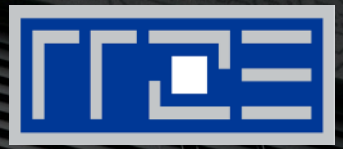
REGIONALES RECHENZENTRUM ERLANGEN [RRZE]



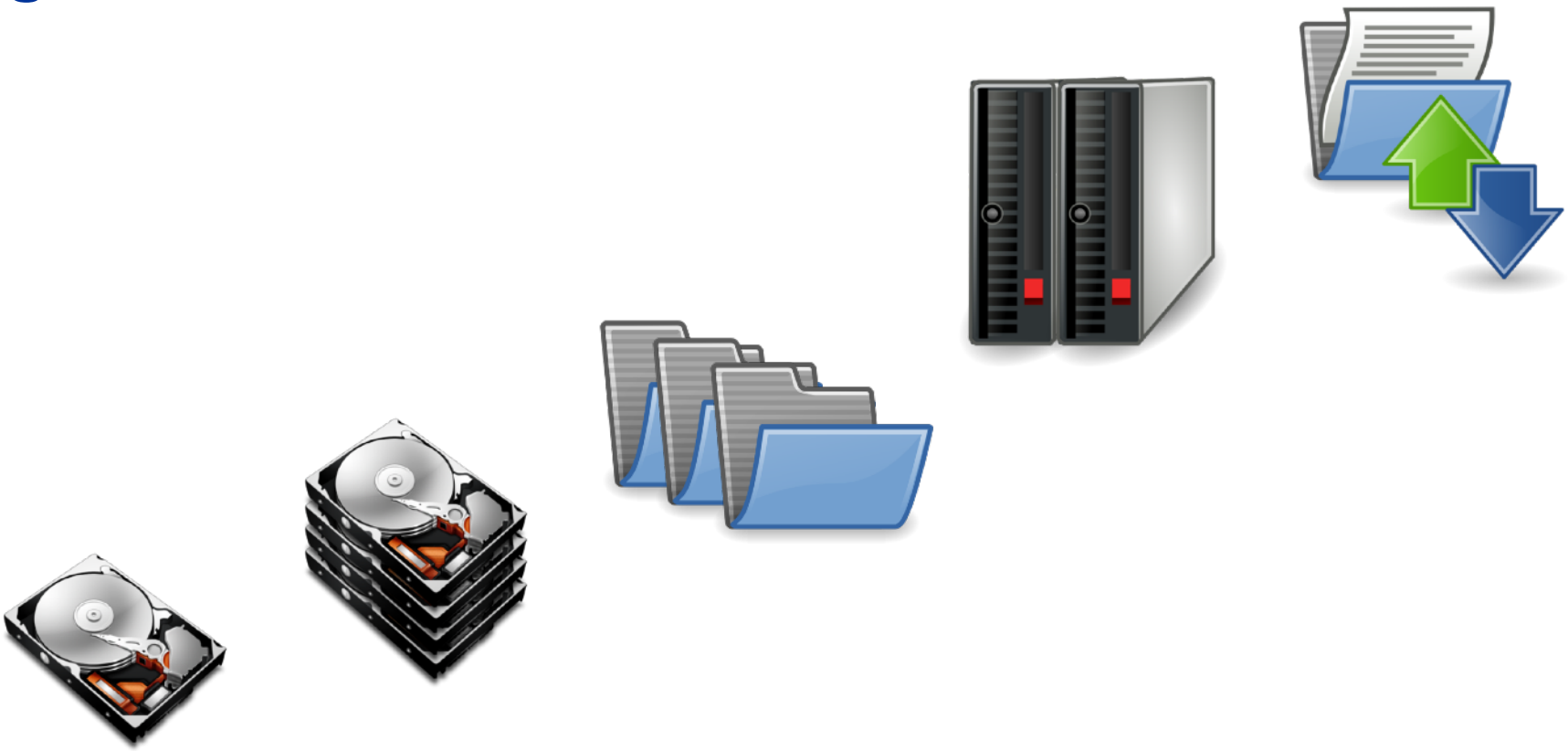
Netzwerkspeicher und Dateisysteme

Systemausbildung − Grundlagen und Aspekte von Betriebssystemen und systemnahen Diensten, 27.05.2020

Marcel Ritter, Gregor Longariva - RRZE

FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG

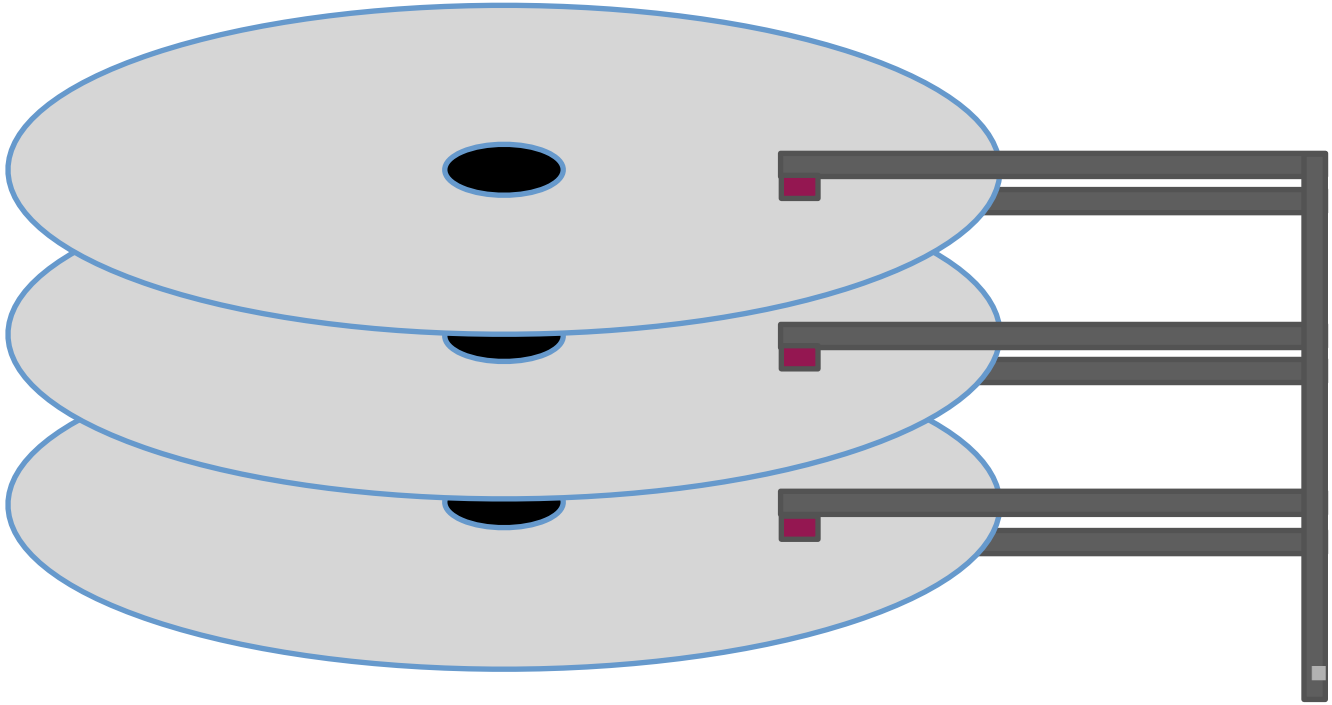
Agenda



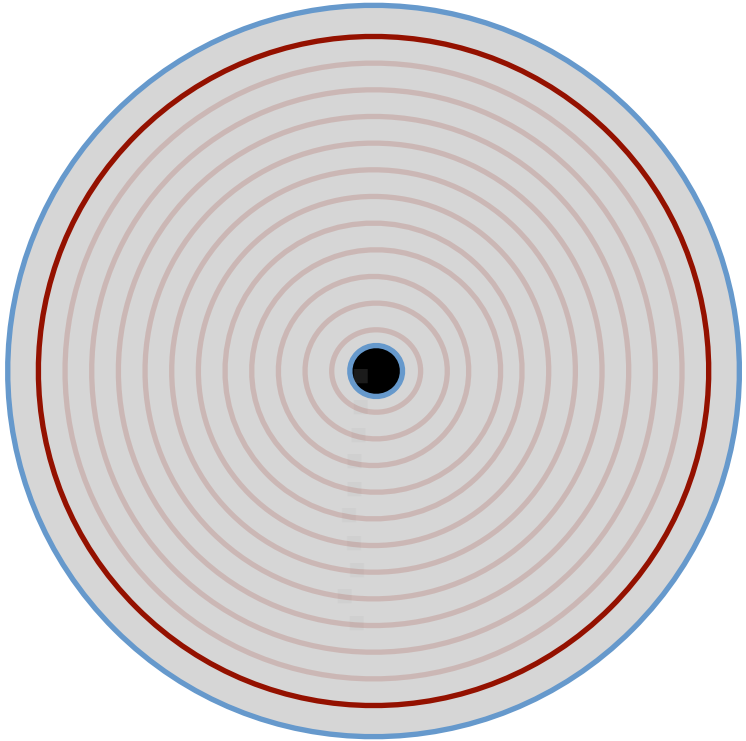
FESTPLATTEN

prinzipieller Aufbau einer klassischen Festplatte

Aufbau einer Festplatte

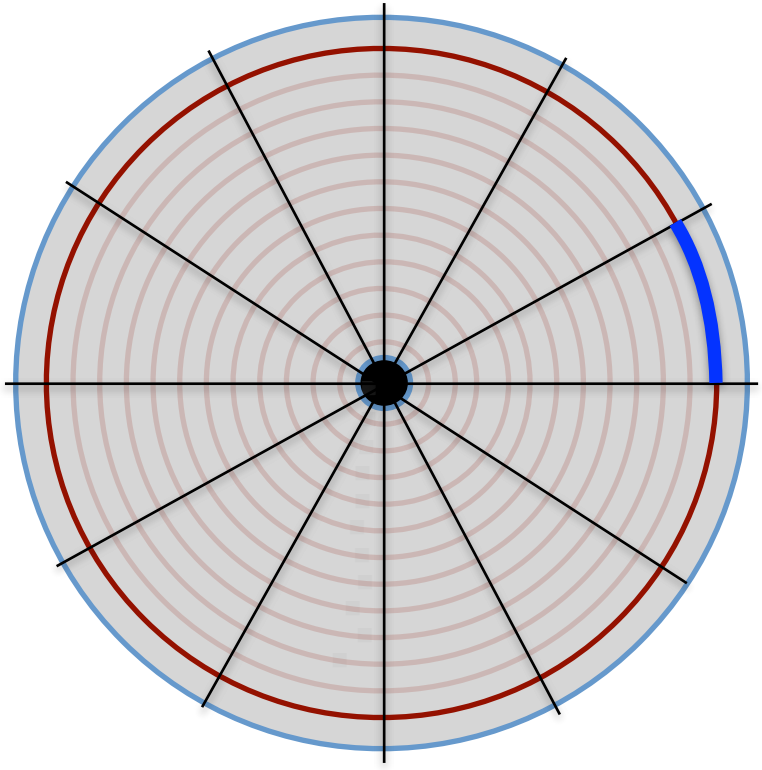


Aufbau einer Festplatte



Spur

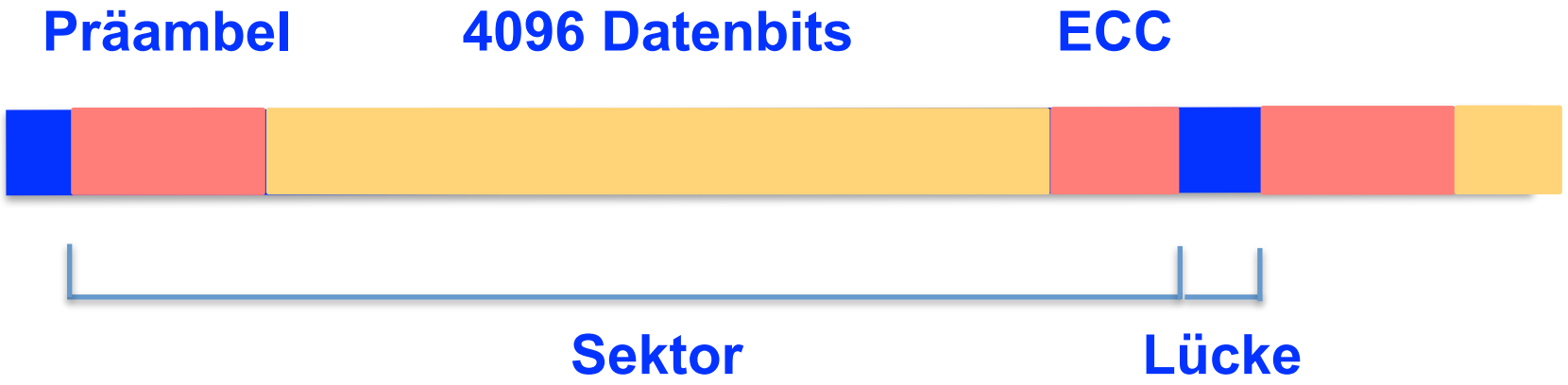
Aufbau einer Festplatte



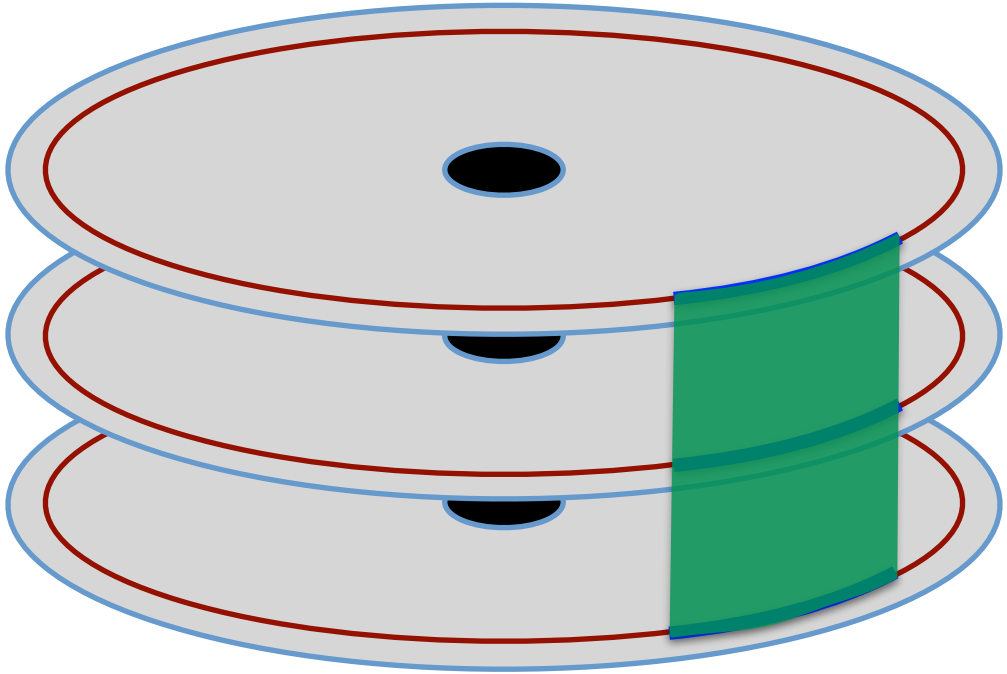
Spur

Sektor

Aufbau einer Festplatte



Aufbau einer Festplatte

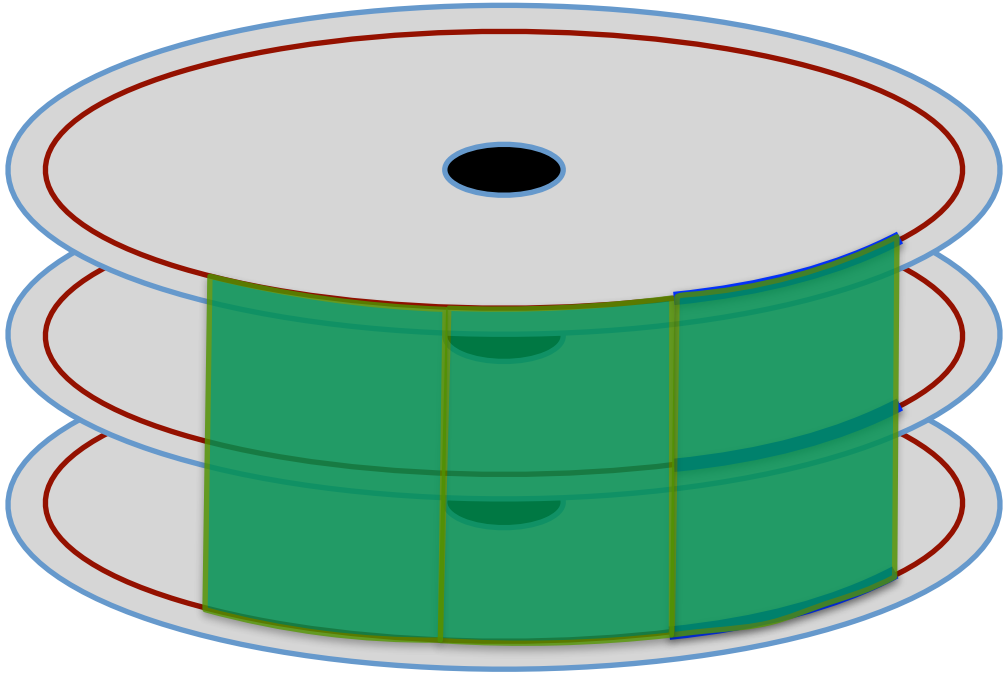


Spur

Sektor

Zylinder

Aufbau einer Festplatte



Spur

Sektor

Zylinder

FESTPLATTEN

Geschwindigkeit einer klassischen Festplatte

Wie schnell ist eine Platte (worst case)?

Festplatte mit 15k (= **15.000** Umdrehungen / Min)

Latenz: 60 sec / **15.000** = **0,004** sec -> 4ms

IOPS: 1 Operation / **0,004** sec = **250** Ops / sec

Bandbreite: **250** x 4096 Bytes pro Sektor = **1.024.000** bytes / sec

1MByte pro Sekunde!

Wie schnell ist eine Platte (best case)?

1.024.000 bytes / sec x 6 Köpfe = **6.144.000** Bytes / sec

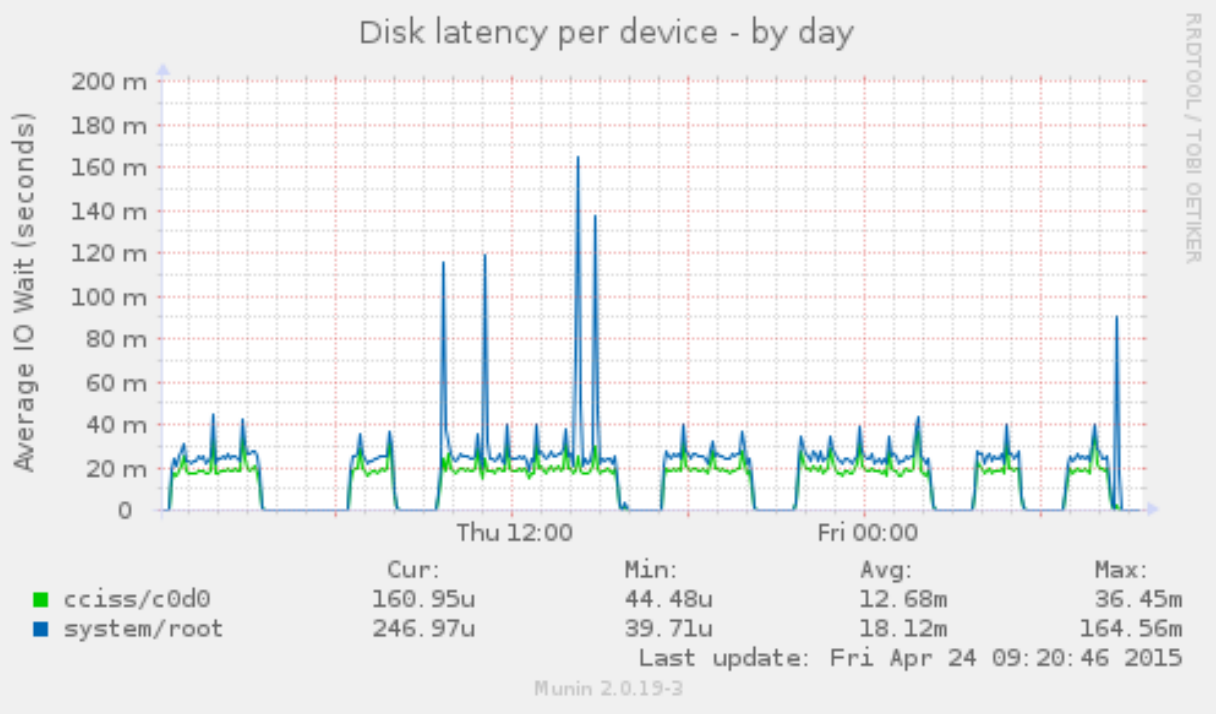
6.144.000 Bytes / sec x 30 (Zylinder pro Cluster) =

184.320.000 Bytes / sec

also ca. 180 MByte pro Sekunde

(aber immer noch ohne Plattencaches)

Plattenzugriffe beschleunigen: Beispiel mit und ohne Controller-Cache



"elektronische" Speichermedien

- Keine mechanisch bedingten Latenzen
- Potentiell höhere Bandbreiten - Random I/O weniger „schmerzhaft"

Aber:

- Limitierte Anzahl Schreib-Zyklen pro Zelle!
- "wear-leveling" notwendig
  - Gleichmäßige Verteilung von Schreiboperationen für max. Lebensdauer
- Verantwortlich: eigener Controller
- Problem: nicht länger genutzte Sektoren erkennen
  - Neues Kommando: TRIM

Vergleich Speichermedien: mechanisch / SSD / NVDIMM

Typ	Latenz+Seek (Theorie)	IOPs (Theorie)*	Bandbreite (Theorie)**	R/W IOPs (Praxis)
3,5“ 15k SAS	4 ms	250	1.000 KB/s	180 / 165
2,5“ 15k SAS	4 ms	250	1.000 KB/s	200 / 190
2,5“ 10k SAS	6 ms	166	664 KB/s	150 / 140
2,5“ 7.2k SATA	8 ms	120	480 KB/s	80 / 74
2,5“ 5.4k SATA	11 ms	90	360 KB/s	52 / 50
2,5“ eMLC SSD SAS	0.5 ms	-	-	~ 50.000
SSD NVMe (TOP!)	0.01 ms	-	-	~ 300.000
NVDIMM(-N) ***	0.00001 ms	-		> 1.000.000

* 1s / (Latenz+Seek) (max. random)

** bei 4k Blöcken (max. random)

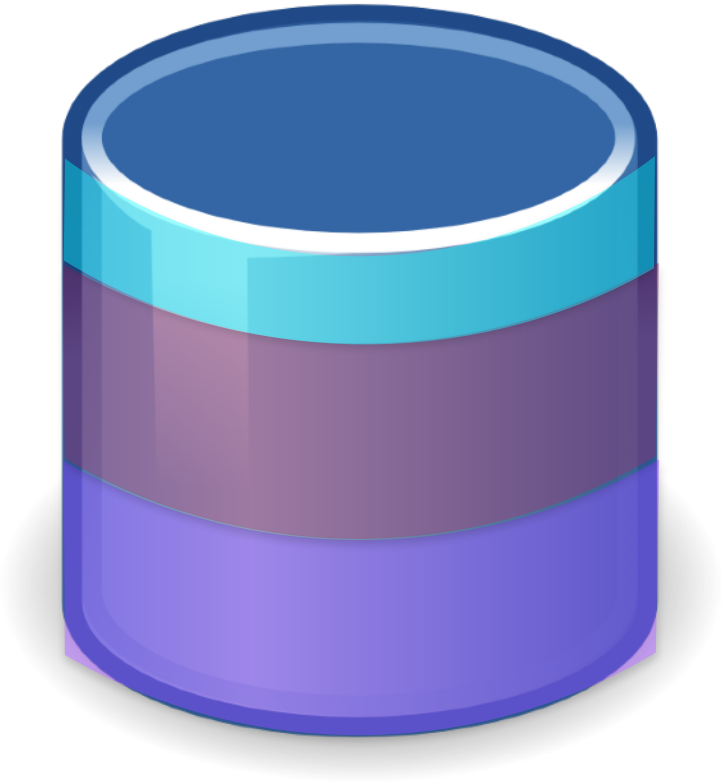
*** „-N“: DRAM-based, „-F“ FLASH-based

„-P“ Mixed – Coming with DDR5?

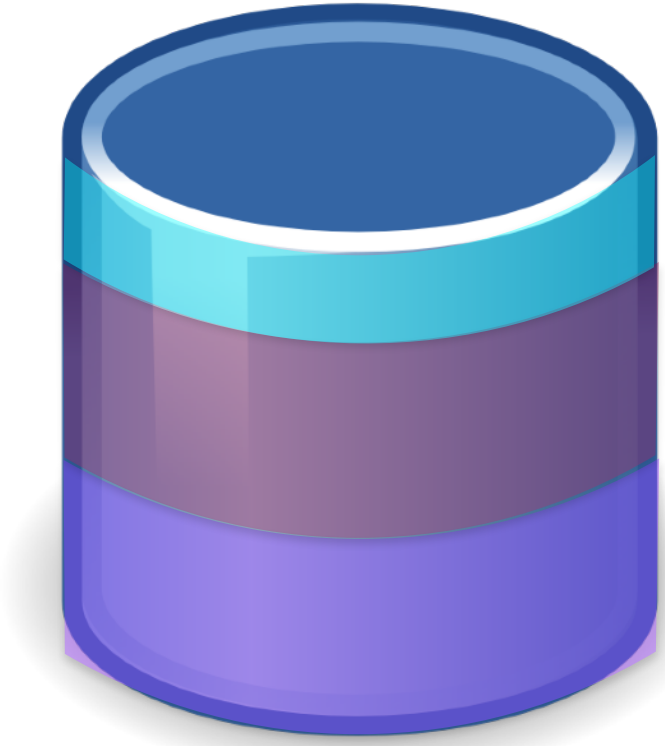
FESTPLATTEN

Partitionierung

Partitionieren



Partitionieren - warum?



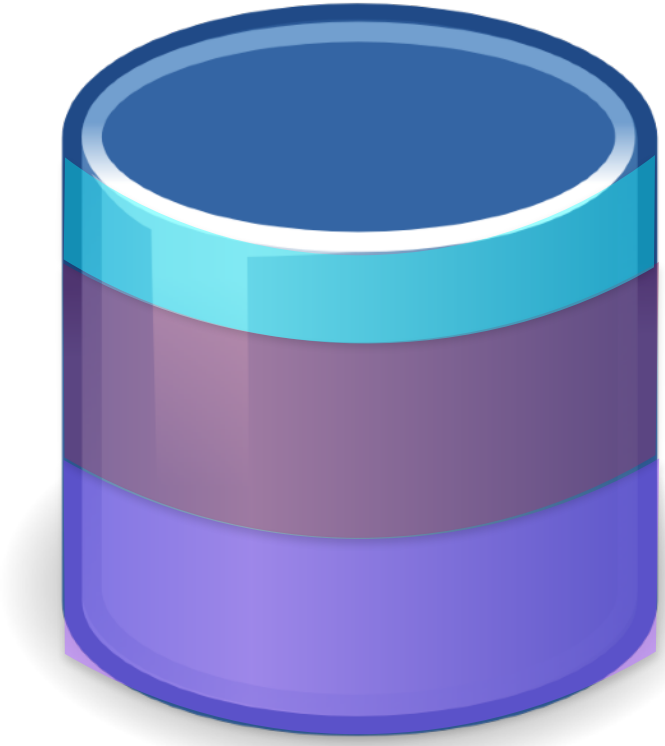
FreeBSD

Linux

Windows

verschiedene Betriebssysteme

Partitionieren - warum?



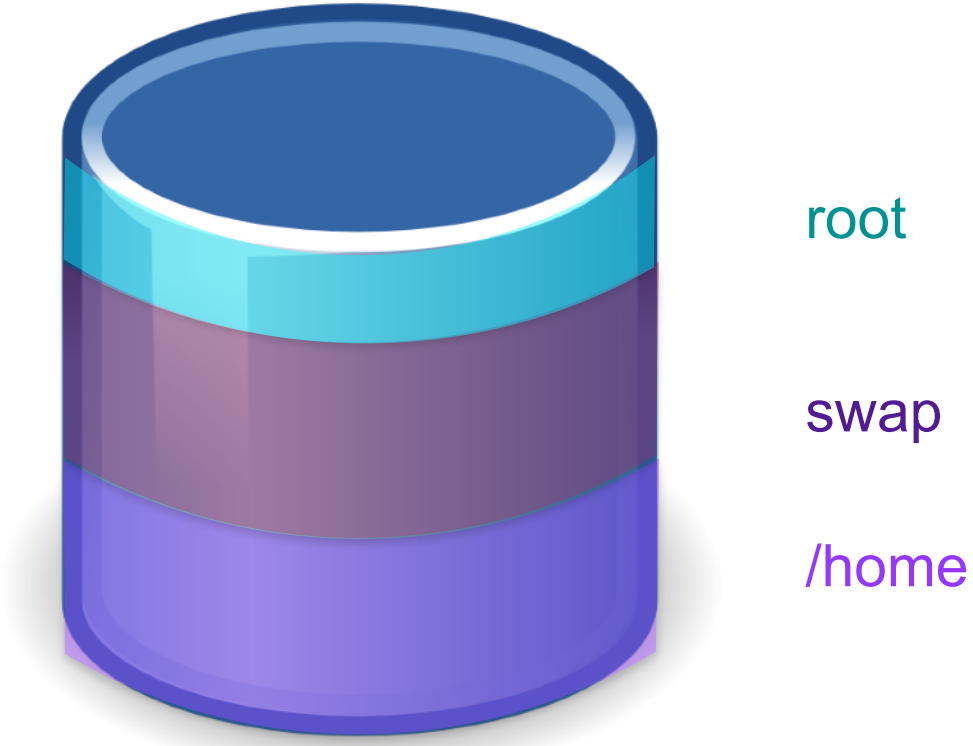
Fotos

Filme

Windows

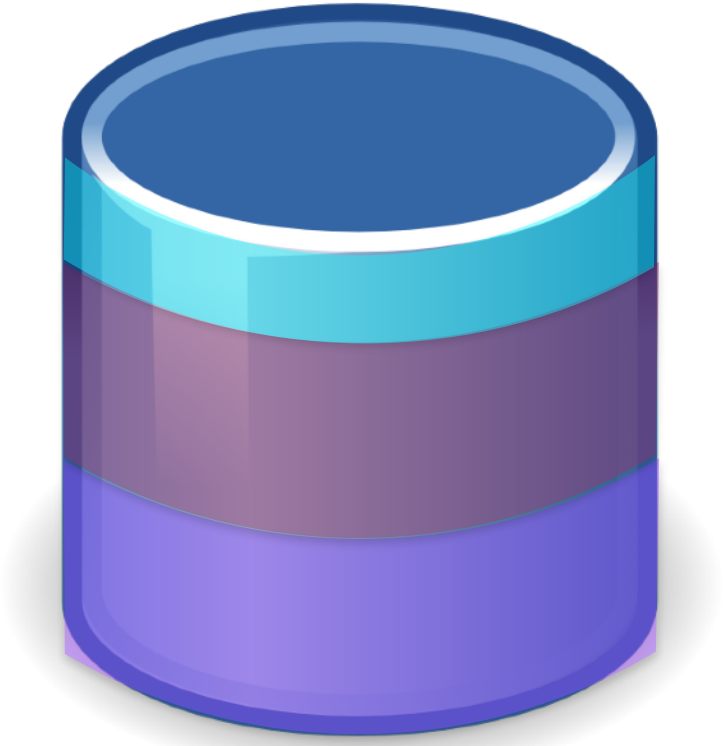
Trennung Daten und Betriebssystem

Partitionieren - warum?



verschiedene Bereiche eines OS

Partitionieren - warum?



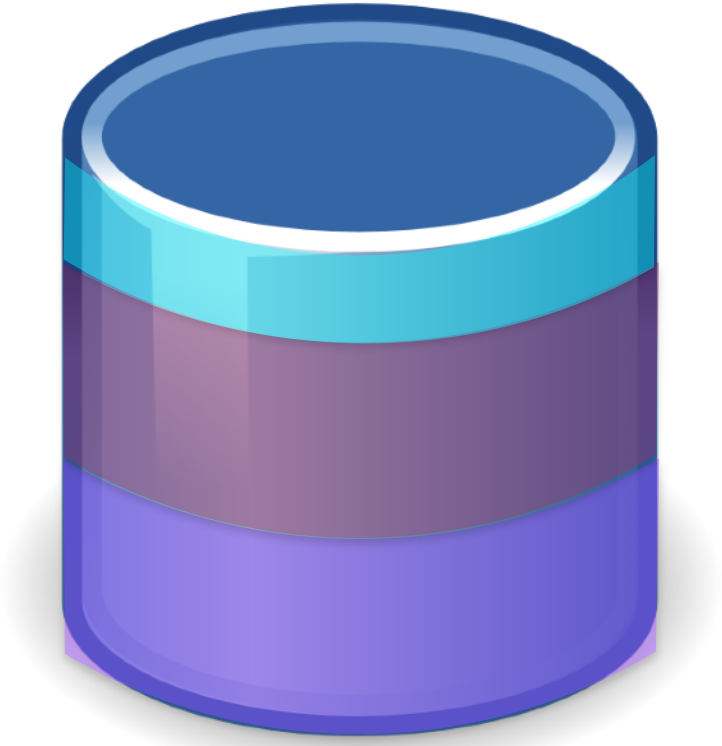
Backup

Windows 10 Devel

Windows 10

Arbeitskopien und Backups

Partitionieren - warum?



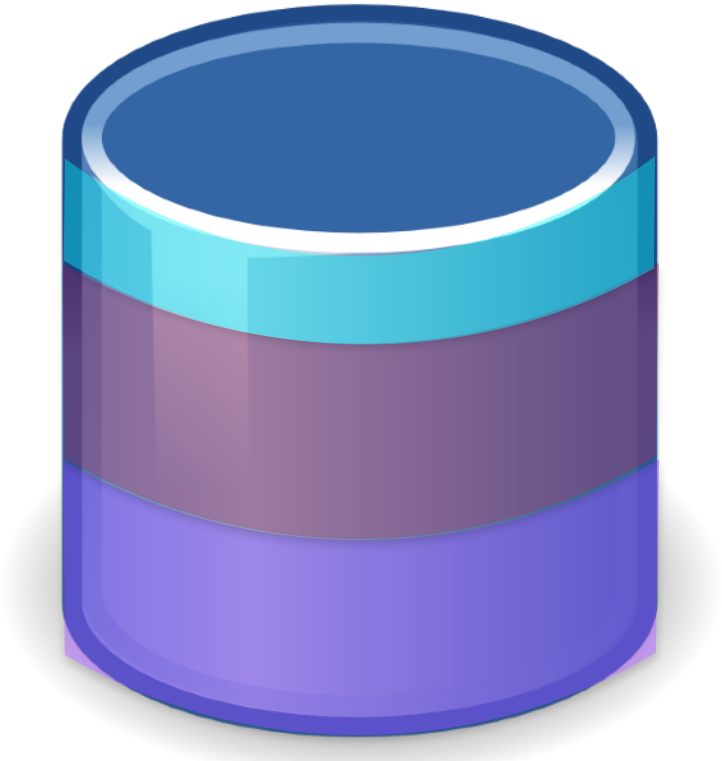
MS-DOS

Win 95a

Windows 8

OS kann nur bestimmte Größen ("verkleinern" der Platte)

welche Partition beinhaltet was?



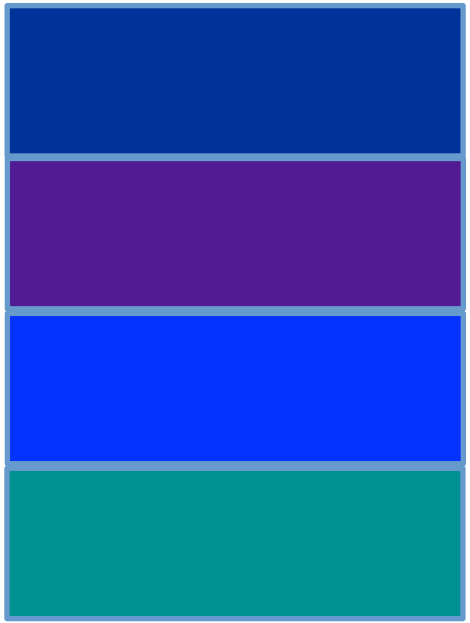
87 - NTFS

bf - Solaris

83 - Linux

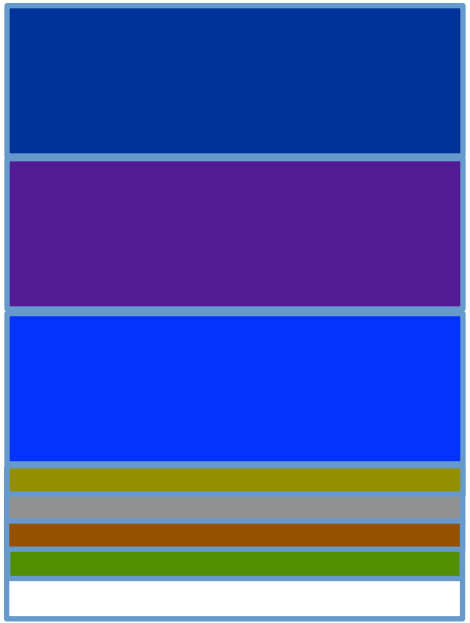
magic number oder System ID

Partitionen am PC



4 Primärpartitionen

oder



3 Primärpartitionen
beliebige erweiterte Partitionen

Klassischer Bootsektor MBR vs. GPT

MBR	GPT
BIOS	EFI
512 Bytes	min. 16 384 Bytes
eine Partitionstabelle	Primäre Partitionstabelle
	Backup Partitionstabelle

Partitionen anderer Systeme (Solaris)

```
        label  - write partition map and label to the disk
        !<cmd> - execute <cmd>, then return
        quit
partition> p
Current partition table (original):
Total disk cylinders available: 14087 + 2 (reserved cylinders)

Part      Tag    Flag     Cylinders         Size            Blocks
  0       root    wm       0 - 14086      136.71GB    (14087/0/0) 286698624
  1 unassigned    wu       0                0         (0/0/0)             0
  2     backup    wu       0 - 14086      136.71GB    (14087/0/0) 286698624
  3 unassigned    wu       0                0         (0/0/0)             0
  4 unassigned    wm       0                0         (0/0/0)             0
  5 unassigned    wu       0                0         (0/0/0)             0
  6 unassigned    wu       0                0         (0/0/0)             0
  7 unassigned    wu       0                0         (0/0/0)             0

partition>
```

PLATTEN ZUSAMMENFASSEN

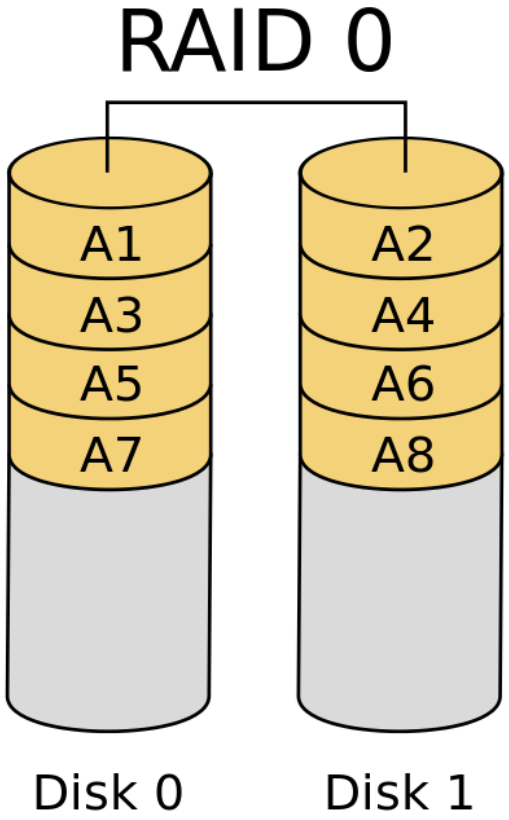
RAID -
Redundant Array of Independent Disks

Warum RAID?

a) mehr Speicherplatz

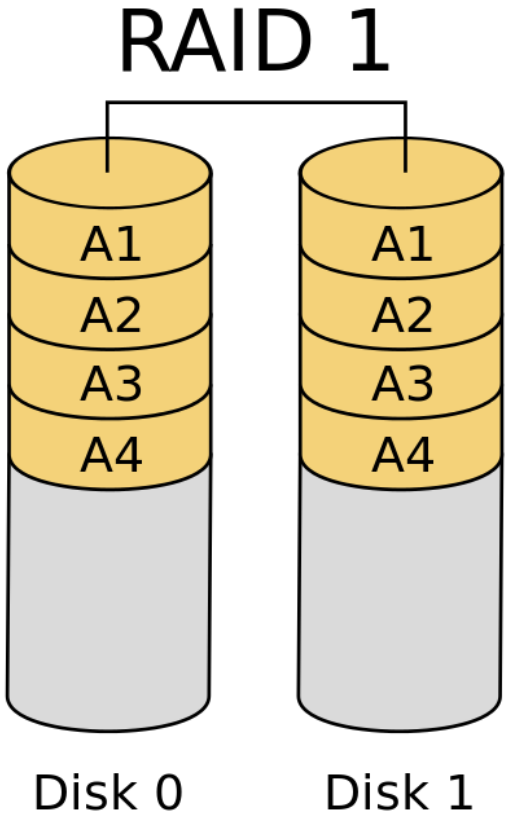
b) Sicherheit gegen Datenverlust*

RAID 0



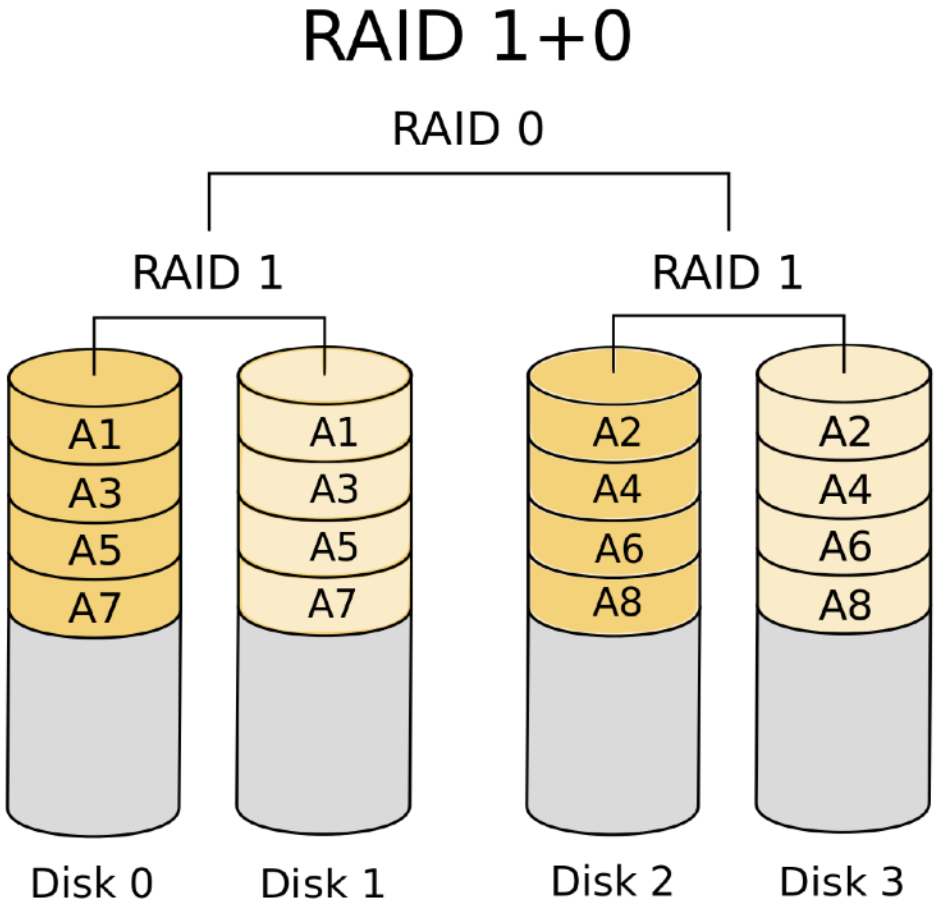
Quelle: Wikimedia

RAID 1 - Mirror



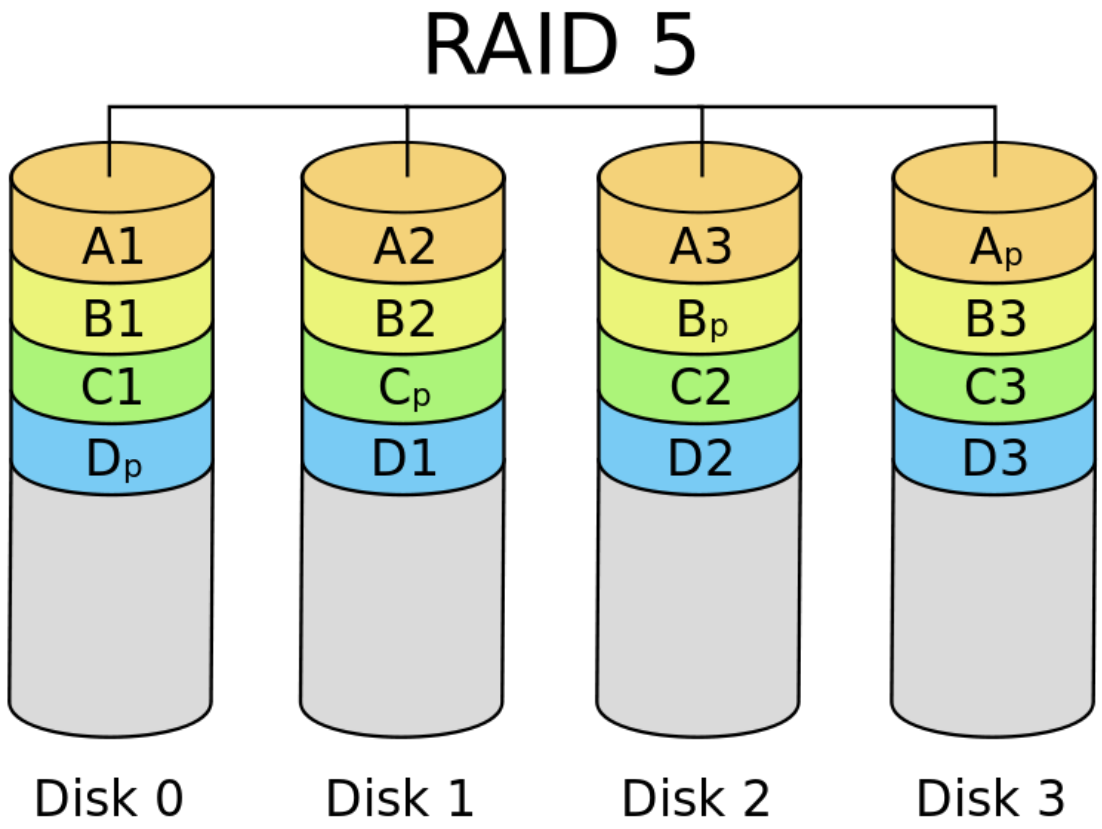
Quelle: Wikimedia

RAID 10



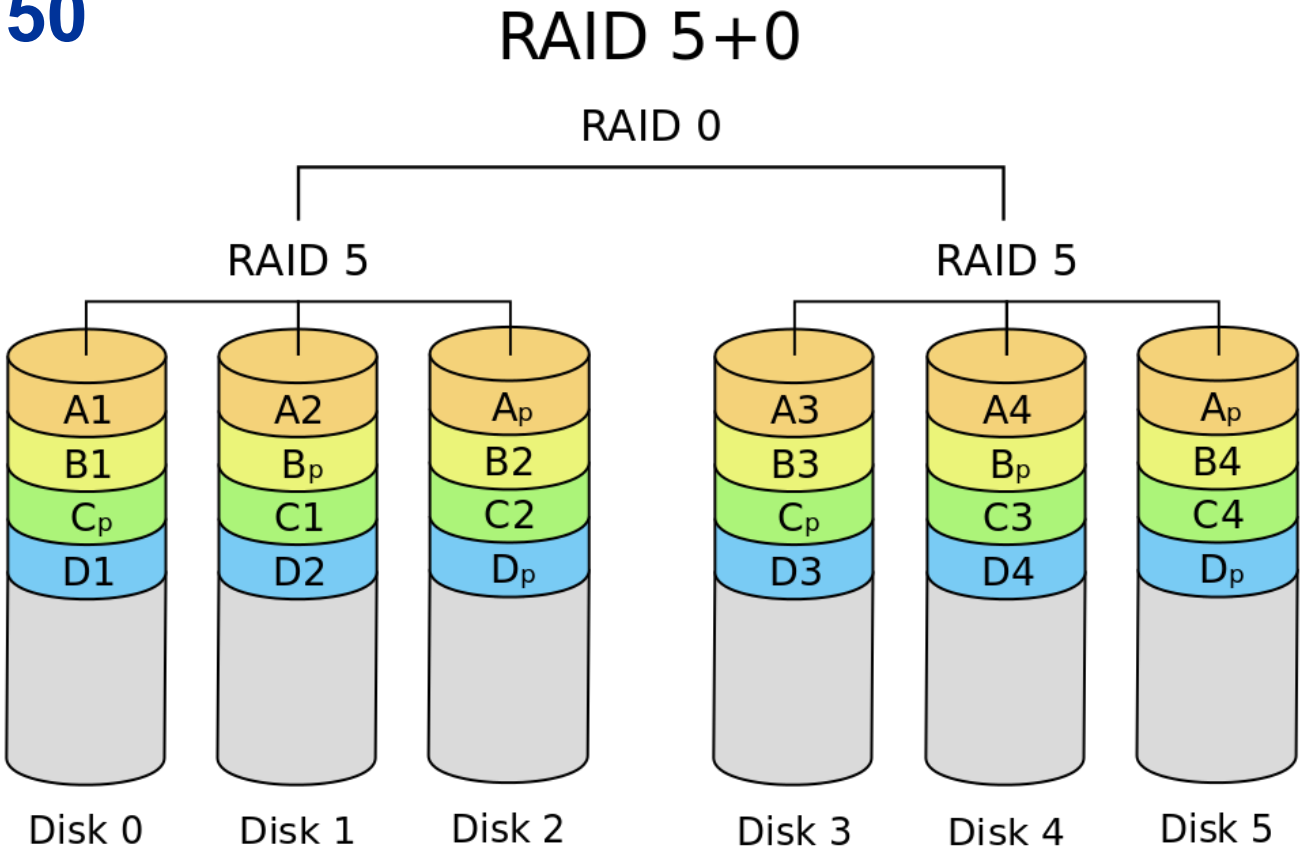
Quelle: Wikimedia

RAID 5



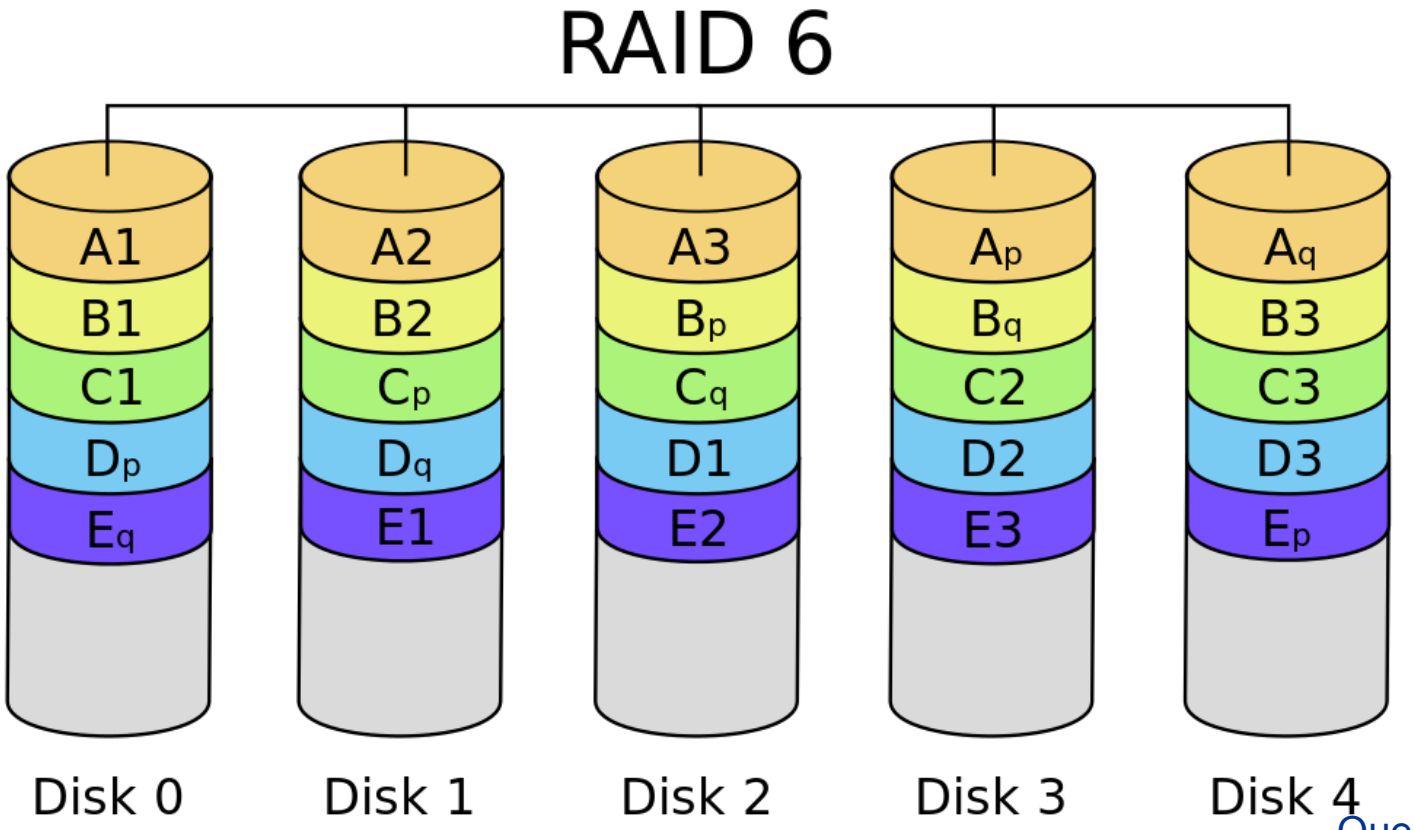
Quelle: Wikimedia

RAID 50



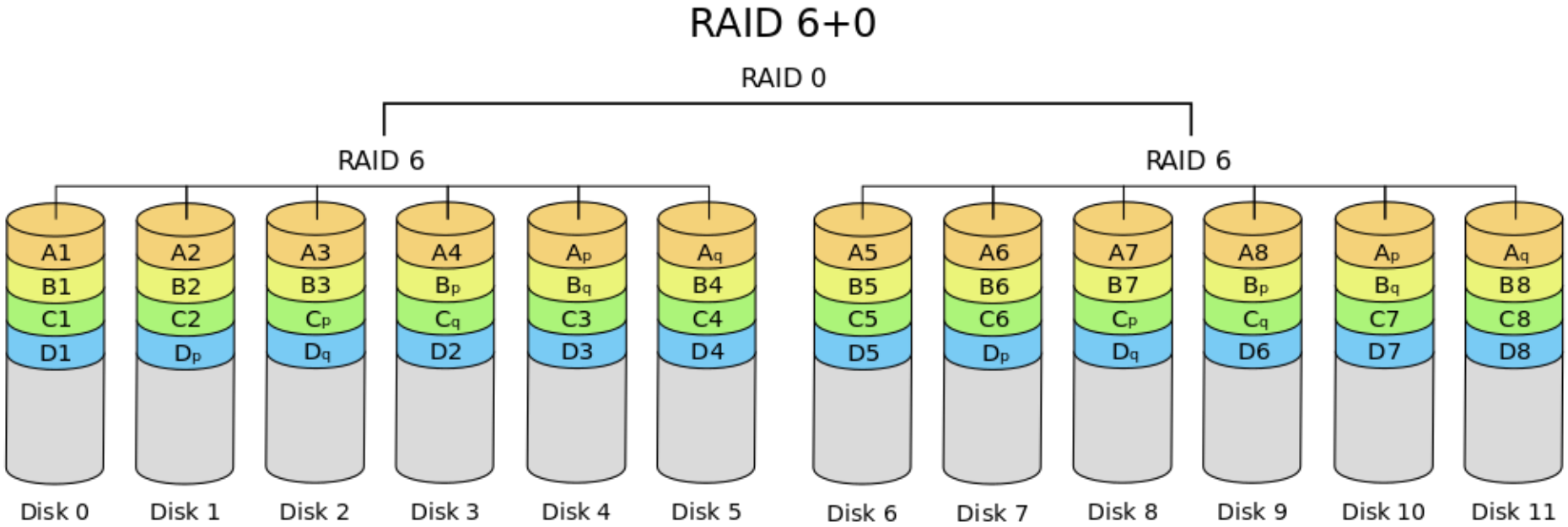
Quelle: Wikimedia

RAID 6



Quelle: Wikimedia

RAID 60



Quelle: Wikimedia

RAID 5 + HotSpare oder RAID 6?

- Verschnitt an Speicherplatz ist gleich
- RAID5: Hotspare wird „geschont"

aber:

- Im Fall eines Plattendefekts:
  - RAID5 bietet keine Redundanz mehr (entspricht langsames Raid0)
  - Nach Einspringen der HotSpare werden alle Daten von allen verbliebenen, intakten Platte gelesen um Parity neu zu berechnen
  - Treten Lesefehler auf, ist Rebuild ohne Datenverlust unmöglich
  - Zeitfenster für Rebuild bei großen Festplatten enorm (2 TB bei 100 MB/s = 6 Stunden!)
  - Fehlerwahrscheinlichkeit durch atypisches Lesen aller Disks

RAID 5 + HotSpare oder RAID 6?

Fazit:
RAID 6 ist RAID 5 + HotSpare vorzuziehen

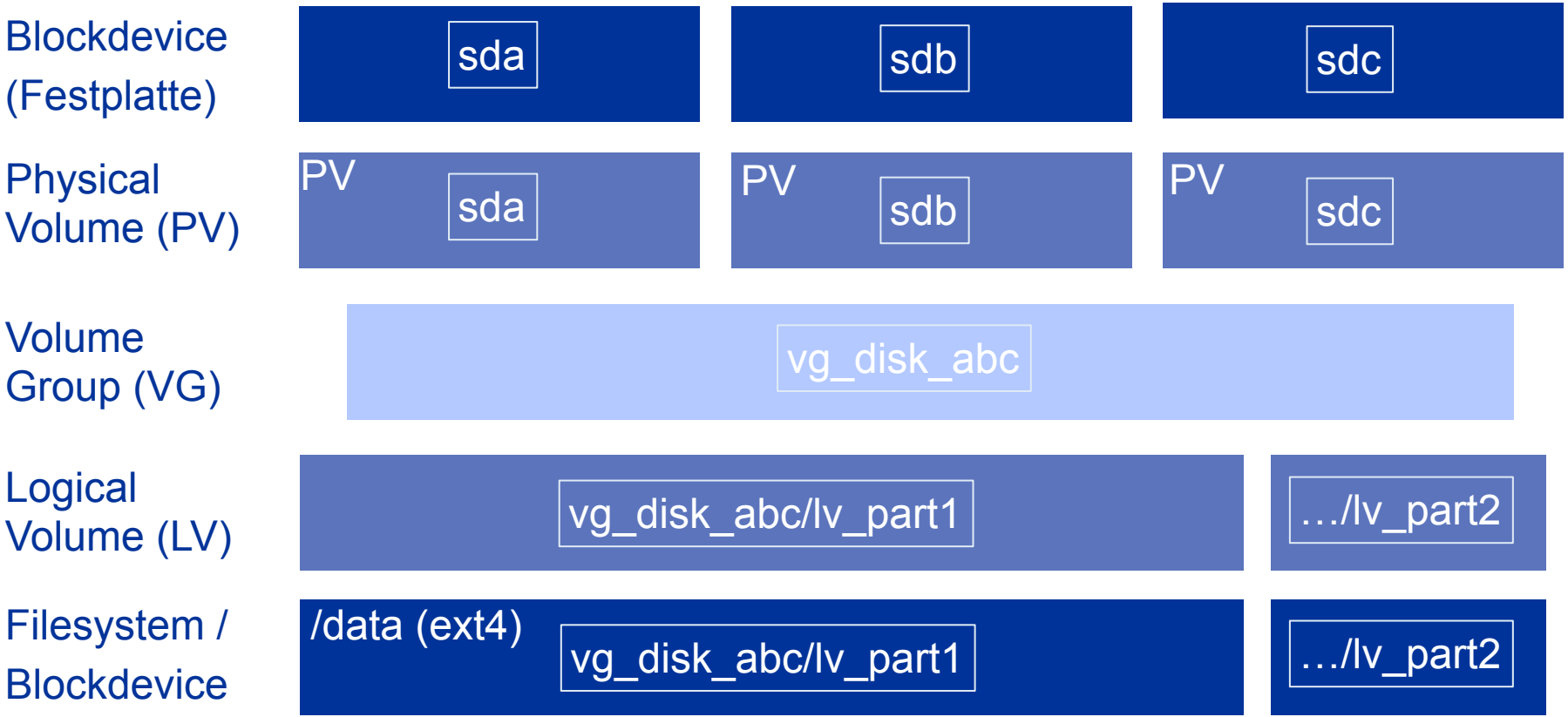
RAID Levels - Übersicht

Raid-Level	Data Disks	Parity Disks	Spare Disks	Disk Errors	Speed W / R	Usable Space	Beispiel: 8 x 1TB Platte
0	N	0	0	0	++ / ++	n	8 TB
1	N	N	0	1	0 / +	n/2	4 TB
4	N	1	0	1	- / 0	n/(n+1)	7 TB
5	N	1	0	1	0 / 0	n/(n+1)	7 TB
5 + Spare	N	1	1	1	0 / 0	n/(n+2)	6 TB
6	N	2	0	2	- / 0	n/(n+2)	6 TB
10	N	N	0	1	++ / ++	n/2	4 TB
50	N	2	0	1	0 / +	n/(n+2)	6 TB
60	N	4	0	1	0 / +	n/(n+4)	4 TB

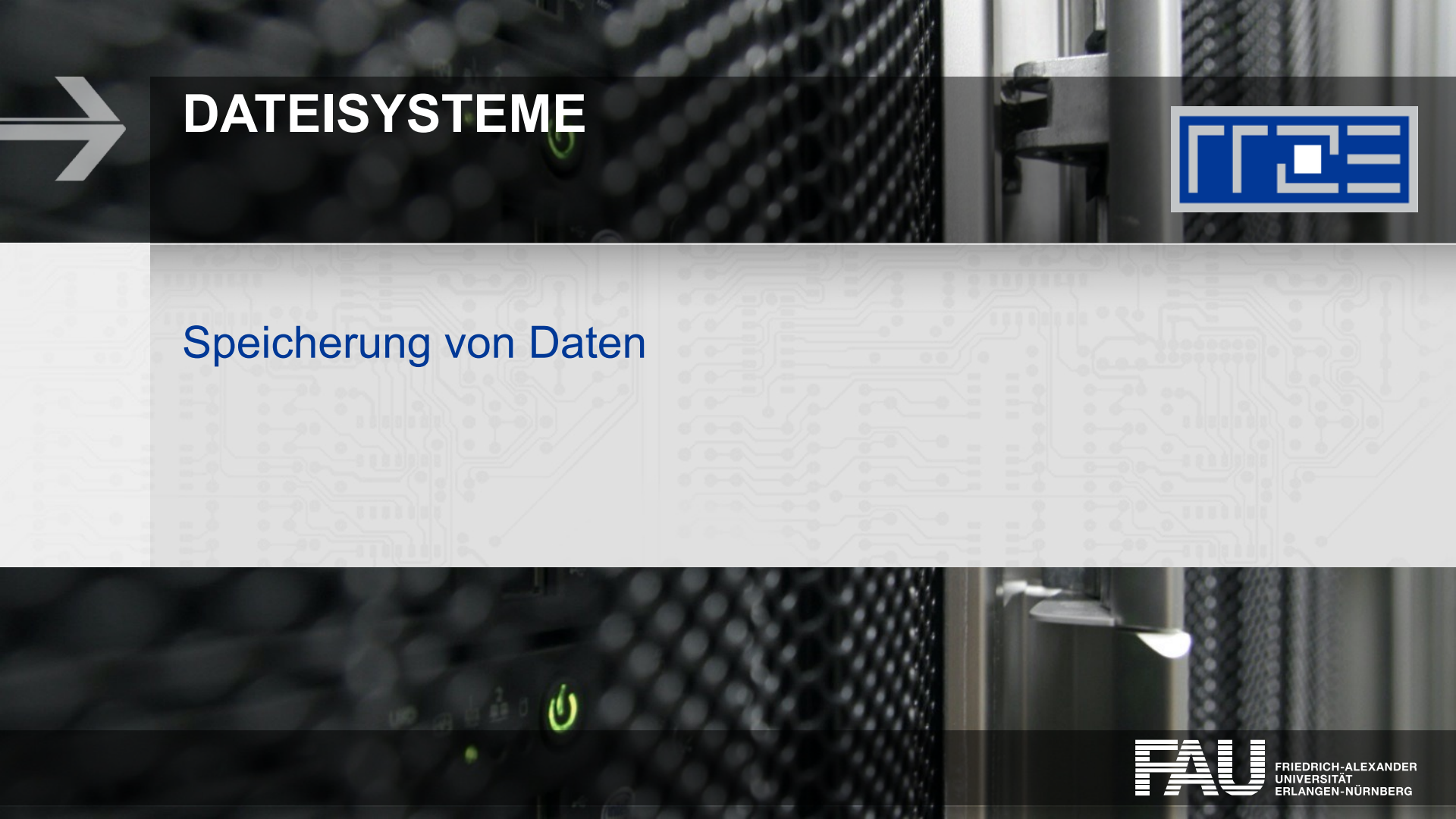
LVM

- LVM (Logical Volume Manager)
  - zusätzliche Abstraktionsschicht zwischen HW und Dateisystem
  - mehrere Speicherentitäten werden zusammengefasst
  - können Platten, Partitionen oder auch RAID-Objekte sein
- Gibt es auch unter Windows:
  - Storage Spaces (Resilient Storage)
    - "Mirror" (➔ Raid 1)
    - "Parity" (1/2 ➔ Raid 5/6)
    - "Simple" (➔ Raid 0)

LVM (Logical Volume Manager) - Linux LVM2



DATEISYSTEME



Speicherung von Daten

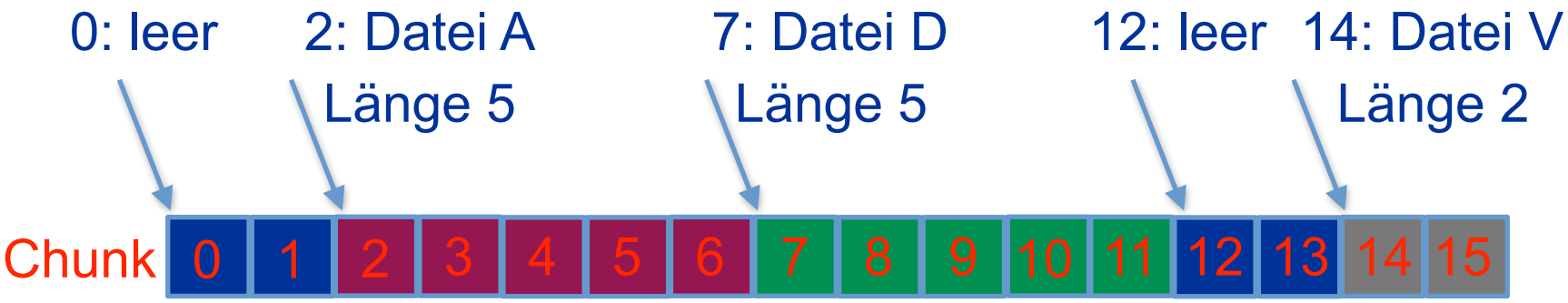
Probleme beim Speichern von Daten

Dateisysteme verwenden Cluster

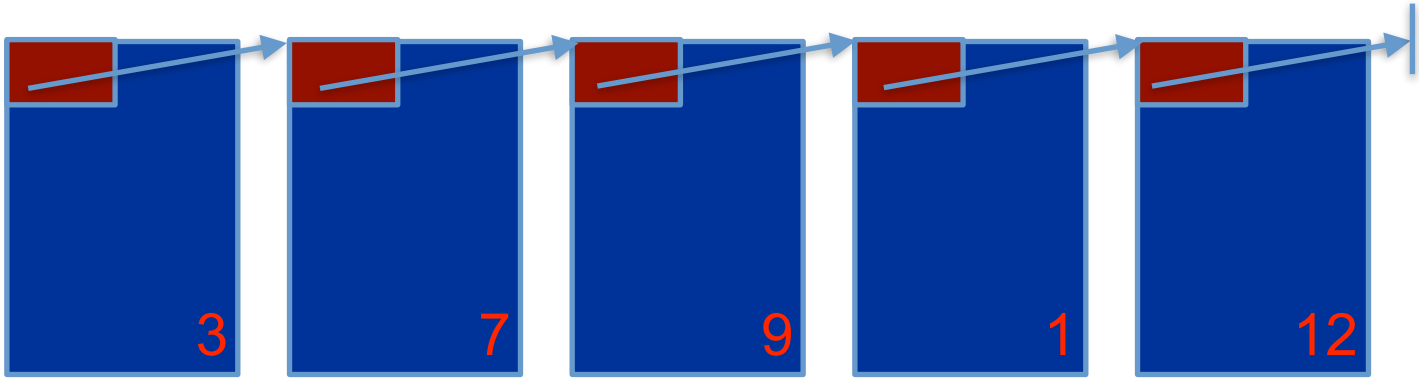
Dateien sind oft größer (oder kleiner) als ein Cluster

Wie kann man nun gespeicherte Daten adressieren?

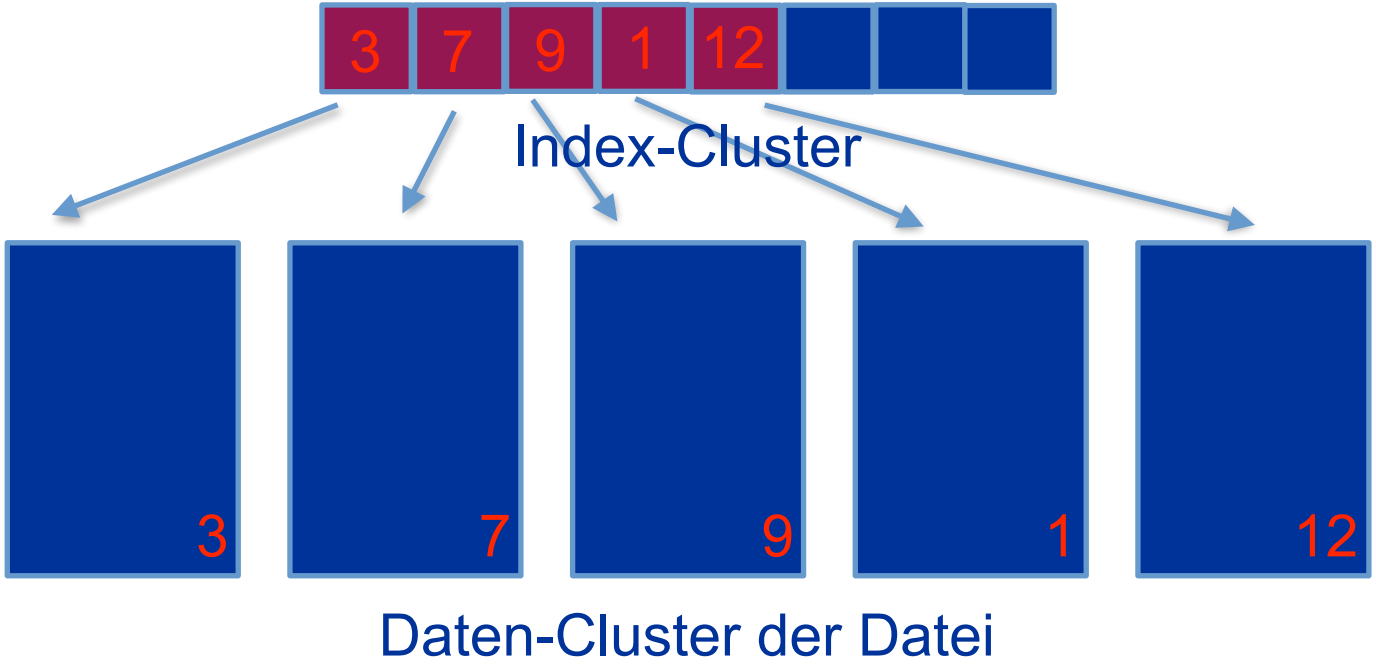
Kontinuierliche Speicherung



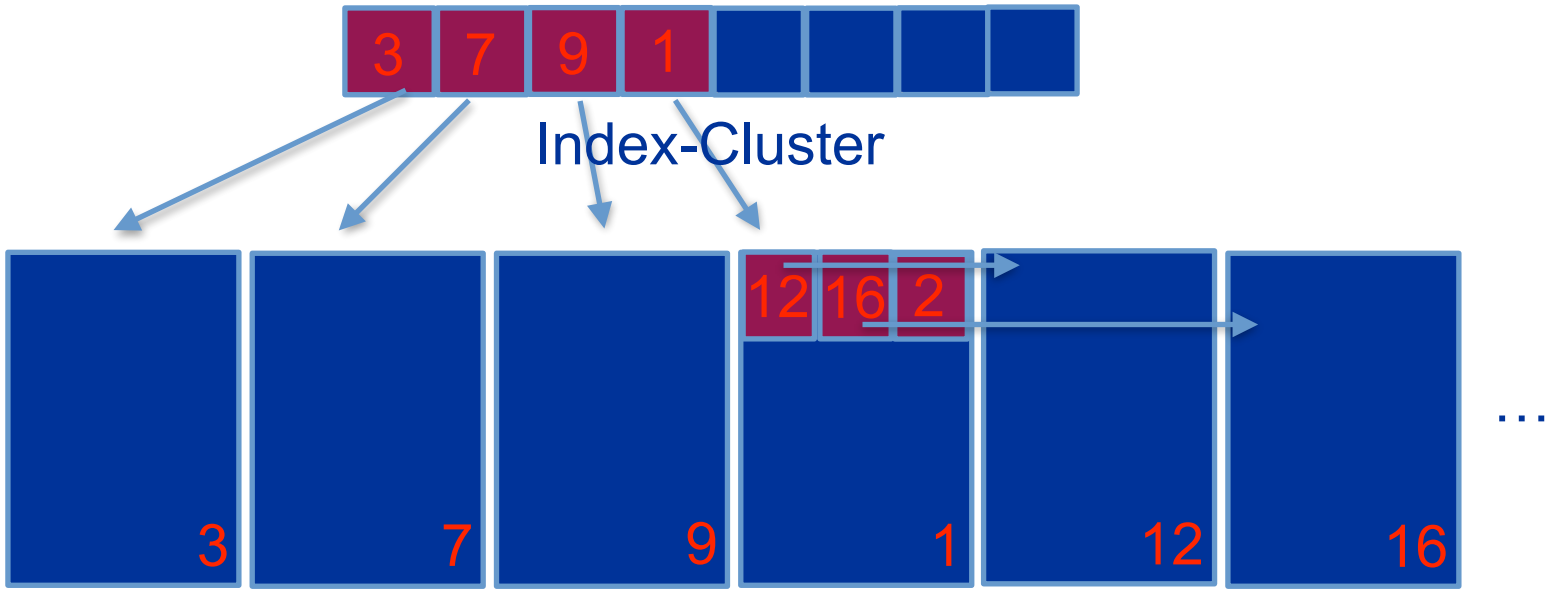
Verkettete Speicherung



Indizierte Speicherung



Indizierte Speicherung, mehrstufige Indizierung



Daten-Cluster mit einem zusätzlichen Index Cluster

DATEISYSTEME

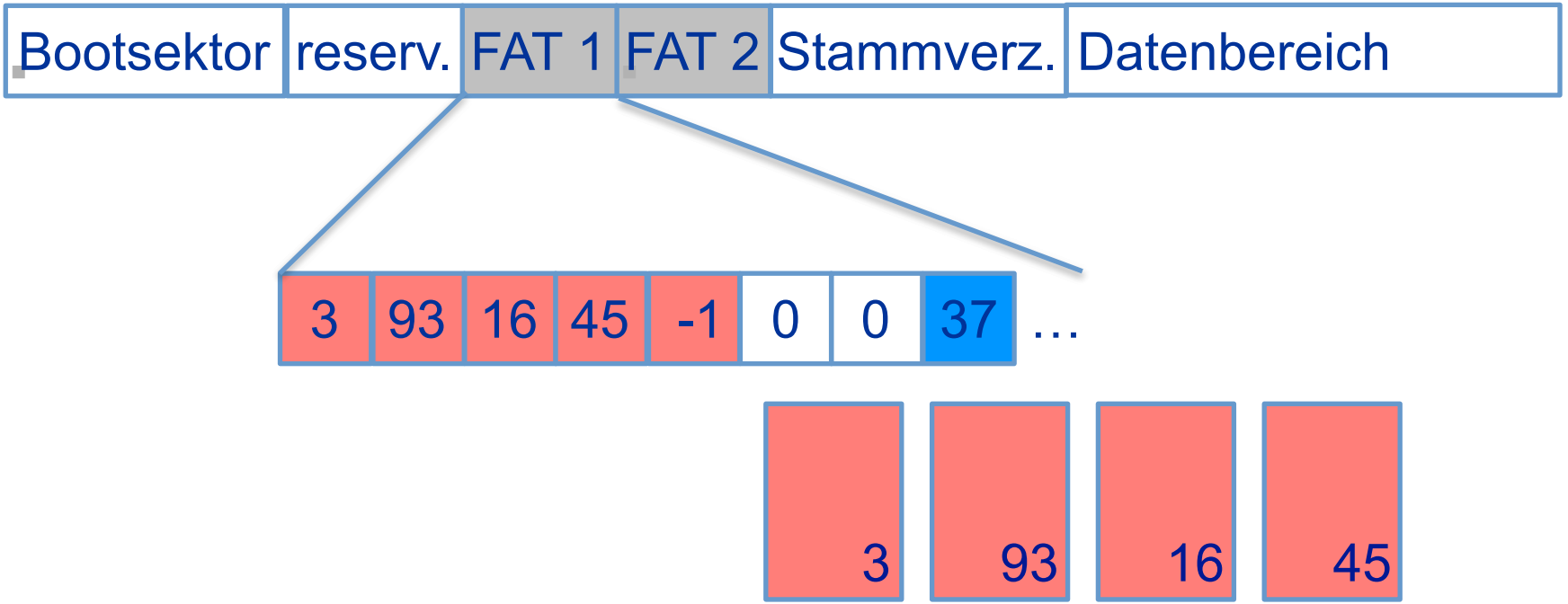
Beispiele anhand gängiger Dateisysteme

FAT

FAT

FAT

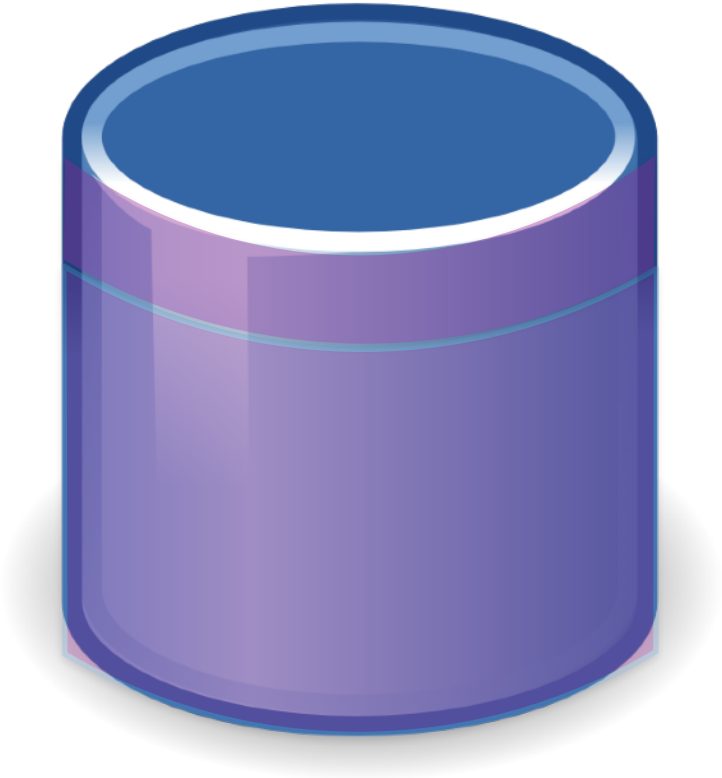
FAT


Bootsektor
reserv.
FAT 1
FAT 2
Stammverz.
Datenbereich
3
93
16
45
-1
0
0
37
…
3
93
16
45

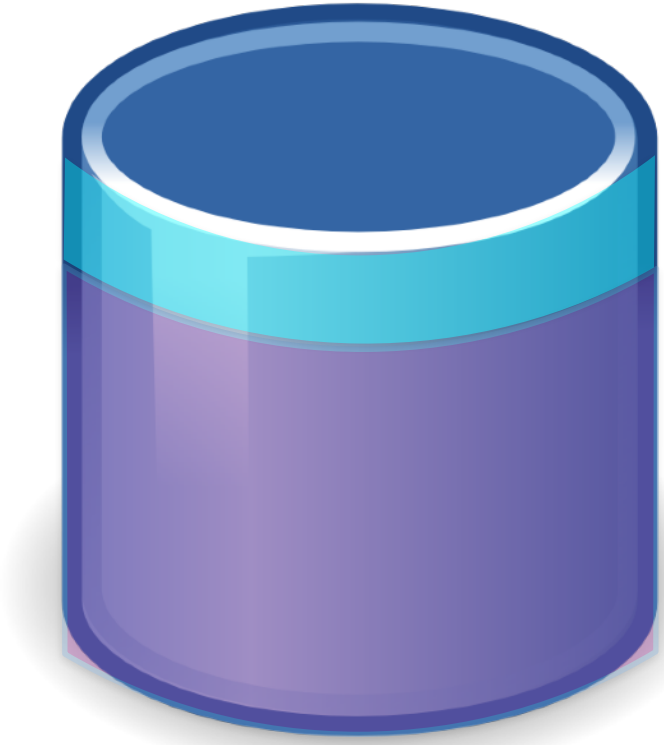
FAT


Bootsektor
reserv.
FAT 1
FAT 2
Stammverz.
Datenbereich
Dateiname
Erweit.
Attrib.
erstellt
letzt. Zugr.
letzt. Änd.
Start Clust.
Größe

NTFS - Next Technology File System



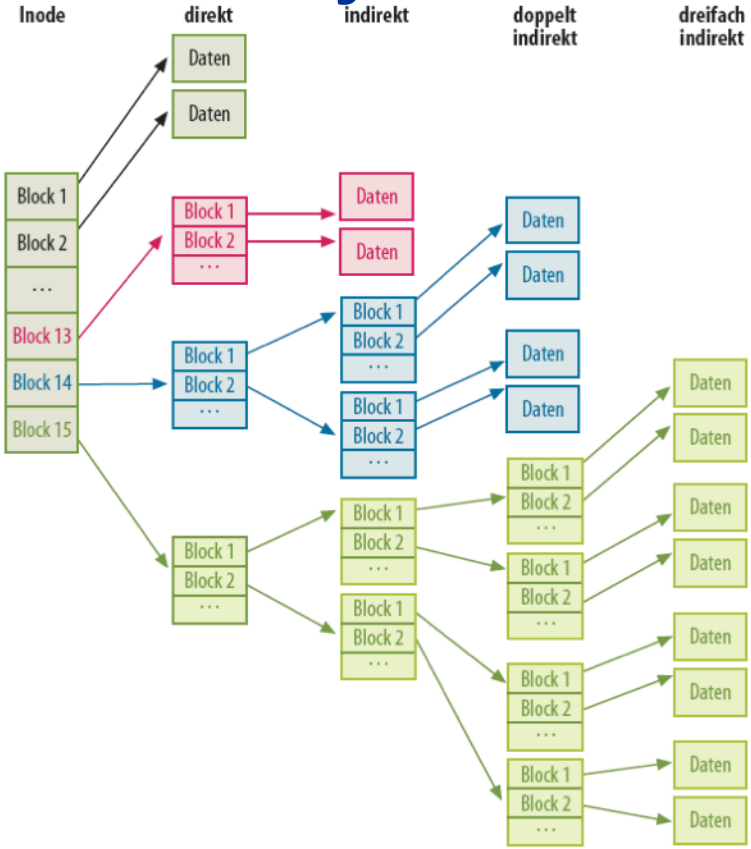
NTFS - Next Technology File System



Master File Table (12,5%)

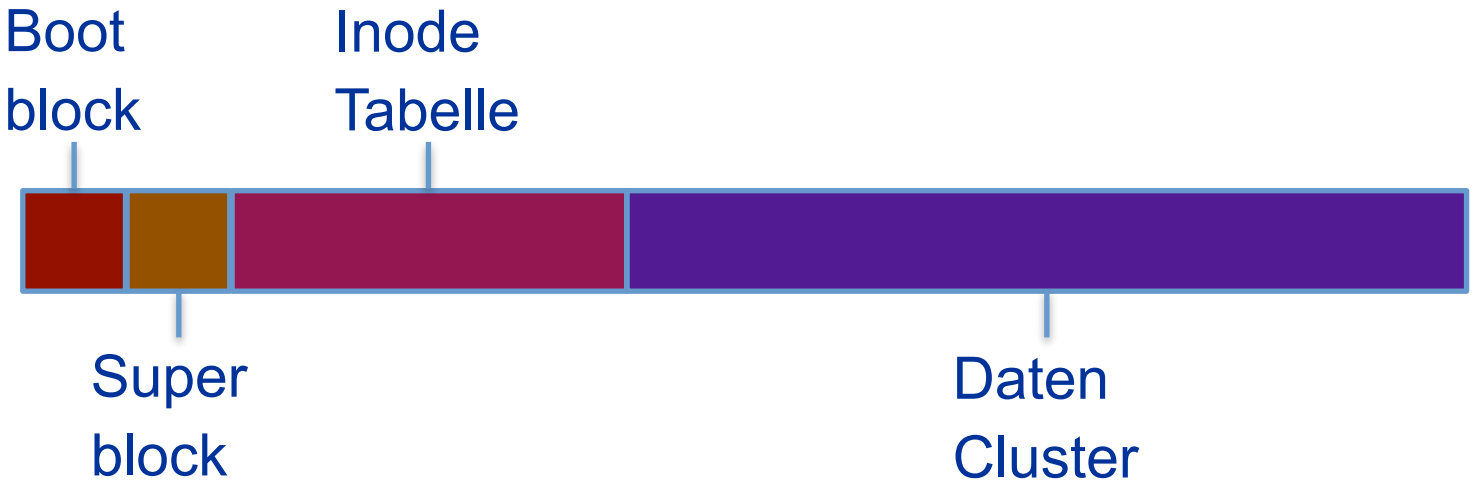
Datenbereich

Klassische Unix Dateisysteme

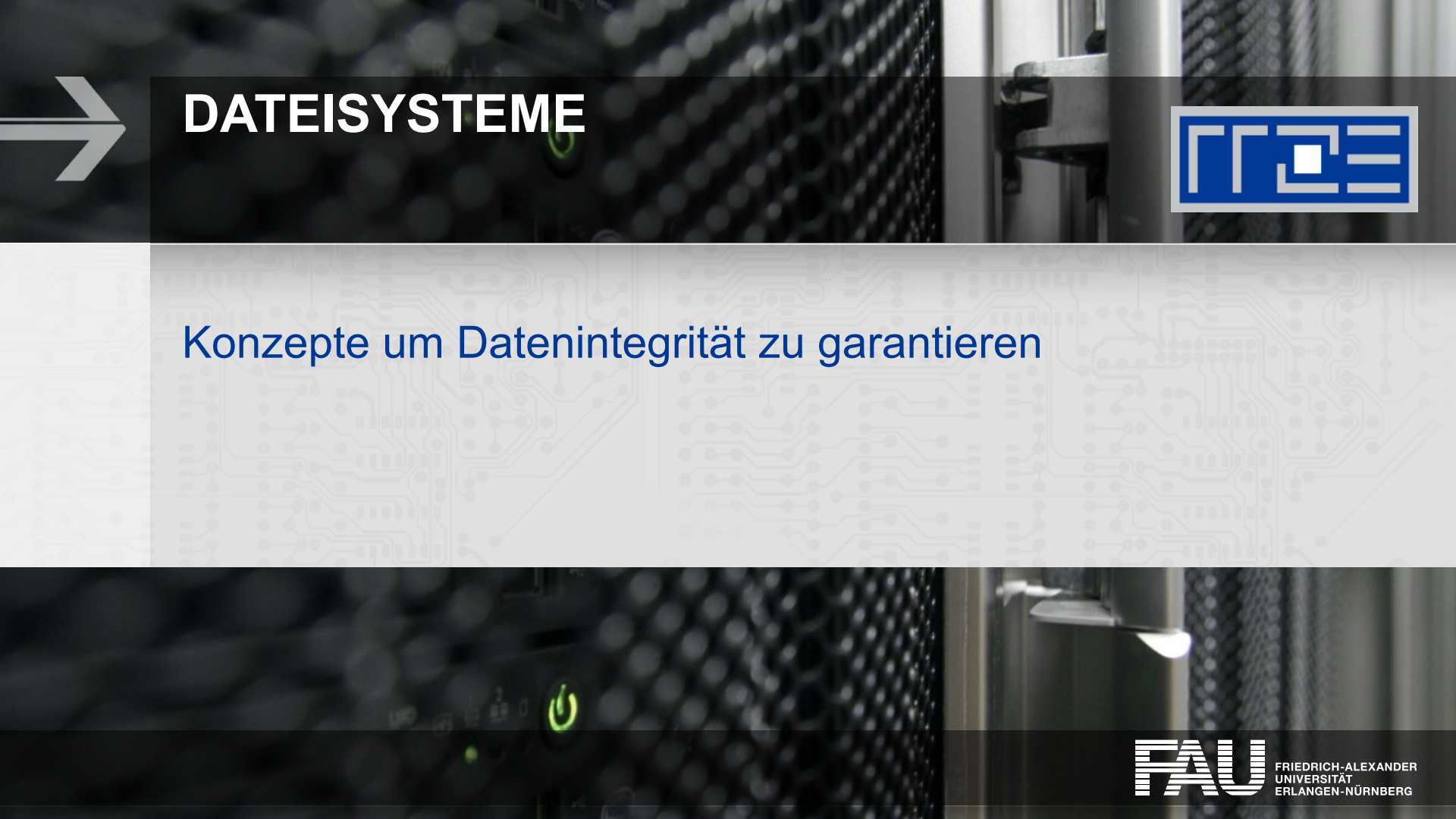


Quelle: heise.de

System V File System



DATEISYSTEME



Konzepte um Datenintegrität zu garantieren

Journaling

Metadaten - Journaling (writeback journaling)

Metadaten

Daten

Vollständiges Journaling

Metadaten

Daten

Ordered - Journaling

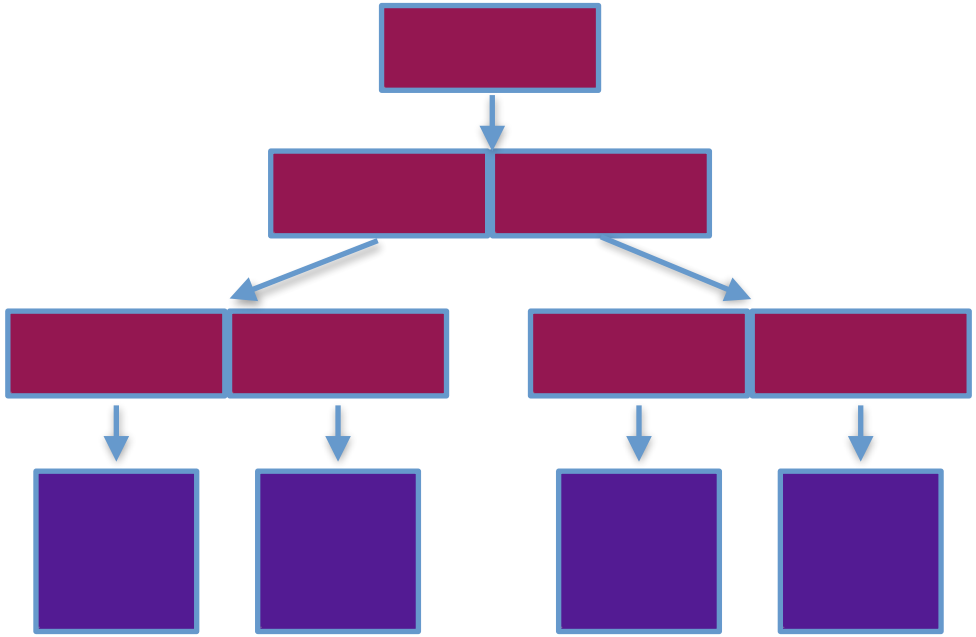
Metadaten

Daten

copy on write

Daten und Metadaten werden immer in freie Blöcke geschrieben:
es werden keine Daten überschrieben

ZFS - Beispiel für copy on write



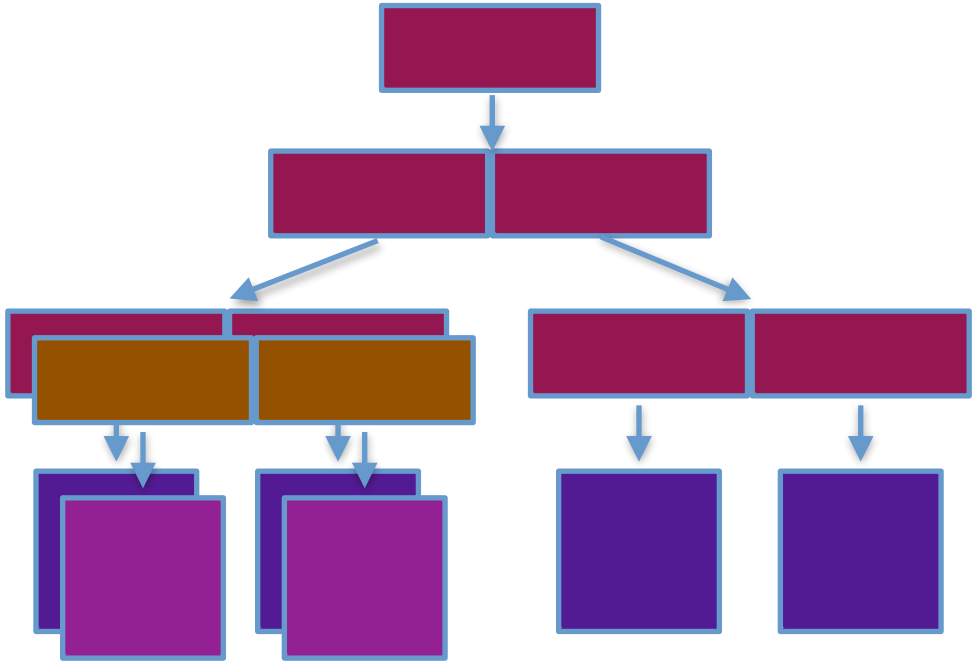
Uberblock

Zeiger/Metadaten

Zeiger/Metadaten

Daten

ZFS - Beispiel für copy on write



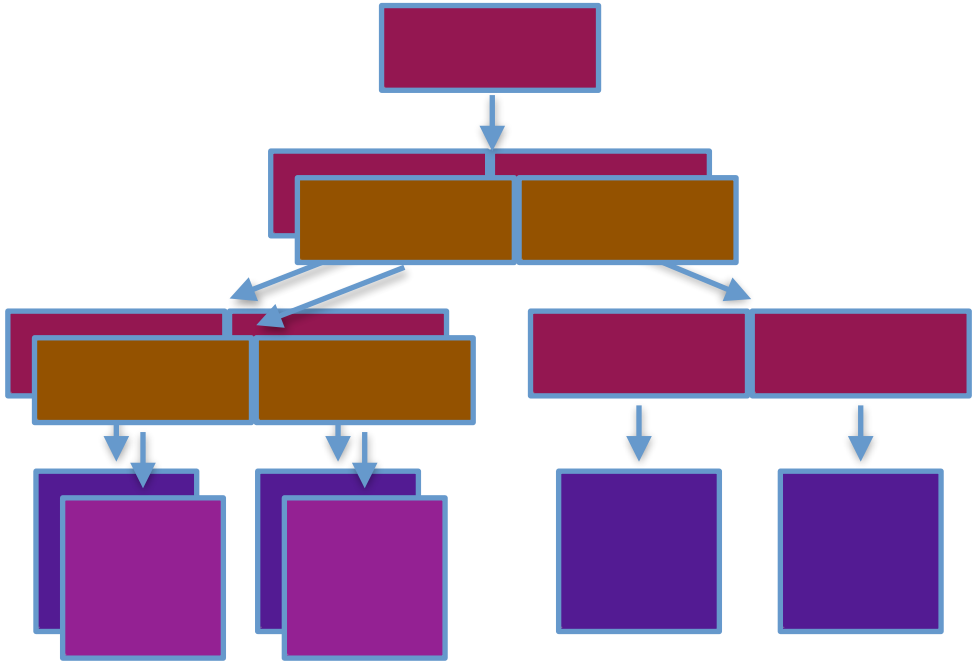
Uberblock

Zeiger/Metadaten

Zeiger/Metadaten

Daten

ZFS - Beispiel für copy on write



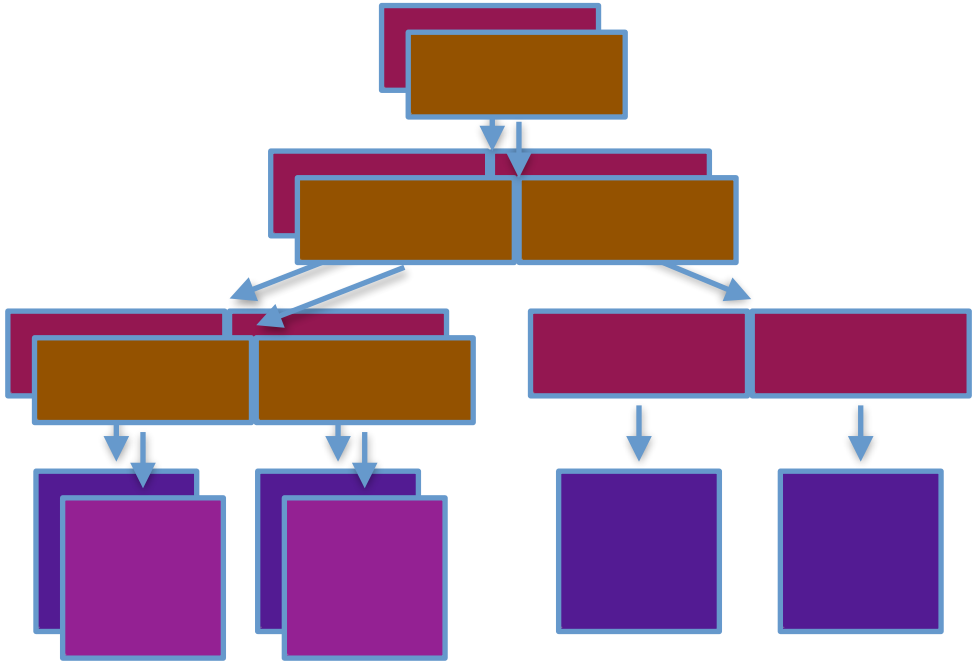
Uberblock

Zeiger/Metadaten

Zeiger/Metadaten

Daten

ZFS - Beispiel für copy on write



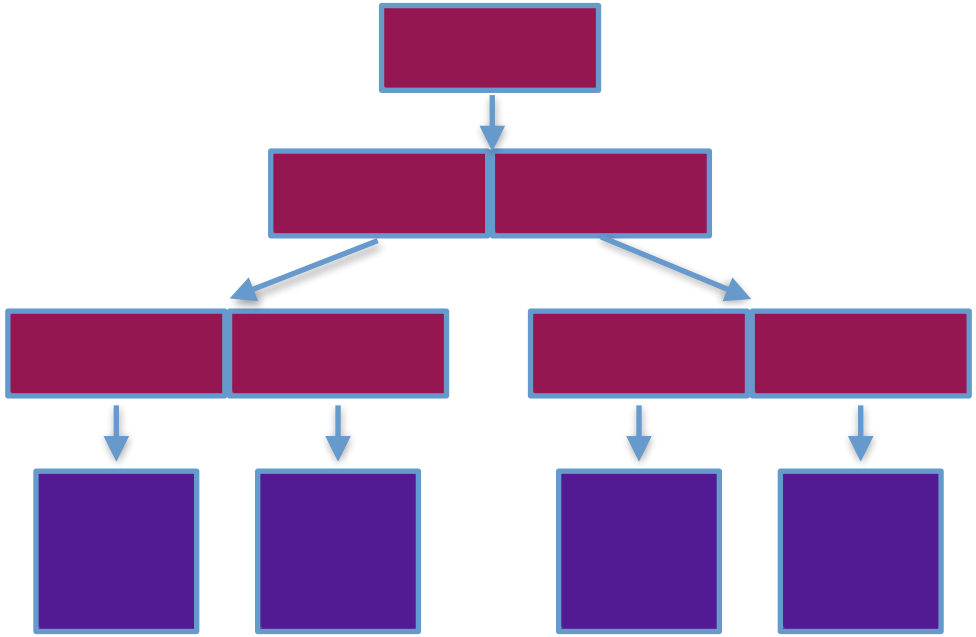
Uberblock

Zeiger/Metadaten

Zeiger/Metadaten

Daten

ZFS - Beispiel für copy on write



Uberblock

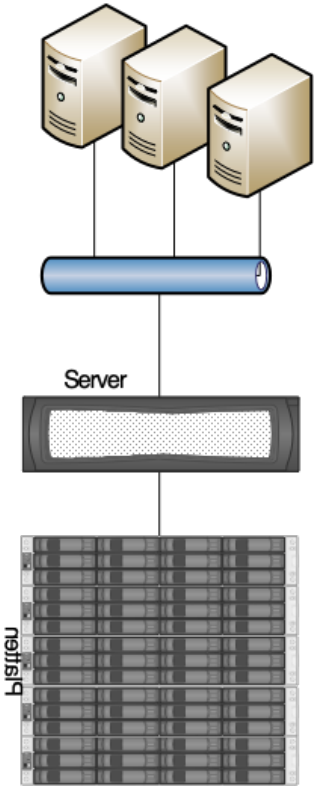
Zeiger/Metadaten

Zeiger/Metadaten

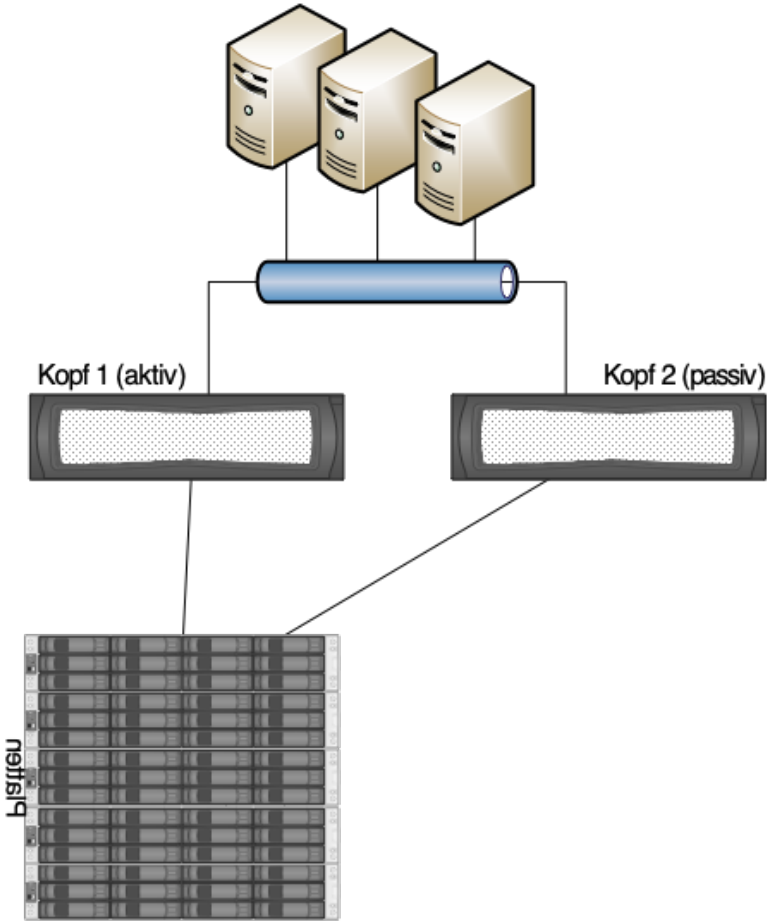
Daten

Typischer Aufbau / Storage-Appliances

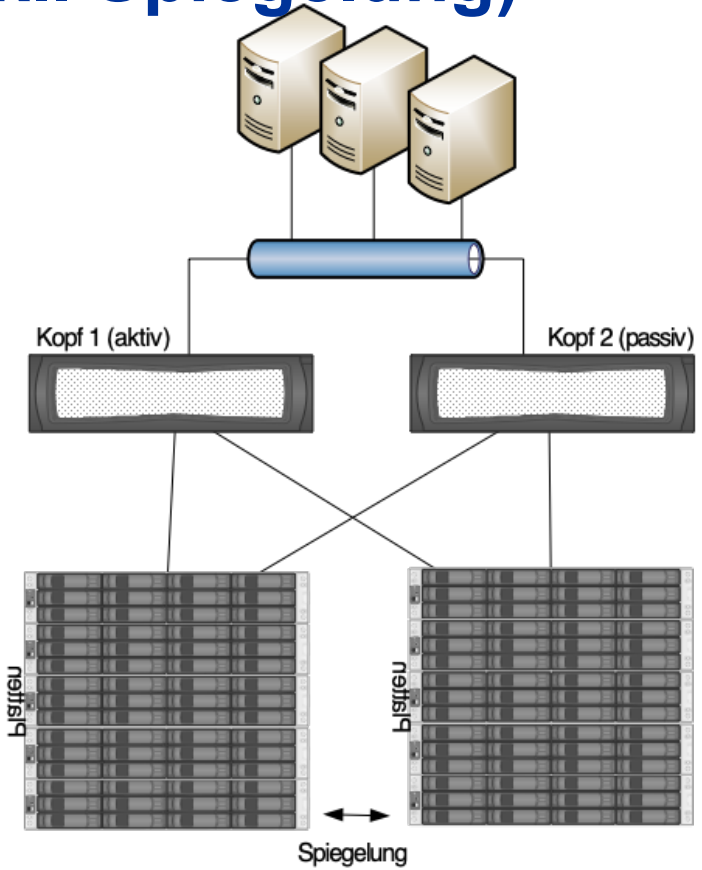
DAS – Direct Attached Storage



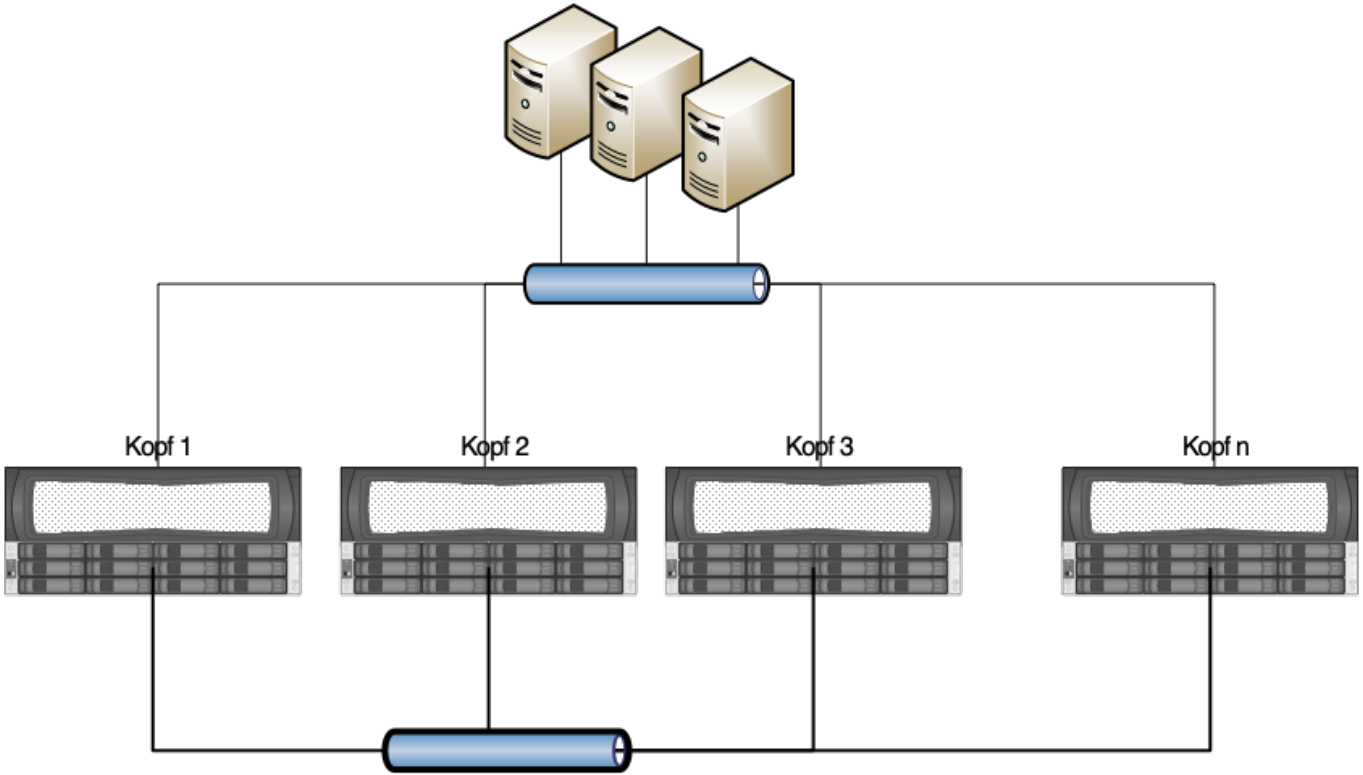
Klassisch



Klassisch (inkl. Spiegelung)



Scale-Out



Unterscheidung: SAN ⇔NAS

SAN (Storage Area Network)

- Block-Level Zugriff
- Protokolle:
  - Eigene Verkabelung: Fibre Channel (FC), SAS
- Basierend auf klassischem TCP/IP Netzwerk:
  - iSCSI, FCoE, AoE

NAS (Network Attached Storage)

- File-Level Zugriff
- Mehr dazu später …

NETWORK ATTACHED STORAGE

Network Attached Storage (NAS)

- Zugriffsprotokolle

Netzwerk-Filesystem-/NAS-Protokolle

2 „Klassiker:

Windows-Welt: **CIFS/SMB**

- Common Internet Filesystem / System Message Block
- Ursprung: IBM / Microsoft

Unix-Welt: **NFS**

- Network Filesystem
- Ursprung: Sun Microsystems

Netzwerk-Filesystem-Protokolle – CIFS/SMB

SMB (Server Message Block)

- Version 1.0

CIFS (Common Internet FileSystem)

- **Version 2.0** (2006) (>= Windows Vista / Server 2008)
  - Vereinfachung (Subcommands: > 100 => 19)
  - Neu: Symbolische Links, Größere Blockgröße, Unicode
- **Version 2.1** (>= Windows 7 / Server 2008 R2)
  - Performance

Netzwerk-Filesystem-Protokolle – CIFS/SMB

- **Version 3.0** (ehemals 2.2, >= Windows 8 / Server 2012)
  - SMB Direct (SMB over RDMA)
  - SMB Multichannel
  - End-to-End encryption
- **Version 3.0.2** (auch 3.02, >= Windows 8.1 / Server 2012R2)
  - SMB1 abschaltbar (Sicherheit!)
- **Version 3.1.1** (>= Windows 10 / Server 2016)
  - Secure negotiation Pflicht für SMB >= 2.x

Netzwerk-Filesystem-Protokolle - NFS

Version 2 (RFC 1094, 03/1989)

- Basierend auf RPC (Remote Procedure Call)
- Portmapper (Port 111):
  - Vermittelt Dienste auf dynamischen Ports (Firewall!), UDP (später: TCP)
- 32 bit (max. 2 GB Filegröße)

Version 3 (RFC 1813, 06/1995)

- UDP + TCP
- 64 bit Support
- Asynchrones Schreiben

Netzwerk-Filesystem-Protokolle - NFS

Version 4 (RFC 3010, 12/2000, Rev.: RFC 3530/7530)

- Single Standard Port 2049 (kein Portmapper!)
- NFSv4 ACLS (ähnlich Windows/CIFS ACLs)
- RPCSEC_GSS (Kerberos)

Version 4.1 (RFC 5661, 01/2010)

- pNFS

Version 4.2 (RFC 7862, 11/2016)

- Sparse File Support
- Server Side Copy
- Space Reservation

Netzwerk-Filesystem-Protokolle – Warum NFS 4.x nutzen?

Bis inkl. Version 3

- Beschränkung Host-basiert (AUTH_SYS / AUTH_UNIX)
- ro / rw, (no_)root_squash, (in)secure (NAT VMs!)
- Client-Server Mapping uid/gid-basiert (Sicherheit!)
- Posix ACLs (nur RFC, kein Standard!)

Ab Version 4.0:

- Client-Server Mapping „String“-basiert (idmap!)
- Starke Verschlüsselung / Authentifizierung
  - krb5 (Authentication Only), krb5i (Integrity), krb5p (Privacy)

Weitere Vorträge zur „Systemausbildung“

13.05.2020 – Windows-Betriebssysteme
20.05.2020 – Systemüberwachung / Monitoring
27.05.2020 – Storage & Filesysteme
17.06.2020 – Virtualisierung
24.06.2020 – Backup / Archiv
01.07.2020 – IT-Sicherheit
08.07.2020 – High Performance Computing
15.07.2020 – Benutzerverwaltung: MS Active Directory
22.07.2020 – LDAP und Kerberos

Immer mittwochs
(ab 14:15 Uhr)
- online -

Details: www.rrze.fau.de/veranstaltungen/veranstaltungskalender/

Weitere Vortragsreihen des RRZE im SoSe 2020

Campustreffen „IT-Dienste des RRZE und der FAU”

- immer donnerstags in den SoSe & WiSe, ab 15:15 Uhr
- vermittelt Informationen zu den Dienstleistungen des RRZE
- befasst sich mit neuer Hard- & Software, Update-Verfahren sowie Lizenzfragen
- ermöglicht den Erfahrungsaustausch mit Spezialisten

Nächste Campustreffen

28.05.2020 – Webmaster-Campustreffen

Details: www.rrze.fau.de/veranstaltungen/veranstaltungskalender/

RRZE-Veranstaltungskalender und Mailinglisten

- Kalender abonnieren oder bookmarken
  - www.rrze.fau.de/veranstaltungen/veranstaltungskalender/
- Mailingliste abonnieren
  - Wöchentliche Terminhinweise werden zusätzlich an die Mailingliste RRZE-Aktuelles gesendet.
  - Auch diese Liste kann man abonnieren: https://lists.fau.de/mailman/listinfo/rrze-aktuelles

Vortragsfolien und Vortragsaufzeichnung

Die Vortragsfolien werden nach der Veranstaltung auf der Webseite des RRZE abgelegt:
www.rrze.fau.de/ausbildung-schulung/veranstaltungsreihen/systemausbildung/

Die meisten Vorträge des RRZE werden aufgezeichnet und können nach der Veranstaltung vom Videoportal der FAU heruntergeladen werden:
www.fau.tv

Themenvorschläge und Anregungen

Themenvorschläge und Anregungen nehmen wir gerne entgegen!

Bitte schreiben Sie uns einfach eine E-Mail an:
rrze-zentrale@fau.de (Betreff: Systemausbildung)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Regionales Rechenzentrum Erlangen [RRZE]
Martensstraße 1, 91058 Erlangen
www.rrze.fau.de