

---

# Inhaltsübersicht

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

<b>12</b>	<b>Business Continuity</b> Nils Hausteин · Ulf Troppens	<b>675</b>
<b>13</b>	<b>Verwaltung von Speichernetzen</b> Dietmar Noll · Ulf Troppens	<b>743</b>
<b>14</b>	<b>Verwaltung von Wechselmedien</b> Nils Hausteин · Ulf Troppens	<b>785</b>
<b>15</b>	<b>Schlussbemerkung</b> Ulf Troppens · Nils Hausteин	<b>817</b>

---

## **Anhang** **819**

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

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
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
<b>Teil I</b>	<b>Techniken für Speichernetze</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>Disk- und Flashsysteme</b>	<b>19</b>
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
<b>3</b>	<b>I/O-Techniken</b>	<b>83</b>
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
<b>4</b>	<b>Dateisysteme und Network Attached Storage (NAS)</b>	<b>181</b>
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
<b>5</b>	<b>Speichervirtualisierung</b>	<b>221</b>
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
<b>6</b>	<b>Objektspeicher</b>	<b>257</b>
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
<b>7</b>	<b>Wechselmedien</b>	<b>303</b>
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**

<b>8</b>	<b>Basisarchitekturen</b>	<b>341</b>
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

---

<b>9</b>	<b>Pervasive Computing und Cloud</b>	<b>391</b>
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

---

<b>10</b>	<b>Datensicherung</b>	<b>439</b>
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
<b>11</b>	<b>Archivierung</b>	<b>587</b>
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

<b>12</b>	<b>Business Continuity</b>	<b>675</b>
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

<b>13</b>	<b>Verwaltung von Speichernetzen</b>	<b>743</b>
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
<b>14</b>	<b>Verwaltung von Wechselmedien</b>	<b>785</b>
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
<b>15</b>	<b>Schlussbemerkung</b>	<b>817</b>

## **Anhang** **819**

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