
Inhaltsübersicht

| | | |
|----------------|--|------------|
| 1 | Einleitung | 1 |
| | Ulf Troppens · Nils Haustein | |
| Teil I | Techniken für Speichernetze | 17 |
| 2 | Disk- und Flashsysteme | 19 |
| | Peter Kimmel · Ulf Troppens | |
| 3 | I/O-Techniken | 83 |
| | Sebastian Thaele · Achim Christ · Ulf Troppens | |
| 4 | Dateisysteme und Network Attached Storage (NAS) | 181 |
| | Achim Christ · Ulf Troppens · Nils Haustein | |
| 5 | Speichervirtualisierung | 221 |
| | Nils Haustein · Ulf Troppens | |
| 6 | Objektspeicher | 257 |
| | Jens-Peter Akelbein · Ulf Troppens | |
| 7 | Wechselmedien | 303 |
| | Nils Haustein · Ulf Troppens | |
| Teil II | Einsatz von Speichernetzen | 339 |
| 8 | Basisarchitekturen | 341 |
| | Ulf Troppens · Nils Haustein | |
| 9 | Pervasive Computing und Cloud | 391 |
| | Ulf Troppens · Dennis Zimmer | |
| 10 | Datensicherung | 439 |
| | Andre Gaschler · Nils Haustein · Ulf Troppens | |
| 11 | Archivierung | 587 |
| | Nils Haustein · Ulf Troppens | |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 12 | Business Continuity Nils Hausteин · Ulf Troppens | 675 |
| 13 | Verwaltung von Speichernetzen Dietmar Noll · Ulf Troppens | 743 |
| 14 | Verwaltung von Wechselmedien Nils Hausteин · Ulf Troppens | 785 |
| 15 | Schlussbemerkung Ulf Troppens · Nils Hausteин | 817 |

Anhang **819**

| | | |
|----------|---|------------|
| A | Abbildungs- und Tabellenverzeichnis | 821 |
| B | Glossar | 833 |
| C | Literatur- und Quellenverzeichnis | 887 |
| D | Berechnung des Paritätsblocks von RAID 4 und 5 | 897 |
| E | Checkliste für die Verwaltung von Speichernetzen | 899 |
| | Index | 905 |

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|---------------|---|-----------|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 1.1 | Speicherhierarchie | 1 |
| 1.2 | Die serverzentrierte IT-Architektur und ihre Beschränkungen | 3 |
| 1.3 | Die speicherzentrierte IT-Architektur und ihre Vorteile | 5 |
| 1.4 | Beispiel: Austausch eines Servers mit Speichernetzen | 7 |
| 1.5 | Von verteilten Systemen zu Pervasive Computing und Cloud | 9 |
| 1.6 | Gliederung des Buchs | 11 |
| Teil I | Techniken für Speichernetze | 17 |
| 2 | Disk- und Flashsysteme | 19 |
| 2.1 | Grundlagen | 20 |
| 2.1.1 | Architektur von Disk- und Flashsystemen | 20 |
| 2.1.2 | Abgrenzung: Disksystem versus Flashsystem | 23 |
| 2.1.3 | Laufwerke: Flashmodule, SSDs und Festplatten | 23 |
| 2.1.4 | Interne I/O-Kanäle | 27 |
| 2.1.5 | Just a Bunch of Disks (JBOD) | 29 |
| 2.1.6 | Speichervirtualisierung durch RAID | 29 |
| 2.2 | Verschiedene RAID-Level im Detail | 33 |
| 2.2.1 | RAID 0: Blockweises Striping | 34 |
| 2.2.2 | RAID 1: Blockweises Mirroring | 36 |
| 2.2.3 | RAID 0+1/RAID 10: Striping und Mirroring kombiniert | 37 |
| 2.2.4 | RAID 4 und RAID 5: Parity statt Mirroring | 42 |
| 2.2.5 | RAID 6: Double Parity | 47 |
| 2.2.6 | RAID 2 und RAID 3 | 50 |
| 2.2.7 | Die RAID-Level im Vergleich | 51 |
| 2.2.8 | Distributed RAID | 54 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 2.3 | Caching: Beschleunigung der Laufwerkszugriffe | 56 |
| 2.3.1 | Caches in Festplatten und SSDs | 56 |
| 2.3.2 | Schreib-Cache im Controller des Disksystems | 57 |
| 2.3.3 | Lese-Cache im Controller des Disksystems | 58 |
| 2.4 | Intelligente Diskssysteme | 58 |
| 2.4.1 | Instant Copies | 59 |
| 2.4.2 | Remote Mirroring | 63 |
| 2.4.3 | Konsistenzgruppen | 68 |
| 2.4.4 | LUN Masking | 72 |
| 2.5 | Speicheroptimierung | 75 |
| 2.5.1 | Thin Provisioning | 75 |
| 2.5.2 | Deduplizierung und Komprimierung | 76 |
| 2.5.3 | Automatische Speicherortverlagerung | 77 |
| 2.6 | Verfügbarkeit von Disksystemen | 78 |
| 2.7 | Zusammenfassung und Ausblick | 81 |
| 3 | I/O-Techniken | 83 |
| 3.1 | Grundlagen | 83 |
| 3.1.1 | Der physische I/O-Pfad von der CPU zum Speichergerät | 84 |
| 3.1.2 | Small Computer System Interface (SCSI) | 87 |
| 3.2 | Fibre Channel (FC) | 89 |
| 3.2.1 | Links, Ports und Topologien | 91 |
| 3.2.2 | FC-0: Kabel, Stecker und Signalcodierung | 93 |
| 3.2.3 | FC-1: Codierungen, Ordered Set und Link Control Protocol | 98 |
| 3.2.4 | FC-2: Datenübertragung | 105 |
| 3.2.5 | FC-3: Gemeinsame Dienste | 113 |
| 3.2.6 | Link Services: Login und Adressierung | 114 |
| 3.2.7 | Fabric Services: Name Server und Co. | 120 |
| 3.2.8 | FC-4 und ULPs: Anwendungsprotokolle | 122 |
| 3.3 | Fibre Channel SAN | 124 |
| 3.3.1 | Eignung für Speichernetze | 124 |
| 3.3.2 | Begriffsbestimmung: SAN versus Speichernetz | 125 |
| 3.3.3 | Die Point-to-Point-Topologie | 125 |
| 3.3.4 | Die Fabric-Topologie | 127 |
| 3.3.5 | Die Arbitrated-Loop-Topologie | 135 |
| 3.3.6 | Hardwarekomponenten für Fibre Channel SAN | 135 |
| 3.3.7 | Interoperabilität von Fibre Channel SAN | 139 |
| 3.3.8 | Leistungsbetrachtungen | 142 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 3.4 | WAN-Techniken | 144 |
| 3.4.1 | Dark Fiber | 145 |
| 3.4.2 | Multiplexer: DWDM, CWDM und TDM | 145 |
| 3.4.3 | Fibre Channel over IP (FCIP) | 150 |
| 3.4.4 | Fazit | 155 |
| 3.5 | IP Storage | 155 |
| 3.5.1 | TCP/IP und Ethernet als I/O-Technik | 156 |
| 3.5.2 | Internet SCSI (iSCSI) | 160 |
| 3.5.3 | Fibre Channel over Ethernet (FCoE) | 162 |
| 3.6 | Weitere I/O-Techniken | 166 |
| 3.6.1 | InfiniBand | 166 |
| 3.6.2 | Virtual Interface Architecture (VIA) | 170 |
| 3.6.3 | RDMA, RoCE & Co | 172 |
| 3.6.4 | NVM Express (NVMe) und NVMe over Fabric (NVMeOF) | 175 |
| 3.7 | Zusammenfassung und Ausblick | 179 |
| 4 | Dateisysteme und Network Attached Storage (NAS) | 181 |
| 4.1 | Lokale Dateisysteme | 181 |
| 4.1.1 | Lokale und verteilte Dateisysteme | 182 |
| 4.1.2 | Journaling | 183 |
| 4.1.3 | Snapshots | 183 |
| 4.1.4 | Volume Manager | 184 |
| 4.1.5 | Information Lifecycle Management (ILM) | 186 |
| 4.1.6 | Dateisysteme und Datenbanken | 188 |
| 4.2 | Netzwerk-Dateisysteme und Fileserver | 188 |
| 4.2.1 | Grundprinzip | 189 |
| 4.2.2 | Network Attached Storage (NAS) | 190 |
| 4.2.3 | Alternativen zu Netzwerk-Dateisystemen | 192 |
| 4.3 | Authentisierung und Autorisierung | 193 |
| 4.3.1 | Identifizierung | 193 |
| 4.3.2 | Authentisierung | 195 |
| 4.3.3 | Verzeichnisdienste | 196 |
| 4.3.4 | Autorisierung und Zugriffskontrolle | 197 |
| 4.4 | Optimierung für verteilte Zugriffe | 201 |
| 4.4.1 | Leistungsgengpässe in Fileservern | 201 |
| 4.4.2 | Beschleunigung von Netzwerk-Dateisystemen | 202 |
| 4.4.3 | Fallstudie: Direct Access File System (DAFS) | 204 |
| 4.4.4 | Shared-Disk-Dateisysteme | 207 |
| 4.4.5 | Fallstudie: General Parallel File System (GPFS) | 210 |
| 4.4.6 | Shared-Nothing-Dateisysteme | 213 |
| 4.4.7 | Fallstudie: Hadoop Distributed File System (HDFS) | 214 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 4.5 | Vergleich: NAS und SAN | 216 |
| 4.6 | Zusammenfassung und Ausblick | 219 |
| 5 | Speichervirtualisierung | 221 |
| 5.1 | Grundlagen | 221 |
| 5.1.1 | Definition: Speichervirtualisierung | 222 |
| 5.1.2 | Ziele der Speichervirtualisierung | 223 |
| 5.1.3 | Realisierungsorte der Virtualisierungsinstanz | 224 |
| 5.1.4 | Speichervirtualisierung auf Blockebene | 225 |
| 5.1.5 | Speichervirtualisierung auf Dateiebene | 226 |
| 5.1.6 | Vergleich: Blockebene versus Dateiebene | 228 |
| 5.2 | Speichervirtualisierung im Speichernetz | 228 |
| 5.2.1 | Architekturbedingte Einschränkungen von Speichernetzen | 229 |
| 5.2.2 | Implementierungsbedingte Einschränkungen von Speichernetzen | 231 |
| 5.2.3 | Notwendigkeit einer Speichervirtualisierung im Speichernetz | 231 |
| 5.2.4 | Beispiel: Austausch von Speichergeräten mit Speichervirtualisierung im Speichernetz | 233 |
| 5.2.5 | Symmetrische Speichervirtualisierung | 233 |
| 5.2.6 | Asymmetrische Speichervirtualisierung | 237 |
| 5.3 | Vergleich der Realisierungsorte | 242 |
| 5.3.1 | Speichervirtualisierung im I/O-Pfad | 242 |
| 5.3.2 | Speichervirtualisierung im Server | 246 |
| 5.3.3 | Speichervirtualisierung im Speichergerät | 247 |
| 5.3.4 | Speichervirtualisierung im Speichernetz | 249 |
| 5.3.5 | Mehrstufige Speichervirtualisierung | 250 |
| 5.4 | Implementierungsaspekte | 251 |
| 5.4.1 | Erleichterung der Speicherverwaltung | 252 |
| 5.4.2 | Höhere Verfügbarkeit der Daten | 252 |
| 5.4.3 | Höhere Leistungsfähigkeit des Speichers | 253 |
| 5.4.4 | Bessere Ausnutzung aller Speicherressourcen | 254 |
| 5.5 | Zusammenfassung und Ausblick | 254 |
| 6 | Objektspeicher | 257 |
| 6.1 | Begriffsbestimmung | 258 |
| 6.1.1 | Motivation: Speicher für nicht-strukturierte, statische Daten | 258 |
| 6.1.2 | Referenzarchitektur für Objektspeicher | 260 |
| 6.1.3 | Abgrenzung zu Dateien und Dateisystemen | 262 |
| 6.1.4 | Abgrenzung zu anderen objektbasierten Speichern | 263 |
| 6.1.5 | Abgrenzung zu Cloud Storage | 263 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 6.2 | Anforderungen an Objektspeicher | 264 |
| 6.2.1 | Speicher für Webanwendungen und Pervasive Computing | 264 |
| 6.2.2 | Hardware-bezogene Anforderungen | 266 |
| 6.2.3 | CAP-Theorem als Architekturtreiber | 268 |
| 6.2.4 | Operative Anforderungen | 270 |
| 6.3 | Zugriff auf Objekte | 271 |
| 6.3.1 | Webtechniken | 271 |
| 6.3.2 | Representational State Transfer (REST) | 273 |
| 6.3.3 | Objektspeicherschnittstelle | 275 |
| 6.3.4 | Fallstudie: Cloud Data Management Interface (CDMI) | 276 |
| 6.3.5 | Vergleich von CDMI mit anderen API-Varianten | 281 |
| 6.4 | Speichern der Objekte | 283 |
| 6.4.1 | Systemsoftware des Objektspeichers | 283 |
| 6.4.2 | Redundanz der Objekte | 285 |
| 6.4.3 | Redundanz von Hardwarekomponenten | 287 |
| 6.4.4 | Zonen und Regionen | 288 |
| 6.4.5 | Fallstudie: OpenStack Swift | 291 |
| 6.5 | Erweiterte Funktionen | 296 |
| 6.5.1 | Suche | 296 |
| 6.5.2 | Logging | 297 |
| 6.5.3 | Darstellung als Netzwerkdateisystem | 297 |
| 6.6 | Zusammenfassung und Ausblick | 300 |
| 7 | Wechselmedien | 303 |
| 7.1 | Motivation: Vorteile von Bändern | 303 |
| 7.2 | Medientypen | 308 |
| 7.2.1 | Bänder (Tapes) | 308 |
| 7.2.2 | Optische Medien | 310 |
| 7.2.3 | Tape Libraries | 311 |
| 7.2.4 | Bandlaufwerke (Drives) | 313 |
| 7.2.5 | Media Changer und Inventarverzeichnis | 314 |
| 7.2.6 | Partitionierung von Tape Libraries | 317 |
| 7.3 | Das Linear Tape File System (LTFS) | 320 |
| 7.3.1 | Motivation | 320 |
| 7.3.2 | Architektur | 321 |
| 7.3.3 | Operationen | 325 |
| 7.3.4 | Charakteristische Eigenschaften | 327 |
| 7.3.5 | Nutzungsaspekte | 329 |
| 7.3.6 | Hierarchische Speicherverwaltung mit LTFS | 330 |
| 7.3.7 | Fazit | 332 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 7.4 | Einsatzgebiete | 333 |
| 7.4.1 | Einsatz zur Datensicherung | 333 |
| 7.4.2 | Einsatz zur Archivierung | 335 |
| 7.4.3 | Einsatz für den Austausch großer Datenmengen | 336 |
| 7.5 | Zusammenfassung | 337 |

Teil II Einsatz von Speichernetzen 339

| | | |
|----------|--|------------|
| 8 | Basisarchitekturen | 341 |
| 8.1 | Begriffsbestimmung »Speichernetz« | 341 |
| 8.1.1 | Schichtung der Übertragungstechniken und Protokolle | 342 |
| 8.1.2 | Speichernetze im I/O-Pfad | 344 |
| 8.1.3 | Abgrenzung: Rechnernetze versus Speichernetze | 346 |
| 8.2 | Basiskonzepte | 347 |
| 8.2.1 | Konsolidierung von Disksystemen | 347 |
| 8.2.2 | Konsolidierung von Tape Libraries | 349 |
| 8.2.3 | Data Sharing | 351 |
| 8.2.4 | Datenkopien | 353 |
| 8.2.5 | Hierarchical Storage Management (HSM) | 355 |
| 8.3 | Verfügbarkeit | 359 |
| 8.3.1 | Ausfall eines I/O-Busses | 360 |
| 8.3.2 | Ausfall eines Servers | 363 |
| 8.3.3 | Ausfall eines Speichersystems | 366 |
| 8.3.4 | Ausfall einer Virtualisierung im Speichernetz | 371 |
| 8.3.5 | Ausfall eines Rechenzentrums am Beispiel »Schutz eines wichtigen Datenbanksystems« | 371 |
| 8.3.6 | Ausfall eines Storage-rich Servers | 376 |
| 8.4 | Anpassbarkeit und Skalierbarkeit | 377 |
| 8.4.1 | Begriffsbestimmung: »Cluster« | 378 |
| 8.4.2 | Shared-Null-Konfiguration | 378 |
| 8.4.3 | Shared-Nothing Cluster | 380 |
| 8.4.4 | Enhanced Shared-Nothing Cluster | 383 |
| 8.4.5 | Shared-Everything Cluster | 385 |
| 8.4.6 | Cluster mit Storage-rich Servern | 387 |
| 8.5 | Zusammenfassung und Ausblick | 388 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 9 | Pervasive Computing und Cloud | 391 |
| 9.1 | Pervasive Computing | 391 |
| 9.1.1 | Definition: »Pervasive Computing« | 392 |
| 9.1.2 | Dezentrale Erzeugung, Verarbeitung und Speicherung von unstrukturierten Daten | 393 |
| 9.1.3 | Höheres Datenvolumen | 395 |
| 9.1.4 | Höhere Skalierbarkeit | 396 |
| 9.1.5 | Höhere Anpassbarkeit | 396 |
| 9.1.6 | Geringere Veränderungsrate | 396 |
| 9.1.7 | Verfügbarkeit wichtiger als Konsistenz | 396 |
| 9.1.8 | Höhere Fehlertoleranz | 397 |
| 9.1.9 | Geringere Belastung durch Partitionierung | 398 |
| 9.1.10 | Lose gekoppelte Replikate | 399 |
| 9.1.11 | Fazit | 399 |
| 9.2 | Cloud Computing | 400 |
| 9.2.1 | Definition »Cloud Computing« | 400 |
| 9.2.2 | Charakteristische Eigenschaften | 401 |
| 9.2.3 | Dienstmodelle: IaaS, PaaS, SaaS | 403 |
| 9.2.4 | Bereitstellungsmodelle: Public, Privat, Hybrid | 404 |
| 9.2.5 | Fallbeispiel: OpenStack | 406 |
| 9.2.6 | Abgrenzung zu Webanwendung | 408 |
| 9.2.7 | Abgrenzung zu Virtualisierung | 409 |
| 9.2.8 | Cloud Computing in Unternehmen | 409 |
| 9.3 | Servervirtualisierung | 411 |
| 9.3.1 | Grundlagen und Definition | 411 |
| 9.3.2 | Vorteile von Servervirtualisierung | 413 |
| 9.3.3 | Speicher für Servervirtualisierung | 414 |
| 9.3.4 | Problem: Hypervisor im I/O Pfad | 416 |
| 9.3.5 | Fallstudie: Speicher für VMware ESXi | 419 |
| 9.3.6 | Hyperconverged Systems | 424 |
| 9.3.7 | Container | 426 |
| 9.4 | Speicher in, aus und für die Cloud | 428 |
| 9.4.1 | Speicher in und aus der Cloud | 429 |
| 9.4.2 | Enterprise File Sync&Share (EFSS) | 430 |
| 9.4.3 | Big Data | 434 |
| 9.4.4 | Speicher für Cloud und Pervasive Computing | 435 |
| 9.5 | Zusammenfassung und Ausblick | 436 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 10 | Datensicherung | 439 |
| 10.1 | Rahmenbedingungen | 440 |
| 10.1.1 | Begriffsbestimmung | 440 |
| 10.1.2 | Herausforderungen | 445 |
| 10.1.3 | Anforderungen | 446 |
| 10.1.4 | Abgrenzung | 449 |
| 10.2 | Referenzarchitektur für Backup-Systeme | 451 |
| 10.2.1 | Komponenten und Prozesse | 451 |
| 10.2.2 | Backup-Server | 454 |
| 10.2.3 | Backup-Client | 459 |
| 10.2.4 | Verwaltung | 462 |
| 10.3 | Konzepte und Techniken | 464 |
| 10.3.1 | Backup-Verfahren | 464 |
| 10.3.2 | Kenngrößen | 469 |
| 10.3.3 | Backup-Strategien | 472 |
| 10.3.4 | Backup-Profile | 475 |
| 10.3.5 | Datenreduktion | 476 |
| 10.3.6 | Speicherhierarchien im Backup-Speicher | 481 |
| 10.3.7 | Sicherung und Auslagerung der Backup-Daten | 483 |
| 10.3.8 | Verschlüsselung | 486 |
| 10.4 | Erweiterung der Referenzarchitektur | 488 |
| 10.4.1 | Index-Server und Medien-Server | 488 |
| 10.4.2 | Server-free Backup | 491 |
| 10.4.3 | LAN-free Backup | 493 |
| 10.4.4 | Datensicherung mit Instant Copies | 498 |
| 10.5 | Cloud-Backup | 502 |
| 10.5.1 | Grundlagen | 502 |
| 10.5.2 | Backup-Systeme mit Cloud-Speicher | 504 |
| 10.5.3 | Backup-as-a-Service | 506 |
| 10.5.4 | Disaster-Recovery-as-a-Service für Backup-Systeme | 507 |
| 10.5.5 | Backup-Systeme für Off Premise Private Clouds | 509 |
| 10.5.6 | Fazit | 510 |
| 10.6 | Sicherung von Dateisystemen | 511 |
| 10.6.1 | Grundlagen | 511 |
| 10.6.2 | Identifizierung der zu sichernden Daten | 512 |
| 10.6.3 | Lösungen für die Sicherung von Dateisystemen | 514 |
| 10.6.4 | Sicherung von Fileservern | 520 |
| 10.7 | Sicherung von NAS-Systemen | 522 |
| 10.7.1 | Sicherung von NAS-Systemen über NFS oder SMB | 522 |
| 10.7.2 | Das Network Data Management Protocol (NDMP) | 523 |
| 10.7.3 | Integration von NDMP in Backup-Systeme | 528 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 10.8 | Sicherung von Datenbanksystemen | 534 |
| 10.8.1 | Grundlagen Datenbanksysteme | 535 |
| 10.8.2 | Wiederanlauf und Recovery | 541 |
| 10.8.3 | Backup-Verfahren für Datenbanksysteme | 545 |
| 10.8.4 | Vollständige Sicherung der Datenbasis | 549 |
| 10.8.5 | Differenzielle Sicherung der Datenbasis | 553 |
| 10.8.6 | Sicherung der Datenbasis mit Instant Copies | 556 |
| 10.9 | Sicherung von Servern | 560 |
| 10.9.1 | Sicherung von physischen Servern | 560 |
| 10.9.2 | Besonderheiten der Sicherung virtueller Server | 565 |
| 10.9.3 | Sicherung im virtuellen Server | 567 |
| 10.9.4 | Sicherung über den Hypervisor | 569 |
| 10.9.5 | Anwendungskonsistente Sicherung von virtuellen Servern | 577 |
| 10.10 | Organisatorische Aspekte der Datensicherung | 579 |
| 10.11 | Zusammenfassung und Ausblick | 583 |
| 11 | Archivierung | 587 |
| 11.1 | Begriffsbestimmung | 588 |
| 11.1.1 | Abgrenzung: Informationen versus Daten | 588 |
| 11.1.2 | Archivierung | 588 |
| 11.1.3 | Digitale Archivierung | 589 |
| 11.1.4 | Referenzarchitektur für digitale Archivsysteme | 590 |
| 11.1.5 | Der Archivierungsprozess | 592 |
| 11.1.6 | Abgrenzung: Archivierung versus Datensicherung | 593 |
| 11.1.7 | Abgrenzung: Archivierung versus ILM | 597 |
| 11.2 | Grundlagen | 600 |
| 11.2.1 | Gründe für die Archivierung | 601 |
| 11.2.2 | Gesetzliche Anforderungen | 601 |
| 11.2.3 | Technischer Fortschritt | 603 |
| 11.2.4 | Beständigkeit | 604 |
| 11.2.5 | Risiken aus Umwelt und Gesellschaft | 606 |
| 11.2.6 | Anpassbarkeit und Skalierbarkeit | 606 |
| 11.2.7 | Operative Anforderungen | 608 |
| 11.2.8 | Kostenbezogene Anforderungen | 608 |
| 11.2.9 | Fazit: Archivsysteme als strategische Investition | 609 |
| 11.3 | Speichermedien für die Archivierung | 610 |
| 11.3.1 | Motivation | 610 |
| 11.3.2 | Diskbasierter WORM-Speicher | 611 |
| 11.3.3 | Optische WORM-Medien | 613 |
| 11.3.4 | WORM-Bänder | 613 |
| 11.3.5 | Vergleich und Einsatzgebiete der WORM-Techniken | 614 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 11.4 | Implementierungsüberlegungen | 616 |
| 11.4.1 | Datensicherheit | 616 |
| 11.4.2 | Datenintegrität | 618 |
| 11.4.3 | Nachweis der Revisionssicherheit | 619 |
| 11.4.4 | Löschen von Daten | 619 |
| 11.4.5 | Unterbrechungsfreier Betrieb | 621 |
| 11.4.6 | Verlustfreier Betrieb | 621 |
| 11.4.7 | Datensteuerung: Speicherhierarchie und Migration | 623 |
| 11.4.8 | Komponentenneutrale Archivierung | 625 |
| 11.4.9 | Auswahl von Komponenten und Herstellern | 626 |
| 11.5 | Schnittstellen im Archivsystem | 627 |
| 11.5.1 | Referenzarchitektur mit Schnittstellen | 627 |
| 11.5.2 | Schnittstelle zwischen Anwendung und DMS | 629 |
| 11.5.3 | Fallstudie: Java Content Repository (JCR) | 630 |
| 11.5.4 | Schnittstelle zwischen DMS und Archivspeicher | 631 |
| 11.5.5 | Fallstudie: eXtensible Access Method (XAM) | 633 |
| 11.5.6 | Verwaltungsschnittstellen | 635 |
| 11.5.7 | Schnittstelle zwischen DMS-Systemen | 636 |
| 11.5.8 | Fallstudie: Content Management Interoperability Services (CMIS) | 636 |
| 11.5.9 | Referenzarchitektur mit standardisierten Schnittstellen | 639 |
| 11.6 | Archivlösungen | 640 |
| 11.6.1 | Archivierung von E-Mails | 640 |
| 11.6.2 | Archivierung von Dateien | 645 |
| 11.6.3 | Archivierung von ERP-Systemen | 653 |
| 11.6.4 | Archivierung in Krankenhäusern | 657 |
| 11.6.5 | Zentrales Archiv | 660 |
| 11.7 | Langzeitarchivierung | 664 |
| 11.7.1 | Spezielle Herausforderungen | 665 |
| 11.7.2 | Prozesse bei der Langzeitarchivierung | 665 |
| 11.7.3 | Das OAIS-Referenzmodell zur Langzeitarchivierung | 666 |
| 11.7.4 | Implementierung eines Langzeitarchivs | 669 |
| 11.8 | Operative und organisatorische Aspekte | 670 |
| 11.9 | Zusammenfassung und Ausblick | 672 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 12 | Business Continuity | 675 |
| 12.1 | Grundlagen | 675 |
| 12.1.1 | Motivation: Betrifft Unternehmen aller Größen | 676 |
| 12.1.2 | Begriffsbestimmungen | 677 |
| 12.1.3 | Klassifikation von Ausfällen | 678 |
| 12.1.4 | Auswirkung von IT-Ausfällen | 680 |
| 12.1.5 | Wiederanlauf von Geschäftsprozessen | 681 |
| 12.1.6 | Kostenoptimierung für Business Continuity | 683 |
| 12.1.7 | Risikomanagement im Kontext der Business Continuity | 685 |
| 12.1.8 | Beschreibung der Anforderungen | 688 |
| 12.2 | Business-Continuity-Ziele | 688 |
| 12.2.1 | Ziele der Business Continuity | 689 |
| 12.2.2 | Hochverfügbarkeit (High Availability) | 689 |
| 12.2.3 | Desasterschutz (Disaster Recovery) | 690 |
| 12.2.4 | Kontinuierlicher Geschäftsbetrieb (Continuous Operation) | 691 |
| 12.2.5 | Hochverfügbarkeit versus Desasterschutz | 692 |
| 12.3 | Kenngrößen der Business Continuity | 695 |
| 12.3.1 | Verfügbarkeit | 695 |
| 12.3.2 | Charakterisierung der Verfügbarkeit | 697 |
| 12.3.3 | Berechnung von Gesamtverfügbarkeiten | 698 |
| 12.3.4 | Recovery Time Objective (RTO) | 699 |
| 12.3.5 | Recovery Point Objective (RPO) | 701 |
| 12.3.6 | Network Recovery Objective (NRO) | 702 |
| 12.3.7 | Noch einmal: Hochverfügbarkeit versus Desasterschutz | 702 |
| 12.3.8 | Service Level Agreements (SLAs) | 705 |
| 12.4 | Business-Continuity-Lösungen | 706 |
| 12.4.1 | Basistechniken | 706 |
| 12.4.2 | Das Sieben-Stufen-Modell | 708 |
| 12.4.3 | Lösungssegmente des Sieben-Stufen-Modells | 713 |
| 12.4.4 | Datensicherung | 714 |
| 12.4.5 | Schnelle Datenwiederherstellung mit Kopien | 716 |
| 12.4.6 | Schnelle Datenwiederherstellung mit Spiegeln | 719 |
| 12.4.7 | Kontinuierliche Verfügbarkeit | 726 |
| 12.4.8 | Drei Standorte zum Schutz vor weiträumigen Katastrophen | 731 |
| 12.5 | Business-Continuity-Plan | 734 |
| 12.5.1 | Erstellen eines Business-Continuity-Plans | 734 |
| 12.5.2 | Operativer Standortwechsel | 736 |
| 12.5.3 | Organisatorische Aspekte | 739 |
| 12.6 | Zusammenfassung und Ausblick | 740 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 13 | Verwaltung von Speichernetzen | 743 |
| 13.1 | Anforderungen | 743 |
| 13.1.1 | Benutzerbezogene Anforderungen | 744 |
| 13.1.2 | Komponentenbezogene Anforderungen | 746 |
| 13.1.3 | Architekturbezogene Anforderungen | 747 |
| 13.1.4 | Ein zentrales Verwaltungswerkzeug | 749 |
| 13.1.5 | Fünf Basisdienste | 751 |
| 13.1.6 | Unterstützung agiler Geschäftsumfelder | 752 |
| 13.1.7 | Datenprofile | 755 |
| 13.2 | Charakterisierung von Verwaltungsschnittstellen | 757 |
| 13.2.1 | In-Band-Schnittstellen | 757 |
| 13.2.2 | Out-Band-Schnittstellen | 757 |
| 13.2.3 | Standardisierte Schnittstellen | 758 |
| 13.2.4 | Proprietäre Schnittstellen | 759 |
| 13.2.5 | Fazit | 760 |
| 13.3 | In-Band- und Out-Band-Management | 760 |
| 13.3.1 | Grundlagen In-Band-Management | 761 |
| 13.3.2 | In-Band-Management im Fibre Channel SAN | 763 |
| 13.3.3 | Grundlagen Out-Band-Management | 765 |
| 13.3.4 | Das Simple Network Management Protocol (SNMP) | 767 |
| 13.3.5 | CIM und WBEM | 772 |
| 13.3.6 | Storage Management Initiative Specification (SMI-S) | 779 |
| 13.3.7 | Redfish und Swordfish | 781 |
| 13.3.8 | Vergleich In-Band-Management versus Out-Band-Management | 782 |
| 13.4 | Zusammenfassung und Ausblick | 784 |
| 14 | Verwaltung von Wechselmedien | 785 |
| 14.1 | Grundlagen | 785 |
| 14.1.1 | Merkmale von Wechselmedien | 786 |
| 14.1.2 | Notwendigkeit einer Wechselmedienverwaltung | 789 |
| 14.1.3 | Basisdienste einer Wechselmedienverwaltung | 789 |
| 14.1.4 | Zentrale Wechselmedienverwaltung | 790 |
| 14.2 | Anforderungen an eine Wechselmedienverwaltung | 791 |
| 14.2.1 | Effiziente Nutzung der Ressourcen | 792 |
| 14.2.2 | Zugriffskontrolle | 793 |
| 14.2.3 | Zugriffssynchronisation | 795 |
| 14.2.4 | Priorisierung der Mount Requests und Warteschlangen | 795 |
| 14.2.5 | Gruppierung von Medien und Laufwerken | 796 |
| 14.2.6 | Media Tracking und Vaulting | 799 |
| 14.2.7 | Cartridge Lifecycle Management | 801 |
| 14.2.8 | Monitoring | 803 |
| 14.2.9 | Reporting | 804 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 14.3 | IEEE 1244 Standard for Removable Media Management | 805 |
| | 14.3.1 Entstehung und Entwurfsziele | 805 |
| | 14.3.2 Architektur des Media-Management-Systems | 807 |
| | 14.3.3 Media Manager und MMP | 810 |
| | 14.3.4 Library Manager und Drive Manager | 814 |
| 14.4 | Zusammenfassung | 815 |
| 15 | Schlussbemerkung | 817 |

Anhang **819**

| | | |
|----------|---|------------|
| A | Abbildungs- und Tabellenverzeichnis | 821 |
| B | Glossar | 833 |
| C | Literatur- und Quellenverzeichnis | 887 |
| D | Berechnung des Paritätsblocks von RAID 4 und 5 | 897 |
| E | Checkliste für die Verwaltung von Speichernetzen | 899 |
| E.1 | Anwendungen | 900 |
| | E.1.1 Überwachung | 900 |
| | E.1.2 Verfügbarkeit | 900 |
| | E.1.3 Leistung | 900 |
| | E.1.4 Skalierbarkeit | 900 |
| | E.1.5 Effiziente Nutzung | 900 |
| E.2 | Daten | 901 |
| | E.2.1 Verfügbarkeit | 901 |
| | E.2.2 Leistung | 901 |
| | E.2.3 Datensicherung | 901 |
| | E.2.4 Archivierung | 901 |
| | E.2.5 Migration | 901 |
| | E.2.6 Gemeinsame Datennutzung | 902 |
| | E.2.7 Sicherheit/Zugriffskontrolle | 902 |
| E.3 | Ressourcen | 902 |
| | E.3.1 Inventur/Asset Management und Planung | 902 |
| | E.3.2 Überwachung | 902 |
| | E.3.3 Konfiguration | 902 |
| | E.3.4 Ressourcennutzung | 903 |
| | E.3.5 Kapazität | 903 |
| | E.3.6 Effiziente Ressourcennutzung | 903 |
| | E.3.7 Verfügbarkeit | 903 |
| | E.3.8 Ressourcenmigration | 904 |
| | E.3.9 Sicherheit | 904 |

| | | |
|-------|---------------------|------------|
| E.4 | Netz | 904 |
| E.4.1 | Topologie | 904 |
| E.4.2 | Überwachung | 904 |
| E.4.3 | Verfügbarkeit | 904 |
| E.4.4 | Leistung | 904 |
| | Index | 905 |