



Energiesparmechanismen bei Festplatten und Speichersystemen

**Seminar „Grüne Informationstechnik“
Sommersemester 2008**

26.05.2008

Maik Häsner



Agenda

1. Einleitung und Motivation
2. Magnetbänder
3. Festplatten
4. Speichersysteme
5. Zusammenfassung



1. Einleitung und Motivation

- Massenspeicher 25 – 30% der Energieausgaben für IT Infrastruktur
- Speichersysteme ~17% der Energieausgaben in Rechenzentrum
- Markt wächst rasant an



1. Einleitung und Motivation

- Statistiken
 - National Climatic Data Center speichert über 1,2 Petabyte, täglich kommen 224 Gigabyte hinzu
 - CERN: 3,5 Petabyte (Aug 2007)

26.05.2008

Maik Häsner

4 / 35

(Quelle: <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/monitoring.html>
<http://www.cern.de/>)



Agenda

1. Einleitung und Motivation
- 2. Magnetbänder**
3. Festplatten
4. Speichersysteme
5. Zusammenfassung

2. Magnetbänder



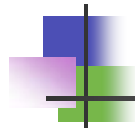
26.05.2008

Maik Häsner

6 / 35

- besteht aus einer langen, schmalen Kunststofffolie, die mit einem magnetisierbaren Material beschichtet ist
- Kunststofffolie auf Spulen aufgewickelt, welche oft in Kassetten eingebaut ist

(Quelle: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7c/LTO2-cart-wo-top-shell.jpg>)



2. Magnetbänder



26.05.2008

Maik Häsner

7 / 35

- Magnetbänder werden meist in „Tape-Librarys“ (dt. Bandbibliothek) aufbewahrt
- „Tape-Librarys“ enthalten neben den Magnetbändern Bandlaufwerke zum Lesen/Schreiben der Magnetbänder
- „Tape-Librarys“ können Magnetbänder automatisch in Bandlaufwerke einlegen



2. Magnetbänder

- Vorteile:
 - brauchen unbenutzt keinen Strom
 - erzeugen keine Abwärme
 - hohe Kapazitäten (bis zu 500GB)
 - lang lagerbar



2. Magnetbänder

- Nachteile:
 - lange Ladezeit (> 10s)
 - hohe durchschnittliche Suchzeiten (> 40s)
=> hohe Zugriffszeiten
 - begrenzte Anzahl von Zugriffen (mind. 10.000 Loads/ Unloads)
 - langsame Transferraten (max. 100 MB/s)

26.05.2008

Maik Häsner

9 / 35

Die Nachteile von Magnetbänder sind die lange Ladezeit des Bandes, welches mind. 10 Sekunden dauert. Danach muss meist noch an die richtige Position im Band gespult werden, was die Zugriffszeit noch einmal um mind. 40 Sekunden erhöht.

Diese hohe Zugriffszeiten schränken die Benutzung von Magnetbändern sehr stark ein, so dass Magnetbänder meist nur zur Archivierung eingesetzt werden können. Hinzu kommt die geringe Anzahl an Zugriffen in dem „Leben“ eines Magnetbandes, so dass ein häufiger Zugriff nicht möglich ist. Im Vergleich dazu sind bei Festplatten >50.000 Ein- und Ausschaltzyklen, wobei vor allem Serverfestplatten für ein Dauerbetrieb ausgelegt sind.



Agenda

1. Einleitung und Motivation
2. Magnetbänder
- 3. Festplatten**
4. Speichersysteme
5. Zusammenfassung

3. Festplatten



26.05.2008

Maik Häsner

11 / 35

Aufbau:

- eine oder mehrere drehbare Magnetplatten (engl. Platter)
- Elektromotor als Antrieb für Magnetplatten
- Schreib-Lese-Köpfe (Heads)
- Aktuatorarm (Arm für Schreib-Lese-Kopf)
- Aktuator
- Steuerelektronik

Funktionsweise:

- Magnetscheiben rotieren und erzeugen durch Reibung der Luft an der Scheibenoberfläche ein Luftpolster
- Schreib-/Leseköpfe schweben dadurch 10 bis 20nm über Plattenoberfläche und werden durch Aktuator bewegt
- zum Schutz der Scheiben-Oberflächen vor Aufsetzen der Schreib-/Leseköpfe (head-crash) fahren diese vor dem Ausschalten der Festplatte in die Landezone (landing zone)
- Speicherung der Daten erfolgt durch gezielter Magnetisierung kleinster Flächen auf der Magnetscheibe
- Steuerung durch Steuerelektronik

technische Daten von Festplatten:

- Rotationsgeschwindigkeit: bis 15.000 U/min
- Formfaktoren von 24" (erste Festplatte); 5,25" (bis ca. 1997); 3,5"; 2,5" und 1,8" (seit 2003)
- Anzahl der Magnetscheiben: 1 bis 10
- Verbrauch von max. ~20 Watt



3. Festplatten

- entscheidende Variablen für Energieverbrauch:
 - Rotationsgeschwindigkeit
 - Durchmesser der Magnetscheiben
 - Anzahl der Magnetscheiben

26.05.2008

Maik Häsner

12 / 35

Entscheidende Variablen, die zur Reduktion der Leistungsaufnahme von Festplatten dienen, sind die Rotationsgeschwindigkeit der Magnetscheiben, der Durchmesser dieser und die Anzahl.



3. Festplatten

- Rotationsgeschwindigkeit
 - höhere Rotationsgeschwindigkeit impliziert höheren Energieverbrauch
 - => drosseln bei Nichtbenutzung (ähnlich zu Prozessoren)
 - Problem: headcrash möglich

26.05.2008

Maik Häsner

13 / 35

Aktuell ist der Trend, dass die Rotationsgeschwindigkeit bei Festplatten immer mehr zunimmt. Der Energieverbrauch steigt dadurch konstant an. Deshalb arbeiten Festplattenhersteller daran die Rotationsgeschwindigkeit während des Betriebs ähnlich zu den Prozessoren dynamisch zu verändern bzw. zu drosseln. Zur Zeit ist es jedoch nicht möglich, ohne den Lese-/Schreibkopf in der Landezone zu parken, die Rotationsgeschwindigkeit zu minimieren. Grund dafür ist, dass durch die Verringerung der Rotationsgeschwindigkeit das Luftpolster kleiner wird und somit der Lese-/Schreibkopf auf der Plattenoberfläche aufschlagen kann (head-crash). Dies kann zu Datenverlust oder sogar Zerstörung der Festplatte führen.



3. Festplatten

- Durchmesser der Magnetscheiben
 - Verringerung des Durchmessers reduziert Energieverbrauch
 - Tendenz geht zu immer kleineren Festplatten (z.Z. Übergang von 3,5“ auf 2,5“)
 - Aber: Performanceverlust

26.05.2008

Maik Häsner

14 / 35

Durch Verringerung des Durchmessers wird der Energieverbrauch reduziert. Die Miniaturisierung spielt hier eine entscheidende Rolle. Die letzten Jahre zeigen, dass dadurch der Durchmesser kontinuierlich verringert wird. Von 24“ (erste Festplatte) über 5,25“ (bis ca. 1997) zu 3,5“. Notebookfestplatten besitzen 2,5“ und werden teilweise schon in aktuellen Desktop PCs verbaut.

Nachteile von den aktuellen 2,5“ Festplatten gegenüber den älteren 3,5 Zoller sind die geringeren Kapazitäten (500GB vs. 1000GB), geringere Transferraten (60MB/s vs. 130MB/s) und geringere Zugriffszeiten (12ms vs. 5ms).



3. Festplatten

- Anzahl der Magnetscheiben
 - bei Single-Platter nur Energie für Rotation von einer Platte bzw. Steuerung von einem Lese-/ Schreibkopf benötigt
 - Single-Platter produzieren weniger Abwärme als Multi-Platter
 - => benötigen weniger Kühlung

26.05.2008

Maik Häsner

15 / 35

Je mehr Scheiben, desto mehr Energie wird für die Rotation benötigt. Außerdem existieren dann entsprechend der Anzahl der Magnetscheiben auch Lese-/Schreibköpfe, die gesteuert werden müssen. Deshalb verbrauchen Festplatten mit nur einer Scheibe (Single-Platter) in der Regel weniger als Multi-Platter.

Zu den positive Nebeneffekten gehört, dass Single-Platter kühler laufen, weshalb weniger Kühlung benötigt wird.



3. Festplatten

- Stromsparfeatures bei Western Digital:
 - IntelliPower
 - IntelliPark
 - IntelliSeek
 - „Mit Hilfe der WD IntelliSeek, IntelliPark und IntelliPower Technologien konnte der Energieverbrauch im Vergleich zu Produkten anderer Hersteller um bis zu 40% reduziert werden.“ (WD)

26.05.2008

Maik Häsner

16 / 35

Western Digital, ein führender Festplattenhersteller beim Energiesparen, entwickelte verschiedene Techniken zum Sparen von Energie. Hierdurch konnten (laut Angaben von Western Digital auf der Homepage <http://www.wdc.com/de/>) der Energieverbrauch gegenüber anderen Herstellern bis zu 40% gesenkt werden.



3. Festplatten

- IntelliPower:

„IntelliPower - ein sorgfältig abgestimmtes Gleichgewicht von Umdrehungsgeschwindigkeit, Übertragungsrate und Cache-Algorithmen, das sowohl beträchtliche Stromersparungen, als auch eine solide Leistung ermöglicht. Darüber hinaus benötigen GreenPower Festplatten beim Systemstart weniger Strom, [...]“ (WD)

26.05.2008

Maik Häsner

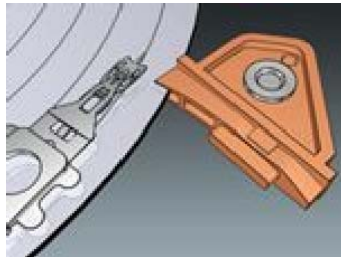
17 / 35

(Quelle: <http://www.wdc.com/de/products/greenpower/technology.asp?language=de>)



3. Festplatten

- IntelliPark:
„Automatisches Entladen der Köpfe im
Ruhezustand senkt den Luftwiderstand und
so auch den Stromverbrauch.“ (WD)



26.05.2008

Maik Häsner

18 / 35

(Quelle: <http://www.wdc.com/de/products/greenpower/technology.asp?language=de>)



3. Festplatten

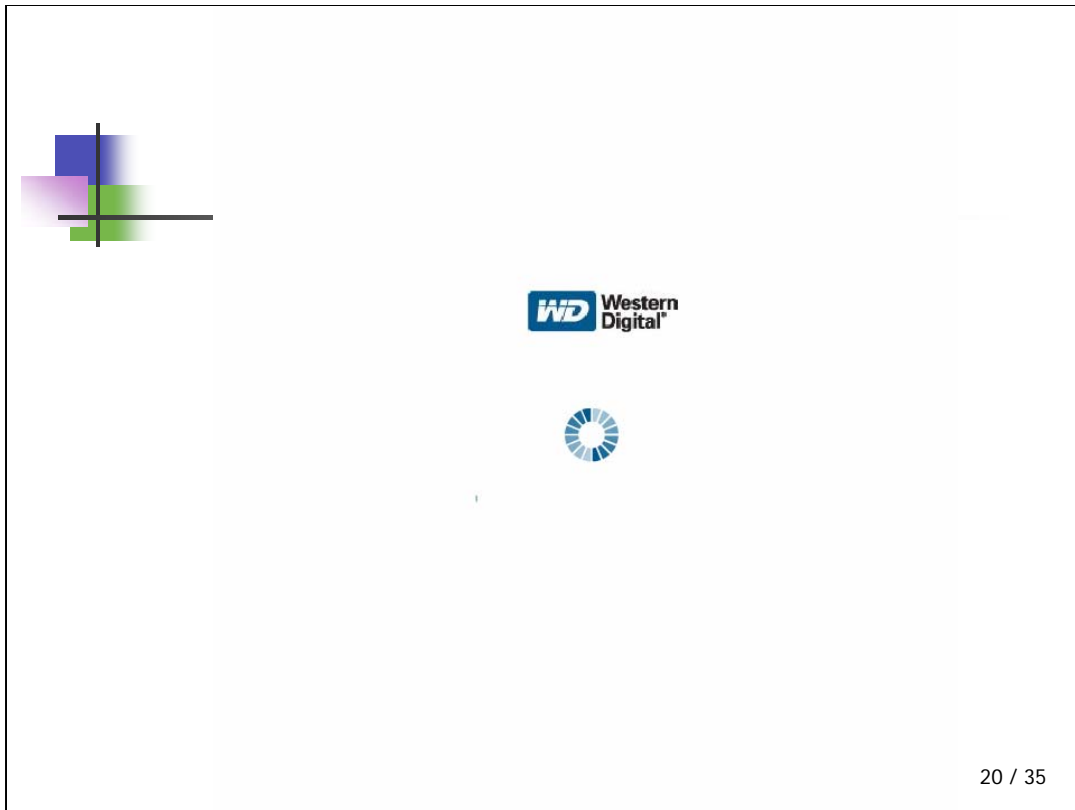
- IntelliSeek:
„Errechnet die optimalen Suchgeschwindigkeiten zur Senkung des Stromverbrauchs, der Geräusentwicklung und der Vibration.“ (WD)

26.05.2008

Maik Häsner

19 / 35

(Quelle: <http://www.wdc.com/de/products/greenpower/technology.asp?language=de>)



(Quelle: <http://www.wdc.com/de/flash/index.asp?family=intelliseek>)



3. Festplatten

- typische Modi bei Energieeinsparungen
 - Bsp. Hitachi Deskstar 7K400

Power Mode	Power Saving	Recovery Time
Normal	0 %	0 s
Unload Heads	24 %	0,7 s
Low RPM	51 %	7 s
Standby / Sleep	89 %	15 s

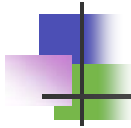
26.05.2008

Maik Häsner

21 / 35

Hitachi hat 2004 basierend auf der Deskstar 7K400 Energieeinsparungen berechnet. Hierbei bedeutet „Normal“ der normale Betrieb der Festplatte, bei „Unload Heads“ werden die Lese-Schreibköpfe in die Parkposition gefahren, bei „Low RPM“ wird die Drehgeschwindigkeit (Rounds Per Minute) reduziert und bei „Standby / Sleep“ wird die Festplatte in einen Schlafmodus versetzt, in welchem der Elektromotor als Antrieb der Magnetplatten abgeschaltet wird.

Zu erkennen ist, dass die Aufwachzeit (Recovery Time) bei „Unload Heads“ relativ gering ist und trotzdem 24% der Energie gespart werden kann. Im Gegensatz dazu benötigt die Festplatte 15 Sekunden, um aus dem „Standby / Sleep“ Modus in den betriebsbereiten Modus zu wechseln. Durch diese lange Aufwachzeit werden die Energiesparmodi in zum Beispiel High-Availability (HA) Systemen oder Rechenzentren unbrauchbar.



3. Festplatten

Leistungsaufnahme diverser Festplatten:

Hersteller	Modell	Jahr	Rot. in U/min	Größe in Zoll	Verbrauch in Watt (Start)	GB / Watt
WD	WD3200BEVT	Okt 2007	5.400	2,5	2,5	128
WD	WD1500ADFD	Apr 2006	10.000	3,5	10,01	15
Samsung	HE753LJ	Jul 2007	7.200	3,5	7,9 (27,6)	95
Samsung	HU040HA	N/A (2008)	3.600	1,3	0,75 (1,2)	53
Seagate	ST973451SS	Mär 2007	15.000	2,5	5,8	13
Seagate	ST9250827AS	Feb 2008	5.400	2,5	2,0 (5,0)	125
Hitachi	HUS154545VL S300	Apr 2008	15.000	3,5	17,9	25
Hitachi	5K500	Jan 2008	5.400	2,5	1,9 (5,0)	263

26.05.2008

Maik Häsner

22 / 35

Vergleich von Festplatten mit verschiedenen Eigenschaften (Rotationsgeschwindigkeit, Größe). Zu erkennen ist, dass:

- mit steigender Rotationsgeschwindigkeit steigt der Energieverbrauch
- mit sinkender Größe sinkt der Energieverbrauch, Ausnahme bildet die neu entwickelte Festplatte von Seagate mit 15.000 Umdrehungen pro Minute
- die Festplattengröße sinkt mit der Zeit (zur Zeit der Übergang von 3,5" zu 2,5", kleinere Festplatten in der Entwicklung) und somit auch der Energieverbrauch
- die Rotationsgeschwindigkeiten steigen mit der Zeit (für z.B. Serveranwendungen), gleichzeitig werden Festplatten mit geringer Rotationsgeschwindigkeit entwickelt (für z.B. Notebooks)
- der Energieverbrauch für den Start der Festplatten liegt deutlich höher als für den normalen Betrieb
- die Effizienz der Festplatten (hier durch Gigabyte pro Watt definiert) ist bei den 2,5" Festplatten mit 5.400 U/min am besten. Festplatten mit hoher Rotationsgeschwindigkeit sind dagegen sehr ineffizient. Hierdurch ist erkennbar, dass die Rotationsgeschwindigkeit mehr Einfluss auf die Effizienz besitzt, als die Größe einer Festplatte

(Quelle: Homepages der jeweiligen Festplattenhersteller)



3. Festplatten

- **hdparm:** (<http://sourceforge.net/projects/hdparm/>)
 - Open Source Programm zum Lesen/ Setzen von Parameter für ATA Laufwerke
 - nützliche Parameter:
 - -B (set Advanced Power Management setting)
 - -M (set/get Acoustic Management)
 - -S (set Standby Timeout)
 - -y (put drive to Standby Mode)
 - -Y (put drive to Sleep Mode)



26.05.2008

Maik Häsner

23 / 35

(Quelle: <http://sourceforge.net/projects/hdparm/>)



Agenda

1. Einleitung und Motivation
2. Magnetbänder
3. Festplatten
4. **Speichersysteme**
5. Zusammenfassung



4. Speichersysteme

- speichern große Datenmengen
- häufig Verwendung von RAID (redundant array of independent disks)
- Festplatten laufen ständig, auch ohne Benutzung
- Aber: nur 10 - 20 % der gespeicherten Daten werden permanent benötigt

26.05.2008

Maik Häsner

25 / 35

Speichersysteme zeichnen sich dadurch aus, dass sie große Mengen an Daten dauerhaft speichern. Als Speichermedien können gewöhnliche CDs oder DVDs (zum „nur lesen“) verwendet werden, aber auch Festplatten oder Flash-Speicher.

Häufig werden RAID Systeme verwendet, um die Daten redundant zu Speichern und so vor einem Verlust zu schützen. Durch diese Mehrfachspeicherung werden mehr Festplatten benötigt und dadurch mehr Energie. Des Weiteren befinden sich die Festplatten in einem Dauerbetrieb, obwohl nur 10 – 20% der gespeicherten Daten permanent benötigt werden.



4. Speichersysteme

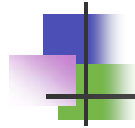


26.05.2008

Maik Häsner

26 / 35

(Quelle: <http://blogs.sun.com/JamesSimon/resource/blade3.jpg>)



4. Speichersysteme

- Green Data Center:
 - energieeffiziente Hardware
 - Virtualisierung / Thin Provisioning
 - MAID
 - HSM/ ILM

26.05.2008

Maik Häsner

27 / 35

Der Markt für grüne Software teilt sich derzeit in Lösungen für die Virtualisierung und das System-Management auf. Mit Hilfe von Virtualisierungssoftware lassen sich beispielsweise Infrastrukturen in Rechenzentren konsolidieren und damit effizienter und kostensparender gestalten. Ein sehr offener Definitionsversuch könnte wie folgt lauten: Virtualisierung bezeichnet Methoden, die es erlauben, Ressourcen eines Computers zusammenzufassen oder aufzuteilen. (Quelle:

[http://de.wikipedia.org/wiki/Virtualisierung_\(Informatik\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Virtualisierung_(Informatik)))

Der Markt für grünes System-Management ist nach Ansicht der Marktforscher jedoch erst am entstehen. Die meisten System-Management-Werkzeuge können zwar Temperaturen in Servern und Storage-Systemen überwachen, nicht aber den tatsächlichen aktuellen Energiebedarf. Hier soll es in den nächsten Jahren deutliche Fortschritte geben. (Quelle:

<http://www.computerwoche.de/virtualdatacenter/energieeffizienz/expertenwissen/1864339/>)

Eine andere Technik ist das Thin Provisioning. Dabei wird mit Hilfe einer Art von Virtualisierung die Plattenauslastung und deren Speicherkapazitäten in den Arrays dynamisch angepasst bzw. zugewiesen. Hierdurch kann die Plattenauslastung so verschoben werden, dass einige Platten nicht benutzt werden müssen und somit in den Standby Modus versetzt werden können.



4. Speichersysteme

- MAID (Massive Array of Idle Disks)
 - besteht aus mehreren Festplatten (ähnlich wie RAID)
 - Ziel: Abschaltung von nicht gebrauchten Festplatten zur Senkung des Energieverbrauchs
 - noch unausgereifte Technologie
 - „**Caching**“ oder „**Data Migration**“

26.05.2008

Maik Häsner

28 / 35

Die Grundidee von MAID ist, dass ein Verbund von mehreren Festplatten in zwei Typen unterteilt werden. Zum Einen existieren Festplatten, die ständig in Betrieb sind und auf welche ein häufiger Zugriff statt findet und zum Anderen existieren die Festplatten, auf welche seltener zugegriffen wird und die somit in den Standby Modus oder abgeschaltet werden können. Dadurch wird nur ein Teil der vorhandenen Festplatten benötigt und der Rest kann in ein stromsparendem Modus laufen, wodurch Energie eingespart wird. Die Herausforderung liegt darin, effizient zu definieren, welche Festplatten zu welchem der beiden Typen zugeordnet werden. Das Problem liegt darin, dass meist die Daten auf verschiedenen Festplatten verteilt liegen. Hierfür ist eine Abbildung von Nöten, damit beim Speichern/ Lesen der Daten diese gefunden werden.

MAID ist noch eine relativ unausgereifte Technologie, welche aber in den letzten Jahren konsequent weiterentwickelt wurde. Zur Zeit existieren zwei Arten von MAID namens „Caching“ und „Data Migration“.



4. Speichersysteme

- Caching:
 - Unterteilung in “Active Drives” für Cache und “Passive Drive” für eigentliche Daten
 - Schreiben: Daten auf “Active Drives” schreiben bis Limit erreicht, danach auf entsprechende “Passive Drives” verschieben
 - Lesen: suchen von Daten in “Active Drive”, falls erfolglos “Passive Drive”

26.05.2008

Maik Häsner

29 / 35

Beim „Caching“ werden die Festplatten im Speichersystem in „Active Drive“ und „Passive Drive“ unterteilt. „Active Drives“ sind Festplatten, die sich immer in Betrieb befinden. Die Aufgabe von diesen Festplatten ist das Zwischenspeichern (caching) von Daten.

Wenn Daten geschrieben werden, werden sie zuerst auf die „Active Drives“ gespeichert. Dies geschieht so lange, bis ein Limit erreicht wird. Dies kann z.B. sein, dass alle „Active Drives“ voll sind. Falls dies geschieht, müssen die jeweiligen „Passive Drives“ angeschaltet und die Daten geschrieben werden. Hierzu wird eine Zuordnungstabelle angelegt, um nachzuvollziehen, welche Daten auf welchem „Passive Drive“ liegen.

Beim Lesen der Daten wird zuerst geprüft, ob diese im Cache (in den „Active Drives“) vorhanden sind. Falls dies der Fall ist (cache hit), können sie direkt ausgelesen werden, ohne dass ein „Passive Drive“ angeschaltet werden muss. Falls die Daten nicht im Cache liegen (cache miss) wird anhand der Zuordnungstabelle geprüft, auf welchen „Passive Drives“ die benötigten Daten liegen, um sie dann auszulesen.

Durch „Caching“ wird erreicht, dass nur die „Active Drives“ permanent laufen und alle anderen Festplatten („Passive Drives“) nur bei cache-misses (Lesen) oder wenn der cache voll ist (schreiben) benötigt werden.



4. Speichersysteme

- Probleme bei Caching:
 - benötigt Abbildung von Daten auf Festplatten
 - Effizienz/ Wartung bei großer Anzahl an Festplatten (> 1000 Stück) schwierig
 - Welche Caching Strategien?
 - Redundanz von Daten

26.05.2008

Maik Häsner

30 / 35

Probleme:

- Abbildung von Daten auf die „Passive Drives“ muss im Vorfeld festgelegt werden. Hierbei existieren noch keine wirklich praxistauglichen Strategien zum Erstellen von optimalen Abbildungen
- Wartung bei hoher Anzahl von Festplatten schwierig, vor allem die Wartung der Abbildungstabelle
- es existieren verschiedene Caching Strategien (write-back, write-through, write-allocate, non-write-allocate) und deren Auswahl muss sorgfältig überlegt sein.
- durch den Cache werden manche Daten mehrfach auf jeweils „Active Drives“ und „Passive Drives“ gespeichert, so dass mehr Festplatten benötigt werden, was zu einem höheren Energieverbrauch führt



4. Speichersysteme

- Data Migration:
 - Verteilung der Daten auf unterschiedliche Festplatten nach ihrer Zugriffswahrscheinlichkeit
 - benötigt Abbildung von Daten auf Festplatten
 - keine redundanten Daten

26.05.2008

Maik Häsner

31 / 35

Bei „Data Migration“ werden die Daten nach ihrer Zugriffswahrscheinlichkeit auf die Festplatten verteilt. Dadurch können Festplatten, welche Daten mit wenig Zugriffen speichern, häufiger abgeschaltet werden und sparen somit Energie. Zusätzlich wird eine Zuordnungstabelle benötigt, in welcher gespeichert wird, auf welcher Festplatte welche Daten liegen. Dies erzeugt, abhängig von der Gesamtanzahl an Daten, Overhead. Außerdem ist es schwierig im Vorfeld die Zugriffswahrscheinlichkeiten für Daten zu bestimmen. Zusätzlich können sich diese Wahrscheinlichkeiten im Laufe der Zeit ändern, wodurch die Abbildungstabelle schwierig zu warten ist. Positiv an „Data Migration“ ist, dass keine Daten redundant sind.



4. Speichersysteme

- HSM (Hierarchisches Speichermanagement)
 - Auslagern von länger unbenutzten Daten auf eine niedrigere Speicherhierarchiestufe
- ILM (Informationslebenszyklusmanagement)
 - Speicherstrategie, die Informationen je nach Wert und Nutzungshäufigkeit auf dem jeweils geeignetsten Medium ablegt

26.05.2008

Maik Häsner

32 / 35

Hierarchisches Speichermanagement bedeutet, dass verschiedene Ebenen, welche unterschiedliche Speichermedien besitzen, existieren. Auf der obersten Ebene werden schnelle Speichermedien (hohe Zugriffszeiten, große Transferraten usw.) verwendet. Länger unbenutzte Daten werden dann schrittweise auf eine niedrigere Hierarchiestufe verschoben, häufiger benutzte auf höhere Hierarchiestufen. Somit werden z.B. weniger schnelle Speichermedien (hohe Hierarchiestufe) benötigt, welche mehr Energie verbrauchen, als Speichermedien in einer niedrigeren Hierarchiestufe.

Informationslebenszyklusmanagement (ILM) sind Strategien, Methoden und Anwendungen um Information automatisiert entsprechend ihrem Wert und ihrer Nutzung optimal auf dem jeweils kostengünstigsten Speichermedium bereitzustellen, zu erschließen und langfristig sicher aufzubewahren.



Agenda

1. Einleitung und Motivation
2. Magnetbänder
3. Festplatten
4. Speichersysteme
- 5. Zusammenfassung**



5. Zusammenfassung

- Comeback von Magnetbänder
- Reduktion von Durchmesser, Rotationsgeschwindigkeit und Anzahl der Magnetscheiben bei Festplatten
- Festplatten mit verschiedenen Modi
- MAID als erster wirklicher „grüner“ Ansatz für Speichersysteme
- HSM/ ILM in Großrechner schon üblich
- Virtualisierung kaum verbreitet



Ausblick

- Neue Entwicklungen / Zukunft
 - Solid-State-Drive (SSD)
 - Hybridfestplatte (HHD)
 - Holographic Storage (2009 mit 300 GB, mehrere TB sollen möglich sein)

26.05.2008

Maik Häsner

35 / 35

Ein Solid State Drive (SSD) ist ein Speichermedium, das nur aus Speicherchips aufgebaut ist und ähnlich wie eine Festplatte angesprochen werden kann. Es existieren zwei Arten verwendeter Speicherchips: Flash-basierte und SDRAM-basierte Speicherchips.

Flash-Chips:

- besonders energieeffizient
- Inhalt bleibt gespeichert, auch wenn kein Strom vorhanden ist
- ~10 Jahre haltbar
- nur begrenzte Anzahl an Schreibzyklen

SDRAM-Chips:

- verbrauchen mehr Energie als Festplatten
- flüchtiges Speichermedium, d.h. der Inhalt bleibt nach dessen Abschaltung nicht erhalten
- Vorteil liegt in den sehr hohen Transferraten
- „unendliche“ Wiederbeschreibbarkeit
- werden z.Z. überwiegend zum Speichern von temporären Daten verwendet

Bei der Hybridfestplatte (Hybrid Hard Disk, HHD) wird eine herkömmliche Festplatte mit einem Solid-State-Speicher kombiniert. Hierbei dient der Solid-State-Speicher als Zwischenspeicher, wo Daten bei mehrfacher Verwendung abgelegt werden können, wodurch durch die höheren Zugriffszeiten ein schnellerer Zugriff auf die Daten stattfinden kann.

Holografisches Speichersystem soll 2009 erscheinen und wird von InPhase Technologies entwickelt. Ein Laufwerk soll 18.000 US-Dollar, ein ein Mal beschreibbares 300-GByte-Medium 180 US-Dollar kosten. (Quelle:

<http://www.heise.de/newsticker/Holografischer-Speicher-vor-der-Markteinfuehrung--/meldung/106746>



Literaturverzeichnis

- NETWORKWORLD: <http://www.networkworld.com/research/2007/110207-green-data-center-eight-ways.html>
- COMPUTERWOCHE: <http://www.computerwoche.de/virtualdatacenter/energieeffizienz/expertenwissen/1854323/>
- WIKIPEDIA: http://de.wikipedia.org/wiki/Thin_Provisioning
- WIKIPEDIA: http://de.wikipedia.org/wiki/Solid_State_Drive
- HEISE Meldung: <http://www.heise.de/newsticker/Holografischer-Speicher-vor-der-Markteinfuehrung--/meldung/106746>
- WESTERN DIGITAL Homepage: <http://www.westerndigital.com/>
- SEAGATE Homepage: <http://www.seagate.com/>
- SAMSUNG Homepage: <http://www.samsung.com/>
- HITACHI DATA SYSTEMS Homepage: <http://www.eu.hds.com/>
- SPEICHERGUIDE: <http://www.speicherguide.de/>
- B. FEDDERN: „Platten-Karussell“, c't 2008, Heft 4, S. 104-107
- H. WIEHR: „Es grünt so grün“, iX extra 4/2008, S. VIII - IX
- H. WIEHR: „Drehmoment“, iX extra 4/2008, S. X - XIII

26.05.2008

Maik Häsner

36 / 35

Links zuletzt am 14.07.2008 geprüft.