

Systemverwaltung (Vorl. und Blockveranstaltung) SS 2010

14.04. bis 14.07.2010
26.07. bis 06.08.2010

Arnold Kühnel, Carsten Schäuble,
Rolf Dietze, Tatjana Heuser



Systemverwaltung

Organisation

- Veranstalter
A. Kühnel, C. Schäuble, R. Dietze, Tatjana Heuser
- Zeit 14.04.-14.07.10 (2h wöchentlich)
- und 26.07.-06.08.10 (2x3h täglich)

Näheres s.

<https://www.mi.fu-berlin.de/w/Tec/ArtLehreSystemverwaltung2010>



1 Einleitung

- 1. Einleitung (Arnold)
 - RAID
- 2. Verzeichnisdienste (Carsten)
 - Korn-Shell, Bash, sed, awk, vi, scripting, Powershell
- 3. Verschiedenes (Rolf)
 - IBM i5, AIX
- 4. Bash (Tatjana)



1 Einleitung

- Überblick
- Teilnahmebestätigung
- Teilnehmerliste
- Scheinanforderungen
- Übersicht und Unterlagen

<https://www.mi.fu-berlin.de/w/Tec/ArtLehreSystemverwaltung2010>

2. Hardware

entfällt

3. RAID

RAID - redundant array of inexpensive disks

vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/RAID>

3.1 Einführung

- Zur ausgewogenen/optimalen Leistungssteigerung unter Kostengesichtspunkten müssen alle „hinreichend“ performant sein.
- Berühmte „Gesetze“ der Prognostizierung
 - Gene Amdahls Gesetz (1967):
 - Beschleunigung von Programmen durch parallele Ausführung
 - Je CPU-Instruktion/s = 1 Byte Hauptspeicher
 - Gordon Moores Gesetz (1965):
 - #Transistoren = $2^{(\text{Jahr}-1964)}$
 - Bill Joys Gesetz (1985):
 - MIPS = $2^{(\text{Jahr}-1984)}$
 - ❖ Niklaus Wirths Gesetz (1995):
 - SW wird in kürzeren Abständen langsamer als die HW schneller

3.1 Einführung

- Folgerungen aus dem Amdahlschen Gesetz
 - Quantitativer Aspekt: Große Verbesserungen im Mikroprozessorbereich verbessern die Gesamtperformanz nur, wenn gleichzeitig der Sekundärspeicher verbessert wird.
 - Qualitativer Aspekt: Schnelle Mikroprozessoren ermöglichen neue Anwendungen in der Bildverarbeitung, Videos, Hypertextanwendungen, Explorationsauswertungen
Existierende Anwendungen können mehr Daten verwenden



3.1 Einführung

- Mehr Daten fallen an durch
 - Größere Konzentration/Zentralisierung,
 - wachsende Bedeutung und Abhängigkeit von remote Diensten
- Frage nach der
 - Verlässlichkeit der Daten
 - Verfügbarkeit der Daten
- Frage nach der Verlässlichkeit der Komponenten
 - Antworten durch Fehlerabschätzungen
 - MTTF (Mean-Time-To-Failure) / AFR (Annualized Failure Rate)
 - MTTR (Mean-Time-To-Repair)
 - MTBF (Mean-Time-Between-Failure)
 - MTTDL (Mean-Time-To-Data-Loss)
 - Availability = $MTTF / (MTTF + MTTR)$

3.1 Einführung

- Schätzung
 - 90% der produzierten Information wird auf magnetischen Medien gespeichert, davon der größte Teil auf Festplatten
 - Wie sicher sind die Daten?
 - Wie kann eine Erhöhung der Sicherheit, Verfügbarkeit erreicht werden?

3.1 Einführung

- Redundant Array of Inexpensive Disks -> Redundant Array of Independent Disks
 - Performanz und Ausfallsicherheit
 - Besseres Preis-/Leistungsverhältnis als bei SLED
 - Viele Anwendungen brauchen Platz größer als eine Platte
 - Hat sich in den letzten 20 Jahren fast bis in den Heimbereich durchgesetzt

3.1 Einführung

- Prinzipien

- Viele Platten in einem Array werden wie eine einzelne große und schnelle Platte angesprochen
 - Mehr Kapazität durch Striping über viele Platten
 - Leistungssteigerung durch Parallelisierung
 - Kostensenkung durch Verwendung billiger Festplatten
-
- Verbesserung der Zuverlässigkeit durch Verwendung von Redundanzen
 - RAID bietet viele Vorteile verglichen mit der Benutzung separater Platten, aber nicht für jede Anwendung gleich

3.2 Geschichte

- Bereits 1978 U.S.-Patent 4 092 732 „System for recovering data stored in failed memory unit“ von N. K. Ouchi
- 1981 IBM mit dem ersten Produkt
- 1987 Prägung des Begriffes durch Patterson, Gibson, Katz
 - keine Beschreibung einzelner Produkte sondern Typen von RAIDs
 - Einstufung nach fünf RAID Levels (1-5)
 - Fehlerabschätzungen

3.2 Literatur

- Literatur:
 - Patterson, Gibson, Katz: A Case for Redundant Arrays of Inexpensive Disks (RAID), ACM SIGMOD, Chicago, June 1988.
 - Chen, Lee, Gibson, Katz, Patterson: RAID: High-Performance, Reliable Secondary Storage. ACM Computing Surveys, 26(2), pp. 145-185, June 1994

3.3 Übersicht

- RAID Level 0 - Striping: Verteilung der Datenblöcke über mehrere Festplatten durch Striping ohne Parity
- RAID Level 1 – Spiegelung/Duplexing: Die Daten eines Laufwerks werden auf ein zweites gespielt. Dabei spricht man von
 - Spiegelung: Die gesamte Platte wird auf eine zweite gespiegelt (kein Striping, volle Redundanz) über den gleichen I/O-Kanal gespielt.
 - Duplexing: Jede Platte hat einen eigenen I/O-Kanal
- RAID Level 2 – Bit-by-bit striping: Daten werden in Bitfolgen fester Größe zerlegt, mittels Hamming-Code bearbeitet und die Bits auf einzelne Platten verteilt (ECC)

3.3 Übersicht

- RAID Level 3 – Byte-by-byte striping:
Bitweise-Verteilung auf einzelne Platten mit Redundanz (excl. XOR) auf einer Paritätsplatte
- RAID Level 4 – Block-by-block striping:
Wie RAID-Level 3, nur daß Daten und Paritäten blockweise abgelegt werden
- RAID Level 5 – Striping mit verteilter Parität:
Wie RAID-Level 4, nur daß die Paritäten blockweise auf alle Platten verteilt werden
- RAID Level 6: Striping mit doppelter Redundanz:
RAID-5-Parität wird Parität-Informationen auf Basis von Reed-Solomon-Codes ergänzt.

3.3 Übersicht

- Level 1 bis 5 wurden von Patterson u.a. vorgestellt
- Level 0 und 6 kamen später durch die Industrie hinzu
- Viele weitere Versionen wurde seitdem entwickelt
- U.a. wurden verschiedene Levels kombiniert

3.3 RAID-Vorteile

- Höhere Datensicherheit
- Fehlertoleranz
- Verbesserte Erreichbarkeit
- Erhöhte integrierte Kapazität
- Verbesserte Performance

3.3 RAID-Kosten

- Planung und Design
- Hardware
- Software
- Installation und Training
- Maintenance



3.3 RAID-Grenzen

- RAID ist kein Allheilmittel gegen Datenverlust
 - Bei Benutzerfehlern
 - Gegen Schäden durch Viren, Würmern
 - Bei Ausfall von HW
 - Bei mehrfachen Ausfall von Platten
 - Bei Kontrollerausfall
 - Nichtverfügbarkeit wg. Stromausfall
- Backup nicht vernachlässigen!

3.4 RAID - Methoden

- Physikalische und logische Arrays und Platten
- Spiegelung
- Duplexing
- Striping
 - Größe, Weite
- Parity
 - Einfache Berechnung durch „exklusives Oder“ oder „XOR“
 - $A \text{ XOR } A = A - A = (0,0,0,0)^T = \text{Id}$
 - $A \text{ XOR } B = B \text{ XOR } A$
 - kann leicht in HW erfolgen
 - Spiegelung = $A \text{ XOR } \text{NULL}$

Input		Output	
#1	#2	„oder“	„XOR“
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	1	1
1	1	1	0

3.4 RAID-Operationen

- $P = A \text{ XOR } B \text{ XOR } C \text{ XOR } D$
- Ausfall von P: Neuberechnung
- Ausfall z. B. von Platte B:
 - $P \text{ XOR } A \text{ XOR } C \text{ XOR } D$
= $(A \text{ XOR } B \text{ XOR } C \text{ XOR } D) \text{ XOR } (A \text{ XOR } C \text{ XOR } D)$
= B
- Neuberechnung der Parität bei Änderung z.B. in Platte C
 - $P' = A \text{ XOR } B \text{ XOR } C' \text{ XOR } D$ (3 Op., 3x Lesen alter Daten)
= $C' \text{ XOR } A \text{ XOR } B \text{ XOR } D$
= $C' \text{ XOR } C \text{ XOR } C \text{ XOR } A \text{ XOR } B \text{ XOR } D$
= $C' \text{ XOR } C \text{ XOR } P$ (2 Op., 2x Lesen alter Daten)

3.4 RAID-Anforderungen

- Zuverlässigkeit:
 - MTTF (Mean-Time-To-Failure) / AFR (Annualized Failure Rate)
- Wartbarkeit
 - MTTR (Mean-Time-To-Repair)
- Verfügbarkeit
 - $A = \text{MTTF} / (\text{MTTF} + \text{MTTR})$
 - MTBF (Mean-Time-Between-Failure)
 - Theoretische und operationelle MTBF
 - $\text{MTBF} = \text{MTTF} + \text{MTTR}$
 - $\text{MTBF} = 1 / (1/\text{MTBF}_1 + 1/\text{MTBF}_2 + \dots + 1/\text{MTBF}_n)$
 - $\text{MTBF} = \text{MTBF}_i / n$ (bei Gleichheit für $1 \leq i \leq n$)
 - $\text{MTBF}_i = 1 \text{ Mill. h}, 1 \leq i \leq 4,$
 - $\text{MTBF}_5 = 0,5 \text{ Mill. h}$
 - ⇒ $\text{MTBF} = 222.222 \text{ h}$

3.4 RAID-Anforderungen

- Fehlerbetrachtungen:
 - MTTF (Mean-Time-To-Failure) / AFR (Annualized Failure Rate)
 - MTTR (Mean-Time-To-Repair)
 - MTBF (Mean-Time-Between-Failure)
 - MTDDL (Mean-Time-To-Data-Loss)
 - Availability = $MTTF / (MTTF + MTTR)$

$$MTDDL = \frac{MTTF(disk1) \cdot MTTF(disk2)}{N \cdot (N - 1) \cdot MTTR(disk1)}$$

$$MTDDL = \frac{MTTF(disk1) \cdot MTTF(disk2) \cdot MTTF(disk3)}{N \cdot (N - 1) \cdot (N - 2) \cdot MTTR^2(disk)}$$

3.4 RAID-Anforderungen

- Servicezeit
- Garantiezeit
- Start-/Stopzyklen
- Fehlerrate
 - Nicht behebbare Fehlerquote $< 10^N$ mit $12 \leq N \leq 15$

3.4 RAID-Anforderungen

- Fehlertoleranz:
 - Trotz HW-Problemen bzw. Ausfall kein Verlust und Erreichbarkeit von Daten (keine Unterbrechung notwendig)
Das System tritt in den „degraded Status“ ein und muß wieder hergestellt werden.

Unterschiedlich bei den verschiedenen RAID-Level realisiert.

RAID 0 : 0

RAID 1–5: 1

RAID 6 : 2

Hängt auch von der Zuverlässigkeit der anderen Komponenten wie Controller (Duplexing) und Stromversorgung ab

3.4 RAID-Anforderungen

- Erreichbarkeit:
 - Trotz HW-Problemen bzw. Ausfall kein Verlust und Erreichbarkeit von Daten (keine Unterbrechung notwendig)
Das System tritt in den „degraded Status“ ein und muß wieder hergestellt werden.
 - Hängt von vielen Faktoren und Eigenschaften ab:
 - Hardware Zuverlässigkeit
 - Fehlertoleranz
 - Hot Swapping
 - Automatische Rebuild
 - Service

3.4 RAID-Performance

- Ursprünglich wegen Fehlertoleranz entwickelt, rückt heute nach Zuverlässigkeit, Erreichbarkeit und Fehlertoleranz die Performance in den Vordergrund
- Performancesteigerung durch parallele Ausführung beim
 - Lesen und
 - Schreiben
 - Abhängig von random read, write bzw. sequential read, write
- Unterschiede durch die angewandte RAID-Technik
 - Spiegelung (Lesen besser, Schreiben langsamer als bei einer Pl.)
 - Striping ohne Parität (Lesen und Schreiben etwa gleich gut)
 - Striping mit Parität (Lesen gut, Schreiben aufwendig)

3.4 RAID-Performance

- Streifenweite und –größe
 - Streifenweite/Stripe width:

Anzahl der Streifen, die gleichzeitig geschrieben oder gelesen werden können (= #Platten in einem Array)

 - Performance steigt mit größerer Weite
 - Streifengröße/Stripe size (block size, chunk size, stripe length, granularity):

Größe eines Streifens, der auf eine Platte geschrieben werden kann (Vielfaches der Blockgröße; bei Byte-striping (Level 3) ein Byte oder eine kleine Zahl wie 512, die nicht vom Benutzer wählbar ist).

 - Bei kleiner Streifengröße werden Daten über mehr Platten parallel verteilt. Der Schreibvorgang wird dann beschleunigt. Die Gesamtzeit für die Plattenkopffositionierung steigt.
 - Bei Erhöhung der Streifengröße belegt ein File eine geringe Anzahl an Platten. Das Schreiben des einzelnen Files wird verlangsamt. Wenn der RAID-Kontroller entsprechend optimiert ist, können die nicht benutzten Platten für den nächsten Schreibvorgang benutzt werden. Die Gesamtzeit für die Plattenkopffositionierung verringert sich.

3.4 RAID-Performance

- Kritische Situationen
 - Plattenausfall/Degraded state:
 - RAID 0: keine Sicherheit
 - RAID 1, 3 – 5: bei Ausfall einer Platte Weiterbetrieb möglich, aber keine Redundanz mehr
 - RAID 6: bei zwei Plattenausfälle keine Redundanz mehr
 - Plattenwiederherstellung/Rebuilding:
 - Automatische / manuelle Wiederherstellung
 - Reserveplatte als hot spare, hot swap oder cold swap
- Kontrollerausfall
- Stromausfall

3.4 RAID - DDF

- Ist der RAID-Aufbau von bestimmten Produkten wie Kontroller abhängig? Oder - anders gefragt - ist das RAID-Format herstellerabhängig? Oberhalb von RAID 5 verschiedene z.T. herstellerabhängige Formate.
- Storage Networking Industry Association (SNIA)
 - Eine Non-Profit-Handelsvereinigung von Produzenten und Verbrauchern zum Zwecke einer Standardisierung von Speichernetzwerken des Datenformats für RAID-Systeme (DDF)

<http://www.snia.org/>

http://www.snia.org/tech_activities/standards/curr_standards/ddf

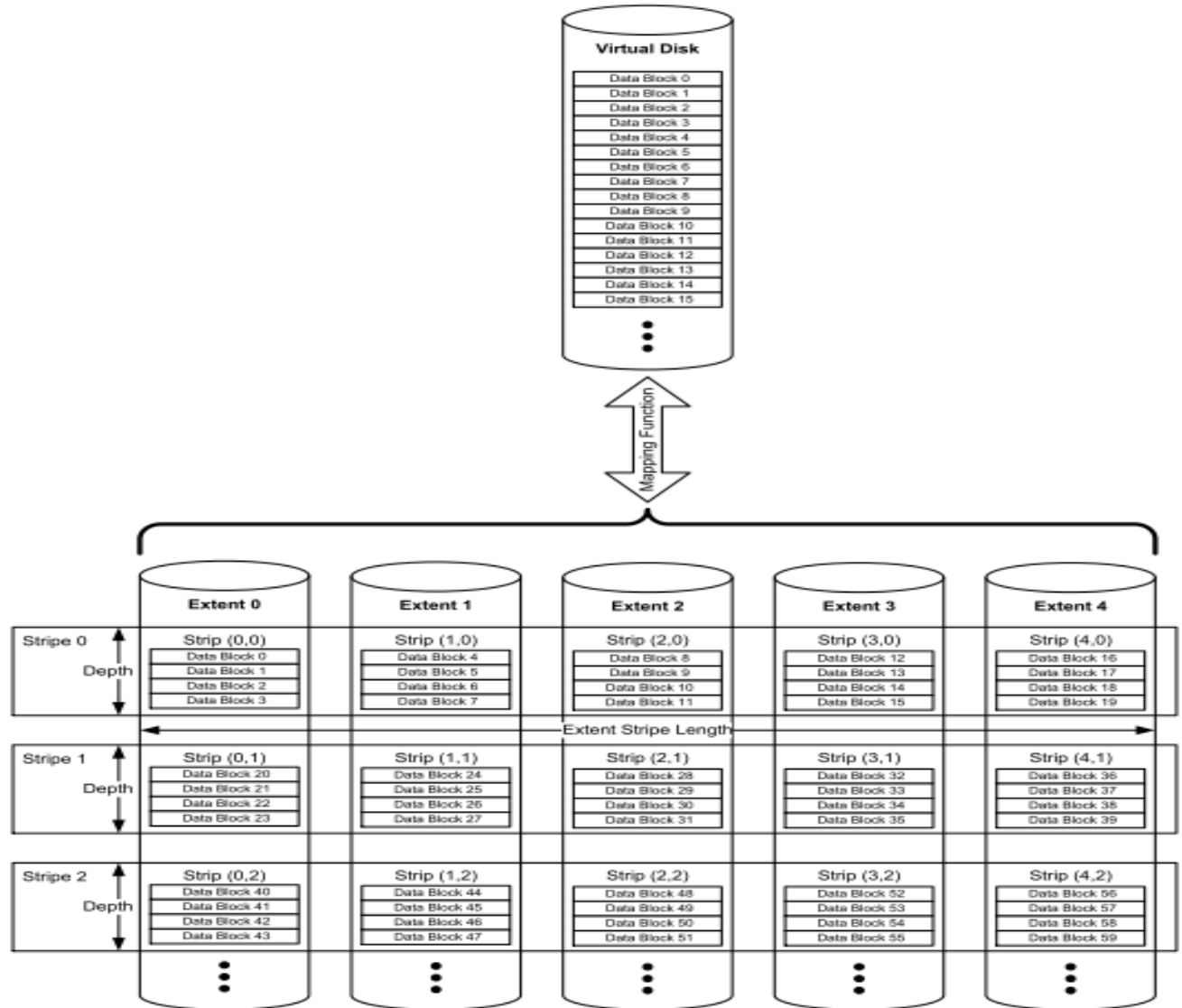
3.4 RAID - DDF

- Disk Data Format (DDF)
 - Beschreibt Datenformatierung über mehrere Platten im RAID
 - Ermöglicht ein Mindestmaß an Interoperabilität zwischen verschiedenen Herstellern von RAID Technologie
 - Übernahme von Userdaten in RAID Level 1
 - Informationen zur RAID-Struktur auf Daten- und Paritätsplatten, Hotspare-Platten und NVRAM des Controllers
 - Partitionierung, RAID Level und Cache-Parameter für jede virtuelle Platte
 - Größe der Streifen (stripes; abhängig von der Plattenanzahl)
 - Tiefe der Streifen (depth; #Cluster pro Platte und Streifen)
 - Unterschiedliche Lage der Parität bei Rotation
 - L5: linke oder rechte Diagonale
 - L3: erste oder letzte Platte
 - L1E:

3.4 RAID - DDF

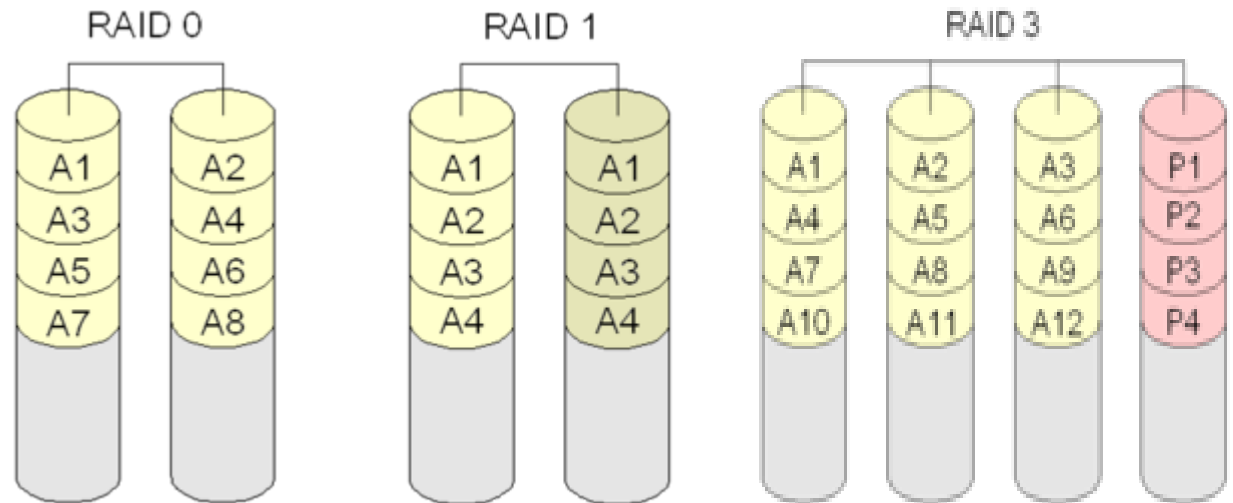
- Disk Data Format (DDF)
 - Varianten mit Hot-Spare-Bereiche
 - Zusätzliche Platte
 - Reservierung auf Daten- und Paritätsplatten

Von SNIA
 Extent (Platte)
 Stripe (Streifen)
 Depth, Chunk (Tiefe)



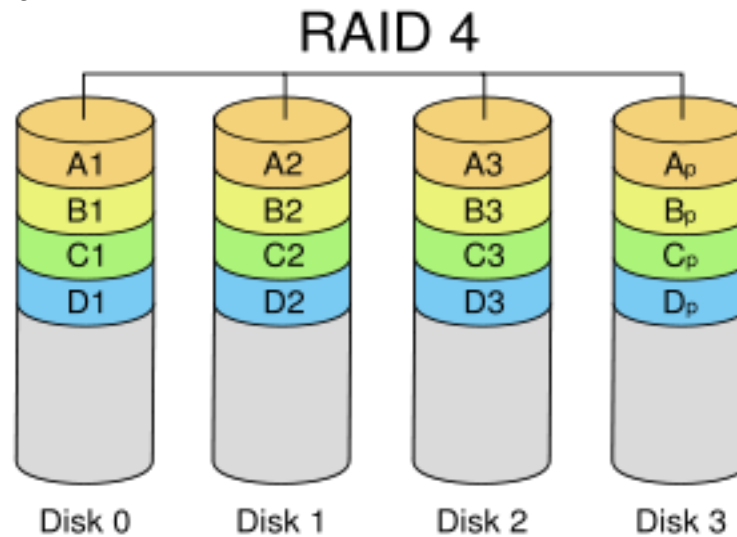
3.4 Hardware – RAID

- RAID 0
- RAID 1
- RAID 3



3.4 Hardware – RAID

- Nicht verteilte Parität



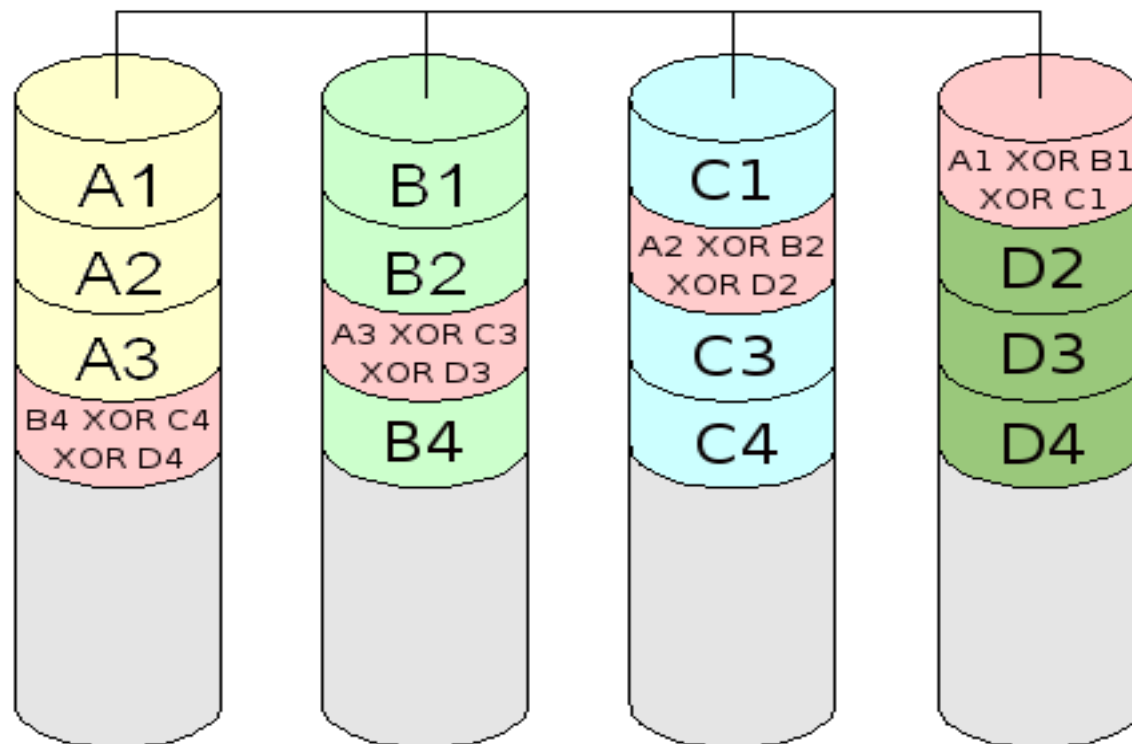
Daten auf Disk 0 - 2

Parität auf Disk 3

3.4 Hardware – RAID

- Verteilte Parität

RAID 5



3.4 Hardware – RAID

- Verlässlichkeit
 - Performance -> RAID 10 (0+1)
 - Hohe Kapazitäten und besten Schutz gegen Auszeiten und Datenverlust -> RAID 6
- Datenverlust beim Rebuild (Beispiel von Intel):

Bei einem Array mit 60 Laufwerken muß unter normalen Betriebsbedingungen und gleichen Fehlerwahrscheinlichkeiten damit gerechnet werden für

RAID 5: nach 6 Monaten durch zweifachen Totalausfall oder einem Totalausfall und einem zusätzlichen Bad Block Failure

RAID 6: nach 25 Jahren

3.4 RAID-Anforderungen

- Fehlerbetrachtungen:
 - Beim Rebuild müssen alle Sektoren fehlerfrei bearbeitet werden können
 - Probleme durch defekte Platten, defekte Plattensektoren, Einzelbitfehler

$$MTTDL = \frac{MTTF(disk1) \cdot MTTF(disk2)}{N \cdot (N - 1) \cdot MTTR(disk1)}$$

$$MTTDL = \frac{MTTF(disk1) \cdot MTTF(disk2) \cdot MTTF(disk3)}{N \cdot (N - 1) \cdot (N - 2) \cdot MTTR^2(disk)}$$

3.4 Hardware – RAID

Eine Prüfsumme ist nicht genug

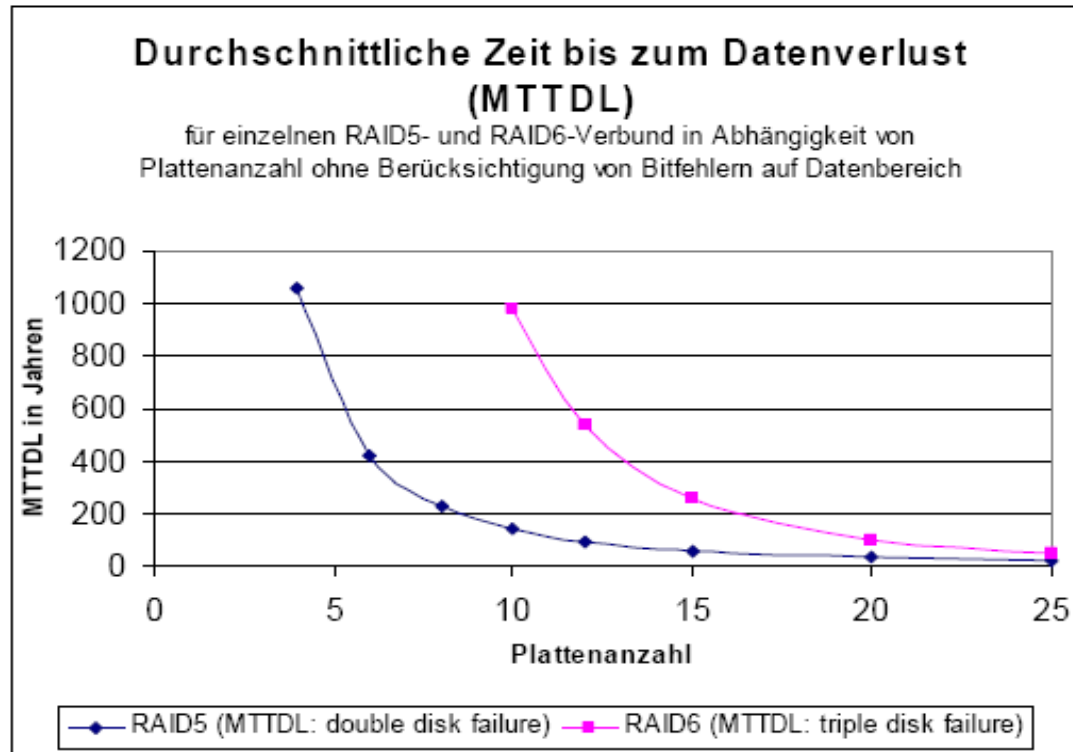


Abbildung 1: Berechnungsgrundlage $MTTF(\text{disk1})=200000\text{h}$, $MTTF(\text{disk2})=20000\text{h}$, $MTTF(\text{disk3})=2000\text{h}$, $MTTR=36\text{h}$

3.4 Hardware – RAID

Eine Prüfsumme ist nicht genug

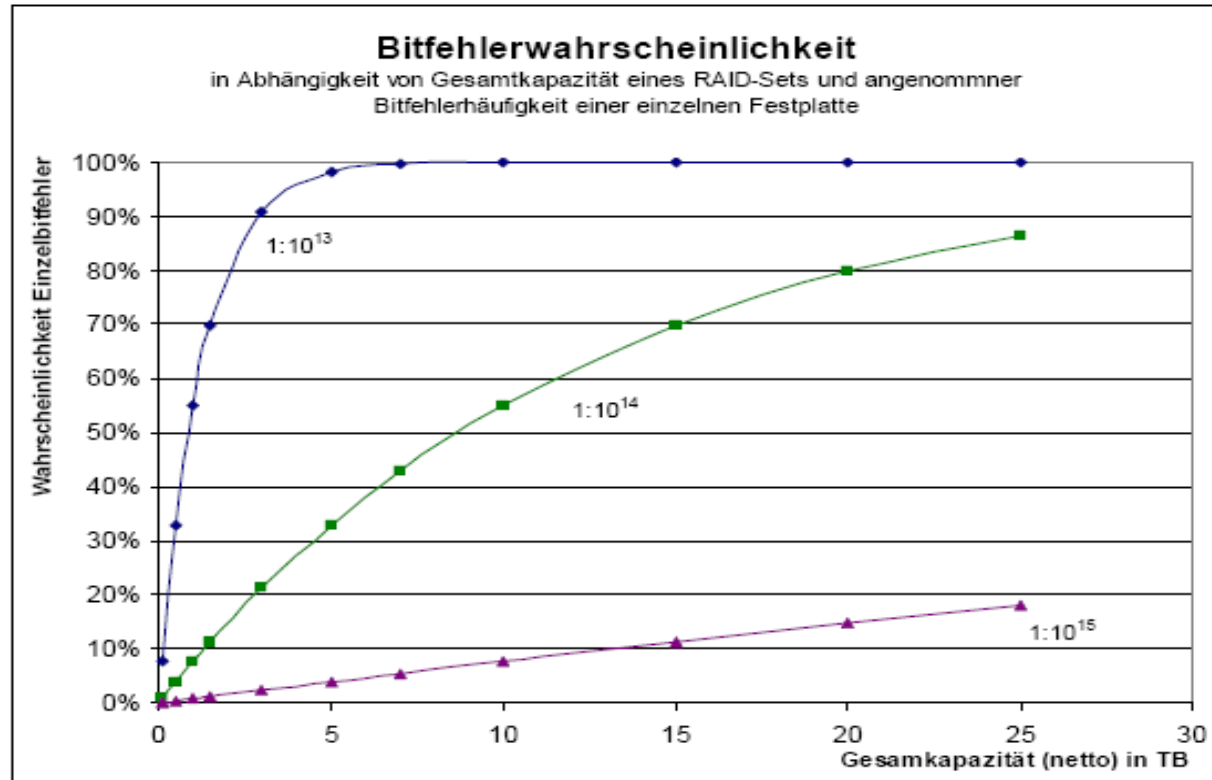
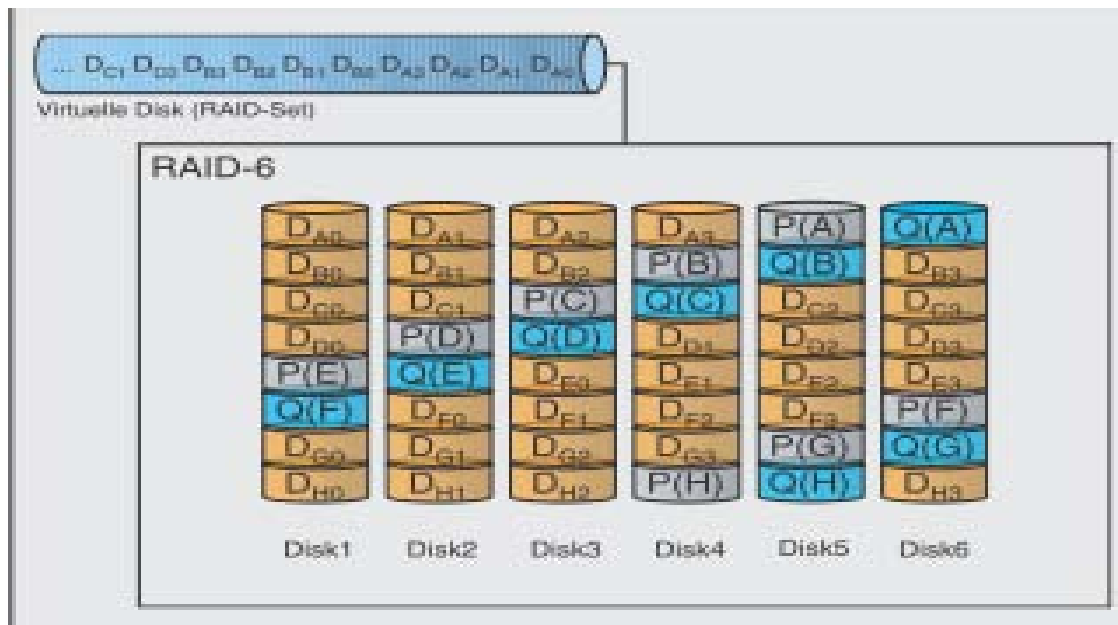


Abbildung 2: Bitfehlerwahrscheinlichkeiten für unterschiedliche Bitfehlerraten

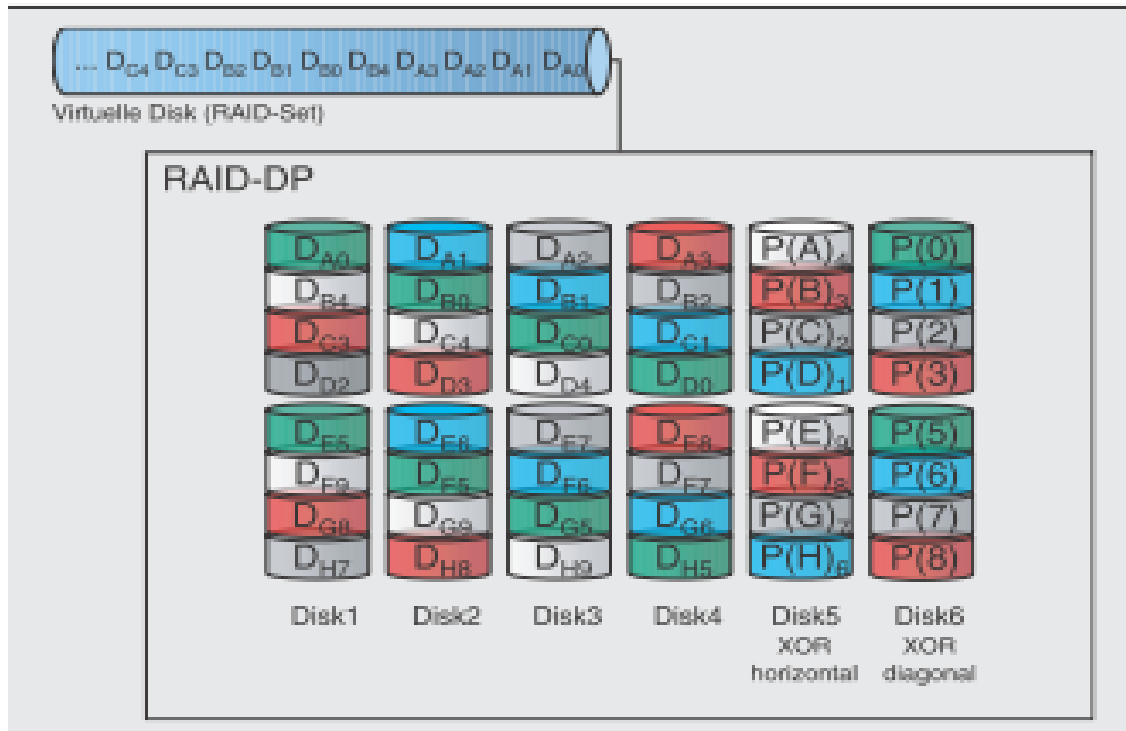
3.4 Hardware – RAID

- RAID 6
 - Horizontale und diagonale Prüfsummen P und Q mittels Reed-Solomon-Code (bei 2^8 Platten => P durch XOR)



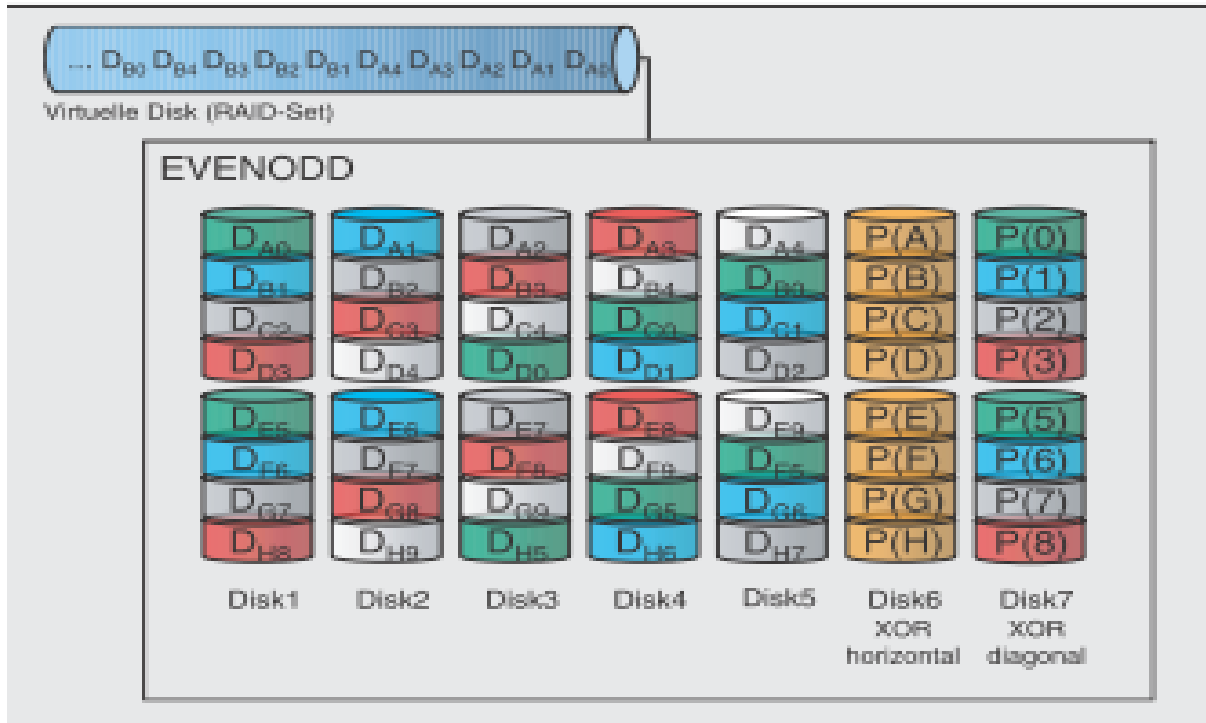
3.4 Hardware – RAID

- Zweifaches XOR im RAID-4 Stil
 - RAID DP von Network Appliance - Anzahl der Datenplatten für die horizontale Prüfsumme muß eine Primzahl sein



3.4 Hardware – RAID

- Zweifaches XOR im RAID-4 Stil
 - EVENODD – Anzahl der Datenplatten muß eine Primzahl sein



3.4 Hardware – RAID

- Zweifaches XOR im RAID-4 Stil
 - RAID 5DP (RAID 5 Double Parity von HP)
 - RAID ADP von HP

3.4 Hardware – RAID

- RAID 6 ähnliche Produkte

3.4 Hardware – RAID

- Zusammenfassung
- Anzahl der Festplatten
 - Die Anzahl der Festplatten n gibt an, wieviele Festplatten benötigt werden, um das jeweilige RAID aufzubauen.
- Nettokapazität
 - Die Nettokapazität k gibt die nutzbare Kapazität in Abhängigkeit von der Anzahl der verwendeten Festplatten n an. Dies entspricht der Anzahl der benötigten Festplatten ohne RAID, die die gleiche Speicherkapazität aufweisen.
- Ausfallsicherheit
 - Die Ausfallsicherheit s gibt an, wieviele Festplatten ohne Datenverlust ausfallen dürfen.
- Kombinations-RAIDs: Leg
 - Ein *Leg* (englisch für Bein) oder *lower level RAID* ist ein RAID-Array, welches mit anderen gleichartigen Legs über ein übergeordnetes RAID-Array (*upper level RAID*) zusammengefasst wird. Hierbei ist n_{in} Leg die Anzahl der Festplatten in einem Leg und n_{of} Leg die Anzahl der Legs im übergeordnetem Array.

3.4 Hardware – RAID

Übersicht über die Standard-RAIDs

RAID	n	k	Sicherheit	Lesen	Schreiben
0	≥ 2	n	0	++	++
1	≥ 2	1	n-1	+	=
2	≥ 3	=1	2		
3	≥ 3 (2)	n-1	1		
4	≥ 3 (2)	n-1	1		
5	≥ 3	n-1	1	+	=
6	≥ 4	n-2	2	=	=
DP	≥ 3	n-2	2		

3.4 Hardware – RAID

0	0 fail	Striping, Verschränkung
1	N-1 fail	Spiegelung, Mirroring
2	0 fail	Fehlererkennung auf HD selbst, keine Redundanz
3	1 fail	byte level striping with parity
4	1 fail	block level striping with parity
5	1 fail	block level striping with rotating parity
10	2 -> half fail	striped mirror, spiegeln und verschränken => Leistung Raid 1 x 2
6	2 fail	block level striping with rotating dual parity

3.4 Hardware – RAID

- Nutzung
 - R0: Geschwindigkeit
 - R1: hohe Sicherheit, großer Platzverlust
 - R5: R+, W~, mit Caches und als 5+0 optimal
 - R0+1: sicher und groß, 50% Verlust, für Softwareraid

3.4 Hardware – RAID

Anwendungsperformance

- Online-Transaktionssysteme (OLTP)

Konfiguration	I/O pro Lesezugriff	I/O pro Schreibzugriff	I/O pro 100 OLTP-Zugriffe*	I/O-Effizienz*
RAID-0	1	1	100	100 %
RAID-1	1	2	130	77 %
RAID-0+1	1	2	130	77 %
RAID-5	1	4	190	52 %
RAID-6	1	7	280	35 %

* basierend auf einem typischen OLTP-Mix aus 30 % Schreib- und 70 % Lese-Operationen

3.5 Hardware \leftrightarrow SW-RAID

- Software-Raid
 - Windows Server
 - Linux (LVM)
 - meist Raid 0,1 und 01
 - Direkter Laufwerkszugriff noch möglich
- Hardware-Raid
 - Systemunabhängiges Raid
 - Nur SCSI/FC-Raid ermöglicht komplette Plattenabstraktion

3.6 Hardware – RAID

- HW-Konstellationen beim Raid
 - FC 2 FC
 - FC 2 SCSI
 - FC 2 SATA
 - SCSI 2 SCSI
 - SCSI 2 SATA/PATA

3.7 Hardware – RAID

- RAID sind kein Ersatz für eine Datensicherung
 - Backup und Backup-Strategien sind deshalb eine wesentliche Aufgabe des Systemadministrators

3.8 Hardware – RAID

- SSPIRAL (Survivable Storage using Parity in Redundant Layouts)
 - Wachsendes Datenvolumen erhöht das Risiko, durch Ausfall mehrerer Platten Daten zu verlieren. Redundante Verfahren wie RAID 6 u. a. verwenden aufwendige Verfahren für die Berechnung mehrfacher Paritäten, um die Datenintegrität auch in solchen Fällen zu garantieren. Die Wiederherstellung ist zeitaufwendig. Im Normalbetrieb sind Schreibvorgänge verhältnismäßig langsam wegen der Neuberechnung der Paritäten.
 - Das SSPIRAL ist ein Schema redundanter Daten, das mit einfacher XOR-Paritätsberechnung arbeitet und gleichzeitig hohe Zuverlässigkeit und leichte Wartbarkeit garantiert.

3.8 Hardware – RAID

- SSPIRAL

- Drei Parameter zur Beschreibung

- Systemgrad (degree of the system)
- X-Anordnung (x-order)
- Gesamtknotenanzahl

- Bsp. Rechts oben:

- Grad 3
- X-Anordnung 2 – zwei Knoten (hier Platten)
Werden zur Paritätsberechnung verwendet
- 6 Knoten

- Zum Vergleich RAID 0+1 mit
gleichem Datenvolumen



(a) Pairwise-Parity (3+3 SSPIRAL)



(b) 3 pairs of mirrored disks

3.8 Hardware – RAID

- SSPiRAL
 - Der Ausfall drei beliebiger Platten kann verkraftet werden; dies im Gegensatz zu RAID 0+1, wo bei gleichzeitigem Ausfall von Daten- und zugehöriger Spiegelplatte das RAID-System crashed

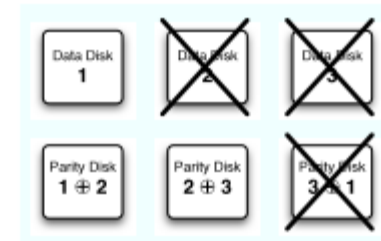


Figure 2: *SSPiRAL* data layout and the loss of three nodes.

Vgl.

<http://www2.cs.uh.edu/~paris/MYPAPERS/Snapi07.pdf>

3.9 Hardware – RAID

- Tape-RAID

3.10 Hardware – RAID

- Auswahl der Platten für RAID-Einsatz
 - SATA-Platten
 - SAS-Platten
 - FC-Platten