbrauch
- Energieverbrauch für die IT:
Computer, Speicher, Netzwerke etc.



Vergleich zu konventionellen Rechenzentren (2)

	Santa Clara, CA (2006)	Quincy, WA (2007)	Lockport, NY (2010)
PUE-Wert	1,62	1,27	1,08
Relative Energieeinsparung (kWh/Jahr)	26.541.307	12.094.773	-
Jährliche Einsparung beim CO ₂ -Ausstoß (Tonnen CO ₂)	14.863	6.773	-



Vergleich zu konventionellen Rechenzentren (2)

	Santa Clara, CA (2006)	Quincy, WA (2007)	Lockport, NY (2010)
PUE-Wert	1,62	1,27	1,08
Relative Energieeinsparung (kWh/Jahr)	26.541.307	12.094.773	-
Jährliche Einsparung beim CO ₂ -Ausstoß (Tonnen CO ₂)	14.863	6.773	-

Energieeinsparung durch „Free Cooling“ reicht nicht aus!



Yahoo!-Compute-Coop-Rechenzentrum – Lockport, NY (Juli 2013)



- 40 % weniger Energie
- 95 % weniger Wasser



- Yahoo!-Compute-Coop-Rechenzentrum (YCC)
 - Allgemeines
 - Kühlmethoden
 - Vergleich zu konventionellen Rechenzentren
- GREEN-NET-Framework
 - Allgemeines
 - 3-stufiger Ansatz
- Zusammenfassung



- Framework zur Energieeinsparung bei großen verteilten Systemen
- Einbeziehen der Endbenutzer
- 3-stufiger Ansatz
 - Informieren von Endbenutzern
 - Einbezug von Endbenutzern
 - Automatische Energiegewahrheit
- Ziele:
 - Reduzierung des Energieverbrauchs
 - Bewusstseinsbildung für Energieverbrauch



- Ressourcen- und Auftragsverwaltungssystem (RJMS)
- Ermöglicht Kompromiss zwischen Energieverbrauch und Leistung
- Individuelles Anpassen der Hardwareleistung für jeden Auftrag (PowerSaving-Modus)
 - Ermöglicht Regulierung von CPU und HDD
- Einzelne Netzwerkknoten abschaltbar



- Yahoo!-Compute-Coop-Rechenzentrum (YCC)
 - Allgemeines
 - Kühlmethoden
 - Vergleich zu konventionellen Rechenzentren
- GREEN-NET-Framework
 - Allgemeines
 - 3-stufiger Ansatz
- Zusammenfassung



1. Stufe: Informieren des Endbenutzers

- Energieverbrauch dem Endbenutzer mitteilen
→ Betrachtung z. B. mittels PowerMeter oder Hohm project
- Messung des Energieverbrauchs im Labor von
 - einem Computer mittels Hameg
 - von Knoten mittels Omegawatt Box
- Große Bibliotheken, um die Messdaten zu vereinigen
- Graphische Darstellung
 - Webseite
 - Webdienst



2. Stufe: Einbezug des Endbenutzers

- Benutzer trifft Entscheidungen über den Energieverbrauch mit Hilfe des OARs
 - Explizit
 - Auswirkung auf Netzwerkknoten
 - Implizit über Middleware
 - Auswirkungen auf die CPU und HDD
- Simulation durch GREEN-NET-Strategien
 - Sechs Abstufungen zwischen maximaler Leistung („user“) und maximaler Energieersparnis („deadlined“)



3. Stufe: Automatische Energiegewahrheit (1)

- Abschalten ungenutzter Knoten



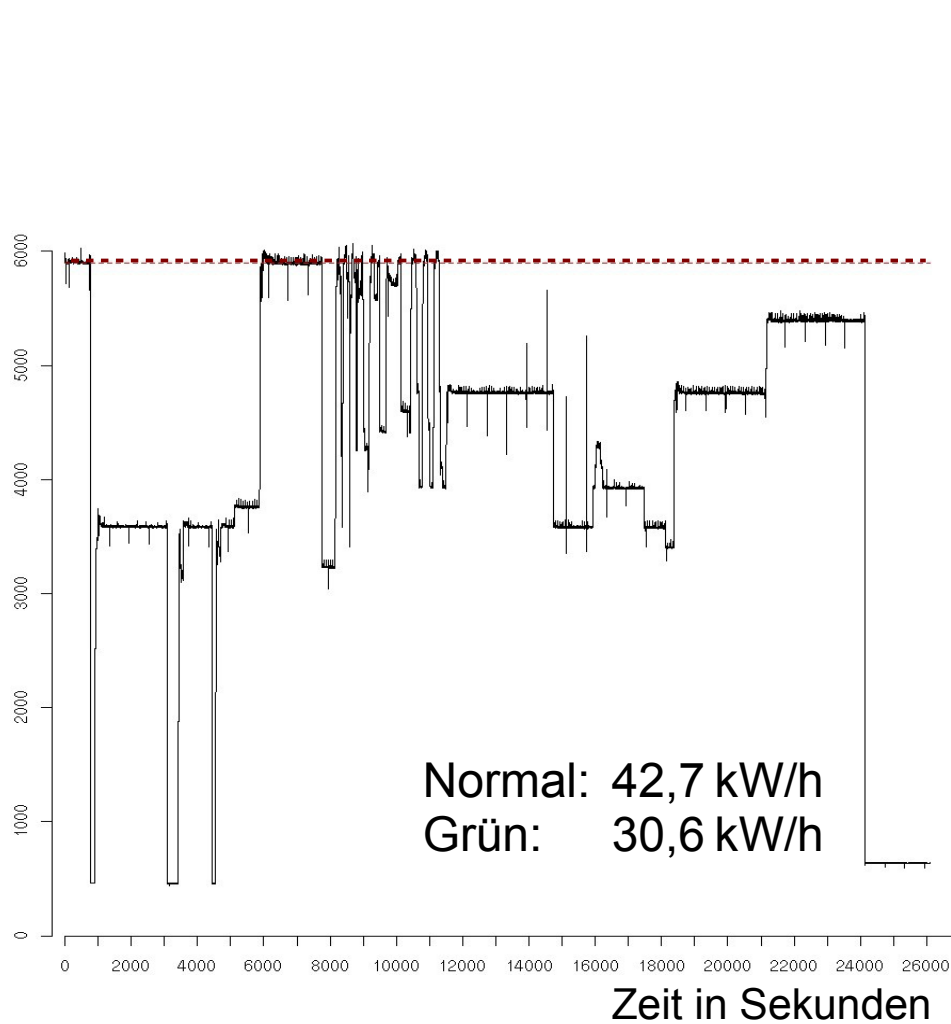
3. Stufe: Automatische Energiegewahrheit (1)

- Abschalten ungenutzter Knoten
- Gefahr durch Overhead

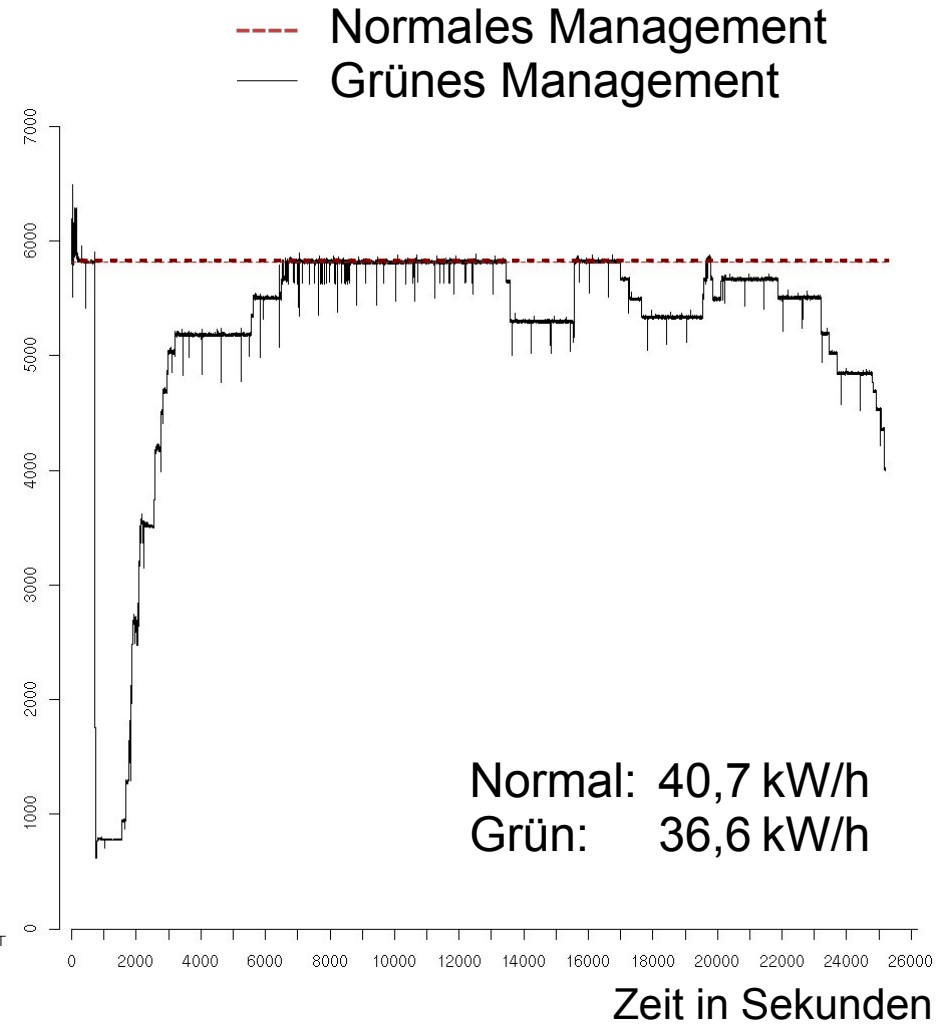


3. Stufe: Automatische Energiegewahrheit (2)

Energieverbrauch in Watt



50,32 % Systemauslastung



89,62 % Systemauslastung



3. Stufe: Automatische Energiegewahrheit (1)

- Abschalten ungenutzter Knoten
 - Gefahr durch Overhead
- Vorhersagen über Knoten



3. Stufe: Automatische Energiegewahrheit (1)

- Abschalten ungenutzter Knoten
- Gefahr durch Overhead
 - Vorhersagen über Knoten
- EARI (Energy-Aware Reservation Infrastructure)
 - An-/Ausschalten von einzelnen Netzwerkknoten
 - Vorhersagen über Allokation von Netzwerkknoten



- Yahoo!-Compute-Coop-Rechenzentrum (YCC)
 - Allgemeines
 - Kühlmethoden
 - Vergleich zu konventionellen Rechenzentren
- GREEN-NET-Framework
 - Allgemeines
 - 3-stufiger Ansatz
- Zusammenfassung



- Gebäudedesign von Yahoo!
 - Energie sparen durch effizientere Kühlsysteme
 - Reduzierung des CO₂-Ausstoßes
 - Verringerung des Wasserverbrauchs
 - Baukostensparnis
- GREEN-NET-Framework
 - Energie sparen durch effizientere Softwareinfrastruktur und individuelle Einstellungen der Hardware mit Hilfe des Benutzers
 - Bewusstsein für Energieverbrauch schaffen



Vielen Dank!



- Multi-facet approach to reduce energy consumption in clouds and grids: The GREEN-NET Framework,
<http://mescal.imag.fr/membres/yiannis.georgiou/publications/eenergy10.pdf>
- Chris Page, Bob Lytle, Yahoo! Compute Coop (YCC): A Next-Generation Passive Cooling Design for Data Centers, 20.7.2011,
<http://www.osti.gov/bridge/servlets/purl/1024347/1024347.pdf>



Mock-Up



Yahho!-Compute-Coop-Testlabor – San Jose, CA

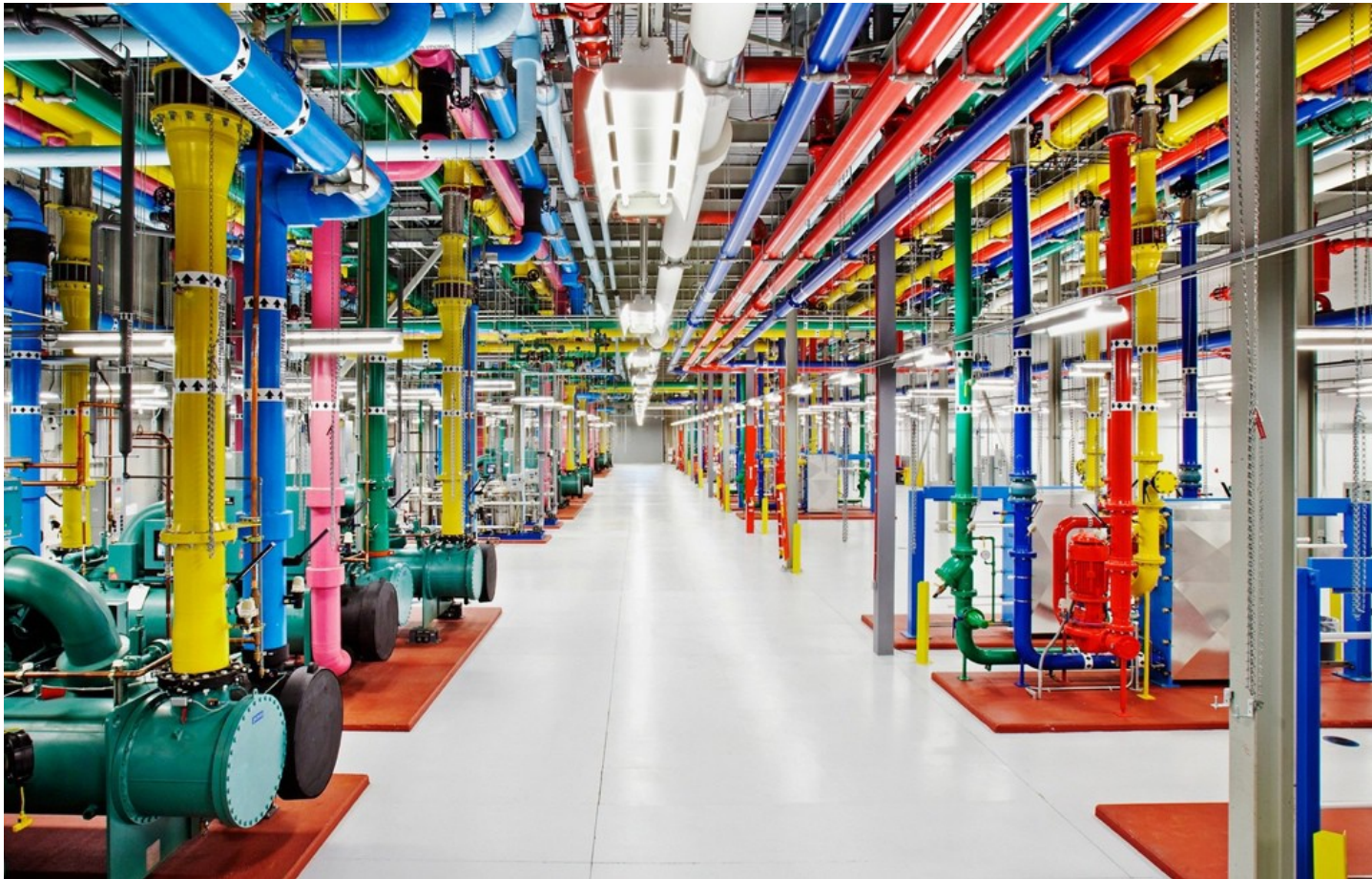


Open Racks



Offene Racks (dt. Regale) sind notwendig für die Kühlung der Computer durch Außenluft ohne Lüfter





Bunte Wasserleitungen zum Kühlen der Computer