HEINLEIN
LINUX: AKADEMIE · SUPPORT · HOSTING

Fakten statt Bauchgefühl: RAID-Mathematik für Admins

- Heinlein Professional Linux Support GmbH
  - Holger Uhlig
  - h.uhlig@heinlein-support.de

HEINLEIN
LINUX: AKADEMIE · SUPPORT · HOSTING

Agenda:

- Was will ich?
  - MB/s vs. IOPS
- Worauf achten?
  - Berechnung von Durchsatz und IOPS
  - Manndeckung oder Libero
  - Ein Vergleich verschiedener RAID-Level
- Ab wann ist RAID-6 sinnvoll?
  - Mean Time To Data Loss
  - Bit Error Rate

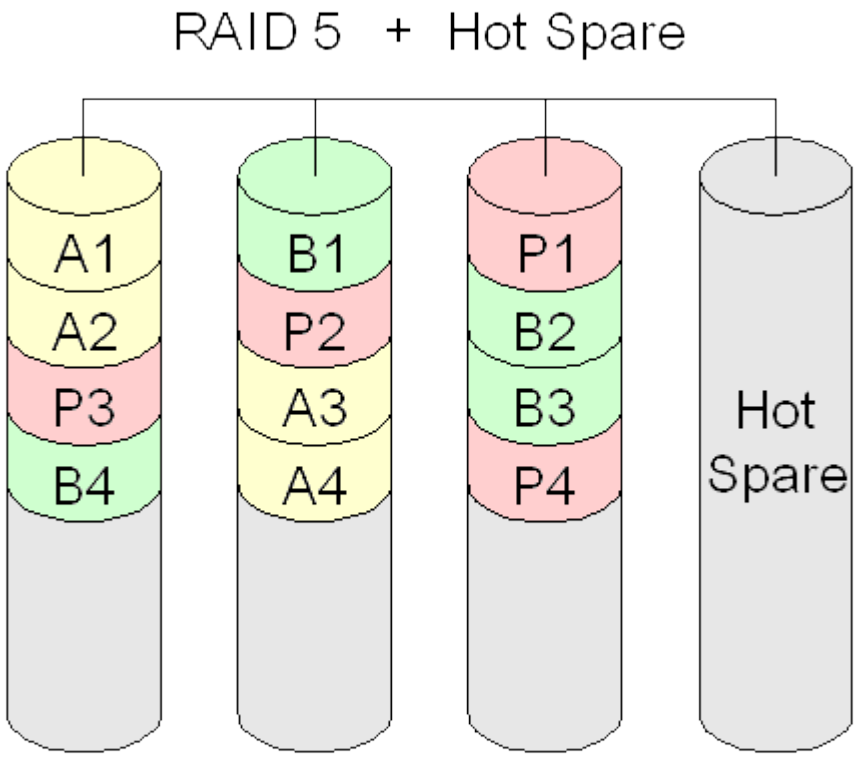
HEINLEIN
LINUX: AKADEMIE · SUPPORT · HOSTING

Was will ich?
MB/s vs. IOPS:

- „Ich kann nicht beides haben.“
  - MB/s wenn der Nachteil zur Ausrichtung mehrerer Festplattenköpfe ausgeglichen ist
  - I/Os wenn ein Request im Volumen durch eine Festplatte schneller abgearbeitet werden kann
- Faustregeln:
  - Applikationen mit gegensätzlichen I/O-Anforderungen trennen
  - I/O-Arrays isolieren (entweder sequential oder random)
- Ohne Requestmerge, Controller- / Diskcache rechnen

Worauf achten?
Kalkulation MB/s:

- Abhängigkeit definiert durch:
  - IOPS:
    I/O pro Sekunde aller Festplatten des RAID
  - TransferSize = Chunksize
- Chunk:
  - log. Datenblock einer Festplatte
- Stripe:
  - Summe aller Chunks einer Datengruppe



HEINLEIN
LINUX: AKADEMIE · SUPPORT · HOSTING

Worauf achten?
Kalkulation MB/s:

- Formel:

$$MB/s = \frac{IOPS \times TransferSize}{1024}$$

- Beispiel für 2000 IOPS bei 64KB TransferSize

$$MB/s = \frac{2000\,IOPS \times 64\,KB}{1024}$$

$$MB/s = 128.000\,KB/1024$$

$$MB/s = 125$$

HEINLEIN
LINUX: AKADEMIE · SUPPORT · HOSTING

Worauf achten?
Kalkulation IOPS:

- Formel:

$$IOPS = 1/[\,Rotation_{Latenz} + Seektime_{AVG}\,] * 1000$$

  - Rotation – Zeit für eine halbe Umdrehung
  - Seektime – Zeit der Lesekopfausrichtung (Herstellerangabe)

- Beispiel einer 72GB, 15k SAS mit 3ms Seektime

$$IOPS = 1/[\,2\text{ms} + 3\text{ms}\,] * 1000$$

$$IOPS = 1/5 * 1000$$

$$IOPS = 0{,}2 * 1000$$

$$IOPS = 200$$

HEINLEIN
LINUX: AKADEMIE · SUPPORT · HOSTING

Worauf achten?
Latenzzeit der Sektorsuche:

- Formel:

$$Rotation_{Latenz} = 1/\frac{RPM}{2}$$

- Beispiel einer 72GB, 15k SAS mit 3ms Seektime

$$Rotation_{Latenz_{AVG}} = 1/[\frac{15.000}{60.000\text{ms}}]/2$$

$$Rotation_{Latenz_{AVG}} = 4\text{ms}/2$$

$$Rotation_{Latenz_{AVG}} = 2\text{ms}$$

HEINLEIN
LINUX: AKADEMIE · SUPPORT · HOSTING

Worauf achten?
Die richtige Chunksize:

- überwiegend kleine I/Os => Chunksize etwas größer als I/O-Size
  - Ziel: Request wird nur von einer Platte bedient
  - Vorteil: andere Platten können weitere I/O-Requests bedienen
  - Beispiel: Mailserver (Maildir besitzt viele kleine Dateien 4-7KB)

- überwiegend grosse I/Os => Chunksize so klein wie sinnvoll :-)
  - Ziel: Lese/Schreibgeschwindigkeit beteiligter Platten bündeln
  - Nachteil: Positionierungszeit aller Platten
  - Beispiel: Video-/Downloadportale (grosse Dateien Iso, Video, ...)

HEINLEIN
LINUX: AKADEMIE · SUPPORT · HOSTING

Worauf achten?
Die richtige Chunksize:

- Beispiel:

$$MB/s = \frac{2000\,IOPS \times 64\,KB}{1024}$$

$$MB/s = 128.000\,KB/1024$$

$$MB/s = 125$$

$$MB/s = \frac{2000\,IOPS \times 256\,KB}{1024}$$

$$MB/s = 512.000\,KB/1024$$

$$MB/s = 500$$

- ! Das maximale Durchsatzvolumen ist zusätzlich abhängig vom Bus und der Netzbandbreite. !

HEINLEIN
LINUX: AKADEMIE · SUPPORT · HOSTING

Worauf achten?
Manndeckung oder Libero

- Wonach ist ein RAID auszurichten?
  - Lese-Perfomance ist von RAID 10 : 5 : 6 annähernd gleich.
  - Ausschlaggebend ist daher die Write-Performance,
    d.h. der Aufwand und Performanceverlust für einen Schreibzyklus.
  - Erweitert die Priorität der Volumen- und Kosteneffizienz beachten.
    - Mirror-RAID => Speicher+Kosten < Performancebedarf
    - Parity-RAID => Speicher+Kosten > Performancebedarf

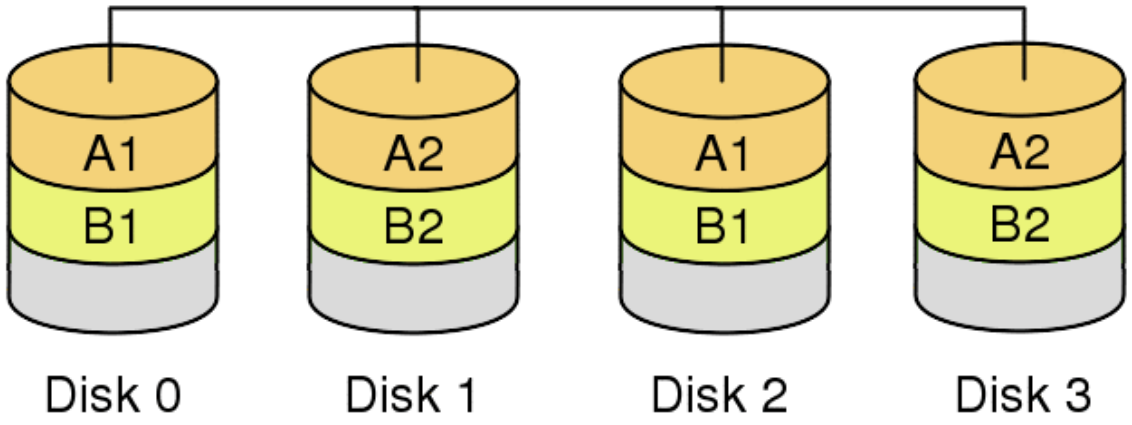
HEINLEIN
LINUX: AKADEMIE · SUPPORT · HOSTING

Worauf achten?
Write-Performance RAID-10:

- Wieviele Platten brauche ich für X geforderte Write-IOPS?

$$Disks_{Raid10} = (IOPS_{Ziel} / IOPS_{Disk})\ x2$$

- 50% Writeperformance
  - logischer Write = 2 phy. Writes
    - Schreiben der neuen Nutz- und Redundanzdaten



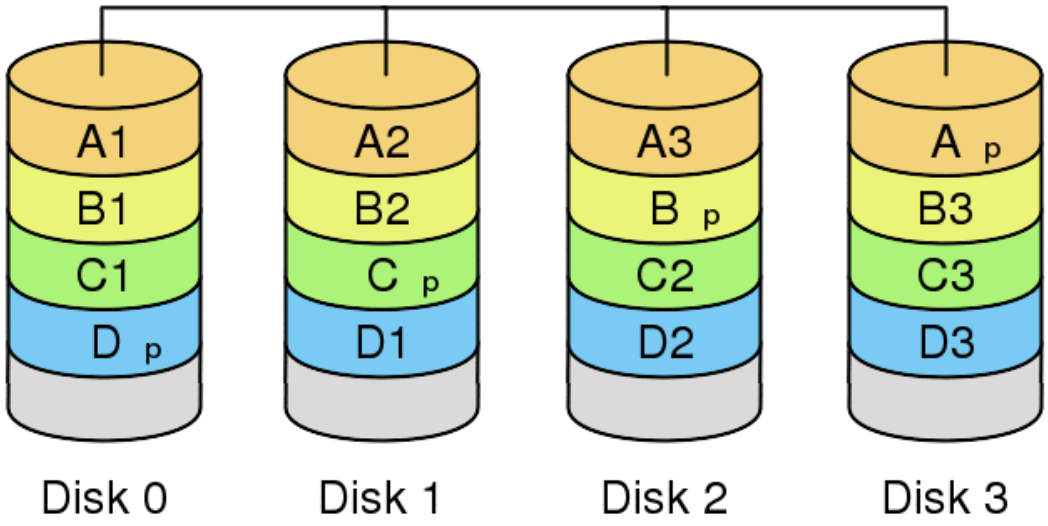
HEINLEIN
LINUX: AKADEMIE · SUPPORT · HOSTING

Worauf achten?
Write-Performance RAID-5:

- Wieviele Platten brauche ich für X geforderte Write-IOPS?

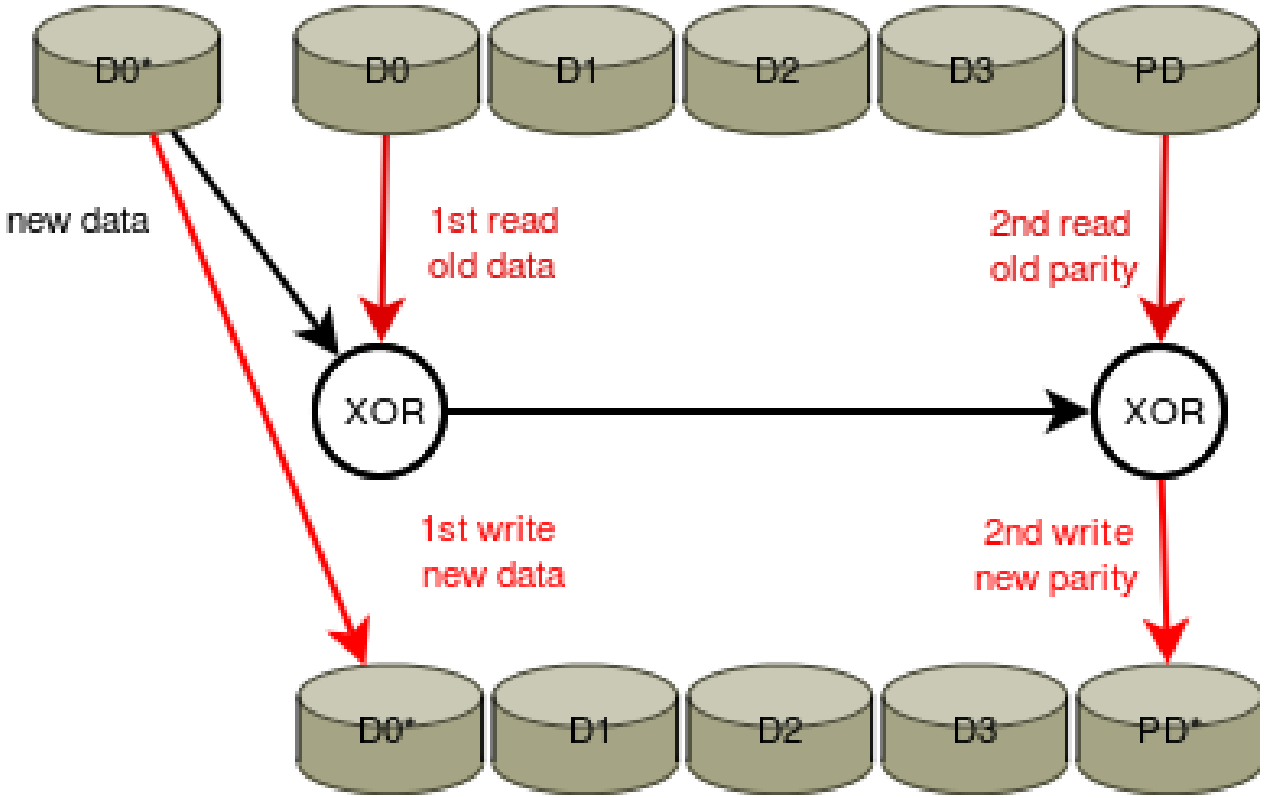
$$Disks_{Raid5} = (IOPS_{Ziel} / IOPS_{Disk})\, x4$$

- (min.) 25% Writeperformance
  - logischer Write = 2 phy. Reads + 2 phy. Writes
    - Lesen der alten Daten und alten Parität
    - Schreiben der neuen Daten und neuen Parität



Worauf achten?
Paritätsbildung RAID-5:

- logischer Write = 2 phy. Reads + 2 phy. Writes
  - Lesen der alten Daten und alten Parität
  - Schreiben der neuen Daten und neuen Parität



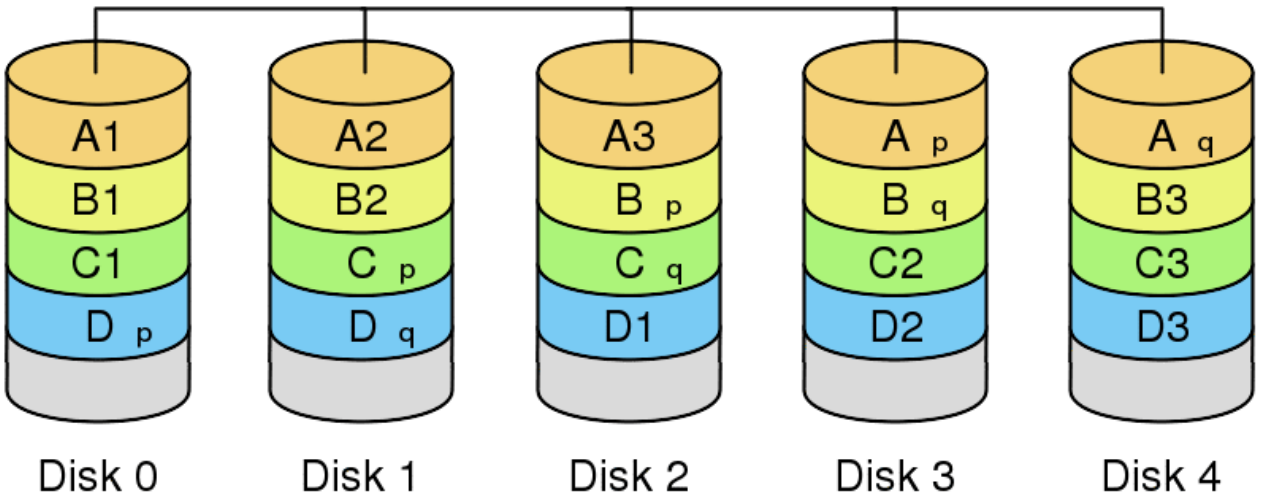
HEINLEIN
LINUX: AKADEMIE · SUPPORT · HOSTING

Worauf achten?
Write-Performance RAID-6:

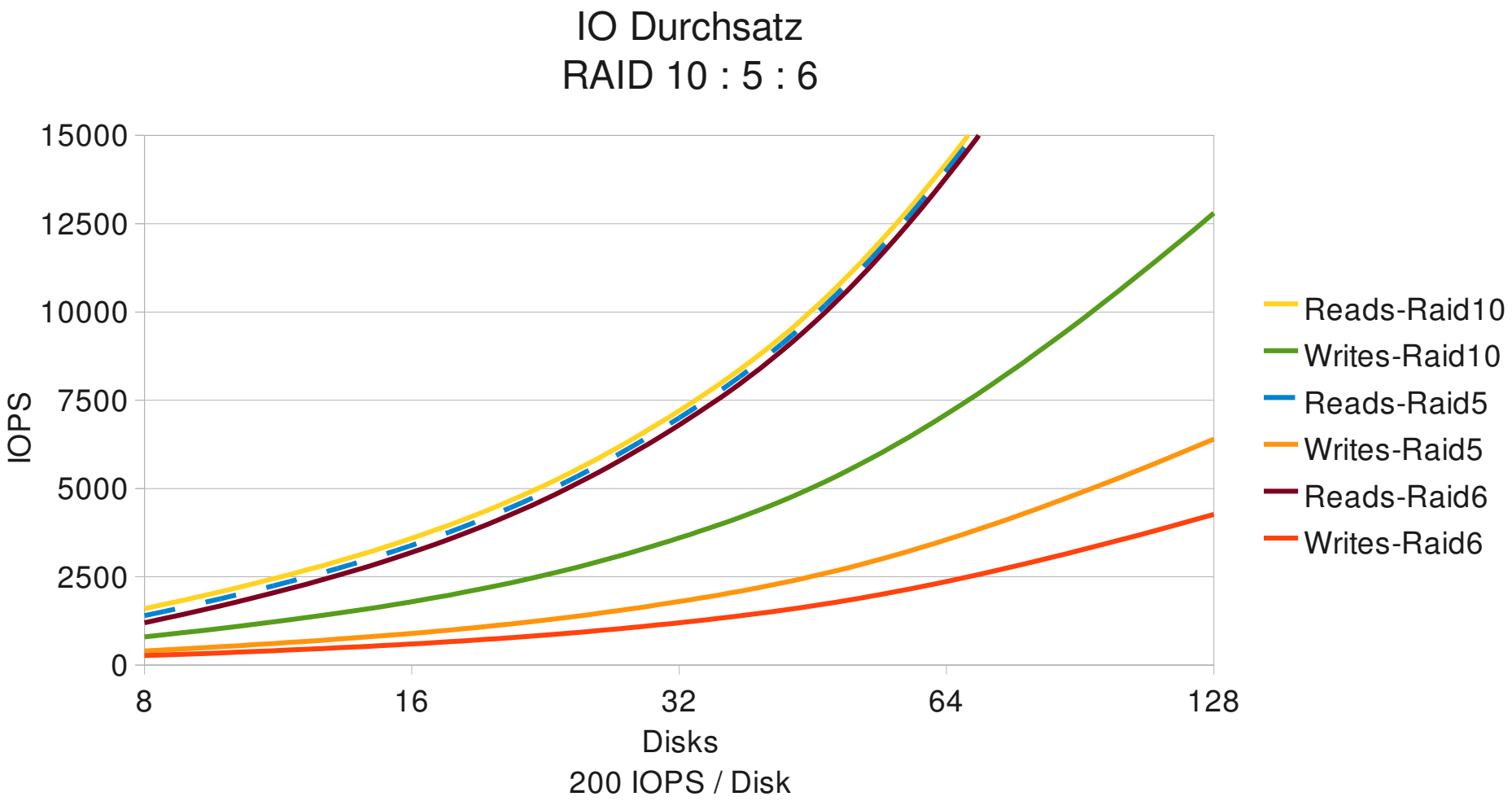
- Wieviele Platten brauche ich für X geforderte Write-IOPS?

$$Disks_{Raid6} = (IOPS_{Ziel} / IOPS_{Disk})\, x6$$

- (min.) 17% Writeperformance
  - logischer Write = 3 phy. Reads + 3 phy. Writes
    - Lesen der alten Daten und alten Paritäten
    - Schreiben der neuen Daten und neuen Paritäten

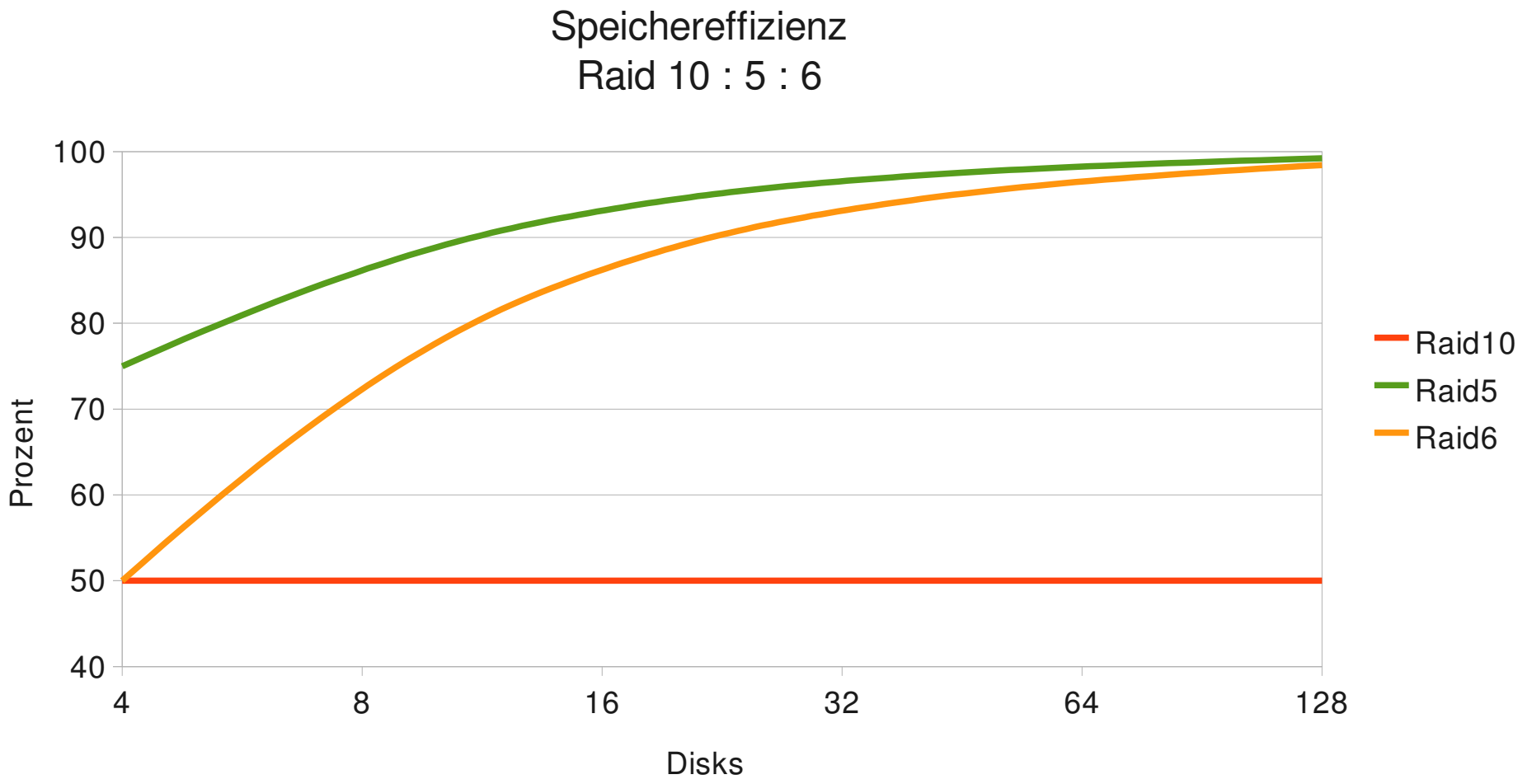


Worauf achten?
Ein Vergleich:



HEINLEIN
LINUX: AKADEMIE · SUPPORT · HOSTING

Worauf achten?
Ein Vergleich:



HEINLEIN
LINUX: AKADEMIE · SUPPORT · HOSTING

Ausfallwahrscheinlichkeit
Die zu beachtenden Faktoren:

- MTTF: vom Hersteller definierte Lebenszeit der Festplatten
  - i.d.R ein Wert zwischen 250.000 – 1.000.000 Stunden
- MTTR: durchschnittliche Zeitspanne zur Reparatur
  - Zeitraum vom Ausfall bis zum abgeschlossenen Rebuild
- N: Anzahl der Festplatten der DiskGroup
- G: Anzahl Festplatten in der ParityGroup

HEINLEIN
LINUX: AKADEMIE · SUPPORT · HOSTING

Ausfallwahrscheinlichkeit
Mean Time To Data Loss (MTDDL):

- Berechnung für RAID-5 bei Ausfall von zwei Festplatten
  - Double Disk Failure

$$DDF = \frac{MTTF^2}{N \times (G-1) \times MTTR}$$

- Berechnung für RAID-6 bei Ausfall von drei Festplatten
  - Triple Disk Failure

$$TDF = \frac{MTTF^3}{N \times (G-1) \times (G-2) \times MTTR^2}$$

HEINLEIN
LINUX: AKADEMIE · SUPPORT · HOSTING

Ausfallwahrscheinlichkeit
Mean Time To Data Loss:

- Lebenszeit von RAID-5 und RAID-6

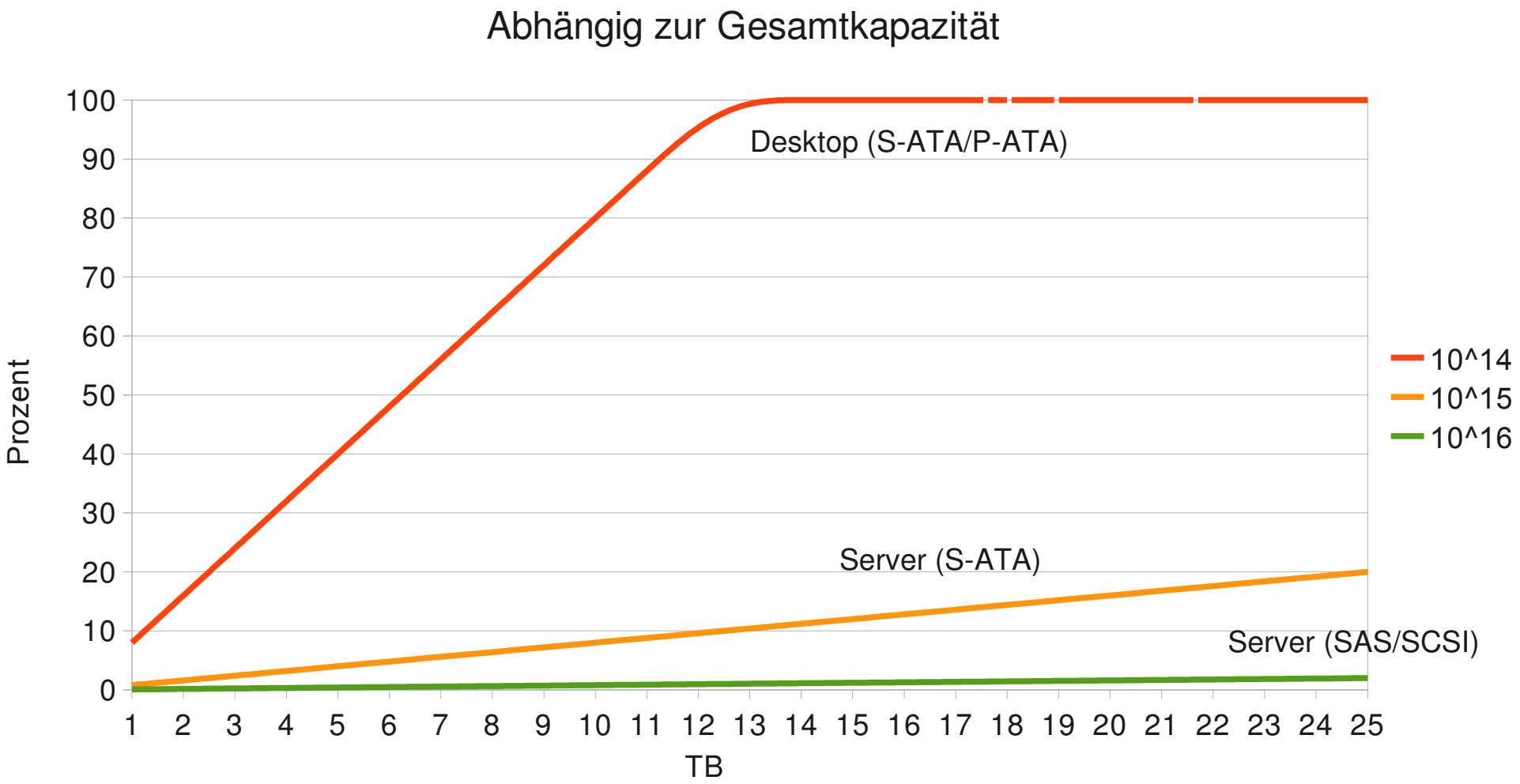
Disks**	4	6	8	10	20	40
RAID-5*	24.841	9.937	5.323	3.312	784	191
RAID-6*	129.381.945	25.876.389	9.241.568	4.312.732	453.972	52.381

* MTTDL in Jahren
** MTTF 250.000h
MTTR 24h

- Warum macht RAID-6 dann Sinn?
  - Bei Betrachtung der Bitfehlerwahrscheinlichkeit.

HEINLEIN
LINUX: AKADEMIE · SUPPORT · HOSTING

Ausfallwahrscheinlichkeit
Bitfehlerwahrscheinlichkeit:



HEINLEIN
LINUX: AKADEMIE · SUPPORT · HOSTING

Ausfallwahrscheinlichkeit

Mean Time To Data Loss mit Bit Error Rate:

- P Ist die Wahrscheinlichkeit, alle Sektoren erfolgreich auf einer Festplatte fehlerfrei lesen zu können.

- RAID-5

$$DF + BER = \frac{MTTF}{N \times (1 - p_{disk}^{(G-1)})}$$

- RAID-6

$$DDF + BER = \frac{MTTF^2}{N \times (G-1) \times (1 - (1 - p_{disk}^{(G-2)})) \times MTTR}$$

HEINLEIN
LINUX: AKADEMIE · SUPPORT · HOSTING

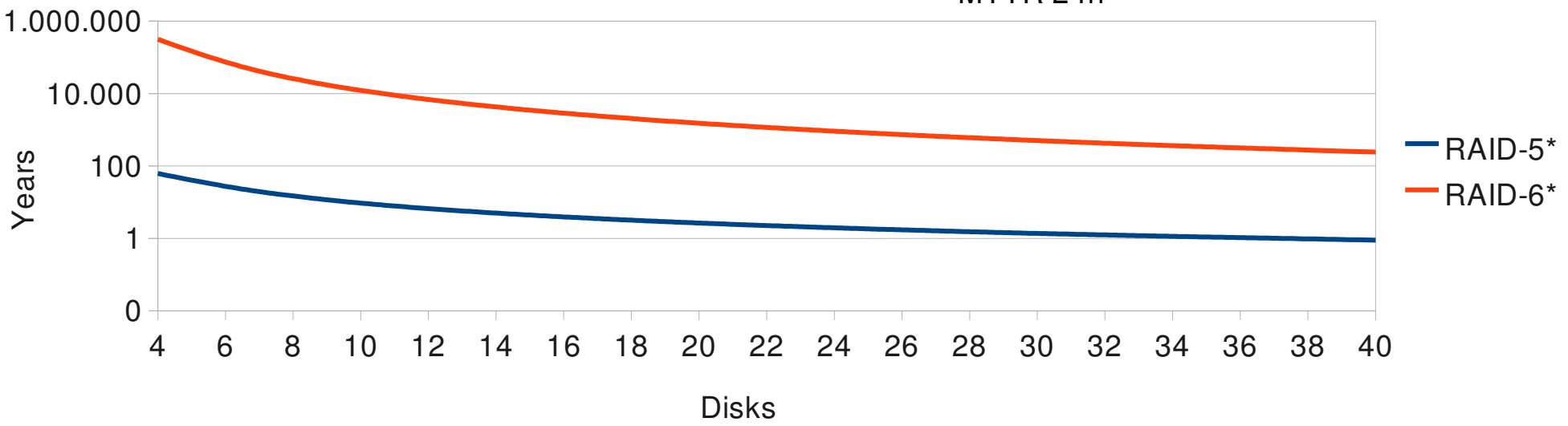
Ausfallwahrscheinlichkeit

Mean Time To Data Loss mit Bit Error Rate:

- Lebenszeit von RAID-5 und RAID-6 mit BER

Disks**	4	6	8	10	20	40
RAID-5*	62	26	14	9	3	1
RAID-6*	316.854	65.956	24.503	11.888	1.507	242

* MTTDL in Jahren
** MTTF 250.000h
* P 96 %
MTTR 24h



HEINLEIN
LINUX: AKADEMIE · SUPPORT · HOSTING

Quellen:

- Technische Informatik 1 Kapitel 7 "Plattenspeicher", von Lothar Thiele
- "Beispielsweise RAID-6", von Marcus Schuster, transtec AG Tübingen
- RAID: High-Performance, Reliable Secondary Storage, von Peter M. Chen und anderen.

HEINLEIN
LINUX: AKADEMIE · SUPPORT · HOSTING

Heinlein Professional Linux Support GmbH:

- AKADEMIE
  - Von Profis für Profis: Wir vermitteln die oberen 10% Wissen. Geballtes Wissen und umfangreiche Praxiserfahrung aus erster Hand.
- SUPPORT
  - Wir sind das Backup für Ihre Linux-Administration: LPIC-2-Profis lösen im Heinlein CompetenceCall Notfälle, auf Wunsch auch in SLAs mit 24/7-Verfügbarkeiten.
- HOSTING
  - Wenn Hosting kein Massengeschäft sein darf: Individuelles Business-Hosting mit perfekter Maintenance durch unsere Linux-Profis. Sicherheit und Verfügbarkeit werden bei uns groß geschrieben.

HEINLEIN
LINUX: AKADEMIE · SUPPORT · HOSTING

Und nun...

- Herzlichen Dank für Ihren Besuch...

  wir wünschen interessante weitere Gespräche...

  bleiben Sie doch noch ein bißchen...

- Auf jeden Fall aber: Beehren Sie uns bald wieder!