

# Green IT in Datenbanksystemen - State of the Art -

Robert Clausing

17.12.2009



FAKULTÄT FÜR  
INFORMATIK

# Inhalt

Green IT  
in DBS

Robert  
Clausing

Motivation

Begriffe

Allgemein

Speicher

Virtualisierung

Anwendung

Fazit

Quellen

- 1 Motivation
- 2 Begriffe
- 3 Allgemein
- 4 Speicher
- 5 Virtualisierung
- 6 Anwendung
- 7 Fazit
- 8 Quellen

- frühere Änderungen langsam
- Temperaturanstieg in letzten 100 Jahren um ca.  $0,74^{\circ}\text{C}$
- UN-Klimaforscher:  $+6,4^{\circ}\text{C}$  bis 2100 möglich
- Ursache: Verbrennung von Kohle, Gas, Öl, ...
- wenn Kehrtwende trotzdem Überschwemmungen und Dürren
- 2% des weltweiten  $\text{CO}_2$ -Austoßes aus IT-Branche

## Green IT

- Sammelbezeichnung für umweltfreundliche Herstellung/Betrieb/Entsorgung von Geräten der IT
- Energieaufwand bei wachsenden Anforderungen gleich halten bzw. reduzieren

## TCO

- *Total Cost of Ownership*
- Abrechnungsverfahren
- Anschaffungskosten + Folgekosten

# Allgemein

Green IT  
in DBS

Robert  
Clausing

Motivation

Begriffe

Allgemein

Speicher

Virtualisierung

Anwendung

Fazit

Quellen

- CPU: multi-core, dynamische Frequenzen
- Energiesparmodi bei Festplatten
- Temperaturregelung/Abwärmenutzung
- Hardware als erster Ansatz

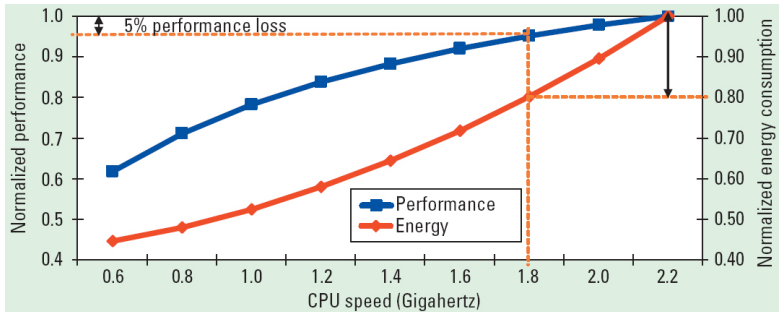


Abbildung: Vergleich Energie-Leistung [Feng, Feng, Ge: 2008]

# Massive Array Of Idle Disks

Green IT  
in DBS

Robert  
Clausing

Motivation

Begriffe

Allgemein

Speicher

Virtualisierung

Anwendung

Fazit

Quellen

- *kurz MAID*
- Sinn bzgl. Verbrauch: Ruhezeit-Anschalten  $> 0$
- Antwortzeit
  - Arbeitsspeicher oder SSD als Cache
  - Datenaustausch zwischen Disks,  $< 50\%$   
Verbrauchsreduktion, erhöhte Antwortzeit,  
[Workload-Adaptive Management of Energy-Smart Disk  
Storage Systems - Otoo, Rotem, Tsao - 2009]

# Massive Array Of Idle Disks

Green IT  
in DBS

Robert  
Clausing

Motivation

Begriffe

Allgemein

Speicher

Virtualisierung

Anwendung

Fazit

Quellen

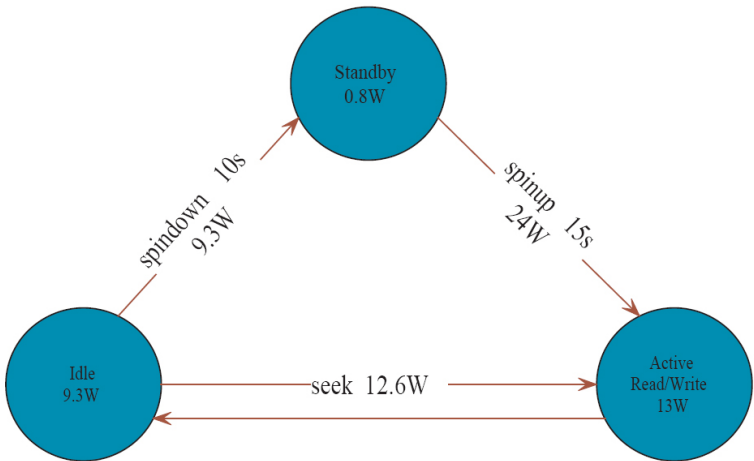


Abbildung: Seagate ST3500630AS [Otoo, Rotem, Tsao: 2009]

# Solid State Drive

Green IT  
in DBS

Robert  
Clausing

Motivation

Begriffe

Allgemein

Speicher

Virtualisierung

Anwendung

Fazit

Quellen

- *kurz SSD*, auch NAND/Flash
- zuverlässig
- lautlos
- energieeffizient: Faktor  $>15$   
Bsp.: 3100 Lese- und 55 Schreibop.  $\leftrightarrow$  13 Op. pro Watt
- Problem
  - wahlfreies Schreiben: 2-4mal schlechter
  - begrenzte Wiederbeschreibbarkeit: aktuell 5 Millionen
  - Preis: 20-25fache/GB

$$\frac{2M(\text{Wiederbeschreibbarkeit}) \times 64GB(\text{Kapazität})}{80MB/s(\text{Schreibgeschwindigkeit})} = 51\text{Jahre}$$

# Solid State Drive

Green IT  
in DBS

Robert  
Clausing

Motivation

Begriffe

Allgemein

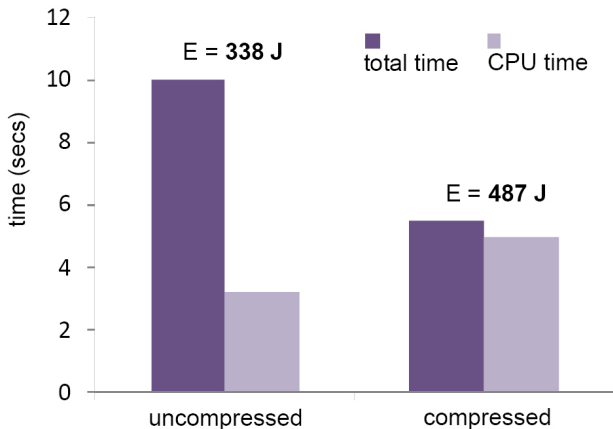
Speicher

Virtualisierung

Anwendung

Fazit

Quellen



**Abbildung:** Scan-Experiment mit einer CPU und 3 SSDs  
[Harizopoulos, Shah, Meza, Ranganathan: 2009]

# Virtualisierung und Konsolidierung

Green IT  
in DBS

Robert  
Clausing

Motivation

Begriffe

Allgemein

Speicher

Virtualisierung

Anwendung

Fazit

Quellen

- Strom/Kühlung bei 10% Last gleich 75% Last (IDC/IBM)
  - Entwicklung: dedizierter Server → Serverkonsolidierung
  - Idee Virt.: Entkopplung von Hardware und Softwareressourcen
- 
- durchschnittlicher Konsolidierungsfaktor 10:1
  - Reduzierung der Hardware/Wartung/Kühlung/Platz
  - VMs unabhängig voneinander
  - VM-Image

# Virtualisierung und Konsolidierung

Green IT  
in DBS

Robert  
Clausing

Motivation

Begriffe

Allgemein

Speicher

Virtualisierung

Anwendung

Fazit

Quellen

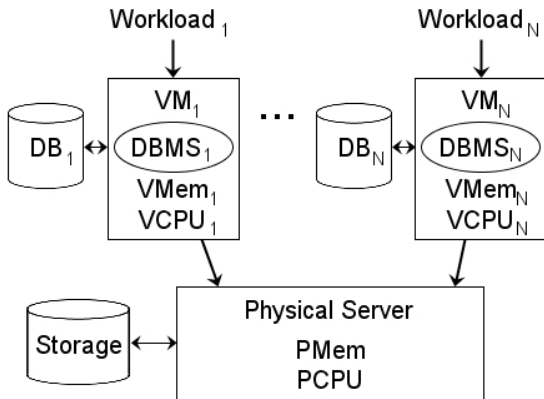


Abbildung: Virtualisierung [Soror, Aboulnaga, Salem: 2007]

- durch Popularität: z.B. Intel VT/AMD-V
- Techniken: Vollvirtualisierung, Para-Virtualisierung
- Herausforderung für Optimierer:
  - vorliegende Zugriffspfade
  - DB-Statistiken
  - Parameter, die Ressourcen beschreiben

# IBM „Big Green“ in Böblingen

Green IT  
in DBS

Robert  
Clausing

Motivation

Begriffe

Allgemein

Speicher

Virtualisierung






Anwendung





Fazit

Quellen

- 1 Diagnose
  - z.B. Server ausschalten bzw. in Energiesparmodus
- 2 Konstruieren
  - Abwärme für Brauchwasser-Erwärmung und Heizung
  - ca. 60 Server auf  $6m^2$
- 3 Virtualisieren
  - (Linux-/Unix-)Server, Speicher, Software und Netzwerke
- 4 Kühlen
  - Klimaanlage mit Wärmetauschern
- 5 Managen & Messen
  - Active Energy Manager - zusätzlich intelligente Stromleisten (iPDU's)

- Studie IHK Niederbayern (2009): über 90% aller mittelständischen Unternehmen kennen den Energiebedarf ihres Rechenzentrums nicht
- „nice to have“ → Umweltbewusstsein/min. TCO
- Gartner: Etablierung von Servervirtualisierung bis 2012
- Zukunft:
  - DBMS in virtueller Umgebung mit neuer Speicherhierarchie (*kühler, leiser, platzsparend*)
  - neues Design

-  Goetz Graefe, „Database servers tailored to improve energy efficiency“, 2008
-  Goetz Graefe, „The Five-Minute Rule 20 Years Later (and how flash memory changes the rules)“, 2009
-  W. Feng, X. Feng, R. Ge, „Green Supercomputing Comes of Age“, 2008
-  Z. Kerekes, Link zum Artikel „SSD Myths and Legends - write endurance“, 2007
-  T. Härder, K. Schmidt, Y. Ou, S. Bächle, „Towards Flash Disk Use in Databases - Keeping Performance While Saving Energy?“, 2009

-  Umar Farooq Minhas, „A Performance Evaluation of Database Systems on Virtual Machines“, 2007
-  A. Otoo, Rotem, Tsao, „Workload-Adaptive Management of Energy-Smart Disk Storage Systems“, 2009
-  S. Harizopoulos, J. Meza, M. Shah, P. Ranganathan, „Energy Efficiency: The New Holy Grail of Data Management Systems Research“, 2009
-  M. Zukowski, S. Héman, N. Nes, P. Boncz, „Cooperative Scans: Dynamic Bandwidth Sharing in a DBMS“, 2007